

第 22 回 CEReS  
環境リモートセンシングシンポジウム  
資料集

Proceedings of the 22<sup>nd</sup> Symposium on  
Remote Sensing for Environment

2020 年 2 月 20 日  
千葉大学けやき会館

千葉大学環境リモートセンシング研究センター  
Center for Environmental Remote Sensing (CEReS)  
Chiba University

第 22 回環境リモートセンシングシンポジウム資料集  
(2019 年度 CEReS 共同利用研究発表会資料集)

目次

【プログラム - 1】

|   |    |
|---|----|
| 多時期衛星画像を用いた森林火災傾向分析 . . . . .   | 2  |
| 加藤 顕(千葉大学), 渡辺 学, 若林裕之, 早川裕弐, 堀田紀文, J.T.S. Sumantyo   |    |
| 気候モデル数値実験結果による衛星プロダクト導出アルゴリズムの検証 . . . . .  | 5  |
| — 全球バイオマス量変動監視・解析に向けて —<br>馬淵和雄, 本多嘉明, 梶原康司   |    |
| レーザーを用いたセンサーネットワークのための光軸追尾システムの開発 . . . . .   | 8  |
| 香川直己 (福山大学), 新木智博, 椎名達雄   |    |
| 航空機蛍光ライダーによる植生調査の可能性 . . . . .  | 9  |
| 齊藤保典 (信州大学), 宇都宮成弥, 椎名達雄  |    |
| 無線センサネットワークを用いた環境情報収集システムの開発 . . . . .  | 10 |
| 小室信喜 (千葉大学), 山岡卓矢   |    |
| LED ミニライダーによる狭隅角波浪観測 . . . . .  | 11 |
| 椎名達雄 (千葉大学)   |    |
| ドローンを用いたオホーツク海沿岸の濁度、クロロフィル a 濃度の推定 . . . . .  | 12 |
| 朝隈康司 (東京農業大学)   |    |
| 極域・温室効果分子濃度の長光路吸収センサーの開発 — 富士山での観測 — . . . . .  | 13 |
| 小林喬郎 (福井大学), 椎名達雄, 久世宏明, 矢吹正教, 三浦和彦   |    |
| Remote Monitoring of River Water Pollution Using Multiple Sensor System of WSNs and IoT . . . . .   | 16 |
| Evizal Abdul Kadir (Islamic University of Riau)   |    |
| Sentinel-1 SAR データを用いたインドネシア稲作地の洪水領域検出 . . . . .  | 17 |
| 若林裕之 (日本大学), 北神貴久, 本郷千春   |    |
| 衛星 SAR 画像を用いた 2019 年台風 19 号による河川氾濫範囲の把握 . . . . .   | 18 |
| 劉ウエン(千葉大学), 藤井希帆, 丸山喜久, 山崎文雄  |    |
| Automatic Landslide Mapping Using Peak Ground Velocity and Sentinel-1 Imagery<br>: The case of the 2018 Hokkaido Eastern Iwate Earthquake . . . . . | 21 |
| Luis Moya (Tohoku Univ.), W. Liu, F. Yamazaki, S. Koshimura, E. Mas   |    |
| 中国地震電磁気衛星で観測された地震に関連する電離圏電子数異常 . . . . .  | 24 |
| 服部克巳 (千葉大学), 宋鋭, 張学民, 劉正彦   |    |
| ハイパー分光センサと小型分光器の比較計測 . . . . .  | 29 |
| 大前宏和 ((株)センテナリア), 三宅俊子, ヨサファット テトオコ スリ スマンティヨ   |    |

**Multi-sensor Web for earthquake early detection. Experimental results for the most recent major events : 2018 Mw 7.5 Sulawesi, Indonesia and 2019 M7.1 in Ridgecrest, California, USA** . . . . 30  
Dimitar Ouzounov (Chapman Univ), Sergey Pulinetz, Jann-Yenq Liu, Katsumi Hattori

**Ionospheric Tsunami Early Warning System** . . . . . 31  
Jann-Yenq Liu (National Central Univ.), Chi-Yen Lin, Katsumi Hattori

**【プログラム - 2】**

**スーパー台風と最大規模地震に対する河川氾濫・高潮・津波を想定した函体内蔵型多目的堤防の構造要件と適用計画**  
—東京圏の防災整備計画への応用— . . . . . 34  
金子大二郎 ((株) 遥感環境モニター)

**Public interest in air quality and its impact varies with baseline exposure:  
Google Trends and Remote Sensing based analysis** . . . . . 37  
Prakhar Misra (Univ. Tokyo), Wataru Takeuchi

**千葉大学 CERE S における静止気象衛星データアーカイブの現状と利用** . . . . . 43  
樋口篤志 (千葉大学 環境リモートセンシング研究センター)

**Relationship between surface dry conditions, snow cover, and carbon dioxide emission from forest fire in Far East Russia** . . . . . 45  
Haemi Park (Univ. of Tokyo), Wataru Takeuchi

**全球衛星観測降水データを用いた天気予報システムの高度化** . . . . . 48  
小槻峻司 (千葉大学 環境リモートセンシング研究センター)

**Sentinel1 の時系列データを用いた水田面積の推定** . . . . . 52  
中園悦子 (東京大学), 竹内 渉

**Land Cover Dynamics and Human-Elephant Conflict Hotspot in Forest-Agriculture Mosaic of Eastern Thailand** . . . . . 53  
Nuntikorn Kitratporn (Univ. of Tokyo), Wataru Takeuchi

**Remote Sensing and Model-Based Methane Emission Estimation from Paddy Rice Field over Bangladesh** . . . . . 54  
Md Rahedul Islam (Univ. of Tokyo), Wataru Takeuchi

**Mangrove forest changes detection and biocapacity estimation from 1985 to 2018 in China** . . . . 55  
Zheng Yuhan (Univ. of Tokyo), Wataru Takeuchi

**Analysis of Aerosol Optical Depth Variations in Colombo, Sri Lanka Using MODIS Datasets** . . . . 56  
Lilangi Varunika Wijesinghe (Univ. of Tokyo), Wataru Takeuchi

**大気輸送モデル NICAM-TM による一酸化炭素シミュレーション** . . . . . 57  
丹羽洋介 (国立環境研究所)

|   |           |
|---|-----------|
| <b>福岡都市圏における二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>) の時空間変動<br/>～多地点 MAX-DOAS とドップラーライダーの複合的解析～</b>   | <b>58</b> |
| 植木 洸亘, 高島久洋, Martina M. Friedrich, 入江仁士   |           |
| <b>上部対流圏のメタンの変動について</b>   | <b>59</b> |
| 江口 菜穂 (九州大学), 齋藤 尚子, 丹羽洋介   |           |
| <b>Emission inventories for key sectors in Ho Chi Minh city, Vietnam</b>  | <b>60</b> |
| Nguyen Thi Quynh Trang (Univ. of Tokyo), Wataru Takeuchi  |           |
| <b>30 Years National Scale Seagrass Mapping in Vietnam with Landsat and Sentinel Imagery on Google Earth Engine</b>                       | <b>61</b> |
| Xuan Truong Trinh (Univ. of Tokyo), Wataru Takeuchi   |           |
| <b>Groundwater Storage Changes in Xilingol, China Estimated from GRACE Observations</b>   | <b>62</b> |
| Yaru Muschin (Univ. of Tokyo), Wataru Takeuchi  |           |
| <b>Regrowth and LUC-Emission: traps behind the plausible consistency in net CO<sub>2</sub> flux in TRENDY-v8 models</b>                   | <b>63</b> |
| 孫 仲益 (北海道大学), 近藤 雅征, 市井 和仁, 加藤 知道   |           |
| <b>ボクセルモデルを用いた BRDF シミュレーションに必要な空間分解能についての検討</b>  | <b>64</b> |
| 藤原 匠 (東京大学), 竹内 渉   |           |
| <b>補助金が農家の行動心理に与える影響の分析</b>   | <b>65</b> |
| 李 想 (千葉大学), 鈴木宣弘, 市井和仁  |           |
| <b>ひまわり 8 号高頻度観測から同定した熱帯海洋上の雲システムの日周期</b>   | <b>68</b> |
| 濱田 篤 (富山大学), 内木詩歩, 安永数明   |           |
| <b>Monitoring earthquake and volcano phenomena through HIMAWARI-8/AHI observations</b>  | <b>71</b> |
| Genzano Nicola (Univ. of Basilicata), Colonna R., Falconieri A., Filizzola C., Hattori K., Lisi M., Marchese F., Pergola N., Tramutoli V. |           |
| <b>次世代静止気象衛星からの地表面温度推定アルゴリズム開発 (その 2)</b>   | <b>72</b> |
| 森山雅雄 (長崎大学)   |           |
| <b>【プログラム - 3】</b>  |           |
| <b>衛星リモートセンシングによる植物フェノロジーのモニタリング</b>  | <b>76</b> |
| 楊 偉 (千葉大学)  |           |
| <b>低コストドローンによる浅礫層分布の推定</b>  | <b>82</b> |
| 横堀 潤 ((株)スゴージャ), 丹羽勝久, 本郷千春   |           |
| <b>地上センサおよび UAV を用いた NDVI 同時観測の比較分析</b>   | <b>83</b> |
| 田中 圭 (日本地図センター), 濱 侃, 近藤昭彦  |           |

リモシミュレーションモデルとリモートセンシングを用いた作物生産量推定法の検討  
第3報 仙台市沿岸部農家圃場におけるダイズ生産量の圃場内変動評価 . . . . . 84  
山本修平 (東北大学), 橋本直之, 本間香貴, 牧雅康, 本郷千春

Spatial Distribution of Urban Heat Island In Denpasar, Bali Based On Remote Sensing Imagery . . . 85  
Takahiro Osawa (ウダヤナ大学), Abd. Rahman As-syakur

UAV リモートセンシングおよび気象観測を用いた玄米のタンパク含有率に対する温暖化の影響評価 . . . . . 86  
濱 侃 (横浜国立大学), 田中 圭, 望月 篤, 鶴岡康夫, 近藤昭彦

**【プログラム研究 研究会】**

研究会報告: ひまわり 8/9 号の陸域利用に関する研究会 . . . . . 88  
松岡真如 (高知大学), 市井和仁

**【一般研究】**

リモートセンシングによる広域の植物蛍光強度分布画像取得の提案 . . . . . 90  
増田健二 (静岡大学), 眞子直弘, 久世宏明

火星着陸探査 LIDAR の屋外性能試験 . . . . . 93  
千秋博紀 (千葉工業大学), 椎名達雄, 乙部直人, はしもとじょーじ, Nofel Delacruz Lagrosas,  
久世宏明, 眞子直弘, 梅谷和弘

レーザー誘起ブレイクダウン分光法を用いた大気中エアロゾルのリモート成分分析手法の開発 94  
染川智弘 (公益財団法人レーザー技術総合研究所)

光学的厚さと地表面反射率の同時推定法とその課題 . . . . . 95  
飯倉善和 (弘前大学), 久世宏明, 市井和仁, 眞子直弘, 関口美保

地上における太陽励起のクロロフィル蛍光の日中変化観測 . . . . . 96  
山本奈央 (奈良女子大学), 村松加奈子, 増田健二

複数の手法によるスギの葉面積指数の推定 - 阿蘇のスギ林はその後成長しているのか? - . . . 97  
三好周斗 (首都大学東京), 齋藤有希, 松山 洋

Circular Polarization Plane Antenna with Elliptic Resonators using High Dielectric Constant Substrates . . . . . 98  
Yumi Takizawa (the Institute of Statistical Mathematics), A. Fukasawa,  
C.E. Santosa, J.T.S. Sumantyo

UAV 搭載 CP-SAR 画像処理システム用の FPGA 基板設計 . . . . . 100  
室賀元晴 (千葉大学), 浜口 暢, 難波一輝, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo

宇宙からのリモートセンシングによる地球惑星大気環境の研究 . . . . . 101  
~火星大気ダスト・雲と熱構造の関係~  
野口克行 (奈良女子大学), 上田真由, 下地奈央, 入江仁士, 林 寛生

|   |            |
|---|------------|
| <b>衛星搭載レーダでとらえたアラスカ湾岸での降水勾配と地形効果の寄与</b> . . . . .   | <b>103</b> |
| 青木俊輔 (京都大学), 重 尚一   |            |
| <b>土地被覆比率分類データにおける空間誤差評価</b> . . . . .  | <b>104</b> |
| 堤田成政 (京都大学)   |            |
| <b>地上光学観測による奈良盆地におけるエアロゾルの研究</b> . . . . .  | <b>105</b> |
| 久慈 誠 (奈良女子大学), 神谷美里, 中辻菜穂, 廣瀬沙羅, 高橋悠実   |            |
| <b>High-frequency estimation of the land surface temperature using next-generation geostationary satellite data</b> . . . . . | <b>106</b> |
| 山本雄平 (千葉大学), 市井和仁   |            |
| <b>ひまわり 8 号を用いた東南アジアの植生季節変動モニタリング</b> . . . . .   | <b>107</b> |
| 林 航大 (千葉大学), 市井和仁, 山本雄平   |            |
| <b>ひまわり 8 号と機械学習を用いた台風識別器の開発</b> . . . . .  | <b>108</b> |
| 筆保弘徳 (横浜国立大学), 権田紗希, 樋口篤志   |            |
| <b>Vegetation growth monitoring by drone remote sensing in precision agriculture</b> . . . . .                                | <b>111</b> |
| 朴 鍾杰 (東京情報大学)   |            |
| <br><b>【一般研究 研究会】</b>   |            |
| <b>2019 IEEE Geoscience and Remote Sensing Society Summer School (GR4S2019) の報告</b> . . . . .                                 | <b>114</b> |
| 宇都有昭, 横矢直人, 久世宏明, 松岡昌志, 山口雅浩, 熊澤逸夫, 原田隆, 安田翔也   |            |
| <br><b>第 22 回 CEReS 環境リモートセンシングシンポジウム プログラム</b> . . . . .   | <b>115</b> |

# プログラム - 1

## 多時期衛星画像を用いた森林火災傾向分析

加藤 顕<sup>1)</sup>, 渡辺学<sup>2)</sup>, 若林裕之<sup>3)</sup>, 早川裕弐<sup>4)</sup>  
堀田紀文<sup>5)</sup>, J.T.S. SUMANTYO<sup>6)</sup>

- 1) 千葉大学 園芸学研究所 2) 東京電機大学 3) 日本大学  
4) 北海道大学 5) 東京大学 6) 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

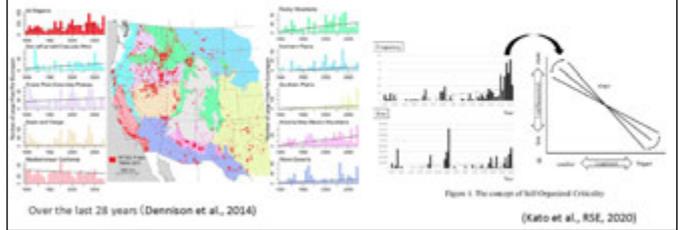
## 背景 自然地域から都市地域までの緑地管理



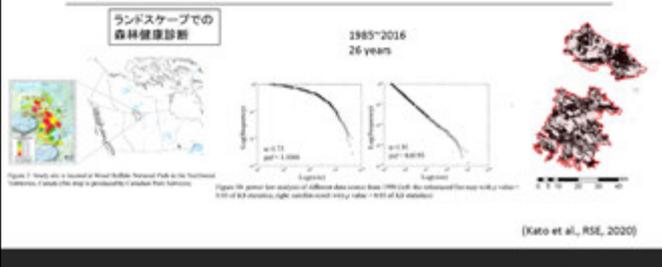
## 潜在自然植生とは？ Remote Sensingの活用



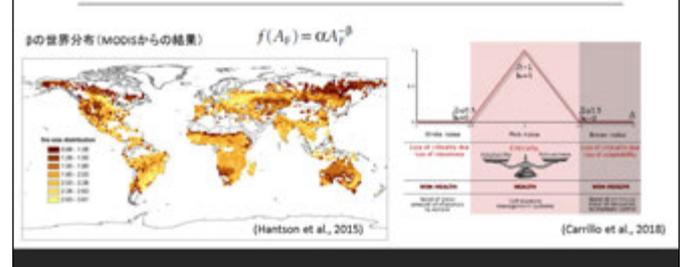
## 地球の健康診断 森林災害の1次元から2次元の把握へ



## 亜寒帯自然林での災害に対する ランドスケープの平衡 (Landscape equilibrium)



## 地球の健康診断 Self-Organized Criticality



森林災害を、より正確に  
高効率で、被害状況の把握

(Kato et al., 2019)

(Hudak et al., Forest Science, 2020)

### ランドスケープにおける 3次元データを用いた新展開

2,000万円代のハイクオリティ地上レーザーを所有 自動解析ソフトの開発 千葉大学VBL研究資金獲得  
(ランドスケープ指標を組み込む)

|              |                        |
|--------------|------------------------|
| Laser sensor | Leica Scan Station P20 |
| レーザー波長       | 905 nm (650 nm)        |
| 精度           | 0.2 mrad               |
| 最大距離         | 120 m                  |
| 垂直角          | 135° (+90°/-45°)       |

### Leica Scan Station P20 でできること

### 生態系サービスに関する リモセンを活用した研究

NDVIをベースとした土地利用解析 <https://servit.esri.net/Tools/eca-faq>

Urban food security and production capacity in Seattle, WA (Richardson & Moskal, 2016)

(Dong et al., 2018)

## 研究成果

**Kato, A.**, Thau, D., Hudak, A.T., Meigs, G.W. and Moskal, L.M., Quantifying fire trends in boreal forests with Landsat time series and self-organized criticality, *Remote Sensing of Environment* 237

Hudak, A.T., **Kato, A.**, Bright, B.C., Loudermilk, E.L., Hawley, C., Restaino, J., Ottmar, R.D., Prata, G.A., Cabo, C., Prichard, S.J., Rowell E.M. and Weise, D.R. Towards spatially explicit quantification of pre- and post-fire fuels and fuel consumption from traditional and point cloud measurements, *Forest Science*, In Press

**Kato, A.**, Moskal, L.M., Batchelor, J. L., Thau D., and Hudak, A.T., Relationships between Satellite-Based Spectral Burned Ratios and Terrestrial Laser Scanning, *Forests* 10(5) 444-458, 2019

## ECOLGY x TECHNOLOGY

生態学の分野での新たな技術・挑戦

千葉大学 園芸学研究所 加藤 顕

akiran@faculty.chiba-u.jp

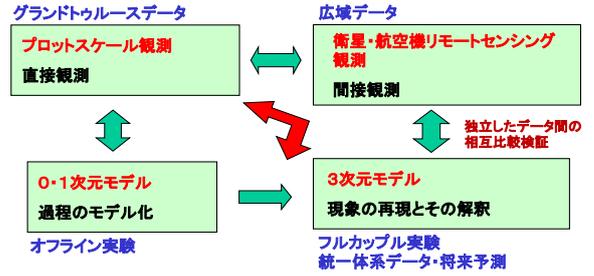
気候モデル数値実験結果による衛星プロダクト導出アルゴリズムの検証

— 全球バイオマス量変動監視・解析に向けて —

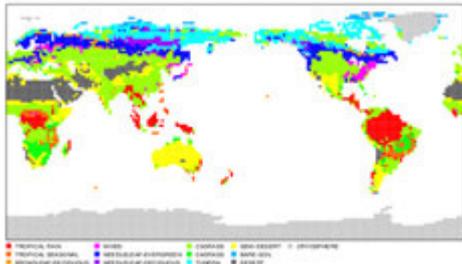
馬淵和雄  
本多嘉明(千葉大)、梶原康司(千葉大)

第22回 CERES 環境リモートセンシングシンポジウム  
2020.2.20

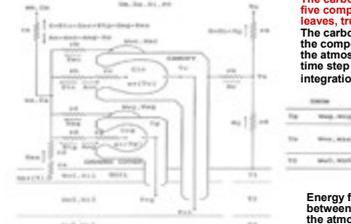
地点観測データ・リモートセンシングデータ・モデルデータの融合  
クロスチェックによる地球システムの全体像の理解



GLCV1 Vegetation Map



Land surface process model



The carbon storage is divided into five components, i.e., leaves, trunk, root, litter, and soil. The carbon exchanges among the components of vegetation and the atmosphere are estimated at each time step of the on-line model integration.

Energy fluxes and carbon dioxide flux between terrestrial ecosystems and the atmosphere are estimated.

Biosphere-Atmosphere Interaction Model (BAIM) (Mabuchi et al. 1997)

- C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> plants photosynthesis processes
- Snow accumulation and melting processes
- Soil water freezing and melting processes

全球モデルによる6年積分を行った(2013-2018)。

大気側初期値として2.4時間ごとのO<sub>2</sub>濃度解析値(JRA-55)を使用した48時間積分の並行連続実行を行い、大気中CO<sub>2</sub>濃度および陸域諸要素の値は6年積分期間中、モデル計算結果をそのまま引き継ぐ手法を採った。

SSTおよび海氷: HadISST月別値。

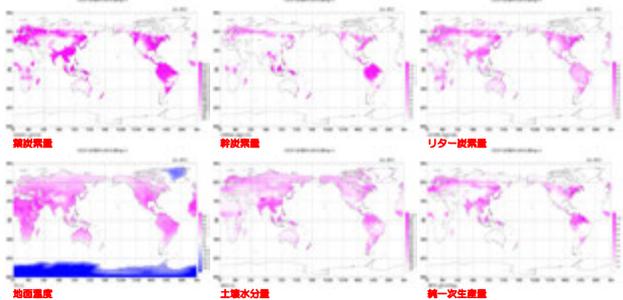
CO<sub>2</sub>人為排出量: CDIACデータ。

海洋-大気CO<sub>2</sub> flux: TransCom データ(月別値)(Takahashi et al. 2009)。

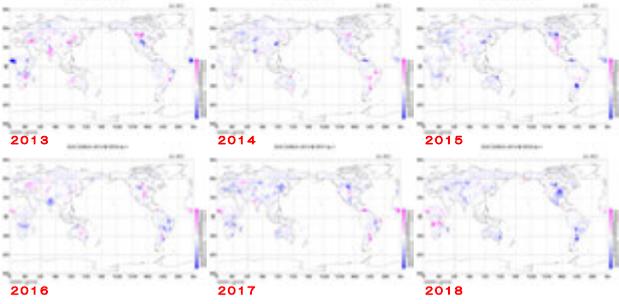
解析は各種分後半の24時間の結果を対象とした。

これらにより、現実に近い大気環境を再現しつつ、大気-陸域物理生物過程相互作用および陸域諸要素の時間的・空間的変動をフルカプルで再現できる。

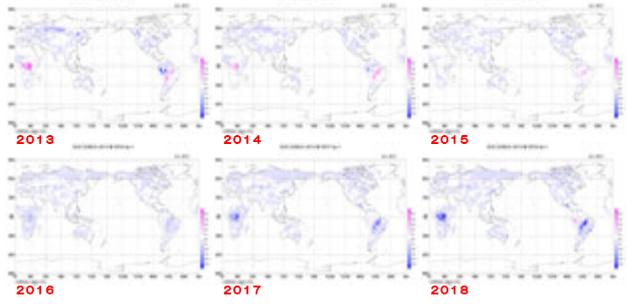
2013-2018 6年平均値(8月)



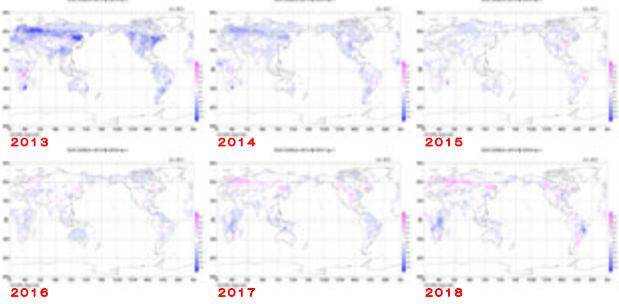
葉炭素量 6年平均値からの偏差 (8月)



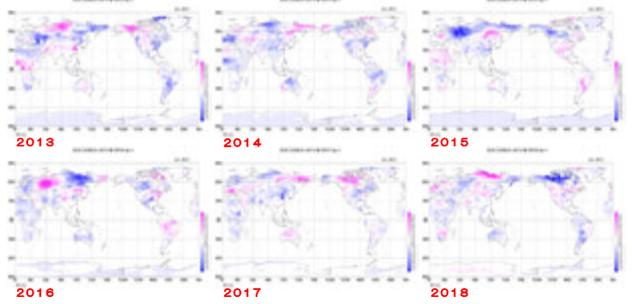
幹炭素量 6年平均値からの偏差 (8月)



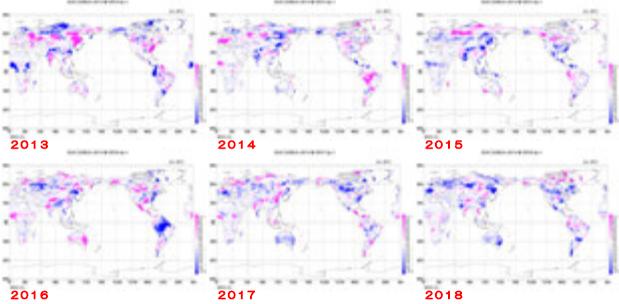
リター炭素量 6年平均値からの偏差 (8月)



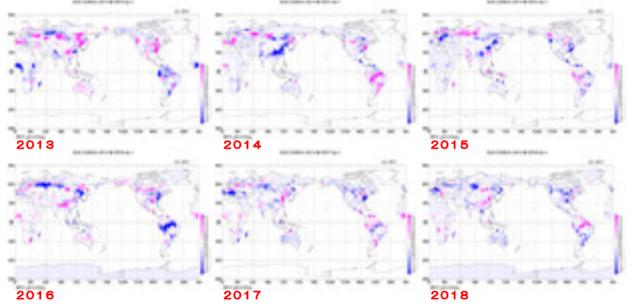
地面温度 6年平均値からの偏差 (8月)

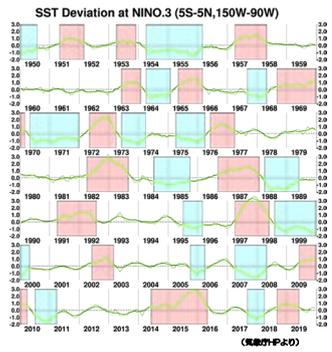


土壌水分量 6年平均値からの偏差 (8月)



純一次生産量 6年平均値からの偏差 (8月)





## まとめ

◆今後特にGCOM-C観測データとモデルプロダクト相互利用によるバイオマス量等の変動監視・解析に貢献することを旨とする。

◆リモートセンシングプロダクトは、モデル数値実験の実施およびその結果の解析から物理的・生物生態学的変動メカニズムを解明するうえで、非常に有用である。

◆一方で、モデルで再現される各要素は、総合的な検証は必要であるものの、物理的および生物生態学的に矛盾しない相互作用関係を構築している。よって、モデルプロダクトについても、リモートセンシングによる間接観測データから個別にそれぞれのアルゴリズムにより抽出される各要素プロダクトの、広域的相互検証のための、相対的基準情報と成り得ると考えられる。

◆リモートセンシングプロダクトとモデル数値実験プロダクトを比較することにより、それぞれのプロダクトの相互検証、および各要素の変動メカニズムを解明することができると考えられる。

◆相互に因果関係の無い衛星プロダクトと気候モデル出力プロダクトの独立したプロダクトとしての相互比較検証は、双方のプロダクトの精度向上にとって非常に有効である。

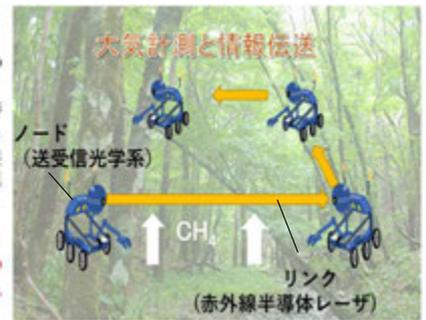
# レーザーを用いたセンサーネットワーク のための光軸追尾システムの開発

香川 直己 新木 智博(福山大学) 椎名 達雄(千葉大学)

## 研究背景

自然災害等を受けた場合、通常の通信網が損傷を受けることが予想される。また、土砂災害の起源となる山間部では、通信網が整備されていない地域も専らである。このような条件下で、早急に通信網を確立する方法として空間光通信網が考えられる。このシステムはその機能を持つ。また、土砂被害、家屋倒壊の状況で人命救助を行う場合、呼気(二酸化炭素: CO<sub>2</sub>)を頼ることが有効となり得る。地中にはメタンガス(CH<sub>4</sub>)が蓄積されていて、このガスが地表の亀裂により大気中に噴出するのではないかと予測している。以上のことを満たすために赤外線半導体レーザーを利用したレーザーを用いたセンサーネットワークのシステムを提案する。

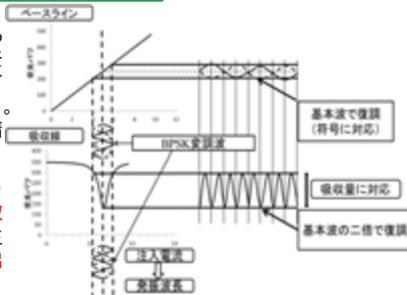
このシステムは、ノードが移動しながらの測定及び通信を想定しているため、**光軸(リンク)を合わせながら移動するシステム**が必要であると考えられる。本稿では、**理想的な送信光学系の設計と曲率半径が変わってもビームを移動しながらの円弧移動をするための移動アルゴリズムの開発を目標とした。**



## BPSK変調(システムの根本)

BPSK変調とは、ある電気信号波の位相を通信符号に対応して反転させる変調方式。これでデジタル情報の通信を行う。

ガスの吸収線により**BPSK変調波の周波数が2倍になる現象**が生じ、**ガス濃度の検出**ができる。



## 地中のメタンガス濃度(予測の根本)

土砂災害の兆候として**地割れ**が考えられる。その際に、地中から**メタンガス**が噴き出すのではないかと考えた。大気中メタンガスと比較して特徴があれば、地割れの指標として使用できる。

2016年 8/11

| 受付番号        | 試料名 | 項目    | 方法         | 報告値    | 定量的下限値 |
|-------------|-----|-------|------------|--------|--------|
| 15FZ365524M | ①   | メタンガス | ガスクロマトグラフ法 | 3.1ppm | 1.0ppm |
| 15FZ365525M | ②   | メタンガス | ガスクロマトグラフ法 | 3.4ppm | 1.0ppm |
| 15FZ365526M | ③   | メタンガス | ガスクロマトグラフ法 | 1.9ppm | 1.0ppm |
| 15FZ365527M | ④   | メタンガス | ガスクロマトグラフ法 | 3.2ppm | 1.0ppm |
| 15FZ365528M | EX  | メタンガス | ガスクロマトグラフ法 | 2.6ppm | 1.0ppm |

平成27年9月14日 (株)日本総合科学にて分析

地下約80cm

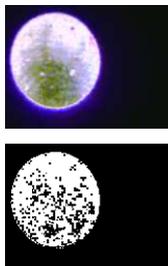
- ①: 気温27.3度、湿度54.3%。真砂土で構成されていた。水分量少、土壌密度高
- ②: 気温28.0度、湿度50.8%。真砂土で構成されていた。水分量少、土壌密度高
- ③: 気温24.6度、湿度70.4%。腐葉土で構成されていた。水分量多、土壌密度小(手で刺さる) (大気と同等と推定)
- ④: 気温33.6度、湿度68.7%。粘土質の土で構成されていた。水分量多、土壌密度小
- EX: 気温24.7度、湿度71.3%。腐葉土で構成されていた。水分量多、土壌密度小

大気中には**1.8~1.9ppm**のメタンガスが存在する。今回の測定において地中で平均**3.4ppm**となった。地中には**メタンが存在し**、大気中より**濃度が高い**。

## カラートラッキング(要素技術)

撮像素子で得られたビームパターンからビーム径の領域を抽出するためにマスク処理を用いた。本研究では、**HSV(色相、明度、彩度)**と**グレースケール**のカラーマップをマスク処理に用いた。

設定した色パターンの範囲を満たした領域を抽出し、**ビーム重心**、**ビーム面積**及び、輪郭抽出による**ビーム楕円の長径**を求める。



## 移動アルゴリズムの開発

ビームパターンから得られたビーム重心、ビーム面積、ビーム楕円の長径から、移動ロボットの動かし方を決定する。移動パターンは、**並進移動**、**回転移動**の2パターンを採用した。

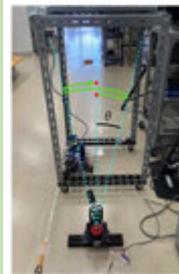
並進移動は、ビーム面積が増加する方向に移動する。これは、ビームが撮像素子に当たっている位置を探索するためである。

回転移動は、ビーム重心を撮像素子の中心に近づける方向へ移動する。これにより、光軸の向きに移動体の向きが調整される。

ビーム楕円の長径は、ビーム径がどのくらい欠かしているかに用いており、あらかじめ設定した値より大きい場合は、回転移動を行い、小さい場合、並進移動を行う。これは、光軸が撮像素子から外れかけたときに、撮像素子の中心にビームを近づけるよりも、ビームが撮像素子に最も当たる位置の探索を優先させるためである。

| 移動パターン | 値 | 移動方向 |                      |
|--------|---|------|----------------------|
| 楕円の長径  | 小 | 並進移動 | ビーム面積が増加する並進方向       |
|        | 大 | 回転移動 | 重心座標 撮像素子の中心に近づく回転方向 |

## 検証実験(トラッキング軌跡の測定)



実験状況 (トラッキング軌跡の測定)

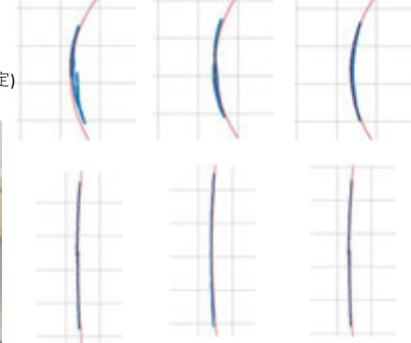


検証可能にするために開発した受光側の試作モデル

移動アルゴリズムの効果の検証と同時に、画像処理の比較を行った。グレースケールとHSVを比較すると、**回転移動はHSV**、**並進移動はグレースケールの方が優れていた**。

この結果を踏まえて、両方の長所を反映したハイブリッド画像処理での結果は、**グレースケール**、**HSV**どちらの長所よりも良い結果が得られた。

グレースケール HSV グレースケール(並進移動) HSV(回転移動)



上段: 光路長35cm (回転移動多め)  
下段: 光路長275cm (並進移動多め)  
青線: 軌跡データ 赤線: 理想線

## まとめ

本研究は、光軸追尾システムの移動アルゴリズムの開発を行った。効果を確かめるべくグレースケール、HSVの画像処理を用いて検証実験を行い、2つの画像処理のトラッキング軌跡のデータを基に、両方を長所を反映したハイブリッド画像処理を開発した。ハイブリッド画像処理が最も良い結果が得られた。また、光路長の長さを変えても概ね良好な円弧移動ができており、当初の目的を達成した。

# 航空機蛍光ライダーによる植生調査の可能性

齊藤保典<sup>1\*</sup>, 宇都宮成弥<sup>1</sup>, 椎名達雄<sup>2</sup>

1 信州大学, 2 千葉大学 \*saitoh@cs.shinshu-u.ac.jp



## 1. はじめに

植物に紫外光を照射して得られる蛍光を生育状態を調査するための指標にした、航空機搭載蛍光ライダーによる植生調査を提案し、その可能性地上ベース掃引蛍光ライダーでシミュレーション実験を行った。

## 2. 方法論

2.1 植物蛍光と植物生理生育情報  
355nmのレーザー光を生育状態の異なるケヤキ生葉に照射して得られた蛍光スペクトルを図1に示す。葉の成長状況に応じて形状が変化する。青緑領域は生体必須有機物および光合成二次代謝産物の情報を、赤と近赤外蛍光はクロロフィルa分子の情報を持つ。

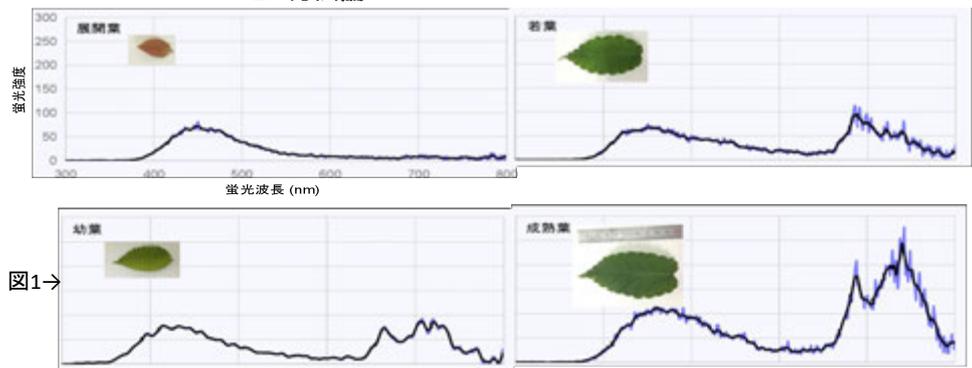


図1→

2.2 航空機搭載シミュレーション実験案  
図2にシミュレーション実験構想案(地上ベースライダーを上空に展開)を示す。パルスレーザーに同期した蛍光信号の遅延観測を行うことで、蛍光の樹木高度分布を、二次元掃引観測により観測幅(刈り幅)と航空機進行方向を模擬する。

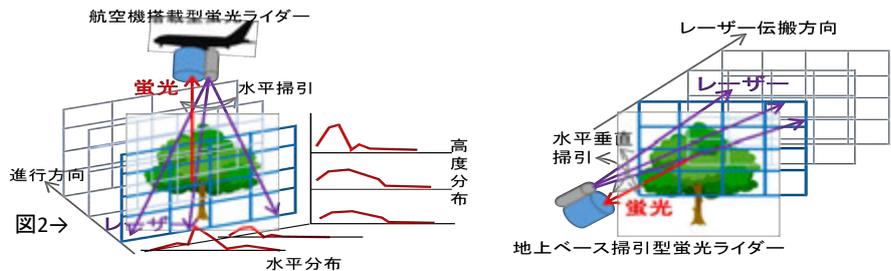


図2→

## 3. 屋外シミュレーション実験結果

河川敷に自生する樹木林の蛍光三次元観測を行った(図3)。クロロフィル濃度指標を(赤蛍光強度/近赤外蛍光強度)、光合成生産指標を(青緑蛍光強度/(クロロフィル濃度指標))より求めた(図4)。クロロフィル濃度指標に関しては季節変化が分かる。光合成生産指標については特徴が見えなかった。

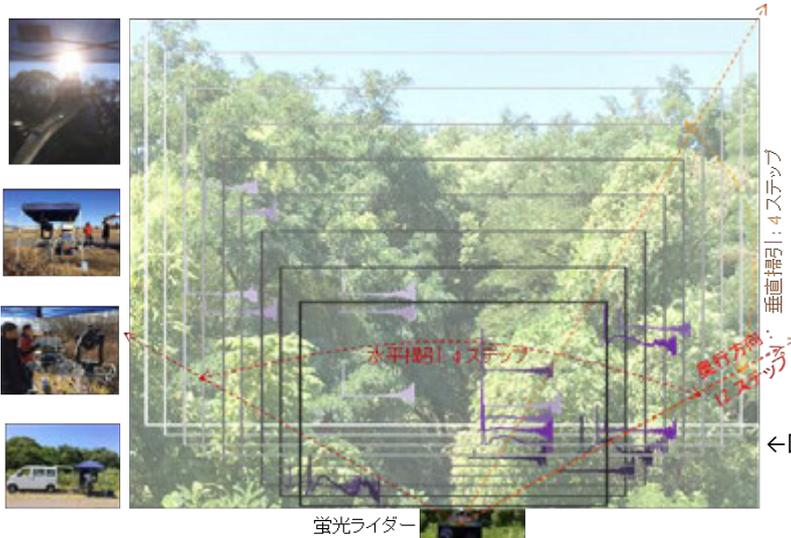


図3

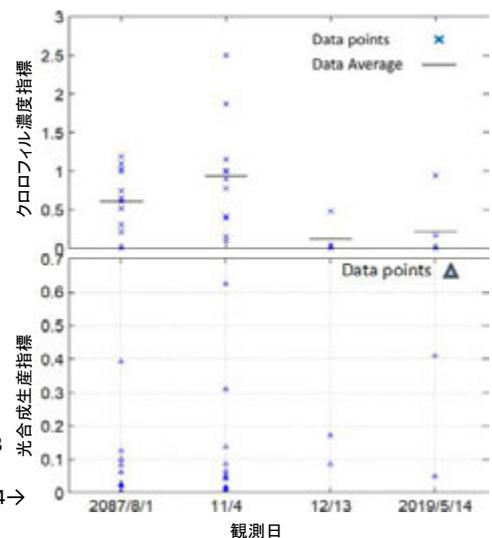


図4→

## 4. まとめと今後の展開

地上ベース掃引型蛍光ライダーの観測により、航空機搭載蛍光ライダーによる植生調査の可能性が示された。今後は、航空機性能(高度・スピード・積載重量など)を踏まえたS/N評価を行い、実現を目指す。

## 無線センサネットワークを用いた環境情報収集システムの開発

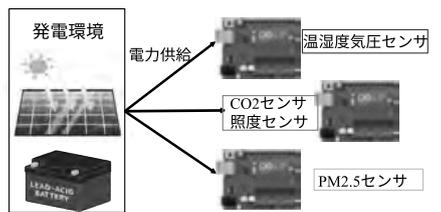
小室 信喜<sup>†</sup>, 山岡 卓矢<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 千葉大学統合情報センター, <sup>‡</sup> 千葉大学工学部情報画像学科

### ■ Motivation

- IoT (Internet of Things)
  - モノとモノがインターネットを介して接続
  - ワイヤレスセンサーネットワーク (Wireless Sensor Network: WSN) を構築
  - ビッグデータの収集と解析に有用
- リモートセンシング
  - 衛星からのセンシングデータによって、環境情報を大域的に把握
  - 室内など局所的に環境状況を把握するのは困難
- WSN による環境観測システムの構築
  - ソーラーパネルと蓄電池の併用
  - スリープ機能の実装
  - 機械学習による CO<sub>2</sub> 濃度推定
- 局所的に環境状況や傾向を把握

### ■ System



System Structure

#### Experiment

- 各センサごとに 10 分間隔で測定 (晴天、曇天のみ)
- 7 日間のデータを取得 (約 1000 個のデータ)

#### 評価

- スリープ機能の効果
- 機械学習 (LSTM) を用いた CO<sub>2</sub> 濃度推定 (総データの 7 割を訓練データ、残りの 3 割を検証データ)

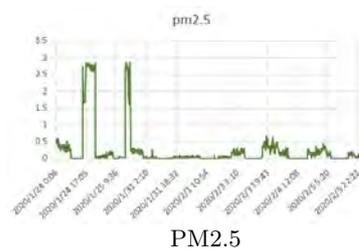


CO<sub>2</sub> & Dust sensor



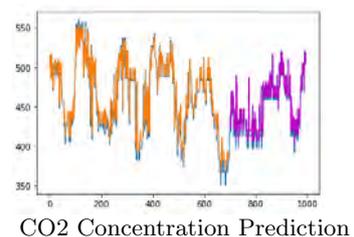
Temperature, Humidity, & Illuminance sensor

### ■ Experiment Result



スリープ機能搭載有無による消費

| 電流 |           |       |
|----|-----------|-------|
|    | 消費電流 (mA) | 稼働時間  |
| なし | 16.26     | 12 時間 |
| あり | 0.00657   | 2 日間  |



### ■ Future Works

より長期間稼働できるシステムの構築、雨天時の対策など

# LEDミニライダーによる狭隅角波浪観測

千葉大学大学院工学研究院 椎名達雄

Tatsuo Shiina\*  
 Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba university, Japan  
 \*shiina@faculty.chiba-u.jp

## Abstract

Every ship determines its cruise course by taking into account the state of sea waves due to weather conditions. In the viewpoints of fuel efficiency, safe sailing, vibration damping, and automatic steering, it is useful for the captain to obtain a motion of forward waves.

Sea wave is greatly affected by not only flow and depth of seawater, but also temporal wind blowing on the sea surface.

To observe wave sea dynamics, we developed a LED based mini-lidar and the high-speed photon counter to catch the target motion of 0.1–1Hz. The power LED of 0.75W@385nm was utilized. Its divergence is 10mrad, while the receiver's field of view is <5mrad. This setup is eye-safe and robustness for rough treatment. The pulse frequency was 500kHz and the spatial resolution was 0.15m. The ground experiment was conducted at a coast with shallow angle. The sea wave dynamics was captured at every 0.25s.

## Shallow Angle Measurement



Front Sea wave Dynamics  
 Sea wave motion of 0.1 – 1 Hz

## Precedence Researchs

Sea surface measurement with high-power laser



- A) A Portable Airborne Scanning Lidar System For Ocean and Coastal Application., J. Atmos. Oceanic Tech., 2009.
- B) Shallow Angle Wave Profiling Lidar, J. Atmos. Oceanic Tech., 2007

## LED mini-Lidar Configurations

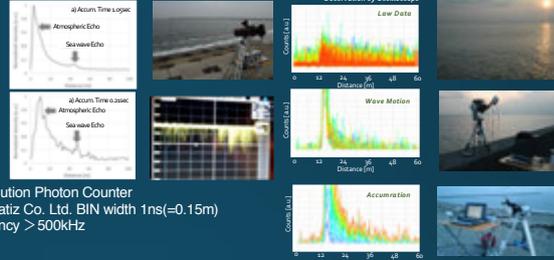
Table 1 LED mini-lidar for wave motion observation.

|                      |   |
|----------------------|---|
| Transmitter          |   |
| LED Pulse Power      | 750mW (=7.5nJ/10ns)                                 |
| Wavelength           | 385nm   |
| Beam Diameter        | 50mmφ   |
| Beam Divergence      | 10mrad.   |
| Repetition Frequency | >450kHz   |
| Receiver             |   |
| Telescope            | Cassegrain  |
| Diameter             | 127mmφ  |
| Field of View        | <5mrad.   |
| Interference Filter  | $\lambda_0=385\text{nm}, \Delta\lambda=10\text{nm}$ |
| Detector             | Photomultiplier                                     |



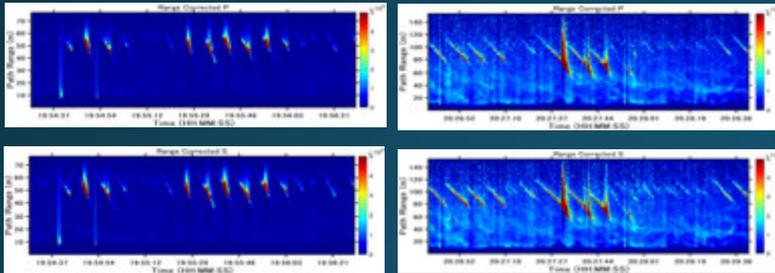
Improvement  
 Orthogonal Polarization detection

High-speed & High-resolution Photon Counter  
 Commercialized by Trimatiz Co. Ltd. BIN width 1ns(=0.15m)  
 Pulse Repetition Frequency > 500kHz  
 Minimum lead-out 0.2s



## LED mini-Lidar Sea Wave Observations

### Sea flow Observations

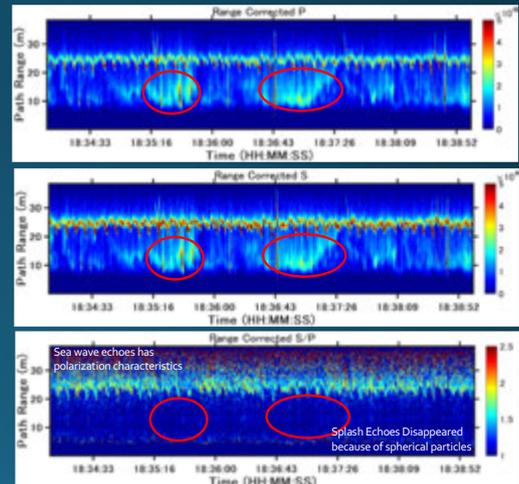


Depression Angle 4.0°

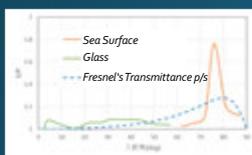
Depression Angle 2°

| Depression Angle | Sea Wave Distance | Sea Wave Speed | Sea Wave Height |
|------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| 8°               | 25 m              | 1.82 m/s       | 0.7 m           |
| 4°               | 50 m              | 4.59 m/s       | 1.5 m           |
| 2°               | 90 m              | 4.71 m/s       | 1.2 m           |

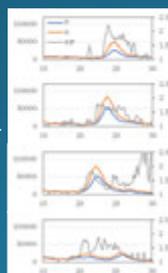
### Polarization Characteristics of Sea Wave and Splash



### Reflectance Characteristics on Sea Wave Surface

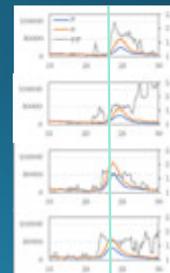


Time Series Observation  
 Wave front moves at 8 deg.



### Sea Wave Motion Analyses

Fixed point observation  
 Wave front rises from 0 deg. to 8 deg.



## P13 ドローンを用いたオホーツク海沿岸の濁度、クロロフィルa濃度の推定(継続)

Study for estimation method of turbidity, chlorophyll a concentration over the coastal area of the Sea of Okhotsk, Hokkaido using aerial drone

朝隈 康司

東京農業大学 生物産業学部

### 研究の背景

#### これまでの結果

- 北海道オホーツク海沿岸ではホタテガイ漁が盛んであるが、近年の多雨などにより河川水量の増加がみられ、河川による影響をモニタリングする必要があるが生じている
- 昨年までは、常呂川河口を対象に、航空ドローンで撮影された河口表面のR,G,B各チャンネルの反射率から、濁度とクロロフィルa濃度の推定方法を検討してきた
- その結果、各チャンネルの反射率と、濁度ならびにクロロフィルa濃度の間に二次の曲線関係があることがわかった
- そこで、クロロフィルa濃度  $c$ 、濁度  $\tau$  をそれぞれを独立として、各チャンネルの反射率  $\rho_i (i \in \{R, G, B\})$  との二次の線形結合モデルを仮定した:  $c = \sum_i (a_i \rho_i^2 + b_i \rho_i + d)$   
 $\tau = \sum_i (e_i \rho_i^2 + f_i \rho_i + g)$
- しかしながら、このモデルは係数が負になるなど解釈が難しかった

#### 研究の目的

- 昨年に引き続き、常呂川河口で採水と航空ドローンによる撮影を継続しデータを補充する
- 濁度、クロロフィルa濃度を独立に扱うモデルを連立モデルに変更して検討する



図1. 常呂町周辺図



図2. 台風直後の常呂川河口の様子 (2017年10月24日)

### 研究方法

観測場所: 常呂川河口 (図1, 図5参照)

#### 利用器材:

- DJI: Phantom 4
- Labsphere: 標準反射板
- 採水バケツ
- Whatman: GF/F フィルタ
- TurnerDesign: Torilogy 蛍光光度計
- Mettler: XP105 フィルタ測定用天秤
- Adobe: Photoshop CC

#### 観測日:

2018年: 4月13日, 4月20日, 5月7日, 5月21日, 6月11日, 7月16日, 10月4日, 10月11日

2019年: 4月15日, 5月18日, 6月18日, 7月15日, 10月11日, 10月17日, 11月4日 の計15日

#### 観測手順:

- 塩酸処理されたバケツで表面を採水
- Phantom 4 を1.8 m にホバリングさせ、ISO 100, シャッター速度 1/2000 に固定し、標準反射板を直下方向で撮影
- 同様に河口表面採水箇所を撮影
- サンプル水をGF/F フィルタで2本濾過
- 一方のフィルタを DMF (ジメチルホルムアミド) に一晩浸す
- 蛍光光度計でクロロフィルa濃度を計測
- 他方のフィルタをデシケータで1週間乾燥
- 乾燥後、重量を天秤で測定し、濁度に換算

#### 反射率の算出:

- Photoshop CC で Phantom 4 で撮影された画像を読み込み、河口表面の影や落ち葉などの無い場所 100 × 100 程度の画素を選択
- R, G, B のチャンネル別に輝度 (digital) の平均値を読み取る
- 同様に撮影された標準反射板の輝度を読み取る
- R, G, B ごとに河口表面の輝度を白板の輝度で除し、反射率に換算
- 得られた反射率とクロロフィルa濃度、濁度の関係から推定値を算出



図7. 濾過後フィルタに残った懸濁物



図8. 蛍光光度計



図3. Phantom 4



図4. バケツと標準反射板



図5. 観測時の様子 (2018年4月13日)



図6. 観測時の河口 (2018年4月13日)



図9. 反射率算出の例 (2018年4月13日)

### 結果と考察

#### 河口表面反射率とクロロフィルa濃度、濁度

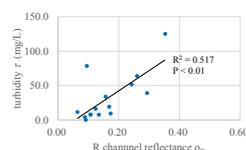
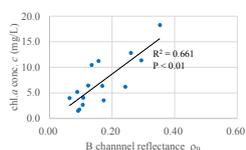
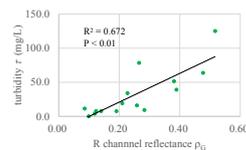
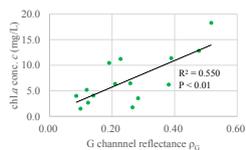
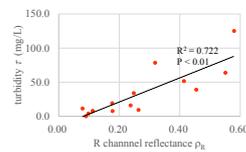
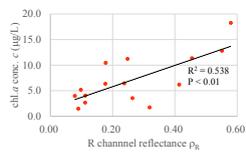


図10. R,G,B 各チャンネルの反射率とクロロフィルa濃度の関係

図11. R,G,B 各チャンネルの反射率と濁度の関係

#### クロロフィルa濃度、濁度の同時推定

- RGB各チャンネルの反射率:  $\rho_i (i \in \{R, G, B\})$
- クロロフィルa濃度:  $c$
- 植物プランクトンの反射率:  $\rho_{ci}$
- $c$  から  $\rho_{ci}$  への変換係数:  $a_i, \therefore \rho_{ci} = a_i c$
- 濁度:  $\tau$
- 懸濁物の各チャンネルの反射率:  $\rho_{\tau i}$
- $\tau$  から  $\rho_{\tau i}$  への変換係数:  $b_i, \rho_{\tau i} = b_i \tau$
- 真水の反射率:  $\rho_{wi}$

とすると、

$$\rho_i = a_i c + b_i \tau + \rho_{wi}$$

これを、解くと、

$$c = d_1 (\rho_R - \rho_{wR}) + d_2 (\rho_G - \rho_{wG}) + d_3 (\rho_B - \rho_{wB})$$

$$d_1 = \frac{(b_G + b_B)}{(a_G + a_B)b_R - a_R(b_G + b_B)}$$

$$d_2 = \frac{b_R}{(a_G + a_B)b_R - a_R(b_G + b_B)}$$

$$\tau = e_1 (\rho_R - \rho_{wR}) + e_2 (\rho_G - \rho_{wG}) + e_3 (\rho_B - \rho_{wB})$$

$$e_1 = \frac{(a_G + a_B)}{a_R(b_G + b_B) - (a_G + a_B)b_R}$$

$$e_2 = \frac{a_R}{a_R(b_G + b_B) - (a_G + a_B)b_R}$$

$$e_3 = \frac{a_R}{a_R(b_G + b_B) - (a_G + a_B)b_R}$$

$\rho_{wR} = 0.026, \rho_{wG} = 0.027, \rho_{wB} = 0.029^*$  とし、 $0 \leq \rho_i < 1$  を制約条件として、最小二乗法で RMSE が最小となるように解くと、  
 $a_R = 1.59 \times 10^{-2}, a_G = 2.19 \times 10^{-2}, a_B = 1.83 \times 10^{-2},$   
 $b_R = 3.83 \times 10^{-3}, b_G = 2.43 \times 10^{-4}, b_B = 2.17 \times 10^{-3}$   
のときに、  
クロロフィルa濃度の  $R^2 = 0.635, RMSE = 1.53,$   
濁度の  $R^2 = 0.749, RMSE = 4.38$   
となった

今後、より精度を高め、RMSE < 1.0 を目指したい

\* ECOSTRESS spectral library

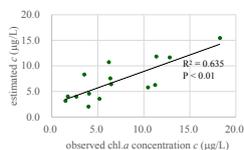


図12. ドローン画像から推定されたクロロフィルa濃度

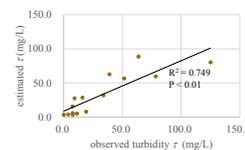


図13. ドローン画像から推定された濁度

## 極域・温室効果分子濃度の長光路吸収センサーの開発 — 富士山での観測 —

小林喬郎(福井大学) 椎名達雄、久世宏明(千葉大学)  
矢吹正教(京都大学) 三浦和彦(東京理科大学)

## 富士山測候所を活用する研究

### 1. 気象観測の歴史

- ・1895年10-12月 中央気象台 野中至夫妻の冬季観測開始
- ・1932年 富士測候所設置による通年観測の開始
- ・1964年10月 富士山レーダー完成
- ・1999年9月 富士山レーダー運用終了、ネットワークへの移行
- ・2013年6月 富士山が世界文化遺産に登録

### 2. 認定NPO法人「富士山測候所を活用する会」

- ・2005年11月 認定NPO法人の設立
- ・組織形態: 研究者、企業、行政が協働するネットワーク
- ・研究・教育分野: 大気化学・物理、大気電気・雷、高所医学、生態学、通信技術、環境教育、他
- ・国際会議ACPM2017の開催
- ・会員数: 280人

### 3. 富士山の特長

- ①独立峰で極地の気象条件
- ②山頂は自由対流圏
- ③地球規模大気汚染の観測に最適
- ④世界遺産

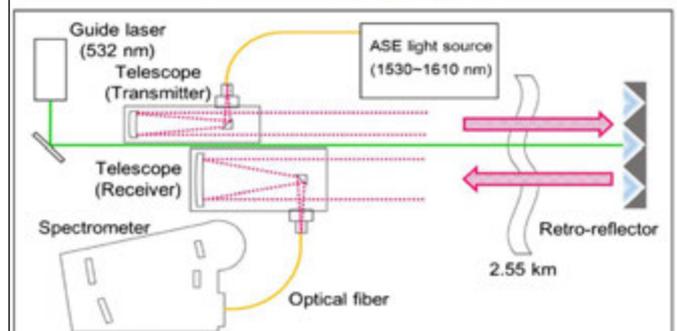
- 1 -



山頂付近の早朝の登山者

- 2 -

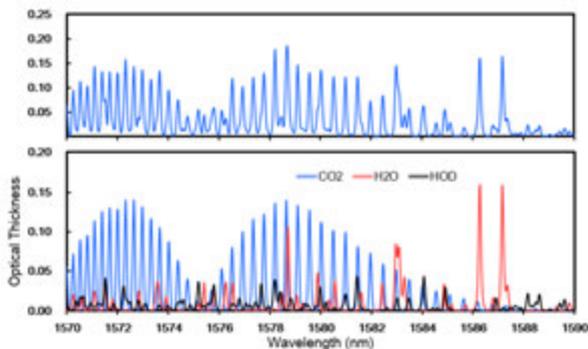
## 都市域大気中のCO<sub>2</sub>の差分吸収分光法 (DOAS)の装置構成



Saito, Manago, Kuriyama, Kuze, Opt. Lett. 40 (2015)

- 3 -

## 3種の分子の吸収スペクトルの観測



Observed spectra decomposed into absorption lines of three different molecules.

- 4 -

## 半導体レーザー利用分子センサー

### 測定方法

- ① レーザ光を物体に照射し反射光を受光
- ② レーザ波長を変調して吸収による受信強度比より吸収量を求める

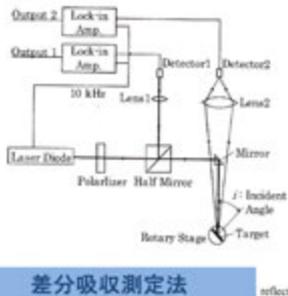


レーザーメタンmini  
小型軽量化モデルの例  
重量 600g、アンリツ製

測定法

- 5 -

## LD利用メタンセンサー構成と特性

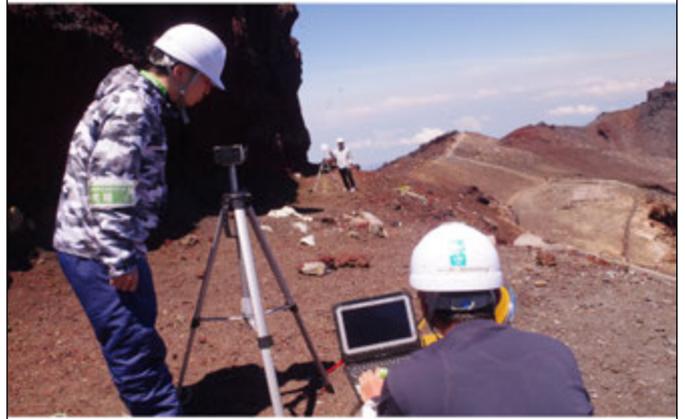


### メタンセンサー特性

|             |               |
|-------------|---------------|
| 測定ガス        | メタン・硫化水素等     |
| 測定原理        | 赤外差分吸収分光      |
| 最少測定可能量     | 0.45 ppm・m    |
| 最大測定可能量     | 10,000 ppm・m  |
| 測定距離        | 1~30 m        |
| 測定距離(反射板有り) | 10~100 m      |
| 警報方法        | LED表示、ブザー     |
| 電源          | バッテリーパック      |
| 動作時間        | 1.5時間以上       |
| 外形寸法        | 80x50x150(mm) |
| 重量          | 600 g         |

差分吸収測定法

- 6 -



観測実験

- 7 -

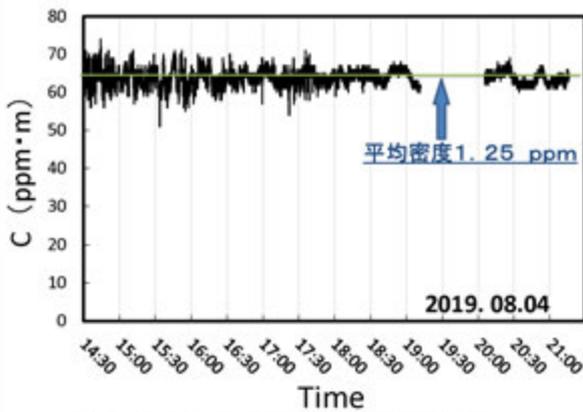


図2 メタンの柱密度の時間変化

- 8 -

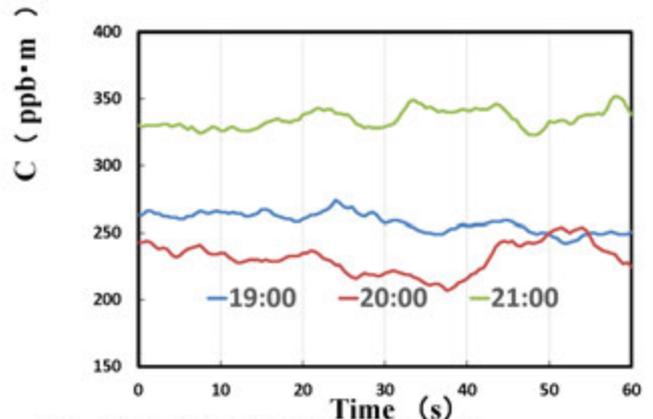


図3 硫化水素(H<sub>2</sub>S)柱密度の時間変化

- 9 -

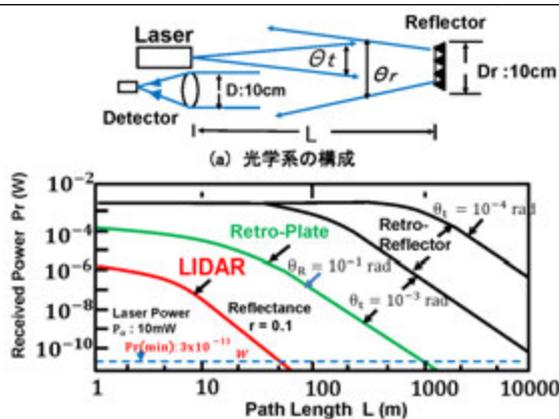


図5 (b) 光路長に対する受信電力の関係

- 10 -

## 4. 結論

### 1. 富士山頂での観測

- ・独立峰で極地の気象条件
- ・山頂は自由対流圏

- ・地球規模の大気汚染観測に最適

### 2. 小型の吸収方式センサーによる分子の観測実験

- ・波長1.5 μm帯LDを用いた小型、小電力、安価なセンサー
- ・回帰性反射板を利用した高感度特性の確認
- ・温室効果分子メタンの検出: 1.25 ppmの濃度
- ・火山噴出分子硫化水素の検出: 10ppb(相対値)

### 3. 今後の展開

- ・多種の大気分子の同時計測法の実現(CO<sub>2</sub>等)
- ・室内(1~10m)から遠距離(~50km)の実験
- ・産業分野への展開

- 11 -

## CO<sub>2</sub> 濃度の季節変動の通年測定

野村渉平、向井人史(国立環境研): NPO第11回成果報告会  
予稿集、A-01、pp, 4-5 (2018).

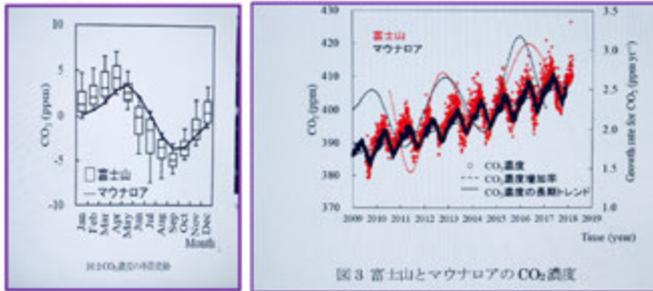


図3 富士山とマウナロアのCO<sub>2</sub>濃度

測定方法: NDIR法、100個のバッテリーで通年動作、濃度増加率の夏冬変動観測 -12-

# REMOTE MONITORING OF RIVER WATER POLLUTION USING MULTIPLE SENSOR SYSTEM OF WSNS AND IOT

## INTRODUCTION

This research aim to design and develop a system with multi-sensor to monitor river water pollution because most of the community members use river water in their daily activities. In this design and development of system, a Wireless Sensor Networks (WSNs) was applied because of the many advantages that can be use. Multi-sensor nodes were installed for the detection of water pollution parameters such as temperature, Electrical Conductivity (EC), water pH, and Dissolved Oxygen (DO)..

## PROBLEM AND OBJECTIVE

The goal of this research is to develop water pollutant monitoring system by install several of sensors at a point of River, then all the information will share to the community, figure 1 shows Siak river.

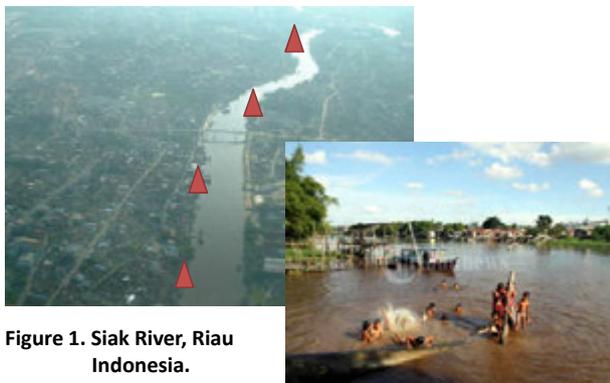


Figure 1. Siak River, Riau Indonesia.

## SOLUTION AND INNOVATION

To collect common water quality parameters, some sensors related to parameters installed such as water temperature, pH electrical conductivity and dissolved oxygen. The distance from sensors point at river quite far to the monitoring center. Thus a communication system to transmit data of water information is developing for effective communication, figure 2 shows the design

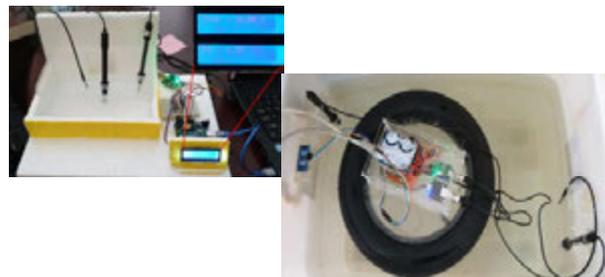
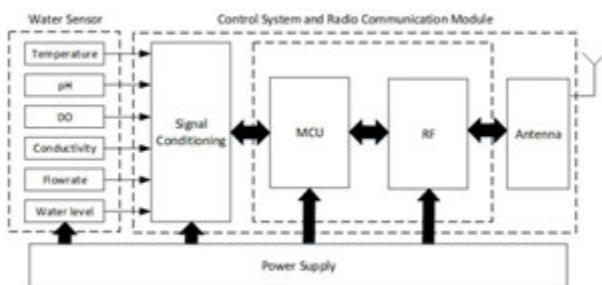


Figure 2. Water pollutant sensors design, testing, and calibration.

## RESULTS

This research gain knowledge and contribute new invention for water pollutant monitoring system, data collection and study of sensor placement location for effective sensing including design a new sensor that be able to collect accurate data. Development of a new method of communication system for effective data transmission and sharing is one of intention in this research. Figure 3 shows the system architecture.

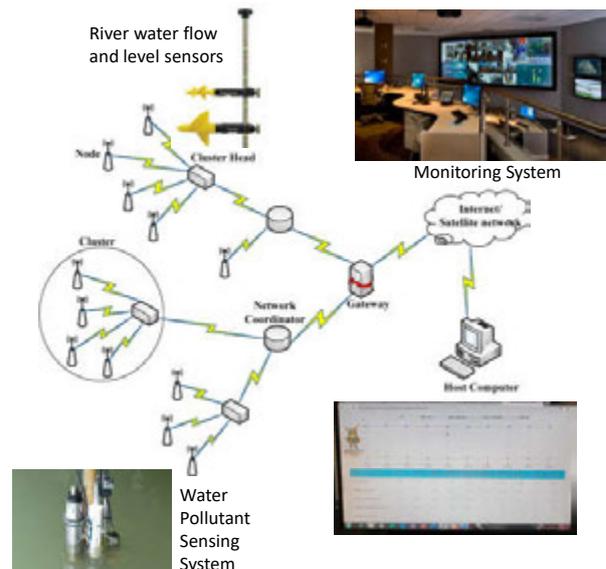


Figure 3. Architecture of WSNs monitoring system.

## NOVELTY

A smart system with intelligent detection of water pollutant is one of novelty, beside that system be able to analyze behavior of water pollutant data and send alert when major changes happen.

## BENEFITS AND COMMERCIALIZATION

Development and Innovation in the used of water pollutant monitoring system.

### Benefit

- Real-time water monitoring system.
- Multi parameter of water pollutant indicator.
- Data analyse and record for a few year.
- Mobile application for remote monitoring system.

### Commercialization

- Water supply industries.
- Environmental government agency.
- Industries with usage much water.
- Housing developer for residence water supply.



Evizal Abdul Kadir



Hitoshi Irie



Sri Listia Rosa



DEPARTMENT OF INFORMATICS ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU, PEKANBARU, RIAU, INDONESIA 28284

# Sentinel-1 SARデータを用いたインドネシア稲作地の洪水領域検出

## Flooded area detection for paddy field in Indonesia using Sentinel-1 SAR data

○若林 裕之<sup>\*1</sup>・北神 貴久<sup>\*2</sup>・本郷 千春<sup>\*2</sup>

Hiroyuki Wakabayashi<sup>\*1</sup>, Takahisa Kitagami<sup>\*2</sup>, and Chiharu Hongo<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>日本大学工学部, <sup>\*2</sup>千葉大学環境リモートセンシング研究センター Email: wakabayashi.hiroyuki@nihon-u.ac.jp

### 研究背景

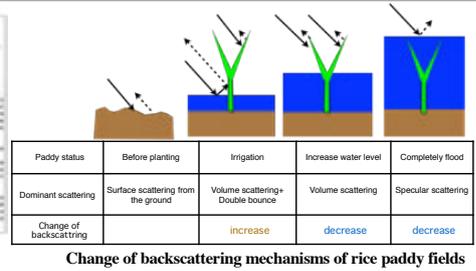
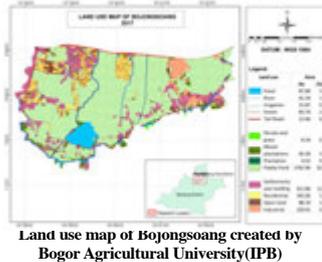
・インドネシアでは、毎年雨季に発生する洪水によって、水稲に甚大な被害が発生しており、洪水が発生した地域では雨季の収穫が困難となっている。  
 ・2015年から農業保険制度の試行的取り組みが開始され、稲作地の損害把握は専門家の現地調査により実施しているが、将来的にはリモートセンシングデータを使用して実施することを検討している(SATREPS研究プロジェクト)。

### 研究目的および研究内容

本研究では、インドネシアの稲作地に発生した洪水災害を対象にして、リモートセンシングデータでその浸水被害域を把握することを目的としている。リモートセンシングデータとして、全天候性かつ高空間分解能の合成開口レーダ(SAR)データを使用して、インドネシアのバンドン周辺のテストサイトを対象に、Sentinel-1AのCバンドSARデータを使用して、2018年2月下旬および2019年4月中旬に発生したBojongsong地区の洪水をモニタリングした結果を示す。

### テストサイトと洪水の状況

本研究のテストサイトはインドネシア西ジャワ州バンドン市の南東4kmほどの位置にあるBojongsongである。この領域の南側を囲むようにチタルム川(Citarum River)が流れていて、雨季(12月から4月)には毎年のようにチタルム川が決壊し、洪水が発生して水田に被害を発生させている。Bojongsongの西部にあるTegalluar地区では、2018年の2月下旬および2019年4月中旬に大規模な洪水が発生し、水田領域に被害をもたらした。



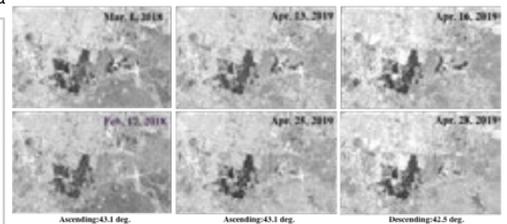
### 使用データおよび解析手順 (Sentinel-1 CバンドSARデータ)

#### Sentinel-1's C-band SAR characteristics

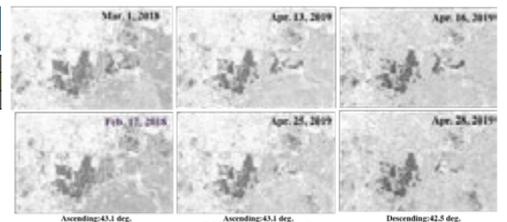
| Satellite                      | Sentinel-1 (IW mode) |
|--------------------------------|----------------------|
| Center frequency (wave length) | 5.405 GHz(5.6 cm)    |
| Bandwidth                      | 100 MHz              |
| Altitude                       | 693 km               |
| Image width                    | 250 km               |
| Range resolution (IW mode)     | 5 m                  |
| Azimuth resolution (IW mode)   | 20 m                 |
| NE sigma zero                  | -22 dB               |
| Incidence angle                | 29.1 - 46.0 deg.     |
| Polarimetry                    | VV+VH                |
| Tx power                       | 4.4 KW               |

#### Procedure to extract flooded area by using Sentinel-1's C-band SAR data

- (1) Download GRD data from Open Access Hub (IW: Interferometric Wide Swath mode with 10-m by 10-m spatial resolution)
- (2) Apply Orbit data
- (3) Calibrate C-SAR data to get beta-naught
- (4) Local incidence angle correction (Radiometric Terrain Flattening) to get gamma-naught image (Less dependent on incidence angle)
- (5) Transform on UTM coordinates with foreshortening correction (Range-Doppler Terrain Correction)
- (6) Apply rice paddy mask in Bojongsong
- (7) Extract gamma-naught coefficients from both flood and non-flood areas
- (8) Linear discriminant analysis for determining thresholds dividing flood and non-flood areas
- (9) Extract flooded area by using the gamma-naught threshold



VV-polarization

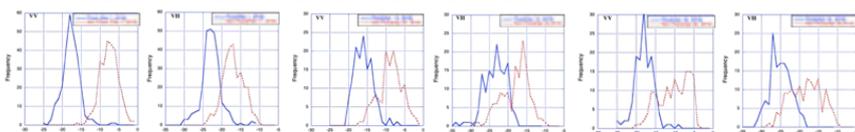


VH-polarization

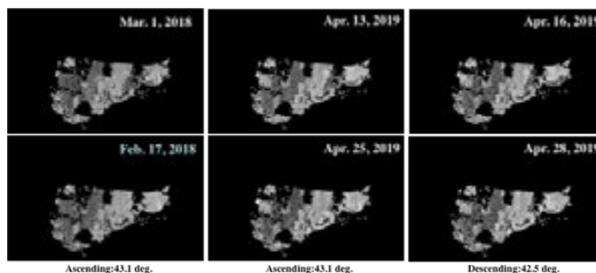
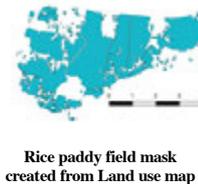
Sentinel-1 gamma-naught images covering our test site, Bojongsong.

### 解析結果

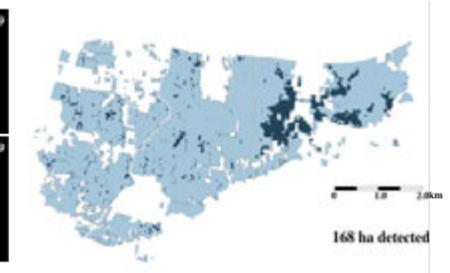
| Pair(Asc) | Polarization | Threshold(dB) | Correlation ratio | Discriminant accuracy | Pair(Dsc) | Polarization | Threshold(dB) | Correlation ratio | Discriminant accuracy | Pair(Dsc) | Polarization | Threshold(dB) | Correlation ratio | Discriminant accuracy |
|-----------|--------------|---------------|-------------------|-----------------------|-----------|--------------|---------------|-------------------|-----------------------|-----------|--------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| 217&31    | VV           | -13.3         | 0.82              | 0.98                  | 413&425   | VV           | -12.8         | 0.81              | 0.89                  | 416&426   | VV           | -14.8         | 0.58              | 0.87                  |
| 217&31    | VH           | -20.2         | 0.54              | 0.90                  | 413&425   | VH           | -21.2         | 0.39              | 0.77                  | 416&426   | VH           | -22.2         | 0.48              | 0.81                  |



| Pair(Asc) | Polarization | Median Filter | Threshold(dB) | Correlation ratio | Discriminant accuracy |
|-----------|--------------|---------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| 217&31    | VV           | 無し            | -13.3         | 0.82              | 0.98                  |
|           |              | 3x3           | -12.9         | 0.87              | 0.99                  |
|           |              | 5x5           | -13.4         | 0.89              | 1.00                  |
|           |              | 7x7           | -13.3         | 0.91              | 1.00                  |



Sentinel-1 gamma-naught images (VV-pol.) after applying rice paddy field mask



Final result: Extracted flooded area in 2018 (VV-pol, 5x5 median filter, and -13.4dB threshold)

### まとめ

- ・2018年2月下旬および2019年4月中旬にインドネシアのBojongsongで発生した洪水災害を対象に、Sentinel-1 CバンドSARデータを使用した洪水領域の検出を試みた。
- ・水田地帯の洪水による後方散乱係数変化から、線形判別分析によってgamma naughtのしきい値を決定した。
- ・VV偏波および5x5 Median filterを使用することによって高精度に洪水領域が検出できた。

### 謝辞

- ・Sentinel-1データはESAから提供を受けた。
- ・Bojongsongの土地利用に関するGISデータはIPB Universityから提供された。
- ・本研究はJST/JICA SATREPSの支援を受け、現地調査にはProvincial Office of Food Crops and Horticulture of West Java Provinceの支援を受けた。
- ・本研究の一部は千葉大学環境リモートセンシング研究センター共同利用研究の支援を受け実施した。

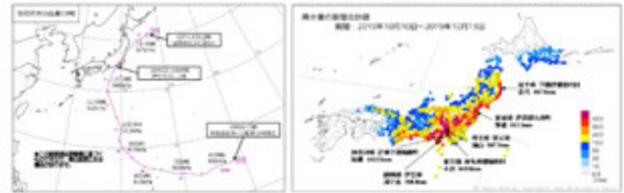
## 衛星SAR画像を用いた2019年台風19号による河川氾濫範囲の把握

劉ウェン<sup>1)</sup>, 藤井希帆<sup>1)</sup>, 丸山喜久<sup>1)</sup>, 山崎文雄<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>千葉大学; <sup>2)</sup>防災科学技術研究所

## 2019年台風19号及び被害

- 2019年10月6日、太平洋マリアナ諸島付近で発生
- 10月12日19時に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸
- 関東、甲信、東北地方に記録的大雨
- 堤防決壊：国管理の7河川12か所；県管理の67河川128か所
- 人的被害：死者・行方不明102名
- 住家被害：全壊3,081棟、半壊25,998棟、床上浸水12,817棟



[https://www.data.jma.go.jp/cld/sats/data/bsai/report/2019/20191012/jyun\\_soku/20191010-1013.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cld/sats/data/bsai/report/2019/20191012/jyun_soku/20191010-1013.pdf)

2

## リモートセンシングによる国際支援

- 10月11日よりセンチネルアジア・国際災害チャータが発動

- 光学衛星画像：

SPOT-6  
CBERS-4  
Sentinel-2  
Kanopus-V  
etc.



<https://jaxa-dis.maps.arcgis.com/home/index.html#>

- SAR衛星画像：

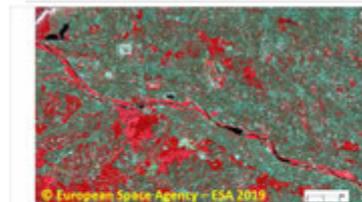
TerraSAR-X  
Sentinel-1  
KOMPSAT5  
COSMO-Skymed  
etc.



<https://disastercharter.org/>

3

## 東京都多摩川



Sentinel-2 imagery  
TerraSAR-X imagery

ID: 2019-038-JPN

Typhoon No. 19 in 2019

Comparing the pre-event optical image with the post-event TSX intensity image, the increased water level in Tama River could be observed around Chofu City, Tokyo.

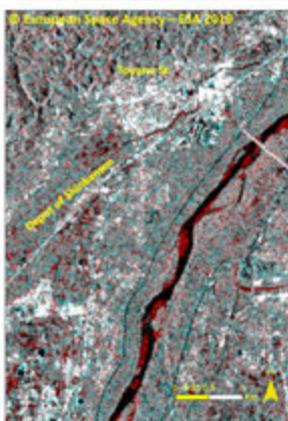
TerraSAR-X image was owned by DLR, provided through International Charter and JAXA.  
Sentinel-2 image was owned by ESA, downloaded from OpenHub.



Post-event TerraSAR-X intensity image (17:34 on Oct. 12, 2019 JST)

4

## 長野県千曲川



Sentinel-1 (S1) imagery  
(Close-up of Shinkansen Stations)

ID: 2019-038-JPN  
Typhoon No. 19 in 2019

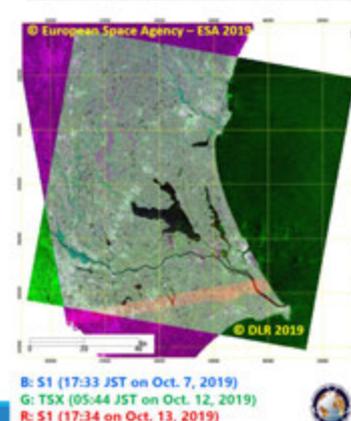
Color composite of two-temporal SAR intensity image, spacing in 10m/pixel resolution. Red color represents the possible flooded regions.

Sentinel-1 image was owned by ESA, downloaded from OpenHub.  
B&G: 17:42 JST on Sep. 30, 2019  
R: 17:41 on Oct. 12, 2019



5

## 茨城県利根川・那珂川・久慈川



Sentinel-1 (S1) imagery  
TerraSAR-X (TSX) imagery

ID: 2019-038-JPN

Typhoon No. 19 in 2019

Color composite of three-temporal SAR intensity image, spacing in 10m/pixel resolution.

TerraSAR-X/TanDEM-X © DLR e. V. 2019. Distribution Airbus DS GEO GmbH  
Sentinel-1 image was owned by ESA, downloaded from OpenHub.



B: S1 (17:33 JST on Oct. 7, 2019)  
G: TSX (05:44 JST on Oct. 12, 2019)  
R: S1 (17:34 on Oct. 13, 2019)

6

# 茨城県久慈川・那珂川

7

## 対象地域と使用データ



—10月28日現地調査のルート

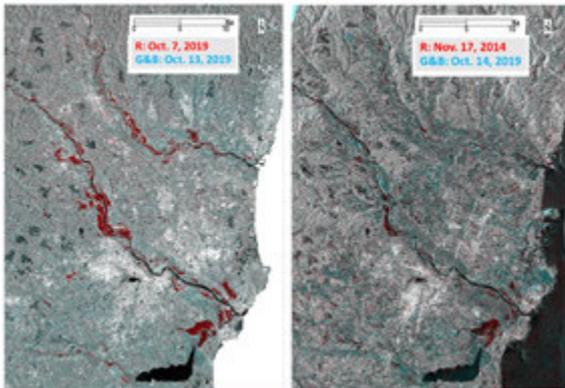


### SAR画像の撮影条件

| Sensor         | Sentinel-1               | PALSAR-2                 |
|----------------|--------------------------|--------------------------|
| Date           | 2019/10/07<br>2019/10/13 | 2014/11/17<br>2019/10/14 |
| Time (JST)     | 17:34                    | 12:17                    |
| Incident angle | 39.0°                    | 29.1°                    |
| Heading angle  | -13.1°                   | 195.0°                   |
| Polarization   | VV                       | HH                       |
| Product Lx     | GRD                      | SLC                      |
| Resolution [m] | 10 m                     | 3 m                      |

8

## 前後強度画像のカラー合成図

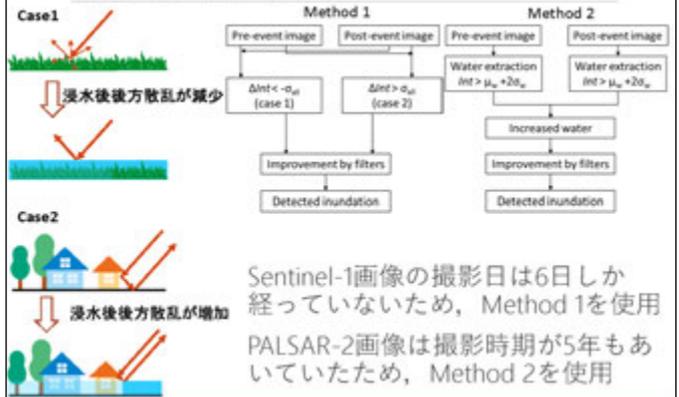


Sentinel-1

PALSAR-2

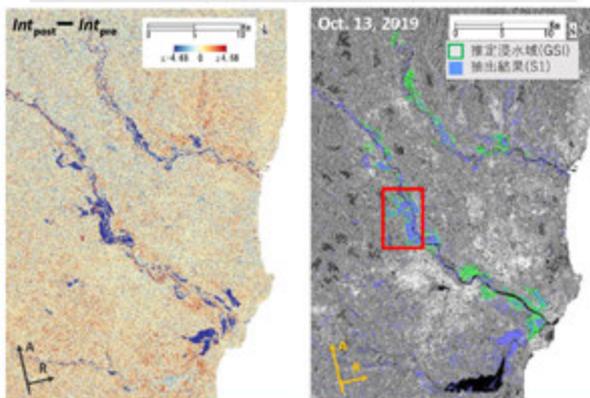
9

## 浸水域の検出方法



10

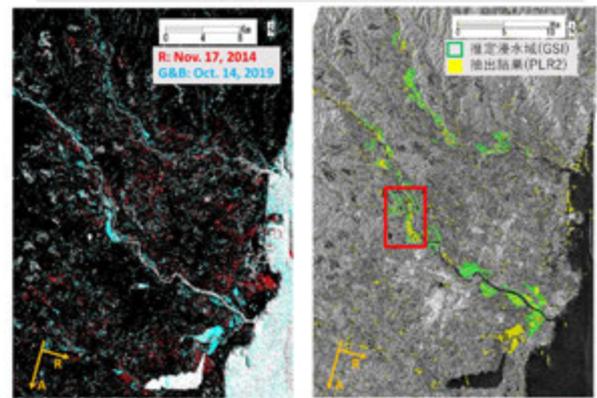
## Sentinel-1画像の検出結果



$\Delta Int < -2.34$  & Size  $> 0.01$  km<sup>2</sup> or  $\Delta Int > 2.34$  & Size  $> 0.005$  km<sup>2</sup>

11

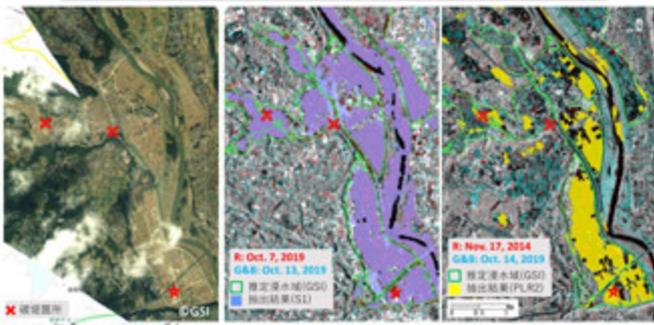
## PALSAR-2画像の検出結果



$Int_{2014} < -12.6$  & Size  $> 0.01$  km<sup>2</sup>;  $Int_{2019} < -11.2$  & Size  $> 0.01$  km<sup>2</sup>

12

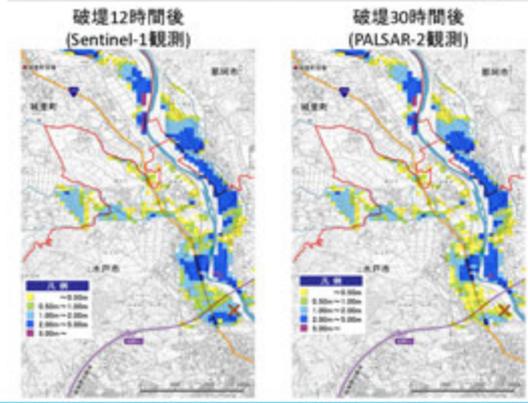
### 水戸北スマートIC付近の比較



3m以上の浸水域

- 時間が経つにつれ、浸水範囲が小さくなる
- PALSAR-2画像では、浸水した住宅地が検出できない

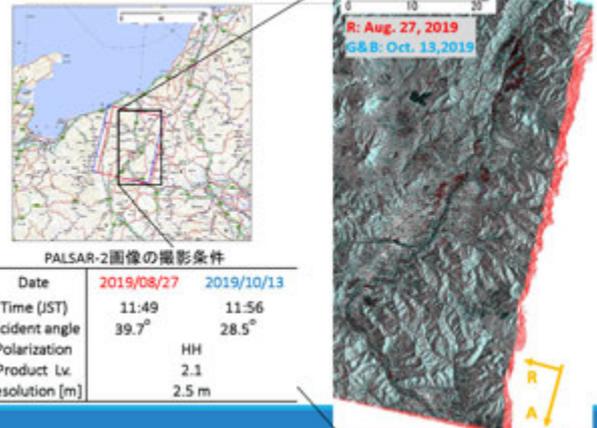
### はん濫シミュレーションとの比較



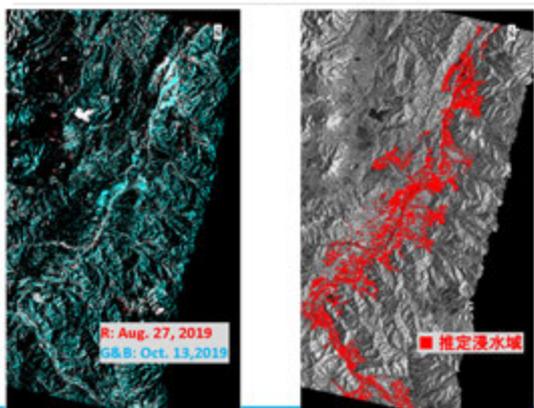
<https://www.ktr.mlit.go.jp/hitachi/bousai/bousai-hanran-top.htm>

### 長野県千曲川

### 使用データ



### Method 2による浸水の検出



### まとめ

- 2019年台風19号の緊急対応に参加し、衛星SAR画像を用いて河川氾濫域の把握を行った
- 茨城県那珂川・久慈川流域において、Sentinel-1とPALSAR-2の前後画像より浸水域を推定した
  - SAR画像は浸水域の把握に有効
  - 水害発生から撮影までの時間差は最も重要
- 長野県千曲川流域において、PALSAR-2の前後画像による浸水域を推定した
  - 撮影条件と地形に影響されて、浸水域の把握は難しかった
- 今後は、現地調査のデータを元に結果の改善と評価を行う

## AUTOMATIC LANDSLIDE MAPPING USING PEAK GROUND VELOCITY AND SENTINEL-1 IMAGERY

Luis MOYA<sup>1</sup>, Wen LIU<sup>2</sup>, Fumio YAMAZAKI<sup>2</sup>,  
Shunichi KOSHIMURA<sup>1</sup>, and Erick MAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University,  
<sup>2</sup> Graduate School of Engineering, Chiba University.

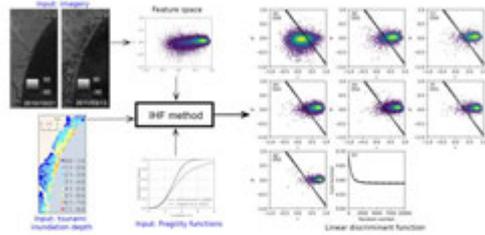
February 20, 2020

## BACKGROUND

### 第20回 環境リモートセンシングシンポジウム

Previously, we proposed a method for damage mapping by the fusion of remote sensing, disaster demand intensity, and fragility functions

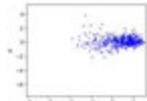
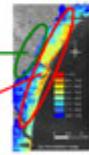
remote sensing  
Novel Unsupervised Classification of Collapsed Buildings Using Satellite Imagery, Hazard Scenarios and Fragility Functions



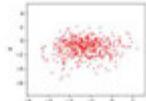
## CURRENT PROBLEM: THERE ARE NOT FRAGILITY FUNCTIONS

We can extract building samples from this area and assume with high certainty that those are non-collapsed buildings

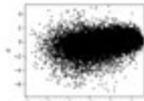
In this area we have both non-collapsed and collapsed buildings. We need to identify collapsed buildings



known database composed of only one class (498 buildings).



Unlabeled dataset, but we know it is composed of 2 classes.

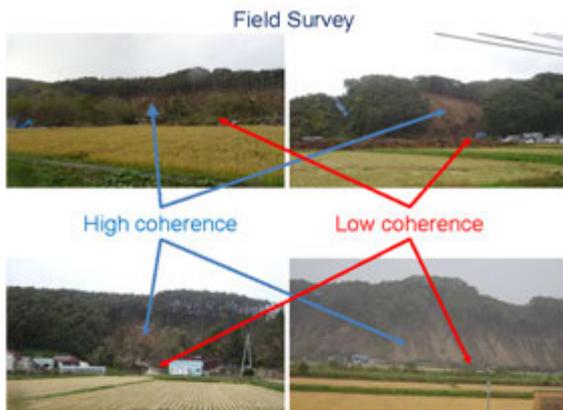


Complete sample space. About 30,000 samples. We need to classify.

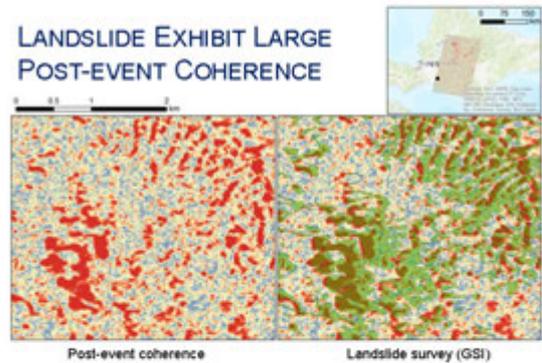
## STUDY AREA AND DATA SET



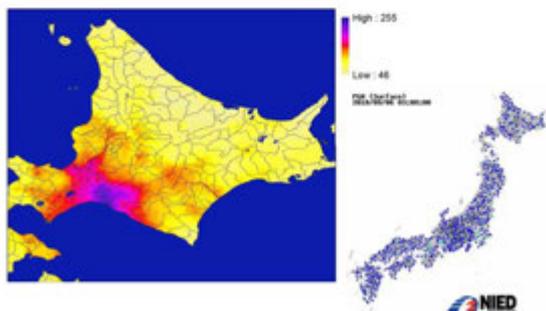
Pass direction: Descending  
Polarization: VV VH  
Product level: L1  
Product type: SLC  
Relative orbit: 46



## LANDSLIDE EXHIBIT LARGE POST-EVENT COHERENCE



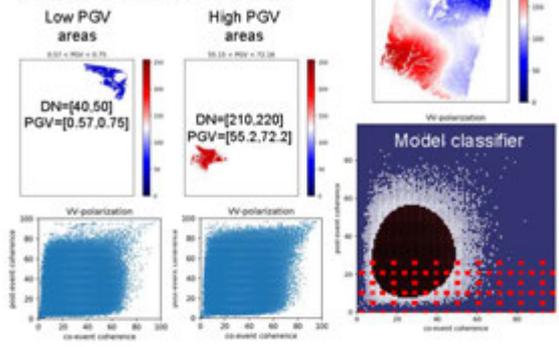
## DEMAND: PEAK GROUND VELOCITY (PGV)



## LAND USE MAP



### FEATURE SPACE AND CLASSIFIER MODEL



### EXAMPLE: STUDY AREA



### EXAMPLE: PREDICTIONS



### EXAMPLE: STUDY AREA



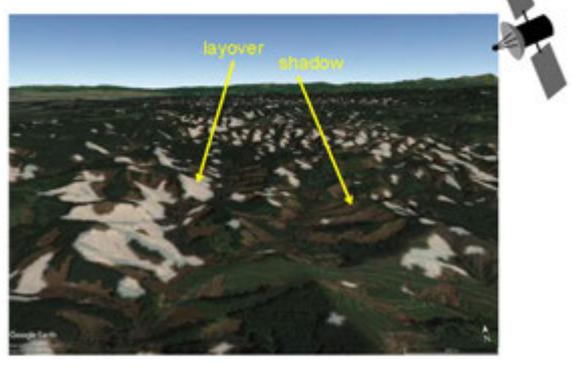
### EXAMPLE: PREDICTIONS



### LAYOVER AND SHADOWING EFFECTS



### LAYOVER AND SHADOWING EFFECTS



### LAYOVER AND SHADOWING EFFECTS





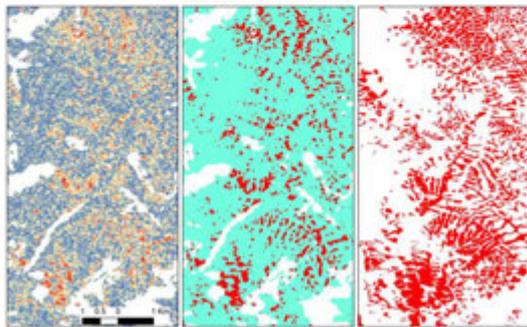
### LAYOVER AND SHADOWING EFFECTS



### CONCLUSIONS

- The post-event coherence identifies bare land induced by landslide.
- The post-event coherence cannot be used to identify the landslide extent.
- The peak ground velocity can be used to train a classifier model in near real time.
- Landslides located in the layover areas can be identified.
- Landslides located in radar-shadow areas cannot be identified.
- Both, ascending and descending SAR images are necessary to perform a complete landslide mapping (**Future work**).

### THANK YOU



Post-event coherence

Predictions

Landslide survey

# 中国地震電磁気衛星で観測された地震に関連する電離圏電子数異常

服部克巳<sup>1</sup>, 宋毅<sup>2</sup>, 張学民<sup>3</sup>, 劉正彦<sup>4</sup>

<sup>1</sup>千葉大学大学院理学研究院

<sup>2</sup>千葉大学大学院融合理工学府

<sup>3</sup>中国国家地震局

<sup>4</sup>台湾国立中央大学



中国地震電磁気衛星 CSES1 (張衡1号)

2020年2月20日 22日環境リモセンシンポジウム

## 短期地震予測の重要性

M7クラス以上の短期地震予測・津波予測による安全安心な社会の確立

### 国内

1995年阪神淡路大震災(M7.3)

死者6435人不明2人

2007年中越地震(M6.8)

死者68人

2011年東日本大震災(M9.0)

死者15894人不明2562人

### 海外

2004年スマトラ地震(M9.1)

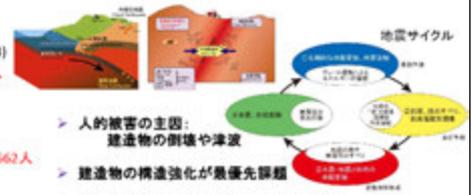
死者不明23万人

2008年四川地震(M7.9)

死者不明8.7万人

2009年ラウライ地震(M6.3)

死者約300人



人的被害の主因：  
建造物の倒壊や津波

建造物の構造強化が最優先課題

事前情報があれば被害は劇的に軽減可能

予測は可能か

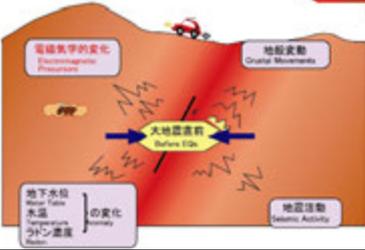
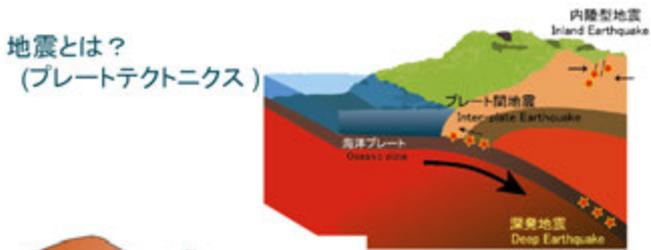
緊急地震速報 直下型には有効ではない、

他の手法も融合した総合的な地震・津波情報の提供

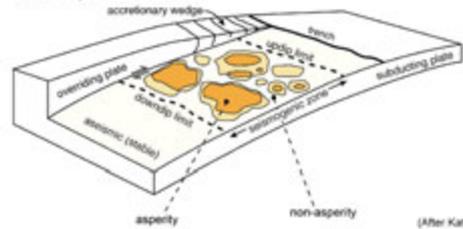
- ・台風や豪雨の予測(レーダー画像)のようなわかりやすい(可視化)地震・津波情報が必要とする人に適切に提供(インフラに紐付くことを含む)できないか?
- ・情報提供することで企業等の持続的な活動等を支援できないか?



## 地震とは？ (プレートテクトニクス)



## 地震とは？ (アスペリティ)

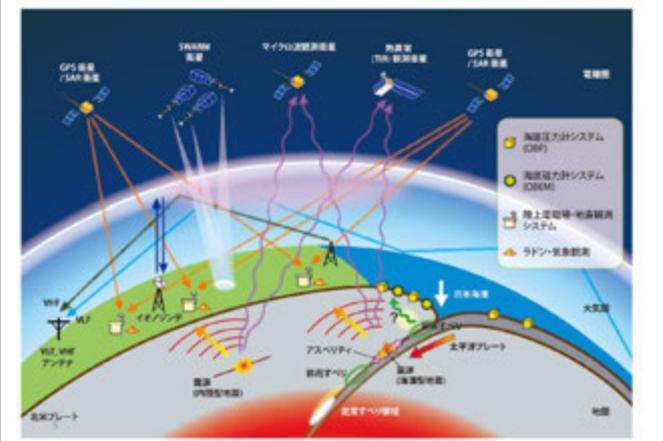


### 沈み込みプレート境界面

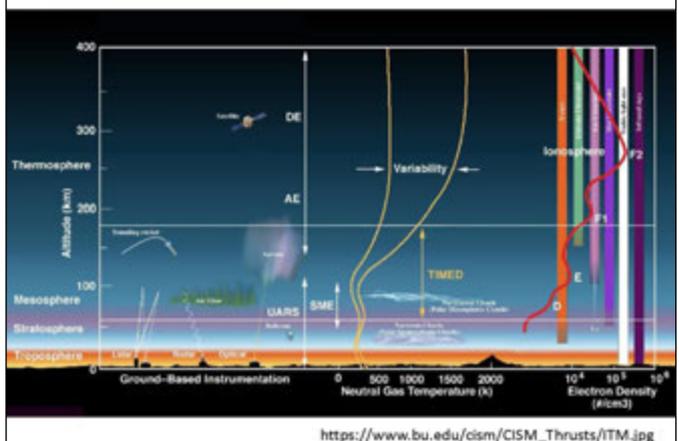
- ・普段から安定的に滑る領域
- ・プレート間同士がしっかりとくっついている領域(アスペリティ)

大地震に繋がるプレート境界型地震はアスペリティの破壊によっておこる!?

## 地震前兆現象(地震準備過程)の観測学的研究



## 電離圏とは



[https://www.bu.edu/cism/CISM\\_Thrusts/ITM.jpg](https://www.bu.edu/cism/CISM_Thrusts/ITM.jpg)

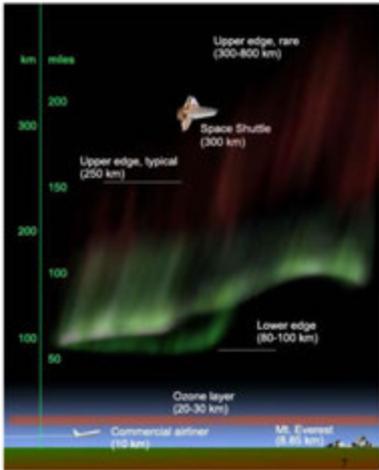
### 電離圏とは

スペースシャトルからみたオーロラ



### 宇宙の渚

オーロラはカーテンのような形をしている。「カーテンのすそ」の部分は地球表面から高度100kmの上空、「カーテンの上」の部分は1500kmほど離れたところにある。オーロラは気象現象ではない、気象現象のほとんどは大気の一帯の部分、地球表面から高度16kmの間で起こる。

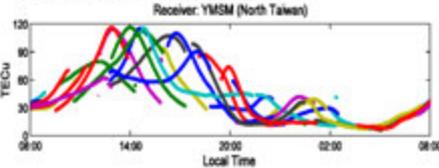


Upper edge, rare (300-600 km)  
Upper edge, typical (200 km)  
Space Shuttle (300 km)  
Lower edge (80-100 km)  
Ozone layer (20-30 km)  
Commercial airliner (10 km)  
Mt. Everest (8.85 km)

### 電離圏総電子数

#### total electron content (TEC)

Receiver: YMSM (North Taiwan)



TECU  
Local Time  
08:00 14:00 20:00 02:00 08:00

TEC (total electron content)  
unit: TECu ( $10^{16}$  ele/m<sup>2</sup>)

ionosphere

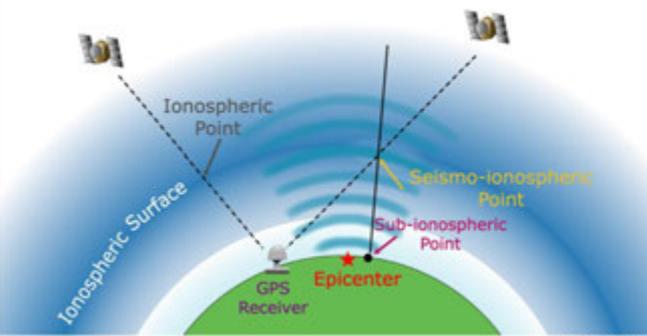
Line-of-sight

$$S_o = [(x^i - x_j)^2 + (y^i - y_j)^2 + (z^i - z_j)^2]^{1/2}$$

$(x_j, y_j, z_j)$



### Total Electron Content (TEC)

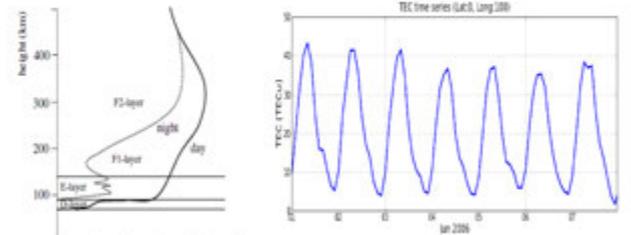


Ionospheric Point  
Ionospheric Surface  
GPS Receiver  
Epicenter  
Sub-ionospheric Point  
Seismo-ionospheric Point

Liu et al. [JGR 2011]

### TEC変動

- 電離圏: 超高層大気が太陽極端紫外線によって部分的に電離した領域
- 電離圏総電子数(TEC): 底面積1m<sup>2</sup>の円柱全体に含まれる電子の総数。1TECU=10<sup>16</sup>個/m<sup>2</sup>



TEC series (Luo, Long 200)

Height (km)  
400  
300  
200  
100  
0

electron density (m<sup>-3</sup>)  
10<sup>10</sup> 10<sup>11</sup> 10<sup>12</sup>

F2-layer  
F1-layer  
E-layer  
D-layer

night  
day

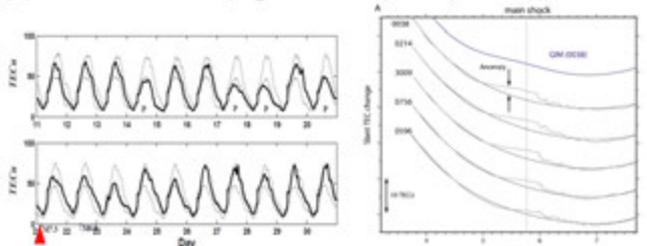
Jan 2006

TECは昼過ぎにピークをもつ規則的な日変動を示す

電離圏電子密度高度分布

### GNSSシステムによって検知された地震に先行する電離圏電子数変動

- Quasi-DC 的な変動 (日変化パターン)の異常, 0-5days before large earthquake (e.g. Liu et al., 2010, Kon et al., 2011)
- 数十分前の異常 (e.g. Heki et al., 2011)



TEC vs Day  
TEC vs Time (50 min)

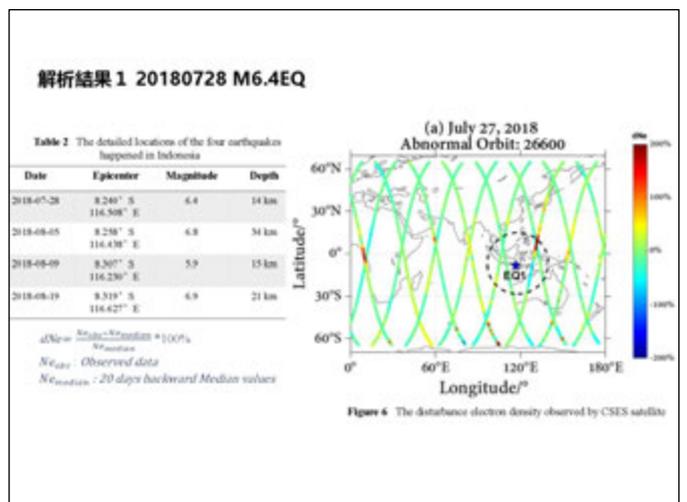
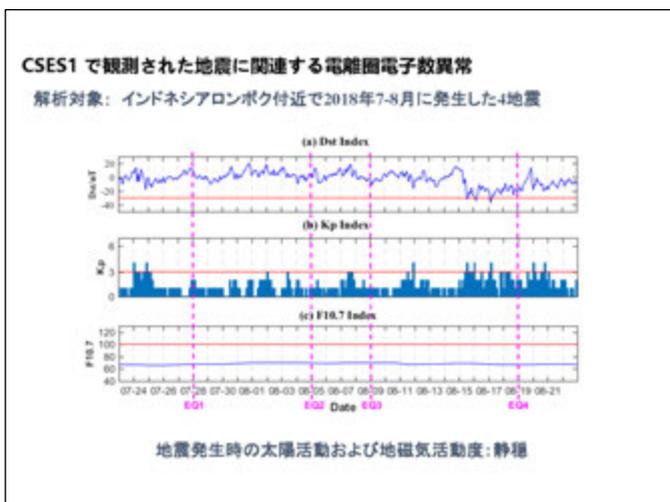
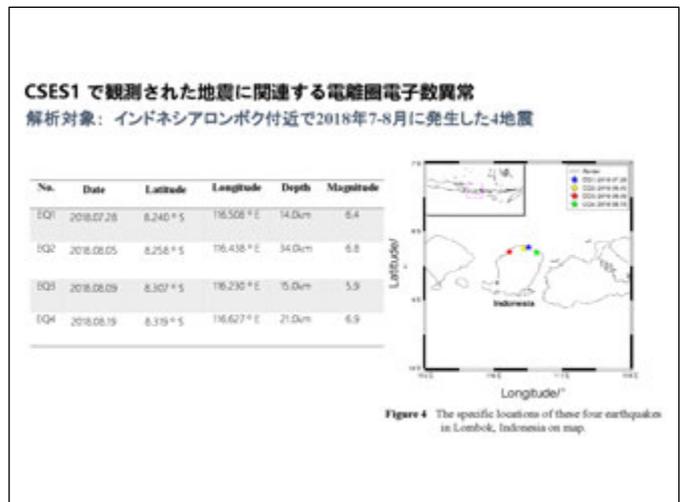
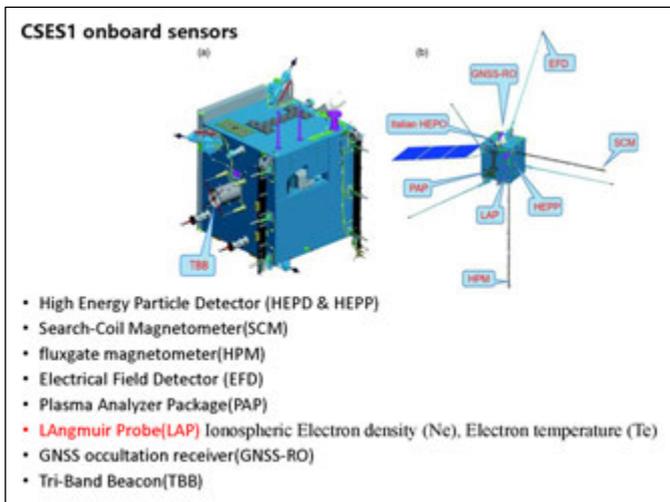
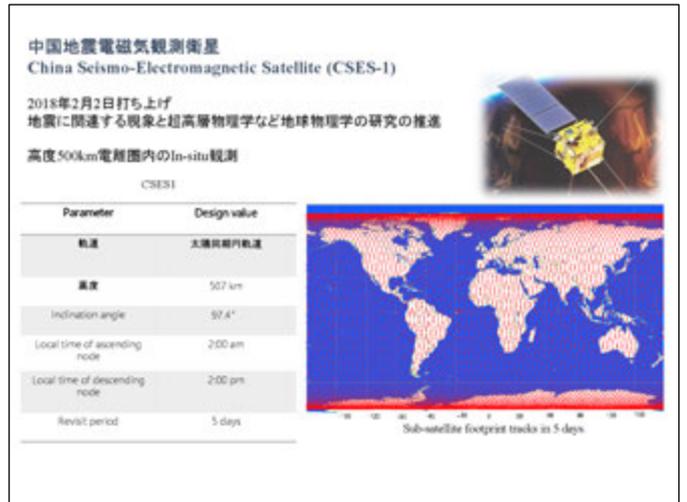
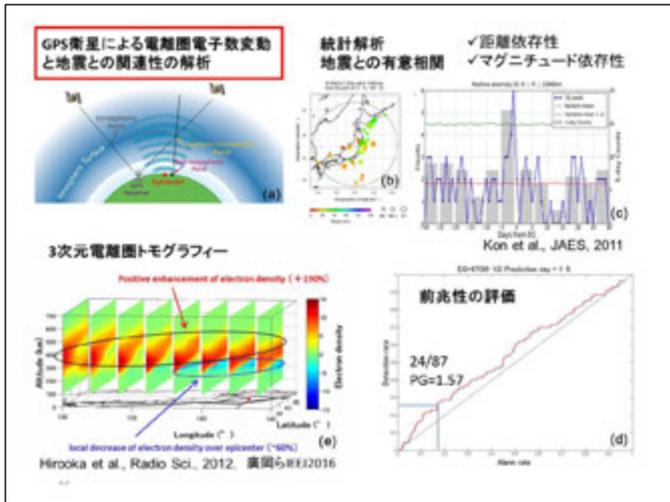
main shock  
Aftershock  
GNSS (GPS)

### 地震先行現象の短期予測への適用への問題点



Time

- すべての対象地震の前に電離圏電子数の異常が検知されているか？あるいは対象地震は電離圏電子数異常の後に発生しているか？→地震と異常との間の有意相関
- 物理的なモデルを用いて、前兆現象の説明ができるか？→前兆現象あるいは予測情報の定量化
- 観測された異常は地震短期予測に有効か？



### 解析結果2 20180805 M6.8EQ

Table 2 The detailed locations of the four earthquakes happened in Indonesia

| Date       | Epicenter              | Magnitude | Depth |
|------------|------------------------|-----------|-------|
| 2018-07-28 | 8.240° S<br>116.508° E | 6.4       | 14 km |
| 2018-08-05 | 8.258° S<br>116.438° E | 6.8       | 34 km |
| 2018-08-09 | 8.307° S<br>116.230° E | 5.9       | 15 km |
| 2018-08-19 | 8.319° S<br>116.427° E | 6.9       | 21 km |

$dNe = \frac{N_{obs} - N_{median}}{N_{median}} * 100\%$   
 $N_{obs}$ : Observed data  
 $N_{median}$ : 20 days backward Median values

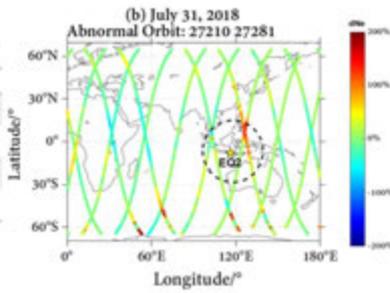


Figure 6 The distance electron density observed by CSES satellite

### 解析結果3 20180809 M5.9EQ

Table 2 The detailed locations of the four earthquakes happened in Indonesia

| Date       | Epicenter              | Magnitude | Depth |
|------------|------------------------|-----------|-------|
| 2018-07-28 | 8.240° S<br>116.508° E | 6.4       | 14 km |
| 2018-08-05 | 8.258° S<br>116.438° E | 6.8       | 34 km |
| 2018-08-09 | 8.307° S<br>116.230° E | 5.9       | 15 km |
| 2018-08-19 | 8.319° S<br>116.427° E | 6.9       | 21 km |

$dNe = \frac{N_{obs} - N_{median}}{N_{median}} * 100\%$   
 $N_{obs}$ : Observed data  
 $N_{median}$ : 20 days backward Median values

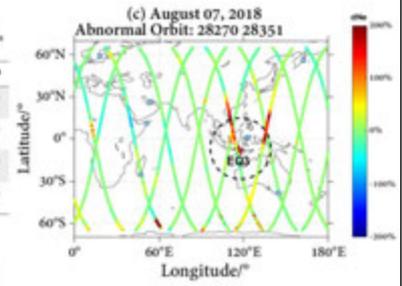


Figure 6 The distance electron density observed by CSES satellite

### 解析結果4 20180819 M6.9EQ

Table 2 The detailed locations of the four earthquakes happened in Indonesia

| Date       | Epicenter              | Magnitude | Depth |
|------------|------------------------|-----------|-------|
| 2018-07-28 | 8.240° S<br>116.508° E | 6.4       | 14 km |
| 2018-08-05 | 8.258° S<br>116.438° E | 6.8       | 34 km |
| 2018-08-09 | 8.307° S<br>116.230° E | 5.9       | 15 km |
| 2018-08-19 | 8.319° S<br>116.427° E | 6.9       | 21 km |

$dNe = \frac{N_{obs} - N_{median}}{N_{median}} * 100\%$   
 $N_{obs}$ : Observed data  
 $N_{median}$ : 20 days backward Median values

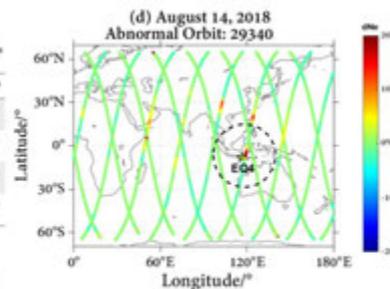


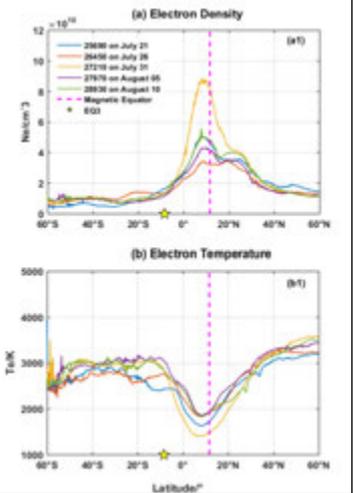
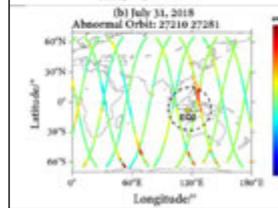
Figure 6 The distance electron density observed by CSES satellite

### 解析結果6 20180805 EQ 昼間の軌道 (14:00LT)

Table 2 The detailed locations of the four earthquakes happened in Indonesia

| Date       | Epicenter              | Magnitude | Depth |
|------------|------------------------|-----------|-------|
| 2018-07-28 | 8.240° S<br>116.508° E | 6.4       | 14 km |
| 2018-08-05 | 8.258° S<br>116.438° E | 6.8       | 34 km |
| 2018-08-09 | 8.307° S<br>116.230° E | 5.9       | 15 km |
| 2018-08-19 | 8.319° S<br>116.427° E | 6.9       | 21 km |

$dNe = \frac{N_{obs} - N_{median}}{N_{median}} * 100\%$   
 $N_{obs}$ : Observed data  
 $N_{median}$ : 20 days backward Median values

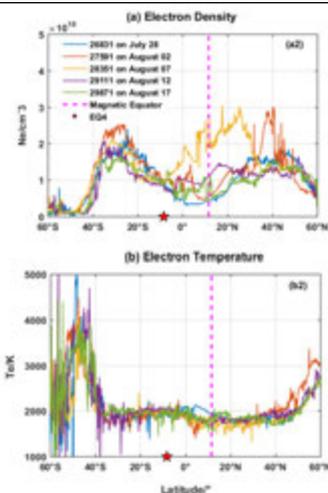
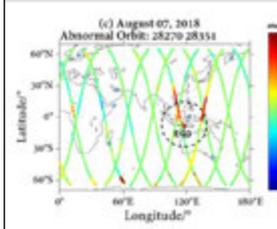


### 解析結果6 20180809 EQ 夜の軌道(02:00LT)

Table 2 The detailed locations of the four earthquakes happened in Indonesia

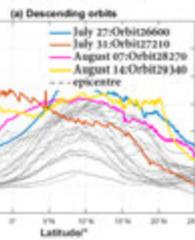
| Date       | Epicenter              | Magnitude | Depth |
|------------|------------------------|-----------|-------|
| 2018-07-28 | 8.240° S<br>116.508° E | 6.4       | 14 km |
| 2018-08-05 | 8.258° S<br>116.438° E | 6.8       | 34 km |
| 2018-08-09 | 8.307° S<br>116.230° E | 5.9       | 15 km |
| 2018-08-19 | 8.319° S<br>116.427° E | 6.9       | 21 km |

$dNe = \frac{N_{obs} - N_{median}}{N_{median}} * 100\%$   
 $N_{obs}$ : Observed data  
 $N_{median}$ : 20 days backward Median values

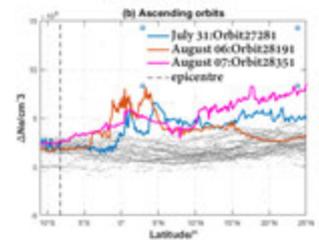


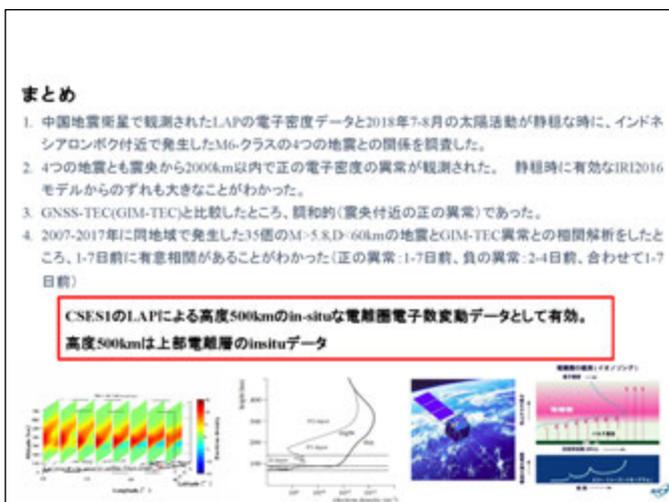
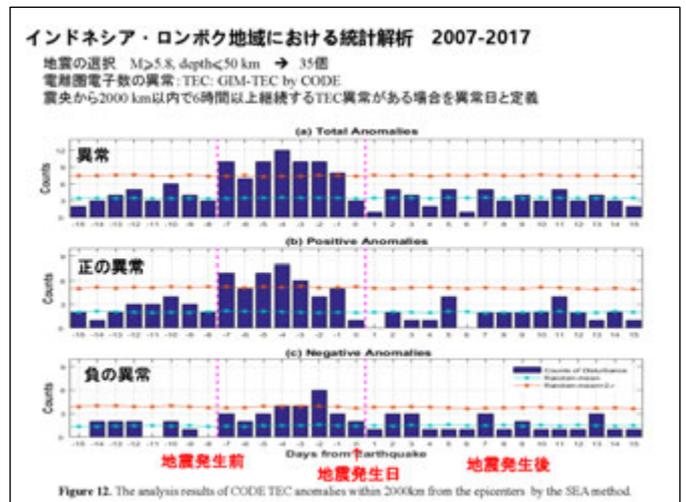
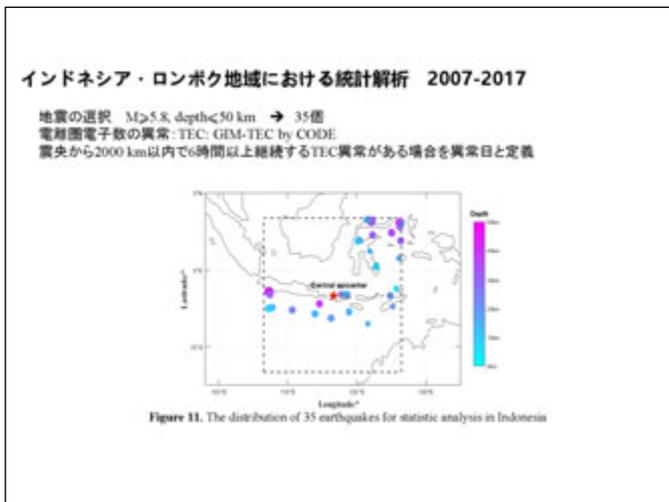
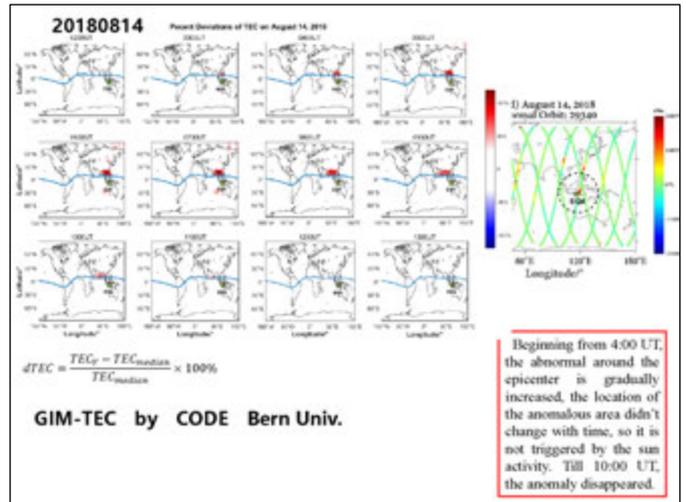
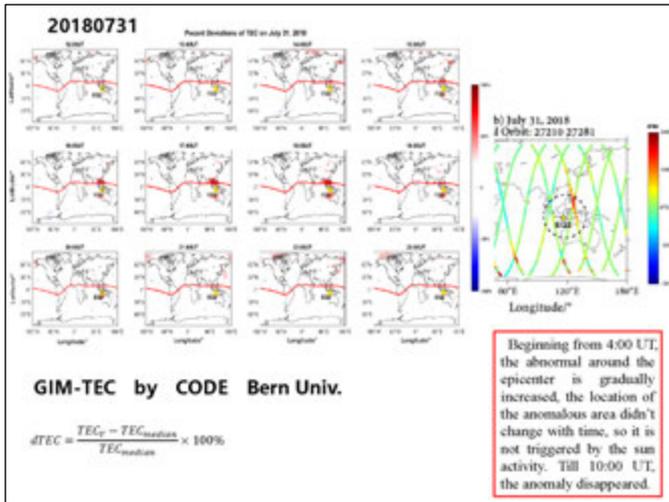
### 解析結果7 4つの軌道のIRIモデル (静穏時の電離層電子数モデル) からのずれ $\Delta Ne$ (解析結果1-4の軌道)

#### 昼の軌道(LT14:00)



#### 夜の軌道(LT02:00)





# ハイパー分光センサと小型分光器の比較計測

## Comparative measurement of Hyper Spectroscopic Sensor and Mini-Spectrometer

大前宏和, 三宅俊子 (株式会社センテシア), ヨサファット テトコ スリ スマンティヨ (千葉大学)  
Hirokazu Ohmae, Toshiko Miyake (Sentencia Corporation.), Josaphat Tetuko Sri Sumantyo (Chiba Univ.)

### はじめに

昨年度, 自社開発の\*ハイパー分光センサ, 及び超小型分光器を製作して現場での同時分光観測を実施した。ハイパー分光センサの(本来の目的でもあり)特徴である水・氷分布の観測を主として実施した。この超小型分光器は可視域に感度を持つものであったため, 新たに近赤外域のミニ分光器を入手しハイパー分光センサの観測データと比較検証を行った。また, 野外観測用の分光計測システムでの観測データをこれらのデータと比較した。  
近赤外域ミニ分光器の取得データには大きなバイアスがあり, この近赤外域ミニ分光器を用いて現場観測するには, その観測手法に制約があるのではないかと結論に至った。水厚差による反射率の減少率 $\approx$ 吸収係数を求めることでミニ分光器とハイパー分光器の使い分けを意図していたが, 今回はその議論に達しなかった。今回の発表では, そのバイアスの例を中心に今後の観測への課題と問題点及びその課題解決の検討を記載した。

Key word : ハイパー分光センサ\*, 路面観測, ミニ分光器

\*宇宙イノベーションハブにおける株式会社センテシア, 大阪大学, JAXA共同開発



ハイパー分光センサSiS(NIR):  
[160mm×99mm×75mm(h)]

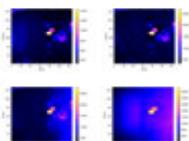
### これまでの研究結果

- 構築したCO<sub>2</sub>センサを用いた定点観測: 継続観測は定点観測のみ可能
- 長光路長を持つ光学センサモデルの検討
- ハイパー分光センサでの大気観測→対象の状態を画像として把握。その対象, 状況の差を把握することは出来たが, 物理量には結びつけられていない。
- 超小型分光センサでの計測を実施し, その野外での使用有効性を確認。



可視域超小型分光器

- 凍結面, 雪面, 水濡面がランダムに配置された道路面の観測→水及び氷の吸収波長を勘案し比較すると, それぞれの判別は可能であることが分かった。(日本雪氷学会研究大会@山形にて発表)



センサ本体



今回製作した近赤外域ミニ分光器  
[90mm×60mm×10mm (h)]

### 今回の研究での目標

#### ☆ハイパー分光センサ, 近赤外域ミニ分光器, 野外計測用分光装置の計測値の比較検討

- ・道路面の水濡れ状態計測@室内(水厚はビーカ内の水量で調整) byミニ分光器
- ・道路面上の雪氷及び水濡れ面@野外by野外計測用分光装置
- ・将来の植生への適用可能性検討のための葉の観測@室内byミニ分光器



ミニ分光器を用いた室内計測状況

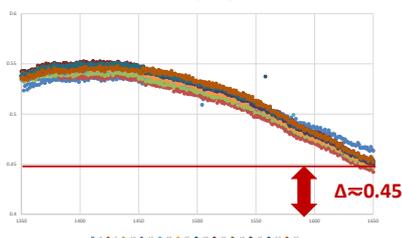


野外計測用分光装置を用いた計測状況

### 計測とその結果

- [A]ミニ分光器での道路面計測結果: 反射率
- [B]野外計測装置での道路面計測結果: 反射率
- [C]葉(青)と道路面(赤)の比較結果: 反射率

ミニ分光器計測波長範囲  
(1350nm~1650nm)



[A]ミニ分光器での道路面計測結果: 反射率



[B]野外計測装置での道路面計測結果: 反射率



[C]葉と道路面の比較結果: 反射率

### ミニ分光器計測値のバイアス

今回使用した近赤外域ミニ分光器による計測結果と野外計測用分光装置との計測結果の比較から, ミニ分光器の計測値には大きなバイアスが存在している結果となった。野外計測用分光装置の結果を『正』とした理由は, 各種文献データと合致していること, また校正したハイパー分光センサのデータがほぼ同じ結果であったためである。ハイパー分光センサを小型化し各種移動機器への搭載ペイロードとするにはまだ時間が掛かるので, 昨年来ミニ分光器を分光データ計測のためのペイロードとし, ハイパーセンサと補完できるセンサとする方向で検討を進めてきたが, 可視域ミニ分光器の使用可能性は高いが, 波長毎にバイアスが異なっているためなのか波長変動の形状も納得がいかない結果となっている。

従って近赤外域ミニ分光器の計測データは検証が必要であると言う結果となった。このバイアスの原因を次期以降調査するとともに, リアルタイム計測時のバイアス除去手法の検討を行っていききたい。(水厚変化での透過係数を求めることも目的の一つであったが, 今回は課題が出たため割愛した)

リアルタイム計測におけるバイアス除去

取得データを通信にてPCに送り準リアルタイム表示

謝辞: 千葉大学環境リモートセンシング研究センターの共同研究費を使用させて頂いた。多大なるご支援に感謝致します。

このポスターに関するお問い合わせは,  
株式会社センテシア 大前までお願い致します。  
Email: [ohmae@sentencia.co.jp](mailto:ohmae@sentencia.co.jp)



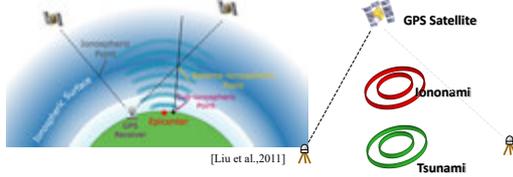
# Ionospheric Tsunami Early Warning System



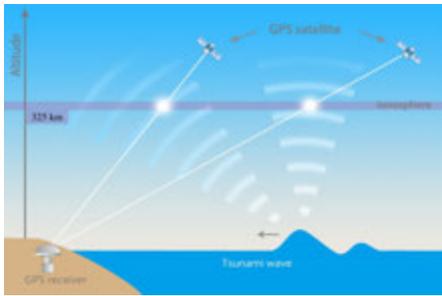
Tiger Jann-Yenq Liu<sup>1,2,3</sup>, Chi-Yen Lin<sup>1,2</sup>, and Katsumi Hattori<sup>4</sup>  
 1 Center for Astronautical Physics and Engineering, National Central University, Taoyuan, Taiwan.  
 2 Graduate Institute of Space Science and Engineering, National Central University, Taoyuan, Taiwan.  
 3 Center for Space and Remote Sensing Research, National Central University, Taoyuan, Taiwan.  
 4 Graduate School of Science, Chiba University, Chiba, Japan



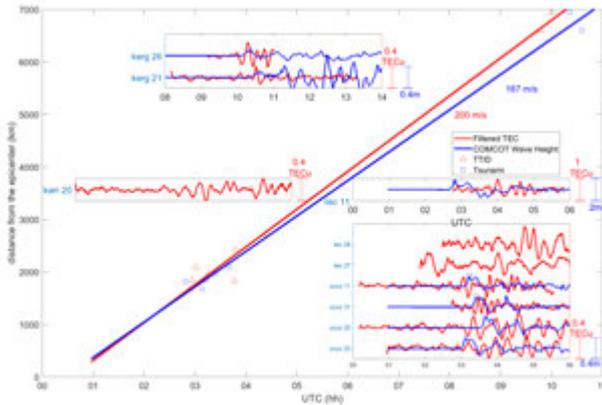
Tsunami waves can induce tsunami traveling ionospheric disturbances (TTIDs) of the total electron content (TEC). In this study, we examine the TEC derived by ground-based receivers of the global positioning system (GPS) and identify TTIDs induced by 2004 Indian Ocean tsunami. Simulations of the COMCOT (Cornell multi-grid coupled tsunami) model and analyses of the circle method, the ray-tracing technique, and the beam-forming technique are used to show that TTIDs can be quickly detected and confirmed after the tsunami occurrence. Finally, the ionospheric TEC derived by existing ground-based GNSS (Global Navigation Satellite Systems) receiving stations is demonstrated to be useful to support the tsunami early warning system



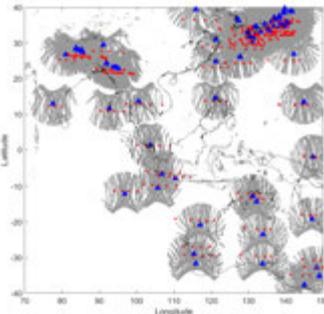
➤ **Figure 1.** The seismic surface waves and tsunami waves around the epicenter (red star) vertically launch atmospheric gravity waves that propagate into the ionosphere.



➤ **Figure 2.** Sea surface disturbances induced by tsunami propagate into ionosphere, while a ground-based GNSS receiving station monitors ionospheric disturbances. The thin-shell ionospheric (i.e. ionospheric pierce or ionospheric) height is at 325 km altitude.



➤ **Figure 4.** The propagation speeds of the TTIDs and the COMCOT tsunami waves. Seven pair of TEC/tsunami waves over the ocean area and 3 red curves over the land are presented.



➤ **Figure 6.** The coverage of ground-based GNSS receiving stations of IGS. Blue triangles are the GNSS stations. Gray curves denote the path of ionospheric pierce points. Red dots denote the ionospheric pierce points of BeiDou geosynchronous satellites.

### Beam Forming Technique:

A global search of the epicenter by a given onset time.

$$\Delta S_i = S_i - S_0 \quad \Delta t_i = t_i - t_0$$

$$V_i = \Delta S_i / \Delta t_i \quad \sigma_j = [\sum (V_i)^2 / N]^{1/2}$$

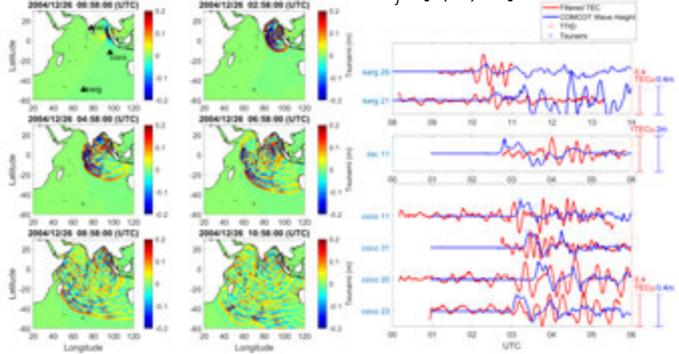
### Ray Tracing Technique:

A global search of the epicenter by a given velocity model

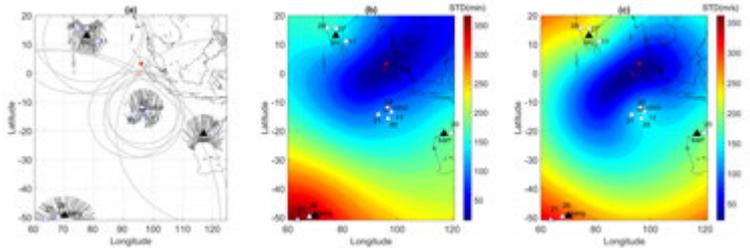
$$\Delta T_{Hi} = S/V_{Hi} \quad \Delta T_{Zi} = Z/V_{Zi}$$

$$\Delta T_{Ci} = \Delta T_{Hi} + \Delta T_{Zi} \quad T_{Gi} = T_i + \Delta T_{Ci}$$

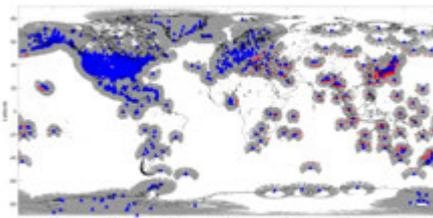
$$\sigma_j = [\sum (T_{Ci})^2 / N]^{1/2}$$



**Figure 3.** Tsunami wave distributions at 00:58, 02:58, 04:58, 06:58, 08:58, 10:58 UTC computed by the COMCOT model and the associated TEC variations and simulated tsunami waves. TTIDs of the TEC and COMCOT tsunami waves are denoted in red and blue curves. Seven pairs of red/blue curves are over the ocean area. The ticking times of the TTIDs and COMCOT tsunami waves are denoted by red triangles and blue squares, respectively.



➤ **Figure 5.** The tsunami origin/source detected by the circle method (a), the ray-tracing (b), and the beam-forming technique (c). Black and white triangles are the ground-based GPS stations and associated TTID locations. The red star denotes the epicenter reported by the USGS, and the cross represents the computed tsunami source.



➤ **Figure 7.** The coverage of 3189 global ground-based GNSS receiving stations of IGS and CORS. About 100+ stations of them provide data in real time.

### Summary

- A seashore GNSS receiver could detect TTID up to approximately 30 minutes before the tsunami wave arrival.
- Data of 4 GPS receiving stations or 10 associated IPPs (i.e. space buoys or tide gauges) successfully detect TTIDs, locate the origin, and confirm the occurrence of the Indian Ocean tsunami activated by the 26 December 2004 M9.1 Sumatra earthquake.
- Comparisons between 10 space buoys observations and co-located COMCOT simulations show that TTIDs tend to lead the associated tsunami waves by about 19 minutes, which confirms that ionospheric GNSS TECs could detect TTIDs few minutes before tsunami waves arrive
- More two thousand ground-based GNSS receiving stations have been routinely operating and about hundreds of them provide data in real time by IGS. This gives an excellent opportunity constructing ionospheric TTID monitoring networks to support the tsunami early warning system.

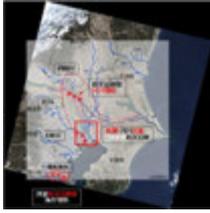
### Reference

Liu, J.-Y., Y.-B. Tsai, K.-F. Ma, Y.-I. Chen, H.-F. Tsai, C.-H. Lin, M. Kamogawa, and C.-P. Lee (2006), Ionospheric GPS total electron content (TEC) disturbances triggered by the 26 December 2004 Indian Ocean tsunami, *J. Geophys. Res.*, 111, A05303, doi:10.1029/2005JA011200.  
 Liu, J.-Y., C.-H. Chen, C.-H. Lin, H.-F. Tsai, C.-H. Chen, and M. Kamogawa (2011), Ionospheric disturbances triggered by the 11 March 2011 M9.0 Tohoku earthquake, *J. Geophys. Res.*, 116, A06319, doi:10.1029/2011JA016761.  
 Liu, J. Y., C. Y. Lin, Y. L. Tsai, T. C. Liu, K. Hattori, Y. Y. Sun, and T. R. Wu, (2019), Ionospheric GNSS Total Electron Content for Tsunami Warning, *Journal of Earthquake and Tsunami*, doi:10.1142/S179343119400070.

## プログラム - 2

スーパー台風と最大規模地震に対する河川氾濫・高潮・津波を想定した函体内蔵型多目的堤防の構造要件と適用計画  
— 東京圏の防災整備計画への応用 —

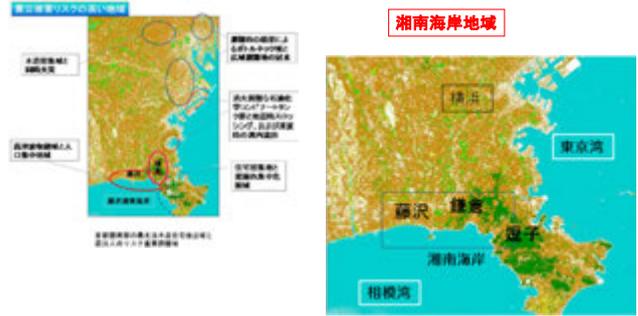
(株) 遠藤環境モニター 代表取締役 **金子大二郎**



首都圏の巨大災害



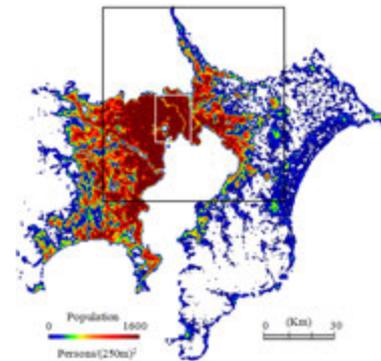
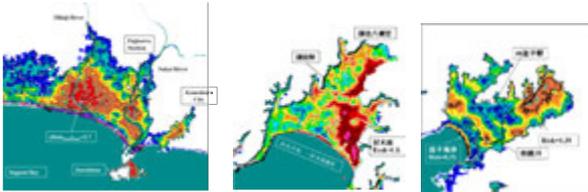
利根川の氾濫防御



研究対象域と相模湾の三都市

津波避難ビル群の適性と社会地理モデルによる人命リスクの評価  
— 相模湾の湘南都市域への適用 —

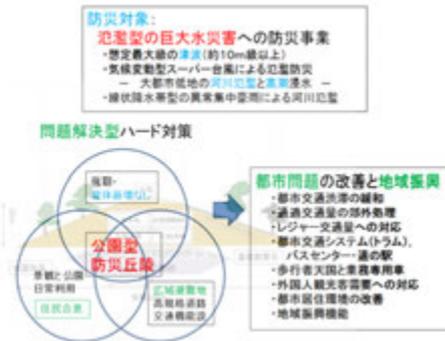
湘南海岸地域



首都圏南部の巨大水災害(河川氾濫・高潮・津波)用の東京湾周辺における人口密度分布・500m

1. 研究の目的

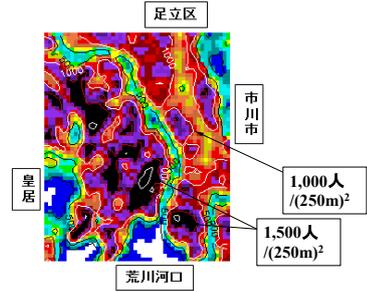
- 1) 一方で、スーパー台風によるゼロメートル地帯の高潮・河川氾濫に対しては、有効なハードの防災対策が少なく、避難が中心であった。
- 2) また、高規格堤防(スーパー堤防)は、再開発を兼ねた部分域の防災対策であって、想定最大級の豪雨に対し、河川堤防の長い延長を守る方法ではなかった。
- 3) その対策として景観に配慮した公園でも、函体内蔵型河川堤防の断面を東京湾ゼロメートル地帯に提案した。
- 4) この構造は、植栽に覆われた緑地であると共に高規格道路を内蔵していることから、日常利用も可能な函体内蔵型河川堤防である。
- 5) 一方、津波や高潮の分野では、従来のコンクリート構造物である海岸堤防は、海岸環境にそぐわない圧迫感のある景観と、日常の利用が乏しいコンクリート構造物であったことから、住民合意の問題で高潮・津波防災事業が滞る課題が続いてきた。
- 4) 別途に、津波による人的被害の完璧な抑止を目指して函体内蔵型の津波海岸堤防の構造要件について、その概念特性と鎌倉市の津波防災への適用を通して発表している。



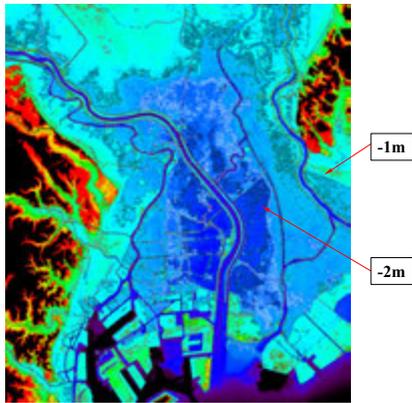
巨大水災害を対象としたハード対策の課題(強靱化、景観と日常利用、広域避難地)とその要請に応える構成要件<sup>12)</sup>との関係。鎌倉市の津波防災丘陵の例を他の地域の巨大水災害を対象にして一般化。



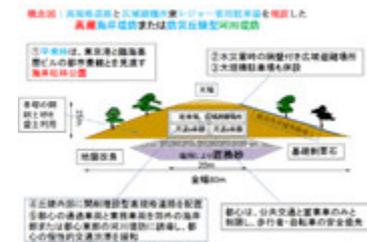
利根川栗橋付近の破堤に対する函体内蔵型河川堤防(防災丘陵)の配置。および利根川破堤を考慮した衛星データであるLandsat8のNatural画像。浸水図は「川の防災情報 浸水想定区域:利根川.13」。



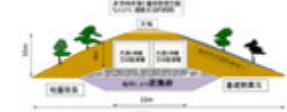
東京湾荒川・隅田川下流部の人口密度分布(図-4)の白枠内を拡大して示したゼロメートル地帯人口密度分布。赤黒い地域が1500人/(250m)<sup>2</sup>以上、紫色が1000人の等値線。



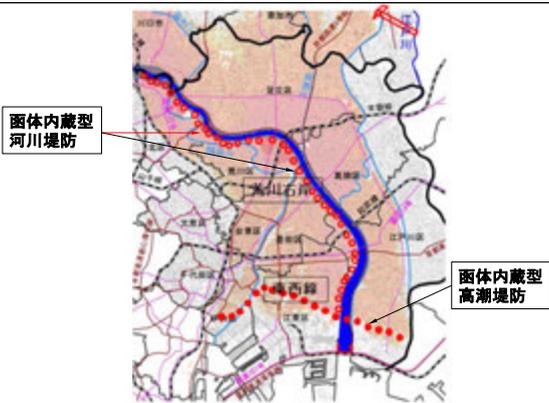
東京ゼロメートル地帯の標高分布。(淡青・濃青色が標高-1m、-2mのコンターで危険地帯)。東西20km、南北23kmの範囲で高潮浸水分布と極めて類似。



(a) 河川氾濫用の防災丘陵型巨大水災害堤防



(b) 東京湾の高潮・津波用の防災丘陵型巨大水災害堤防



荒川下流の浸水域と函体内蔵型堤防の配置計画(○印が防災丘陵型河川堤防、●印は防災丘陵型高潮海岸堤防、◎印はスーパー堤防)。浸水図は東京都より5)

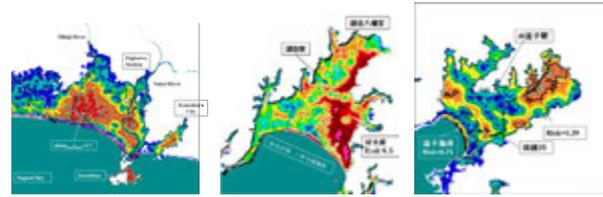
|                 |                          |                      |
|-----------------|--------------------------|----------------------|
| ① 日本国特許(特)      | ② 特許公報(特)                | ③ 特許番号               |
|                 |                          | 特許第6541012号          |
| ④ 発行日           | 令和1年7月10日(2019.7.10)     | ⑤ 登録日                |
|                 |                          | 令和1年6月21日(2019.6.21) |
| ⑥ Int. Cl.      | E 04 H 9/14 (2006.01)    | F 1                  |
|                 | E 02 B 3/10 (2006.01)    | Z                    |
|                 |                          | E 02 B 3/10          |
| 特許事項 1 (全 12 頁) |                          |                      |
| ⑦ 出願番号          | 特願2018-00381(2018-00381) | ⑧ 特許番号               |
|                 |                          | 特許第6541012号          |
| ⑨ 出願日           | 平成30年4月11日(2018.4.11)    | ⑩ 発明者                |
|                 |                          | 金子 大二郎               |
| ⑪ 発明者住所         | 平成30年4月28日(2018.4.28)    | ⑫ 代理人                |
|                 |                          | 神奈川弁理士会所属 西下 昌子      |
| ⑬ 発明者住所         |                          | ⑭ 代理人住所              |
|                 |                          | 金子 大二郎               |
|                 |                          | 神奈川弁理士会所属 西下 昌子      |

スーパー台風と最大規模地震に対する河川氾濫・高潮・津波を想定した函体内蔵型多目的堤防の構造要件と適用計画

まとめ

- 1) 景観に配慮した公園である函体内蔵型高潮堤防(防災丘陵)の断面を東京湾ゼロメートル地帯に提案した。一方で、植栽のある緑地であると共に高規格道路を内蔵していることから、**日常利用も可能な函体内蔵型河川堤防**である。
- 2) 東京湾ゼロメートル地帯にこの堤防を適用する場合には、複合災害を受ける地域であるので、**優先度を考慮し、段階計画が必要**であることを示した。
- 3) これらの**ハード対策により**、人命や私有財産・社会資本を守るばかりでなく、**高規格道路の内蔵によって、既存の充実した放射道路に接続**するという物流のための環状道路となつて、**経済的効果を発揮する**。
- 4) **利根川の栗橋市周辺の右岸にも堤体が崩壊しない性質を持つ函体内蔵型河川堤防を配備する必要性を示した**。
- 5) 荒川下流の左岸について、**函体内蔵型河川堤防による改修工事で発生する土砂を利用し、高規格堤防(スーパー堤防)を都市再開発も兼ねて整備する方法を併用することを提案した**。
- 6) 利根川の函体内蔵型河川堤防の整備の後に、**荒川左岸の各区にあるゼロメートル地帯を浸水から守るための函体内蔵型河川堤防による第二段階の防災対策によって防災計画が完結**することを示した。

Thank you for  
your attention.



第22回 環境リモートセンシングシンポジウム 22th C-ERS Symposium on Environmental Remote Sensing

## Public interest in air quality and its impact varies with baseline exposure: Google Trends and Remote Sensing based analysis

Prakhar Misra, PhD  
Wataru Takeuchi, PhD  
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo,  
20 February, 2020 Chiba University, Japan

東京大学 生産技術研究所  
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

### Motivation – rising mortality due to outdoor pollution

**Rising urban population**  
United Nation Urbanization Prospects(2005)

**Mortality linked to outdoor air pollution in 2010.**  
Lelieveld et al, Nature (2015)

**Less Serious** reversible, not debilitating, not life-threatening  
**More Serious** irreversible, debilitating, life-threatening

**Air pollution and health risk** EPA

**Rising mortality linked to outdoor**

Global Burden of Disease (2015)

### Thai government apologises for Bangkok's suffocating, hazardous smog

156 ug/m3 (Jan 15, 2019)

Feb 2, 2019

### Thai government apologises for Bangkok's suffocating, hazardous smog

156 ug/m3 (Jan 15, 2019)

Feb 2, 2019

Delhi air pollution level today: AQI enters 'satisfactory' category, recorded at 161

DownToEarth

Indian Environment minister Javadekar says no link between air pollution and health, dumps ICMR study

### Characterizing effect of outdoor air pollution on health is challenge

- Socio-economic development  
Remote sensing
- Land-use change  
Emission factors
- Emission  
Weather/chemical model
- Pollutant concentration**  
Exposure response functions
- Health effect**

- Perception regarding exposure and health effects is critical to gauge response and acceptability of policies (Egondi et al, 2013)
- Relation between air pollution and health depends on the perception of air pollution (Lelieveld et al, Nature (2015))
- Challenges to monitor health effects of pollution?
  - Limited health risk data
  - Exposure response functions for only few developed countries (Elliot et al, 1999)

**Need methodology for evaluating public interest in air pollution and monitor its impact on human health**

### Internet can enhance public awareness for effectiveness of environmental policies

**Information Carriers** (WEB)

**Policies** ↔ **Scattered individual decisions**

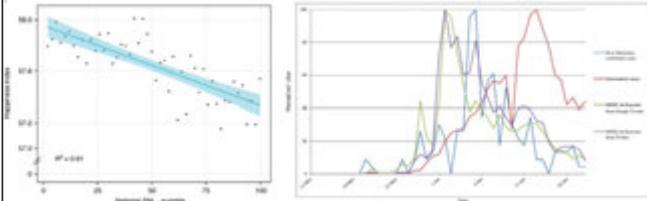
**Environmental Impacts**

**Global & local systems evolution**

Malcevski et al., PLOSone (2012)

## 'Social sensing' reflects human condition

"any source of information that can be identified in modern social networking and Web tools that expresses some situation or fact about users and their social environments"



Rossi et al., 2011

Adapted from "Air pollution lowers Chinese urbanites expressed happiness on social media", *Nature Human Behaviour*, 2019

Adapted from "High correlation of Middle East respiratory syndrome spread with Google search and Twitter trends in Korea", *Nature Scientific Reports*, 2016

7

## Can social sensing characterize effect of air pollution?

Hypothesis:

Outdoor pollutant concentration affects air quality related "relative search volume" (RSV) in Google Trends

Objective:

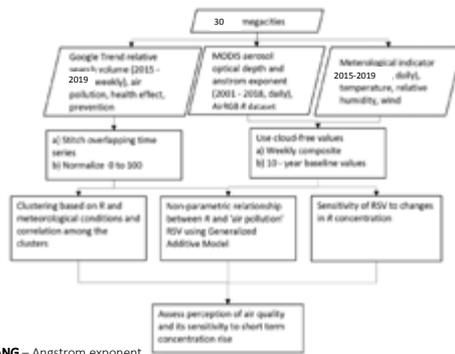
1. Is public interest to pollutant rise similar across cities?
2. Is public interest in pollutant influenced by meteorology?

Can help understand where policy impacts people behavior and public health.

Originality: use of remote sensing data with Google Trends to study impact on human health.

8

## Flowchart

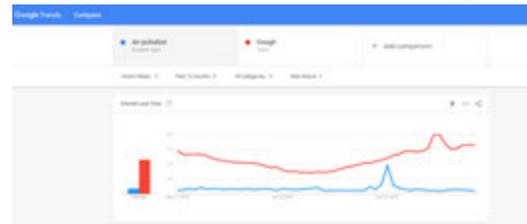


\*AOD – Aerosol optical depth, ANG – Angstrom exponent

9

## Dataset used

Google Trends: "Relative Search Volume" (RSV) based on the popularity of search queries



## Dataset used

Google Trend relative search volume (RSV) across: Topics in 4 categories Weekly Dataset, 5 years (2015-2019)

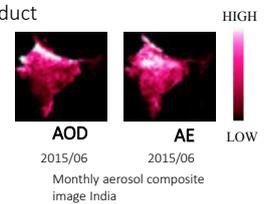


| 1. Perception   | 2. Pulmonary health | 3. Mental health       | 4. Exposure reduction |
|-----------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| "air pollution" | "cough"             | "mental disorder"      | "mask"                |
| "smog"          | "asthma"            | "psychological stress" | "air purifier"        |
|                 | "throat"            | "depression"           |                       |
|                 | "COPD" (慢性閉塞性肺疾患)   | "headache"             |                       |

## Dataset used

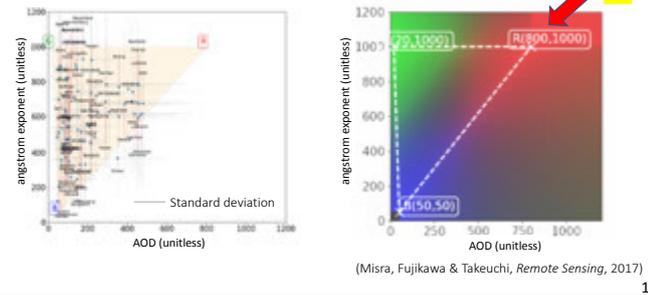
Atmospheric datasets

1. MODIS MOD04L2 C6 Aerosol product
  1. Aerosol Optical Depth
  2. Angstrom Exponent
2. NCEP/NCAR Reanalysis 1
  1. Temperature
  2. Wind vector
  3. Relative humidity
  4. Precipitation



12

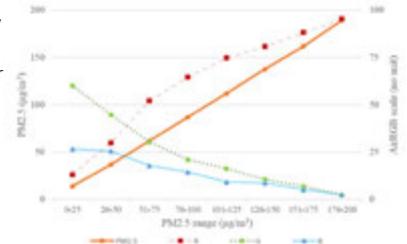
### AirRGB decomposition for urban air quality scenario estimation



13

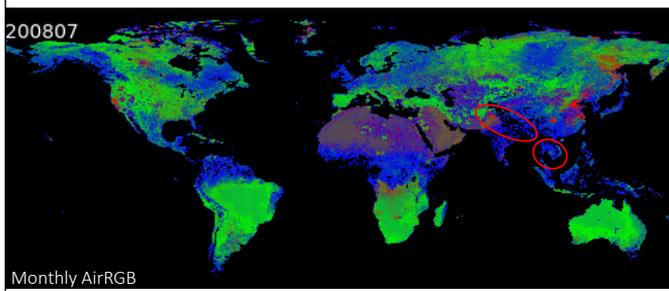
### Good agreement of $R$ with ground PM2.5

- Validation with US Embassy PM2.5 monitor, Beijing
- $R, G, B$  values saturate under extreme conditions
- Need further validation under diverse geographical conditions

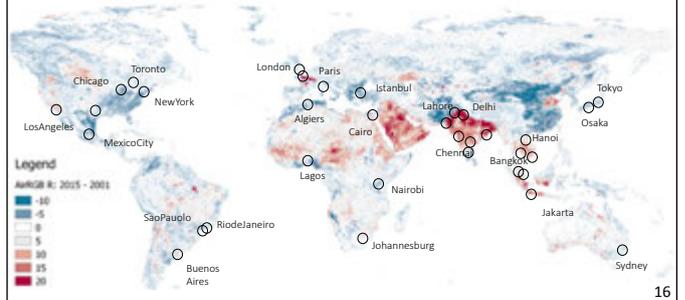


14

### AirRGB shows seasonality in fine aerosol concentrations

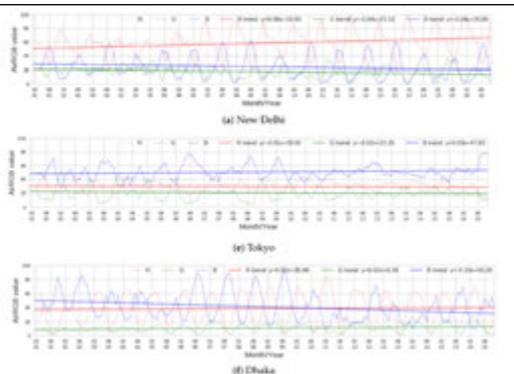


### AirRGB $R$ difference (2015-2001) highlights polluted urban regions – 30 most populated cities analyzed

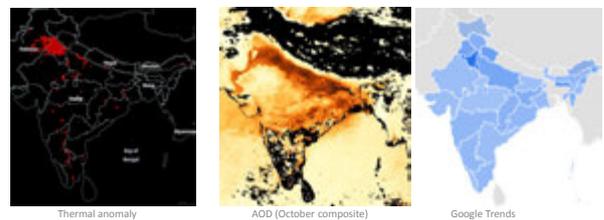


16

### New Delhi shows highest $R$ levels and sharp rise

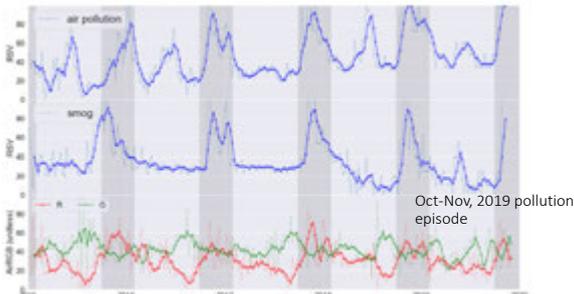


### More searches in affected regions during biomass burning episode in October 2019, India



18

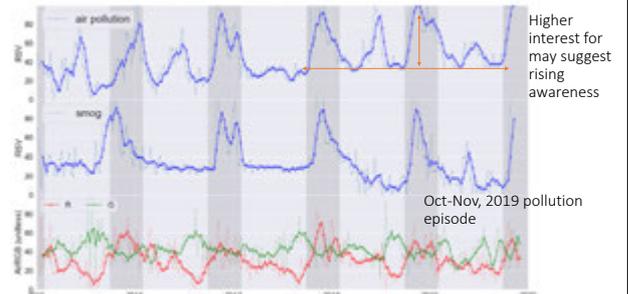
Public interest rises during high pollution



Delhi

19

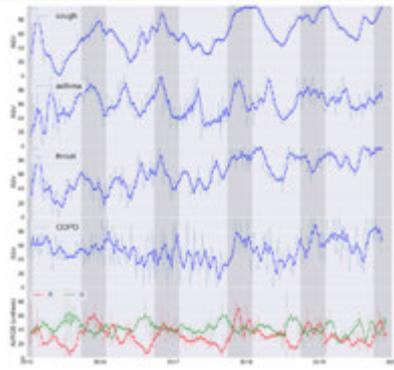
Public interest rises during high pollution



Delhi

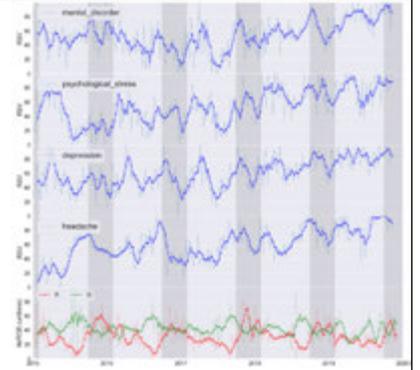
20

Pulmonary health issues



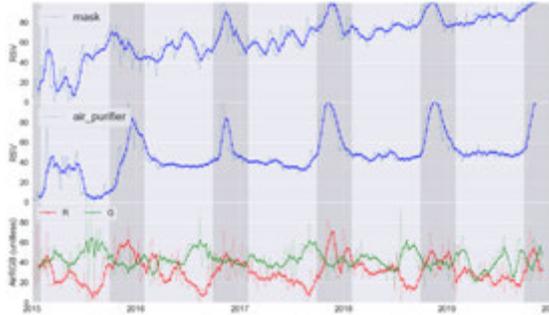
Delhi

Mental health issues



Delhi

Rising interest in "air purifier" and "mask", since 2017



Delhi

23

Public interest in air pollution, exposure reduction, mental health, COPD and asthma has highest probability of increasing when  $\Delta R > 10$

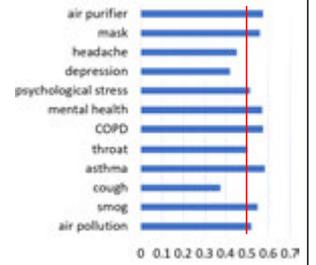
$$\Delta RSV = \begin{matrix} & \Delta R & \\ & + & - \\ + & TP & FP \\ - & FN & TN \end{matrix}$$

$$\Delta R = R_t - R_{t-1}$$

$$s(\Delta n) = \frac{\sum TP}{\sum TP + \sum FN}$$

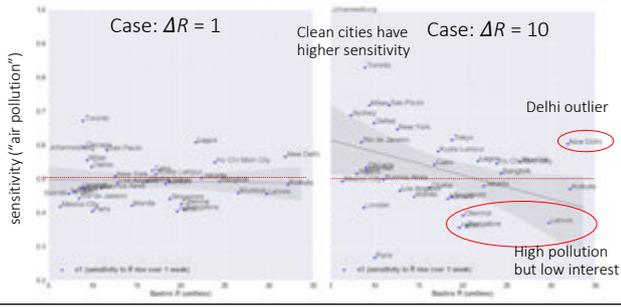
[Preis, Moat & Slonely, Nature, 2013]

$s > 0.5$ , implies more than 50% cases of R increases result in RSV increase

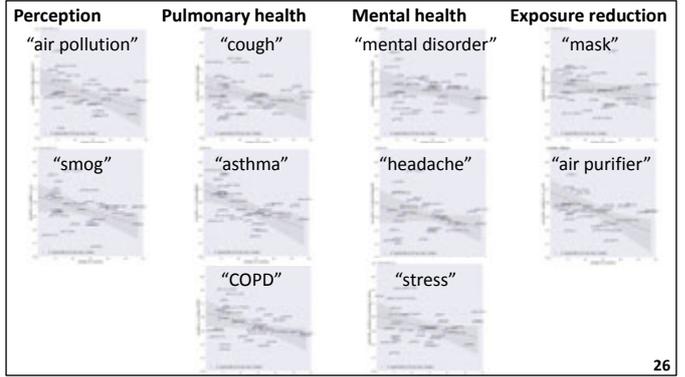


Bangkok Sensitivity Google Trends when  $\Delta R > 10$

Public interest of polluted cities is less sensitive to large pollution rise compared to cleaner cities

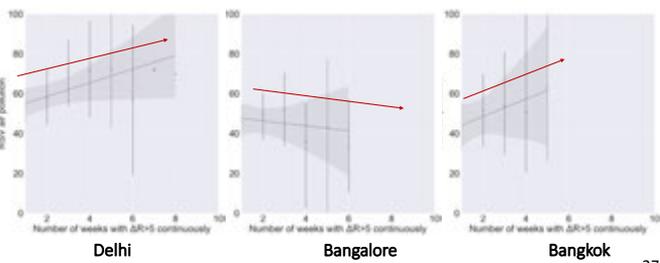


25



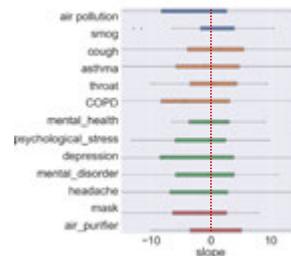
26

How does public interest change when concentration is continuously higher than baseline?

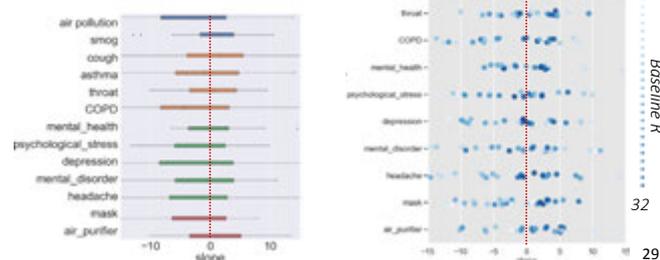


27

1. "cough", "smog", "purifier" searched
2. Polluted cities search more

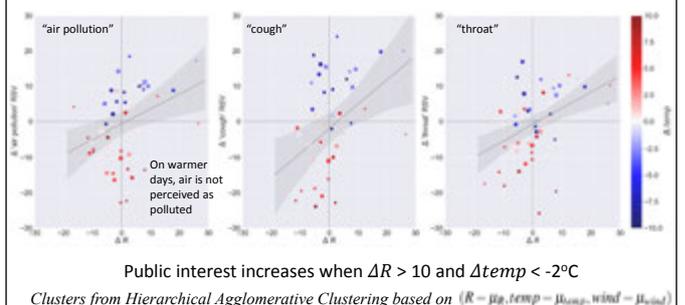


1. "cough", "smog", "purifier" searched
2. Polluted cities search more

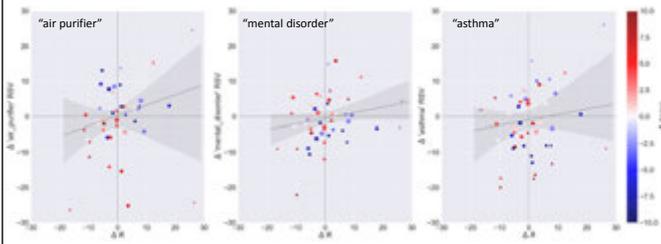


29

Difference from baseline exposures and temperature may govern public interest in "air pollution", "cough" and "throat" issues



Weak correlations for “air purifier”, “mental disorder” and “asthma” issues

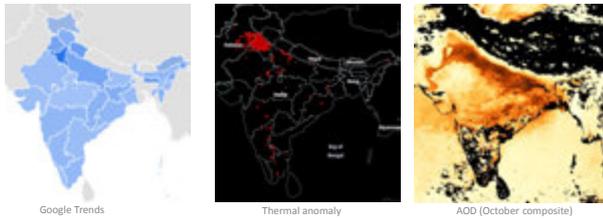


Conclusion

1. Perception to pollutant rise is lower in cities with high baseline concentration. Need more awareness for behavioral change
2. ‘throat’ and ‘cough’ affected by outdoor pollution exposure
3. Difference from baseline exposure and temperature govern perception of pollution, population may get “used” to concentration
4. **It is important to compare the cities because successes in one city could be a potential platform for successes in others.**

Future work:

1. Effect of trace gases, e.g. O3, NOx, SOx
2. Gap between satellite retrievals and personal exposure
3. Early warning prediction for medical condition and supplies.



Thank you for your attention

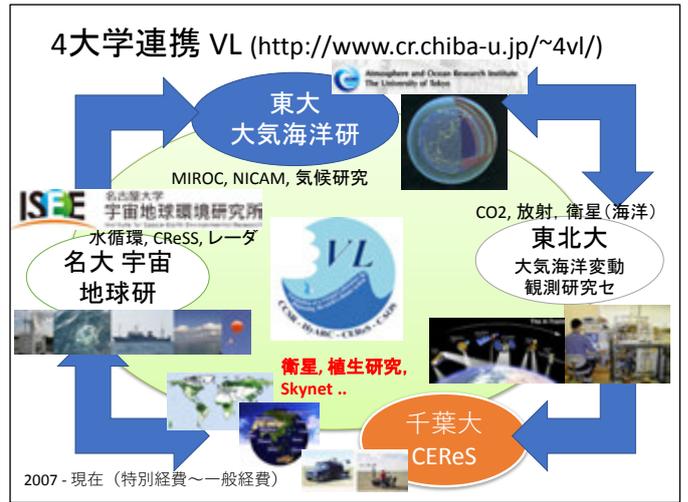
—\_ \_mprakhar@iis.u-tokyo.ac.jp

Fig. Google Trend for “air pollution” during biomass burning 2019

## 千葉大CEReSにおける静止 気象衛星データアーカイブの 現状と利用

樋口篤志：千葉大 CEReS  
higu@faculty.chiba-u.jp

第22回 環境リモートセンシングシンポジウム  
(千葉大学けやき会館, 2020年2月20日)



TPMM Mesad IR 2019 12 01 00:30 UTC

- ▶ 少なくとも10年以上, 6つの静止気象衛星データアーカイブ
- ▶ 幾何補正済みデータ (Gridded data) による提供
- ▶ Anonymous ftp による Open data, および 準リアルタイムでのデータ処理および公開.
- ▶ 全てのチャンネル・バンドデータのリリース (例: VIS (0.63 μm), IR1&2 (10.8, 12.0 μm) WV (6.75 μm))

### 静止気象衛星収集・処理状況

|                        | *1: 3hourly data only  |                         | <a href="ftp://hmwr127.cr.chiba-u.ac.jp/">ftp://hmwr127.cr.chiba-u.ac.jp/</a> で公開 |                         |                         |                         |                          |                         |                    |
|------------------------|--|-------------------------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|
| Asia 1 (HIMAWARI)      | GMS1*1<br>198103-198406  | GMS2*1<br>198112-198409 | GMS3*1<br>198409-198912   | GMS4<br>198912-199506   | GMS5<br>199506-200305   | GOES9<br>200305-200507  | MTSAT1R<br>200506-201007 | MTSAT2<br>201006-201507 | H-08<br>201507-現在  |
| Asia 2 (FY2 Series)    | <a href="ftp://fy.cr.chiba-u.ac.jp/">ftp://fy.cr.chiba-u.ac.jp/</a>  |                         |   |                         |                         | FY2-C<br>200605-200809  | FY2-D<br>200809-201512   | FY2-E<br>201512-201901  | FY2-G<br>201902-現在 |
| Asia 3 (Meteosat-10DC) | <a href="ftp://meteosat.cr.chiba-u.ac.jp/">ftp://meteosat.cr.chiba-u.ac.jp/</a> だが、EUMETSAT データポリシーのため、IP制限による公開 |                         |   |                         |                         | MFG5<br>199804-200702   |                          | MFG7<br>200607-201703   | MSG1<br>201702-現在  |
| EU-Africa (0Deg)       | MFG4<br>198912-199402  | MFG5<br>199402-199707   | MFG6<br>199610-200212   | MFG7<br>199806-200607   | MSG1<br>200401-200612   | MSG2<br>200609-現在       | MSG3<br>201212-201802    | MSG4<br>201802-現在       |                    |
| America (GOES-EAST)    | <a href="ftp://goes.cr.chiba-u.ac.jp/">ftp://goes.cr.chiba-u.ac.jp/</a>  |                         | GOES08<br>199409-200303   |                         | GOES12<br>200304-201004 | GOES13<br>201004-201801 | GOES-R<br>201712-現在      |                         |                    |
| Pacific (GOES-WEST)    | <a href="ftp://goes.cr.chiba-u.ac.jp/">ftp://goes.cr.chiba-u.ac.jp/</a>  | GOES07<br>-199509       | GOES09<br>199507-199807   | GOES10<br>199807-200606 | GOES11<br>200606-201112 | GOES15<br>201112-201811 | GOES-S<br>201812-現在      |                         |                    |

### Covered areas in our gridded data as examples

Meteosat MSG1 IODC  
(41.5 E center long.)

China FY-2G  
(105 E center long.)

Himawari 08 AHI  
(145 E center long.)

### QRT Geo-correction (gridded) process

[http://www.cr.chiba-u.jp/databases/GEO/H8\\_9/FD/](http://www.cr.chiba-u.jp/databases/GEO/H8_9/FD/)

Himawari Standard data (HS)

Latitude-Longitude geo-corrected gridded data

Fast NRT Geo-corr.

We will update from V01 (V20151105) to V02 (V20190123)  
<ftp://hmwr829gr.cr.chiba-u.ac.jp/>

## GOES-R-Sデータ取得状況

- <ftp://goes3g-est-nc.cr.chiba-u.ac.jp/>
  - 過去分取得済み，準リアルタイム取得継続中
  - IP制限無しでの anonymous ftp 公開中
  - FD, CONUS, GLM 全て (netCDF形式)
  - NASA Ames **研究センター**より提供
    - AWS (Amazon Web Service) よりデータ取得
- 今後の予定
  - ひまわり相当の gridded product 生成

## 静止気象衛星以外のデータセット (1) 極軌道衛星等の衛星データ

- NOAA/AVHRR (アンテナ受信データ等) :
  - <ftp://avhrr.cr.chiba-u.ac.jp/> を漁ってください(実態は <ftp://geoinfo.cr.chiba-u.ac.jp/>)
- Terra, Aqua MODIS (JAXA アンテナ受信, 全球プロダクト群 [市井先生が充実させています])
  - <ftp://modis.cr.chiba-u.ac.jp/> を漁ってください
- TRMM, GPM/DPR, A-Train, GSMaP等
  - <ftp://geoinfo.cr.chiba-u.ac.jp/> にあります.
- 多くは <ftp://geoinfo.cr.chiba-u.ac.jp/> に集約させています.

## 静止気象衛星以外のデータセット(2) 気象データ，特に客観解析・再解析データ

基本的に <ftp://geoinfo.cr.chiba-u.ac.jp/> にありますが，データポリシー上出せないものもあります．共同利用研究を通じてご利用ください．

- 気象庁提供客観解析・再解析データ
  - GPV/MSM (2006-現在) , JRA25 (1979-2014), JRA55 (1958-2015 [netCDF], 1958-現在 [grib])
- ECMWF再解析群 :
  - ERA40 (1957-2002), ERA-Interim (1979-2013), ERA5 (2006-2018)
- NCEP\_FNL (2000-2011), GAME再解析 (1998)

## CEReS所有のデータを用いて共同研究を推進したい場合...

1. 使うデータをDL，またはHDDにコピーし，自前の環境で行う。
    - ✓DB委員会にベアHDDありますので，CEReS 担当教員を通じリクエスト
  2. 処理データ量が膨大でメモリ！
    - ✓自前の計算機をCEReSに持ち込むリモートで使う
    - ✓CEReS担当教員，またはDB委員会の計算機を間借りする
- ✓担当教員，または樋口まで遠慮無くご相談ください。



## まとめ

- CEReS 公開データベース＋共用データ :
  - ✓共同利用研究の枠組みを最大限に使って活用してください。まずは相談から
  - ✓「このデータもアーカイブして欲しい」といった要望も受け付けます。
  - ✓卒論・修論・D論での利用，投稿論文での利用等々は「研究成果報告」を！
    - 皆様の入力が我々の活動，すなわちコミュニティ支援につながります。

## 日本気象学会「地球観測衛星研究連絡会」

開催希望日時 2020年5月19日(火) 気象学会会場(会場 講演会終了後)  
テーマ「次期ひまわり衛星搭載イメージャーについて」

内容：ひまわり衛星は日本を含むアジア・オセアニア・太平洋領域における地球観測を担当し、同地域の天気予報や環境観測等に役立てられている。2014年に打ち上げられた現在のひまわり8号・9号の設計寿命は2機あわせて15年であるから、2028年に次期ひまわり衛星を打ち上げる必要がある。衛星とセンサーの製作に5年間を要することを勘案すると、2023年には製造を開始する必要がある、2022年にはその仕様を確定する必要がある。ひまわり衛星はその役割が徐々に増大していることから、主力センサーであるイメージャーのバンド仕様について、特に気象学会に関わりの深い大気観測の観点から議論を行う機会を設けたい。そこで本連絡会では、次期ひまわり衛星搭載イメージャーのバンド仕様について深く議論する会とする。

話題提供者 (予定)

気象庁 別所康太郎「後継衛星計画の現在の検討状況」

千葉大学 樋口篤志「ひまわりがとらえた特徴的な事例と地球環境研究への応用」

JMA/MSC 石田春磨「ひまわりの波長構成と雲識別アルゴリズム」

JAXA 橋本真喜子「ひまわりとエアロゾル衛星観測～どのような観測が必要か?～」

NICT 村田健史「先進的情報通信技術からのひまわり衛星データへのアプローチ」

世話人 中島孝(東海大)、樋口篤志(千葉大)、別所康太郎(気象庁)

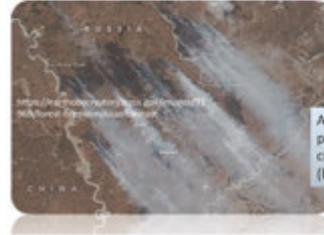
# Relationship between surface dry conditions, snow cover, and carbon dioxide emission from forest fire in Far East Russia

Haemi Park <sup>1\*</sup>, Wataru Takeuchi <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Tokyo, Japan

## Background

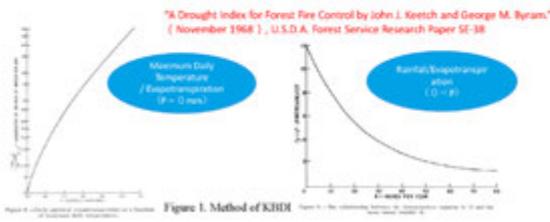
- Positive feedbacks of the disturbances of forests to the global warming are reported many previous studies recently (Bradshaw et al., 2009).
- The effects of global warming to high latitudinal region are more severe than the other ecosystems which is formed under the low temperature. It assumed as twice of tropical (Pimm et al., 2009)
- Wildfire events are common and regularly detected in forests in Far East Russia (Mollicone et al., 2006, Loboda and Csizsar, 2007).



After the winter snow melts in Amur province, people often burn grass and croplands. (by Adam Voland, NASA, April 4, 2018)

## Background

- For mitigation of wildfire in this region, the reason and influence of the fire should be clarified.
- Fire is related with dry condition of surface (Keetch-Byram, 1968, Gray, 2015)
- Satellite-based KBDI was developed and analyzed with FO in this region (Park and Takeuchi, 2019, Spring conference of RSSJ).
- In high latitudinal area, low temperature environment makes KBDI insensible by snow coverage.

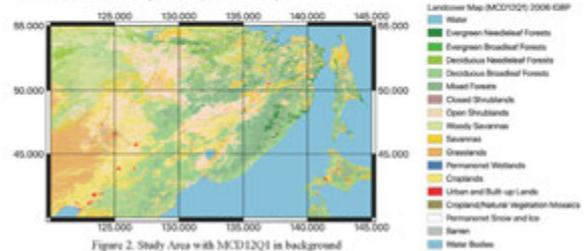


## Objective of this study

- Goal : "A system for mitigating fires in Far East Russia region using satellite-based data."
- To analyze impact of surface dry condition (KBDI) and fire emissions (FE)
- To compare in-situ meteorological data and KBDI with several latitudes condition
- To reveal the relationship between FE and KBDI under the snow or non-snow coverages

## Study Area

- Far East Russia (40-55N, 120-145E)



## Data

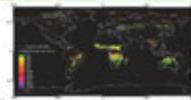
### Fire Emissions (FE) (Takeuchi et al., 2013)

MODIS Fire Product (MOD14)

- Burnt Date
- Fire Radiative Power (used it as combustion completeness)

MODIS Burned Area (MCD45A1)

Biomass - from VISIT model (Ito and Oikawa, 2002) + NDVI

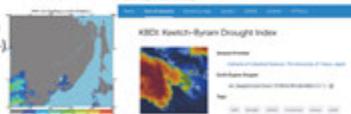


### Keetch-Byram Drought Index (KBDI) (Keetch and Byram, 1968)

Land Surface Temperature (LST)

of Himawari (MTSAT from 2006-)

Precipitation (GSMaP)



### Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 (AMSR-2)

#### Snow Coverage Product

Snow covers are detected using the difference between TbV18 and TbV36 when > 0.

## Methodology

- Fire Occurrences (FO) were counted in each land cover type
- Time-series of Snow coverage, FE, and KBDI were shown.

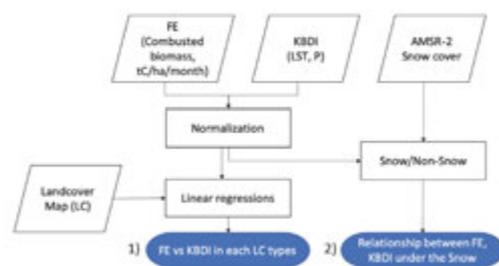
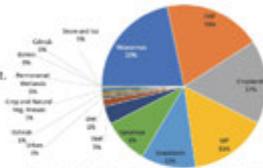


Figure 3. Study flow

Results – Sparse tree covered-forest is dominant for the area & emissions, as well.

- Land cover:
  - Forests, especially, sparse and DBF are dominant.
  - Notably, croplands are usually located in China.



- Carbon emission:
  - Higher emission in sparse forest than dense forest.
  - Especially, from spring to autumn.

Figure 3. The proportion of averages of each land cover type (MCD12Q1, 06-17). Sparse tree cover types (Savannas) are dominant in Far East Russia

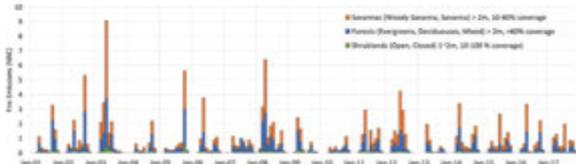


Figure 4. Fire emissions (mega tone carbon, MtC) for Savannas, Forests, and Shrublands

Results – Total fire counts using monthly FE (06-17's)

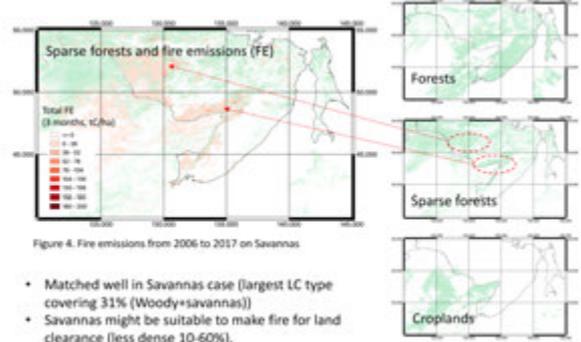


Figure 4. Fire emissions from 2006 to 2017 on Savannas

- Matched well in Savannas case (largest LC type covering 31% (Woody+savannas))
- Savannas might be suitable to make fire for land clearance (less dense 10-60%).
- Fires in croplands are dominant in AMJ(4,5,6), OND (10,11,12), vs Forests are dominant in JAS(7,8,9).

Positive and Negative relationships when FO and DI were compared

Figure 5. Examples for Positive relationship

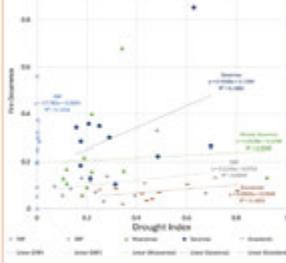
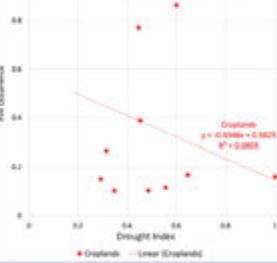


Figure 6. An example for Negative



- Natural forests and grasslands (dense & sparse) – If land surface is dry, fire events increase (Fig. 4).
- Artificially vegetated area (Croplands) – Human makes fires regardless the dry condition (Fig. 5).
- Hardly explained relationships by using Drought Index (DI) (low  $R^2$ ) – should be improved by adding snow effects to the DI equation especially for high latitudinal (snowy) regions.

Results

Seasonal pattern of fire occurrences in Far East Russia

- Sparse forest (largest) showed fires in this order: spring > fall > winter > summer

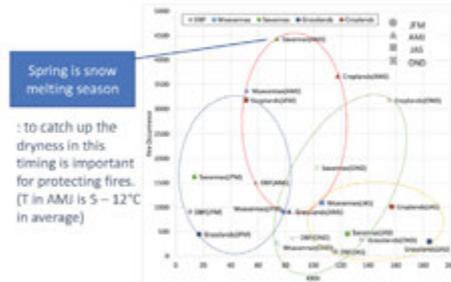
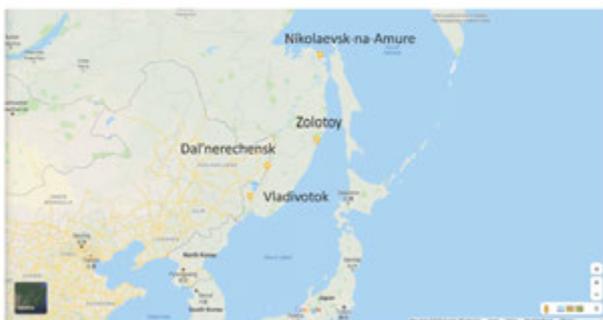


Figure 7. Seasonally compared FO and KBDI with 3 months averages from 2007 to 2017  
 \* JFM (Jan, Feb, Mar) AMJ (Apr, May, Jun) JAS (Jul, Aug, Sep) OND (Oct, Nov, Dec)

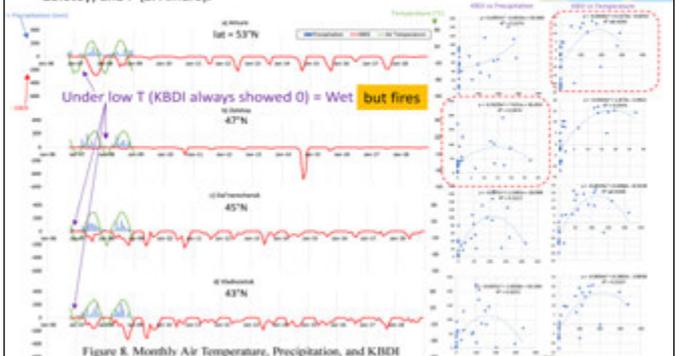
Results

Comparing KBDI with air temperature (T), and precipitation (P) in different latitudinal regions



Air temperature, Precipitation, and KBDI in different latitudinal regions

- KBDI was compared with Air Temperature, Precipitation (monthly)
- In-situ meteorological data from GCOS (WMO, North Eurasia Climate Centre), 2006-2008
- High latitudinal showed low  $R^2$  when KBDI was compared with T (b. Zolotoy) and P (a. Amure).



## Results

### Regional case in Ussuriysk in Far East Russia

- As the result, snow coverage has increased during winter and the KBDI has oppositely decreased.
- In spring (snow melting), fires were increased.
- Agricultural fires are usually known as land clearance. If it is happened by human activities, fires are dominant in spring when before the seeding.
- But, KBDI can provide how the fire will be expanded.

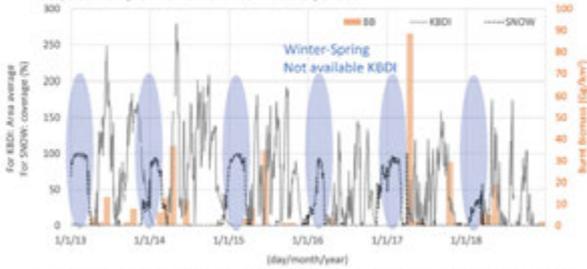
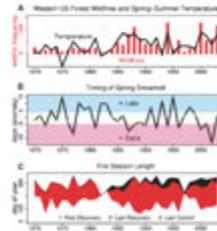


Figure 9. Regional comparison among KBDI (Daily), Snow coverage (Daily), Burnt Biomass (BI) or FT, Monthly in Ussuriysk in Far East Russia.

## Discussions

- Kimball et al. (2006): Freeze-thaw in cryosphere is analyzed with productivity of trees. Thaw anomaly durations are related with GPP anomaly. - ET related issue
- Zhang et al. (2011): Low temperature suppresses ET because of low demands of evaporation of air capacity & transpiration of plants in Tundra.
- Romanovsky et al. (2010) used snow depth and air temperature for describing degradation of permafrost of Russia.
- Westerling et al. (2006) found that early snow melting causes fire vulnerability in western US.



← (Westerling et al., 2006)

Figure. (A) Annual frequency of large (5400 ha) western U.S. forest wildfires (bars) and mean March through August temperature for the western United States (line) (26, 30). Spearman's rank correlation between the two series is 0.76 ( $P < 0.001$ ). Wilcoxon test for change in mean large-forest fire frequency after 1987 was significant ( $W(42) = 9.7$ ,  $P < 0.0001$ ). (B) First principle component of center timing of streamflow in snowmelt dominated streams (line). Low (pink shading), middle (no shading), and high (light blue shading) tercile values indicate early, mid-, and late timing of spring snowmelt, respectively. (C) Annual time between first and last large-fire ignition, and last large-fire control.

## Conclusions

- Satellite-based KBDI is an index for fire vulnerability representing dynamics of surface dryness.
- KBDI is more suitable to explain fire expansion pattern. (Natural case)
- In spring, KBDI (dry) and FO (fire) are increasing.
- Delineation of the dryness of surface in this timing is important.
- Under the snow coverage, KBDI showed almost 0.
- Uncertainties in KBDI for low temperature were implied.
- Evapotranspiration in permafrost uses air temperature and snow melting parameter for delineating freeze-thaw cycle.
  - This concept will be added into KBDI in near future.
- As conclusions, estimation of snow melting area and the timing of melting would be helpful to make a robust drought index for high latitudinal area.



# 全球衛星観測降水データを用いた 天気予報システムの高度化

小槻 峻司

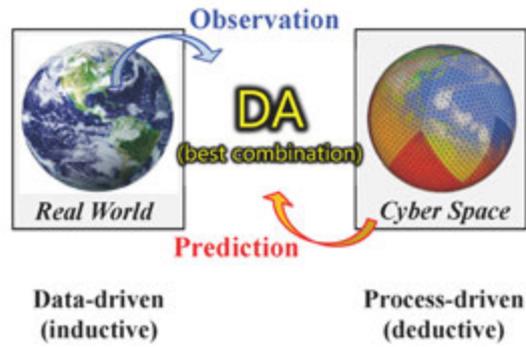
千葉大学・環境リモートセンシング研究センター

with many thanks to

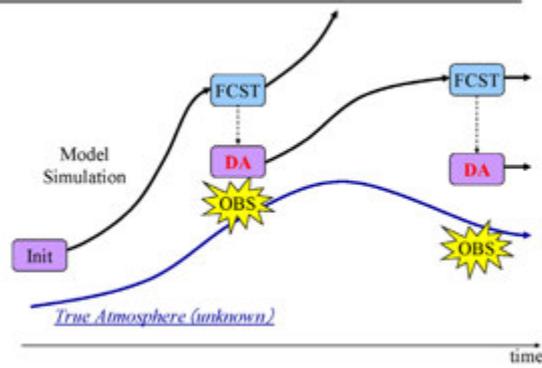
三好建正, 寺崎康児, 大塚成徳, 黒澤賢太, 富田浩文, 八代尚, 佐藤正樹,  
佐藤陽佑, 金丸佳矢, Guo-Yuan Lien, Eugenia Kalnay

2020/02/20第22回 環境リモセンシンポジウム@千葉大

## Data Assimilation (DA)



## Numerical Weather Prediction



## Global Observing System



## Near-real-time Global Ensemble DA System NEXRA

## The First Goal: To improve NWP w/ GSMaP

GSMaP:  
Global Satellite Mapping of Precipitation



- To improve NWP using satellite-derived precip.

# State Estimation

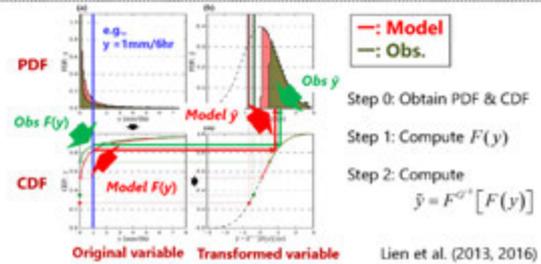
**Kotsuki S.**, Miyoshi T., Terasaki K., Lien G.Y. and Kalnay E. (2017):  
Assimilating the Global Satellite Mapping of Precipitation Data  
with the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model NICAM.  
*Journal of Geophysical Research: Atmospheres*,  
122, 631-650. doi:10.1002/2016JD025355

## Gaussian Transformation

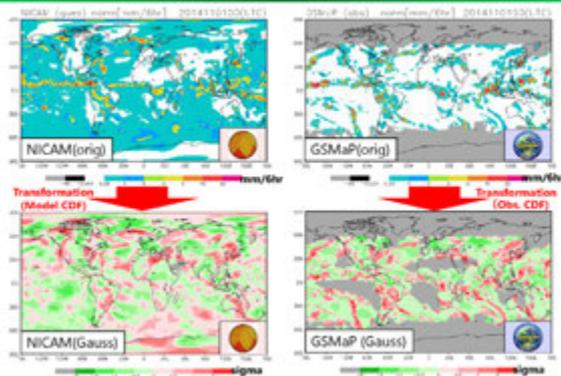
$$F^{-1}(\hat{y}) = F(y) \Leftrightarrow \hat{y} = F^{G^{-1}}[F(y)] \Leftrightarrow y = F^{-1}[F^G(\hat{y})]$$

Forward transform (mm/6hr → sigma)    Inverse transform (sigma → mm/6hr)

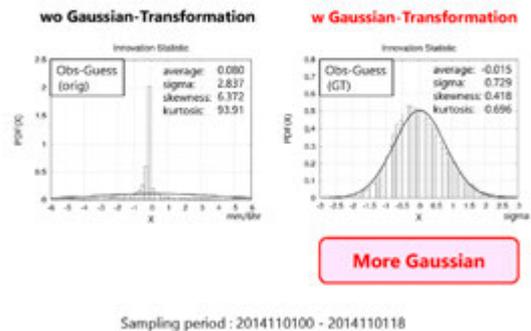
$y$  : original variable (mm/6hr)     $\hat{y}$  : Transformed variable (sigma)  
 $F()$  : CDF of original variable     $F^G()$  : CDF of Gaussian distribution



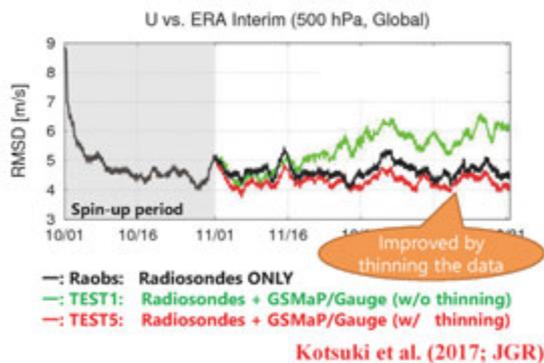
## Gaussian Transformation



## w/o Gaussian Transformation

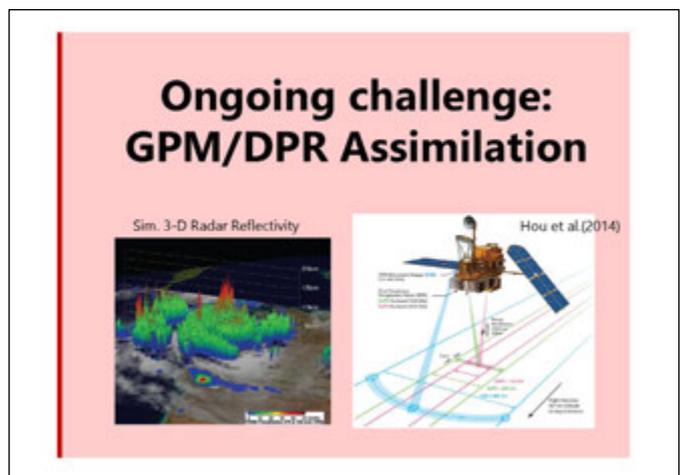
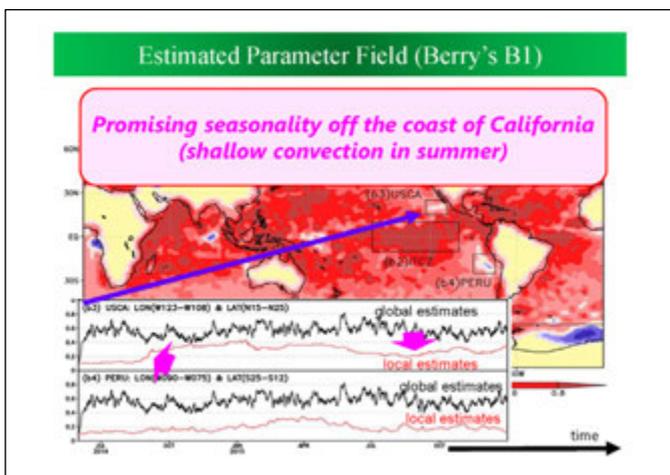
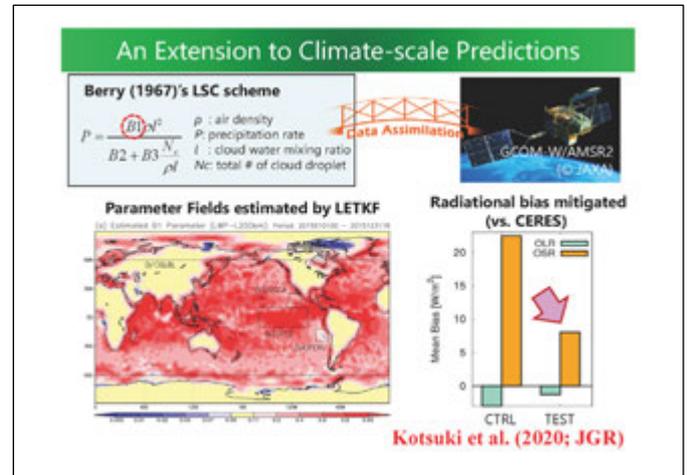
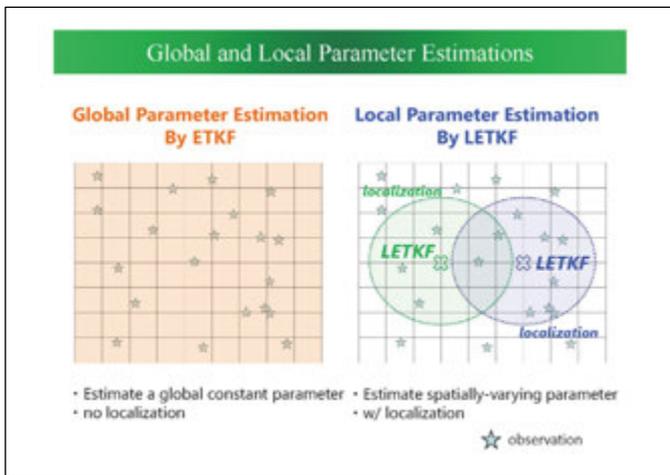
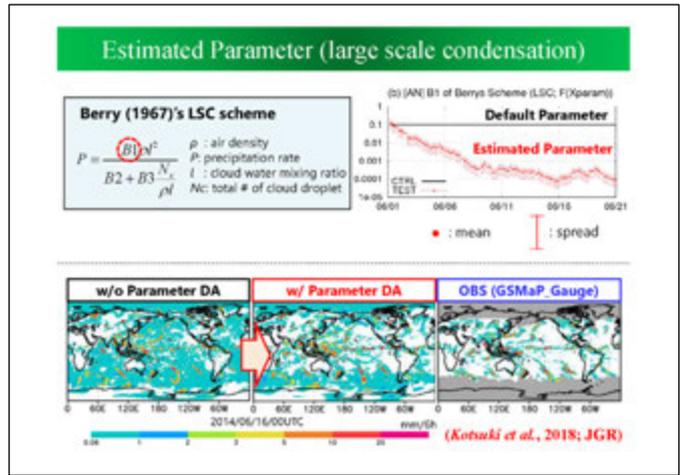
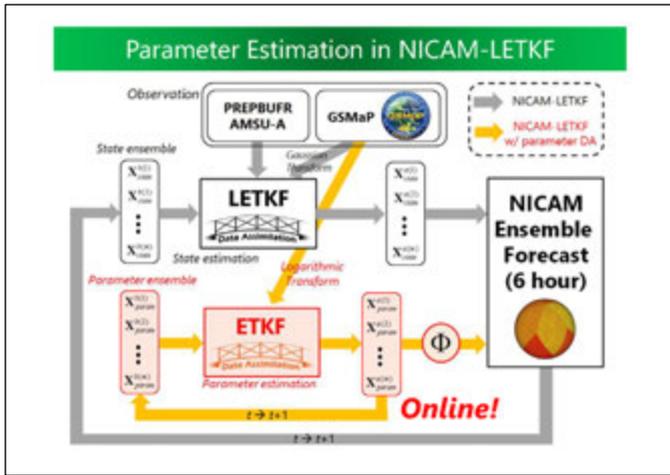


## RMSDs relative to ERA Interim (in 2014)

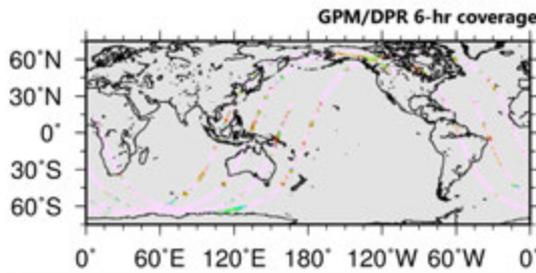


# Model Parameter Estimation

**Kotsuki S.**, Terasaki K., Yashiro H., Tomita H., Satoh M. & Miyoshi T. (2018):  
Online Model Parameter Estimation with Ensemble DA  
In the Real Global Atmosphere:  
*Journal of Geophysical Research: Atmospheres*,  
123, 7375-7392. doi: 10.1029/2017JD028092



So far, not successful w/ 28-km DA system



State estimation would be difficult, maybe due to long revisit period (> 1 day) w.r.t. precip. Process.

Estimating parameters for cloud microphysics

- NSW6 (vapor, cloud, ice, **rain, snow, graupel**)
  - Parameters : terminal velocity coefficients

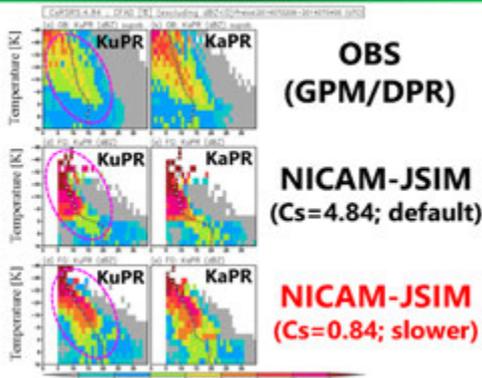
$$v_{t[r,s,d]}(D) = c_{[r,s,d]} D^{d[r,s,d]} (\rho_0 / \rho)^{1/2}$$

$$c_i = \left( \frac{4g\rho_s}{3c_{t,i}\rho_0} \right)^{1/2}$$

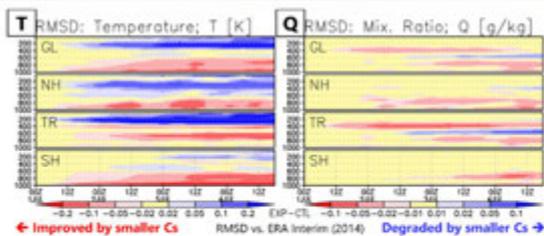
|                | NICAM default | NICAM for MJO |
|----------------|---------------|---------------|
| Cr             | 130.0         | 58.0          |
| Cs             | 4.84          | 0.90          |
| C <sub>0</sub> | 0.60          | 2.50          |

To estimate model parameters of cloud microphysics w/ GPM/DPR

Cs Sensitivity to KuPR & KaPR (FT=24-72hr), DPR



Impact of using smaller Cs (slower snowfall)



- (1) Beneficial impacts in the troposphere
- (2) Better to use larger Cs for the stratosphere?

CTRL: default parameter      TEST: smaller snow parameter (Cs: 4.84→0.84)

Summary

- **State estimation w/ DA**
  - Gaussian Transformation worked well
  - Analyses and forecasts were improved
- **Parameter estimation w/ DA**
  - Model parameter simultaneously estimated
  - Precipitation forecasts were improved
- **Evaluation of model's cloud microphysics**
  - Still challenging
  - Parameter estimation seems to work

これからの研究方針

- **地球科学: 衛星データ活用による環境予測**
    - インフラ
      - 全球大気モデル: NICAM, SPEEDY
      - 全球陸面モデル: SiBUC
      - リアルタイム・モニタリングシステム
    - モデル改良, データ同化, 初期値境界値, 結合同化
  - **方法論: 衛星ビッグデータの活用技術革新**
    - 機械学習による次元圧縮・変数選択 (e.g. ひまわり)
    - データ同化数値研究 (e.g. 非ガウス同化, 最適化)
    - 新しい衛星観測の同化 (e.g. 雷センサ)
- 何か一緒にできそうなことがあれば、お声がけください。  
+ 技術補佐員を探しています。良い方がいれば紹介して下さい。  
→ [shunji.kotsuki@chiba-u.jp](mailto:shunji.kotsuki@chiba-u.jp)



# Sentinel1の時系列データを用いた 水田面積の推定

中園 悦子・竹内 渉(東大生産研)

## 1. はじめに

2019年、北朝鮮の農業生産量は、干ばつの影響の為5年ぶりの低水準であるとのニュースが発表された。しかしその一方、米の価格は下がっているとの報告もある。そこで、北朝鮮の主要な農作物の一つである米について、2019年の水田の推定面積を求め、実際にどの程度干ばつの影響があるのかを調べようとした。そこで、雲の影響の少ないSentinel1データから水田面積の推定を行うことを考えた。手法としてまず、Landsatデータによる推定が可能な2017年データで推定を行い、ノイズ低減の為にフィルタサイズ、解析に用いるデータの時期について検討を行った。また、その結果を2019年に適用し、水田面積を推定した。

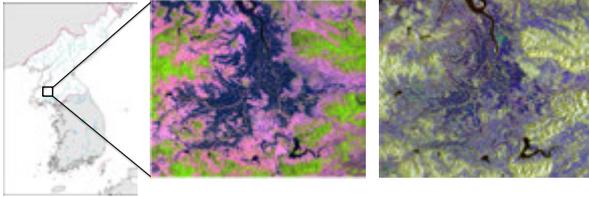


図1: 対象地。黄道内、沙里院市付近の水田密集地。その周囲を畑が取り巻いている。中央の画像は2017年6月14日のLandsat8画像 (R,G,B=band6,5,4)、右図は2017年Sentinel1の3時期の合成カラー画像 (R,G,B=6/1, 6/13, 8/5)

## 2. 1 誤差の軽減・Leeフィルタのサイズ

SARデータでは水面での後方散乱値が小さくなるため、湛水した水田は黒く見える。そこで水田面積を推定する方法の一つとして、この範囲を閾値を用いて求め、このうち稲の出穂後も黒く映る範囲を水域や調整水田として省く方法が挙げられる。そこで2017/06/11と2017/08/22の二時期のデータから閾値を決定し、推定を行ったところ、多くの誤判読範囲が、特に畑部分に生じることがわかった。

誤差の軽減の為、まずノイズフィルタについて検討を行った。今回はLeeフィルタを使用した。適当なフィルタサイズを選択するために、1) 畑部分のノイズを軽減する 2) 水田内部のノイズを軽減することを考えた。1)については、6/14のLandsat8データを用いた教師付き分類画像から畑の部分抜き出し、この範囲内で水田と誤判読される面積がフィルタサイズによってどのように変化するかを調べた(図2-1)。また2)については、閾値決定に使用した水田に対応するポリゴンを用いて、ポリゴン内部の推定された水田の割合を求め、それがフィルタサイズによってどのように変化するかを求めた(図2-2)。結果として、フィルタサイズを9×9とした。

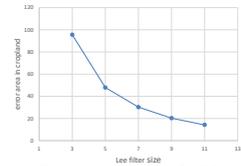


図2-1: 畑部分の誤判読面積とフィルタサイズ

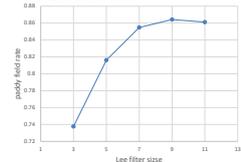


図2-2: 水田ポリゴン内部の水田画素の割合とフィルタサイズ

## 2. 2 使用データ数と取得時期

水田と畑の後方散乱値について、湛水期中期の5/30と後期の6/11にそれぞれのサンプルポリゴンの平均値と偏差を取り、どの程度の差があるかを調べた。結果、5/30については水田と畑の後方散乱値に比較的確な閾値(グラフの青線)を設けることが可能だが、湛水部分が十分に広がっていないこと、また6/30の場合、水田と畑の間の値に重なる部分があること、それは閾値で明確には区切れないこと、しかし湛水部分は十分に広がっていることが分かった(図3-1、2)。

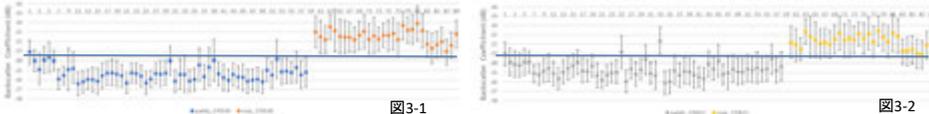


図3-1: 2017/5/30データによる水田と畑の、サンプルエリア毎の平均値と偏差

図3-2: 2017/6/11データによる水田と畑の、サンプルエリア毎の平均値と偏差

そこでノイズによる誤差を減少させる為に、湛水期の5/30,6/11と出穂期の8/22のデータからそれぞれ閾値を求め、水田の面積を推定した(A)。また畑の範囲をLandsatの教師付き分類結果から推定し、その内部で水田と判読された面積を畑部分の誤判読とし、それがどの程度減少するかを同時に確認した。結果、畑部分の誤差は減少したが、湛水期中～後期に増加した水田面積は全て省かれた。そこで6/11,8/22。それに、湛水期以外で水田と畑の差が最も大きかった7/29の3時期のデータから閾値を求め、面積推定を行った(B)ところ、畑部分の誤差は減少したが、7月の水田内部の値が不均一であるため、水田部分の誤差が増大した。そこで、AとBを足し合わせたところ、ノイズの軽減と共に水田推定面積もLandsatでの推定面積と大きく変わることがなかった(表1-1)。

## 3. 2019年データへの適用

この方法を2019年データに適用し、湛水期2時期(6/1,6/13)と7月後期(7/31)、出穂期(9/17)のデータからそれぞれ閾値を決定、2種の推定画像を足し合わせることで推定画像を作成した。その際の推定面積は表1-2のとおりである。

| 使用データ (2017年)          | estimate area (km <sup>2</sup> ) | noise area (km <sup>2</sup> ) | estimate paddy area (km <sup>2</sup> ) | 使用データ (2019年)          | estimate area (km <sup>2</sup> ) | noise area (km <sup>2</sup> ) | estimate paddy area (km <sup>2</sup> ) |
|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--|
| 5/30 and 8/22          | 280.535                          | 14.0559                       | 266.4791                               | 6/1 and 9/17           | 299.8284                         | 44.4491                       | 255.3793                               |
| 6/11 and 8/22          | 463.3735                         | 101.8391                      | 361.5344                               | 6/13 and 9/17          | 423.6556                         | 106.2281                      | 317.4275                               |
| 7/29 and 8/22          | 607.5704                         | 107.9599                      | 499.6105                               | 7/31 and 9/17          | 815.6914                         | 216.1018                      | 599.5896                               |
| 5/30,6/11 and 8/22 (A) | 250.0515                         | 12.1924                       | 237.8591                               | 6/1,6/13 and 9/17 (A)  | 179.0067                         | 13.8391                       | 165.1676                               |
| 6/11,7/29 and 8/22 (B) | 301.4035                         | 11.0216                       | 290.3819                               | 6/13,7/31 and 9/17 (B) | 308.2494                         | 27.9507                       | 280.2987                               |
| A+B                    | 352.3037                         | 21.6877                       | 330.616                                | A+B                    | 331.6939                         | 37.5065                       | 294.1874                               |
| Landsatからの推定 (6/14)    | 370.5804                         |                               |  |                        |                                  |                               |  |

表1-1(左): 2017年のSentinel1画像と、閾値を用いた際の全推定面積、畑部分の誤判読面積、誤判読を除いた水田面積。

表1-2(右): 2019年のSentinel1画像と、閾値を用いた際の全推定面積、畑部分の誤判読面積、誤判読を除いた水田面積。

## 4. 結論

2017年のSentinel1データに対し9×9のLeeフィルタ処理を行い、4時期(湛水期2時期、7月後期、8月後半以降)を3時期ずつ組み合わせ、それを足し合わせることで水田面積を推定できることが分かった。また、同様の手法で2019年のデータから水田面積を推定したところ、その面積は2017年の89%となった。従って、干ばつの水田への影響は皆無ではないが、そこまで大きくはないのではないかと推察される。

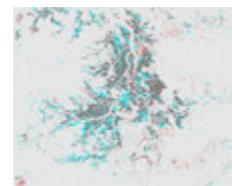


図4: 水田推定面積から畑部分に対応する誤判読部分を除いた図。水色: 2017年のみ 赤色: 2019年のみ 灰色: 共通して水田と判読された箇所



# Land Cover Dynamics and Human-Elephant Conflict Hotspot in Forest-Agriculture Mosaic of Eastern Thailand

Nuntikom KITRATPORN and Wataru TAKEUCHI  
Institute of Industrial Science, the University of Tokyo, Japan



**Abstract:** In Thailand, human-elephant conflict (HEC) in the form of crop depredation by wild elephants have been intensified and negatively impacted local communities' quality of life. Despite increasing concern and urgent needs for solution, limited studies explore landscape-scale spatiotemporal pattern of this conflict. This study comprised of two parts. First, we identified HEC hotspots by applying Maximum Entropy modeling with remote sensing dataset which represent level of resource suitability (EVI, TRI, Forest%, KBDI, distance to forest and water) and human disturbance (human population density, distance to road, lit-up areas, and protected habitat). Two-dimensional conflict matrix based on thresholding approach was used to categorized predictive results into four groups (high, likely, low, and rare). In the second part, we quantified land cover on 2000, 2005, 2010, 2015, and 2018 using random forest classifier and overall land cover changes to that within high HEC zones. We found HEC probability were governed by distance to forest and protected areas, drought condition, changes in vegetation, and human density. However, land cover changes were unlikely a cause of increase in HEC, but some land cover type (e.g. plantation) may assist elephants to move through the landscape outside natural forest.



## 1. BACKGROUND



Fig.1: Wild elephant herd in feeding in cassava fields (matchon news, 2017)

### Objectives

1. Model spatial pattern of crop damage by wild elephants using satellite-derived data and maximum entropy modeling
2. Assess trend in HEC probability over 10 years period, 2009-2018
3. Quantify the changes in land cover within identified HEC hotspot compare to

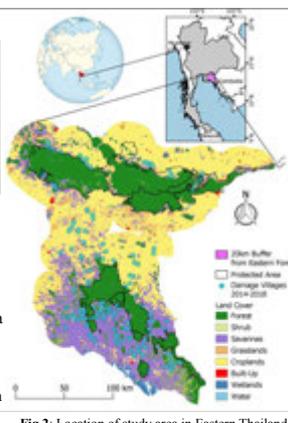


Fig.2: Location of study area in Eastern Thailand

## 2. METHODOLOGY

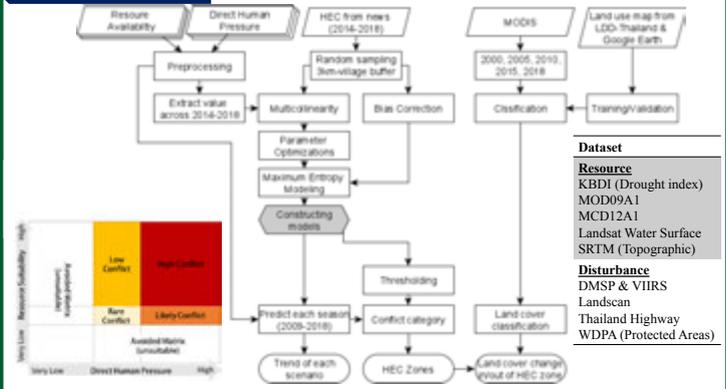


Fig.3: Dataset and flow of this study

## 3. RESULTS

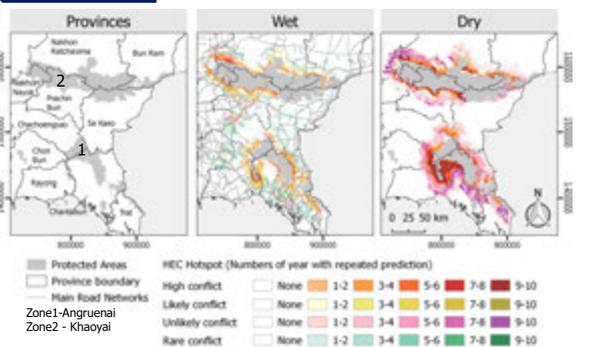


Fig.3: Simulated HEC zones based on location of reported HEC cases and relevant environmental responses

Fig.4: Total areas of HEC during dry season under each category, an increasing trend in high HEC can be observed

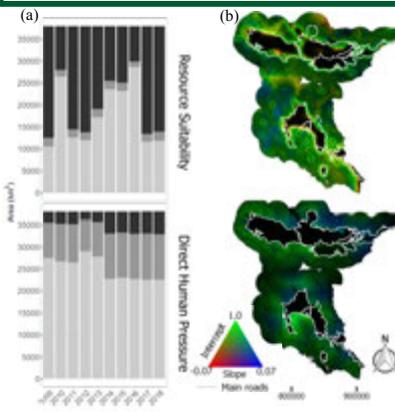
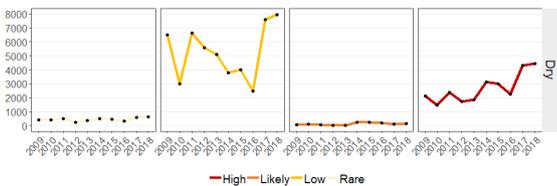


Fig.5: Extracted from dry season, the high HEC season, (a) Temporal distribution of areas predicted as High, Low, and Very Low category during 2009-2018, and (b) Changes in HEC probability from 2009 to 2018 visualized using RGB composite, Red: negative slope (decreasing trend), Green: intercept (baseline of HEC probability in 2009), and Blue: positive slope (increasing trend).

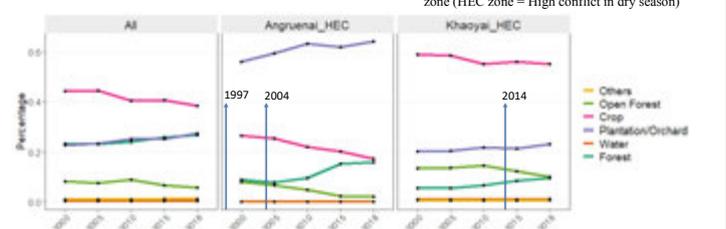


Fig.6: Land cover changes in 2000, 2005, 2010, 2015, and 2018 for whole study area, within Angruenai HEC zone, and within Khaoyai HEC zone (HEC zone = High conflict in dry season)

## 4. DISCUSSIONS & FUTURE WORK

- Overall, HEC occurrences are concentrated near protected areas and forest
- Drought condition, vegetation changes (e.g. green-up), and human population density also influence spatial distribution of HEC
- Potential High HEC zones are estimated mostly in 2 areas: i) around Ang Rue Nai WS (Rayong, Chonburi, Chantaburi) and ii) cluster near Khao Yai NP (Nakhon Ratchasima, and Prachinburi)

- Actions for each HEC zone, i) Rare: elephant-vehicle-collision ii) Low: land-use iii) Likely: human behavioral change, iv) High: both land management (e.g. fences) and human awareness
- In the last 20 years, forest continuously increased. Plantation expanded. However, composition of land cover differed in each HEC cluster
- Land cover is unlikely the cause of increase in HEC, but may assist in movement
- Drought condition and its relationship to HEC, as well as response of each land cover type to drought should be further studied

## REFERENCE

[1] Matchon News (2017). "Elephant conflict escalated as dry season approaches". [2] Noonto, B (2009). "Managing HEC based on Elephant and Human Behaviors". PhD thesis. [3] Mateo-Tom'as, Patricia et al. (2012). "Alleviating human-wildlife conflicts: Identifying the causes and mapping the risk of illegal poisoning of wild fauna". In: Journal of Applied Ecology 49.2, pp. 376-385 [4] Takeuchi, W et al. (2015). "Near-Real Time Meteorological Drought Monitoring and Early Warning System for Croplands in Asia". In: 36th AGRS 2015, 1.October, pp. 171-178. [5] Phillips, Steven J., Robert P. Anderson, and Robert E. Schapire (2006). "Maximum entropy modeling of species geographic distributions". In: Ecological Modelling 190.3-4, pp. 231-259.



# Remote Sensing and Model-Based Methane Emission Estimation from Paddy Rice Field over Bangladesh

Md Rahedul Islam and Wataru Takeuchi  
Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Japan



## Introduction

Greenhouse gas methane (CH<sub>4</sub>) emission from wetland paddy rice field is account for 55% of total greenhouse gas emission from agriculture (Stocker, 2014). Global agriculture emitting around 4.6 Gt carbon dioxide equivalent (CO<sub>2</sub>-eq.) yr<sup>-1</sup> in 2010 (Tubiello et al., 2013). Annually, approximately 34 million tones (Mt) of rice (7% of world rice production) are produced in Bangladesh, covering over 70% of total land (BBS, 2016). Production is expected to increase by 50% to meet the demand of an increased population with changing dietary preferences by 2050 (BBS, 2016). Agriculture is estimated to be one of the largest sources of GHG emissions in Bangladesh, estimated at 78 Tera-gram (Tg) carbon di-oxide (CO<sub>2</sub>-eq.) in 2016, to which rice cultivation contributes approximately 30% of total GHG (CO<sub>2</sub>-eq.) emitted from agriculture (FAOSTAT, 2018). Concurrently, Bangladesh is recognized as one of the world's most vulnerable countries to climate change, due to socio-economic conditions and its geographical location (Islam and Nursey-Bray, 2017). It is necessary to focus on the climate change vulnerability Bangladesh faced for the need of mitigation, and thus mitigation policy in agriculture should be developed. However, In Bangladesh, emphasis has been given to adaptation rather than mitigation, although there is potential to reduce GHG emissions from agriculture. To reduce greenhouse gas emission from rice cultivation, it's very important to proper emission estimation from rice paddy field. There are a numbers of uncertainties to estimate methane emission from rice paddy. In this study we used remote sensing-based rice and irrigated rice area map and IPCC model for methane estimation from rice paddy field in Bangladesh.

The main objective of this study to estimate methane emission from rice paddy field with remote sensing-based seasonal rice and irrigated rice area map and regional adjusted IPCC model over Bangladesh from 2001 to 2018.

## Data and Methodology

The MOD13A2 Kalman's filtered NDVI and MCD12Q1 dataset used for seasonal rice area mapping. The MOD16A2 potential evapotranspiration and GSMaP effective precipitation data derived seasonal irrigated, supplementary irrigated and rainfed rice area map been used in this study. The IPCC, 2006 guideline for CH<sub>4</sub> emission estimation from national inventories have been used for this study. We adjusted the IPCC prescribed value based on regional characteristics of rice cultivation. Finally, we compared our result with relevant study. The overall research flow shown in figure -1.

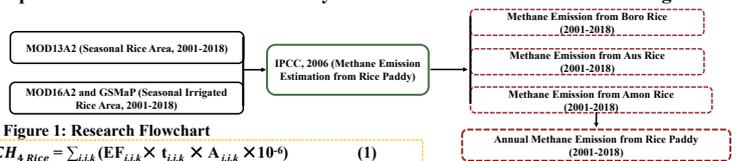


Figure 1: Research Flowchart

$$CH_4 \text{ Rice} = \sum_{ijk} (EF_{ijk} \times t_{ijk} \times A_{ijk} \times 10^{-6}) \quad (1)$$

CH<sub>4</sub>Rice = Annual Methane emission from rice paddy field, Gg CH<sub>4</sub> yr<sup>-1</sup>

EF<sub>ijk</sub> = Daily Emission factors under i,j,k conditions, kg CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>

t<sub>ijk</sub> = Cultivation period for i, j, and k conditions, days

A<sub>ijk</sub> = Annual Rice cultivated area under i, j and k conditions, yr

i, j and k = Represent different ecosystems, water regimes, type and amount of organic amendments, and other condition under which CH<sub>4</sub> emissions from rice may vary.

$$EF_i = EF_o \times SF_w \times SF_p \times SF_a \times SF_{s,r} \quad (2)$$

EF<sub>i</sub> = Adjusted daily emission factor for cultivated rice area

EF<sub>o</sub> = Baseline emission factor without organic amendment (IPCC default value, 1)

SF<sub>w</sub> = Scaling factor for different water regime (Irrigated = 1, Supplementary irrigated = 0.70, rainfed = 0.25)

SF<sub>p</sub> = Scaling factor for pre-season water regime before cultivation period (default value = 1)

SF<sub>a</sub> = Scaling factor for organic amendment (Boro = 1.40, Aus = 1.31, and Amon = 1.26)

SF<sub>s,r</sub> = Scaling factor for Soil type, rice cultivar etc. (Not considered in this study)

$$SF_{s,r} = 1 + \{(RO_{4,rs} \times CFO_{4,rs}) + (RO_{4,rs} \times CFO_{4,rs})\}^{0.59} \quad (3)$$

RO<sub>4,rs</sub> = Application rate of rice straw (Bor o = 0.70, Aus/Amon = 0.40)

RO<sub>4,rs</sub> = Application rate of Farm manure (0.60)

CFO<sub>4,rs</sub> = Conversion factor for organic amendment (Rice Straw) = 1

CFO<sub>4,rs</sub> = Conversion factor for incorporated shortly before cultivation = 0.14

Equation 1, 2 and 3 are based on IPCC, 2006 guideline. The parameters value are adjusted based on the rice cultivation characteristics of Bangladesh. The seasonal emission rate is used for; Boro, Aus and Amon season methane emission estimation

## Result and Discussion

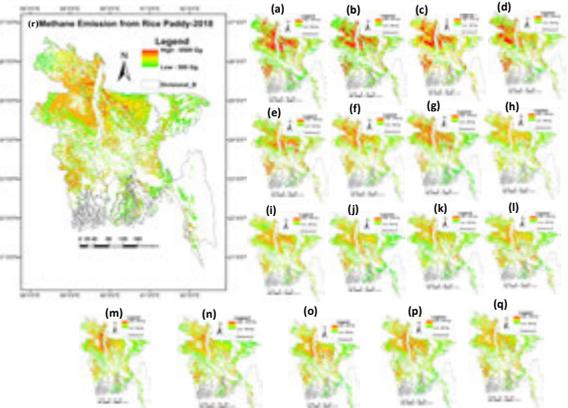


Figure 3: Annual methane emission distribution from rice paddy field of Bangladesh; (a) 2001, (b) 2002, (c) 2003, (d) 2004, (e) 2005, (f) 2006, (g) 2007, (h) 2008, (i) 2009, (j) 2010, (k) 2011, (l) 2012, (m) 2013, (n) 2014, (o) 2015, (p) 2016, (q) 2017 and (r) 2018.

## Comparison with Relevant Studies

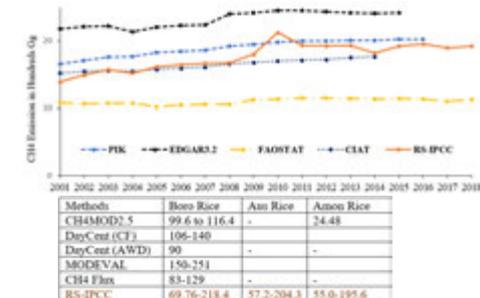


Figure 4: (a) Comparison of our RS-IPCC based annual methane emission from rice paddy field with FAOSTAT, EDGAR3.2, CIAT and PIK inventory estimation; (b) Comparison our RS-IPCC based seasonal methane emission rate with CH4MOD2.5, DayCent, MODEVAL and field level CH<sub>4</sub> flux data.

## Result and Discussion

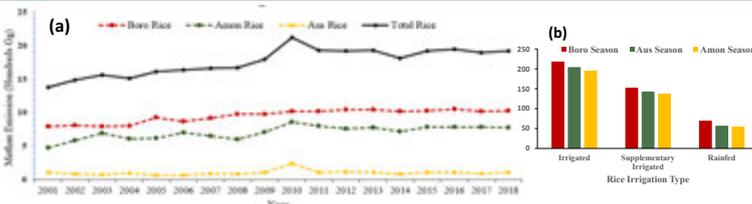


Figure 2: (a) Methane emission from seasonal and annual total rice paddy field of Bangladesh, 2001 to 2018; (b) Seasonal methane emission rate from irrigated, supplementary irrigated and rainfed rice paddy field (in kg ha<sup>-1</sup>)

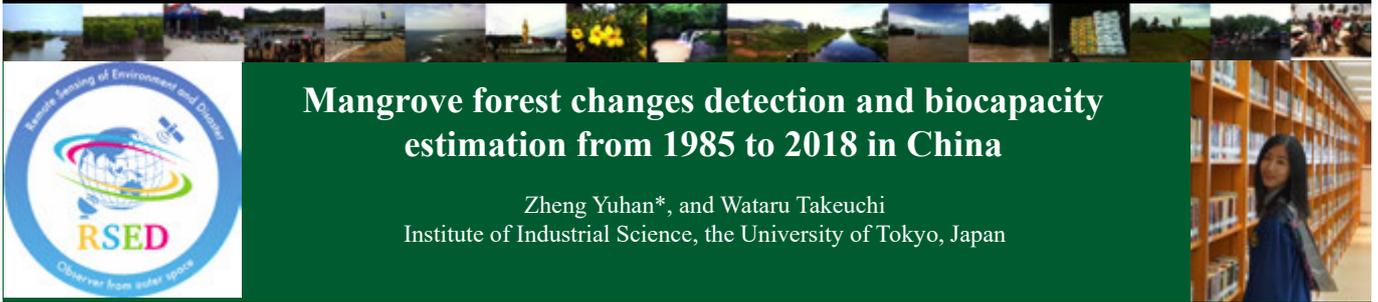
## Conclusion

The highest seasonal CH<sub>4</sub> emitted from irrigated Boro (218.4 kg ha<sup>-1</sup>), and lowest from rainfed Amon rice (55.0 kg ha<sup>-1</sup>). The annual methane emitted from Boro, Aus and Amon rice are 1029.44 Gg, 780.91Gg and 110.05 Gg respectively. The Annual methane emission was 1384.97 Gg in 2001 and 1941.21 Gg in 2018. The methane emission from rice paddy field in Bangladesh gradually increasing over the time.

## References:

- IPCC, "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories". Agriculture, Forestry and Other Land Use, vol. 4, Chapter 5, 5.1-5.66, 2006.
- Crippa, M., Oreggioni, G., Guizzardi, D., Muntean, M., Schaaf, E., Lo Vullo, E., Solazzo, E., Monforti-Ferrario, F., Olivier, J.G.J., Vignati, E., Fossil CO<sub>2</sub> and GHG emissions of all world countries - 2019 Report, EUR 29849 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-11100-9
- CAIT Climate Data Explorer, 2017. CAIT Historical Emission data contains sector-level greenhouse gas (GHG) emissions data for 191 countries and the European Union (EU) for the period 1990-2014, including emissions of the six major GHGs from most major sources and sinks. It also contains historical country-level carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions data Washington, DC: World Resources Institute. Available online at: <http://cait.wri.org>
- Gütschow, Johannes; Jeffery, Louise; Giesecke, Robert (2019): The PRIMAP-hist national historical emissiontime series (1850-2016). V. 2.0. GFZ Data Services. <http://doi.org/10.5880/GFZ.2019.001>

For further details, contact: Islam Md Rahedul, Bw-602, 6-1, Komaba 4-chome, Meguro, Tokyo 153-8505 JAPAN (URL: <http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/>) E-mail: [rahe@iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:rahe@iis.u-tokyo.ac.jp))



# Mangrove forest changes detection and biocapacity estimation from 1985 to 2018 in China

Zheng Yuhan\*, and Wataru Takeuchi  
Institute of Industrial Science, the University of Tokyo, Japan

**Abstract:** Mangroves in China have experienced various changes in different time periods due to anthropogenic disturbances, climate change and national restoration policy. However, few studies quantitatively analyzed these changes. This study detected the changes of mangroves in China from 1985 to 2018 by combing Landsat and ALOS PALSAR images. The results demonstrated that the total areas of China's mangrove in 1985, 1996, 2007, 2010 and 2018 were 20,086 ha, 18,033 ha, 22,428 ha, 23,639 ha and 24,602 ha respectively. Mangrove area began to increase after 1990s mainly due to the national conservation actions. The causes for mangrove changes are various in different regions and time periods. However, most mangroves gained from aquaculture and lost to built-up. The changes between mangroves and other land covers also caused the biocapacity changes in coastal zone which contributed to around 17,000 gha increase of biocapacity from 1996 to 2018.



## 1 Introduction



Fig. 1 In situ photos of mangroves in Zhejiang province, China.

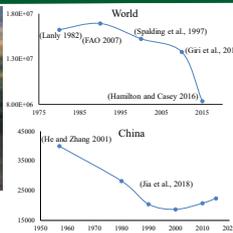


Fig. 2 Mangrove area changes.



Fig. 3 Location of study area

### Objectives:

- Quantify the long-term mangrove dynamics with high accuracy by combining Landsat and ALOS PALSAR images and analyze the main driving force for each province;
- Estimate the biocapacity changes in coastal ecosystems caused by the conversion between mangrove and other land covers.

## 3 Results

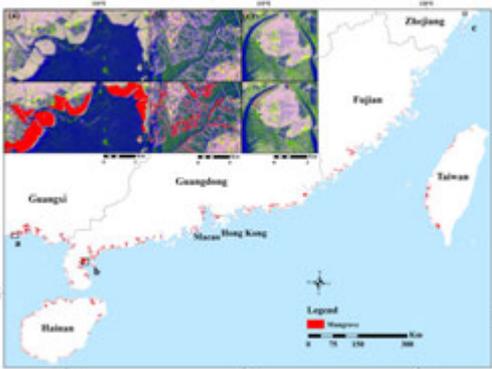


Fig. 4 Spatial distribution of China's mangroves in 2018 and zoom views of three mangrove natural reserves. The background of (a)-(c) are ALOS PALSAR-2 mosaic in 2018 shown in R; G: B = HH: HV: HH-HV composite.

Table 1. Classification accuracy.

| Province | Area (ha) | Overall accuracy (%) | Kappa coefficient |
|----------|-----------|----------------------|-------------------|
| ZJ       | 24.48     | 88.89                | 0.6200            |
| FJ       | 908.55    | 98.76                | 0.9496            |
| GD       | 9,214.63  | 96.22                | 0.9042            |
| GX       | 9,095.71  | 98.30                | 0.9571            |
| HN       | 4,269.78  | 93.25                | 0.8646            |
| HK       | 533.34    | 99.02                | 0.9794            |
| Macao    | 10.62     | -                    | -                 |
| TW       | 542.34    | 93.83                | 0.8115            |
| Total    | 24,602.45 | 96.03                | 0.8858            |

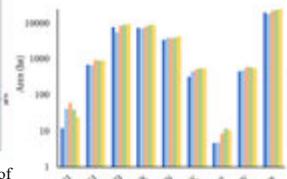


Fig. 5 Mangrove area changes in China.

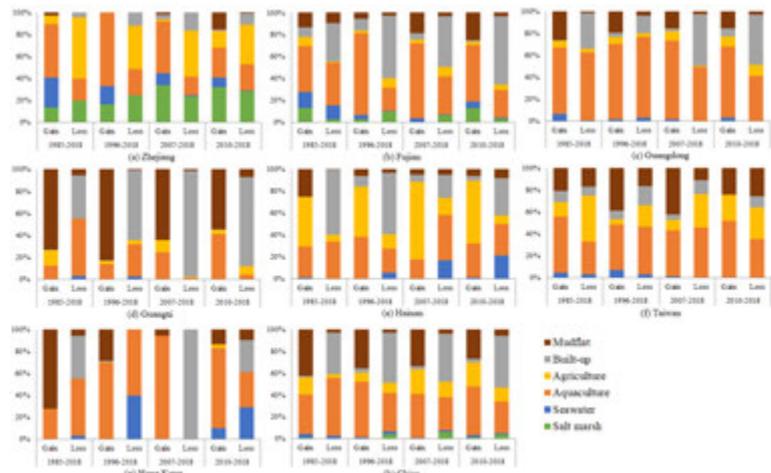


Fig. 6 Mangrove gain and loss in terms of different land cover.

## 2 Methodology

### 2.1 Mangrove mapping and change detection



### 2.2 Biocapacity estimation

Calculation of biocapacity for Single Land Use Type:  
 $BC = A \times YF \times IYF \times EQF$  (National Footprint Accounting, 2019)

BC: biocapacity of a given land use type, gha (global hectare)  
A: Area of a given land use type within a country, nha-1  
YF: Yield factor of a given land use type within a country, wha nha-1  
IYF: Intertemporal Yield factor of a given land use type for that year  
EQF: Equivalence factor for given land use type, gha wha-1

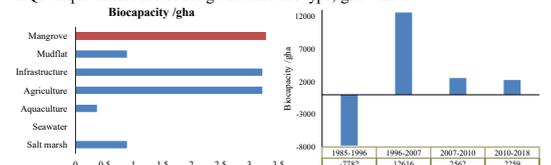


Fig. 7 Biocapacity of different land covers.

Fig. 8 Biocapacity changes in different time periods.

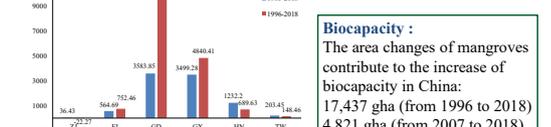


Fig. 9 Biocapacity changes in different regions.

**Biocapacity:**  
The area changes of mangroves contribute to the increase of biocapacity in China:  
17,437 gha (from 1996 to 2018)  
4,821 gha (from 2007 to 2018)  
2,259 gha (from 1996 to 2018)

## 4 Conclusions

- Mangroves area decreased from 1985 to 1996, while kept increasing after 1996 mainly due to the national conservation actions since 1990s.
- Most mangrove gains came from aquaculture and mudflat, while losses were due to built-up and aquaculture.
- Biocapacity changes are not only related to mangrove area changes but also the change types.
- The uncertainties: Training samples (1985, 1996); Indices selected for classification; Tidal inundation; Different mangrove species and ages.

For references and details, contact: Zheng Yuhan, Bw-601, 6-1, Komaba 4-chome, Meguro, Tokyo 153-8505 JAPAN (URL: <http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/> E-mail: [yuhan@g.ecc.u-tokyo.ac.jp](mailto:yuhan@g.ecc.u-tokyo.ac.jp))



# Analysis of Aerosol Optical Depth Variations in Colombo, Sri Lanka Using MODIS Datasets

Lilangi Varunika Wijesinghe, Wataru Takeuchi  
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan



**Abstract:** Long-term aerosol concentration variations have been assessed on global and regional scales as it is an important input for the studies related to air pollution, climate change and Earth radiation budget. Air pollution has become a serious environmental problem in many cities of developing countries. Sri Lanka is not an exemption. This study analyses the temporal and seasonal variations of Aerosol Optical Depth (AOD) retrieved by Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) to understand about air pollution in Colombo, Sri Lanka. After removing outliers in daily AOD dataset from January 2001 to December 2018, monthly mean AOD dataset is obtained. Time series of monthly mean AOD values shows an increasing trend highlighting the rise in air pollution. Seasonal variations include low values for high rainfall receiving months; April, June, September, October and November. Land-use land-cover (LULC) classification is done using the CART classifier on the Google Earth Engine (GEE) platform for the city using Landsat images. The correlation coefficient of urban area and average yearly AOD for the study period is 0.85542 meaning the two has a strong statistical relationship. Port city construction in 2016 was the major land-use change occurred in Colombo and the influence of this on aerosol concentration is studied by calculating relative AOD change dividing the study period into two.

## 1. INTRODUCTION

Air pollution has become a serious environmental problem in many cities of developing countries. Sri Lanka is not an exemption. Colombo is the capital city of Sri Lanka which has the highest rate of urbanization and industrialization.

- Sri Lanka is undergoing rapid urbanization and industrialization
    - By 2050, estimated urban population is 34%
    - GDP is increasing while energy consumption also increases
    - Level of industrialization in Sri Lanka is relatively low
    - Vehicle population is increasing
- (ADB, 2006 & CAI-Asia, 2008)

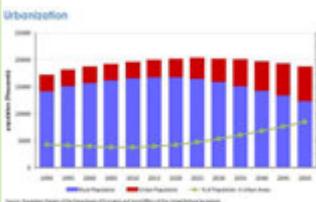


Figure 1: Urbanization increase between 1990 and 2005 and forecast for 2050

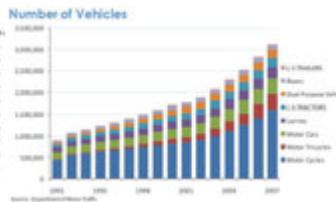
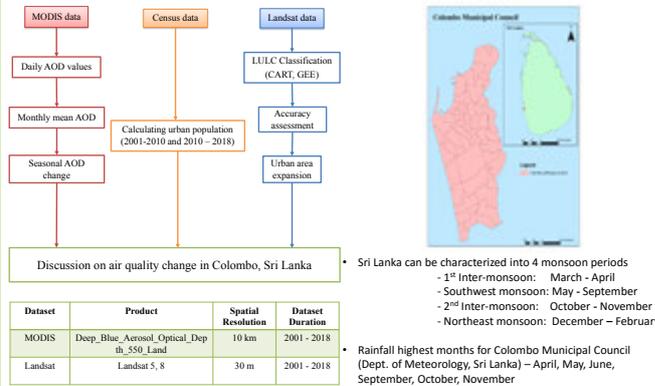


Figure 2: Vehicle population growth between 1991 and 2007

## 2. DATA & METHODOLOGY



| Dataset | Product                                  | Spatial Resolution | Dataset Duration |
|---------|--|--------------------|------------------|
| MODIS   | Deep_Blue_Aerosol_Optical_Depth_550_Land | 10 km              | 2001 - 2018      |
| Landsat | Landsat 5, 8                             | 30 m               | 2001 - 2018      |

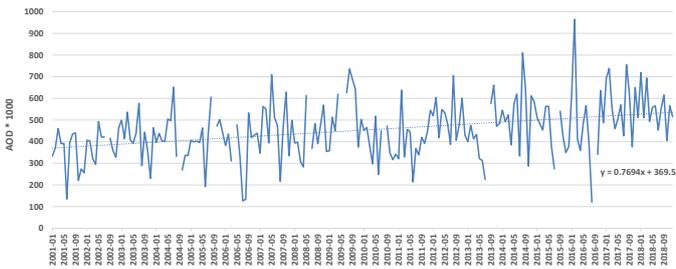
- Sri Lanka can be characterized into 4 monsoon periods
  - 1<sup>st</sup> Inter-monsoon: March - April
  - Southwest monsoon: May - September
  - 2<sup>nd</sup> Inter-monsoon: October - November
  - Northeast monsoon: December - February
- Rainfall highest months for Colombo Municipal Council (Dept. of Meteorology, Sri Lanka) – April, May, June, September, October, November

Using the below equation, the effect on AOD due to port city construction for each monsoon period is found

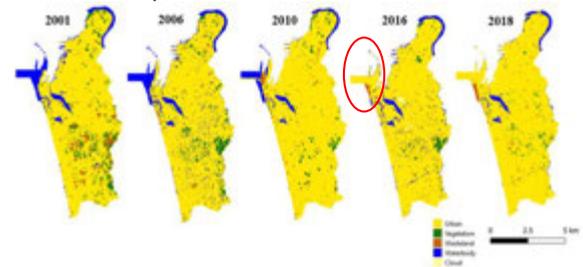
$$\text{Relative AOD change (seasonal)} = \frac{\text{Average AOD}(2018 - 2014) - \text{Average AOD}(2001 - 2014)}{\text{Average AOD}(2001 - 2014)}$$

## 4. RESULTS & DISCUSSION

### 4.1 Time series of monthly mean AOD



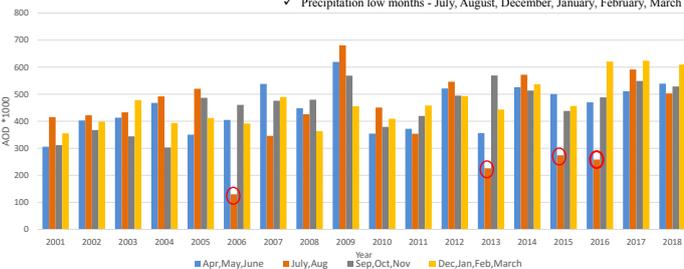
### 4.2 Urban area expansion of Colombo



| Population (2001) | Population (2018) | Population growth | Urban area (2001) | Urban area (2018) | Urban expansion | AOD (2001) | AOD (2018) | AOD Growth |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------|------------|------------|
| 647,100           | 1,553,148         | 1.4               | 35.14             | 40.18             | 0.14            | 369.55     | 535.74     | 0.45       |

### 4.3 AOD variation in different monsoon periods

- ✓ Precipitation high months - April, May, June, September, October, November
- ✓ Precipitation low months - July, August, December, January, February, March



The average seasonal AOD is low for the months April, May, June, and Sept, Oct, Nov due to high precipitations as well as high in July, Aug and Dec, Jan, Feb, March due to dry weather

### 4.3 Effect due to port city construction

| Time Period                        | AOD Growth |
|------------------------------------|------------|
| April, May, June                   | 0.16       |
| July, August                       | -0.05      |
| September, October, November       | 0.14       |
| December, January, February, March | 0.33       |

The value -0.05 in July, August period is due to the increased rainfall after 2013 in Colombo

- The relative change of AOD due to port city construction is considerably higher and the highest value is recorded in dry climatic season
- Furthermore, after 2014, observations of 0.5 < AOD > 0.8 was frequent than the previous period

## 5. REFERENCES

[1] M. Mehta, R. Singh, A. Singh, N. Singh, and Anshumali, 2016. "Recent global aerosol optical depth variations and trends - A comparative study using MODIS and MISR level 3 datasets," *Remote Sens. Environ.*, vol. 181, pp. 137-150  
 [2] Y. Luo, X. Zheng, T. Zhao, and J. Chen, 2014. "A climatology of aerosol optical depth over China from recent 10 years of MODIS remote sensing data," *Int. J. Climatol.*, vol. 34, no. 3, pp. 863-870

For further details, contact: Ms. Lilangi Wijesinghe, Bw-601, 6-1, Komaba 4-chome, Meguro, Tokyo 153-8505 JAPAN (URL: <http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/>) E-mail: [lilangi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp](mailto:lilangi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp))

# 大気輸送モデルNICAM-TM による一酸化炭素シミュレーション

丹羽 洋介

国立環境研究所地球環境研究センター, 気象庁気象研究所

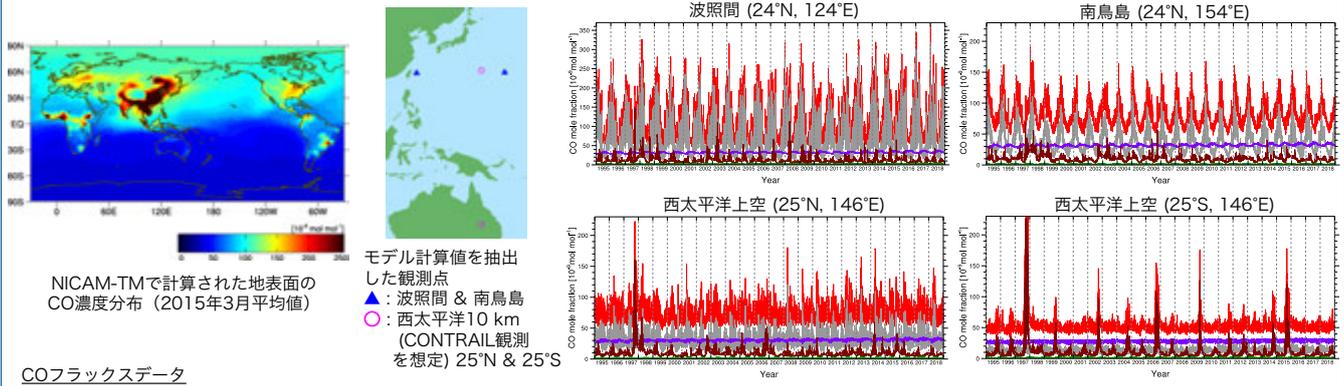
## はじめに

大気中の一酸化炭素(CO)は主に化石燃料消費や森林火災から放出される燃焼起源のトレーサーであるため、温室効果ガスなどの解析において、濃度変動に対する起源別寄与を推定する際に有用な気体である。本研究では、温室効果ガスなどの解析を主目的とした大気輸送モデルNICAM-TM (Niwa et al., 2011)に新たなトレーサーとしてCOを追加し、輸送実験を行なった。さらに、逆解析システムNICAM-TM 4D-Var (Niwa et al., 2017a,b)にCOからCO<sub>2</sub>への酸化過程も含むCOのアジョイントモデルを新たに導入し、CO<sub>2</sub>-COジョイント逆解析システムを構築した。本発表では、2015年にインドネシアで発生した大規模火災に着目して、航空機観測プロジェクトCONTRAILのCO<sub>2</sub>データ (Machida et al., 2008) を用いて行なったCO<sub>2</sub>-COジョイント逆解析の結果 (Niwa et al., in prep.) についても紹介する。

## 参考文献

Niwa et al. (2011), Three-Dimensional Icosahedral Grid Advection Scheme Preserving Monotonicity and Consistency with Continuity for Atmospheric Tracer Transport, *J. Meteorol. Soc. Japan. Ser. II*, 89(3), 255–268.  
 Niwa et al. (2017a), A 4D-Var inversion system based on the icosahedral grid model (NICAM-TM 4D-Var v1.0) – Part 1: Offline forward and adjoint transport models, *Geosci. Model Dev.*, 10(3), 1157–1174.  
 Niwa et al. (2017b), A 4D-Var inversion system based on the icosahedral grid model (NICAM-TM 4D-Var v1.0) – Part 2: Optimization scheme and identical twin experiment of atmospheric CO<sub>2</sub> inversion, *Geosci. Model Dev.*, 10(6), 2201–2219.

## COフォワード・シミュレーション



NICAM-TMで計算された地表面のCO濃度分布 (2015年3月平均値)

モデル計算値を抽出した観測点  
 ▲: 波照間 & 南鳥島  
 ○: 西太平洋10 km (CONTRAIL観測を想定) 25°N & 25°S

COフラックスデータ  
 化石燃料起源: EDGARv4.3.2 (Janssens-Maenhout et al., 2019)  
 森林火災起源: GFEDv4.1s (van der Werf et al., 2017)  
 BVOC起源: VISIT (Ito and Inatomi, 2012; Ito, 2019)  
 OH (消失源)  
 TransCom-CH<sub>4</sub> (Patra et al., 2011)  
 CH<sub>4</sub>濃度  
 NICAM-TM 4D-Varを用いて最適化 (Saunois et al., 2019)

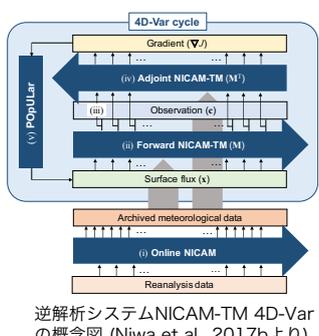
NICAM-TMで計算された各観測点におけるCO濃度の時系列 (1990–2018)  
 — 合計 — 化石燃料起源 — 森林火災起源 — BVOC起源 — CH<sub>4</sub>酸化起源

地上では化石燃料起源による寄与が大きく、OHによる季節変動も明瞭である。一方、上部対流圏では季節変動は明瞭ではない。地上、上部対流圏共に経年変動に対する森林火災の寄与は大きく、特に上部対流圏の南半球側の観測点ではその寄与が相対的に顕著である。CH<sub>4</sub>の酸化による季節変動は他の起源と比べて逆位相であるが変動幅は小さい。

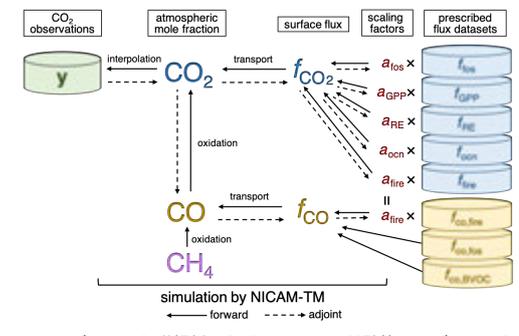
## CO<sub>2</sub>-COジョイント逆解析



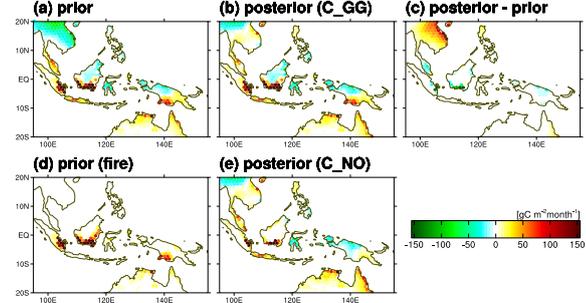
2015年10月21日にひまわり8号によって捉えられたインドネシア森林火災からの煙 (NICTサイエンスクラウドより)



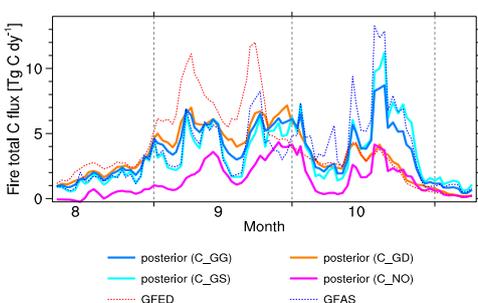
逆解析システムNICAM-TM 4D-Varの概念図 (Niwa et al., 2017bより)



CO<sub>2</sub>-COジョイント逆解析におけるフォワード計算・アジョイント計算のフロー図。ここではCO<sub>2</sub>の観測データのみを取り込むことを想定。



CO<sub>2</sub>-COジョイント逆解析によって得られた2015年9月の炭素 (CO<sub>2</sub>+CO) フラックス分布。(a) 初期値, (b) 解析値, (c) 解析値-初期値, (d) 森林火災起源の初期値, (e) 初期値に森林火災起源を除いた場合の解析値 (Niwa et al., in prep.)



CO<sub>2</sub>-COジョイント逆解析によって得られた森林火災起源の炭素 (CO<sub>2</sub>+CO) フラックスの時系列 (2015年8-10月)。異なる森林火災起源フラックスを初期値として得られた解析値を実線で、GFED, GFASのデータを点線で示す。(Niwa et al., in prep.)

ここでは示さないが本逆解析により大気中のCO<sub>2</sub>, CO濃度が独立の観測データと比較して再現性が向上していることが確認された。特にCO濃度の再現性向上が顕著であったことから、本解析で森林火災起源のフラックスの表現が改善したことが示唆される。

謝辞: 本研究では国立環境研究所が保有するスーパーコンピュータ(NEC SX-ACE)および気象研究所が保有するスーパーコンピュータ(FX100)を使用した。

# 福岡都市圏におけるNO<sub>2</sub>の時空間変動

P30

## ～多地点MAX-DOASとドップラーライダーの複合的解析～

植木 洸<sup>1</sup>, 高島 久洋<sup>1</sup>, Martina M. Friedrich<sup>2</sup>, 入江 仁士<sup>3</sup> 第22回 CEReS 環境リモートセンシングシンポジウム

1 福岡大学, 2 ベルギー宇宙航空研究所, 3 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

2020/02/20

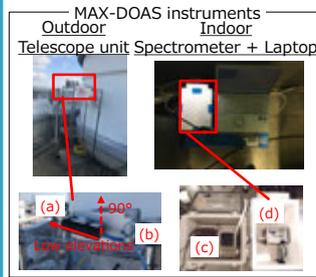
### 要旨

福岡都市圏における詳細なNO<sub>2</sub>の3次元の時空間分布とその変動要因を明らかにするため、2018年10月から、都市中心部から約1 km ほど離れた薬院 (33.58°N, 130.40°E) と約5 km ほど離れた福岡大学 (33.55°N, 130.36°E) で同時にMAX-DOASによる連続的なNO<sub>2</sub>プロファイルの観測を行った。  
 • 2018年の秋季～冬季の期間、都市上空で11～14時頃にNO<sub>2</sub>濃度が増大する事例をしばしば観測し、2018年11月29日の例について詳細な解析を行った。2地点のNO<sub>2</sub>プロファイルと3次元走査型コヒーレントドップラーライダー (3-D CDL) による風の観測結果を照合したところ、地表付近の高濃度のNO<sub>2</sub>を含む空気塊が、10時30分頃から都市上空へ輸送され、海からの清浄な空気塊が、14時頃から吹き始める強い海風によって都市域に流入したことが示唆され、NO<sub>2</sub>の時空間変動は、福岡平野上空の風と整合的であった。  
 • MAX-DOASによって得られたNO<sub>2</sub>の鉛直積算量を真値とし、人工衛星Sentinel-5Pに搭載されているTROPOMIから得られた対流圏NO<sub>2</sub>の鉛直積算量と比較したところ、先行研究 (e.g. Kanaya et al., 2014) と同様に衛星観測には最大約5割程度の負のバイアスがあることが示唆された。

### はじめに

窒素酸化物 (NO<sub>x</sub> = NO + NO<sub>2</sub>) は、対流圏における大気化学反応系において、オゾンの前駆物質として重要な役割を担っており、都市域におけるNO<sub>x</sub>の空間分布は発生源の複雑さと短寿命性に起因して不均質である (e.g., Martin et al., 2006)。  
 • 対流圏NO<sub>2</sub>の面的な空間分布の観測は、人工衛星によって行われており、合わせて衛星データの検証や、衛星が不得意な地表付近のNO<sub>2</sub>の挙動の調査のため、しばしばMAX-DOAS (Multi Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy) によって観測が行われてきた (e.g., Irie et al. 2008a)。  
 • 我々は、都市域NO<sub>2</sub>の3次元の時空間分布とその変動要因を明らかにするため、2地点でMAX-DOASを行った。本研究では2地点でのMAX-DOASによるNO<sub>2</sub>プロファイルの結果に加え、SKYNETの観測サイト春日 (33.52°N, 130.48°E) の結果を示し、ドップラーライダーによる3次元風観測からNO<sub>2</sub>の時空間変動要因について考察する。また、高空分解能 (7 km×7 km) で衛星観測を行うTROPOMI (Tropospheric Ozone Monitoring Instrument) (Veefkind et al., 2012) のプロダクトと比較を行う。

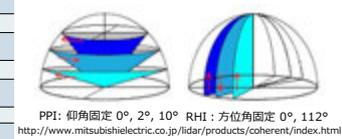
### 観測・解析



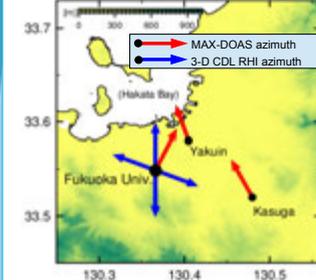
MAX-DOAS  
 地上から複数の仰角で紫外/可視の太陽散乱光を観測し大気中のエアロゾルや微量ガスのプロファイル測定する受動式のリモートセンシング観測手法 (e.g., Hönenninger et al., 2004; Frieß et al., 2006)。天頂方向 (90°) を参照スベクトルとしたときの、低仰角 (2°, 3°, 4°, 5°, 10°, 20°, 30°) スベクトルの差分吸収に基き、それぞれ仰角ごとのNO<sub>2</sub>差分傾斜オゾン濃度を導出。また、同時に大気中の鉛直分布が既知のO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> (O<sub>4</sub>) 差分傾斜オゾン濃度も導出し、そこからエアマスマークを求め、NO<sub>2</sub>プロファイルを得る。その後、MMF (Mexican Maxdoas Fit) (Friedrich et al., 2019) の放射伝達計算によって、NO<sub>2</sub>プロファイルを得る。薬院、福岡大学のMAX-DOASは左記のシステムを使用し、時間分解能4分のデータを取得、春日のMAX-DOASは時間分解能15分の国際地上大気観測ネットワーク (SKYNET) のデータを使用。

|             |   |                                    |
|-------------|---|------------------------------------|
| (a) テレスコープ  | 仰角 = 2°, 3°, 4°, 5°, 10°, 20°, 30°, 90°<br>FOV (Field Of View) < 0.6° | • AZD-66A0C, Orientalmotor         |
| (b) ファイバー   | 長さ : 10 m<br>直径 : 100 μm × 7 cores                                    | • Ocean Optics                     |
| (c) 温度装置    | 15.0 °C ± 0.1 °C  | • KT4H, Panasonic<br>• E5CC, Omron |
| (d) 紫外可視分光器 | 露光時間 : 100 ms, 150 ms<br>半値幅 : 0.6 nm                                 | • USB4000, Ocean Optics            |

3次元走査型コヒーレントドップラーライダー (3-D CDL)  
 大気中にパルスレーザー光を照射し、エアロゾル粒子からの散乱光を受信。移動するエアロゾルからの信号は、その移動速度に応じたドップラー速度成分を持つ。ここから、大気によって運ばれるエアロゾルの移動速度、すなわち装置を取り巻く大気中の風速を測定。仰角0°, 2°, 10°でのPlan Position Indicator (PPI) スキャン (5 scans : 0°, 0°, 2°, 10°, 0°) の観測と、方位角0° (北方向) 、112° (北から時計回り) のRange Height Indicator (RHI) スキャン (8 scans : 0°, 0°, 0°, 0°, 112°, 112°, 112°, 112°) の観測を30分毎に行う。



|                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Laser                 | DFB-Er doped fiber laser (Yb:YAG) |
| wavelength            | 1.54 μm (Er: Glass)               |
| Pulse energy          | 1.0 mJ/pulse                      |
| Pulse repetition rate | 4000 Hz                           |
| Pulse width           | 200 ns                            |
| Telescope diameter    | 120 mm                            |
| Range resolution      | 60 m                              |
| Measurable distance   | up to 12 km (200 range bins)      |



| 観測地点 | 緯度, 経度            | 観測期間                      | 類型    |
|------|-------------------|---------------------------|-------|
| 薬院   | 33.58°N, 130.40°E | Oct. 27, to Nov. 30, 2018 | Urban |
| 福岡大学 | 33.55°N, 130.36°E | Oct. 25, 2018~            | urban |
| 春日   | 33.52°N, 130.48°E | Dec. 7, 2013~             | urban |

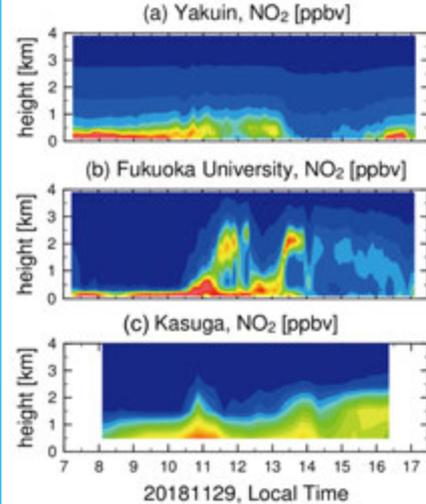
• TROPOMI (TROPospheric Ozone Monitoring Instrument)  
 2017年に打ち上げられたSentinel-5Pに搭載。7 km×7 kmの空間分解能で観測可能。本研究では、KNMI (オランダ国立気象研究所) の提供するOFFLINE-LEVEL2-ver. 1.2.2を使用。

### 参考文献

Frieß, U., Morita, S., Remus, J. J., et al.: MAX-DOAS O<sub>4</sub> measurements: A new technique to derive information on atmospheric aerosols: 2. Modeling studies, *J. Geophys. Res. Atmos.*, doi:10.1029/2005JD006618, 2006.  
 Hönenninger, G., von Friedeburg, C., and Platt, U.: Multi Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy (MAX-DOAS), *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 3(6), 5595–5658, doi:10.5194/acpd-3-5595-2003, 2003.  
 Kanaya, Y., Irie, H., Takashima, H., Iwibuchi, H., Akimoto, H., Sudo, et al.: Long-term MAX-DOAS network observations of NO<sub>2</sub> in Russia and Asia (MADRAS) during the period 2007–2012: Instrumentation, elucidation of climatology, and comparisons with OMI satellite observations and global model simulations, *Atmos. Chem. Phys.*, doi:10.5194/acp-14-7909-2014, 2014.  
 Martin, R. V., Sioris, C. E., Chance, K., et al.: Evaluation of space-based constraints on global nitrogen oxide emissions with regional aircraft measurements over and downwind of eastern North America, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 111(D15), 1–15, doi:10.1029/2005JD006880, 2006.  
 Michalek, Friedrich, M., Rivera, C., Stremme, W., Djedda, et al.: NO<sub>2</sub> vertical profiles and column densities from MAX-DOAS measurements in Mexico City, *Atmos. Meas. Tech.*, 12(4), 2545–2565, doi:10.5194/amt-12-2545-2019, 2019.  
 Veefkind, J., Aben, I., McKulian, K., et al.: TROPOMI on the ESA Sentinel-5 Precursor: A GEMS mission for global observations of the atmospheric composition for climate, air quality and ozone layer applications, *Remote Sens. Environ.*, 120(2012), 70–83, doi:10.1016/j.rse.2011.09.027, 2012.

### 結果と考察

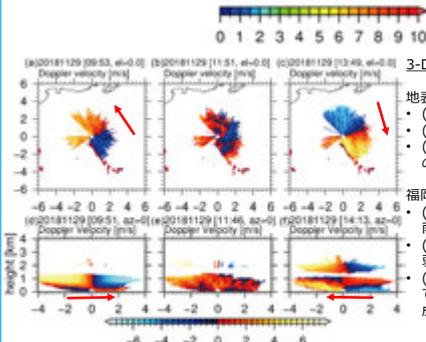
2018年の秋季～冬季の期間において、2地点でのMAX-DOASによるNO<sub>2</sub>プロファイル観測の結果、図1. (b)に示すような上空で11～14時頃にNO<sub>2</sub>濃度が増大する事例をしばしば観測。2018年11月29日の例について詳細に解析。



NO<sub>2</sub>の時空間変動

- (a) 薬院では、7時から10時ごろまで、地表付近で高濃度のNO<sub>2</sub>を観測。また、13時30分～15時頃、地表付近でNO<sub>2</sub>濃度の極小を観測。
- (b) 福岡大学では、7時頃～12時30分頃まで、地表付近で高濃度のNO<sub>2</sub>を観測。また、10時30分～12時頃にかけて、高濃度のNO<sub>2</sub>を時間とともに高い高度で観測。その後、14時～16時30分頃までの間、(a) 薬院より約30分遅く地表付近でNO<sub>2</sub>濃度の極小を観測。
- (c) 春日では、11時30分頃まで地表付近で高濃度のNO<sub>2</sub>を観測。その後、14時～16時30分頃までの間、(a) 薬院より約30分遅く地表付近でNO<sub>2</sub>濃度の極小は確認された。

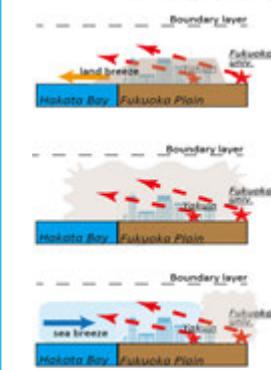
図1 2018年11月29日に(a) 薬院、(b) 福岡大学、(c) 春日でMAX-DOASによって観測されたNO<sub>2</sub>濃度 (ppbv) 鉛直分布の時系列。



3-D CDLによる福岡平野上空の風

- 地表付近において、
- (a) 9 : 53に、約1~2 m/sの南東風。
  - (b) 11:51に、空間的に不均質な微弱な風。
  - (c) 13:49に、午前中より強い3~5 m/sの北風。
- 福岡平野の南北方向上空では、
- (d) 9 : 51、地表～約0.3 kmの薄い層で南風 (陸風) 成分の風。
  - (e) 11 : 46、地表～約1.0 kmにかけて微弱な風。
  - (f) 14 : 13、地表～約0.6 km付近にかけて約4~6 m/sの北風方向のトッパー速度成分の風。

図2 2018年11月29日に3-D CDLで観測されたドップラー速度 (m/s)の水平断面((a), (b), (c))と南北鉛直断面((d), (e), (f))。暖色系の色は装置から遠ざかる成分、寒色系の色は装置へ近づく成分を示す。



Legend:  
 - Air mass with high NO<sub>2</sub> conc.  
 - Clean air mass  
 - Viewing azimuth direction (MAX-DOAS)

- 3地点におけるNO<sub>2</sub>プロファイルと3-D CDLの風観測結果から、
- 朝 (7時～10時頃)、都市域で排出された高濃度のNO<sub>2</sub>は、地表付近の陸風のうすい層にトラップされた状態。
  - 地表付近の高濃度のNO<sub>2</sub>を含む空気塊は、10時30分頃から都市上空へ輸送。
  - 海からの清浄な空気塊が、14時頃から吹き始める強い海風によって都市域に流入。
  - 他の2地点よりも内陸に位置する春日では、清浄な空気塊が都市大気と混合したのち流入している可能性が示唆。

### MAX-DOAS:TROPOMIの比較

|     | TROPOMI NO <sub>2</sub> VCD (molec/cm <sup>2</sup> ) | MAX-DOAS NO <sub>2</sub> VCD (molec/cm <sup>2</sup> ) | TROPOMI/MAX-DOAS (%) |
|-----|--|---|----------------------|
| 薬院  |  | 6.8×10 <sup>15</sup>                                  | 79 ~ 154%            |
| 福岡大 | (5.4~10.5)×10 <sup>15</sup>                          | 15.7×10 <sup>15</sup>                                 | 34 ~ 67%             |
| 春日  |  | 13.2×10 <sup>15</sup>                                 | 41~80%               |

MAX-DOASで得られたNO<sub>2</sub>の鉛直積算量を真値とし、TROPOMIのNO<sub>2</sub>の鉛直積算量と比較したところ、先行研究 (e.g., Kanaya et al., 2014) と同様に衛星観測は、最大約5割程度過小評価傾向であることを示唆。

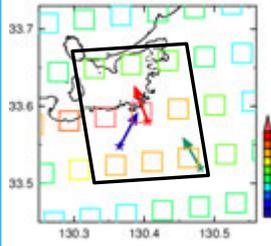


図3 2018年11月29日 13:44、TROPOMIから観測された対流圏NO<sub>2</sub>VCD (鉛直積算量)。★はMAX-DOASの観測点(赤: 薬院、青: 福岡大学、緑: 春日)、矢印は観測方位。黒枠はMAX-DOASと比較したTROPOMIの対流圏NO<sub>2</sub>VCDの範囲を示す。

### 今後の展望

現在データ数を増やし、2019年9月～12月の福岡大学でのMAX-DOASとTROPOMIの比較を行っている。その結果、約5割程度の過小評価傾向が確認されている。今後2地点MAX-DOASを長期的に使い、都市大気におけるNO<sub>2</sub>不均質性に伴う過小評価要因を調査していく。

### Acknowledgement

本研究はベルギー宇宙航空研究所に開発されたQDOAS (Danckaert et al., 2013) ソフトウェアを使用した。MAX-DOAS一部データは国際地上大気観測ネットワークSKYNET (http://atmos3.cr.chiba-u.jp/skynet/)から使用しました。TROPOMI対流圏NO<sub>2</sub>データは、KNMI (Koninkrijk Nederlands Meteorologisch Instituut) のOFFLINE-LEVEL-2 ver. 1.2.2 (https://schub.copernicus.eu) を使用しました。

# 上部対流圏のメタンの変動について

〇江口菜穂<sup>1</sup>、齋藤尚子<sup>2</sup>、丹羽洋介<sup>3</sup>

1:九州大学 応用力学研究所, 2:千葉大学 環境リモートセンシング研究センター, 3:国立環境研究所

## 1. はじめに

GOSAT (Greenhouse gases Observing SATellite: 温室効果ガス観測技術衛星) の主センサーである TANSO FTS (Thermal And Near infrared Sensor for carbon Observation Fourier Transform Spectrometer) の熱赤外域 (Thermal InfraRed: TIR) スペクトルより、二酸化炭素とメタンの鉛直濃度プロファイルデータが導出され、Level 2 (L2) プロダクトとして一般に公開されている。本発表では、FTS TIR L2 Version 01.xx (最新版) のメタン CH<sub>4</sub> 鉛直プロファイルデータを用いて、特に上部対流圏のメタンの季節・季節内変化と、数値モデルとの比較結果を報告する。

比較解析では、リトリバル時に a priori として使用した国立環境研の大気輸送モデル (NIES-TM; Transport Model ver.5) [Saeki et al., GMD, 2013] と非静力学全球モデル Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM)-based Transport Model (TM) [Niwa et al., JMSJ, 2011] で計算されたメタンデータを使用した。

## 2. データ:処理方法と特徴

解析には、FTS TIR L2 V01.xx メタン鉛直プロファイルデータを用いた。対象とした気圧面は、主に対流圏上層の 237 hPa である。(リトリバル手法の詳細は、Saitoh et al. [SOLA, 2012] を参照。) TIR L2 V01.xx メタンデータは、他衛星や地上FTSとの比較解析でデータ質が評価されており、緯度帯や高度によるデータ質の差異が報告されている [Holl et al., AMT, 2016; Zou et al., 2016; Olsen et al., AMT, 2017]。現在、各種航空機データとの検証解析が進められており、低緯度についてはおおむね 10-15 ppb 程度で一致、北半球中緯度の夏季は若干 GOSAT のメタンが低めであることがわかっている [Saitoh et al., in preparation]。

解析期間は 2010 年 1 月から 2013 年 12 月の 4 年間である。L2 データから日毎に 5 度グリッドのグリッドデータを作成し、解析に用いた。各グリッド内の L2 データの月平均数は、2~3 個であった。海上のサンプリング等の観測頻度が多いところは、10 個以上であった。

図 1 より、自由度 (DOF: Degree of Freedom) は、夜間よりも昼間の値の方が高く、また高緯度 (60 度以北、以南) や雲高頻出域で、値が低い特徴がみられた。解析では、DOF が 0.2 以上かつ、各緯度、月毎に DF の平均値と標準偏差をとり、[平均値 - 標準偏差 × 2] 以上のデータを用いた (図 2)。

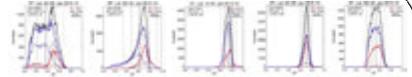


図 1: 自由度 DOF の分布。2010-2013 年 1 月。赤、青線は日中と夜間、黒線は昼夜。実線は陸上、破線は海上。縦実線は平均値、縦破線は標準偏差、縦点線は標準偏差 × 2。

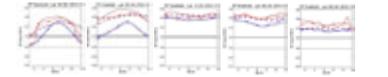


図 2: 各緯度帯毎の自由度 DOF の季節変化。ただし、[DOF の平均値 - 標準偏差 × 2] の分布。赤、青線は日中と夜間。実線は陸上、破線は海上、点線は混合域。

解析に有効なデータは、低中緯度 (40S-40N) ではほぼ年中、高緯度では、北半球冬季の夜間のデータが解析から省かれる。

## 3. 水平分布と季節変化

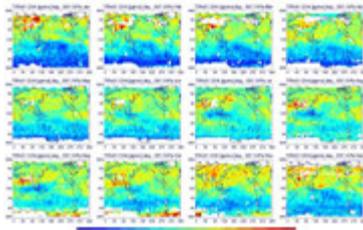


図 3a: TIR リトリバルの CH<sub>4</sub> [ppbv] の水平分布。237hPa。各月、日中。白抜きはデータ欠損。2010-2013 年平均。

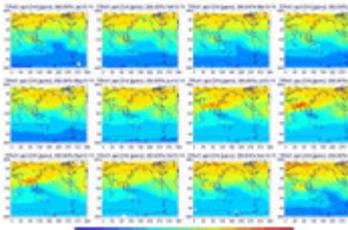


図 4: a priori の CH<sub>4</sub> [ppbv] の水平分布。250hPa。各月。

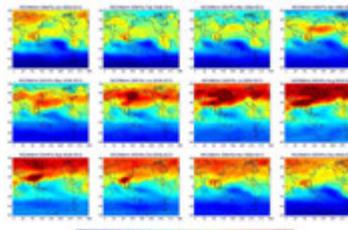


図 5: NICAM-TM の CH<sub>4</sub> [ppbv] の水平分布。250hPa。各月。但し、2009-2013 年平均。

### 昼夜の違い

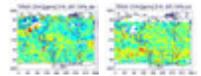


図 3b: 図 3a と同じ。ただし、昼間一夜間の濃度差。1 月と 7 月。

昼夜の違いは、約 1% 夜間の濃度が高い。高緯度陸上で夜間が高く、低緯度陸上で昼間が高い。

- ・ 年中、北半球の中高緯度で濃度が高く、南半球に行く程、濃度が低くなる。
- ・ 北半球冬季、高緯度陸上および夏季の中央・東アジア域で濃度が高い。
- ・ 北半球冬季から春季の南半球中部太平洋で濃度が低い、夏季から秋季は赤道インド洋から西部太平洋域にかけて濃度が低い。
- ・ 数値モデルと同様な傾向がみられているが、数値モデルの方が南北両半球の濃度コントラストがきついく。

## 4. 緯度変化と年々変動

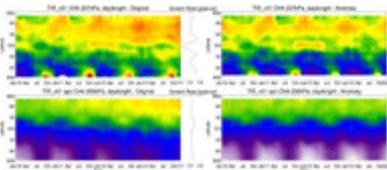


図 6a: 237hPa の緯度平均した CH<sub>4</sub> [ppbv] の時間緯度断面図。(上) リトリバル値、(下) a priori。(左) オリジナル、(右) トレンドからの偏差。

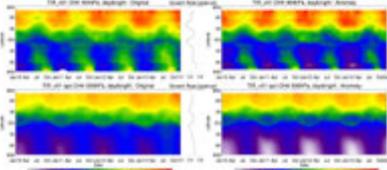


図 6b: 図 6a と同じ。ただし、464hPa 気圧面。

- ・ 季節変化は、中高緯度で明瞭。低緯度は年々変動の方が卓説しているようだ。北半球高緯度は冬季に高く、春季に低い、中緯度は、秋季から冬季にかけて濃度が高い。
- ・ 南半球も同様に中緯度では冬季に濃度が高い。10、11 月の極大はエラーか？
- ・ 対流圏中層では、中高緯度の変動がほぼ同時に起こっている。冬季に濃度高く、夏季に低くなる。
- ・ トレンドの傾向は、対流圏中、上層共に亜熱帯域で高くなっている。

## 5. 鉛直分布

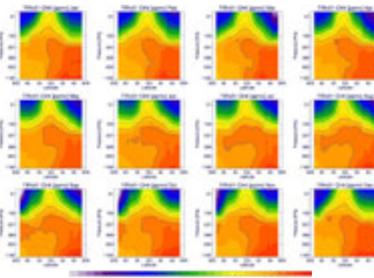


図 7: 緯度平均した TIR CH<sub>4</sub> [ppbv] の緯度気圧断面図。2010-2013 年平均。コンターは 0.1 [ppbv] 毎。

CH<sub>4</sub> の高濃度域は北半球高緯度地表面付近にみられ、そこから、上層および南側に広がっている様子がみられる。対流活動が活発な低緯度で、上部対流圏への伸長および、上部対流圏での南半球への伸長がみられる。特に北半球夏季に顕著である。8~11 月の南半球上部対流圏の極大は不明。

南半球への水平方向の広がりは、数値モデルの特徴と異なる。NIES TM は特に積雲による鉛直輸送の特徴が他のモデルよりも強いことが指摘されており [Eguchi et al., ICDC8, 2009]、対流圏内の特に北半球側で濃度コントラストがみられる。それ以上の成層圏との境が明瞭である。一方、NICAM-TM は上部対流圏での南半球への伸長は見られない。また成層圏も含めて、濃度が一様で、混合過程が卓越していることが示唆される。

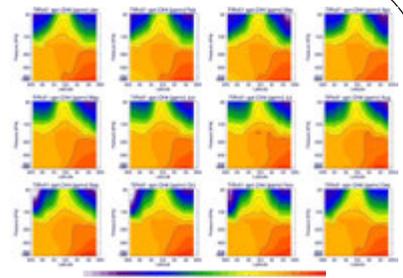


図 8: 図 7 と同じ。ただし、a priori (NIES TM)。

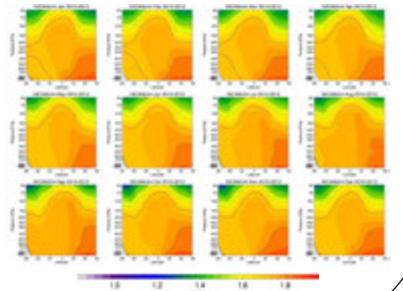


図 9: 図 7 と同じ。ただし、NICAM-TM。

## 6. 考察

これまでの先行研究で指摘されている、南北半球間のコントラスト、北半球夏季のシベリア、北米大陸北部での極大と季節変化の特徴がリトリバル値にみられていた。上部対流圏においては、対流圏中層での上層への輸送がみ

られているが、その北側の成層圏領域との間の壁が明瞭に見られている。また対流圏中層の南への広がりと、対流圏最下層の低濃度の信憑性を今後、確認していく。メタンは水蒸気と気温に敏感な物質であるので、これらの他の物理量と合わせて、今後解析をおこなっていく予定である。

## 7. 参考文献

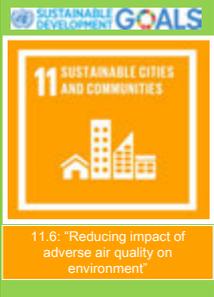
Holl et al., AMT, 9, 1961-1990, doi:10.5194/amt-9-1961-2016, 2016  
Niwa et al., JMSJ, 88, 255-269, doi:10.2151/jmsj.2011-306, 2011  
Olsen et al., AMT, 10, 3697-3718, doi:10.5194/amt-10-3697-2017, 2017  
Saeki et al., GMD, 6, 81-100, doi:10.5194/gmd-6-81-2013, 2013  
Saitoh et al., SOLA, vol.8, doi:10.2151/sola.2012-036, 2012  
Zou et al., AMT, 9, 3567-3578, doi:10.5194/amt-9-3567-2016, 2016

謝辞: 本研究は GOSAT の Research Announcement (RA) 課題として取り組んでいる。また本研究の一部は、環境環境研究総合推進費 2-1701 (温室効果ガスの観測計測装置向けに統合型観測網新システムの確立) の支援を受けて実施した。



# EMISSION INVENTORIES FOR KEY SECTORS IN HO CHI MINH CITY, VIETNAM

Nguyen Thi Quynh Trang, Wataru Takeuchi  
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan



## 1. ABSTRACT

Emission inventory (EI) is required tool for both user community of air quality models and policy makers, regarding air pollution controlling. In light of this fact it is important to update and compile the local emission inventories using available data so that the scientific background of effective policies and the input data for atmospheric transport and deposition models can be designed.

**Objective** - to model the evolution of main anthropogenic emission sectors in HCMC using statistical data and remote sensing data. Expected outputs are gridded EIs for key anthropogenic emission sectors cover from 2009 to 2016. These EIs has monthly interval and 1 km space resolution and includes 12 species: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, BC, OC, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, and CO<sub>2</sub>.

**Study sites**: - Hochiminh city, Vietnam. This city has the relative independence on other adjacent sources. facilitating the compiling local EI.

**Result**: Emissions of Transportation sector in HCMC were over 682 Gg CO<sub>2</sub>, 84.8 Gg NO<sub>x</sub>, 20.4 Gg PM<sub>10</sub> and 22000Gg CO<sub>2</sub> in 2016, which are were 1.8, 2.6, 2.5 and 2.03 times of the ones in 2009, respectively. The emissions of Manufacturing industry and Residential sectors include both fuel consumption and electricity consumption. Electricity consumption is the most dominated emission source. In 2016, the electricity consumption of these two sectors emitted 6985 Gg and 6691 Gg of CO<sub>2</sub>, respectively, increasing by 87% and 45% in compare with 2009, respectively. Transportation is by far the highest emission source. The central business districts like Quan 1, Quan 4 and Quan 7 express the highest emission intensities.

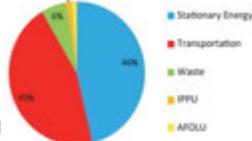
## 2. STUDY SITE AND BACKGROUND



Fig. 1 Study site – Ho Chi Minh city, Vietnam.

Available EIs in HCMC applied Tier 1 approach provided by 2006 IPCC Guidelines and they are not up to date anymore. Besides, the spatial allocation of emissions to create emission maps is needed for both policy makers and air quality numerical model users.

### GHG Emissions by Sector



### GHG Emissions in Stationary energy Sector

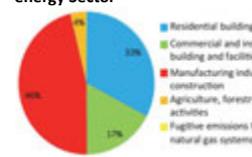


Fig. 2 GHG emissions by sector in HCMC, 2013 provided by JICA, 2015. Three key emission sectors are: Transportation, Manufacturing Industry and Residential sectors

## 3. METHODOLOGY

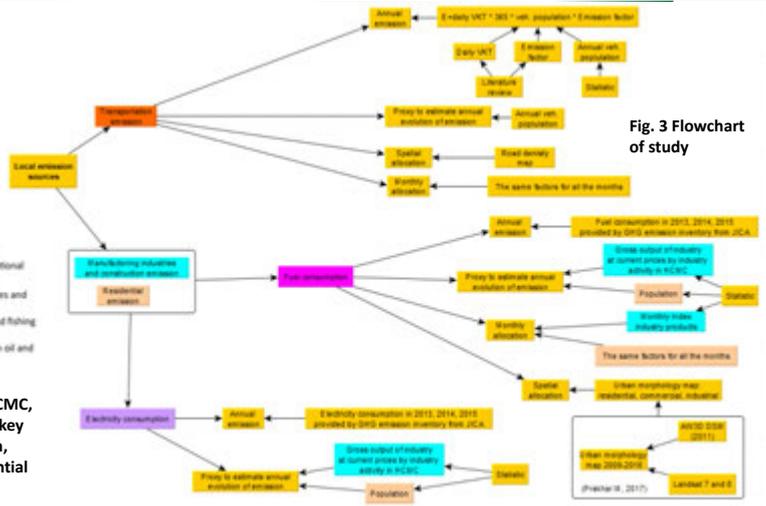


Fig. 3 Flowchart of study

## 4. RESULTS

### 4.1. Annual emissions of three key sectors

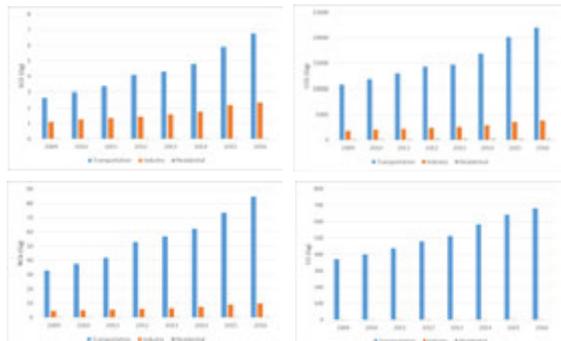


Fig. 4 Comparison of annual emissions (Scope 1) among three main sectors in HCMC from 2009 to 2016

### 4.2. Emission maps of three key sectors

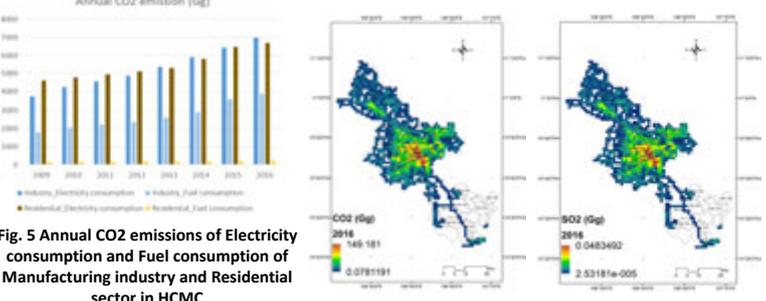


Fig. 5 Annual CO2 emissions of Electricity consumption and Fuel consumption of Manufacturing industry and Residential sector in HCMC

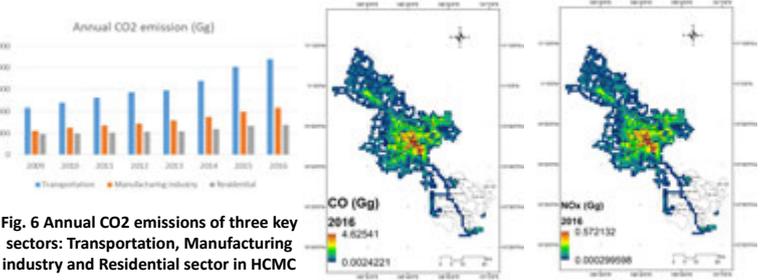


Fig. 6 Annual CO2 emissions of three key sectors: Transportation, Manufacturing industry and Residential sector in HCMC

Fig. 7 Emission maps of three key sectors in HCMC in 2016

## 5. CONCLUSIONS

- Transportation has the highest sharing ratio among three emission sectors. The emissions of CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> from traffic in 2016 in HCMC were 1.8, 2.6, 2.5 and 2.03 times of the ones in 2009, respectively.
- In terms of Manufacturing industry and Residential sectors, electricity consumption is the most dominated emission source. In 2016, the electricity consumption from these two sectors increased by 87% and 45% in compare with 2009, respectively.
- Basing on emission maps, the central business districts like Quan 1, Quan 4 and Quan 7 express the highest emission intensities, which can be over 1900 times of the ones in outskirts area.

For further details, contact: Ms. Quynh Trang, Bw-601, 6-1, Komaba 4-chome, Meguro, Tokyo 153-8505 JAPAN (URL: <http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/> E-mail: [qtrang@iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:qtrang@iis.u-tokyo.ac.jp))



## 30 Years National Scale Seagrass Mapping in Vietnam with Landsat and Sentinel Imagery on Google Earth Engine

Xuan Truong Trinh<sup>1</sup>, Wataru Takeuchi<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan



**Abstract:** Seagrass beds, one of the blue carbon ecosystems, are crucial for mitigating climate change. However, their distribution is decreasing at an alarming rate. To provide a baseline for seagrass area change, this paper aims to monitor changes in seagrass distribution in the entire Vietnam over 30 years with Landsat and Sentinel-2 multispectral images. Vietnam was chosen as the study site because the country exemplifies a diversity of coastal environment. Due to the rapidly changing nature of tropical coastal waters, the surface reflectance over water pixels changes constantly. By carefully selecting images and masking out turbid water pixels, we estimate the changes in seagrass with a Random Forest classifier. All documented seagrass beds in Vietnam were analyzed in this framework. In total, Vietnam lost about 50% of seagrass beds between 1989 and 2019. Some major seagrass beds in Vietnam, such as in Cam Ranh Bay, Van Phong Bay, and Tam Giang Lagoon, as much as 60-80% of seagrass beds were lost. Most lost was due to the direct impacts of land use conversion for aquaculture use. Some seagrass beds appear unchanged, however, the degraded water quality suggests that the productivity of these seagrass beds may have decreased. These trends are common in places where pressure on coastal development are high. This research is the first to give a spatially explicit estimate for the inventory of seagrass in Vietnam with a consistent method nationwide. Hence, it contributes to the understanding of seagrass distribution in the Tropical Indo-Pacific region and provides the foundation for the conservation of these valuable ecosystems.



Flowers of *Enhalus acroroides* on a sandy substrate in Phu Quoc island, Vietnam.

### I. Introduction

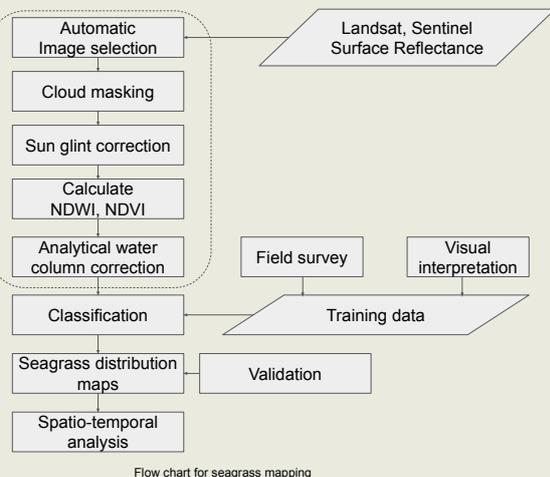
#### Known:

- Seagrass beds are crucial for their ecosystem services in preventing erosion, provision for fishery, water quality improvement and carbon sequestration. (Duarte et al., 2008)
- Coastal development by human and water quality degradation are the main causes of seagrass loss. (Waycott et al., 2009)
- Remote sensing-based seagrass monitoring is cost-effective, appropriate for large-scale monitoring. (Hossain, 2015; Hossain, 2019; Phinn et al., 2018)
- Seagrass in Vietnam has been decreasing due to coastal development (Cao, 2012)

#### Unknown:

- There is no spatially explicit maps of seagrass distribution changes for Vietnam with a consistent methodology applied in every region over 30 years.

### II. Methodology



Flow chart for seagrass mapping

### Discussion

This is the first spatially comprehensive and temporally continuous estimate of seagrass distribution at a national level for a 30 year period.

Some relative minor seagrass beds were discovered.

As field surveys are expensive, and are rarely done in developing countries, this result highlights the importance of remote sensing techniques for seagrass ecosystem conservation.

This result provides the foundation for the modelling of the future distribution of seagrass.

This result can be used to estimate the biomass and carbon sequestration value of seagrass ecosystems. This adds to the carbon stock inventory of each country and provides economic basis for conservation.

Observing the changes in seagrass ecosystem is also an indicator of environmental quality. This is crucial for risk assessment in fisheries.

There are similarities between seagrass loss and mangrove loss in Vietnam, this could be due to changes in coastal land use policies.

### III. Results

Changes in seagrass areas (ha) in major sites in Vietnam, between 1985-2019.

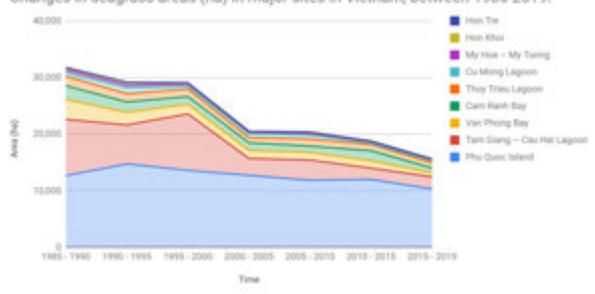


Figure 1: Changes in seagrass areas (ha) in major sites in Vietnam, between 1985-1990

Table 1: Table of major seagrass bed sizes in hectares in Vietnam, for each 5 year period from 1985 to 2019.

| Seagrass sites              | Province         | 1985 - 1990  | 1990 - 1995  | 1995 - 2000  | 2000 - 2005 | 2005 - 2010  | 2010 - 2015  | 2015 - 2019  | Percentage lost |
|-----------------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| Phu Quoc Island             | Kien Giang       | 12684        | 14738        | 13607        | n/a         | 11855        | 12005        | 10313        | 18.69%          |
| Tam Giang - Cau Hai Lagoon  | Thua Thien - Hue | 9914         | 6897         | 9959         | 2985        | 3580         | 1990         | 2141         | 78.40%          |
| Van Phong Bay               | Khanh Hoa        | 3532         | 2220         | 1735         | 1408        | 1325         | 1300         | 772          | 78.14%          |
| Cam Ranh Bay                | Khanh Hoa        | 2519         | 1871         | 1370         | 1381        | 1193         | 1874         | 917          | 63.60%          |
| Thuy Trieu Lagoon           | Khanh Hoa        | 1666         | 1447         | 1335         | 902         | 1254         | 1100         | 895          | 46.28%          |
| Cu Mung Lagoon              | Phu Yen          | 883          | 1215         | 468          | 702         | 770          | 210          | n/a          | 76.22%          |
| My Hoa - My Tuong           | Ninh Thuan       | 457          | 466          | 407          | 319         | 330          | 308          | 233          | 49.02%          |
| Hon Khoi (in Van Phong Bay) | Khanh Hoa        | 317          | 410          | 154          | 131         | 176          | 83           | 73           | 76.97%          |
| Hon Tre (in Nha Trang Bay)  | Khanh Hoa        | 137          | 94           | 104          | 68          | 56           | 69           | 58           | 57.66%          |
| <b>Total</b>                |                  | <b>32109</b> | <b>29358</b> | <b>29139</b> | <b>7896</b> | <b>20539</b> | <b>18939</b> | <b>15402</b> | <b>52.03%</b>   |

- About 15,000 Landsat & Sentinel-2 images were analyzed.
- Accuracy assessment of selected sites were at 95%, however our area estimates are about 3-5 times higher than field survey results from the national reports.
- Most seagrass lost are in areas with rapid aquaculture developments.
- Rapid loss in late 1990s, coincide with National Decree 773-TTg (approved on December 21, 1994) that encouraged reclamation of coastal lands for shrimp farming.

### Conclusion:

Even though there can be improvements in accuracy, this result means:

We could monitor the seagrass distribution in the most recent 30 years who most of Vietnam. This would provide a cost-effective method to assist in the monitoring of seagrass.

Areas with extensive human activities lost 50-80% of their seagrass in between 1985-2019. Most relevant drivers to changes are land reclamation and aquaculture. Most seagrass was lost during the late 1990s, due to aggressive land use policy and has been better controlled recently.

This paper highlighted the need to update the global estimate of Blue carbon stocks.

### Next step:

Estimate the ecosystem values for these seagrass beds by incorporating biomass estimates, density, species.

Further validation and share these results as a database.

Analyze factors that influence distribution (impacts of land reclamation, aquaculture, nutrient loading)

### References:

- Duarte, C.M., Borum, J., Short, F.T. and Walker, D. (2008). Seagrass ecosystems: their global status and prospects. In *Aquatic ecosystems: trends and global prospects* (pp. 281-294). Cambridge University Press.
- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Halpern, M., Matoba, M.A., ... Serrano, O. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5(7), 503-509. <https://doi.org/10.1038/ngeo1477>
- Hossain, M. S., Saigang, J. S., Zakaria, M. H., & Hashim, M. (2015). The application of remote sensing to seagrass ecosystems: an overview and future research prospects. *International Journal of Remote Sensing*, 36(1), 81-114. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.950669>
- Nguyen, V.T. (2008). National Report on Seagrass of the South China Sea in Vietnam. Reversing Environmental Degradation Trends in the South China Sea and Gulf of Thailand. UNEP/GEF. 30pp.
- Phinn, S., Ruellet-Vic, C., Kovars E., Carto, R., Lyons, M., Saunders, M., & Maxwell, P. (2018). Mapping, monitoring and modelling seagrass using remote sensing techniques. In *Seagrasses of Australia: Structure, Ecology and Conservation*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-71354-0\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71354-0_15)
- Ursprung, R. K. F., McKenzie, L. J., Collier, C. J., Cullen-Unsworth, L. C., Duarte, C. M., Diaz, J. S., ... Nordlund, L. M. (2019). Global challenges for seagrass conservation. *Artis*, 48(6), 801-815. <https://doi.org/10.1007/s12880-018-1115-y>
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J. B., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., ... Williams, S. L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(30), 12377-12381. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905620106>



# Groundwater Storage Changes in Xilingol, China Estimated from GRACE Observations

Yaru Muschin, Wataru Takeuchi  
Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan



**Abstract:** Groundwater is a vital water resource for agricultural, industrial and domestic water use, especially in arid and semi-arid regions. Xilingol of Inner Mongolia Autonomous Region, China, is undergoing the depletion of water resources, which is mainly caused by water consumption through irrigation and coal mining. To protect this ecologically fragile environment with limited water resources, it is crucial to monitor groundwater storage (GWS) changes and control groundwater depletion. However, insufficient in situ measurements are limiting the quantification of GWS changes. Launched in March 2002, the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) twin-satellites provide global observations of total water storage (TWS) anomalies, which are the sum of the water stored in the land, including snow, surface water, soil moisture, and groundwater. GWS anomalies can be estimated by removing other water storage components from TWS anomalies. In this study, GWS anomalies from 2002 to 2017 in Xilingol is assessed using GRACE observations and Global Land Data Assimilation System (GLDAS) hydrological model. Increase in soil moisture is detected, while GRACE-derived GWS anomalies exhibit significant decreasing trends with rates of -0.20 cm/year, -0.37 cm/year and -0.50 cm/year in less cropland area, mining dominant area and cropland dominant area, respectively. The results suggest that GWS changes are closely related to human activities and climate change. Groundwater depletion exacerbates from 2008, when coal mining became the major industry in this region. GWS recovers in the years with more rainfall. The results would provide information on GWS changes in Xilingol where there are limited ground measurements.



## 1. INTRODUCTION

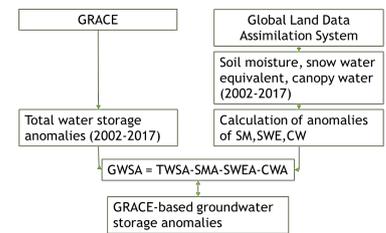
Fig.1 Water consumption amount in Xilingol

Fig.3 Location of the study area

**Objective:** Estimation of the spatial and temporal features of groundwater storage changes in Xilingol using GRACE data.

## 2. METHODS

**Dataset:** Gravity recovery and climate experiment mission (TWSA)  
Global land data assimilation system (SM, SWE, CW)  
Tropical rainfall measuring mission (precipitation rate)  
Global food security-support analysis data (cropland)



Total water = groundwater+ soil moisture+ surface water+ snow water equivalent+ canopy water

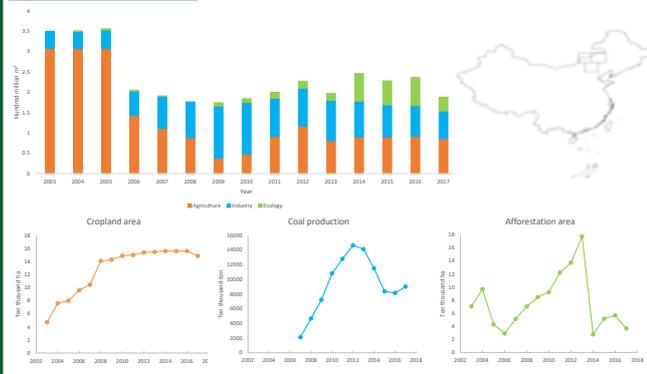


Fig.4 A coal mine on the Xilingol grassland and horses grazing next to the coal mine

## 3. RESULTS & CONCLUSIONS

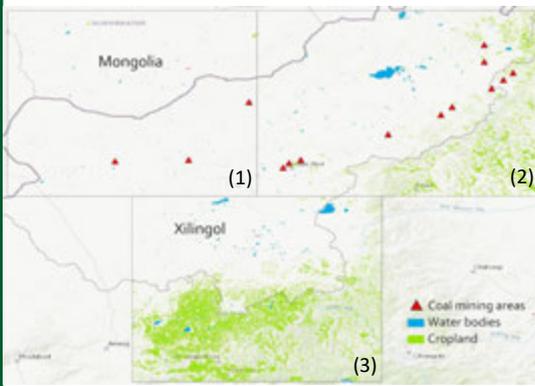


Fig.5 Coal mining area and cropland distributions across Xilingol

- Groundwater storage is decreasing in Xilingol; decreasing rate is higher in cropland area (3) and lower in less cropland area (1).
- Groundwater storage decreased significantly around 2008 in area (2), which is consistent with the time of the mining boom.
- Groundwater storage recovered from 2012-2016, which are the years with more rainfall.

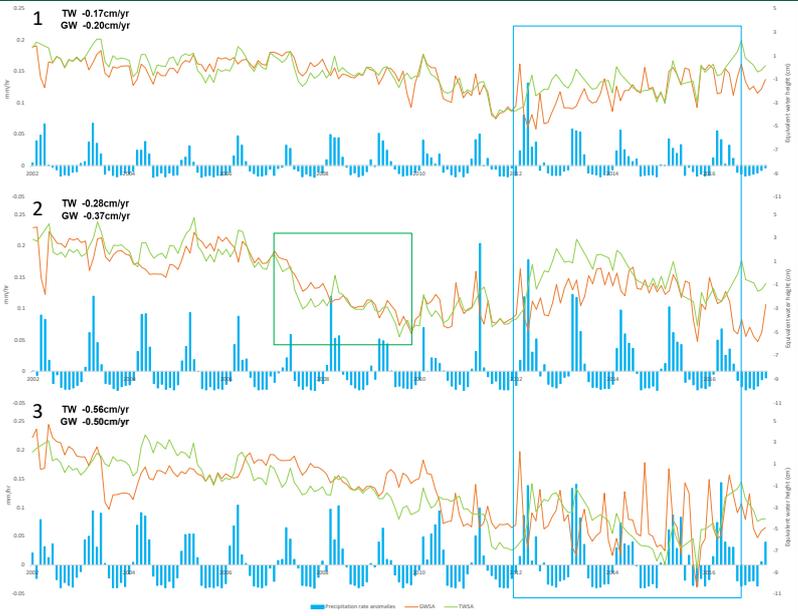


Fig.6 Time series of TWSA, GWSA and precipitation rate anomalies

## 4. DISCUSSIONS & FUTURE WORK

- Surface water storage has not been removed from total water storage, which could affect the results.
- Validation of the groundwater storage changes is not discussed due to the unavailable groundwater well observations.
- Mass changes caused by coal mining may be mistakenly identified as a part of the total water storage changes.
- Assessment of the impact of human activities (coal mining, irrigation, afforestation) on groundwater storage changes.

## REFERENCES

● D.N. Wiese. 2015. GRACE monthly global water mass grids NETCDF RELEASE 5.0. Ver. 5.0. PO.DAAC, CA, USA.. Dataset accessed [YYYY-MM-DD] at <https://doi.org/10.5067/TEMSC-OCLOS>  
 ● Rodell, M., P.R. Houser, U. Jambor, J. Gottschalk, K. Mitchell, C.-J. Meng, K. Arsenault, B. Cosgrove, J. Radakovich, M. Bosilovich, J.K. Entin, J.P. Walker, D. Lohmann, and D. Toll, The Global Land Data Assimilation System, Bull. Amer. Meteor. Soc., 85(3), 381-394, 2004.  
 ● Thenkabail P.S., Knox J.W., Ozdogan, M., Gumma, M.K., Congalton, R.G., Wu, Z., Milesi, C., Finkral, A., Marshall, M., Mariotto, I., You, S. Giri, C. and Nagler, P. 2012. Assessing future risks to agricultural productivity, water resources and food security: how can remote sensing help?. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, August 2012 Special Issue on Global Croplands: Highlight Article. 78(8): 773-782

For further details, contact: Yaru, Bw-601, 6-1, Komaba 4-chome, Meguro, Tokyo 153-8505 JAPAN (URL: <http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/> E-mail: [yaru@g.ecc.u-tokyo.ac.jp](mailto:yaru@g.ecc.u-tokyo.ac.jp))

# Regrowth and LUC-Emission: traps behind the plausible consistency in net CO<sub>2</sub> flux in TRENDY-v8 models

Zhongyi Sun <sup>\*1</sup>, Masayuki Kondo <sup>2</sup>, Kazuhito Ichii <sup>2</sup>, Tomomichi Kato <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University, Hokkaido, Japan.

<sup>2</sup> Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, Chiba, Japan.

<sup>3</sup> Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Hokkaido, Japan.

## INTRODUCTION

Although the existence of large carbon sink in terrestrial ecosystems is well established, the detailed information and components of this sink remain uncertain. In order to study the global scale ecosystem carbon cycle and budget, several dynamic global vegetation models (DGVMs) have been developed and considered to be the most suitable way. However, almost all the estimates of carbon fluxes based on each model vary widely. Among them, the net CO<sub>2</sub> flux (i.e., NBP) seems to have a plausible consistency. Therefore, in this study, the differences between different models of the net CO<sub>2</sub> flux were analyzed in detail to figure out Whether this consistency is true and what facts are behind it.

## MATERIAL AND METHODS

Simulations of the global dynamic vegetation models (DGVMs) used in this study are from the TRENDY v8.

CABLE-POP; CLASS-CTEM; CLM5.0; DLEM; ISBA-CTrip; ISAM; JSBACH; JULES-ES; LPX-Bern; ORCHIDEE; ORCHIDEE-CNP; SDGVM; VISIT.

### Forcing dataset:

**Global atmospheric CO<sub>2</sub>:** 1700-2018 annual time-series, derived from ice core CO<sub>2</sub> data merged with NOAA annual resolution from 1958 onwards.

**Land use change (LUC):** ~1950 LUH2 v2h; 1950-2019 based on new inputs from HYDE, and new FAO data for the national wood harvest demands.

**CRU Climate forcing:** 0.5 degree CRU monthly historical forcing over 1901-2018

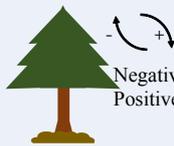
**CRU-JRA climate forcing:** 0.5 degree CRU-JRA55 6-hourly historical forcing over 1901- 2018

### Simulation protocol:

**S1:** variability in CO<sub>2</sub> (time-invariant “pre-industrial” climate and land use mask)

**S2:** variability in CO<sub>2</sub> and climate (time-invariant “pre-industrial” land use mask)

**S3:** variability in CO<sub>2</sub>, climate and LUC (all forcing time-varying)



Negative sign (+): a net sink to the land  
Positive sign (-): a net source to the atmosphere

Fig.1 Sign Convention for Net CO<sub>2</sub> Flux

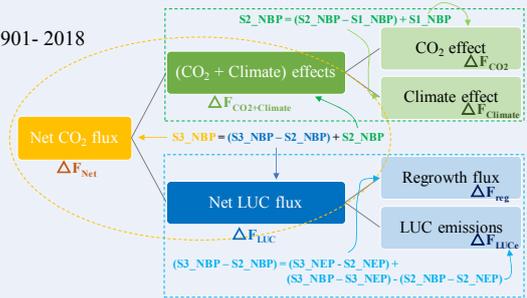


Fig.2 Descriptions of Flux Terminologies

## RESULTS AND DISCUSSION

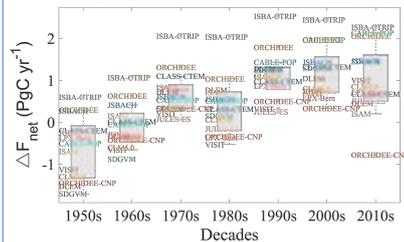


Fig.3 Plotbox of  $\Delta F_{net}$  estimates of each model

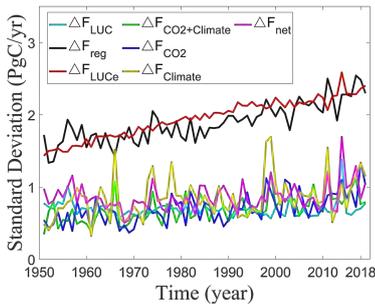


Fig.4 Time-series of fluxes' standard deviation

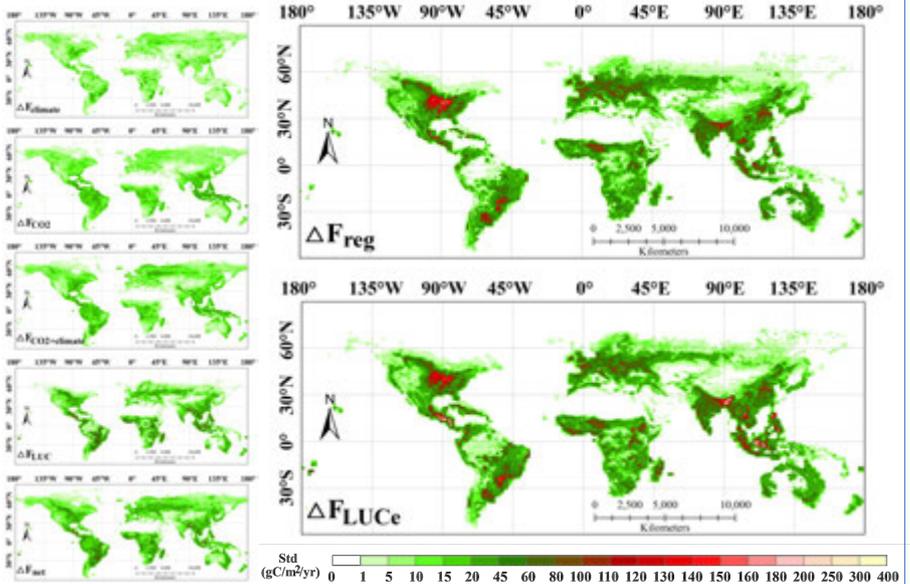


Fig.5 Spatial distribution of fluxes' standard deviation of 1950-2018.

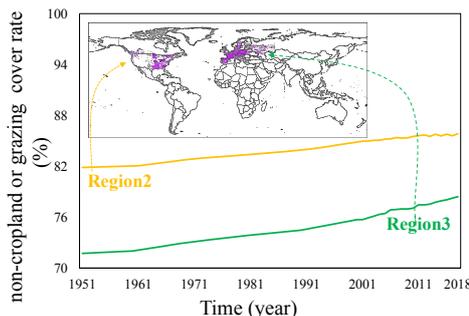


Fig.6 Time-series of forest cover rate in two hotspot regions.

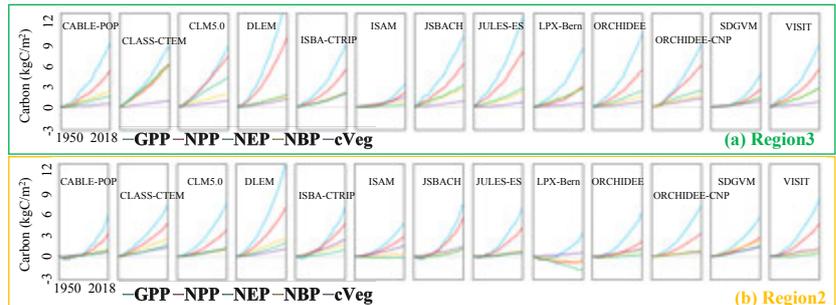
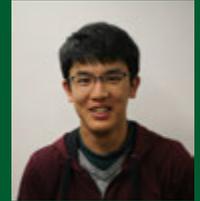


Fig.7 Accumulated Carbon flux and carbon in vegetation during the last 7 decades over two hot spot regions.



# ボクセルモデルを用いたBRDFシミュレーション に必要な空間分解能についての検討

Takumi Fujiwara · Wataru Takeuchi  
IIS, The University of Tokyo



## Spatial resolution of voxel model for BRDF simulation

**Abstract:** Various Bidirectional Reflectance Distribution Function (BRDF) simulator has been developed. The model considers various vegetation parameters and use d Monte Carlo ray tracing. Using the simulator, sensitivity analysis of BRDF to several vegetation parameters (e.g. leaf area, stem volume and leaf inclination) has been done. However, the spatial resolution of a model to represent forest is also important because BRDF is affected on a shadow. The aim of this study was to analysis of BRDF to spatial resolution of s model. The voxel model was used for represent a forest and Sentinel-2 was a target image. Firstly, the reflectance was simulated by calculated for shadow/shade. Then voxel size was 0.2m. Secondly, voxel size was changed to 0.5m, 1.0m, and 2.0m. Finally, reflectance simulated by each voxel size was compared with Sentinel-2 surface reflectance. The result showed, in case of band was NIR, RMSE was minimum at voxel size was 0.2m. However, in case of band was VIS and band 8A, RMSE at voxel size was 0.2m was larger than RMSE at other voxel size. Future task is to apply this simulation method to other forest and confirm the spatial resolution for BRDF simulation.

## はじめに

様々なBRDFシミュレーターが開発されており、植生パラメータ(葉面積, 葉の角度分布, 幹材積など)を用いて衛星が観測する反射率の感度分析が行われている<sup>1)2)</sup>。一方で、BRDFは影による影響を強く受けるという研究結果もあるため、シミュレーターに入力する森林の3次元モデルを再現する空間分解能も重要な要素である。

そこで本研究では、ボクセルモデルを用いて、空間分解能が与えるBRDFシミュレーションへの影響を調べた。対象とした衛星画像はSentinel-2であり、対象地域は右に示すタイのスラナリー工科大学敷地内の常緑広葉樹林である。樹種はHopea ferreaである。ボクセルモデルのサイズを0.2mから2.0mまで変化させシミュレーションを行った。

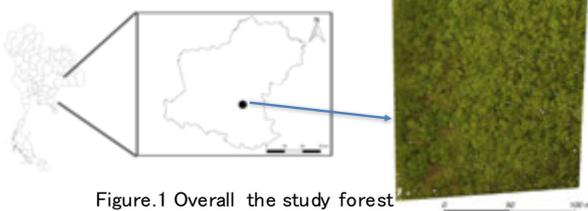


Figure.1 Overall the study forest

## 結果

対象としたSentinel-2画像の日付は、2019年9月29日である。ボクセルサイズ0.2mからシミュレートした結果をFig.3に示す。横軸がSentinel-2が観測した表面反射率、縦軸がシミュレートした反射率である。Band 7, 8, 8Aを除きほとんどのBandで過大推定となった。

Fig.4に各バンドおよび各ボクセルサイズでのRMSEを示す。可視域や中間赤外域ではボクセルサイズが0.2mの時よりも、0.5m, 1.0m, 2.0mの方がRMSEが小さくなることがわかる。一方で、近赤外域ではボクセルサイズが0.2m以上ではRMSEが大きくなった。

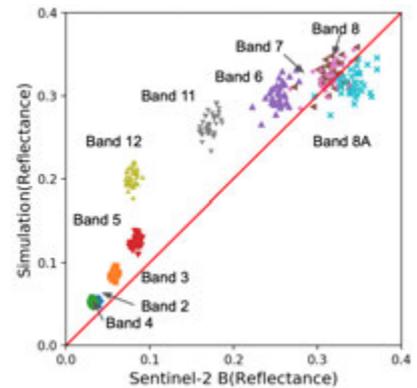


Figure.3 Scatter plot of the simulated reflectance and Sentinel-2 surface reflectance for overall the study forest. Voxel size was 0.2m.

## 反射率のシミュレーションフロー

Fig.2に示すシミュレーションフローに従い、反射率をシミュレートした。Simple Model of the Atmospheric Radiative of Sunshine (SMARTS) codeを用いて直達光と天空光を算出し、それぞれが遮蔽される割合をShadowとShadeとして計算した。

$$R_{dir}(\lambda) = R_t(\lambda) \frac{I_{dir}(\lambda)(1 - Shadow) + I_{diff}(\lambda)Shade}{\pi \cos \theta_s}$$

$$R_{tot} = \frac{\int R_{dir}(\lambda)SRF(\lambda)d\lambda}{\int SRF(\lambda)d\lambda}$$

$$\rho = \frac{\pi R_{tot}(\lambda)}{(I_{dir} + I_{diff}) \cos \theta_s}$$

where  $R_{dir}(\lambda)$  = radiance from target  
 $\lambda$  = wavelength  
 $R_t(\lambda)$  = spectral reflectance of the target  
 $I_{dir}(\lambda)$  = direct horizon irradiance ( $W/m^2/\mu m$ )  
 $I_{diff}(\lambda)$  = diffuse horizon irradiance ( $W/m^2/\mu m$ )  
 $Shadow$  = shielding ratio of direct horizon irradiance  
 $Shade$  = shielding ratio of diffuse horizon irradiance  
 $\theta_s$  = view zenith angle  
 $R_{tot}$  = radiance observed by sensor ( $W/m^2/str/\mu m$ )  
 $SRF(\lambda)$  = spectral response function  
 $\rho$  = reflectance  
 $\theta_s$  = sun zenith angle

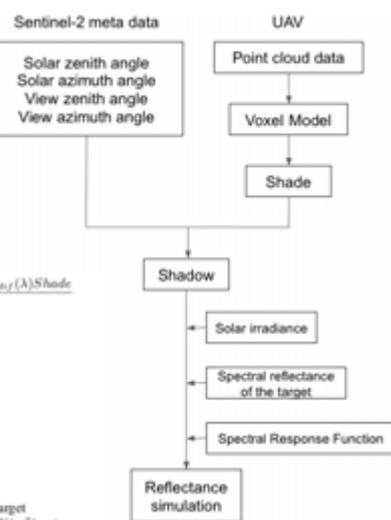


Figure.2 Framework used for simulation for surface reflectance using a voxel model

voxel size: 0.2m (blue), 0.5m (red), 0.1m (yellow), 2.0m (green)

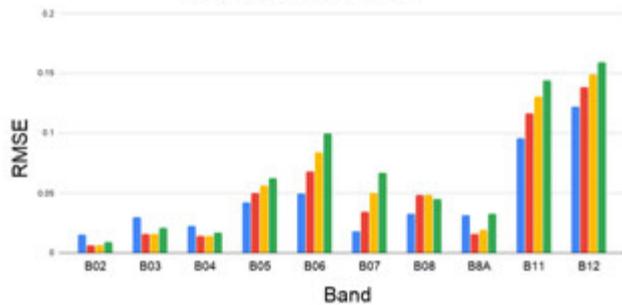


Figure.4 RMSE for simulation at each band and voxel size

## 考察と今後の課題

シミュレートした反射率が過大推定になった理由には、葉の傾きを考慮していないことが原因と考えられる。また、可視バンドやB8Aバンドにて、ボクセルの分解能を大きくすると、RMSEが小さくなった原因は、不明な部分も多い。森林のタイプごとに結果に違いが生じるのか検証していく必要がある。

## 参考文献

- 1) Kobayashi, H., H. Iwabuchi, 2008. A coupled 1-D atmosphere and 3-D canopy radiative transfer model for canopy reflectance, light environment, and photosynthesis simulation in a heterogeneous landscape, Remote Sensing of Environment, 112, pp. 173-185.
- 2) Xin Ding et al., 2002. BRDF modeling and inversion of structure parameters for sparse vegetation canopy, "IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Toronto, Ontario, Canada, Vol.4, pp. 2553-2555

補助金が農家の行動心理に与える影響の分析  
(登録番号: KO12)

李想、鈴木宣弘、市井和仁  
(千葉大学)(東京大学)(千葉大学)

発表内容について  
(スケジュール)

1. 背景(What)

- 農業について、
  - 世界の食料生産の地理空間的分布
  - 日本の現状と課題
  - 現状: 農家の生産意欲を促進する飼料用米の補助金について
  - 課題: 1. 飼料用米の補助金と農家の行動心理の相関関係が把握されていない
  - 2. 飼料用米の補助金の影響→検証

2. 飼料用米の補助金と農家の行動選択傾向について(How)

- 分析結果
  - 農家の考え方
  - 両者の相関関係について: ①農家の行動心理と飼料用米の生産選択の傾向&②飼料用米の補助金
  - シナリオごとに分析した結果: GIS上に表現する

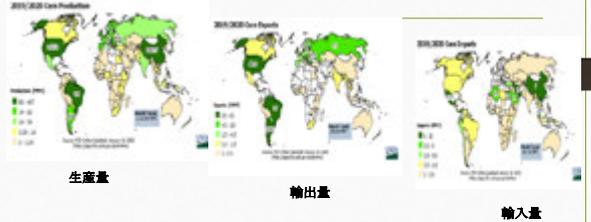
3. 討論とまとめ: 農政策(飼料用米の補助金)についての認知の差(Summary)

1. 背景  
(What)

農業について:  
日本の現状  
と課題

- 農業の重要性
  - 食料、飼料、(サステナブル)経済発展の土台、「武器」としての機能(政治の比較優位性)
- 世界の食料生産
  - 空間的な分布
  - 二極化した構造→農産物の純輸入国(日本、中国、韓国等)と純輸出国(アメリカ、カナダ、ブラジル等)
- 日本の現状
  - 食料自給率~38%付近で横ばい、飼料自給率~27%
  - 食料輸入に依存
  - リスク: 食料危機→関税の引き上げや輸出禁止などの制限
- 課題
  - 飼料-食料の自給率の向上→輸入トウモロコシに代えて家畜に米を飼料とする
  - 飼料用米は、水田を活用して生産できる優れた飼料。
  - お米づくり-日本の気候、土地の条件、伝統文化

世界の食料生産  
空間的な分布  
トウモロコシの例-生産、輸出、輸入



1. 背景(What)

農家の生産意欲を促進する政策—  
飼料用米の補助金

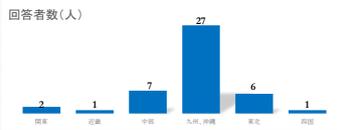


2. 飼料用米の補助金と農家の行動選択傾向についての分析  
調査対象者の特徴とアンケート調査の実施

- 調査対象者: 農家
  - 特徴:
    1. 主業農家(農業所得が主): 58.1%、副業的農家(農外所得が主): 41.9%
    2. 女性: 11.6%、男性: 88.4%
- 調査期間と地域と人数:
  - ①調査期間: 2019年11月6日~2020年1月25日
  - ②地域: 東北、中部、近畿、四国、九州・沖縄(データの収集: 今年も継続)
  - ③人数: 回答者数: 44、配布した質問票の数: 917票、有効回答率: 4.8%
  - 実施した期間: 2019年11月~2020年1月
- 調査方法: アンケート調査の実施
  - 質問票

2. 飼料用米の補助金と農家の行動選択傾向についての分析 ~続き  
地域別の回答者数とアンケート調査票の回収率について ~続き

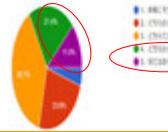
地域別の回答者数



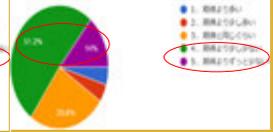
アンケートの回収率の例: 関東(6.7%)、近畿(0.7%)、中部(5%)、九州・沖縄(4.5%)

2. 飼料用米の補助金と農家の行動選択傾向についての分析 ~続き  
農家の考え方(How)と分析結果

飼料用米の補助金の金額は妥当かどうか



現在の飼料用米の補助金の金額が期待と比べてどう違うのか



2. 飼料用米の補助金と農家の行動選択傾向についての分析 ~続き  
補助金の変化&農家の行動選択の変化

飼料用米の補助金が現在の金額より10%増えたら、農家の行動はどう変わるのか?



2. プロスペクト理論と農家の行動心理  
—プロスペクト理論の予測、農家の反応

• プロスペクト理論

- 人は利益より損失を大きく見積もること。
- 損失回避性 (Loss aversion)  
一人間は利得よりも損失の方が倍強く  
~軸は「心理的価値」、横軸は「金額(ドル)」



飼料用米の補助金が現在の金額より10%減ったら、農家の行動はどう変わるのか?

農家の行動一予測外の反応

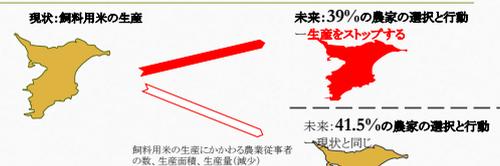


2. 飼料用米の補助金と農家の行動選択傾向についての分析 ~続き  
分析結果一飼料用米の補助金と農家の行動心理の関係

| 今後の飼料用米の補助金が現在の金額より10%増えたら、農家の行動 | 今後の飼料用米の補助金が現在の金額より10%減ったら、農家の行動 |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 生産面積を現在よりも1 or 2割を増やす-32.6%      | 生産面積を現在よりも1 or 2割を減らす-14.6%      |
| 現状を維持-39.5%                      | 生産を完全にストップ 39%                   |
|                                  | 現状を維持-41.5%                      |

2. 飼料用米の補助金と農家の行動選択傾向についての分析 ~続き  
千葉の飼料用米の生産を例に

今後の飼料用米の補助金が現在の金額より10%減ったら、農家の行動の変化により、飼料用米にかかわる農業従事者の数と生産面積と生産量も変化



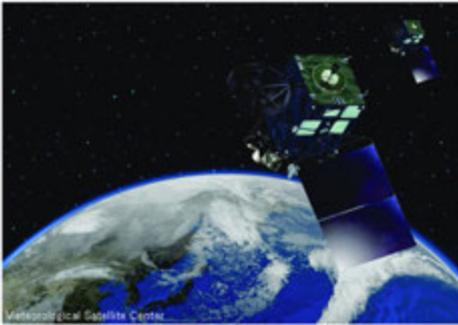
### 3. 討論&まとめ: 農業政策(飼料用米の補助金) についての認知の差(Summary)

- 補助金の金額が変動(減るシナリオ)
  - 一飼料用米の生産減産、飼料用米の生産意欲の促進効果]の可能性
  - 代替策(輸入品一米国のトウモロコシなど、値段が安い)がある時に、補助金の効果が]
  - 補助金以外の対策が必要

ご清聴ありがとうございました!

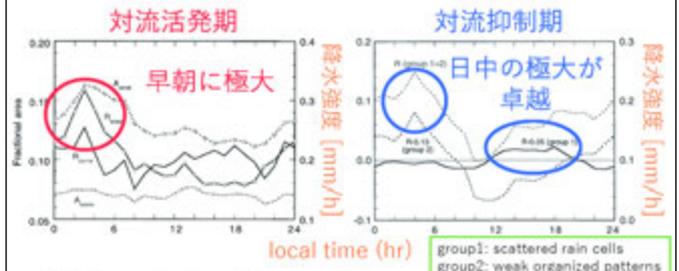
2020/02/20(木) 第22回環境リモートセンシングシンポジウム@千葉大  
**ひまわり8号高頻度観測から同定した熱帯海洋上の雲システムの日周期**

内木詩歩, 安永数明, 濱田篤\* (富山大学)



**1. Introduction: 熱帯海洋上の雲・降水の日周期**

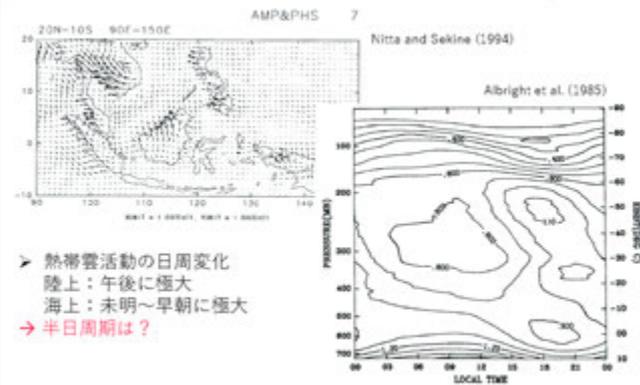
Sui et al. (1997)



提唱されているメカニズム

- 夜間の放射冷却に伴う不安定化(e.g., Asai et al. 2012)
- 日中のSSTの上昇と混合層の発達(e.g., Sui et al. 1996)
- 半日周期(的)
- 大気潮汐による力学的な収束や上昇(e.g., Kohyama and Wallace 2016)
- 半日周期

**1. Introduction: 熱帯海洋上の雲・降水の日周期**



高解像度・高頻度なひまわり8号のデータを用いて、「雲システムの数」に着目して日周期を調べた。

**静止衛星ラビッドスキャン**

旧来 (1時間毎)      ひまわり8号 (2.5分毎)

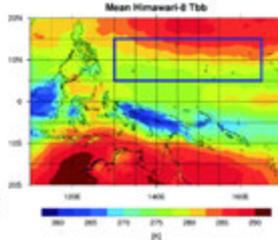


- 時間間隔が数分程度の観測
- 欧州・米国では2000年代初頃から現業的に利用
- 日本: ひまわり6号キャンペーン観測, ひまわり8号で現業化

**2. 使用データと解析手法**

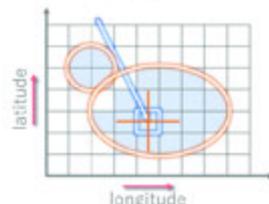
➢ 使用データ:

- ひまわり8号 バンド13(10.4 $\mu$ m) 輝度温度
  - 水平分解能~2 km, 10分毎
- ERA5再解析
  - 水平0.25°, 鉛直37層, 1時間毎



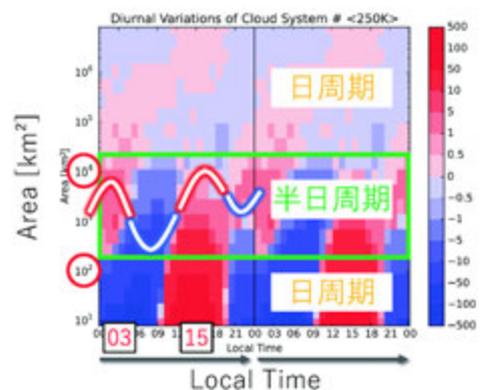
➢ 解析期間: Nov.2015-Dec.2016  
 ➢ 解析領域: 130E-165E, 5N-15N

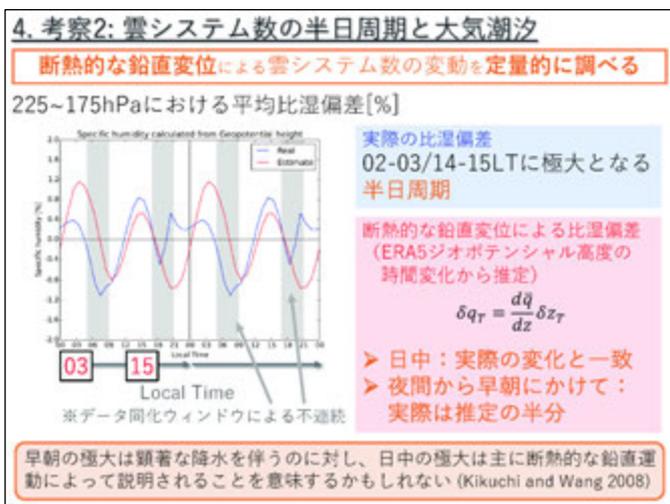
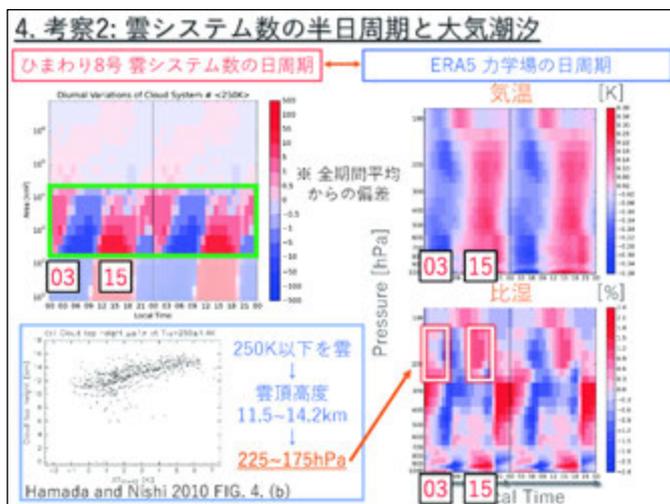
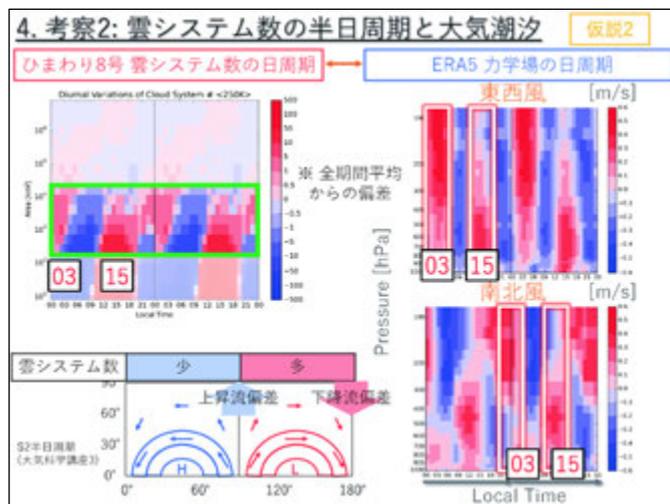
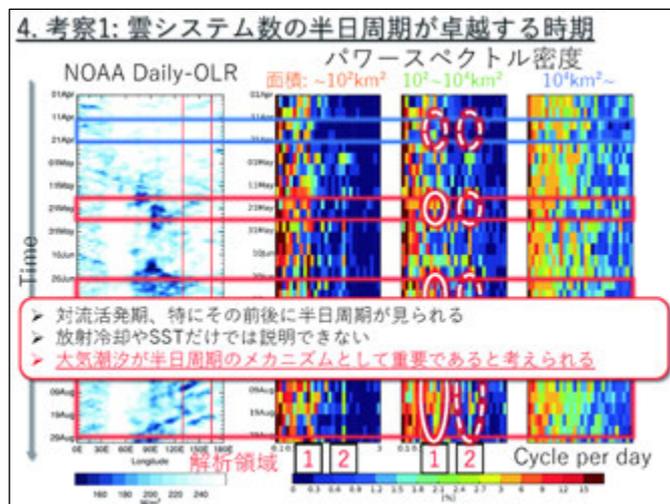
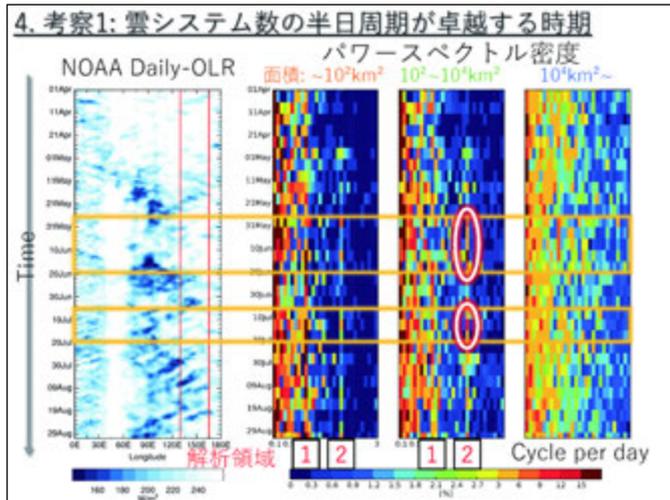
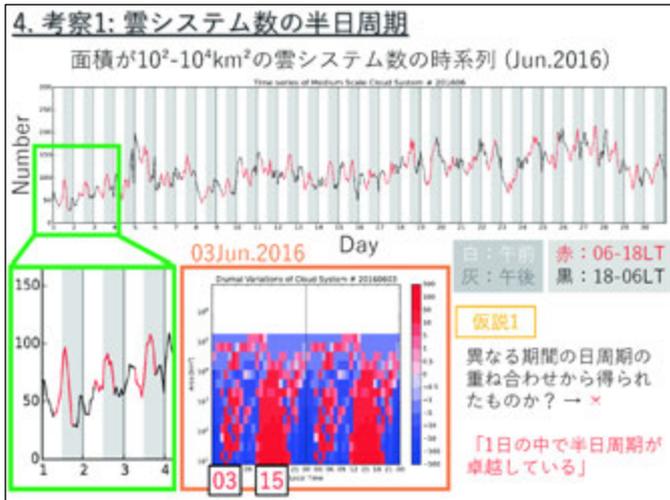
➢ 雲システムの定義:  
 輝度温度250K以下のピクセルの4連結領域



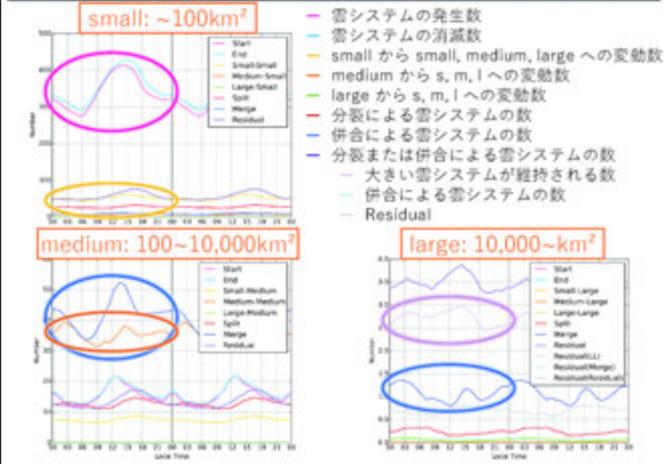
**3. 結果: 雲システム数の日周期**

雲システム数の全期間平均日周期 (全期間平均からの偏差)





## 5. どのような変動が雲システム数の日周期に関連するか



## 6. まとめ

ひまわり8号より雲システムを認識し、その数の日周期を調べた。

- 面積がおよそ100~10,000km<sup>2</sup>の雲システム数は、00-03/12-15LTに極大となる半日周期を示した。
- この半日周期は、異なる期間の日周期の重ね合わせではなく、雲システム数の極大は上昇流偏差や低高度偏差と一致し、大気潮汐にコントロールされたものであることが強く示唆された。
- 大気潮汐による断熱的な鉛直変動とそれに伴う水蒸気偏差は、実際の水蒸気偏差と良くあっていた。
- 半日周期は、併合による雲システム数の増加と雲システムが維持される数の増加によって示されることが分かった。
- これらのことから、大気潮汐によって新たな対流活動が促進されるのではなく、**既存の雲システムが大気潮汐に伴う断熱的な鉛直運動によって強化される**というメカニズムが本質的に重要であることが推測された。

# Monitoring earthquake and volcano phenomena through HIMAWARI-8/AHI observations

GENZANO NICOLA <sup>1,\*</sup>, COLONNA R. <sup>1</sup>, FALCONIERI A. <sup>2</sup>, FILIZZOLA C. <sup>2</sup>, HATTORI K. <sup>3</sup>, LISI M. <sup>2</sup>, MARCHESE F. <sup>2</sup>, PERGOLA N. <sup>2</sup> and TRAMUTOLI V. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Engineering, University of Basilicata, Via dell' Ateneo Lucano, 10, 85100 Potenza, Italy

<sup>2</sup> National Research Council, Institute of Methodologies for Environmental Analysis, C. da S. Loja, 85050 Tito Scalco (Pz), Italy;

<sup>3</sup> Graduate School of Science, Chiba University, Yayoi 1-33, Inage, Chiba, 263-8522, Japan

\* Contact author: nicola.genzano@unibas.it

Remote sensed data provided by meteorological satellite sensors have proven themselves as an useful tool in the field of geohazard assessment and their mitigation. In particular, data provided by satellite sensors on board of geostationary platforms, which allow to obtain information on large areas with a high time frequencies, have been exploit, for example, for the reduction of seismic and volcanic risks.

Since 1998, the general change detection approach **Robust Satellite Techniques (RST)**; Tramutoli 1998, 2007) has show good ability to identify and to monitor phenomena associated to earthquake process, as well as volcanic process. Based only on satellite data without any use of additional information (i.e. ancillary data), the RST approach can be easily implemented on different satellite data.

In this work, in order to study earthquake- and volcano-process, and their related phenomena and products, RST approach has been implemented on radiance collected by the Japanese satellite sensor **HIMAWARI 8/9-AHI**. Here, we show the achieved results of two different RST analysis. The **Sulawesi earthquake** of magnitude Mw~7.5 occurred on September 28, 2018 and the **eruption of Mt. Agung** (Indonesia) of November 2017 have been take in account as test cases.

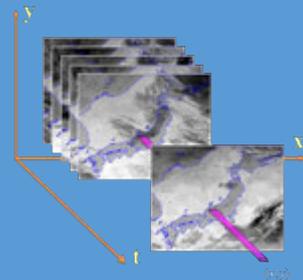
**RST**

The change detection methodology, RST (Tramutoli, 1998, 2007), analyses time-series of satellite images acquired under the same observational conditions (e.g. same sensor, similar time of the day, similar month of the year, etc.). In the RST scheme, a variation of the signal is considered as 'anomalous' when it deviates significantly from its "normal" behavior as measured at a specific place (x,y), and time of observation t. Anomalies are identified using the statistically-based index ALICE (Absolutely Local Index of Change of the Environment) signal anomaly being computed as follow:

$$\otimes(x, y, t) = \frac{V(x,y,t) - \mu_V(x,y)}{\sigma_V(x,y)}$$

where:

- $V(x,y,t)$  is the variable V value measured at location (x,y) and time t;
- $\mu_V(x,y)$  and  $\sigma_V(x,y)$  are respectively the expected value (usually the time average) and the standard deviation of  $V(x,y,t)$  computed on locations declared as cloud-free and belonging to the chosen data set  $t_{set}$ , where  $\tau$  determines the homogeneous temporal domain of multi-annual satellite imagery.

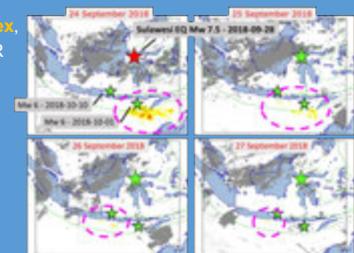


## Results of RST analysis at time of Sulawesi EQ (Mw~7.5 - September 28, 2018)

**RETINA** (Robust Estimator of TIR Anomalies; Tramutoli et al. 2005) **index**, which derives from the more general ALICE index, is used to identify TIR (Thermal InfraRed) fluctuations possibly related to the occurrence of earthquakes, and it was defined as:

$$\otimes_{TIR}(x, y, t) = \frac{\Delta T(x,y,t) - \mu_{\Delta T}(x,y)}{\sigma_{\Delta T}(x,y)}$$

where  $\Delta T(x,y,t) = T(x,y,t) - T(t)$  is the value of the difference between the punctual value of TIR brightness temperature  $T(x,y,t)$  measured at the location x,y acquisition time t, and its spatial average  $T(t)$  computed on the investigated area considering only cloud-free locations, all belonging to the same, land or sea, class (i.e. considering only sea pixels if x,y is located on the sea and only land pixels if x,y is located on the land).



Results of long-term correlation analysis

| Period                           | Sensitivity     |                      | Reliability     |                   |
|----------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|-------------------|
|                                  | Number of EQ M6 | Associated to SSTAs* | Number of SSTAs | Associated to EQs |
| 1 July - 15 November 2015 - 2018 | 21              | 15                   | 6               | 14                |
|                                  |                 | 71%                  | 29%             | 46%               |

\* Significant Sequence of TIR Anomalies

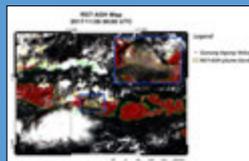
## Results of RST analysis at time of Mt. Agung eruption of November 2017

**RST<sub>ASH</sub>** (Pergola et al., 2004) is a multitemporal algorithm which identifies airborne ash by means of two local variation indexes defined as:

$$\otimes_{BT11-BT12}(x, y, t) = \frac{(BT11(x,y,t) - BT12(x,y,t)) - \mu_{BT11-BT12}(x,y)}{\sigma_{BT11-BT12}(x,y)}$$

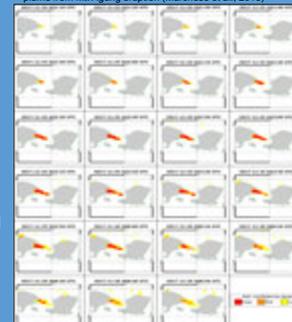
$$\otimes_{BT3.9-BT10.8}(x, y, t) = \frac{(BT3.9(x,y,t) - BT10.8(x,y,t)) - \mu_{BT3.9-BT10.8}(x,y)}{\sigma_{BT3.9-BT10.8}(x,y)}$$

where  $BT3.9(x,y,t)$ ,  $BT11(x,y,t)$  and  $BT12(x,y,t)$  are the brightness temperatures (BT) measured at 3.9  $\mu$ m, 11  $\mu$ m and 12  $\mu$ m wavelengths



Himawari-8 RGB (R=0.86 $\mu$ m, G=0.51 $\mu$ m, Blue=0.47 $\mu$ m) product at 1 km spatial resolution of 26 November at 00:00 UTC (09:00 JST). In brown, within the magnified area (at the top right side of image), the ash plume emitted by Mt. Agung (indicated in purple). Dashed lines, in yellow, correspond to borders of RST<sub>ASH</sub> detections.

RST<sub>ASH</sub> maps at 10 min temporal resolution from November 25 (21:10 UTC) to November 26 (00:50 UTC), 2017 showing the space-time evolution of ash plume from Mt. Agung eruption (Marchese et al., 2018)



### References

- Marchese F., Falconieri A., Pergola N., & Tramutoli V. (2018). *Monitoring the Agung (Indonesia) Ash Plume of November 2017 by Means of Infrared Himawari 8 Data*. Remote Sensing, 10(6), 919
- Pergola, N., Marchese, F., & Tramutoli, V. (2004). Automated detection of thermal features of active volcanoes by means of infrared AVHRR records. Remote Sensing of Environment, 93(3), 311-327.
- Tramutoli, V. (1998). Robust AVHRR Techniques (RAT) for Environmental Monitoring: theory and applications, in Proceedings of SPIE, vol. 3496, edited by E. Zilioli, pp. 101-113.
- Tramutoli, V. (2007). Robust Satellite Techniques (RST) for Natural and Environmental Hazards Monitoring and Mitigation: Theory and Applications, in 2007 International Workshop on the Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images, pp. 1-6. IEEE.
- Tramutoli, V., Cuomo, V., Filizzola, C., Pergola, N., Pietrapertosa, C., (2005). Assessing the potential of thermal infrared satellite surveys for monitoring seismically active areas: The case of Kocaeli (Izmit) earthquake, August 17, 1999. Remote Sens. Environ., 96(3-4), 409-426, doi:10.1016/j.rse.2005.04.006..

次世代静止気象衛星からの地表面温度推定アルゴリズム開発 (その2)

長崎大学 森山雅雄

目的  
GOES-R, S/ABI からの地表面温度推定アルゴリズム開発

熱赤外放射の内訳

- $I = \tau(L_s + L_d)$ ,  $L_s = \tau(T_s) + (1 - \tau)F_s$
- $\tau$ : 衛星観測輝度
  - $L_s$ : 透過率
  - $T_s$ : 地表面温度
  - $L_d$ : パスラジアン
  - $F_s$ : 地表面射出率(帯域毎)
  - $F_d$ : 地表での下向き放射照度
  - $\tau(T_s)$ : 大気プロファイルから計算可能(大気補正)
  - $F_s$ : 未知数(帯域数+1)
- ※決定問題(そのままだと解が得られない)

地表面温度推定アルゴリズム

- Split window (MODIS, ...): 地表面射出率を事前規程し、複数帯域での観測輝度温度と地表面温度の重回帰式により推定
- 準解析推定法(ASTER, SGLI): 複数帯域での衛星観測値を大気プロファイルを用いて大気補正し、観測値と地表面温度、射出率の間の統計的な関係式を加えて、求解可能な連立方程式を作り、それを解いて地表面温度、射出率を同時推定する。

準解析型地表面温度推定アルゴリズム

入力: 観測輝度温度  $T_s$ ,  $T_m$   
 数値シミュレーションを用いた大気補正  $\tau, L, F$   
 未知数:  $T_s, T_m, F_s$

$L = \tau(T_s) + (1 - \tau)F_s$   
 $M = \tau(T_m) + (1 - \tau)F_m$   
 $F_s = F_s(T_s, T_m) + F_d$   
 $F_m = F_m(T_s, T_m) + F_d$   
 $F_d = F_d(T_s, T_m)$

この方程式系は、 $\sqrt{F_s^2 + F_m^2} = 1 - \tau$  となる  $T_s, T_m$  を解く必要がある。

ABI への適用

- 利用帯域(chs. 13, 15)
- 簡易放射伝達方程式の確立
- Split window 係数決定

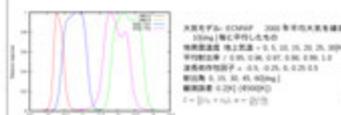
簡易放射伝達方程式

計算時間短縮のため、可降水量(u)、地表気温( $T_s$ )、観測天頂角( $\theta$ )から透過率、パスラ

ジアン、下向き放射照度を計算する簡易放射伝達方程式を開発した。

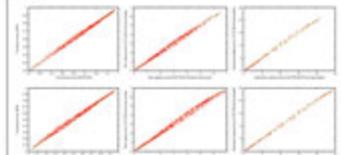
総光学的厚さ  $\xi = a + b\tau + c$   
 総透過率  $\tau(\theta) = \exp[-\xi/\cos(\theta)]$   
 パスラジアン  $I_p(\theta) = A + x^2 + B + x$ ,  
 $x = [1 - \tau(\theta)]B(T_s)$   
 下向き放射照度  $F = \alpha x^2 + \beta x$   
 $x = [1 - \tau(\theta)]B(T_s)$

下記の大気観測条件で MODTRAN3.7 により、透過率、パスラジアン、下向き放射照度を計算し、回帰係数を決定



L: Relative response, R: Simulation condition

透過率、パスラジアン、下向き放射照度比較

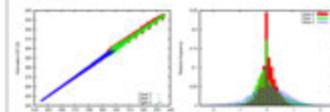


Comparison of transmittance(L), pathradiance(M) and downward irradiance(R) of ABI(chs. 13(T) and 15(B))



Comparison of the brightness temperature of chs. 13(L) and 15(M) and the error histogram (R)

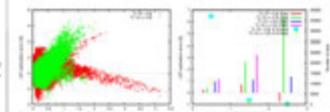
Split window 係数決定  
 3種の係数セット(chs. 13, 15の輝度温度により選択)



Split window error

| Case | Condition  | RMSE[K] |
|------|--|---------|
| 0    | $T_{13} < 290[K]$  | 0.35    |
| 1    | $T_{13} \geq 290[K]$ ,<br>$(T_{13} - T_{15}) < 0.33T_{13} - 94.6$    | 0.60    |
| 2    | $T_{13} \geq 290[K]$ ,<br>$(T_{13} - T_{15}) \geq 0.33T_{13} - 94.6$ | 0.94    |

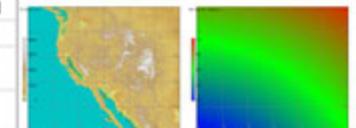
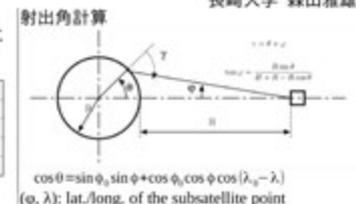
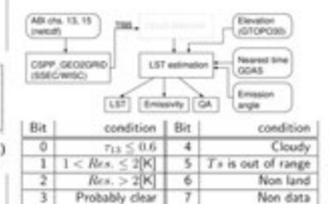
数値シミュレーションによる推定誤差把握



Simulated LST estimation error from ABI, L: relationship between the residue and error, R: Error histogram

連立方程式の RMS 残差と ch. 13の透過率が推定精度に関連がある→QA 情報として利用

データ処理フロー, QA

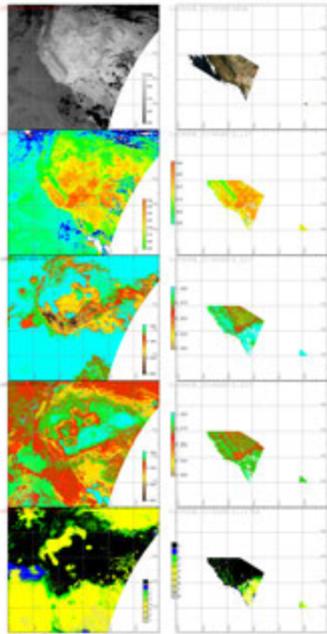


Elevation (L) and Emission angle (L)

まとめと今後

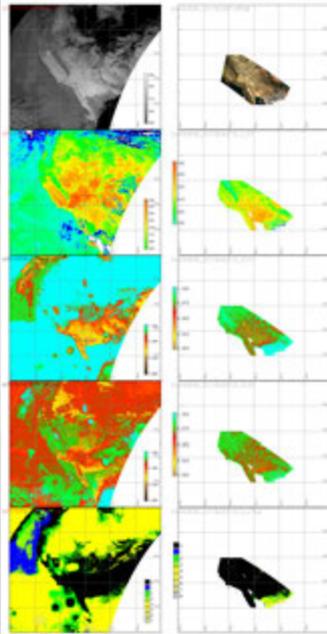
- ABI 向け LST 推定アルゴリズムとして準解析推定法を実装した。
- 高温での精度が低い
  - ch. 15の簡易放射伝達方程式の精度が高い
  - Split window の線形域から外れる
  - 高射出角への対応が不十分
- 雲検知アルゴリズム実装が急務

2019/09/01 18:56:20 GOES-S  
同日 18:56:05 観測の SGLI との比較



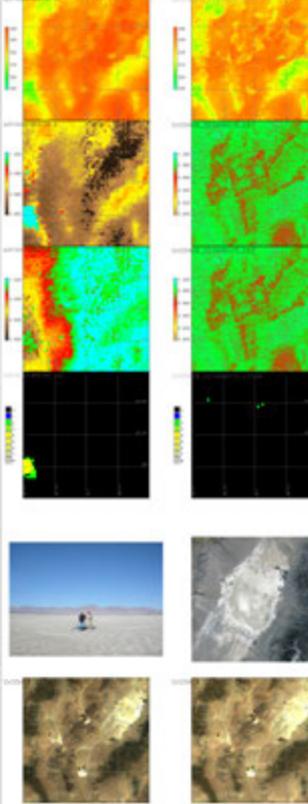
- L: ABI, R: SGLI
- ABI の推定射出率の変動幅が大きい
    - 取束はするものの、地表温度の変動が大きいと予想される。

2019/09/21 18:26:20 GOES-S  
同日 18:27:01 観測の SGLI との比較

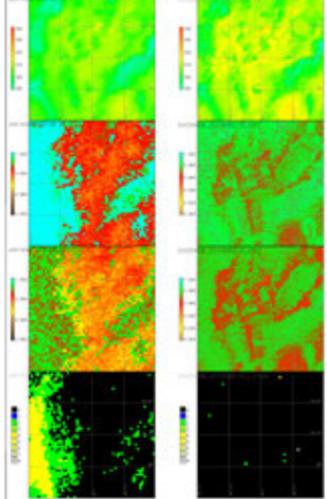


- L: ABI, R: SGLI
- 09/01 と同様に、推定射出率の変動が大きいので、地表温度の変動が大きいと予想される。

2019/09/01 Railroad valley plays



201909/21 Railroad valley plays



| Date  | SGLI EAngle | SGLI LST | ABI LST  | GND LST  |
|-------|-------------|----------|----------|----------|
| 09/01 | 310deg.]    | 334.7[K] | 337.8[K] | 332.7[K] |
| 09/21 | 190deg.]    | 313.4[K] | 309.1[K] | 312.7[K] |

## プログラム - 3

# 衛星リモートセンシングによる植物フェノロジーのモニタリング

楊偉 (Yang Wei)  
環境リモートセンシング研究センター  
千葉大学  
2020年2月20日

CEReS [第22回環境リモートセンシングシンポジウム] CHIBA UNIVERSITY

## What is vegetation phenology?

・季節の移り変わりに伴う植物の発芽、開葉、開花、紅葉、落葉など状態の変化を研究する学問のこと。(Lieth, 1974)

## Why study vegetation phenology?

➢ Biological response and feedback of vegetation to the climate system (Piao et al., 2019-GCB)

- ✓ e.g., Climate warming → earlier green-up & later senescence
- ✓ Longer growing season → increasing carbon uptake

## Methods for phenology observation at multi-scales

|                   |                  |            |                      |                          |
|-------------------|------------------|------------|----------------------|--------------------------|
| Human Observation | Phenology Camera | Flux Tower | Drone Remote Sensing | Satellite Remote Sensing |
|-------------------|------------------|------------|----------------------|--------------------------|

Scale Increasing →

|            |           |           |
|------------|-----------|-----------|
| Individual | Community | Landscape |
|------------|-----------|-----------|

Advantage of satellite remote sensing:  
Long-term observations at large scale  
*(referenced from Piao et al., 2019)*

## Remote sensing-based definition of Phenological Metrics

- (1) **Greenup onset (SOS)**: the date of onset of VI increase;
- (2) **Maturity onset**: the date of onset of VI maximum;
- (3) **Senescence onset**: the date of onset of VI decrease;
- (4) **Dormancy onset (EOS)**: the date of onset of VI minimum.

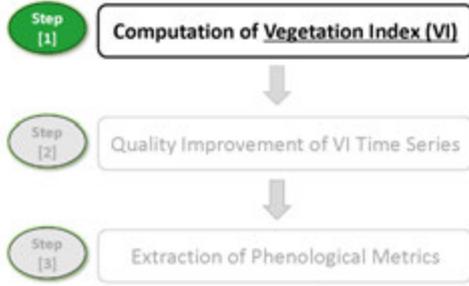
➢ Namely **Land Surface Phenology (LSP)**  
*(referenced from Zhang et al., 2016)*

## General Flow for Phenology Estimation

```

    graph TD
      Step1[Step [1] Computation of Vegetation Index (VI)] --> Step2[Step [2] Quality Improvement of VI Time Series]
      Step2 --> Step3[Step [3] Extraction of Phenological Metrics]
  
```

## General Flow for Phenology Estimation

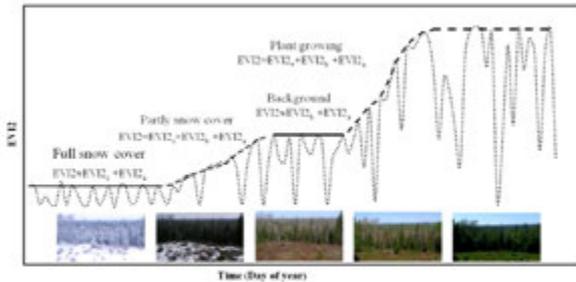


## Conventional Vegetation Indices (VIs)

- NDVI (normalized difference vegetation index)
- EVI (enhanced vegetation index)
- EVI2 (two-band enhanced vegetation index)
- .....

➢ However, these indexes are sensitive to the influence of **snow effect** on phenology estimation.

## 春先の雪解けの影響



- EVI2 is increased by snowmelt in early spring
- Estimation of SOS will be advanced (Zhang et al., 2015)

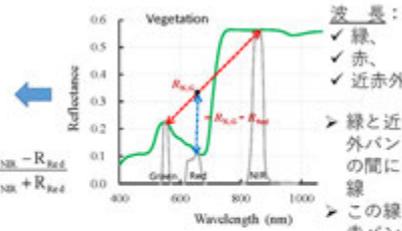
Step 1) A novel snow-free vegetation index:

## Normalized Difference Greenness Index [NDGI]

$$NDGI = \frac{DVI^*}{R_{NIR} + R_{Red}}$$

$$= \frac{R_{Green} - R_{Red}}{R_{NIR} + R_{Red}}$$

$$= \frac{\epsilon \times R_{Green} + (1-\epsilon) \times R_{NIR} - R_{Red}}{\epsilon \times R_{Green} + (1-\epsilon) \times R_{NIR} + R_{Red}}$$

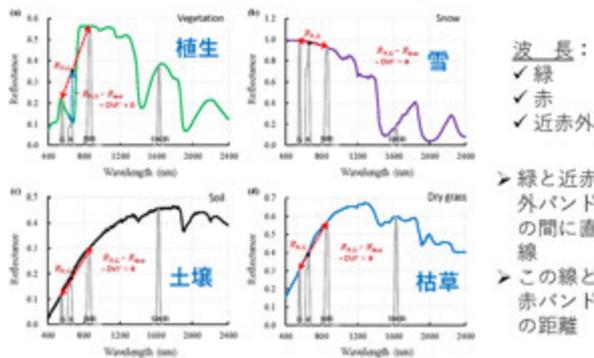


$$NDGI_{MODIS} = \frac{0.65 \times R_{Green} + 0.35 \times R_{NIR} - R_{Red}}{0.65 \times R_{Green} + 0.35 \times R_{NIR} + R_{Red}}$$

➢ NDGI is designed to remove the snow effect on phenology estimation.

(Yang et al., 2019, Remote Sens. Environ.)

## Mechanism of NDGI for being snow-free

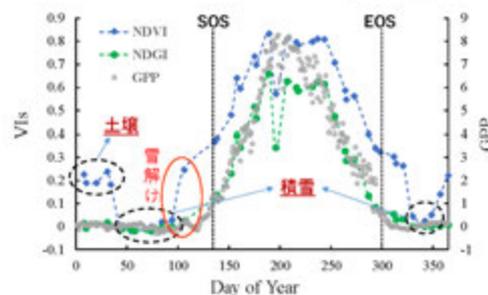


➢ NDGI is almost 'zero' except for green vegetation.

(Yang et al., 2019, Remote Sens. Environ.)

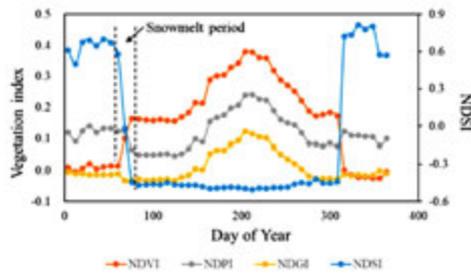
## 検証結果：時系列の比較

• FLUXNETサイトのCH-Hab (2006年)



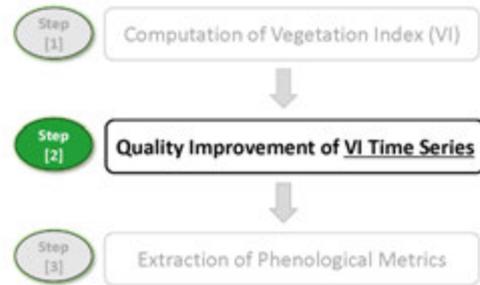
➢ 積雪と土壌のNDGI値が同様で、植生の成長プロセスは捉えること

## Validation @Grassland of Inner Mongolia (from third party)



- NDGI-based SOS estimations are more reliable than NDVI and NDPI-based SOS (Cao et al., 2020)

## General Flow for Phenology Estimation

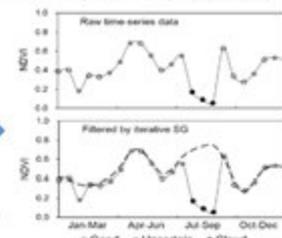


## Limitation of existing filtering methods

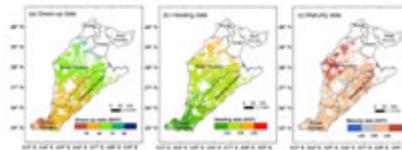
- Savitaky-Golay (SG) filter
  - Fourier transform
  - Wavelet transform
  - Whittaker filter
  - ... ..
- Limitation: cannot deal with continuous gaps (caused by snow, cloud or shadow) within the VI time-series

## A new filtering algorithm: Spatial-Temporal Savitzky-Golay (STSG) filter

- Integrates spatiotemporal information with the Savitzky-Golay method
- Can address continuous missing data in the VI time series

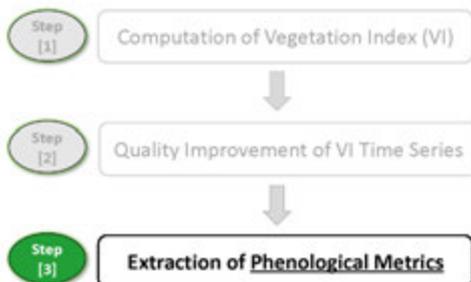


(Cao, ..., Yang, 2018, Remote Sens. Environ.)



- Applied to estimate winter wheat phenology in North China plain (Wu, Yang\*, et al., 2019, Remote Sens.)

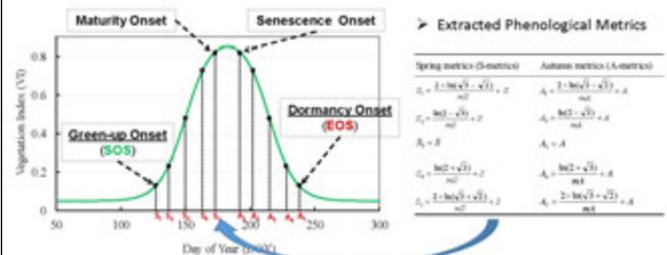
## General Flow for Phenology Estimation



## A widely-used phenology extraction method: Double Logistic Function-based method

- Double Logistic Function (DLF):

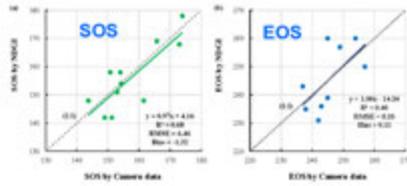
$$NDGI(DOY) = NDGI_{min} + (NDGI_{max} - NDGI_{min}) \times \left( \frac{1}{1 + e^{-a(DOY - b)}} + \frac{1}{1 + e^{-c(DOY - d)}} - 1 \right)$$



## Phenology based on NDGI + DLF

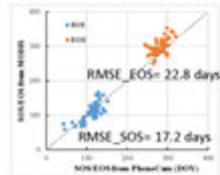
- Time-lapse camera

(ツンドラ, 6 サイト)



- PhenoCam sites

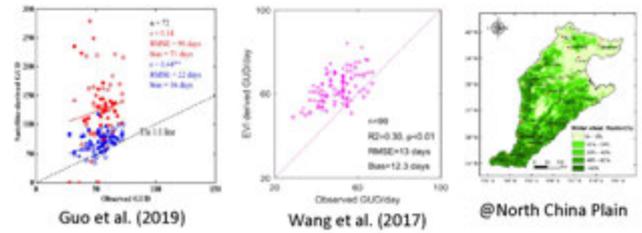
(森林, 9 サイト)



➤ Satisfactory accuracies have been obtained.

## Poor performances for croplands

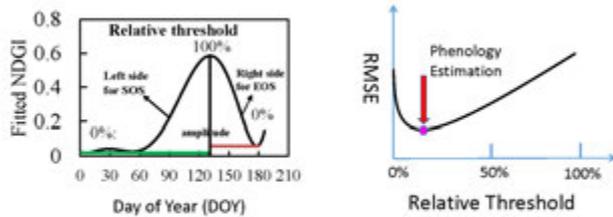
- E.g., for winter wheat phenology estimation



- Large discrepancies between field measurements and satellite estimations (by logistic function) of winter wheat SOS

## Relative Threshold method

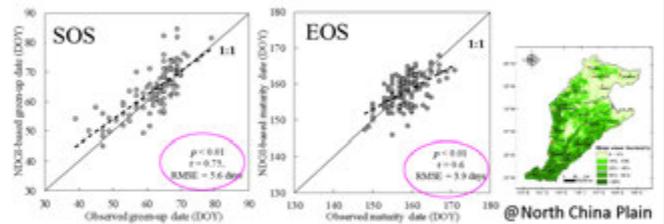
recalibrated for winter wheat



- A data-driven empirical method may not be globally applicable

(Wu, Yang\*, et al., 2019, Remote Sens.)

## Improved performances for winter wheat

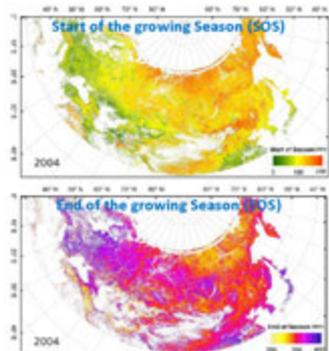


- Good agreements between field measurements and satellite estimation of winter wheat SOS and EOS

(Wu, Yang\*, et al., 2019, Remote Sens.)

LSP衛星プロダクトの  
試作

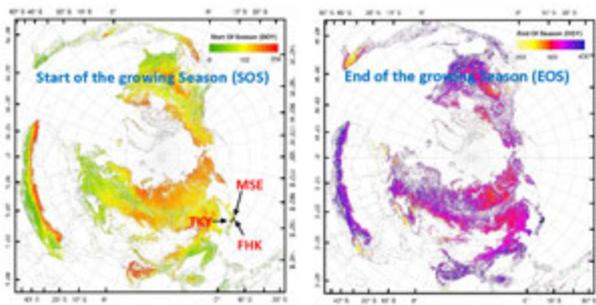
## MODIS data-based Estimation



- Input data: MOD09A1 (8-day, 500-m reflectance)
- Period: 2001-2018
- Areas: >30°N, Asia & Europe

- Reasonable spatial and temporal patterns were observed for SOS and EOS.

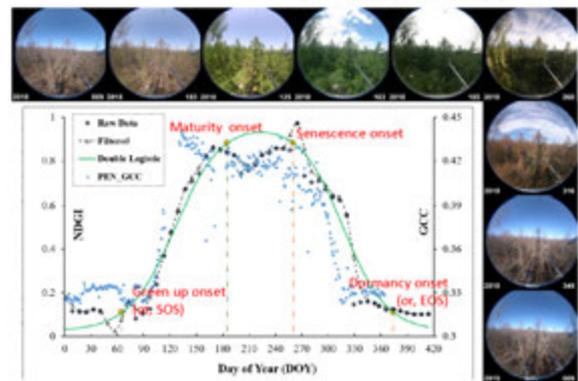
## GCOM-C data-based Estimation



- Input data: GCOM-C G4C (8-day, 250-m BRF)
- Period: 2018
- Areas: parts of the North-Hemisphere

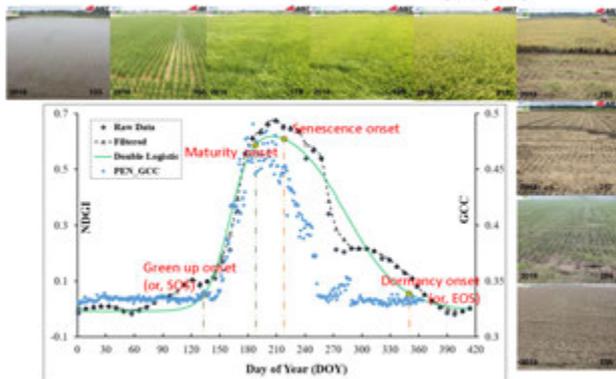


## Validation by PEN data: **FHK site** (富士北麓) (Deciduous Needleleaf Forest)



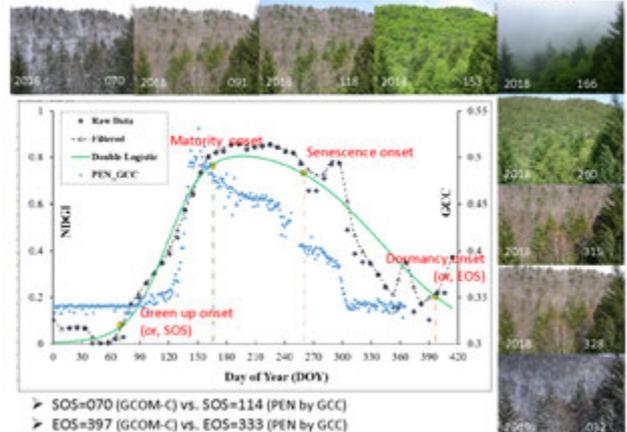
- SOS= 069 (GCOM-C) vs. SOS= 094 (PEN by GCC) ✓ Spring is better than Autumn
- EOS= 374 (GCOM-C) vs. EOS= 358 (PEN by GCC)

## Validation by PEN data: **MSE site** (真瀬水田) (Paddy Rice)



- SOS= 133 (GCOM-C) vs. SOS= 143 (PEN by GCC) ✓ Spring is better than Autumn
- EOS= 350 (GCOM-C) vs. EOS= 270 (PEN by GCC)

## Validation by PEN data: **TKY site** (高山広葉樹林) (Deciduous Broadleaf Forest)



- SOS=070 (GCOM-C) vs. SOS=114 (PEN by GCC)
- EOS=397 (GCOM-C) vs. EOS=333 (PEN by GCC)

## LSP衛星プロダクトの開発の現状

- Developed a new vegetation index (NDGI) and a new filtering method (STSG) for LSP estimation
- Collected phenology field observation datasets (PhenoCam and PEN)
- Generated preliminary LSP products based on MODIS and GCOM-C data

## 今後の取り組み

- Development of global **phenology extraction method** (combined ones for different ecosystems?)
- Generation of LSP products based on **different satellite data** (e.g., Sentinel-2 @10m, GCOM-C @250m, MODIS @500m, Himawari-8/9 @1000m)
- Integration with **Earth System Models** (e.g., JAMSTEC teams)
- Application to **Biodiversity studies** as one of the Essential Biodiversity Variables (EBVs)

➢ 共同研究は大歓迎！

Thank you for your attention



# 低コストドローンによる浅礫層分布の推定

○横堀潤<sup>1</sup>、丹羽勝久<sup>1</sup>、本郷千春<sup>2</sup> <sup>1</sup>(株)ズコーシャ、<sup>2</sup>千葉大学

## 背景・目的

最近、10~20万円程度の安価なドローンが市販され、空撮がより身近なものになっている。また、畑の土壌や作物のばらつきを把握するため、農業分野においてもドローン画像等のデータを利用したスマート農業の展開が期待されている。ただし、安価なドローンは、購入時に可視域の画像が撮影できるRGBカメラが搭載されているため、NDVIIに代表されるような近赤外域のデータを取得することは困難である。

農業場面での可視域の画像の有効利用として、昨年までの研究より、作物生育に影響する土壌肥沃度マップを可視域画像から作成した。また、その情報に基づいた可変施肥効果の有効性について明らかにした。一方、作物生育は土壌肥沃度以外に、礫層深度などの影響を受ける。具体的には、沖積土では礫が出現し、その出現深度が浅い(浅礫層)ほど、作物生育が不良になる傾向が多い。つまり、浅礫層の分布を可視化しておくことは重要である。

そこで、本研究の目的は、安価なドローンを用いて、可視域の画像から浅礫層分布の推定について検討した。

## 調査方法



市販されているドローン (DJI Phantom4 pro) を使用し、**降雨直後(画像撮影2日前に、累計34mmの降雨を記録)の2019/6/19に表層土壌を撮影**

【現地調査】 2019/6/27  
検土杖による礫層出現深度調査 13地点

撮影画像の青域、緑域、赤域のデジタル値を算出

礫層出現深度の値とデジタル値の関係性を回帰分析により検討



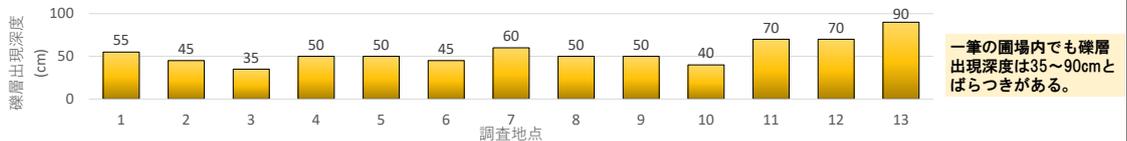
図1 調査日とアメダス降水量



図2 6月19日の画像と観測地点(13地点)

## 調査結果

### ① 礫層出現深度



一筆の圃場内でも礫層出現深度は35~90cmとばらつきがある。

図3 調査地点の礫層出現深度結果

### ② 礫層出現深度と画像との関係

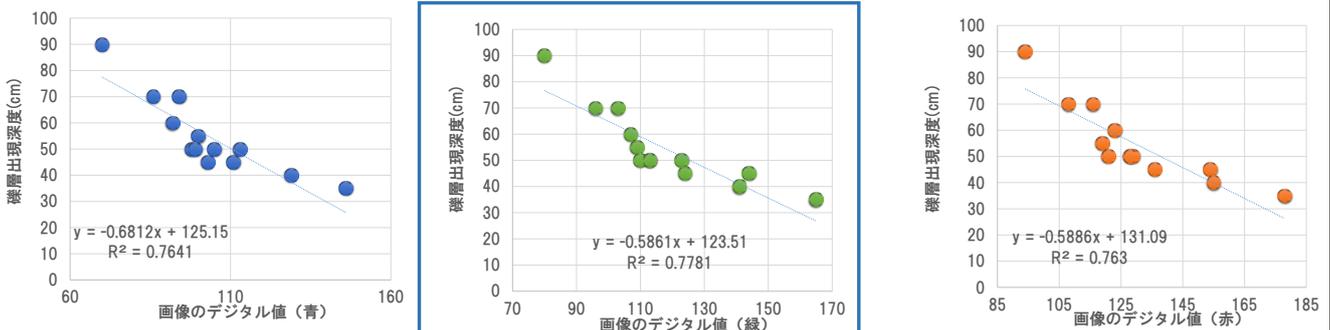


図4 調査地点の礫層出現深度と画像のデジタル値の関係

各波長とも画像のデジタル値と礫層出現深度には高い負の相関がある。特に緑の波長がもっとも高い。礫層出現深度が浅礫層では、乾燥が早く進行し、土の色が濃から淡に変わる速度が早いことが理由として考えられる。

### 結論

- ・ 礫層出現深度は一筆圃場内でも大きく異なっている。
- ・ 降雨直後の画像を用いることで、沖積畑土壌の浅礫層を把握できる可能性が示された。
- ・ その理由として、浅礫層では表層土の乾燥が早く、その乾燥進捗の不均一性を表層土画像の濃淡が精度良く捉えていたことが考えられる。

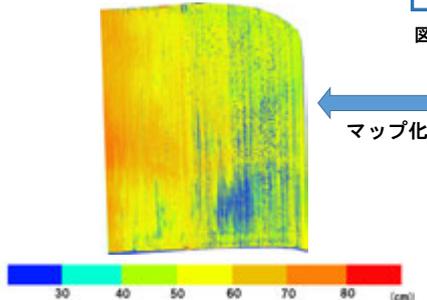


図5 礫深度マップ

# 地上センサおよび UAV を用いた NDVI 同時観測の比較分析

A comparative study of NDVI observations using ground sensors and UAVs

田中 圭 (日本地図センター) ・ 濱 侃 (横浜国立大学) ・ 近藤昭彦 (千葉大学)

## はじめに

日本の農業分野でもドローンの導入が各地で進んでいる。2016年にマルチロータ型の農業散布機が続々と農林水産航空協会の認定を受けており、2017年から日本各地の圃場で運用されはじめてきている。農業分野におけるドローンの利用目的は、農業散布が大きな割合を占めているが、ドローンや農業用ロボット、IoT 技術を駆使して生育管理を行う精密農業の利活用例も多くなってきている。その生育管理の指標として **NDVI がよく用いられる**。そこで、本研究では地上に設置したセンサおよびドローンを用いて上空から同時計測した結果から、生育ステージごとに NDVI を計測する最適な時間を明らかにすることが目的である。

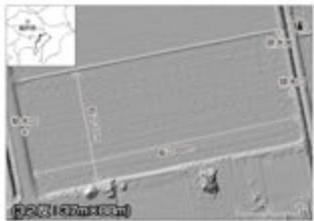
## 結果 水稻栽培における最適な NDVI の計測時間

**最適時間：10時** 曇天時は 10時以外でも計測可能

(農作業の休憩時間)

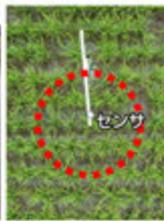
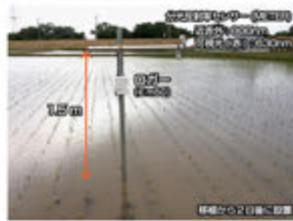
分けつ期・幼穂形成期 (植被率 0 ~ 70%) → 早朝・正午・夕方の計測は避けた方がよい  
 晴れの日 (雲量 2 ~ 8) → 雲の流れを読んで、飛行中に日照条件が変化しないときを狙うべし

**対象地域** 品種 コシヒカリ  
 埼玉県坂戸市の水田を試験サイト



**機材**

地上フィールドセンサ



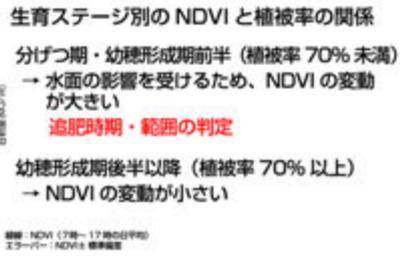
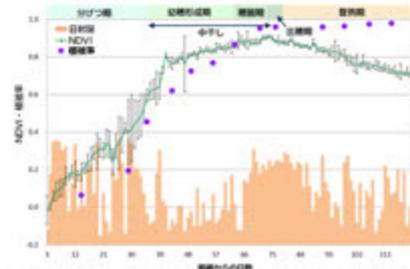
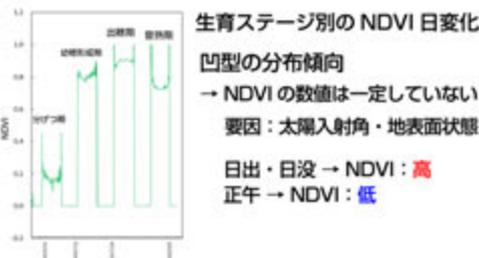
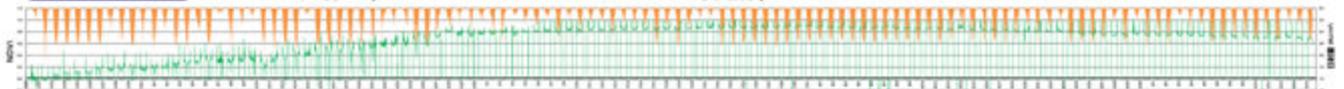
全天日射計



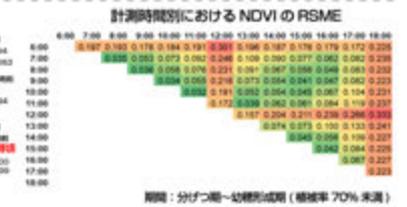
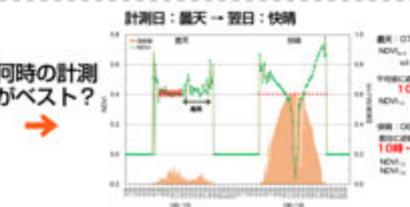
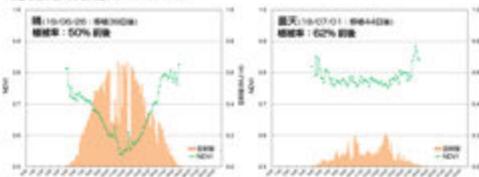
UAV



## 解析 NDVI・日射量 (19/05/20 ~ 19/09/15 : 10分間隔)



### 幼穂形成期の NDVI



### ドローン・地上センサの同時観測



# リモシミュレーションモデルとリモートセンシングを用いた作物生産量推定法の検討 第3報 仙台市沿岸部農家圃場におけるダイズ生産量の圃場内変動評価

山本修平<sup>1\*</sup>M2・橋本直之<sup>1\*</sup>D3・本間香貴<sup>1</sup>・牧雅康<sup>2</sup>・本郷千春<sup>3</sup> (<sup>1</sup>東北大農, <sup>2</sup>福島大食農, <sup>3</sup>千葉大CERes)



## 背景と目的

日本のダイズは生産量が低い。生産阻害要因を評価し、適切な対策を講じることができれば現在の1.5~2倍は増加させることができると予想される。大きな課題の一つが、圃場内でも場所によって生育や生産量が大きくばらついていることである。このような圃場内変動を量的に評価するために、リモートセンシングと水収支モデルの利用を検討した。本発表では2019年に仙台市沿岸部の農家圃場において計測したデータに基づき、土壌水分特性の圃場内変動を評価するために、ドローンによる空撮画像を活用した解析を試みた。

## ①水収支モデルによる評価

水収支モデル(本間ら 2010)

$$\Delta Aw = Pr + Ig - Et - Dr$$

$$Dr = a(Aw - AWHC)$$

$$SMC = SMC_0 + Aw/Sd$$

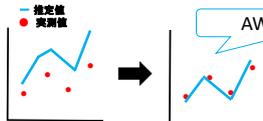
設定パラメータ

$a$  : 浸透・流出のしやすさ

$AWHC$  : 土壌水分保持能力

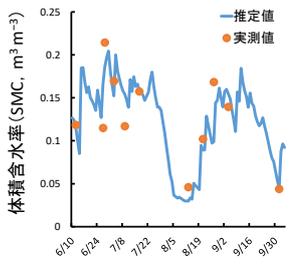
$SMC_0$  : 土壌水分の下限

$Sd$  : 土層の厚さ

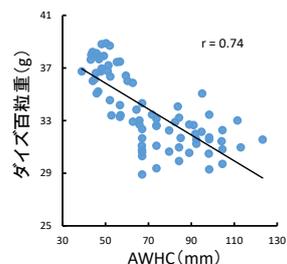


AWHC=▲・・・  
数値最適化手法で最適化することによりパラメータ決定

パラメータを使って土壌水分特性を評価する



モデル出力結果

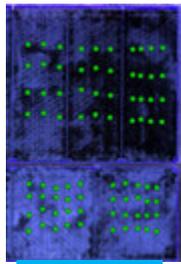


AWHCによる生産量の変動

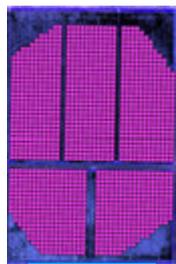
線形補間により圃場内変動画像を作成



AWHC圃場内変動



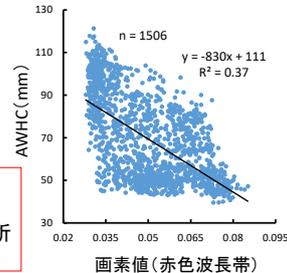
6/12 空撮画像



5mメッシュ

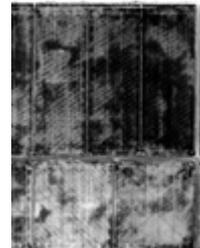
メッシュで解析、おおよその分布が一致

土壌水分特性の圃場内変動は、線形補間によって推定可能である。ドローン画像は、メッシュを用いた解析により有効に活用できる。

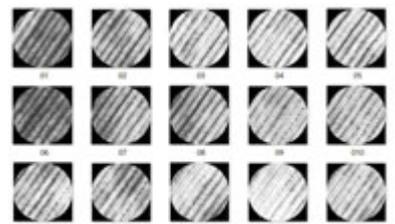


画素値(赤色波長帯)

## ②土壌水分特性の抽出法の検討



6/12画像(赤色波長帯)



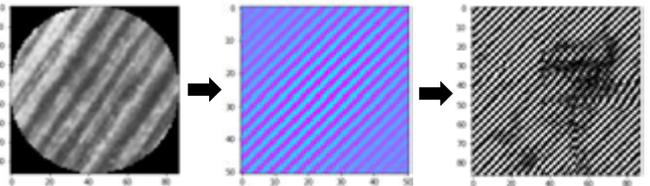
80地点分, 切り出し

ガボールフィルタ:  
特徴量G(k, σ, θ, λ, γ, ψ)を抽出

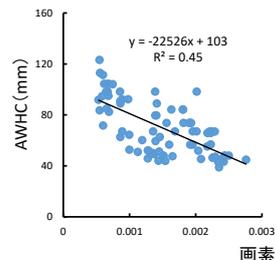
設定パラメータ(open CV)

k: サイズ / σ: 波の範囲 / θ: 向き

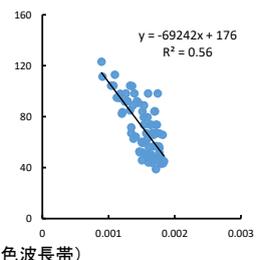
λ: 波長 / γ: 直角方向の範囲 / ψ: 位相



ガボールフィルタによる特徴量抽出



フィルターなし



フィルターあり

特徴量抽出によって、画像による推定精度が向上する可能性が示唆された。

## まとめ

水収支モデルにおけるパラメータを用いてダイズ生産量の変動を評価した。また、このパラメータの圃場内変動は、線形補間とドローンによる空撮画像によって評価可能であった。メッシュ解析や特徴量抽出は農家圃場の空撮画像を活用するために有効であると考えられた。

## 材料と方法

調査場所: 仙台市若林区 農業組合法人せんたいあらはま管理圃場 約4ha内に調査地点を80点設定  
調査日時: 2019年6月~10月, 1週間1回の頻度で携帯型土壌水分計で土壌水分測定  
使用機材: ドローン(Phantom3 Advanced, DJI), マルチスペクトルカメラ(SEQUOIA, Parrot), GISソフト(QGIS)  
土壌水分計(Fieldscout TDR100, Spectrum technologies), 画像処理ソフト(Meta shape, Agisoft)



携帯型土壌水分計

|        | 中心波長 (nm) | バンド幅 |
|--------|-----------|------|
| 緑      | 550       | 40   |
| 赤      | 680       | 40   |
| レッドエッジ | 735       | 10   |
| 近赤外    | 790       | 40   |

カメラ



# Spatial Distribution of Urban Heat Island In Denpasar, Bali Based On Remote Sensing Imagery



Abd. Rahman As-syakur & Takahiro Osawa

Center for Remote Sensing and Ocean Science (CReSOS), Udayana University, PB Sudirman street, Denpasar, Bali, 80232 Indonesia; Email: assyakur@unud.ac.id

## Background

- In Bali, Indonesia, an increase in the tourism industry and the population is creating huge social and environmental problems, especially on urban land use changes.
- Almost noticeable phenomenon that has arisen as a result of city expansion is that urban climates are warmer and more polluted than their rural counterparts (Lo and Quattrochi 2003), or called the urban heat island (UHI) effect.
- The UHI is the characteristic warmth of urban areas compared to their (non-urbanized) surroundings. Generally, it refers to the increase in air temperatures, but it can also refer to the relative warmth of surface or subsurface materials (Voogt and Oke, 2003).
- The availability of land surface temperature (LST) from Landsat data has significantly facilitated the study of the relationship between UHI and surface biophysical parameters (Li et al., 2011).
- The objective of this study was to quantify the entire urban heat island over Denpasar, Bali, Indonesia as a continuously varying surface by using Landsat satellite data. It was expected that the dependence of measured heat island magnitude on spatial variations could be overcome.

## Research Location & Data Uses

The study have done in Denpasar city, Bali Province, Indonesia. Denpasar city has four districts: North Denpasar, South Denpasar, West Denpasar, and East Denpasar. Figure 1 indicates the distribution of Denpasar city and six graphic profiles (transects) to examine their intra-urban variation. The population of Denpasar reached 335,196 people in 1992 and increased to 880,600 people in 2015, an increase of more than 250%. The main remote sensing data used in this study is daytime Landsat 5 TM and Landsat 7 ETM+, acquired on 3 February in 1995 and 21 March in 2003, respectively in Path 116 and Row 66. We used TIR (Thermal Infrared) bands 6 (10.3–12.4 μm) to estimate land surface temperature. Visible/Near-Infrared bands 3 (0.63–0.69 μm) and 4 (0.77–0.90 μm) used to calculate emissivity (ε) with the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) approach.

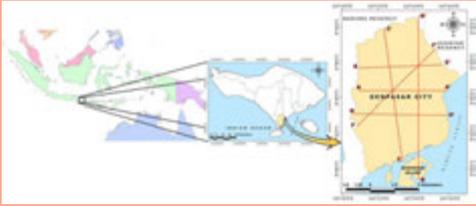


Fig 1. The study area of Denpasar, Bali Province, Indonesia. Lines indicating the transect cross section to examine LST intra-urban variation.

## Methods

In order to convert the DN data from Landsat TM and Landsat ETM+ into spectral radiance, Equation (1) can be written as (Chander et al. 2009):

$$L_{sat} = gain \times DN + bias$$

where gain is the slope of the radiance/DN conversion function, and bias is the intercept of the radiance/DN conversion function and can be found in header files of TM/ETM+ image. Hereafter, the at-sensor spectral radiance converted to at-satellite brightness temperature in Kelvin, T ("K"), by the following equation:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{sat}} + 1\right)}$$

where  $K_1$  and  $K_2$  are pre-launch calibration constants.  $K_1 = 607.76$  and  $666.09$  ( $mW\ cm^{-2}\ sr^{-1}\ \mu m^{-1}$ ) for Landsat TM and ETM+, respectively; and  $K_1 = 1260.56$  K and  $1282.71$  K for Landsat TM and ETM+, respectively.

The temperature values obtained above are referenced to a black body. Therefore, corrections for spectral emissivity (ε) became necessary according to the nature of land cover (Van de Griend and Owe 1993). Each of the land use/land cover categories was assigned an emissivity values. The emissivity-corrected land surface temperatures in Kelvin (Trad, "K") were finally computed as follows (Artis and Camahan 1982):

$$T_{rad} = \frac{T}{1 + (\lambda + T + (h \times c / \sigma) / T^2)}$$

Where: λ = wavelength of emitted radiance (for which the peak response and the average of the limiting wavelengths (λ = 11.43 μm) will be used); ε = surface emissivity; σ = Boltzmann constant ( $1.38 \times 10^{-23}\ JK^{-1}$ ); h = Planck's constant ( $6.26 \times 10^{-34}\ Js$ ); and c = velocity of light ( $2.998 \times 10^8\ m\ s^{-1}$ ).

In fact, the emissivity (ε) estimated by utilizing NDVI (Valor and Caselles 1996; Van de Griend and Owe 1993). Surface emissivity on pixel scale derived using NDVI in conjunction with proportional vegetation cover. NDVI computed from image data using the following formula (Tucker, 1979):

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

where NIR and Red is the Landsat surface radiance for the near-infrared and red bands, respectively. When NDVI values range from 0.157 to 0.727, Van De Griend and Owe (1993) gave an effective equation as follows:

$$\epsilon = 1.0094 + 0.047 \ln(NDVI)$$

For the area that the NDVI value is out of the range (0.157–0.727), it is using the emissivity values recommended by Zhang et al. (2006) as shown in Table 1.

To examine the distribution of estimated urban heat islands, the surface radiant temperature was classified into three temperature types based on the standard

deviation as a criterion for classifying temperatures (Smith 1986; Garcia-Cueto et al. 2007; Zhand and Wang 2008).

- The thermal differences are considered normal if they are ± 1 times of standard deviation, with regard to the mean value of temperature;
  - They are considered as cold points, that is, cold islands, if the thermal differences are < -1 times of standard deviation, and
  - They are considered as warm points, that is, heat islands, if the thermal differences are > +1 times of standard deviation.
- Finally, six graphic profiles (transects) were outlined on both image to estimated their intra-urban variation of land surface radiant temperature (see Figure 1).

Table 1. Estimation of emissivity using NDVI

| NDVI                  | Land surface emissivity (ε)      |
|-----------------------|----------------------------------|
| NDVI < -0.185         | 0.985                            |
| -0.185 = NDVI < 0.157 | 0.955                            |
| 0.157 = NDVI = 0.727  | $1.0094 + 0.047 \cdot \ln(NDVI)$ |
| NDVI > 0.727          | 0.990                            |

Zhang et al. (2006)

## Results and Discussion

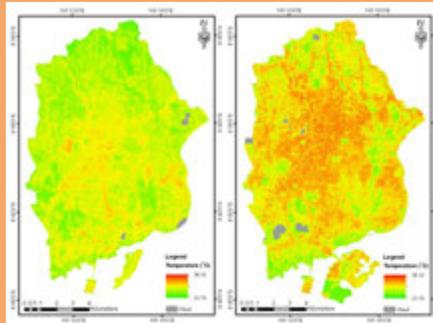


Fig 2. Geographical distribution of LST in Denpasar at 1995 (left) and 2003 (right).

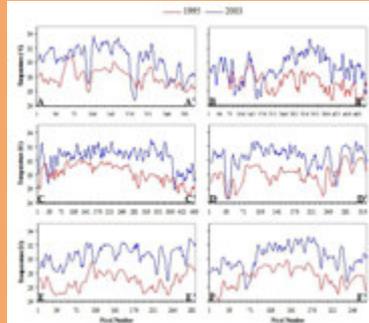


Fig 3. Daytime LST profile (transects) in 1995 and 2003 at six different places in Denpasar area extracted from line cross from Figure 1.

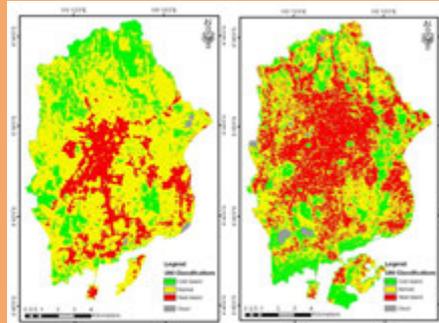


Fig 34 Warm-cold islands distribution in 1995 (left) and 2003 (right).

Figure 2 left and right shows geographical distributions of LST in Denpasar in 1995 and 2003, respectively. Very clear seen the LST in 1995 quite large increase compared to 2003. In 1995, the areas with higher surface radiant temperature were mainly located in the central urban area with a typical strip-shaped associated with the traffic road systems. In 2003, the extent of LST increased significantly. With the growing central urban area, the extent of LST dramatically expanded from the inner cycle highway to the outer one, linking the suburban areas and the substantially growing satellite towns, which were characterized with small and obvious sub-centers with higher surface radiant temperatures.

Figure 3 shows daytime LST graphics profile (transects) in 1995 and 2003 at six different places in Denpasar area extracted from line cross from figure 1. In the LST transects profile presented it is

possible to observe numerous "ridges", "valleys", "plateaus", "peaks" and "basins", indicating the heterogeneous nature of land surface temperature over the space. Transect line generally shows LST in center of urban area higher than in the edges of sub-urban area. The "valleys" and "basins" of transect line indicated high density of vegetation from urban forest (holy area) or growing time period of paddy field. Based on Figure 3 left and right, percentage areas of UHI show from 1995 to 2003 the areas of the cold island decrease from 18.54% to 16.99%. The normal areas also decrease from 64.38% to 47.20%. While the heat island areas increase from 17.09% to 35.31% of the whole area. Difference in UHI patterns in Denpasar is associated with many factors, including changes in land use land cover and the presence of vegetation in urban areas.

## Conclusions

- The UHI phenomenon in Denpasar area has been found in 1995 and 2003. Areas of heat island dominant occurred in central part of urban area and significantly increased and expanded from 1995 to 2003. In general, LST intensity decreases gradually from the central parts of the city towards the surrounding.
- Based on UHI classification from 1995 to 2003 the areas of the cold island decrease from 18.54% to 16.99%. The normal areas also decrease from 64.38% to 47.20%. While the heat island areas increase from 17.09% to 35.31% of the whole area.
- Surface radiant temperature and surface UHI patterns in Denpasar are characterized by urban surface bio-physical parameters.
- Increase of LST and areas of UHI from 1995 to 2003 are may causes by land use land cover change and the existing of vegetation abundance changes.
- Because we did not perform land use land covers changes analysis, is still uncertain reason. It is necessary to doing further study to find out the relationship between land use land cover change and the presence of vegetation with UHI distribution in this city. That use several remote sensing indices are possible to found these relationships.

## References

- García-Cueto, O.R., Jáuregui, E., Toudert, D. and Tejeda, A. (2007). Detection of the urban heat island in Mexico, B. C., Mexico and its relationship with land use. *Atmosfera* 20:111-132.
- Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X. and Wu, J. (2011). Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote Sensing of Environment* 115:3249-3263.
- Lo, C.P. and Quattrochi, D.A. (2003). Land-Use and Land-Cover Change, Urban Heat Island Phenomenon, and Health Implications: A Remote Sensing Approach. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 69:1053-1063.
- Van de Griend, A.A. and Owe, M. (1993). On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *International Journal of Remote Sensing* 14:1119-1131.
- Voogt, J.A. and Oke, T.R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment* 86:370-384.
- Zhang, J., Wang, Y. and Li, Y. (2006). A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band6. *Computers and Geosciences* 32:1796-1805.

# UAVリモートセンシングおよび気象観測を用いた玄米のタンパク含有率に対する温暖化の影響評価



濱 侃 (横浜国立大学・学振PD)・田中 圭 (日本地図センター)  
望月 篤・鶴岡 康夫 (千葉県農林総合研究センター)・近藤 昭彦 (千葉大学・CEReS)

## ■ 温暖化とモンスーンアジアの水稲生産

CO<sub>2</sub>濃度の上昇・気温上昇



ポジティブな影響

ネガティブな影響

生産量の増加

CO<sub>2</sub>濃度の上昇 → 光合成に伴う乾物生産量を増加

高温障害の発生

気温の上昇 → 受精障害・外観品質の低下

栄養素の含有率の低下

CO<sub>2</sub>濃度の上昇 → 光合成に伴う乾物生産量を増加

→ タンパク質 (またはビタミン) の割合が低下

→ アジアで深刻な栄養不足が発生 (Zhu et al. 2018)

## ■ 気象データとタンパク含有率の関係

日射量とタンパク含有率: 日射量の増加 → 光合成に伴う乾物生産量を増加 → **タンパク含有率の低下**

CO<sub>2</sub>とタンパク含有率: CO<sub>2</sub>濃度の上昇 → 光合成に伴う乾物生産量を増加 → **タンパク含有率の低下**

気温とタンパク含有率: **異なる2つの先行研究が存在**

① 気温の上昇 → **タンパク含有率の上昇**: 室内実験およびポット試験の結果

② 気温の上昇 → **タンパク含有率の低下**: 圃場試験の結果 (田植え日を変えた実験)



研究事例を蓄積し、その研究成果を比較することで、温暖化に伴うタンパク質の含有率の変化に関する理解を深める必要がある。

本研究: 千葉県の試験圃場を対象とした観測データに基づき、温暖化がタンパク含有率に与える影響についての考察を行った。

## ■ タンパク含有率の推定

ドローン: Zion Pro 800(enRoute)など

近赤カメラ: Yubaflex(BIZWORKS)

気温・日射量データ: メッシュ農業気象データ (農研機構)

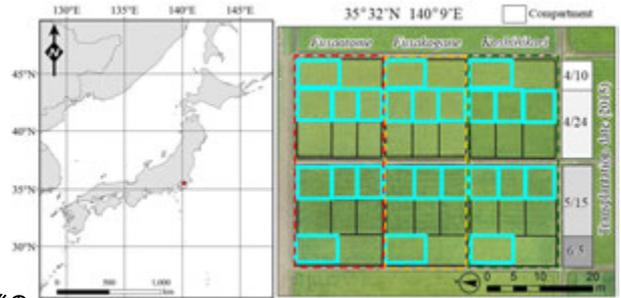
サンプル: 千葉試験地 (2015~2017)

重回帰分析の結果

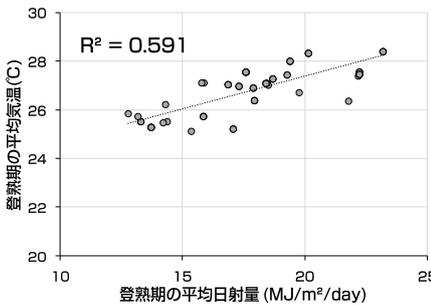
※千葉試験地では田植え日を全4期に変化させている。

タンパク推定式  $PC = 17.28 NDVI - 0.07 SR + 3.16$   $R^2 = 0.588$

ここで、PC: タンパク含有率(%), NDVI: 出穂期のNormalized Difference Vegetation Index, SR: 登熟期の平均日射量である。なお、出穂期から5~20日後の平均日射量が、タンパク含有率と最も相関が高くなった。

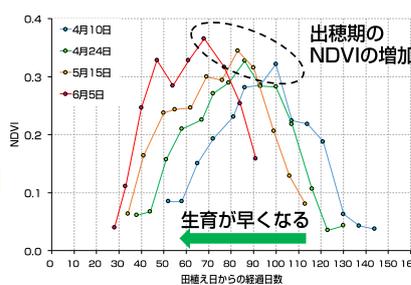


## 本研究のサンプルの登熟期における平均気温と平均日射量の関係



本研究 (圃場試験)  
気温の上昇  
⇒ **タンパク含有率の低下**  
先行研究と整合的な結果  
田植え日を変える試験  
↓  
登熟期の気温と日射量に相関  
↓  
日射量の影響が大きい  
日射量の増加  
⇒ **タンパク含有率の低下**

## 田植え日の違いによるNDVIの変化



田植え日が遅くなる  
⇒ 生育期間の気温の上昇  
・ 生育が早くなる  
・ **出穂期のNDVIの増加**  
↓  
NDVIは窒素含有率を反映  
⇒ 窒素含有率の増加  
⇒ **タンパク含有率の増加**  
↓  
生育期間の気温の上昇  
・ NDVIの最大値の増加  
⇒ **タンパク含有率の増加**

本研究: 温暖化による気温の上昇 ⇒ **タンパク含有率の増加**

## ■ 食味ランキングでみる食味と推定タンパク含有率の関係

日本では、タンパク含有率が高いほど、食味の評価が低くなる。

タンパク含有率が高くなりやすい場所は?

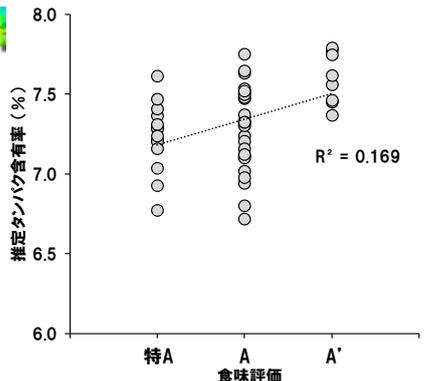
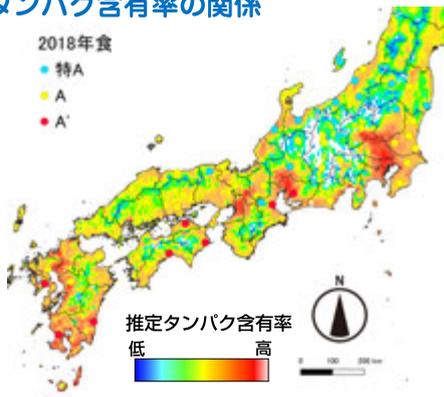
・ NDVIの最大値が高い場所

⇒ 生育期間が高温の場所

米の食味ランキングデータ (コシヒカリ) と気温データ (メッシュ農業気象データ) を比較 (日本穀物検定協会, 2018年度データ)

食味評価は特Aが最高評価, B' が最低評価

⇒ 気温が高いほど、評価が低くなりやすい



# プログラム研究 研究会



# 研究会報告:ひまわり 8/9 号の陸域利用に関する研究会

高知大学 松岡真如 CEReS対応教員 市井和仁

**目的** ひまわり8号は順調に観測を重ねており、学術論文の件数も急激に増加している。だが、その多くは海外の研究者によるものであり、日本のセンサであるにも関わらず、国内で研究利用・実利用が進んでいるとは言い難い。千葉大学環境リモートセンシングセンターは、独自に処理したデータを公開するなど、ひまわり8号の科学的利用において重要な役割を担っている。本研究会は、植生を中心とした陸域環境モニタリングにおけるひまわり8/9号の利用を活性化するため、アルゴリズム、プロダクト、応用研究について整理するとともに、今後のコミュニティ形成と大型予算獲得について議論することを目的とする。

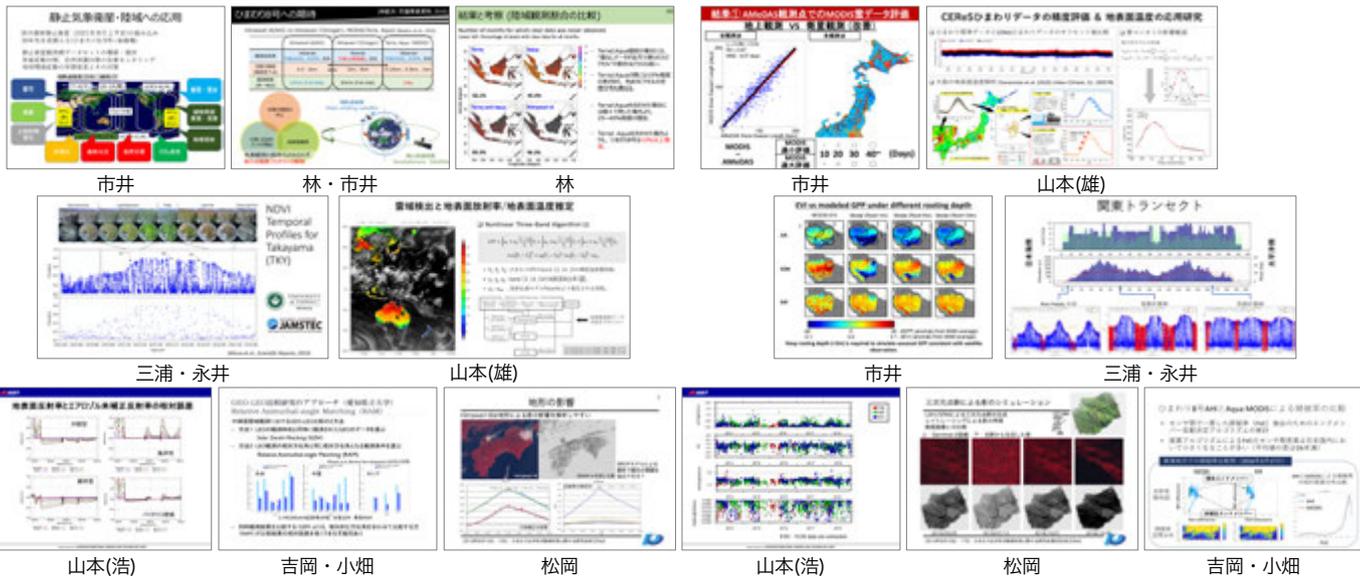
## 概要

1回目：2019年6月14日・15日

2回目：2019年9月16日・17日

|   |  |
|---|--|
| 第1部：ひまわり8/9号を用いた陸域の応用研究に向けて<br>ひまわり8号の応用研究の例：陸域物質循環の推定に向けて「ひまわり」観測と他のセンター、ビッグデータ等との統合的解析の可能性<br>GCOM-Cでの陸域プロダクト開発と静止気象衛星への適用の可能性について<br>Himawari NDVI時系列データ解析 | 市井和仁<br>永井 信<br>小林秀樹<br>三浦知昭                 |
| 第2部：ひまわり8/9号のデータ処理と精度<br>ひまわり8号データを用いた雲域検出と地表面温度推定<br>東南アジアにおけるひまわり8号高品質データ生成効率の解析<br>大気補正アルゴリズム開発と校正検証<br>観測結果のGEO-LEO間相対的比較に関する研究<br>ひまわり8号の大気補正と地形補正の試み    | 山本雄平<br>林 航大<br>山本浩万<br>吉岡博貴<br>小畑健太<br>松岡真如 |
| 第3部：成果の活用<br>CEReSにおけるデータ処理とプロダクト提供の環境<br>国際的な連携と活動成果のアピールについて  | 市井和仁<br>永井 信・市井和仁                            |
| 第4部：総合討論<br>プロダクトの作成と利用に向けて   |  |

|  |                              |
|--|------------------------------|
| 第0部：前回の振り返りとCEReSのひまわり8/9号データについて<br>調査票について<br>CEReSのひまわり8/9号データの概要   | 松岡真如<br>市井和仁                 |
| 第1部：ひまわり8/9号の利用について（現状・計画・提案など）<br>CEReSひまわり8号データの幾何補正精度評価」と<br>「地表面温度推定における雲コンタミの影響軽減<br>静止気象衛星データセットで何ができそうか？<br>大気補正アルゴリズム実装 - GLI, ASTER, HISUIでの経験 -<br>ひまわり衛星データによる日本列島上の植生季節変動解析の中間報告 | 山本雄平<br>市井和仁<br>山本浩万<br>三浦知昭 |
| 地形や地物による影の影響とその補正<br>GEOとLEOによる緑被率の比較について  | 松岡真如<br>吉岡博貴・小畑健太            |
| 第2部：ひまわり8/9号のプロダクトについての議論<br>幾何補正について<br>大気補正について<br>放射量補正について<br>オルソ補正について  | 放射量補正について<br>オルソ補正について       |
| 第3部：総合討論<br>プロダクトの作成と利用に向けて  |                              |



## 参加者からの一言

市井：ひまわり8号で陸域モニタリング研究の新展開を！  
 三浦：ひまわりでは植生季節変化をより詳細に観測できる  
 林：東南アジアではひまわり8号による高頻度観測が重要な利点となる  
 山本(雄)：ひまわり8号データから地表面温度が算出可能にただし検証が必要  
 吉岡・小畑：GEO衛星を用いた陸域の研究を網羅的に進めるためには国内研究グループによる取り組みの組織化が重要  
 山本(浩)：特に、エアロソル光学的厚さの厚いところ( $\tau \geq 0.1$ )ではエアロソルタイプや波長によって程度が異なる  
 松岡：地形の影響を考慮したBRDFモデルが必要

市井：この分野はこれからの1-2年が勝負！  
 三浦：ひまわりでは土地被覆・植物種の違いがより明瞭に観測できる  
 山本(雄)：高時間分解能を利用することで地表面温度の時間補間が可能に。“日変化特性”に着目した解析に期待  
 吉岡・小畑：センサ間で一貫した植生情報を抽出できる可能性あり  
 山本(浩)：地上観測によるエアロソル各種パラメータを用いた検証を行い大気補正処理の高精度化を目指す  
 松岡：樹冠による影の影響も定量化の必要がある

## まとめ

- Himawari-8/AHIデータを提供/解析しているCEReSの役割は大きい
- CEReSがHimawariの陸域研究のコミュニティをリードすることに期待
- 研究会に継続的な支援をお願いしたい

謝辞：本研究会は、2019年度千葉大学環境リモートセンシング研究センター共同利用研究の支援を受けて開催されました。

## 関連事項

- 参加者による共同研究がNature researchのScientific Reportsに掲載 (三浦・永井・市井・吉岡)
- 参加者による科研費が進行中 (吉岡・小畑・市井・山本(雄)・松岡) (その他にも4件申請中)



# 一般研究

## リモートセンシングによる広域の植物蛍光強度分布画像取得の提案

○増田健二(静岡大学)・眞子直弘・久世宏明(CEReS)

**背景** > 植物葉のクロロフィル蛍光は植物の光合成活動のよい指標である。とくに、**ストレスの早期検出**に有用であることが指摘されている。

> パルス変調法 (Pulse amplitude modulation, PAM) により個葉レベルの蛍光強度の測定が可能。  
Schreiber, 1994

> GOSATなどで植物蛍光が観測。756 – 759nm (0.01nm) 南極のデータからオフセット。  
Daumard, 2010

> 圃場上空に設置したクレーンをプラットフォームとした植物蛍光測定法が提案されている。

**PAM Instrument**

C. Frankenberg, 2010

### 目的

- 太陽光誘起蛍光 (Solar-induced fluorescence, SIF) 測定
- > 農業や林業で活用しやすいよう、距離10~100m程度から**群落レベルでのSIF観測**が可能なシステムを開発。
- > より広域での**SIF強度分布画像取得**。
- > SIFの強度および光化学反射指数の広域分布画像を取得し、**熱放散の効果を加味したSIF補正によって、光合成速度(光合成能力)を推定**。

### 本講演の内容

- > 樹冠レベルの蛍光強度と個葉レベル光合成の日変化測定(コナラ等森林)。
- > SIFと光化学反射指数の両方から光合成速度の推定(スペクトルデータ)。
- > より広域での蛍光強度分布画像取得の提案。
- > 広域蛍光強度分布画像データから光合成速度画像の推定。

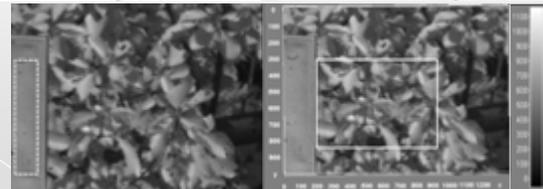
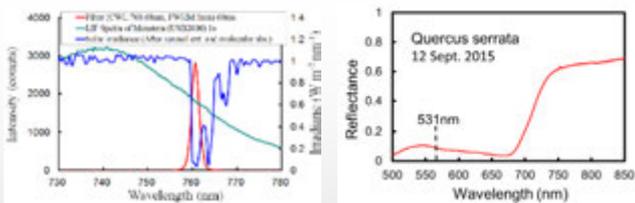
## 森林でのコナラの蛍光強度と光合成、熱放散の日変化 (森林総研・京都山城観測地 2015. 9.9-12)

光合成測定器 Le-6400

CCD Spectrometer

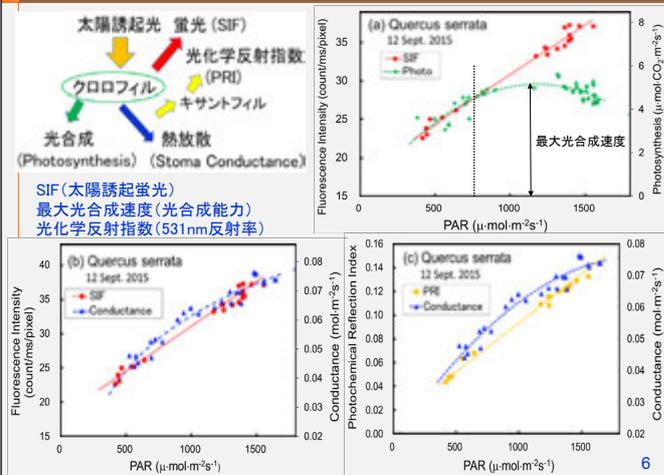
CO<sub>2</sub> tower (30m)

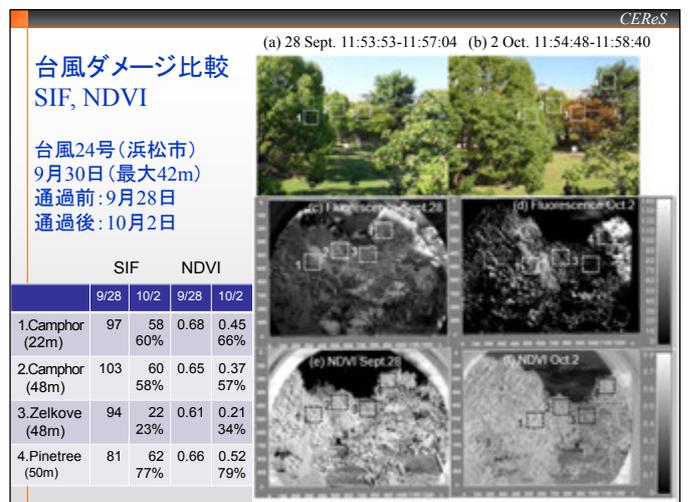
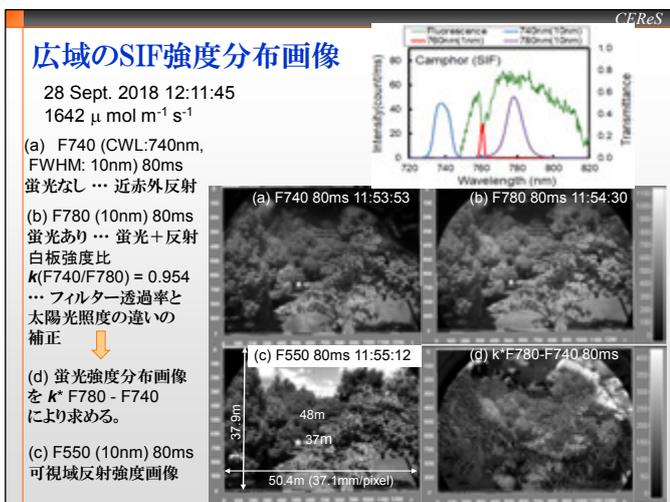
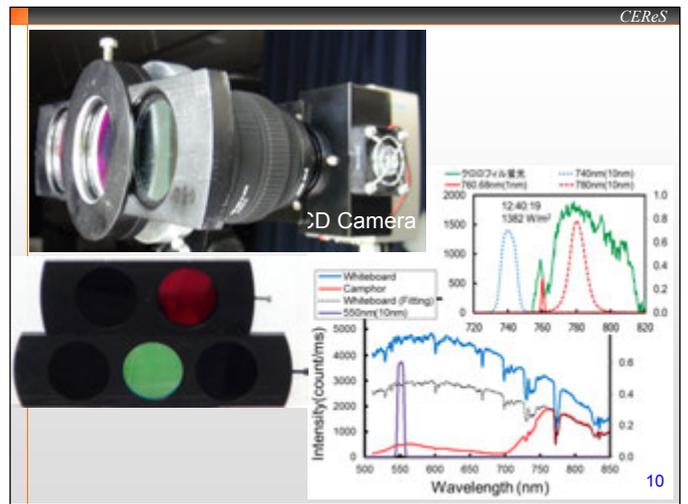
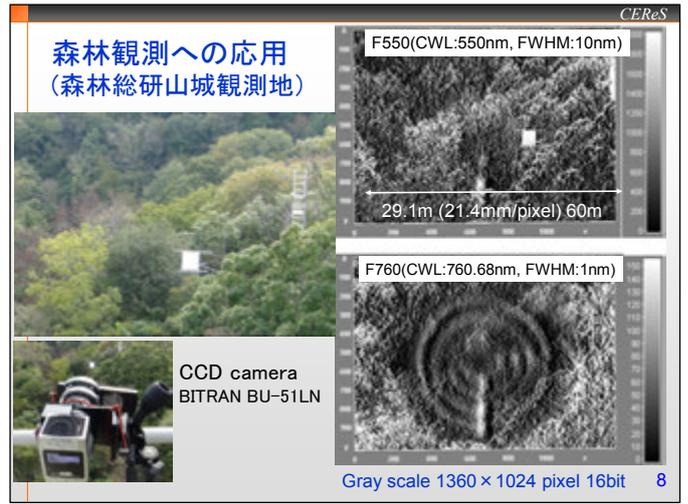
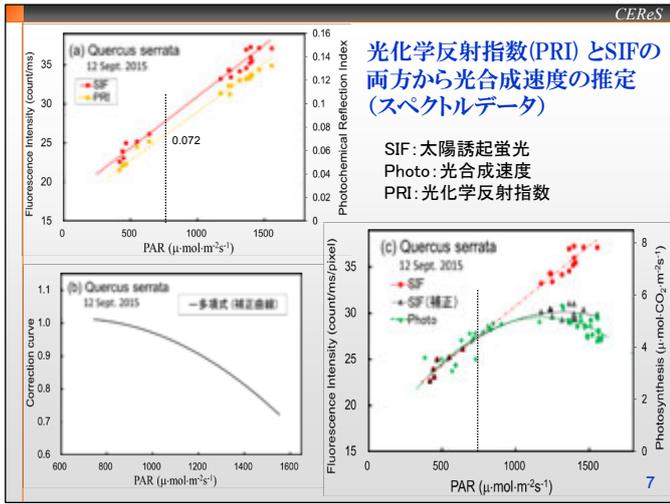
### CWL:760.68nm, FWHM:1nm 光化学反射指数(G:531nm)

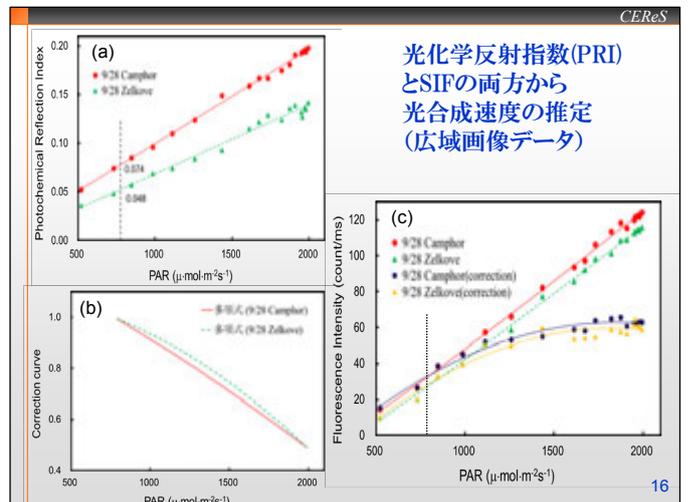
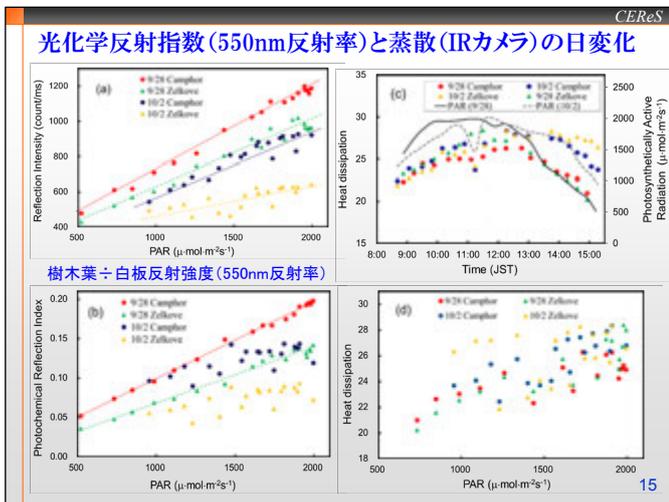
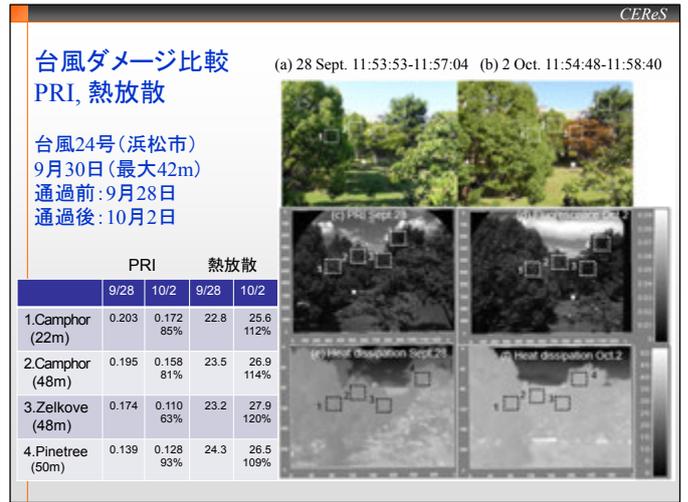
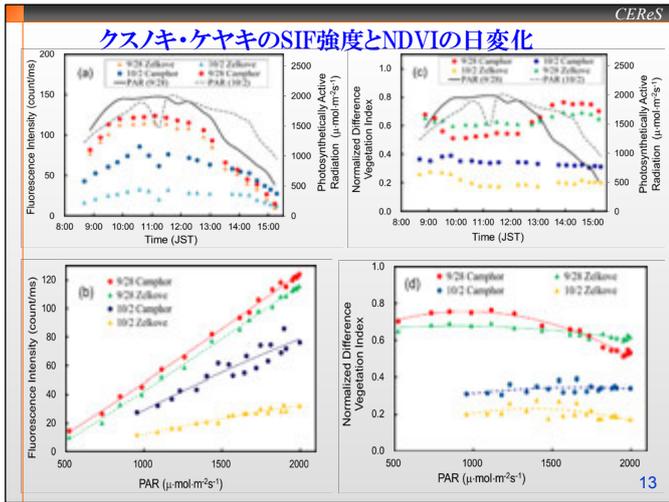


コナラ反射強度の見積り:  
白板強度×コナラ反射率(0.581)

(900×700 pixelの1pixelあたりの平均の蛍光強度値)







CEReS

### まとめ

- ▶ 太陽光を励起光源に利用して、冷却式CCD分光器を用いてSIFスペクトル計測データ取得。
- ▶ 冷却CCDカメラと酸素Aバンドに相当する狭帯域フィルタにより蛍光画像取得。
- ▶ SIFと光化学反射指数の両方から個葉レベルの光合成速度を推定し、光合成測定器(LI-6400)による光合成速度との比較。
- ▶ 広角レンズを冷却式CCDカメラに直接取り付け、同じ視野内において光学フィルターにより波長帯域を限定して複数の画像間の演算によって広域の蛍光強度分布画像取得。
- ▶ SIF広域画像解析法と熱放散と関連する光化学反射指数の広域画像を同時に測定して、植物葉の光合成速度を推定する新たな画像解析法を開発。

### 今後の展望

- ▶ SIFから光合成速度を推定する方法を構築するため、様々な植物に対して個葉レベルのCh1a蛍光強度や光合成速度を同一の植物葉で行う数多くの実証測定。
- ▶ 熱放散の効果を加味した、このSIF広域画像解析法を光合成速度(光合成能力)推定する新たな指標。

17

# 火星着陸探査 LIDAR の屋外性能試験

千秋博紀<sup>1</sup>, 椎名達雄<sup>2</sup>, 乙部直人<sup>3</sup>, はしもとじょーじ<sup>4</sup>,  
Nofel Delacruz Lagrosas<sup>5</sup>, 久世宏明<sup>5</sup>, 眞子直弘<sup>5</sup>, 梅谷和弘<sup>6</sup>

<sup>1</sup>千葉工業大学惑星探査研究センター, <sup>2</sup>千葉大学大学院融合理工学府, <sup>3</sup>福岡大学理学部,  
<sup>4</sup>岡山大学理学部, <sup>5</sup>千葉大学環境リモートセンシング研究センター, <sup>6</sup>岡山大学工学部,

## なぜ火星でダスト観測なのか

火星は砂の惑星である。表面は天体衝突や風食、熱疲労などで作られた砂(ダスト)で覆われている。表面に限らず、火星の大気中には常にダストが舞い、大気の熱収支(太陽光の吸収, 散乱, 再放射)を支配している。稀に全球で砂嵐が生じると、大気の透明度は大きく下がって地球からは地形が判別できないほどになり、温度構造も大きく変化することが知られている。

一方、ダストは常に大気中を沈降する。大気中を常にダストが舞っている状態に保つには、逆に、表面から大気へのダストの供給が必要である。

この供給メカニズムとして、つむじ風(ダストデビル)が提案されている。ダストデビルは、これまで火星探査機による観測から、火星表面多くの地域で生じている事、数m~数100mのサイズを持っていることがわかっている。一方、画像による情報ではその内部構造まではわからないため、ダスト供給量を求めるのは難しい。



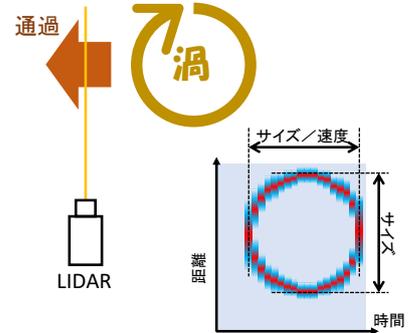
## 我々の戦略

塵を張って、ダストデビルを捕えよう  
水平方向に LIDAR を設置。ダストデビルが通過するのを待って、データを取得する。LIDAR は視線方向の構造を見ることができるので、ダストデビルの移動を利用すると、断面図を得ることができるはず。

典型的なサイズ(~10m)のダストデビルの移動速度は ~1 m/s.

このことから、装置の要求性能は以下の通り

- ・距離分解能 1 m 以下 (構造を分解して観測する)
- ・時間分解能 1 s 以下 (見え方の変化から移動方向を推定)
- ・最大測距距離 数10 m 以上 (ダストデビルひとつが収まってほしい。また、長くなれば頻度が上がるだろう)



## 火星用 LIDAR 諸元

| 項目   | 値, 説明  |                                    |
|------|--------|------------------------------------|
| 装置全体 | サイズ    | 100 x 100 x 300 mm <sup>3</sup>    |
|      | 重量     | <1kg                               |
| 送光部  | 波長     | 385 nm                             |
|      | パルス幅   | 10 nsec                            |
|      | 広がり角   | >70mrad.                           |
|      | 繰返し周波数 | >500kHz                            |
| 受光部  | 望遠鏡    | カセグレン式<br>100 mm φ<br>(副鏡 25 mm φ) |
|      | 視野角    | 3mrad.                             |
|      | 受光素子   | PMT                                |
| 処理   | 積分時間   | 0.2 - 20 sec                       |
|      |        | 2 sec                              |

## 開発上の課題

屋でも観測できるか  
火星は太陽から遠く、また大気が薄いため背景光は弱い。一方、これまでの実験では背景光がノイズレベルを押し上げていた。

ただし、ノイズは大気散乱光、筐体の隙間からの漏れ光、受光望遠鏡の調整(視野外迷光)などがある。今回は問題の切り分けのため、筐体には被いを掛け、望遠鏡の鏡筒を延ばすことにした

どれくらいのダスト密度があれば検出できるのか  
ダストデビルの中心部はカメラに映るほど、ダストが農集している。一方、表面からのダスト巻き上げのメカニズムや巻き上げられた量を知るには、周囲から中心に向けたダストの分布が重要な情報となる。このため、ダスト密度が小さくても、高時間・空間分解での計測が必要である。



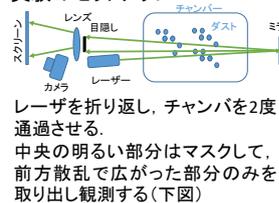
観測実験@CERES 屋上の様子

## 観測結果 (小麦粉)

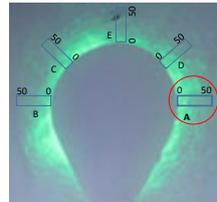
十分な量のダストを飛ばすことが出来なかったため、本発表では省略する

## 前方散乱の観測

実験のセットアップ



レーザーを折り返し、チャンバを2度通過させる。中央の明るい部分はマスクして、前方散乱で広がった部分のみを取り出し観測する(下図)



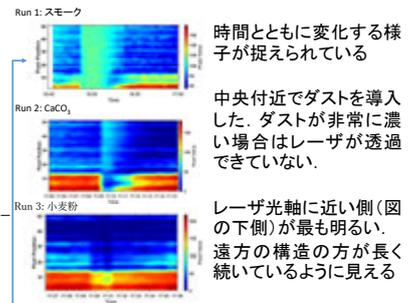
## まとめ

実験システムの整備  
日照条件下でも観測ができるか確認するための実験システムを構築することができた。チャンバへのダストの導入には工夫が必要だが、試行錯誤の末、透過率が 0.5 を下回る系を作り出すことが可能となった

## 実験概要

簡易チャンバを利用した計測実験(2020/01/24,25)

- ・1.5(W) x 2.2 (D) x 1.7 (H) m<sup>3</sup> の簡易チャンバをダストで満たし、外部から観測する(左図)。
- ・チャンバには上からダストを含んだ空気を吹き込む
- ・壁のビニールを切り、光路を妨げないようにする
- ・実験は昼間から夕方にかけて行う
- ・ダストの種類は3種類
  - ・炭酸カルシウム(日東粉化工業提供 SS#30) 平均粒子サイズ 7.4 um (カタログ値)
  - ・小麦粉
  - ・5-100 um 程度?
  - ・舞台用スモーク(グリセリン粒子) 10 um 程度 (カタログ値)
- ・連続して観測を行い、時間変化をみる(その間にダストはだんだん薄くなる)
- ・レーザー透過計も設置(左図の左右方向) LIDAR データとの相関を見る
- ・性能の分かっている LIDAR やラマン散乱LIDAR でも観測を行う
- ・前方散乱の観測も行う(左図のチャンバ左手前)



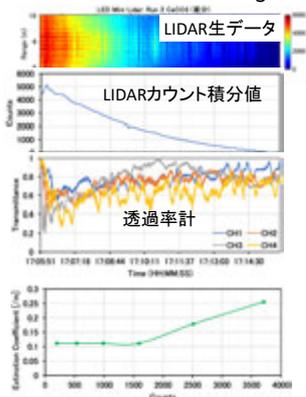
前方散乱のうち、向かって右側に広がった成分を取り出して、時間変化をグラフにした

LIDAR の性能確認  
10klxを超える快晴の環境下での計測(未掲載)は困難だったが、8klx 以下では今回示したような成果が得られた。火星環境ならば十分に機能するだろう。  
CaCO<sub>3</sub>とスモークでの結果の違いは今後もう少し検討する必要がある。スモークは簡便だが、火星ダスト(岩石破片)の模擬物質としてはふさわしくないのかもしれない。岩石破片の場合、消散係数 0.1 /m 相当まで計測できるのだとすれば、火星のダストデビルの観測には十分なのではないか。

## 謝辞

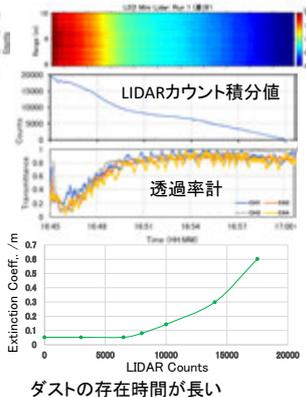
CaCO<sub>3</sub> 試料は日東粉化工業株式会社提供して頂きました。ありがとうございました

## 観測結果 (CaCO<sub>3</sub>)



LIDARカウントと消散係数は良い相関。0.01 /m 位まで見えているのではないかと

## 観測結果 (スモーク)



ダストの存在時間が長い透過率計と直線相関になっていないのはダストが透明(液滴)だからかと

# レーザー誘起ブレークダウン分光法を用いた大気中エアロゾルのリモート成分分析手法の開発

染川智弘<sup>1,2</sup> ([somekawat@iit.or.jp](mailto:somekawat@iit.or.jp))

久世宏明<sup>3</sup>, 河仲準<sup>2</sup>, 藤田雅之<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>(公財)レーザー技術総合研究所, <sup>2</sup>大阪大学レーザー科学研究所

<sup>3</sup>千葉大学環境リモートセンシング研究センター

## 金属元素エアロゾルのリモート計測に向けて

鉄、亜鉛、鉛などの金属元素を含むエアロゾルは都市大気中で比較的多数見つかり、これらが大量に人の体内に入り込んだ際には、アレルギーの悪化を招くなど、健康被害が報告されています。例えば、3~5月にかけて日本に多数回飛来する黄砂(図1)は、農作物などへの砂塵被害だけでなく、輸送途中で人為起源の大気汚染物質(Okuda et al., 2008など)の付着が知られており、越境汚染問題として新たな一面も見せています。

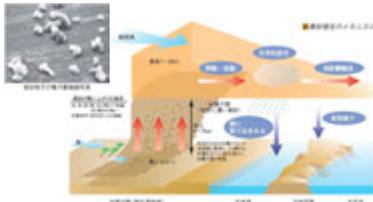


図1. 黄砂 (<http://www.env.go.jp/earth/dss/pamph/index.html> より)

黄砂はレーザーの偏光を利用したライダー技術によって飛来情報の把握は実施されていますが、付着物の成分分析までは行えません。そこで、大気中の金属エアロゾルをリモートで識別するレーザー誘起ブレークダウン分光法(LIBS)の開発を開始しました。

## LIBSによるリモート成分分析

レーザー誘起ブレークダウン分光(LIBS)法は、被測定対象物質に短パルスレーザーを照射して発生したプラズマを分光測定することによって、その場でリアルタイムに物質の元素の分析が可能手法です。LIBS法ではナノ秒のパルス幅を持つレーザーを用いることが多いですが、リモート計測における計測距離はレンズ等の集光光学素子の性能に制限されるため、100m程度になります。しかしながら、フェムト秒レーザーではパルスのチャープをコントロールすることでkmオーダーの遠隔成分分析が可能であるとの報告(Kasparian et al., 2003)があり、大気中金属エアロゾルのリモート成分分析に最適なレーザー光源だと考えられます。

図2に波長800 nm、パルス幅100 fs、繰り返し1 kHz、出力1, 3 mJのフェムト秒レーザーを用いたリモートLIBS計測実験を示しています。合成石英製の焦点距離1, 3 mの平凸レンズを利用して、レーザー照射とLIBS信号の受光をしています。510.55, 515.32, 521.82 nmに見られるのがCuのLIBS信号です。1 mJのレーザーを利用した1 m遠隔LIBS結果(赤線)は3本の輝線が確認できますが、出力を3倍の3 mJにしても3 m遠隔の計測結果(青線)は得られるLIBS信号強度が弱くなり、判別が困難です。

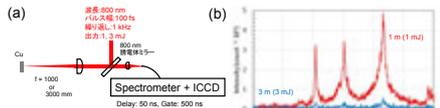


図2. フェムト秒レーザーを用いたリモートLIBS計測の(a)実験配置図と(b)LIBSスペクトル

## ダブルパルスLIBS法

偏光子を用いた図3(a)の光学配置では、レーザービームの分離をポライザーで行うために、結合ロスのないダブルパルス対の作成が可能です。本配置では、S, P偏光の順にレーザーが試料に照射されます。また、最初のポライザーに入射させるレーザーの偏光方向によって、ダブルパルスの出力比をコントロールすることが可能です。本実験では、レーザーの出力比は1:1となるように波長板を調整し、シングルパルスとのLIBS信号強度の比較実験ではS偏光が100%となるように波長板の角度を調整しています。

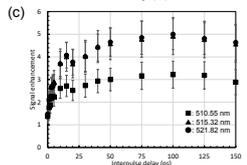
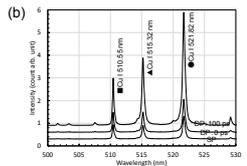
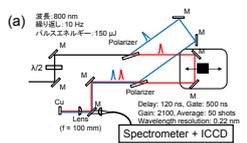


図3. (a)ポライザーを用いたダブルパルスLIBS光学系、(b)LIBSスペクトル、(c)信号増強効果(1.9 J/cm<sup>2</sup>)

図3(c)にダブルパルス間隔によるLIBS信号の増強比を示します。信号増強比は単調に増加し、パルス間遅延50 psで増強比は3~5倍で一定となります。LIBS信号の波長で信号増強比が異なるのは、それぞれの信号のエネルギー準位に依存するためです。

## 信号増強効果フルーエンス依存性

図3(c)で得られた信号増強比は過去の文献値と一致しておらず、これはパルス幅、波長といったレーザーの仕様だけでなく、フルーエンスなどのレーザーの照射条件に依存するためだと考えられます。そこで、図3(a)に示した独自のダブルパルス光学系を用いて、信号増強効果のフルーエンス依存性を調査しました。

図3(a)に示した実験配置図で、試料の照射位置を前後させることで、レンズからの集光距離(照射ビーム径)を変化させ、信号増強効果のフルーエンス依存性を測定しました(図4)。フルーエンスの大きな3.4 J/cm<sup>2</sup>では図3(c)のような立ち上がり早い従来の増強効果を示しますが、フルーエンスが小さい1.5 J/cm<sup>2</sup>では、10 ps程度まで一定で徐々に立ち上がる増強効果を示します。また、0.22~1.1 J/cm<sup>2</sup>では0 psから徐々に立ち上がり、照射フルーエンスによって増強効果が異なることがわかりました。

図4(b)は遅延時間でのフルーエンスと強度(カウント数)の関係を示します。Single, 0 psはフルーエンスに対して2次の増加傾向を示し、フルーエンスが大きな3.4 J/cm<sup>2</sup>は信号が飽和しています。10 psでは直線と2次の中間傾向、20 psでは直線傾向を示します。それ以上の遅延時間では直線の増加傾向を示し、3.4 J/cm<sup>2</sup>は信号の飽和が見られます。また、遅延間隔が長くなるにつれて、増加直線の傾きは小さくなっていきます。そのため、遅延時間が長くなるにつれて傾きはほぼ一定になり、信号増強効果は変化しない一定の値を取るようになります。

Cuの電子-イオン緩和時間は10 ps程度であり(Povarnitsyn et al., 2009)、この時間オーダーでLIBS信号のフルーエンス依存性の変化と、試料の飽和効果で、ダブルパルスLIBSの増強効果が決まるのではないかと考えられます。

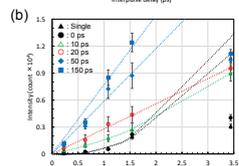
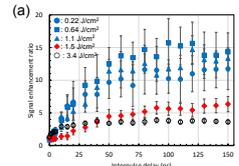


図4. (a)信号増強効果のフルーエンス依存性、(b)遅延時間でのフルーエンスと強度(カウント数)の関係

## 信号増強効果の照射レーザー数(積算回数)依存性

LIBS測定では安定した元素分析を実施するために、数10パルスを試料に照射した積算スペクトルを評価するのが一般的です。これまでに示したLIBSスペクトルは50回照射の積算スペクトルであり、50回照射中にCuのプラズマ発光がほぼ安定していることを目視で確認しています。また、1回測定ごとに水平ステージで照射位置を移動させ、新しい試料表面に照射しています。信号増強効果にLIBS信号強度の飽和現象が影響することが示唆されたために、試料のアブレーション量がプラズマ発生量に起因すると考えられますので、照射レーザー数(積算回数)の信号増強効果への影響を検討しました。

図5(a)に信号増強効果の積算回数依存性を示します。照射レーザーのフルーエンスは1.1 J/cm<sup>2</sup>です。積算回数が少ないと信号増強比は著しく大きくなり、積算回数が増すにつれて、信号増強比は一定の値を取ることがわかりました。また、図5(b)に積算回数と強度(カウント数)の関係を示します。Single, 0 psは積算回数に対して2次の増加傾向を示し、ダブルパルス効果が顕著になる20 ps以上では直線傾向を示します。これは図4(b)のフルーエンス依存性と似た傾向です。

ダブルパルス光学系を用いることで、少ないショット数の積算でも大きなLIBS信号強度を得ることが可能であることがわかりました。大気中を浮遊している金属エアロゾルは時々刻々と変化するために長時間の積算測定は不可能ですが、ダブルパルス光学系を利用することで、短時間にSNの良い測定が可能になるのではないかと期待されます。

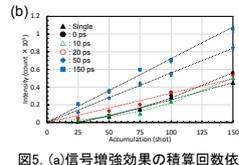
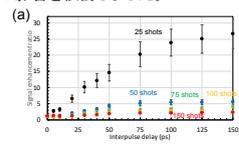


図5. (a)信号増強効果の積算回数依存性、(b)積算回数と強度(カウント数)の関係

## まとめと今後の課題

都市大気エアロゾルに含まれる鉄、亜鉛、鉛などの金属元素をリモートで計測するためにリモートLIBS手法の開発を開始しました。リモート計測では検出感度の低下が予想されるために、フェムト秒レーザーを用いたダブルパルスLIBSの偏光子を用いた新しい光学系を提案し、LIBS信号強度を増加させることに成功しました。また、信号増強効果に対するフルーエンス依存性や、照射レーザー数(積算回数)も検討しました。今後は、遠隔でのフェムト秒ダブルパルスLIBS実験を実施したいと考えております。

### 参考文献

1. T. Somekawa, M. Otsuka, Y. Maeda, and M. Fujita: Jpn. J. Appl. Phys., **55**, 058002, 2016.
2. T. Somekawa, M. Otsuka, H. Kuze, Y. Maeda, J. Kawanaka, M. Fujita: Spectrochim. Acta Part B, **164**, 105755, 2020.

本研究は千葉大環境リモートセンシング研究センター共同利用研究(CJ19-20)によって遂行されました。ここに謝意を表します。

# 光学的厚さと地表面反射率の同時推定法とその課題

飯倉善和(弘前大学)・久世宏明・市井和仁・眞子直弘(千葉大学CEReS)・関口美保(東京海洋大学)

## 1. はじめに: 衛星画像処理の難しさ

- 光と大気・地表面(起伏)との相互作用 => 現象が複雑である!  
=> 適切なモデル化と効率的なアルゴリズムが必要
- 妥当な制約条件(エアロゾル分布の連続性)の設定  
=> 多くの可能性の中から適切な推定値を選択(計算量が膨大)

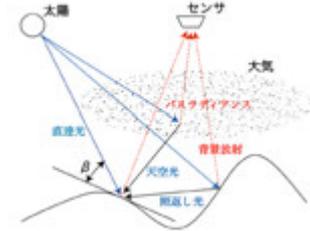


図1 衛星画像の物理モデル

## 2. 同時推定法とは

物理モデル: 放射伝達コードと地形パラメータの利用: 照返し光などを含む

$$\rho(\tau; h, \beta, \bar{\rho}, \alpha) = \frac{\pi(L_s - L_p - L_b)}{T_s(E_o T_\theta \cos \beta + E_d^* + E_c^* + E_t)}$$

- 分類クラスごとの反射率の推定  
大気がなければ同じに見える画素  
中間赤外バンド、植生図+陰影図など
- 補正パラメータの効率的計算  
エアロゾルの鉛直分布の近似・照返し光や天空光の厳密計算  
周辺反射率の変化を組み込んだ背景放射照度および環境放射照度の計算  
Pythonライブラリーを用いた効率化(多次元スプライン補間など)
- 分光反射率  $\rho$  と光学的厚さ  $\tau$  の関係  
画素ごとに推定と逆推定を繰り返す

$$\rho(\tau; \bar{\rho}) \rightarrow \bar{\rho} \rightarrow \tau(\bar{\rho}; \rho)$$

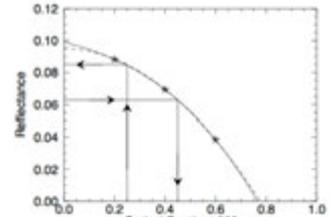


図2 推定と逆推定

## 3. 前処理と反復処理

光学的厚さおよび地表面反射率の初期値  $\rho_0, \tau_0$  を設定する。  
用いて各画素の地表面反射率  $\rho$  を求める。  
統計的な観点(モーや中央値の利用)から反射率の代表値  $\rho^*$  を求める。  
表値  $\rho^*$  を地表面反射率として利用して  $\tau(\rho^* | \rho_{env})$  関数から光学的厚さ

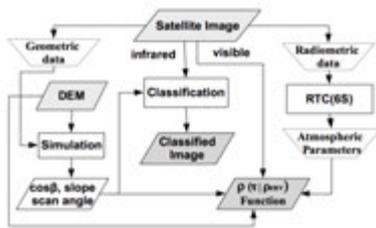


図3 前処理の流れ

さおよび中央値を用勻化する。

固定したで近似し、光学的厚さ

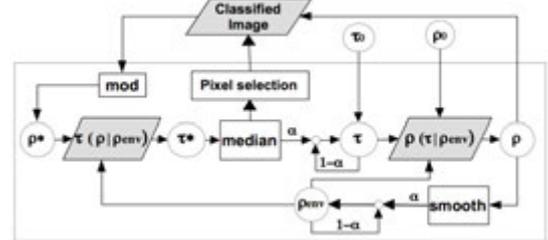
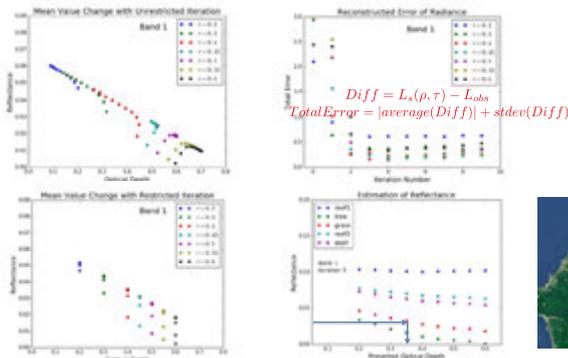


図4 反復処理の流れ

## 4. 反復処理における収束と推定値の選択



## 6. 今後の課題

- 衛星画像処理プログラムのオープンソース化
  - ライブラリ(Pythonパッケージなど)の利用
  - 共有リポジトリでの公開(GitHubなど)
- 計算機環境の整備
  - コンテナ化: Docker & DockerHub
  - クラウド & GPU の利用
- 同時推定法の改良
  - 解の不定性の解消(地上観測、整合性の評価)
  - 照返し光・天空光・方向性反射などの取り扱い
  - MODISプロダクトの改良への利用
  - エアロゾルタイプ及び高度分布の推定
  - 物理モデルと統計モデル(機械学習)の融合

参考文献

- 飯倉善和, 齊藤玄敏, 丹波澄雄: 放射照度の空間的な変動を考慮した衛星画像の地形効果補正, 日本リモートセンシング学会誌, 23-4, 386/392, 2003
- 飯倉善和, 木村一星: 衛星画像を用いた分光反射率と光学的厚さの同時推定, 計測自動制御学会東北支部 第289回研究会, 2014.6.2
- Y. Iikura, M. Takeo, N. Manago, H. Kuze: Surface reflectance estimation from satellite imagery with inhomogeneous atmospheric conditions, IGARSS2015, 2015.7
- 飯倉善和, 眞子直弘, 久世宏明: 地表面反射率と大気的光学的厚さの同時推定法における反復解の性質, 日本リモートセンシング学会第61回學術講演会論文集, 2016.11
- 飯倉善和, 衛星画像処理プログラムのオープンソース化について, 日本リモートセンシング学会誌, 36(4), 2016
- Y. Iikura, M. Takeo, N. Manago, H. Kuze: Simultaneous estimation of surface reflectance and aerosol optical depth (for an evolving database of surface reflectance) International Symposium on Remote Sensing, 2017.5
- 飯倉善和, 関口美保, 眞子直弘, 市井和仁, 久世宏明: MODIS L1B を利用した光学的厚さと反射率の同時推定, 第21回環境リモートセンシングシンポジウム, 2019.2



# 地上における太陽励起のクロロフィル蛍光の日中変化観測

○山本奈央(奈良女子大学)・村松加奈子・増田健二

## 1. 背景と目的

●**クロロフィル蛍光**:  
植物がクロロフィルで太陽光を吸収し光合成を行う際利用されなかった光の一部を放出したものの波長:650-800nm付近, ピーク波長:685,740nm付近

●2011年 GOSAT衛星の観測(現地時間13時に観測)  
→太陽励起のクロロフィル蛍光(SIF)の季節変化が初めて全球で観測できた<sup>[1]</sup>  
酸素Aバンド(760nm付近)では反射率が低いことを利用

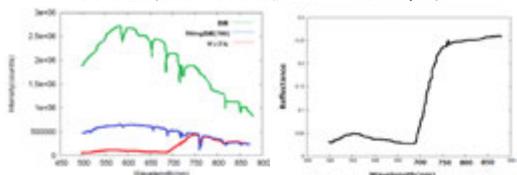
●衛星観測データから光合成量推定するために  
→地上観測によって太陽励起のクロロフィル蛍光と光合成の日中変化の関係を把握

### 【目的】

増田等の方法<sup>[2]</sup>を用いた、地上における太陽励起のクロロフィル蛍光の日中変化の観測と解析方法の検討

## 3. クロロフィル蛍光の導出方法

1. 白板とサンプルを800nm付近で合わせこむ  
→750-800nm付近では反射率が一定であるとする
2. 白板とサンプルの757,760nm付近のそれぞれの強度の差からSIFを求める  
サンプルと白板のスペクトル比較      サンプル/白板



$$SIF = (\text{白板}(757) - \text{白板}(760)) - (\text{サンプル}(757) - \text{サンプル}(760))$$

今回の使用波長: 757.702nm, 760.211nm

## 2. 観測

サンプル木: サクラ(観測視点から北東)

樹冠の観測風景

### 〈屋外実験〉

日時: 2019年10月31日      天候: 午前 晴れ時々曇り  
AM9時~AM11時      午後 曇り(中止)  
(晴れたときに観測)

・光合成有効放射量(PAR)[ $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ]の日中変化の測定

・分光計QE65pro(Ocean Photonics社)を用いた分光スペクトルの測定

白板

→地面と水平(望遠鏡の視野内に入る)  
(各時間で数回測定)

10時7分: 白板→樹冠→白板  
樹冠測定の前で白板に整合性があれば樹冠も同じような太陽スペクトルで測定していると考えられる

樹冠

→視野内に葉が多く入る  
(各時間で数回測定)

QE65pro

S/N比: 1000:1  
波長範囲: 500-880nm  
(全波長で分光)

10月31日 望遠鏡視野内



・光合成蒸散測定装置LI6400(LICOR社)

を用いた個葉の光合成測定

(光合成速度(光合成量)、気孔コンダクタンス(開閉度)、VPD(飽和水蒸気圧差))

### 〈室内実験〉

日時: 2019年11月7日  
PM5時~PM5時半

USB650UV

S/N比: 250:1  
波長範囲: 200-850nm  
(1nmで分光)

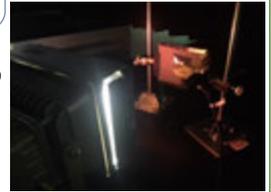
室内でシアンフィルターを照射

・個葉(屋外実験の樹冠のサンプル)

分光反射計FieldSpecFR(ASD社)を用いた分光反射率の測定  
(分解波長: 1.4nm(1nmでプロット))

分光計USB650UV(Ocean Photonics社)を用いた分光スペクトルの測定

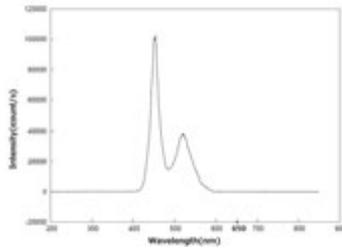
→波長650nm以上の光を通さないシアンフィルターを透過したLED光を照射  
→クロロフィル蛍光の観測



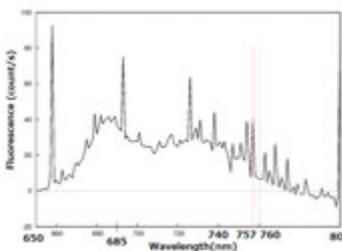
## 4. 結果

### 〈室内実験〉

シアンフィルターを通したLED光の分光スペクトル

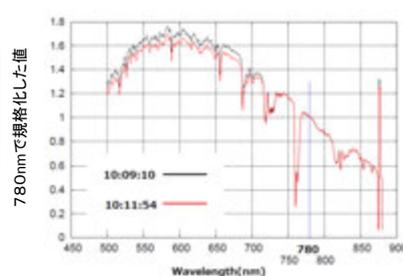


個葉のクロロフィル蛍光

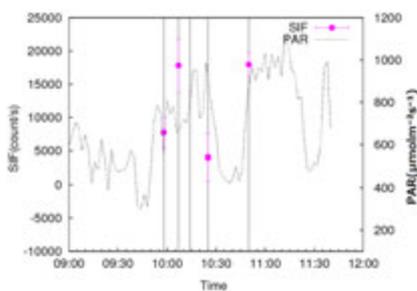


### 〈屋外実験〉

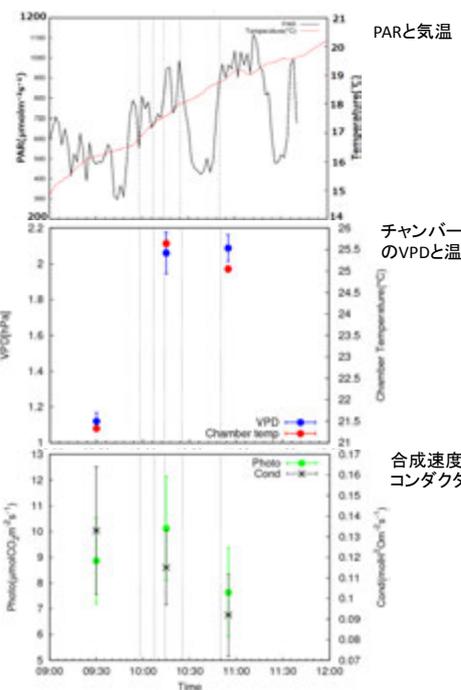
太陽スペクトルの整合性



SIFの時間変化



時間変化



## 5. まとめと今後の展開

室内実験では波長650-800nm付近のクロロフィル蛍光が観測された。また、屋外実験において、雲の流れが早い日で、午後から曇ったため午前中の測定になった。太陽のふらついている場合は樹冠測定の前で白板のスペクトルを測定し、比較を行い太陽スペクトルの整合性を確かめることが有用であると考えられた。今後の展開としては、データをより多く観測し、日中変化について調べていく。

[1] J. Joiner, Y. Yoshida, A. P. Vasilkov, Y. Yoshida, L. A. Corp, and E. M. Middleton: First observations of global and seasonal terrestrial chlorophyll fluorescence from space.  
[2] 栗山健二, 眞子直弘, 久世宏明: 「太陽光を利用した群落レベルのスタンドオフ植物蛍光測定」日本リモートセンシング学会第65回(平成30年度秋季)学術講演会論文集

# 複数の手法によるスギの葉面積指数の推定

## — 阿蘇のスギ林はその後成長しているのか? —

三好周斗・齋藤有希・松山 洋 (首都大学東京 都市環境学部)

<連絡先: miyoshi-shuto@ed.tmu.ac.jp>

### 1. 目的

#### 背景

- 葉面積指数 (以下LAIとする) とは、単位面積当たりの葉面積 (片面) の総和 (単位  $m^2/m^2$ ) であり、植生-大気間のやりとりをつかさどる重要なパラメータの1つである。
- 大気循環モデルなどにも用いられるLAIだが、植生は成長するため、ある年に調査を行っても翌年以降、そのデータを使えるとは限らないという問題がある。
- LAIを推定する方法はいくつかあり、その相互比較からそれぞれのLAI推定における留意点が明らかになっている (長谷川ほか, 2013)。

#### 本研究の目的

- 長谷川ほか (2013) と同様の研究、アロメトリー式を用いたLAI推定・全天写真およびLAI-2000を用いたLAI推定・衛星画像を用いたLAI推定の3つのLAI推定法の相互比較を行うことで、それぞれのLAI推定法の留意点を再確認する。
- 得られたLAIの推定値から「阿蘇のスギ林は成長しているのか?」を判断する。

### 2. 対象地域と使用データ

#### 対象地域

- 熊本県阿蘇郡高森町の平地にあるスギ林。
- 長谷川ほか (2013) ではA~Gの調査地点 (以下コードラットとする) を設けているが、調査時間の関係上、本研究ではコードラットC・Dのみを対象とした。
- 本研究のコードラットの大きさは25m×25mに設定した。

#### 使用データ

- 対象地域にて、2006年から2019までに5回現地調査を行い、衛星画像を3枚取得した (表1)。

表1: 使用データ

|       | 現地調査      | 衛星画像              |
|-------|-----------|-------------------|
| 2006年 | —         | ALOS, 9/23        |
| 2007年 | 8/28-9/2  | —                 |
| 2010年 | 8/26-8/30 | ALOS, 9/17        |
| 2012年 | 9/5-9/6   | —                 |
| 2015年 | 9/2-9/3   | —                 |
| 2018年 | —         | Sentinel-2B, 9/19 |
| 2019年 | 9/2-9/3   | —                 |

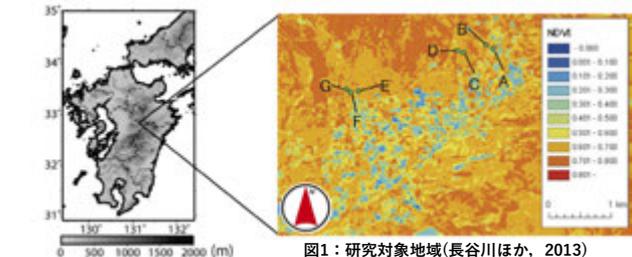


図1: 研究対象地域 (長谷川ほか, 2013)

### 3. 研究手法

#### LAI推定法1: アロメトリー式を用いた推定

- コードラットC・Dで毎木調査を行い、樹高はレーザー距離計、胸高直径は輪尺を用いて計測した。計測した値から以下の数式を用い、長谷川ほか (2013) と同様にLAIを算出した。

Hosoda and Iehara T (2010) より

$$W_d = 0.070348D^{2.596261} \cdot H^{-0.935245}$$

$W_d$ : 葉の乾燥重量 (kg),  $D$ : 胸高直径 (cm),  $H$ : 樹高 (m)

Katsuno and Hozumi (1988, 1990), 藤原ほか (2005) より

$$S = W_d \times SLA$$
$$SLA = 1.2 / (0.00090x^{2.50} + 0.015x^{0.70})$$

$S$ : 比葉面積 ( $cm^2/g$ ),  $S$ : 半葉面積 ( $cm^2$ )  
 $x$ : 5cm長に切り揃えた各階級のスギの線軸直径 (mm)

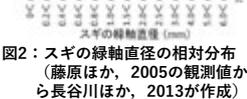


図2: スギの線軸直径の相対分布 (藤原ほか, 2005の観測値から長谷川ほか, 2013が作成)

キャンベル・ノーマン (2003) より

$$LAI = \frac{S \times 2}{\pi}$$

LAI = 投影葉面積の和 / コドラットの面積

※これらの詳細は、長谷川ほか (2013) を参照されたい

#### LAI推定法2: 全天写真およびLAI-2000を用いたLAI推定

##### ◆ 全天写真を用いた推定

デジタルカメラ (Nikon社COOLPIX4500) と魚眼コンバージョンレンズ (Nikon社FC-E8) を用いて撮影した全天写真を、植生画像情報解析プログラム LIA For Win32 (以下LIA32) で解析してLAIを算出した。

##### ◆ LAI-2000を用いた推定

Li-COR社製の観測機器LAI-2000を用いて林内の光量の減衰率を計測し、得られたデータをFV2000で解析し、LAIを算出した。

※ この2つの手法は推定値が近くなることから知られているため (松山ほか, 2003)、推定法としては1つにまとめた。

#### LAI推定法3: 衛星画像を用いた推定

- 衛星画像からNDVI (植物の量や活性の指標) を算出した後、長谷川ほか (2013) と同様に、Sellers et al. (1996b) を参考にしてNDVIからLAIを算出した。
- 衛星画像の解析にはERDAS IMAGINE 2014を用いた。

#### ◆ 使用した衛星 (表1)

<ALOS>

センサ: AVNIR-2

観測波長帯: Band3 0.61~0.69  $\mu m$

Band4 0.76~0.89  $\mu m$

地上分解能: 10m

運用状況: 2006/01/24~2011/04/22

<Sentinel-2B>

センサ: MSI

観測波長帯: Band4 0.65~0.68  $\mu m$

Band4 0.78~0.90  $\mu m$

地上分解能: 10m

運用状況: 2017/03/07~

### 4. 結果

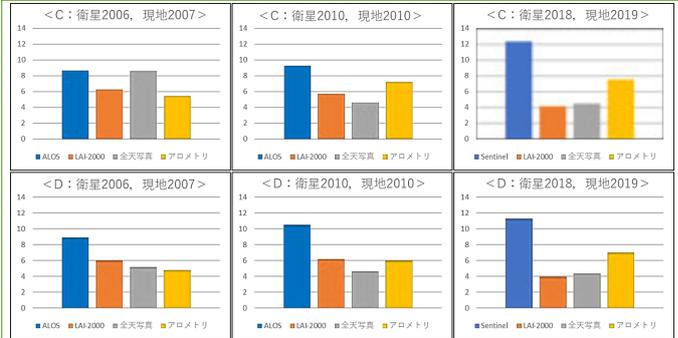


図3: LAI推定法の相互比較

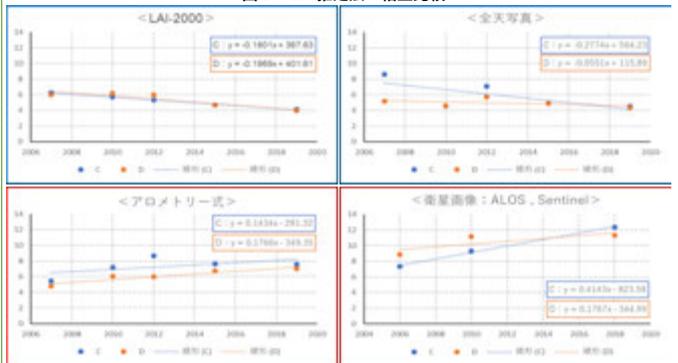


図4: 手法ごとの経年変化

### 5. 考察

#### LAI推定法の相互比較

- 衛星画像を用いて推定されたLAIについては、どの年も他の手法に比べ大きい値が得られ、長谷川ほか (2013) の知見と一致した。
- アロメトリー式と全天写真・LAI-2000の関係については、アロメトリー式の推定値が全天写真・LAI-2000の推定値よりも大きい値となり、長谷川ほか (2013) と異なる結果が得られた。しかし、Gower and Norman (1991) の、とくに成熟した森林において全天写真・LAI-2000の推定値はアロメトリー式の推定値に比べ小さくなる傾向があるという知見と一致している。
- 森林の成長に伴って胸高直径が大きくなることで、長谷川ほか (2013) が指摘しているアロメトリー式の推定値が過小評価される要因がなくなったためと考えられる。

#### 手法ごとの経年変化

- アロメトリー式が正しい値と考えられるため、全天写真とLAI-2000の推定値が減少傾向となる理由について考察した。
- アロメトリー式に対する後者の過小評価率は年々大きくなっていった。その過小評価が実際の増加分を上回ることで減少傾向を示すと予想される。
- そのため、全天写真とLAI-2000の推定値が過小評価となる理由と減少傾向となる理由は一致していると考えられる。よって、ここでは過小評価の要因について考察する。
  - 全天写真を用いた推定は、その手法に限界があると考えられ、以下の2つが過小評価の主な要因と考えられる。
    - 樹高が高くなり葉が遠く小さく見えることにより林内へ入る光量が大きくなってしまふこと
    - LAI-2000を用いた推定は、センサ感度問題があった。最終点検日が2009年6月であり、その証明書にはセンサ感度が低下しているとの記載があった。センサ感度の低下に伴って、過小評価も大きくなっていると考えられる。
- 阿蘇のスギ林は成長しているのか?
  - アロメトリー式を用いた推定と衛星画像を用いた推定から、阿蘇のスギ林は成長しているといえる。しかしながら、手法の問題とはいえず減少傾向も見られるほか、増加傾向も微々たるものであるため、その成長は頭打ちとなりつつあると考えられる。

#### 今後の課題

- 手法の精度向上; 本研究と先行研究で調査・観測を行った環境は同じとは言えない。気象条件・撮影地点など、考慮できる点はなるべくそろえる必要がある。

### 6. 参考文献

- キャンベル, G.S., ノーマン, J.M. 著/久米 真ほか監訳 (2003): 『生物物理学の基礎 第2版』 265-266, 森北出版。
- 長谷川一ほか (2013): 複数の手法によるスギの葉面積指数の推定—熊本県阿蘇地方を事例に—。地学雑誌, 122, 875-891。
- 藤原 靖ほか (2005): 葉面積指数の直接推定法において作業プロセスの違いとそれらの組み合わせが推定値に及ぼす影響—スギ人工林における事例解析—。水文・水資源学雑誌, 18, 603-612。
- 松山 洋ほか (2003): 全天写真から得られる葉面積指数とアロメトリー・アライズによる葉面積と量の比較。地学雑誌, 112, 411-415。
- Gower, S.T. and Norman, J.M. (1991): Rapid estimation of leaf area index in conifer and broad-leaf plantations. Ecology, 72, 1896-1900。
- Hosoda, K. and Iehara, T. (2010): Aboveground biomass equations for individual trees of *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa* and *Larix kaempferi* in Japan. Journal of Forest Research, 15, 299-306。
- Katsuno, M. and Hozumi, K. (1988): Relationship between specific leaf area of a *Cryptomeria japonica* foliage shoot segment and its diameter. Ecological Research, 3, 275-283。
- Katsuno, M. and Hozumi, K. (1990): Estimation of leaf area at the level of branch, tree and stand in *Cryptomeria japonica*. Ecological Research, 5, 93-109。
- Sellers, P.J. et al. (1996): A revised land surface parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs. Part II: The generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from satellite data. Journal of Climate, 9, 706-773。

## Circular Polarization Plane Antenna with Elliptic Resonators using High Dielectric Constant Substrates

2020. 02. 20

Yumi Takizawa (ISM), Atsushi Fukasawa,  
C.E. Santosa, J.T.S. Sumantyo (Chiba University)

### Objects of this Study

Structure and Dielectric Materials of substrates

- Stripline Resonator Antenna with Elliptic Feed- and Reactance Elements
- High  $\epsilon_r$  dielectric substrate is used
 

|             |                     |                        |
|-------------|---------------------|------------------------|
| Glass epoxy | $\epsilon_r = 4.6$  | $\tan \delta = 0.010$  |
| ref. Teflon | $\epsilon_r = 2.17$ | $\tan \delta = 0.0005$ |

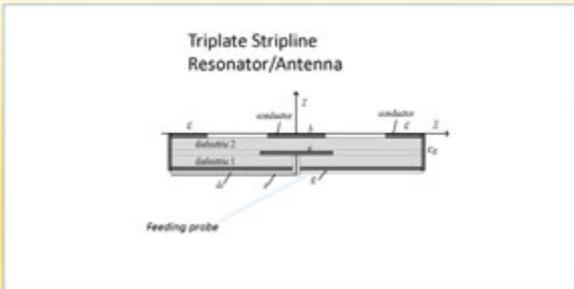
Characteristics

- wideband axial ratio
- High directive gain

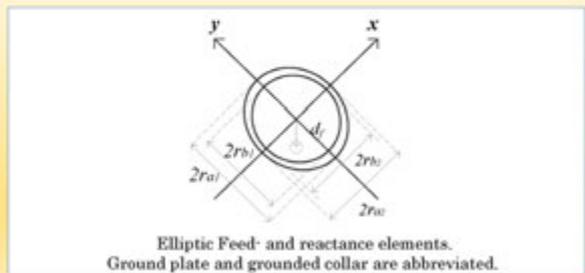
Cost reduction

- Electro-chemical metallization on substrates.

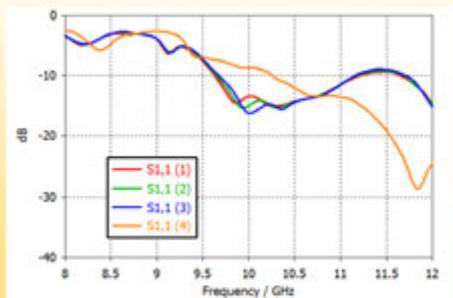
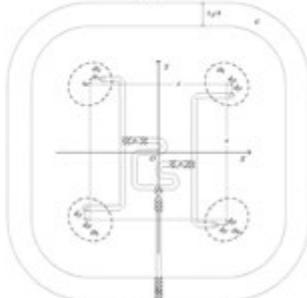
### Structure of Triplate Stripline Resonator Antenna with Reduced Cross-sectional Radiation



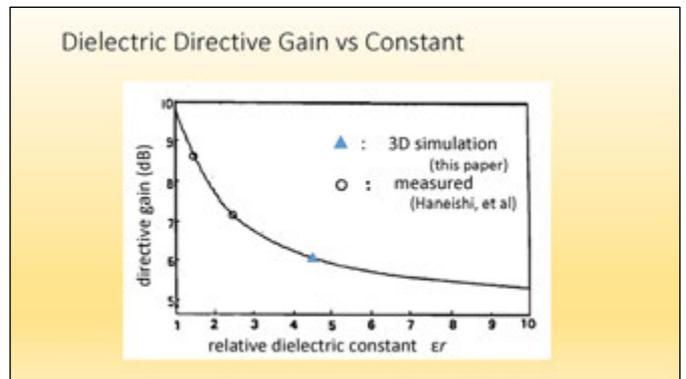
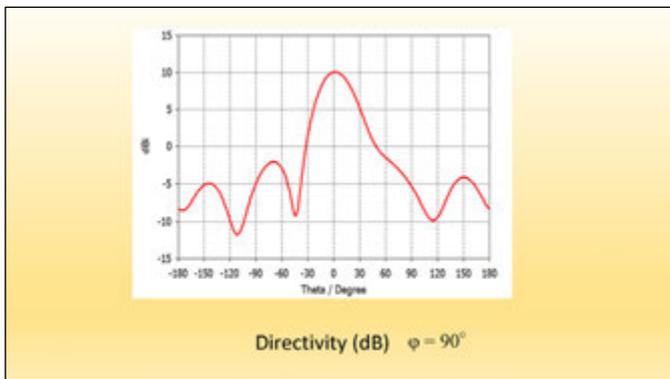
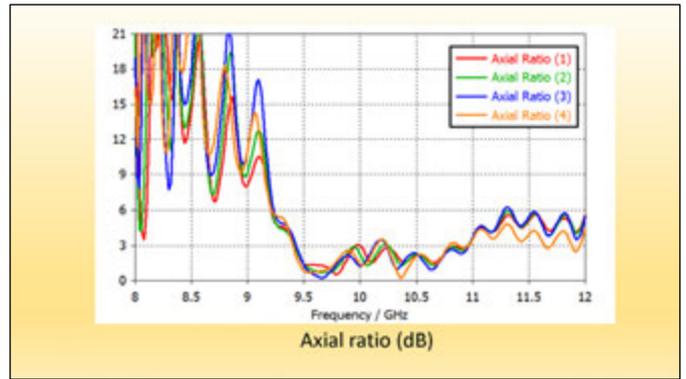
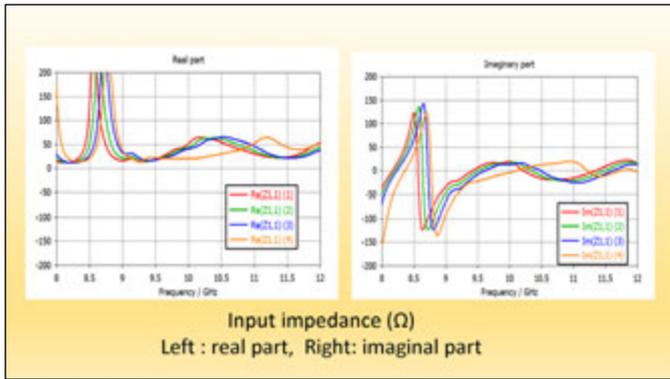
### Configuration of Triplate Stripline Antenna



### Orthogonal Arrangement of 4 Antennas of Ellipse Configuration of Routing Wire for Parallel Feeding



Return Loss (dB)



**Conclusion**

- Wideband response of and directive gain  
Axial Ratio : 10 GHz  $\pm$  0.5 GHz
- Low directive gain  
Directive gain 6.0 dB (single antenna)  
+ 4.0 dB (4-antenna array)
- Hard in optimization of parameters  
Design of parameters sensitive

# UAV搭載CP-SAR画像処理システム用の FPGA基板設計



CHIBA  
UNIVERSITY

室賀 元晴  
浜口暢, 難波一輝, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo  
千葉大学

## 背景

### ● CP-SAR(円偏波合成開口レーダ)の開発

- 千葉大学でCP-SAR衛星の開発
- 準備としてUAVを用いた地上実験

UAV(無人航空機)



## 準備

### ● 円偏波(Circularly Polarized) - SAR

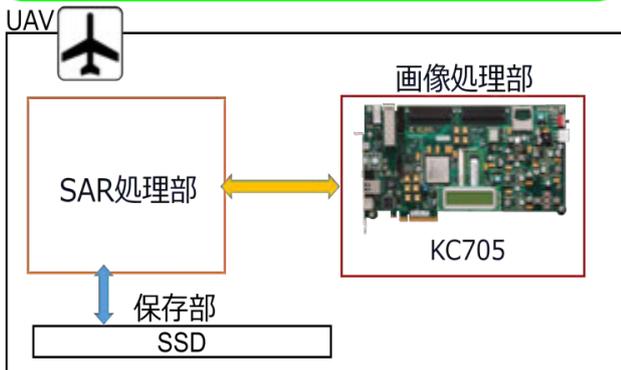
- 全天候型, 一日中観測出来るレーダ
- 円偏波を使うことによって地球の電離層の影響を受けない

### ● SAR画像処理

- 画像データは不鮮明なので信号処理が必要
- Range-Dopplerアルゴリズムを使用
- Kintex-7 FPGAを用いた評価基板に実装されている

### ● FPGA

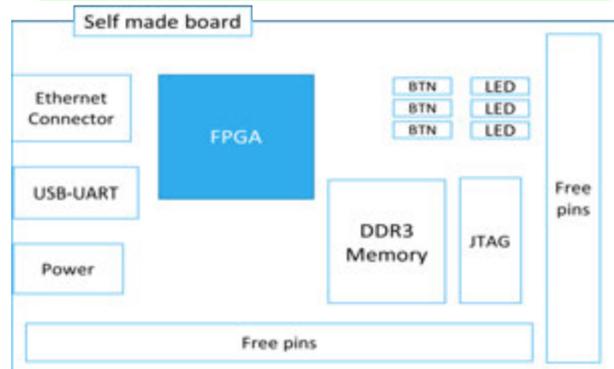
- 製造後に何度も再設計できる集積回路
- コストや消費電力を抑えられる



## 基板設計

### 自作基板設計

- KC705は評価基板で画像処理に必要な部品もついている  
↓
- Kintex-7FPGAをコアとした画像処理用の基板の設計中
- 部品数の減少
- FPGAの空きピンを用いて部品の追加も可能



### ● 利点

- 再設計可能
- メモリの大容量化
- 軽量化
- 小型化

## まとめ・今後の予定

### ● まとめ

- Kintex-7 FPGAを用いたSAR画像処理用基板の設計
- KC705に比べて部品数が減少
- 小型化・軽量化が期待される

### ● 今後の予定

- 自作基板の設計・発注
- 自作基板におけるSAR画像処理システムの動作確認
- 観測状況を想定した動作実験

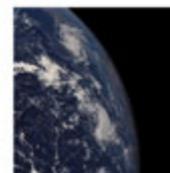
## 宇宙からのリモートセンシングによる地球惑星大気環境の研究

～火星大気ダスト・雲と熱構造の関係～

野口克行、上田真由、下地奈央(奈良女子大)  
入江仁士(千葉大)  
林寛生(富士通FIP)

## イントロダクション:火星

- 地球のすぐ外側を公転する惑星
  - 1火星年: 約2地球年
  - 直径: 地球の半分強
  - 重力加速度: 地球の3分の1
  - 大気: 地球の100分の1以下  
→地球(の中層大気)に似た気象が存在



- 火星気象の特徴
  - ダスト(地表から舞い上がったチリ) →ダストと気温は正相関  
太陽光を吸収して局地的に大気を加熱
  - 水氷雲(微量ながらもH<sub>2</sub>Oが存在) →水氷雲と気温は負相関  
赤外放射により局地的に大気を冷却 or 冷却により雲生成  
→火星大気の熱収支に影響を与える

## 研究の目的

火星探査機による大気リモートセンシング観測から得られた**気温とダスト・気温と雲**の相関解析



ダストや雲の放射場との相互作用と、火星気象・気候に与える影響を観測的に評価

本発表では、特に、従来あまり着目されて来なかった相関に着目

## 解析に用いた観測データ

米国の火星探査機 MRO  
(Mars Reconnaissance Orbiter)



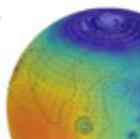
赤外放射計 MCS  
(Mars Climate Sounder)



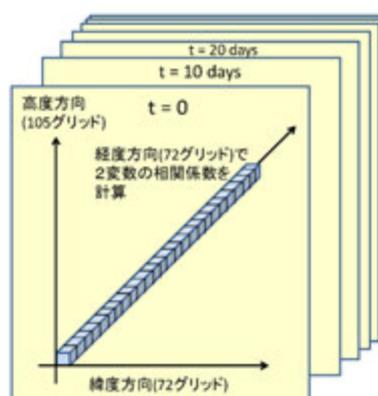
- 赤外域バンドパスフィルタ式、リム(大気周縁)観測
- 太陽同期極軌道衛星→観測はLT03(夜)、LT15(昼)
- 高度0-80km、鉛直分解能5km(スケールハイトの約半分)
- 気温・ダスト消散係数・雲(H<sub>2</sub>O氷)消散係数を測定
- 元データは100万本以上の高度プロファイル  
→時間(Ls)・緯度・経度5度毎で平均、格子化  
netCDFで格納→奈良女サーバで公開

## 比較用のデータ:数値モデル Mars Global Circulation Model(LMD-MGCM)

- フランス・パリ大のLMDグループにより開発された火星大気大循環モデル
- 水平分解能:約5度、高度:0-85km
- CO<sub>2</sub>・水蒸気の物質循環、CO<sub>2</sub>・ダストの放射効果を考慮
- 火星年毎のダストシナリオを取り込み、各MYに応じたダスト量の再現を図る
- 火星業界において、事実上の標準モデル

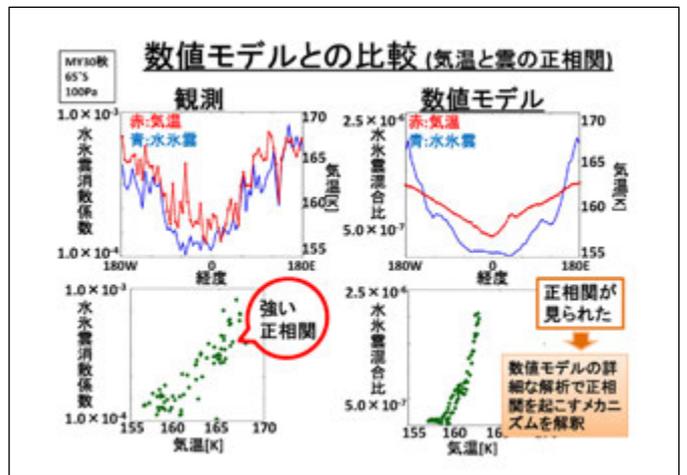
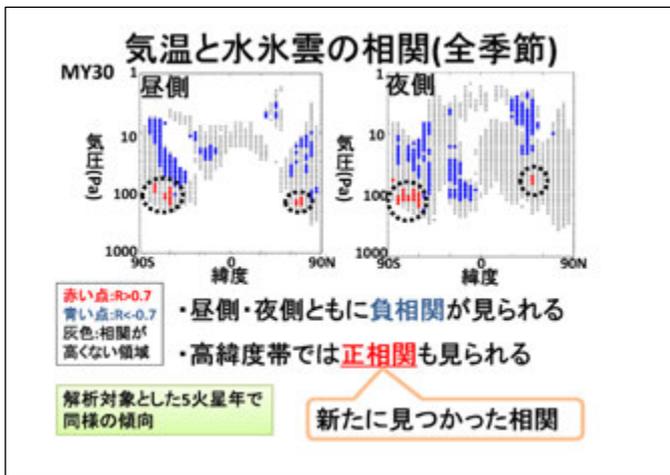
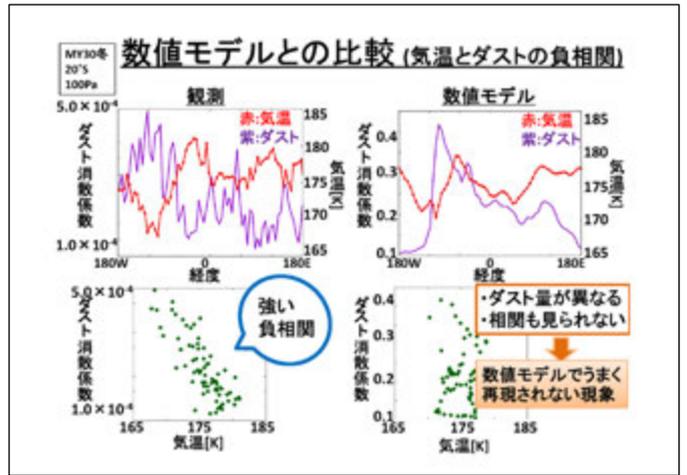
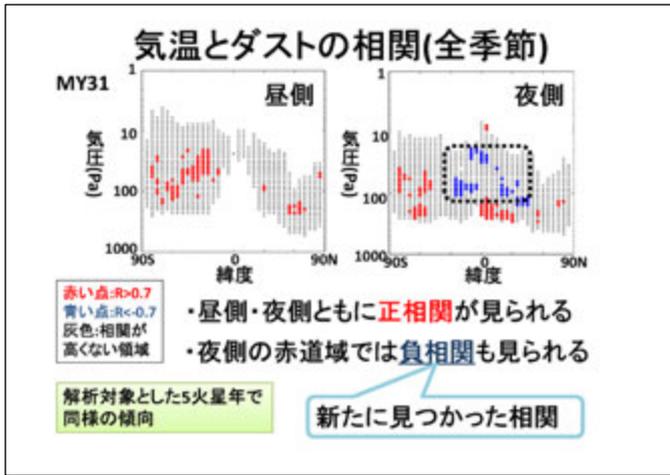


## 相関係数の計算



時間方向:約10日毎  
(Ls=5度毎、72グリッド)

次から示す図は、ある緯度・高度にて、1回でも強い正相関( $R > 0.7$ )または負相関( $R < -0.7$ )が見つかった場合をプロット



### まとめ

ダストや水氷雲は放射場を通して気温場に影響を与える

- ① **気温とダストの負相関** **気温と水氷雲の正相関**  
 という相関が新たに見つかった
- ② 数値モデルと比較した結果、このような相関が再現されている事例が見つかった

今後の課題

- ・ 数値モデル結果の詳細な解析 → このような相関が現れるメカニズムの解釈を目指す
- ・ 高い高度に表れるダスト極大の解析

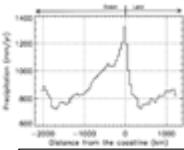
netCDF化したMCSデータを奈良女サーバで公開中  
 → 他の研究者にも広く利用されることを期待

# 衛星搭載レーダでとらえたアラスカ湾岸での降水勾配と地形効果の寄与

\*青木俊輔・重尚一（京都大学大学院理学研究科）

## 1. はじめに

海岸域は海洋から湿った空気が流入することで比較的多量の降水がもたらされる。TRMM PRによる観測(図1)などから、熱帯の海岸域で起こる降水が全球の水循環において重要な役割を果たすことが示されてきた(Ogino et al. 2017, *Geophys. Res. Lett.*)。高緯度においても特に大陸西岸(アラスカ、パタゴニア、ノルウェー、ニュージーランドなど)では降水が集中している地域がある。GPM DPRの登場により新たに得られるようになった高緯度地域での衛星搭載降水レーダを用いて、これらの地域の降水の解析を行った。



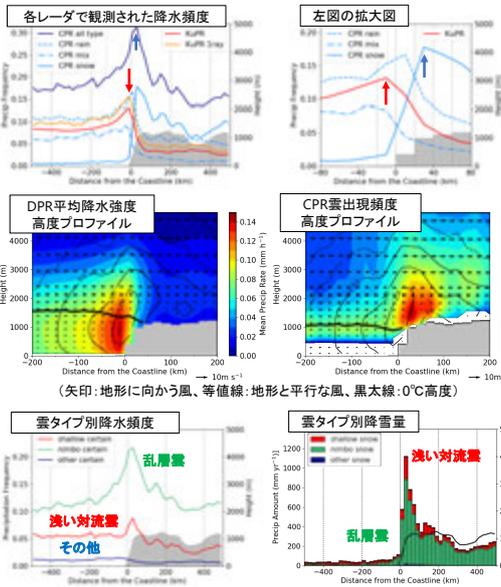
TRMM PR 3A25による降水量と海岸線からの距離の関係(Ogino et al. 2016, *J. Clim.*)

### 本研究の目的:

GPM DPRとCloudSat CPRの2つの衛星搭載レーダを用いて高緯度海岸域の降水分布を把握し、そうした分布をもたらす降水のメカニズムを解明すること。

## 3. 海岸線からの距離と降水

海岸の海側の領域ではDPR(KuPR)で最も頻りに降水が観測され、比較的多量の降水がもたらされている。一方、CPRで降雪が最も頻りに観測されている海岸山脈上ではDPR(KuPR)で観測される降水頻度・強度が小さい。これは、沿岸部よりも小さい反射強度をもつ雪や弱い雨が検出される割合が増加するためだと考えられる。



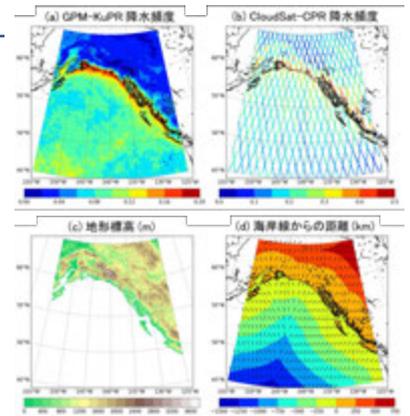
(矢印: 地形に向かう風、等値線: 地形と平行な風、黒太線: 0°C高度)

## 2. データ

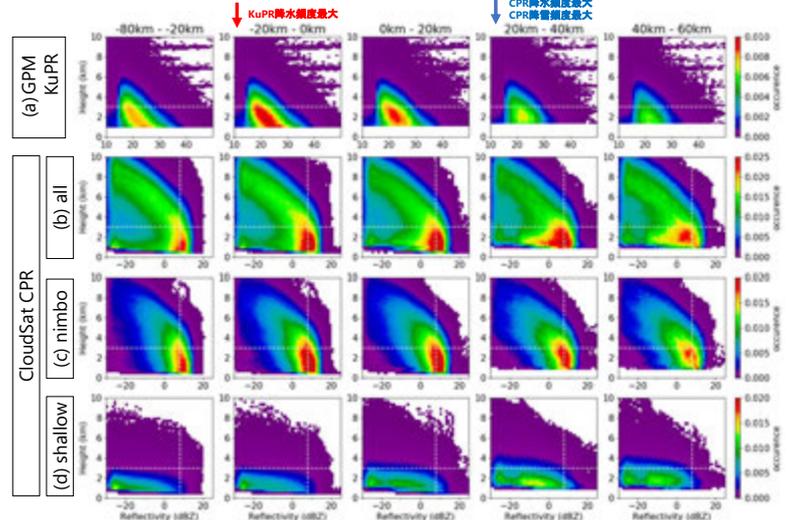
サンプル数の多いアラスカ湾岸を対象とした。GPM (Global Precipitation Measurement)主衛星搭載 DPR (Dual-frequency Precipitation Radar) KuPR(13.6GHz)およびCloudSat搭載CPR (Cloud Profiling Radar; 94GHz)のデータ(表1)を $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ のグリッドにリサンプリし、Ogino et al. (2016, *J. Clim.*)にならって海岸線からの距離の関数として各物理量の平均値を算出した。解析範囲は45-65N, 125-155Wである。

表1. 本研究で使用した衛星搭載レーダデータ

| GPM DPR(2周波降水レーダ)          | 期間: 2014/04 - 2019/03 |
|----------------------------|-----------------------|
| Precipitation flag & rate  | KuPR V06A LEVEL2      |
| Z factor measured          | KuPR V06A LEVEL2      |
| Precipitation rate (3-D)   | DPR V06A LEVEL2       |
| CloudSat CPR(雲レーダ)         | 期間: 2006/07 - 2015/12 |
| Precipitation flag (降水タイプ) | 2C-PRECIP-COLUMN      |
| Snowfall flag & rate       | 2C-SNOW-PROFILE       |
| Cloud scenario (雲タイプ)      | 2B-CLDCLASS           |
| Radar reflectivity         | 2B-GEOPROF            |

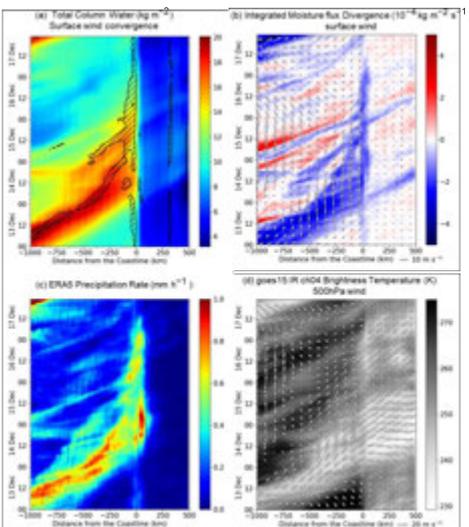


Kulie et al. (2016, *J. Hydrometeorol.*)にない、CPRで観測された降水イベントを浅い対流雲(shallow)、乱層雲(nimbo)、その他(other)の3つの雲タイプによる降水に分類した。海側から進行してきた乱層雲(nimbo)は海岸線付近で最も頻りに8dBZよりも強い反射強度をもつ降水が見られ、内陸に行くに従い反射強度の弱い降水が多くなる(図5c)。一方、浅い対流雲(shallow)は海岸山脈上で最も強まるが、このタイプの雲による反射強度は弱いため、KuPRではほとんど観測されていないと考えられる。



海岸線からの各距離での contoured frequency and altitude diagrams (CFADs; Yuter and Houze 1995, *Mon. Wea. Rev.*)。 (a)KuPR反射強度(Zm)、(b)すべての雲、(c)乱層雲(nimbo)・(d)浅い対流雲(shallow)によるCPR反射強度を示す。横軸反射強度(1dBZ間隔)、縦軸高度(KuPR:125m/CPR:240m間隔)の2Dヒストグラムで、シェードの値はそれぞれの領域での全観測回数に対する出現割合である。CPRで観測される8dBZの白点線がKuPRで観測可能な反射強度の下限の目安となる。3kmの白点線は参考。

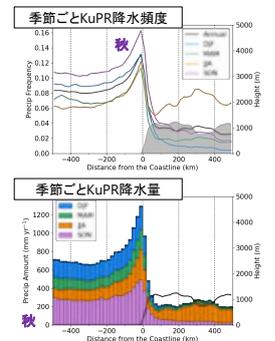
## 4. アラスカ湾岸の降水メカニズム



2014/12/13-17の事例の海岸線からの距離での各量のホフマー図(再解析データ ECMWF ERA5より)

右図から、KuPR降水頻度は秋(SON)に最大となる。アラスカ湾は「低気圧の墓場」とも呼ばれていて低気圧の存在頻度が高く、これは特に秋に大きくなる(Mesquita et al. 2009, *J. Clim.*)。このことは、アラスカ湾の低気圧や前線に伴う降水システムや水蒸気の流れが沿岸地域に降水をもたらしていることを示唆している。

左図から、洋上から低気圧に伴う閉塞前線が接近し、海岸に到達する事例である。洋上から海岸へと接近する水蒸気や下層風の収束帯が山地によってブロックされ、海上や沿岸域にとどまり、降水が持続していることが確認できる。下層とは異なり、上層の風は地形によりブロックされることなく内陸へと進行し、上層の雲を内陸へ運んでいる。したがって、沿岸で強化された比較的強い降水をもたらす雲(乱層雲)は、この風に乗って内陸の山岳域へ運搬され、海岸山脈上ではKuPRで観測されないような雪などの弱い降水を地上にもたらすと考えられる。



## 5. まとめ

衛星搭載降水レーダGPM DPR(KuPR)およびCloudSat CPRを用いて、アラスカ湾岸の降水の解析を行い、以下のことが明らかになった。

- 地形効果で下層の強い水蒸気収束が起こることで、KuPRで観測可能な比較的強い降水が海岸線の海側で頻りにみられ、この降雨は「乱層雲」によりもたらされている。
- 海岸山脈上での降雪は、その大部分を「乱層雲」からのものであり、「乱層雲」は海岸線の強い水蒸気収束でできた降水雲が内陸へ移流してきたものだと考えられる。「浅い対流雲」によってもたらされる降雪は弱い。これら山脈上の降雪はCPRでよく観測されるがKuPRではあまり観測されない。
- アラスカ湾岸からの低気圧に伴う前線システムや水蒸気移流が地形によりブロックされ、沿岸に停滞し、強化される。これがこの地域の海岸域の頻りに降水につながっている。

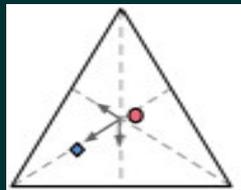
# 土地被覆比率分類データにおける空間誤差評価

堤田成政 (Narumasa Tsutsumida)  
 naru@kais.kyoto-u.ac.jp  
 京都大学 地球環境学堂

広域の土地被覆分析ではMixed pixel問題に対処するため、Spectral Unmixing Classification (SUC) が用いられる場合がある。その際、各クラスの被覆率が推定され、その総和は必ず1である。そのような場合、Aitchinson距離で誤差評価を実施する。これを拡張して、空間的に誤差を評価することは可能であろうか？

## GW total composite error analysis

誤差評価には、空間比率データからAitchson距離を計算する。本研究では対象地域内を移動する空間距離的減衰カーネルを通して、局所的なAitchson距離を算出する。このような手法はGeographically Weighted modelと呼ばれ、本手法をGW total composite error analysisと提案する。



Aitchison distance  
 有心対数比  
 (centered log-ratio)変換

$$d_{Ait}(x, y) = d_{Euc}(clr(x), clr(y))$$

$$clr(x) = \left[ \ln \frac{x_1}{g(x)}, \ln \frac{x_2}{g(x)}, \dots, \ln \frac{x_p}{g(x)} \right] \quad g(x) = \left( \prod_{i=1}^p x_i \right)^{1/p}$$

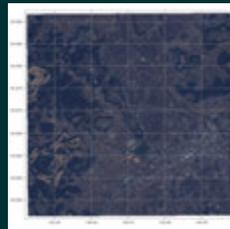
これを空間距離的減衰重み  
 (bi-squared, 10% adaptive kernel)  
 をつけ、各ピクセルに適用

$$d_{Ait,i}(x'_i, y'_i)$$

$$x'_i = \omega_k clr(x) \quad y'_i = \omega_k clr(y) \quad \omega_k = \begin{cases} 1 - \left(\frac{d_k}{b}\right)^2 & \text{if } |d_k| < b \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

## DATA

USGS Global reference databaseを利用した。本データは空間解像度2mで、2011年の土地被覆を6つのクラス(Tree, Water, Barren, Other vegetation, Shadow)で記述したものである。このデータから4つの土地被覆クラス(Tree, Water, Barren, Other vegetation)を抽出したのち、空間解像度10mに変換し、被覆率を求めた。SUCは同年のALOS AVNI-2に適用し、対象地内に1000点でランダムサンプリングした。



ALOS AVNI-2

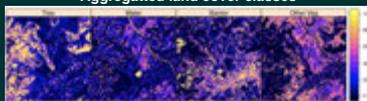


USGS Global reference database

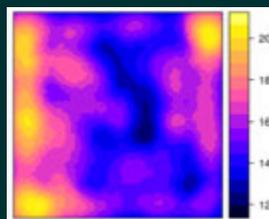
## RESULTS



Aggregated land cover classes



Spectral Unmixing

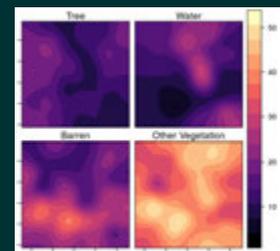


GW total composite error analysis

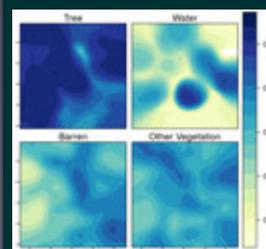
## OTHER APPROACHES



GW-me



GW-mae



GW-correlation

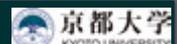
これらの誤差指標は各クラス率の総和が1という条件を考慮していない。各クラスが参照データに対しどの程度ずれているかを示している (Tsutsumida et al. 2019)

## DISCUSSION & CONCLUSION

本研究では空間比率データに対し、誤差の空間不均一性、どの地域で過大 / 過小推定がなされているかを評価する手法を開発した。適用には通常の精度評価同様に、ランダムサンプリングされた参照データのみでよく、従来の精度評価手法を容易に拡張することができる。今後は、このように推定された空間誤差を用いて、より高精度の環境観測マップの作成に寄与する手法の開発に取り組んでいきたい。

Tsutsumida et al. (2019) Investigating spatial error structures in continuous raster data, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 74, 259-268

Acknowledgement: 千葉大学環境リモートセンシング研究センター共同利用研究により実施された(2020)



# 地上光学観測による奈良盆地におけるエアロゾルの研究

久慈 誠、\*神谷 美里、中辻 菜穂、廣瀬 沙羅、高橋 悠実(奈良女子大学)

## 1. 背景と目的

エアロゾルは大気環境に影響を与える要因の一つである。近年、アジア域では急速な経済発展に伴う大気汚染が深刻化しており、エアロゾルによる大気環境への影響が懸念されている。その為、エアロゾルの動態を把握すること、特に人間が生活を営む大気下層のエアロゾルの動態を把握することは重要である。そこで、本発表では空気サンプリング、目視、並びにリモートセンシングデータを用いて奈良市におけるエアロゾルの特徴を調べた。

## 2. 観測データ

本研究では、Optical Particle Counter (OPC)、微小粒子状物質 (Particulate Matter 2.5: PM2.5)、視程、並びにサンフォトメータ (MICROTOPs: MT)観測データを使用した。各観測地点を図1に示す。  
【OPC】光散乱によってエアロゾルの粒子数濃度を粒径毎に測定する。観測粒径は、2013年8月から2014年9月までは0.3 μm以上、0.5 μm以上、0.7 μm以上、1.0 μm以上、2.0 μm以上、5.0 μm以上 (RION KR-12A)、2014年10月以降は0.3 μm以上、0.5 μm以上、1.0 μm以上、2.0 μm以上、5.0 μm以上 (RION KC-52)である。観測場所は奈良女子大学、観測時刻は14:00 JSTである。観測期間は2013年9月から現在も継続中である。  
【PM2.5】PM2.5とは、大気中に浮遊している粒径2.5 μm以下の粒子のことである。観測場所は西部大気汚染測定局 (奈良市青和小学校構内)である。観測は1時間毎に1日24回行われているが、OPCの観測時刻に合わせて14時の1時間値を使用した。観測期間は2012年4月から現在も継続中である。尚、このデータは奈良市役所から提供を受けた。  
【視程】視程とは、地表面付近の大気の混濁具合を見通しの距離で表したものである。本研究では、気象庁ホームページで公開されている奈良の視程観測データを使用した。観測は9:00、15:00、21:00 JSTの1日3回行われているが、OPCの観測時刻に最も近い15:00 JSTのデータを使用した。  
【MT】太陽直達光の波長別の測定から、エアロゾル量に相当する光学的深さ (Aerosol Optical Depth; AOD)を推定することができる (Solar Light MICROTOPs II)。観測波長は380、440、675、870、936 nmである。観測場所は奈良女子大学、観測時刻は14:00 JSTである。観測期間は2014年2月から現在も継続中である。  
尚、OPCと視程の比較については降水による影響を除くため非降水時のデータを、OPCとMICROTOPsの比較については快晴時のデータを使用した。

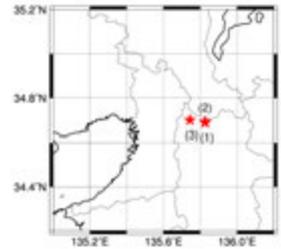


図1: 観測地点。(1)奈良女子大学、(2)奈良地方気象台、(3)西部大気汚染測定局。奈良女子大学からの直線距離は奈良地方気象台が約730 m、西部大気汚染測定局が約8 kmである。

## 3. 解析結果

粒子数濃度 (OPC)と(1)質量濃度 (PM2.5)、(2)視程、(3)光学的深さ (MT)をそれぞれ比較した結果について以下に示す。

### (1) 粒子数濃度 (0.3~2.0 μm) vs 質量濃度 (PM2.5)

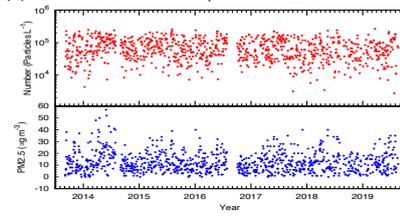


図2: 粒子数濃度 (0.3~2.0 μm)と質量濃度 (PM2.5)の時系列 (2013年9月1日から2019年8月31日)。上縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、下縦軸は質量濃度 (μg/m<sup>3</sup>)、横軸は月を表す。赤は粒子数濃度、青は質量濃度である。

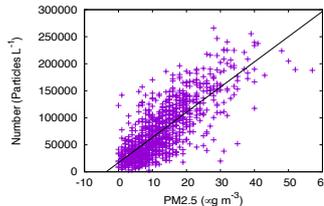


図3: 粒子数濃度 (0.3~2.0 μm)と質量濃度 (PM2.5)の相関。縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、横軸は質量濃度 (μg/m<sup>3</sup>)を表す。

奈良女子大学のOPCは1地点観測であるため、西部大気汚染測定局で観測されているPM2.5の質量濃度と比較することで、OPCが奈良市のエアロゾルの変動を捉えているか検証を行った。PM2.5との比較のため、OPCの粒径区間は0.3 μm以上から2.0 μm以上を差引いた0.3~2.0 μmとした。

図2に粒子数濃度 (0.3~2.0 μm)と質量濃度 (PM2.5)の時系列を示す。粒子数濃度と質量濃度は概ね同様の変動をしていることが分かる。両者の関係をより明確にするため、相関をとった (図3)。その結果、相関係数は0.78となり、強い正の相関を示した。これより、OPCは奈良盆地のエアロゾルの変動を概ね捉えていると考えられる。

### (2) 粒子数濃度 (0.3~0.5, 0.5~1.0, 1.0~2.0, 2.0~5.0, 5.0 μm以上) vs 視程

対流圏における視程は主としてエアロゾルによる太陽放射の散乱で決まる<sup>[1]</sup>ため、エアロゾルの粒子数濃度が視程に与える影響について調べた。

図4に粒子数濃度と視程の月平均の時系列を示す。0.3~0.5 (×)、0.5~1.0 (+)、1.0~2.0 (□) μmの小粒径の粒子数濃度は視程 (●)と概ね同様の変動をしていることが分かる。一方で、2.0~5.0 (▽)、5.0 μm以上 (◇)の大粒径の粒子数濃度は視程 (●)と同様の変動は見られない。

両者の関係をより明確にするため、相関を調べた。その結果、相関係数は0.3~0.5 μmで-0.66、0.5~1.0 μmで-0.61、1.0~2.0 μmで-0.53、2.0~5.0 μmで-0.36、5.0 μm以上で-0.24であった。全粒径区間で負の相関が見られた。これより、視程は大粒子よりも小粒子の影響を受け、小粒子が卓越すると視程はより悪化すると考えられる。

さらに、粒径区間ごとの経年変化での傾向を調べるため、R言語を用いた統計解析を行ったところ、0.3~0.5、0.5~1.0、5.0 μm以上の3つの区間で明瞭な負のトレンドがあることが分かった。これより、奈良盆地のエアロゾルは減少傾向にあり、空気は清浄化してきていることが推測される。

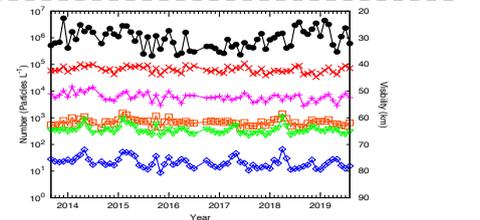


図4: 粒子数濃度と視程の月平均の時系列 (2013年9月から2019年8月)。左縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、右縦軸は視程 (km)、横軸は月を表す。赤は0.3~0.5 μm、桃は0.5~1.0 μm、橙は1.0~2.0 μm、緑は2.0~5.0 μm、青は5.0 μm以上の粒子数濃度、黒は視程である。

### (3) 粒子数濃度 (0.3 μm以上) vs 光学的深さ (440, 870 nm)

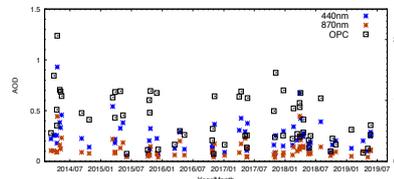


図5: 光学的深さと粒子数濃度 (0.3 μm以上)の時系列 (2014年2月から2019年8月)。左縦軸はエアロゾルの光学的深さ、右縦軸は粒子数濃度 (Particles/L)、横軸は日付を表す。青は440 nm、橙は870 nmにおける光学的深さ、黒は粒子数濃度である。

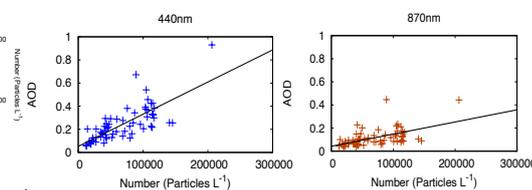


図6: 光学的深さと粒子数濃度 (0.3 μm以上)の相関図。縦軸は光学的深さ、横軸は粒子数濃度 (Particles/L)を表す。(左)440 nm、(右)870 nm。

図5にエアロゾルの光学的深さ (440, 870 nm)と粒子数濃度 (0.3 μm以上)の時系列を示す。粒子数濃度が増加すると光学的深さは増加し、一方で粒子数濃度が減少すると光学的深さは減少することが分かる。

両者の関係をより明確にするため、相関を調べた (図6)。その結果、相関係数は440nm (870 nm)で0.75 (0.55)という正の相関を示した。これより、大気下層の粒子数濃度と大気全層のエアロゾル量は概ね同様の変動をしていると考えられる。

## 4. まとめと今後の課題

空気サンプリング、目視、並びにリモートセンシングデータを用いて、奈良市におけるエアロゾルの特徴を調べた。

まず、OPCとPM2.5の比較より、奈良女子大学で観測しているOPCは奈良市のエアロゾルを概ね捉えていると考えられる。次に、OPCと視程の比較より、視程悪化には小粒子の増加が大きく影響していることが分かった。また、OPCの経年変化の傾向より奈良盆地のエアロゾルは減少傾向にあることが分かった。さらに、OPCとMTの比較より、大気下層の粒子数濃度と大気全層のエアロゾル量は概ね同様の変動をしていたことが分かった。

今後は気象観測衛星と比較することで、より詳細に大気環境の地域特性について調べる予定である。

## 謝辞

視程観測データは気象庁より、PM2.5観測データは奈良市役所より提供を受けました。御礼申し上げます。また、OPC/MTの観測にご協力頂いた皆様に感謝致します。

## 参考文献

- [1] D. J. ジェイコブ (著)、近藤 豊 (訳)、大気化学入門、東京大学出版会、2010。
- [2] 浅野 正二、大気放射学の基礎、朝倉書店、2010。



# High-Frequency estimation of the land surface temperature using next-generation geostationary satellite data

Yuhei Yamamoto\* and Kazuhito Ichii (Center for Environmental Remote Sensing (CEReS), Chiba University)

## Introduction

Land surface temperature (LST) is a key parameter of land-atmosphere interaction on various scales. Therefore, the LST has potential applications in environmental studies, such as the surface energy balances (sensible and latent heat), vegetation monitoring, and urban heat island. Since satellite observations can provide LST data over a wide area with homogeneous quality, LST retrieval algorithms have been proposed for various sensors.

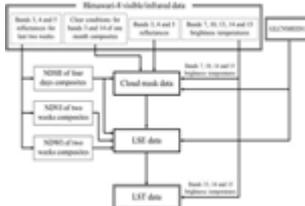
Himawari-8, a new generation of Japanese geostationary satellite, began the observation from July 2015. The Advanced Himawari Imager (AHI) onboard Himawari-8 features high spatial (about 2 km) and temporal resolution (10 minutes). We present a new LST retrieval algorithm utilizing multi-bands of Himawari-8 sensor.

## LST retrieval from Himawari-8 data

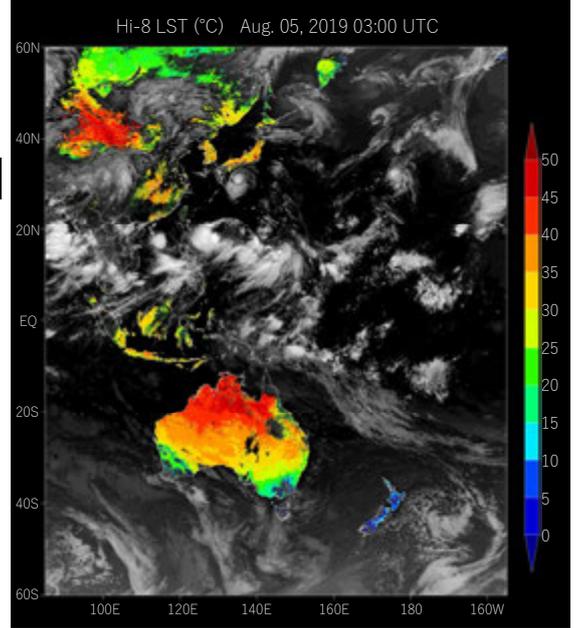
□ Nonlinear Three-Band Algorithm (Yamamoto et al., 2018, *JMSJ*, 96B, 59–76.)

$$LST = \left[ a_1 + a_2 \frac{1 - \varepsilon_{10.4}}{\varepsilon_{10.4}} \right] T_{10.4} + \left[ a_3 + a_4 \frac{1 - \varepsilon_{11.2}}{\varepsilon_{11.2}} \right] T_{11.2} + \left[ a_5 + a_6 \frac{1 - \varepsilon_{12.4}}{\varepsilon_{12.4}} \right] T_{12.4} + a_7 [T_{10.4} - T_{11.2}]^2 + a_8 [T_{10.4} - T_{12.4}]^2 + a_9 [T_{11.2} - T_{12.4}]^2 + a_{10}$$

- ▶  $T_{10.4}, T_{11.2}, T_{12.4}$ : The brightness temperatures observed in three thermal infrared bands of Himawari-8.
- ▶  $\varepsilon_{10.4}, \varepsilon_{11.2}, \varepsilon_{12.4}$ : Land surface emissivities (LSEs) of three thermal infrared bands. LSEs are estimated based on land cover data (GLCNMO2013), NDVI, NDWI, and NDSII.
- ▶ Coefficients  $a_1 \sim a_{10}$  depend on the satellite zenith angle. They are determined from Levenberg-Marquardt regression method of Rstar6b simulation data.
- ▶ Cloud masking is applied as a preprocessing because the thermal infrared radiation radiated from land surface cannot transmit the clouds.



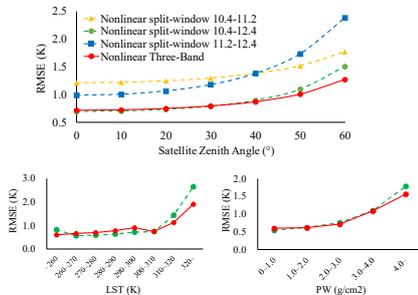
The flowchart for the operational retrieval method of LST



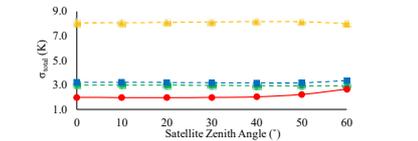
## Validation and Intercomparison

### Other LST retrieval algorithms

- Algorithm errors in Rstar6b simulation data
  - 215 radiosonde data
  - 87 emissivities (40 soils, 23 rocks, 12 vegetation, 1 water, 5 ice/snow, 6 manmade materials)



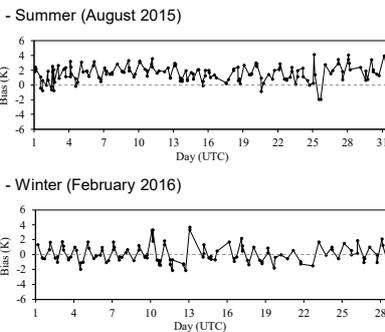
- Sensitivity analysis (6 model atmospheres)
  - $\varepsilon_{10.4}, \varepsilon_{11.2}$  and  $\varepsilon_{12.4}$ :  $\pm 0.02$
  - $NEDT_{10.4}, NEDT_{11.2}$  and  $NEDT_{12.4}$ :  $\pm 0.1$  K



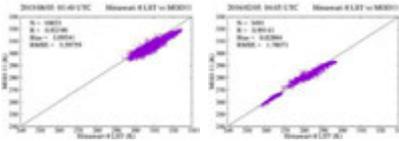
### MODIS LST (MOD11, MYD11)

- 2.5-min rapid scan area around Japan

$$\text{Bias} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (LST_{\text{Himawari-8}} - LST_{\text{MODIS}})$$



- LST distribution trend at daytime

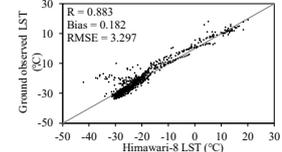


### In-situ data (Tibetan Plateau)

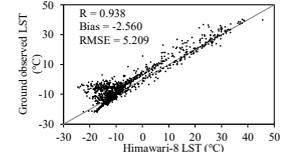
- Observation Site – BJ (Tibetan Plateau)

Location: 31° 22'8.73"N, 91° 53'55.26"E  
Altitude: 4511 m, VZA: 63.56°, LSE: 0.90

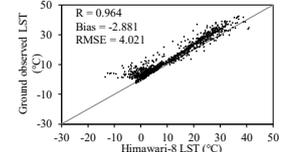
- January 1~31, 2016



- April 1~30, 2016



- July 1~31, 2016



## Summary and Future works

- NTB can stably estimate the LST, particularly in hot and wet environments.
- NTB has the highest robustness against the uncertainties in the LSEs and NEDTs of the three TIR bands.
- Himawari-8 LST tends to be higher than MODIS LST during daytime (esp. in summer). The reason for the bias might be the geometry of data retrieval. Himawari-8 look at Japan from the South, thus it sees more southern sides of objects (Zakšek and Oštir, 2012, *RSE*, 117, 114–124).
- Validation using in-situ data at Tibetan Plateau showed that the validity of our LST product over high satellite zenith angle (SZA).
- This Himawari-8 LST dataset will be publicly available soon from CEReS, Chiba University. The dataset can be used for various applications to AsiaFlux community, such as temperature anomaly monitoring, vegetation stress monitoring, terrestrial carbon cycle modeling.

AsiaFlux and OzFlux observation networks are powerful for LST validation. We are keen to work with your recent (2015 - ongoing) observation data.

# ひまわり 8 号を用いた東南アジアの植生季節変動モニタリング

Monitoring for variation of vegetation season using Himawari-8 in Southeast Asia



CHIBA UNIVERSITY

林 航大 (Hayashi Kodai), 市井和仁 (Ichii Kazuhito), 山本雄平 (Yamamoto Yuhei)  
千葉大学 環境リモートセンシングセンター (CEReS, Chiba University)

## Introduction

Table 1. Himawari-8 (AHI) vs Himawari-7 (Imager), Terra, Aqua (MODIS)

|                               | Himawari-8 (AHI)                     | Himawari-7 (Imager)             | Terra, Aqua (MODIS)                  |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Bands                         | 16bands<br>VIS, NIR, SWIR, MTIR, TIR | 5bands<br>VIS-NIR(1), MTIR, TIR | 16bands<br>VIS, NIR, SWIR, MTIR, TIR |
| Spatial Resolution (at Nadir) | 0.5 - 2km                            | 1km, 4km                        | 0.25km, 0.5km, 1km                   |
| Obs Frequency                 | 10min (Full-disk)                    | 1hour (Full-disk)               | 1day                                 |

- 東南アジアには熱帯雨林が広く分布。炭素, 水, エネルギー収支の地球規模の変化を正確に評価するために不可欠な地域。
- 農地開拓や社会基盤整理などの人間活動と干ばつや火災などの気象・気候の変動により, 熱帯雨林の土地被覆そのものや植物季節, バイオマス量などの時空間分布は目まぐるしく変化している (Bonan 2008; Harrison 2001).
  - 広域で欠損のない連続的なモニタリングを行うことが重要である (Huete et al. 2008; Saigusa et al. 2008).
- 地球観測静止軌道衛星として期待されるひまわり8号データを用いれば, 中分解能極軌道衛星データを用いた場合よりも雲なしデータが格段に増加し, 熱帯雨林のフェロロジーをより詳細に捉えられるのではないかと期待される。
  - 年間を通して降水量が多く湿潤な東南アジアで, 実際の程度雲なしデータが増加するのか?
  - データ量の増加により, 熱帯雨林のフェロロジーをどの程度詳細に理解できるか? を明確化する必要がある。
- 高解像度ひまわり8号雲マスクデータを構築し, MODIS雲マスクプロダクトとの相互検証を行った。そして, 一か月間の陸域観測割合を比較した。また, ひまわり8号とMODISの地表面反射率データから植生指数を算出し, 雲を除去した場合でのそれらの季節変化を比較した。

## Data and Method

### Target Region, Period

- 対象年 2016年 - 対象地域 97°E, 127°E, 12°S, 8°N
- 対象土地被覆  
森林, 耕作地, 水田, その他の植生 (GLCNMO2013; Class1-15)  
※) 植生指数の季節変化の解析には常緑広葉樹林のみ
- 対象サイト (AsiaFlux): all sites are rainforest sites  
Palangkaraya drained forest (PDF), Lambir Hills National Park (LHP), Pasoh Forest Reserve (PSO)

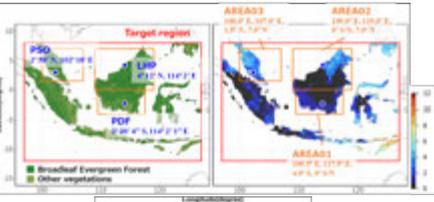


Fig. 1. Target region, sub-regions, and site. The left is GLCNMO2013 (land cover). The right is the length of the dry season (months). The dry season is defined as the month with  $\leq 100$  mm/month precipitation. GSMA-P Gauge v7 (daily) is used as precipitation.

### Inter-Comparison of Cloud mask

- ひまわり8号雲マスク Yamamoto et al. (2018)を基に構築 (空間解像度0.01°).
- MODIS (Terra/Aqua) 雲マスク MOD/MYD35 (空間解像度0.01°に再投影). "Confident clear", "Probably clear" → "Clear" "Cloudy", "Probably cloudy" → "Cloudy"
- 比較条件: 以下を満たすピクセルのみ使用。  
対象地域内で植生被覆 & AHIとMODISの観測時刻の差が5分以内 & 観測角の差が $\Delta VZA1 < 10^\circ$ かつ $\Delta VZA2 < 5^\circ$
- ひまわり8号とMODISの雲検出精度に大きな差がないことを確認した。

### Analysis of Cloud removal efficiency

- ひまわり8号雲マスクは現地時間で 9:00~15:00の全データ
- 降水量データはJAXA/EORC作成・提供の GSMA-P Gauge\_v7 (daily) (Ushio et al., 2013)
- 乾燥月 (dry month) は月積算降水量で100mm以下と定義した (Fig. 1 (right)).
- 従来のTerra/Aqua (MODIS) データを用いた場合と比較して, 一か月間の陸域観測割合がどれだけ増加するのかを時空間的に調べた。

### Analysis of Seasonal change in VI

- ひまわり8号地表面反射率データ  
精密幾何補正済み大気上端反射率データ(千葉大CEReS提供データ)を利用。  
放射伝達コード6SVを用いてLook Up Tableを作成し, 赤・近赤外の地表面反射率を推定 (空間解像度0.01°; Table 2).
- MODIS (Terra/Aqua) 地表面反射率データ MOD/MYD09GA (v6) (空間解像度0.01°に再投影) を使用した。なお, 雲除去には states\_1km (derived from MOD/MYD35) の雲マスクを用いた。
- 常緑広葉樹林のピクセルのみを使用し, 対象エリアと対象サイト (0.03°×0.03°) でNDVI, EVI2の16日平均値を算出した。
- 日射量 (SRAD) データはJAXA/NASA作成・提供の短波放射プロダクト (daily) を用いた。

| Parameter                        | Min | Max | Interval | data     |
|----------------------------------|-----|-----|----------|----------|
| Solar zenith angle (deg)         | 0   | 80  | 5        |          |
| View zenith angle (deg)          | 0   | 80  | 5        |          |
| Relative azimuth angle (deg)     | 0   | 180 | 10       |          |
| Altitude (km)                    | 0   | 4   | 1        | GTOPO30  |
| Water vapor (g/cm <sup>2</sup> ) | 0   | 5   | 1        |          |
| Ozone (cm-atm)                   | 0.2 | 0.4 | 0.05     | MOD08_03 |
| ADD 550nm                        | 0   | 0.8 | 0.1      |          |

Table 2. Lookup Table for the Himawari-8 Ground Surface Reflectance Calculation.

## Results and Discussion

### Cloud removal efficiency

#### Inter-Comparison of Cloud mask

- 年間を通して高い一致率 (年間で86.1%) (Fig. 3).
- 雲検出強度はすべての月で AHI > MODIS の関係となっている。
- AHIとMODISどちらも雲と判別されたピクセル数の月変化は, 月積算降水量の変化パターンとよく一致 (Fig. 2).

⇒ 雲除去効率の解析時において, ひまわり8号データの結果が過大評価されにくいことが確認された。

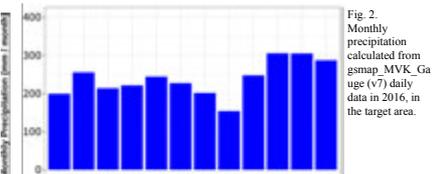


Fig. 2. Monthly precipitation calculated from gsmap\_mv7\_gauge (v7) daily data in 2016, in the target area.

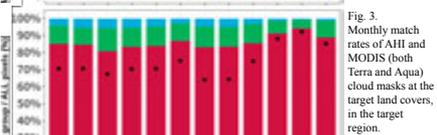


Fig. 3. Monthly match rates of AHI and MODIS (both Terra and Aqua) cloud masks at the target land covers, in the target region.

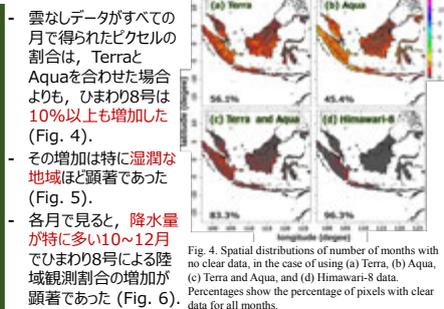


Fig. 4. Spatial distributions of number of months with no clear data, in the case of using (a) Terra, (b) Aqua, (c) Terra and Aqua, and (d) Himawari-8 data. Percentages show the percentage of pixels with clear data for all months.

- 雲なしデータがすべての月で得られたピクセルの割合は, TerraとAquaを合わせた場合よりも, ひまわり8号は10%以上も増加した (Fig. 4).
- その増加は特に湿潤な地域ほど顕著であった (Fig. 5).
- 各月で見ると, 降水量が特に多い10~12月でひまわり8号による陸域観測割合の増加が顕著であった (Fig. 6).

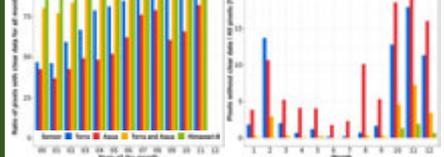
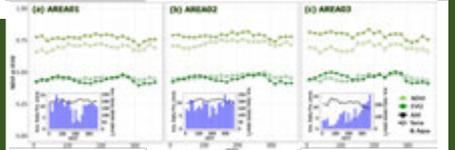


Fig. 5. Number of the dry season months (x-axis) and percentage of data with no monthly missing data (y-axis) for the target region.



Fig. 6. Percentage of the pixel with no clear data in each month over the target land covers (vegetations) in the target region.

### Seasonal change in VI



| Vegetation Index | Environmental Factor     | AREA01  | AREA02  | AREA03  |
|------------------|--------------------------|---------|---------|---------|
| NDVI             | Precipitation (mm)       | *-0.513 | *-0.643 | *-0.745 |
|                  | SRAD (W/m <sup>2</sup> ) | 0.187   | 0.333   | *0.533  |
|                  |                          | -0.048  | -0.138  | -0.116  |
| EVI2             | Precipitation (mm)       |         |         | *-0.737 |
|                  | SRAD (W/m <sup>2</sup> ) | *0.747  | *0.551  | *0.665  |
|                  |                          |         |         | *0.828  |

Fig. 7. Seasonal changes in NDVI, EVI2, precipitation, solar radiation averaged over 16 days, in (a) AREA01, (b) AREA02 and (c) AREA03. Error bars is standard error.

- 全エリアで植生指数と降水量/日射量の関係はそれぞれ負/正の相関をとった (Fig. 7, Table 3). その中で, ひまわり8号のEVI2と日射量の関係が最も高かった。
- サイト単位での解析では, 全サイトでデータの"抜け"はひまわり8号の方が少なかったが, 1年間のデータだけでは環境要因との有意な相関は得られなかった (Fig. 8).

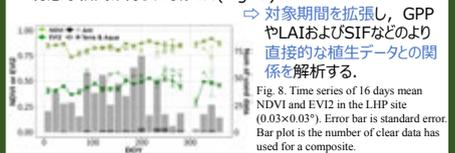


Fig. 8. Time series of 16 days mean NDVI and EVI2 in the LHP site (0.03°×0.03°). Error bars is standard error. Bar plot is the number of clear data has used for a composite.

## Conclusion and Future prospects

- 本研究の目的は, ひまわり8号の高観測頻度特性を活かして, 年間を通して降水量が多く湿潤な東南アジアにおいて, どの程度熱帯雨林のフェロロジーが見えるかを明確化することである。そのために, 雲マスクの作成と検証, 雲除去効率の解析, 最後に植生指数の季節変化の解析を行った。
  - ひまわり8号雲マスクデータとMODIS雲マスクデータは年間を通して高い一致率であった。
  - ひまわり8号による雲なしデータ量の増加 (雲除去効率の向上) は, 湿潤な地域かつ降水量が多い時期ほど顕著となることが分かった。
  - 植生指数の季節変化の解析においては, ひまわり8号データと環境変数 (日射量, 降水量) との間に強い相関があることが分かった。
- ⇒ 今後はこれら植生指数がGPPやLAIおよびSIFなどより直接的な植生データとの間でどのような関係が成り立つのかを解明する。

### Acknowledgements

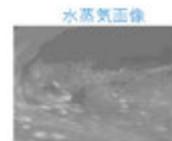
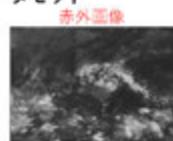
本発表にて使用したひまわり8号精密幾何補正済み大気上端反射率データとMODIS短波放射量データ, GSMA-P標準版降水量データは, それぞれ千葉大学環境リモートセンシングセンター, JAXA/NASA, JAXA/EORCより提供を受けました。

# ひまわり8号と機械学習を用いた台風識別器の開発

筆保弘徳<sup>1</sup>・権田紗希<sup>1</sup>・樋口篤志<sup>2</sup>  
 (1:横浜国立大学, 2:千葉大学)

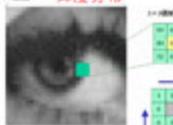
## 目的

### ①データセット



VS

### ②特徴量



VS

### ③台風事例別比較

T1701

VS

T1702

## 背景

### ●先行研究

近年、コンピュータ技術の発展に伴い、機械学習を台風の強度推定や予報に適用する研究も出てきた。

Liu et al.2016; Maskey et al.2016; Ebert-Uphoff et al.2017; Hong et al.2017; Matsuoka et al.2017; Gorricha and Costa.2017; Rachab et al.2017; 松岡他2018 加藤他2018 藤原他2018

### ●台風事例の視点を持った

気象衛星雲画像から台風中心位置検出に関する研究はまだ少ない。

### ●春季気象学会(金崎他2018)

ひまわり7号以前の衛星赤外画像を用いて、台風位置検出器を作成した。  
 ⇒十分な検出結果を得ることができなかった。

### 解決策

ひまわり8(高解像度、高頻度)のデータを用いて学習を行う。

## 検出モデル

Intel, Willow Garageが開発・公開しているオープンソースのコンピュータビジョンライブラリ **openCV** を使用  
 使用例: 顔認証、ロボットの視覚システム



本研究では、学習(traincascade)により作成されたカスケード型AdaBoost識別器を台風位置検出モデルと名付けた。

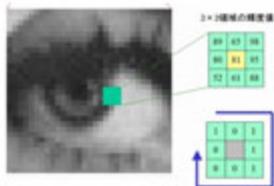
各実験における設定は以下の表の通り

|       | データ   | 特徴量      | minNeighbors | Size        |
|-------|-------|----------|--------------|-------------|
| 赤外画像  | バンド13 | 輝度分布、明暗差 | 5,10,20      | 150,170,200 |
| 水蒸気画像 | バンド8  | 輝度分布、明暗差 | 5,10,20      | 150,170,200 |

## 特徴量について

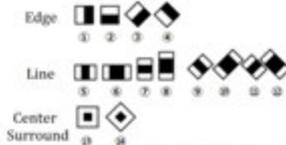
### 輝度分布(LBP)

・バイナリーデータを計算し、ヒストグラムを作成する。  
 ・ヒストグラムの集まりを学習し、判別を行う。

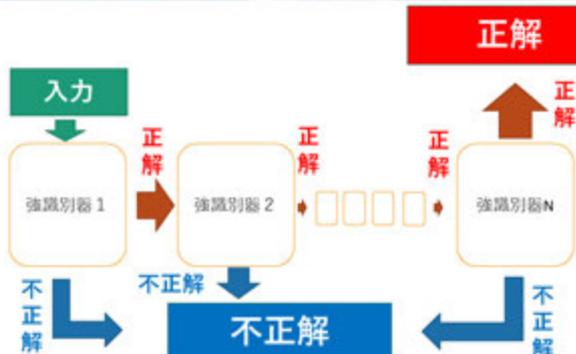


### 明暗差(HAAR-Like)

・画像の一部分を切り出し、局所的な明暗差を算出する。  
 ・局所的な特徴を様々な組み合わせることで判別する。



## カスケード型AdaBoost識別器の仕組み



### 学習・検証データ

- 気象庁ベストトラックから線形内挿して得た、2015年7月から2016年までの赤外画像（バンド13）、水蒸気画像（バンド8）から切り出した台風画像56372枚をpositive画像
- 台風非発生期間の北西太平洋の範囲からランダムに抽出した非台風画像50000枚をnegative画像
- 検証データとして2017年の一年間の画像を用いた。

positive画像：各56372枚      negative画像：各50000枚

台風画像の範囲  
2500 km (620px) × 2500 km (620px)  
中心

### 評価方法について

検出した台風位置とBTの位置の比較を行う。  
 正検出：BT位置から600km圏内の場合  
 見逃し：BTでは台風とされているものを検出しない場合  
 空振り：台風でないものを検出した場合、または、台風を検出しているが、600km圏外の場合。

東経100° ~ 東経180°  
南緯10° ~ 北緯50°

### 赤外画像VS水蒸気画像

2017第18号 (1718)

赤外画像      水蒸気画像

100%      10%

赤外画像の方が水蒸気画像よりも検出精度が良かった。  
 ⇒現状では、水蒸気画像のみで台風位置検出モデルを作成することは難しい。

### 輝度分布VS明暗差

2017年 第18号

輝度分布      明暗差

### 統計的な検証

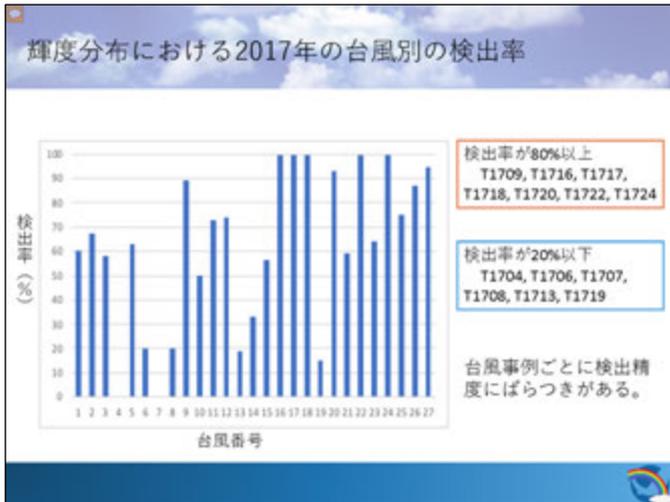
輝度分布

| Model    | 検出数  | 正検出数 | 検出率 (%) | 見逃し率 (%) | 適合率 (%) | 平均誤差 (km) |
|----------|------|------|---------|----------|---------|-----------|
| L05-S100 | 4204 | 171  | 4.0     | 27       | 1.3     | 278       |
| L05-S170 | 3763 | 124  | 3.3     | 24       | 1.4     | 279       |
| L05-S200 | 2828 | 488  | 17.3    | 29       | 1.8     | 305       |
| L10-S100 | 3885 | 372  | 9.6     | 46       | 9       | 288       |
| L10-S170 | 3633 | 357  | 9.8     | 48       | 18      | 277       |
| L10-S200 | 2438 | 349  | 14.3    | 49       | 14      | 296       |
| L20-S100 | 175  | 128  | 73      | 83       | 15      | 279       |
| L20-S170 | 138  | 124  | 89      | 82       | 17      | 282       |
| L20-S200 | 425  | 141  | 33      | 80       | 23      | 315       |

明暗差

| Model    | 検出数  | 正検出数 | 検出率 (%) | 見逃し率 (%) | 適合率 (%) | 平均誤差 (km) |
|----------|------|------|---------|----------|---------|-----------|
| M05-S100 | 7988 | 423  | 5.3     | 9        | 9       | 281       |
| M05-S170 | 4204 | 584  | 13.9    | 15       | 9       | 277       |
| M05-S200 | 4383 | 519  | 11.8    | 24       | 12      | 300       |
| M10-S100 | 4491 | 488  | 10.9    | 52       | 10      | 277       |
| M10-S170 | 3954 | 451  | 11.4    | 54       | 11      | 278       |
| M10-S200 | 2981 | 417  | 13.9    | 59       | 15      | 306       |
| M20-S100 | 2294 | 295  | 12.9    | 64       | 11      | 289       |
| M20-S170 | 1823 | 484  | 26.6    | 68       | 18      | 278       |
| M20-S200 | 1388 | 252  | 18.2    | 66       | 17      | 317       |

● 明暗差検出器の方が、検出数が多いため検出率が高い結果となった。  
 ● しかし、適合率は輝度分布検出器の方が高く、明暗差検出器では検出が不安定になっている。



### 考察

- 検出精度が低い台風の特徴  
→ 雲の組織化が弱い台風、雲が広範囲に広がっている台風、他の台風や擾乱が近い台風

2017年第22号 検出率100%

2017年第8号 検出率18%

- 検出精度が高い台風の特徴  
強度が強い台風、雲の組織化が強く、近くに他の台風や擾乱のない台風

### まとめ

機械学習を用いて、台風位置検出モデルを作成し、どのバンド、モデルの時検出精度がよくなるのかを調べた。  
そして、作成した台風位置検出モデルがどのような特徴の台風の時、検出精度が良くなるのかを調べた。

- 赤外画像VS水蒸気画像は、赤外画像の勝ちであった。
- 輝度分布VS明暗差は、輝度分布の勝ちであった。
- 雲の組織化が弱く、強度が弱い台風、または雲が広い範囲に広がっている台風、近くに別の台風や擾乱が存在する台風が検出にくい事がわかった。

今後は、さらに異なるバンドの画像をデータセットにし本研究の結果と比較を行う事で、さらに検出精度の良い台風検出モデルの開発に取り組んでいきたい。

### 謝辞

千葉大学環境リモートセンシング研究センター共同利用研究の枠組みでデータを提供していただきました。豊嶋純一博士には、本研究において有益な情報をいただきました。

# Vegetation growth monitoring by drone remote sensing In precision agriculture

Tokyo University of Information Sciences Jonggeol Park

## Introduction

Grasping the height and color of crops such as rice and wheat is an important means for determining whether crops have been growing steadily since ancient times. However, it takes time and effort to look around a wide field and measure the plant height and color. The average cultivated area per farmhouse in Japan (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries 2014) is as small as 23.35 hectares in Hokkaido, 2.26 hectares in the Tohoku region, and 1.39 hectares in other prefectures, and there is also a large difference in cultivation conditions between fields. More than 70% of family-run agriculture in the world is less than 1 hectare.

Proximity remote sensing using UAV (Unmanned Aerial Vehicle) as a flat form is expected to become increasingly important as on-demand remote sensing that can be adapted to the region. As a result, UAV has been used in many proximity remote sensing fields. As a previous study using UAV in the agricultural field, Tsuji et al. (2014) showed the effectiveness of paddy field monitoring using a radio-controlled electric multicopper and Tanaka et al. Using a small UAV. Mukaiyama et al. used SPAD values for estimation of brown rice protein content in an industrial unmanned helicopter using a hyperspectral image sensor. In the research example using a multicopper, 3D models (CSMs: Crop Surface Models) are created by using SfM-MVS (Structure from Motion and Multi-View Stereo) technology using multiple photos from a small camera, and biomass from the community height was measured (Bendia et al., 2014). Uto et al. conducted paddy rice monitoring with a small hyperspectral sensor for UAV. Tsuji et al. (2016) performed time-series growth monitoring of rice using SfM-MVS using multi-period UAV data. In this study, we investigate the time-series phenology change of rice using RGB image of UAV.

## Study Area

Inba Marsh is located in the northern part of Chiba Prefecture, about 40-50 km from Tokyo. The area around Inba Marsh is one of the leading rice districts in the prefecture with 7,000 ha of vast rice fields. Agricultural water is distributed from the Inba marsh to every corner of the vast paddy field through pumping stations and irrigation channels. And the Inba Marsh Land Improvement District maintains these agricultural and irrigation facilities so that the effects of irrigation can be fully demonstrated.

Landsat Image

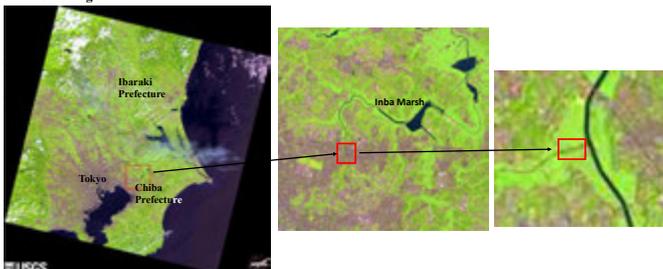


Fig. 1 Test site location

Figure 2 shows the result of orthomosaic image using 800 images observed by Metashape software on June 9th. The pixel resolution is 1.2cm.

## Vegetation Index for Drone

The RGBVI was introduced by Bendig et al. (2015) as the normalised difference of the squared green reflectance and the product of blue × red reflectance with the function of capturing reflectance differences between chlorophyll a-absorption and chlorophyll b-absorption. The visible atmospherically resistant index (VARI) was proposed by Gitelson et al.(2002).It is an improvement of GRVI (Rouse et al) that reduces atmospheric effects. Although this is not an expected severe effort in low flying UAV platforms, it might locally be so. At Mediterranean sites with large amounts of bare soil. In addition, it has been reported to correlate better than GRVI with vegetation fraction.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

$$GRVI = \frac{G - R}{G + R}$$

$$RGBVI = \frac{G^2 - (R*B)}{G^2 + (R*B)}$$

$$VARI = \frac{G - R}{G + R - B}$$

## Result



Fig. 2 Orthomosaic image on June 9th

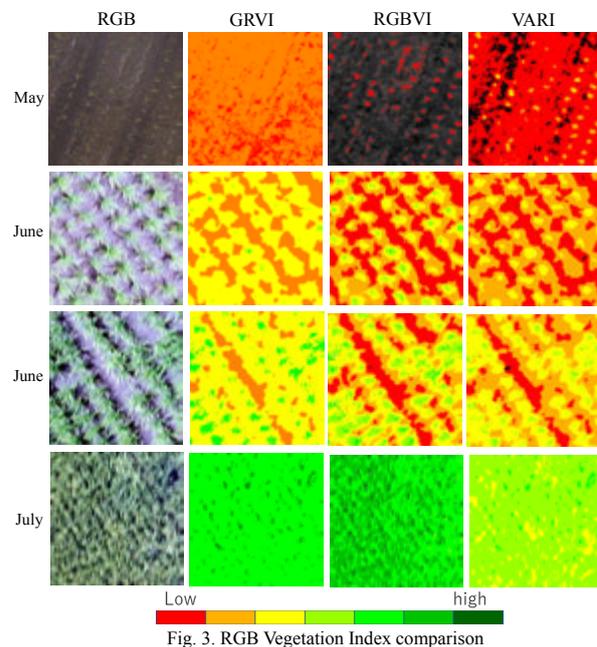


Fig. 3. RGB Vegetation Index comparison

## Conclusion

We performed phenological changes of vegetation using time series VARI images (Fig. 3). VARI values tended to increase from the rice planting time to before heading and decreased after the heading time. As can be seen from the RGB image, a lot of green is seen by stems and leaves before heading, but it appears yellow after the heading due to the addition of rice. The same trend was observed for NDVI values.

In this study, it was found that rice growth could be estimated using time-series RGB data. It was found that the growth of rice in the field can be estimated without an expensive near-infrared camera.

# 一般研究 研究会

# 2019 IEEE Geoscience and Remote Sensing Society Summer School (GR4S2019) の報告

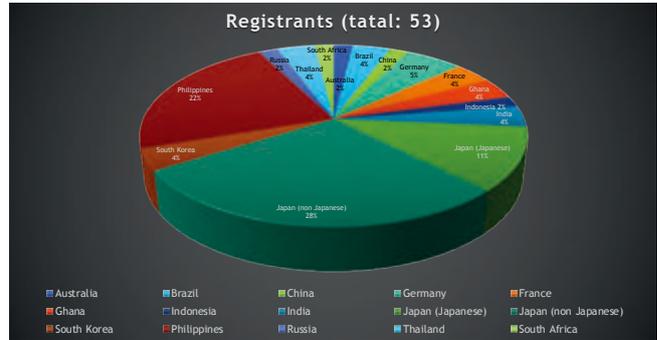
宇都有昭<sup>1</sup>, 横矢直人<sup>2</sup>, 久世宏明<sup>3</sup>, 松岡昌志<sup>1</sup>, 山口雅浩<sup>1</sup>, 熊澤逸夫<sup>1</sup>, 原田隆<sup>1</sup>, 安田翔也<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東工大, <sup>2</sup>理研 AIP, <sup>3</sup>千葉大 CEReS

## 概要

2019年7月23-26日の4日間に渡りIEEE GRSS Summer School (GR4S)を実施した。GR4Sは例年 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)に先駆けて学生, 若い研究者を対象として開催され, 通常本会の前週に開催される。2019年のIGARSSは2019年7月28日-8月2日の期間パシフィコ横浜で開催された。IGARSS2019のテーマである「Disasters and Environment」を考慮し, 2019年のGR4Sは災害画像に重点をおいた講義と実習を構成した。本GR4Sの4日間のうち, 3日間は講義と実習, 1日はテクニカルツアーを実施した。

## 参加者



## GR4S2019の様子



## 活動の履歴

|           |  |
|-----------|--|
| 2月 19日    | 第1回GR4S2019実行委員会   |
| 3月 6日     | GRSS: 50%-Rule Projectへの申請   |
| 3月 15日    | Webページ開設 ( <a href="https://gr4s2019.org">https://gr4s2019.org</a> ) |
| 4月 8日     | GRSS: 50%-Rule Project採択 (11,000 USD)                                |
| 4月 10日    | CEReS共同研究申請  |
| 4月 11日    | CEReS共同研究採択 (講師の旅費)  |
| 5月 8日     | プログラム決定, フライヤー完成   |
| 5月 14日    | 銀行口座開設   |
| 6月 5日     | GRSS: 50%-Rule Project Proposals入金                                   |
| 6月 14日    | 第2回GR4S2019実行委員会   |
| 6月 24日    | レジストレーション締め切り  |
| 7月 23-26日 | GR4S開催   |

## プログラム

**GR4S 2019** 2019 IEEE Geoscience and Remote Sensing Society Summer School Conjunction with IGARSS 2019 <https://gr4s2019.org>

**July 23 (Tue) - 26 (Fri), 2019** [Venue] Tokyo Institute of Technology  
2-12-1 Ookayama, Meguro-ku Tokyo 152-8550 Japan  
Chairs: Kuniki Uto (Tokyo Institute of Technology), Naoto Yokoya (RIKEN), Hiroaki Kuzo (Chiba University)

| Day 1   | Day 2   | Day 3  | Day 4   |
|---|---|--|---|
| July 23 (Tue)   | July 24 (Wed)   | July 25 (Thu)  | July 26 (Fri)   |
| <b>Lecture 1</b> 10:00 - 11:30<br>SAR basics and data interpretations<br>Prof. Masanobu Shimada<br>Tokyo Denki University<br><br><b>Lecture 2</b> 12:50 - 14:20<br>PolSAR data decomposition and its applications<br>Prof. Yoshio Yamaguchi<br>Nigata University<br><br><b>Hands-on 1</b> 14:40 - 17:10 (150 min)<br>SNAP for ALOS-2 processing<br>Dr. Tsutomu Yamanokuchi<br>RETEC | <b>Tour 1</b> 10:30 - 12:00 (90 min)<br>Sentinel Asia<br>Dr. Shiro Kawakita<br>JAXA<br><br><b>Lecture 3</b> 14:00 - 15:30 (90 min)<br>SAR missions and applications<br>Masato Oishi<br>JAXA<br><br><b>Tour 2</b> 15:30 - 16:30 (60 min)<br>Tsukuba Space Center | <b>Lecture 4</b> 10:00 - 11:30 (90 min)<br>Optical remote sensing and image processing<br>Prof. Massimo Dalla Mura<br>Grenoble INP<br><br><b>Public Seminar</b> 13:00 - 14:30 (90 min)<br>Remote sensing and human activities<br>Prof. Paolo Gambalà<br>The University of Pavia<br><br><b>Hands-on 2</b> 15:00 - 18:00 (180 min)<br>Google Earth Engine<br>Fusuhiko Onda<br>Google | <b>Lecture 5</b> 10:00 - 11:30 (90 min)<br>Deep learning for remote sensing image analysis<br>Prof. Claudio Porello<br>University of Twente<br><br><b>Lecture 6</b> 13:00 - 14:30 (90 min)<br>Information discovery from big EO data<br>Prof. Begim Demir<br>TU Berlin<br><br><b>Hands-on 3</b> 15:00 - 18:00 (180 min)<br>Disaster damage mapping<br>Dr. Brando Adriano<br>RIKEN |

## まとめ

- 当初は日本国外からの参加者が少ないことが予想されたが, 予想に反して海外から多くの参加があった。
- IGARSS2019に参加せず, 本GR4Sのためだけに来日した参加者も多かった。
- 50人がギリギリ収容可能な会場であったが, 参加者間の距離が近くなることで連帯感が高まったように感じた。
- 2日目に実施されたつくばツアーも好評であった。
- 講師の先生方からも良い評価をいただいた。
- 本会の実施により, 国際サマースクール実施のノウハウが得られたので, 次回開催の機会があれば検討したい。



2020/02/17 (Final Version)

## 第 22 回 環境リモートセンシングシンポジウム

場所 千葉大学けやき会館 3階 レセプションホール・会議室 4

日時 2020 年 2 月 20 日 (木) 9:10~16:25

【口頭発表】: 9:10-11:45, 14:00-16:15 (発表: 10 分、質疑: 5 分) (3階レセプションホール)

【ポスター発表】: 12:45-13:45 (3階 会議室 4 など)

### 9:10-9:15 開会の挨拶 久世宏明 (千葉大学 CEReS センター長)

#### セッション 1: 「防災」(座長: 梶原康司)

(1) 9:15-9:30 金子大二郎 ((株) 遥感環境モニター)

スーパー台風と最大規模地震に対する河川氾濫・高潮・津波を想定した函体内蔵型多目的堤防の  
構造要件と適用計画 – 首都圏の防災整備計画への応用 –

(2) 9:30-9:45 劉ウエン(千葉大学), 藤井希帆, 丸山喜久, 山崎文雄

衛星 SAR 画像を用いた 2019 年台風 19 号による河川氾濫範囲の把握

(3) 9:45-10:00 Luis Moya (Tohoku Univ.), W. Liu, F. Yamazaki, S. Koshimura, E. Mas

Automatic Landslide Mapping Using Peak Ground Velocity and Sentinel-1 Imagery  
: The case of the 2018 Hokkaido Eastern Iwate Earthquake

(4) 10:00-10:15 服部克巳 (千葉大学), 宋鋭, 張学民, 劉正彦

中国地震電磁気衛星で観測された地震に関連する電離圏電子数異常

#### 休憩 10:15-10:30

#### セッション 2: 「観測技術・システム・新規利用」(座長: 齋藤尚子)

(5) 10:30-10:45 増田健二 (静岡大学), 眞子直弘, 久世宏明

リモートセンシングによる広域の植物蛍光強度分布画像取得の提案

(6) 10:45-11:00 Yumi Takizawa (the Institute of Statistical Mathematics), A. Fukasawa,

C.E. Santosa, J.T.S. Sumantyo

Circular Polarization Plane Antenna with Elliptic Resonators using High Dielectric  
Constant Substrates

(7) 11:00-11:15 野口克行 (奈良女子大学), 入江仁士

宇宙からのリモートセンシングによる地球惑星大気環境の研究～火星大気ダスト・雲と熱構造の関係

(8) 11:15-11:30 Prakhar Misra (Univ. Tokyo), Wataru Takeuchi

Public interest in air quality and its impacts vary with baseline exposure:

analysis using Google Trends and remote sensing datasets

(9) 11:30-11:45 李 想(千葉大学), 鈴木宣弘, 市井和仁

補助金が農家の行動心理に与える影響の分析

**休憩(昼食) 11:45-12:45**

**ポスターセッション： 12:45-13:45 (3F 会議室 4 など) ポスターサイズ：最大 A0 版**

**セッション 3: 「ひまわり 8 号の応用」(座長: 楊 偉)**

(10) 14:00-14:15 樋口篤志 (千葉大学)

千葉大学 CERE S における静止気象衛星データアーカイブの現状と利用

(11) 14:15-14:30 濱田 篤 (富山大学), 内木詩歩, 安永数明

ひまわり 8 号高頻度観測から同定した熱帯海上の雲システムの日周期

(12) 14:30-14:45 筆保弘徳 (横浜国立大学), 権田紗希, 樋口篤志

ひまわり 8 号と機械学習を用いた台風識別手法の開発

(13) 14:45-15:00 Haemi Park (Univ. of Tokyo), Wataru Takeuchi

Relationship between surface dry conditions, snow cover, and carbon dioxide emission from forest fire in Far East Russia

**休憩 15:00-15:15**

**セッション 4: 「地球環境モニタリング・モデリング」(座長: 市井和仁)**

(14) 15:15-15:30 加藤 顕(千葉大学), 渡辺学, 若林裕之, 早川裕弐, 堀田紀文, J.T.S. Sumantyo

多時期衛星画像を用いた森林火災傾向分析

(15) 15:30-15:45 馬淵和雄, 本多嘉明, 梶原康司

気候モデル数値実験結果による衛星プロダクト導出アルゴリズムの検証

– 全球バイオマス量変動監視・解析に向けて –

(16) 15:45-16:00 楊 偉 (千葉大学)

衛星リモートセンシングによる植物フェノロジーのモニタリング

(17) 16:00-16:15 小槻峻司 (千葉大学)

全球衛星観測降水データを用いた天気予報システムの高度化

16:15-16:25 閉会の挨拶(含; 次年度公募について) 市井和仁 (CERE S 共同利用研究推進委員長)

**【意見交換会】**

~~17:00-18:30 (けやき会館 1F コルザ) (参加費 3000 円)~~

⇒ 個別打合せ (けやき会館 3F 18:00 まで、以降 CERE S 会議室もしくは 102 室)

ポスターセッション プログラム (都合により番号が変更しております。ポスターボードをご確認下さい)

コアタイム 12:45-13:45 掲示時間 9:00-14:00

- P01: 室賀元晴 (千葉大学), 浜口暢, 難波一輝, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo  
UAV 搭載 CP-SAR 画像処理システム用の FPGA 基板設計
- P02: 千秋博紀 (千葉工業大学), 椎名達雄, 乙部直人, はしもとじょーじ, 久世宏明, 眞子直弘, 梅谷和弘  
火星着陸探査 LIDAR の屋外性能試験
- P03: 香川直己 (福山大学), 新木智博, 椎名達雄  
レーザを用いたセンサーネットワークのための光軸追尾システムの開発
- P04: 齋藤保典 (信州大学), 椎名達雄  
航空機蛍光ライダーによる植生調査の可能性
- P05: 小室信喜 (千葉大学), 山岡卓矢  
無線センサネットワークを用いた環境情報収集システムの開発
- P06: 椎名達雄 (千葉大学)  
LED ミニライダーによる狭隅角波浪観測
- P07: 横堀 潤 ((株)スゴージャ), 丹羽勝久, 本郷千春  
低コストドローンによる浅礫層分布の推定
- P08: 大前宏和 ((株)センテシア), 三宅俊子, ヨサファット テトオコ スリ スマンティヨ  
ハイパー分光センサと小型分光器の比較計測
- P09: 染川智弘 (公益財団法人レーザー技術総合研究所)  
レーザー誘起ブレイクダウン分光法を用いた大気中エアロゾルのリモート成分分析手法の開発
- P10: Dimitar Ouzounov (Chapman Univ)  
Multi-sensor Web for earthquake early detection. Experimental results for the most recent major events
- P11: Liu Jann-Yenq (National Central Univ.)  
Ionospheric tsunami early warning system
- P12: Nicola Genzano (Univ. of Basilicata)  
Monitoring earthquake and volcano phenomena through HIMAWARI-8/AHI observations
- P13: 青木俊輔 (京都大学), 重 尚一  
衛星搭載レーダでとらえたアラスカ湾岸での降水勾配と地形効果の寄与
- P14: 朝隈康司 (東京農業大学)  
ドローンを用いたオホーツク海沿岸の濁度、クロロフィル a 濃度の推定
- P15: 朴 鍾杰 (東京情報大学)  
ドローンによる水田モニタリングの可能性に関して
- P16: 中園悦子 (東京大学), 竹内渉  
Sentinel1 の時系列データを用いた水田面積の推定
- P17: 若林裕之 (日本大学), 北神貴久, 本郷千春  
Sentinel-1 SAR データを用いたインドネシア稲作地の洪水領域検出

- P18: Nuntikorn Kitratporn (Univ. of Tokyo) , Wataru Takeuchi  
Land Cover Dynamics of Forest-Agriculture Mosaics and Human-Elephant Conflict Hotspots in Eastern Thailand
- P19: Md Rahedul Islam (Univ. of Tokyo) , Wataru Takeuchi  
Remote Sensing and Model-Based Methane Emission Estimation from Paddy Rice Field over Bangladesh
- P20: 田中 圭 (日本地図センター) 、濱 侃、近藤昭彦  
地上センサおよび UAV を用いた NDVI 同時観測の比較分析
- P21: 山本修平 (東北大学) 、本間香貴、牧雅康、本郷千春  
シミュレーションモデルとリモートセンシングを用いた作物生産量推定法の検討  
第 3 報 仙台市沿岸部農家圃場におけるダイズ生産量の圃場内変動評価
- P22: 濱 侃 (横浜国立大学) , 田中圭, 望月篤, 鶴岡康夫, 近藤昭彦  
UAV リモートセンシングおよび気象観測を用いた玄米のタンパク含有率に対する温暖化の影響評価
- P23: 堤田成政 (京都大学)  
土地被覆比率分類データにおける空間誤差評価
- P24: Zheng Yuhan (Univ. of Tokyo) , Wataru Takeuchi  
Mangrove forests changes detection and biocapacity estimation in China
- P25: Lilangi Varunika Wijesinghe (Univ. of Tokyo) , Wataru Takeuchi  
Analysis of Aerosol Optical Depth Variations in Colombo, Sri Lanka Using MODIS Datasets
- P26: 久慈 誠 (奈良女子大学) , 神谷美里, 中辻菜穂, 廣瀬沙羅, 高橋悠実  
地上光学観測による奈良盆地におけるエアロゾルの研究
- P27: 丹羽洋介 (国立環境研究所)  
大気輸送モデル NICAM-TM による一酸化炭素シミュレーション
- P28: 小林喬郎 (福井大学) , 椎名達雄, 久世宏明, 矢吹正教, 三浦和彦  
極域・温室効果分子濃度の長光路吸収センサーの開発と観測
- P29: 植木光巨、高島久洋、Martina M. Friedrich、入江仁士  
福岡都市圏における二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>) の時空間変動  
～多地点 MAX-DOAS とドップラーライダーの複合的解析～
- P30: 江口菜穂 (九州大学) , 齋藤尚子, 丹羽洋介  
上部対流圏のメタン変動について
- P31: Nguyen Thi Quynh Trang (Univ. of Tokyo) , Wataru Takeuchi  
Emission inventories for key sectors in Ho Chi Minh city, Vietnam
- P32: Evizal Abdul Kadir (Islamic University of Riau)  
Remote Monitoring System for River Water Pollution Using Multi-Sensor
- P33: Xuan Truong Trinh (Univ. of Tokyo) , Wataru Takeuchi  
30 Years National Scale Seagrass Mapping in Vietnam with Landsat and Sentinel Imagery on Google Earth Engine

- P34: Yaru (Univ. of Tokyo) , Wataru Takeuchi  
Analysis of Water Storage Changes in Xilingol, China Using GRACE Observations
- P35: 山本奈央 (奈良女子大学) , 村松加奈子, 増田健二  
地上での太陽励起によるクロロフィル蛍光の日中変化の観測
- P36: 孫 仲益 (北海道大学)  
マルチデータ解析による陸域生態系炭素循環の解明
- P37: Takahiro Osawa (ウダヤナ大学) , Abd. Rahman As-syakur  
高分解能データを使用したインドネシアバリ島の観光都市エリアにおける植物基礎生産量と土地利用の経年変化の研究
- P38: 三好周斗 (首都大学東京) 、齋藤有希、松山 洋  
複数の手法によるスギの葉面積指数の推定 – 阿蘇のスギ林はその後成長しているのか? –
- P39: 藤原匠 (東京大学) , 竹内渉  
ボクセルモデルを用いた BRDF シミュレーションに必要な空間分解能についての検討
- P40: 宇都有昭, 横矢直人, 久世宏明, 松岡昌志, 山口雅浩, 熊澤逸夫, 原田隆, 安田翔也  
2019 IEEE Geoscience and Remote Sensing Society Summer School の報告
- P41: 松岡真如 (高知大学) , 市井和仁  
研究会報告 : ひまわり 8/9 号の陸域利用に関する研究会
- P42: 森山雅雄 (長崎大学)  
次世代気象衛星からの地表面温度推定アルゴリズム開発 (その 2)
- P43: 飯倉善和 (弘前大学) , 久世宏明, 市井和仁, 眞子直弘, 関口美保  
光学的厚さと地表面反射率の同時推定法とその課題
- P44: 山本雄平 (千葉大学) , 市井和仁  
High frequency estimation of the land surface temperature using next-generation geostationary satellite data
- P45: 林 航大 (千葉大学) , 市井和仁, 山本雄平  
ひまわり 8 号を用いた東南アジアの植生季節変動モニタリング

第 22 回 CReS 環境リモートセンシングシンポジウム  
資料集

編集 千葉大学環境リモートセンシング研究センター  
共同利用研究推進委員会

〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

電話 043-290-3832 FAX 043-290-3857

URL <http://www.cr.chiba-u.jp/>

印刷 (株)ハシダテ