第 15 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 15th Symposium on
Remote Sensing for Environment

2013 年 2 月 22 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 15 回環境リモートセンシングシンポジウム資料集
(2012 年度 CEReS 共同利用研究発表会資料集)

目次

【プロジェクト - 1】

【プロジェクト - 2】

【プロジェクト - 3】

プロジェクト－１

白色光レーザーを用いた温室効果ガスの計測法の開発

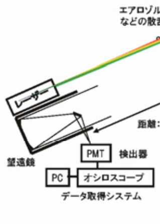
(公財)レーザー技術総合研究所　染川智弘
千葉大CEReS　眞子直弘、久世宏明

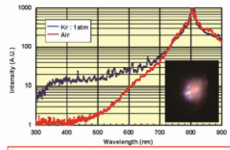
Acknowledgements
本研究は千葉大環境リモートセンシング研究センター共同利用研究(P2012-1)によって遂行されました。ここに謝意を表します。

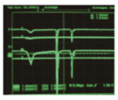
白色光レーザーを用いたリモートセンシング

白色光ライダーの開発:高強度レーザー技術をライダーに応用

ピーク強度がTWに達するレーザーパルスを気体中に集光すると、単色のレーザー光が様々な波長を併せ持った白色光に変換される。この白色光をレーザーレーダー(ライダー)の光源として用いる白色光ライダーシステムの開発







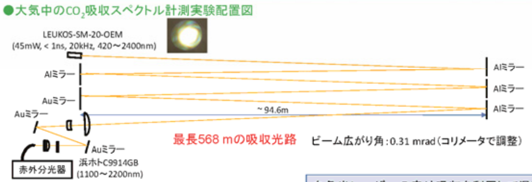
コヒーレント白色光
レーザーの特性(指向性、偏光等)を持つ
紫外から赤外に及ぶ連続スペクトル

測定対象に最適な波長を用いた観測が可能

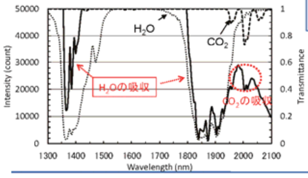
白色レーザーを用いて温室効果ガスの同時モニタリングはできないか?

白色光レーザーを用いたCO_2のDOAS測定

●大気中のCO_2吸収スペクトル計測実験配置図



最長568 mの吸収光路　ビーム広がり角:0.31 mrad(コリメータで調整)



白色光レーザーの赤外吸収を利用して温室効果ガスであるCO_2の測定に成功!

- DOAS法では光源と観測点の2点間の平均濃度しか評価できない
- 赤外域はスペクトル強度が小さい

白色光強度の大きな近赤外域に吸収のある水蒸気、酸素に対して白色光レーザーの差分吸収ライダー(DIAL)へ応用

白色光DIAL観測実験配置図

差分吸収ライダー(DIAL)の測定原理

測定対象の吸収のある波長(On)とない波長(Off)のライダー信号の差分から濃度を推定

計測対象の濃度n、吸収断面積σとすると、消散係数αは大気分子によるレイリー散乱(α_r)、エアロゾルによるミー散乱(α_m)、計測対象の吸収により

$$\alpha(\lambda, R) = \alpha_r(\lambda, R) + \alpha_m(\lambda, R) + n(R)\sigma(R)$$

と表される。DIALでは計測対象の吸収が大きい波長λ_{on}と小さい波長λ_{off}を選択し、波長差が十分小さければ、α_r、α_mは$n\sigma$の変化に対して十分小さいと仮定できるため、

$$\alpha(\lambda_{on}, R) - \alpha(\lambda_{off}, R) = n(R)\Delta\sigma$$

が得られる。ここで、$\Delta\sigma = \sigma(\lambda_{on}) - \sigma(\lambda_{off})$ である。同様に後方散乱係数βも一定であると仮定できるので、ライダー方程式(K:システム定数)

$$P(R) = P_0 K\beta(R)/R^2 \times \exp(-2\int\alpha(R)dr)$$

に代入して比をとることで濃度が見積もれる。

$$\boxed{n(R) = \frac{1}{2\Delta\sigma}\frac{d}{dr}\ln\left(\frac{P(\lambda_{off})}{P(\lambda_{on})}\right)}$$

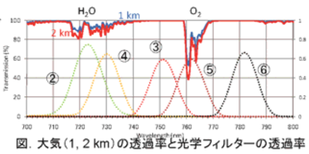
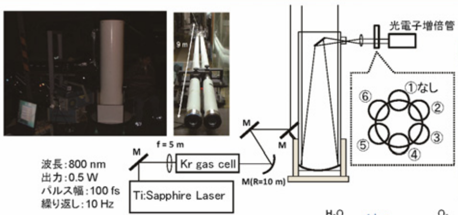


図. 大気(1, 2 km)の透過率と光学フィルターの透過率

白色光ライダーでは任意の波長を選択して観測できるが狭帯域な波長の分離は困難!

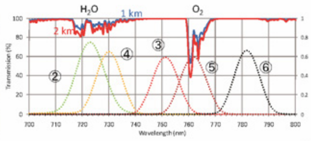
1分ごとにそれぞれの波長帯域の光学フィルターを交換してライダー観測

白色光DIAL観測実験配置図



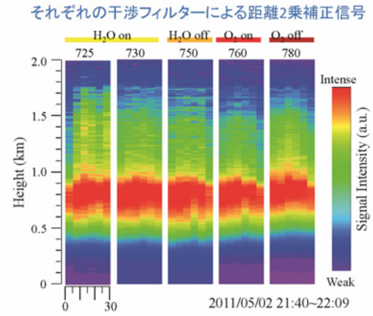
	観測対象
①	なし
②	H_2O On
③	H_2O Off
④	H_2O On
⑤	O_2 On
⑥	O_2 Off

波長:800 nm
出力:0.5 W
パルス幅:100 fs
繰り返し:10 Hz

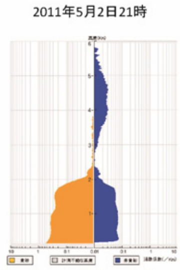


白色光DIAL観測結果①

それぞれの干渉フィルターによる距離2乗補正信号



2011年5月2日21時

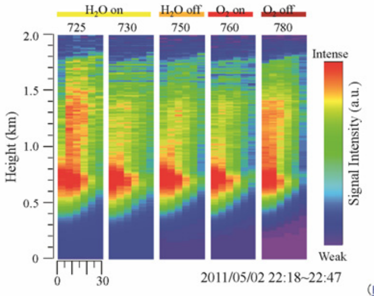


(http://www-gis5.nies.go.jp/eastasia/DustLider.phpより)

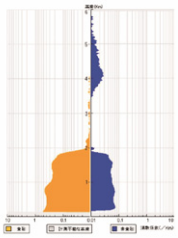
130222 第15回環境リモートセンシングシンポジウム

白色光DIAL観測結果②

それぞれの干渉フィルターによる距離2乗補正信号



2011年5月2日22時



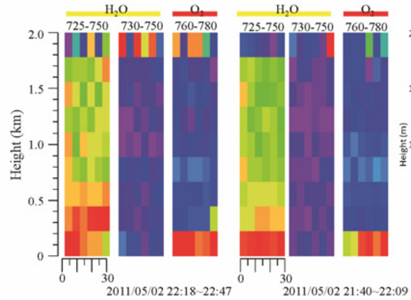
（http://www-gis5.nies.go.jp/eastasia/DustLider.phpより）

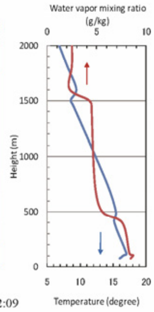
7

130222 第15回環境リモートセンシングシンポジウム

白色光DIALデータから水蒸気、酸素濃度を評価

距離積算信号（200 m）でOn/Off信号を計算





従来の解析手法では水蒸気分布がきれいに導出できない

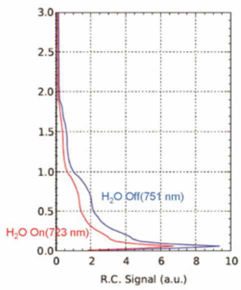
8

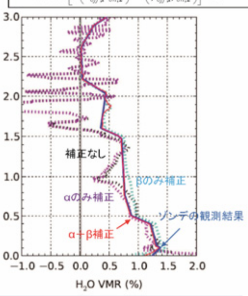
130222 第15回環境リモートセンシングシンポジウム

白色光DIALシミュレーション結果

通常のDIAL手法で近似するαとβの効果を導入

$$n(R)=\frac{1}{2\Delta\sigma\Delta R}\left[\ln\left(\frac{P_{on,1}P_{off,2}}{P_{off,1}P_{on,2}}\right)-\ln\left(\frac{\beta_{on,1}\beta_{off,2}}{\beta_{off,1}\beta_{on,2}}\right)\right]-\frac{1}{\Delta\sigma}\left(\alpha'_{on}-\alpha'_{off}\right)$$





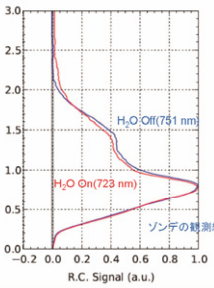
NIESライダーのプロファイルから計算、α、βの補正を行うことで観測結果に近づく

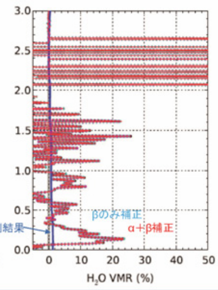
9

130222 第15回環境リモートセンシングシンポジウム

白色光DIALシミュレーション結果

同じアルゴリズムを観測データに適用





α、βの補正を行ってもゾンデの観測値と一致しない→エアロゾルの時間変動の影響か？

10

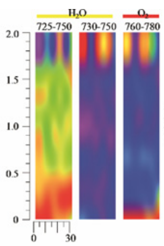
130222 第15回環境リモートセンシングシンポジウム

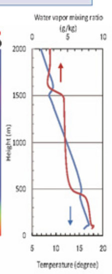
まとめ

白色光レーザーを差分吸収ライダー（DIAL）に応用して、水蒸気、酸素の高度分布情報を評価

- 白色光レーザーを用いて、水蒸気（On: 725, 730 nm、Off: 750 nm）、酸素（On: 760 nm、Off: 780 nm）の波長帯域を1分毎に切り替えてライダー観測を実施

- α、βの補正を行うことで水蒸気の高度分布情報が計算できる（シミュレーション結果）
- 1分毎によるエアロゾルの変動が大きく水蒸気の高度分布情報が一致しない





今後の研究計画

- On, Offの観測間隔を短くする
- アレイフォトマルを利用したOn, Off波長の同時観測

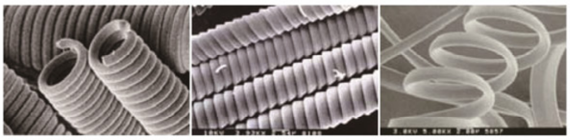
11

無人機搭載型Kaバンド用アンテナの研究

有人宇宙システム株式会社

研究の目的：無人機搭載用のKaバンドアンテナへの適用を目的として、接触・接近センサーとして利用されているカーボンマイクロコイル（CMC）に関する研究を行う。

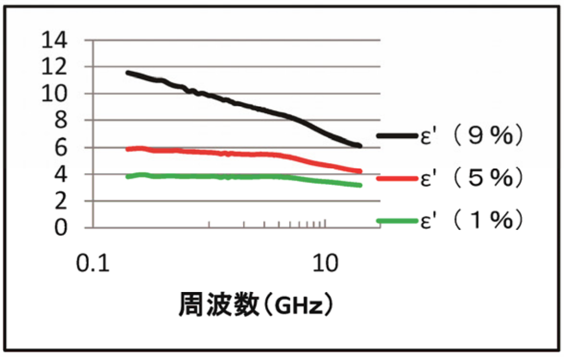
・カーボンマイクロコイル（CMC）とは



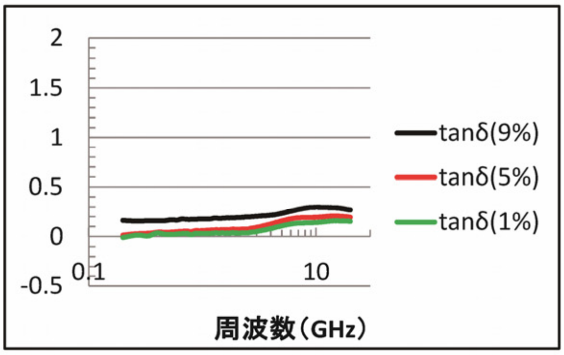
μmオーダーのピッチでコイル状に巻いた非晶質の炭素繊維

（シーエムシー技術開発（株）提供）

・CMCシリコーン膜の電気的特性

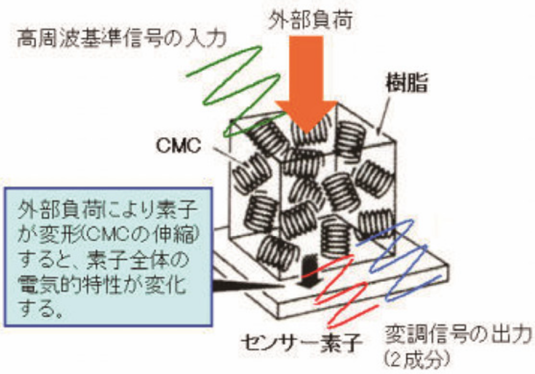


比誘電率の測定結果



tanδ の測定結果

・CMCの応用例：接触・接近センサー



接触・接近センサーの原理

（シーエムシー技術開発（株）提供）

結論

・CMCの含有量が1～9％までのCMCシリコーンゴムシートは、200MHz ～20GHzの周波数範囲では、誘電体としての性質が支配的であり、アンテナへの適用の ためには、今後、CMCの含有率やシート材料に関する検討が必要である。

・CMCは接触・接近センサーとして利用が可能であることから、工業機械制御、介護支援ロボット等への応用が期待できる。

2013.2.20

DMSP/OLSで観測された夜間光をパラメータとするエネルギー消費の推定に関する研究
～東日本大震災時の停電下におけるDMSP/OLS-VISセンサの感度評価～

○原　政直*1, 胡斯勒図*2, 松井佑介*1 , Josaphat Tetuko Sri Sumantyo *3
*1 (株)ビジョンテック　リサーチインチテュート,
*2 東海大学 情報技術センター
*3 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

1. 背景と目的

米国のDMSP(Defense Meteorological Satellite Program)のOLS(Optical Line Scanning)の可視センサ(以下DMSP/OLS-Visという)による夜間光の観測データは、電力消費量の推定やその推定値を利用した二酸化炭素排出量の推定などの研究にも用いられている。その推定に用いるDMSP/OLS-Visデータは、被雲の影響を除去するために時間合成法などの方法によって被雲の影響を除去した年単位の雲なしデータが利用されることが多い。筆者らは2011年3月に発生した東日本大震災時の大規模停電が発生した際のDMSP/OLS-Visの単一画像と発電電力量の間に高い相関があることを示した 。この感度特性が一定の精度で得られれば、これまで行ってきた年単位の電力消費や電力消費起源の二酸化炭素排出量の推定の精度向上や車から排出される二酸化炭素排出量の推定等への利用が期待できる。

そこで、この震災を挟んでDMSP/OLS-Visの単一観測データとその観測時間に最も近似する時間の東北電力管内(配電区分内)の発電電力量を用いてその感度特性を調べることを目的とした。

2. 使用データ

本研究で使用した発電電力量のデータは、東北電力管内における2010年1月1日の0:00amから2012年12月31日23:00pmまでの時別の電力使用量実績データを東北電力のホームページからダウンロードして使用した(http://setsuden.tohoku-epco.co.jp/download.html) 。

また、DMSP/OLS-Visデータは米国NGDC(NOAAの National Geophysical Data Center)により、幾何補正済の分解能1km/pixel/6bitで配信されたデータのうち震災前の2010年1月1日から震災翌年に2012年12月31日までの3年間に観測された1,095シーンから、被雲の影響や海面反射光の少ないデータを目視で選択し、表1に示す年月日に観測された3年分23シーンを使用した。なお、対象域とした東北電力管内は、その配電区分図によって範囲を確定した。

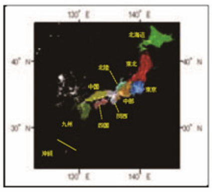


図1. 電力会社の配電区分図

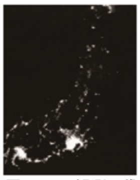


図2.DMSP観測画像

表1.使用した衛星データと観測日

DMSP	年月日	DMSP	年月日	DMSP	年月日
F20	2010:01:18	F19	2011:01:02	F18	2012:01:11
F19	2010:02:16	F19	2011:02:22	F19	2012:02:12
F18	2010:03:08	F19	2011:03:28	F20	2012:03:21
F20	2010:09:04	F19	2011:04:05	F19	2012:04:08
F19	2010:10:02	F20	2011:09:27	F19	2012:11:12
F19	2010:11:05	F19	2011:10:27	F19	2012:12:06
F19	2010:11:29	F19	2011:11:26	F19	2013:01:08
		F19	2011:12:14		

3. 解析方法

収集されたDMSP/OLS−Visデータに海マスク処理をし、東方電力管内を配電区分で切り出し(図2に2011.3.13に観測された画像を示す)、解析を行った。解析は、光力(輝度値)と発電電力量との感度特性について、DMSP/OLS−Visデータにバックグランド処理を実施したものと、しないものとのの比較、また、DMSP/OLS−VisのDN値の空間分布の状態の影響を見るためにDN値の積算値と平均値による比較などの評価を行った。また、シーン単位で利用可能な衛星データが極めて少なかった(被雲や海面反射など)ことにより、震災年、ならびに、震災前後の同時期に観測されたデータを用いて、その直線性の評価を行った。

4. 解析結果と評価

東北電力によると、平成23年3月11日に発生した東北地方を中心にした東日本大地震の影響を受けた女川原子力発電所(宮城県女川町)では、運転中だった1号機から3号機まですべて原子力発電設備が自動停止し、また、東通原子力発電所は定期的な点検に入っていたため運転されておらず、以来、そのほとんどが火力発電により賄われている。図3で示す東北電力管内の発電実績を見ると、平成23年3月11日に原子力発電が停止し、それ以外の発電電力量も大きく低下していることが分かる。

そこで，DMSPのF18、F19、F20の観測時間帯が大凡、19時から20時であることから、この時間帯の発電電力量を抽出し、DMSP/OLS-Visの輝度値との関係を調べた。

平成22年1月1日から平成24年12月31日までの毎19時の時系列発電電力量のグラフにDMSP/OLS-Vis画像から得られた東北電力管内の輝度値の積算DN値をプロットしたものが図4で、また、DMSP/OLS-Visのバックグランドノイズを除去するために閾値(DN=50)をセットし、レベルスライスを行った後、積算輝度値を有輝度画素数で除することによって平均輝度値とし、その結果を前述の毎19時の発電電力量のグラフにプロットしたものが図5である。

それぞれ積算DN値も平均DN値もトレンドとしては発電電力量の変化を反映している。さらに詳細な回帰分析を行ったものが図6である。図の①～③は震災年をまたぐ3年間について、また、④～⑥は震災年だけについて、閾値処理なし平均DN値(①、④)、閾値処理後の平均DN値(②、⑤)と、閾値処理無しの積算DN値(③、⑥)とそれぞれ対応する日時の電力発電量との回帰分析を行った。3年通期の①～③の結果では、決定係数がそれぞれ08308、0.8677、0.8885と高い相関を示している。しかし、回帰直線から見ると閾値処理をすることにより、低輝度値がカットされダイナミックレンジが狭く高い方に引っ張られる傾向となる(②)。また、積算DN値によるものは空間的なパラメータが欠如するためダイナミックレンジは広がるが空間的外乱ノイズの影響を受けやすいことが考えられる。ここでは閾値処理を行わない平均DN値が比較的良い特性を示している。

一方、震災年についての結果を見ると、それぞれの決定係数は0.4484、0.5488、0.9321となった。被雲により使える衛星データが極端に少なく、統計的な判断は極めて難しいが、停電によって低輝度となることから、バックグランドノイズの影響を受けやすくなり、従って、このS/N比が低下したことが決定係数を低くさせた原因と考えられる。

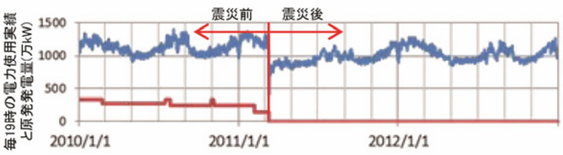


図3. 東北電力管内発電電力量の推移(赤線は原子力発電所の発電量)

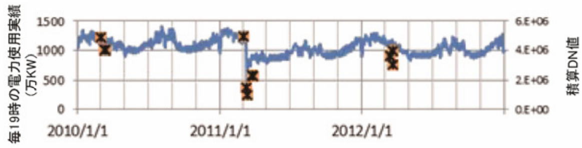


図4. 発電電力量実績に対するDMSP/OLS-Visの感度評価

図5. 発電電力量実績とDMSP/OLS-VisのDN値(ポイント)との関係

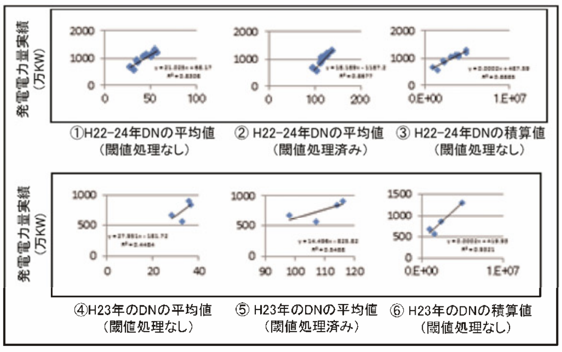


図6. 発電電力量実績とDMSP/OLS-VisのDN値)直線性の評価

5. まとめ

本研究では，観測データに被雲のないデータを選択した単一画像を使用し，観測時の瞬時値に近い発電電力量データと比較することにより高い相関性があることが示された。しかし、低輝度においては相対的にS/N比が低下し、したがって閾値設定によるレベルスライスなどの単純な方法によるバックグランドの除去法では、ダイナミックレンジを狭め感度低下を来す。これは高光力域におけるハレーションの問題と同様に解決すべき要件となる。停電時や小規模な林野火災などの防災面での利用を考えると、この低輝度域の感度が重要となり、この低輝度域の情報をどう抽出するかは今後の課題である。

参考文献
*i　H. Letu, M. Hara, H. Yagi, K. Naoki, G. Tana, F. Nisio, and S. Okada, “Estimating energy consumption from nighttime DMSP/OLS imagery after correcting for saturation effects,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 31, pp. 4443–4458, 2010.
*ii　原政直, 岡田周平, 八木浩, 森山隆, 重原好次, 杉森康宏, 時系列衛星画像のノイズ除去アルゴリズムの開発と評価, 写真測量学会, Vol.42,No.5, pp. 48-59, 2003
*iii　胡斯勒図, 原政直, 岡田周平, 八木浩, 神武寛典, 直木, 和弘, 西尾文彦, DMSP/OLS夜間画像における定常光の抽出, 海洋理工学会, Vol.14,No.2, pp. 21-28, 2008
*iv 原政直, 岡田周平, 市塚正彦, 重原好次, 森山隆, 杉森康宏, DMSP/OLS夜間可視画像を用いたいか釣り漁業のモニタリング, 海洋理工学会, Vol.9,No.2, pp. 99-108, 2004

衛星画像と地上反射率から導出したエアロゾル光学特性の精度向上

Improvement the precision of aerosol optical property derived from satellite imagery with ground albedo

朝隈 康司

東京農業大学 生物産業学部

1. はじめに

1. これまで、MODIS画像を対象に、1シーンの衛星データのみから地表面アルベドとエアロゾルの光学的厚さ（AOT）を求める以下のアルゴリズムを開発した：
   - ① 衛星データをレイリー補正した地表面アルベドを算出
   - ② ①と地表面で計測された物質の反射率データ（ASTERライブラリ）をマッチングさせ、地表面参照アルベドを作成
   - ③ 地表面参照アルベドと大気上端の反射率（衛星画像）を比較し、AOT を求める
2. 1. の方法は、昨年までに以下の問題点が見られた：
   - ① 地上被覆の分類精度が反射率データベースに依存する、このため対象地域に対応したデータの補充（グランドトゥルース）が必要
   - ② 対象クラスへのマッチングはスペクトル形状でおこなっていたため、アルベドの絶対値に差異が生じる（反射率を混合し、疑似的にミクセルアルベドを求めた場合も同様）
   - ③ 放射伝達コード（6S）で補正できるアルベドの範囲は限られているため、モデルを変更してもAOT を逆算出できない場合が生じる

2. 季節ごとのMODIS画像からの地表面最小アルベドの算出

上記問題点の解決のためと、季節変化を考慮した地表面アルベドを求める
- ① 吸収性エアロゾルが無いと仮定
- ② レイリー補正されたMODIS 画像の3ヵ月の各ピクセルの最小アルベドを求め、各々の季節の参照アルベドとする
- ③ ヒストグラムを作成し、年ごと、季節ごとの相違を検討
- ④ 放射伝達コードで補正可能なアルベドの適正範囲の検討

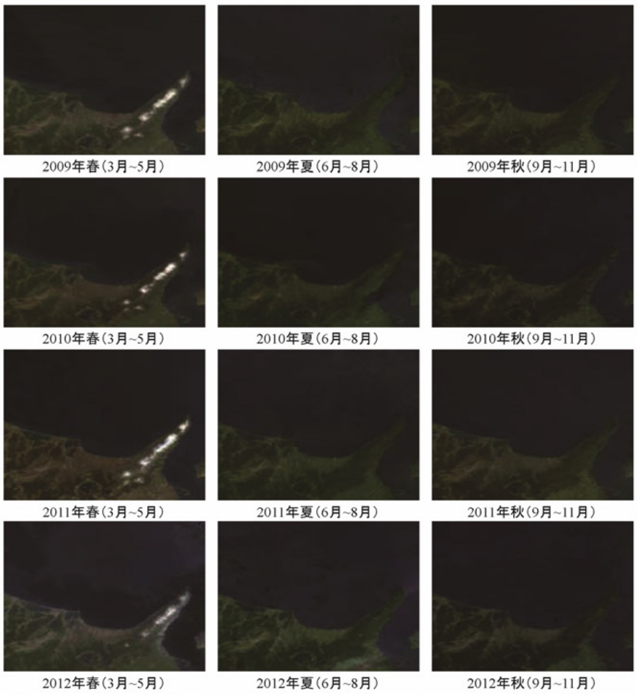


図1. 2009年から2012年の春夏秋の最小アルベド（チャンネル1, 4, 3 の合成画像）

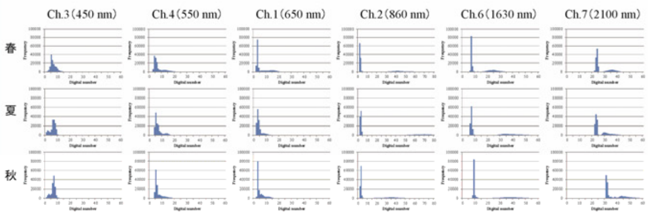
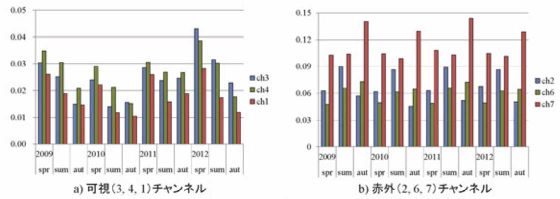


図2. 2010年各チャンネルのヒストグラム



a) 可視（3, 4, 1）チャンネル　b) 赤外（2, 6, 7）チャンネル

図3. 2009年～2012年の各チャンネルのアルベドの平均値の推移

- 可視チャンネルは、春、夏、秋の順にアルベドが小さくなる（2011年を除く）
- 赤外チャンネルは、年による相違がみられない
- チャンネル2（近赤外）は、夏、春、秋の順にアルベドが高い
- チャンネル6（1.6 μm）は、春、夏、秋の順にアルベドが高くなる
- チャンネル7（2.1 μm）は、秋のみアルベドが高くなる

3. 地表面アルベドとAOTによる大気上端でのアルベドの算出

1. 2009年~2012年の各最小アルベド画像から各チャンネルの最大となるアルベドを求めた

	Ch.3	Ch.4	Ch.1	Ch.2	Ch.6	Ch.7
Max albedo	0.106	0.110	0.106	0.380	0.251	0.231

2. 可視チャンネルに関して、AOT と地表面アルベドを上表の最大アルベドまで変化させて放射伝達計算（6S）をおこない大気上端でのアルベドとの対応表を作成

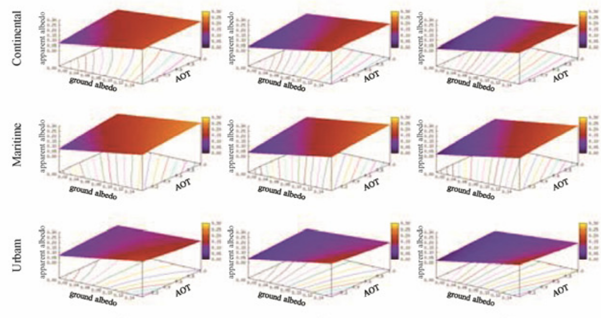


図4. 地表面アルベド（上記で有効とした範囲）とAOTと大気上端でのアルベドの関係

4. 大気上端のアルベドのシュミレート

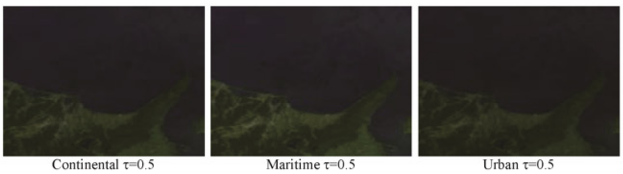


図5. 2011年春の地表面アルベドからシミュレートした大気上端のアルベド

図6. 2011年秋の地表面アルベドからシミュレートした大気上端のアルベド

5. 今後の課題

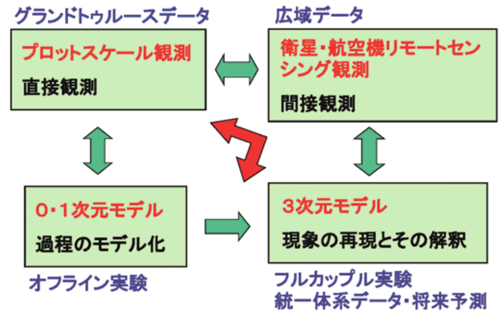
- 画像には無いが、高積雲が存在する場合は、雲影が映りこみ最小アルベドに影響があったため、手動で除去した。これを、自動化する。
- 今回間に合わなかったが、実際の大気上端データと季節最小アルベドからAOT-MAPの算出。これまでの手法との精度比較。
- 他の放射伝達アルゴリズムの利用と比較。
- TERRA 運用停止により、SUOMI/VIIRS への対応。

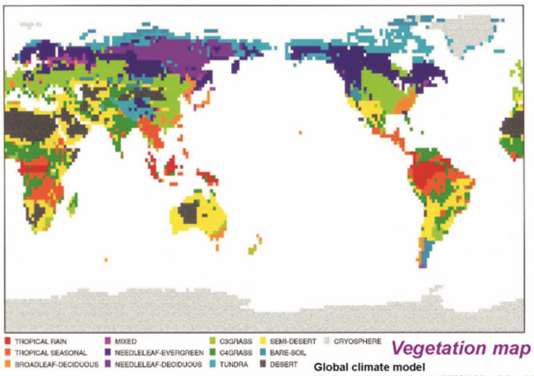
気候モデル数値実験結果による衛星プロダクト導出アルゴリズムの検証

馬淵和雄(気象研)、森山雅雄(長崎大)
本多嘉明(千葉大)、梶原康司(千葉大)

第15回 環境リモートセンシングシンポジウム
2013.2.22

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

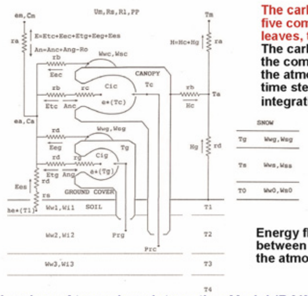




Vegetation map

Global climate model
Horizontal resolution: 1.875°(192 x 96 grids)
Vertical level: 21 layers

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_3 and C_4 plants photosynthesis processes
Snow accumulation and melting processes
Soil water freezing and melting processes

GCM simulation:

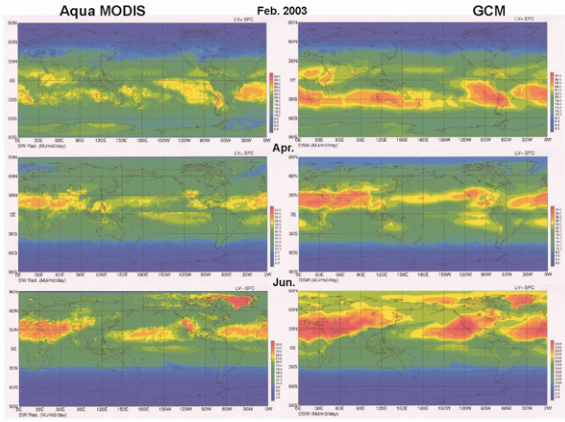
- Land surface – atmosphere full couple simulation with the global climate model.
- Sequential 48-hour integrations using the reanalysis data for each atmospheric initial condition.
- Experiment period : 2001-2005.
- Second half 24-hour results in each 48-hour calculation were adopted for the analysis.
- Calculated values of the atmospheric CO_2 concentration and those of physical and biological elements of land area were taken over during the experiment period.
- Through this simulation method, the variations of atmospheric CO_2 concentration and land area elements and the interaction between land surface and the atmospheric under the almost actual atmospheric condition can be reproduced.

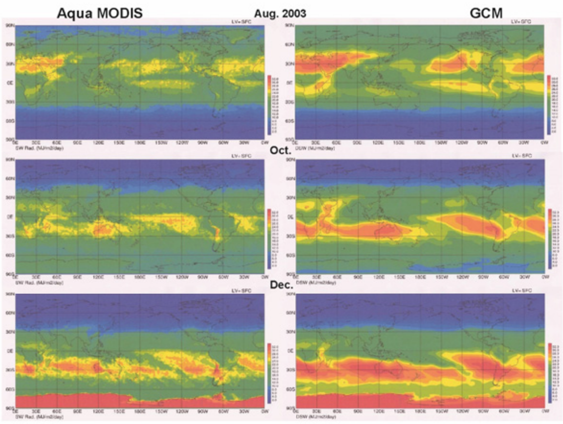
Satellite data:

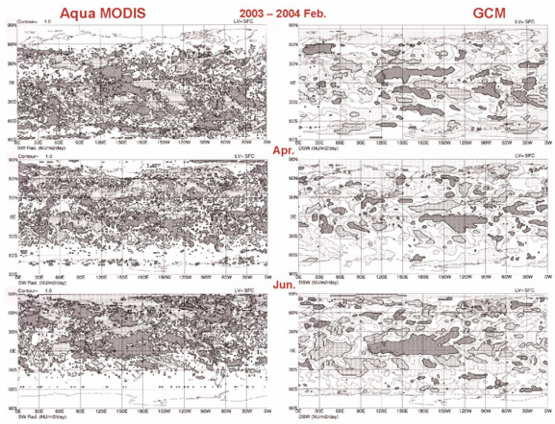
MODIS data:	Downward short-wave radiation Land surface temperature
AMSR-E data:	Soil moisture Snow
(CMAP data:	Precipitation)

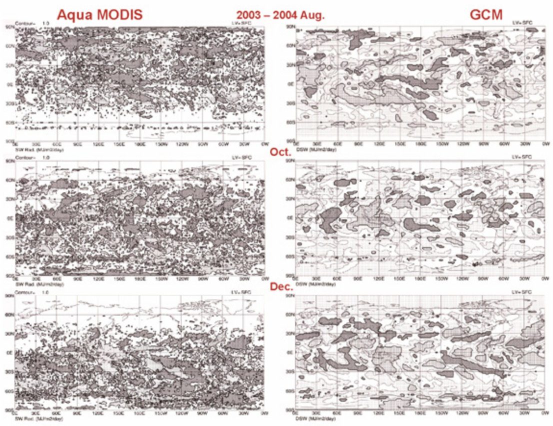
Analysis of remarkable interannual change : 2003-2004

Downward short-wave radiation

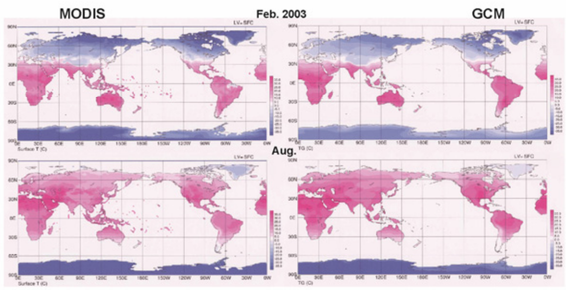


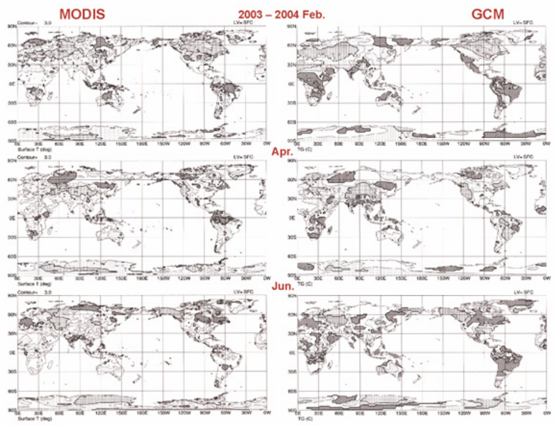


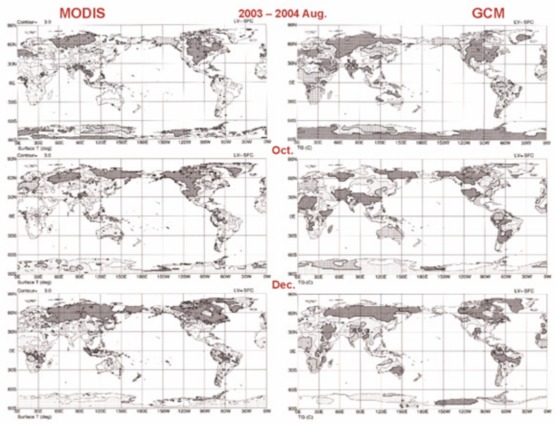




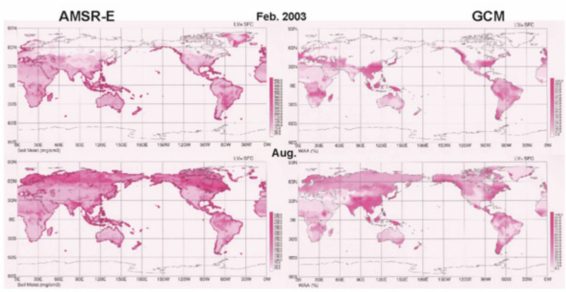
Land surface temperature

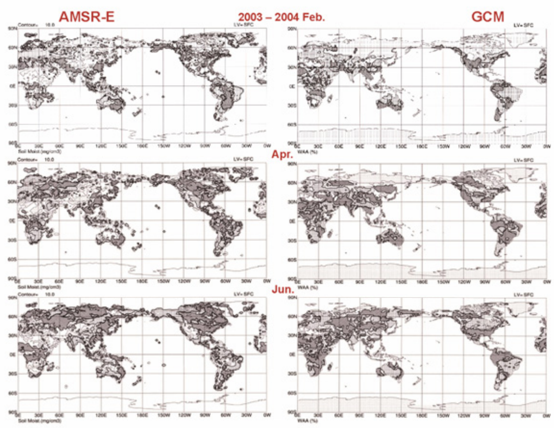


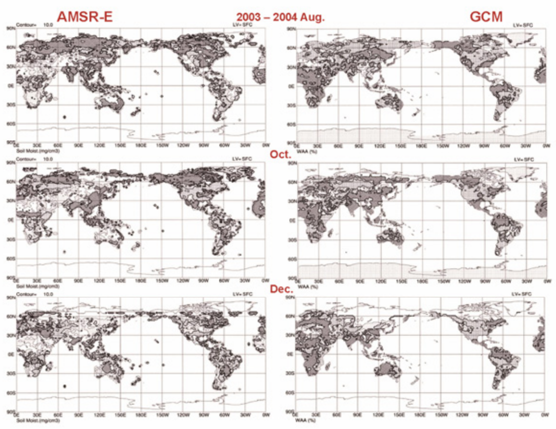




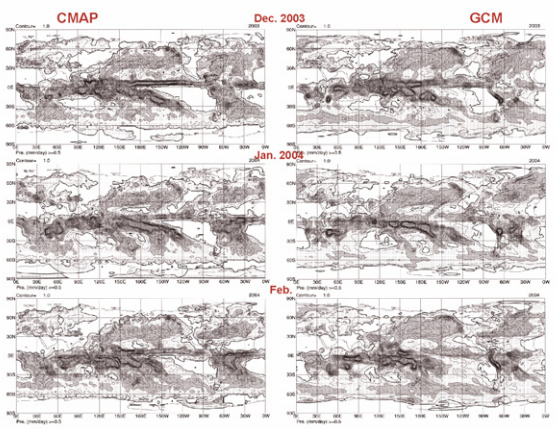
Soil moisture

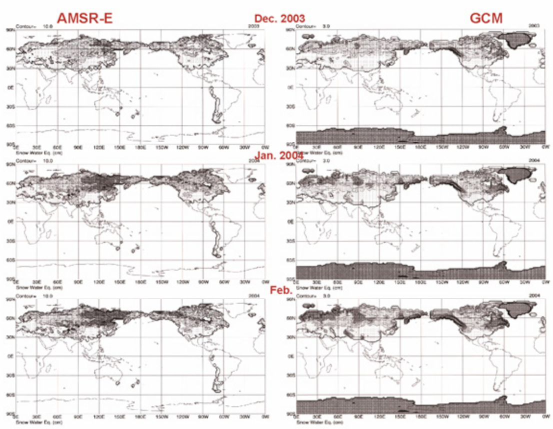


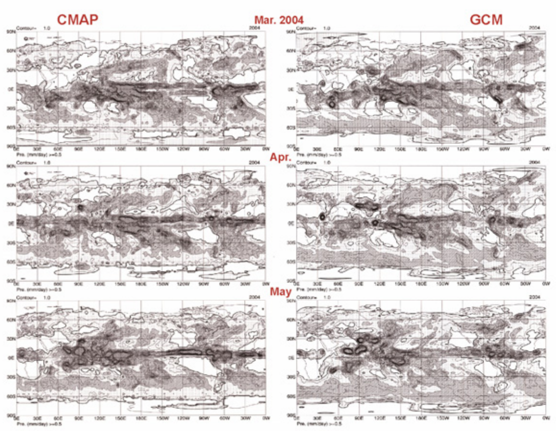


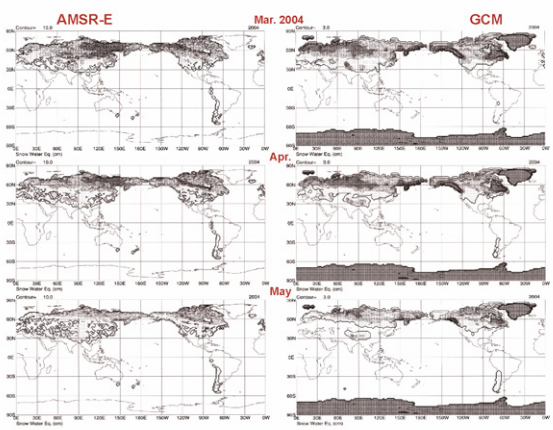


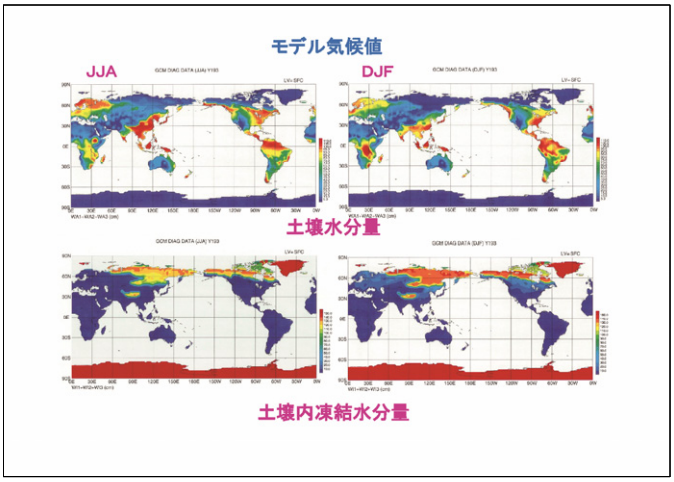
Snow cover and depth with Precipitation

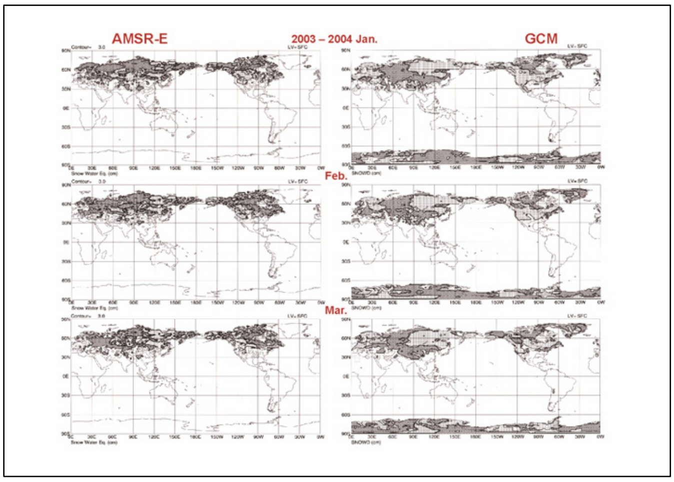


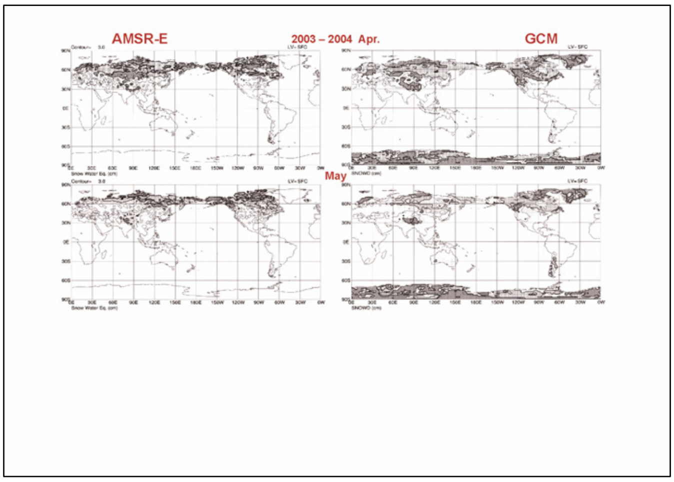


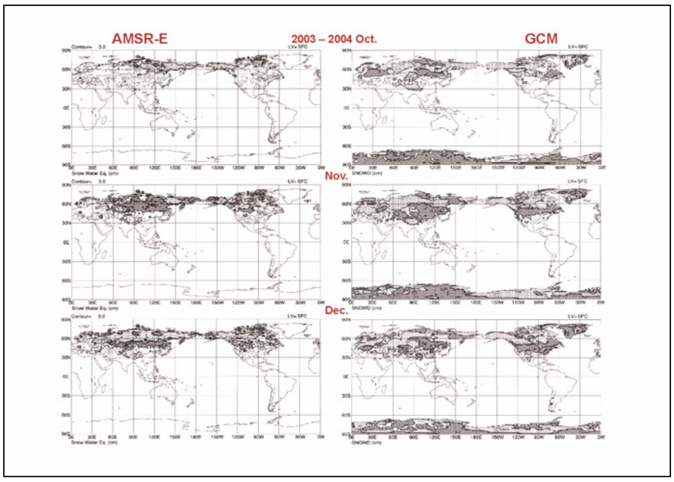












Summary :

◆Mutual verification between satellite products and climate model products was performed for the practicable elements.

◆Model successfully reproduces the seasonal and interannual changes of precipitation.

◆Global distributions of the seasonal changes by the model almost agree with those by the satellite data regarding both the land surface temperature and the soil moisture.

◆The interannual changes of land surface temperature by the model agree well with those by the MODIS data .

◆As to the soil moisture, the regions exist where the interannual changes by the model disagree with those by the AMSR-E data especially in the warm season.

◆Although disagreement for quantity exists, the seasonal and interannual changes of downward short-wave radiation almost agree.

◆The seasonal and interannual changes of snow cover almost agree.

◆However, the changes of snow depth by the model disagree with those by the AMSR-E especially for the seasonal changes.

◆ The values of elements calculated by the model are **physically and bioecologically consistent each other** in the model.

◆Therefore, while the satellite data is the validation data for the model, the model results are useful as the relative information for the validation of **the global scale or regional scale** products of **satellite data estimated separately by each algorithm**.

Possible elements for comparison

(Prognostic elements)
Canopy temperature
Soil surface temperature
Soil moisture
Snow cover
Snow depth

(Diagnostic elements)
Net radiation
Latent heat flux
Sensible heat flux
CO_2 flux (GPP, NPP, NEP, RES)

Leaf Area Index (Leaf Area Density)
Vegetation canopy height
Biomass
Snow albedo
Vegetation canopy albedo

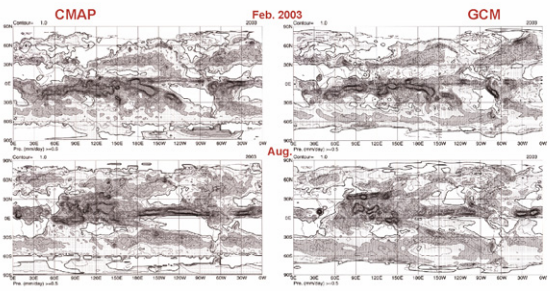
(Parameters)
Leaf reflectance & transmittance
Soil surface albedo
Vegetation types
Vegetation coverage

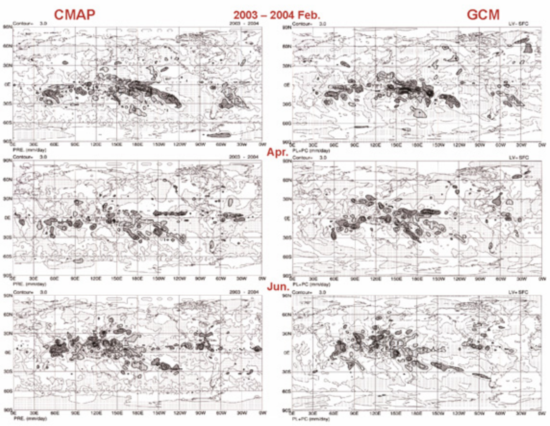
(Atmospheric elements)
Long-wave radiation
Short-wave radiation
Cloudiness
Precipitation
Air temperature
Humidity
Wind vector
Atmospheric CO_2 concentration

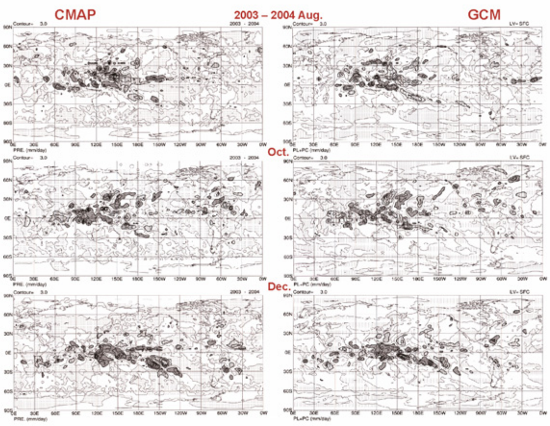
(Monitoring elements)
Vegetation type change

Thank you for your attention !

Precipitation







新型UAV（無人ヘリコプター）を用いたBRDF観測システムの構築

*酒井　健吾[1]・長谷川宏一[2]・泉　岳樹[2]・松山　洋[2]
1. 首都大学東京 都市環境学部 地理環境コース，2.首都大学東京 都市環境科学研究科 地理環境科学域
連絡先: <kengo84554@gmail.com>

1.目的

- BRDF（方向別反射特性）観測システムを構築するにあたり，新型UAVに近赤外カメラを搭載してNDVIを計算する．

2.背景

- 多くの植生は，非等方散乱体である。このため，多方向から観測すると太陽方位角，太陽天頂角，観測方位角，観測天頂角の四つの条件によって，物体の各波長帯の反射率が変化する．これを方向別反射特性Bi-directional Reflectance Distribution Function , BRDF）と呼ぶ．
- しかし,植生のBRDFは観測事例が十分でなく,各植生帯でBRDFがNDVIに与える影響がどの程度になるかは明らかになっていない（長谷川ら,2006，日本リモートセンシング学会誌）

3.意義

- 衛星観測におけるBRDFの影響の問題に取り組むために観測事例を増やすことが重要である．
- 観測の困難性から地上観測に基づくBRDFの観測事例はほとんどない．新型UAVを用いたBRDF観測システムを構築することで観測事例を増やしていくことができる．

4. 研究の流れ

- 熊本県高森町の林帯を対象とし，およそ200m×100mの調査範囲において,以下に示す3つのデータから**NDVIを計算し,比較**した．
  - 新型UAVに近赤外カメラを搭載して森林を撮影した画像
  - ALOS/AVNIR2の衛星データ
  - Terra/ASTERの衛星データ
- 調査範囲内に20m×20mのコドラートを５つ設定し，以下の３つの方法で**LAIを計算**した．
  - 毎木調査、アロメトリー式
  - LAI-2000
  - 全天写真

写真1　新型UAV

5. 使用したデータ

- 2010年9月17日のALOS/AVNIR2の衛星データ
- 2011年9月7日のTerra/ASTERの衛星データ
- 2012年9月6日のUAVに近赤外カメラで撮影した画像．

6. 結果と考察

- UAVの飛行高度は約200mで，左写真の赤い枠で示したように7枚撮影することができた．
- 黒い枠で示した4箇所で毎木調査・LAI-2000・全天写真でLAIを算出した．

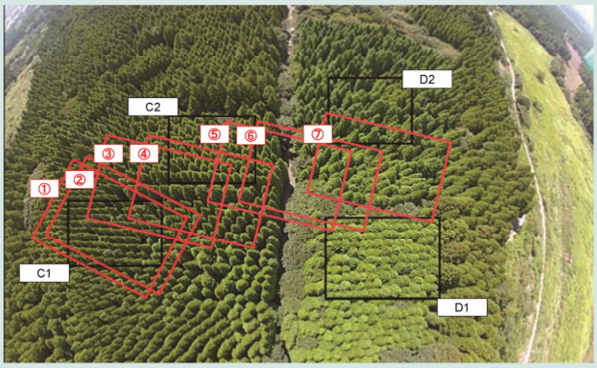
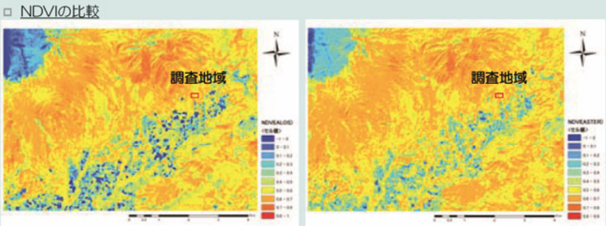


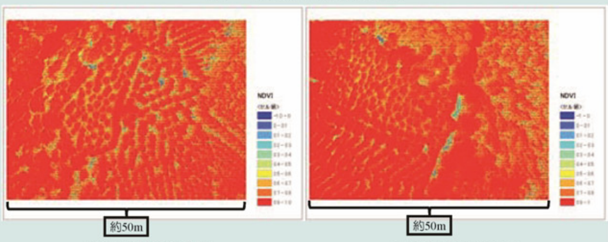
写真2　調査地域

- NDVIの比較



(a)ALOS/AVNIR2(2010年9月17日撮影)　(b)Terra/ASTER(2011年9月7日撮影)

図1　衛星画像より算出したNDVI



(a)写真1における地点②　(b)写真1における地点⑤

図2　UAVから算出したNDVI(2012年9月6日撮影)

- 調査範囲のNDVI値
  - 衛星画像は，UAVで撮影できた範囲約200×100mで計算した．
  - UAVの画像は，撮影できた7枚約50×40mでそれぞれ計算した．(表1)
  - ALOS/AVNIR2より算出したNDVIのコドラート平均値は0.604であった．
  - Terra/ASTERより算出したNDVIのコドラート平均値は0.611であった．
  - UAVは衛星画像よりNDVIを約0.2過大評価していた．
  - 標準偏差はUAVの方が衛星画像と比べて0.10～0.16程度高くなった．

表１　調査範囲のNDVI

	NDVI（平均値）	NDVI(最小値)	NDVI(最大値)	標準偏差
Terra/ASTER	0.611	0.571	0.667	0.025
ALOS/AVNIR2	0.604	0.535	0.693	0.042
UAV①	0.770	－1	1	0.180
UAV②	0.800	－1	1	0.153
UAV③	0.785	－1	1	0.166
UAV④	0.786	－1	1	0.158
UAV⑤	0.808	－1	1	0.143
UAV⑥	0.818	－1	1	0.138
UAV⑦	0.773	－1	1	0.187

- UAV⑤における，NDVIのヒストグラム
  - NDVIは理論的には-1～1の値をとる．
  - ヒストグラムを見ると，赤い線で示したように分布しているように見える．
  - 近赤外カメラで，絞りの関係からサチュレーションが起きている可能性がある．
  - 赤い丸で示したように，一部のピクセルで-1の値をとっている．
  - これは，影の部分の放射の絶対量が少ないことがひとつの要因ではないかと考えられる．

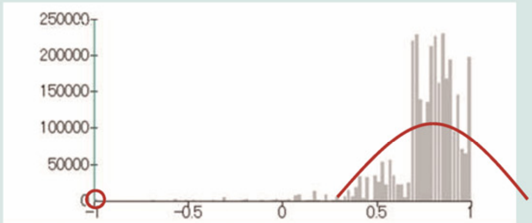


図3　NDVIのヒストグラム（UAV⑤）

- 調査コドラートのLAI
  - コドラートは，写真1のC1・C2・D1・D2の4地点とし，すべて20×20mである．
  - LAI-2000や，全天写真で求めた場合，C1・D1が高い値を示した．
  - アロメトリー式から求めた場合，C1・C2が高い値を示した．

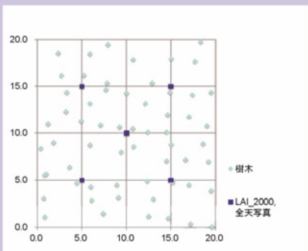


図4　C1地点の樹木位置

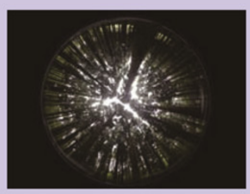


写真2　C1地点の全天写真

表2　調査コドラートのLAI

	LAI (LAI-2000) 範囲限定	LAI (LAI-2000)	LAI (全天写真)	ｱﾛﾒﾄﾘｰ (BDHのみ)	ｱﾛﾒﾄﾘｰ (BDHとHeight)	胸高直径 (cm)	本数 (本)
C1	7.07	5.34	7.071	7.12	8.66	25.3	56
C2	5.71	4.32	4.530	6.88	7.95	23.0	63
D1	8.17	6.01	5.711	5.84	5.97	20.5	68
D2	5.42	4.79	5.466	3.14	3.25	13.8	61

7.まとめ

- 近赤外カメラから計算したNDVIと，衛星画像から算出したNDVIを比較した．
- 近赤外カメラから算出した方が，NDVIを約0.2過大評価していた．
- これは，近赤外カメラがサチュレーションを起こしているためだと考えられる．

8.今後の課題

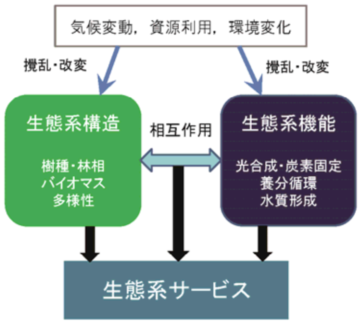
- 植生指数から葉面積指数を推定することを試みたが，近赤外カメラで計算したNDVIの値が怪しく，BRDF観測システムの構築まで至らなかった．
- 近赤外カメラでは放射輝度変換を行っていない．マルチスペクトルの放射計で同時観測を行って変換式を作成する必要がある．

第15回 環境リモートセンシングシンポジウム

多角的観測アプローチによる森林生態系構造の計測法開発

柴田英昭[1]・吉田俊也[1]・日浦勉[1]・
中村誠宏[1]・中路達郎[1]・本多嘉明[2]・梶原康司[2]

1) 北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター
2) 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター



環境変動下における生態系構造・機能・サービスの関係

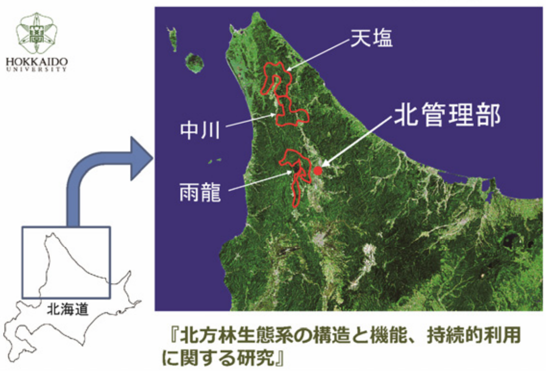
共同研究者

- 柴田英昭・吉田俊也・日浦勉・中村誠宏・中路達郎・福澤加里部・高木健太郎・埋金宏光・簑島萌子・北大研究林スタッフ・大学院生(北海道大学)
- 本多嘉明・梶原康司(千葉大学CEReS)
- 加藤顕(千葉大学)
- 本岡毅(JAXA)
- Baek-Soo Lee(オレゴン州立大学)

北海道北研究林

合計面積: 約667 km²

HOKKAIDO UNIVERSITY



『北方林生態系の構造と機能、持続的利用に関する研究』

苫小牧研究林

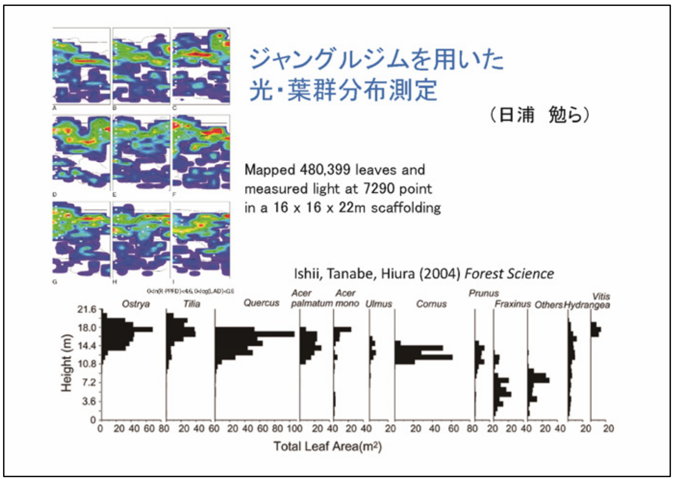
面積 27.1 km²

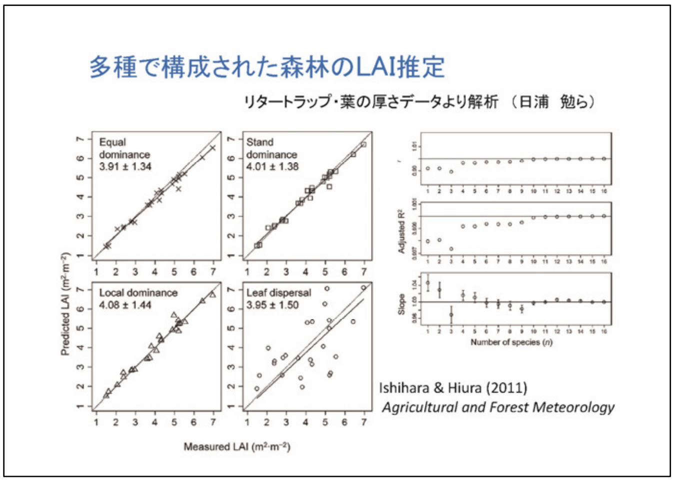
HOKKAIDO UNIVERSITY

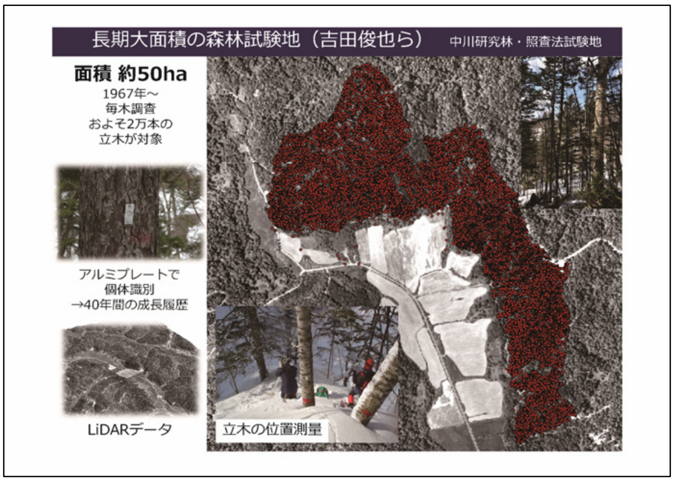
『森林生態系研究とリモートセンシング研究の融合』

バイオマス増加速度 Hiura (2005) *Ecol. Res.* 20, 271-277.

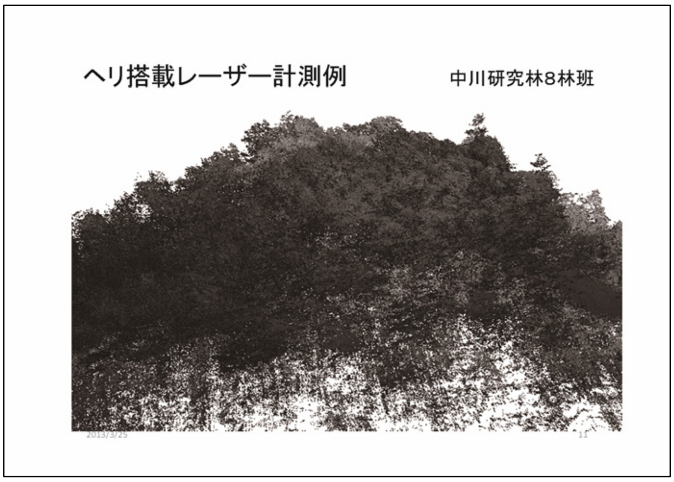
- 冷温帯落葉広葉樹林
- 平坦な地形
  標高差 5～90m；斜度 ～5%
- 異なる林齢の2サイト
  壮齢・原生林(200年以上)
  若齢・二次林(約60年)
- 豊富な森林データ
  森林タイプ・施業履歴
  森林動態・バイオマス
  長期CO_2フラックス
  各種大規模操作実験

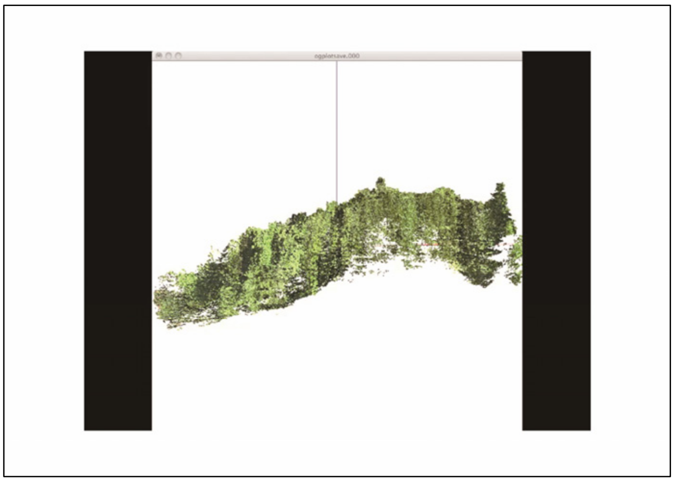

ジャングルジムを用いた
光・葉群分布測定
（日浦　勉ら）
Mapped 480,399 leaves and
measured light at 7290 point
in a 16 x 16 x 22m scaffolding
Ishii, Tanabe, Hiura (2004) Forest Science
Ostrya
Tilia
Quercus
Acer palmatum
Acer mono
Ulmus
Cornus
Prunus
Fraxinus
Others
Hydrangea
Vitis
Height (m)
Total Leaf Area(m²)

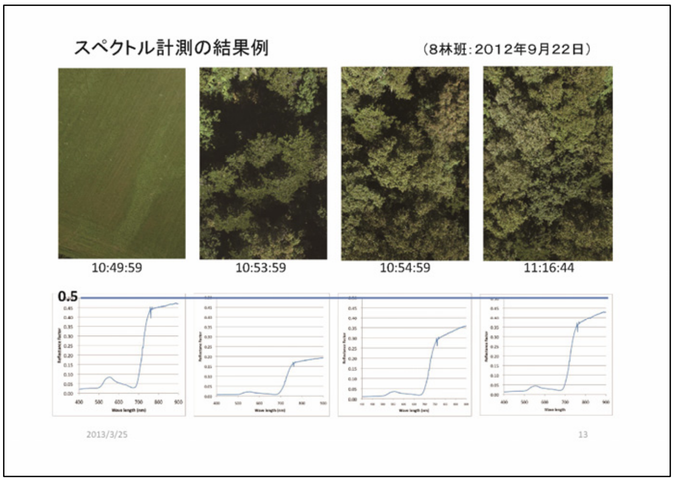

多種で構成された森林のLAI推定
リタートラップ・葉の厚さデータより解析　（日浦　勉ら）
Equal dominance
3.91 ± 1.34
Stand dominance
4.01 ± 1.38
Local dominance
4.08 ± 1.44
Leaf dispersal
3.95 ± 1.50
Predicted LAI (m²·m⁻²)
Measured LAI (m²·m⁻²)
Adjusted R²
Slope
Number of species (n)
Ishihara & Hiura (2011)
Agricultural and Forest Meteorology


長期大面積の森林試験地（吉田俊也ら）
中川研究林・照査法試験地
面積 約50ha
1967年～
毎木調査
およそ2万本の
立木が対象
アルミプレートで
個体識別
→40年間の成長履歴
LiDARデータ
立木の位置測量

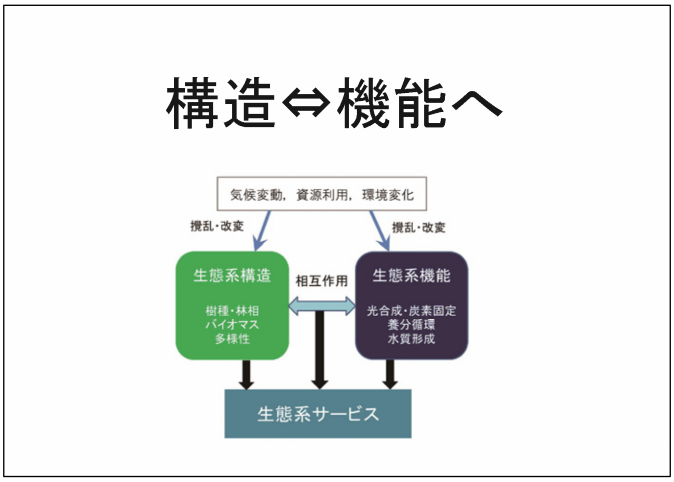

無人ヘリコプターによる森林構造の詳細観測
（千葉大CEReS　本多・梶原研との共同観測）
2012年9月14日～27日
SGLIの大気補正済み地表面反射率、
地上部バイオマス、葉面積指数（LAI）
推定アルゴリズムの開発・検証
◆ 林冠の分光反射率・三次元構造, LAI
◆ 地上で全天画像と光学的厚さ
ヤマハ発動機社製自律航行型・産業用無人
ヘリコプターRMAX


ヘリ搭載レーザー計測例
中川研究林8林班

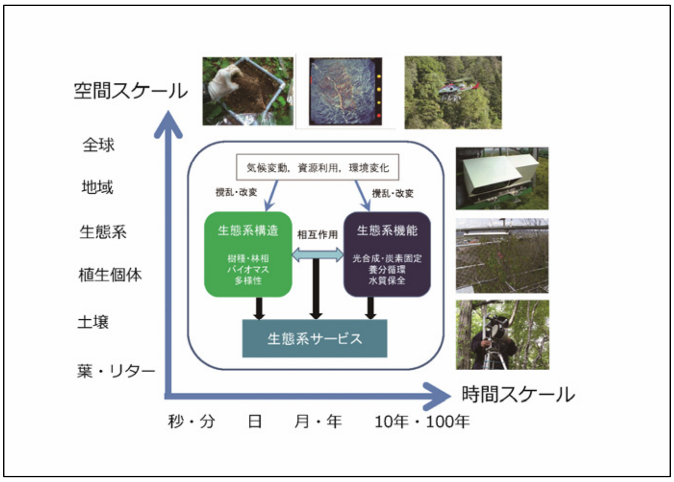



スペクトル計測の結果例
（8林班：2012年9月22日）
10:49:59
10:53:59
10:54:59
11:16:44
0.5
2013/3/25
13


森林バイオマス広域評価への展開
約６００km²におよぶ詳細な「林相図」を作成中
天塩
中川
雨龍
10km
AVNIR-2
JAXA提供
空中写真による判読（4万ha）およびIKONOS画像（2万ha）による1ha程度の解像度での判読を実行中
過去の判読結果も利用可能
●森林タイプ
針葉樹林、広葉樹林、混交林
× 疎・中・密
（人工林や二次林も区分）
混交林域を広くカバー
→ 針・広のデータが豊富
それぞれの森林タイプに属する「標準地」を拡充した
全体で数十箇所（面積0.25-1ha程度）
長期的な変化も把握することが可能


構造⇔機能へ
気候変動，資源利用，環境変化
撹乱・改変
撹乱・改変
生態系構造
樹種・林相
バイオマス
多様性
相互作用
生態系機能
光合成・炭素固定
養分循環
水質形成
生態系サービス


冷温帯針広混交林における植生構造と土壌窒素動態の空間分布パターン（井上貴央 修士論文研究 未発表）
北海道大学雨龍研究林 長期観察林サイト
環境省モニタリングサイト1000 コアサイト（雨龍）
＜天然性針広混交林＞
• 樹木：トドマツ、アカエゾマツ、ミズナラ、イタヤカエデなど
• 林床植生：クマイザサ、オオカメノキ


空間スケール
全球
地域
生態系
植生個体
土壌
葉・リター
気候変動，資源利用，環境変化
撹乱・改変
撹乱・改変
生態系構造
樹種・林相
バイオマス
多様性
相互作用
生態系機能
光合成・炭素固定
養分循環
水質保全
生態系サービス
時間スケール
秒・分
日
月・年
10年・100年

静止衛星・国際宇宙ステーション搭載紫外可視センサによる対流圏二酸化窒素の日内変動導出の検討

野口克行(奈良女子大学)、入江仁士(千葉大)

概要

二酸化窒素（NO2）は、対流圏内で汚染物質として振る舞うだけでなく、光化学スモッグの主な原因である対流圏オゾンの前駆体としても重要である。

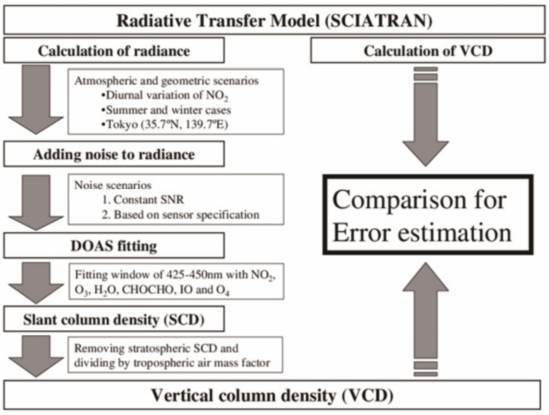
NO2の動態を広域的にとらえるためには、人工衛星による観測が有効である。NO2は寿命が短いため、大きな日内変化を示す。

我々は、次世代観測計画である静止衛星及び国際宇宙ステーション（ISS）による大気汚染観測を想定し、対流圏NO2の日内変化観測が可能かどうか計算機シミュレーションを行い、必要なセンサSN比などを検討している。

本研究では、従来の静止衛星での結果を参考に、新たにISSを想定したジオメトリ（3パターン）に対するシミュレーションを行った。天底観測、並びに衛星視野角が45度傾く場合を想定した。

シミュレーションの結果、ISS観測においては、冬には天底観測が一番測定精度が良かったが、夏の場合は必ずしも天底観測が良いとは限らなかった。これは、太陽天頂角の違いが関係していると思われる。

シミュレーション手順

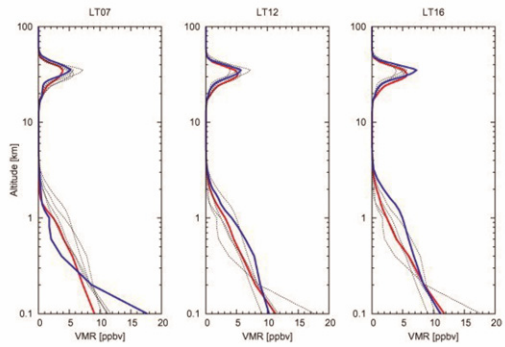


放射輝度のシミュレーション

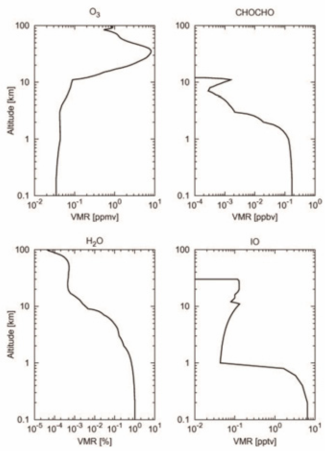
基本的なシミュレーション条件設定は、Noguchi et al. [2011]に従った。

仮定したNO2高度分布

- 成層圏及び対流圏内で日内変化すると仮定
- 夏至と冬至を仮定



NO2以外の気体種



- オゾン、CHOCHO、H2O、IOを仮定
- これらは日内変化・季節変化はしないものとする

エアロゾルの仮定

- 都市汚染観測を想定し、都市部で標準的な混合状態条件を設定した
- 光学的厚さ:0.2

Table 1: Aerosol scenario

Layer Num.	Altitude range	Aerosol types	Components and number mixing ratios	Relative humidity
#1	0–2km	Urban	water soluble: 0.177	80%
			insoluble: 0.949E-5	
			soot: 0.823	
#2	2–10km	Continental average	water soluble: 0.458	70%
			insoluble: 0.261E-4	
			soot: 0.542	
#3	10–30km	Sulfate	sulfate: 1	0%
#4	30–100km	Meteoric	meteoric dust: 1	0%

ジオメトリの設定

- 静止衛星の場合
東経120度の赤道上、高度36000kmに位置し、東京を観測すると仮定

- ISSの場合
東京上空300km、視野角を0度(天底観測)、東西方向それぞれに45度の3ケースを想定

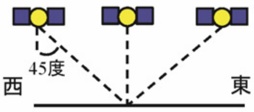
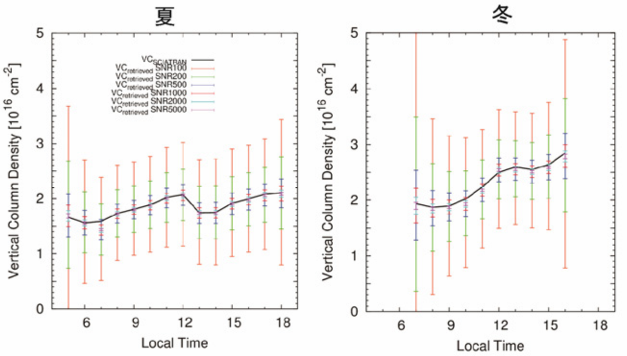


Table 3: Geometrical scenario

	GEO (120°E on the equator)				Tokyo (35.7°N, 139.7°E)			
	Summer solstice		Winter solstice		Summer solstice		Winter solstice	
LT	SZA	RAZ	SZA	RAZ	SZA	RAZ	SZA	RAZ
05	117.6	38.2	116.8	91.4	84.5	146.6	111.0	107.1
06	104.1	40.6	103.2	89.0	73.2	138.7	99.4	99.3
07	90.4	41.4	89.2	88.2	61.4	131.1	88.2	90.9
08	76.6	40.8	75.7	89.0	49.3	123.1	78.5	81.4
09	63.0	38.3	62.1	91.6	37.1	113.7	70.0	70.1
10	49.9	33.6	49.0	96.5	25.4	99.7	63.5	56.9
11	37.7	24.2	36.9	106.2	15.3	71.6	59.8	41.9
12	27.8	6.3	27.3	124.9	12.8	13.4	59.3	25.9
13	23.5	24.2	23.4	156.1	20.7	27.6	62.1	10.5
14	27.5	55.2	27.8	173.4	32.0	45.6	67.8	3.3
15	37.1	73.8	37.6	155.6	44.1	56.4	75.7	15.1
16	49.2	83.3	49.8	146.3	56.2	64.8	85.2	25.2
17	62.3	88.4	63.1	141.5	68.2	72.4	96.0	33.9
18	75.9	90.9	76.7	139.2	79.8	80.1	107.4	41.8
19	89.2	91.3	90.5	138.5	90.2	88.5	119.3	49.4

LT: local time at Tokyo, SZA: solar zenith angle, RAZ: relative azimuth angle. Satellite's zenith angle and azimuth angle at Tokyo are 46.4° and 211.5°, respectively.

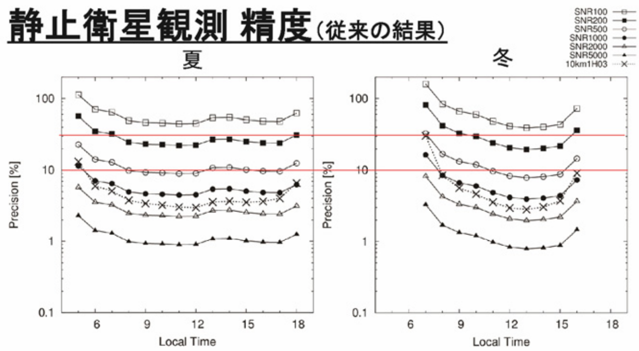
静止衛星観測シミュレーション(従来の結果)



- NO2の日内変化の大きさ:0.5～1.0×10^{16}[cm^{-2}]程度
- SN比は、少なくとも500は必要、極小値などを見るなら1000以上

Noguchi et al. [2011]

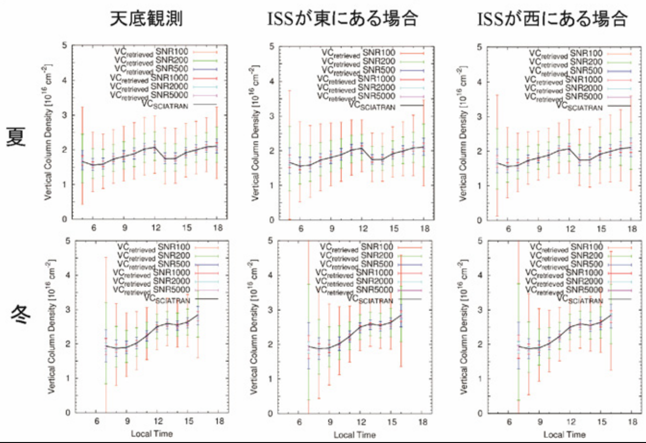
静止衛星観測 精度(従来の結果)



- 対流圏NO2測定の要求精度
→10–30% (GMAP-Asia、Akimoto et al., 2008).
- 30%ならSN比200以上、10%ならSN比500以上が必要
- 朝夕はさらに厳しく、10%を達成するには1000から2000程度必要

Noguchi et al. [2011]

ISS観測のシミュレーション

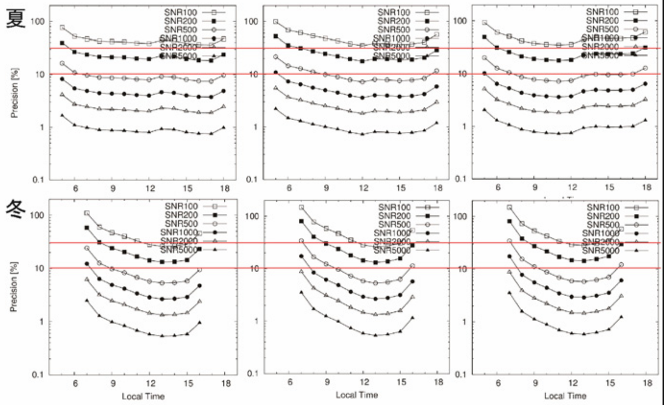


- 静止衛星観測の時と同様に、対流圏NO2の日内変化を検出するには、SN比が500程度は必要
- ジオメトリによって結果は大きくは変わらないが、天底観測の時と比べて視野角が傾く場合は、若干測定誤差が大きくなる

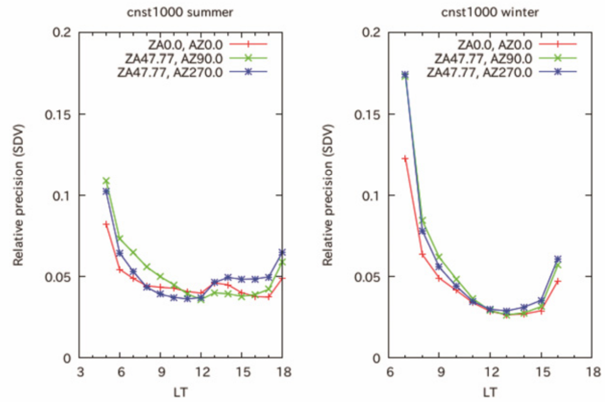
ISS観測 精度

精度10%
→SN比が500（日中）、1000~2000（朝夕）が必要

天底観測　ISSが東にある場合　ISSが西にある場合



ISS観測 ジオメトリ間の比較



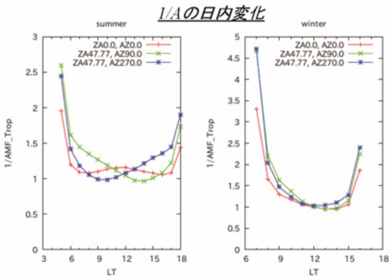
- SN比を固定し、ジオメトリによって精度がどのように変わるかを比較した
- 冬は、全ての時刻において天底観測が一番誤差が小さいが、夏は必ずしも天底観測が良いとは限らない
- 下記に示すように、精度の日内変化はエアマスファクターの逆数とよく似た変化を持つ
- 衛星視野角が同じの場合、エアマスファクターは太陽天頂角の依存性が大きい
- 冬は一日を通して太陽天頂角が大きいが、夏は天頂角の日内変化が大きく昼付近で太陽天頂角が小さくなるため、天底観測と衛星視野角が傾く場合とで差が出にくくなると思われる。

精度の定義 $\frac{\sigma_V}{V} = \frac{\sigma_S}{VA}$

σ_V、σ_S：鉛直コラム量、斜めコラム量の測定誤差
V：対流圏鉛直コラム量
A：エアマスファクター

Vはジオメトリによって変化しないため、精度はσ_Sと1/Aの双方で決まる

1/Aの日内変化



まとめ

- 従来の静止衛星による対流圏NO2日内変動シミュレーションに加えて、新たにISSによる観測シミュレーションを実施し、特にジオメトリの違いが観測精度に影響を与えないかを調べた。
- 考慮したジオメトリは、天底観測の他に、東西それぞれから視野角を45度傾けた場合の3通り
- 天底観測が一番誤差が小さくなると予想したが、冬はその通りであったものの、夏は太陽天頂角が小さくなる日中は必ずしも天底観測の誤差が一番小さくなるとは限らなかった。
- 精度の日内変化には、エアマスファクターの逆数が大きく寄与している。

第15回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム，2013.2.22

桜島噴煙活動活発化と映像観測の課題

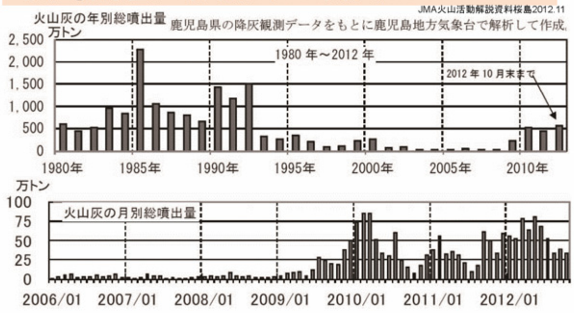
木下紀正（鹿児島大　教育学部教育実践総合センター）

土田 理（鹿児島大　教育学部）

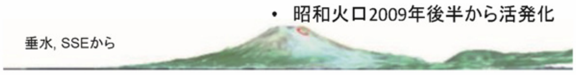
飯野直子（熊本大　教育学部）

金柿主税（熊本支援学校）

桜島南岳/昭和火口噴火1980-2012



- 昭和火口2009年後半から活発化



垂水, SSEから

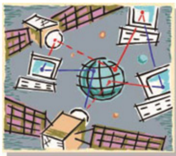
桜島火山噴煙の4点映像観測

鹿児島大学／熊本大学　噴煙研究グループ

http://es.educ.kumamoto-u.ac.jp/volc/sakushowa/sakurajima09/saku09.htm

A　鹿児島大学教育学部　桜島噴煙監視システム

http://volceye.edu.kagoshima-u.ac.jp/sakurajima.html



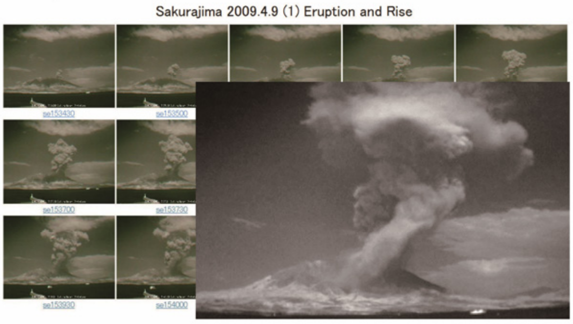
Real Time & Archive

桜島の噴煙と雲の動きを活用した気象教材の開発

桜島南岳噴火 2009年4月9日

http://wwwkav.ddo.jp/volc/volcnews/Sa09409erup/s09409er1.htm

Sakurajima 2009.4.9 (1) Eruption and Rise



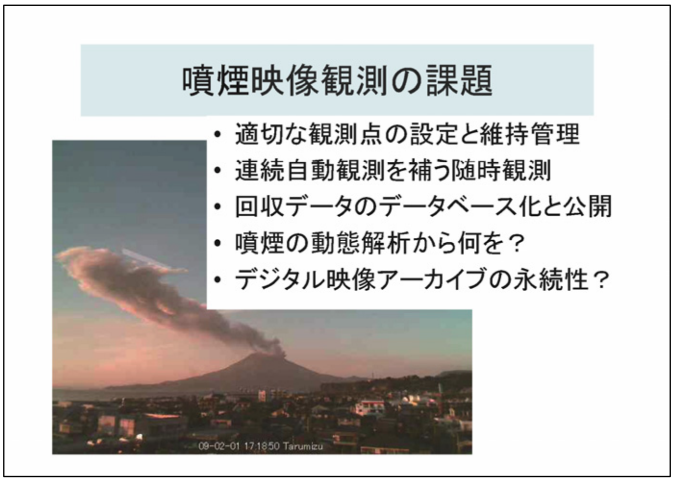
B 鴨池港近傍（近赤外）　30秒ごと

T 垂水, 10km SSE から

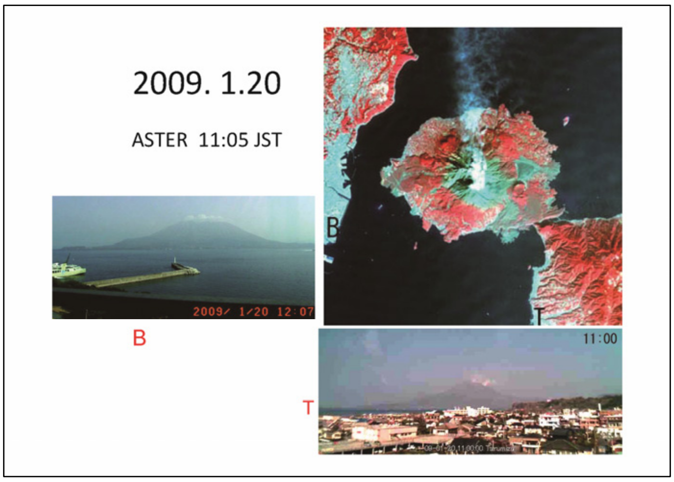
2009年6月1日18時～拡散しながら垂水市上空を移流

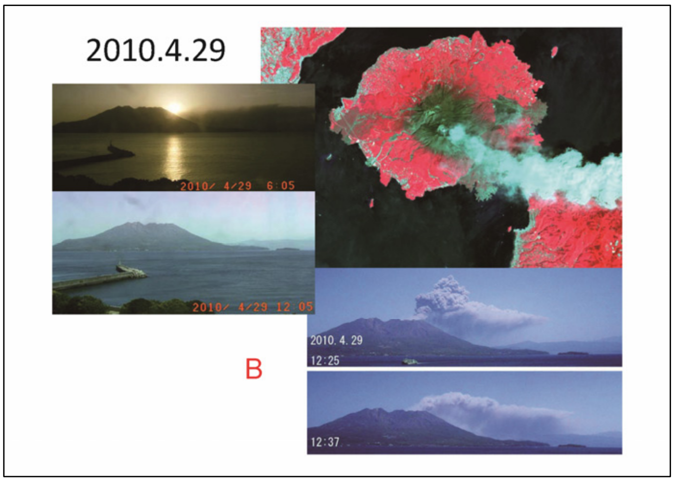

K
錦江台から見た桜島2009.1.28-9.19 selected
k0909020823
爆発的噴火1200m(9月2日8時~)拡散しながら南~西(鹿児島市)へ移流
k0909030823_so2 爆発的噴火1000m(9月3日8時~)連続噴火。風が強く、噴煙は這うようにして鹿児島市北部へ
k0909031438_so2
爆発的噴火1000m(9月3日14時~)吹き下ろし。鹿児島市北部へ
k0909031605
爆発的噴火1200m(2009年9月3日16時~)吹き下ろし。鹿児島市北部へ
k0909040951_so2 爆発的噴火800m(9月4日9時~)風が強く、這うようにして鹿児島市(谷山)方面へ
k0909041454_ash
爆発的噴火800m(2009年9月4日14時~)風が強く、這うようにして錦江台へ
k0909050523_so2
爆発的噴火1000m(2009年9月5日5時~)拡散しながら鹿児島市北部へ移流
k0909051621_ash 爆発的噴火1000m(5日16時~)シアウインド。上下層でねじれながら這うように錦江台へ
k0909060547_ash 爆発的噴火(2回)1600-1200m(9月6日5時~)吹き下ろし。拡散しながら錦江台へ移流
k0909081039
爆発的噴火1000m(2009年9月8日10時~)拡散しながら垂水市上空へ移流
k0909081145
爆発的噴火1300m(9月8日11時~)拡散しながら垂水市上空へ移流
k0909090915
爆発的噴火1000m(2009年9月9日9時~)拡散しながら南東へ移流

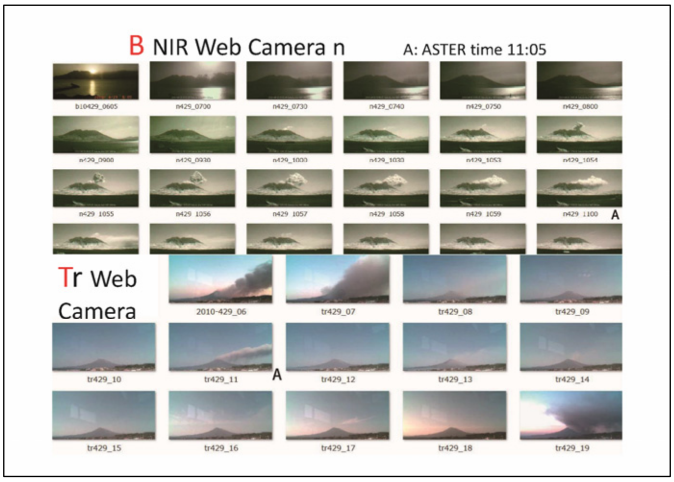

2009年9月4日14時～ 爆発的噴火800m, 風が強く、這うようにしてK錦江台へ
2009-09-04 15:12:35 Kinkodai

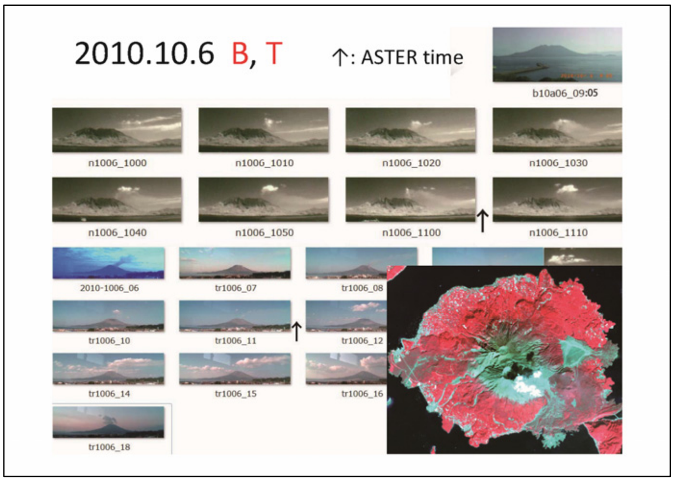

噴煙映像観測の課題
• 適切な観測点の設定と維持管理
• 連続自動観測を補う随時観測
• 回収データのデータベース化と公開
• 噴煙の動態解析から何を？
• デジタル映像アーカイブの永続性？
09-02-01 17:18:50 Tarumizu

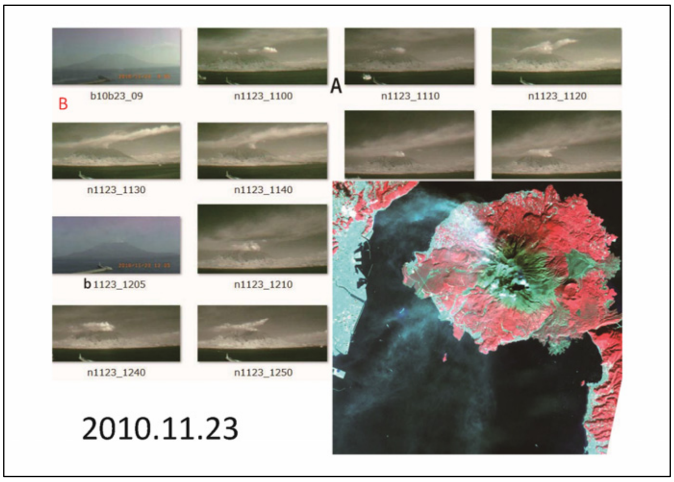

ASTER桜島噴煙
2009.1-2013.1
Sa090120vnir
Sa100429_vn
Sa101006_vn
Sa101123_vn
Sa110110_vn
Sa110304_tir
Sa111212_vn
Sa111217_t
Sa120129_vn
Sa120504_vn
Sa120610_t
Sa121128_vn
Sa130131_vn
産総研 火山衛星画像データベース vn= Vis & NIR at 11:05 , t= TIR at 22:24

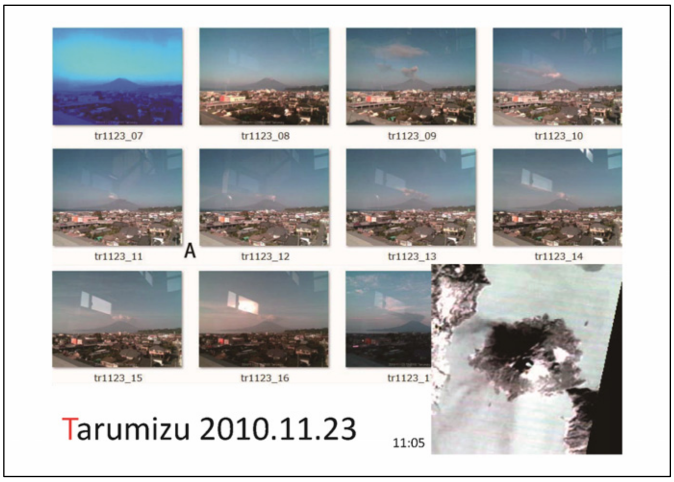

2009. 1.20
ASTER 11:05 JST
2009/ 1/20 12:07
B
B
T
11:00
T

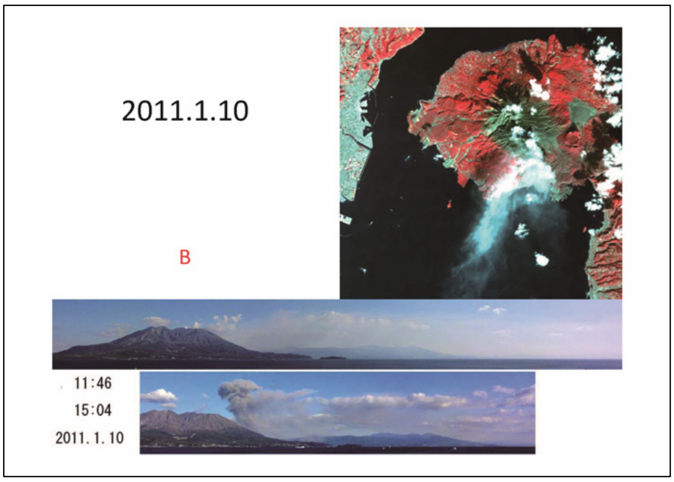

2010.4.29
2010/ 4/29 6:05
2010/ 4/29 12:05
2010. 4. 29
12:25
B
12:37

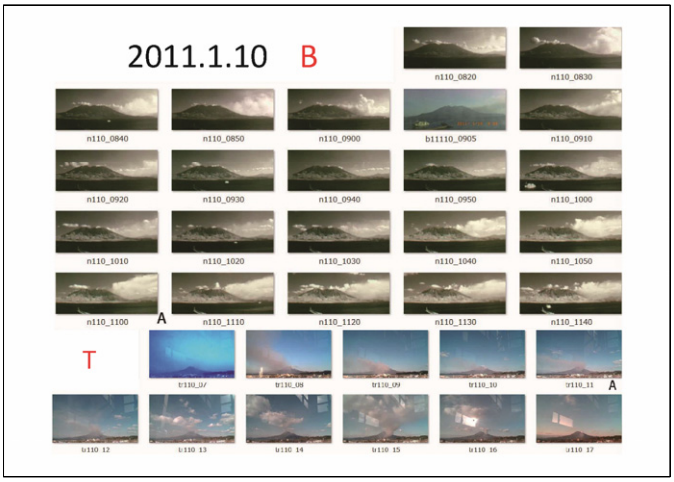

B NIR Web Camera n
A: ASTER time 11:05
A
Tr Web Camera
2010-429_06
tr429_07
tr429_08
tr429_09
tr429_10
tr429_11
A
tr429_12
tr429_13
tr429_14
tr429_15
tr429_16
tr429_17
tr429_18
tr429_19

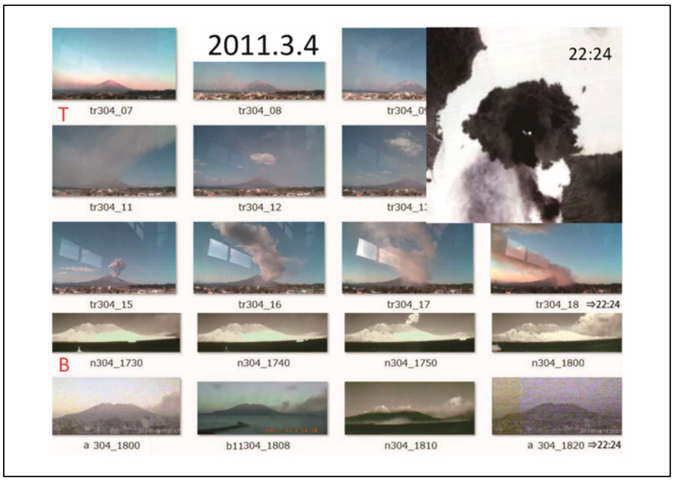

2010.10.6 B, T
↑: ASTER time
b10a06_09:05
n1006_1000
n1006_1010
n1006_1020
n1006_1030
n1006_1040
n1006_1050
n1006_1100
↑
n1006_1110
2010-1006_06
tr1006_07
tr1006_08
tr1006_10
tr1006_11
↑
tr1006_12
tr1006_14
tr1006_15
tr1006_16
tr1006_18

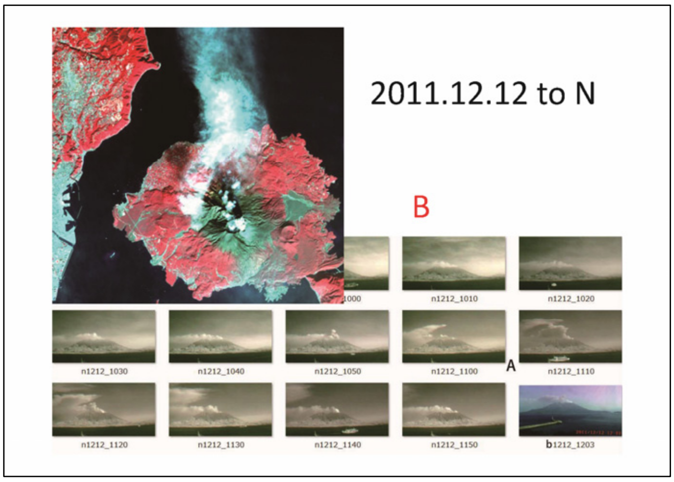

B
b10b23_09
n1123_1100
A
n1123_1110
n1123_1120
n1123_1130
n1123_1140
b1123_1205
n1123_1210
n1123_1240
n1123_1250
2010.11.23

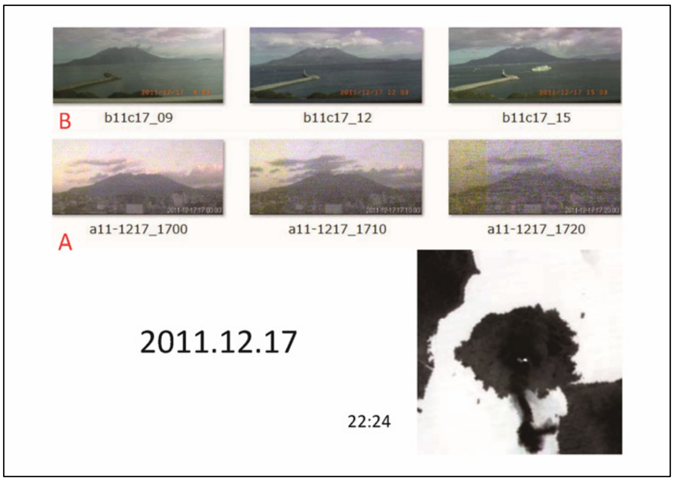

tr1123_07
tr1123_08
tr1123_09
tr1123_10
tr1123_11
A
tr1123_12
tr1123_13
tr1123_14
tr1123_15
tr1123_16
Tarumizu 2010.11.23
11:05

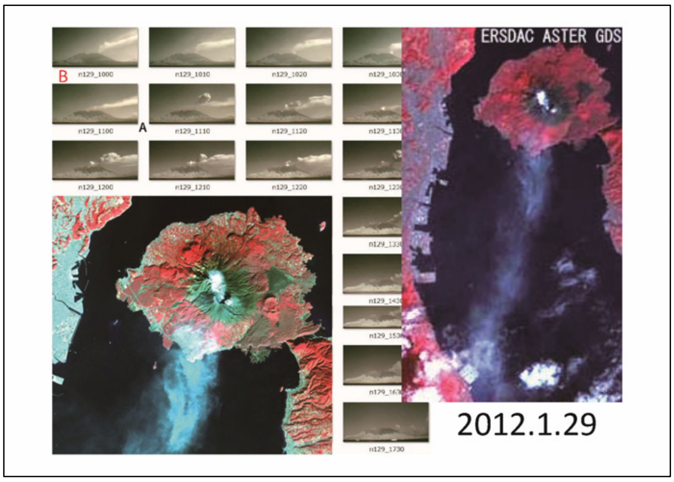

2011.1.10
B
11:46
15:04
2011. 1. 10

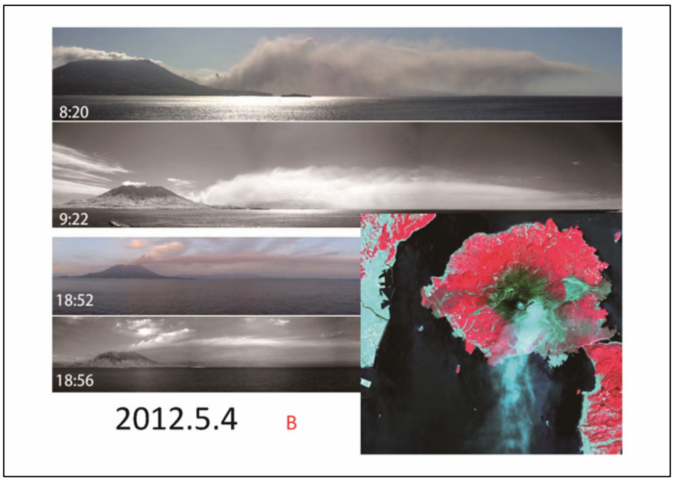

2011.1.10 B
n110_0820
n110_0830
n110_0840
n110_0850
n110_0900
b11110_0905
n110_0910
n110_0920
n110_0930
n110_0940
n110_0950
n110_1000
n110_1010
n110_1020
n110_1030
n110_1040
n110_1050
n110_1100
A
n110_1110
n110_1120
n110_1130
n110_1140
T
A

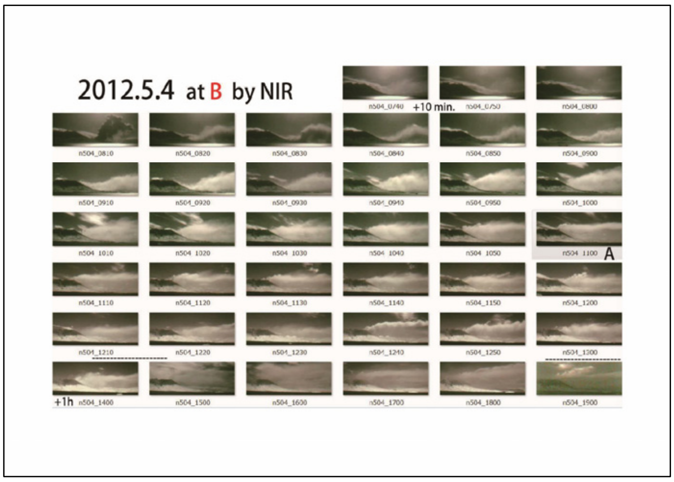

2011.3.4
22:24
T
tr304_07
tr304_08
tr304_11
tr304_12
tr304_15
tr304_16
tr304_17
tr304_18 ⇒22:24
B
n304_1730
n304_1740
n304_1750
n304_1800
a 304_1800
b11304_1808
n304_1810
a 304_1820 ⇒22:24

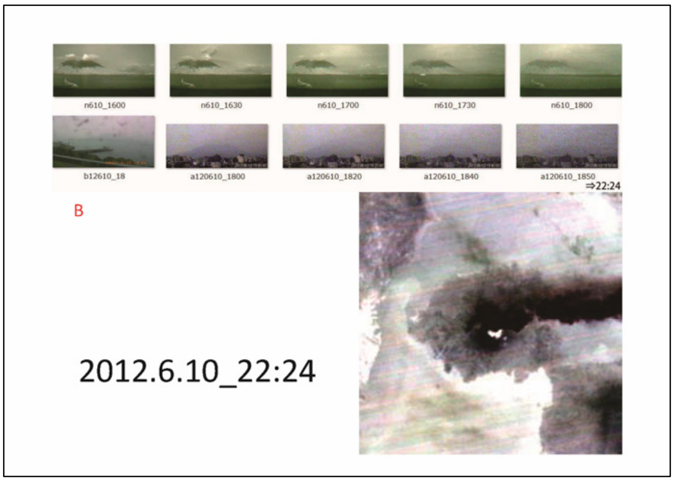

2011.12.12 to N
B
n1212_1010
n1212_1020
n1212_1030
n1212_1040
n1212_1050
n1212_1100
A
n1212_1110
n1212_1120
n1212_1130
n1212_1140
n1212_1150
b1212_1203

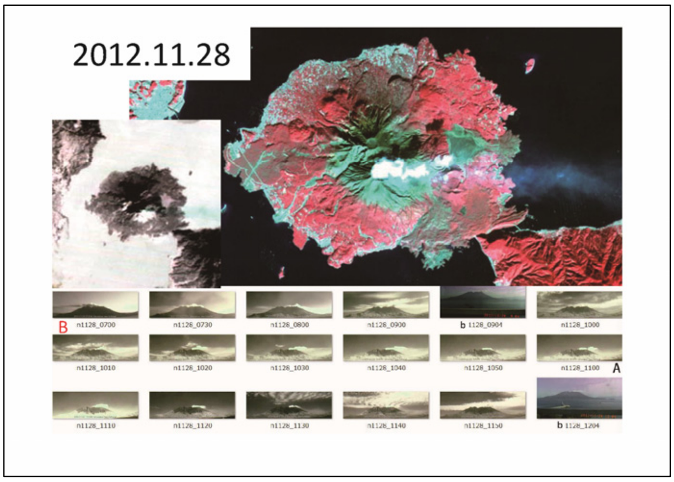

B
b11c17_09
b11c17_12
b11c17_15
A
a11-1217_1700
a11-1217_1710
a11-1217_1720
2011.12.17
22:24

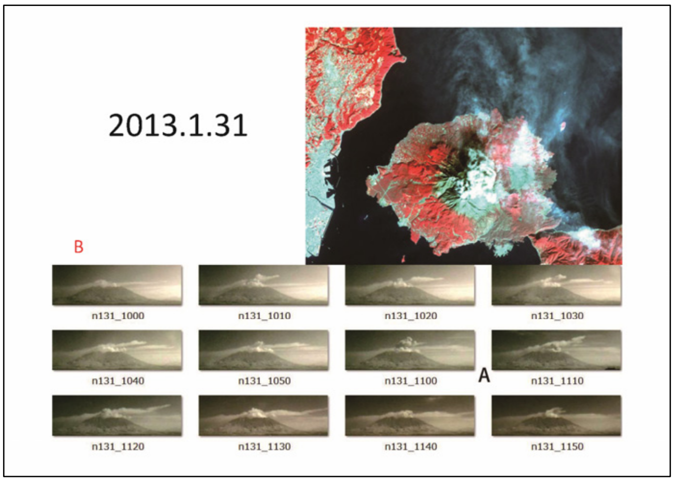

ERSDAC ASTER GDS
B
A
2012.1.29


8:20
9:22
18:52
18:56
2012.5.4
B


2012.5.4 at B by NIR
+10 min.
A
+1h







ご静聴有難とうございました.

謝辞

垂水市のご理解とご協力に厚く感謝申し上げます.
ASTER画像は産総研 火山衛星画像データベースと
ERSDAC ASTER GDSデータベースを利用致しました.

CP-SAR搭載赤外カメラの開発研究

Feasibility study for Infrared camera on CP-SAR small satellite

大前宏和(株式会社センテンシア), Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, 西尾文彦(千葉大学 環境リモートセンシング研究センター), 三宅俊子(千葉大学大学院)
Hirokazu Ohmae (Sentencia Co.Ltd.), K Josaphat Tetuko Sri Sumantyo, Fumihiko Nishio (Chiba Univ.), Toshiko Miyake (Chiba Univ.)

はじめに

これまでCP-SAR衛星の搭載カメラに関して、
(1)可視カメラの搭載可能性とその機器仕様決定のための検討
(2) 波長別データ化のための安価なフィルターの試作検討
(3)インターフェース(以下、I/F)、特に通信方式との関係
についての開発検討を行って来た。

可視カメラの搭載に加えてCP-SARの昼夜を問わず観測出来るメリットをさらに活かすために、赤外画像で、観測地域の同定が可能か、ペイロード仕様策定のための機器規模調査、その搭載可能性の検討課題抽出を行うこととした。

また、無人航空機(以下、UAV)のシステムI/Fの検討が進む状況に応じて可視カメラ及び赤外カメラ等の搭載I/Fについても検討を行う。
今後のCP-SAR開発に付随した搭載機器開発に活かすための検討としたい。

Key word : CP-SAR、熱赤外、NIR、非冷却、I/F、供給電力、安価な開発

研究内容・計画について

当初の計画:CP-SARと連携して昼夜観測可能な赤外カメラの搭載可能性、仕様、及びUAVとのI/Fを検討する。

そのために観測エリア同定のための赤外カメラの必要機器仕様の検討を行う。
- ・赤外カメラの仕様検討
- ・市販赤外カメラの比較評価
- ・冷却システムの検討・評価
- ・搭載に関する課題・問題点の洗い出し

当初の計画は上記であったが、予算的な制約から、以下のような検討・実施となった。
- ・NIRカメラでの野外観測による課題抽出
- ・熱赤外カメラ(別プロジェクトで使用中のものを援用)による撮像と、カラー画像化

使用機材について

撮像に使用した機材の仕様は以下の通りである。

(1)NIRカメラ
　波長域:750nm~980nm
　　(検出素子×カットフィルター×レンズ)
　非冷却

(2)熱赤外カメラ
　　(株式会社センテンシア使用中のものを使用した)
　波長域:8μm~14μm
　　(検出素子×Geレンズ)
　非冷却

検討内容と結果

(1)I/F検討: CP-SARのI/F検討、UAVとのI/F検討の現状は以下の通りである。
- ・搭載機器側から見て、UAV及びCP-SARのI/Fとの整合性が確認できていない。
- ・可視カメラはIEEE1934 でバス電圧供給との搭載機器要求としてきた。
- ・多数個のカメラを搭載する場合にIEEE1394の同時運用が、供給電源の問題などによりPC上で実現できなかった。
- ・上記課題を鑑みて、熱赤外カメラや、今回野外観測したNIRカメラについてはUSB接続と、バス電圧供給として画像取得を行った=USB接続であればチップ入手により一定条件下であれば接続I/Fを安価に構築可能なため。

(2)NIR(近赤外)カメラ取得画像
野外の植生地、裸地を含む斜面を撮像した。一般に反射面を捉えやすいため、反射の強弱のある面を選んだ。
図1に取得画像とその時の可視カラー画像を併せて示した。

(3)熱赤外カメラ取得画像とカラー化
熱赤外カメラもNIRカメラ同様に野外での観測を実施する予定であったが、電源供給がPCより給電出来ない事が判明したため(本プロジェクト専用機器で無いため)、室内での植生及び電灯を含む画像取得を行った。
熱赤外カメラは一般的にはその表面の温度を示すため、これをカラー化し、温度との対比を行った。温度は別途、放射温度計で表面温度を測定した。図2に熱赤外画像とそのカラー化画像、撮像域の可視カラー画像、及び温度対比に用いたヒストグラムを示した。

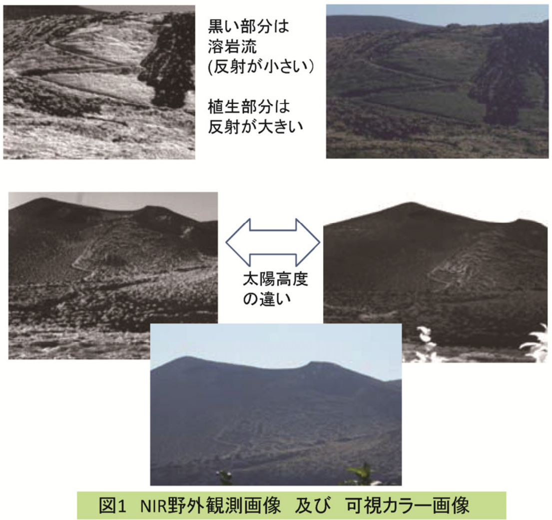
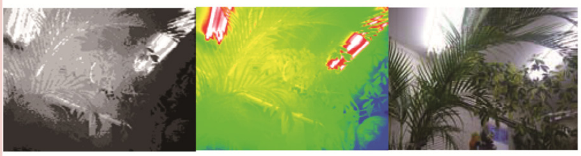
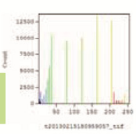


図1 NIR野外観測画像 及び 可視カラー画像



熱赤外画像　カラー化(赤い部分は40℃程度)　可視カラー画像

図2 熱赤外画像 カラー化画像 可視カラー画像
及びカラー化ヒストグラム



カラー化のためのヒストグラム

考察および今後の検討について

1. NIR画像、熱赤外画像ともに物理量と関連付けるためには狭帯域のフィルターが必要であるが、同時に受光エネルギー量が大きく減少するため、測定対象をCP-SAR観測対象を考慮して選択し、狭帯域を決定することが重要であると考える。
2. 衛星搭載、UAV搭載については、それぞれの飛行による制約条件が存在するため、最適な撮像条件を得られるか検討が必要である。熱赤外画像については、今回の熱赤外検出器の応答時間が問題になる可能性があると考えている。
3. CP-SAR衛星に関してはSARそのものへの高い給電能力が要求されるため、熱赤外カメラについては非冷却方式として、供給電源を低減化するように検討しているが、上記の撮像最適条件、対象物理量の選択条件などから、冷却方式が必要なる可能性もある。この場合には、衛星でのさらなる給電能力=太陽電池パネルの面積増加=が要求されることになる。
4. CP-SARの必要電力が非常に大きいので、同時搭載機器については、選択検討が必要であろう。
5. CP-SAR、UAVいずれも搭載機器とのI/F調整は進んでいないため、今後はその仕様を調整し、より明確にすることで、搭載機器の制約条件が明らかとなる。これにより、搭載機器への給電方式、また搭載機器の仕様もより詳細に詰める事が出来ると考えるので、今後I/Fの調整が重要な視点となることを指摘し、明記しておきたい。

謝辞

千葉大学 環境リモートセンシングセンターから、共同研究のための資金支援を受けました。
本研究における一部の画像取得が可能となりました。ここに記して深く感謝いたします。

本ポスターについてのお問い合わせ先は、以下にお願い致します。
大前宏和(株式会社 センテンシア)
Email : ohmae@sentencia.co.jp

GEP Methodを用いた温帯林におけるメタン発生量の推定

朴 壽永・朴 鍾杰
（東京情報大学）

1

● はじめに

全球で一年間に放出されるCH_4の全体量のうち、10-30%（62-236 TgCH_4 yr^{-1}）が植物体により発生Nature誌（Keppler *et al.* 2006）。

植物体からのCH_4発生量をCO_2基準に換算すると1,426-5,428 Tg CO_2 yr^{-1}となり、これは全球の森林生態系によるCO_2固定量から火事や森林伐採などの土地利用変化によるCO_2放出を差し引いた量である733-5,133 Tg CO_2 yr^{-1}（IPCC 2001a）と同程度である。

CO_2の吸収源として森林の温室効果ガスの抑制効果を評価した京都議定書の運営は危機的な状況に陥る。

⇩

木を全部切り倒した方が良いの？

2

● はじめに

Kirschbaum *et al.* (2006)の追試験の結果では、植物体によるCH_4発生量が10-60 TgCH_4 yr^{-1}となり、Keppler *et al.* (2006)に比べて（62-236 TgCH_4 yr^{-1}）非常に少ない。

IPCC（2007）は両者の見積もったCH_4発生量を紹介しながらも、全球におけるCH_4発生量の算定表に植物体からの発生量を反映させていない。

3

● はじめに

世界気象機関の全球大気監視計画（WMO/GAW）
CH_4測定地点は、およそ130地点

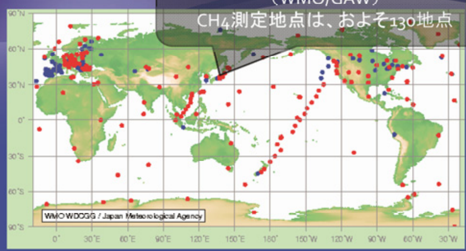


図1　World Data Centre for Greenhouse Gases
（WDCGG：温室効果ガス世界資料センター）
出所:http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/jp/wdcgg_j.html

4

● はじめに

朴ら（2012）は屋外の広範囲を対象にした観測地点周辺からのCH_4発生を評価する手法であるGEP（Greenhouse gases Emission Presumption）Methodを開発し、温帯域に当たる日本のRyoriのWDCGGデータを用いて観測地点周辺の森林の植生域によるCH_4発生濃度を推定している。

そこで、GEP Methodを用い、実験ではなく、屋外の異なる気象条件などによる季節変化や発生量の違いを考慮した複数の事例分析を行うことによって、温帯林の植生域におけるCH_4発生量の推定を可能にすることが期待できる。

5

● 研究目的

本研究では、GEP Methodを用い、温帯林の植生域におけるCH_4発生量を推定する。

具体的には、ヨーロッパの温帯域の森林の中に位置しているドイツのNeuglobsowのWDCGGデータを用い、温帯林の植生域におけるCH_4発生量を推定した。その後、Keppler *et al.* (2006) とKirschbaum *et al.* (2006)の実験結果と比較するとともに、IPCC（2001b）の換算係数を用いた発生量算定結果や、大気拡散を考慮した算定結果と比較分析を行い、本研究による推定結果の妥当性を確認した。

6

Tokyo University of Information Sciences

● 調査地

ドイツのNeuglobsowには、WMO/GAWのRegional station（53.17° N、13.03° E、標高65 m）が設置されており、Neuglobsow におけるCH_4濃度の観測は1994年から行われていて、1時間平均値を入手することができる。

Neuglobsowは自然公園の中に位置している（WDCGG 2013）。

7

Tokyo University of Information Sciences

● データ

WDCGGサイトより、1998年から2007年までの10年間のNeuglobsowにおけるCH_4濃度と風速、風向、相対湿度、気温の1時間平均値を取得した。

また、NeuglobsowのCH_4濃度と比較分析を行うために、アイルランドの西海岸に位置し、Global station[注]（53.33° N、9.90° W、標高8 m）が設置されているMace HeadのCH_4濃度も取得した。Mace Headにおいては、1時間平均値が取得できなかったため、月平均値を用いた。

注）観測所から周囲100 km以内は少なくとも50年間は土地利用・土地被覆に重大な変化がなく、しかも、人間の日常生活に起因する局地的汚染の影響が極めて小さいところであることなどがGlobal stationの立地条件である（観測部測候課1994）。

8

Tokyo University of Information Sciences

● 推定方法

観測データには、すでに大気中に含まれている既存のCH_4濃度と観測時点で発生されたCH_4濃度が混在しているため、

それぞれの値を分けることで
観測地点からのCH_4発生を推定できると考えられる。

しかし、その技術はまだ確立されていない。

9

Tokyo University of Information Sciences

紫外線強度と水蒸気濃度の変動によりOHラジカル濃度が夏季に高く冬季に低くなることに対応（気象庁編2010a）。

図2　観測濃度と既存濃度

10

Tokyo University of Information Sciences

● GEP Method

Greenhouse gases Emission Presumption Method （朴ら2012）

CH_4発生により生じたと推定される濃度差
＝観測濃度－既存濃度

「既存濃度」は観測地点において既に大気中に存在している濃度を指す。緯度の高低によるCH_4濃度の差が存在するため、「既存濃度」は「観測濃度」と同じ緯度の観測データが望まれる。さらに、「既存濃度」は移流の影響や観測地点におけるCH_4発生源の影響が小さい観測データであることが望ましい。

11

Tokyo University of Information Sciences

● GEP Methodの推定式

$$X_i = W_i - E_i \qquad (1)$$

$$Y = (\sum_{i=1}^{12} X_i)/12 \qquad (2)$$

i: 1月～12月
Wi: 風速が一定以下のときの「観測濃度」の月平均CH_4濃度
Ei: 「既存濃度」の月平均CH_4濃度
Xi: 月平均CH_4濃度差
Y: 年平均CH_4濃度差

12

Tokyo University of Information Sciences

結果及び考察

1）気象条件によるCH_4濃度変動

2）森林によるCH_4発生濃度の推定

3）温帯林の植生域におけるCH_4発生量の算出

4）推定結果の妥当性

13

Tokyo University of Information Sciences

気象条件によるCH_4濃度変動

表1　CH_4濃度における風速・相対湿度・気温の重回帰分析結果

区分	標準偏回帰係数	出現数
風速0.0-0.2 m s^{-1}	--	2,705
風速0.3-1.5 m s^{-1}	0.28***	21,093
風速1.6-3.3 m s^{-1}	0.27***	33,334
風速3.4-5.4 m s^{-1}	0.12***	12,350
風速5.5-10.7 m s^{-1}	－0.00	2,844
風速10.8-15.8 m s^{-1}	－0.00	22
相対湿度	0.17***	72,348
気温	－0.31***	72,348
R^2	0.21***	

***p<0.001。1998年から2007年までの1時間平均値。
--は、基準となる変数。風速についてはダミー変数処理をした。
風速の区分はビューフォート風力階級に基づいた。

14

Tokyo University of Information Sciences

気象条件によるCH_4濃度変動

表2　風速0.3-1.5 m s^{-1}のときのCH_4濃度に対する風向の重回帰分析結果

風向	非標準偏回帰係数	出現数
定数	1914.54***	
1-45°	－11.31***	1,815
46-90°	－15.65***	2,631
91-135°	8.32***	3,417
136-180°	18.19***	6,139
181-225°	--	2,883
226-270°	－7.61***	1,953
271-315°	－20.57***	2,008
316-360°	－20.12***	1,429
R^2	0.05***	22,275

***p<0.001。1998年から2007年までの1時間平均値。
--は、基準となる変数。風向についてはダミー変数処理をした。

15

Tokyo University of Information Sciences

CH_4濃度の季節変動と年平均濃度差

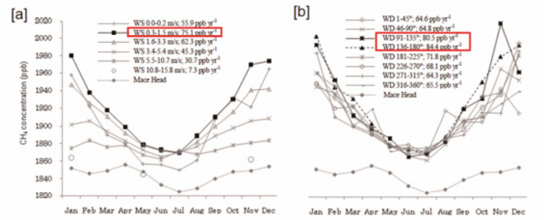


図3　CH_4濃度の季節変動と年平均濃度差

[a]は、風速別CH_4濃度の季節変動と年平均濃度差。[b]は、風速0.3-1.5 m/sのときの風向別CH_4濃度の季節変動と年平均濃度差。1998年から2007年までの1時間平均値。Mace Head は GEP Method における「既存濃度」である。

16

Tokyo University of Information Sciences

土地被覆の分類

日本の陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)データを用いて作成した。

風速0.2 m s^{-1} ×60分×60秒
＝半径720m圏内

風速1.5 m s^{-1} ×60分×60秒
＝半径5400m圏内

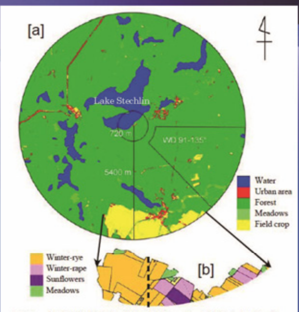


図4　観測地点から半径 720 m と 5400 m 圏内の土地利用と土地被覆

17

Tokyo University of Information Sciences

土地利用・土地被覆別の割合と特徴

表3　半径720 mと5,400 m圏内における土地利用・土地被覆別の割合と特徴

区分	森林	水域	畑	都市域	牧草地	計	主な森林の種類	反すう家畜など	年平均CH_4濃度差
720 m圏内	60.3	38.8	0.3	0.5	0.1	100	常緑針葉樹		55.9
5400m圏内									
1-45°	79.4	19.7	0.1	0.3	0.5	100	混交林		64.6
46-90°	91.4	3.9	0.7	2.4	1.6	100	混交林	人口：316[a]	64.8
91-135°	94.2	0.4	2.3	0.7	2.4	100	常緑針葉樹		80.5
136-180°	65.3	3.8	24.2	3.9	2.8	100	常緑針葉樹	羊21, 牛7, 豚2	84.4
181-225°	78.9	3.2	15.3	0.8	1.8	100	常緑針葉樹	馬75	71.8
226-270°	83.5	15.0	0.2	0.4	0.9	100	常緑針葉樹		68.1
271-315°	85.5	9.1	1.4	3.4	0.6	100	混交林		64.3
316-360°	86.0	12.0	0.1	1.4	0.5	100	混交林		65.5

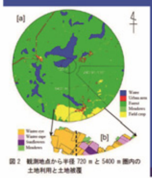
[a]はNILU(2006)を引用。森林の種類は管轄役場提供の土地利用図によるものであり、家畜の頭数は管轄役場の聞き取り調査によるものである(2010年基準)。

18

森林によるCH_4発生濃度の推定

風向91-135°より風向136-180°の年平均CH_4濃度差が高い原因として、風向91-135°の領域より割合の高い都市域や畑の影響が考えられるが、都市域において主な発生源がなかったため、畑と反すう家畜の影響が考えられる。

しかし、畑の割合が高く、畑作がライ麦である風向181-225°の年平均CH_4濃度差は畑の割合の低い風向91-135°より低い。



一方、風向136-180°における畑作はライ麦と菜の花、ひまわりであり、菜の花とひまわりの種から油を、残りの根・葉などを発酵させメタンを採取するが、該当域では油やCH_4を採取せずに収穫した種を販売している。

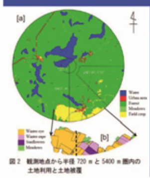
19

表4 風速0.3-1.5 m s^{-1}と風速1.6-3.3 m s^{-1}のときの風向別年平均CH_4濃度差

（単位：ppb）

$t(7)=2.90$, $p<0.05$

区分	風速0.3-1.5m s^{-1} ①	風速1.6-3.3m s^{-1} ②	差（①－②）
風向1-45°	64.6	52.0	12.6
風向46-90°	64.8	55.1	9.7
風向91-135°	80.5	71.9	8.6
風向136-180°	84.4	95.1	−10.7
風向181-225°	71.8	63.3	8.5
風向226-270°	68.1	54.3	13.8
風向271-315°	64.3	37.5	26.8
風向316-360°	65.5	47.8	17.7

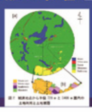


20

森林によるCH_4発生濃度の推定

CH_4発酵処理施設は風速1.6-3.3 m s^{-1}のときの風向136-180°の領域内にあり、観測地点からおよそ6,700 m離れた場所にある。CH_4発酵処理施設からのCH_4発生量は把握できなかったものの、CH_4発酵処理施設がある風速1.6-3.3 m s^{-1}のときの風向136-180°における年平均CH_4濃度差は風速0.3-1.5 m s^{-1}のときの風向136-180°における年平均CH_4濃度差より高かった（表4）。

このことから、風速0.3-1.5 m s^{-1}のときの風向136-180°におけるCH_4濃度差は風速1.6-3.3 m s^{-1}のときの風向136-180°の領域からの拡散の影響を受けたものと推測された。



21

森林によるCH_4発生濃度の推定

以上のことから、畑や反すう家畜、水域の影響がほとんどなく、主な土地被覆が常緑針葉樹である風向91-135°の年平均CH_4濃度差80.5 ppbは、主に常緑針葉樹の植生域から発生した濃度であると考えられる。

先行報告（WMO 2006）では、Neuglobsowの濃度増加の原因としてローカルソースの影響によるもの、と大まかな考察に留まっており、観測濃度が示している特徴が明らかにされていない。

本研究により、Neuglobsowにおける主なCH_4発生源は森林の植生域であり、それにCH_4発酵処理の影響を受けることでCH_4濃度が大きくなり、水域と畑の影響により小さくなることが示された。

22

温帯林の植生域におけるCH_4発生量の算出

風速0.3-1.5 m s^{-1}のときの風向91-135°の1時間平均値のCH_4濃度と気温を用い、「式（3）」より、濃度を質量に換算することで、Neuglobsowの常緑針葉樹の植生域における年平均CH_4発生量59.3 μg m^{-3}が得られた。

23

換算式（濃度:ppb→質量:μg m^{-3}）

$$Z_i = \frac{A_i \times 16.04}{22.4 \times K_i} \quad (3)$$

$$K_i = (273 + T_i) / 273$$

Z_iは質量、
A_iは1時間平均値の「観測濃度」、
16.04はCH_4の分子量、
22.4は0℃、1気圧の理想気体の*mol*体積、
K_iは気温補正係数、
T_iは1時間平均値の気温を示す。

24

Tokyo University of Information Sciences

温帯林の植生域におけるCH_4発生量の算出

FAO (2001)は、全球の森林面積を39億haとし、熱帯林47%、温帯林11%、亜熱帯林9%、北方林33%の4種類に分類している。

本研究における比較対象のKeppler *et al.* (2006)とKirschbaum *et al.* (2006)が熱帯林と温帯林、北方林に分類していたため、本研究では、温帯林(11%)と亜熱帯林(9%)を合わせ、温帯林(20%)として計算を行った。

25

Tokyo University of Information Sciences

温帯林の植生域におけるCH_4発生量の算出

また、UN-ECE/FAO(1992)によると、温帯林において針葉樹61%、広葉樹39%であることや、

Kitaoka *et al.* (2007)は、落葉広葉樹より常緑針葉樹からのCH_4の放出量がおよそ3倍以上多いと報告している。Neuglobsowの常緑針葉樹の植生域におけるCH_4発生量を「最大」として整理した。

26

Tokyo University of Information Sciences

温帯林の植生域におけるCH_4発生量の算出

表5　温帯林におけるCH_4発生量の比較

(単位：$TgCH_4\ yr^{-1}$)

区分	本研究 最大	Keppler et al. (2006) 最小/平均/最大	Kirschbaum et al. (2006) 最小/平均
北方林	--	1.1/3.0/4.2	0.6/2.8
温帯林	4.1	7.1/17.7/28.4	1.4/3.4
熱帯林	--	33.4/79.7/126.2	3.2/18.8
計		41.6/100.4/158.8	5.2/25

27

Tokyo University of Information Sciences

温帯林の植生域におけるCH_4発生量の算出

本研究で推定された温帯林の植生域における「最大」CH_4発生量の4.1 Tg CH_4 yr^{-1} (=39億ha(全球の森林面積)×20%(全球の温帯林の割合)×59.3 μg m^{-3}(1時間当たりCH_4濃度上昇量)×24時間×365日)は、Kirschbaum *et al.* (2006) に近く、Keppler *et al.* (2006)に比べ非常に低かった。

GEP Methodによる熱帯林と北方林の植生域におけるCH_4発生量はまだ確認できないものの、Kirschbaum *et al.* (2006)の推定量を支持する傾向が見られた。

28

Tokyo University of Information Sciences

推定結果の妥当性検討

まず、IPCC(2001b)は、全球におけるCH_4発生量を推定するために、1998年のCH_4濃度と年平均CH_4上昇濃度、CH_4の寿命を用い、ppb当たり2.78 Tg CH_4という換算係数を開発し、1998年の全球における年平均CH_4発生量を算出した(表6)。IPCC(2007)においても、同じ換算係数を用い、2000年から2004年までの年平均CH_4発生量を推定している。

そこで、WMO(2013b)より本研究の調査期間に当たる1998年から2007年までの10年間の年平均 CH_4上昇濃度である2.7 ppbを求め、換算係数を適用した結果、1998年から2007年までの全球における年平均 CH_4上昇量として7.5 Tg CH_4 yr^{-1}という値が得られた。

これは本研究の手法による算定結果の8.3 Tg CH_4 yr^{-1}に比べ9.6%小さい。この差を本研究で推定された温帯林の植生域におけるCH_4発生量の4.1 Tg CH_4 yr^{-1}に適用すると、3.7 Tg CH_4 yr^{-1}(=4.1 Tg CH_4 yr^{-1}×(100−9.6)%)という値が得られた。

29

Tokyo University of Information Sciences

表6　全球における年平均 CH_4発生量の算定と比較

区分	本研究	換算係数による算定	IPCC (2001b)	IPCC (2007)
期間	1998-2007	1998-2007	1998	2000-2004
年平均CH_4上昇濃度 (ppb)	2.7[a]	2.7[a]	8	0.2
手法、又は、換算係数 (Tg CH_4 ppb^{-1})	本研究	2.78	2.78	2.78
年平均CH_4発生量 (Tg CH_4 yr^{-1})	8.3	7.5	22.2	0.6
計算式	①8.3 Tg CH_4 yr^{-1}=1.86 μg m^{-3}(1時間当たりCH_4濃度上昇量)×510億ha(地球表面積)×24時間×365日 ②「式(4)」により1.86 μg m^{-3}を算出した。但し、「式(4)」のA_iは年平均CH_4上昇濃度2.7 ppbを、T_iは全球の年平均気温(1998-2007)の10.4℃[b]を適用した。	2.78 Tg CH_4 ppb^{-1}[c]×年平均CH_4上昇濃度		

[a]はWMO(2013b)を引用。[b]はGISS(2012)から算出した。[c]はIPCC(2001b)を引用。

30

推定結果の妥当性検討

次に、移流と拡散の影響を確かめた。まず、静穏時の風速0.0-0.2 m s^{-1}の年平均CH_4濃度差55.9 ppb（図1の[a]）を用いることで、移流の影響を排除した。風速0.0-0.2 m s^{-1}のときの1時間平均CH_4濃度は、主に森林により増加し、水域により希釈され、減少する（表3）。すなわち、希釈による減少は拡散によるものと考えられる。

そこで、拡散前の濃度を評価するために、風速0.0-0.2 m s^{-1}の領域内に位置するLake StechlinはCH_4吸収源である（Grossart *et al.* 2011）ことから、水域による年平均CH_4濃度差を0とし、拡散前の森林による年平均CH_4濃度差91.9 ppbを算出できた（55.9 ppb=(60.3%÷99.1%×拡散前の森林による年平均CH_4濃度差)+(38.8%÷99.1%×水域による年平均CH_4濃度差)、55.9 ppbは風速0.0-0.2 m s^{-1}における拡散後の年平均CH_4濃度差、99.1%は森林:60.3%と水域:38.8%の合計）。

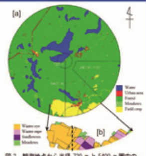


図2 観測地点から半径720 mと5400 m圏内の土地利用と土地被覆

推定結果の妥当性検討

91.9 ppbは風速0.3-1.5 m s^{-1}の風向91-135°のときの年平均CH_4濃度差80.5 ppbに比べ14.2%大きい。14.2%の差を本研究で推定された温帯林の植生域におけるCH_4発生量の4.1 Tg CH_4 yr^{-1}に適用することで、4.7 Tg CH_4 yr^{-1}(=4.1 Tg CH_4 yr^{-1}×(100＋14.2)%)という値が得られた。

なお、表3の風速0.3-1.5 m s^{-1}における8方位すべての年平均CH_4濃度差は風速0.0-0.2 m s^{-1}における年平均CH_4濃度差より高く、表4の風向136-180°における拡散のように、風速0.0-0.2 m s^{-1}のCH_4濃度は風速0.3-1.5 m s^{-1}からの拡散による影響を含んでいると考えられる。

そのため、14.2%の差幅は小さくなる可能性があり、また、4.7 Tg CH_4 yr^{-1}を温帯林の植生域におけるCH_4発生量として採用するには制約がある。

推定結果の妥当性検討

以上の結果より、本研究の推定量4.1 Tg CH_4 yr^{-1}は比較方法によって9.6%高い、又は、14.2%低かったものの、誤差の許容範囲内と考えられ、本研究のCH_4発生量推定結果は妥当であるといえよう。

⇩

森林は無罪である！
木を切り倒してはいけない！

おわりに

本研究では、ドイツのNeuglobsowのWDCGGデータを用いてGEP Methodを適用し、温帯林の植生域におけるメタン発生量を推定した。その結果、温帯林の植生域におけるCH_4発生量は4.1 Tg CH_4 yr^{-1}と見積もられた。

この値はKeppler *et al.* (2006)に比べ非常に低く、Kirschbaum *et al.* (2006)を支持するものであった。推定結果の妥当性を調べた結果、推定値はIPCCの換算係数によるものと比べ9.6%高く、大気拡散の影響評価結果と比べ14.2%低かったものの、誤差の許容範囲内であり、推定結果は妥当であると考えられた。

引用文献

Ball G. H., D. J. Hall, 1967, A clustering technique for summarizing multivariate data, *Behavioral Science*, Vol. 12, pp.153-155.
FAO, 2013, State of the world's forests 2001, In *http://www.fao.org/docrep/003/y0900e/y0900e00.htm*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, ローマ.
外務省, 2013, 基礎データ, In *http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/germany/data.html*, 外務省, 東京.
GISS, 2012, Global Land-Ocean Temperature Index in 0.01 degrees Celsius, In *http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v3/GLB.Ts.txt*, NASA Goddard Institute for Space Studies, Washington D.C..
Grossart Hans-Peter, Katharina Frindte, Claudia Dziallas, Werner Eckert, and Kam W. Tang, 2011, Microbial methane production in oxygenated water column of an oligotrophic lake, *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, Vol. 108, No. 49, pp. 19657–19661.
IPCC, 2001a, Chapter 3: The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide, In *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge University Press, New York, 190p.
IPCC, 2001b, Chapter 4: Atmospheric Chemistry and Greenhouse Gases, In *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge University Press, New York, pp.248-251.
IPCC, 2007, Chapter 7: Coupling Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry, In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Cambridge University Press, New York, pp.541-542.
石塚 成宏・高橋 正通, 2006, 森林生態系は地球温暖化を促進するか?抑制するか?：Nature誌に掲載された「植物体によるメタン発生」の追試験結果と問題点、および今後の研究課題, 森林科学, Vol. 47, pp.67-69.
JAXA, 2013, 陸域観測技術衛星「だいち」, In *http://www.jaxa.jp/pr/brochure/pdf/04/sat01.pdf*, 宇宙航空研究開発機構, 東京.
環境省, 2013, 地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく地方公共団体の事務及び事業に係る実行計画策定マニュアル及び温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン, In *http://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/jimu/data/manual.pdf*, 環境省, 東京.
観測部測候課, 1994, 気象庁による大気バックグランド汚染観測について, 測候時報, Vol. 61, No. 4, pp.145-179.
Keppler F., John T. G. Hamilton, Marc Bra, Thomas Röckmann, 2006, Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions, *Nature*, Vol. 439, pp.187-191.
Kirschbaum M.U.F., Dan Bruhn, David M. Etheridge, John R. Evans, Graham D. Farquhar, Roger M. Gifford, Keryn I. Paul, Anthony J. Winters, 2006, A comment on the quantitative significance of aerobic methane release by plants, *Functional Plant Biology*, Vol. 33, pp.521-530.

引用文献

気象庁, 2013a, IPCC第4次評価報告書第1作業部会報告書概要及びよくある質問と回答, In *http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/ipcc_ar4_wg1_es_faq_all.pdf*, 気象庁, 東京.
気象庁, 2013b, 風向風速計／簡単な動作点検方法, In *http://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/kansoku_guide/c4.html*, 気象庁, 東京.
気象庁, 2013c, [刊行物]大気・海洋環境観測報告. メタン, In *http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/cdrom/report/html/2_2.html*, 気象庁, 東京.
Kitaoka S., T. Sakata, T. Koike, H. Tobita, A. Uemura, M. Kitao, Y. Maruyama, K. Sasa, H. Utsugi, 2007, Methane Emission from Leaves of Larch, Birch and Oak Saplings Grown at Elevated CO_2 Concentration in Northern Japan -Preliminary Study-, *Journal of Agricultural Meteorology*, Vol. 63, No. 4, pp.201-206.
京都議定書, 2013, 気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書, In *http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/treaty/treaty_020413.html*, 外務省, 東京.
日本自動車工業会, 2013, 世界保有・普及率, In *http://www.jama.or.jp/world/world/world_2t1.html*, JA-MAGAZINE, In *http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/200803/03.html*, 日本自動車工業会, 東京.
NILU, 2013, DE07 Neuglobsow, In *http://www.nilu.no/projects/ccc/sitedescriptions/de/de07.html*, Norwegian Ins-titute for Air Research, Kjeller.
野尻幸宏, 2013, 閉鎖性水域からの放出量の解明に関する研究, In *https://www.env.go.jp/ earth/suishinhi/wise/j/pdf/J94B0260.pdf*, 環境省, 東京.
朴壽永・原田一平・朴鍾杰・原慶太郎・金忠實, 2012, 畑と森林の植生域におけるメタン(CH_4)発生, システム農学, Vol. 28, No. 1, pp.1-8.
UN-ECE/FAO, 1992, Part 1 Basic forest resource data, In *The forest resources of the temperate zones The UN-ECE/FAO 1990 forest resource assessment Volume 1 General forest resource information*, United Nations Publication, New York, 20p.
WDCGG, 2013, Data/Quick Plot, In *http://ds.data.jma. Go.jp/gmd/wdcgg/cgi-bin/wdcgg/catalogue.cgi*, 温室効果ガス世界資料センター, 東京.
WMO, 2006, The German Contribution to the GAW Programme: Upon the 225th Anniversary of GAW Hohenpeissenberg Observatory No.167, WMO TD No. 1336, 102 p.
WMO, 2013a, GAW Report No. 184, In *http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/TD_1473_GAW184_web.pdf*, World Meteorological Organization, Geneva.
WMO, 2013b, WMO Greenhouse Gas Bulletin: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Using Global Observations through 2007, In *ftp://ftp.wmo.int/Documents/PublicWeb/arep/gaw/ghg-bulletin-4-final-english.pdf*, World Meteorological Organization, Geneva.

Tokyo University of Information Sciences

森林によるCH_4発生濃度の推定

次に、風向91-135°と同じく森林の割合が9割を超えている風向46-90°の年平均CH_4濃度差は、風向91-135°に比べ24%低い。表3の風向別の森林の種類と年平均CH_4濃度差をみると、混交林の正確な混交比率は確認できなかったものの、常緑針葉樹の領域における年平均CH_4濃度差が混交林より高い傾向を示している。

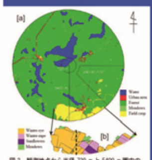


図2 観測地点から半径720 mと5400 m圏内の土地利用と土地被覆

このことから風向91-135°の年平均CH_4濃度差が風向46-90°より高い理由として、森林の種類の違いが関係していると考えられる。

37

Tokyo University of Information Sciences

半径5,400 m圏外からの移流による影響

表4をみると、風向136-180°を除いたほかの風向の差はプラスを示しており、風向別のそれぞれの差にばらつきがある。風速0.3-1.5 m s^{-1}と風速1.6-3.3 m s^{-1}のときの風向別の年平均CH_4濃度差を用いたt検定の結果、風速0.3-1.5 m s^{-1}のときの風向別年平均CH_4濃度差は風速1.6-3.3 m s^{-1}より有意に高かった（$t(7)=2.90$、$p<0.05$）。

風速1.6-3.3 m s^{-1}のときの風向136-180°に当たる領域の土地は主に畑として利用されており、CH_4発酵処理施設がある。

こうしたことから、風速0.3-1.5 m s^{-1}のときの風向136-180°を除いたほかの風向における年平均CH_4濃度差は、主にそれぞれの該当域における土地利用の影響によるものと考えられた。

なお、風速3.4-5.4 m s^{-1}と風速5.5-10.7 m s^{-1}、風速10.8-15.8 m s^{-1}のときの風向別年平均CH_4濃度差は、風速0.3-1.5 m s^{-1}のときのCH_4濃度差と比べ低かったため、移流の影響はないと考えられた。

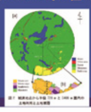
38

Tokyo University of Information Sciences

森林によるCH_4発生濃度の推定

風速0.3-1.5 m s^{-1}のときの風向91-135°と136-180°の年平均CH_4濃度差が他の風向における値より高く、風速0.3-1.5 m s^{-1}のときの風向91-135°と136-180°の水域の割合が風向181-225°を除いた他の風向における値より低い。

Neuglobsowの観測地点周辺に位置するLake Stechlinにおいて、最も高かった場所のCH_4発生濃度は1.8-2.4 nM h^{-1}であり（Grossart *et al.* 2011）、水温に依存する大気メタンの平衡溶解度が2-5 nMである（野尻2013）。このことから、年平均CH_4濃度差は水域の影響を受けて低くなる傾向が示唆された。



39

Tokyo University of Information Sciences

森林によるCH_4発生濃度の推定

風向136-180°において反すう家畜がみられるが、風向181-225°より家畜数が少ないため、家畜によるCH_4濃度増加の影響は少ないと推測される。

こうしたことから、風向136-180°の年平均CH_4濃度差が最も高い理由、CH_4発酵処理施設からの拡散の影響によるものと推測された。

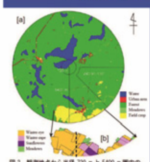


図2 観測地点から半径720 mと5400 m圏内の土地利用と土地被覆

水域の割合が少ない風向181-225°の年平均CH_4濃度差が低い理由は、ライ麦の畑によるものと推測される。

40

Tokyo University of Information Sciences

気象条件によるCH_4濃度変動

こうしたことから、NeuglobsowにおけるCH_4濃度の増加は風速0.3-1.5 m s^{-1}の風向91-135°と136-180°のときの影響が最も大きいと考えられる。

41

Tokyo University of Information Sciences

結果及び考察

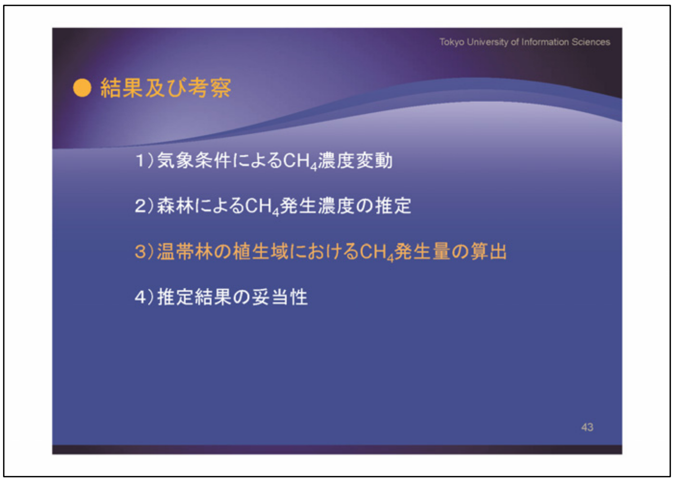
1）気象条件によるCH_4濃度変動

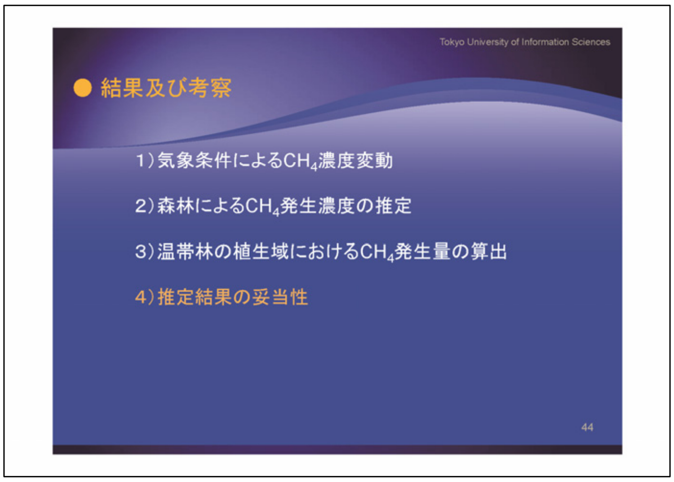
2）森林によるCH_4発生濃度の推定

3）温帯林の植生域におけるCH_4発生量の算出

4）推定結果の妥当性

42


Tokyo University of Information Sciences
結果及び考察
1）気象条件によるCH4濃度変動
2）森林によるCH4発生濃度の推定
3）温帯林の植生域におけるCH4発生量の算出
4）推定結果の妥当性
43


Tokyo University of Information Sciences
結果及び考察
1）気象条件によるCH4濃度変動
2）森林によるCH4発生濃度の推定
3）温帯林の植生域におけるCH4発生量の算出
4）推定結果の妥当性
44

マイクロ波による海氷物理量計測に関する研究

A study on microwave measurement of sea ice physical parameters

若林 裕之 , 中村 和樹 (日大)
長 康平(WNI)

CEReS環境RSシンポジウム
千葉大学　Feb.22,2013

概要

- ☑研究目的
- ☑テストサイト
- ☑グランドトゥルースデータ解析
- ☑衛星データ解析
- ☑まとめ・今後の課題

2

研究の目的

- 研究目的
  - 海氷モニタリングにおけるリモートセンシングデータの有効利用
    - 環境変動の把握
    - 氷海における航路の確保
  - SARによる海氷モニタリングの有効性評価
    - 周波数および偏波特性把握
    - 海氷物理量(氷厚・表面ラフネス)抽出の可能性評価
- 今までの経緯
  - 1993~2013までの海氷観測実験（サロマ湖及び外洋）
  - ERS-1/2,JERS-1,RADARSAT等の単偏波SARによる解析
    - 海氷の成長に伴う後方散乱特性
    - 後方散乱の入射角特性を利用した海氷物理量の抽出
  - 多偏波SAR（Pi-SAR, PALSAR)データの解析
    - 海氷物理量に感度の高いパラメータ検討
    - 薄氷域における海氷検出精度向上

3

SARによる海氷物理量計測における問題点

- 地上観測データに起因する問題
  - 海氷の後方散乱特性:誘電率とラフネスに依存
    - 誘電率: 現地での直接測定が困難 ＞氷の塩分濃度と表面温度からモデル推定
    - ラフネス: 広範囲の把握が困難＞数少ない観測点のデータ使用
  - 多様な氷厚に対するデータ取得の問題
    - テストサイト
      - サロマ湖：氷厚範囲 20cm~40cm
      - 船舶による観測：衛星同期観測やデータ解析における同定
- 問題点解決を目標にサロマ湖における観測実験を実施
  - 海氷表面誘電率の直接測定
  - 薄氷域データの取得

4

関心領域とテストサイト

オホーツク海

- オホーツク海に発生する海氷はすべてが一年氷であり比較的薄い氷が多い
- 薄氷の特性を把握するのに適したサイト

サロマ湖

- オホーツク海と2つの湖口で接続されている
- 湖水の塩分濃度は外洋の海水とほぼ同じ
- 冬期間の湖氷は20~40cmとなり安定している

5

Satellite and Ground Observations

☑**Satellite observation**

List of satellite data in 2012 observation period

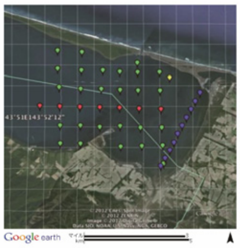
Satellite/Sensor	Acquisition date	Acquisition mode	Incidence angle (deg.)
ENVISAT/ASAR	Feb.14, Feb.22	AP-mode HH+VV	32 (Feb.14) 23 (Feb.22)
TerraSAR-X	Feb.16, Feb.23	Dual-pol.	
RADARSAT-2	Feb.18	Quad-pol.	40

☑**Ground truth experiment :2012/02/13-02/24**

6

地上データサマリ

✓東西南北にほぼ1km間隔で測定ポイント設定(44点)
✓計測項目
- 氷厚(平均:33.3cm)
- 表面粗度(平均:RMS高さ 3.3mm)
- 海氷表面塩分濃度(平均:12.4ppt)
- 積雪深(平均:9.6cm)
- 海氷表面誘電率



7

広域氷厚と塩分濃度の関係

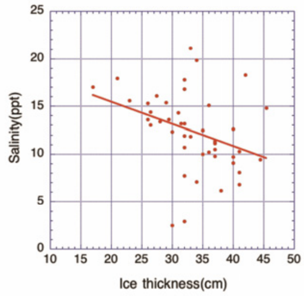
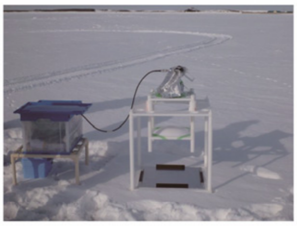


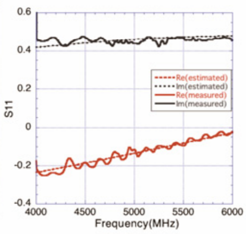
Fig.2 Relation between ice thickness and ice surface salinity

8

自由空間法による誘電率計測（S11使用）



Measuring system for ice surface dielectric constants



サンプリング地点SN6
推定値:7.21-j2.74

9

自由空間法による誘電率計測結果

Site	Ts(cm)	Ti(cm)	Si(ppt)	DC(Re) Measurement	DC(Im) Measurement	DC(Re) Model est.	DC(Im) Model est.
SN1	8	21	17.9	8.78	-0.502	4.66	-0.69
SN2	8	26	15.3	5.42	0.0	4.31	-0.55
SN3	11	38	6.2	6.00	0.0	3.51	-0.23
SN6	15	35	12.5	7.21	-2.74	4.21	-0.51
SN7	14	35	10.0	5.45	-1.94	3.93	-0.4
SN10	10	32	2.6	3.66	-0.52	3.24	-0.12

10

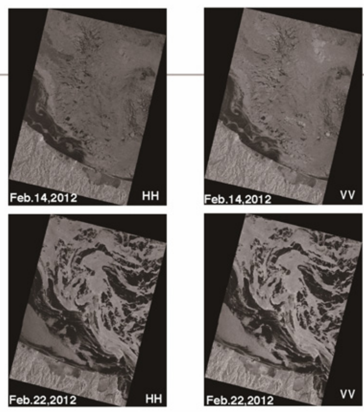
衛星データ処理

ENVISAT APS
(1)複素-振幅変換
(2)アンテナエレベーションパターン補正
(3)距離補正
(4)入射角補正
(5)後方散乱係数変換
(6)UTM座標投影
(7)サンプリングポイント抽出

RADARSAT-2
(1)複素-振幅変換
(2)入射角補正
(3)後方散乱係数変換
(4)UTM座標投影
(5)サンプリングポイント抽出

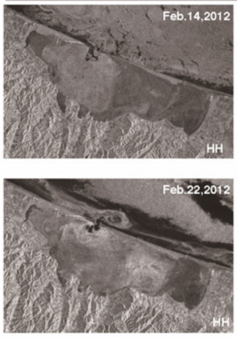
11

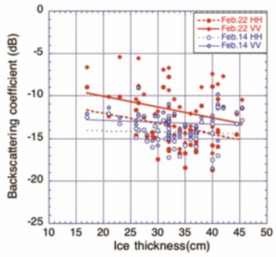
ENVISAT
ASAR



12

ENVISAT/ASAR データ解析結果

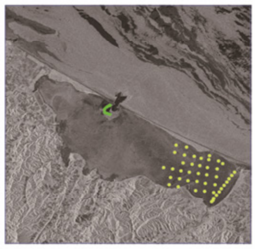




低入射角データが氷厚変化に対する後方散乱係数の感度が高い

13

RADARSAT-2 データ解析結果1

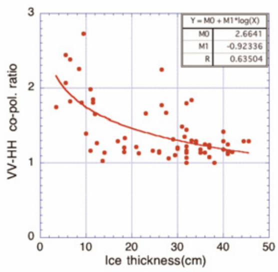


サンプリング地点(HH-pol)

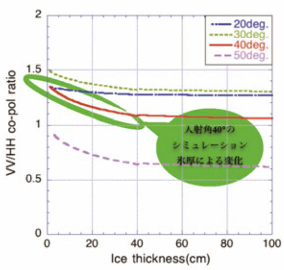
RADARSAT-2
VV/HH co-pol画像

14

RADARSAT-2 データ解析結果2



サンプリング地点における氷厚とVV/HHの関係



IEM表面散乱モデルによるVV/HHのシミュレーション
→海氷表面誘電率の計測結果をインプット要

15

まとめ

☑サロマ湖にてSARデータの海氷モニタリング有効性を評価するための同期実験を実施
- ✔ENVISAT/ASARとRADARSAT-2データと同期
- ✔海氷の後方散乱特性に関する詳細計測実施

☑誘電率計測結果
- ✔海氷表面塩分濃度との関係を確認
- ✔モデル計算による誘電率より大きい誘電率を確認

☑ENVISATおよびRADARSAT-2データ解析
- ✔ENVISATデータ:氷厚-後方散乱係数(低入射角有意性)
- ✔RADARSAT-2:VV/HH偏波比の氷厚依存性

16

今後の課題

- 誘電率計測の精度確認および精度向上
- 海氷誘電率モデルの改良
- 継続したトゥルースデータ取得および衛星データ解析
  →サロマ湖、アラスカ・バロー定着氷

謝辞

- ENVISATデータの一部は「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」にて購入.
- 「IARC-JAXA 情報システム(IJIS)及び衛星データ等を利用する北極圏研究」の助成を受けて観測実験を実施およびENVISATデータの一部購入.
- RADARSAT-2データはKIOST(Korea Institute of Ocean & Technology)の好意により提供.
- 薄氷グランドトゥルースデータは東海大学(長 研究室)の好意により提供.

17

多方向観測とマルチバンドデータを用いた植生機能タイプの分類方法の考察

○真鍋聡美、村松加奈子（奈良女子大学）、醍醐元正（同志社大学）、曽山典子（天理大学）

1.研究背景と目的

●全地球における植生の総生産量推定のためには、精度の高い植生タイプ分類データが必要である
●直下視の全地球観測データを用いた土地被覆分類では、植生の季節変化の違いを利用する場合が多い
・季節変化の似た植生同士の分類は難しい　ex. 常緑針葉樹・常緑広葉樹　落葉針葉樹・落葉広葉樹
●本研究では、直下視・前方視・後方視の3方向から観測可能なALOS/PRISMデータと多波長の観測が可能なALOS/AVNIR-2データを組み合わせることで、季節変化の似ている植生同士を判別する方法について考察する

2.使用データ

●AVNIR-2センサデータ

シーン
2007年8月20日　2010年6月11日
2010年8月18日　2010年8月29日
2011年1月10日　2011年2月13日

●PRISM3方向視データ

シーン
2006年9月8日　2007年8月20日
2010年6月11日　2010年8月12日
・PRISM3方向視データは、地形の影響を考え、フラックスサイトより土地傾斜の少ない場所を選定

●ヘリ観測データ[1][2]

・PRISM解析結果との比較に使用

表1：サンプリング場所

常緑針葉樹 アカマツ	富士吉田
常緑針葉樹 テーダマツ	アメリカ/ノースカロライナ
常緑広葉樹 マングローブ	アメリカ/フロリダ
落葉針葉樹 カラマツ	富士北麓
落葉広葉樹 カエデ	アメリカ/ウィスコンシン
落葉広葉樹 オーク	アメリカ/オハイオ
草地	釧路湿原・富士の草原・釧路の牧草地

3.解析手法

●AVNIR-2データの解析手法

・ユニバーサルパターン展開法（UPDM）[3]

350nm～2500nmの連続したスペクトルで規格化した基本パターンを用いて３つの展開係数（Cw:水、Cv:植生、Cs:土壌）に展開

$$R(i) \rightarrow CwPw(i) + CvPv(i) + CsPs(i)$$

●PRISMデータの解析手法

・PRISM3方向のそれぞれのシーンを位置合わせし、同じ領域についてサンプリングを行った
・サンプルは植生タイプごとに4サンプルずつ取り、1サンプルの大きさは20pixel × 20pixelである

4.解析結果

【植生タイプごとの展開係数の特徴】

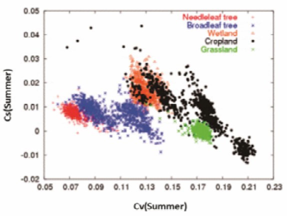


図1：AVNIR-2データの夏のCvとCsの関係

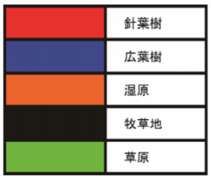


表2：図1の色分け

【PRISMセンサデータの多方向反射率の植生タイプごとの特徴】

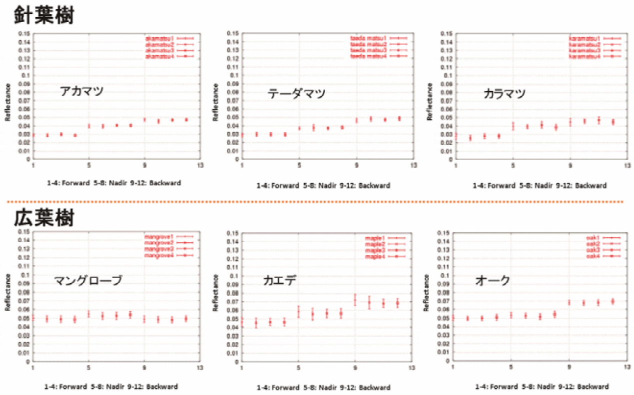


表3：各サンプルの太陽天頂角・方位角

	Sun zenith	Sun azimuth
アカマツ カラマツ	27.77	141.08
テーダマツ	31.26	146.19
マングローブ	17.09	93.79
カエデ	33.67	152.09
オーク	38.36	155.14

判定方法

①針葉樹の教師データを設定
平均m_x、標準偏差σのアカマツ1600サンプルの後方視/前方視の分布

②テーダマツ・カラマツ・カエデ・オークのそれぞれについて以下の判定を行う
$-1.96\sigma <$ 後方視/前方視 $< +1.96\sigma$　⇒　針葉樹
後方視/前方視 $< -1.96\sigma$, $+1.96\sigma <$ 後方視/前方視　⇒　広葉樹

③判定結果から、後方視/前方視の値の針葉樹と広葉樹の分類精度を検証

【前方視と後方視の反射率を用いた針葉樹と広葉樹の分類精度の検証】

図2：アカマツの後方視/前方視の分布

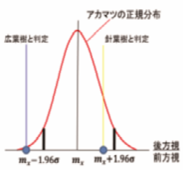


表4：分類の判定結果

		テーダマツ（針葉樹）	カラマツ（針葉樹）	カエデ（広葉樹）	オーク（広葉樹）
判定	針葉樹	100	90	85	35
	広葉樹	0	10	15	65
正答率		1	0.9	0.15	0.65

※テーダマツ・カラマツ・カエデ・オークはそれぞれ1600サンプル取ったが、PRISMは高分解能で1pixelでは林冠を捉えきれないと考えた。
そこで、4pixel × 4pixelの範囲は均質な領域とみなし、判定数は100サンプルで行った。

まとめ

●ALOS/AVNIR-2データを用いて針葉樹・広葉樹・草地の夏における展開係数の特徴を調べた
→Cvの値に関して、針葉樹＜広葉樹＜草地　の順に高い傾向
●ALOS/PRISM3方向視データを用いて各植生について前方視・直下視・後方視の反射率の特徴を調べた
→アカマツ・テーダマツ・カラマツ・カエデ・オークの後方視の反射率は前方視の反射率より高い傾向で、先行研究[1][2]も同じ傾向が見られた
●後方視を前方視で割った値を用いた針葉樹と広葉樹の分類を考え、その分類精度を検証
→針葉樹については比較的分類が行えていたが、カエデは誤分類が多かった
●カエデについては、AVNIR-2の展開係数の特徴を用いた分類を検討

謝辞

本研究で使用したALOS/AVNIR-2・PRISMセンサデータは宇宙航空研究開発機構JAXAよりご提供いただきました。また、CEReS共同利用研究の支援を受けました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

[1] L. Chen, S. Furumi, Y. Xiong, K. Muramatsu, Y. Honda, K. Kajiwara and N. Fujiwara, 'Sensitivity Analysis of Net Primary Production Estimation using a Semi-empirical BRDF Model and Reflectance Observed by RC Helicopter for Japanese Cedar Forest', Journal of the Japan Society of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 45, No.6, pp.30-35, 2006.
[2] L. Chen, 'A Study on Bi-directional Reflectance Effect on the Estimation of Global Terrestrial Net Primary Production Using Sattellite Sensor Data', Doctoral Thesis, The Division of Integrated Sciences Nara Women's University, 2007.
[3] L. F. Zhang, S. Furumi, K. Muramatsu, N. Fujiwara, M. Daigo and L. P. Zhang, 'Sensor-independent analysis method for hyper-multi-spectral data based on the pattern decomposition method', Submitted to International Journal of Remote Sensing.

SKYNET 福江島観測サイトにおけるエアロゾルと視程の関係

○北古賀 識帆・東 良美・大田 彩乃（奈良女子大学・理学部）・久慈 誠

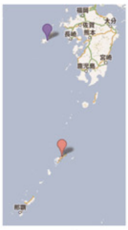
背景と目的

エアロゾルは大気中に浮遊する固体や液体の微粒子である。エアロゾル自身が引き起こす吸収や散乱による直接効果と、雲の凝結核や氷晶核となる間接効果の2つがあり、大気の放射収支を考える上で重要である。また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示したもので、降水やエアロゾルなどによって悪化する。近年、東アジア域では工場や自動車、焼畑から排出されたエアロゾルによる環境への影響が懸念されている。特に視程10km未満の視程障害の発生により、交通機関に対する混乱等、私達の日常生活に多大な影響が現れる。

そこで本研究では長崎県福江島(32.75° N, 128.7° E)、鹿児島県奄美大島(28.44° N, 129.7° E)におけるエアロゾルの特徴を明らかにすることを目的として、気象観測、ライダ、並びにスカイラジオメータ観測データの解析を行った。

観測データ

本研究では、以下のデータを使用した。解析期間は、2003～2004年で、観測地点は長崎県福江島 (32.75° N, 128.7° E)、鹿児島県奄美大島 (28.44° N, 129.7° E)である。



[Google マップ、2012]

気象観測データ　1日7回観測のうち、本研究では 9:00, 12:00, 15:00 (JST)、またエアロゾルの特徴について調べるため、天気番号が快晴の場合のみ使用した。気象庁より提供を受けた。

ライダデータ　気象データにあわせて、9:00, 12:00, 15:00 (JST)を使用した。15分間隔で高度5970mまで提供されており、高度分解能は30mである。消散係数に換算された鉛直プロファイルデータである 。国立環境研究所より提供を受けた。

スカイラジオメータデータ　気象データにあわせて、9:00、12:00、15:00 (JST)を使用した。太陽直達光と散乱光の波長別の測定から、エアロゾル量を表す光学的厚さ等を推定することが出来る。千葉大学より提供を受けた。

解析方法

視程V(km)と水平方向の大気の全消散係数σ_h(km^{-1})の間には次の関係式が成り立つ:

$$\sigma_h = \frac{a}{V} \qquad (1)$$

$$a = \ln\frac{1}{\varepsilon}$$

ここで反比例定数aとしては3.0(ε=0.05)という値が推奨されている[1]。ライダを用いた先行研究より、この反比例定数は、平常時の方が視程10km未満の場合（視程障害時）、2倍程大きいことが示唆されている[2]。

次にエアロゾルの光学的厚さτ_aは次式で表される:

$$\tau_a = \sigma_{a,v} \cdot \Delta Z \qquad (2)$$

ここで、$\sigma_{a,v}$(km^{-1})は鉛直方向のエアロゾルの消散係数である。またΔZはエアロゾルの幾何学的厚さであり、本研究では、これをエアロゾルの光学的スケールハイトHm[3]で近似した。

式(1)と(2)の両辺の比をとり、反比例定数aについて解くと次式を得る:

$$\frac{\tau_a}{a/V} \cong \frac{\sigma_{a,v} \cdot H_m}{\sigma_h}$$

$$a \cong \frac{\sigma_h}{\sigma_{a,v}} \frac{\tau_a}{(1/V) \cdot H_m} \qquad (3)$$

また先行研究[1]より、水平方向のエアロゾルの消散係数$\sigma_{a,h}$と大気の全消散係数σ_hの間には次の近似が成り立つとする:

$$\sigma_{a,h} = k \cdot \sigma_h \qquad (4)$$

ここで k は統計的におよそ 0.85 である。

式(4)を式(3)に代入すると次式を得る:

$$a \cong \frac{\sigma_{a,h}/k}{\sigma_{a,v}} \frac{\tau_a}{(1/V) \cdot H_m} \qquad (5)$$

ここで比 $\sigma_{a,h}/\sigma_{a,v}$ がおおよそ1、すなわちエアロゾルの消散係数は水平方向も鉛直方向も同程度であると仮定すると次式を得る:

$$a \cong \frac{\tau_a}{k \cdot (1/V) \cdot H_m} \qquad (6)$$

ここで本研究では光学的厚さτ_aは波長500nmのスカイラジオメータ観測値を使用した。

式(6)の分母と分子をそれぞれの観測データから評価し、散布図（視程感度ダイアグラム）を描くとその回帰直線の傾きが式(1)の反比例定数aになり、平常時と視程障害時、また大気現象毎に比較を行った。

解析結果と考察

図1に解析結果を示す。反比例定数aは平常時で1.99、視程障害時では1.36となり、視程障害時の反比例定数aは視程障害時の反比例定数aの約1.5倍となった。視程障害時は多重散乱が卓越すると考えられるが、今回の解析では一次散乱のみを考慮しているため、視程障害時と平常時で大きな差が現れたと考えられる。また視程障害時の大気現象毎の反比例定数aは煙霧が1.61、黄砂が0.688となった。これは黄砂時は黄褐色となるため、エアロゾル粒子の色も関係しているのではないかと考えられる。

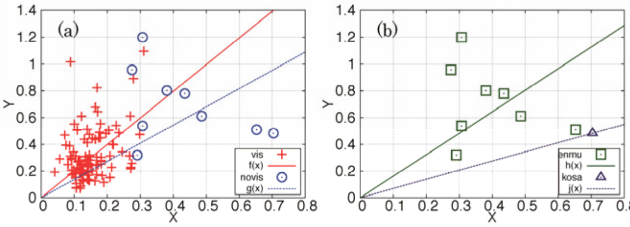


図1　視程感度ダイアグラム。
(a) X、Yはそれぞれ式(6)右辺の分母、分子である。＋は平常時、○印は視程障害時のプロットである。実線と破線はそれぞれ平常時と視程障害時における回帰直線である。
(b) (a)と同様。ただし、□は平常時、△印は視程障害時のプロットである。実線と破線はそれぞれ煙霧と黄砂における回帰直線である。

ここで反比例定数aを目標物の存在だけでなく、形状を肉眼で識別することの出来る人の眼の閾値εで比較を行う。閾値εは平常時は0.14、視程障害時は0.26となった。また大気現象毎の人の眼の閾値εは煙霧は0.20、黄砂は0.50となった。

またコントラストCは目標からの光と背景光の差を背景光で規格化したものであり、次式で表される:

$$C = C_0 \exp(-\sigma R)$$

$$C_0 = \frac{B_0 - B_h}{B_h}$$

ここでRは距離、σは大気の消散係数、B_0は物体の明るさ、B_hは背景の明るさである。

視程Vとは黒い物体に対するコントラストCの値が人間の眼の閾値εに等しい距離と定義されるので、C_0=-1、C=-εのときが、距離Vである。そこでεは次式で表される:

$$\varepsilon = \exp(-\sigma V)$$

つまりεが大きい程、コントラストも小さくなり、物体が見えにくいということになる。

視程が悪いとは目標物の形状を肉眼で識別することが出来る最大距離が小さい状態である。解析結果から、視程障害時の方が平常時よりも人の眼の閾値εが大きくなっており、物体と背景のコントラストが小さく、物体が見えにくい状態を示している。

また視程障害時の大気現象毎では、黄砂時の方が煙霧時より物体が見えにくい状態を示している。大気現象で異なる値となったのは、煙霧、黄砂の時のエアロゾル粒子の色、非球形性の影響が考えられる。

さらにプロットにばらつきがみられたのは、スカイラジオメータは太陽直達光と散乱光を測定するのに対し、視程は全方位の測定値の中で最も小さい値を採用するため、異なる方向のエアロゾルを観測している可能性も考えられる。

まとめ

SKYNET福江島観測サイトにおいて、エアロゾルと視程の関係について調べた。その結果、黄砂・もや・煙霧などの大気現象によって、エアロゾルに対する視程の感度に違いがあることがわかった。今後は準定量的な観測データを定量的に評価し、視程の長期観測データを用いて、特にエアロゾルを中心とした大気下層環境の動態把握を行う。

参考文献

[1] World Meteorological Organization, 2008: Measurement of Visibility, WMO Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, WMO-No. 8, Chapter 9, 1-15

[2] 井上陽子:視程観測データを用いた東アジア域の気候変動の研究, 2010年度修士論文.

[3] T. Hayasaka, S. Satake, A. Shimizu, N. Sugimoto, I. Matsui, K. Aoki, and Y. Muraji : Vertical distribution and Optical properties of aerosol observed over Japan during the Atmospheric Brown Cloud-East Asia Rgional Experiment 2005, JGR, VOL. 122, JD008086, 2007

謝辞

千葉大学環境リモートセンシング研究センターの高村民雄教授、Khatri Pradeep博士、気象研究所の内山明博室長に有用なコメントを頂きました。

御礼申し上げます。

航空機ライダー測量による森林バイオマス推定に樹種、地形、立木の混み合い度が与える影響

*埋金宏光、南雲未智、井上太樹、吉田俊也
北海道大学　環境科学院

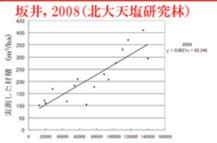
背景

- 気候変動への対応として適切な炭素マネージメントが求められている
- 様々なバイオームの中で最も炭素貯留量の多い森林において広域でのモニタリングが急務とされている
- LiDARはもっとも有効なモニタリングツールとして近年特に注目されている

問題点：推定精度には改善の余地がある

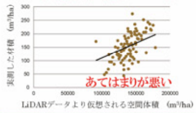
- 針葉樹林、広葉樹林など森林タイプの違いが推定精度に影響する(Lefsky et al., 2002)
- 起伏の激しい地形では推定精度が低下する (Waring *et al.*, 1995)
- 樹冠が混み合っている(LAI、立木密度が高い)森林では推定精度が低下する (Waring *et al.*, 1995; Carlson & Ripley, 1997; Turner *et al.*, 1999)

坂井, 2008(北大天塩研究林)



しかし・・・

樹種構成や地形、混み合い度が複雑な場合(本研究のサイト)



- ➢ 既存研究では多くの場合、実測値を得るサイトが比較的小面積で、地形や樹種構成、立木の混み合い度が一様であった
- ➢ それらの要因を評価した研究はない
- ➢ これらの影響を小さくするためには個体ごとの樹冠を抽出する方法が有効と考えられる

調査地

北海道北部に位置する
中川研究林
照査法試験地

天然生林針広混交林57ha

約2万本全立木の樹種、DBH、位置データ

2004年　全域をLiDAR計測

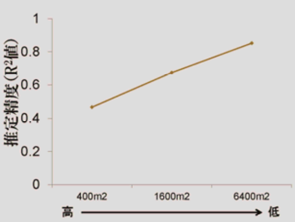
目的　より広域に適応可能な蓄積推定を実施するために、方法の改善をはかる

1. 大面積の調査地（複雑な地形、樹種構成、混み合い度）を対象に、航空機LiDAR測量を用いた広域（数10haのスケール）での蓄積推定を樹冠を抽出する方法で行い、地上での実測値と比較する

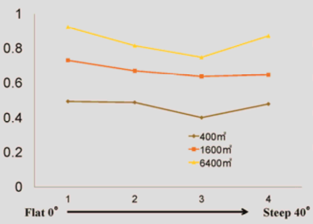
2. 誤差の主要な要因と考えられる以下の3つに着目
地形　構成樹種(針葉樹・広葉樹)　立木混み合い度
これらが蓄積推定精度に与える影響を、空間解像度を考慮しながら検証する

結果：　方法2　樹冠体積法を用いた場合

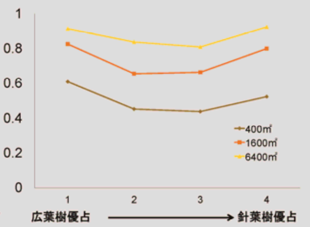
空間解像度の影響



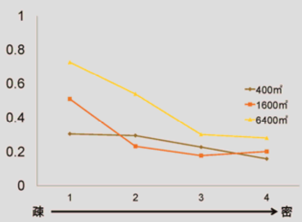
地形の影響



森林タイプの影響



立木の混み合い度の影響



樹冠を抽出する方法と比較的粗い解像度を用いることで高い精度で蓄積を評価することに成功した

➢ 地形と森林タイプの影響を少なくできたことが改善のポイントになったと考えられる

今後の課題

混み合い度の影響が大きく改善されなかった

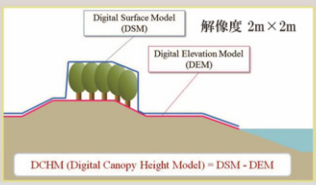
1. より詳細な解像度、点密度のデータを用いる
2. 他の樹冠抽出の手法を検討する（例：Local Maximum Filtering法）
3. 樹高−樹冠面積の関係から誤抽出を補正する
4. 樹冠抽出自体の精度検証が必要

方法

Step.1　実測値と推定値を準備

実測値
・毎木調査：胸高直径(DBH) ≧ 12.5cm の全立木を対象に樹種、樹木位置、DBHを計測
・既存のアロメトリー式(中島式材積式)を用いて材積を算出

推定値
2m間隔で観測された地上高(DEM)と林冠表面高(DSM)から、その差分として樹高に相当する値(DCHM)を求め、Step.2の材積推定に用いた



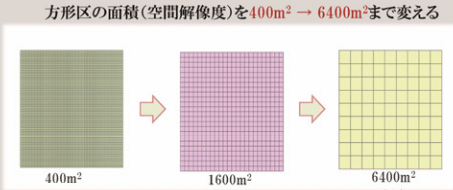
Step.2　DCHMより材積を算出

DCHMマップの作成
↓
GIS上でWatershed法による樹冠抽出 (米, 2008)

↓
各樹冠内のDCHM(max)を抽出
↓
樹冠面積×DCHM(max) = 体積に換算
↓
実測の蓄積データと比較して精度を検証

Step.3　推定値の評価　−　実測値との比較

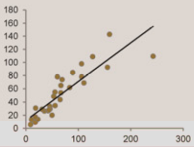
方形区の面積(空間解像度)を400m² → 6400m²まで変える



方形区数（1834）　（520）　（93）

方形区をカテゴリー分類し、地形、森林タイプ、混み合い度の影響を見る

- 地形：　方形区ごとの平均傾斜
- 森林タイプ：　方形区ごとの胸高断面積合計に占める針葉樹の比率
- 混み合い度：　方形区ごとの立木の胸高断面積合計



実測値と推定値の相関(決定係数)で評価

e-mail: humegane@fsc.hokudai.ac.jp

雲レーダFALCON-Iによって観測された雲頂・雲底高度の特徴

○井上梓、久慈誠（奈良女子大学理学部）、鷹野敏明（千葉大学）

背景と目的

雲は気候形成のメカニズムをコントロールする要因の一つとして重要な役割を果たしている。具体的には、赤外放射を吸収することによる温室効果と、太陽放射を反射することによる冷却効果の相反する性質を持つ。

また、地表面における地球放射は雲底高度に強く依存している[1] 。しかし、雲は時空間変動が大きく、形状や分布も多種多様であるため、詳細な観測は容易ではない。そのため、雲の動態を把握することは、地表面における放射収支推定の改善に役立つと期待される。そこで本研究では、リモートセンシングデータから得られた雲底・雲頂といった雲層高度の解析を行い、その変動を調べることを目的とする。

観測データ

本研究では、雲レーダ観測データの解析を行う。データは千葉大学より提供を受けた。観測地点は鹿児島県奄美大島(28.44° N, 129.70° E；図1)であり、解析期間は2003年3月15日から4月13日である。この期間は、Asian Atmospheric Particle Environmental Change Studies（APEX）における春期集中観測期間であった。

<雲粒子観測用レーダFALCON-Ｉ>

FM-CW **RA**dar for **CL**oud **O**bservatio**N**s（FALCON-Ｉ）は、信号を発射し雲などの目標物で散乱されて戻って来た電波を受け取り、対象の密度や粒径についての情報を得る。尚、空間分解能は9.1m×0.2°、時間分解能は1msecである[2]。

尚、提供していただいた観測データは観測結果の画像データのみのため、本研究ではこの画像から雲の検出を行う。観測データ画像から、レーダ反射因子の値で閾値を設定し、雲頂・雲底高度を数値データとして取り出した。

図1: 観測地点[Google Map]

解析方法

観測データ画像において、画像中のカラーバーのRGB値と、レーダ反射因子の値の対応をとり解析を行う。まず、PDF形式の元画像から、処理の行いやすいppm形式の画像に変換する。ppm形式の画像において、カラーの状態からグレースケールに変換し、グレースケールの値とレーダ反射因子との対応をとる。

雲の検出条件

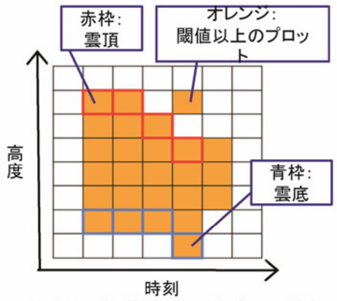


図2: 観測画像の模式図。1マスが1ピクセルを表す。

図2は観測画像の模式図を表している。

高度8km未満のデータに対して、閾値以上のもの、かつ高度方向に5ピクセル以上の固まりで存在している場合に雲として検出する。今回の解析では、[P. Kollias et al., 2007] を参考に、閾値を−60 [dBZ] に設定した。

同一時刻に観測されたものについて、鉛直方向で上空から1ピクセルずつ読み取り、初めに検出したものを雲頂、鉛直方向に下（地表）から処理し初めに検出したものを雲底とし、その時間における雲頂・雲底高度を決定する。

図2のように雲頂・雲底高度が検出され、検出したピクセルを高度（km）に変換し、数値データとして取り出す。

解析結果と考察

2003年3月19日19時〜20日18時（JST）の検出結果を時系列でプロットしたものを図3に示す。図3より、おおよその雲の形を検出できていることが分かった。

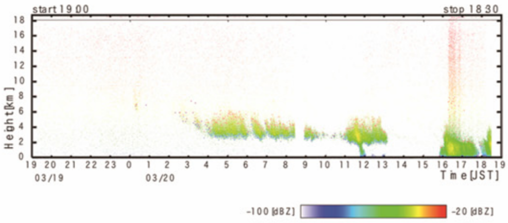


図3: 2003年3月19日19時〜20日18時の、−60[dBZ] の閾値での検出結果。元画像データに検出結果のプロットを重ねて表示。縦軸は高度（km）、横軸は時刻、赤のプロットが雲頂高度、青のプロットが雲底高度を表す。

検出した雲頂高度と雲底高度の1時間毎の平均を図4に示す。また、日平均値を表1に示す。

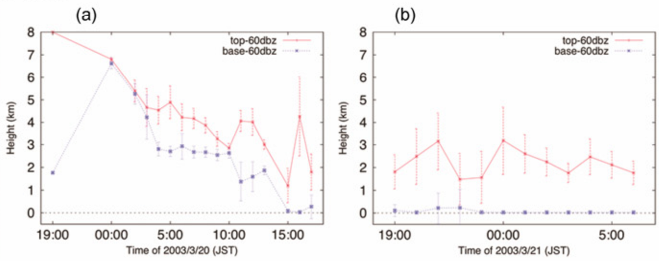


図4: 検出した雲頂高度と雲底高度の1時間平均値の変動。(a)2003年3月20日、(b)2003年3月21日。縦軸は高度（km）、横軸は時刻、赤が雲頂高度、青が雲底高度、エラーバーは標準偏差、破線は高度0kmを示す。

表1: 検出した雲頂・雲底高度の日平均値と標準偏差

	雲頂 ± 標準偏差（km）	雲底 ± 標準偏差（km）
03/20	3.92 ± 1.23	2.06 ± 1.35
03/21	2.23 ± 1.1	0.06 ± 0.32

図4(a)より、3月20日の検出結果では、雲頂・雲底高度と雲の厚さが、一日の中で大きく変動していることが分かった。また、(b)より、3月21日では、雲頂高度と雲の厚さが一日の中で大きく変動していた。これらのことから、雲の時空間変動が大きかったことが考えられる。また(a)より、19日の19時については、実際にこの時間帯に雲頂・雲底高度として検出されたプロットは1つのみだったため、ノイズが雲として検出されたと考えられる。さらに、(b)において、1日中ほぼ地表面付近の高度を雲底高度として検出している理由として、雲ではなく雨もしくは霧を捉えている可能性が考えられる。

期間全体について検出した場合の、雲頂・雲底高度の日平均値を図5に示す。

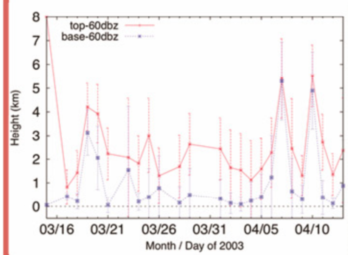


図5: 期間全体における、雲頂高度と雲底高度（日平均値）の変動。赤が雲頂高度、青が雲底高度、エラーバーは標準偏差、破線は高度0kmを表す。

図5より、期間全体で見ると、雲頂高度・雲底高度は日によって変動が大きいことが分かる。また、雲の厚さについても、日ごとに大きく異なっていることが分かる。また、雲底高度に着目すると、検出高度が1km未満である日が、解析した25日間のうち19日と多いことが分かった。このように低い雲底高度を検出している日のうち、特に0km付近の高度を検出している日については、雨もしくは霧を検出しているのではないかと考えられる。また、4月7日においては検出した雲頂高度と雲底高度がほぼ同じ値を示している。これは、1日の中で雲頂・雲底として検出されたデータ数がとても少ないことから、画像中に疎らに存在していたノイズが雲として検出されている可能性も考えられる。

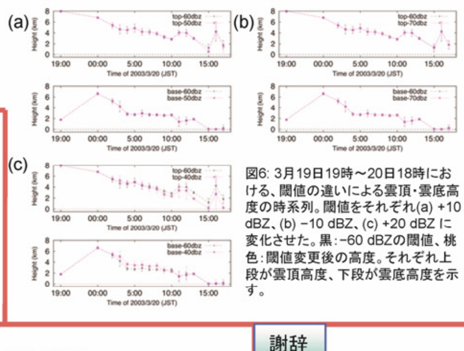


図6: 3月19日19時〜20日18時における、閾値の違いによる雲頂・雲底高度の時系列。閾値をそれぞれ(a) +10 dBZ、(b) −10 dBZ、(c) +20 dBZ に変化させた。黒：−60 dBZの閾値、桃色：閾値変更後の高度。それぞれ上段が雲頂高度、下段が雲底高度を示す。

閾値の設定によって検出する雲頂・雲底高度がどの程度変化するのかについて調べた。

図6の(a)、(b)より、−60 dBZ を基準とし、±10 dBZ 変化させた際には、検出結果に大きな変化は見られなかった。しかし、(c)より、閾値を20 dBZ大きくした場合では、検出高度に有意な差が生じている。

まとめと今後の展望

奄美大島における雲レーダの観測データについて解析を行い、2003年3月15日から2003年4月13日の雲頂高度と雲底高度について調べた。−60 dBZの閾値で、画像からおおよその雲の形を検出できていることが分かった。また、雲頂・雲底高度の日内変動、日変動が大きいことが分かった。地表面付近の高度を検出している雲底高度については、雨・霧の影響を受けていると考えられる。また、雲の検出の際、ノイズが雲として検出されている可能性があることが分かった。さらに、閾値の設定や、何ピクセル以上の固まりを雲層と判断するかによっても検出結果は大きく変化すると考えられ、画像からの検出方法については改善の余地があると言える。今後は、雲のみを解析するために雨と考えられる時間帯は除外する方法や、氷雲と水雲の条件を仮定し区別を行う方法を用い、更に詳しく解析を行う予定である。

参考文献

[1] 高村民雄, 岡田格, 雲・放射収支とCERES, 日本リモートセンシング学会誌, 1998.
[2] 鷹野敏明, 高感度95 GHz ミリ波雲レーダの開発とその性能 −感度と空間分解能−, 電気学会論文誌A, 2008.
[3] P. Kollias et al., Millimeter-Wavelength Radars – New Frontier in Atmospheric Cloud and Precipitation Research, Bulletin of the American Meteorological Society, 2007.

謝辞

千葉大学環境リモートセンシング研究センターの高村民雄教授に有用なコメントを頂きました。御礼申し上げます。

プロジェクト－２

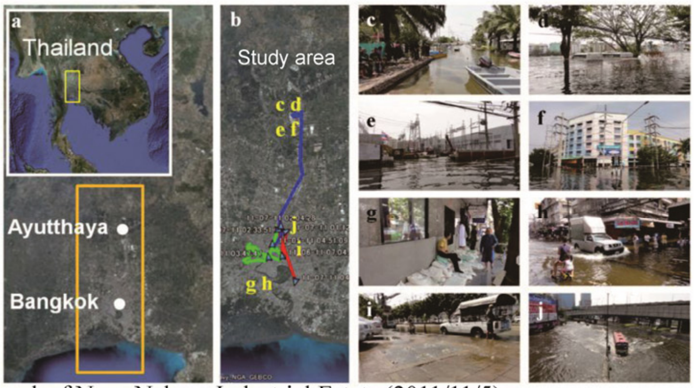
EXTRACTION OF FLOODED AREAS DUE TO THE 2011 CENTRAL THAILAND FLOOD USING ASTER AND TERRASAR-X DATA

Fumio Yamazaki and Jun Shimakage Graduate School of Engineering, Chiba University, Japan

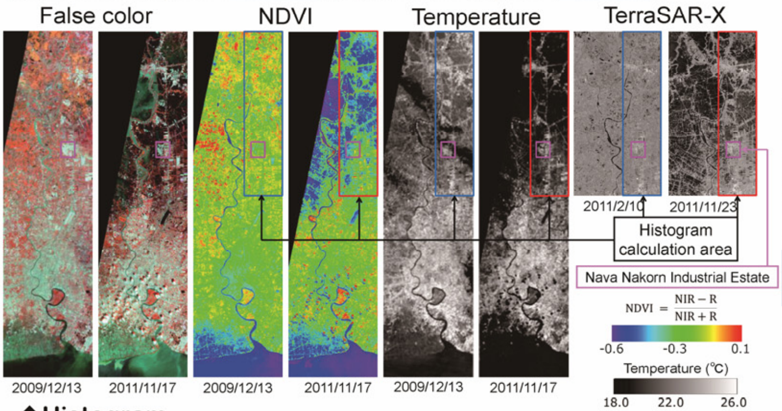
Background and Objectives

The 2011 Thailand Floods occurred in wide areas of Thailand and brought serious damages for a long period. In order to grasp large-scale disasters at an early stage, the use of satellite remote sensing is effective.

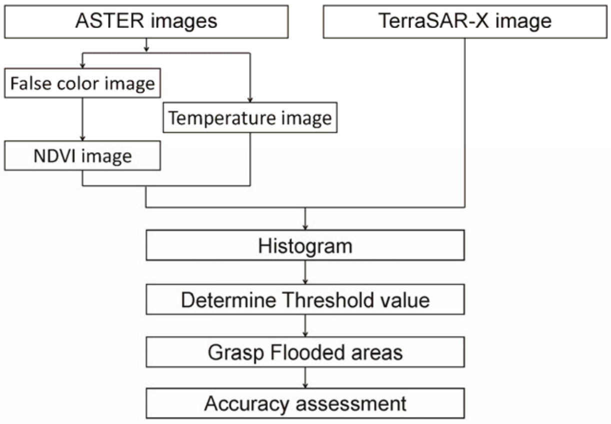
⇒ The flooded areas are extracted using ASTER and TerraSAR-X data.



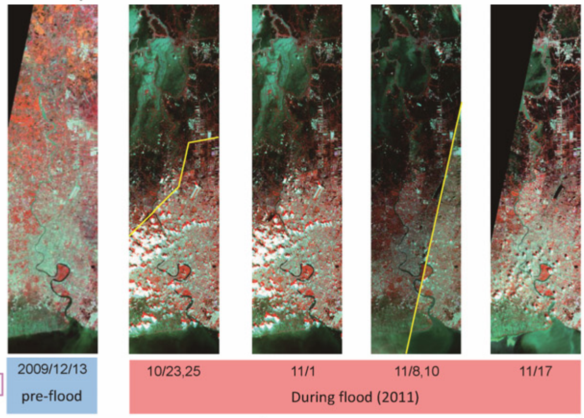
c,d,e,f:Nava Nakorn Industrial Estate (2011/11/5)
g,h:Central Bangkok (2011/11/6), i,j:Central Bangkok (2011/11/7)



◆Flow of Analysis

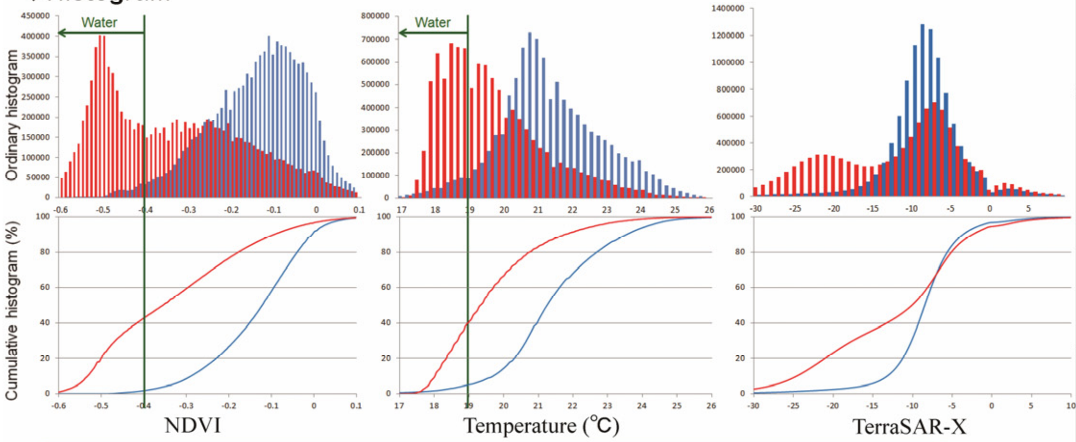


◆Multi-temporal comparison of false color composites from ASTER's VNIR bands

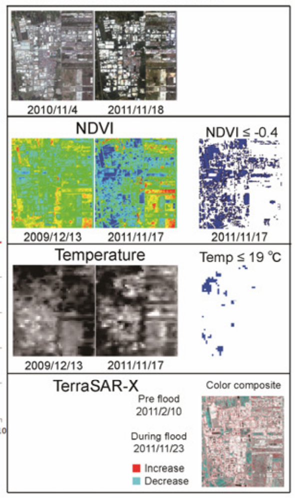


False color : (R,G,B) = (NIR,R,G) ■:Vegetation ■: Urban region ■:Flooded

◆Histogram



◆Nava Nakorn Industrial Estate



Conclusions

The flooded areas following the 2011 central Thailand floods were extracted using ASTER's VNIR and TIR images and TerraSAR-X ScanSAR images. The existence of water body was easily recognized for open spaces without trees and buildings from the NDVI value. The surface temperature was also found to be effective in detecting floods in a wide open space although it is limited by its coarse spatial resolution. The SAR intensity images were the most effective because the water surface could be easily detected due to its weak backscatter and they can be acquired at nighttime and under a cloud-cover condition.

Acknowledgement

ASTER images used in this study were provided by Global Earth Observation Grid (Geo Grid), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba, Japan. TerraSAR-X images were provided from joint research with PASCO Co., Tokyo, Japan.

Extraction of Soil Liquefaction Areas around Tokyo Bay by Multi-temporal InSAR Coherence

Weiping Li, Masayuki Tamura

Graduate School of Engineering
Kyoto University

February 22, 2013

Outlines

- Background
  - Soil Liquefaction
  - Objectives
- Extraction of Liquefaction Areas
  - Methodology and Process
  - Results
- Field Survey in Chiba
- Conclusion and Discussions
- Appendix

Background

- Soil Liquefaction
  - Soil liquefaction causes subsidence and tilt on the ground and changes the condition of the ground surface.
  - It is usually caused by earthquake shaking, which results in a reduction in the strength and stiffness of soil.

(Refer to Appendix 1 for more information)

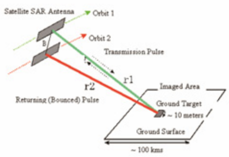
- Soil Liquefaction around Tokyo Bay
  - Soil Liquefaction occurred around Tokyo Bay after the 2011 earthquake off the Pacific coast of Tohoku(March 11).

Soil Liquefaction at Urayasu

Background

- Research Objectives
  - To extract the liquefaction areas by using the coherence of repeat-pass interferometric PALSAR data.
- Data Source
  - PALSAR(Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) is the L-band microwave sensor on board ALOS(Advanced Land Observing Satellite).
- SAR(Synthetic Aperture Radar) Interferometry
  - The method uses two or more SAR images to generate maps of surface deformation or topography, using differences in the phase of the waves returning to the satellite.

(Refer to Appendix 2 for more information)



Extraction of Liquefaction Areas
----Methodology and Process

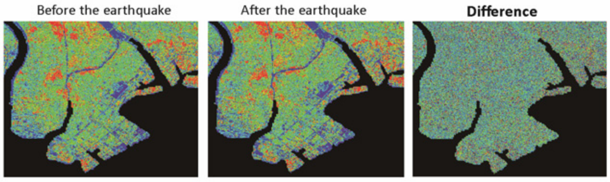
- Data Type
  - Intensity of Reflection

Difficult to extract the liquefaction areas from intensity data.

  - Coherence → ***Extraction of liquefaction areas***

Soil liquefaction caused a change in temporal component.

Before the earthquake | After the earthquake | **Difference**



(a) 19 Feb 2011 | (b) 6 Apr 2011 | Difference between (a) and (b)

Intensity in dB

Methodology and Process ——*Coherence*

- Given two co-registered complex SAR images(S1 and S2), the interferometric coherence(γ) is calculated as a ratio between coherent and incoherent summations as below:

$$\gamma = \frac{\left|\sum s_1(x) \cdot s_2(x)^*\right|}{\sqrt{\sum |s_1(x)|^2 \cdot \sum |s_2(x)|^2}}$$

- **Coherence is composed of spatial, temporal and thermal components.**

$$\gamma = \gamma_{spatial}\gamma_{temporal}\gamma_{thermal}$$

- $\gamma_{spatial}$: Spatial component. A function of the perpendicular baseline. ⇒ Spectral Shift Filtering (Appendix 3)
- $\gamma_{temporal}$: Temporal component. Depends on changes in the surface scattering properties.
- $\gamma_{thermal}$: Thermal component.

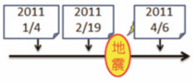
Soil Liquefaction ⇒ Extract from multi-temporal InSAR data.

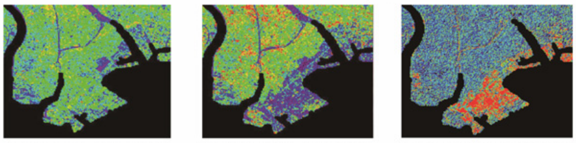
Methodology and Process ——*Coherence*

– **Coherence can be used to detect changes in ground surface conditions.**

Multi-temporal data

Pair	Date(Master)	Date(Slave)
1	20110104	20110219
2	20110219	20110406



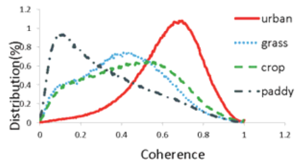


(1) 4 Jan 2011 _ 19 Feb 2011 (2) 19 Feb 2011 _ 6 Apr 2011 Difference between (1) and (2)

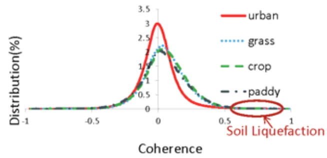
Coherence

Methodology and Process
——*Extraction of Liquefaction Areas*

- Coherence varies according to land cover classes.
  ① Different ground surface classes have different ranges of coherence.
  ② The change of coherence between Pair1 and Pair2 for each kind of ground surface class differs from each other.



①Ranges of coherence for five land cover classes (Pair 1).

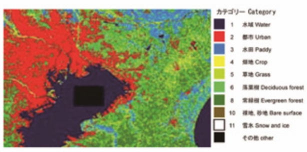


②Coherence difference between interferometric pairs 1 and 2.

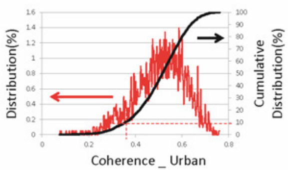
Methodology and Process
——*Extraction of Liquefaction Areas*

- In the situation of Tokyo Bay, the urban areas suffered most from the soil liquefaction. ⇨ **Mainly considered urban class.**

Training Areas	Took the training areas manually where soil liquefaction occurred according to the reference data from MLIT.
Thresholding	Choose a threshold value 0.36 for coherence difference between pairs 1 and 2, which is at the 10% point of the cumulative distribution.



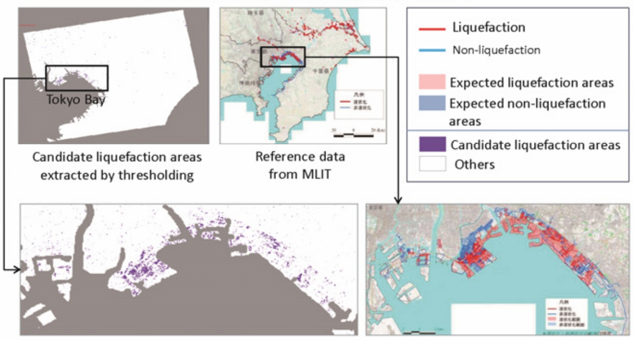
Classification data according to AVNIR-2
Provided by JAXA EORC



Coherence difference in training areas between pairs 1 and 2.

Results ——*Around Tokyo Bay Area*

▶ Comparison between the result and reference data from MLIT.



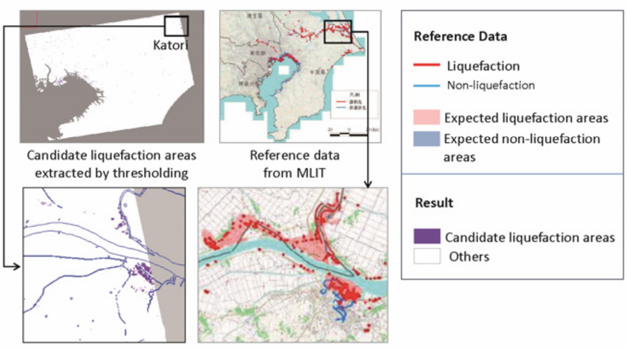
Candidate liquefaction areas extracted by thresholding

Reference data from MLIT

**MLIT: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan*

Results ——*Around Katori Area*

▶ Comparison between the result and reference data from MLIT.



Candidate liquefaction areas extracted by thresholding

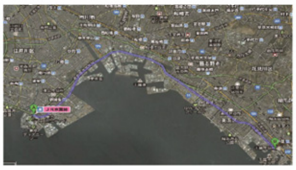
Reference data from MLIT

Field Survey in Chiba

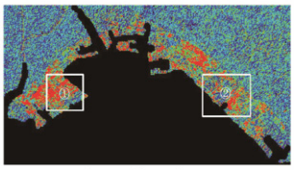
- Date: May 24, 2012
- Purpose:
  – To confirm the damage situation caused by soil liquefaction around Tokyo Bay 1 year after the earthquake.
  – To confirm the building distribution along the avenue.
- Member:
  – Prof. Tamura, Ishitsuka, Hashizume, Li.

Field Survey in Chiba

- Sites (Along JR-Keiyo-Line)
  - ① Shin-Urayasu Station(新浦安駅) — Along Yanagi Avenue(やなぎ通り)
  - ② Kemigawahama Station(検見川浜駅)→Kaihinmakuhari Station(海浜幕張駅)



JR-Keiyo-Line(京葉線)

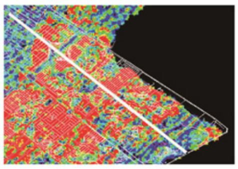


coherence difference between (20110104-20110219) and (20110219-20110406)

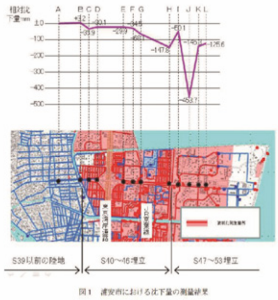
13

Field Survey in Chiba—Site 1

- ①Shin-Urayasu Station(新浦安駅) — Along Yanagi Avenue(やなぎ通り)



coherence difference between (20110104-20110219) and (20110219-20110406)



reference data from MLIT

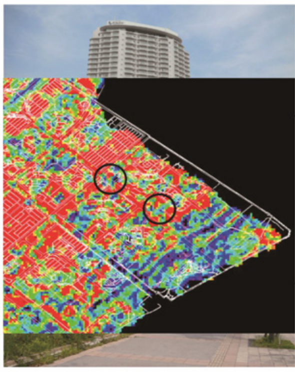
14

Field Survey in Chiba—Site 1

Situation: Though restoration has been done, the damage caused by liquefaction can be still found along the Yanagi Avenue.

15

Field Survey in Chiba—Site 1



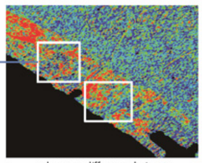
Situation: High buildings were constructed along the road, which would give an effect on the SAR images.

16

Field Survey in Chiba—Site 2

- ②Kemigawahama Station(検見川浜駅)→Kaihinmakuhari Station(海浜幕張駅)

The coherence difference image shows difference with the reference data.



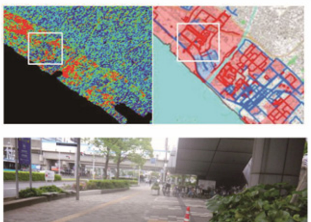
coherence difference between (20110104-20110219) and (20110219-20110406)

reference data from MLIT

17

Field Survey in Chiba—Site 2

Situation:
—High buildings were constructed along the road.
—The pulse from sensor might be reflected from both the buildings and ground, which affected the result of liquefaction extraction.



18

Field Survey in Chiba

- What we found by field survey:
  - Though restoration has been done, the damage caused by liquefaction can be still found. And restoration is still being done in some areas.
  - High buildings will give an effect on SAR images. The pulse from sensor might be reflected from both the buildings and ground. That's why we can't extract some liquefaction areas around high buildings and constructions.
  - The reference data only showed if the roads suffered from liquefaction or not by red and blue lines. Yet as we found by the field survey, the places suffered from different degrees of liquefaction.

  → By using the multi-temporal coherence data, we might be able to not only extract the liquefaction areas, but also assess the degrees of the liquefaction.

19

Conclusion and Discussions

Conclusion

- The thresholding method well extract the liquefaction areas in urban areas.

Discussions

- Noises left around the image, especially along rivers.
  ⇨ Spatial resolution of the image.

- Other ground surface classes.
  ⇨ Consider to choose threshold separately.
  But the situation for vegetation areas is more complicated.

20

Thank you for your attention!

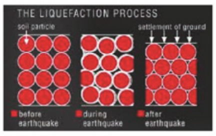
Appendix 1

- Liquefaction

Liquefaction is a phenomenon in which the strength and stiffness of a soil is reduced by earthquake shaking or other rapid loading. Liquefaction and related phenomena have been responsible for tremendous amounts of damage in earthquakes around the world.

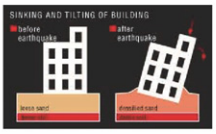
How does Liquefaction happen?

When the ground shakes during an earthquake, the soil particles are rearranged and the soil mass compacts and decreases in volume. This decrease in volume causes water to be ejected to the ground surface.
Sand volcanoes or sand boils, water fountains and associated ground surface cracking are evidence that liquefaction has occurred.



What are the effects of liquefaction?

Liquefaction causes damage to the ground. Because the soil mass decreases in volume as a result of liquefaction, the ground surface may subside. Uniform subsidence over large areas may go unnoticed. Differential subsidence, particularly where there are buildings and other infrastructures, can be very obvious because of the variation in damage to those structures.



22

Appendix 2

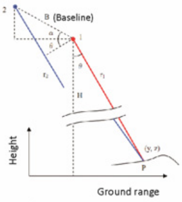
- SAR Interferometry

By multiplying one image by (the complex conjugate of) the other one
The difference of r1 and r2(r2-r1) can be measured by the phase difference(Ø) between two complex SAR images, and the height can be calculated as below

SLC 2011/02/19

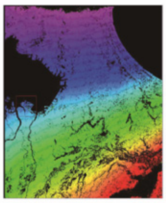
SLC 2011/04/06

$$\begin{cases} p_1 = a_1 \exp(i\phi_1)\exp(i\frac{4\pi}{\lambda}r_1) \\ p_2 = a_2 \exp(i\phi_2)\exp(i\frac{4\pi}{\lambda}r_2) \end{cases} \quad \text{when} \quad \begin{cases} a_1 = a_2 \\ \phi_1 = \phi_2 \end{cases}$$



$$\Rightarrow \begin{array}{l} I = p_1^* p_2 = a_1^2 \exp[i\frac{4\pi}{\lambda}(r_2 - r_1)] \\ \phi = \frac{\lambda}{4\pi}(r_2 - r_1) \end{array}$$

$$\Rightarrow \begin{array}{l} r_2 - r_1 = B\sin(\theta + \alpha) \\ \theta = -\alpha + \arcsin(\frac{r_2 - r_1}{B}) \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l} y = r_1 \sin\theta \\ z = H - r_1 \cos\theta \end{array}$$



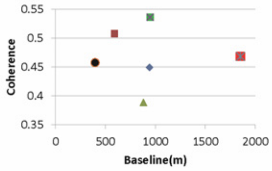
0219_0406_upha(Ø)

23

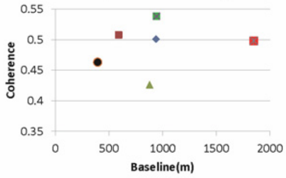
Appendix 3

- Spectral Shift Filtering
  - Spectral shift is needed due to the range spectra shift caused by the variable SAR local incident angle on distributed targets.
  - By spectral shift filtering, the component of spatial baseline decorrelation can be mitigated from the coherence.

Without Spectral Shift Filtering



With Spectral Shift Filtering



■ 20110104_20110219 ● 20110219_20110406

24

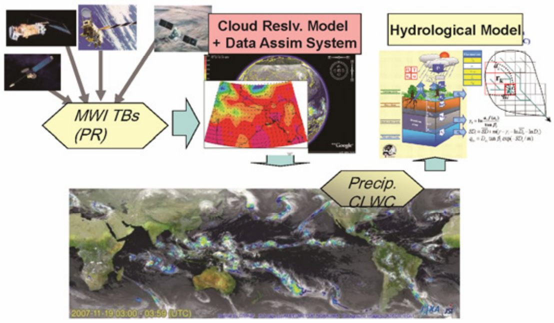
2013/2/22 2012年度CEReS 共同利用研究会

多波長マイクロ波放射計データを用いた水物質リトリーバルの研究：

高周波TBの前方計算バイアスの補正

青梨和正（気象研）
担当教官　高村民雄

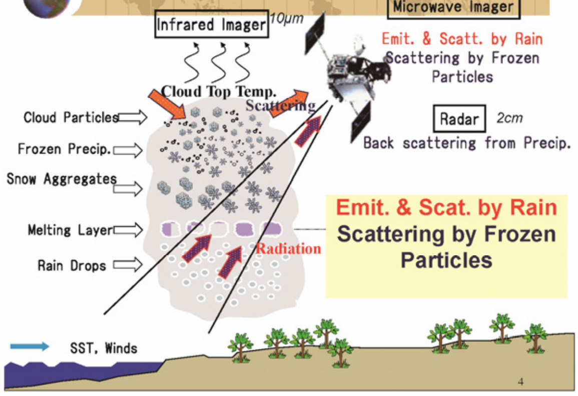
多波長マイクロ波放射計データを用いた水物質リトリーバル



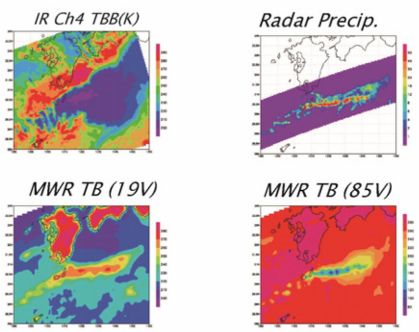
OUTLINE

- はじめに
  - 今までの研究：EnVAを用いた低周波TB同化法
  - 目標：高周波のTBの同化
- 高周波TBのバイアスのチェック法
  - GSMaPアルゴリズムの利用
  - TMI と　PRの比較
- バイアスの補正法
  - MWI指標
  - バイアスのMWI指標への依存性
  - バイアス補正法と適用例
- まとめ

Satellite Observation (TRMM)

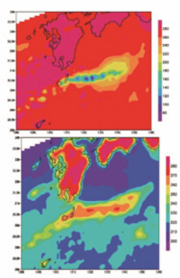


Heavy Precipitation observed with TRMM sensors (MCS near Southern Kyushu, Jun. 13, 1998)

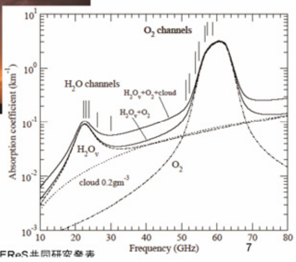


Physical Basis of Microwave Precip. Retrival

- Over Land:
  Scattering by frozen particles (Higher Freq.)
- Over Ocean:
  Scattering (Higher Freq.) + Emission from Rain (Lower Freq.)



地上型MWR



観測周波数（GHz）
22.235, 230.35, 23.835,
26.235, 30.0,

51.250, 52.280, 53.850,
54.940, 56.660, 57.290,
58.800

EnVA: min. cost function in the Ensemble forecast error subspace

- Minimize the cost function with non-linear Obs. term.

$$J_x = 1/2(\vec{X}-\vec{X}_f)P_f^{-1}(\vec{X}-\vec{X}_f)+1/2(Y-H(\vec{X}))R^{-1}(Y-H(\vec{X}))$$

- Assume the analysis error belongs to the Ensemble forecast error subspace （Lorenc, 2003):

$$\vec{X}-\vec{X}^f = P_e^{f/2}\circ\Omega \qquad \Omega=[\vec{w}_1,\vec{w}_2,,,,,\vec{w}_N]$$

$$P_e^{f/2}=[\vec{X}_1^f-\vec{X}^f,\vec{X}_2^f-\vec{X}^f,,,,\vec{X}_N^f-\vec{X}^f]$$

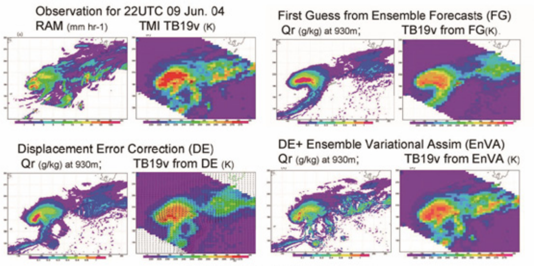
- Forecast error covariance is determined by localizatior

$$P^f = P_e^f\circ S$$

- Cost function in the Ensemble forecast error subspace:

$$J(\Omega)=1/2\,trace\{\Omega^t S^{-1}\Omega\}+1/2\{H(\vec{X}(\Omega))-Y\}^t R^{-1}\{H(\vec{X}(\Omega))-Y\}$$

これまでの研究：
EnVAを用いた低周波TBの変分法的同化法：台風200404への適用結果

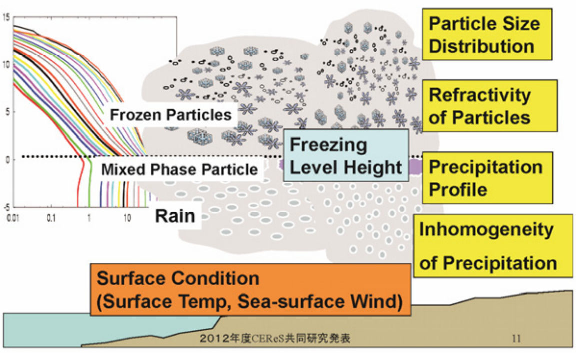


MWI TBの前方計算

- マイクロ波放射伝達モデルでMWIの観測に相当するTBを計算する
  - 本研究では、Liu (1998)を使用している
- 水物質を含む大気のモデルを使う
  - 降水物理量の特性（固体降水）についての情報が不足
  - ＞ 固体降水の効果が大きくなる高周波TBの前方計算にバイアスが見られる

Parameters for RTM calculation

Fig.1



Fast Radiative Transfer Code (Liu,1998)

$$\mu\frac{dTB(\tau,\mu,\varphi)}{d\tau}=TB-(1-\omega_0)T(\tau)-\frac{\omega_0}{4\pi}\iint P(\tau,\mu,\varphi,\mu',\varphi')TB(\tau,\mu',\varphi')d\mu'd\varphi'$$

where $\mu=\cos\theta, \tau=\int K_{ab}+K_{sc}dz, \omega_0=K_{sc}/(K_{ab}+K_{sc})$,

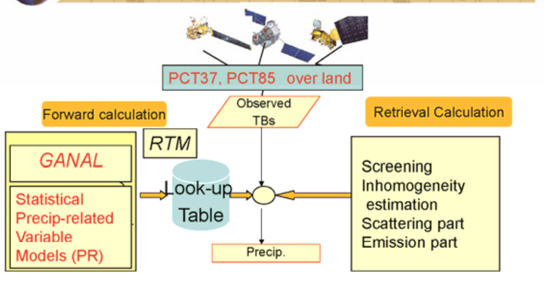
P is phase function

- One-dimensional model (Plane-parallel)
- 4 stream approximation
- Mie Scattering (Sphere)
- Assuming constant effective density for frozen precipitation particles

高周波TBのバイアスのチェック法

- GSMaPアルゴリズムの利用
- TMI と PRの比較

Basic Idea of the Retrieval Algorithm



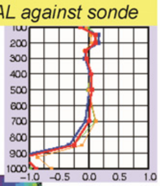
Find the optimal precipitation that gives RTM-calculated TBs fitting best with the observed TBs:

Parameters used in the Algorithm: Atmospheric & surface variables

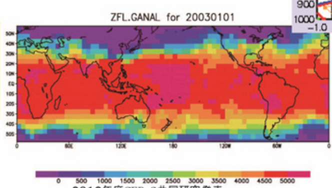
- **Atmospheric variables (Temp,FLH), surface variables(Ts, SSW, SST)**

are derived from the Global Analysis data of JMA

Temperature bias of GANAL against sonde



Freezing Level Height for Jan.1, 2003

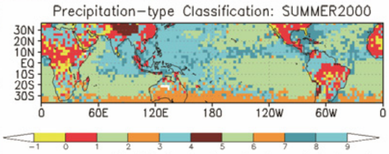


Statistical precip-related var. models from TRMM observation

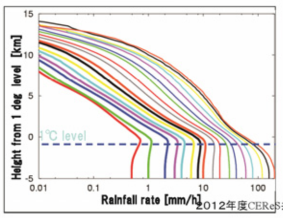
Precip type classification

Data base

10 types (land 6, sea 4) are classified from TRMM PR data (2.5 deg, 3 monthly)



Precip Profile



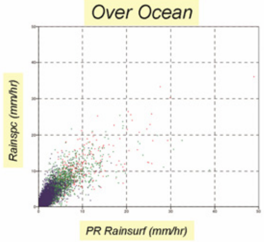
(land) 0: thunderstorm, 1: shower, 2: shallow, 3: frontal rain, 4: organized rain 5: highland (sea) 6: shallow 7:frontal rain, 8:transit, 9:organized rain

Precip profile data base

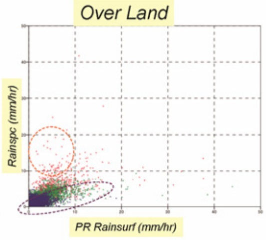
Example:
TRMM PR averaged preciptation profiles for each type, surface precip, conv/stra

PR Rainsurf vs conventional GSMaP retrievals for July '98

Over Ocean

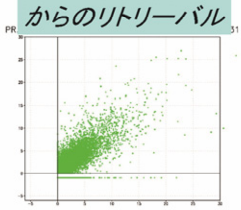


Over Land

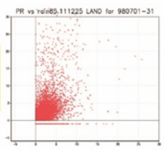


PR Rainsurf vs TMI retrievals for Jul '98

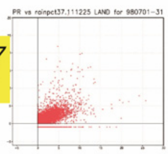
海上の低周波TBからのリトリーバル



PCT85（陸上）



PCT37（陸上）



バイアスの補正法

- MWI指標
  - 統計的な降水雲モデルと実況の違いを考慮
- バイアスのMWI指標への依存性
- バイアス補正法と適用例

Summary of forward calculation experiments

- Sensitivities of TB depressions to precip variables

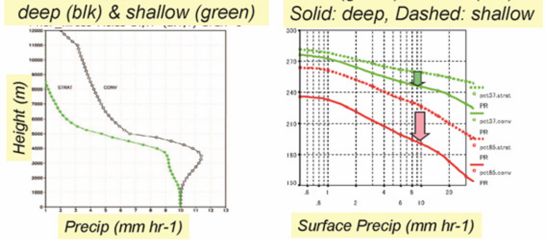
Freq (GHz)	Depth of frozen precip	PSD of frozen particles	Non-spherical Particles	Freezing level height (FLH)	DSD of rain
85	◎	◎	◎	○	×
37	○	○	×	◎	○

- TB85 depression was very sensitive to frozen precip properties (Dtop, PSD, shapes)
- TB37 depression was sensitive to FLH and Rain DSD in addition to frozen precip properties.

Forward calculation for deep and shallow precip Over Land (0N,20E) Jul. 1st, 1998

Precip profiles for deep (blk) & shallow (green)

TB37 (green) & TB85 (red) Solid: deep, Dashed: shallow

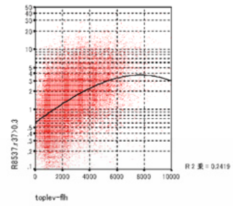


Relation between TB depressions and precip is dependent on Dtop
Hence, information on Dtop is required for retrieval.

Index of Dtop, R8537

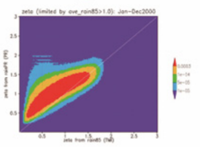
- R8537 expressed as ratio of precipitation retrieved from TB85 (Rain85) to TB37 (Rain37) using the conventional GSMaP algorithm.
- TMI R8537 increases with Dtop estimated from PR.

Retrain.v4.10.20080417
match-up data (Land '98)

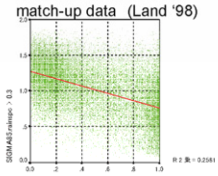


Index of SRR, Sigma85

- Precip inhomogeneity estimated from variability of Rain85 within the TB10v FOVs (Kubota et al. 2009) .
- Sigma85 tends to decrease with SRR.

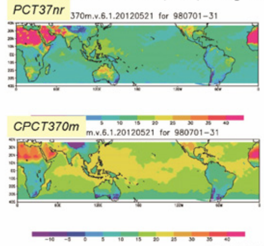


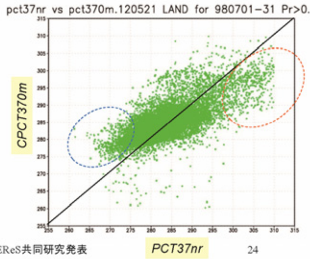
Retrain.v4.10.20080417
match-up data (Land '98)



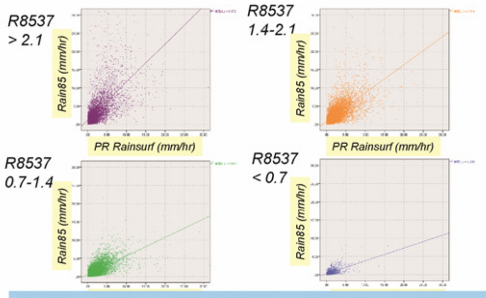
Index of FLH: PCT37 with no rain

- *For each rainy pixel, PCT37 with no rain (PCT37nr) is derived from surrounding no rain pixels.*
- *GANAL tends to over (under)estimate PCT37nr over cold (hot) regions.*



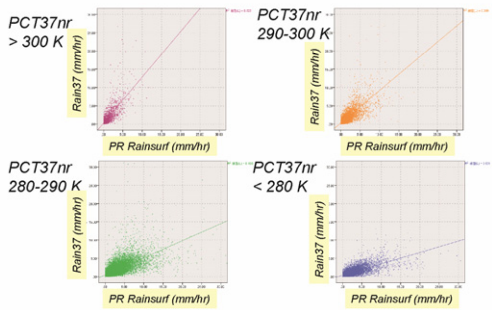


Rain85 vs PR rainsurf depending on R8537 (1998, over Land)

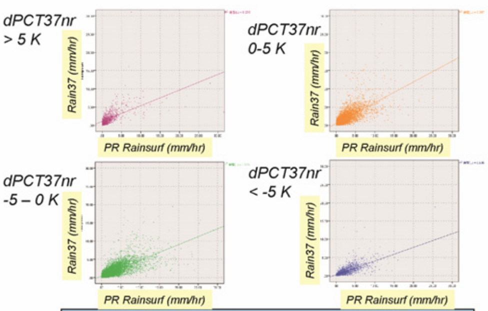


Retrieval bias of Rain85 is mainly due to Dtop error

Rain37 vs PR rainsurf depending on PCT37nr (1998, over Land)

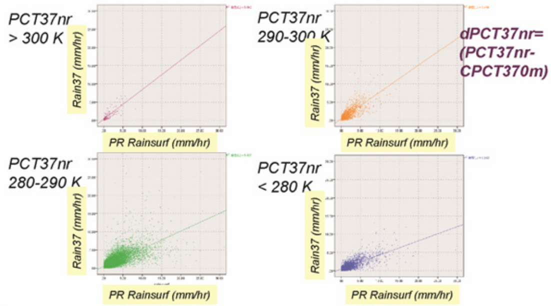


Rain37 vs PR rainsurf depending on dPCT37nr PCT37nr ~(280-290 K) (1998, over Land)



dPCT37nr=(PCT37nr-CPCT370m)

Rain37 vs PR rainsurf depending on PCT37nr dPCT37nr= (-3 ~ +3 K)(1998, over Land)



Forward calculation error is main cause of Rain37 biases.

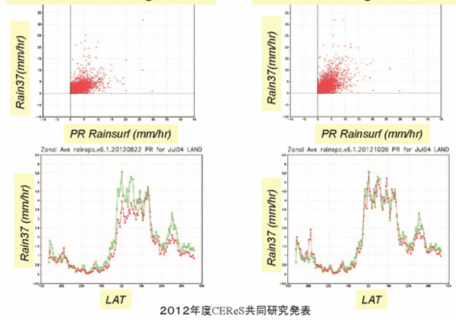
Statistical correction of LUTs using (PCT37nr,R8537)

- TRMM data sets for 1998 are classified by (R8537,PCT37nr) .
- Linear fitting coefficients between Rain37, Rain85 and PR surface precipitation rates.

Validation Results

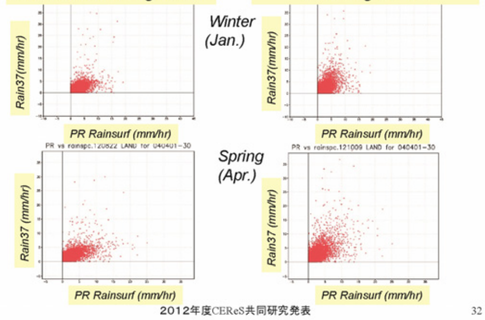
Over-land retrieval for 2004

Comparison of over-land retrievals Rainsurf vs.Rain37 over Land (Jul. '04)



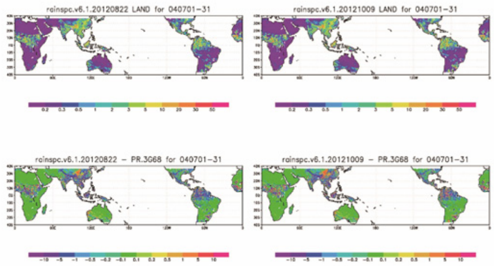
2012年度CEReS共同研究発表 31

Comparison of over-land retrievals Rainsurf vs.Rain37 over Land (2004)



2012年度CEReS共同研究発表 32

Daily precip (mm/day) of rainspc and their difference from PR rainsurf: over land for Jul. '03



2012年度CEReS共同研究発表 33

今後の方向性

- バイアスの物理的な原因の調査
- EnVAへの導入法
  - MWI TB から求めた降水リトリーバル値の同化
  - CRMのモデルバイアスの調査

2012年度CEReS共同研究発表 34

Summary

高周波TBのバイアスのチェック法
  GSMaPアルゴリズムの利用
  TMI と PRの比較
バイアスの補正法
  MWI指標
  バイアスのMWI指標への依存性
  バイアス補正法と適用例

2012年度CEReS共同研究発表 35

ミリ波雲レーダ FALCON-I による
積乱雲発達時の内部運動観測

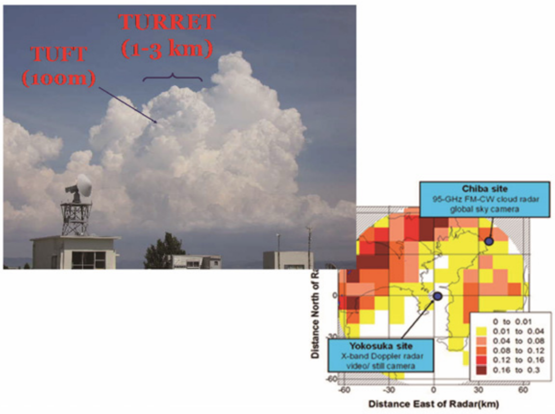
鷹野敏明・永瀬雄斗(千葉大・院工),
米元亮馬・柏柳太郎*・**高村民雄**(CEReS),
小林文明(防衛大)　　(*日本無線（株）)

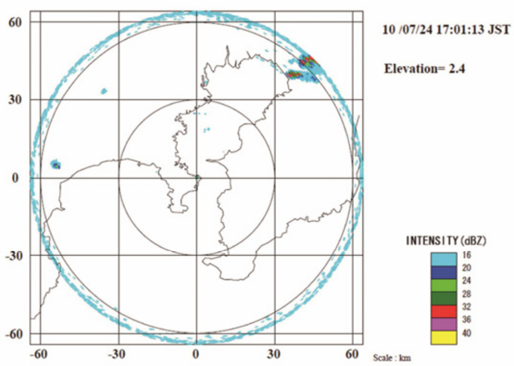
- 2010年より、積乱雲発生過程の詳細観測を狙って、観測を実施（at 千葉大）
  2010年7月24日の事例
- 2012年8月～9月 （at 君津 ロマンの森）
  2012年8月30日の事例

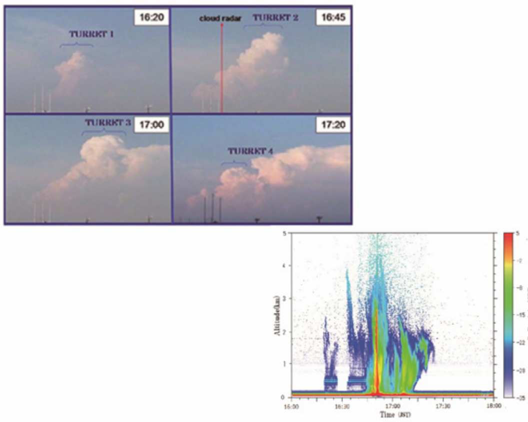
積乱雲発達初期の観測

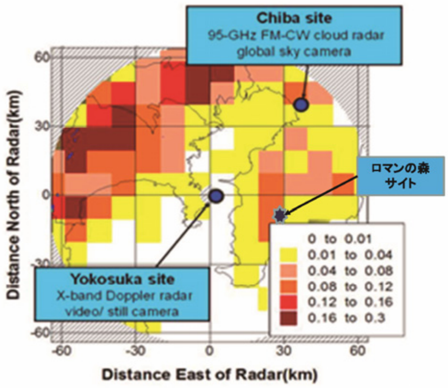
防衛大（横須賀市）からの観測
- X-バンド(9.5GHz)レーダによる広域観測
- 写真、ビデオ、セオドライトによる光学観測

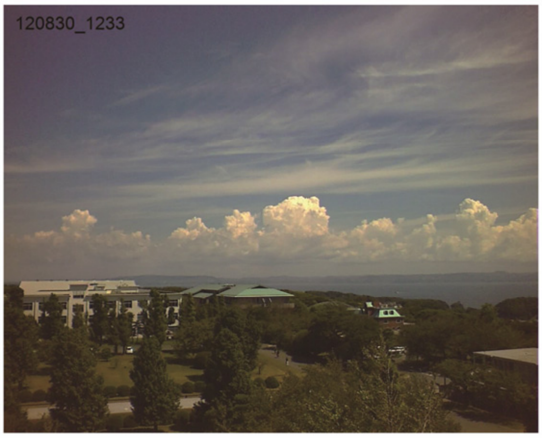
千葉での観測（2010,11 千葉大、2012 君津)
- FALCON-I (95GHz) 雲レーダー観測
- マイクロ波放射計、光学カメラ、赤外放射計
  による観測

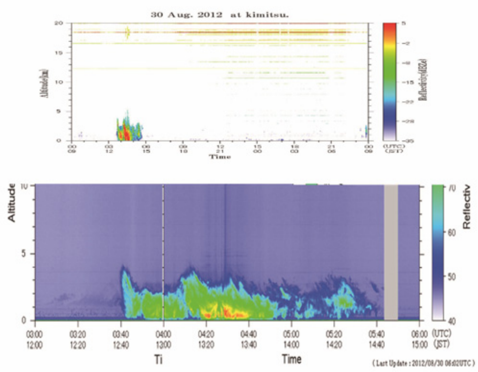


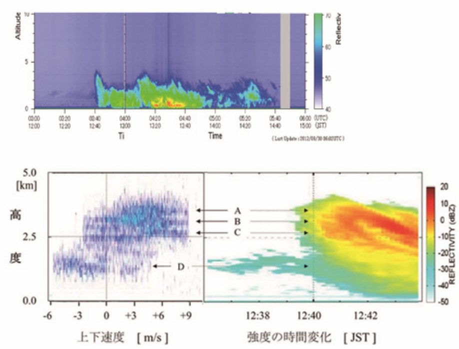



16:20
TURRKT 1
cloud radar
TURRKT 2
16:45
TURRKT 3
17:00
TURRKT 4
17:20


Chiba site
95-GHz FM-CW cloud radar
global sky camera
ロマンの森
サイト
Yokosuka site
X-band Doppler radar
video/ still camera
0 to 0.01
0.01 to 0.04
0.04 to 0.08
0.08 to 0.12
0.12 to 0.16
0.16 to 0.3
Distance North of Radar(km)
Distance East of Radar(km)


120830_1233


30 Aug. 2012 at kimitsu.
Altitude
Reflectiv
Ti
Time
(UTC)
(JST)


Altitude
Reflectiv
Ti
Time
(UTC)
(JST)
5.0
[km]
高
度
2.5
0.0
A
B
C
D
-6
-3
0
+3
+6
+9
12:38
12:40
12:42
上下速度 [m/s]
強度の時間変化 [JST]
REFLECTIVITY (dBZ)

観測結果とその意味

2012年8月30日 12:40(JST) の
積乱雲の発生初期の観測で、
高度方向 約200m幅の多層構造が見えた

1. 高度方向 約500m 間隔で 3個
2. ドップラ 中心速度 + 4 m/s
   速度幅 10 m/s

← 積乱雲の Tuft 3個を
貫いて観測している !!

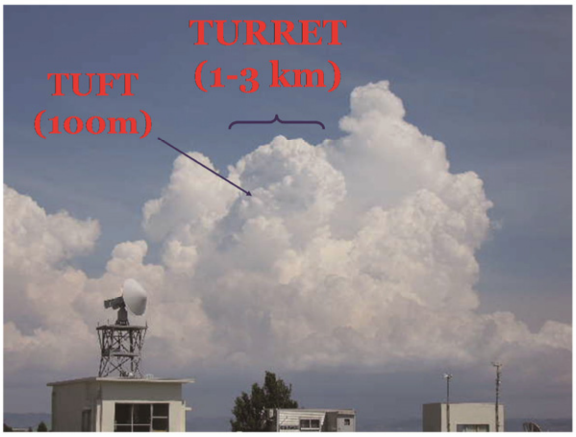
房総半島における積乱雲発生初期の観測

柏柳太郎（千葉大CEReS/日本無線），
小林文明（防大地球），
鷹野敏明（千葉大院工），高村民雄（千葉大CEReS）

本研究は科研費・基盤研究(B)(24310135)のサポートを受けています。

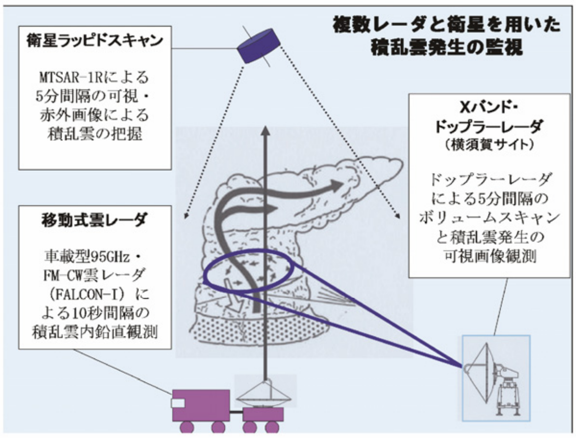
目　的

- 積乱雲が発生してからレーダーエコーとして捉えられるまでの，発生初期段階の詳細を明らかにすることは積乱雲の発達を理解する上で重要である。本研究では，夏季晴天時に関東平野で発生する積乱雲の発生初期段階を，雲レーダー，X-bandレーダー，可視画像，衛星データ（rapid scan）を用いた同時観測を行い，積乱雲発生の微細構造を把握することを目的としている．

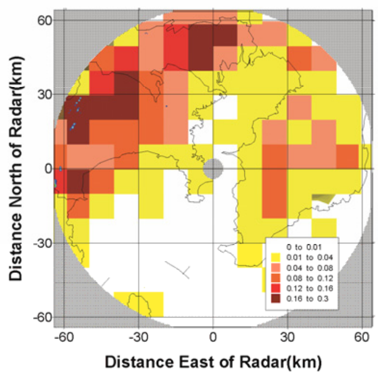


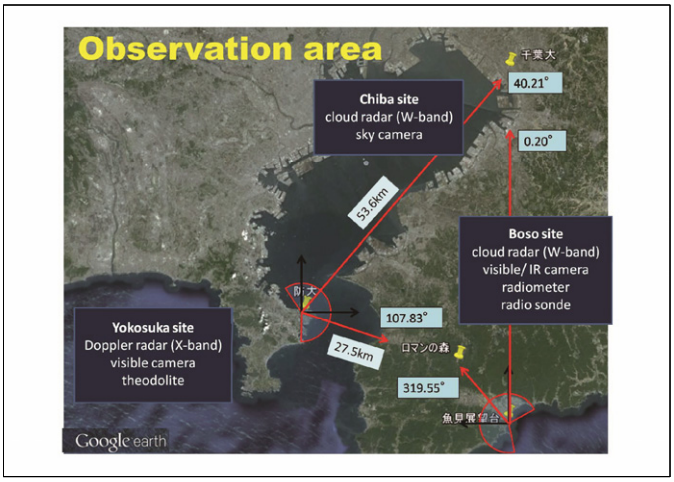
Observations

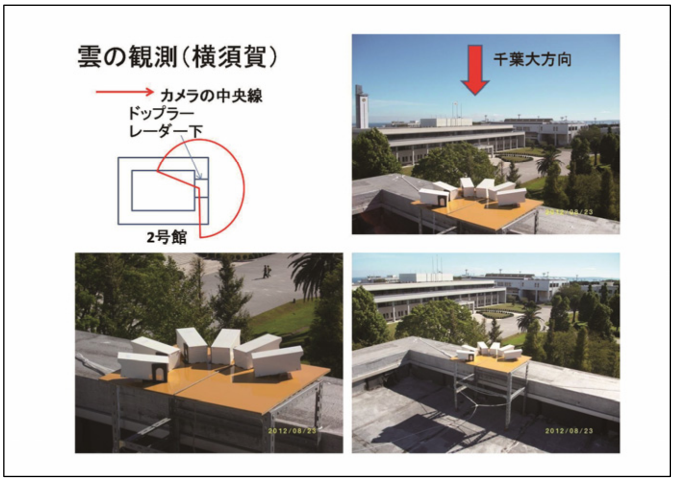
- 95-GHz FM-CW radar (FALCON-I)
  beam width = 0.2°, resolution = 15 m,
  observation interval = 10sec
- X-band Doppler radar
  beam width = 1°, resolution = 125 m,
  observation interval = 5 min
- Cumulonimbus image
  time-lapse video, handy camera,
  global sky camera, theodolite
- MTSAT-1R
  rapid scan data

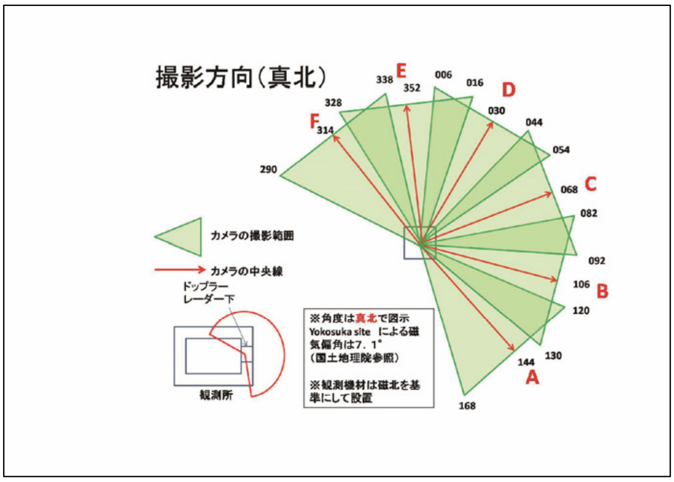


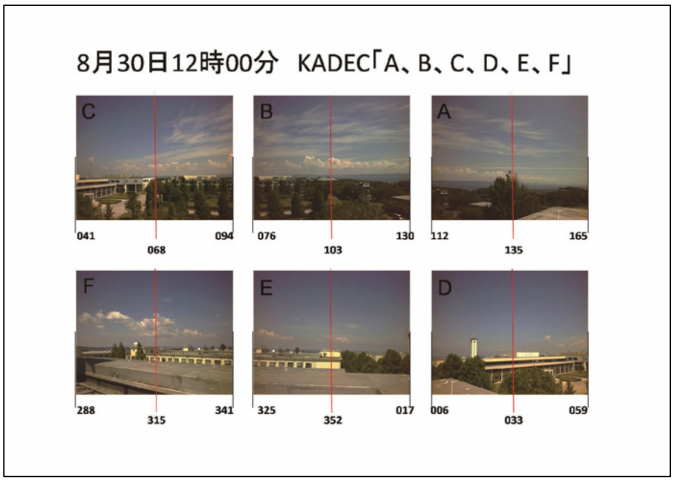
10 km×10 km の領域におけるファーストエコー頻度





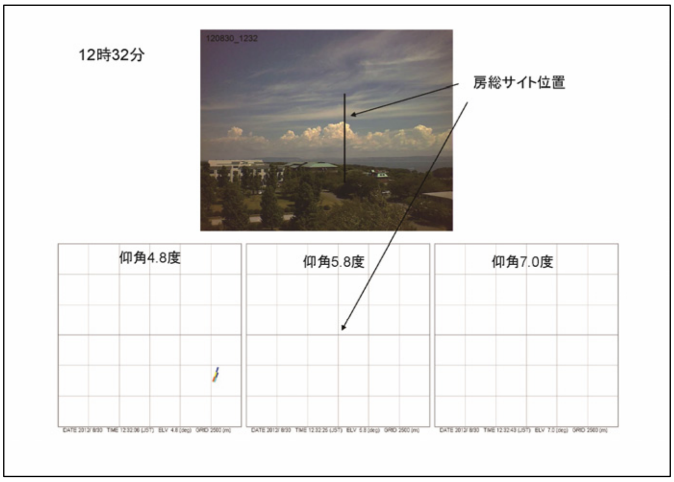


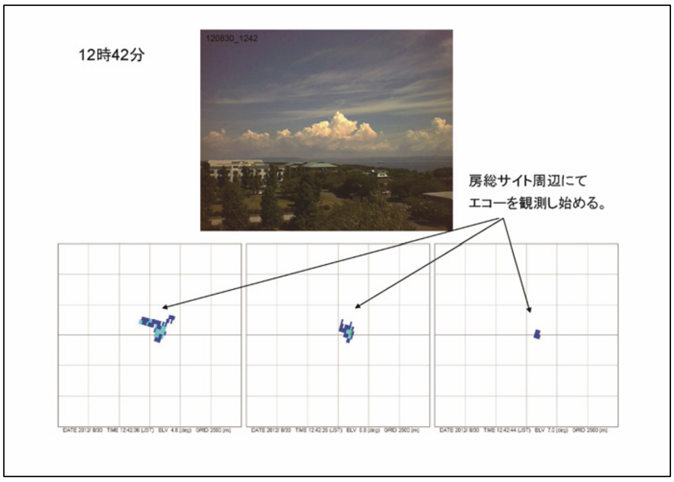


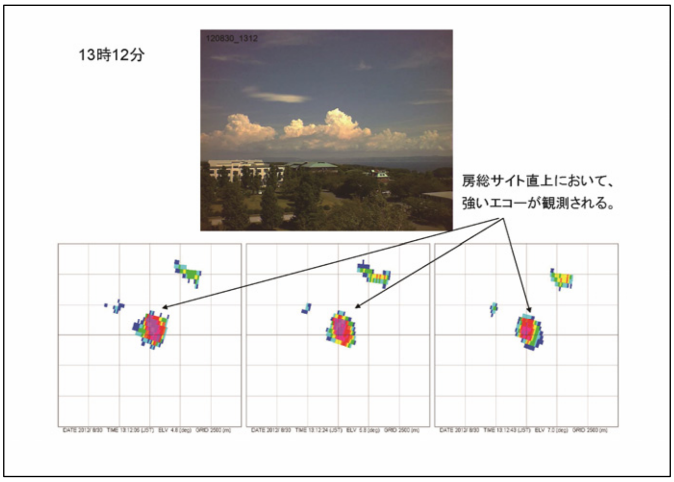


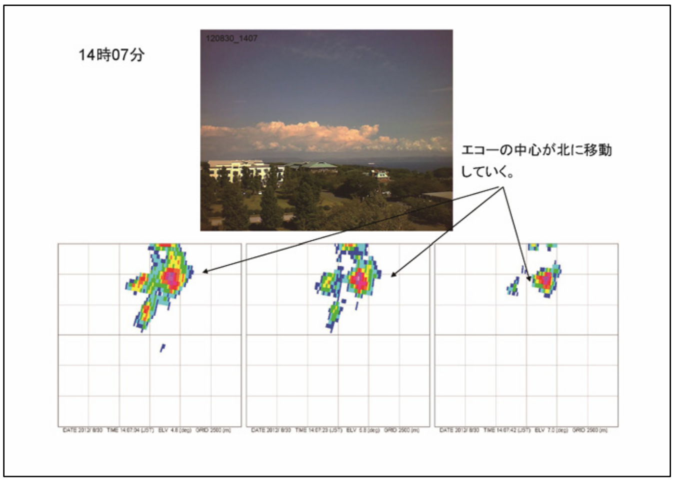
2012年8月30日の事例の解析

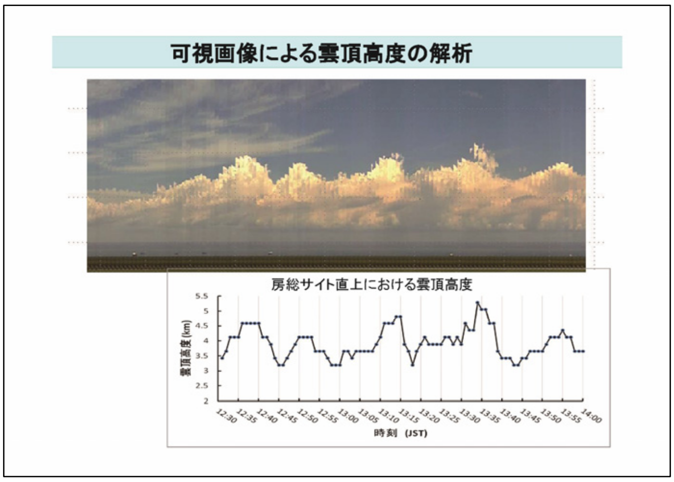
2012 年8月30 日12時30分過ぎより，房総サイトの雲レーダー上空で積乱雲が発達し，約2時間，発達，衰弱を繰り返した。

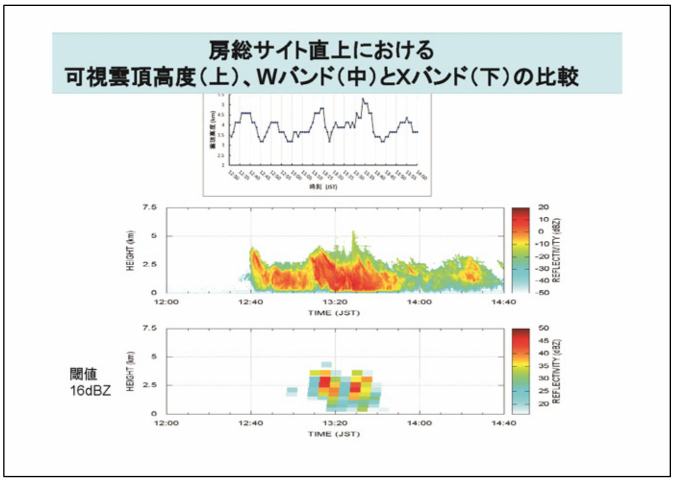

12時32分
房総サイト位置
仰角4.8度
仰角5.8度
仰角7.0度


12時42分
房総サイト周辺にて
エコーを観測し始める。


13時12分
房総サイト直上において、
強いエコーが観測される。


14時07分
エコーの中心が北に移動
していく。

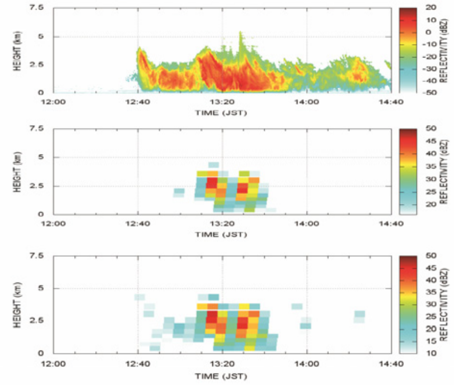

可視画像による雲頂高度の解析
房総サイト直上における雲頂高度
雲頂高度 (km)
時刻 (JST)


房総サイト直上における
可視雲頂高度(上)、Wバンド(中)とXバンド(下)の比較
HEIGHT (km)
TIME (JST)
REFLECTIVITY (dBZ)
閾値
16dBZ

Wバンド（上）とXバンド（中、下）の比較

閾値16dBZ

閾値10dBZ



まとめ

千房総半島における観測を実施し、積乱雲発生の初期過程を捉えるのに成功

- 積雲段階から雲レーダーで捉えることが可能であったが、高度3kmを超えある程度発達した時点で明瞭なエコーが観測された。これは積乱雲内の雲粒がある大きさ、密度に達して初めてWバンドレーダーで観測可能になることを意味している。
- X-Band レーダーでのファーストエコーの検出は、閾値を16 dBZ とした場合には、雲レーダーで検出された明瞭なエコーに対して20 分程度遅れていた。
- X-Band レーダーでのエコーの検出を閾値10 dBZ とした場合、雲レーダーで明瞭なエコーが検出された時刻にほぼ一致した。

衛星からのUV・Vis同時分光観測による下部対流圏オゾン量導出 シミュレーション
～エアロゾル推定誤差が与えるAMF計算への影響～

板橋良平[2]、北　和之 [1]、野口克行[3]、入江仁士[4]、齋藤尚子[4]

1:茨城大学理学部 2:茨城大理工学研究科 3:奈良女子大理学部 4:千葉大CeRES

背景・研究目的

下部対流圏オゾンは光化学スモッグを引き起こす光化学オキシダントの主成分であり高濃度になると人体や農作物に被害を及ぼす。また、近年、日本ではオゾン前駆気体の減少に反してオゾン量は増加傾向にあるため、急速な経済発展に伴い大気汚染物質の排出量が増加しているアジア大陸からの広域汚染の影響が示唆されている。

このような広域汚染を観測する有効な手法として人工衛星によるリモートセンシングが挙げられる。しかし、従来の衛星リモートセンシングでは未だ下部対流圏オゾン量の観測実例はない。そこで、下部対流圏オゾンの観測手法として紫外(UV)・可視(Vis)同時分光観測が提案されている。下部対流圏オゾン量をUV・Vis同時分光観測により精度よく導出するには、正確な光路長の推定が不可欠となる。正確な光路長の導出には放射伝達における種々の不確定要素を正しく推定することが重要である。

今回、放射伝達計算の不確定要素のうちエアロゾルに焦点を当て、エアロゾル推定誤差が与えるAMF計算値の変動を調べた。

UV-Vis同時分光観測

UV・Vis同時分光観測では紫外域・可視域、2つの波長域で太陽からの後方散乱光スペクトルを観測する。下部対流圏では、主にレイリー散乱断面積の違いにより紫外域と可視域での光路長に有意な差を生じる(図1)。この光路差を利用し下部対流圏オゾン量の導出を試みる。

観測から得られるオゾンの傾斜カラム量SCD_{O3}は、大気層厚(Hz)あたりの光路長(Lz)を示すair mass factor (AMF)を用いて以下の式で表すことができる。

$$SCD_{O3} = \sum_{z=1}^{n} ([O_3]z \cdot Lz)$$

$$AMFz = \frac{Lz}{Hz}$$

$$= \sum_{z=1}^{n} ([O_3]z \cdot Hz \cdot AMFz)$$

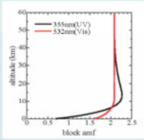


図1:放射伝達モデルSCIATRANによるblock amf の計算値

大気を下部対流圏とそれ以上の二層に分けて仮定する。各層の平均光路長と各高度でのオゾンの高度分布関数の積を、下部対流圏とそれ以上の層でそれぞれ積算した値を係数a,b,c,dとすると各波長ごとのSCDは以下のようになる。

$$\begin{cases} SCD_{uv} = a \cdot [O_3]_L + b \cdot [O_3]_U \\ SCD_{vis} = c \cdot [O_3]_L + d \cdot [O_3]_U \end{cases}$$

$$\therefore\ [O_3]_L = \frac{b \cdot SCD_{vis} - d \cdot SCD_{uv}}{bc - ad} \qquad \text{—(式 I)}$$

シミュレーション概要

放射伝達に影響を与えるエアロゾルのパラメータは、各高度でのエアロゾル消散係数と吸収係数であるが、それらはエアロゾルの粒径・組成・濃度で変化する。今回の計算では、各高度でのエアロゾル消散係数及び各成分の混合割合を示すエアロゾルタイプの2つで表す。観測データをもとに、複数波長でのエアロゾルの光学厚は求めることができるが、高度分布の形とエアロゾルタイプは仮定することになる。今回各高度でのエアロゾル消散係数高度分布を既知(図2.1,図2.2)とし、仮定するエアロゾルタイプを変えた際のAMFの変化を調べた。

AMFの計算には放射伝達モデルSCIATRAN(Rozanov *et al.*,2005)を用いた。エアロゾルタイプは(Hess *et al.*,1998)を参考に、平均的な大陸のエアロゾル(Continental average)、清浄な状態での洋上のエアロゾル(Maritime Clean)、都市部のエアロゾル(Urban)、高度1kmまでは洋上のエアロゾルだがその上層には汚染された大陸のエアロゾルが存在している状態(Maritime and Continental)の4パターンを想定し各エアロゾルタイプでのAMFを計算する。

シミュレーション条件

✔観測ジオメトリ
東京上空　400km 直下視観測　Solar Zenith Angle 22.8°

✔気温気圧
(U.S. standard atmosphere 1966) mid latitude spring/fall

✔オゾン
TRACE-P観測で得られて春期東アジアでの平均オゾン高度分布(Kita , private communication)を使用した。

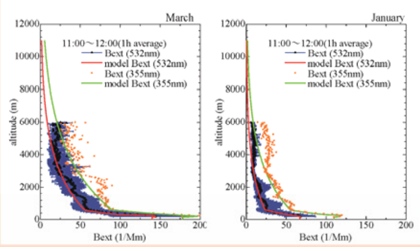
✔地表面アルベド
0.1

✔エアロゾル
・(Hess *et al.*,1998)を参考に4種類のエアロゾルタイプを想定した(表 I)。
エアロゾル消散係数の高度分布は国立環境研究所清水氏らによる2011年1年間のつくばでのライダー観測によるエアロゾル消散係数データを使用した。

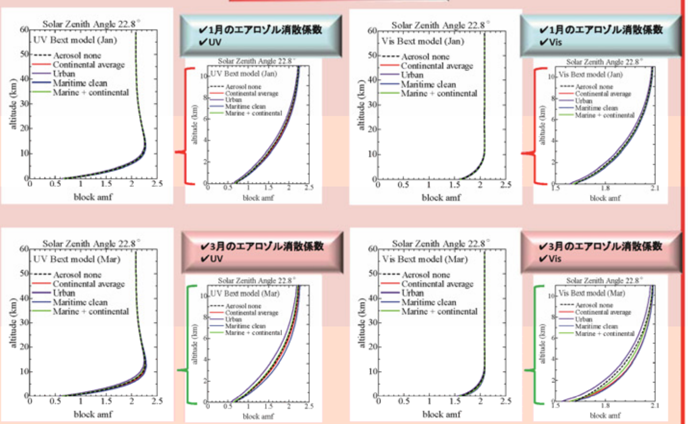
表 I :想定した4種類のエアロゾルタイプの構成及び数密度混合比

Aerosol types	Components	Number mixeng ratios
Continental average	water soluble	0.458
	soot	0.542
Urban	water soluble	0.177
	soot	0.823
Maritime clean	water soluble	0.987
	sea salt(acc.)	0.013
Maritime and continental	water soluble	0.987
	sea salt(acc.)	0.013
	water soluble	0.314
	soot	0.686

エアロゾル消散係数のmodel profileは国立環境研究所によるつくばライダー観測データから2011年1月1日～2011年12月31日のエアロゾル消散係数を一カ月 毎に平均した高度分布に、高度0-1.5km、1.5km以上の2層についてスケールハイトを仮定し高度とともに単調に減少する関数をfittingして作成した。



結果



①エアロゾルが加わると、エアロゾル濃度が高い地表付近でエアロゾル粒子による多重散乱の影響でAMFが増加する場合が多い。消散係数の違いは大きく下部対流圏AMFに影響する。

② エアロゾルタイプも無視できない影響を与える。Urbanのケースのように吸収性粒子の割合が高い場合には下部対流圏に到達する光量が小さくなるためAMFは減少する。高度1kmより高い高度でContinental Averageのケースの方がとMaritime and ContinentalよりもAMFが増大しているのも、これと同じ理由によると考えられる。

考察

消散係数およびエアロゾルタイプを変えた8つのケースについてAMFを計算して、下部対流圏を高度3kmまでと仮定し(式 I)から下部対流圏オゾン量を導出する(表Ⅱ)。

表Ⅱ:各条件で計算されたAMFから導出した下部対流圏オゾン量(単位molcules /m^2)

	continental average	urban	maritime clean	maritime and continental
January	9.14E+17	9.90E+17	1.45E+18	1.18E+18
March	9.14E+17	2.57E+17	1.26E+18	6.69E+17

仮にContinental averageのケースで計算したAMFと放射伝達計算時に与えたオゾンの高度分布から計算した SCD_{O_3} を真値とし、そのSCD_{uv}, SCD_{vis}から、異なるエアロゾルタイプで計算されたAMFを用いて(式 I)で求めたオゾン量がどのくらい真値と異なるのか比較した(表Ⅲ)。

表Ⅲ:各条件で計算されたAMFから導出した下部対流圏オゾン量

	urban	maritime clean	maritime and continental
January	+0.8%	+58.6%	+29.0%
March	−71.9%	+37.8%	−26.8%

エアロゾルタイプによって、AMFが無視できない変化をし、導出されたオゾン量に数十%の誤差の要因になりうるためエアロゾルタイプは正確な光路長を導出するうえで無視することのできないパラメータであることが分かった。また、エアロゾル消散係数大きいとAMFの変化がおおきくなってしまう。そのため、下部対流圏オゾン量導出誤差が大きくなってしまうのでエアロゾル消散係数やエアロゾルタイプの設定の仕方が重要である。

本研究は、科学研究費補助金「可視紫外同時分光観測による地表境界層オゾンのリモートセンシング手法の開発」によるものです。本研究にご協力いただいた皆様への感謝の意をここに記します。

リモートセンシングによる下部対流圏オゾン量導出のための検証観測

#山口裕樹[2]、福寿旅人[2]、北 和之[1]、板橋良平[2]、木名瀬健[2]、谷中郁哉[1]、入江仁士[3]、齋藤 尚子[3]、野口克行[4]、中山智喜[5]、松見豊[5]、永井智広[6]、酒井哲[6]、財前祐二[6]、内山明博[6]、山崎明宏[6]、森野 勇[7]、田中智章[8]
1:茨城大学理学部 2:茨城大理工学研究科 3:千葉大CeRES 4:奈良女子大理学部 5:名古屋大STE 研 6:気象研究所 7:国立環境研 8:JAXA/EORC

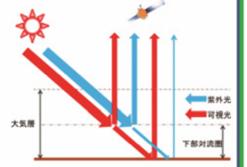
背景・研究目的

対流圏下部のオゾンは、大気汚染物質として人体の健康や農作物・生態系にとって重要である。その増加傾向は北半球で広く認められており、中国など新興国からの越境汚染が原因であると示唆されているが、その実態はまだ良くわかっていない。越境汚染など広域的な分布を観測するためには、衛星等からのリモートセンシングが有効であると考えられるが、下部対流圏オゾンについては従来困難であった。そのため、本研究では衛星リモートセンシングによる下部対流圏オゾン観測の実現に向けて、多波長同時分光観測ならびに紫外光マルチアングル観測の2つの手法を提案し、その検証のため航空機観測を実施した。並びにオゾンリトリーバルアルゴリズムの精度検証として、太陽直達光観測によるオゾンカラム量導出を試みた。

リモートセンシングによるオゾン観測方法

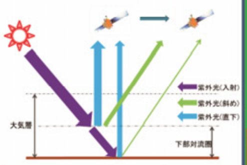
多波長同時分光観測(UV-Vis)

紫外光ではレイリー散乱断面積が大きく、後方散乱光中に大気密度の濃い下部対流圏を透過し衛星まで届くものの割合が減少する。一方、可視光では地表まで透過し散乱する光の割合が多く、両者で平均光路長に差が生じる。2波長域で同時に観測することで、下部対流圏での光路長差からそこでのオゾン濃度が導出可能。



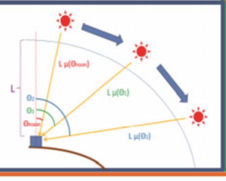
紫外光マルチアングル観測

レイリー散乱断面積が大きい紫外光では、斜め下方からの後方散乱光では、鉛直下方からに比べ、下部対流圏を透過して衛星まで届くものの割合がさらに小さくなるため、両者で平均光路長に差が生じる。この2つの角度からの散乱光を連続的に観測することにより、下部対流圏オゾン量を導出可能。



直達光観測

直達光の光路長は幾何学条件にのみ依存し、散乱光による影響が十分小さい。そのため紫外・可視両波長の光路長は等しくなり、得られる傾斜オゾンカラム量も等しくなると期待される。UV、Visで導出されるカラム量を比較する。

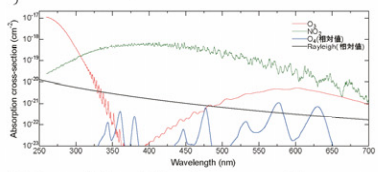


後方散乱光によるオゾン導出方法

衛星では大気分子による減光を受けた後方散乱光を観測する。しかし、航空機観測では大気入射前の太陽光スペクトル強度を測定できないため、天頂方向との比をとることでこれを除去する。

$$\frac{I_{Nadir}(\lambda)}{I_{Zenith}(\lambda)} = \exp\left\{-\sum_i \sigma_i(\lambda) DSCD_i\right\} \qquad DSCD_i = \sum_j^n (AMF^j_{Nadir} - AMF^j_{Zenith}) \cdot n_i^j \cdot H$$

I(λ):大気で減光された太陽光スペクトル強度
σ(λ):吸収断面積
DSCD:差分傾斜カラム密度
n:数密度
AMF:エアマスファクター
H:大気層の厚さ



気体に特徴的な吸収スペクトル構造を利用して、観測スペクトルとフィッティング(DOAS法)を行うことで対象気体濃度(ここではDSCD)を推定する。

直達光によるオゾン導出方法

航空機観測同様、大気入射前の太陽光スペクトル強度を測定できないため、正午前後の測定値との比をとることでこれを除去する。地球を完全球体とし、大気中の微量物質濃度が一様と仮定する。

$$\frac{I_{\theta}(\lambda)}{I_{noon}(\lambda)} = \exp\left\{-\sum_i \sigma_i(\lambda) DSCD_i\right\} \qquad DSCD_i = \sum_j^m (\mu(\theta_j) - \mu(\theta_{noon})) \cdot \bar{n}_i \cdot L$$

$\bar{n}$:大気中で一様な数密度 L:大気全体の厚さ μ:大気曲率

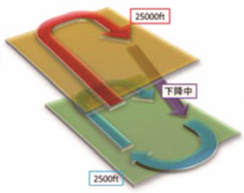
観測概要

航空機観測

2012年9月10日、13日につくば上空にて実施

2つの高度(25000ft,2500ft)で飛行し、紫外・可視散乱光スペクトルの分光観測とオゾンの直接観測を行った。分光観測は二台の分光器Maya2000Pro(*Ocean Optics* 波長分解能約0.5nm)を使用しており、可視(波長374.52~816.24nm)と紫外(波長374.52~816.24nm)の波長域で天頂散乱光、鉛直下方およびそこから20° 斜め方向からの散乱光を観測している。

特に可視光では、地表反射光が下方からの散乱光に大きな割合を占めるため、オゾン導出精度を向上するためには地表反射スペクトルを推定する必要がある。今回、高度の低い2500ft(760m)にて、水田、森林、市街地など地表状態で異なる地表反射スペクトルを測定した。CCDカメラによる地表撮像も同時に行うことで、両者を対応付けする。



直達光観測

2012年11月16日茨城大学構内にて実施

航空機観測と同じ装置を使用し、太陽追尾装置(工房てんとうむし製 TM-2DX)に減光フィルターを装着して分光観測を行った。観測太陽高度を右に示す。

＊は各高度の測定値と比をとるための正午頃の測定値

	Vis	UV
太陽高度(度)	33.3*	32.6*
	33.1	29.9
	30.8	25.6
	27	20.6
	22.5	15.1
	17.8	10.1
	12	

初期結果

直達光データ解析

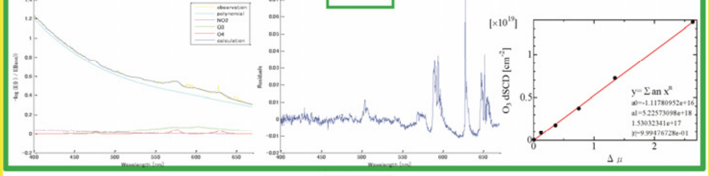
DOASフィッティングの計算条件

Vis:320~370nm(O_3,NO_2,O_4)　UV:400~670nm(O_3,NO_2,O_4,SO_2,H_2CO)

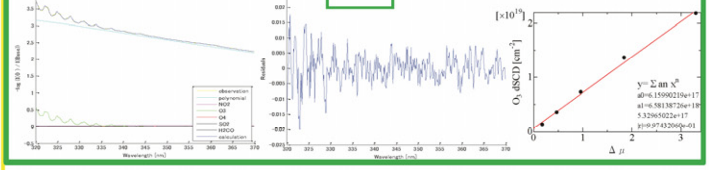
$$-\ln\left(\frac{I_{\theta}(\lambda)}{I_{noon}(\lambda)}\right) = \sum_i \sigma_i(\lambda) DSCD_i + p(\lambda) + \frac{r}{\lambda^4} + \frac{m}{\lambda}$$

P(λ):5次関数
r:レイリー項係数
m:ミー項係数

Vis



UV



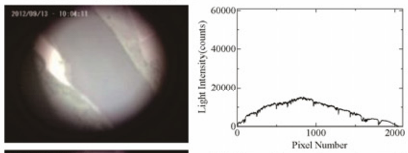
最低の太陽高度測定値との比より行ったDOASフィッティングの例(左)、残差(中)、各太陽高度での測定値より得られたO_3DSCDのラングレープロット(右)

求められたO_3SCDはVis = 5.23×10^{18}cm^{-2}、UV = 6.58×10^{18}cm^{-2}となった。当日、つくばにおけるオゾン全量観測結果は286DU = 7.66×10^{18}cm^{-2}であるから、今回の結果は過小評価といえる。残差が大きくなった原因は、装置関数の推定の不十分さに起因する畳み込み積分のずれと若干の波長シフトだと考えられる。今後はアルゴリズム中の誤差を小さく抑え込み、導出精度の向上に努めたい。加えて、Visは残差に水蒸気の吸収構造が目立つので、それも今後考慮していく。

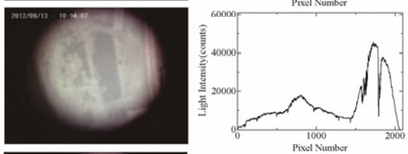
散乱光データ解析

測定される散乱光は、一部地表で反射されている。地表反射率が波長で大きく異なるため、DOASフィッティングによりDSCDを求める際、Ring-Effect同様に、反射率スペクトル強度からフィッティングによりその影響も考慮する必要がある。アルベド推定の詳細は、同研究者福寿旅人による「リモートセンシングによる下部対流圏オゾン導出～アルベド推定～」を参照されたい。

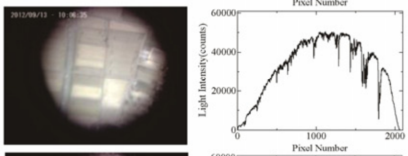
・川の反射スペクトル
反射スペクトル強度が全地表状態の中で最も低い。



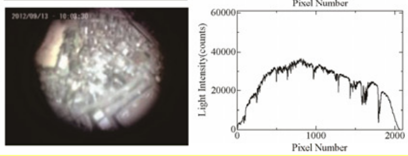
・緑地帯の反射スペクトル
葉のクロロフィルによる反射が顕著。



・刈田の反射スペクトル
反射スペクトル強度はとても高い。黄～橙色波長域の強度が増加。



・住宅地の反射スペクトル
反射スペクトルは太陽光スペクトルをそのまま反射したような形。



本研究は、科学研究費補助金「可視紫外同時分光観測による地表境界層オゾンのリモートセンシング手法の開発」によるものです。ご尽力いただいた皆様に深く感謝いたします。

リモートセンシングによる下部対流圏オゾン導出
～アルベド推定～

#山口裕樹[2]、福寿旅人[2]、北 和之[1]、板橋良平[2]、木名瀬健[2]、谷中郁哉[1]、入江仁士[3]、齋藤尚子[3]、野口克行[4]、中山智喜[5]、松見豊[5]、永井智広[6]、酒井哲[6]、財前祐二[6]、内山明博[6]、山崎明宏[6]、森野 勇[7]、田中智章[8]
1:茨城大学理学部 2:茨城大理工学研究科 3:千葉大CeRES 4:奈良女子大理学部 5:名古屋大STE 研 6:気象研究所 7:国立環境研 8:JAXA/EORC

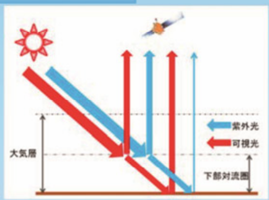
背景・研究目的

対流圏下部のオゾンは、大気汚染物質として人体の健康や農作物・生態系にとって重要である。その増加傾向は北半球で広く認められており、中国など新興国からの越境汚染が原因の一つであると示唆されているが、その実態はまだ良くわかっていない。越境汚染など広域的な分布を観測するためには、衛星等からのリモートセンシングが有効であると考えられるが、下部対流圏オゾンについては従来困難であった。そこで本研究では、衛星リモートセンシングによる下部対流圏オゾン観測の実現に向けて、多波長同時分光観測ならびに紫外光マルチアングル観測の2つの手法を提案し、その検証のため航空機観測を実施した。

リモートセンシングによるオゾン観測方法

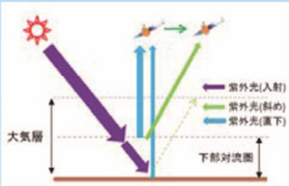
多波長同時分光観測(UV-Vis)

紫外光ではレイリー散乱断面積が大きく、後方散乱光中に大気密度の濃い下部対流圏を透過し衛星まで届くものの割合が極端に減少する。一方、可視光では地表まで透過し散乱する光の割合が多く、両者で平均光路長に差が生じる。2波長域で同時観測することで、下部対流圏での光路長差からそこでのオゾン濃度が導出可能。



紫外光マルチアングル観測

レイリー散乱断面積が大きい紫外光では、斜め下方からの散乱光は、鉛直下方からに比べ、下部対流圏を透過して衛星まで届くものの割合がさらに小さくなるため、両者で平均光路長に差が生じる。この2つの角度からの散乱光を連続的に観測することにより、下部対流圏オゾン量を導出可能。



観測概要

2012年9月10日、13日につくば上空にて航空機観測を行った。2つの高度(25000ft,2500ft)で飛行し、紫外・可視散乱光スペクトルの分光観測とオゾンの直接観測を行った。分光観測は二台の分光器Maya2000Pro(OceanOptics、波長分解能0.5nm)を使用しており、可視(波長374.52～816.24nm)と紫外(波長374.52～816.24nm)の波長域で天頂散乱光、鉛鉛直下方方向およびそこから20°斜め方向からの散乱光を観測している。

特に可視光では、地表反射光が下方からの散乱光に大きな割合を占めるため、オゾン導出精度を向上するためには地表反射スペクトルを推定する必要がある。今回、高度の低い2500ft(760m)にて、水田、森林、市街地など地表状態で異なる地表反射スペクトルを測定した。CCDカメラによる地表撮影も同時に行うことで、両者を対応付けする。

航空機観測と同時に、その検証のために必要なオゾン濃度及びエアロゾル光学特性について、つくばの気象研において地上観測を行った。

オゾンに関しては、地上での直接測定、オゾンライダーおよびオゾンゾンデによる成層圏(高度約30km)までのオゾン濃度計測を行った。

エアロゾルに関しては、ライダー観測による後方散乱係数、PSAP・PASSによる地上吸収係数、CRDSによる地上消散係数、スカイラジオメーターによるAOT(光学的厚さ)などの観測を行った。

これらの観測値を基に、放射伝達モデルSCIATRAN(Rozanov et al..2005)で計算したAMFおよび直接観測されたオゾン鉛直分布から求めたDSCDと、航空機分光観測によるDSCDの比較で検証を行う。

後方散乱光によるオゾン導出

観測される太陽後方散乱光強度は、入射光強度・散乱高度までの透過率・その高度での散乱確率・散乱後観測装置到達までの透過率の積を高度積分したものであるが、各高度での実効光路長Ljを用いて以下のように簡略化して書ける。

$$I(\lambda)=I_0(\lambda)\exp\left\{-\sum_i \sigma_i(\lambda)SCD_i\right\} \qquad SCD_i=\sum_{j=1}^{n} n_i^j \cdot L_j=\sum_{j=1}^{n} n_i^j \cdot AMF_j \cdot H$$

I(λ):大気で減光された太陽光スペクトル強度 $I_0(\lambda)$:大気入射前の太陽光スペクトル強度 σ(λ):吸収断面積 SCD:傾斜カラム密度 n:数密度 AMF=L/H H:大気層の厚さ

航空機観測では$I_0(\lambda)$を測定できない。天頂方向との比をとることで$I_0(\lambda)$を除去する。

$$\frac{I_{Nadir}}{I_{Zenith}}=\exp\left\{-\sum_i \sigma_i(\lambda)DSCD_i\right\} \qquad DSCD_i=\sum_j^{n}(AMF^j_{Nadir}-AMF^j_{Zenith})\cdot n_i^j \cdot H$$

$$DSCD^{1,2}_{O_3}=a^{1,2}n^{下部}_{O_3}-b^{1,2}n^{上部}_{O_3}$$

a,bはAMF他で決まる係数

$$n^{下部}_{O_3}=\frac{b^2DSCD^1-b^1DSCD^2}{a^1b^2-a^2b^1}$$

	多波長	マルチアングル
1	紫外光(UV)	直下
2	可視光(Vis)	斜め

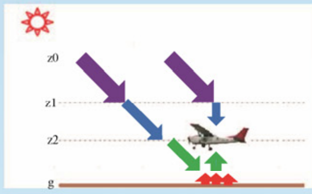
DSCDは、気体に特徴的な吸収スペクトル構造を利用して、観測スペクトルに差分吸収光(DOAS)フィッティングを行うことで、対象気体ごとに求める。

アルベド推定法

正確な下部対流圏オゾン導出のためには、観測されたスペクトルからのオゾン導出および光路長のモデル計算をともに精度よく行う必要がある。地表面アルベドは、この両方にとって大きな不確定要因となり得る。本研究では、高度2500ftで観測した天頂方向・鉛直下方方向それぞれのスペクトルを用いて、実測に基づき様々な地表状態における地表面アルベドを推定した。観測されたスペクトルには、航空機周囲やその下方での散乱の影響を含んでいるため、本研究では、観測時の幾何学条件およびエアロゾルの条件を設定し、放射伝達モデルSCIATRAN(Rozanov et al..2005)にて天頂方向・鉛直下方方向それぞれのスペクトル強度を計算し、観測されたスペクトルからエアロゾル散乱を考慮してアルベドを求めている。

天頂スペクトル強度

$$Iz=I_0\int_{z0}^{z1}-\exp(\sigma_R n_R^z Lz)\times\{P_R(\cos\theta^1)\sigma_R n_R^{z1}+P_M(\cos\theta^2)\sigma_M n_M^{z1}\}\times\int_{z1}^{z2}-\exp(\sigma_R n_R^z Lz)$$



鉛直下方スペクトル強度

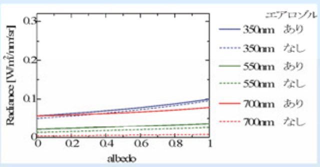
$$In=I_0\int_{z0}^{z1}-\exp(\sigma_R n_R^z Lz)\times\int_{z1}^{z2}-\exp(\sigma_R n_R^z Lz)\times\int_{z2}^{g}-\exp(\sigma_R n_R^z Lz)\times\{P_R(\cos\theta^1)\sigma_R n_R^g+P_M(\cos\theta^2)\sigma_M n_M^g+P_A(\cos\theta^3)\times A\}\times\int_{g}^{z2}-\exp(\sigma_R n_R^z Lz)$$

結果

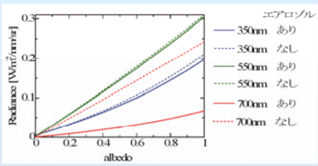
350nm、550nm、700nmの3波長において、アルベドを0～1(0.1毎)で変化させ、鉛直下方および天頂方向それぞれがどのように変化するか、エアロゾルが無い場合と、各波長ごとにエアロゾルを計算に盛り込んだ場合で比較を行った。

第3フライトの2500ft飛行時を想定した、9月13日14時45分筑波山付近上空をジオメトリ条件に設定した。また、エアロゾルについては国立環境研究所清水氏のエアロゾルライダーの解析結果を用いて、各波長ごとに消散係数を計算し、SCIATRANに導入した。

鉛直下方のスペクトル強度



天頂のスペクトル強度

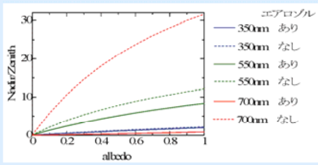


鉛直下方、天頂両方向ともに、アルベドの増大に伴って、スペクトル強度は大きくなる。

鉛直下方からの後方散乱光は、散乱による地表に届く光が減るためエアロゾルにより減衰する。

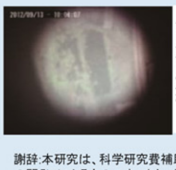
天頂方向からの散乱光もアルベドによって強度が変化するのは、地表面で反射した光が、多重散乱によって一部が再び下向きの光となるためと考えられ、エアロゾルにより多重散乱が増えると強度が増大する。

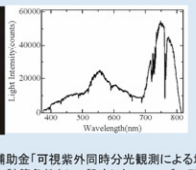
鉛直下方/天頂スペクトル強度比



波長の短い350nmでは大気分子のレイリー散乱の寄与が大きいのでエアロゾルの有無による差が小さく、エアロゾルによるミー散乱の寄与が相対的に大きい700nmでは差が大きくなる。

観測スペクトルへの適用





求めたアルベドとスペクトル強度の関係を利用し、観測されたスペクトル強度から、各地表面状態のアルベドを推定する。

謝辞:本研究は、科学研究費補助金「可視紫外同時分光観測による地表境界層オゾンのリモートセンシング手法の開発」によるものです。また、計算条件として設定したエアロゾル硝酸係数データは、国立環境研究所清水氏らによるものを使用させていただきました。ここに記し感謝します。

プロジェクト－３

平成24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　（プロジェクト研究　2012-3）
甲府盆地の小地域気象情報の無線伝送による集約・提供システムの構築

山梨大学　教育人間科学部　尾藤　章雄

大学建物屋上（地上高約30m）に固定設置していた気象観測ステーション
奥に見えるのは，基地局用のアンテナ

【研究目的・対象地域】

甲府盆地のミクロな気象情報の取得を移動観測によって行い，これを無線伝送により常時集約・提供するシステムの構築を行った．多くの気象ステーションが，ロガーでの蓄積かコストのかかるワイヤレスLANなどでのデータ伝送を行っている中で，安価で安定的なシステムを目指して試行的に行ったものである．

甲府盆地は赤石山脈や秩父山系など，周囲を3000m級の山並みに囲まれており，甲府市を中心とする市街地は標高250から300mの盆地底に広がっている．このため盆地特有の気象現象は冬季の冷気湖，逆転層をはじめ数多く知られているが，盆地内に位置する気象庁のアメダス観測点は，甲府の他には韮崎，大泉，勝沼，身延，古関の5点のみで，小スケールの気象現象については，詳細に把握できないのが現状である．

本研究では，急速に普及が進む携帯電話からの位置情報取得と，無線技術ですでに確立しているAPRS（Automatic Packet Reporting System）を利用して，移動する気象ステーションから取得した観測データをリアルタイムに地図上に表示することを可能とした．なおAPRSはアメリカのBob Bruninga氏が提唱した無線パケットの応用で、GPSを利用して行われるトラッキングシステムの一つである．

【手法・機器類】

移動観測は，携帯用の小型温度計とロガーを車に積んで移動させ，観測終了後にロガーからデータを取得して解析するのが一般的である．ここでは時刻により，また地点により刻々と変化する気象状況をリアルタイムに取得し，その位置情報を利用して地図に表示するという目的から，携帯電話（スマートフォン）のGPSから得られる位置情報を，携帯電話のネットワークを経由してサーバーから取得しながら，同時にアマチュア無線バンドを利用した音声パケットで，気象データを無線伝送により受信する．

当初は，位置情報についても，無線機に接続したGPSからの取得を試みたが，携帯電話のGPSシステムを利用した方が，基地局やWi-Fiからの情報に基づいた位置情報の補正が施されるために精度が高いこと，また，上空が開けていないときでも衛星を見失わないことなどから，携帯電話を利用することにした．

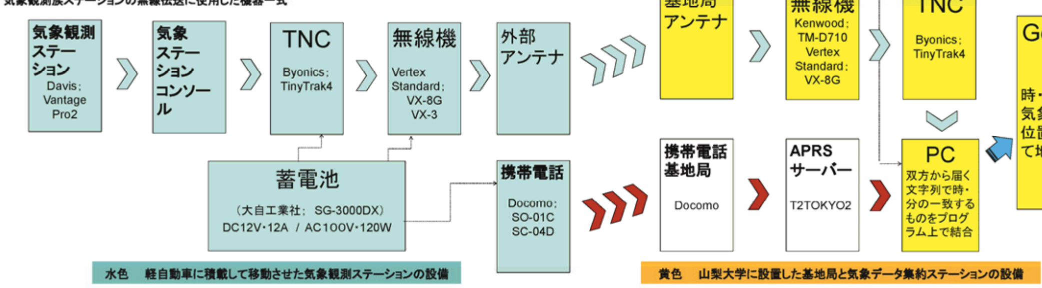
軽自動車に積載して移動させた気象観測ステーション

使用した気象観測ステーションは，アメリカ Davis 社の Cabled Vantage Pro2（設置する三脚ポールや機器類の接続コードなどオプション数点を含めて一式 750$）であり，気象データの伝送には移動側（送信側）および基地局（受信側）とも，145MHz帯FM波の送受信が合法的に可能な無線機器を使用した．

この気象ステーションは，気温，降水量，湿度，気圧などのほか，風向，風速などの測定も行うことができ，そのデータは1分から1時間間隔で接続されたコンソールに表示・更新される．このコンソールは気象ステーションからケーブルで最大30mまで離れて設置することができ，コンソールを室内に置けば，その室内の気温，湿度なども測定して比較表示することができる．但し，このコンソールから外部出力できるのは，気象ステーションで取得されたデータのみで，コンソールが測定したものは出力できない．なお，気象ステーションを軽トラックで移動させるため，降水量や風速などは観測できないので，外気温及び気圧，湿度の3点に限定してデータを取得した．

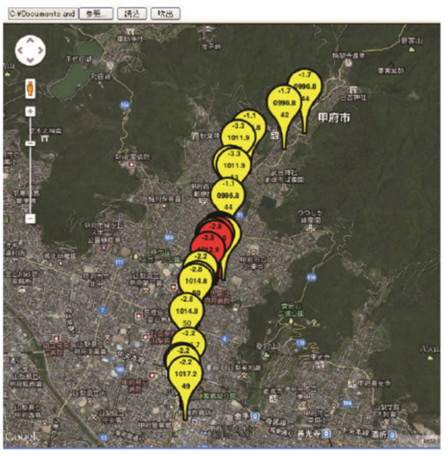
気象観測族ステーションの無線伝送に使用した機器一式

気象ステーションは軽トラックの荷台に，無線伝送に必要な機器類（左写真のものを箱詰め）と一緒に積載し　無線機に接続した外部アンテナはトラックの屋根にマグネットで固定した．携帯電話は，内蔵されたGPSの捕捉精度が高いことを確認の上，Sony Mobile Communications 社の XPERIA ARC SO-01C および，サムスン電子社の GALAXY NEXUS SC-04D をいづれも NTTDocomo 社の通常契約の下で使用した．携帯電話は運転席窓際に置き，気象ステーションのデータ送信と一致するよう，常時，高精度で携帯電話自身の位置（緯度経度）を捕捉しながら，1分間隔でこれをタイムスタンプ（時・分・秒）と共に音声パケットとして，TCP接続でサーバーに送信するよう設定した．システム全体の概要を，気象データの流れと位置情報の流れに分けて示したのが以下の図である．

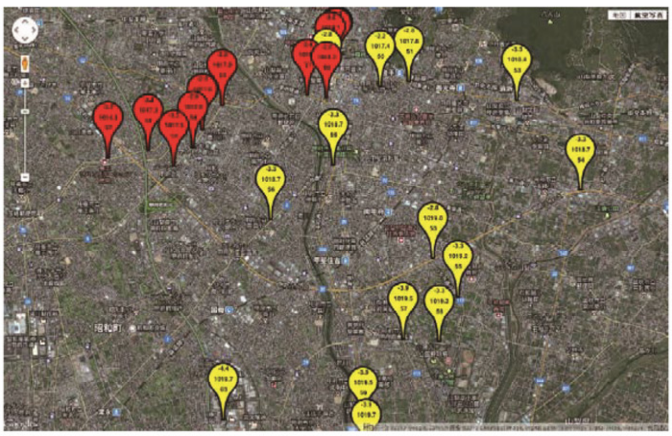


小地域気象情報の無線伝送による集約・提供システム概要図

マイクロアメダスデータマップ



相川扇状地の実験結果（甲府市積翠寺　標高420m　～　甲府市丸の内　標高260m）



甲府盆地広域の実験結果　（甲府市丸の内　標高275m　～　甲府市国母　標高252m）

冬季早朝の甲府盆地の気象状況（平成25年1月27日；午前5：40～7：00）

【システム運用実験】 冬季の甲府盆地において，小地域気象情報の無線伝送による集約・提供システムの運用実験を行った．日時は平成25年1月27日（日）早朝，日最低気温を記録する日の出時刻（午前6時50分）前後の時間帯を狙って，気象ステーション2台を同時に移動させ，山梨大学に設置した基地局において，その観測結果をリアルタイムで GoogleMap 上に表示させた．

上の写真2枚は，移動ルートの地形がよくわかるように，気温，気圧，湿度の3項目を GoogleMap の空中写真に重ねて表示したもので，バルーンの黄色と赤色は，異なる気象ステーションからのデータであることを示している．

(1)　相川扇状地の実験結果　山梨大学の乗る相川扇状地は，甲府盆地北部の帯那山（1347.4m）を水源とする相川によって形成され，扇頂部の積翠寺から甲府市丸の内まで，南に向かって緩やかに傾斜する．この扇状地上の気温分布には顕著な差異がみられ，標高が420mと高く，扇頂にあたる積翠寺の2地点で−1.7度，扇央部の山梨大学付近の標高310m付近で−2.8度，扇端部の丸の内付近の標高260mで−2.2度であった．山際にも関わらず扇頂部で気温が高いのは，積翠寺に温泉が湧出している影響も考えられるが，冬季の晴天時明け方に顕著に現れる接地逆転層の下限が，この付近に位置している可能性がある．扇端部に向けては市の中心街になるため，単純な標高による影響だけでなく，ヒートアイランドの影響が現れているとみられるが，扇央部が最も低温となった理由は不明である．一方，標高が低くなるにつれて，気圧が996.8mbから1017.2mbへと高くなっていくことは明瞭に示されている．

(2)　甲府盆地広域の実験結果　甲府市中心部の丸の内から，東西及び南北に約5.5kmの郊外を含む範囲で，平坦面だが緩やかに南に傾斜する．気温は丸の内で−2.2度，東西に向かうにつれて−2.8度，−3.3度と徐々に低下し，甲府バイパス（東西に走る茶色の道路）より南側では−3.9度の地点が多くなる．最も低かったのは南端の国母工業団地で−4.4度であった．また，湿度は市中心部で50%であるが，東西に離れると54～57%，国母工業団地では62%と高くなる．南の標高の低いところに向かって冷気がたまる傾向を示すが，気温が最も低かった国母付近は，開発以前は溢水の貯まる湿地であったことを考えると，盆地底でも特に冷気の吹きだまりとなっている可能性がある．

(3)　今後の課題　携帯電話の位置情報把握にWi-Fiルーターを利用すると位置情報の精度が落ちること，気象データを送る3W出力の無線機では基地局までの伝送が困難な地点があること，表示されたこのGoogleMap のインターネットへの公開方法などが今後の課題である．

【送受信機運用に関わる免許及び機器と使用画像について】

（1）気象ステーションに接続した送信機，および基地局でその気象データを受信する受信機等を操作する学生・教員については，すべて総務省の定めるアマチュア無線従事者免許証（第一級～第三級アマチュア無線技士）及び，無線局免許状を保持しており，法の定める運用方法に基づいて識別番号の交換等を適宜・正確に行いながら調査を進めた．

参考　：　総務省無線従事者資格一覧　http://www.tele.soumu.go.jp/j/ref/material/capacity/index.htm

（2）使用した携帯電話（スマートフォン）には，あらかじめ「APRSdroid Georg Lukas」というアプリケーションをインストールした上で，所持者の無線局免許状を確認して与えられる Validation　Number を入手し，GPSによる位置情報の取得・送受信を行った．

参考：　https://play.google.com/store/apps/details?id=org.aprsdroid.app

（3）気象ステーションの送受信機は，いづれも国内で市販されているもので，気象データの送信に Vertex Standard 社製の VX-8G 及び VX-3 の機種　（定格出力は5W，3W），また基地局用には，KENWOOD社製 TM-D710S（定格出力は50W）を使用した．いづれも上記(1)で示した従事者免許の保持者が，無線局免許状で許可された周波数帯，出力等を遵守して運用した．

（4）航空写真の画像は Google Maps の表示画像から必要部分を切り取り加工したものである．

【謝辞】

（1）千葉大学環境リモートセンシング研究センターの近藤昭彦教授には，共同利用研究全般にわたり様々なご指導をいただいた．気象ステーションからのデータと携帯電話からの位置情報のデータを，時刻に基づいて結合するプログラムは，山梨大学工学部先端材料理工学科近藤英一教授の全面的な作成協力を得た．また，冬の早朝，極寒の中で行ったシステム運用実験には，工学部機械システム工学科3年中村良輝君，電気電子システム工学科2年荻野景太君，コンピュータ理工学科1年大月昭紀君の協力を得た．

（2）調査に使用した気象ステーション2台，送信機 VX-8G と VX-3 及び基地局に使用した TM-D710S の各機種については，いづれも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　（プロジェクト研究　P2011-3）の配分経費で購入した．あわせて感謝申し上げる．

異なる衛星データを用いた景観解析に関する研究

○趙憶、原田一平、富田瑞樹、原慶太郎
東京情報大学総合情報学部環境情報学科

1.はじめに

【背景】

- 景観構造特性がスケールとともにどのように変化するかを把握することは、生息地の保全管理計画の策定などに重要
- 衛星リモートセンシングの効率化を図るために異なる衛星データ間の“スケーリング”関係の提示が重要

【目的】

- 同一範囲における異なる衛星データを用いた土地被覆図の作成
- 粒度の変化とともに異なる衛星データの空間パターンがスケール効果による影響の把握
- 景観構造特性のスケーリング特性と一般的規則の提示

2.研究対象地

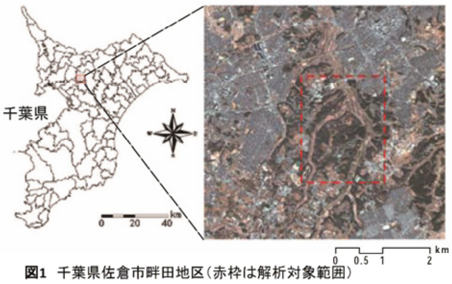


図1　千葉県佐倉市畔田地区(赤枠は解析対象範囲)

畔田地区
(35°42'N,140°10'E)
面積: 1.5km×2.0km
標高: 0~30m
特徴: 北総台地における生物多様性が高い谷津環境であり、近郊には住宅地に囲まれる典型的な都市と自然が共存する場所

3.方法

【使用データ】

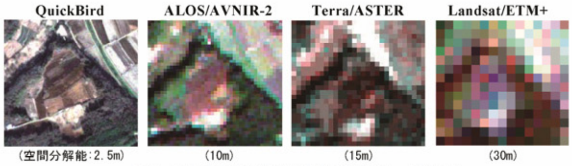


図2　同じ対象範囲における異なる衛星データの画像

表1　各衛星データの特性についての一覧

	QuickBird	ALOS/AVNIR-2	Terra/ASTER	Landsat/ETM+
撮影日付	2009/1/19	2007/11/15	2008/1/17	2006/11/3
空間分解能	2.5m	10m	15m	30m
観測幅	16.5km	70km	60km	185km
回帰周期	1-3.5日	46日	16日	16日
スペクトル構成	B1:0.45-0.52μm B2:0.52-0.60μm B3:0.63-0.69μm B4:0.76-0.90μm	B1:0.45-0.50μm B2:0.52-0.60μm B3:0.61-0.69μm B4:0.76-0.89μm	B1:0.52-0.60μm B2:0.63-0.69μm B3:0.78-0.86μm	B1:0.45-0.52μm B2:0.52-0.60μm B3:0.61-0.69μm B4:0.76-0.90μm B5:1.55-1.75μm B7:2.08-2.35μm

【解析の流れ】

- 教師付分類(最尤法)による各衛星データの土地被覆分類
- 多数法を用いて各衛星データの分類結果を元の空間分解能から100mまで5m間隔でリサンプリング処理
- 各粒度ごとに景観解析を行なう

【異なるスケールの景観解析】

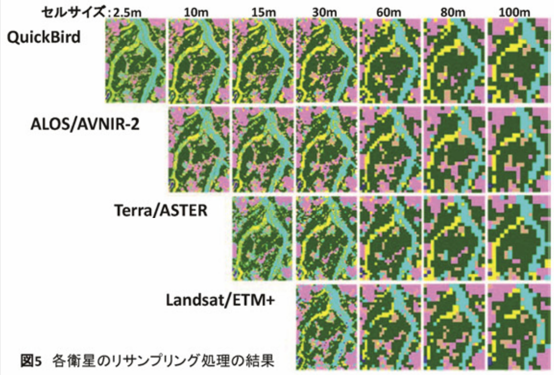


図5　各衛星のリサンプリング処理の結果

5m間隔でリサンプリングしたところ、いずれの衛星データも元画像にあった小さいパッチがセルサイズの拡大に伴って徐々に周辺にある大きなパッチに統合されていた。

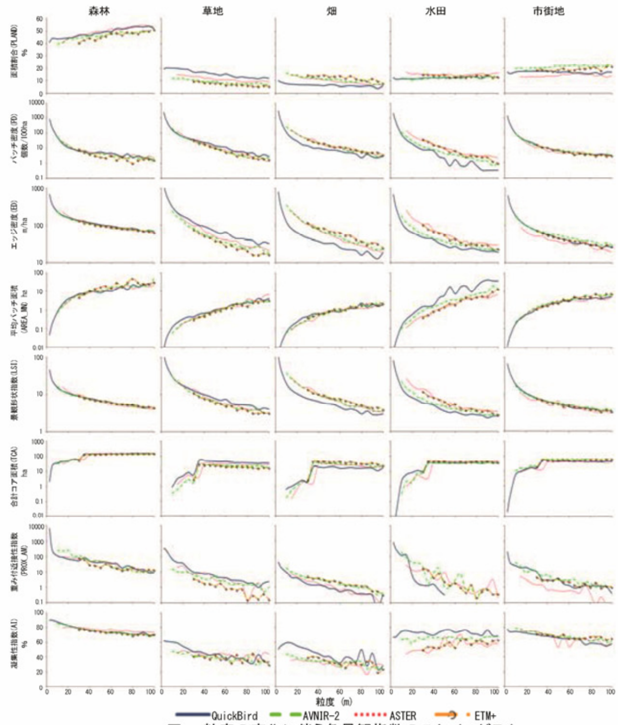


図6　粒度の変化に伴う各景観指数のスケイログラム

空間分解能が高い衛星データであるほど景観構造特性のスケール効果が顕著でスケールにより依存していた。また、粒度の拡大に伴って対象範囲の景観構造がより均一的で分断的な景観になった

4.結果

【異なる衛星データを用いた土地被覆分類】

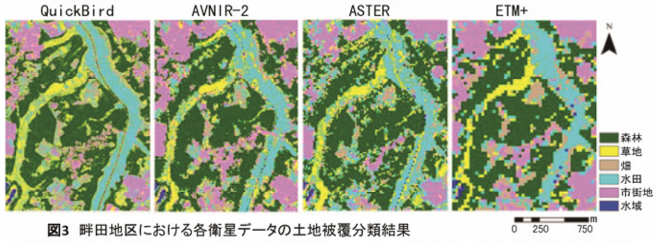


図3　畔田地区における各衛星データの土地被覆分類結果

谷津はほとんど水田で、台地に森林が残っていた。衛星データの空間分解能が高いほどパッチの形状や林冠ギャップなどの複雑な空間特徴をより細かく反映された。

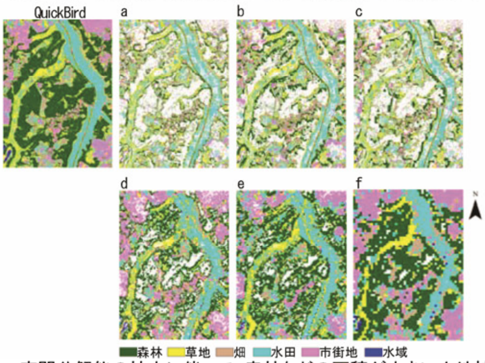


図4　異なる空間分解能の衛星データを用いた土地被覆相異の抽出結果.
中に、a: AVNIR-2に対してQuickBirdが変化した所、b: ASTERに対してQuickBirdが変化した所、c: ETM+に対してQuickBirdの変化した所、d: QuickBirdに対してAVNIR-2が変化した所、e: QuickBirdに対してASTERが変化した所、f: QuickBirdに対してETM+が変化した所を表す.

空間分解能の拡大に伴って、森林などの面積が大きい土地被覆型の周縁部における変化が大きい。

5.まとめ

- 衛星の空間分解能の変化によって、土地被覆タイプ間の境界画素に最も影響が大きかった
- 各衛星データにおいて、多くの景観指数はスケールに強く依存し、スケールの変化につれてべき乗的に増加・減少しより大きいスケールへ外挿可能であった

衛星を用いた被災地復興の長期モニタリング

鄭義喆，朴鍾杰　東京情報大学

背景と目的

2011年3月11日14時46分マグニチュード9.0という非常に大きな地震が東日本を襲い未曾有の被害をもたされた。この地震により発生した大津波は、東北地方の沿岸域の各市区町村は広範囲にわたり壊滅的な被害を受けた。

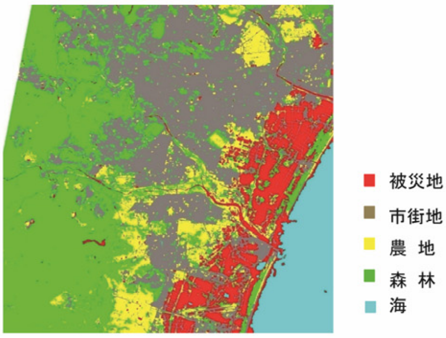
本研究では長期間にわたる土地の変化及び震災前後の変化、浸水範囲の把握、より細かい分析として確認する。特に2011年3.11の大震災の時大きく変化したと考えられるが、2011年3月14日ALOSで撮影した衛星データを利用し、津波による被災地域の抽出を行う。研究の汎用性を考え、被災前後の比較による解析ではなく、被災後の1時期データのみを用いる。解析方法はピクセルベース解析とオブジェクトベース解析を行いそれぞれの精度検証を行う。

研究方法 と 使用データ

高解像度衛星	低解像度衛星
土地利用変化抽出	時系列植生変動抽出
ALOS/AVNIR-2 RapidEye	Aqua/MODIS NASA-NOAA Suomi NPP
RapidEye	Suomi NPP
5機のコンステレーション 5バンド（B, G, R ,RE ,Nir ） 5m解像度	VIIRS 22-band (VIRNIR – LWIR) 400m、800m解像度

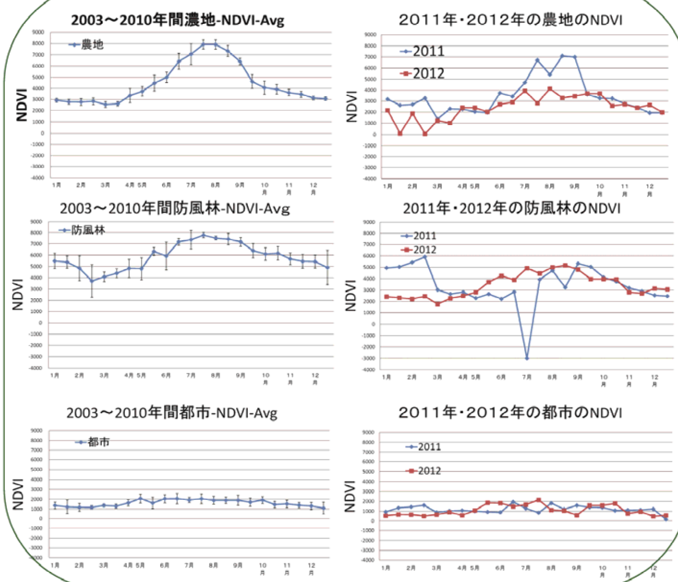
被災地抽出

・ALOS　2011年3月14日のデータ(仙台海岸線)を使用

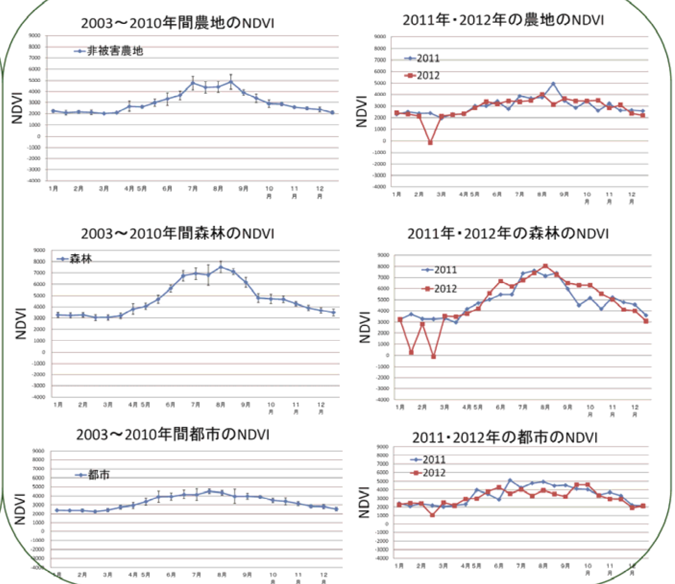


テキスチャデータを用いた判別分析結果では96%以上の精度で正しく分類された。検証データによる精度も非常に高い(82%)ことがわかった。
非被災地の農地、都市域、被災地の農地の特徴が非常に似ていることがわかる。しかし、似ている割には9割以上区別が可能である。また、森林と被災地森林の特徴が似ているため区別が困難である。農地(深い)の方はまた水が溜まっており農地と区別が可能であるが水域と区別が困難である。

被害地



非被害地



結果と考察

高解像度衛星（ALOS）データを用いて被災地を抽出し、MODISデータによるNDVIの変化を調べた。被災地における特徴としては、農地の場合2011年は高いNDVIを示しているが2012年は低くなっている。その原因としては、2011年は津波の影響で農地が放置され雑草が生えているが2012年は農地の手入れにより雑草が生えていないと考えられる。防風林の場合津波の影響による被害が大きく、2012年の時点でも修復されていないことがわかる。
高解像度衛星による被災地判定と低解像度衛星による高頻度モニタリングを組み合わせることで効率よく長期モニタリンクが可能になった。

Supporting Elephant Conservation in Sri Lanka through MODIS imagery

Kithsiri Perera
Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland, Australia

Ryutaro Tateishi
Centre for Environmental Remote Sensing (CEReS), Chiba University, Japan.

Presentation Flow

- Introduction
- Forest Cover of Sri Lanka. Where is Remains?
- The Human-Elephant Conflict
- The Use of Satellite Data
  Applicability Of MODIS
- Vegetation Monitoring and Elephant Conservation
  Analysis of NDVI
- Linking image Interpretation with Elephant Conservation
- Conclusions and Future Study Steps

Introduction

Sri Lanka, an island country with a rich biodiversity and with about 20 million people.

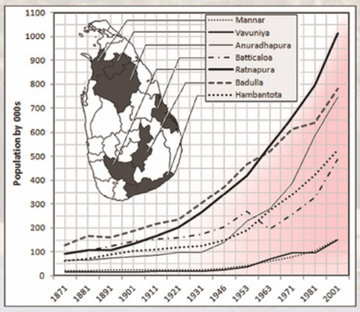
Its environment has historically supported a big elephant population.

However, since last 150 years, environment has dramatically changed due to;

- expansion of informal settlements due to population increase,
- national development projects,
- government planned settlement programs, and
- land encroachments.

Introduction

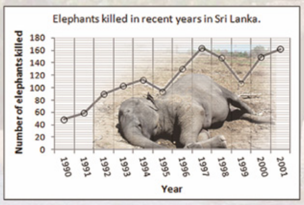
The population increase in rural districts is critically affecting forest cover as well as the elephants and other wildlife.



Introduction

Plantation agriculture, population increase, poor government policies on land utilities, and the limited land resources have created a CONFLICT between Elephants and humans.

Government record shows a sharp increase in elephant deaths in recent years.

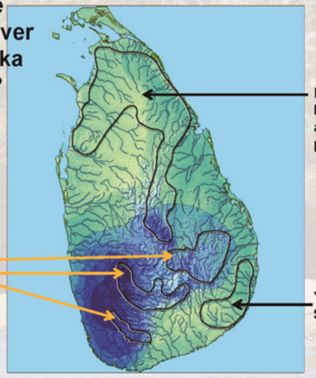


Where the Forest Cover of Sri Lanka Remains?

Elevation and Mean Annual Rainfall

Rivers

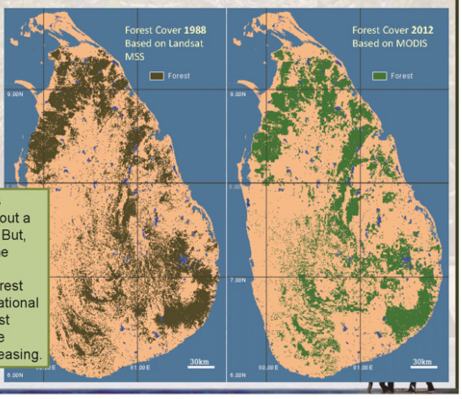
Central Hills



Mahaweli River basin and northern plains

Yala Sanctuary

Any major recent change in forest cover?



Forest cover is remaining without a major change. But, according to the government estimations, forest cover within National parks and forest sanctuaries are gradually decreasing.

The Human-Elephant Conflict (HEC)

Sri Lanka has about 5,787 elephants, about 10% of the total number in Asia.

Elephant density

India	0.0008
Thailand	0.006
Sri Lanka	0.088

When this large number of elephants struggle for food, especially in dry seasons, human-elephant conflict becomes a critical issue for villagers as well as elephants.

The Human-Elephant Conflict

Number of reasons can be identified as causes to ignite of HEC.

A.Proximity of village-forest-elephant habitat
B.Changes in long-term rainfall pattern
C.Dryness in regions of elephant habitat
D.Increased human and other development activities closer to forests
E.Behavioral changes of wild elephants

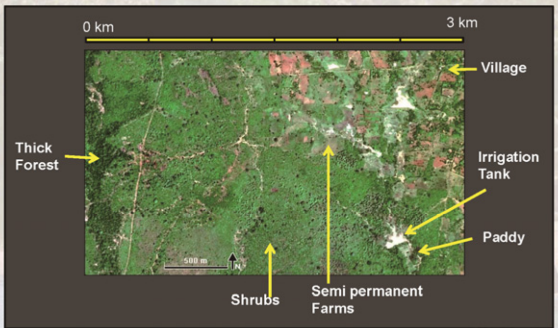
In this study, we have focused on first three facts due to the main objective of the study, "the application of satellite images".

A. The Proximity of Village-Forest-Elephant Habitat

This is the most important and unavoidable fact in an small island country with a big human and elephant population.

An electric fence stands between villagers and roaming wild elephants

A. The Proximity of Village-Forest-Elephant Habitat

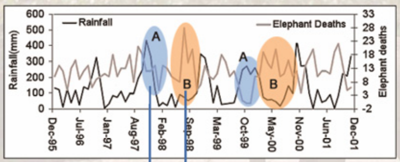


B. Changes in Long-term Rainfall Pattern

- The negative trend in long-term rainfall changes have identified by number of researchers.
- They have found moderate to remarkable negative change in long-term rainfall pattern in some districts in Sri Lanka.
- Five dry-zone districts have identified under this negative trend, including Anuradhapura and Hambantoda where HEC is serious.

C. Dryness in Regions of Elephant Habitat

The relationship between dry weather and increase of elephant deaths has lengthily discussed in many studies.



Low rainfall & High Elephant deaths

High rainfall & Low Elephant deaths

The Use of Satellite data
Applicability of MODIS Imagery

The local HEC environment and the link between vegetation and weather factor have used to build the methodology of applicability of satellite images for conservation of elephants.

Here, instead of direct monitoring of elephants, the greenness of the environment is considered to monitor elephant movements.

For the justification of use of MODIS, various satellite systems were compared.

Satellite	Recurrent	Swath	Spatial Resolution depending on the band
Landsat TM	16 days	185 km	15 to 60m
SPOT 4-5	2-3 days	60km	2.5 to 20m
ALOS	46 days	35km	2.5m
Terra/Aqua - MODIS	**Daily**	**2330km**	**250 to 1000m**

MODIS system

The MODIS Mission

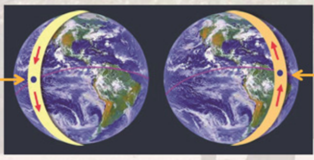
The MODIS sensors onboard Terra and AQUA satellites are successfully covering the complete earth surface every 1-2 days.

TERRA

AQUA

Morning

Afternoon.



Terra passes north to south across the equator in the morning.
Aqua passes south to north across the equator in the afternoon.

MODIS system

The sensor capabilities

Orbit: 705 km, 10:30 a.m. descending node (Terra) or 1:30 p.m. ascending node (Aqua), sun-synchronous, near-polar, circular

Swath Dimensions: 2330 km (cross track) by 10 km (along track at nadir)

Spatial Resolution:

250 m (bands 1-2)

500 m (bands 3-7)

1000 m (bands 8-36)

Design Life: 6 years

Vegetation Monitoring & Elephant Conservation
NDVI Analysis

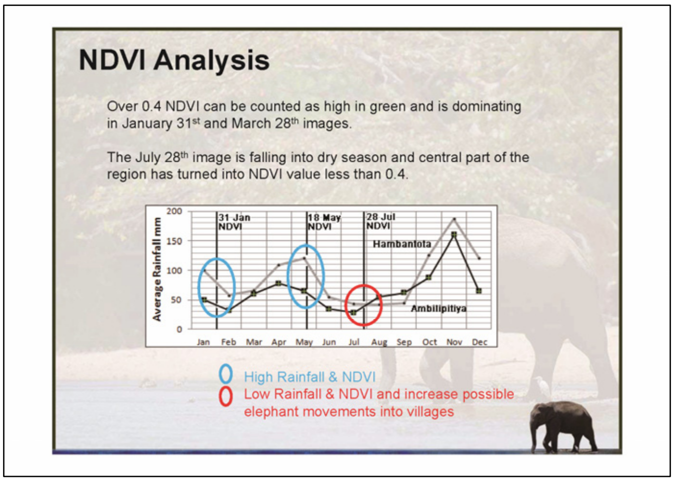
The study area includes Udawalawa National Park, a popular spot for wild elephant viewing.

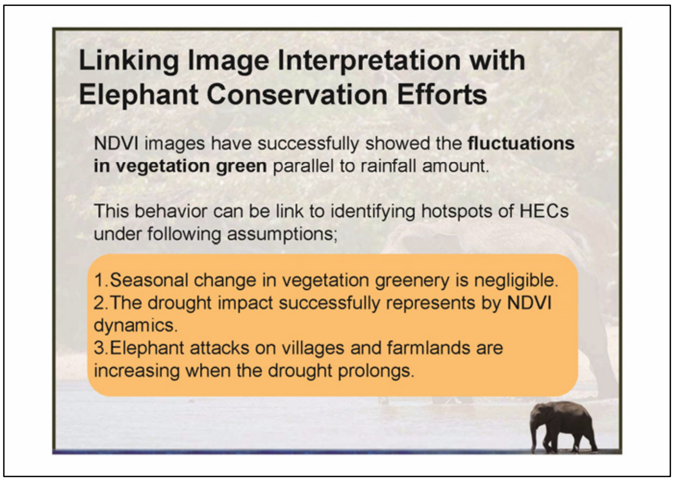
HECs are severe in this region, and only second to north-central Sri Lanka's incidents.

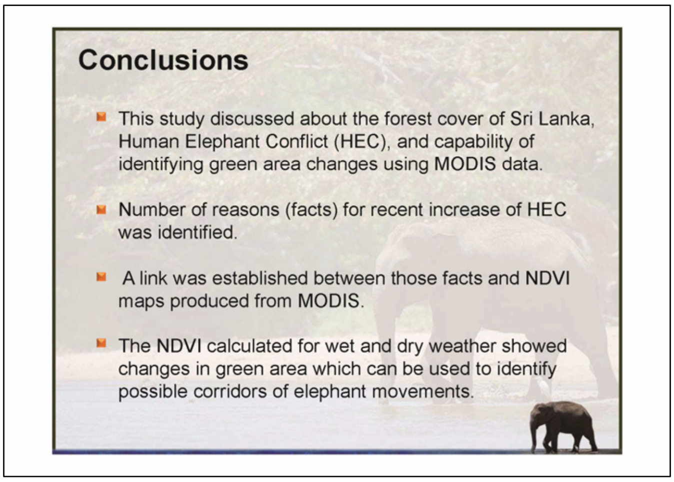
Three NDVI data sets (maps) were produced with 9 greenery classes.

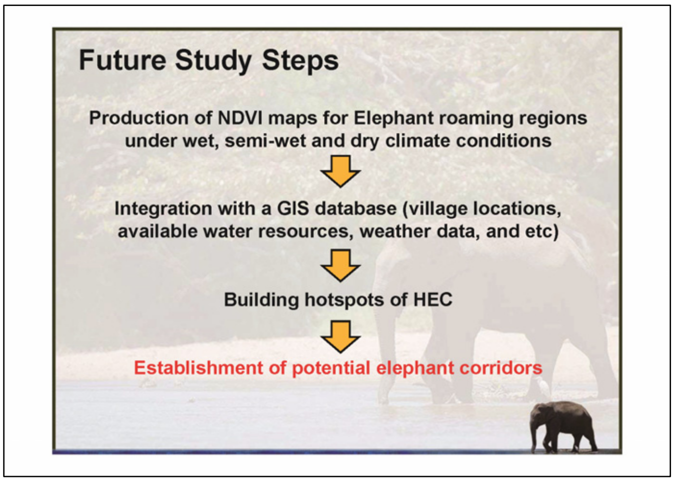
NDVI Analysis

Possible movement directions of Elephants in dry season


NDVI Analysis
Over 0.4 NDVI can be counted as high in green and is dominating in January 31st and March 28th images.
The July 28th image is falling into dry season and central part of the region has turned into NDVI value less than 0.4.
Average Rainfall mm
200
150
100
50
0
31 Jan NDVI
18 May NDVI
28 Jul NDVI
Hambantota
Ambilipitiya
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
High Rainfall & NDVI
Low Rainfall & NDVI and increase possible elephant movements into villages


Linking Image Interpretation with Elephant Conservation Efforts
NDVI images have successfully showed the fluctuations in vegetation green parallel to rainfall amount.
This behavior can be link to identifying hotspots of HECs under following assumptions;
1. Seasonal change in vegetation greenery is negligible.
2. The drought impact successfully represents by NDVI dynamics.
3. Elephant attacks on villages and farmlands are increasing when the drought prolongs.


Conclusions
This study discussed about the forest cover of Sri Lanka, Human Elephant Conflict (HEC), and capability of identifying green area changes using MODIS data.
Number of reasons (facts) for recent increase of HEC was identified.
A link was established between those facts and NDVI maps produced from MODIS.
The NDVI calculated for wet and dry weather showed changes in green area which can be used to identify possible corridors of elephant movements.


Future Study Steps
Production of NDVI maps for Elephant roaming regions under wet, semi-wet and dry climate conditions
Integration with a GIS database (village locations, available water resources, weather data, and etc)
Building hotspots of HEC
Establishment of potential elephant corridors


Thank You

デジタルカメラを利用した土壌炭素貯留量の評価法の開発

はじめに

本郷千春・丹羽勝久

土壌：植生の3～4倍の炭素を有してる巨大な炭素プール

土壌炭素の増減が気象変動に与える影響が甚大

⇩

土壌炭素貯留量把握には現地調査と分析等の膨大な労力

⇩

裸地条件であれば、・衛星画像から土壌炭素貯留量が簡易推定
(Niwa ta al., 2011)

⇩

非裸地条件での簡易推定法？？

調査目的)土壌断面調査写真に基づく土壌炭素貯留量の簡易推定法の確立

方 法

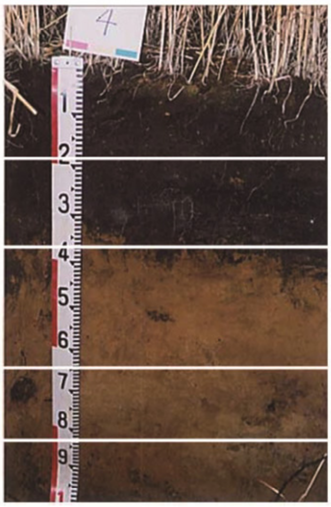
第1層

第2層

第3層

第4層

第5層



＜現地調査＞

○我が国の主要土壌である火山性土を供試土壌とし、16箇所で土壌断面調査(十勝地域芽室町)。
○各層位で撹乱試料と100cc採土管による不撹乱試料の採取。
○撹乱試料は全炭素、不撹乱試料は容積重の分析に供試。

＜土壌炭素貯留量の算出＞

全炭素、容積重、層厚から各層位の土壌炭素貯留量を算出。

＜画像処理＞

○各層位別に土層をRGBに色分解。
○スケールの白色部分をRGBに色分解。

＜回帰分析＞

○土壌炭素貯留量 vs 色分解値(Soil)
○土壌炭素貯留量 vs 色分解値(Soil)÷色分解値(White)

調査結果

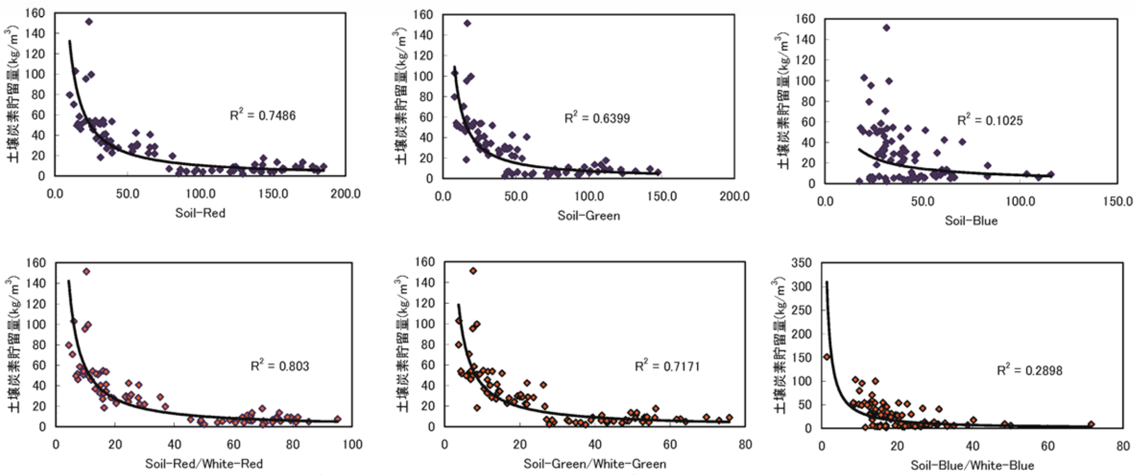


図 土壌断面写真の色分解値と土壌炭素貯留量の関係

色分解値(Soil：Red)÷色分解値(White)から高精度に土壌炭素貯留量を評価可能

課 題

検土杖、オーガ等を用いた層位区分の簡素化。

RESEARCH ON DETECTION OF RICE ECOTYPES BY CANOPY SPECTRAL REFLECTANCE

Mitsuo KAMBAYASHI[1)]*, Koki HOMMA[1)], Masayasu MAKI[2)], Yoshihiro HIROOKA[1)], Tatsuhiko SHIRAIWA[1)]

1) Graduate School of Agriculture, Kyoto University(Public organization), Kitashirakawa-Oiwake, Sakyo, Kyoto 6906-8502, Japan
Tel : +81 (0)75-753-6042; Fax. +81 (0)75-753-6065
*E-mail : cancanbayashi@yahoo.co.jp

2) Graduate School of Engineering, Kyoto University(Public organization), Katsura, Nishikyo, Kyoto 615-8540, Japan

INTRODUCTION

The cultivation differentiates rice into subspecies (indica and japonica) and the improvement also differentiates rice into traditional and improved types. So, in rice, growth and productivity is quite varied with these differentiations (ecotypes).
For the future food security, development of simulation model with satellite based on remote sensing is recommended. For the purpose, this study aimed to distinguish rice ecotypes which cause large difference in the productivity by remotely sensed canopy spectral reflectance on the ground.

MATERIALS AND METHODS

<FIELD>

Site : Experimental Paddy field of Kyoto University (35° 02' N, 135° 47' E)
Date : Seeding → May 10th , Transplanting → June 7th.
Treatment : Standard → $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ = 10-10-10 g m^{-2} (basal 5 + topdressing 5 g m^{-2})
Less → $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ = 5-5-5 g m^{-2} (only basal fertilizer)
Non → $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ = 0-0-0 g m^{-2}
Cultivar : 4 Japonica, 4 Indica

Cultivar	Abbreviation	Origin	Subspecies	Breeding	Appearance	Maturation (Heading date)
Shinnou265 (Erect panicle)	EP	China	Japonica	Improved	Vertical	Early (8/5)
Shinnou265 Double density	WEP	〃	〃	〃	〃	〃
Koshihikari	Kos	Japan	Japonica	Improved	Intermediate	Early (8/8)
Kasalath	Kas	India	Indica	Traditional	Horizontal	Early (8/11)
Takanari	Tak	Japan	Indica	Improved	Vertical	Intermediate(8/14)
Nipponbare	Nip	Japan	Japonica	Improved	Vertical	Intermediate(8/20)
B6144F-MR-6-0-0	B6144	Indonesia	Indica	Improved	Intermediate	Late(8/26)
Beniasahi	Beni	Japan	Japonica	Traditional	Intermediate	Late(8/30)
Bei Khe	Bei	Cambodia	Indica	Traditional	Horizontal	Late(9/6)

Plants density : 30 cm × 15 cm (22.2 plants m^{-2}) for all cultivars
※EP is also planted at double density (15 cm × 15 cm (44.4 plants m^{-2}).

<MODEL>

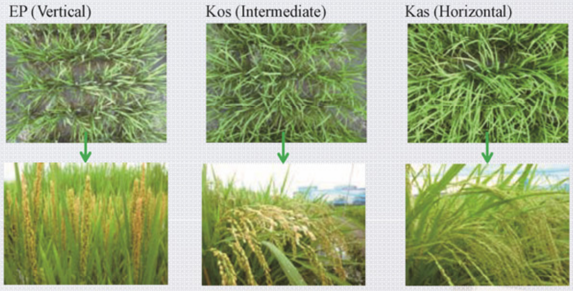
TIPS (Time-series change Index of Plant Structure)(Hashimoto.et al.2009)
This can show time-series change of plants growth by plants canopy reflectance.
This can consider plant structure under canopy.
Using TIPS, we tried to calculate LAI in this study.

<MEASUREMENT>

Canopy spectral reflectance
Device : Spectroradiometer MS-720 (EKO)
350 nm-1050 nm (resolution : 3 nm)
Frequency : Once about a week after transplanting
Height : 1 m above plants canopy

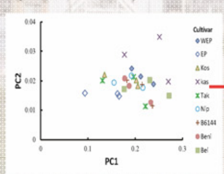
LAI (Leaf Area Index)
Device : plant canopy analyzer LAI-2200 (LI-COR)
Frequency : Once a week from three weeks after transplanting

EP (Vertical) Kos (Intermediate) Kas (Horizontal)

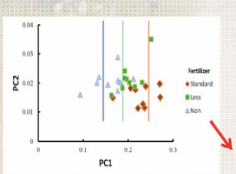


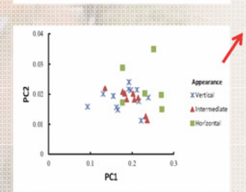
RESULT AND DISCUSSION

1) Principal component analysis
We conducted PCA by wavelength (20-40nm interval).



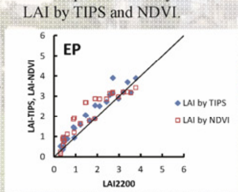
Reflectance factors did not show any obvious trend for each cultivar.

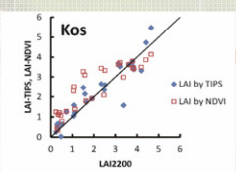


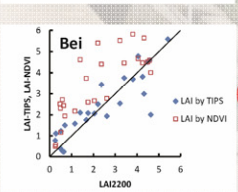


Effect of leaf quantity was larger than that of leaf appearance.

2) Estimation of LAI by TIPS and NDVI
We compared accuracy of estimation of LAI by TIPS and NDVI.







Except for WEP, EP and Kos, estimation of LAI by TIPS have scattering totally.

Low accuracy.

But

TIPS is less sensitive to leaf angle distribution and more sensitive to LAI than NDVI.

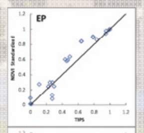
NDVI shows canopy coverage.
TIPS considers plant structure under the canopy.

Accordingly

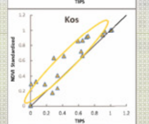
The difference between LAI and canopy coverage means foliage structure.

The difference between TIPS and NDVI may be useful to distinguish rice ecotypes.

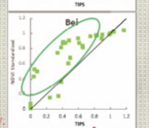
3) The difference between TIPS and NDVI
We standardize NDVI and show the difference between TIPS and LAI.



Little difference between LAI by TIPS and by NDVI.



Small difference between LAI by TIPS and by NDVI.



Large difference between LAI by TIPS and by NDVI.

Quantification

Cultivar	Degree of bend	Appearance
WEP	0.41	Vertical
EP	0.95	Vertical
Kos	0.62	Intermediate
Kas	0.68	Horizontal
Tak	0.81	Vertical
Nip	0.98	Vertical
B6	0.78	Intermediate
Beni	0.44	Intermediate
Bei	0.41	Horizontal

We calculate "a" in the equation $Y=X^a$ as degree of bend.

The degree of bend seems to be relatively consistent with leaf appearance.

WEP suggests density of leaf also affects degree of bend.

CONCLUSION

Since statistical analysis indicated that reflectance factors are not so different among rice ecotypes, the study analyzed how to distinguish leaf appearances. Based on the report that TIPS is the index for LAI while NDVI is for canopy coverage, we focused on the difference in estimated LAI between by TIPS and by NDVI. The degree of bend of NDVI against TIPS was corresponded with the leaf appearance. In order to improve the distinction, we may need to develop the method to distinguish another characteristic, ex. leaf nitrogen concentration.

インドネシア国チタルム川流域における水資源量と窒素濃度の時空間分布

針谷龍之介*, 吉田貢士**, 安瀬地一作**, 黒田久雄**, 本郷千春***

（ *茨城大学大学院農学研究科 **茨城大学 ***千葉大学）

①背景と目的

インドネシア国チタルム川(**Fig.1**)は首都ジャカルタへの上水供給の8割を占めているが、人口の増大と工業用水需要の増大から乾季には水不足が発生している。また、上流域における森林の違法伐採および農地での過剰な施肥により森林減少、土壌侵食、栄養塩流出が生じ、貯水池における深刻な堆砂・富栄養化問題が起こっている（Poerbandono et al. 2006）。そこで流域全体の水・物質循環過程を対象とした水と汚濁負荷物質の流れを解明することおよびその定量的な評価が必要不可欠である。

近年では流域水環境を評価する手法として、地形・土地利用・土壌条件・インフラ整備状況を考慮可能な分布型流出モデルが注目されている。そこで本研究では水環境保全・改善に向けた栄養塩流出モデルを構築し、水資源量と栄養塩流出の時・空間分布を把握することを目的とした。本研究では、降雨－流出過程を時系列的、空間的に把握でき、GISデータとリンクが容易でパラメータ数が少ない完全分布型TOPMODELを適用した。これに原単位法より算定された排出窒素負荷量を与えることで、チタルム川流域における排出濃度の時・空間分布を推定した。

Fig.1 チタルム川流域

②研究手法 - 降雨流出解析 -

完全分布型TOPMODEL(Fig.2)

TOPMODELでは根圏、不飽和層、飽和層の3つの貯留部における水収支が計算される。流域をグリッドで分割し各グリッドにTOPMODELを適用することにより、流出量を空間的に算出できる。そのため、流域の任意の地点での流量を推定可能である。インプットデータは降雨量、可能蒸発散量、標高、土地利用、土壌条件であり、キャリブレーションパラメータも3つと簡便である。そして計算された各グリッドの流出量を擬似河道網にそって積算する。

既存ダムのモデル化(Fig.3)

利用可能水資源量の把握において流域内の大規模ダムの影響は大きいと考えられる。

・貯水量＞ (無効貯水量+有効貯水量)のとき、
　放流量=流入量

・貯水量≦(無効貯水量+有効貯水量)のとき、
　放流量=発電放流量+放流係数(貯水量-無効貯水量)

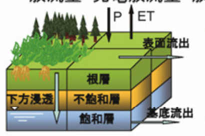


Fig.2 完全分布型TOPMODELの構成

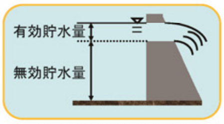


Fig.3 ダム貯水量概念図

- 汚濁負荷解析 -

原単位法

人口、畜産、土地利用などの流域環境情報に対して、汚濁負荷の原単位を与え、排出負荷を算定する方法

Table1 面源排出源単位

	排出負荷原単位(kgN/km^2/yr)	
市街地	1040	(大久保ら,1997)
水田	1690	（吉川,2006）
畑	510	（国松・村岡,1989）
プランテーション	2070	（静岡県茶業試験場,1988）
森林	224	（田中,2011）

Table2 点源排出源単位

	排出負荷原単位
豚・ヤギ	7.5kgN/頭・yr
牛	37.2kgN/頭・yr
家禽	0.37kgN/羽・yr
人	1.7kgN/人・yr

（国松・村岡,1989）

※点源については発生負荷原単位から國松らの排出率を乗じて排出負荷原単位に換算
人については日本とインドネシアの摂取カロリーベースから換算

③解析結果 – 水資源量の推定-

解析対象期間は1993年～2006年であり、グリッドサイズは1kmとした。解析にはCirataダムにおける降雨量とNanjung地点における流量を用いた。解析結果をFig.4に示す。ハイドログラフの形状は雨量・気象観測点の密度の低さにもかかわらず、雨季・乾季の流量を良好に再現することができた。

ダムモデルの検証結果をFig.5に示す。簡略化したルールにもかかわらず、貯水量を概ね再現する事ができた。

Fig.6に2005年渇水年の水資源量の時・空間分布を示す。解析対象内の季節変動を水資源量の時・空間的な変化からその傾向を把握できた。さらには本流だけでなく、支流の水資源量を把握することができた。

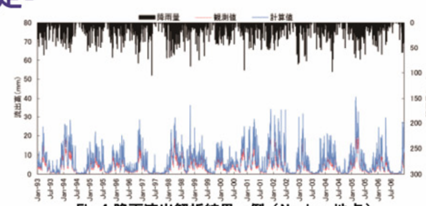


Fig.4 降雨流出解析結果一例（Nanjung地点）

雨季・乾季の流量を良好に再現

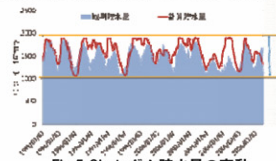


Fig.5 Cirataダム貯水量の変動

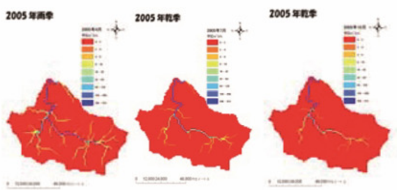


Fig.6 水資源量の時・空間分布（2005年渇水年）

水資源量の時・空間分布を把握

- 排出負荷量の推定-

人口・家畜頭数の空間分布と土地利用データと各排出負荷原単位から流域内負荷量の空間分布を作成した。（Fig.7）

当該流域における各排出源ごとの負荷量の割合を見ると、面源については水田とプランテーション、点源については人口と家禽が主な負荷排出源であることがわかった。（Table3）

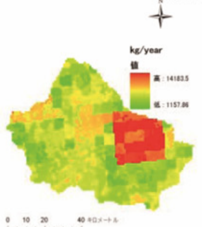


Fig.7 流域内排出負荷量の分布

Table3 流域内の点源・面源由来の年間総負荷量

	排出負荷量（t/yr）	割合(%)
牛	1113	4.4
家禽	7565	30
豚	44	0.17
ヤギ	1263	5.0
人	10321	41
市街地	55	0.20
水田	2087	8.3
畑	157	0.6
プランテーション	2138	8.5
森林	322	1.3
流域全体	25065	100

排出負荷量の空間分布を把握

④栄養塩流出解析

負荷量の空間分布と推定された水資源量から、解析対象内のT-N濃度の時・空間分布を作成した。（Fig.8）Nanjung地点におけるT-N濃度の計算値と実測値により空間分布の精度を検証した。(Fig.9)

原単位法により、推定されたT-N濃度は実測値を常に大きく上回る結果となった。

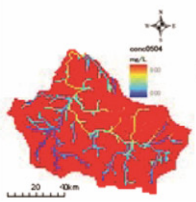


Fig.8 T-N濃度の時・空間分布（2005年4月）

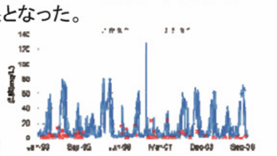


Fig.9 T-N濃度解析結果（Nanjung地点）

T-N濃度が過大に評価

過大評価の原因

点源から発生した栄養塩が農地面源における窒素循環過程に組み込まれ減衰されてから排出されるプロセスを考慮していない。

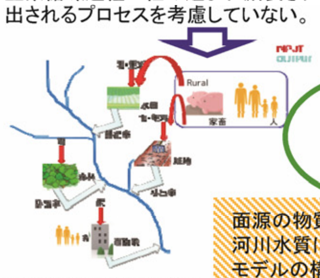


Fig.10 面源物質循環を考慮した栄養塩流出モデル概念図

今後の課題!!

面源の物質循環を河川水質に結びつけるモデルの構築

⑤まとめ

完全分布型TOPMODELを構築・適用することで、検証地点の流量をおおよそ再現できた。そのため、流域内の水資源量の分布を推定することが可能となった。

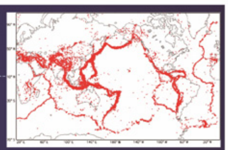
しかし、汚濁負荷解析については原単位法での推定において流域内での負荷量が過大に評価された。そのため、今後、面源の物質循環を考慮したモデルの構築を検討する必要がある。

今後、構築されたモデルを用いて、土地利用の変化や施肥量の削減などの排出負荷削減対策を想定したシナリオ分析を実施し、得られた空間分布から、対策の優先度の高い地域の特定や下流域での水質汚濁軽減へ直接的につながる対策の検討を行う。

MODISデータを用いた 火山・溶岩活動の検知について

服部克巳, 堤梨花, 廣岡伸治
千葉大学大学院理学研究科

背景



- 世界には多くの火山が存在している。
- 全ての火山を連続監視することは多くのコストを要する。
- 火山活動は温度上昇を伴う。
- 衛星によるリモートセンシングでは広範囲の地表面温度の監視が可能。
- 衛星データを使用することで、効率的に多くの火山を連続監視することができる。

目的

- 衛星データによる、溶岩活動(溶岩流や溶岩ドームなど)に伴う温度異常の検知。
- **使用データ**
  - MODIS(人工衛星Aquaに搭載されているセンサ)夜間data
    - 長所:空間分解能が良い(〜1km)
    - 短所:**雲の影響**を受ける。
- **先行研究 【野口(2010)】 で用いられた溶岩活動検知アルゴリズム**
  - メラピなどのインドネシアの火山に対して適用できている。
  - しかし、浅間山などの日本の火山については上手く適用できていない。
    ⇒**雲の除去が上手くできていない**ため。

**本研究では、
雲の除去をより正確に行うことで、より精度の高い解析を目指す。**

人工衛星Aqua

- 打ち上げ日:2002年5月4日
- 高度:705 km
- 軌道:太陽同期準回帰軌道
- 傾斜角:98度
- 周回周期:99分
- 回帰日数:16日

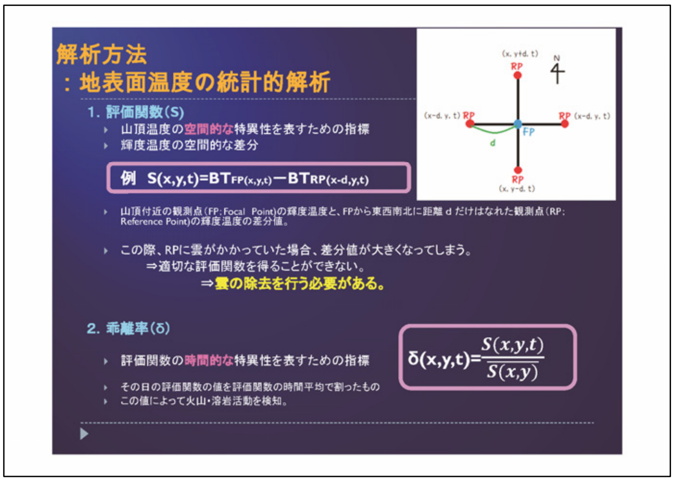
本日の発表内容

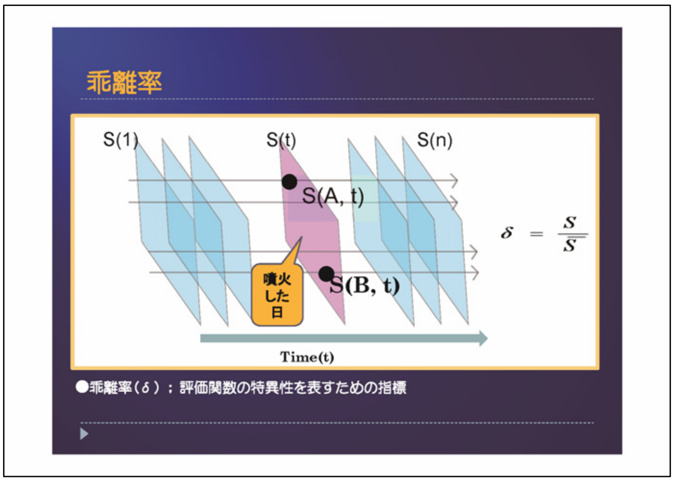
- **解析方法**
  - **地表面の温度の統計的解析**
    - 評価関数
    - 乖離率
  - **雲除去**
    - 先行研究手法
    - 本研究手法
- **結果と検証**
  - **衛星による雲除去の結果とLidarデータとの比較による検証**
  - **地表面の温度異常の解析結果**

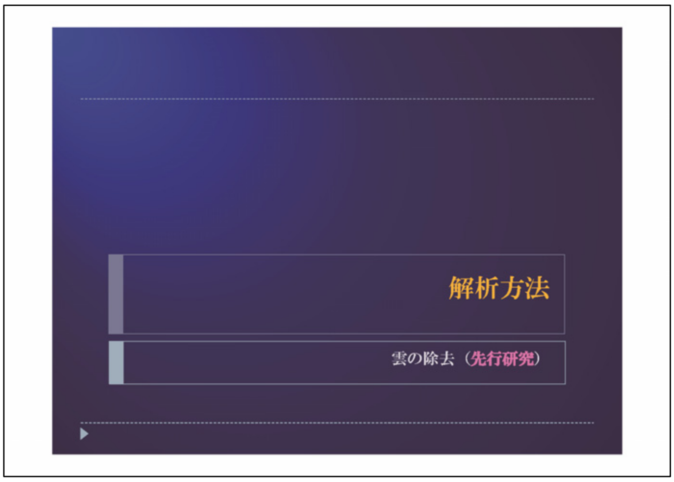
解析方法

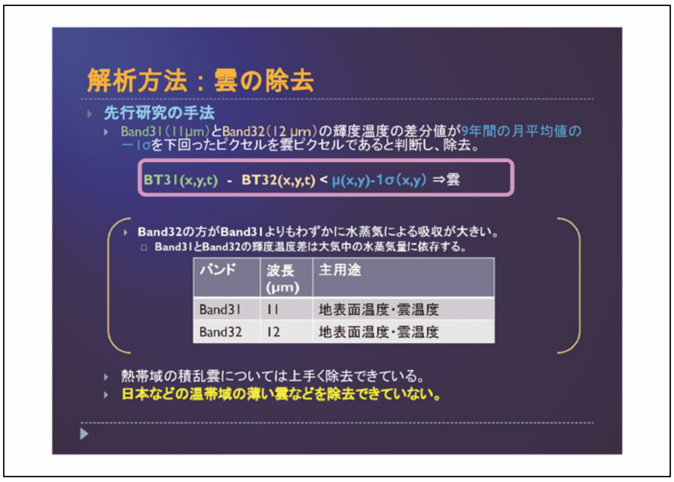
地表面温度の統計的解析

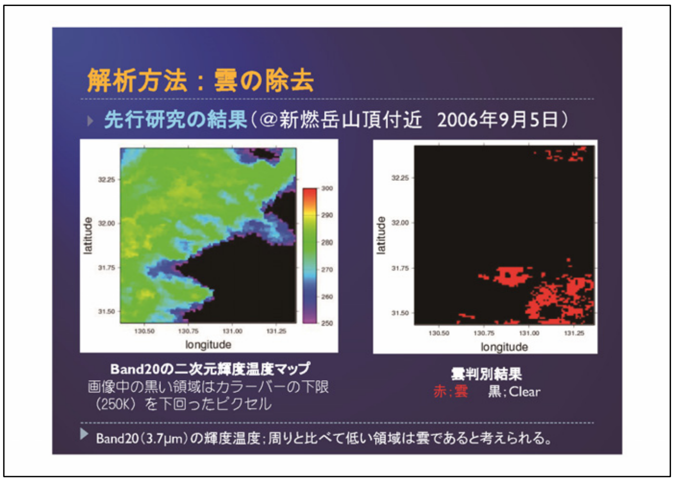

解析方法；地表面温度の統計的解析
使用バンド
バンド | 波長 (μm) | 主用途
Band20 | 3.7 | 地表面温度・雲温度
Band27 | 3.9 | 水蒸気・巻雲
Band31 | 11 | 地表面温度・雲温度
Band32 | 12 | 地表面温度・雲温度
Band34 | 13.7 | 雲頂高度
Band35 | 13.9 | 雲頂高度
●地表面温度の統計的解析；Band20を使用。
※雲を透過することができないので、雲がかかっている際は、雲の温度を測定。


解析方法
：地表面温度の統計的解析
1. 評価関数(S)
山頂温度の空間的な特異性を表すための指標
輝度温度の空間的な差分
例 S(x,y,t)=BTFP(x,y,t)－BTRP(x-d,y,t)
(x, y+d, t)
RP
N
(x-d, y, t) RP
RP (x-d, y, t)
FP
d
RP
(x, y-d, t)
山頂付近の観測点（FP: Focal Point)の輝度温度と、FPから東西南北に距離 d だけはなれた観測点（RP: Reference Point)の輝度温度の差分値。
この際、RPに雲がかかっていた場合、差分値が大きくなってしまう。
⇒適切な評価関数を得ることができない。
⇒雲の除去を行う必要がある。
2. 乖離率(δ)
評価関数の時間的な特異性を表すための指標
δ(x,y,t)=S(x,y,t)/S(x,y)
その日の評価関数の値を評価関数の時間平均で割ったもの
この値によって火山・溶岩活動を検知。


乖離率
S(1)
S(t)
S(n)
S(A, t)
S(B, t)
噴火した日
Time(t)
δ = S/S
●乖離率(δ)：評価関数の特異性を表すための指標

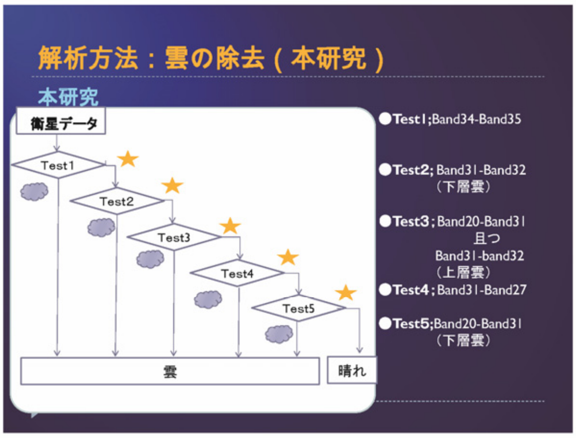

解析方法
雲の除去（先行研究）

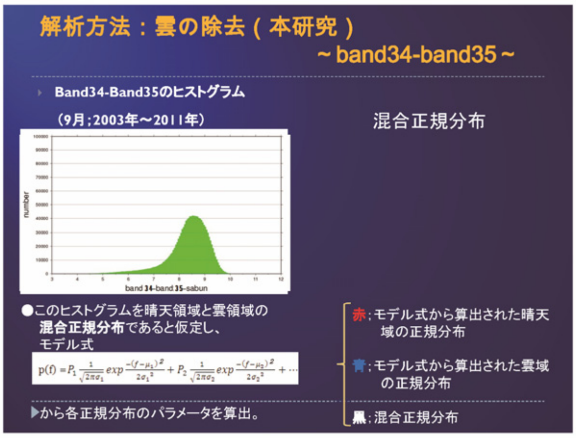

解析方法：雲の除去
先行研究の手法
Band31(11μm)とBand32(12 μm)の輝度温度の差分値が9年間の月平均値の－1σを下回ったピクセルを雲ピクセルであると判断し、除去。
BT31(x,y,t) - BT32(x,y,t) < μ(x,y)-1σ(x,y) ⇒雲
Band32の方がBand31よりもわずかに水蒸気による吸収が大きい。
Band31とBand32の輝度温度差は大気中の水蒸気量に依存する。
バンド | 波長 (μm) | 主用途
Band31 | 11 | 地表面温度・雲温度
Band32 | 12 | 地表面温度・雲温度
熱帯域の積乱雲については上手く除去できている。
日本などの温帯域の薄い雲などを除去できていない。

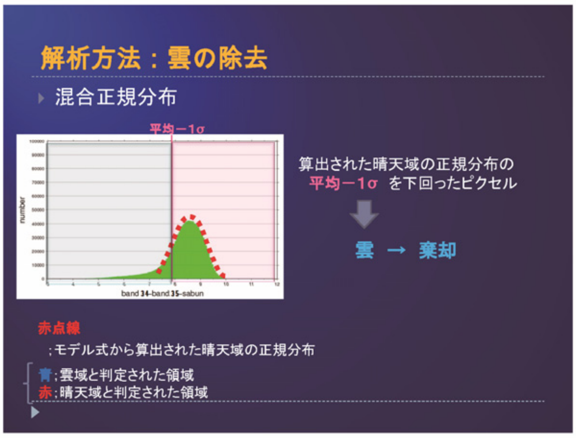

解析方法：雲の除去
先行研究の結果（@新燃岳山頂付近　2006年9月5日）
latitude
longitude
Band20の二次元輝度温度マップ
画像中の黒い領域はカラーバーの下限（250K）を下回ったピクセル
雲判別結果
赤：雲　黒：Clear
Band20（3.7μm）の輝度温度：周りと比べて低い領域は雲であると考えられる。

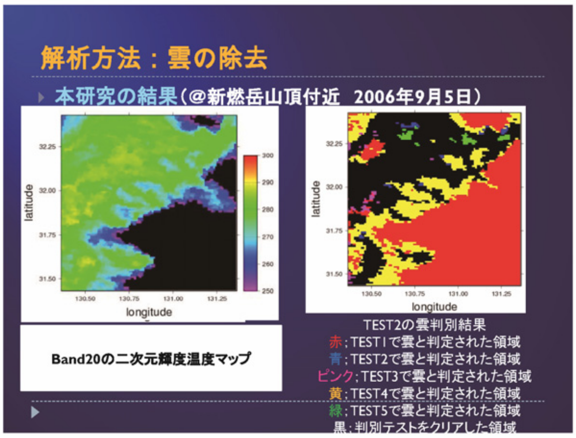

解析方法
雲の除去（本研究）

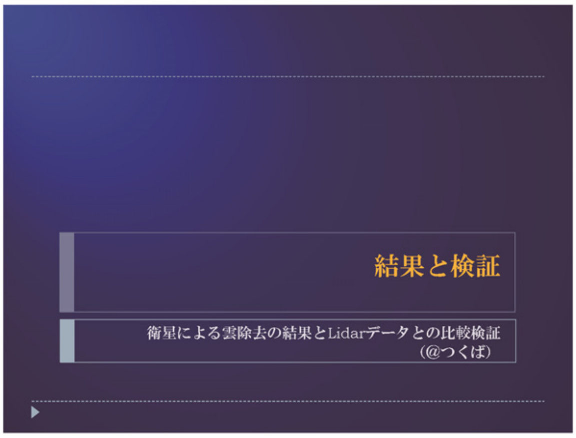

方法：雲の除去（本研究）
本研究
雲に対する感度が高いとされている以下の4つのバンド間差分値から雲の判別を行った。
①Band34−Band35
②Band31−Band27
③Band20−Band31
④Band31−Band32
バンド | 波長(μm) | 主用途
Band20 | 3.7 | 地表面温度・雲温度
Band27 | 3.9 | 水蒸気・巻雲
Band31 | 11 | 地表面温度・雲温度
Band32 | 12 | 地表面温度・雲温度
Band34 | 13.7 | 雲頂高度
Band35 | 13.9 | 雲頂高度


解析方法：雲の除去（本研究）
本研究
衛星データ
Test1
Test2
Test3
Test4
Test5
雲
晴れ
●Test1;Band34-Band35
●Test2;Band31-Band32（下層雲）
●Test3;Band20-Band31 且つ Band31-band32（上層雲）
●Test4;Band31-Band27
●Test5;Band20-Band31（下層雲）

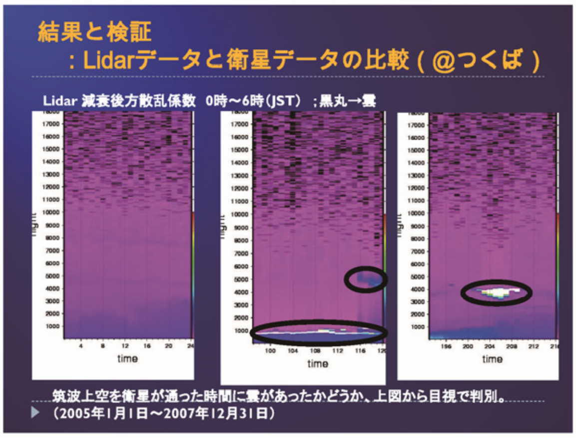

解析方法：雲の除去（本研究）
～band34-band35～
Band34-Band35のヒストグラム
（9月；2003年～2011年）
混合正規分布
number
band 34-band 35-sabun
●このヒストグラムを晴天領域と雲領域の混合正規分布であると仮定し、
モデル式
$p(f) = P_1 \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_1}} exp \frac{-(f-\mu_1)^2}{2\sigma_1{}^2} + P_2 \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_2}} exp \frac{-(f-\mu_2)^2}{2\sigma_2{}^2} + \cdots$
から各正規分布のパラメータを算出。
赤；モデル式から算出された晴天域の正規分布
青；モデル式から算出された雲域の正規分布
黒；混合正規分布

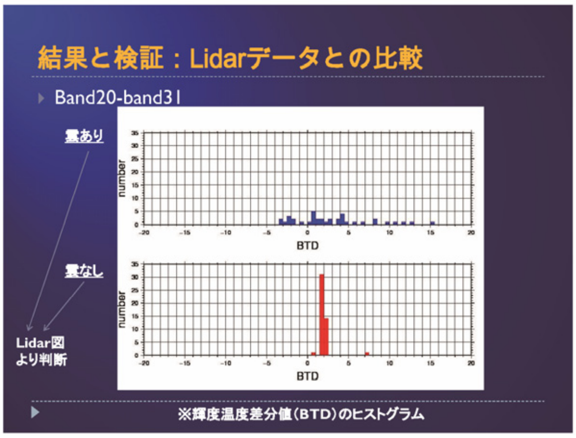

解析方法：雲の除去
混合正規分布
平均−1σ
number
band 34-band 35-sabun
算出された晴天域の正規分布の
平均−1σ を下回ったピクセル
雲 → 棄却
赤点線
；モデル式から算出された晴天域の正規分布
青；雲域と判定された領域
赤；晴天域と判定された領域

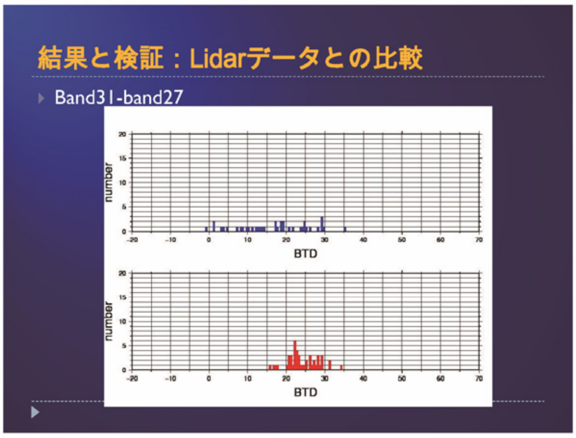

解析方法：雲の除去
本研究の結果（@新燃岳山頂付近 2006年9月5日）
latitude
longitude
Band20の二次元輝度温度マップ
TEST2の雲判別結果
赤；TEST1で雲と判定された領域
青；TEST2で雲と判定された領域
ピンク；TEST3で雲と判定された領域
黄；TEST4で雲と判定された領域
緑；TEST5で雲と判定された領域
黒；判別テストをクリアした領域

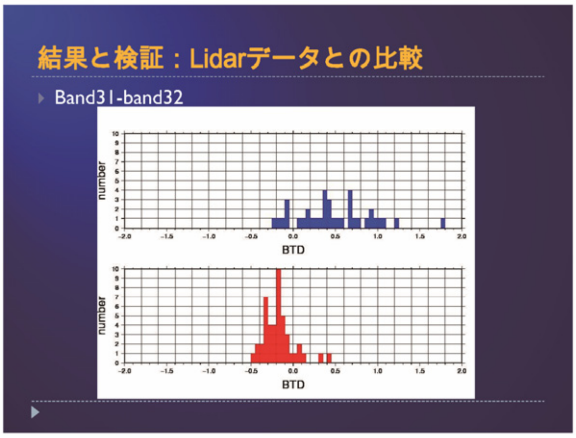

結果と検証
衛星による雲除去の結果とLidarデータとの比較検証
(@つくば)

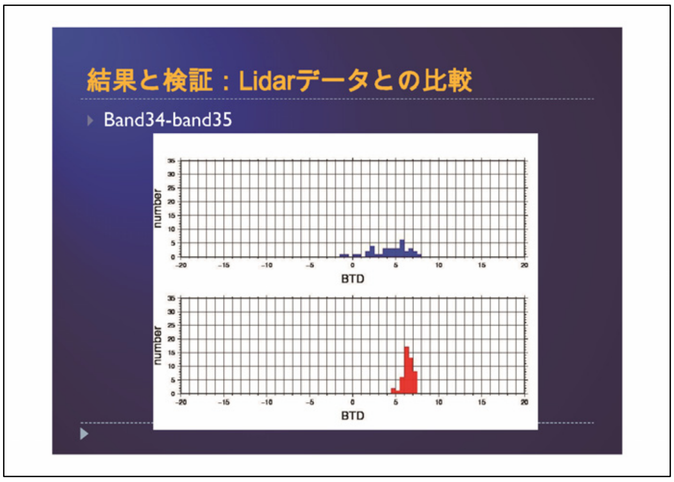

結果と検証：Lidarデータとの比較(@つくば)
Lidarとは
レーザーを大気中へ発射し、大気中のエアロゾルや分子による後方散乱光を測定するもの。
後方散乱を測定することで、レーザーを発している一定点の上空 数十 kmに雲があるかどうかを知ることができる。
使用したLidarデータ
国立環境研究所 Lidar連続観測データ(@つくば)
位置
データ
緯度:36.05 N
15分間隔
経度:140.12E
高度30m〜18000m (600点)
標高:29 m a.s.l.
減衰後方散乱係数 (単位: /sr/m)
水戸
千葉
千葉県
減衰後方散乱係数
後方散乱強度に装置定数をかけたもの
後方散乱強度
散乱の強さ(雲底での強い散乱がみえる)
雲の中やそれより上にはレーザー光が届かないため、データなしとなる。

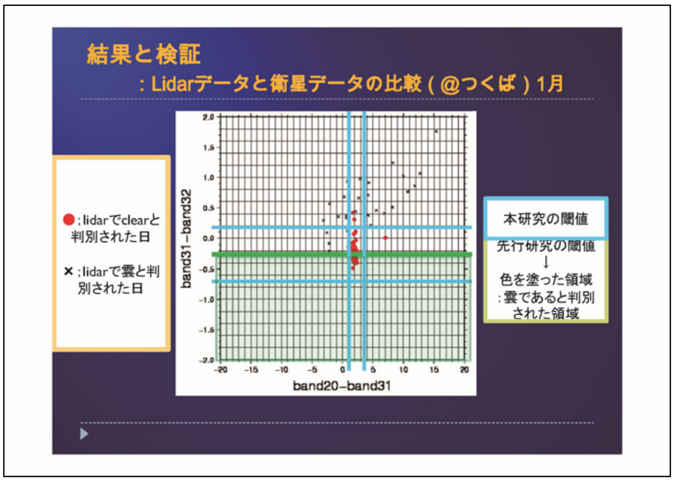

結果と検証
：Lidarデータと衛星データの比較(@つくば)
Lidar 減衰後方散乱係数 0時〜6時(JST) ；黒丸→雲
time
time
time
筑波上空を衛星が通った時間に雲があったかどうか、上図から目視で判別。
(2005年1月1日〜2007年12月31日)

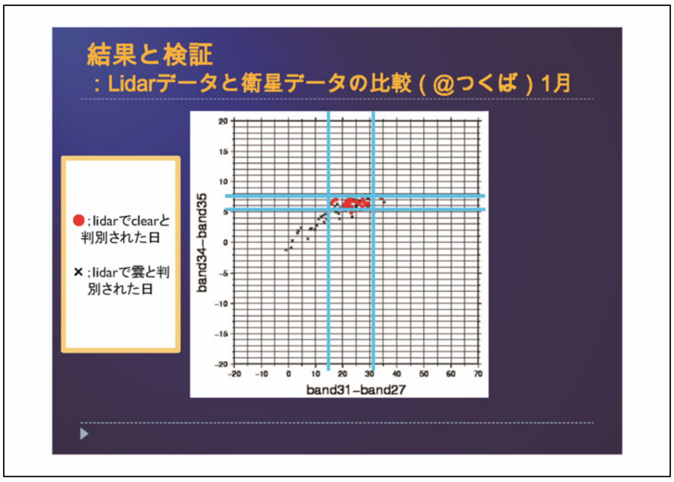

結果と検証：Lidarデータとの比較
Band20-band31
雲あり
雲なし
Lidar図より判断
number
BTD
※輝度温度差分値(BTD)のヒストグラム

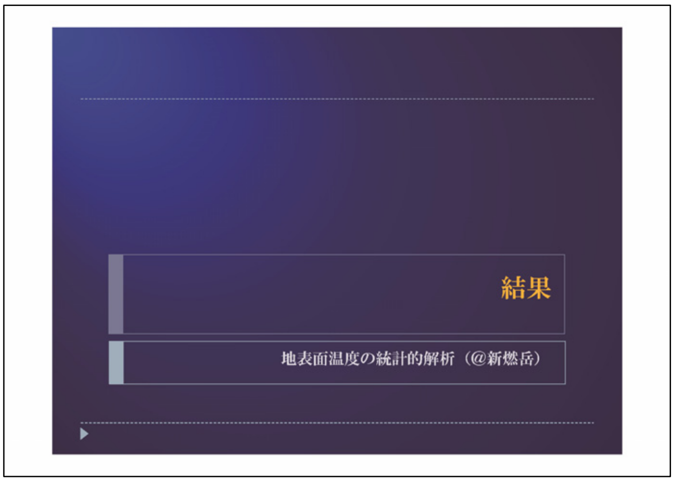

結果と検証：Lidarデータとの比較
Band31-band27
number
BTD

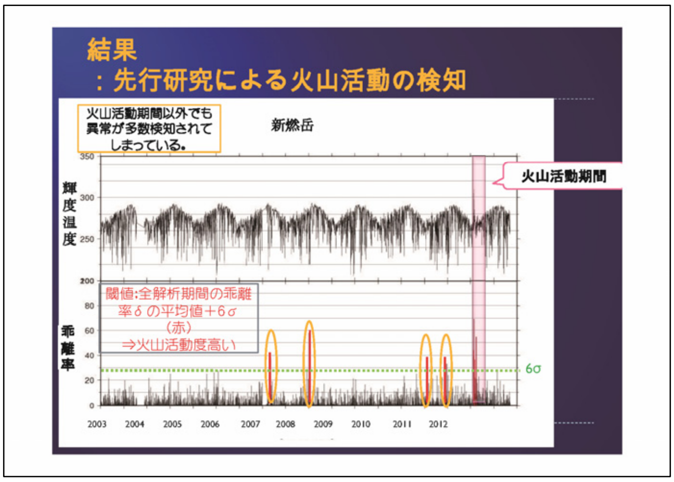

結果と検証：Lidarデータとの比較
Band31-band32
number
BTD

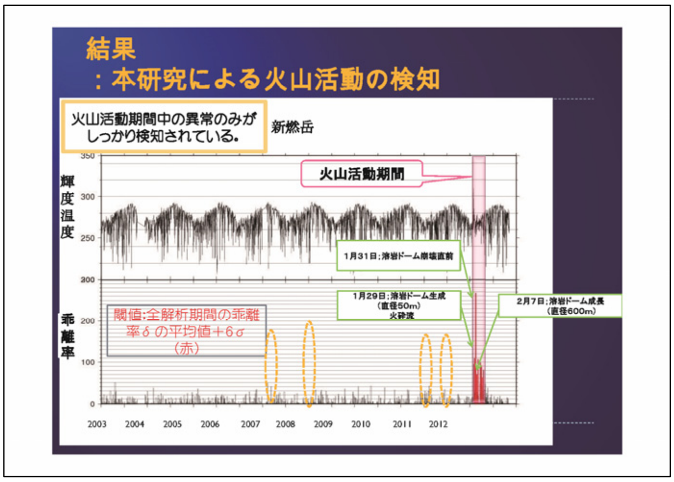

結果と検証：Lidarデータとの比較
Band34-band35
number
BTD
number
BTD

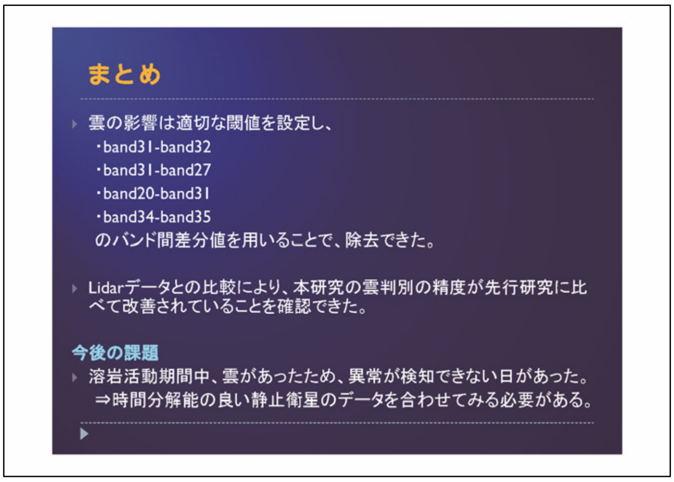

結果と検証
：Lidarデータと衛星データの比較（@つくば）1月
●：lidarでclearと判別された日
×：lidarで雲と判別された日
band31−band32
band20−band31
本研究の閾値
先行研究の閾値
↓
色を塗った領域
：雲であると判別された領域


結果と検証
：Lidarデータと衛星データの比較（@つくば）1月
●：lidarでclearと判別された日
×：lidarで雲と判別された日
band34−band35
band31−band27


結果
地表面温度の統計的解析（@新燃岳）


結果
：先行研究による火山活動の検知
火山活動期間以外でも異常が多数検知されてしまっている。
新燃岳
火山活動期間
輝度温度
乖離率
閾値:全解析期間の乖離率δの平均値＋6σ（赤）
⇒火山活動度高い
6σ
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012


結果
：本研究による火山活動の検知
火山活動期間中の異常のみがしっかり検知されている。
新燃岳
火山活動期間
輝度温度
1月31日；溶岩ドーム崩壊直前
1月29日；溶岩ドーム生成（直径50m）火砕流
2月7日；溶岩ドーム成長（直径600m）
乖離率
閾値:全解析期間の乖離率δの平均値＋6σ（赤）
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012


まとめ
雲の影響は適切な閾値を設定し、
・band31-band32
・band31-band27
・band20-band31
・band34-band35
のバンド間差分値を用いることで、除去できた。
Lidarデータとの比較により、本研究の雲判別の精度が先行研究に比べて改善されていることを確認できた。
今後の課題
溶岩活動期間中、雲があったため、異常が検知できない日があった。
⇒時間分解能の良い静止衛星のデータを合わせてみる必要がある。


ご清聴ありがとうございました。

一般研究

マイクロ波放射計及びメソ気象モデルを用いた洋上風力資源評価方法の開発 - 大気安定度の風力資源に及ぼす影響 -

香西克俊, 大澤輝夫, 森田承宏
(神戸大学海事科学研究科)
竹山優子
(産業技術総合研究所)

第15回環境リモートセンシングシンポジウム,
2013年2月22日,千葉大学けやき会館

内容

1. はじめに
2. AMSR-E海面水温と風速の検証
3. 洋上風力資源に及ぼす大気安定度の影響
4. まとめ

Wind speed distribution derived from AMSR-E

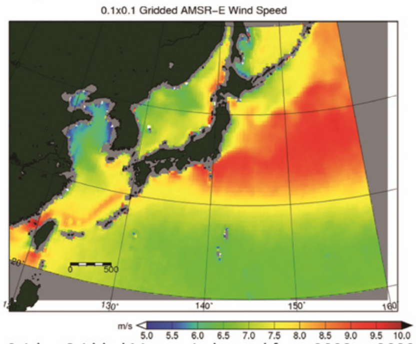
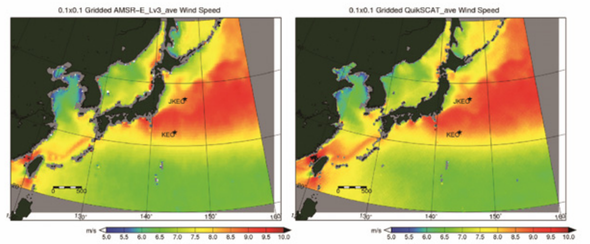


Fig.1 0.1x0.1deg Gridded Mean wind speed from 2003 to 2008 (Suga, 2011)



AMSR-E(2003-2008mean) SeaWinds(2003-2008mean)

Fig.2 Comparison between AMSR-E and SeaWinds(Suga, 2011)

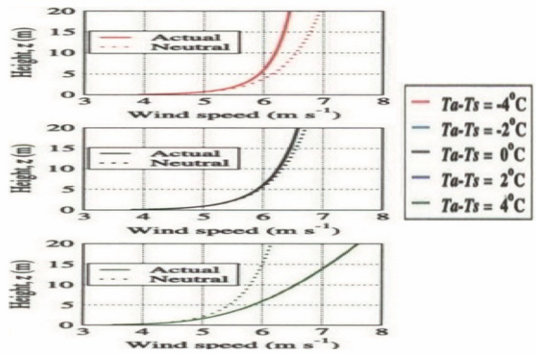


Fig.3 Comparison of stability-dependent and neutral wind speeds for (top) unstable, (middle) neutral and (bottom) stable conditions. (from Kara et al. (2008))

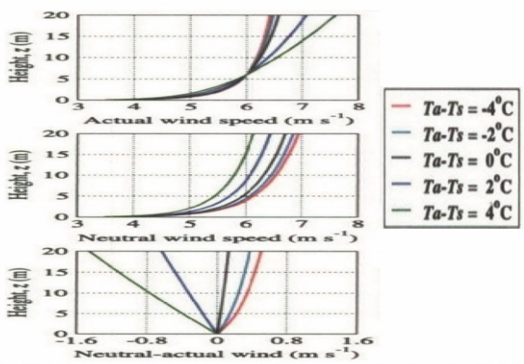


Fig.4 Typical variations of (top) stability-dependent and (middle) equivalent neutral winds with height along with (bottom) the differences between the two.(from Kara et al. (2008))

Purpose

1. 異なる海面水温プロダクトを用いることにより大気安定度の洋上風力資源に及ぼす影響を調べる。

2. AMSR-E風速を用いた洋上風力資源評価方法の開発

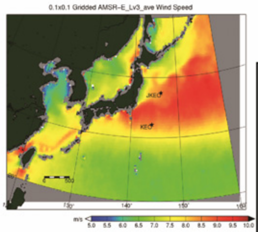


Fig.1 Study area covered by AMSR-E onboard Aqua during the period from 2003 to 2008. (Stars indicate the location of the JKEO & KEO buoys.)

Table 1 Specifications of AMSR-E on board Aqua

Orbit	Sun-synchronous
Altitude	705km
Inclination	98 deg
Local time	04:30, 16:30(UT)
Frequency	6.925, 10.65, 18.7, 23.8, 36.5, 89.0 (GHz)
Spatial res.	5~50km
Polarization	HH and VV
Incidence angel	55 degrees
Swath	1450km
Period	2003-2008

Fig.2 JKEO buoy (Measurement height 4m)

Wind speed at JKEO buoys at 4m → Equivalent Neutral Wind speed at 10m → Stability dependent Wind speed at 10m

LKB code (Tang and Liu, 1996)

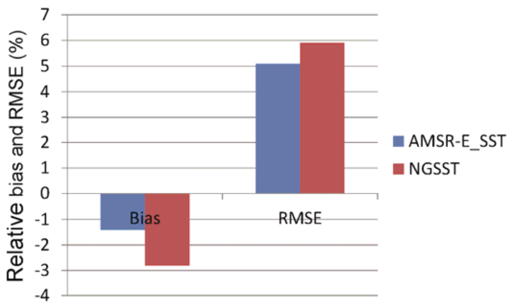


Fig.3 Results of relative bias and RMSE for JKEO buoy SST

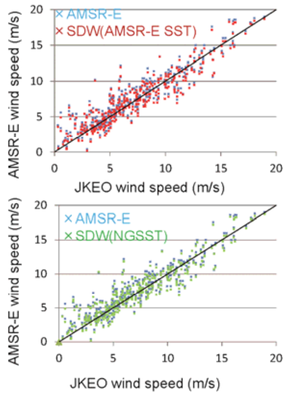


Fig.4 Results of validation against JKEO buoy (2007-2008)

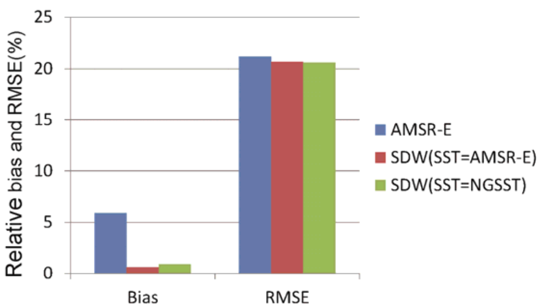
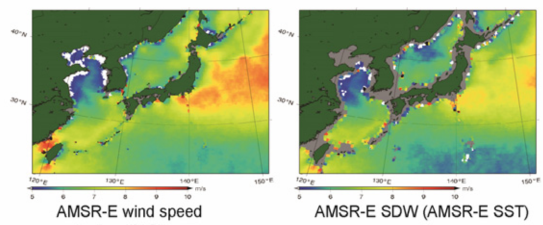


Fig.5 Results of relative bias and RMSE for JKEO buoy wind speed



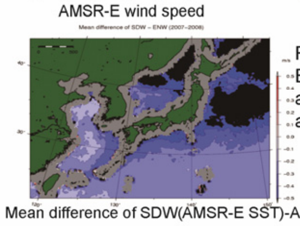
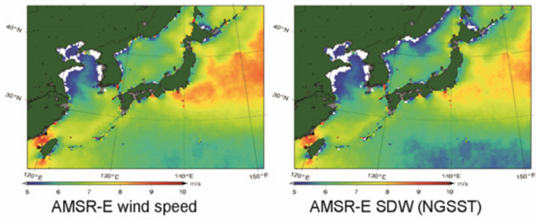


Fig.6 Comparison of AMSR-E derived wind speeds with and without consideration of atmospheric stability



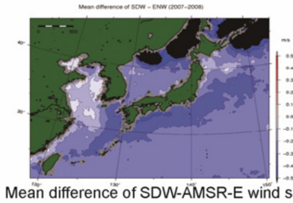


Fig.7 Comparison of AMSR-E derived wind speeds with and without consideration of atmospheric stability

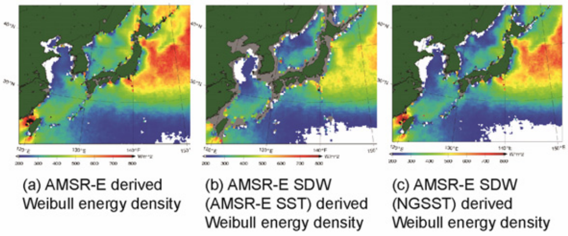


Fig.8 Comparison of AMSR-E derived Weibull energy density with and without consideration of atmospheric stability (different SST sources)

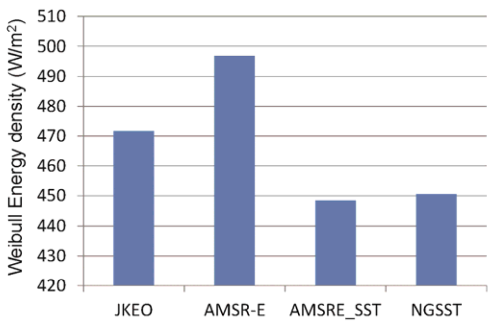


Fig.9 Comparison of energy densities derived from JKEO buoy, AMSR-E with and without consideration of atmospheric stability.

まとめ

(1) JKEOブイ海面水温 に対するAMSR-E海面水温とNGSST の検証結果はAMSR-E海面水温がNGSSTに比較して低いバイアスとRMSEを示した。

(2) 大気安定度を考慮した場合と考慮しない場合のAMSR-E風速の検証結果は考慮した場合が考慮しない場合に比較して低いバイアスとRMSEを示した。

(3) AMSR-E海面水温とNGSSTを用いて大気安定度を考慮したWeibull エネルギー密度はJKEOブイから求められたWeibull エネルギー密度に近い

16

Acknowledgements

AMSR-E wind speed products (Level 2,3) were provided by EORC, JAXA. Wind speed and direction, air and sea surface temperature, relative humidity data at the KEO and JKEO buoys were provided by Pacific Marine Environmental Laboratory, NOAA and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology respectively. This study is supported by a Grant-in-Aid for Scientific Research (B)(2) 19360406, (B) 22360379 and a Grant-in-Aid for Young Scientists (A) 19686052 from the Ministry of Education, Science, Sport and Culture, Japan

Seasonal variation of convective activity over the Australian monsoon region

Yae Aiba[1], Hiroshi G. Takahashi[1,2] and Jun Matsumoto[1,2]

[1]Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University (TMU), Tokyo, Japan
[2]Research Institute for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Yokohama, Japan

Introduction

- Cloud activity is one of fundamental factors in the climate system through the radiation budget.
- Seasonal, intraseasonal and diurnal variations of convective activity are generally dominant over the tropics.
- Many previous studies focus on convective activities over Northern Australia and the Maritime Continent (the Australian-Indonesian monsoon region) on the seasonal and intraseasonal timescales.
- In this study, we focus on seasonal or intraseasonal differences of diurnal variation of cloud activity. It is quite possible that cloud activity over the region is modulated by the seasonal transition from the Pre-monsoon and Monsoon periods, and/or differences between active and inactive phases of Madden-Julian Oscillation (MJO) over the Australian monsoon region.

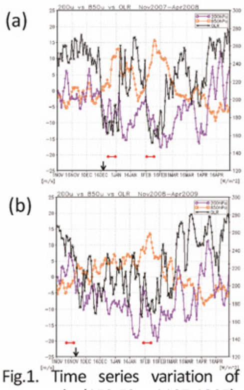


Fig.1. Time series variation of area-averaged (15S-5S, 110E-130E) zonal wind at 850-hPa and 200-hPa and OLR of austral summer (NDJF) of (a) 2007 to 2008 and (b) 2008 to 2009 .

Data and methods

- **Data**: MTSAT-1R, 2 Infrared (12.3-11.3 µm, IR1), JRA/JCDAS-25 zonal and meridional winds at 850 hPa and Precipitable water.
- **Analysis period**: Pre-wet and wet seasons of the Australian monsoon region (Nov. Dec. Jan. and Feb.) from 2007 to 2012.
- **Determination of Australian monsoon onset date**:
A broad-scale Australian monsoon index (Kajikawa et al. 2010) was used. We named 15-day period before the onset date as the Pre-monsoon period and 15-day period after the onset date as the Monsoon period.
- **Discrimination of MJO phases** :The gridded T_{bb} was categorized into MJO phases (Active and Suppressed phases) based on the Real-time Multivariate MJO (RMM) Index (Wheeler and Hendon 2004). We determined the first (second) MJO in each austral summer season (from November to March), which was defined as the earliest MJO (secondarily earliest MJO). T_{bb} were composited based on the first and second MJO periods.

Results

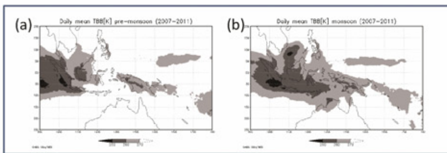
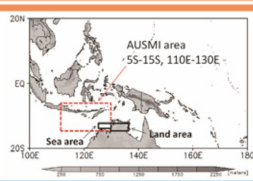


Fig.2. Composite map of daily mean of T_{bb} during (a) the pre-monsoon and (b) the monsoon periods from 2007 to 2011.



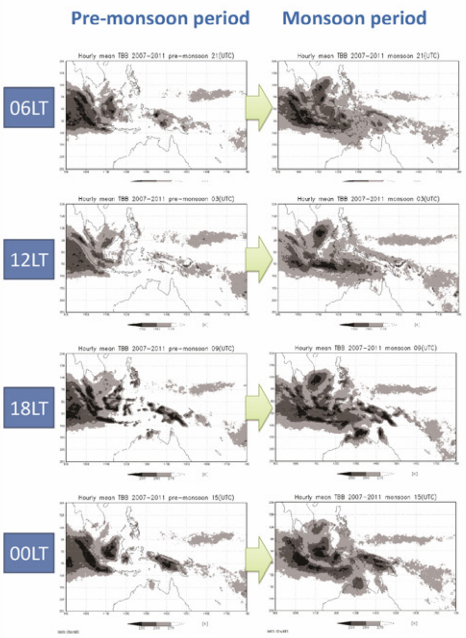


Fig.3. Composite map of hourly mean T_{bb} during the Pre-monsoon and Monsoon periods of the Australian monsoon.

- Tall convective clouds occurred over land of Northern Australia in the evening in both the periods.
- In the early morning, cloud activity was weak both over the sea and land during the Pre-monsoon period, whereas it developed over the sea during the Monsoon period.

Onset

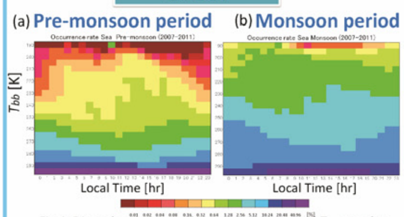


Fig.4. Diurnal variation in the Occurrence rate of T_{bb} over the sea of northern part of Australia in (a) Pre-monsoon period and (b) Monsoon period (2007-2011).

Occurrence timing of the developed convective activity was different. Convective cloud developed in the early afternoon during the Pre-monsoon period, while during the Monsoon period, nocturnal convection was active. Particularly in the early morning, occurrence rate of low T_{bb} was about eight times more increased.

2nd MJO

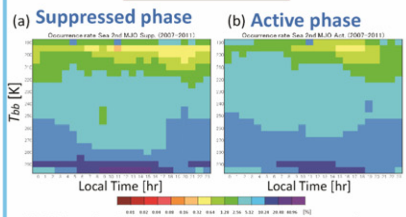


Fig.5. Diurnal variation in the Occurrence rate of T_{bb} over the sea of northern part of Australia in (a) Suppressed phase and (b) Active phase of 2nd MJO (2008-2012).

Difference between Supp. and Act. phases was small. The both phases had the similar diurnal variation patterns. The morning convection was distinct. The daytime convection in Act. phase was more active than in Supp. phase.

1st MJO of after the onset

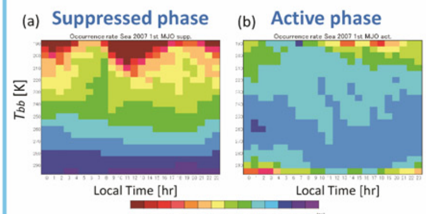


Fig.6. Diurnal variation in the Occurrence rate of T_{bb} over the sea of northern part of Australia in (a) Suppressed phase and (b) Active phase of 1st MJO of after the onset (2007).

1st MJO of before the onset

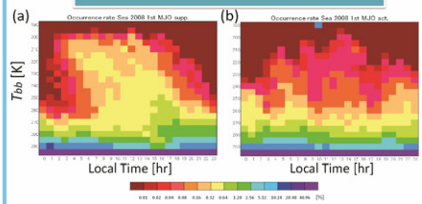


Fig.7. Diurnal variation in the Occurrence rate of T_{bb} over the sea of northern part of Australia in (a) Suppressed phase and (b) Active phase of 1st MJO of before the onset (2008).

Convective activity was more intense during the daytime in Supp. phase of 1st MJO. In Act. phase, well-developed convective clouds occurred from midnight to early morning.

There was a notable difference between 1st MJO of before and after the onset. Convective activity of the 1st MJO of before the onset was inactive and diurnal variation was unclear. After the monsoon onset, convective activity was enhanced throughout the day, particularly in the early morning.

Conclusions

- Daytime convective activity over land was prominent both in the Pre-monsoon and Monsoon periods.
- There was a major difference in cloud activity in the early morning between the Pre-monsoon and Monsoon periods over the Arafura Sea and the Timor Sea. Therefore, the Australian monsoon onset can be characterized as onset of the nocturnal convective activity over the sea near the coast.
- MJO can modify the convective activity, particularly over the sea in the early morning, although the impact was smaller than monsoon onset. However, the impact of MJO before monsoon onset was small.

CP-SAR信号処理システムの Virtex-6 FPGAによる実現

National University Corporation
Chiba University

難波一輝，飯塚慧，草間拓真，
Josaphat Tetuko Sri Sumantyo

BackGround

合成開口レーダ（SAR）

マイクロ波を照射して反射波を受信
天候や昼夜に左右されない
レーダを移動させることで高い解像度を実現

SAR信号処理

画像データは不鮮明
信号処理によって鮮明な画像を得る必要

FPGA

製造後に構成を設計できる集積回路
設計にはハードウェア記述言語を使用

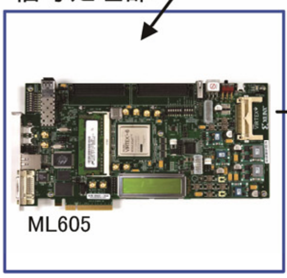
Proposed System

SAR信号処理システム

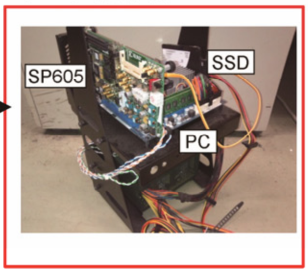
FPGAを用いたSAR信号処理
処理後は保存用FPGAとPCを経由してSSDへ保存

UAV

信号処理部

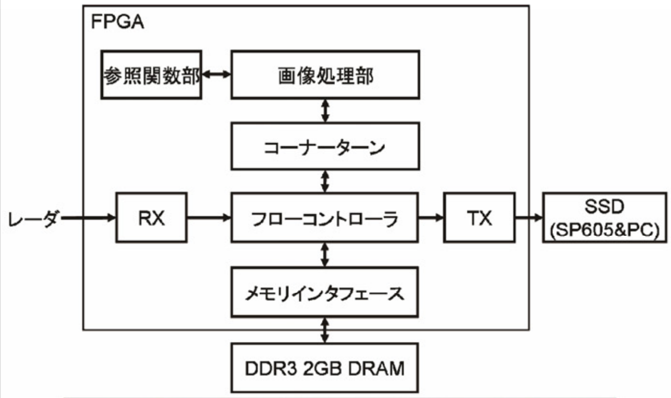


データ保存部



信号処理部の構成

レンジドップラーアルゴリズムを使用
画像処理部とメモリを往復して信号処理
コーナーターンで画像データを転置
処理完了後はデータ保存部へ転送



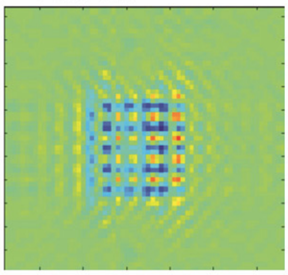
Signal Processing

サンプル画像に対する信号処理
PCソフト(MATLAB)とFPGAで処理画像を比較

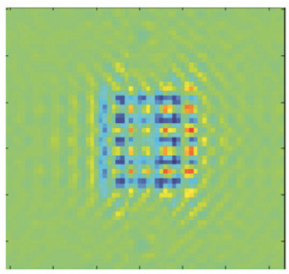
処理前画像
・PC上で生データに変換
・サイズ：1048×1024pixel

処理前画像

処理後画像



FPGA



MATLAB

PCソフトとほぼ同じ処理結果
今後精度を高める必要

Analysis of InSAR Image of Volcanic Activity in Sakura Island (in Kagoshima) Ⅱ

Isamu Tusda [1], Toshifumi Yuji [1*] and Josaphat Tetsuko Sri Sumantyo [2]

[1] *Faculty of Education & Culture, University of Miyazaki, 1-1, Gakuenkibanadai-nishi, 889-2192, Miyazaki, Japan,*
**e-mail: yuji@cc.miyazaki-u.ac.jp*
[2] *Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University*
1-33, Yayoi, Inage, Chiba 263-8522

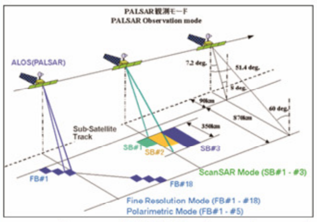
Keywords: SIGMASAR, Sakurajima island, PALSAR, Multi-look intensity image

Abstract

The long-term consecutive differential interferometric synthetic aperture radar (SAR) technique is used to measure the volume change during land deformation. This technique was used to investigate the subsidence of Sakurajima island, Kagoshima Prefecture, by assessing the data from two Japanese L-band spaceborne SARs (Japanese Earth Resources Satellite 1 SAR and Advanced Land Observation Satellite Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) during the periods of 2007–2009. In Southern Kyushu is an area with frequent volcanic action. Especially, Mt. Sakurajima explodes more than 100 times yearly. The land form of Japan has been varied largely due to a great number of volcanic actions in the past. Since the large explosion of the Mt. Sakurajima in 1914, there has been no violent explosion. However, volcanic activity is increasing recently at Mt. Shinmoedake, which is one of the Kirishima volcanic zones. The purpose of this research is to observe the change of the landscape at the volcanic activity area using satellite photographs and predict the further volcanic action of Mt. Sakurajima and to study the extent of the volcanic action in the future.

Experimental Setup

Phased Array type L-band Synthetic Aperture Rader (PALSAR)
Fig.1 artistic images.(Taken from http://www.eroc.jaxa.jp)
(http:///www.jaros.or.jp)



- Off-nadir angleth
  ; 8-60 degree
- Frequency
  ; 1270 MHz
  (L-band)
- Polarization
  ; HH or VV
- Swath width
  ; 40-70 km

Image of PALSAR observation mode.

Eruption:
- in2007
  42 times
- in2008
  80 times
- in2009
  75 times
- in2009
  75 times

Fig. 3. Photograph of Sakurajima island

We are expecting to see the change in landscape by investigating the sequential volcanic action in the Kirishima volcanic zone, too.

Results

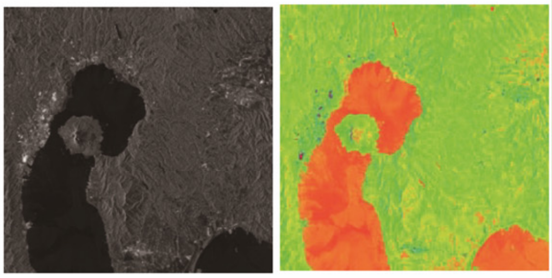


Fig. 4. PALSAR data (in 2007)

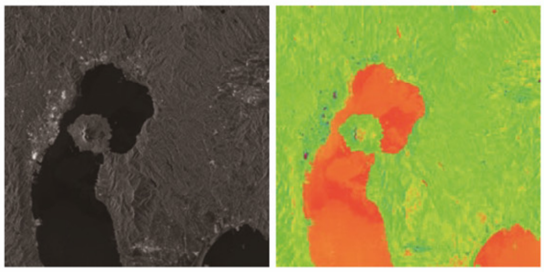


Fig.5. PALSAR data (in2008)

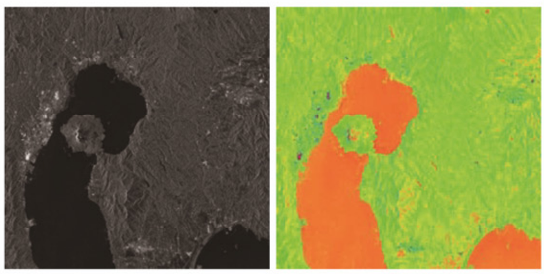


Fig.6. PALSAR data (in2009)

Comparing the current satellite image data with that of four years before, the landscape has been changed largely and you can see that the environment has been changed in a large way.

Conclusion

In this research, we analyzed the image data sent from the satellite from 2007 to 2009 using PCs. Further research will be necessary on site by gaining more satellite data continuously on a long-term basis.

ハイパースペクトルカメラ「NH-1」及び「NH-7」を用いたリモートセンシング分野における応用

高良 洋平[1], 安藤 史識[1], 藤森 雄大[1], 眞子 直弘[2], 齊藤 隼人[2], 馬渕 佑作[2],
近藤 昭彦[2], 鈴木 睦[3], 久世 宏明[2], 野呂 直樹[1]
[1]エバ・ジャパン株式会社, [2]千葉大学環境リモートセンシング研究センター, [3]宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

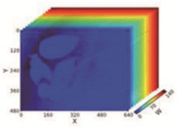
ハイパースペクトルカメラとは？

- 近年のカメラ製造技術の発展により、数百チャンネルの波長情報を高精細画像として取得するハイパースペクトルカメラを作ることが可能となった。

エバ・ジャパン NH-1

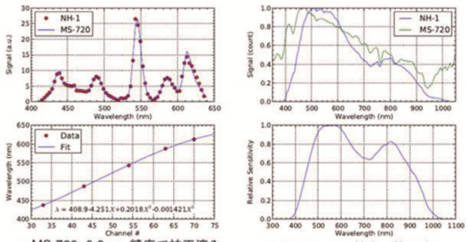
主要スペック

	NH-1	NH-7
センサー	CCD	CMOS
画像サイズ	640×480	1280×1024
色深度(bit)	8	10
測定波長(nm)	350～1050	400～1000
波長間隔(nm)	5 (141ch)	5 (121ch)
撮像速度(sec)	16 (VGA)	1.6 (VGA) 7.0 (SXGA)
本体サイズ(mm)	76×62×204	76×62×193
重量(g)	1000	850



- ハイパースペクトルカメラNHシリーズは、内臓スキャン機構により、別途外部にスキャン機構を必要とせず、単独でハイパースペクトル画像を取得することが可能なポータブルイメージャーである。
- ソフトウェア上から簡単に「ラインセンサーモード」と「エリアセンサーモード」を切り替えることが可能。

波長校正・絶対値校正の結果

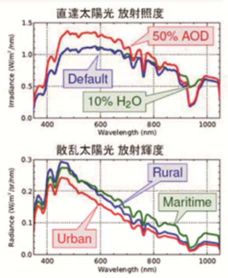


- MS-720: 0.2 nm 精度で校正済み
- 光源：蛍光灯
- MS-720: 2 % 精度で校正済み
- 光源：一様な曇り空

ハイパースペクトルカメラを使ったエアロゾル計測

太陽放射スペクトル

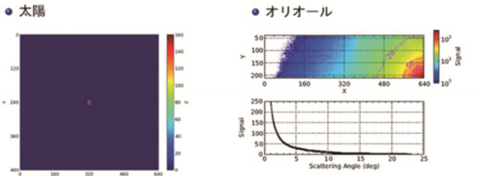
- 直達太陽光 放射照度(λ)
  - 光学的厚さ (AOD)
  - 分子カラム量
- 散乱太陽光 放射輝度(x, y, λ)
  - 位相関数
  - 単一散乱アルベド
- オリオール 放射輝度(x, y, λ)
  - 前方散乱



- 太陽放射スペクトルは場所(x, y)、波長(λ)の関数であり、光路中の大気分子・エアロゾルの情報を含んでいる
- ハイパースペクトルカメラの画像データからエアロゾル光学特性を導出する

オリオール観測結果

- 太陽
- オリオール



- 観測日：2012年10月16日
- 観測時間：15:18 ～ 16:12
- 画角：0.035°/pixel

⇒ 640×480 pixels = 22.4°×16.8°

⇒ 太陽の見かけの大きさ：15 pixels

- 観測時間：14:55
- この観測により、

最小散乱角：1°
角度分解能：0.1°
の観測が可能であることを確認

ハイパースペクトルカメラの用途

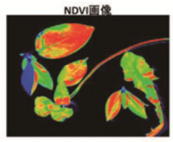
- ハイパースペクトルカメラは、スペクトル特性を可視化する。

応用例

- 医療
  - 病巣検出
- 食品
  - 鮮度検査
- 土地被覆分類
- 植生リモートセンシング
  - 農作物の監視
  - 樹種分類
- 海洋リモートセンシング
  - 重油流出検出
- 大気リモートセンシング
  - 大気汚染監視

スペクトル合成カラー画像

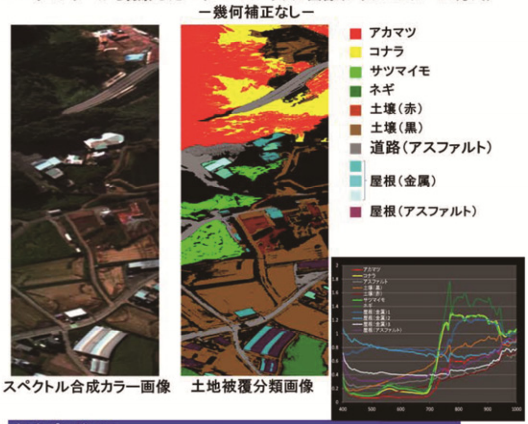
NDVI画像



ハイパースペクトルカメラの航空観測への応用

プッシュブルーム（ラインセンサーモード） ホバリング（エリアセンサーモード） 無人航空機（UAV）

- ヘリコプターから撮影したハイパースペクトル画像（プッシュブルーム方式）
—幾何補正なし—



スペクトル合成カラー画像 土地被覆分類画像

福島プロジェクト

日常生活を取り戻すための最善な除染計画立案に向けた新たな取り組み

- ハイパースペクトル情報を用いた土地被覆要素の分類
（植生、建築物、土壌 等）
- 高度1mからの、UAVによる空間線量率分布の広範囲マッピング

樹上の放射線測定

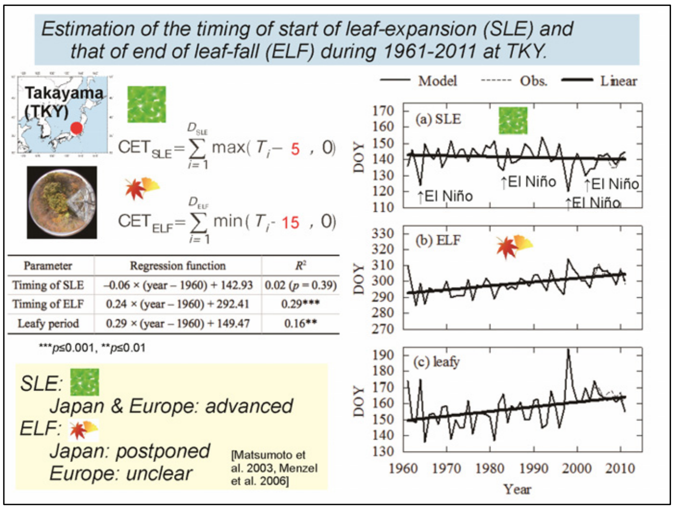
山木屋小学校における、UAVによる放射線モニタリング結果

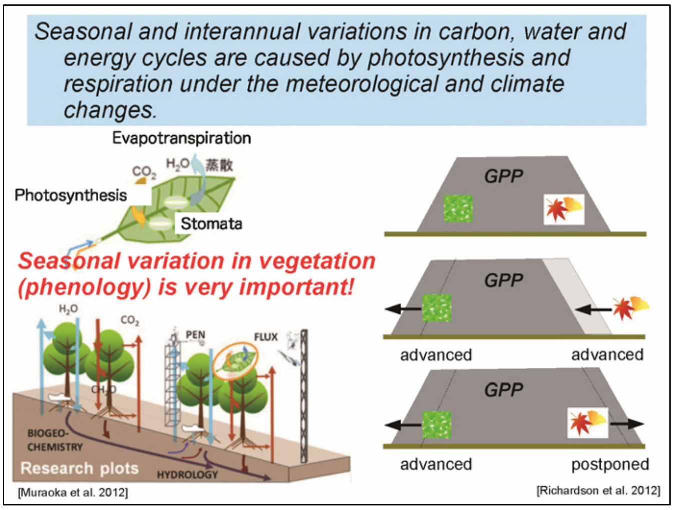
＊< 1.0 μSv/h：政府が暫定的に定めた、学校再開基準の空間線量値

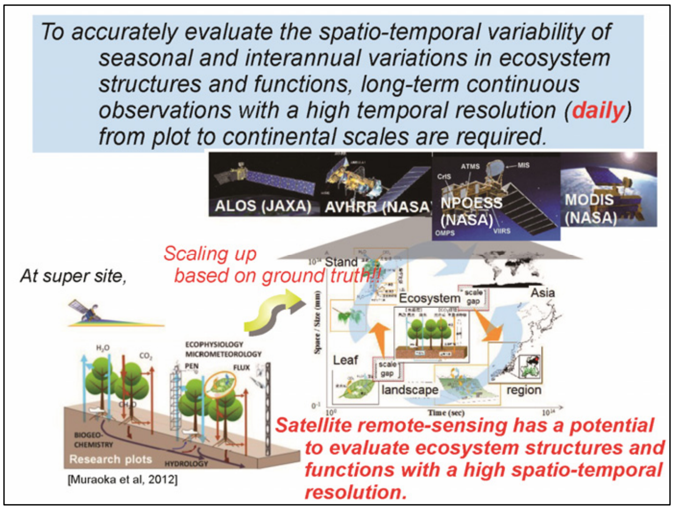
まとめ

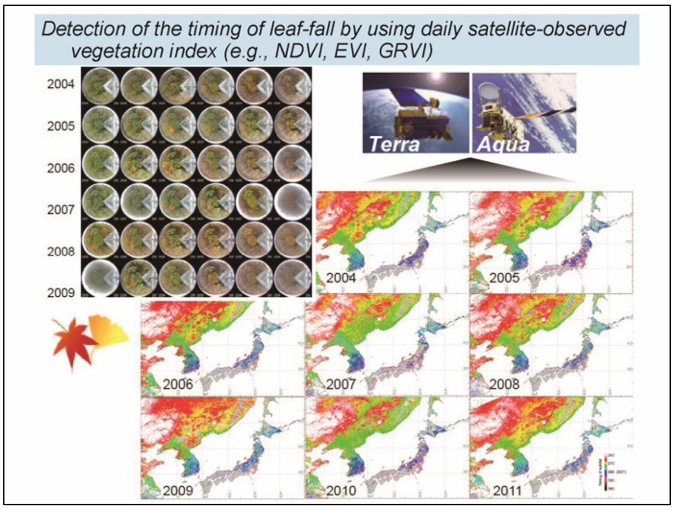
- ハイパースペクトルカメラ NHシリーズは内臓スキャン機構を搭載し、単独でハイパースペクトルデータを取得できるポータブルイメージャーである。
- 大気計測やUAVへの応用等、NHシリーズの新たな利用用途を明らかにした。
- どんな環境下でも対応できる、撮影設定や機能選択の自由性により、ハイパースペクトルカメラ NHシリーズはリモートセンシング分野において幅広く応用することができる。

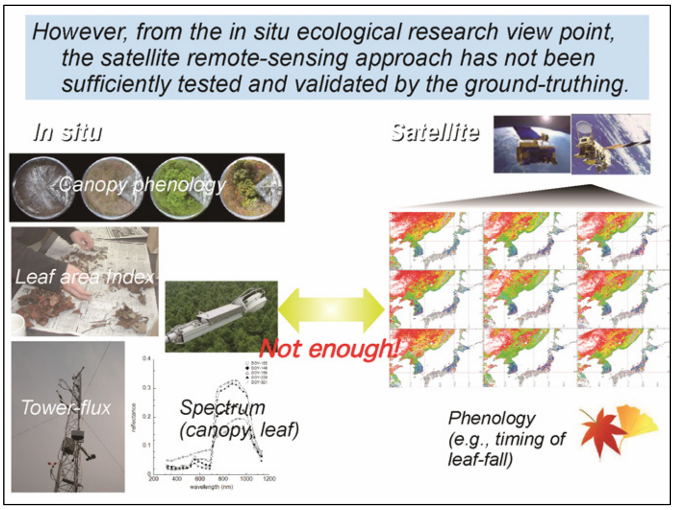

第15回環境リモートセンシングシンポジウム (2013/02/22@千葉大)
落葉期の衛星観測の高精度化を目的とした地上検証
永井　信•鈴木力英•小林秀樹•村岡裕由•奈佐原顕郎
•梶原康司•本多嘉明
JAMSTEC
GIFU UNIVERSITY
筑波大学 University of Tsukuba
Chiba University

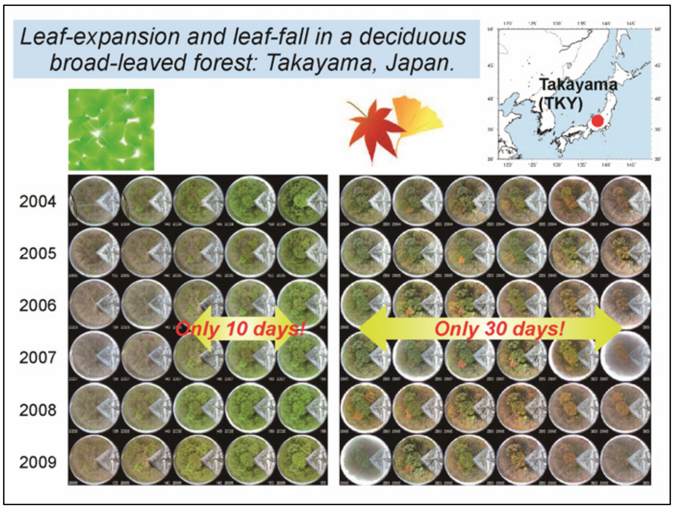

Estimation of the timing of start of leaf-expansion (SLE) and that of end of leaf-fall (ELF) during 1961-2011 at TKY.
Takayama (TKY)
$CET_{SLE}=\sum_{i=1}^{D_{SLE}} \max(T_i - 5, 0)$
$CET_{ELF}=\sum_{i=1}^{D_{ELF}} \min(T_i - 15, 0)$
Parameter | Regression function | R^2
Timing of SLE | −0.06 × (year − 1960) + 142.93 | 0.02 (p = 0.39)
Timing of ELF | 0.24 × (year − 1960) + 292.41 | 0.29***
Leafy period | 0.29 × (year − 1960) + 149.47 | 0.16**
***p≤0.001, **p≤0.01
SLE:
Japan & Europe: advanced
ELF:
Japan: postponed
Europe: unclear
[Matsumoto et al. 2003, Menzel et al. 2006]
Model
Obs.
Linear
(a) SLE
↑El Niño
↑El Niño
↑El Niño
↑El Niño
(b) ELF
(c) leafy
DOY
Year

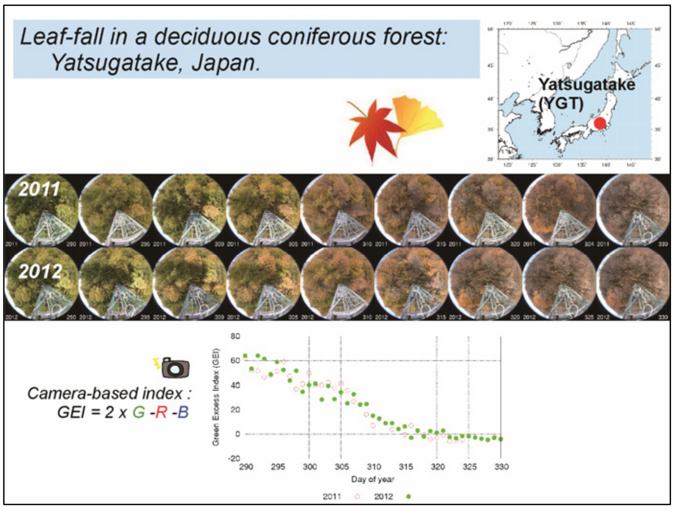

Seasonal and interannual variations in carbon, water and energy cycles are caused by photosynthesis and respiration under the meteorological and climate changes.
Evapotranspiration
Photosynthesis
Stomata
蒸散
Seasonal variation in vegetation (phenology) is very important!
PEN
FLUX
BIOGEO-CHEMISTRY
Research plots
HYDROLOGY
[Muraoka et al. 2012]
GPP
GPP
advanced
advanced
GPP
advanced
postponed
[Richardson et al. 2012]

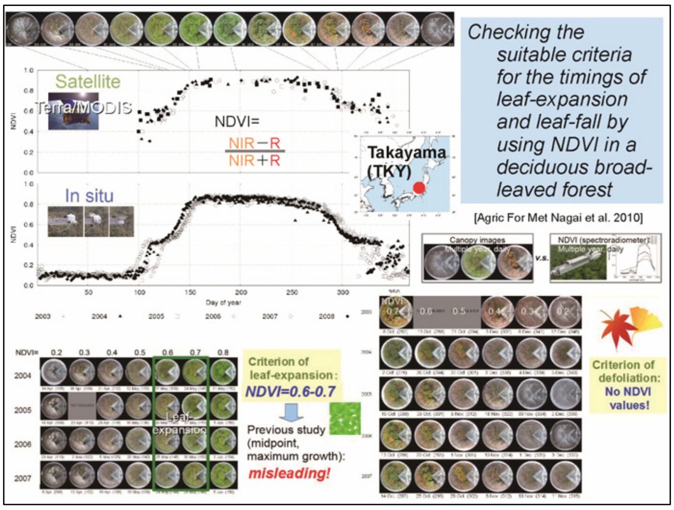

To accurately evaluate the spatio-temporal variability of seasonal and interannual variations in ecosystem structures and functions, long-term continuous observations with a high temporal resolution (daily) from plot to continental scales are required.
ALOS (JAXA)
AVHRR (NASA)
NPOESS (NASA)
MODIS (NASA)
At super site,
Scaling up based on ground truth!
Stand
Asia
Ecosystem
Leaf
landscape
region
Satellite remote-sensing has a potential to evaluate ecosystem structures and functions with a high spatio-temporal resolution.
Research plots
[Muraoka et al, 2012]

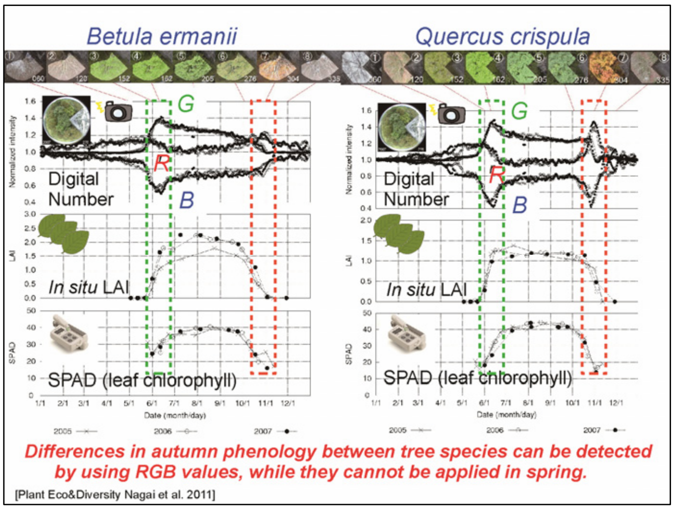

Detection of the timing of leaf-fall by using daily satellite-observed vegetation index (e.g., NDVI, EVI, GRVI)
2004
2005
2006
2007
2008
2009
Terra
Aqua
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011

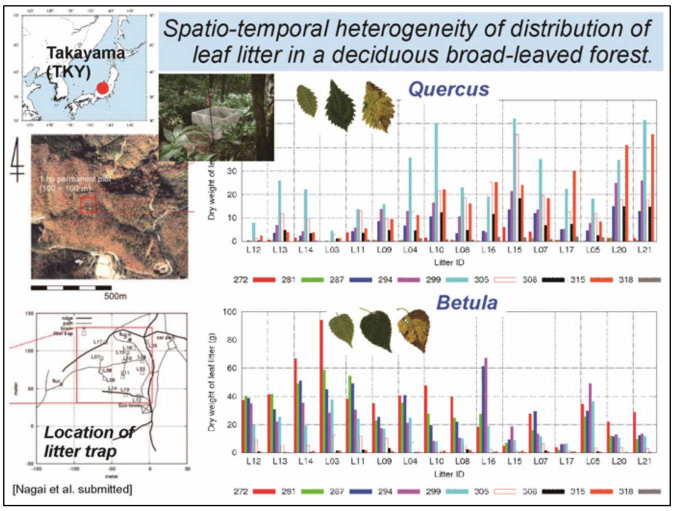

However, from the in situ ecological research view point, the satellite remote-sensing approach has not been sufficiently tested and validated by the ground-truthing.
In situ
Satellite
Canopy phenology
Leaf area index
Tower-flux
Spectrum (canopy, leaf)
Not enough!
Phenology (e.g., timing of leaf-fall)

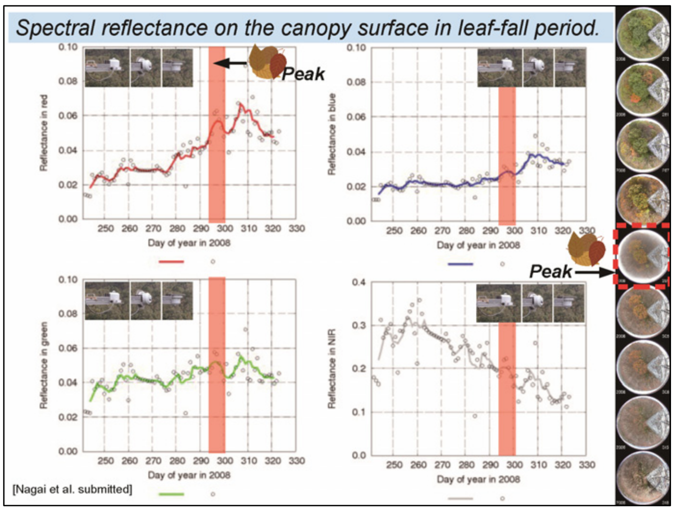

Leaf-expansion and leaf-fall in a deciduous broad-leaved forest: Takayama, Japan.
Takayama (TKY)
2004
2005
2006
2007
2008
2009
Only 10 days!
Only 30 days!

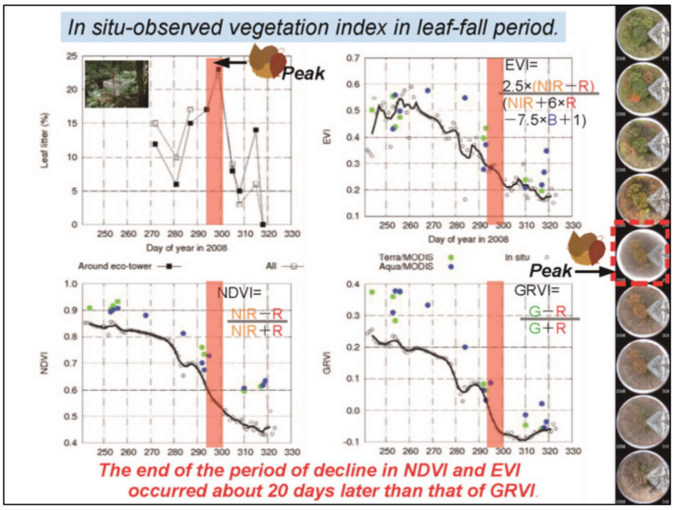

Leaf-fall in a deciduous coniferous forest: Yatsugatake, Japan.
Yatsugatake (YGT)
2011
2012
Camera-based index :
GEI = 2 x G -R -B
Green Excess Index (GEI)
Day of year
2011
2012

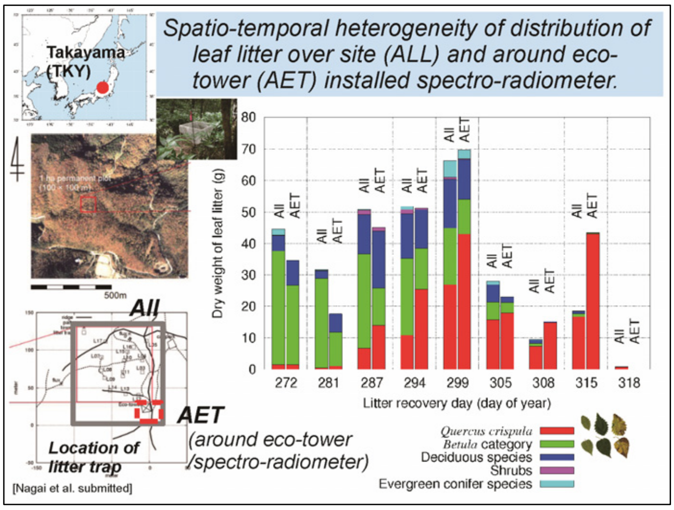

Checking the suitable criteria for the timings of leaf-expansion and leaf-fall by using NDVI in a deciduous broad-leaved forest
Satellite
Terra/MODIS
NDVI=
NIR − R
NIR + R
Takayama (TKY)
In situ
Day of year
[Agric For Met Nagai et al. 2010]
Canopy images
NDVI (spectroradiometer)
v.s.
Criterion of leaf-expansion:
NDVI=0.6-0.7
Previous study (midpoint, maximum growth):
misleading!
Criterion of defoliation:
No NDVI values!

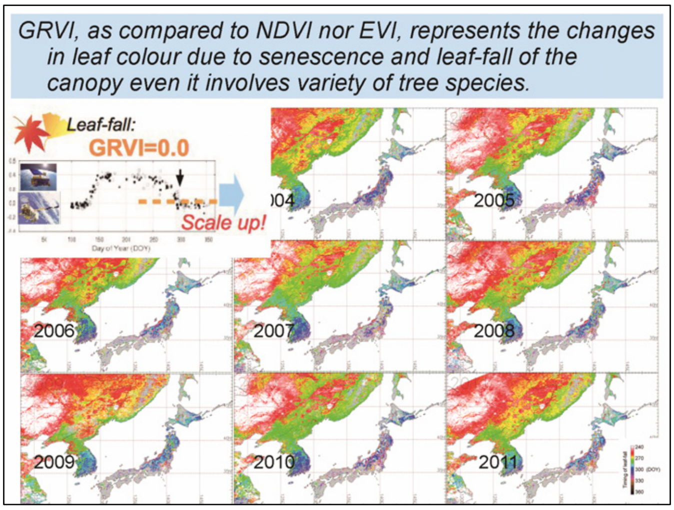

Betula ermanii
Quercus crispula
G
R
B
Digital Number
Normalized intensity
LAI
In situ LAI
SPAD
SPAD (leaf chlorophyll)
Date (month/day)
2005
2006
2007
Differences in autumn phenology between tree species can be detected by using RGB values, while they cannot be applied in spring.
[Plant Eco&Diversity Nagai et al. 2011]

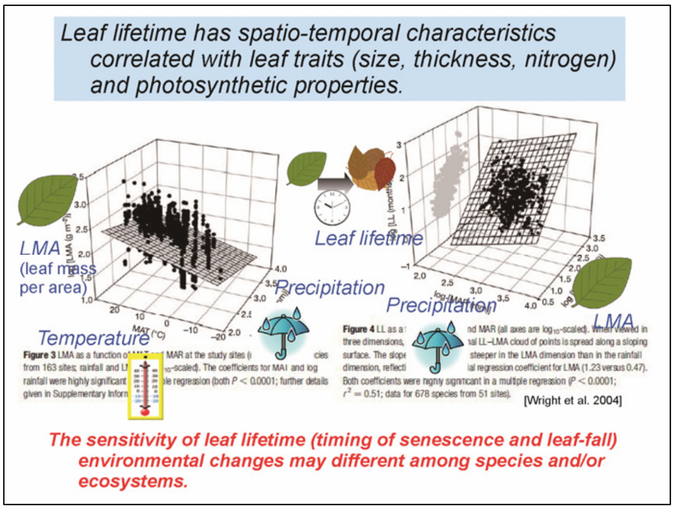

Takayama (TKY)
Spatio-temporal heterogeneity of distribution of leaf litter in a deciduous broad-leaved forest.
Quercus
Betula
500m
Litter ID
Dry weight of leaf litter (g)
272
281
287
294
299
305
308
315
318
Location of litter trap
[Nagai et al. submitted]


Spectral reflectance on the canopy surface in leaf-fall period.
Peak
Peak
Reflectance in red
Reflectance in blue
Reflectance in green
Reflectance in NIR
Day of year in 2008
[Nagai et al. submitted]


In situ-observed vegetation index in leaf-fall period.
Peak
Leaf litter (%)
Day of year in 2008
Around eco-tower
All
EVI=
2.5×(NIR−R)
(NIR+6×R
−7.5×B+1)
Terra/MODIS
Aqua/MODIS
In situ
Peak
NDVI=
NIR−R
NIR+R
GRVI=
G−R
G+R
The end of the period of decline in NDVI and EVI
occurred about 20 days later than that of GRVI.


Takayama
(TKY)
Spatio-temporal heterogeneity of distribution of
leaf litter over site (ALL) and around eco-
tower (AET) installed spectro-radiometer.
500m
All
AET
Location of
litter trap
(around eco-tower
/spectro-radiometer)
Dry weight of leaf litter (g)
Litter recovery day (day of year)
Quercus crispula
Betula category
Deciduous species
Shrubs
Evergreen conifer species
[Nagai et al. submitted]


GRVI, as compared to NDVI nor EVI, represents the changes
in leaf colour due to senescence and leaf-fall of the
canopy even it involves variety of tree species.
Leaf-fall:
GRVI=0.0
Scale up!
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011


Leaf lifetime has spatio-temporal characteristics
correlated with leaf traits (size, thickness, nitrogen)
and photosynthetic properties.
LMA
(leaf mass
per area)
Temperature
Precipitation
Leaf lifetime
Precipitation
LMA
[Wright et al. 2004]
The sensitivity of leaf lifetime (timing of senescence and leaf-fall)
environmental changes may different among species and/or
ecosystems.

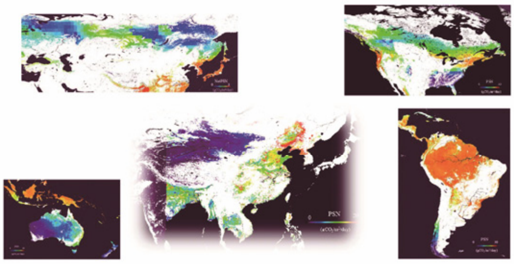

Thank you for your attention!
We are also grateful for many supports by
・Hawaii University
・Environment Research and Technology Development Fund
(S-9) of the Ministry of the All PEN members
・Environment of Japan Global Environment Research Fund
(S-1) of the Ministry of Environment of Japan
・Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) 21st
Century COE Program (Satellite Ecology, Gifu University)
・JSPS/NRF/NSFC A3 Foresight Program
・Global Change Observation Mission (GCOM; PI#102)
of the JAXA
・JAMSTEC-IARC collaboration (JICO project)
・JSPS Funding Program for Next Generation World-Leading
Researchers (NEXT Program)
・CEReS, Chiba University
・UK-Japan collaboration (UK embassy)
・all PEN members.
Phenological Eyes Network (PEN)
- Ground-based Measurement for Remote Sensing Studies -

CEReS環境リモートセンシング シンポジウム2013年：

衛星利用型光合成モデルによるCDMプロジェクト支援システムの開発

- 植生ベースの排出権情勢とバイオフューエル -

金子大二郎　（株）遥感環境モニター
代表取締役



背景　現状の認識：

Ⅰ．温暖化をめぐる経済・環境情勢の大きな変化

1．ポスト京都議定書の情勢と先送りによる温暖化政策の停滞

1）欧州発の金融不安と欧州経済の低迷により，世界的な経済優先と雇用の確保の政策．　その結果，削減義務国の離脱減少と CO_2ガス排出権取引価格（CER）の急落（1/10）が継続．

2）暴落に近い価格であり，京都メカニズムの排出権取引であるCDM（クリーン開発メカニズム）について，低いインセンティブ（費用と便益を比較する人々の意思決定や行動を変化させるような動機づけ）となっている．

3）一方で，北極海の海氷の激減と北極航路の現実化に現れている様に，温室効果ガスの削減の重要性（海面上昇，災害の増大）は変わっていない．

4）従来同様に森林は、単にCO_2の吸収や資金の回収ばかりでなく、複数の便益、すなわち、木材資源、治水・水資源涵養、土砂流出防止、砂漠化抑制、生物多様性、生活環境・景観の改善等の優れた特質をもつ長所がある．この森林がもたらす広い視野の投資効果を重視する．

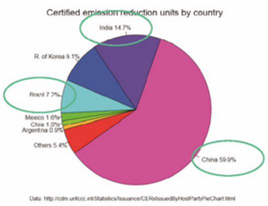
2．これらの背景から，経済と温暖化対策の政策バランスと整合が，一層求められて来ている．従って，研究方向をどちらに方針づけるかが，極めて重要となっている．

Ⅱ．クリーン開発メカニズム（CDM）をめぐる国連の気候変動枠組条約CDM理事会の政策的な問題点

Ⅲ．各国の動向と，本研究の方針修正（REDDとバイオフューエルの追加導入）

排出権認証獲得のChinaへの偏り

排出権価格の急落



Data from UNFCCC Clean Development Mechanism
http://cdm.unfccc.int/Statistics/Issuance/CERsIssuedByHostPartyPieChart.html

From Wikipedia
https://www.theice.com/marketdata/reports/ReportCenter

The end of the China Development Mechanism?
6 October 2010
China still dominates the Clean Development Mechanism – but its low-carbon growth strategy is moving away from the international carbon market and towards domestic carbon pricing. **Joshua Speckman** reports

Ⅱ．クリーン開発メカニズム（CDM）を巡る国連の気候変動枠組条約組織のCDM理事会に起因する政策的な問題点

（重要な役割を果たして来たが，多くの政策的見通しの誤りによる失敗多数（問題の先送りと，欠陥が顕著）

欠陥の具体例：

1．排出権認証国の極端な偏り
CDMは"Clean Development Mechanism"の略だが、"China Development Mechanism"と揶揄されるほど、対中国に偏っている。

2．その中国では，水力発電にまた偏ってきた．本来，自国の予算で水力を開発すべきであった．国連CDM理事会の不適切な政策が非難されてきた．

3．多くの国が森林による吸収効果を有力な方策として期待してきた。しかし、認証された植林によるプロジェクト数は、全CDMの中で極めてわずかに留まってきた。

4．煩雑な認証手続きにより，植林CDMは停滞した．

5．逆に，森林のCO_2の固定効果は大きく，認証を緩くすると人為的排出の抑制が進まず，植林CDMは抜け道的な欠陥政策となる恐れ．

6．一方で，途上国において森林伐採と焼畑が未だに止まらず，森林の減少とこれまた排出規制から漏れ，CO_2ガスを放出し続けている．

Ⅲ．各国の動向と別法による対策

1．日本は，福島原発事故によるエネルギー政策のため，京都議定書から離脱した．同時に，カナダも離脱（2011/12/14）．カナダは油成分を含む砂岩「オイルサンド」からの原油生産を推進している．そしてロシアも．

2．一方で、森林の伐採・減少や劣化を阻止することによって排出削減を目指すREDD（レッド，Reduced Emissions from Deforestation and forest Degradation)や、植林を加えたREDD＋の活動が活発となっている．

3．しかしREDDは，途上国の現地住民との協同が必要という難題の分野
1)住民への環境教育と森林の意義の理解(環境保全と生活との両立)．
2)焼き畑や違法伐採に代わる，住民に経済的なインセンティブを与える必要
3)途上国における実現の体制造りが容易でない(ガバナンス)．
4)長期にわたる地道なNPO的現地取り組みが森林域で必要となる．
5)この4年，体制の仕組み作りの議論が続いている．しかし，多数の議論の論文に留まる．

Ⅳ．本研究の目指す　バイオフューエルの研究分野

1．"植物油からのジーゼルと植林CDM"

Jatropha種子からの燃料利用（インドに多い）
1）石炭による大量発電国（中国，インドが本命 ）における混合燃料利用
2）バイオジーゼルとして石油系ジーゼルに混合

2．穀物生産と副次的バイオフューエル（ガソリンやディーゼルへの混合）
食糧生産の収量変動と価格の急落対策（混合液体燃料利用による価格安定化）

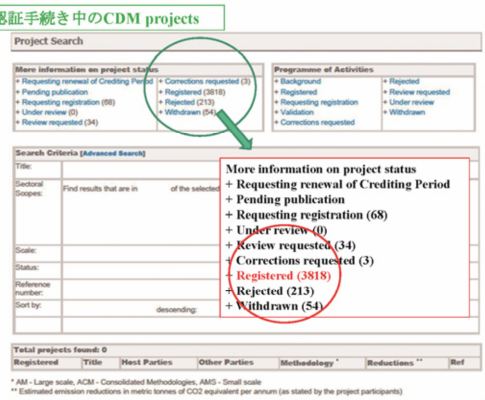
1）豊作時の価格急落による意欲低下
a)豊作年の供給過多による価格低下と収入減（豊作貧乏）．
b)および，長期貯蔵による穀物品質劣化の問題．
→ 対策の例としてのバイオエタノール（サトウキビ，トウモロコシ）
大規模に普及し，食糧需要を上回る勢いで食糧価格の高騰持続を招き，世界の貧困層への悪影響（食糧価格デモ）として問題化

2）穀物生産の副次的利用としての大豆油のバイオジーゼル化
a)大豆油は，安価な食用油利用としてChinaが大量消費,，一方でDiesel化．
b)石油系ディーゼル油の脱硫に伴う潤滑性の低下を大豆油混合によって防止する効果が注目されて需要が大．
c)バイオジーゼルとして有望な生産国（インド，中国，ブラジル，アルゼンチン，アフリカ諸国）

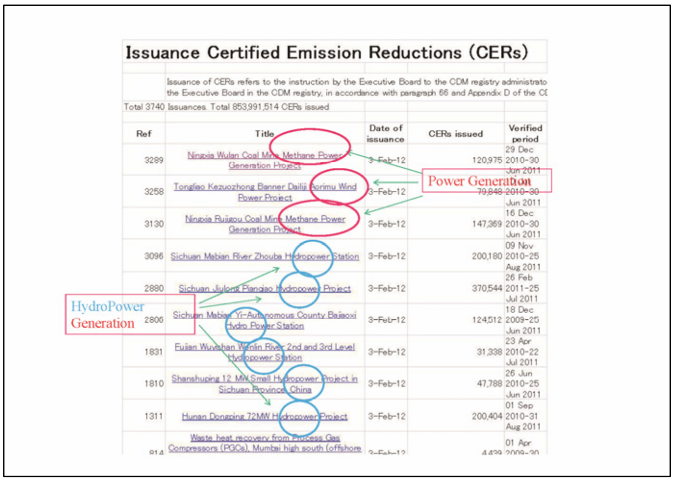
参考1．植物油は主として料理用
1）コーン油：トウモロコシの油は香りと味が薄いため、幅広い料理に使われる。
2）オリーブ・オイル：オリーブの実から取れる。料理、化粧品、石鹸に使われる。
3）パーム油：熱帯地方に多いアブラヤシの果肉から取れる。バイオ燃料にも使われる。
4）大豆油：ダイズ(の種)から取れる。醤油や飼料製造の副産物として取れる。
5）ヒマワリ油：ヒマワリの種から取れる。調理油として使われることが多く、バイオ燃料としても使われる。

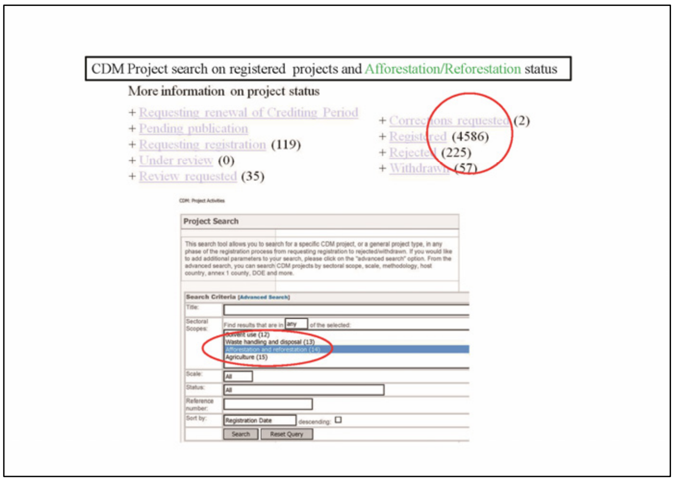
参考2．将来的に有望な他の生物
1）榎本藻，ミドリムシの光合成による石油系油分抽出（増養殖）

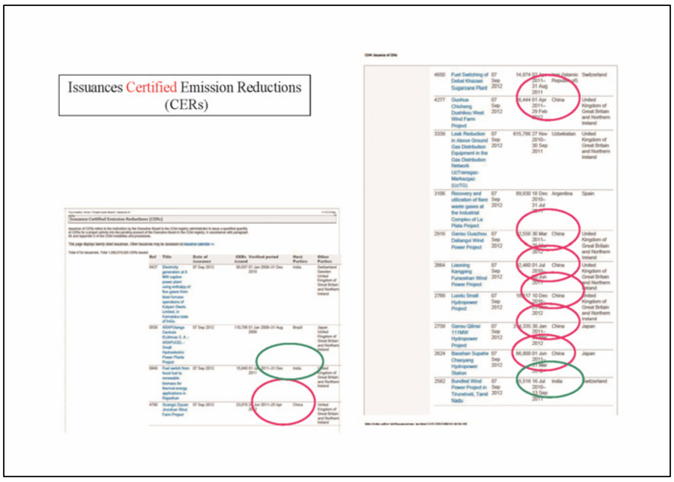
認証手続き中のCDM projects

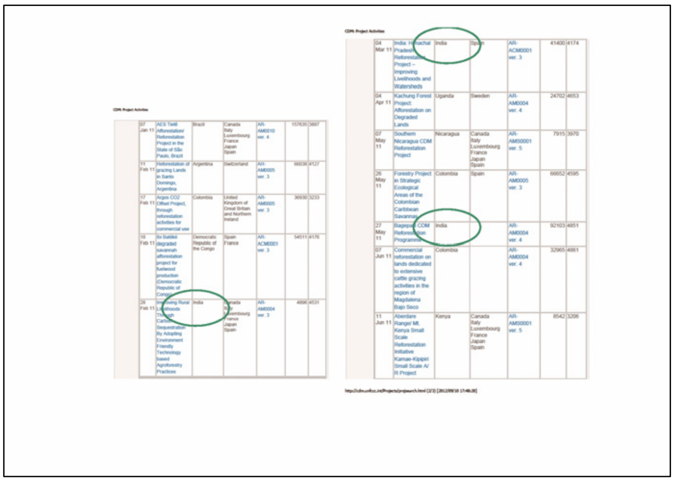


http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html (2/2) [2012/02/04]


Issuance Certified Emission Reductions (CERs)
Power Generation
HydroPower
Generation


CDM Project search on registered projects and Afforestation/Reforestation status
More information on project status
+ Requesting renewal of Crediting Period
+ Pending publication
+ Requesting registration (119)
+ Under review (0)
+ Review requested (35)
+ Corrections requested (2)
+ Registered (4586)
+ Rejected (225)
+ Withdrawn (57)
Project Search


Issuances Certified Emission Reductions
(CERs)




既往論文:REDD in 2012
REDD: Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
2012年だけでも多数の論文(仕組みの議論中心)


Brazil南部における見渡す限りの森林伐採と,牛のための広大な牧草地化風景 in September 2012

既往文献：Jatrophaと再植林の project sites

Asian countries

1) Jatropha Reality Check Sustainable Management of Resources in... [PDF-10MB] May 2010
Jatropha Reality Check Sustainable Management of...the agronomic and economic viability of Jatropha and other allied crops in Kenya Published...East Africa) Nairobi, December 2009 Jatropha Reality Check A field assessment of the...
2) Vang Rasmussen, Laura / Rasmussen, Kjeld / Bech Bruun, Impacts of Jatropha-based biodiesel production on above and below-ground carbon stocks: A case study from Mozambique, Thilde, Energy Policy, 51, p.728-736, Dec 2012
3) Kalam, M.A. / Ahamed, J.U. / Masjuki, H.H., Land availability of Jatropha production in Malaysia, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16 (6), p.3999-4007, Aug 2012
4) Jatropha CuraRoot Project [11K] Oct 2010 ...planting of Jatropha curcas for...fuel promotes reforestation. The end...integrate the Jatropha plan in with our long-term reforestation plan of the...Haiti based reforestation project...facilities to study Jatropha cultivation...
5) Pandey, Vimal Chandra / Singh, Kripal / Singh, Jay Shankar / Kumar, Akhilesh / Singh, Bajrang / Singh, Rana P., Jatropha curcas: A potential biofuel plant for sustainable environmental development, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16 (5), p.2870-2883, Jun 2012
6) Bisalli, Marcello / Pintini, Fulvio, Biofuel from Jatropha curcas: Environmental sustainability and option value, Ecological Economics, 78, p.1-9, Jun 2012
7) Romijn, Henny A., Land clearing and greenhouse gas emissions from Jatropha biofuels on African Miombo Woodlands, Energy Policy, 39 (10), p.5751-5762, Oct 2011
8) Maes, W.H. / Trabucco, A. / Achten, W.M.J. / Muys, B., Climatic growing conditions of Jatropha curcas L., Biomass and Bioenergy, 33 (10), p.1481-1485, Oct 2009
9) Physic nut - Jatropha curcas L. [PDF-767K] May 2008 ...ECOGEOGRAPHICAL STUDY OF VICIA SUBGENUS VICIA Jatropha curcas L. Promoting the conservation...crops 1. Joachim Heller 2 Physic nut. Jatropha curcas L. The International Plant Genetic...Heller, Joachim. 1996. Physic nut. Jatropha curcas L. Promoting the conservation...
10) FEASIBILITY STUDY OF JATROPHA CURCAS AS A BIOFUEL FEEDSTOCK IN KENYA [PDF-665K] Jan 2009 FEASIBILITY STUDY OF JATROPHA CURCAS AS A BIOFUEL FEEDSTOCK IN KENYA...4.4.3 The Jatropha programs in India...5.5.0 Jatropha Industry Development in Kenya...
11) Climate Institute - Jatropha [39K] Jul 2011 ...growth in wasteland. Morever, Jatropha exhibit a wide environmental...Bankura, W.B) at our company Jatropha project exhibit high potentiality...can be made available for Jatropha plantation capable of yielding carbon dioxide by investing in reforestation and clean energy projects...
12) Anne-Claire Degail / Julie Chantry, Developing jatropha projects with smallholder farmers article, Nov 2012 related | Jatropha | MSU News Special Report | Michigan State University [48K] Sep 2010 ...products for small holders in developing countries. Carbon2Markets provides accurate measurements of carbon sequestration from reforestation and agro-forestry land management activities using high resolution remote sensing data, web-GIS tools, and modeling...
13) Jatropha curcas, a crop with a future for the South ? JATROPHA-ARF 2... [PDF-15MB] Oct 2012 ...esterification with methanol) JATROPHA-ARF 18 Where are we ? Oil 1...Extraction conditions JATROPHA-ARF 16 Where are we ? Co products...Carbon credits – Reforestation 4 t of C/ha for a 2.5...0.7 t of C/ha/y/22 JATROPHA-ARF 17 Present research thrusts...
14) Ecology and Society: Jatropha in Mexico: Environmental and Social Impacts of an Incipient Biofuel Program [85K] Feb 2012 ...government is offering support to jatropha production, through the ProArbol...subsidies for the promotion of jatropha, a native shrub suitable for...plantation is seen as a form of reforestation. Jatropha has traditionally been grown...
15) Jatropha in Mexico: Environmental and Social Impacts of an Incipient Biofuel Program [PDF-2MB] Feb 2012 ...government is offering support to jatropha production, through the ProArbol...subsidies for the promotion of jatropha, a native shrub suitable for...plantation is seen as a form of reforestation. Jatropha has traditionally been grown...
16) Jatropha curcas Derived Biofuel Industry in Africa Conference... [PDF-2MB] Jun 2010 Jatropha curcas Derived Biofuel Industry in Africa...The African Academy of Sciences is Jatropha curcas Derived Biofuel Industry...? Status of Jatropha Cultivation in Africa: Challenges and...
17) Jatropha biodiesel fueling sustainability? (Erik Mathijs - Academia.edu [82K] Jun 2012 ...and Universities Searching...Jatropha biodiesel fueling sustainability? by Erik Mathijs 20 views Perspective Jatropha biodiesel fueling sustainability...283–291 (2007) Abstract Jatropha curcas is a multipurpose, drought resistant...
18) 100704_Jatropha Watershed Balance_engs [PDF-16MB] Jul 2010 ...by A. Sustainable Sustainable Jatropha Jatropha Cycle Cycle 1 Prof. Dr. Jürgen...Bioenergy Bioenergy that due to the reforestation the soil can hold back the...Oil Oil Plant – Kaala Kaala Jatropha Curcas – Cuba: Endemic...
19) World Agroforestry Centre releases publication on economics of jatropha | World Agroforestry Centre [29K] Aug 2011 ...investment in the use of jatropha for these soils. It says that jatropha hedges can be a complementary...website: Economic viability of Jatropha curcas L. plantations in...food security July 25, 2011 Reforestation gains might be negated by...
20) Sotolongo, José Angel / Beatón, Pilar, Pedro / Díaz, Armando / Montes de Oca, Sofía / del Valle, Yadira / García Pavón, Soraya / Zanzi Vigouroux, Rolando, Jatropha Curcas L. as a source for the production of biodiesel : a Cuban Experience, Jan 2007

Central America

African countries

既往論文：JatrophaとCDM

AfricaのMozambiqueやMadagascarも.

1) Vang Rasmussen, Laura / Rasmussen, Kjeld / Bech Bruun, Thilde, Energy Policy, Impacts of Jatropha-based biodiesel production on above and below-ground carbon stocks: A case study from Mozambique, 51, p.728-736, Dec 2012.
2) Kumar, Sunil / Chaube, Alok / Jain, Shashi Kumar, Sustainability issues for promotion of Jatropha biodiesel in Indian scenario: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16 (2), p.1089-1098, Feb 2012
3) Kumar, Sunil / Singh, Jasvinder / Nanoti, S.M. / Garg, M.O., A comprehensive life cycle assessment (LCA) of Jatropha biodiesel production in India, Bioresource Technology, 110, p.723-729, Apr 2012
4) Behera, Soumit K. / Srivastava, Pankaj / Tripathi, Ritu / Singh, J.P. / Singh, Nandita, Evaluation of plant performance of Jatropha curcas L. under different agro-practices for optimizing biomass – A case study , Biomass and Bioenergy, 34 (1), p.30-41, Jan 2010
5) Romijn, Henny A. / Caniëls, Marjolein C.J., The Jatropha biofuels sector in Tanzania 2005–2009: Evolution towards sustainability? , Research Policy, 40 (4), p.618-636, May 2011
6) Wang, Zanxin / Calderon, Margaret M. / Lu, Ying, Lifecycle assessment of the economic, environmental and energy performance of Jatropha curcas L. biodiesel in China, Biomass and Bioenergy, 35 (7), p.2893-2902, Jul 2011
7) Chauhan, Bhupendra Singh / Kumar, Naveen / Cho, Haeng Muk, Performance and emission studies on an agriculture engine on neat Jatropha oil, Journal of Mechanical Science and Technology, 24 (2), p.529-535, Feb 2010
8) Achten, W.M.J. / Verchot, L. / Franken, Y.J. / Mathijs, E. / Singh, V.P. / Aerts, R. / Muys, B., Jatropha bio-diesel production and use, Biomass and Bioenergy, 32 (12), p.1063-1084, Dec 2008
9) Divakara, B.N. / Upadhyaya, H.D. / Wani, S.P. / Gowda, C.L. Laxmipathi, Biology and genetic improvement of Jatropha curcas L.: A review, Applied Energy, 87 (3), p.732-742, Mar 2010
10) Kumar Biswas, Pradip / Pohit, Sanjib / Kumar, Rajesh, Biodiesel from jatropha: Can India meet the 20% blending target? , Energy Policy, 38 (3), p.1477-1484, Mar 2010
11) Agarwal, Deepak / Agarwal, Avinash Kumar, Performance and emissions characteristics of Jatropha oil (preheated and blends) in a direct injection compression ignition engine, Applied Thermal Engineering, 27 (13), p.2314-2323, Sep 2007
12) Firdaus, M. S. / Husni, M. H. A., Planting Jatropha curcas on Constrained Land: Emission and Effects from Land Use Change, The Scientific World Journal, 2012, Apr 2012

早くからIndiaとChinaがJatropha biodieselの利用プロジェクト

既往論文：大豆とバイオディーゼル

温度と粘性

酸化防止剤

触媒

1) 1)Xie, Wenlei / Wang, Tao, Biodiesel production from soybean oil transesterification using tin oxide-supported WO 3 catalysts , Fuel Processing Technology, 109, p.150-155, May 2013 doi:10.1016/j.fuproc.2012.09.033
2)Wu, Haitang / Zhang, Junhua / Wei, Qin / Zheng, Jilu / Zhang, Jianan, Transesterification of soybean oil to biodiesel using zeolite supported CaO as strong base catalysts, Fuel Processing Technology, 109, p.13-18, May 2013 doi:10.1016/j.fuproc.2012.09.032
3) Mazutti, Marcio A., Thermophysical properties of biodiesel and related systems: (Liquid + liquid) equilibrium data for soybean biodiesel / Voll, Fernando A.P. / Cardozo-Filho, Lúcio / Corazza, Marcos L. / Lanza, Marcelo / Priamo, Wagner L. / Oliveira, J. Vladimir, The Journal of Chemical Thermodynamics, 58, p.83-94, Mar 2013
doi:10.1016/j.jct.2012.10.026
4)Ustra, Mara K. / Silva, Juliana R.F. / Ansolin, Marina / Balen, Manuela / Cantelli, Keli / Alkimim, Isabella P. / Mazutti, Marcio A. / (...) / Vladimir Oliveira, J., Effect of temperature and composition on density, viscosity and thermal conductivity of fatty acid methyl esters from soybean, castor and Jatropha curcas oils , The Journal of Chemical Thermodynamics, 58, p.460-466, Mar 2013 doi:10.1016/j.jct.2012.10.007
5) Wazilewski, Willian Tenfen / BarICCatti, Reinaldo Aparecido / Martins, Gislaine Iastiaque / Secco, Deonir / Souza, Samuel Nelson Melegari de / Rosa, Helton Aparecido / Chaves, Luiz Inácio, Study of the methyl crambe (Crambe abyssinica Hochst) and soybean biodiesel oxidative stability , Industrial Crops and Products, 43, p.207-212, May 2013 doi:10.1016/j.indcrop.2012.07.046
6) Gobikrishnan, Sriramulu / Park, Jae-Hee / Park, Seok-Hwan / Indrawan, Natarianto / Rahman, Siti Fauziyah / Park, Don-Hee, Sonication-assisted production of biodiesel using soybean oil and supercritical methanol, Bioprocess and Biosystems Engineering, Feb 2013 doi:10.1007/s00449-013-0894-6
7) Effect of alkali catalyst on biodiesel production in South Korea from mixtures of fresh soybean oil and waste cooking oil Primata, Mardina / Seo, Yong Chan / Chu, Young Hwan, Journal of Material Cycles and Waste Management, Feb 2013 doi:10.1007/s10163-012-0111-8
8) Production of biodiesel from soybean oil on CaO/Al 2 O 3 solid base catalysts Pasupulety, Nagaraju / Gunda, Kamalakar / Liu, Yuanqing / Rempel, Garry L. / Ng, Flora T.T., Applied Catalysis A: General, 452, p.189-202, Feb 2013 doi:10.1016/j.apcata.2012.10.006
9) Cesarini, Silvia / Diaz, Pilar / Nielsen, Per Munk, Exploring a new, soluble lipase for FAMEs production in water-containing systems using crude soybean oil as a feedstock , Process Biochemistry, In Press, Accepted Manuscript,Feb 2013 doi:10.1016/j.procbio.2013.02.001
10) Lapuerta, Magín / Rodríguez-Fernández, José / Agudelo, John R. / Boehman, André L., Blending scenarios for soybean oil derived biofuels with conventional diesel, Biomass and Bioenergy, 49, p.74-85, Feb 2013 doi:10.1016/j.biombioe.2012.12.002
11) Varatharajan, K. / Cheralathan, M., Effect of aromatic amine antioxidants on NO x emissions from a soybean biodiesel powered DI diesel engine, Fuel Processing Technology, 106, p.526-532, Feb 2013 doi:10.1016/j.fuproc.2012.09.023
12) Moradi, G.R. / Dehghani, S. / Khosravian, F. / Arjmandzadeh, A., The optimized operational conditions for biodiesel production from soybean oil and application of artificial neural networks for estimation of the biodiesel yield , Renewable Energy, 50, p.915-920, Feb 2013 doi:10.1016/j.renene.2012.08.070
13) Cynthia, Ofori-Boateng / Teong, Lee Keat, The potential of using cocoa pod husks as green solid base catalysts for the transesterification of soybean oil into biodiesel: Effects of biodiesel on engine performance, Chemical Engineering Journal, In Press, Accepted Manuscript,Feb 2013 doi:10.1016/j.cej.2013.01.046
14) Fajriutami, Triyani / Seo, Yong Chan / Chu, Young Hwan, Optimization of two-step catalyzed biodiesel production from soybean waste cooking oil, Journal of Material Cycles and Waste Management, Dec 2012 doi:10.1007/s10163-012-0106-5
15) Wu, Y. / Huang, R. / Lee, C. F. / Huang, C., Effects of the exhaust gas recirculation rate and ambient gas temperature on the spray and combustion characteristics of ., Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 226 (3), p.372-384, Mar 2012
doi:10.1177/0954407011416291
16) Rios, Maria A. S. / Santos, Francisco F. P. / Maia, Francisco J. N. / Mazzetto, Selma E., Evaluation of antioxidants on the thermo-oxidative stability of soybean biodiesel, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Sep 2012 doi:10.1007/s10973-012-2650-6
17) Wang, J. X. / Chen, K. T. / Huang, S. T. / Chen, K. T. / Chen, C. C., Biodiesel Production from Soybean Oil Catalyzed by Li2CO3, Journal of the American Oil Chemists' Society, 89 (9), p.1619-1625, Sep 2012 doi:10.1007/s11746-012-2074-2
18) Damasceno, Sarah S. / Santos, Nataly A. / Santos, Ieda M.G. / Souza, Antônia L. / Souza, Antônio G. / Queiroz, Neide, Caffeic and ferulic acids: An investigation of the effect of antioxidants on the stability of soybean biodiesel during storage, Fuel, In Press, Corrected Proof,Nov 2012 doi:10.1016/j.fuel.2012.11.045
19) Xie, Wenlei / Zhao, Liangliang, Aminopropylsilica as an environmentally friendly and reusable catalyst for biodiesel production from soybean oil, Fuel, 103, p.1106-1110, Jan 2013 doi:10.1016/j.fuel.2012.08.031

Jatropha の木,花,種

Jatropha の実

Jatropha の種
かなり大きい

技術開発情勢：
1. DNAのゲノム解読済み
2. 遺伝子組み換えヤトロファの育種
3. 関連のヤトロファベンチャー企業存在
4. フルフトハンザ航空のジェットエンジンに，ヤトロファバイオディーゼルを供給

エステル交換によるメチルエステル化

精製方法と問題点：

1. 植物からの油脂を軽油に近い性質を持った脂肪酸メチルエステルに変換する.
2. メタノールと触媒を加えてエステル交換反応を起こす.
   この触媒の工夫に関する論文が，極めて数多く発表されている.
3. 酸を加えて中和する.
4. 副産物のグリセリン約10%を除去して脂肪酸メチルエステルを分離する.
5. 脂肪酸メチルエステルを水洗処理し，触媒を取り除く.
6. 蒸留処理し，メタノールを除去する.
7. 比較的小型な装置で製造することができ，小規模な会社で製造できる.
8. 副産物のグリセリンに触媒や未変換脂肪酸が含まれており，有効な用途がない.
   売却や処分に非常に困難である.
9. バイオディーゼルは，ゴム・樹脂を膨張・劣化させやすい.
10. バイオジーゼルの品質は安定でなく，熱の影響により酸やスラッジを発生させ劣化しやすい.
11. 不飽和有機化合物があり，酸素存在下で酸化劣化し，タンクを腐食させる. 酸化防止剤を添加する必要がある.
12. 不完全な生成油が混入すると，着火温度の差が発生し，エンジンの不調と破損の原因となる.
11. エステル交換の一般式：

1）酸触媒によるエステル交換
R1O-C(=O)-R2 + R3OH + H^+ → R1O-C(-OH)(-OR3)-R2 → R3O-C(=O)-R2 + R1OH
反応機構は、最初にカルボニル基の酸素原子にプロトン化がおきてその後R3OHが求核付加ー脱離により生成物が出来る.
2）塩基触媒によるエステル交換
R1O-C(=O)-R2 + R3OH + OH^- → R1O-C(-O^-)(-OR3)-R2 → R3O-C(=O)-R2 + R1OH
反応機構は、最初にR3O^-がカルボニル基の炭素原子に求核付加が起きてその後R1O^-が脱離して生成物が出来る。
酸と塩基触媒では、最初のステップが異なるが、いずれも平衡反応なので、R3OHの量を多く使う必要がある。

大豆油成分 100g

100 g (3.5 oz)あたりの栄養価	
エネルギー	3,699 kJ (884 kcal)
炭水化物	0 g
・糖分	0 g
・食物繊維	0 g
脂肪	100 g
・飽和脂肪酸	15.65 g
・一価不飽和脂肪酸	22.783 g
・トランス脂肪酸	0.533 g
・多価不飽和脂肪酸	57.74 g
・ω-3脂肪酸	6.789 g
・ω-6脂肪酸	50.418 g
タンパク質	0 g
水分	0 g
ビタミンA相当量	0 μg (0%)
・βカロテン	0 μg (0%)
・ルテインおよびゼアキサンチン	0 μg
ビタミンB_1	0 mg (0%)
ビタミンB_2	0 mg (0%)
ビタミンB_3	0 mg (0%)
パントテン酸（ビタミンB_5）	0 mg (0%)
ビタミンB_6	0 mg (0%)
葉酸（ビタミンB_9）	0 μg (0%)
コリン	0.2 mg (0%)
ビタミンB_{12}	0 μg (0%)
ビタミンC	0 mg (0%)

酸化し，安定でない.

ジャトロファ油の性質　重油に近い.

	A重油 (JIS K2205 1種1号)	軽油 (JIS K2204 1種1号)	ジャトロファ
反応	中性	中性	酸性 (脂肪酸質量 0.2%以下)
引火点(℃)	60以上	50以上	236
発熱量(kcal/kg)	10,000～11,000	8,500～9,500	9,000～10,000
動粘度(mm²/s)	20以下	2.5以上	21.15
流動点(℃)	5以下	-2.5以下	-5.5
比重(g/cm³)	0.9～1.0	0.84～0.9	0.9177
残炭分(質量%)	4以下	1以下	0.34
水分(容量%)	0.3以下	0.2以下	0.0935
灰分(質量%)	0.05以下	0.01以下	0.007
硫黄分(質量%)	0.5以下	0.005以下	0.7以下

http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%A7%E8%B1%86%E6%B2%B9

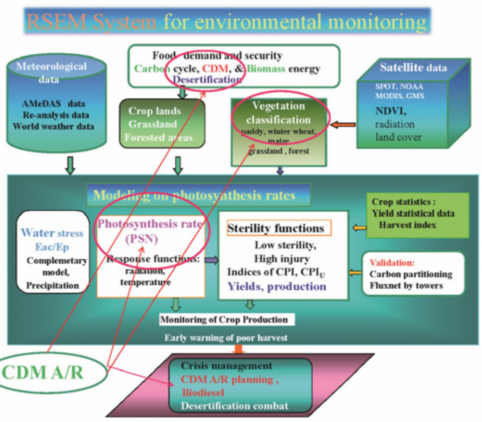
www.tokusyunenryou.com/point/point_06.html

バイオジーゼルの特徴

1. バイオディーゼル100%か，軽油と一定割合で混合して使用する.
2. 低温では粘度が高くなり，冬季にバイオディーゼル100%で使用すると，
   燃料経路内で固まることがある.
3. メチルエステル化の副産物であるグリセリンが10%発生し，その除去が不完全
   であると，エンジンのピストンリングを固着させたり，フィルターを目詰まりさせる.
4. 何によってCO_2排出を削減するか？
   1）化石燃料のエネルギー効率の向上（従来からの企業活動としての経済的動機）
   2）再生可能エネルギーの利用（助成による政策支援）
   3）森林を巨大な吸収源機能としての活用すべき.
   （森林の保全と管理，途上国での植林とCDMによる排出権取得）
2. 現在の世界情勢下では，従来の植林バイオマスによるCO_2吸収だけでは，
   植林CDMの投資効果が，不十分ではないか？
3. 植林の多目的効果によっても，現在の世界の金融･経済的混迷の中では，
   森林保全と排出削減の優先度が低下する（雇用優先）.
4. そこで，温暖化対策と現在のエネルギー需要の急増に対処し，
   エネルギー資源開発と合致させ，バイオフューエル（ Ethanol とDiesel)化する.
   a)火力発電所の石炭に混合し燃焼（India）.
   b)ガソリンに混合（Brazilは35%，USAは10%）やジェット燃料に混合し，
   化石燃料消費を削減（カーボンニュートラル化）する.
5. 一方で，豊作時の穀物価格安定化のために，自動車や航空機燃料として利用.
   この利用分野の拡大は，農業生産者の収入増期待により，食糧生産が増大する.

衛星利用型光合成モデルによる CO_2吸収量の算定法と植林CDM：

1．森林による吸収量の推定には、幹径の実測に基づく算定式が広く採用されている。
2．しかし、本格的な広大な地域の吸収量を推定するためには、人的効率と費用の面から現実的でなく適切ではない。
3．現段階のCDM事業の規模は、決して広大とは言えない試験段階と認識する。代わって、衛星利用による吸収量の推定方法の精度向上を図り、広域的な実利用を目指す。
4．幹径の地上実測による検証と合わせて、植林・再森林化・バイオフューエル利用によるCDM事業を支援するシステムの開発する。
5．このシステムにより、植林CDMの適地選定、A/Rプロジェクトの長年にわたるモニタリング、或いは広大な地域の炭素固定量分布の推定等に、衛星リモートセンシングを利用し、CDMA/Rプロジェクトを支援する。
6．植林する樹種の基本は， ヤ（ジャ）トロファ，ユーカリ，アカシア，ポプラとし，これらに生物多様性へ配慮して在来樹種 である早生樹のグメリナ等を小河川の流路に植林する.
7．森林によるCDMプロジェクトは，本命とも言える削減影響力を持つ.
本研究は、 CO_2の削減やバイオフューエル利用による資金の回収と合わせ，植林CDMが持つ優れた特質である複数の便益、すなわち木材資源、治水・水資源涵養、土砂流出防止、砂漠化抑制、生物多様性、生活環境・景観の改善等の効果を重視する。



CO_2吸収量の算定法：

2．吸収増大量の計上方法

植林活動は、非森林地における植林活動により吸収量の増大を目的とした活動であり、植林前のC02 蓄積量に対して追加的なC02 蓄積量を吸収増大量として計上する。

3．吸収増大量の算定で考慮する温室効果ガス排出・吸収活動吸収源 温室効果ガス説明

プロジェクト吸収量：

C02 植林により、追加的に地上部バイオマスが蓄積される。

C02 植林により、追加的に地下部バイオマスが蓄積される。

プロジェクト排出量：

C02 植林活動による伐採・刈払いされる植林対象地（例： 農地、草地）のバイオマス

4． 純吸収増大量の計算（算定）式

$\Delta C_{total} = \Delta C_{AR-gain} - C_{Base}$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ （1）式

ΔCtotal 人為的純吸収量（t-C02/年）

ΔCAR-gain 植林活動に基づく、年間の温室効果ガス排出吸収量（t-C02/年）

CBase 植林対象地のC02 蓄積量（t-C02）

5． 吸収増大量の計算（算定）式

$\Delta C_{AR-gain} = \Delta C_{AG} + \Delta C_{GB}$・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ （2）式

ΔCAG 地上部バイオマス中の年間C02 吸収量（t-C02/年）

ΔCBG 地下部バイオマス中の年間C02 吸収量（t-C02/年）

The baseline net GHG removals by sinks will be determined as:

$$\Delta C_{BSL} = \sum_{t=1}^{t^*} \left(\Delta C_{TREE-BSL,t} + \Delta C_{SHRUB-BSL,t} \right)$$

where:

ΔC_{BSL} Baseline net GHG removals by sinks; t CO_2-e

$\Delta C_{TREE\_,BSL,t}$ Change in carbon stock in tree biomass in baseline within the project boundary in year *t*, as estimated in the tool .Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities.; t CO_2-e

$\Delta C_{SHRUB\_BSL,t}$ Change in carbon stock in shrub biomass in baseline within the project boundary in year *t*, as estimated in the tool .Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities.; t CO_2-e (Under the applicability conditions of this methodology, changes in carbon stock of aboveground and below-ground biomass of shrub vegetation may be conservatively assumed to be zero for all strata in the baseline scenario)

*t 1, 2, 3, . t**years elapsed since the start of the A/R CDM project activity

Change in carbon stock in all selected carbon pools, in year *t*, is calculated as:

$$\Delta C_t = \Delta C_{TREE\_PROJ,t} + \Delta C_{SHRUB\_PROJ,t} + \Delta C_{DW\_PROJ,t} + \Delta C_{LI\_PROJ,t} + \Delta C_{SOC\_AL,t}$$

where:

ΔC_t Change in carbon stock in all selected carbon pools in the project scenario, in year *t*; t CO2-e

$\Delta C_{TREE\_PROJ,t}$ Change in carbon stock in tree biomass in project, in year *t*, as estimated in the tool .Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities.; t CO2-e

$\Delta C_{SHRUB\_PROJ,t}$ Change in carbon stock in shrub biomass in project, in year *t*, as estimated in the tool .Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks of trees and shrubs in A/R CDM project activities.; t CO2-e (under the applicability conditions of the methodology changes in carbon stock of above-ground and below-ground biomass of shrubs may be conservatively assumed to be zero for all strata in the project scenario. However PPs may choose to account for it when carbon stock in shrub biomass in project is expected to increase, e.g. afforestation/reforestation using mixture of trees and shrubs)

$\Delta C_{DW\_PROJ,t}$ Change in carbon stock in dead wood biomass in project, in year *t*, as estimated in the tool .Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks in dead wood and litter in A/R CDM project activities.; t CO2-e

$\Delta C_{LI\_PROJ,t}$ Change in carbon stock in litter biomass in project, in year *t*, as estimated in the tool .Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks in dead wood and litter in A/R CDM project activities.; t CO2-e

$\Delta C_{SOC\_AL,t}$ Change in carbon stock in SOC in project, in year *t*, in areas of land meeting the applicability conditions of the tool .Tool for estimation of change in soil organic carbon stocks due to the implementation of A/R CDM project activities., as estimated in the same tool; t CO2-e

*t 1, 2, 3, . t** years elapsed since the start of the A/R CDM project activity

Net GHG removals

The net anthropogenic GHG removals by sinks is the actual net GHG removals by sinks minus the baseline net GHG removals by sinks minus leakage, therefore, the following general formula can be used to calculate the net anthropogenic GHG removals by sinks of an A/R CDM project activity (C_{AR-CDM}), in t CO_2-e.

$$C_{AR-CDM} = \Delta C_{ACTUAL} - \Delta C_{BSL} - LK \qquad (8)$$

where:

C_{AR-CDM}

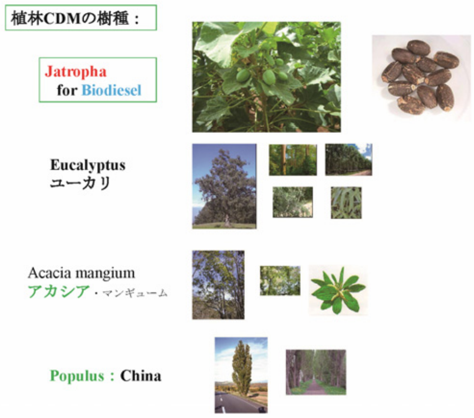
Net anthropogenic GHG removals by sinks; t CO_2-e

ΔC_{ACTUAL}

Actual net GHG removals by sinks; t CO_2-e

ΔC_{BSL} Baseline net GHG removals by sinks; t CO_2-e

LK Total GHG emissions due to leakage; t CO_2-e



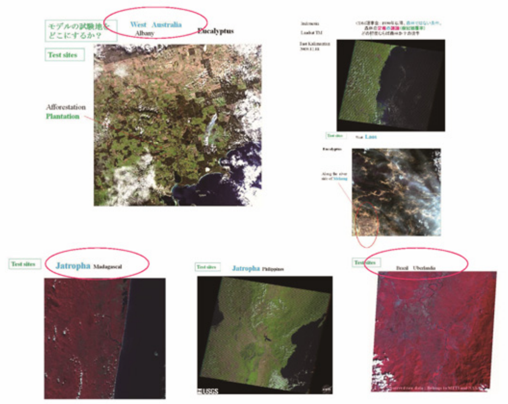
樹種ごとのパラメータが必要

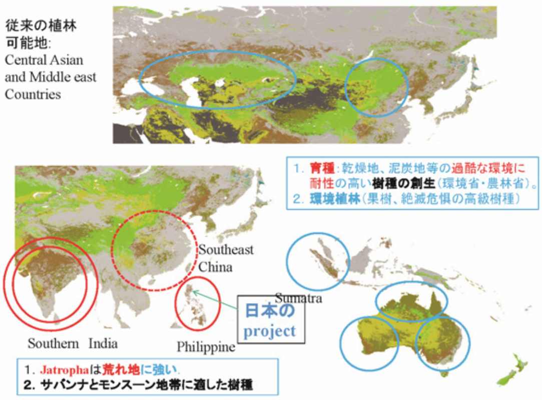
別紙1：樹種ごとの拡大係数(BEF,Biomass Expansion Factor)など
表「京都議定書3 条3 及び4 の下でのLULUCF 活動の補足情報に関する報告書（2008 年5 月）」で示された森林簿樹種の拡大係数、枝根率、容積密度

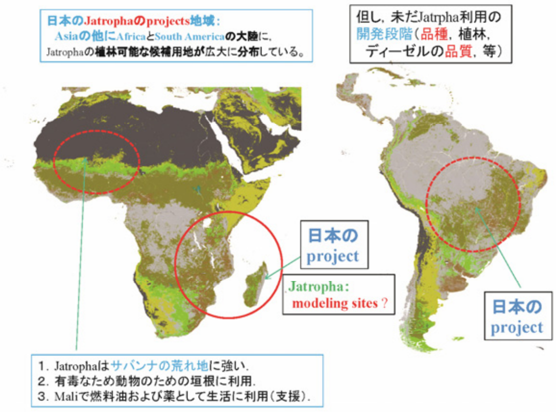
		BEF ≦20	BEF >20	R	D	炭素含有率	備考
針葉樹	スギ	1.57	1.23	0.25	0.314	0.5	
	ヒノキ	1.55	1.24	0.26	0.407		
	サワラ	1.55	1.24	0.26	0.287		
	アカマツ	1.63	1.23	0.27	0.416		
	クロマツ	1.39	1.36	0.34	0.464		
	ヒバ	2.43	1.38	0.18	0.429		
	カラマツ	1.50	1.15	0.29	0.404		
	モミ	1.40	1.40	0.40	0.423		
	トドマツ	1.88	1.38	0.21	0.319		
	ツガ	1.40	1.40	0.40	0.464		
	エゾマツ	1.92	1.46	0.22	0.348		
	アカエゾマツ	2.15	1.67	0.21	0.364		
	マキ	1.39	1.23	0.18	0.455		
	イチイ	1.39	1.23	0.18	0.454		
	イチョウ	1.51	1.15	0.18	0.451		
	外来針葉樹	1.41	1.41	0.17	0.320		
	その他針葉樹	2.55	1.32	0.34	0.352		北海道、東北6県、栃木、群馬、埼玉、新潟、富山、山梨、長野、岐阜、静岡に適用
	〃	1.39	1.36	0.34	0.464		沖縄県に適用
	〃	1.40	1.40	0.40	0.423		上記以外の県に適用
広葉樹	ブナ	1.58	1.32	0.25	0.573		
	カシ	1.52	1.33	0.25	0.629		
	クリ	1.50	1.17	0.25	0.426		
	クヌギ	1.36	1.33	0.25	0.668		
	ナラ	1.40	1.26	0.25	0.619		
	ドロノキ	1.33	1.17	0.25	0.291		
	ハンノキ	1.33	1.19	0.25	0.382		
	ニレ	1.33	1.17	0.25	0.494		
	ケヤキ	1.58	1.28	0.25	0.611		
	カツラ	1.33	1.17	0.25	0.446		
	ホオノキ	1.33	1.17	0.25	0.386		
	カエデ	1.33	1.17	0.25	0.519		
	キハダ	1.33	1.17	0.25	0.344		
	シナノキ	1.33	1.17	0.25	0.369		
	センノキ	1.33	1.17	0.25	0.398		
	キリ	1.33	1.17	0.25	0.234		
	外来広葉樹	1.41	1.41	0.25	0.660		
	カンバ	1.31	1.20	0.25	0.619		
	その他広葉樹	1.37	1.37	0.25	0.473		千葉、東京、高知、福岡、長崎、鹿児島、沖縄
	〃	1.52	1.33	0.25	0.629		三重、和歌山、大分、熊本、宮崎、佐賀
	〃	1.40	1.26	0.25	0.619		上記区分以外の府県

BEF：バイオマス拡大係数
R：地上部に対する地下部の比率
D：容積密度

枝・葉を含めた樹木全体を算入するための***拡大係数***







Types of radiation response function on photosynthesis rate (PSN) and vegetations

$$PSN = f_{rad} \cdot f_{Syn}(T_c) \cdot \beta_s \cdot eLAI$$

1) Prioul-Chartier type.......... Forest, grassland, paddy rice

$$f_{rad\_pc} = \frac{a_{pc} \cdot PAR + PSN_{max} - \sqrt{(a_{pc} \cdot PAR + PSN_{max})^2 - 4m \cdot a_{pc} \cdot PSN_{max} PAR}}{2m}$$

2) Michaelis-Menten type .... Wheat, maize

$$f_{rad\_mm} = \frac{a_{mm} \cdot PAR}{b_{mm} + PAR}$$

The air temperature response of the photosynthesis rate

Sigmoidal-Logistic type function

The temperature response of the photosynthesis rate shows a S-shaped curve, and is well known as the Sigmoidal-Logistic type function from the work of Horie (1978) and Ishihara and Saito (1987).

$$f_{Syn}(T_c) = \left[\frac{1}{1 + \exp\{k_{syn}(T_c - T_{hv})\}} \right]$$

where T_{hv} : temperature parameter at half of the maximum photosynthesis rate,
k_{syn} : slope parameter,
T_c : plant leaf temperature.

by KANEKO

Complementary model:

Priestley Taylor evaporation (potential evaporation)

$$E_{equil} = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma}(R_n - G)$$

Penman potential evaporation

$$E_P = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} \cdot E_a$$

Actual evapotranspiration expressed by Complementary model

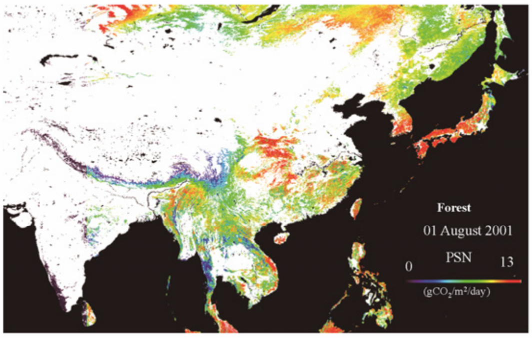
$$E_{ac} = 2E_{p0} - E_p$$

Δ : the slope of the saturation vapor pressure and temperature curve,
γ : the psychrometric constant,
α : the constant of Priestley and Taylor , G : the soil heat flux,
R_n : the net radiation,
E_a : the drying power of the air

Crop water stress index (CWSI)
= Stomatal opening βs

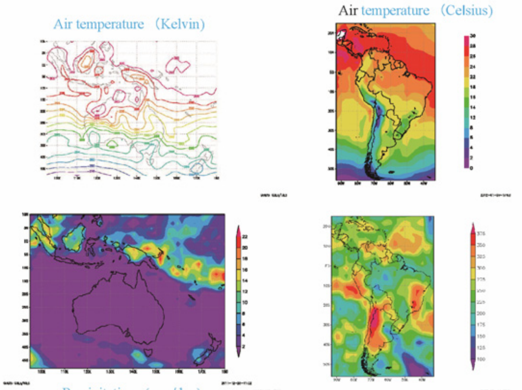
$$CWSI \approx \beta_s = \frac{E_{ac}}{E_p}$$

Distribution of PSN in forested areas in South east Asia.



Air temperature (Kelvin)

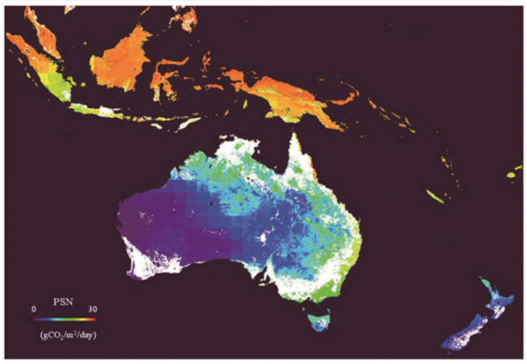
Air temperature (Celsius)

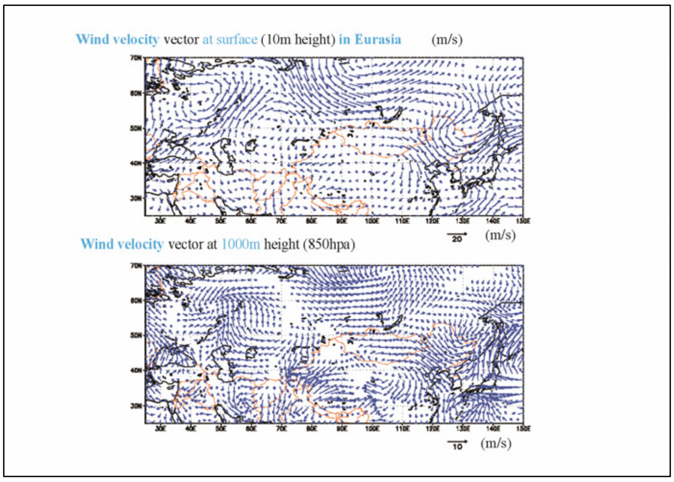


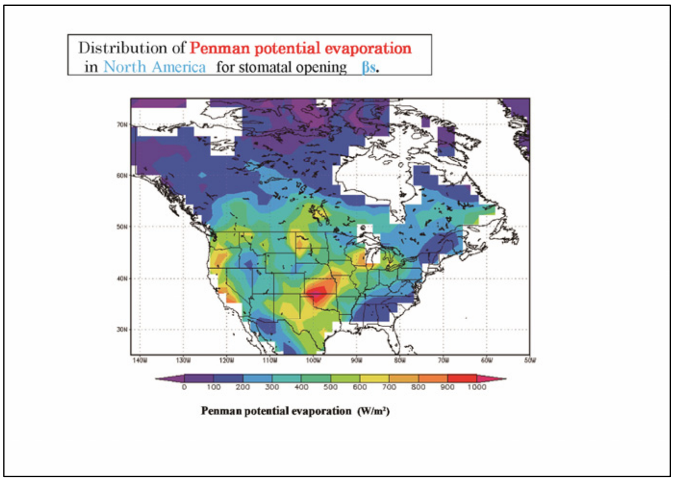
Precipitation (mm/day)

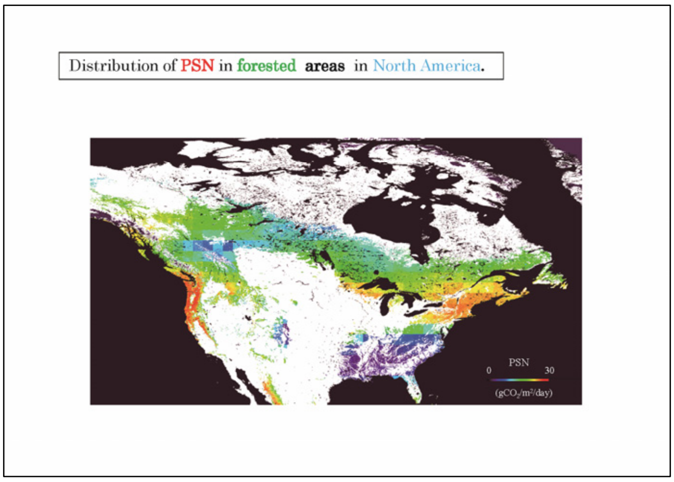
Downward short wave solar radiation (W/m2)

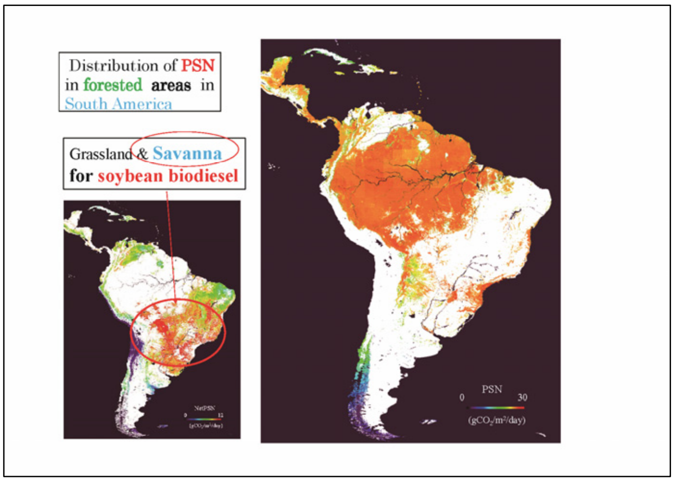
Distribution of PSN in forested, grassland and bare areas in Australasia.

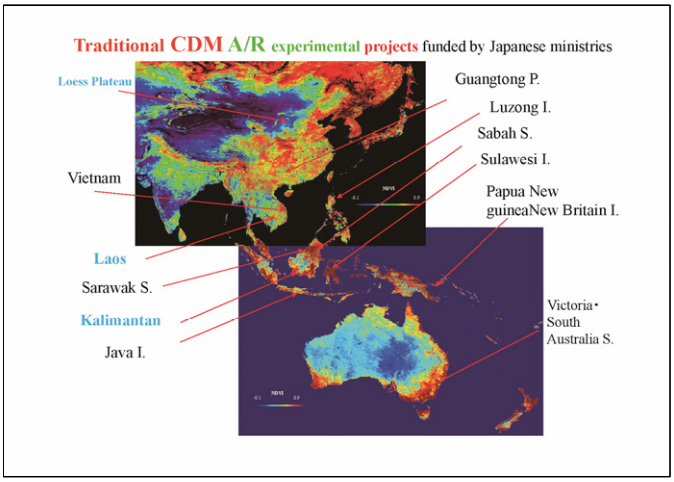


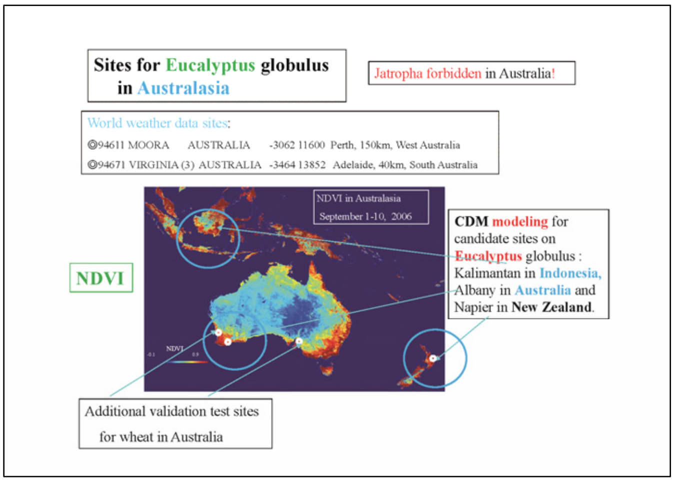

Wind velocity vector at surface (10m height) in Eurasia (m/s)
Wind velocity vector at 1000m height (850hpa)
(m/s)
(m/s)

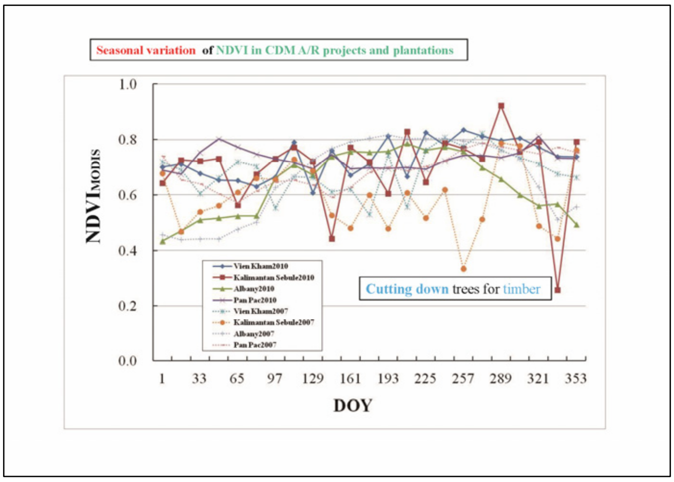

Distribution of Penman potential evaporation
in North America for stomatal opening βs.
0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000
Penman potential evaporation (W/m²)


Distribution of PSN in forested areas in North America.
PSN
0 30
(gCO2/m²/day)


Distribution of PSN
in forested areas in
South America
Grassland & Savanna
for soybean biodiesel
PSN
0 30
(gCO2/m²/day)


Traditional CDM A/R experimental projects funded by Japanese ministries
Loess Plateau
Guangtong P.
Luzong I.
Sabah S.
Sulawesi I.
Vietnam
Papua New
guineaNew Britain I.
Laos
Sarawak S.
Kalimantan
Java I.
Victoria・
South
Australia S.


Sites for Eucalyptus globulus
in Australasia
Jatropha forbidden in Australia!
World weather data sites:
◎94611 MOORA AUSTRALIA -3062 11600 Perth, 150km, West Australia
◎94671 VIRGINIA (3) AUSTRALIA -3464 13852 Adelaide, 40km, South Australia
NDVI in Australasia
September 1-10, 2006
CDM modeling for
candidate sites on
Eucalyptus globulus :
Kalimantan in Indonesia,
Albany in Australia and
Napier in New Zealand.
NDVI
Additional validation test sites
for wheat in Australia



まとめと課題

衛星利用型光合成モデルによるCDMプロジェクト支援システムの開発
- 植生ベースの排出権情勢とバイオフューエル -

1）衛星利用の支援システムについて、CDM A/R のバイオフューエル部門への拡大を図り，不順な世界の経済情勢下において，現在の研究方針を示した。

2）一方では，CDM A/Rプロジェクトは、CO_2の削減や資金の回収ばかりでなく、その優れた特質である複数の便益、すなわち木材資源、治水・水資源涵養、土砂流出防止、砂漠化抑制、生物多様性、生活環境・景観の改善等の効果を重視する。

3）これらは，地上における樹木諸元の測定や収量による従来の方法に、面的な把握方法として吸収量の評価データを提供し、CDMによる炭素固定のプロジェクトに役立てることができる．Operational な衛星利用CDM A/R支援システムを目指す。

4）衛星利用による吸収量の推定方法の精度向上を図り、広域的な実利用を目指す。幹径の地上実測による検証と合わせて、植林・再森林化と石油に代わるバイオフューエルによるエネルギー利用を図り，CDM事業の経済的投資効果を高め，プロジェクトを支援する衛星利用システムを開発する。

今後の課題

・世界のCDM A/Rの適地選定を利用し，光合成モデルの検定用に、植林地域における木材伐採データと種子収量を使い、樹種毎に光合成モデルの検証をすることを考えている。また、PALSARの利用等である。

地表面熱収支推定のための衛星データを利用した雲底高度の推定

菅原広史（防衛大・地球海洋，hiros@nda.ac.jp），藤井貫志（防衛省），高村民雄（CEReS）

1)研究の背景

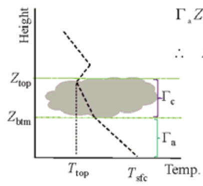
雲底高度の観測の現状
①気象官署などでの目視観測：上中下層の3分類，1日数回．
②空港での目視＆シーロメータ(ライダー)観測：1時間ごと．
＝＞観測点(主に空港)は陸地のごく一部に限られる
夜間は観測していないことが多い

雲底高度推定の必要性
①気候変動予測
・全球気候モデルで雲の再現性の低さが精度悪化の要因となっている(IPCC，2007)
・地表面熱収支解析の晴天日バイアス＝＞曇天日も含めた気候値の必要性
（熱収支解析のためには下向き大気放射量が必要．雲底高度から推定される）
②航空気象
低い雲は運航の障害．特に洋上や山間など．

⇒衛星データから雲底高度を推定する手法を検討

2)雲底高度推定手法の提案

仮定：①雲は水平一様で1層のみ．
②気温減率は高度に対して一定で，雲中・雲底下それぞれで代表的な値をとる．
雲頂気温(Ttop)：衛星データの輝度温度を使用
雲頂高度(Ztop)：高層データとTtopから算出



$$\Gamma_a Z_{btm} + \Gamma_c (Z_{top} - Z_{btm}) = T_{sfc} - T_{top}$$

$$\therefore \quad Z_{btm} = \frac{(T_{sfc} - T_{top}) - \Gamma_c Z_{top}}{\Gamma_a - \Gamma_c}$$

3)検証

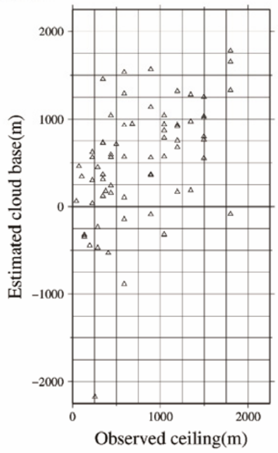


図1 観測値と推定値の比較．

使用データ
・MTSAT輝度温度（CH1をTtopに，CH1とCH4から低層雲の抽出）
・地上気温は札幌管区気象台での計測値
・高層観測（札幌）

・雲底高度（丘珠空港での目視．トゥルースデータとして使用）

期間
2006～2009年の4～9月．高層観測に合わせて21時．

検証のまとめ

解析件数	68件
相関係数	0.49
推定値が負の事例	12件
RMSE	649m
相対RMSE	83%

雲底高度推定の気温減率への敏感度
雲中・雲底下の気温減率（Γa，Γc）が雲底高度(Zbtm)に与える影響が独立だとすると，

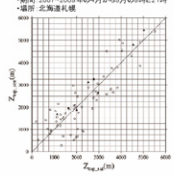
$$\Delta Z_{btm} = \sqrt{\left(\frac{\partial Z_{btm}}{\partial \Gamma_c}\Delta\Gamma_c\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_{btm}}{\partial \Gamma_a}\Delta\Gamma_a\right)^2}$$

Γ_c，Γ_aを求めた際の分散（±0.15，±0.30）を用いると，ΔZbtmは540～3095 m（分散の正負で幅がでる）．これはトゥルースデータとの差（RMSE）より大きい．

→気温減率の決め方が重要

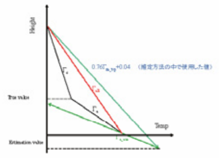
4)雲頂高度の誤差

・期間：2007~2009年の4月から9月の9時と21時
・場所：北海道札幌



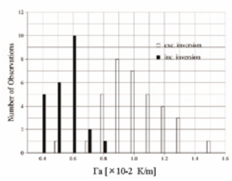
解析件数	68件
相関係数	0.86
Bias	-30m
RMSE	673m
相対RMSE	29%

5)推定値がマイナスとなった事例



・雲底高度が負と推定された12件の高層データをみると，
Γ_aとΓ_cの値が推定で使用したものより小さかった．
・理由として考えられるもの．
雲内の逆転層（11件）
地上で降水有（1件）

6)地上付近の逆転層



・逆転層有無に有意な差
逆転層無＜逆転層有

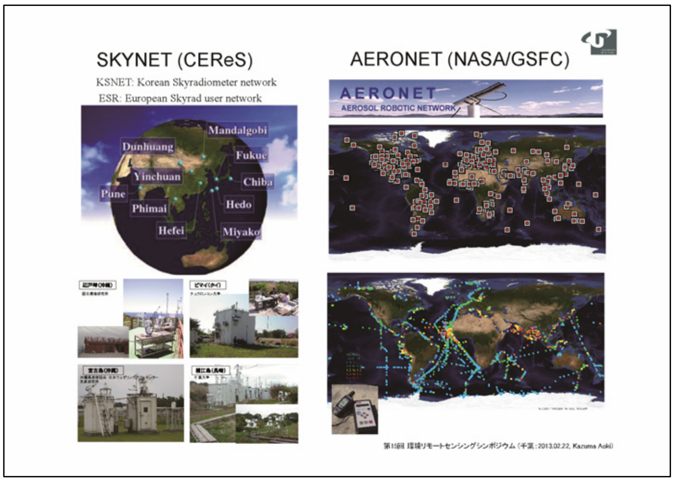
・Γ_aの違い

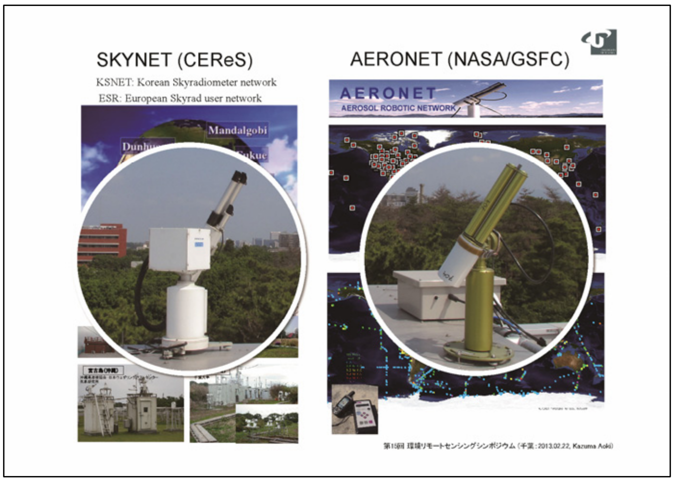
	逆転層無し	あり
平均	0.99	0.83
標準偏差	0.20	0.30

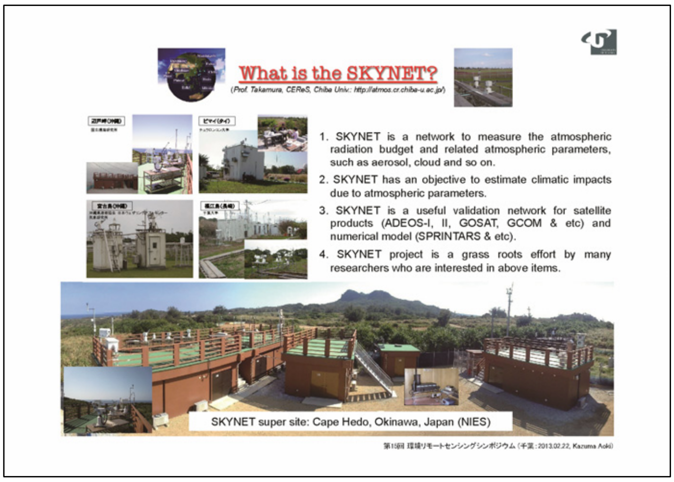
7) まとめ

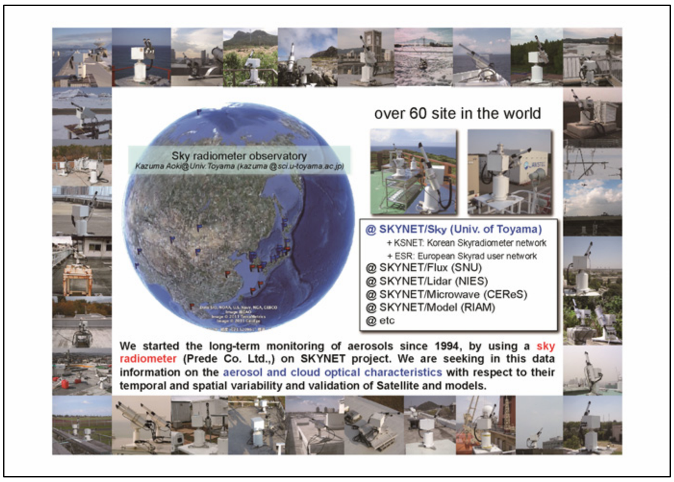
・雲底高度を推定する新たな手法を開発．
・気温減率を仮定し，衛星赤外輝度温度と地上気温から雲底高度を推定．
・検証の結果，68件について相関係数は0.49，RMSEは649 m(83%)．
・Γ_aの日々の変動が誤差の主要な原因．（もし）逆転層を検知できれば精度向上が可能．

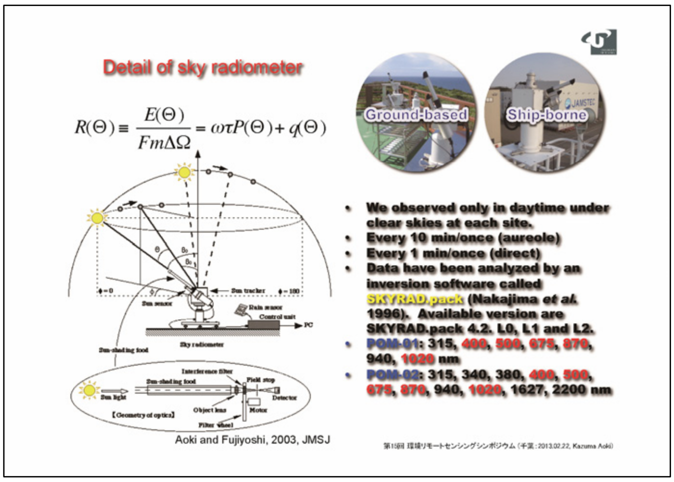

SKYNETデータを利用した
雲・エアロゾルの光学的特性
青　木　一　真
富山大学大学院理工学研究部（理学）
（CEReS 共同利用担当教員　高村民雄、入江仁士）
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）


SKYNET (CEReS)
KSNET: Korean Skyradiometer network
ESR: European Skyrad user network
Mandalgobi
Dunhuang
Fukue
Yinchuan
Chiba
Pune
Phimai
Hedo
Hefei
Miyako
AERONET (NASA/GSFC)
AERONET
AEROSOL ROBOTIC NETWORK
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）

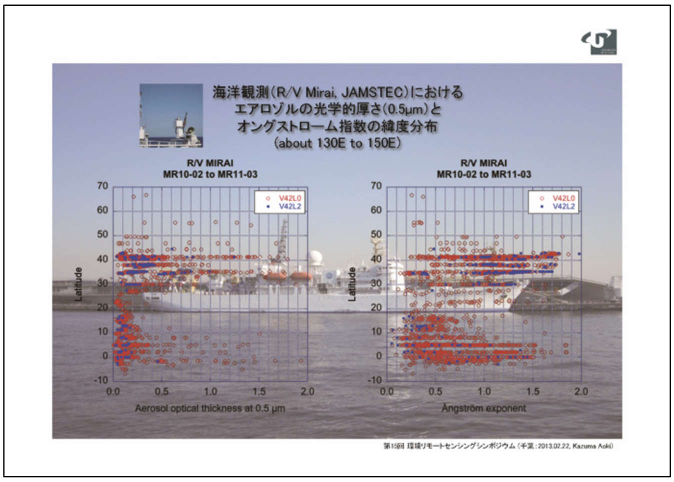

SKYNET (CEReS)
KSNET: Korean Skyradiometer network
ESR: European Skyrad user network
Mandalgobi
AERONET (NASA/GSFC)
AERONET
AEROSOL ROBOTIC NETWORK
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）

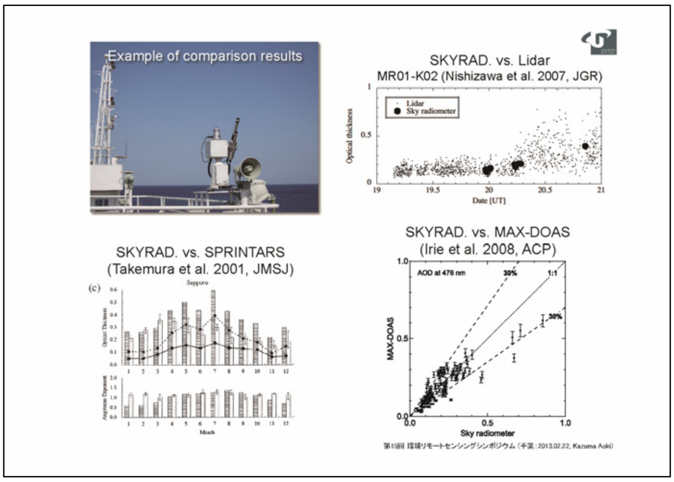

What is the SKYNET?
(Prof. Takamura, CEReS, Chiba Univ.: http://atmos.cr.chiba-u.ac.jp/)
1. SKYNET is a network to measure the atmospheric radiation budget and related atmospheric parameters, such as aerosol, cloud and so on.
2. SKYNET has an objective to estimate climatic impacts due to atmospheric parameters.
3. SKYNET is a useful validation network for satellite products (ADEOS-I, II, GOSAT, GCOM & etc) and numerical model (SPRINTARS & etc).
4. SKYNET project is a grass roots effort by many researchers who are interested in above items.
SKYNET super site: Cape Hedo, Okinawa, Japan (NIES)
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）

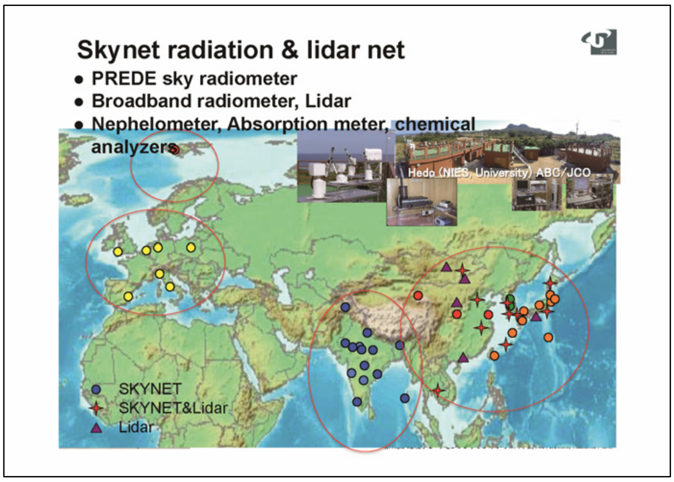

over 60 site in the world
Sky radiometer observatory
Kazuma Aoki@Univ.Toyama (kazuma@sci.u-toyama.ac.jp)
@ SKYNET/Sky (Univ. of Toyama)
+ KSNET: Korean Skyradiometer network
+ ESR: European Skyrad user network
@ SKYNET/Flux (SNU)
@ SKYNET/Lidar (NIES)
@ SKYNET/Microwave (CEReS)
@ SKYNET/Model (RIAM)
@ etc
We started the long-term monitoring of aerosols since 1994, by using a sky radiometer (Prede Co. Ltd.,) on SKYNET project. We are seeking in this data information on the aerosol and cloud optical characteristics with respect to their temporal and spatial variability and validation of Satellite and models.

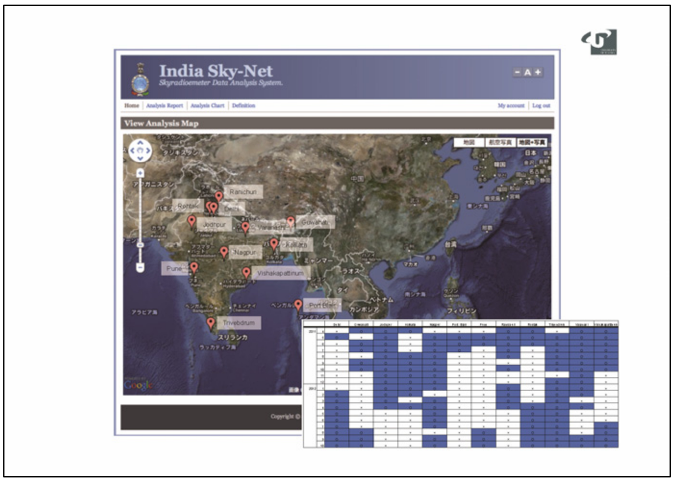

Detail of sky radiometer
$R(\Theta) \equiv \dfrac{E(\Theta)}{Fm\Delta\Omega} = \omega\tau P(\Theta) + q(\Theta)$
Ground-based
Ship-borne
Sun tracker
Sun sensor
Rain sensor
Control unit
PC
Sky radiometer
Sun-shading food
Interference filter
Field stop
Sun light
Detector
Object lens
Motor
Filter wheel
【Geometry of optics】
Aoki and Fujiyoshi, 2003, JMSJ
• We observed only in daytime under clear skies at each site.
• Every 10 min/once (aureole)
• Every 1 min/once (direct)
• Data have been analyzed by an inversion software called SKYRAD.pack (Nakajima et al. 1996). Available version are SKYRAD.pack 4.2. L0, L1 and L2.
• POM-01: 315, 400, 500, 675, 870, 940, 1020 nm
• POM-02: 315, 340, 380, 400, 500, 675, 870, 940, 1020, 1627, 2200 nm
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）

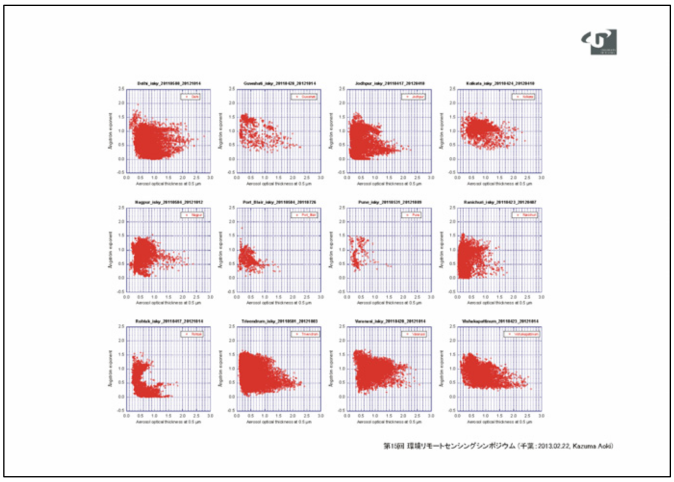

スカイラジオメーター観測の現状
（スカイラジオメーターの利用）
エアロゾルの光学的特性（AOT, Alpha, SSA, SDV, etc）
雲の光学的特性（COT, Effective radius , WV, etc）
衛星観測（GCOM等）、数値モデル（SPRINTARS等）の検証
他分野融合研究： 雪氷、植生、健康影響、太陽光発電等
GCOM-C
Climate
TEEDDA
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）


海洋観測（R/V Mirai, JAMSTEC）における
エアロゾルの光学的厚さ（0.5μm）と
オングストローム指数の緯度分布
（about 130E to 150E）
R/V MIRAI
MR10-02 to MR11-03
Latitude
Aerosol optical thickness at 0.5 μm
Ångström exponent
V42L0
V42L2
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）

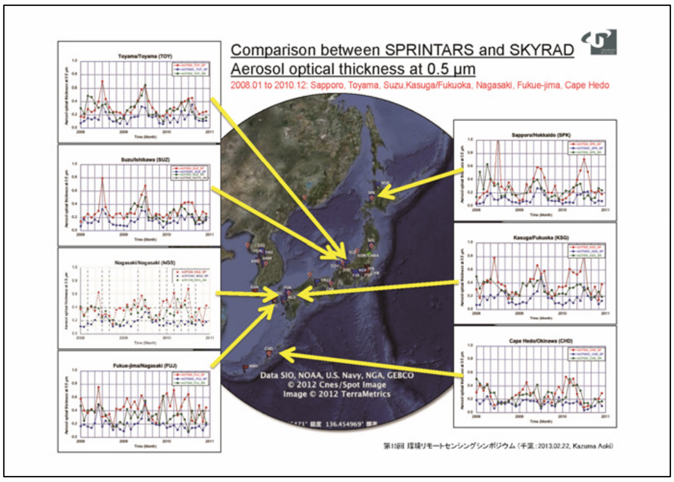

Example of comparison results
SKYRAD. vs. Lidar
MR01-K02 (Nishizawa et al. 2007, JGR)
Lidar
Sky radiometer
Optical thickness
Date [UT]
SKYRAD. vs. SPRINTARS
(Takemura et al. 2001, JMSJ)
Sapporo
Month
SKYRAD. vs. MAX-DOAS
(Irie et al. 2008, ACP)
AOD at 476 nm
MAX-DOAS
Sky radiometer
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）

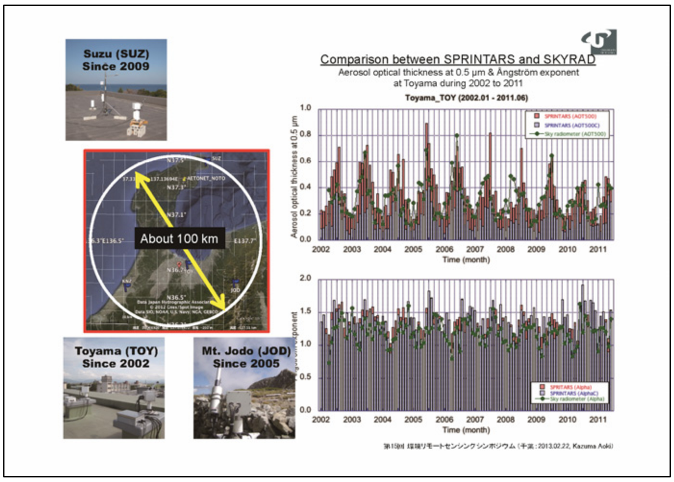

Skynet radiation & lidar net
● PREDE sky radiometer
● Broadband radiometer, Lidar
● Nephelometer, Absorption meter, chemical analyzers
Hedo (NIES, University) ABC/JCO
SKYNET
SKYNET&Lidar
Lidar

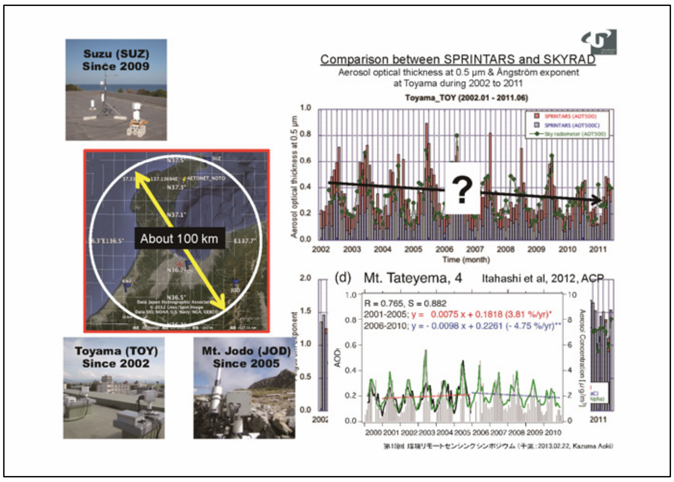

India Sky-Net
Skyradiometer Data Analysis System.
View Analysis Map

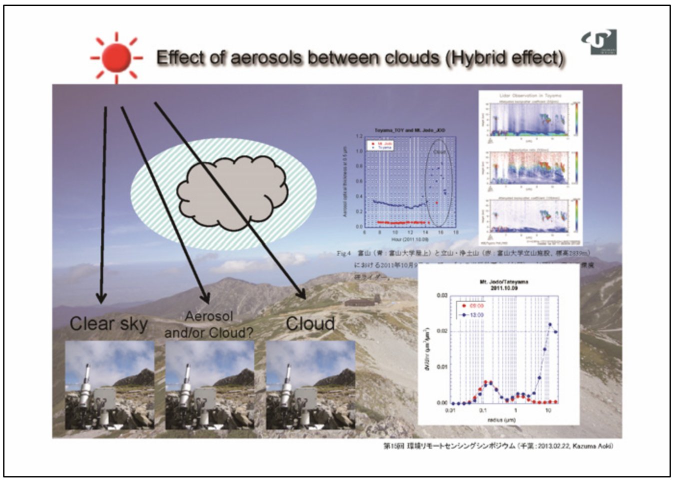

第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）


SKYNET/Sky radiometer in East Asia
Kasuga (KSG)
Since 2003
Fukue-jima (FUJ)
Since 2002
Cape Hedo (CHD)
Since 1996
Suzu (SUZ)
Since 2009
Toyama (TOY)
Since 2002
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）

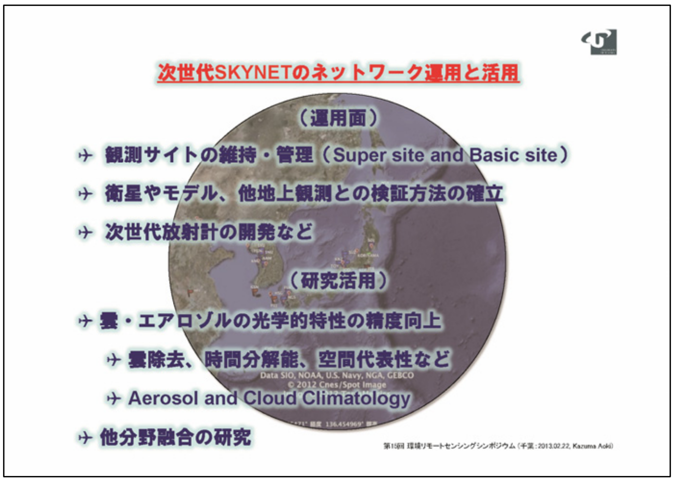

Comparison between SPRINTARS and SKYRAD
Aerosol optical thickness at 0.5 μm
2008.01 to 2010.12: Sapporo, Toyama, Suzu,Kasuga/Fukuoka, Nagasaki, Fukue-jima, Cape Hedo
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
© 2012 Cnes/Spot Image
Image © 2012 TerraMetrics
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）


Comparison between SPRINTARS and SKYRAD
Aerosol optical thickness at 0.5 μm & Ångström exponent
at Toyama during 2002 to 2011
Toyama_TOY (2002.01 - 2011.06)
Suzu (SUZ)
Since 2009
About 100 km
Toyama (TOY)
Since 2002
Mt. Jodo (JOD)
Since 2005
Aerosol optical thickness at 0.5 μm
Time (month)
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）


Comparison between SPRINTARS and SKYRAD
Aerosol optical thickness at 0.5 μm & Ångström exponent
at Toyama during 2002 to 2011
Toyama_TOY (2002.01 - 2011.06)
Suzu (SUZ)
Since 2009
About 100 km
Toyama (TOY)
Since 2002
Mt. Jodo (JOD)
Since 2005
?
(d) Mt. Tateyema, 4
Itahashi et al, 2012, ACP
R = 0.765, S = 0.882
2001-2005; y = 0.0075 x + 0.1818 (3.81 %/yr)*
2006-2010; y = - 0.0098 x + 0.2261 (- 4.75 %/yr)**
AOD
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）

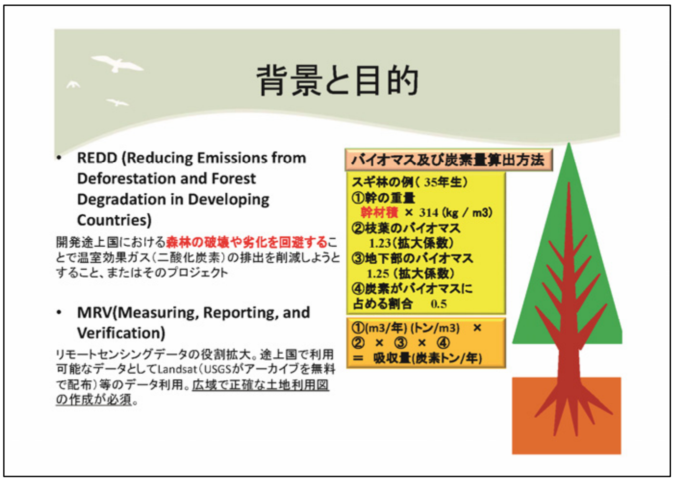

Effect of aerosols between clouds (Hybrid effect)
Clear sky
Aerosol
and/or Cloud?
Cloud
Mt. Jodo/Tateyama
2011.10.09
radius (μm)
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）

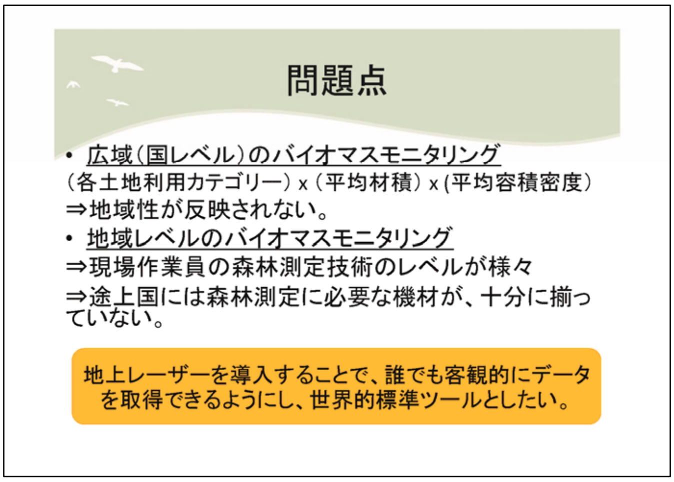

SKYENT/SKYRAD web:
http://skyrad.sci.u-toyama.ac.jp
SKYNET Sky radiometer Archives
SKYNET Sky radiometer network
Ground-Based
Ship-Borne
Publications
Field Campaigns
News & Information
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）


次世代SKYNETのネットワーク運用と活用
（運用面）
観測サイトの維持・管理（Super site and Basic site）
衛星やモデル、他地上観測との検証方法の確立
次世代放射計の開発など
（研究活用）
雲・エアロゾルの光学的特性の精度向上
雲除去、時間分解能、空間代表性など
Aerosol and Cloud Climatology
他分野融合の研究
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
© 2012 Cnes/Spot Image
第15回 環境リモートセンシングシンポジウム（千葉：2013.02.22, Kazuma Aoki）

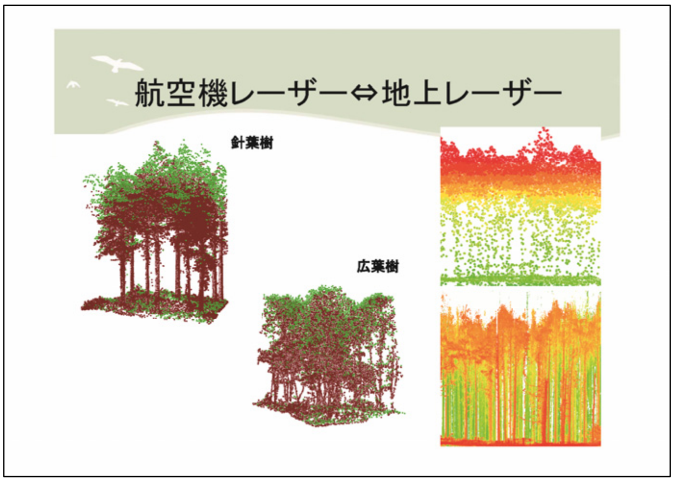

今後ともよろしくお願いします

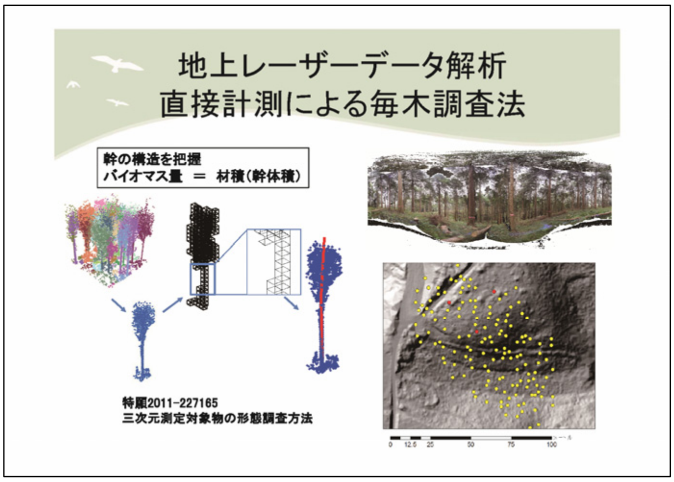

第15回 環境リモートセンシングシンポジウム
レーザーリモートセンシングによる
木質バイオマス計測
加藤 顕（千葉大学 大学院園芸学研究科）・
建石隆太郎・Josaphat Tetuko Sumantyo

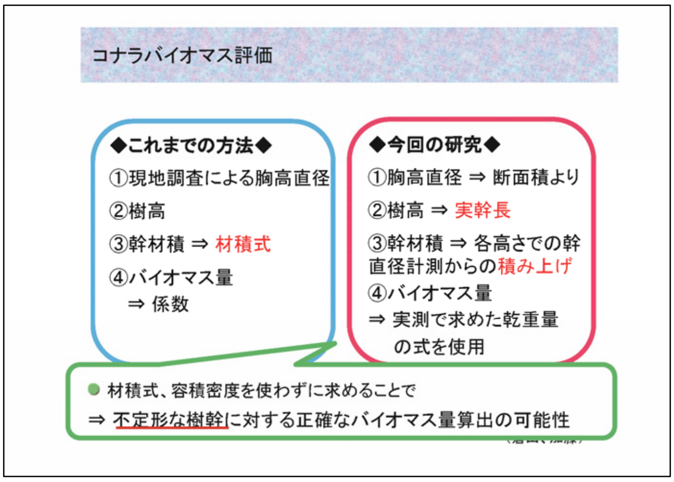

背景と目的
• REDD (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries)
開発途上国における森林の破壊や劣化を回避することで温室効果ガス（二酸化炭素）の排出を削減しようとすること、またはそのプロジェクト
• MRV(Measuring, Reporting, and Verification)
リモートセンシングデータの役割拡大。途上国で利用可能なデータとしてLandsat（USGSがアーカイブを無料で配布）等のデータ利用。広域で正確な土地利用図の作成が必須。
バイオマス及び炭素量算出方法
スギ林の例（35年生）
①幹の重量
幹材積 × 314 (kg / m3)
②枝葉のバイオマス
1.23（拡大係数）
③地下部のバイオマス
1.25（拡大係数）
④炭素がバイオマスに占める割合 0.5
①(m3/年) (トン/m3) ×
② × ③ × ④
= 吸収量(炭素トン/年)

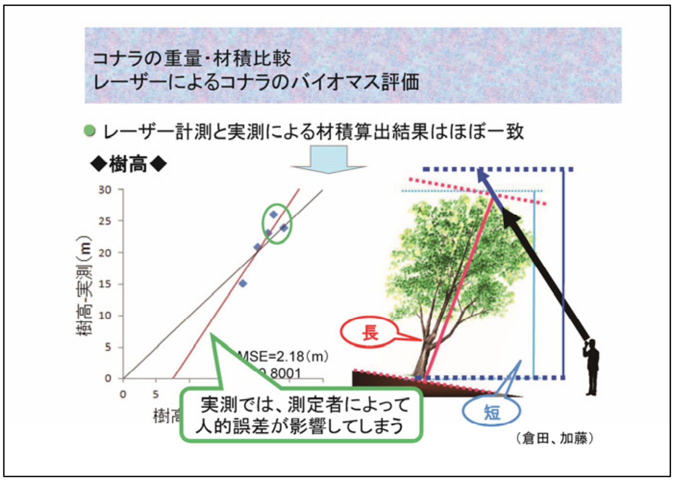

問題点
• 広域（国レベル）のバイオマスモニタリング
（各土地利用カテゴリー）x（平均材積）x (平均容積密度)
⇒地域性が反映されない。
• 地域レベルのバイオマスモニタリング
⇒現場作業員の森林測定技術のレベルが様々
⇒途上国には森林測定に必要な機材が、十分に揃っていない。
地上レーザーを導入することで、誰でも客観的にデータを取得できるようにし、世界的標準ツールとしたい。

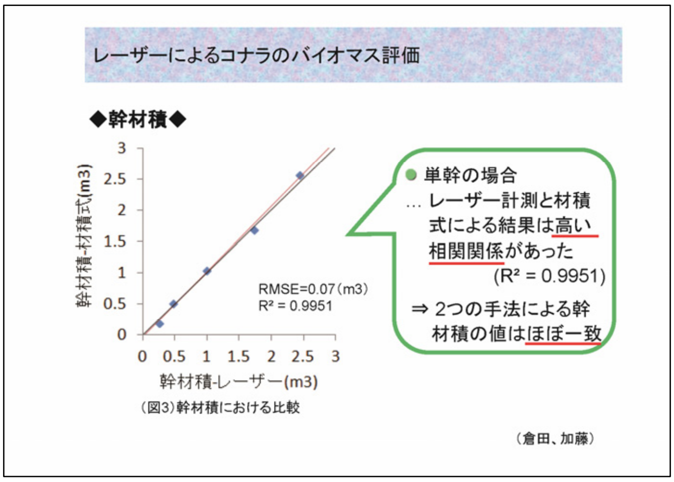

地上レーザー
Terrestorial LiDAR sensor settings
Laser sensor Riegl VZ-400
Laser wavelength Near Infrared Red
Laser point density range 125,000 points/second (high speed mode)
42,000 points/second (long distance mode)

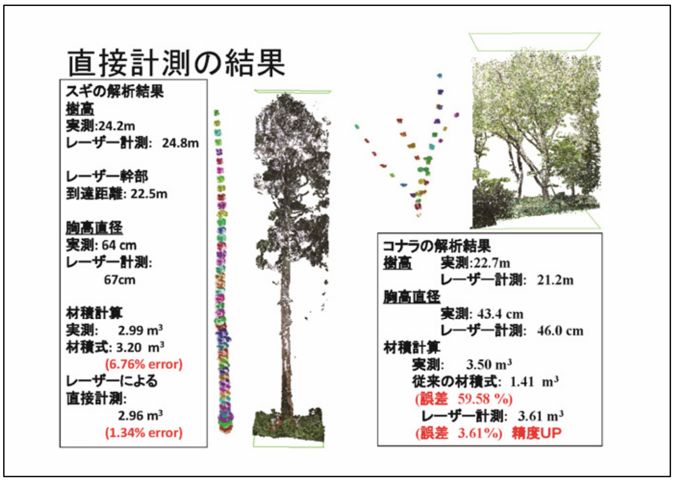

航空機レーザー⇔地上レーザー
針葉樹
広葉樹

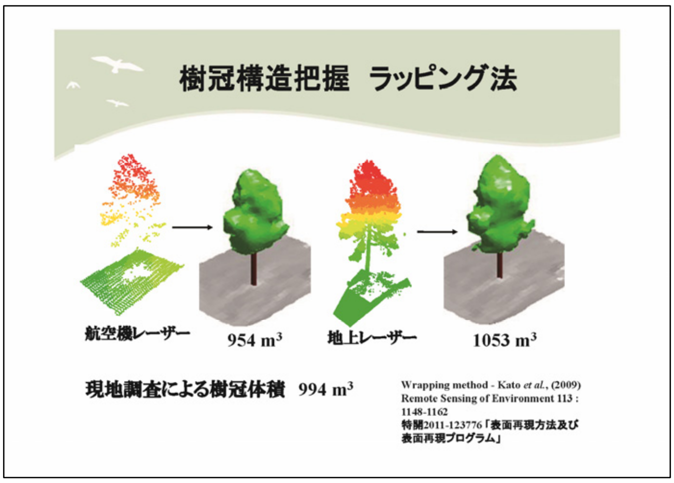

地上レーザーデータ解析
直接計測による毎木調査法
幹の構造を把握
バイオマス量 ＝ 材積（幹体積）
特願2011-227165
三次元測定対象物の形態調査方法
0 12.5 25 50 75 100


コナラバイオマス評価
◆これまでの方法◆
①現地調査による胸高直径
②樹高
③幹材積 ⇒ 材積式
④バイオマス量
⇒ 係数
◆今回の研究◆
①胸高直径 ⇒ 断面積より
②樹高 ⇒ 実幹長
③幹材積 ⇒ 各高さでの幹直径計測からの積み上げ
④バイオマス量
⇒ 実測で求めた乾重量の式を使用
材積式、容積密度を使わずに求めることで
⇒ 不定形な樹幹に対する正確なバイオマス量算出の可能性


コナラの重量・材積比較
レーザーによるコナラのバイオマス評価
レーザー計測と実測による材積算出結果はほぼ一致
◆樹高◆
樹高-実測（m）
30
25
20
15
10
5
0
0
5
MSE=2.18（m）
長
短
実測では、測定者によって人的誤差が影響してしまう
（倉田、加藤）


レーザーによるコナラのバイオマス評価
◆幹材積◆
幹材積-材積式(m3)
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0 0.5 1 1.5 2 2.5 3
幹材積-レーザー(m3)
RMSE=0.07（m3）
R² = 0.9951
単幹の場合
… レーザー計測と材積式による結果は高い相関関係があった
(R² = 0.9951)
⇒ 2つの手法による幹材積の値はほぼ一致
（図3）幹材積における比較
（倉田、加藤）

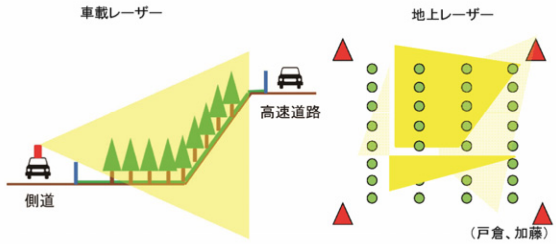

直接計測の結果
スギの解析結果
樹高
実測:24.2m
レーザー計測: 24.8m
レーザー幹部
到達距離: 22.5m
胸高直径
実測: 64 cm
レーザー計測:
67cm
材積計算
実測: 2.99 m³
材積式: 3.20 m³
(6.76% error)
レーザーによる
直接計測:
2.96 m³
(1.34% error)
コナラの解析結果
樹高 実測:22.7m
レーザー計測: 21.2m
胸高直径
実測: 43.4 cm
レーザー計測: 46.0 cm
材積計算
実測: 3.50 m³
従来の材積式: 1.41 m³
(誤差 59.58 %)
レーザー計測: 3.61 m³
(誤差 3.61%) 精度UP


樹冠構造把握 ラッピング法
航空機レーザー
954 m³
地上レーザー
1053 m³
現地調査による樹冠体積 994 m³
Wrapping method - Kato et al., (2009)
Remote Sensing of Environment 113 :
1148-1162
特開2011-123776「表面再現方法及び表面再現プログラム」


車載レーザー
データ取得日時 2011年11月17日
車載レーザースキャナー RIEGL VQ250 2台
センサー照射角度 360°
計測レート 600,000点/sec (300,000点/sec)
中日本ハイウェイエンジニアリング東京（株）、朝日航洋（株）と共同研究

レーザー計測

名称	取得日	点密度
車載レーザースキャナー:RIEGL VQ250	2011年11月17日	600,000点／秒
地上レーザースキャナー:RIEGL VZ-400	2012年11月20日	125,000点／秒

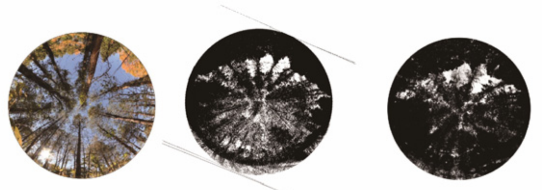


解析方法

- レーザーからの画像作成
- ・写真撮影地点の座標
- ・標高＋1m(三脚高さ)

解像度を変えて画像を作成

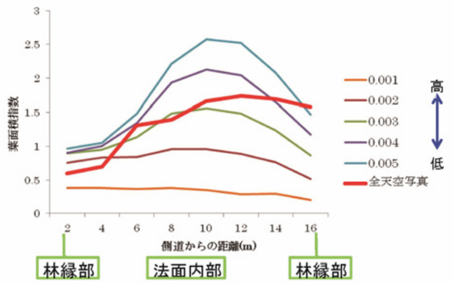
（戸倉、加藤）



全天空写真　車載レーザー画像　地上レーザー画像

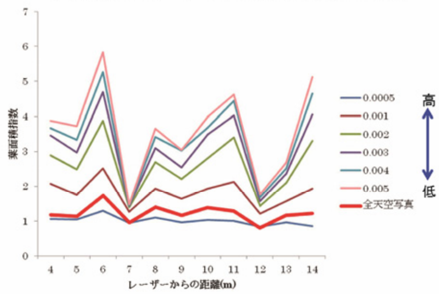
車載レーザーによる推定

全天空写真⇔車載レーザー画像



地上レーザーによる葉面積指数の推定

全天空写真とレーザー画像の葉面積指数の比較



南極干渉SARへの電離層の影響

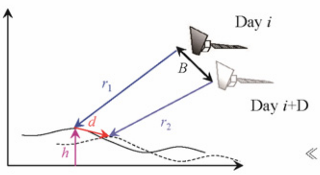
木村　宏, 安藤　太樹
（岐阜大学工学部電気電子工学科）
Josaphat Tetuko Sri Sumantyo（CEReS）

※使用したPALSARデータの一部はJAXAから提供を受けた.

目 的

・ALOS PALSAR InSARの応用
・南極内陸やまと山脈地域
・季節変動と電離層の影響

InSARの原理



クロストラック干渉位相 : ϕ

$$\phi = 4\pi(r_2 - r_1)/\lambda = f(r_1, h, B, d)$$

r_i: 視線距離
λ:レーダ波長
h: 地表高度
B:干渉基線
d: 地表変位

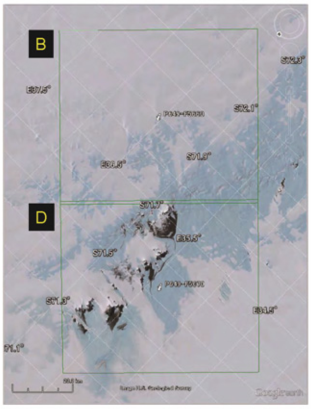
≪変動検出ではdのみを検出したい≫

2

テストエリアと使用データ

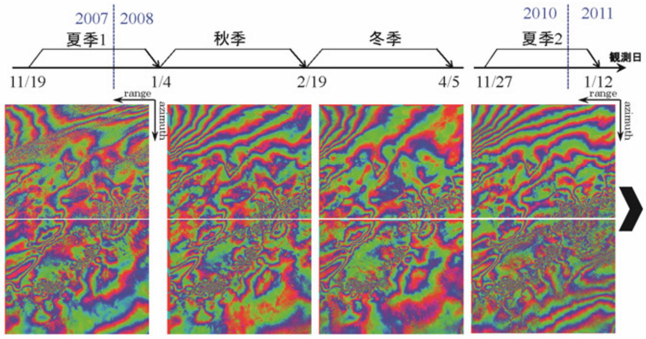
・テストエリア:
やまと山脈地域

・使用データ:
PALSAR L1.1
FBS34.3
HH偏波



3

PALSAR干渉画像



季節変動ではなく、電離層の影響の可能性

4

SARへの電離層の影響

時間遅延(往復)→レンジシフト

$$\Delta t \approx \frac{2K}{cf^2} \sec\theta \cdot TEC \qquad \Delta r \approx \frac{K}{f^2} \sec\theta \cdot TEC$$

位相遅延(往復) →アジマスシフト

$$\Delta\phi = -\frac{4\pi \cdot K}{cf} \sec\theta \cdot TEC \qquad \Delta a \approx \frac{2K}{cf} \sec\theta \cdot \frac{\partial TEC}{\partial t} \cdot \frac{v_{sat}}{\alpha}$$

c:光速 [m/s]	TEC:総電子数 [TECU]
f:周波数 [Hz]	v_{sat}: 衛星速度 [m/s]
K:屈折定数(=40.28 m^3/s^2)	α: ドップラーFM率 [Hz/s]
θ: 入射角 [deg]	

5

PALSAR InSARへの電離層の影響

時間遅延(往復)→レンジシフト

$$\Delta R = \Delta r(slave) - \Delta r(master) \approx \frac{K}{f^2} \sec\theta \cdot \Delta TEC$$

ΔTEC=1 [TECU]で、ΔR=0.3 [m] → 低感度

位相遅延(往復) →アジマスシフト

$$\Delta\varphi = \Delta\phi(slave) - \Delta\phi(master) = -\frac{4\pi \cdot K}{cf} \sec\theta \cdot \Delta TEC$$

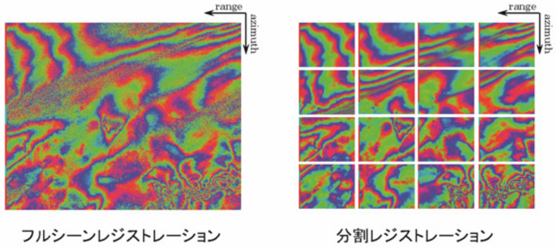
ΔTEC=1 [TECU]で、$\Delta\varphi$=–16 [radian]=–2.6 [cycle] → 期待

$$\Delta A = \Delta a(slave) - \Delta a(master) \approx \frac{2K}{cf} \sec\theta \cdot \Delta\left(\frac{\partial TEC}{\partial t}\right) \cdot \frac{v_{sat}}{\alpha}$$

$\Delta(\partial TEC/\partial t)$=1 [TECU/s]で、$\Delta A$ =40 [m] → 期待

6

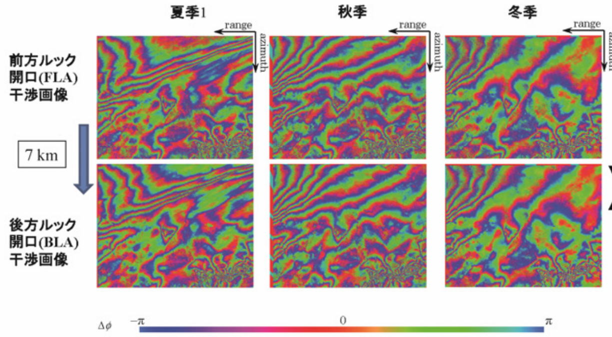
シーンBの分割レジストレーション（夏季1）



局所的な像シフトの可能性を示唆→アジマスシフト量からのΔTEC推定

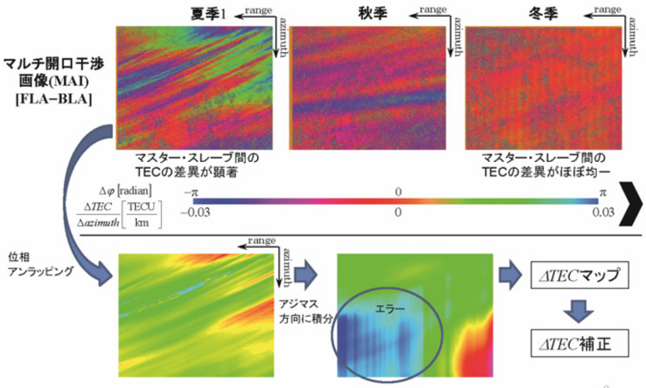
7

シーンBのマルチ開口干渉(MAI)画像 -1-



8

シーンBのマルチ開口干渉(MAI)画像 -2-



9

考察とまとめ

- 電離層の総電子量(TEC)の影響の可能性大
- TECの空間的不均一性は、夏季＞冬季か
- TECの空間的差異により、検出可能なアジマスシフトと前・後方ルック差分干渉位相が発生

今後の予定

- アジマスシフトと前・後方ルック差分干渉位相からのTECマップ生成
- 電離層の影響の除去

10

THE ROLE OF LAND AND TOPOGRAPHY ON INDONESIAN RAINFALL VARIABILITY; OBSERVATION USING SATELLITE DATA

Abd. Rahman As-syakur[1)2)]*, Tasuku Tanaka[1)3)], Takahiro Osawa[1)]

[1)]Center for Remote Sensing and Ocean Science (CReSOS), Udayana University. PB Sudirman street, Denpasar, Bali, 80232 Indonesia
[2)]Environmental Research Center (PPLH), Udayana University. PB Sudirman street, Denpasar, Bali, 80232 Indonesia
[3)]Graduate School of Science and Engineering, Yamaguchi University. Ube Shi Tokiwadai 2-16-1, 7550092 Japan
*Email: ar.assyakur@pplh.unud.ac.id

Introduction

The rainfall characteristics in Indonesia are important for understanding the world's climate system. Due to Indonesia's geographical location, rainfall is influenced by globally, regionally and locally conditions: e.g. Asian-Australian monsoon, tropical convective zones, regional and local atmosphere-ocean interactions, and complex land-sea-topography.
Indonesia is covered mostly by ocean. Therefore, there are several problems in studying and simulating rainfall of the region for an appropriate land–sea representation (Aldrian *et al.*, 2007) and a complex topographical distribution (Qian, 2008). Thus, satellite observations of rainfall may be the best solution for adequate temporal and spatial coverage of rainfall.

This study investigate the role of land and topography on Indonesian rainfall variability determined by TRMM 3B43 products, showing the capability of these products to contribute to analysis of climatic-scale rainfall in Indonesia.

Data

Monthly rainfall measured by the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) 3B43 13 years was employed in this study. The distribution of island, sea and topography obtained from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) mission were use to compare values of rainfall with regards to island distribution and elevation (Figure 1).
TRMM 3B43 data are often called TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) products is a calibration-based sequential scheme for combining precipitation estimates from multiple satellites and gauge analyses (where feasible) (Huffman *et al.*, 2007).

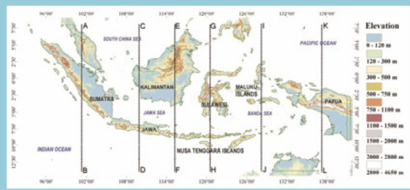


Figure 1. The Study area includes the Indonesian topography. Lines A-B to K-L indicating the south-north cross sections used to compare values of rainfall and elevation.

Result

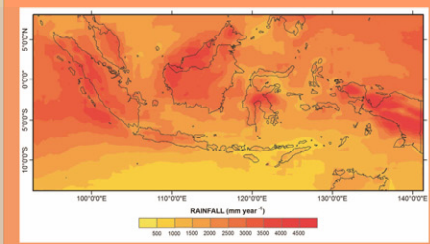


Figure 2. The distributions of annual averaged rainfall over Indonesia during 1998–2010. In general, the highest total annual rainfall extends across the equatorial belt.

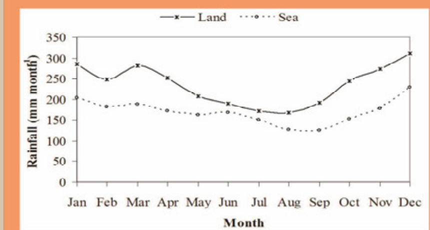


Figure 3. Average mean of monthly rainfall values over the island and the sea in Indonesia derived from the TRMM 3B43 based on 1-Month composites from January 1998 to December 2010.

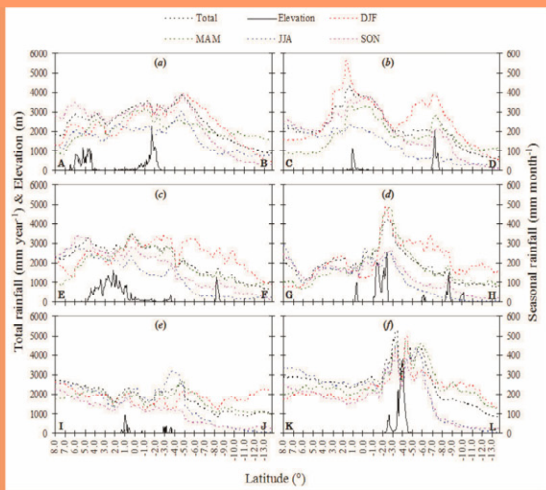


Figure 5. North-south cross section between annual and seasonal averaged rainfall values with elevation at six different places (see figure 1). (a) A–B cross section, (b) C–D cross section, (c) E–F cross section, (d) G–H cross section, (e) I–J cross section, and (f) K–L cross section.

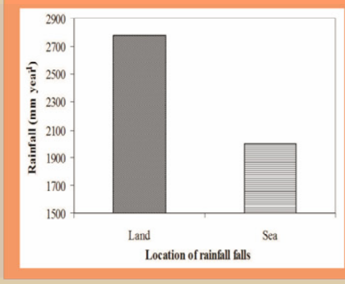
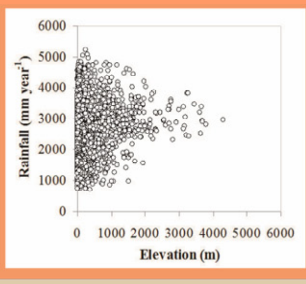


Figure 4. Total mean of annual rainfall values over land and sea in Indonesia. The figure show that rainfall over land area is greater than rainfall over sea throughout the year. The analysis showed that 58.18% (2779.82 mm year^{-1}) of the total rainfall in Indonesia falls over land while only 41.82% (1998.21 mm year^{-1}) falls over sea.



Clearly seen by figure 5 in around region with have high elevation is also having high rainfall compared with low elevation and sea, which manifests more during wet seasons than during dry and transition seasons. However, in some part, topography effect does not only lead to increasing rainfall amount in the high elevation region but also in vicinity of low elevation. As well as caused very poor correlation (r=0.01). Low spatial resolution of the satellite data could also may effect to the very poor correlation.

Figure 6. Scatterplots of annual rainfall versus elevation in all regions which are over land.

Summary

The results clearly show the effect of islands and topography on spatial patterns of rainfall. In general, the largest difference between rainfall occurring over land and sea is clearly seen in the monsoon transition months of SON and MAM, with a maximum difference in November and a minimum difference in June.
Looking at a north-south cross section, topography clearly affects rainfall variability in southern Indonesia. In the southern part of Indonesia the highest elevation showed higher levels of rainfall. The effect of topography is also evident in other parts of Indonesia. However, topographical effects not only increase rainfall amounts in the high elevation regions, but also in surrounding low elevations, leading to a very poor correlation between rainfall and elevation. Locally large-scale convergence concentrated over the land-sea was due to diurnal land breeze interaction and producing offshore convection.

References

Aldrian, E., L.D. Gates, and F.H. Widodo. 2007. Seasonal variability of Indonesian rainfall in ECHAM4 simulations and in the reanalyses: The role of ENSO. *Theoretical and Applied Climatology* **87**. 41–59.
Huffman, G.J., R.F. Adler, D.T. Bolvin, G. Gu, E.J. Nelkin, K.P. Bowman, Y. Hong, E.F. Stocker, and D.B. Wolff. 2007. The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales. *Journal of Hydrometeorology* **8**. 38–55.
Qian, J-H. 2008. Why Precipitation Is Mostly Concentrated over Islands in the Maritime Continent. *Journal of the Atmospheric Sciences* **65**. 1428–1441.

Udayana University
Center for Remote Sensing and Ocean Science (CReSOS)
http://cresos.unud.ac.id/

東日本大震災後の南相馬市における休耕地の実態把握

*原田一平[1]・井戸川知央[1]・堀内雄太[1]・浅沼市男[1]・原慶太郎[1]・関山絢子[2]・近藤昭彦[3]；
*Ippei Harada[1], Tomoo Idogawa[1], Yuta Horiuchi[1], Ichio Asanuma[1], Keitarou Hara[1], Ayako Sekiyama[1] and Akihiko Kondo[2]
[1]東京情報大学, [2]東京大学生産研究所, [3]千葉大学環境リモートセンシング研究センター；
[1] 265-8501　千葉県千葉市若葉区御成大4-1
[1]Department of Environmental Information, Tokyo University of Information Sciences, 4-1 Onaridai Wakaba-ku, Chiba 265-8501, Japan;
*iharada@rsch.tuis.ac.jp

研究の背景と目的

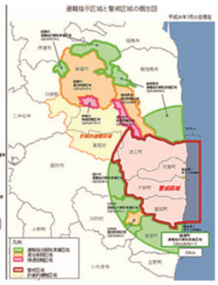
・我が国の耕作放棄地面積は，1985年まではおよそ13万haで横ばいであったが，1990年以降増加に転じ，2010年には39.6万haと1990年と比較して約2倍の面積に拡大した．近年，国土保全やレクリエーションなどの環境機能面の見地から生物多様性の保全・再生に係わる里山が再認識されており，森林景観の定量的把握の必要性・重要性が増している．
・環境省の第6,7回自然環境保全基礎調査は2000年から2万5千分の1植生図の全国整備を進めているが，2011年3月時点の整備率は55%と低く，里山の管理が放棄された地域では植生現況を把握していないのが現状である．
・2011年3月11日の東日本大震災により東京電力の福島第一および福島第二原子力発電所において非常用炉心冷却装置注水不能等の事象が発生し，原子力緊急事態宣言により避難等の指示や警戒区域等が発令された．
・南相馬市は，警戒（半径20圏内），計画的避難，緊急時避難準備区域（半径30km圏内）に設定され，約3万人の住民が避難した．
・2011年3月11日の東日本大震災の地震や津波による農地への被害だけでなく，福島第一原子力発電所事故による風評被害や作付け制限により，休耕地，耕作放棄地が拡大することが予想される．そこで，本研究は，福島県第一原発から半径30km圏内の警戒区域外（南相馬市）における休耕地の実態を把握して，被災者の営農再開を支援することを目的とする．

解析対象地と避難指示区域と警戒区域の変化

解析対象地は福島県第一原発から半径40km圏内の南相馬市における農地を対象とする．


20km圏内は警戒区域，30km圏内は緊急時避難準備区域


緊急時避難準備区域を含む全5市町村（広野町，楢葉町，川内村，田村市，南相馬市）の緊急時避難準備区域の解除が指示された


警戒区域の解除準備区域や居住制限区域，帰還困難区域などが新たに設定

福島県第一原発事故後の避難指示区域と警戒区域の変化
（経済産業省HP　http://www.meti.go.jp/earthquake/ ）

・避難指示解除準備区域：年間積算線量20mSv以下となることが確実であることが確認された地区
・緊急時避難準備区域：”緊急時に”屋内退避あるいは別の場所に避難をしていただく必要がある地域
・居住制限区域：年間積算線量が20mSvを超えるおそれがあり，住民の被ばく線量を提言する観点から引き続き避難の継続を求める地域
・帰還困難区域：5年間を経過してもなお，年間積算線量が20mSvを下回らないおそれのある地域（現時点で年間積算線量が50mSv超の地域）
・警戒区域：東京電力福島第一原子力発電所から半径20km圏内の地域
・計画避難区域：事故発生後1年間に住民が受ける積算線量が20mSvを超えると推計された地域（※既に見直された区域を除く）

東日本大震災後の南相馬市における現地調査

・福島県第一原発から半径40km圏内の警戒区域外（南相馬市）における休耕地の実態を把握するため，2012年9月1から9月3日に現地調査を行い，津波による耕作放棄地と放射能汚染物質による耕作放棄地の景観を把握する．

・東日本大震災の津波の影響により，農地から休耕地，耕作放棄地に移行しつつあることを把握した．
・また，福島第一原発から半径30km圏内の地域は避難指示の影響により，休耕地の遷移が進行し草地や二次林へと移行しつつあることを把握した．


2012年9月1日撮影


2012年9月1日撮影

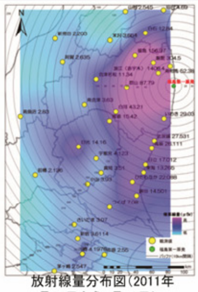

2012年9月2日撮影


2012年9月2日撮影

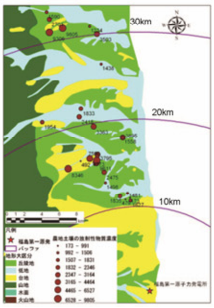
東日本大震災後の南相馬市における農地土壌の放射線測定

・文部科学省及び各都県市区町村サイトの東北・関東地域（全34ヶ所）の2011年3月17日から4月30日（45日間）の期間の大気中放射線量を積算し，ArcGIS10を用いて空間放射線量（1日1時間屋外にいた場合）分布を作成

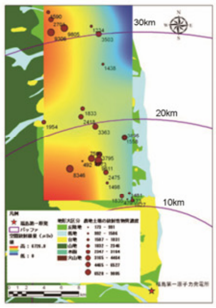
・原発から30km圏内は避難指示が出ているが，その圏内の南相馬市よりも圏外の飯舘村の方が高かった．
・積算線量は福島県浪江町（赤宇木）の1408.4 μ Svが最大値で，群馬県前橋市で2.1 μ Svが最小値であった．浪江(赤宇木)は原発から20～30km圏内に位置していることから，事故発生当初から少なくとも30km圏内は，警戒区域に指定した方が良かったと考えられる．
・原発より南部の沿岸地域で積算線量が高かった．これは，冬季における北西の風や偏西風の影響が考えられる．


放射線量分布図（2011年3月17日から4月30日）

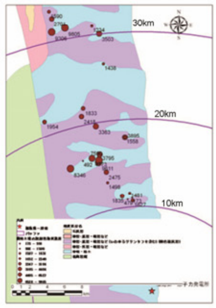
・福島県南相馬市の休耕地で現地調査（農地土壌のサンプル採取）
（調査期間]2012年9月1日から9月3日）
・採取した農地土壌のサンプルをLB-200（ベルトールド社）の放射線測定器で測定
・ArcGIS10を用いて図化した農地土壌の放射能測定結果と部科学省及び各都県市区町村サイトの東北・関東地域（全34ヶ所）の2011年3月17日から4月30日（45日間）の期間の大気中放射線量を積算した空間放射線量をArcGIS10を用いてスプライン表示した分布と比較する．また，国土交通省20万分の1シームレス土地保全図のGISデータ（地形・地質）との関連性を調べる．



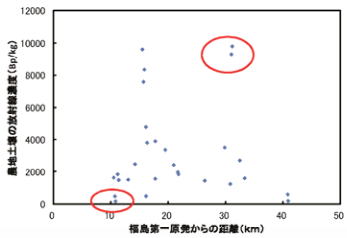
南相馬市における農地土壌の放射性物質濃度と地形の分布



南相馬市における農地土壌の放射性物質濃度と空間放射線量の分布



南相馬市の農地土壌の放射性物質濃度と地質の分布



福島第一原発からの距離と農地土壌の放射性物質濃度の関係

・2011年3月17日から4月30日（45日間）の期間の大気中放射線量を積算した空間放射線量と南相馬市における農地土壌の放射性物質濃度（2012年9月1日から9月3日）が相対的に同じような空間分布となった
・30km圏外の丘陵地急斜面の農地土壌において高濃度の放射性物質濃度（9805Bq/kg（地質は砂礫・粘土），9306Bq/kg（地質は砂岩・泥岩・礫岩など（緑色凝灰岩））が測定された
・一方で，20km圏内の丘陵地急斜面の農地土壌において低濃度の放射性物質濃度（173Bq/kg（地質は砂礫・粘土），479Bq/kg（地質は砂岩・泥岩・礫岩など（緑色凝灰岩））が測定された

まとめ

・採取した農地土壌の放射性物質濃度を測定した結果，警戒区域外（30km圏外）の丘陵地急斜面の農地土壌において，9805 Bq/kg, 9306 Bq/kgと高濃度の放射性物質が検出された．この結果，放射性物質濃度は当時の風向きだけでなく，地形により大きく変化する事が判明した．
・また，警戒区域内（20km圏内）の丘陵地急斜面の農地土壌において，173 Bq/kg, 479 Bq/kgと放射性物質濃度が低く，一概にも福島第一原子力発電所から距離が近いほど農地土壌の放射性物質濃度が高いわけではないことが明らかになった．
・長期的な観点から新たな基準値（セシウム137が100 Bq/kg（旧基準：500 Bq/kg））を厚生労働省は設定したが，除染した廃棄物を処理する場所が決まっていないなどの課題があり，除染が思うように進んでないのが現状である．この現状を打開しなければ，休耕地の拡大が避けられないため，継続したモニタリング調査が必要である．

謝辞
東日本大震災後の南相馬市における休耕地の現状および農地土壌放射性物質濃度測定のモニタリングについて，南相馬市役所経済部農林放射線対策課から情報提供して頂いた．ここに，記して謝意を表する．

参考文献
・伊藤信介・井戸川知央ほか（2011）：福島第一原子力発電所周辺地域における放射線量分布，第7 回GISフォーラム．
・経済産業省HP： http://www.meti.go.jp/earthquake/
・国土交通省20万分の1シームレス土地保全図のGISデータ
(http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/20_seamless/index.html#seamlessdatainfo
・厚生労働省医薬食品局食品安全部（2012）：http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/dl/leaflet_120329.pdf
・農林水産省（2011）：かけがえのない農地を守るために-耕作放棄地対策推進の手引き-
・農林水産省（2011）：農林業センサス

CEReS

第15回CEReSシンポジウム 2013.2.22

酸素Aバンドを利用した植物の蛍光スペクトル計測システムの開発

静岡大工[1], 千葉大CEReS[2] ：○ 増田 健二[1],
齊藤 隼人[2], 馬渕 佑作[2], 眞子 直弘[2], 久世 宏明[2]

三宅島坪井地区 2010年9月22日～29日

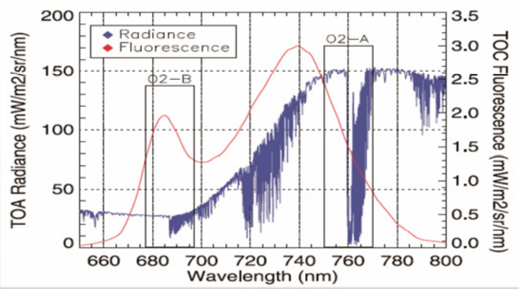
CEReS

1. 本研究の目的

- 生育場所において、太陽光によるFLD (Fraunhofer-Line-Discrimination) 法を用いた植物葉蛍光分光リモートセンシング計測システムを開発する。
- 実験室において、酸性液(pH 4.0:緩衝液)や有害紫外線(UV-B)などの植物のストレス要因を与え、植物葉のクロロフィル濃度やその他化合物の構成要素に関する情報をレーザー励起蛍光 (Laser-Induced Fluorescence, LIF法) スペクトルや蛍光顕微鏡を用いて解析する。

CEReS

2. 先行論文：酸素Aバンドを利用した植物の蛍光測定



文献1: L. Guanter et.al. : Developments for vegetation fluorescence retrieval from spaceborne high‐resolution spectrometry in the O2‐A and O2‐B absorption bands. Journal of Geophysical Research, vol. 115, D19303 (2010)

CEReS

Specification of spectroscope

（久世研）

Si -array Spectrometer
(Ocean Optics HR4000)
200－650nm
3048pixel (0.15nm/pixel)

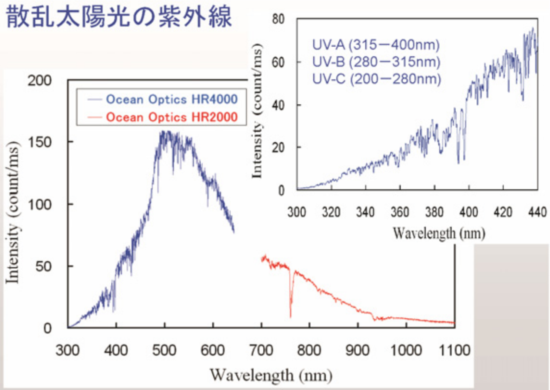
Si -array Spectrometer
(Ocean Optics HR2000)
700－1100nm
2048pixel (0.2nm/pixel)

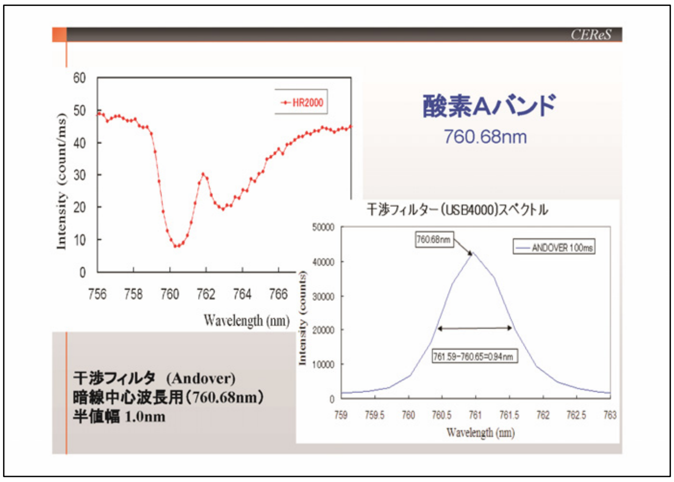
Si -array Spectrometer
(Ocean Optics USB2000)
200－800nm
2048pixel (0.3nm/pixel)

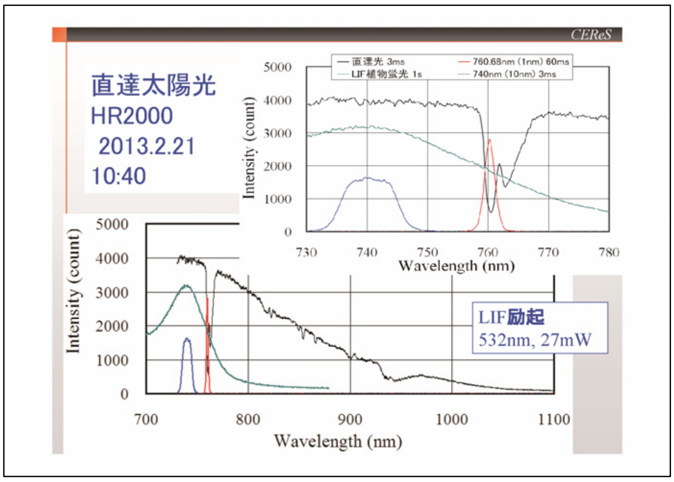
CEReS

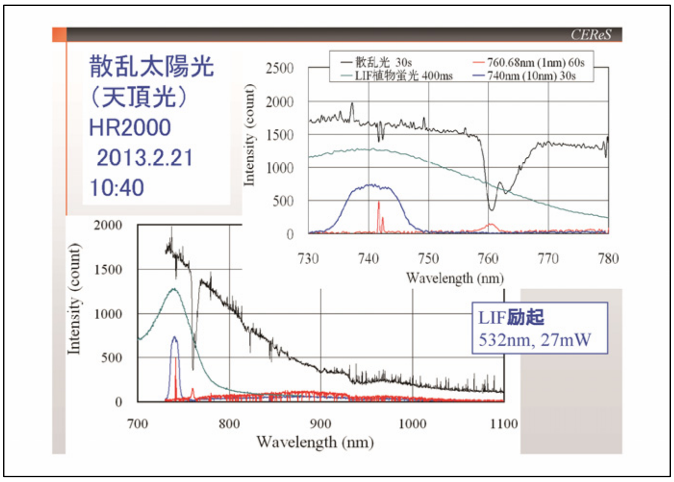
CEReS

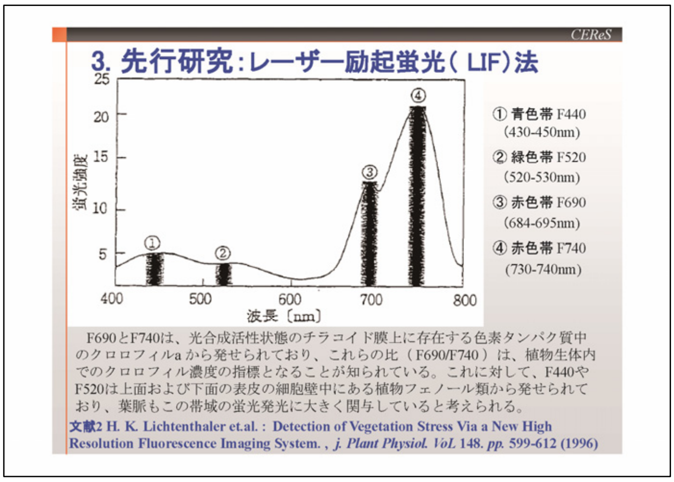
散乱太陽光の紫外線

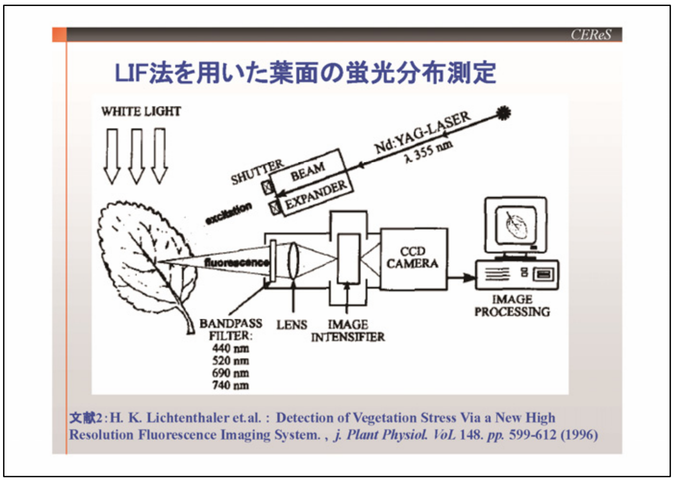



CEReS
酸素Aバンド
760.68nm
Intensity (count/ms)
HR2000
Wavelength (nm)
干渉フィルター(USB4000)スペクトル
760.68nm
ANDOVER 100ms
761.59−760.65=0.94nm
Intensity (counts)
Wavelength (nm)
干渉フィルタ (Andover)
暗線中心波長用(760.68nm)
半値幅 1.0nm


CEReS
直達太陽光
HR2000
2013.2.21
10:40
直達光 3ms
LIF植物蛍光 1s
760.68nm (1nm) 60ms
740nm (10nm) 3ms
Intensity (count)
Wavelength (nm)
LIF励起
532nm, 27mW

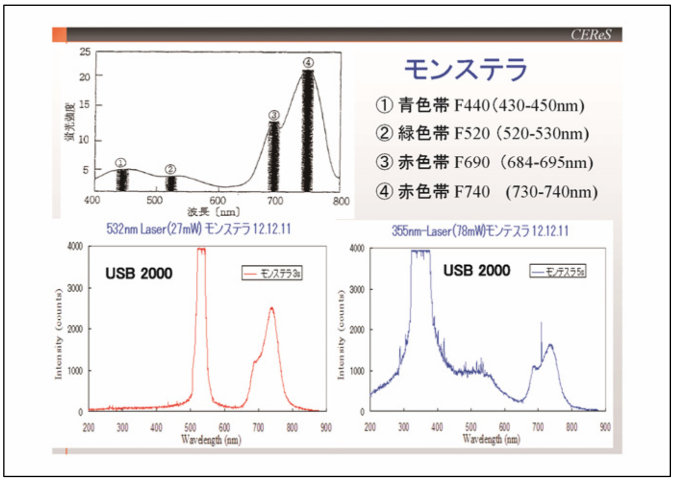

CEReS
散乱太陽光
(天頂光)
HR2000
2013.2.21
10:40
散乱光 30s
LIF植物蛍光 400ms
760.68nm (1nm) 60s
740nm (10nm) 30s
Intensity (count)
Wavelength (nm)
LIF励起
532nm, 27mW


CEReS
3. 先行研究:レーザー励起蛍光(LIF)法
蛍光強度
波長 〔nm〕
① 青色帯 F440 (430-450nm)
② 緑色帯 F520 (520-530nm)
③ 赤色帯 F690 (684-695nm)
④ 赤色帯 F740 (730-740nm)
F690とF740は、光合成活性状態のチラコイド膜上に存在する色素タンパク質中のクロロフィルaから発せられており、これらの比（F690/F740）は、植物生体内でのクロロフィル濃度の指標となることが知られている。これに対して、F440やF520は上面および下面の表皮の細胞壁中にある植物フェノール類から発せられており、葉脈もこの帯域の蛍光発光に大きく関与していると考えられる。
文献2 H. K. Lichtenthaler et.al. : Detection of Vegetation Stress Via a New High Resolution Fluorescence Imaging System. , j. Plant Physiol. VoL 148. pp. 599-612 (1996)

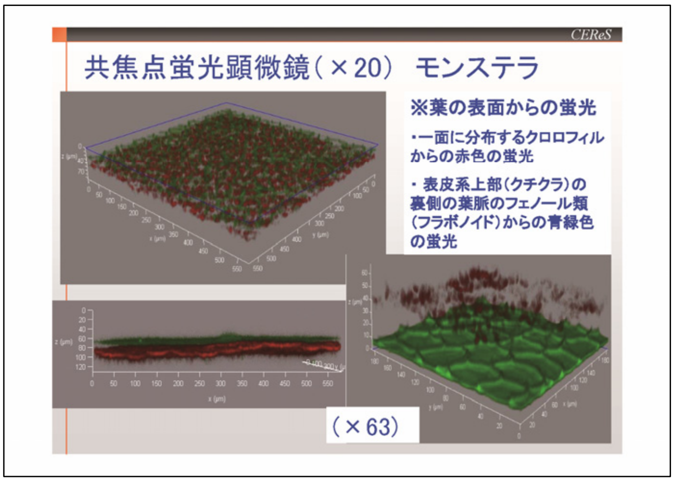

CEReS
LIF法を用いた葉面の蛍光分布測定
WHITE LIGHT
Nd:YAG-LASER λ 355 nm
SHUTTER
BEAM EXPANDER
excitation
fluorescence
CCD CAMERA
IMAGE PROCESSING
BANDPASS FILTER: 440 nm 520 nm 690 nm 740 nm
LENS
IMAGE INTENSIFIER
文献2:H. K. Lichtenthaler et.al. : Detection of Vegetation Stress Via a New High Resolution Fluorescence Imaging System. , j. Plant Physiol. VoL 148. pp. 599-612 (1996)

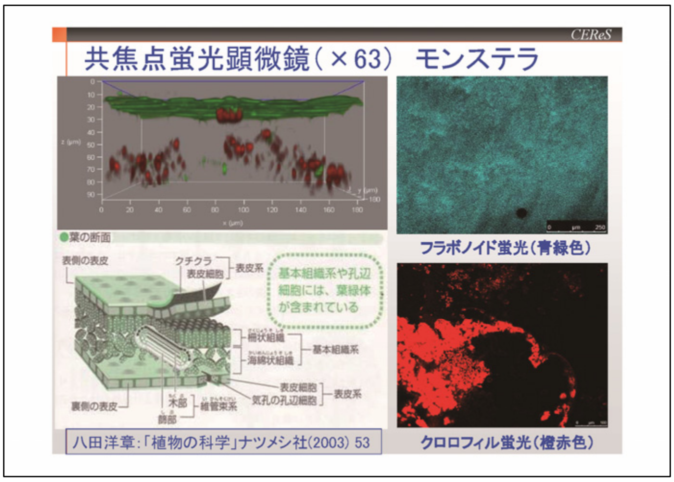

CEReS
4. 実験装置と方法
Nd-YAG Laser
久世研(CEReS 4F,5F)
Spectra-Physics Lasers, inc.
Explorer-532nm
Continuum
Surelite-20
355nm 20Hz

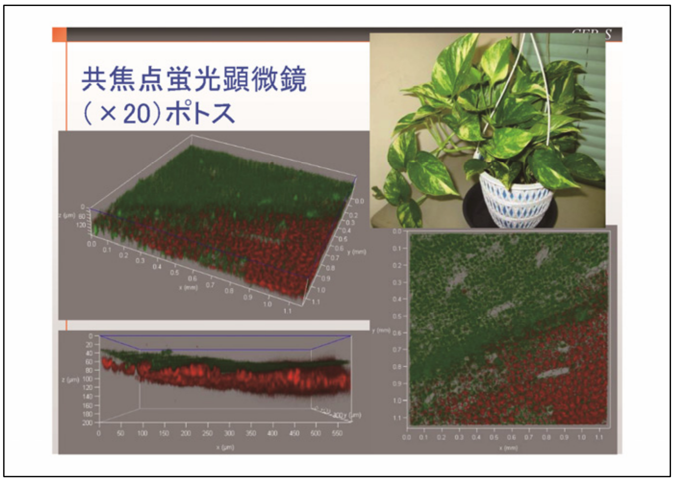

CEReS
実験室における植物の
レーザー励起蛍光測定
(UVまたは可視光を照射
させ励起させる)
植物サンプルA
モンステラ

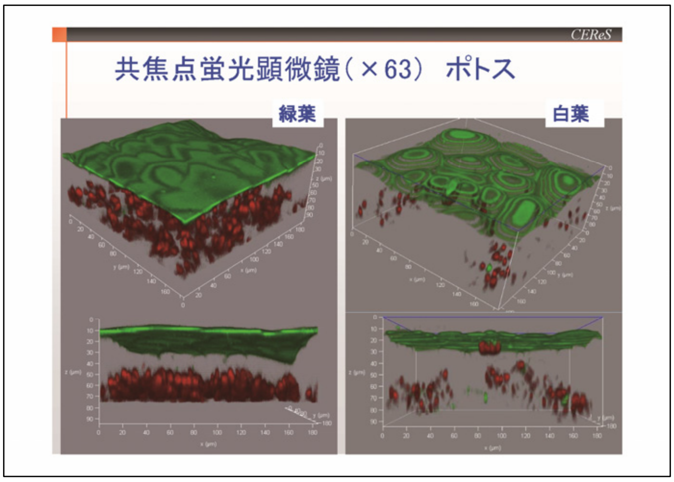

CEReS
モンステラ
① 青色帯 F440(430-450nm)
② 緑色帯 F520 (520-530nm)
③ 赤色帯 F690 (684-695nm)
④ 赤色帯 F740 (730-740nm)
波長 [nm]
532nm Laser(27mW) モンステラ 12.12.11
355nm-Laser(78mW)モンテスラ 12.12.11
USB 2000
USB 2000
Intensity (counts)
Wavelength (nm)

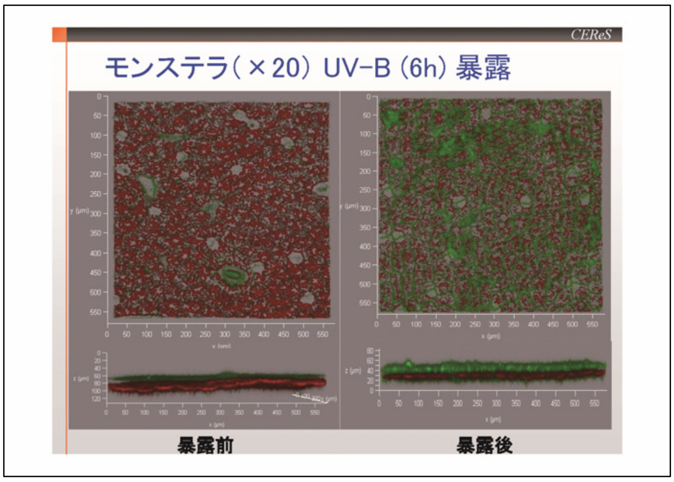

CEReS
共焦点レーザー
スキャナー蛍光
顕微鏡
Leica TCS SP8

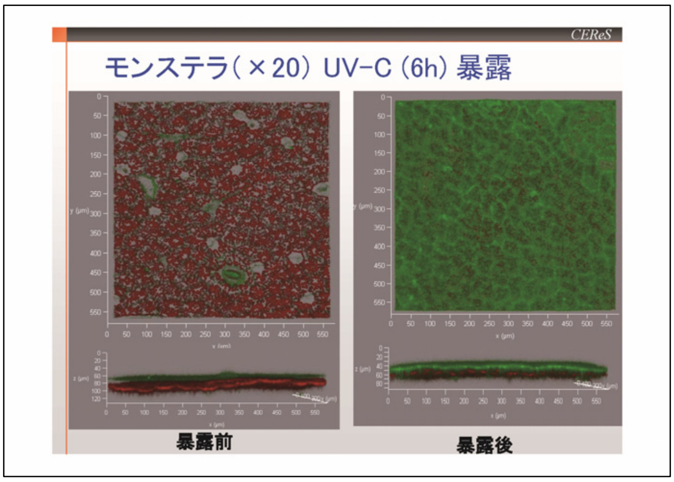

CEReS
共焦点蛍光顕微鏡(×20) モンステラ
※葉の表面からの蛍光
・一面に分布するクロロフィルからの赤色の蛍光
・表皮系上部(クチクラ)の裏側の葉脈のフェノール類(フラボノイド)からの青緑色の蛍光
(×63)

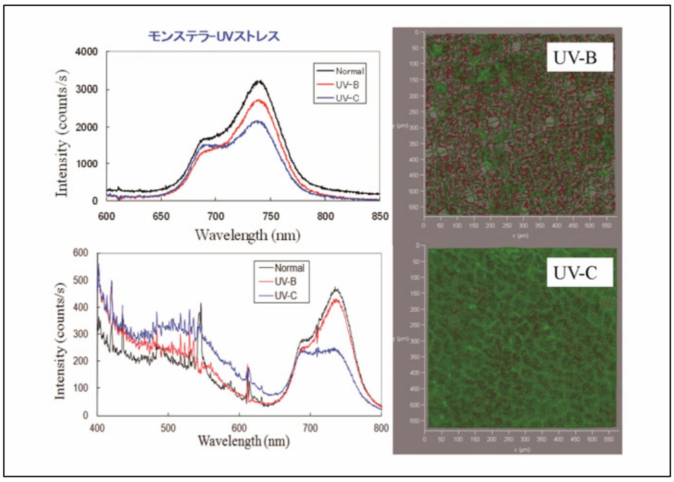

CEReS
共焦点蛍光顕微鏡(×63) モンステラ
●葉の断面
表側の表皮
クチクラ
表皮細胞
表皮系
基本組織系や孔辺細胞には、葉緑体が含まれている
柵状組織
海綿状組織
基本組織系
表皮細胞
気孔の孔辺細胞
表皮系
裏側の表皮
木部
師部
維管束系
八田洋章:「植物の科学」ナツメシ社(2003) 53
フラボノイド蛍光(青緑色)
クロロフィル蛍光(橙赤色)

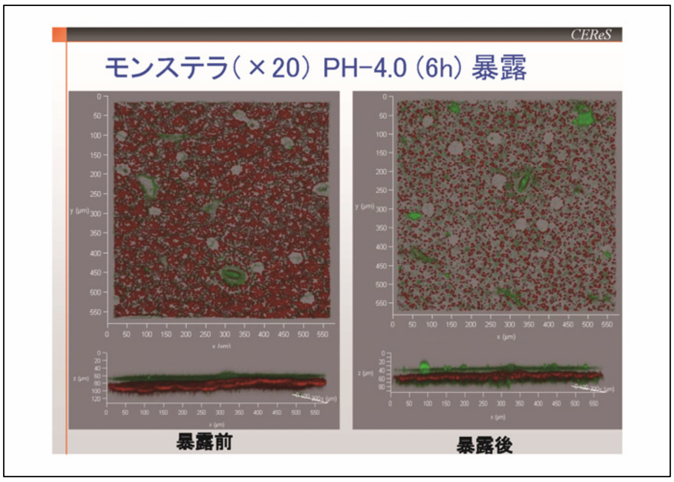

共焦点蛍光顕微鏡
(×20)ポトス

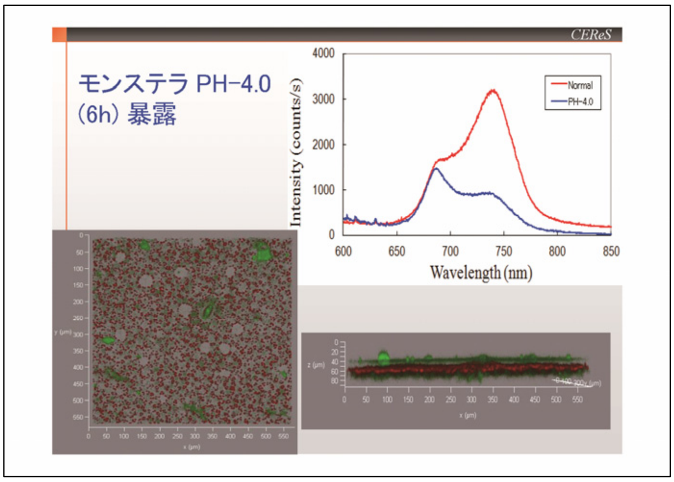

CEReS
共焦点蛍光顕微鏡（×63） ポトス
緑葉
白葉

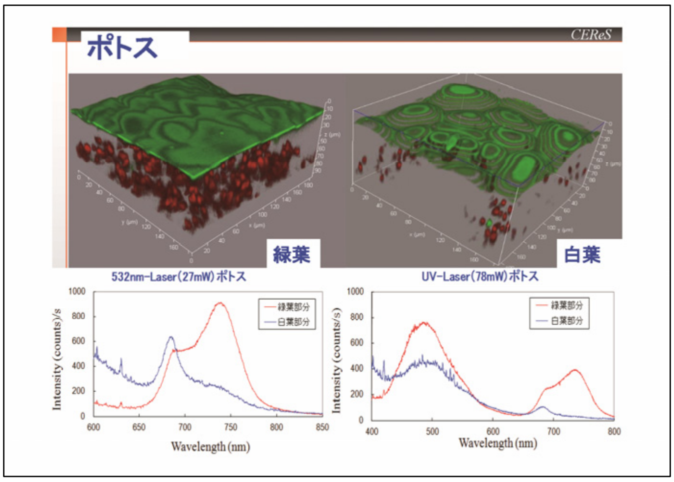

CEReS
モンステラ（×20）UV−B（6h）暴露
暴露前
暴露後

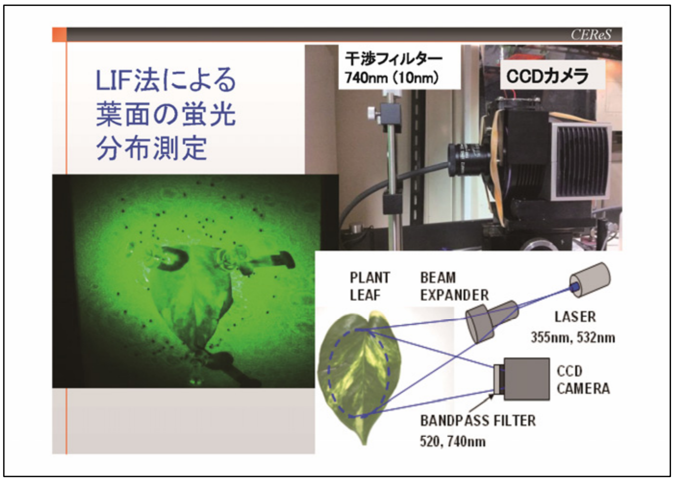

CEReS
モンステラ（×20）UV−C（6h）暴露
暴露前
暴露後

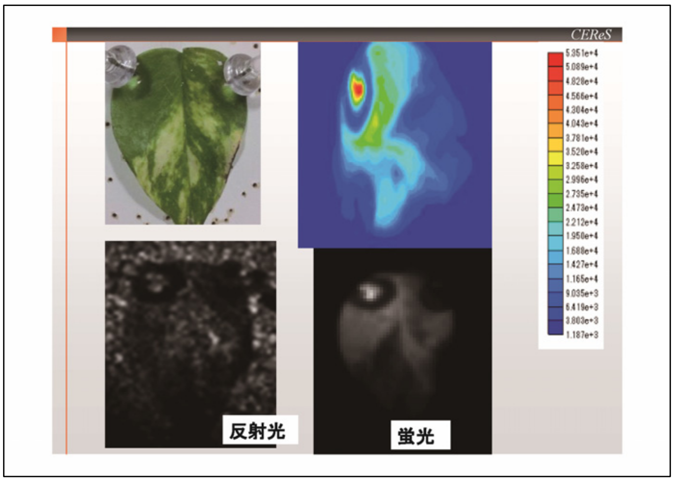

モンステラ-UVストレス
Intensity (counts/s)
Wavelength (nm)
Normal
UV-B
UV-C
UV-B
UV-C


CEReS
モンステラ（×20）PH−4.0（6h）暴露
暴露前
暴露後


CEReS
モンステラ PH−4.0
（6h）暴露
Intensity (counts/s)
Wavelength (nm)
Normal
PH-4.0







まとめ

① 屋外でのFLD法を用いてクロロフィルなどの蛍光を解析する。クロロフィル蛍光は太陽光に比べて非常に微弱なため、太陽スペクトルの暗線（O_2線-Aバンド：760.68 nm）域を利用する。この方法では、太陽光エネルギーによる生育場所において光合成能力に伴う、環境悪化に伴うストレス評価を行う。

② 可視域（532nm）のレーザー励起した場合には、クロロフィルの 赤色(670nm) から近赤外（740nm）で極めて強い蛍光が見られ、このスペクトルの変化を解析することにより、植物葉のクロロフィルa 濃度に関する情報が得られた。さらに、蛍光顕微鏡測定から化合物の構成要素が解明できた。

③ 紫外域（355nm）のレーザー励起した場合には、クロロフィルa以外にもフラボノイドからのLIF蛍光スペクトルが見られる。これら化合物の種類および濃度から蛍光強度や葉内分布の違い等を明らかにするとともに、ストレスによるLIFスペクトルへの影響について調べる。CCDカメラを用いて葉面全体の蛍光分布画像を取得した。

可搬型による水平面大気計測

千葉大学
大学院融合科学研究科
椎名 達雄

研究背景

- 現在、都市部大気汚染(黄砂、PM2.5)が深刻化になっている。
- 大気中エアロゾル粒子の役割が注目されている。
- ミーライダーシステムではエアロゾル粒子の消散係数α、後方散乱係数βなどの光学性質を求めることが可能である。


都市部汚染の写真


黄砂時期の写真

研究目的

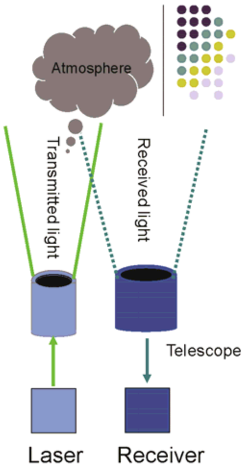
- 都市部低層大気のエアロゾル光学性質と天気条件(湿度、温度、風向、風速)の関連性の解明。
- エアロゾルの光学性質の季節変化の動態の把握。
- ライダー比の数値の推測と検討。

原理

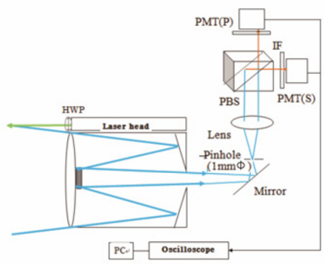
- ライダー (Lidar: LIght Detection And Ranging)
  光を用いたリモートセンシング技術の一つで、パルス状に発光するレーザー照射に対する散乱光を測定し、遠距離にある対象までの距離やその対象の性質を分析する装置である。

  時間×光速÷2=距離

- 都市部エアロゾル(Aerosol)
  車の排気ガス、工場の排出物により生成する硫酸塩粒子(粒子径0.2-0.3μm、0.5-0.7μm)。

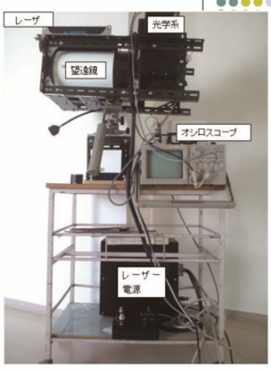


双頭型偏光ミーライダー



構成図

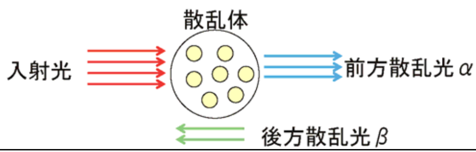
送信系		受信系	
レーザ	Nd:YAG 532nm	望遠鏡	カセグレン光学系式
周波数	10Hz	開口径	203mm
FOV	0.25mrad	焦点距離	2032mm
エネルギー	10mJ	集光力	816倍



装置写真

エアロゾルの光学的性質

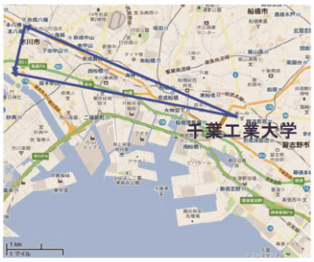
- 消散係数(単位:m^{-1})
  - 光が物質によって吸収、散乱することによって単位長さ当たりに消えて無くなる割合を表す係数。
- 後方散乱係数($m^{-1}sr^{-1}$)
  - 物質に対して入射した光が180° 逆向きに散乱される効率。
- ライダー比(sr)
  - ミー散乱ライダーの解析で仮定して用いられる量で、消散係数と後方散乱係数の比(α/β)で与えられる。



計測方法

実験場所: 千葉工業大学　高度:60m

都市部への一定方向の計測
（エアロゾル時間的変化の計測）



スキャニング計測
（エアロゾル空間的変化の計測）

ライダー方程式

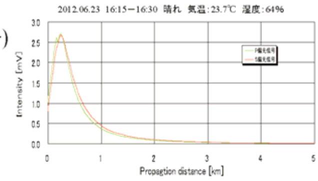
$$P(R) = P_0 \cdot \eta_0 \cdot Y(R) \cdot A_R \cdot \frac{ct_p}{2} \frac{\beta(R)}{R^2} \cdot \exp(-2\tau)$$

$P(R)$: 受信信号強度　　$Y(R)$: 重なり関数
$P0$: 送信レーザーのパワー
η_0: ライダーシステムの光学的効率
A_R: 有効受信面積　$\beta(R)$: 後方散乱係数
t_p: パルス幅　　τ:光学厚さ　　c: 光速

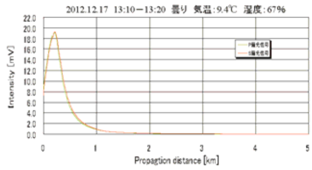
$$\tau = \exp\left[-\int_0^R \alpha(R')dR'\right]$$

$\alpha(R)$: 大気消散係数

2012.06.23 16:15−16:30 晴れ 気温:23.7℃ 湿度:64%



2012.12.17 13:10−13:20 曇り 気温:9.4℃ 湿度:67%



スロープ法

スロープ解析法では計測範囲の大気の状態が均一であると仮定した時の消散係数が算出可能になる。

$$P(R) = P_0 \cdot \eta_0 \cdot Y(R) \cdot A_R \cdot \frac{ct_p}{2} \frac{\beta(R)}{R^2} \cdot \exp(-2\tau)$$

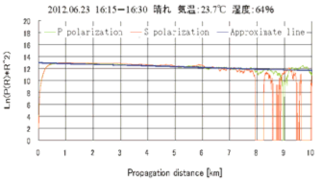
$$X(R) = P(R) \cdot R^2$$

$$\frac{1}{X(R)}\frac{dX(R)}{dR} = \frac{d\ln X(R)}{d(R)} = \frac{1}{\beta(R)}\frac{d\beta(R)}{dR} - 2\alpha(R)$$

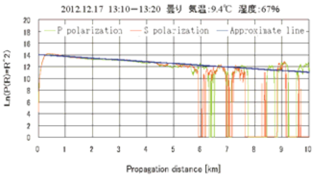
$$\alpha_0 = \frac{1}{2}\frac{d\ln X(R)}{dR}$$

2012年6月23日消散係数(スロープ法)
0.0978/km
2012年12月17日消散係数(スロープ法)
0.1778/km～0.225/km

2012.06.23 16:15−16:30 晴れ 気温:23.7℃ 湿度:64%



2012.12.17 13:10−13:20 曇り 気温:9.4℃ 湿度:67%



フェルナルド解析法

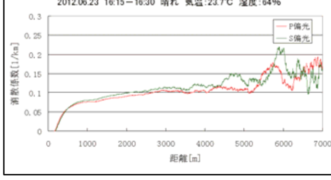
フェルナルド解析法では伝搬距離方向におけるそれぞれの地点での詳細な消散係数が算出可能になる。

$$\alpha_1(R) = -\frac{S1}{S2}\cdot\alpha_2(R) + \frac{X(R)\cdot\exp\left[2\left(\frac{S1}{S2}-1\right)\int_R^{Rc}\alpha_2(R')\cdot dR'\right]}{\frac{X(Rc)}{\alpha_1(Rc)+\frac{S1}{S2}\cdot\alpha_2(Rc)} + 2\int_R^{Rc}X(R')\cdot\exp\left[2\left(\frac{S1}{S2}-1\right)\int_R^{Rc}\alpha_2(R'')\cdot dR''\right]\cdot dR'}$$

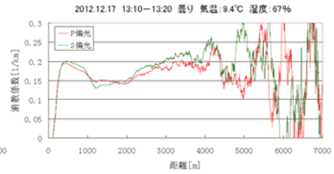
$\alpha_1(R)$: ミー散乱消散係数
$\alpha_2(R)$: レイリー散乱消散係数
R_0: 境界距離
S_1: ライダー比（仮定値:20）
S_2: $8\pi/3 = 8.38$

2012年6月23日消散係数平均値(フェルナルド解析法)
0.0942±0.0385/km　(S1=20)
2012年12月17日消散係数平均値(フェルナルド解析法)
0.1642±0.062/km　(S1=20)

2012.06.23 16:15−16:30 晴れ 気温:23.7℃ 湿度:64%



2012.12.17 13:10−13:20 曇り 気温:9.4℃ 湿度:67%

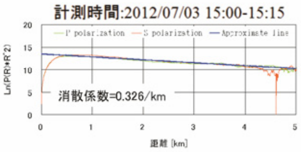


一定方向計測結果

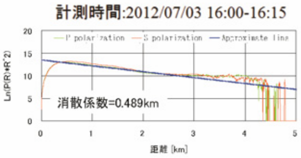
2012.07.03　15:00−16:15　雨　気温:23.7℃　風向:南

スロープ法の解析結果

計測時間:2012/07/03 15:00-15:15

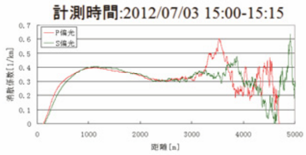


計測時間:2012/07/03 16:00-16:15

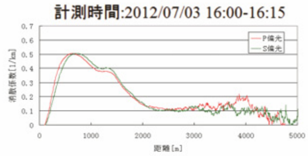


フェルナルド法の解析結果

計測時間:2012/07/03 15:00-15:15



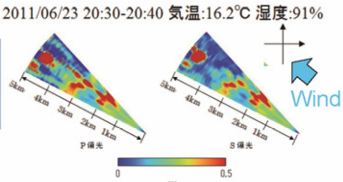
計測時間:2012/07/03 16:00-16:15



スキャニング計測結果

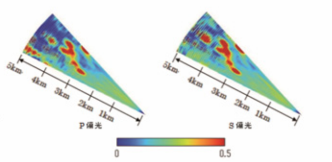
- 計測地より2-4kmに消散係数が0.6/kmに増大した。
- 粒子の動きは風向と一致する。

(A)
2011/06/23 20:30-20:40 気温:16.2℃ 湿度:91%

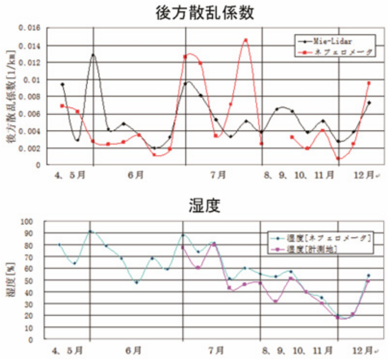


Date	2011/06/23
計測時間	20:30-21:25
仰角	3°
天気	曇
空間分解能	6m
風向	南東

(B)
2011/06/23 21:15-21:25 気温:16.2℃ 湿度:91%

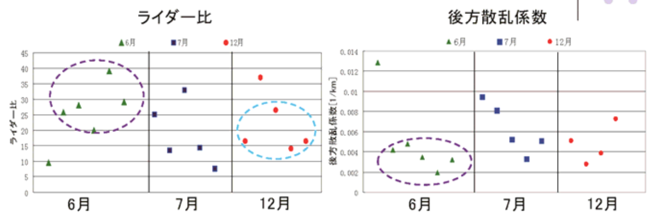


後方散乱係数の解析



- ライダー、ネフェロメータでの後方散乱係数計測が同じ変化パターンを示している。
- 湿度の変化との一致性を示している。

ライダー比の推測と考察



- ライダー比平均値: 21.6 sr
- 最頻値: 15~30sr
- 6月のライダー比は12月より大きい
- ライダー比と後方散乱係数の関係が反比例の傾向を示した。

まとめ

- エアロゾル粒子の消散係数および後方散乱係数の湿度との関連性を示した。
- ミーライダーで得られたデータが、本学のネフェロメータ計測と同様の変化パターンが得た。
- ライダー比の平均値は21.6 で、頻度分布による最頻値は15～30 srとなった。

反射BRDF特性を用いたモンゴル草地における植生環境の把握

東京農業大学　星野慎司，島田　沢彦，豊田　裕道
東京大学生産技術研究所　関山　絢子

背景

気候変動や人間活動などによる乾燥地・半乾燥地の土壌劣化

モンゴル国
北部山地　→ 年降水量　250～400mmの半乾燥地
南部沙漠地域　→ 年降水量　150mm以下の乾燥地
国土の約80%が放牧草地

温暖化による乾燥化や過放牧による草地荒廃

ゾド（異常寒波）による家畜大量餓死被害
（1945, 1968, 2000- 2001,2010年に発生）

直接的原因　低温による牧草不足・凍結による水不足
間接的原因　草地荒廃

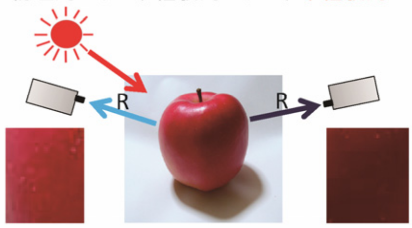
目的

草地劣化やゾドの危険性
↓ 広域空間的・時系列的
衛星画像リモートセンシングが有用
しかし
→ 従来の衛星画像解析では，植生指数(NDVIなど）がよく用いられるが，植生被覆率など平面的情報しか把握することができない
↓
詳細な植物情報を得るためには草丈などの三次元構造を把握する必要がある
↓ BRDF特性は三次元構造の影響を受ける

そこで本研究ではモンゴルの草原植物を対象とし，多方向反射スペクトル計測を行い，BRDF特性から植生環境を分析する

BRDF

Bi-directional Reflectance Distribution Function
（双方向性反射分布関数）
– 物理的モデル，経験的モデル，半経験的モデル

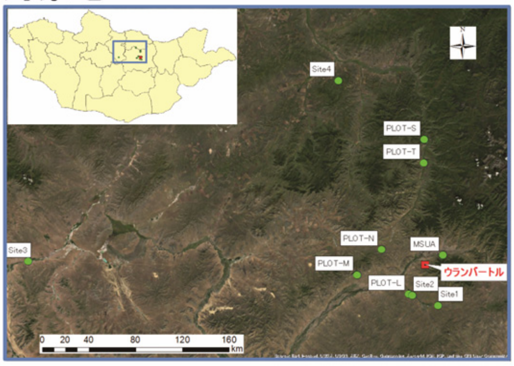


対象地

表１　調査地の位置情報，調査日，土地利用

Plot	緯度deg(N)	経度deg (E)	調査日	サンプル数	土地利用
L	47.682922	106.646518	2012/8/3,22	4	牧草地
M	47.782974	106.247659	2012/8/18,22	4	越冬地
N	47.915284	106.436005	2012/8/18	2	越冬地
S	48.478479	106.766223	2012/8/15	2	採草地
T	48.358125	106.763303	2012/8/14	2	放牧地
Site1	47.62419	106.87337	2012/8/3	2	放牧地
Site2	47.67661	106.67389	2012/8/3	1	放牧地
Site3	47.85323	103.71430	2012/8/8	2	放牧地
Site4	48.78082	106.10448	2012/8/9	2	放牧地
MSUA	47.88477	106.90916	2012/8/25	4	その他

対象地



方法

多方向反射スペクトル計測

- 簡易BRDF測定装置
- スペクトルメータ(FieldSpec HH2)
- 慣性計測ユニット[IMU](S4E5A0A0)
- CCDカメラ

観測日　2012/08

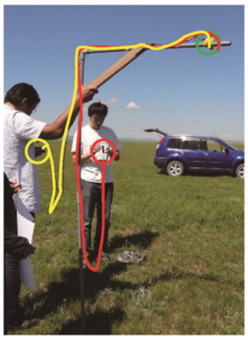
観測方位角

- 0, 90, 180, 270 deg

観測天頂角

- 0, 15, 30, 45 deg

各Plot2ヶ所で計測を行った



半経験的BRDFモデル(陳璐 et al, 2006)

$$\mathrm{R}(\theta_i,\theta_v,\varphi,\lambda)=\boxed{f_{iso}(\lambda)}+\boxed{f_{vol}(\lambda)\mathrm{K_{vol}}(\theta_i,\theta_v,\varphi)}+\boxed{f_{geo}(\lambda)\mathrm{K_{geo}}(\theta_i,\theta_v,\varphi)}$$

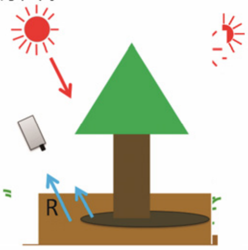
$\theta_i,\theta_v,\varphi$:太陽天頂角,観測天頂角,相対方位角

λ:波長

f_{iso}:BRDF特性の影響を受けていない反射率

$f_{vol},\mathrm{K_{vol}}$:葉や草丈など植生構造を表す体積散乱

$f_{geo},\mathrm{K_{geo}}$:地形や影などを表す幾何学的散乱



半経験的BRDFモデル(陳璐 et al, 2006)

$$\mathrm{R}(\theta_i,\theta_v,\varphi,\lambda)=f_{iso}(\lambda)+f_{vol}(\lambda)\boxed{\mathrm{K_{vol}}(\theta_i,\theta_v,\varphi)}+f_{geo}(\lambda)\boxed{\mathrm{K_{geo}}(\theta_i,\theta_v,\varphi)}$$

$\theta_i,\theta_v,\varphi$:太陽天頂角,観測天頂角,相対方位角

K_{vol} 〈Ross-thick〉

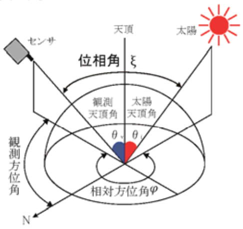
$$K_{vol}=\frac{(\pi/2-\xi)\cos\xi+\sin\xi}{\cos\theta_i+\sin\theta_v}-\frac{\pi}{4}$$

$$\cos\xi=\cos\theta_i\cos\theta_v+\sin\theta_i\sin\theta_v\cos\varphi$$

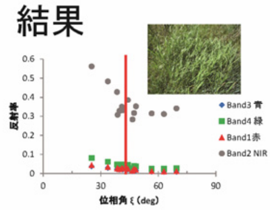
K_{geo} 〈Roujean〉(David et al,1998)

$$K_{geo}=\frac{1}{2\pi}[(\pi-\varphi)\cos\varphi+\sin\varphi]\tan\theta_i\tan\theta_v-\frac{1}{\pi}(\tan\theta_i+\tan\theta_v+D)$$

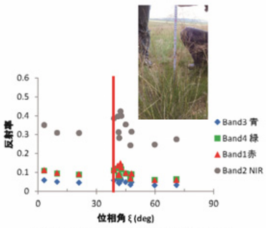
$$D=[\tan^2\theta_i+\tan^2\theta_v-2\tan\theta_i\tan\theta_v\cos\varphi]^{1/2}$$



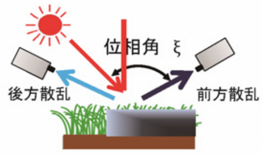
結果

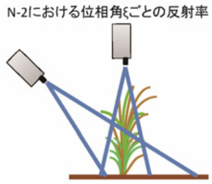


MSUA-4における位相角ξごとの反射率



N-2における位相角ξごとの反射率





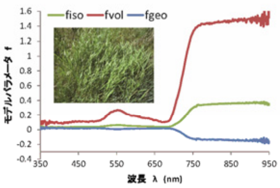
BRDFモデルパラメータ

$$\boxed{\mathrm{R}(\theta_i,\theta_v,\varphi,\lambda)}=\boxed{f_{iso}(\lambda)}+\boxed{f_{vol}(\lambda)}\boxed{\mathrm{K_{vol}}(\theta_i,\theta_v,\varphi)}+\boxed{f_{geo}(\lambda)}\boxed{\mathrm{K_{geo}}(\theta_i,\theta_v,\varphi)}$$

Rに実測の反射率、$\mathrm{K_{vol}}$, $\mathrm{K_{geo}}$にカーネルの式から得られた値を代入し、最少二乗法を用いて、$f_{iso}, f_{vol}, f_{geo}$を算出した

f_{iso}は植物特有の反射特性の傾向を示している

反射率が高い波長ほどBRDF特性の影響を受ける

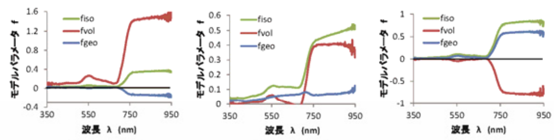


MSUA-4におけるBRDFモデルパラメータ

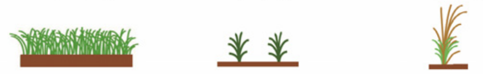
BRDFモデルパラメータ

f_{geo}が正のものは土の影響を強く受けている

f_{vol}が負のものは草が細く疎らなため光が透過または隙間から差し込み前方散乱の反射率が高くなった



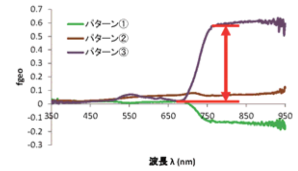
パターン①　パターン②　パターン③

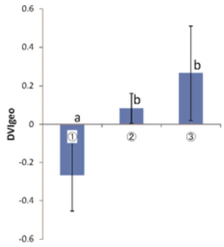


パターン分類の検証

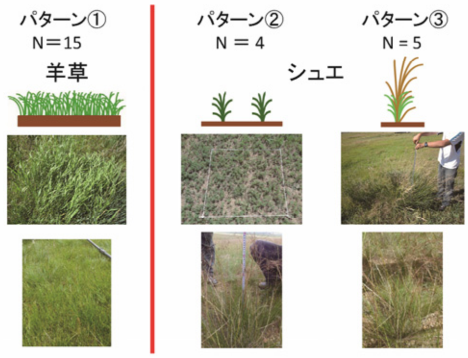
様々な植物指数を用いて、一元配置分散分析を行ったところDVI_{geo}に有意差が認められた（$P<0.01$）

$$DVI_{geo}=NIR_{geo}-Red_{geo}$$





タイプ分類

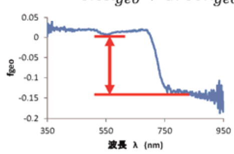


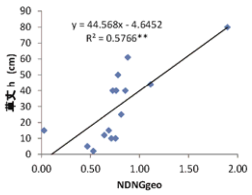
草丈との関係

羊草タイプについて様々な植物指数を用いて草丈との関係を調べたところ、草丈と$NDNG_{geo}$に相関があった（R^2=0.577**）

$$h = 44.6\ NDNG_{geo} - 4.65$$

$$NDNG_{geo}=\frac{NIR_{geo}-Green_{geo}}{NIR_{geo}+Green_{geo}}$$





まとめ

BRDF特性

- 位相角ξの角度が小さくなるほど反射率は高くなる
- 反射率が大きい波長ほどBRDF特性の影響を受ける

植生環境

- BRDFモデルパラメータを算出し、DVI_{geo}を用いて植生を2タイプに分類することができた
- 羊草タイプに関しては草丈と$NDNG_{geo}$に相関があり $h = 44.6\ NDNG_{geo} - 4.65$ という関係式が得られた

第 15 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

日時　2013 年 2 月 22 日（金）9：20～17：40

9:20-9:30 開会の挨拶 久世センター長

【講演 1】 9:30-11:50 （座長 1-4：本郷千春、5-7：ヨサファット）

(1) 9:30-9:50

GEP Method を用いた温帯林におけるメタン発生量の推定

朴　壽永（東京情報大学）・朴　鍾杰

(2) 9:50-10:10

衛星利用型光合成モデルによる植林 CDM プロジェクト支援システムの開発

ー植生ベースの排出権情勢とバイオフューエル CDMー

金子大二郎（株式会社遥感環境モニター）

(3) 10:10-10:30

レーザーリモートセンシングによる木質バイオマス計測

加藤　顕（千葉大学 大学院園芸学研究科）・建石隆太郎・Josaphat Tetuko Sumantyo

(4) 10:30-10:50

落葉期の衛星観測の高精度化を目的とした地上検証

永井　信（(独)海洋研究開発機構）・鈴木力英・小林秀樹・村岡裕由・奈佐原顕郎・梶原康司・本多嘉明

(5) 10:50-11:10

多角的観測アプローチによる森林生態系構造の計測法開発

柴田英昭（北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター）・吉田俊也・日浦勉・中村誠宏・中路達郎・本多嘉明・梶原康司

(6) 11:10-11:30

桜島噴煙活動活発化と映像観測の課題

木下紀正（鹿児島大学 教育学部）・土田　理・飯野　直子・金柿主税

(7) 11:30-11:50

MODIS データを用いた火山・溶岩活動の検知について

～夜間雲効果除去アルゴリズムの開発・検証と火山防災への有効性～

服部克巳（千葉大学　理学研究科）・堤梨花

11:50-13:00　昼食

13:00-14:00 【ポスターセッションコアタイム】

【講演 2】14:10-17:30 （座長 8-12：本多嘉明、13-17：樋口篤志）

(8) 14:10-14:30

マイクロ波放射計及びメソ気象モデルを用いた洋上風力資源評価方法の開発

香西克俊（神戸大学 海事科学研究科）

(9) 14:30-14:50

多波長マイクロ波放射計データを用いた水物質量リトリーバルの研究

青梨和正（気象庁 気象研究所台風研究部）

(10) 14:50-15:10

マイクロ波による海氷物理量計測に関する研究

若林裕之（日本大学 工学部）・中村　和樹・長　康平

(11) 15:10-15:30

ミリ波雲レーダ FALCON-Ｉによる積乱雲発達時の内部運動観測

鷹野敏明（千葉大学 大学院工学研究科）・永瀬雄斗・米元亮馬・柏柳太郎・小林文明・高村民雄

(12) 15:30-15:50

房総半島における積乱雲発生初期の観測

柏柳太郎（日本無線株式会社）・小林文明・鷹野敏明・高村民雄

(13) 15:50-16:10

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

馬淵和雄（気象庁・気象研究所地球化学研究部）・森山雅雄・本多嘉明・梶原康司

(14) 16:10-16:30

SKYNET データを利用した雲・エアロゾルの光学的特性

青木一真（富山大学大学院理工学研究部）

(15) 16:30-16:50

Extraction of Soil Liquefaction Areas around Tokyo Bay by multi-temporal ＩnSAR Coherence

李威平（京都大学大学院工学研究科）・田村正行

(16) 16:50-17:10

反射 BRDF 特性を用いたモンゴル草地における植生環境の把握

星野慎司（東京大学生産技術研究所）・島田　沢彦・関山　絢子

(17) 17：10-17：30

酸素Ａバンドを利用した植物の蛍光スペクトル計測システムの開発

増田健二（静岡大学）・齊藤隼人・馬渕佑作・眞子直弘・久世宏明

17:30-17:40　閉会の挨拶

18:00-19:30　懇親会

（けやき会館１階　レストランコルザ　参加費　2000円（学生は1000円）

【ポスターセッション】コアタイム13:00-14:00　掲示時間　9:30-14:00

(1) オーストラリアモンスーン域における対流活動の季節変化

相場矢絵（首都大学東京・都市環境科学研究科）・高橋　洋・松本　淳

(2) ASTERとTerra-SAR-X画像を用いた2011年タイ洪水の浸水域把握

山崎文雄（千葉大学大学院・工学研究科）・嶋影純

(3) CP-SAR信号処理システムのVirtex-6 FPGAによる実現

難波一輝（千葉大学大学院・融合科学研究科）・飯塚　慧・草間　拓真・Josaphat Tetuko Sri Sumantyo

(4)白色光レーザーを用いた温室効果ガスの計測法の開発

染川智弘（財団法人レーザー技術総合研究所）・眞子直弘・久世宏明

(5)無人機搭載小型Kaバンドアンテナの研究

金子秀彦（有人宇宙システム株式会社）

(6)甲府盆地の小地域気象情報の無線伝送による集約・提供システムの構築

尾藤章雄（山梨大学大学院・教育学研究科）

(7)桜島（鹿児島）の火山活動におけるInSAR画像の解析

湯地敏史（宮崎大学・教育文化学部）

(8)人工衛星で観測した夜間光をパラメータとしたエネルギー消費の推定に関する研究

～東日本大震災時の停電下におけるDMSP/OLS-VISセンサの感度評価～

原　政直（株式会社ビジョンテック）

(9)衛星画像と地上反射率から導出したエアロゾル光学特性の精度向上
朝隈康司（東京農業大学・生物産業学部）

(10)新型 UAV（無人ヘリコプター）を用いた BRDF 観測システムの構築
酒井健吾（首都大学東京大学院・都市環境科学研究科）・長谷川宏一・泉　岳樹・松山　洋

(11)静止衛星・国際宇宙ステーション搭載紫外可視センサによる対流圏二酸化窒素の日内変動導出の検討
野口克行（奈良女子大学研究院自然科学系）・入江仁士

(12)地表面熱収支推定のための衛星データを利用した雲底高度の推定
菅原広史（防衛大学校）

(13) CP-SAR 搭載赤外カメラの開発研究
大前宏和（株式会社センテンシア）

(14)南極干渉 SAR への電離層の影響
木村　宏（岐阜大学・工学電気電子工学科）・安藤太樹・Josaphat Tetuko Sri Sumantyo

(15)インドネシア地域における衛星データを使用した降雨量と海洋の熱交換の関係
大澤高浩（ウダヤナ大学・海洋科学リモートセンシング研究センター）・本郷千春

(16)異なる衛星データを用いた景観解析のスケール効果に関する研究
趙憶（東京情報大学）・原田一平・富田瑞樹・原慶太郎

(17)東日本大震災後の南相馬市における休耕地の実態把握
原田一平（東京情報大学）・井戸川知央・堀内雄太・原慶太郎・近藤昭彦

(18)デジタルカメラを利用した土壌炭素貯留量の評価法の開発
丹羽勝久（株式会社ズコーシャ 総合科学研究所）・本郷千春

(19)チタルム流域における水稲の収量予測
牧　雅康（京都大学・地球環境学堂）・本郷千春

(20)チタルム流域における農業用水渇水リスクの評価
吉田貢士（茨城大学・農学部）・本郷千春

(21) SKYNET 福江島観測サイトにおけるエアロゾルと視程の関係
北古賀識帆・東　良美・大田彩乃（奈良女子大学・理学部）・久慈　誠

(22)航空機ライダー測量による森林バイオマス推定に樹種・地形が与える影響：
北海道北部の大面積天然林試験地を用いた検討
埋金宏光（北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター）・吉田俊也・北条　元・
奥田篤志・浪花彰彦・田森郁子・田中美咲・中村誠宏・野村　睦

(23)雲レーダFALCON-Ⅰによって観測された雲頂・雲底高度の特徴
井上　梓（奈良女子大学・理学部）・久慈　誠・鷹野敏明

(24)衛星からのUV/Vis同時分光観測による下部対流圏オゾン量導出シミュレーション
～エアロゾル推定誤差が与えるAMF計算への影響～
板橋良平（茨城大学大学院）

(25)リモートセンシングによる下部対流圏オゾン量導出のための検証
山口裕樹（茨城大学大学院）

(26)リモートセンシングによる下部対流圏オゾン導出
～航空機観測における地表面アルベド推定～
福寿旅人（茨城大学大学院）

(27) 可搬型ライダーによる水平面大気観測
椎名達雄（千葉大学融合科学研究科）

(28) 衛星を用いた被災地復興の長期モニタリング
朴　鍾杰（東京情報大学）

(29) 多方向観測とマルチバンドデータを用いた植生機能タイプの分類方法の考察
真鍋聡美（奈良女子大学）・村松加奈子・曽山典子・醍醐元正

(30) ハイパースペクトルカメラによるリモートセンシング
高良洋平（エバ・ジャパン株式会社）

第 15 回 CEReS 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