



# 身近な環境と生活の関わり

衛星データと地図情報で見る千葉県の環境変化



環境リモートセンシング研究センター  
近藤昭彦  
kondoh@faculty.chiba-u.jp

# 1996年8月17日H-IIロケット4号機の打上げ

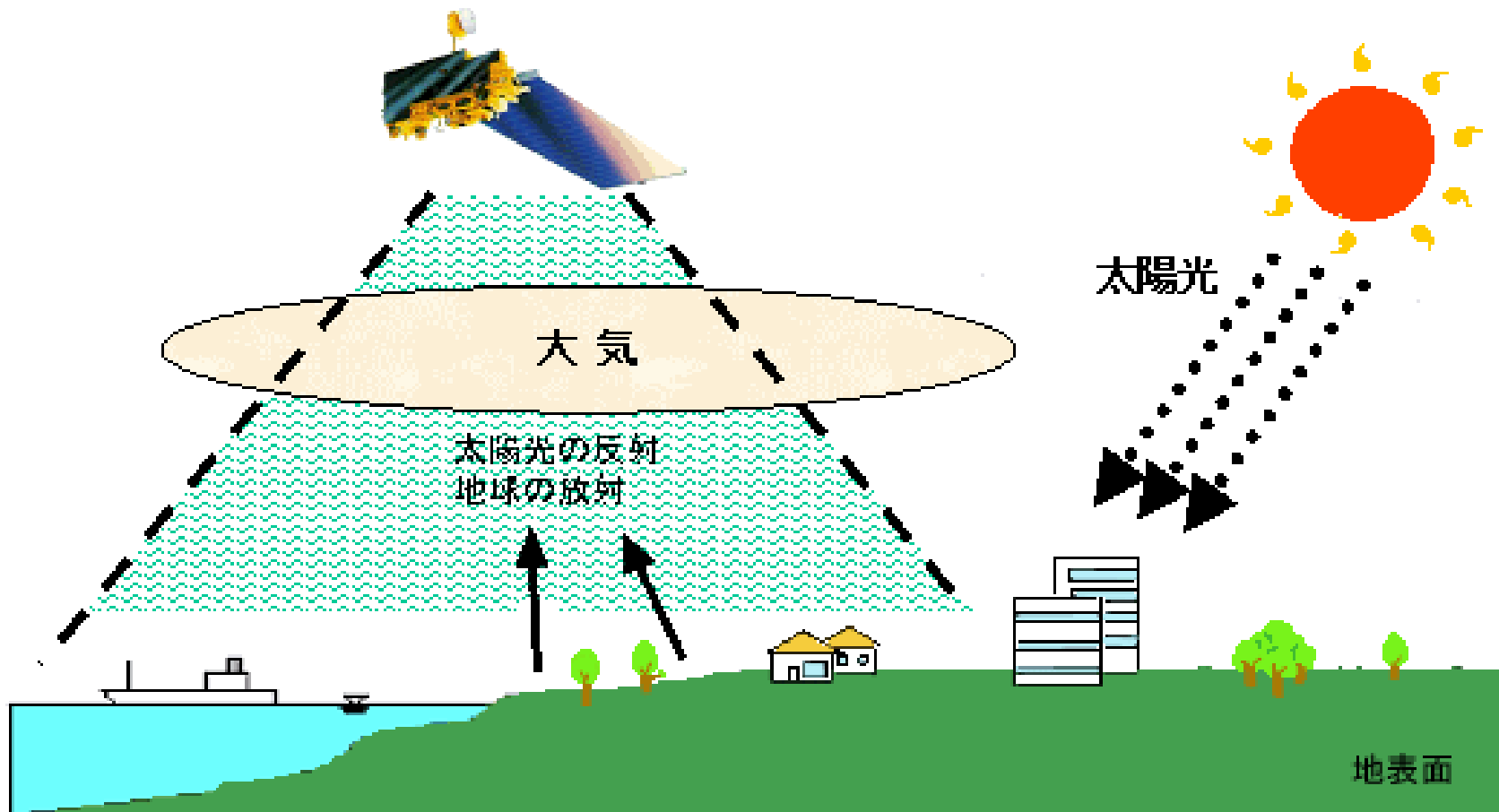
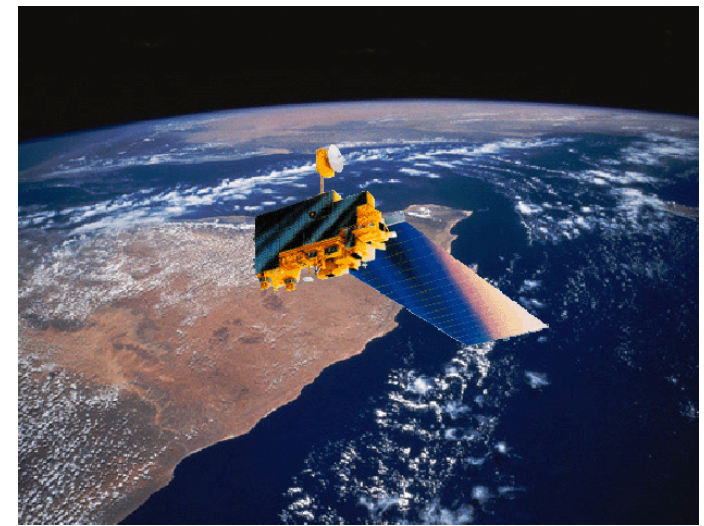
世界で初めての地球環境変化（Global Change）に関する観測を目的とした人工衛星「みどり1号」が打ち上げられた瞬間

たくさんの衛星が地球表面の素顔を記録しつづけています

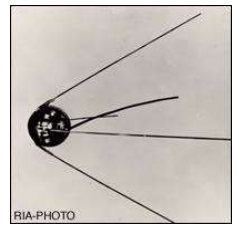


# 鳥の目 リモートセンシング

地球の周回を続けている人工衛星は継続的に地球表層や、大気に関する情報を我々に送ってくれます



# 人類が得た鳥の目・・・人工衛星による地球観測



1957年 ソ連「スプートニク1号」打ち上げ **人類初の人工衛星**

1960年 世界初の地球観測衛星「タイロス1号」打ち上げ

1969年 人類月に立つ！「アポロ11号」

1970年 日本初の人工衛星「おおすみ」打ち上げ

1972年 アメリカ「ランドサット1号」打ち上げ

1986年 フランス「SPOT1号」打ち上げ

1987年 日本の地球観測衛星「もも1号」打ち上げ

1996年 地球環境観測衛星「みどり1号」打ち上げ

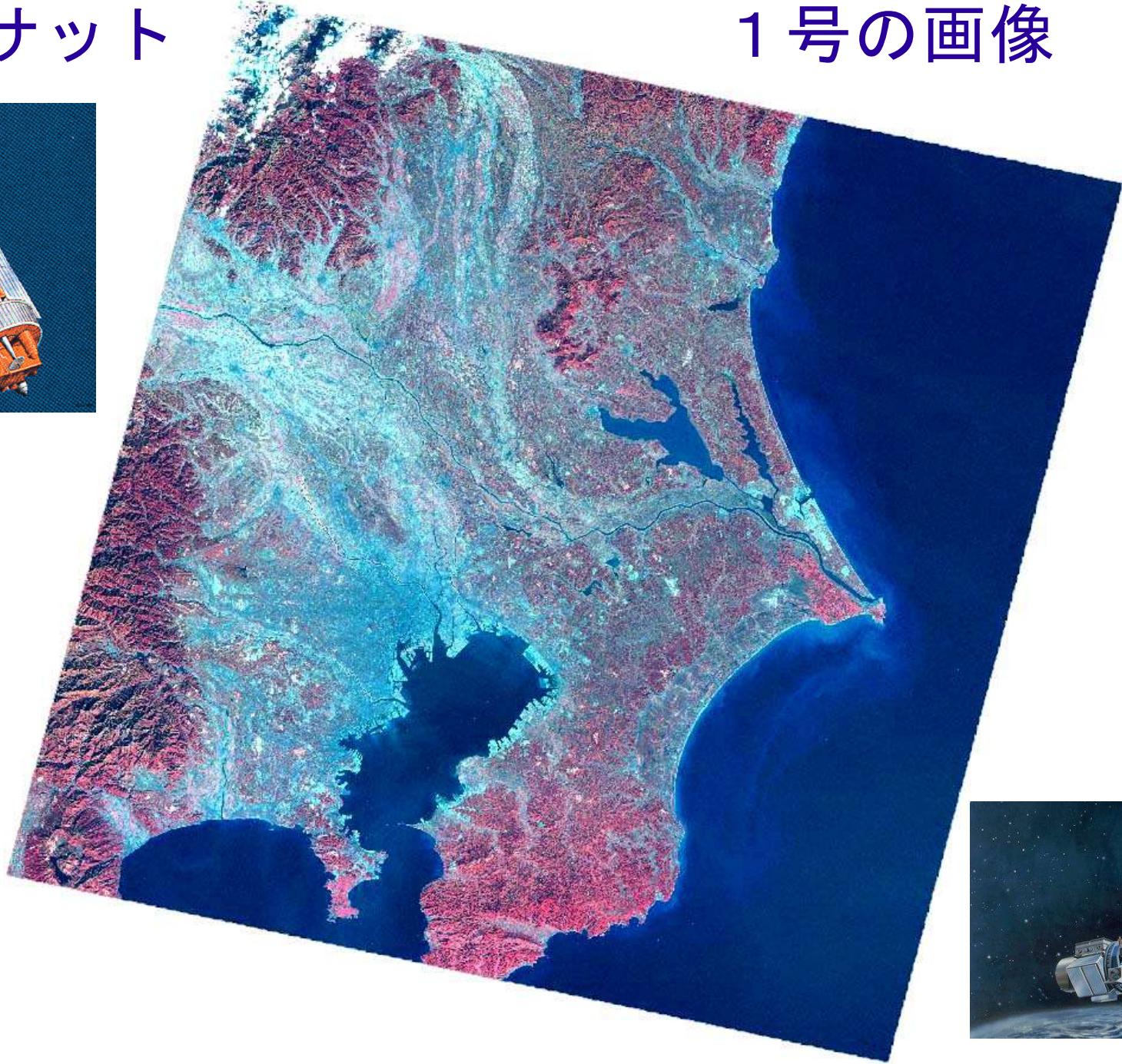
2002年 地球環境観測衛星「みどり2号」打ち上げ

現在 **地球環境観測の全盛期**



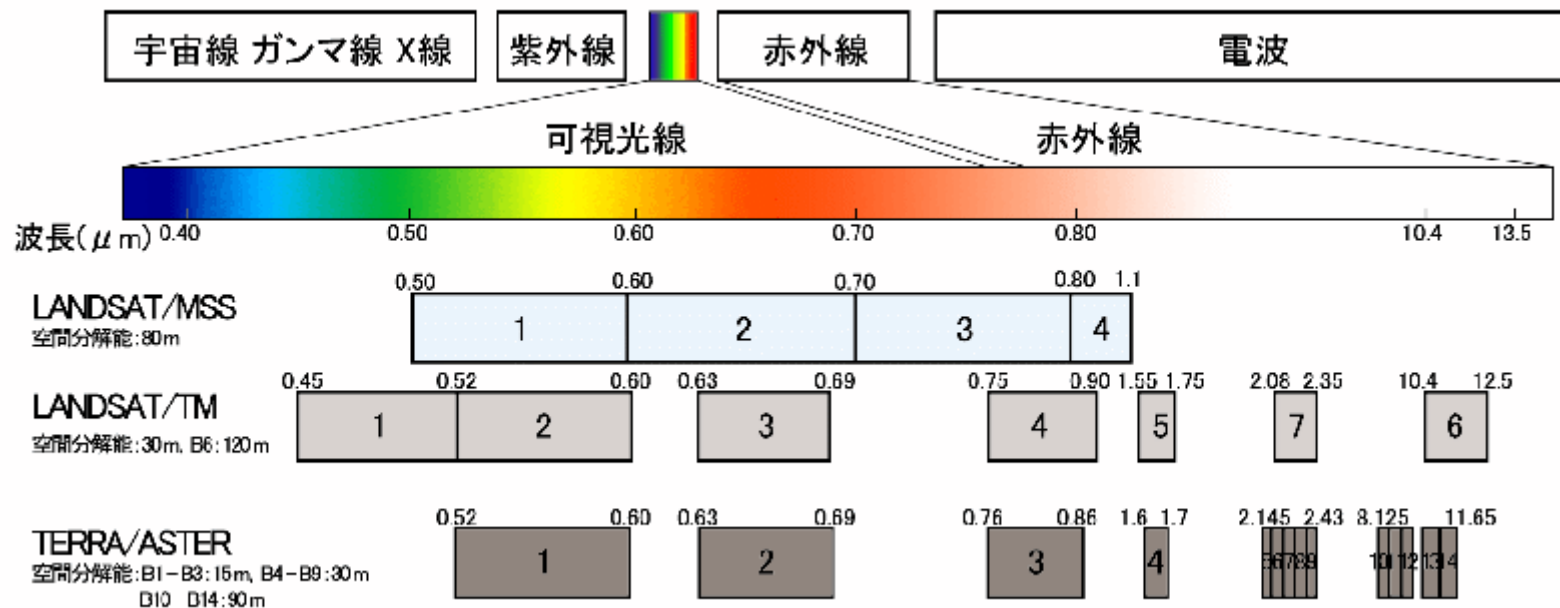
人工衛星によって撮影した画像データを使って様々な環境解析を行う技術を**リモートセンシング**といいます

# 1972年11月26日に初めて関東平野を撮影した ランドサット 1号の画像



## その前になぜ画像が赤いのでしょうか

ランドサット1号に搭載されていた**MSS**には青の光を撮影するセンサーがありませんでした。その代わりに眼には見えない近赤外の画像が得られますので、コンピューターの画面の赤に近赤外の光で撮影した画像を割り当てると、植生域が赤く写るフォールスカラー画像になります。



ランドサット4号以降は青の光も感じる**TM**というセンサーが搭載されましたので、自然な色合いの画像が得られるようになりました。



詳細な人工衛星画像が1972年から継続して撮影されている

30年間の地表面の変化がわかる



目で見える光以外にも赤外線領域を使って地球の観測を行っている

地表面の種類や性質がわかる

衛星データで何を見るか？

## 環境とは何か

## 衛星画像でどう見るか



- ・ 人間をとりまくものすべて

## 環境の本質

- ・ 多くの要素から構成される . . . . . 多様性
- ・ 要素間で相互作用する . . . . . 関連性
- ・ 空間に配置されている . . . . . 空間性
- ・ 歴史によって形成される . . . . . 歴史性
- ・ スケールによって重要な観点が異なる . . . . . 階層性



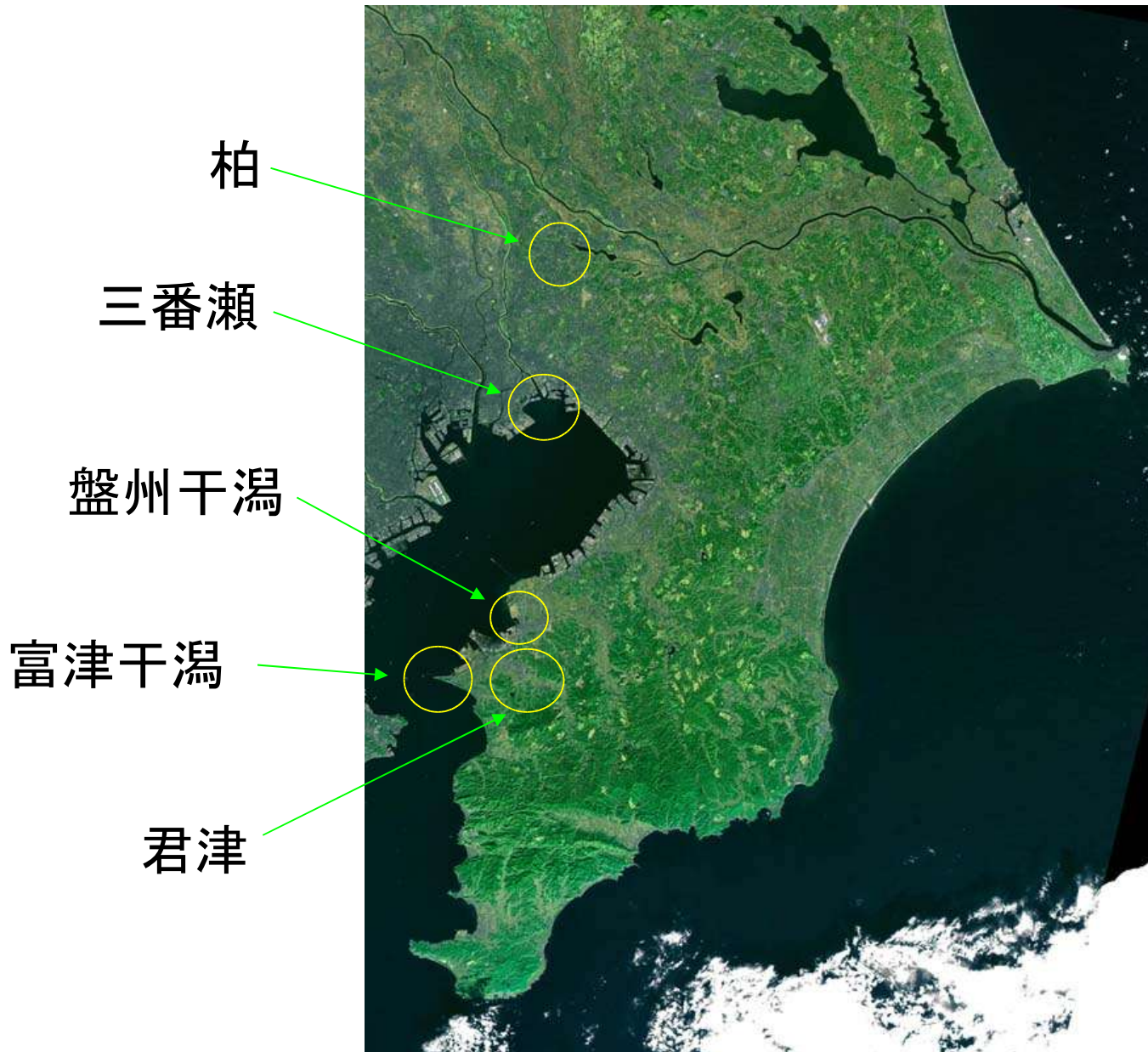
## 環境を理解する方法

- ・ トップダウン型研究 . . . . . 例えば、コンピューターの利用
- ・ ボトムアップ型研究  
小さな努力を少しずつ積み上げていく仕事

「身近な環境と生活の関わり」 . . . . . 積上型の仕事



# 空間性 . . . . . 地図（画像）の上で考える



● いろいろなものが写っているな

● それぞれ関連性はあるのかな

● 特定の場所にあることが特徴を形成しているのかな

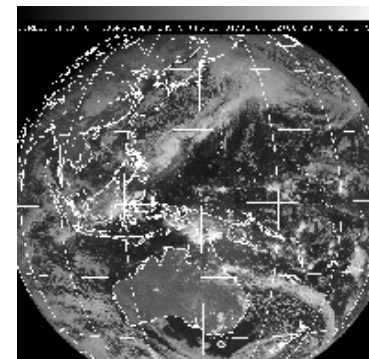
● 歴史の結果として現在があるのかな

● いろいろな地域の特徴があるな

ランドサット7号 ETM+ が高度約 700km から撮影した千葉県

# 人工衛星リモートセンシングの利点

● **広域を観測** ・ ・ ・ まさに鳥の目を得た

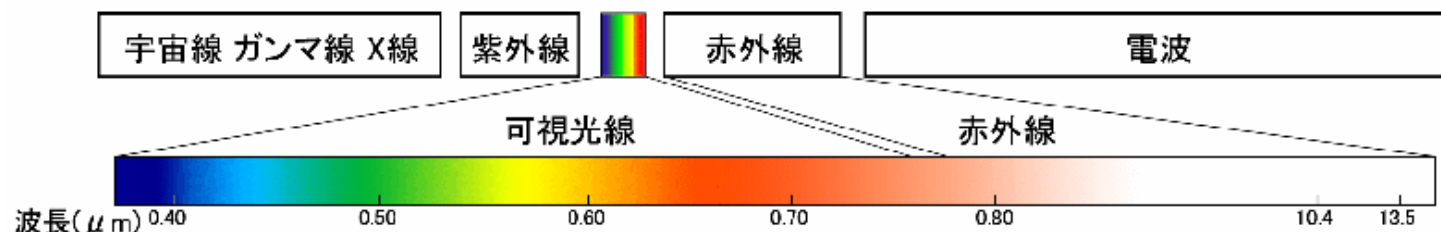


● **繰り返し観測** ・ ・ ・ 地表面の状態が変わっていく過程がわかる



1972年から運用が行われているランドサット衛星は過去30年間の土地被覆に関する情報を提供してくれます

● **人間の眼には見えない電磁波の領域も利用**  
・ ・ ・ 様々な新しい情報を得ることができる



● **コンピューターによる処理が簡単**  
・ ・ ・ どんな大量のデータでも簡単に解析ができる

お茶の間でリモートセンシング解析の時代

## 過去 30 年間の環境変化

アメリカのランドサット衛星は 1972 年に 1 号が打ち上げられてから後継機が定期的に打ち上げられ現在は 7 号が運用されています

左から、1972 年 11 月 26 日、1985 年 1 月 23 日、2001 年 11 月 27 日の画像



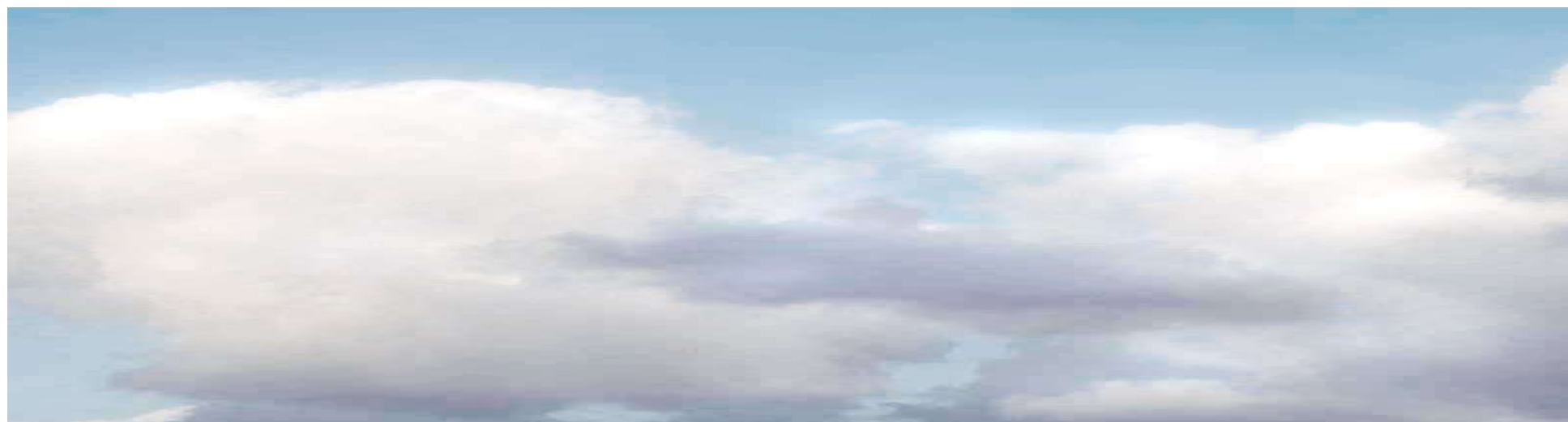
何がどう変わったのでしょうか

環境変化、環境変動というのは、じわじわっ  
と広域が変わっていくわけではない

特定の地域に現れ、人間生活に影響を及ぼす

地球環境変化（例えば、地球温暖化）の影響  
も、特定の地域に先行して現れる

地域の環境を見続けることの重要性

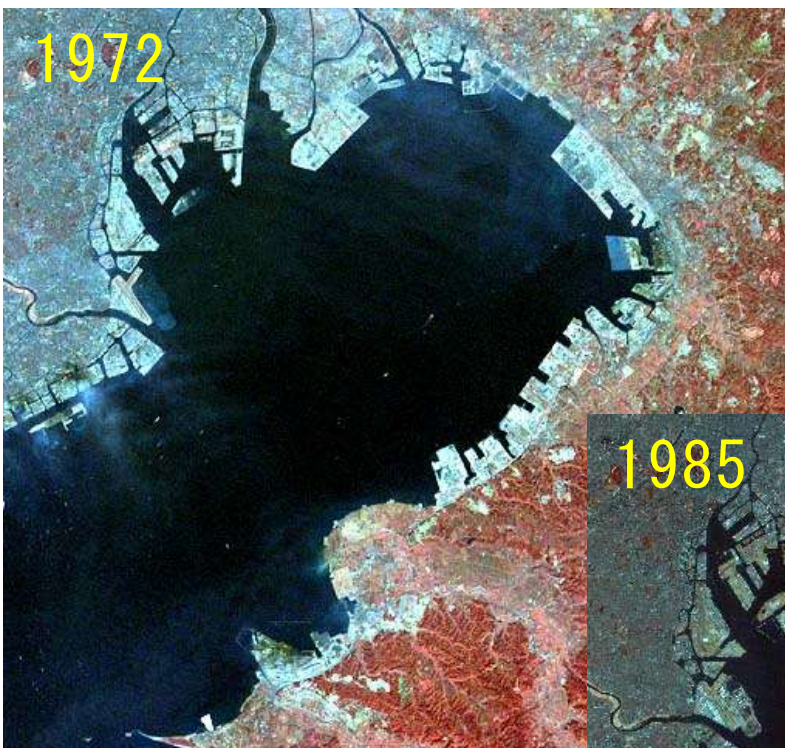


## 海岸線が変わった

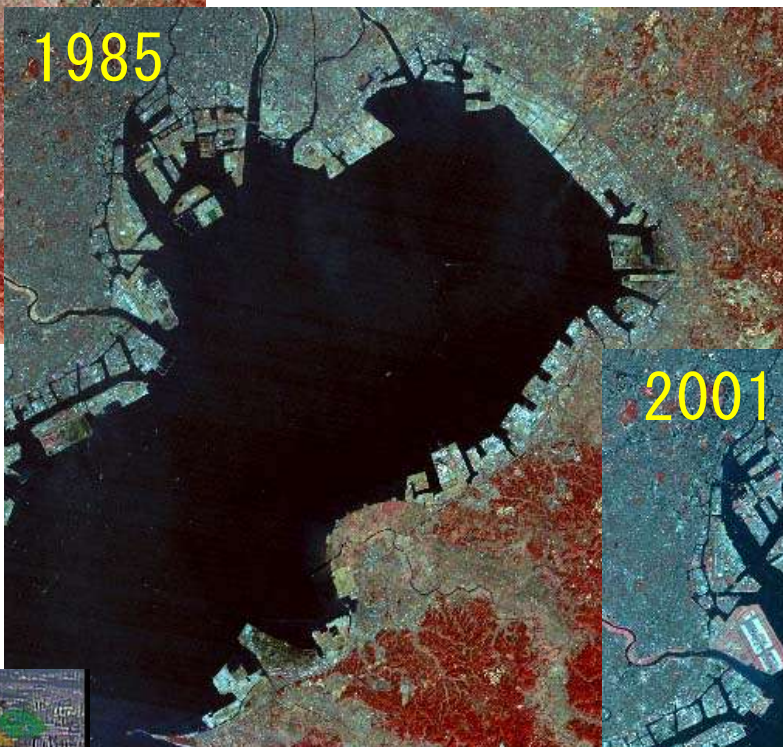
東京湾岸の砂干潟を覚えておられる方はいますか

貝や小魚、イソギンチャク... 干潟は実に豊かな場所でした

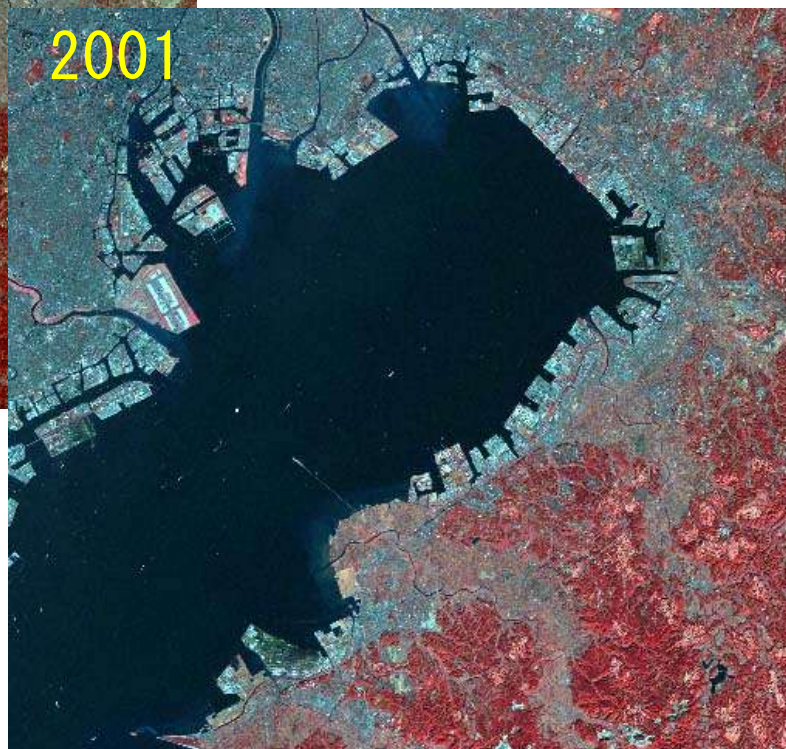
1972



1985



2001



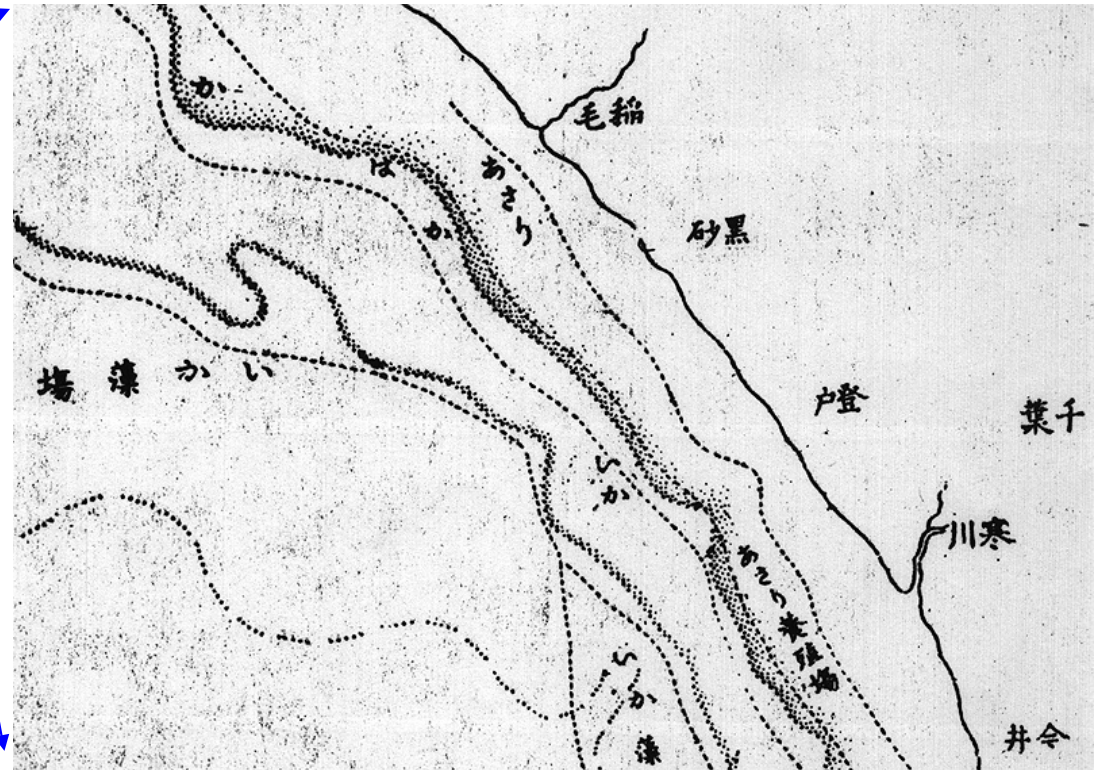
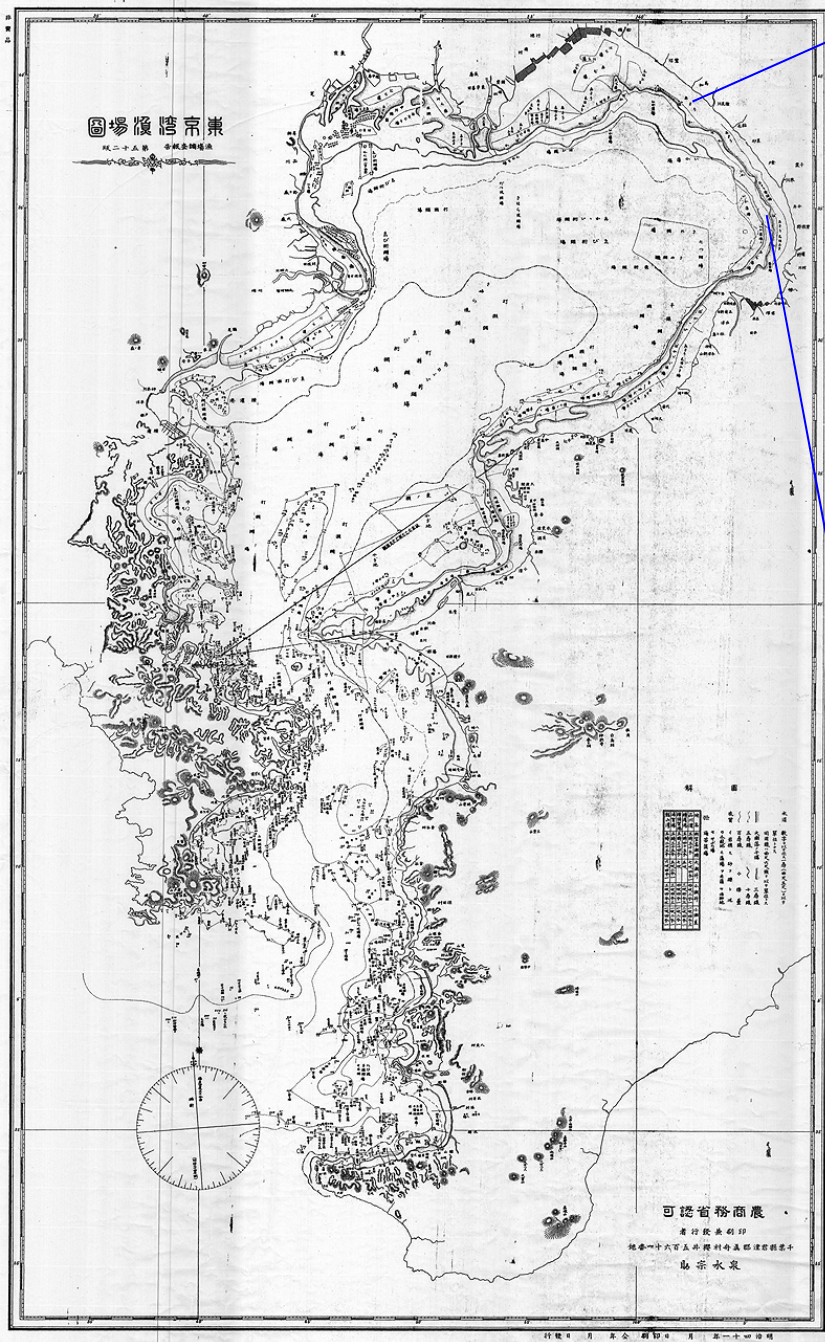
いろいろなことが  
起こった

- ・ 生物相の変化
- ・ 青潮の発生



NHK サイエンス ZERO

# 明治41年発行 東京湾漁場図



## 稲毛沖に出てくる単語

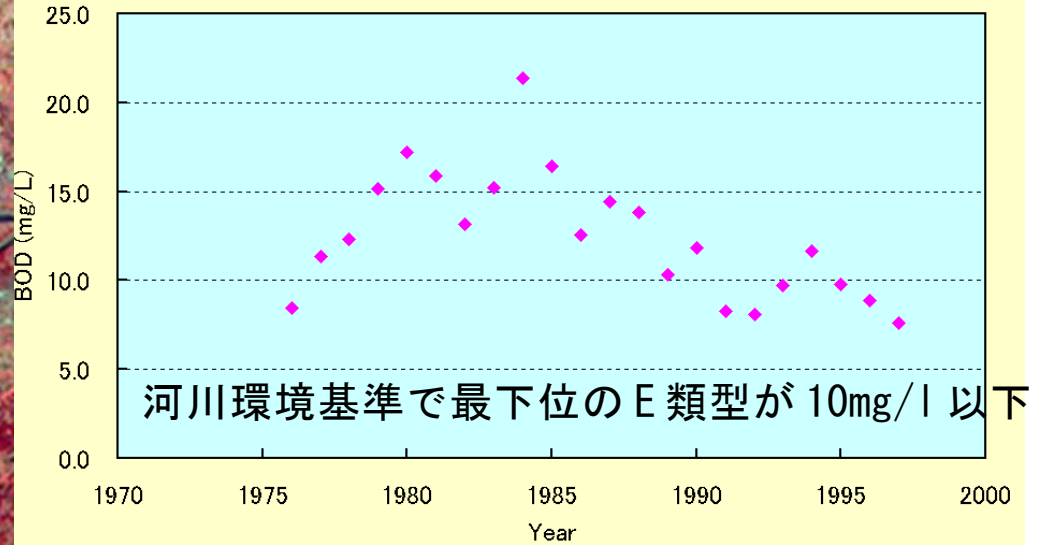
いか、いか藻場  
あさり養殖場  
ばか、あさり、志ほふき  
あぢ藻場

1972

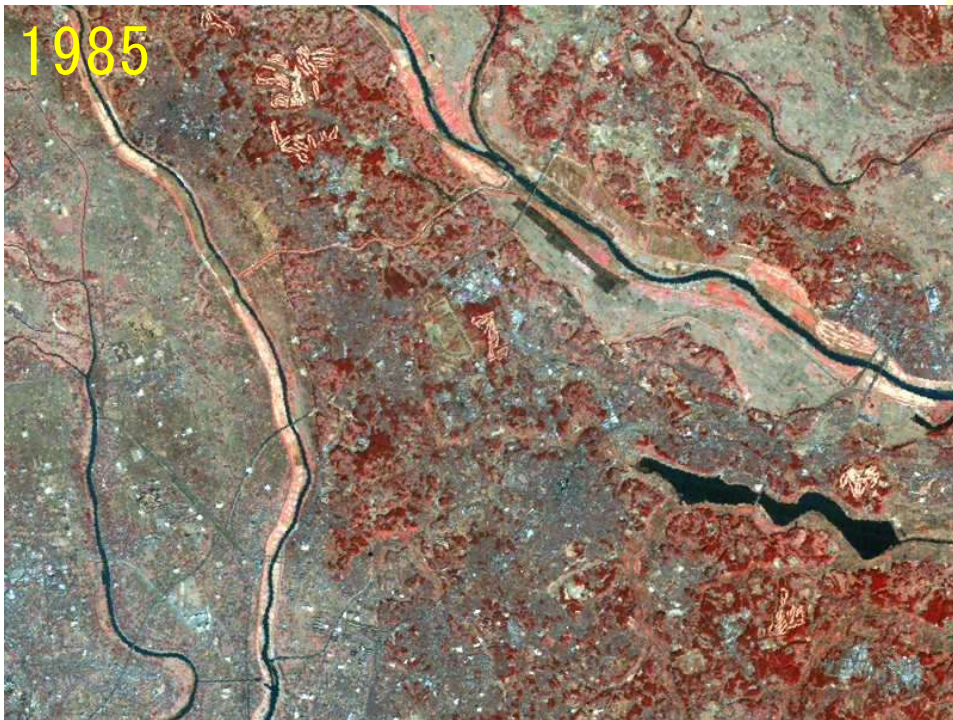


# 都市化が進んだ 柏周辺の例

上沼橋



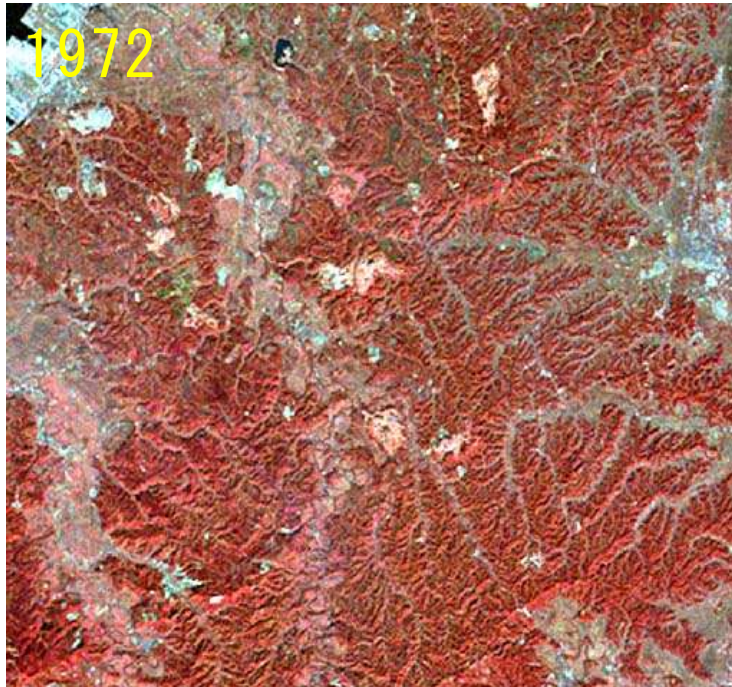
1985



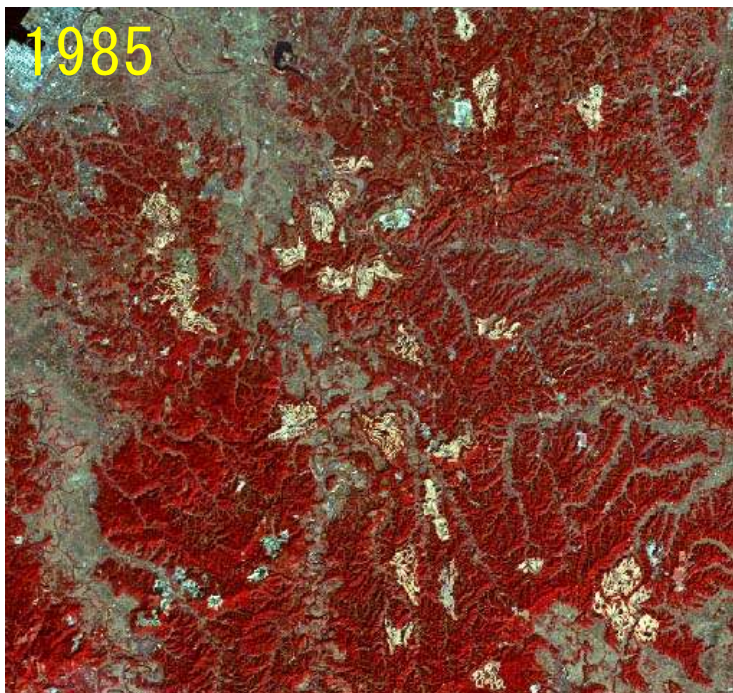
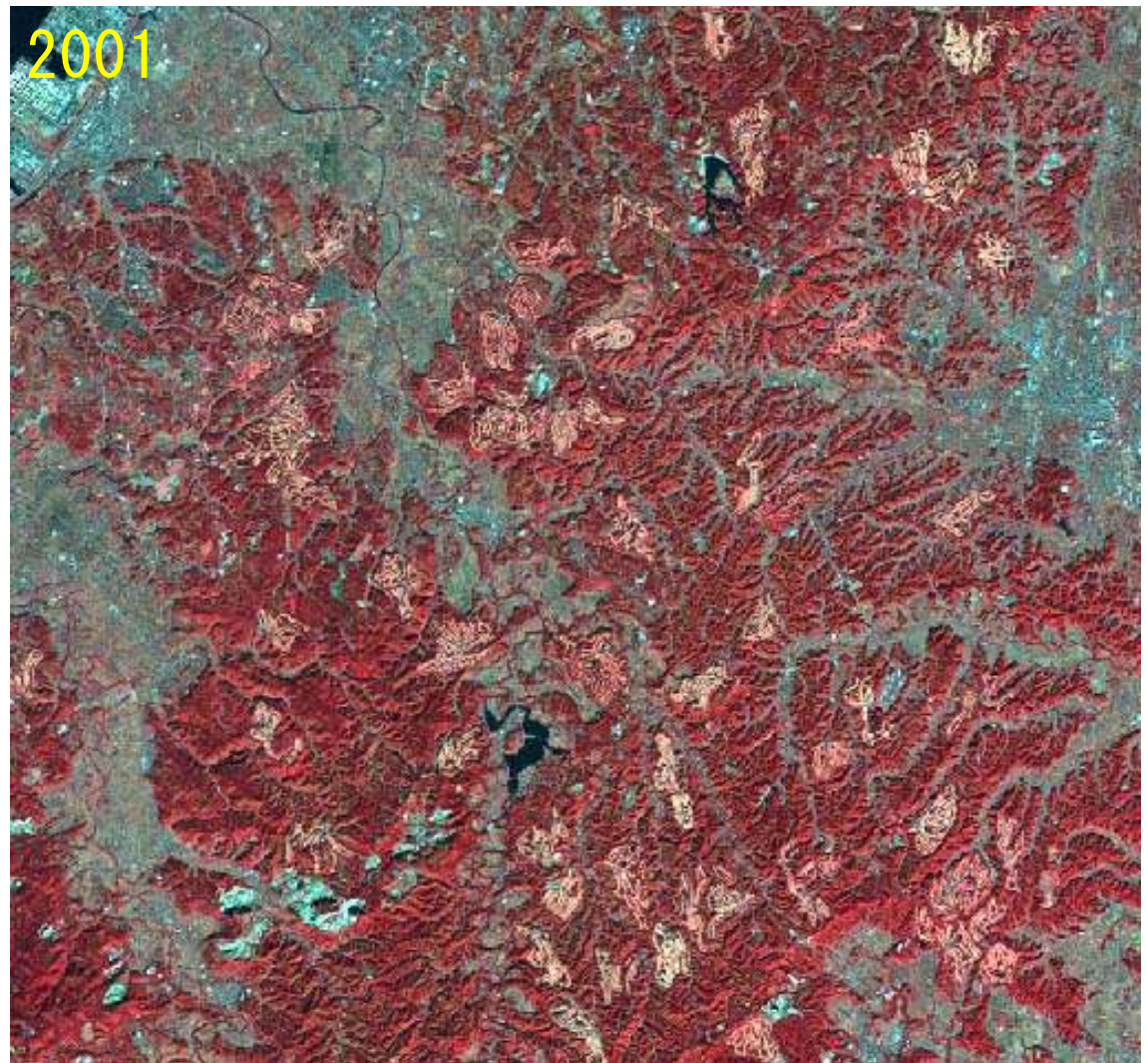
2001



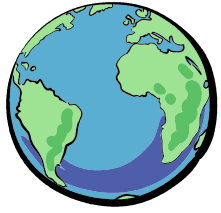
土地被覆の変化は様々な人間活動の影響を知るための指標となる



ゴルフ場が増えた  
一般にゴルフコースの表面は森林土  
壤と比較して堅いので、流出が早く  
なるはず。あまり研究は行われてい  
ない。







衛星データは過去30年間の  
地球表面の変化を確実に記  
録し続けています



1972年11月26日



2001年11月27日

# もっと昔も知りたい 😊



## 古地図

近代的測量ならびに印刷技術普及以前に作成された地図の総称。  
日本では江戸時代までの手書きあるいは木版刷の地図を指す。

## 迅速図

明治の初・中期に正式測図に先立ち、正規の基準点測量の成果を使用しないで作成された諸図の総称

## 旧版地図

国土地理院が発行している新刊地図に対して、過去に刊行あるいは作成して絶版になった地図

入手 国土地理院（九段第二合同庁舎9階） 1枚500円

だれでも買えます！郵送も可能

## 迅速図と旧版地形図

明治初期の迅速図（左）と明治36年（1903年）発行の5万分の1地形図（右）



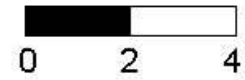
これらの地形図には土地利用が記載されている **過去の土地利用**

明治 36 年 (1903 年) 発行の 1:50,000 地形図から読み取った土地利用

# Chiba City 1:50,000

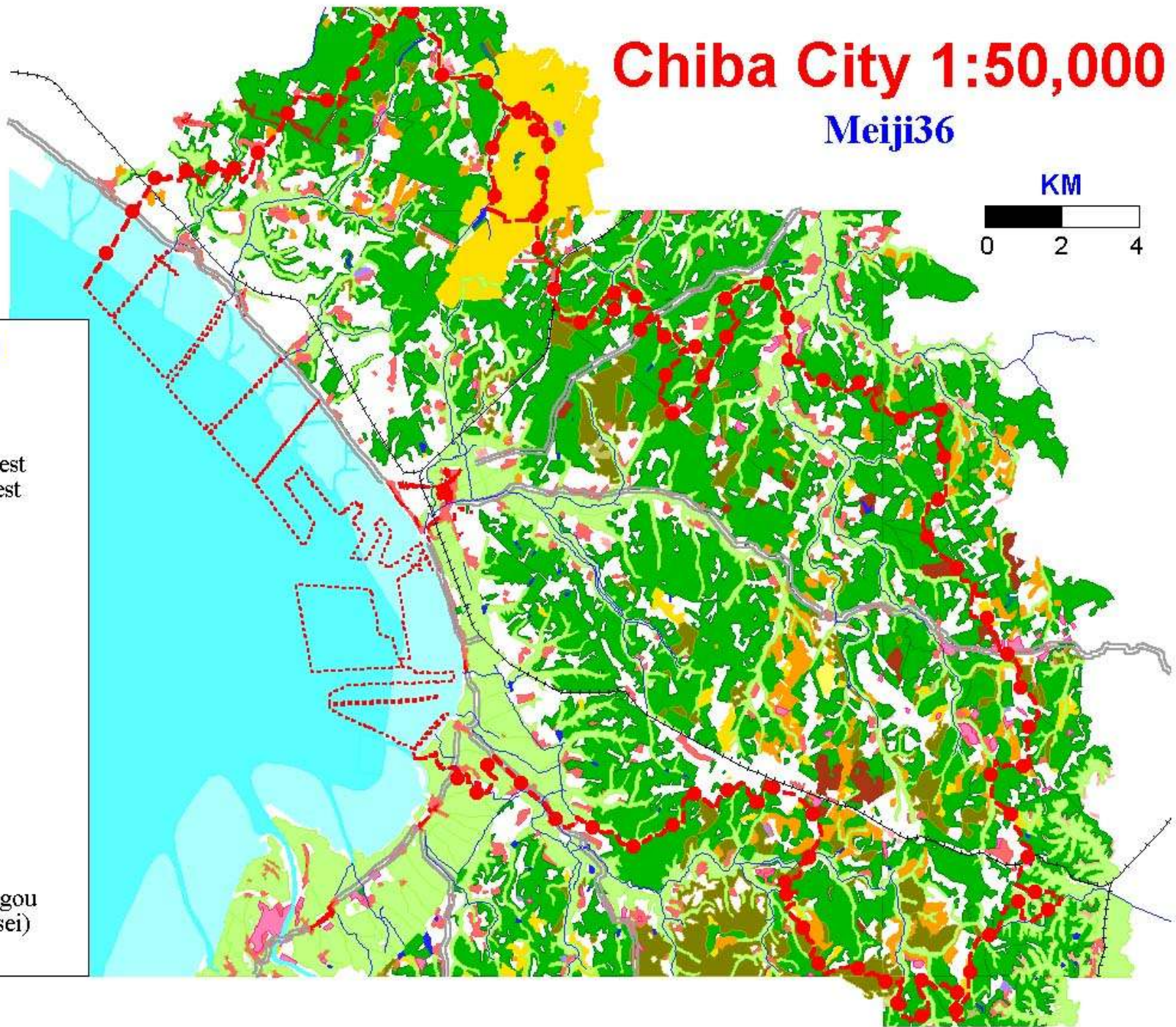
Meiji36

KM

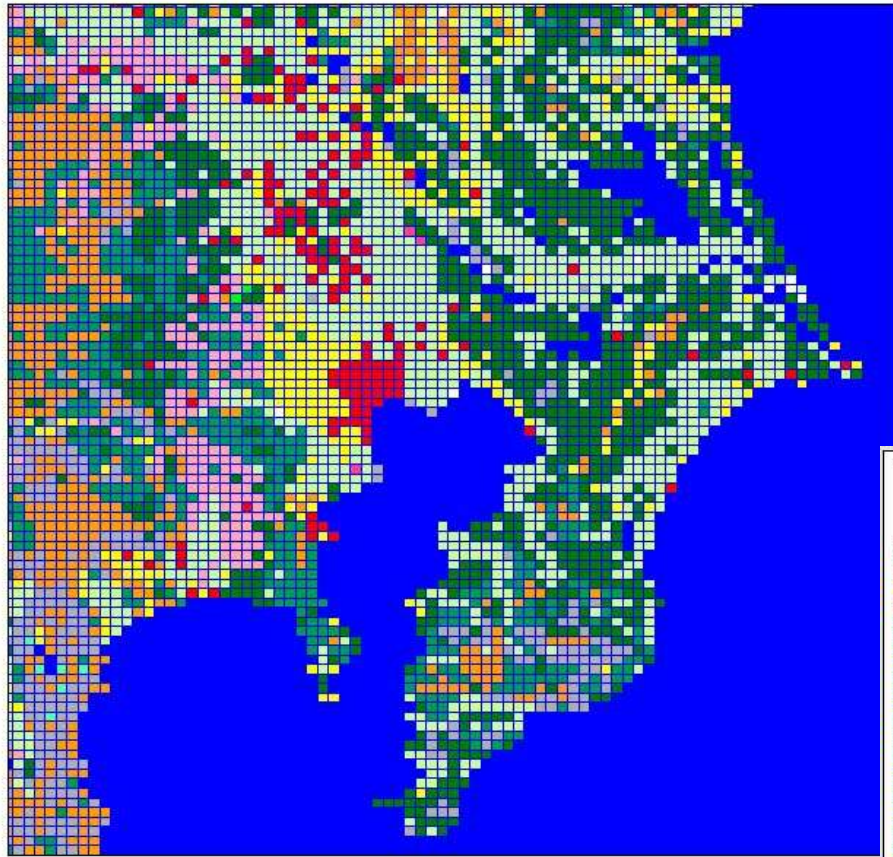


## Legend

- Urban\_1
- Urban\_2
- Urban\_3
- Coniferous forest
- Deciduous forest
- Mixed forest
- Waste land
- Orchard
- Paddy field
- Mulberry field
- Grass land
- Tea field
- Bamboo
- Lake,Pond
- Marsh,Swamp
- Tidal flats
- Sea
- Large river
- = Wide road
- + Railroad
- Small river,Suigou
- - Coast line(Heisei)
- - City boundary



## Landuse Map in Meiji-Taisho Era

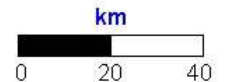
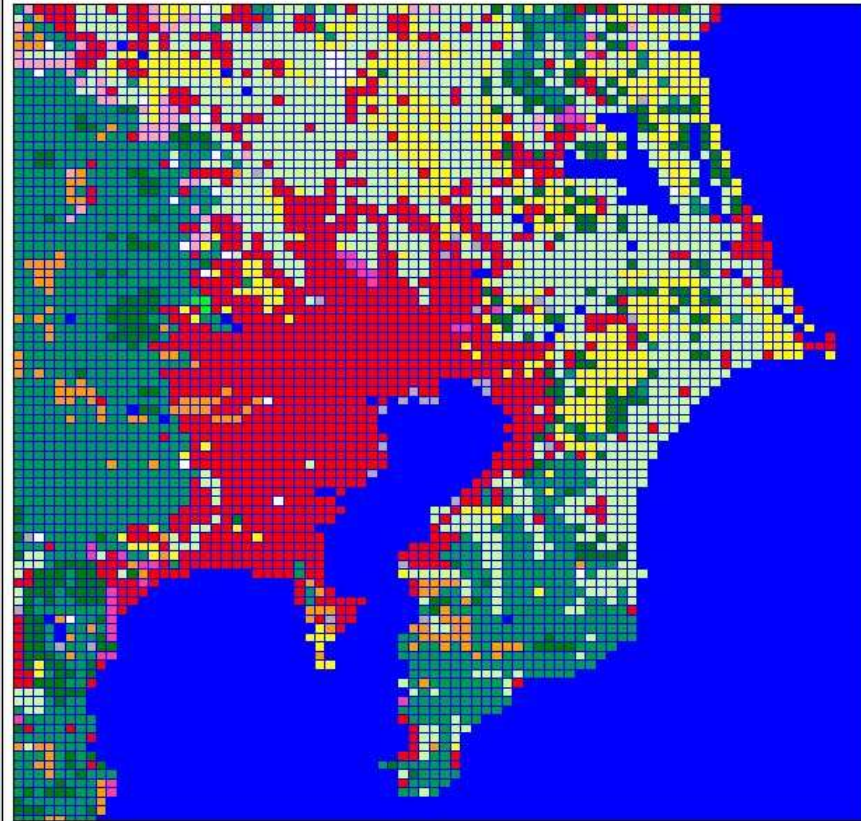


## 明治・大正期（左）と 現在（下）の土地利用

### 明治期

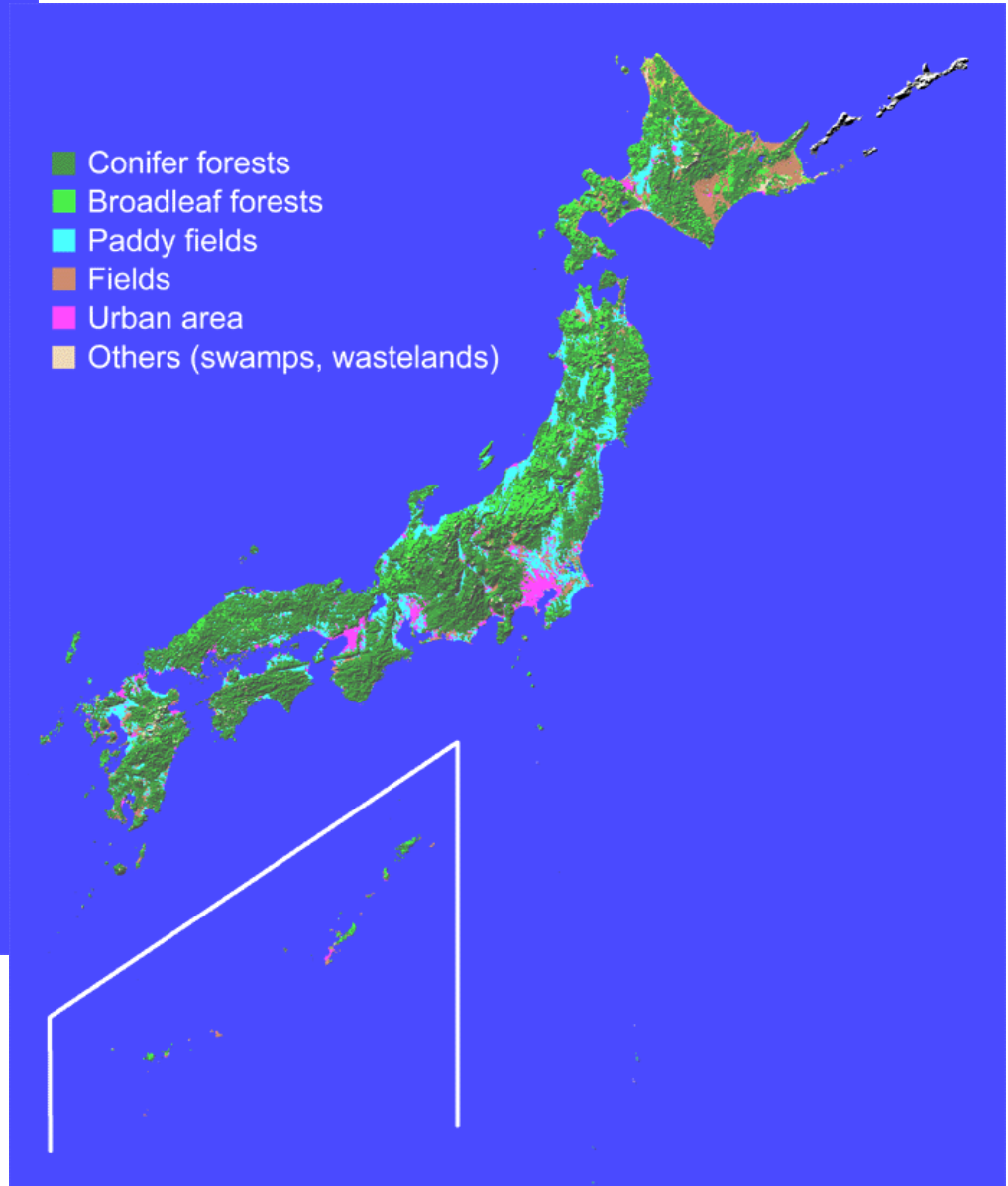
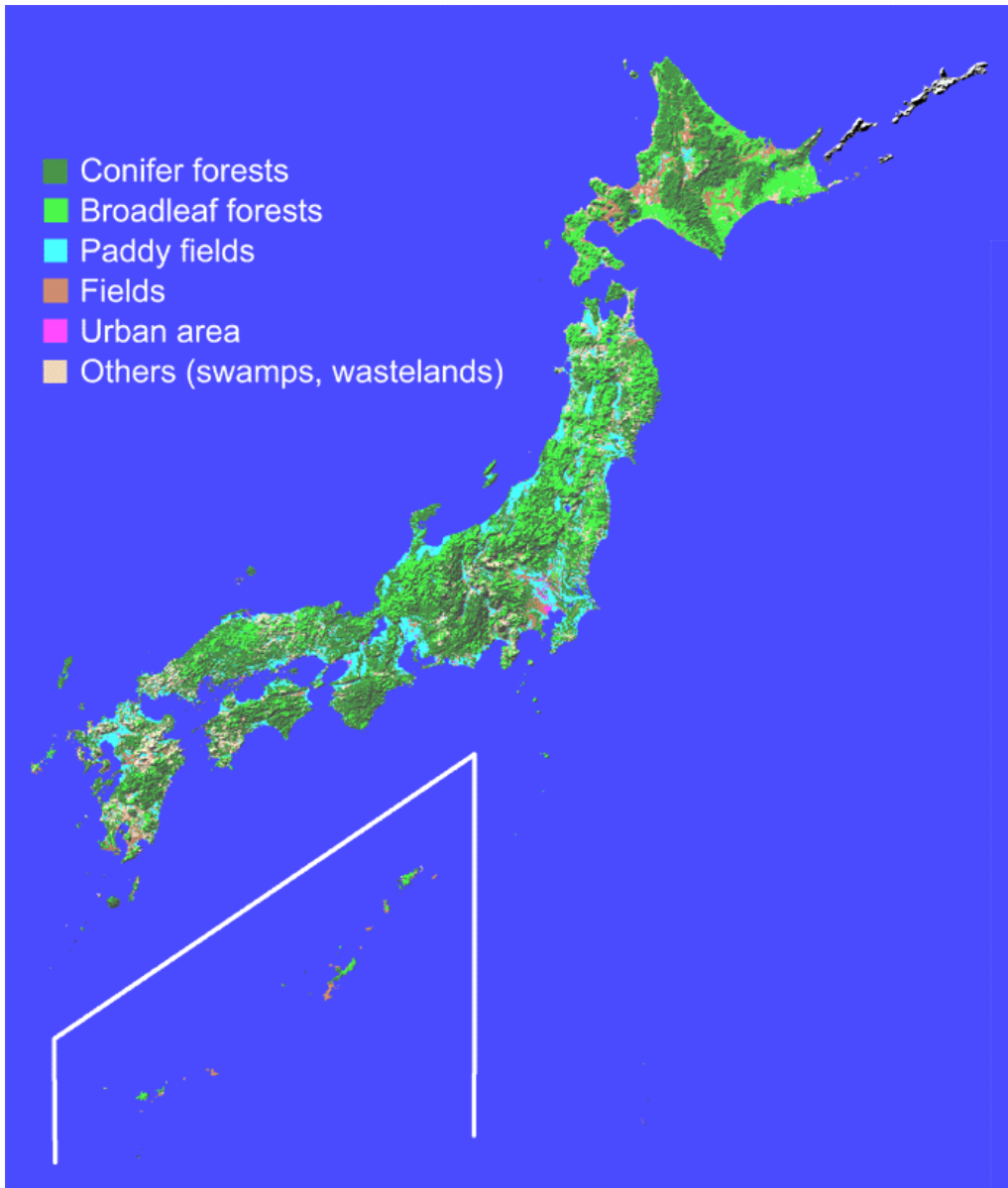
- 茅場が多い
- 桑畑が多い
- 森林とくに広葉樹が多い

## Landuse Map in Heisei Era



北海道教育大学氷見山研究室  
において、旧版地形図に2 km  
mメッシュをかけ、土地利用  
を目視で読み取り、作成した  
デジタル地図

# 明治・大正期（左）と 平成（右下）の土地利用



■ 広葉樹林が減り、針葉樹林が増えた

## 過去の土地利用図から何を読み取るか

- 過ぎ去った昔に思いをはせる
- 地盤に関わる土地条件を読み取る

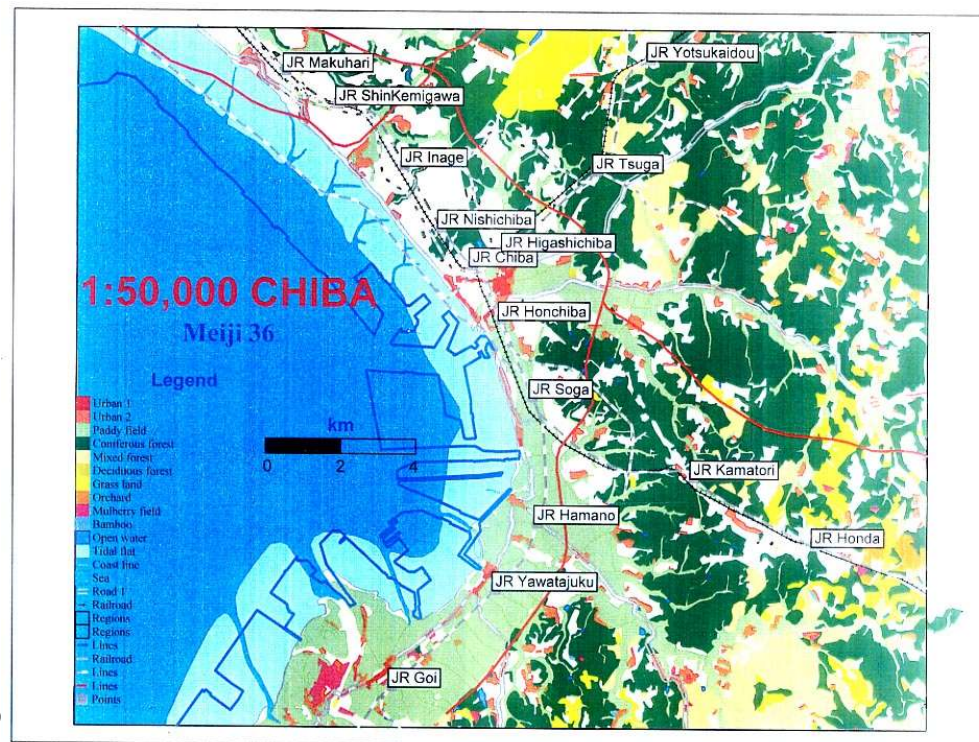
かつて水田であったところ・・・軟弱地盤、液状化の懸念

丘陵地の団地・・・盛土か切土か

埋立地・・・かつての干潟、  
厚い埋立地

空間情報は市民の生活に  
役立つたくさんの情報を  
与えてくれます

京葉線は干潟の前縁を走っている



確かに近代化、現代化の過程で地表面は大きく変わったことはリモートセンシングや地図の情報からわかりました

## それがどんな意味があるの？

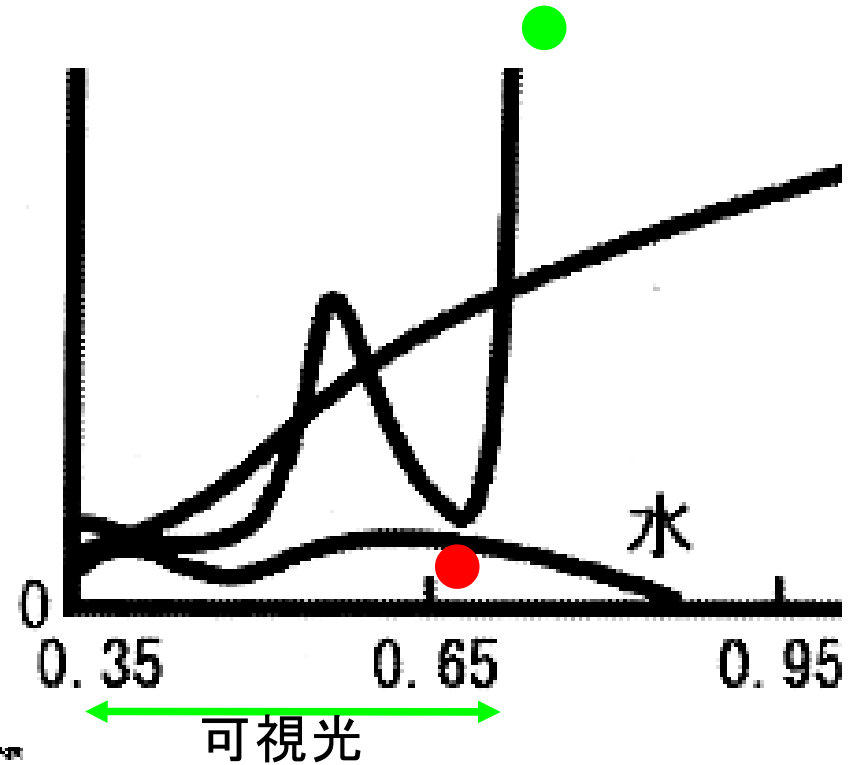
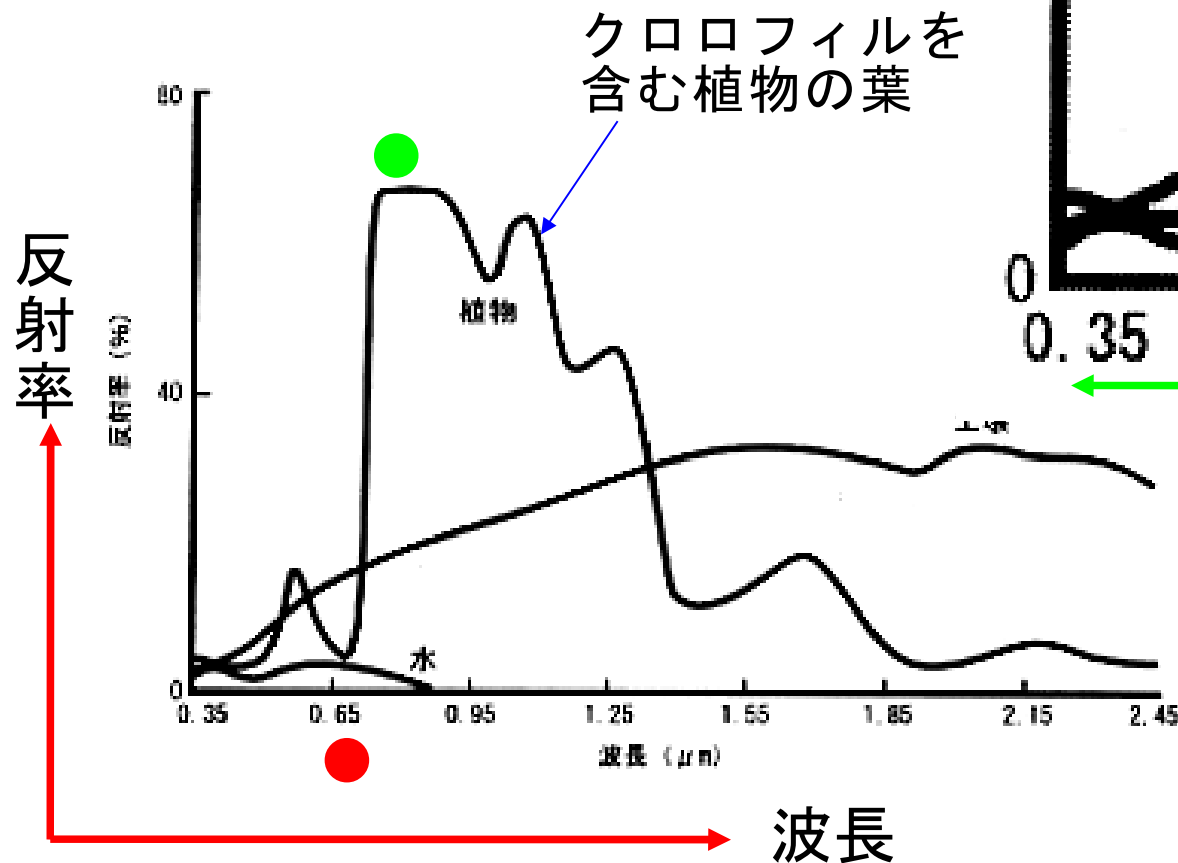
- 過去を知ることによって現在を位置づけ、未来を展望する
- 土地条件を知り、命や財産を守る
- 気がつかないうちに起こっている変化を知る



# ちょっとは先端技術らしい使い方をしましょう

衛星で植生のことがよくわかる！

● 赤の光を吸収、 ● 近赤外の光を反射



葉っぱがいっぱいついているほど近赤外の反射が大きい

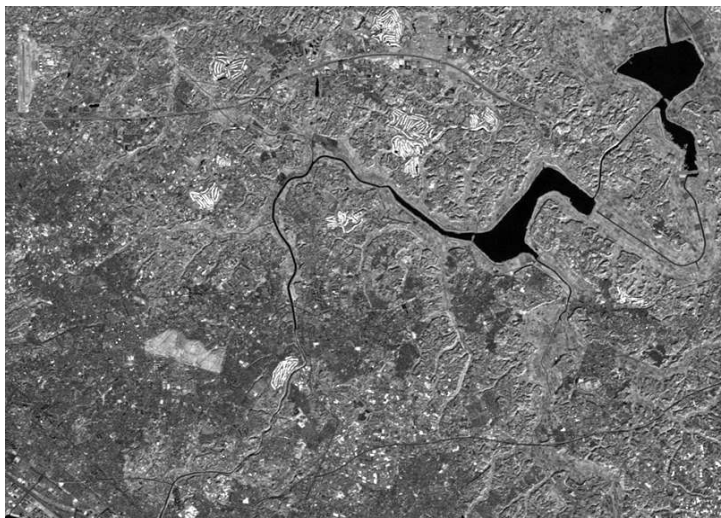
● 赤の光で観測した画像



植生指標

赤と近赤外で撮影した画像の比を計算すると、植生のシグナルの強さになる

● 近赤外の光で撮影した画像



比を計算



2001年11月27日 ETM+ 画像  
明るく見える部分には植生がたくさんあるといえます



## 1972年と2001年の植生指標の変化



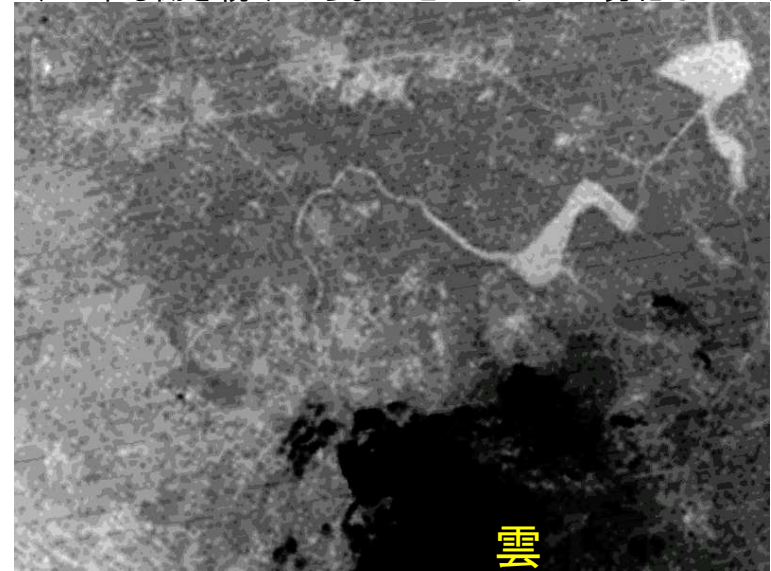
都市化はわかった。では、どんな影響があったの？

# 都市化は温度環境も変化させている

明るい部分の温度が高い



(10年も働き続けてちょっとセンサーが劣化しています)



1984年8月14日(左)と1994年8月10日(右)のランドサット5号による夜間熱赤外画像(午後9時頃)

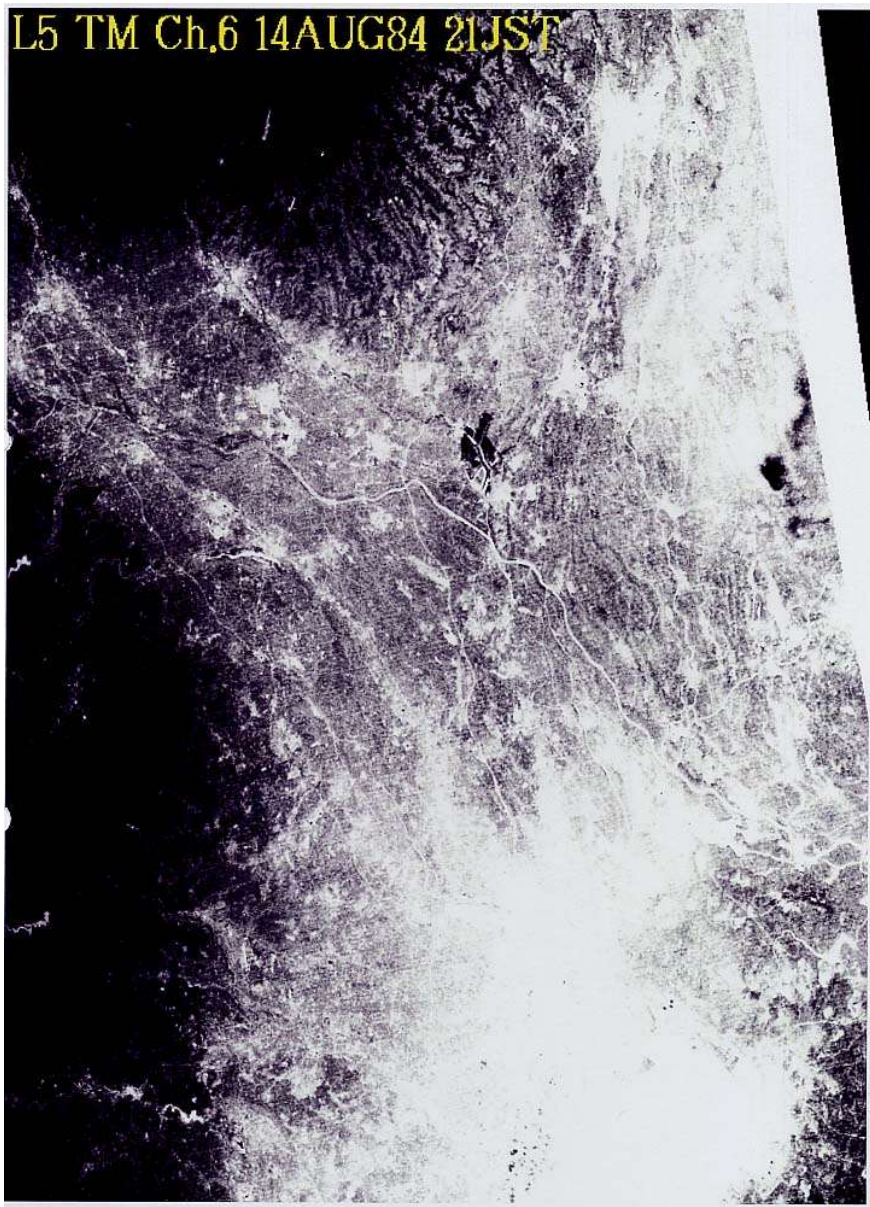
明るい部分に植生が多い



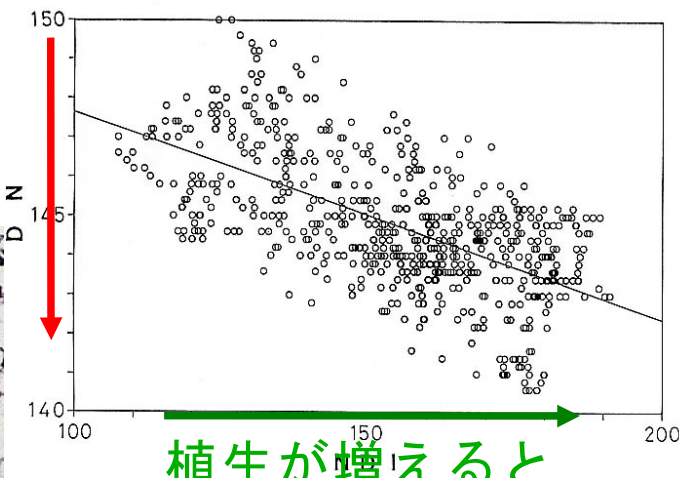
- 左の画像は1985年1月23日のNDVI画像
- 左上の同時期の熱赤外画像と比べてみよう

地表面温度と植生分布の関係はどう見えますか

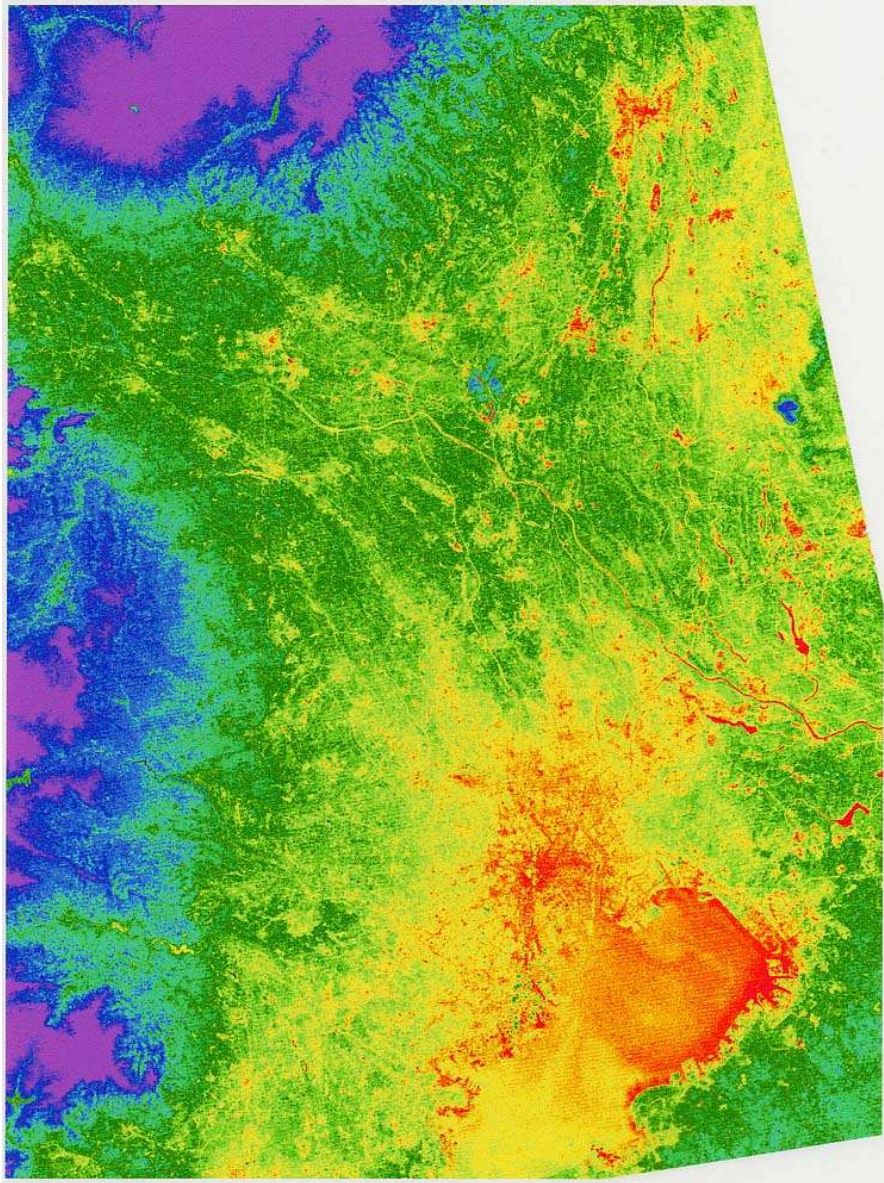
# 地表面温度（左）と植生指標（右）の画像はまるでポジとネガ



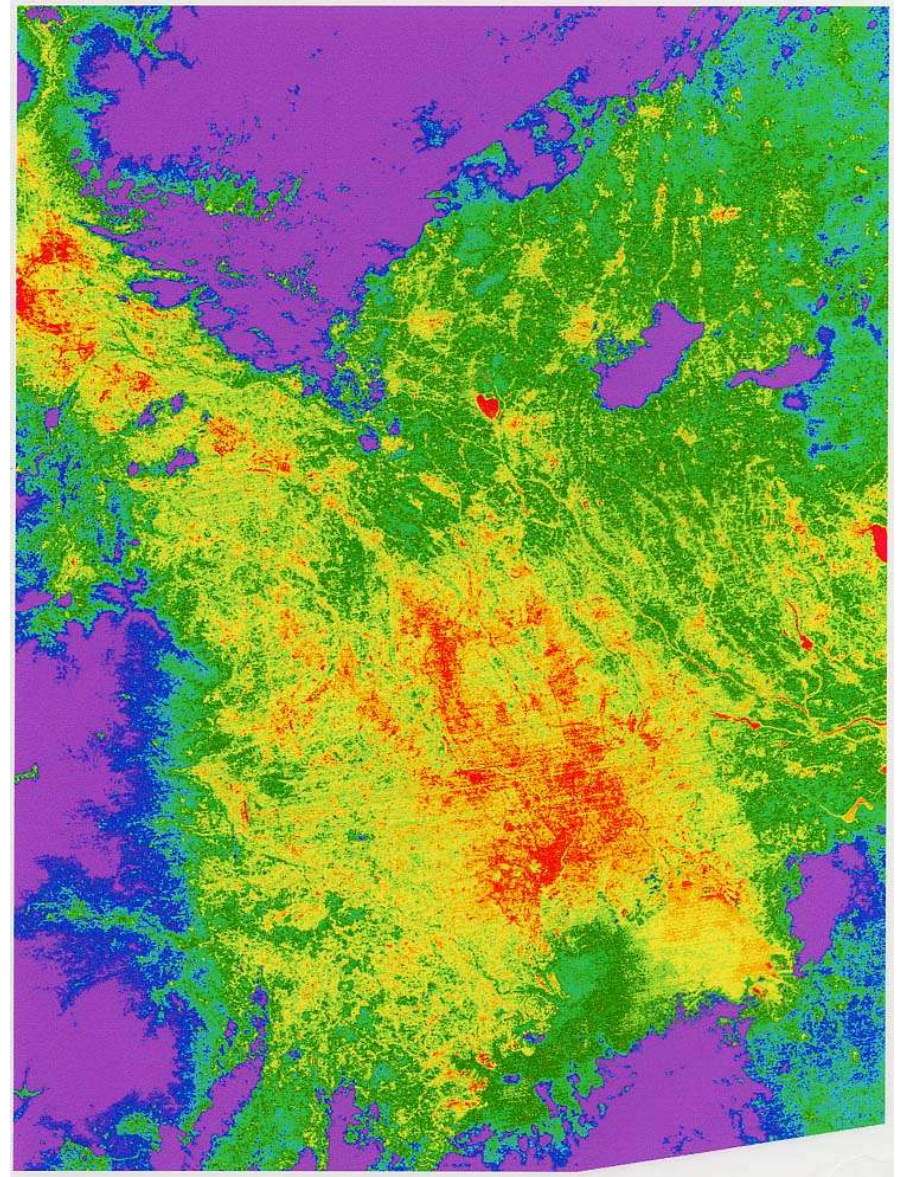
温度が下がる



1984年と1994年の夏期の午後9時頃の関東平野の温度分布  
バブルを挟んだ両時期の間で都市のヒートアイランドは拡大しているようである



1984年8月14日



1994年8月10日



衛星データは我々が気がつかない間に確実に身近な環境の変化を記録しつづけている

観測を継続することの重要性



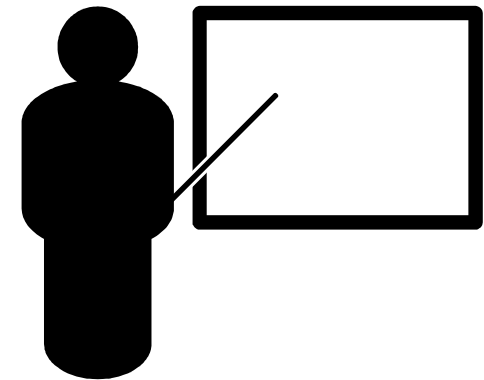
都市化は緑の減少と地域の温暖化をもたらしているようだ

# 衛星画像で語る千葉県環境の蘊蓄



千葉県の環境を俯瞰的な立場から眺めて頂くためにポスターを用意しました

いろいろな地域の特徴が映し出されていますが、いくつかピックアップして解説いたしましょう





## 九十九里浜の浸食

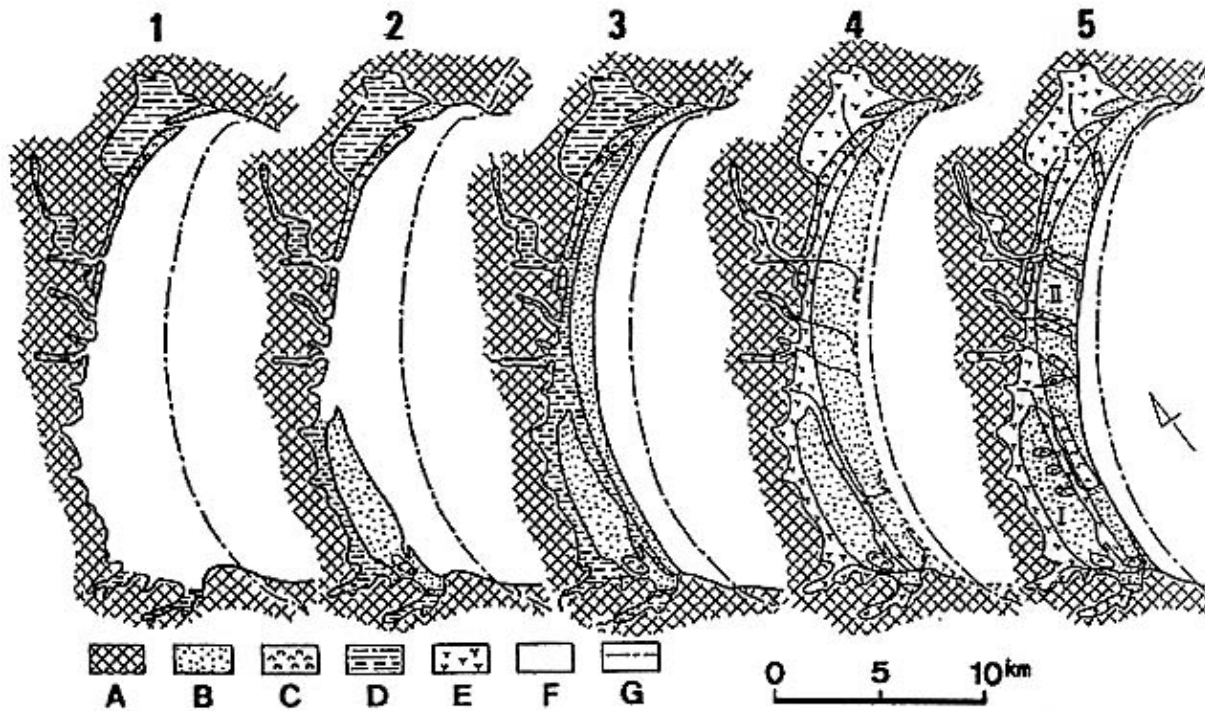


● 九十九里浜は長さ50 kmにわたって続く砂浜？のはずでした

● しかし、現在ではヘッドランドによって砂浜の連続性は断ち切られています

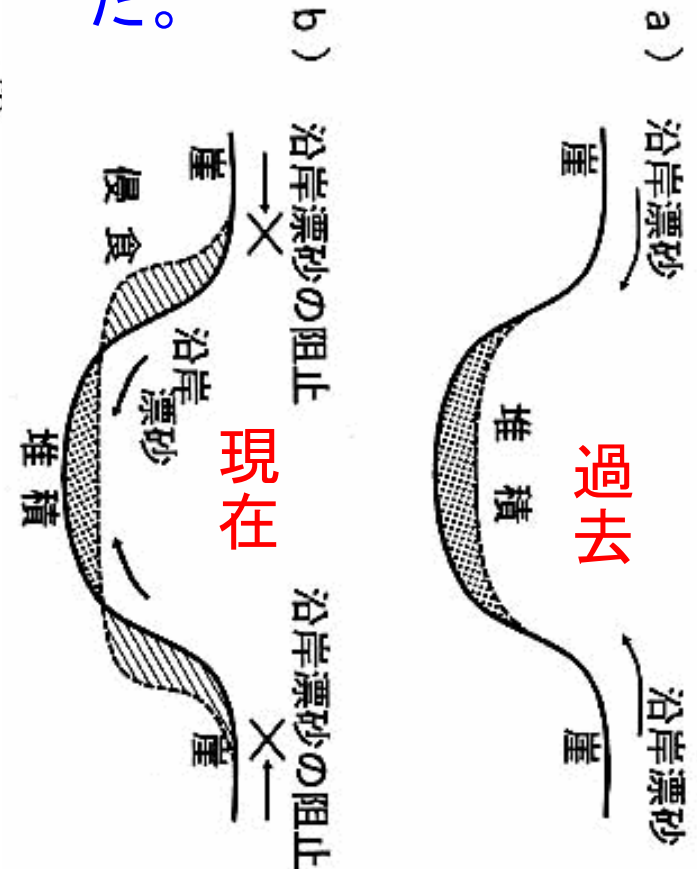


# 九十九里浜の生い立ち



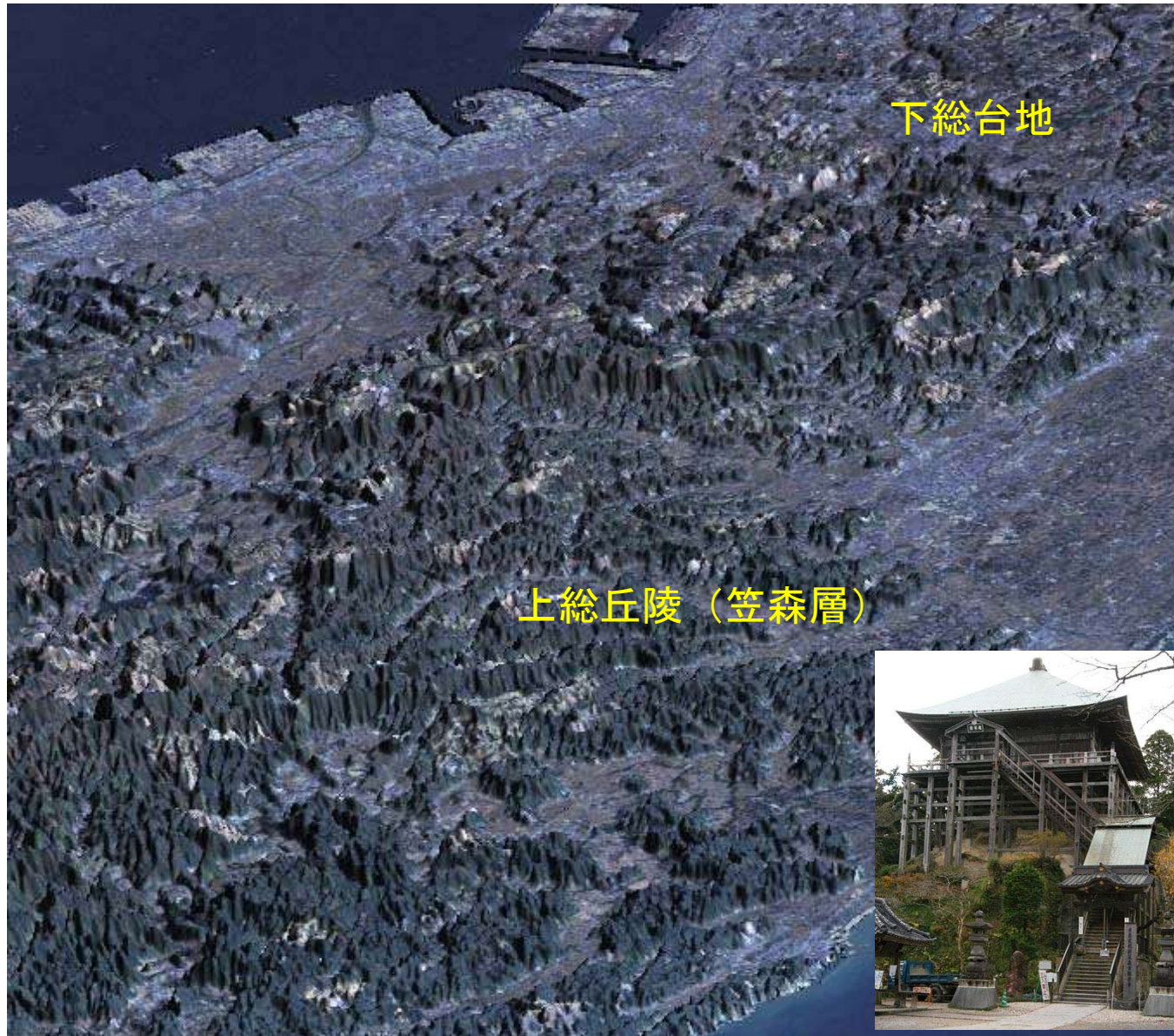
- 1 : 縄文時代初期 (6,000-5,500 年前)
- 2 : 縄文時代初期-中期 (5,500-4,000 年前)
- 3 : 縄文時代後期 (4,000-3,000 年前)
- 4 : 縄文時代後期-弥生時代 (3,000-2,000 年前)
- 5 : 弥生時代-古墳時代 (2,000 -1,500 年前)
- A : 台地, B : バリアー, C : 砂丘, D : 入江またはラグーン
- E : 沼たく地, F : 海, G : 現汀線, 破線は旧汀線

九十九里浜は 6000 年前は海でした。太東岬と屏風ヶ浦から砂が運ばれて、平野ができましたが、堤防により浸食が防止された結果、平野の一部が浸食域になりました。



## 地形の逆転

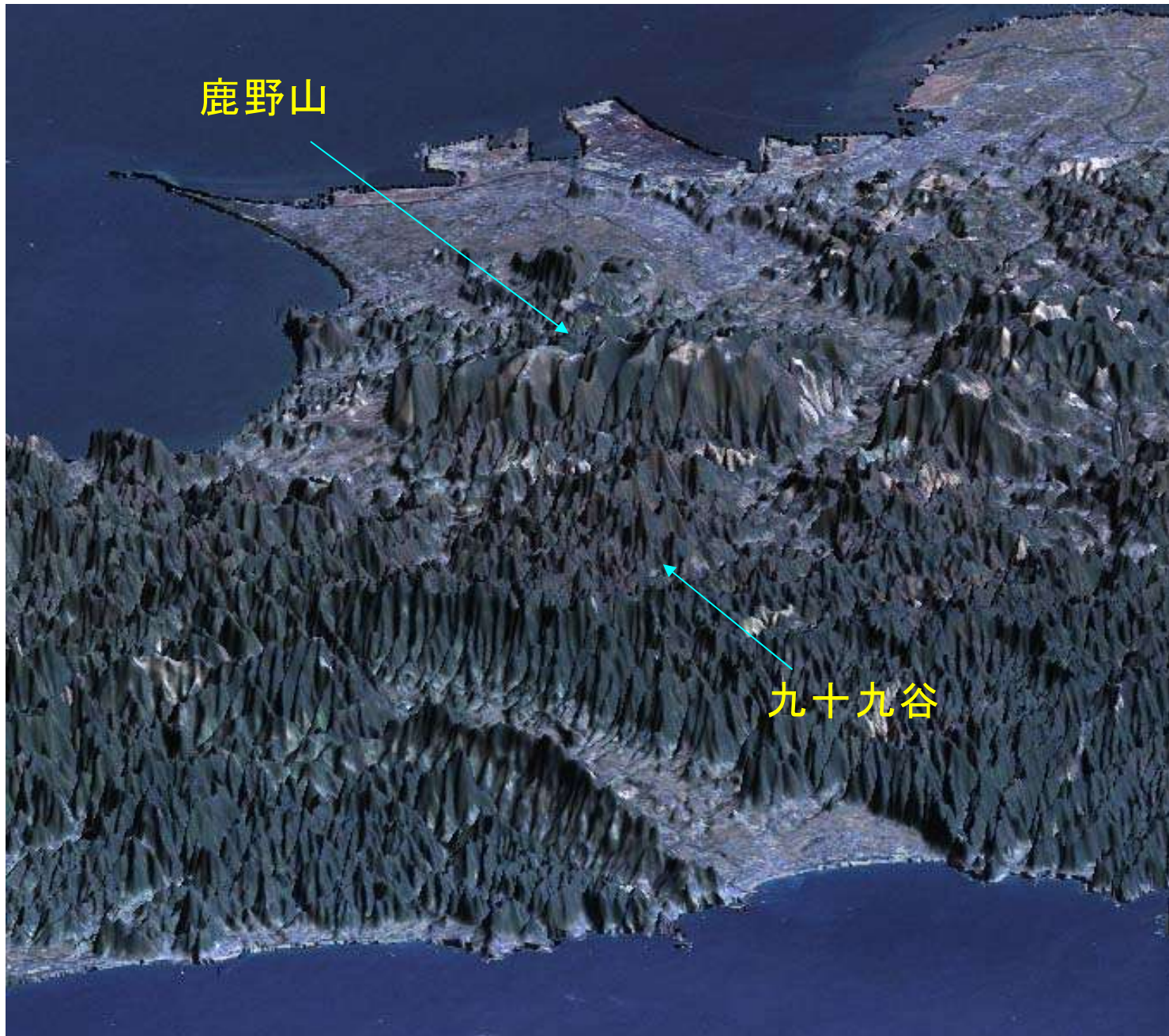
日本列島では山地が隆起域、平野が沈降域となっているため、古い地層から形成される山地ほど高度が高くなっています



かつて、下総台地の南側に高い丘陵があったのだが、シルト層からなる笠森層が早く浸食されたために、上位の地層から形成される下総台地より標高が低くなった

● 下総台地武蔵野面の段丘れき層に、笠森層より下位の地層に含まれる古期の変成岩類のれき

## 組織地形 鹿野山と九十久谷



鹿野山

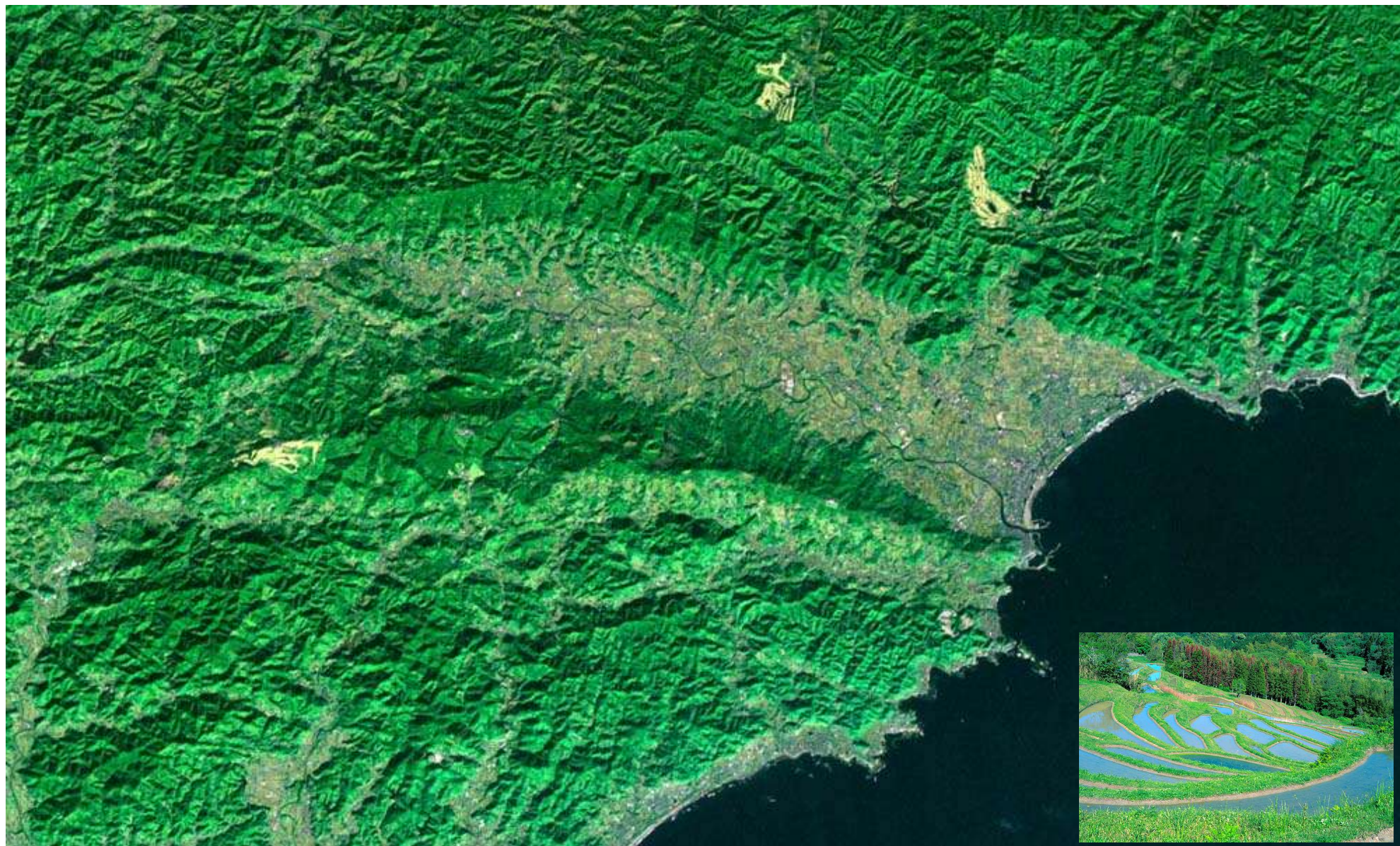
九十久谷

砂でできた山は高く、泥でできた山は低い

● 鹿野山は砂層（市宿砂層）からできているので、降水は浸透してしまいうたため、浸食されず高く残った。九十久谷は泥層（国本層）からできているので、浸食されやすく、複雑な谷をつくる

# 変動地形－鴨川地溝帯－

南北を断層で境された地溝帯



(大山千枚田ホームページ)

- まだまだありますが、このくらいにしておきましょう
- 衛星データで見ることのできる千葉県の環境や地学に関する記事はホームページに掲載していくつもりです
- 継続して行われている衛星観測によって、様々なことがわかってきています。
  - 地球温暖化の証拠
  - 気候の成り立ち
  - 災害等々

<http://www.cr.chiba-u.jp/>



- これらが、単なる予算上の制約で、中止されることになったら、日本は大きな損失を被ることになるのではないだろうか
- 衛星観測の価値をこれからも、様々な機会を通じて皆さんにお伝えしていきたいと思えます