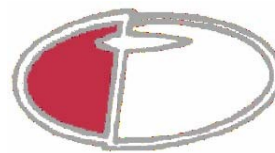


'09. 12. 04 茨城大学ICAS第一部門ワークショップ



衛星環境変動学を目指して

衛星データによる地球表層変動の実態把握とその要因解析



CEReS

Center for Environmental Remote Sensing,
Chiba University

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
Chiba University, Japan

近藤昭彦

略歴

私は何者?

1980 千葉大学理学部地学科卒

「不圧地下水の賦存機構－武蔵野台地における関東ローム層中に帯水する不圧地下水について」

1985 筑波大学大学院博士課程地球科学研究科
地理学・水文学専攻修了

同位体水文学

「Three-Dimensional Groundwater Flow System Estimated by Numerical Simulation and by Distribution Pattern of Tritium Concentration in Groundwater」

1985-1987	筑波大学文部技官	RSに出会う
1987-1993	東京都立大学地理学教室助手	RS/GIS研究の開始
1993-1995	筑波大学地球科学系講師	地球環境に関する研究
1995-現在	千葉大学環境リモートセンシング研究センター	

- ・ リモートセンシング 情報(技術)から環境(応用)へ
- ・ 環境問題 中国の水問題に関する研究



- ・ グローバルとローカルの関係
- ・ 普遍性と個別性

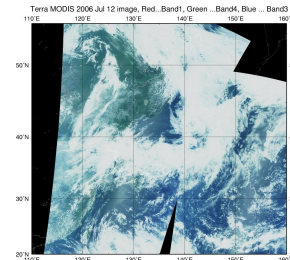
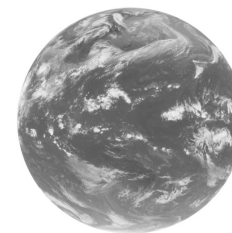


1995年に国立大学共同利用施設として設立



MISSIONS

- リモートセンシング技術の確立
- リモートセンシングによる環境研究の推進



SERVICES

- 衛星データの受信・蓄積
- 空間情報の作成・公開
- 共同利用研究



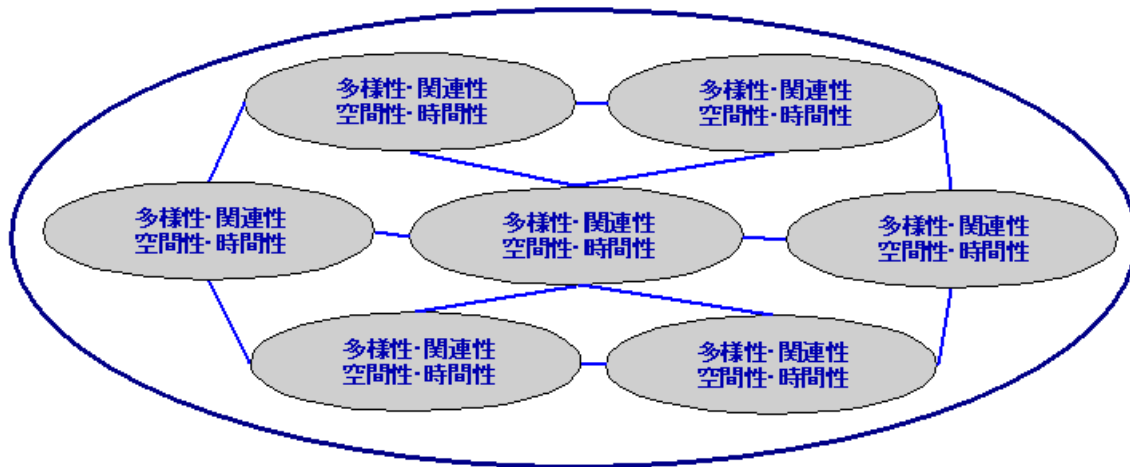
INTERNATIONAL ACTIVITIES

- 海外の研究・教育組織との連携、共同研究
- 留学生の受け入れ
- 国際シンポジウムの開催
- その他

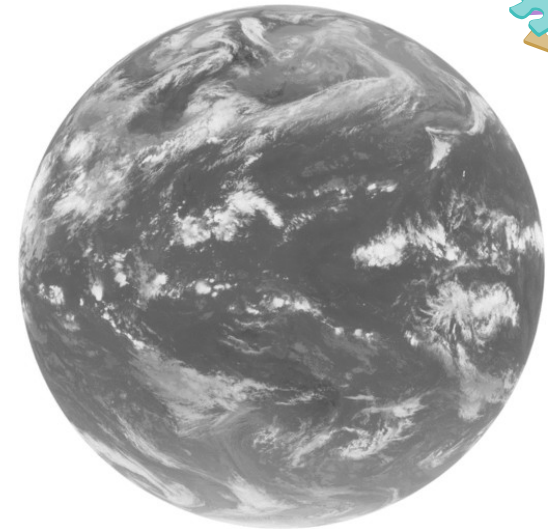


世界をどう見るか

- ・世界は多数の地域から成り立っている
- ・地域を特徴づけるのはその構成要素の
多様性・関連性・空間性・時間性



世界は一つではない...



地球環境問題は地域の問題

- ・普遍性をベース、上位にある個別性により地域性が形成される
- ・地域性の理解により問題が理解され、解決を共有することができる

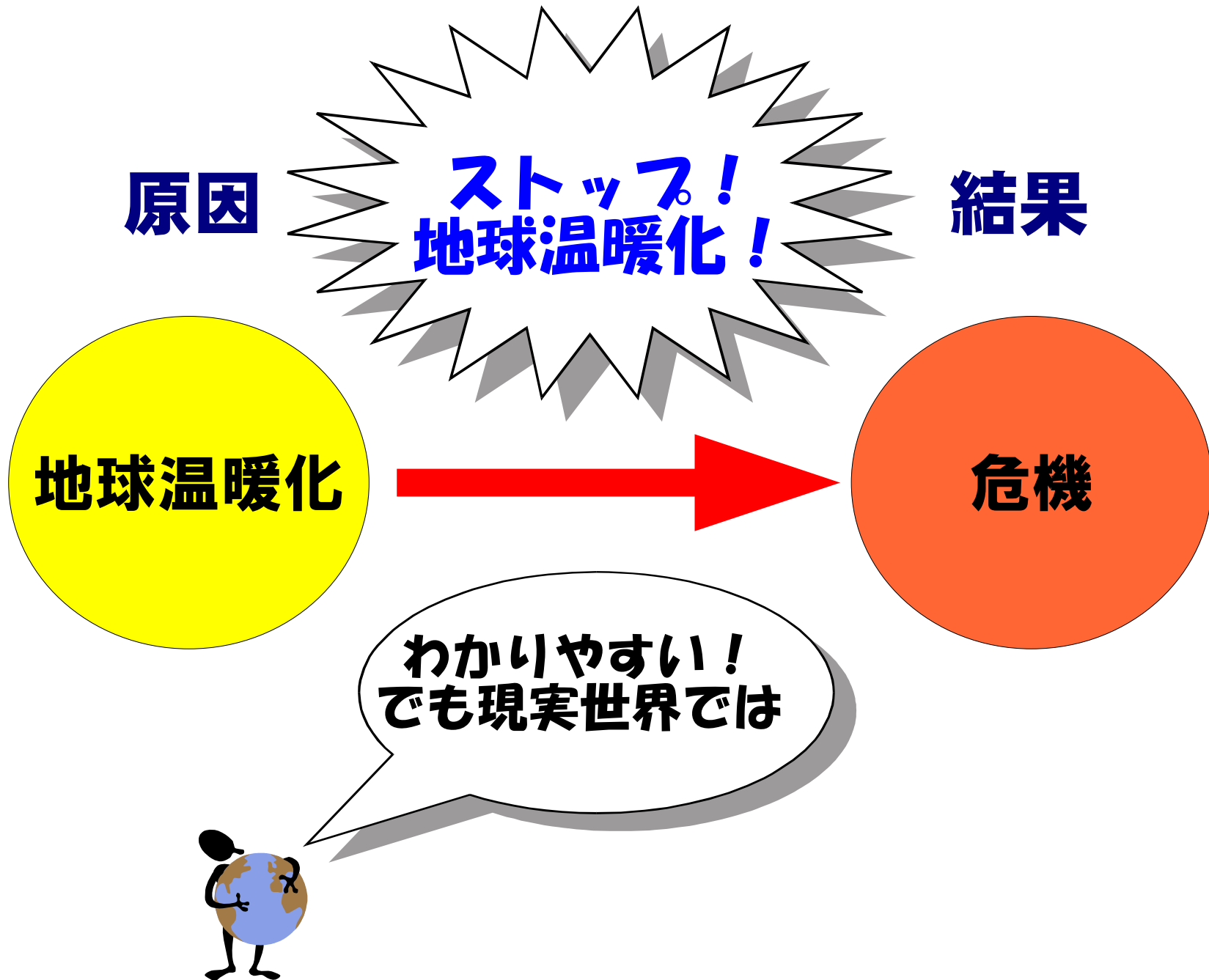
● 小さいかも知れないが深い地域研究を推進するために

- ・地域をグローバルなフレームの中に位置づける

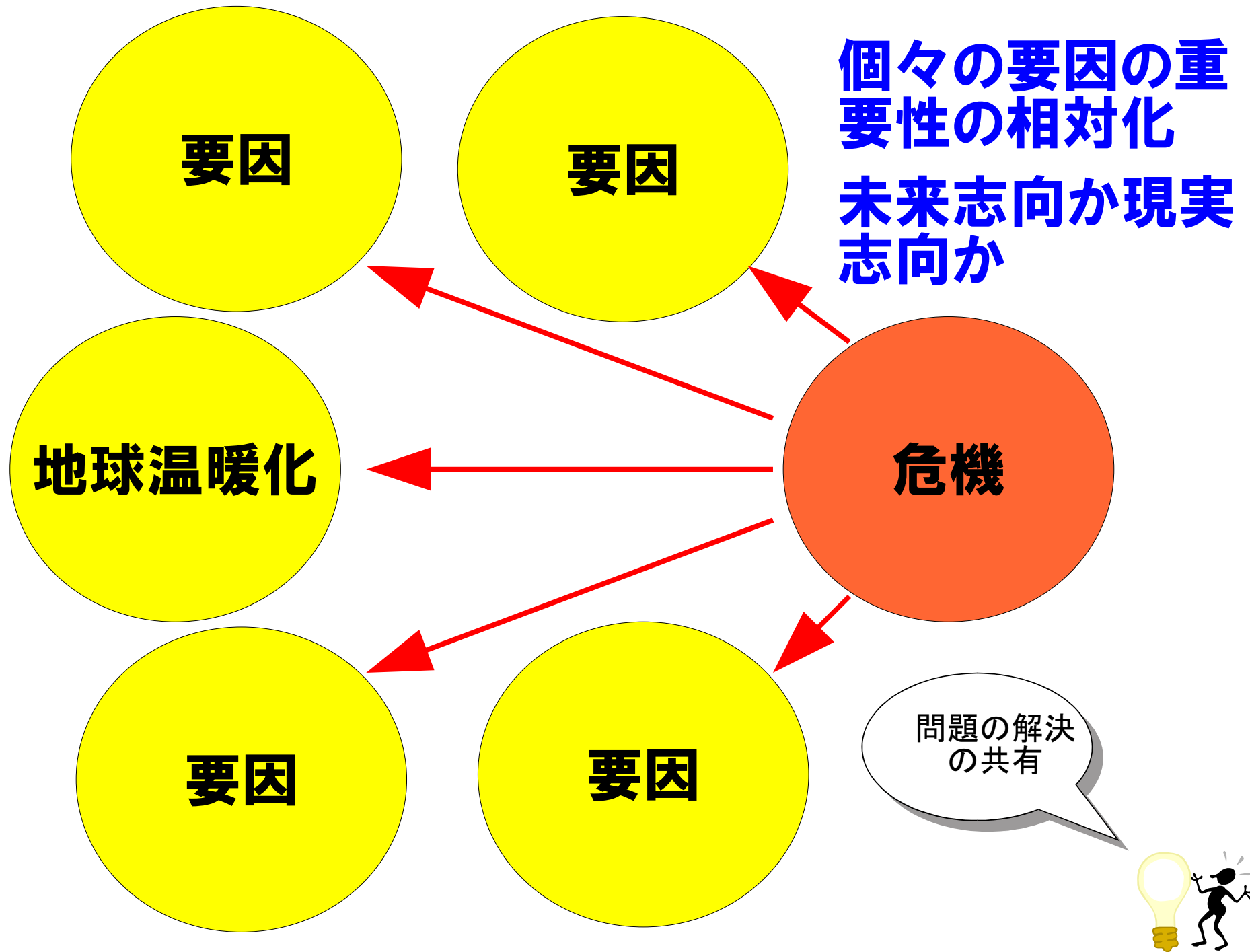
● 科学者と社会の分断を修復するために

- ・環境研究と環境問題 問題の共有から、問題の解決の共有へ

「問題の共有」と「問題の解決の共有」



地球温暖化問題との関係→危機から要因を探る

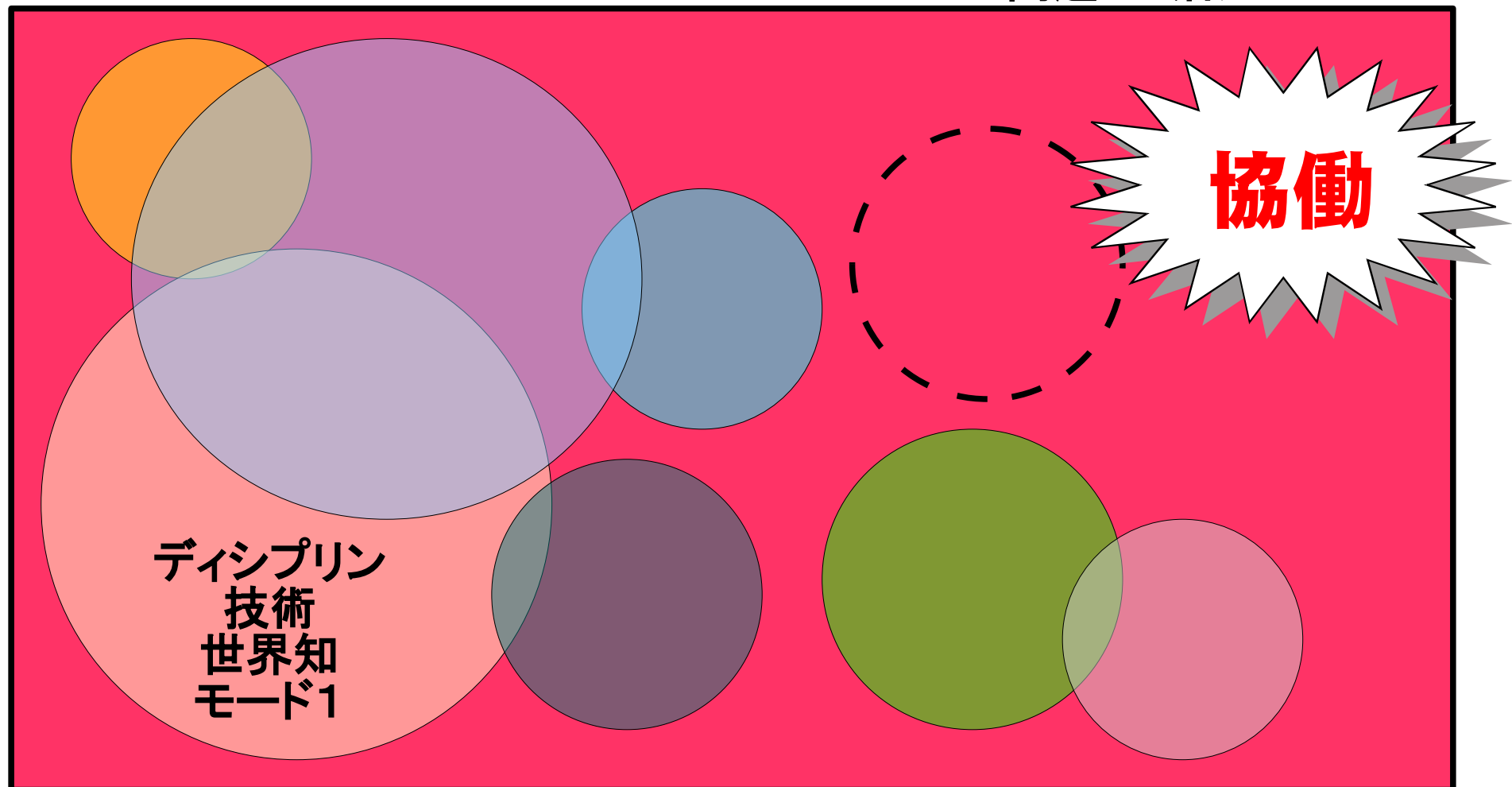


問題の解決を志向するための態度



- ・ 問題の共有ではなく、問題の解決の共有
- ・ 問題の本質の理解に基づく態度

問題・生活知・モード2



解くべき問題とは何か？
あらゆる要因が積分されて出現

地域における
人と自然の
関係に関する問題



リモートセンシングは
何に貢献したら良いか

協働するために何ができるか
地球表層のモニタリング

グローバルな視野と
地域の視点

地球環境問題の フィールドワーク 現場検証

インドネシアに見る社会と環境のダイナミズム

池田 寛二 編著 Kanji Ikeda

ムマン・ヌルヤナ
Muhammad Nurmana
青木 武信
Takeuchi Aoki
ルスリ・チャフヤディ
Rusli Cahyadi



環境社会学

生活者の立場から考える

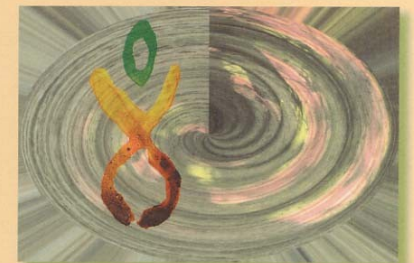
鳥越皓之 [著]

講座 環境社会学

飯島伸子・鳥越皓之・長谷川公一・船橋晴俊 編

環境社会学の視点

第1巻



グローバルデータセットによる環境変動

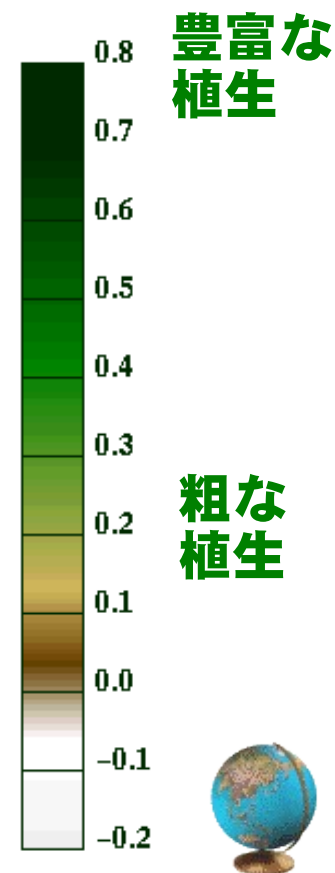
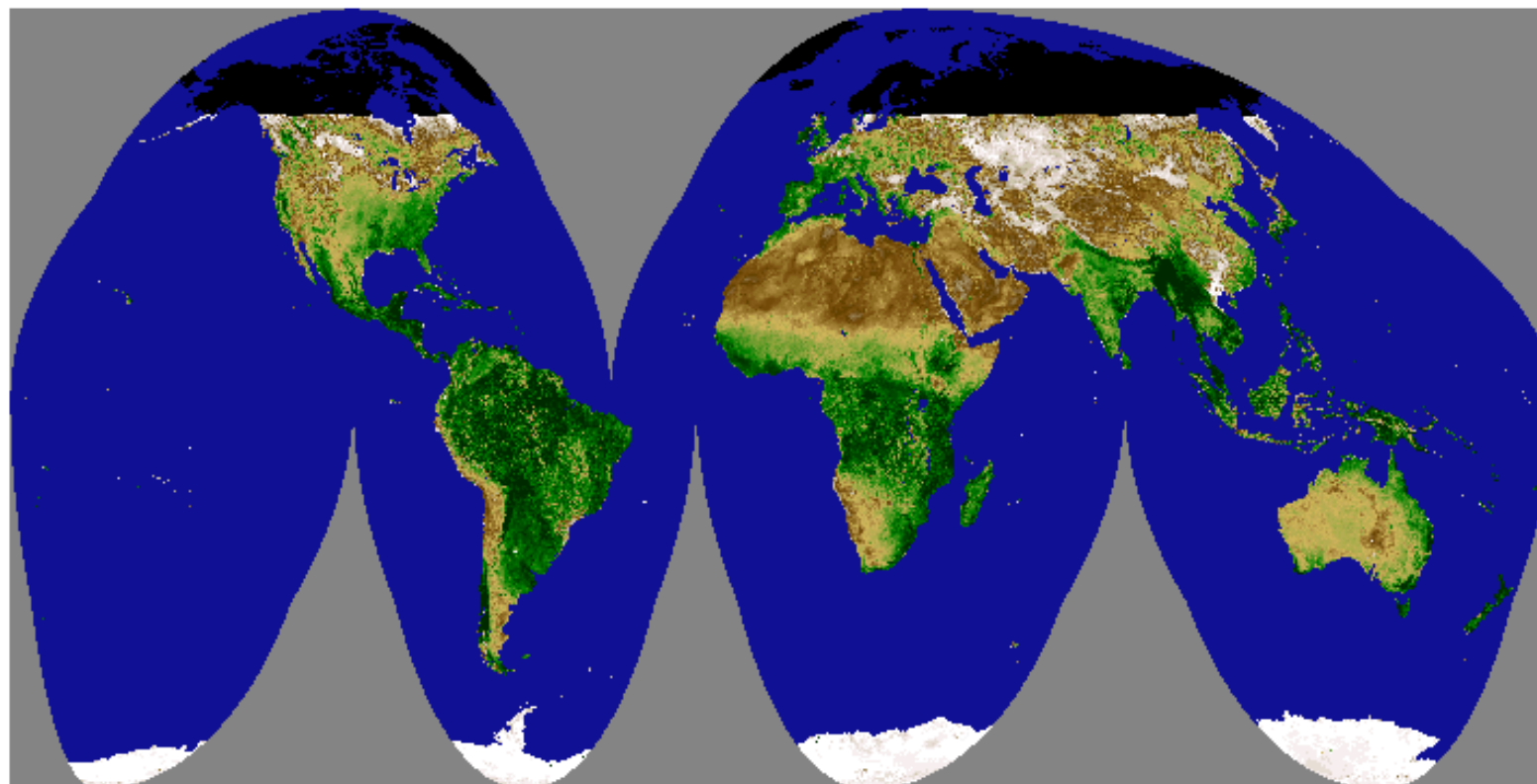
ーグローバルの視野の中に地域を位置づけるー

- NOAAシリーズのAVHRRデータから1981年以降の全球植生データセットが作成され公開されている

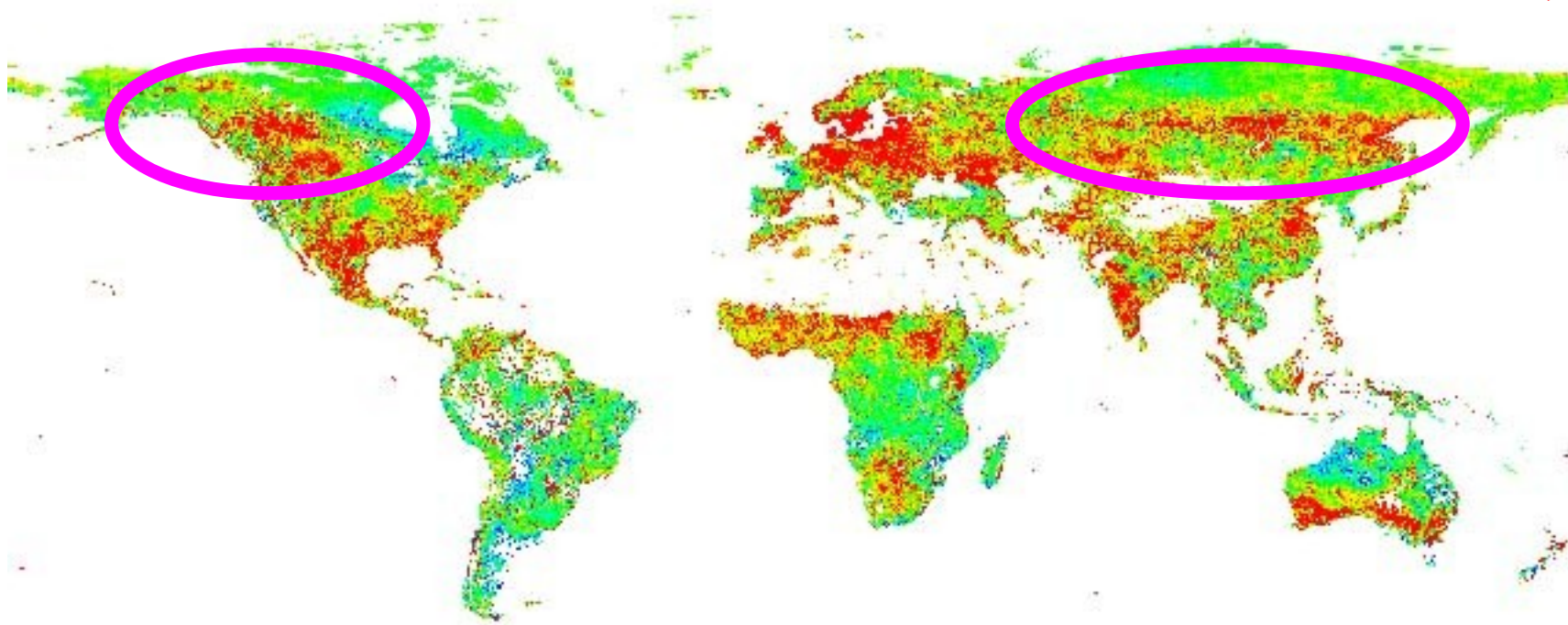
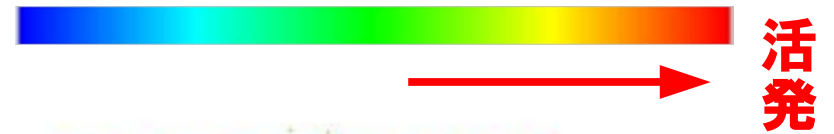


GLOBAL NDVI

1990/01/01-1990/01/10



● 北方林が活発化している



北方林が活性化していることは、1990年代半ばころから多くの研究者により指摘され、その原因として「**温暖化により消雪の時期が早まったことが成長期間の伸長につながったこと**」と説明されている。(Myneni et al., 1997)

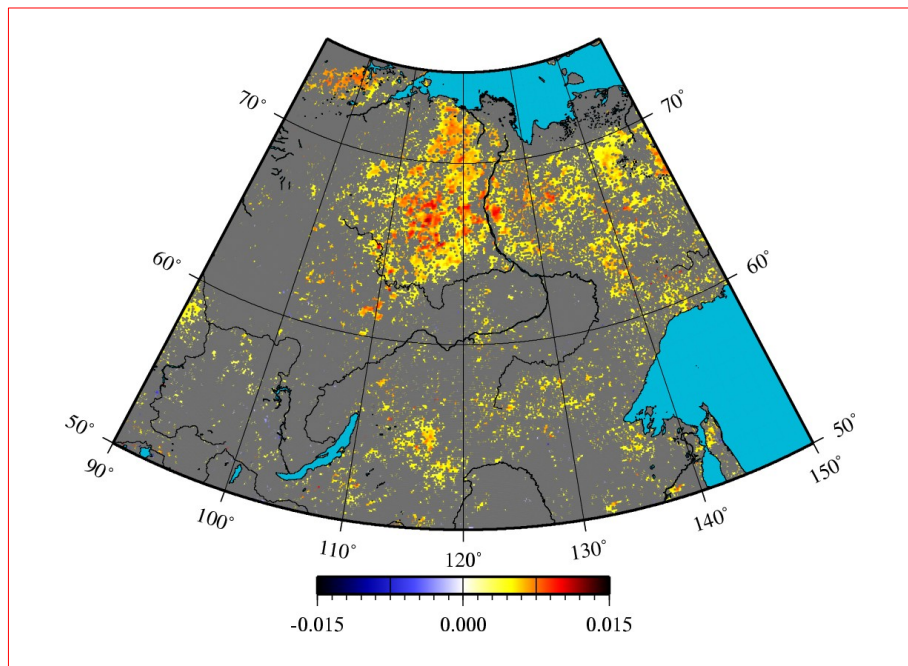
温暖化の影響の事例の発見



上の図は1982年から1993年の間の年間のNDVIの積算値のトレンド (近藤、2004)

衛星データを用いた別の指標からは、エコトーン(タイガとツンドラの境界域)における植生変動を捉えることができた

それは何？



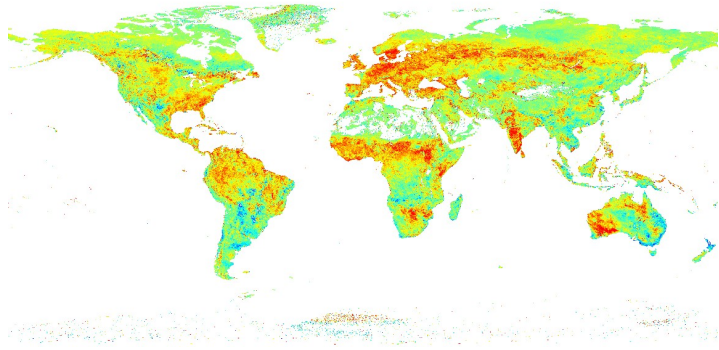
(酒井ほか、2007)

北方圏では、植生は確かに変わっており、温暖化の影響が考えられる

Stow et al.(2004)

アラスカでは、ツンドラに灌木が侵入しているようだ





●90年代後半の成果：北方林の活発化

- ・温暖化により、消雪が早まり、生育期間が延びた
- ・炭素固定量の増加
- 気候要因による説明
- ・解析的手法を適用しやすい

*Myneni et al. (1997),
NATURE, 386.*

●気候要因以外の変動

- ・単純な解析的手法では説明困難
- ・地域に対する深い理解が必要

●人間要因による説明

- ・単純な因果論では説明困難



気候要因

気温
降水量
放射

人間要因

農業
産業
都市化

●科学が芸術である時代は終わった(95年IGBP SAC-IV)

*Science has become an
operational stage.*

●もう美の追求だけでは予算は得られない

No more fund for beauty.

グローバルな視点

既存のデータセットから、変動に関するシグナルを抽出してみよう

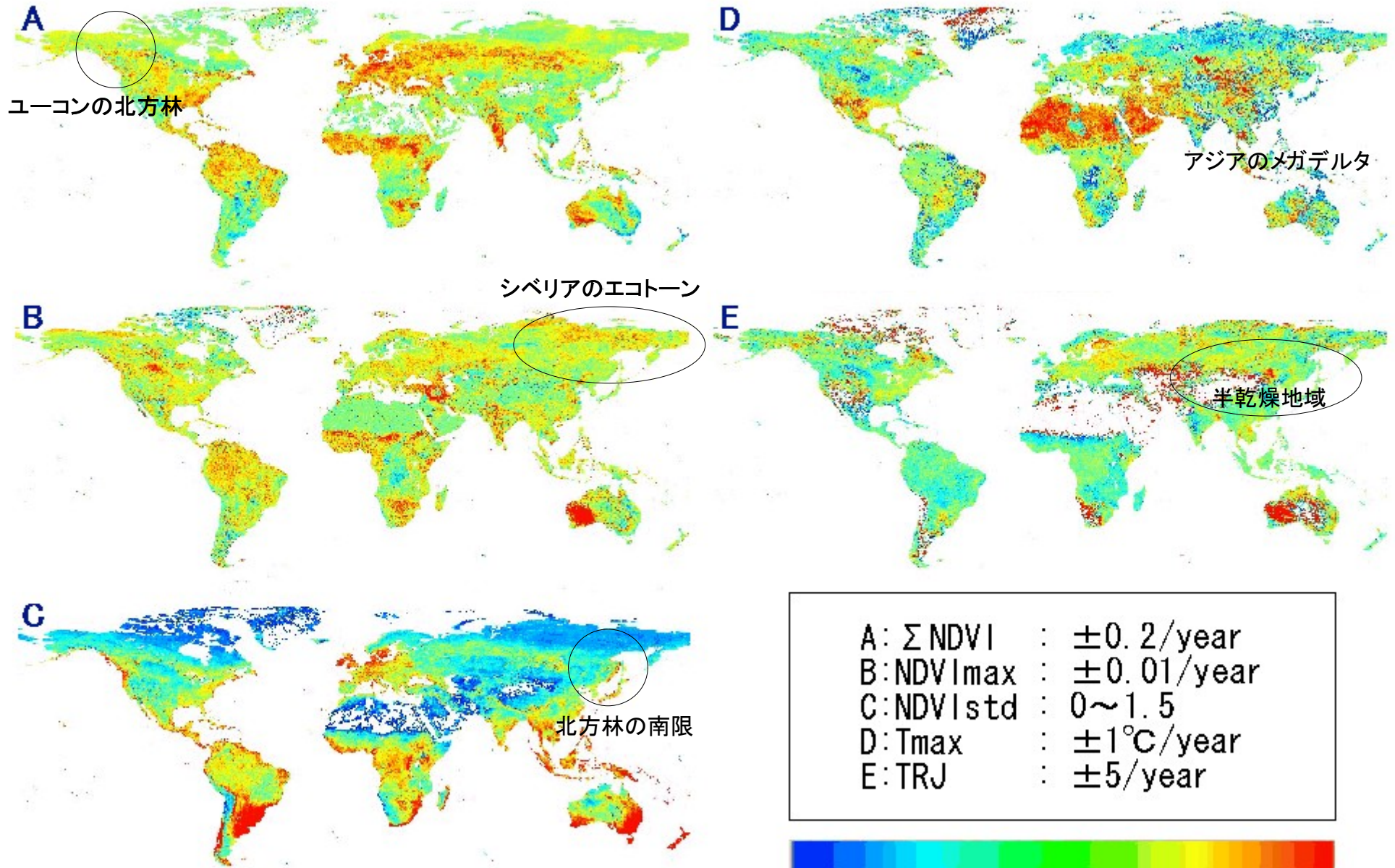


図1 1982年から2000年の間のパラメータのトレンド. A: 年間のNDVIの積算値(Σ NDVI)、B: 年間の最大NDVI(NDVI_{max})、C: Σ NDVIの標準偏差(NDVI_{std})、D: 年間最大地表面温度(T_{max})、E: Ts-NDVI空間における年間の軌跡の傾き(TRJ).

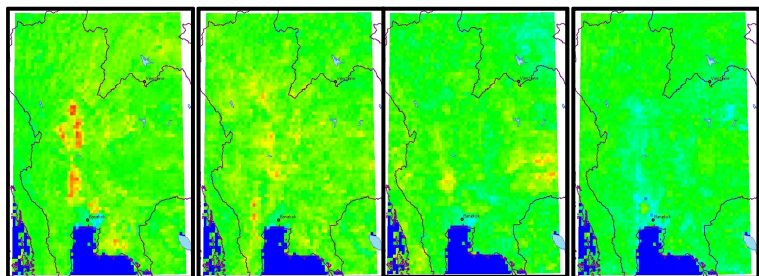
完璧なデータでなくてもいい、変動のシグナルを先に発見することが重要

→ローカルな視点

人間要因による植生変化－緑の革命による農事暦の変化

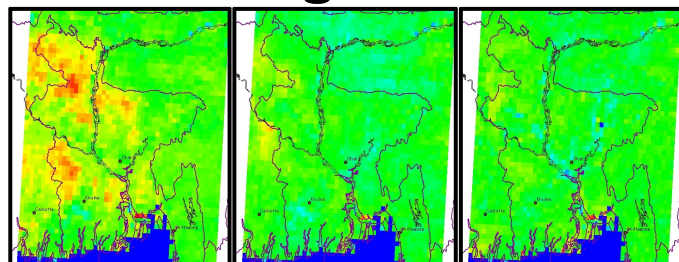
- － 稲の乾期作の増加
- － 洪水に対する農学的適応
- － 緑の革命の功罪は？

Chao Phraya



Dry Season (Jan.-Mar.) Dry Season (Apr.-Jun.) Rainy Season (Jul.-Sep.) Rainy Season (Oct.-Dec.)

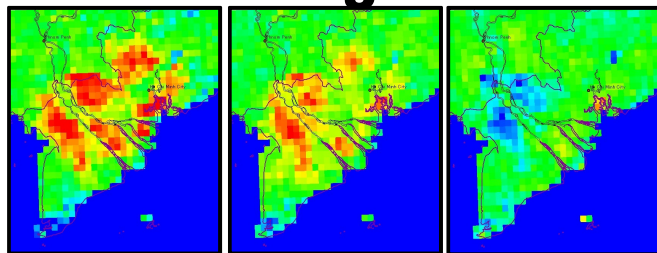
Bangladesh



Boro Dry Season Aus Pre-Monsoon Aman After Flood



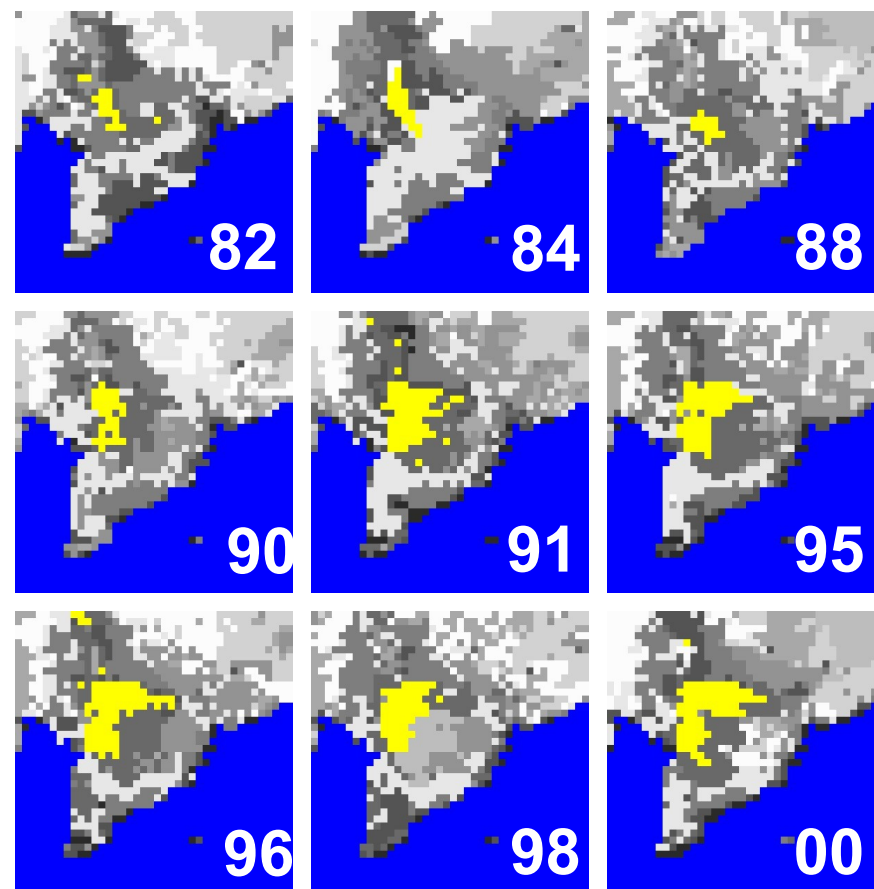
Mekong Delta



Dry Season Early Rainy Season Late Rainy Season

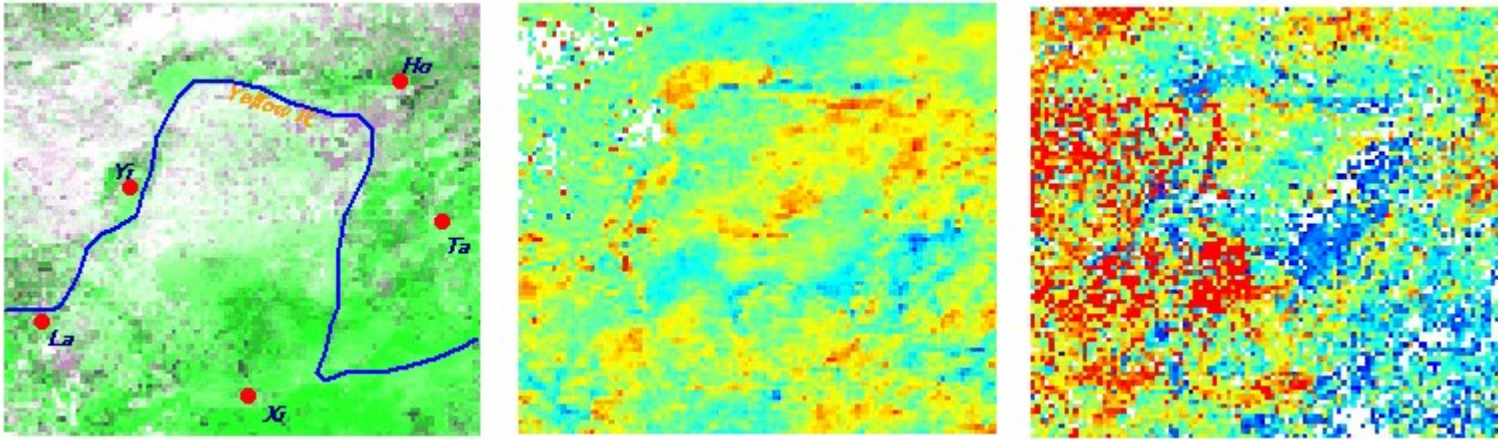
-0.2 +0.2

NDVI (植生指標) 年積算値の季節別変化傾向

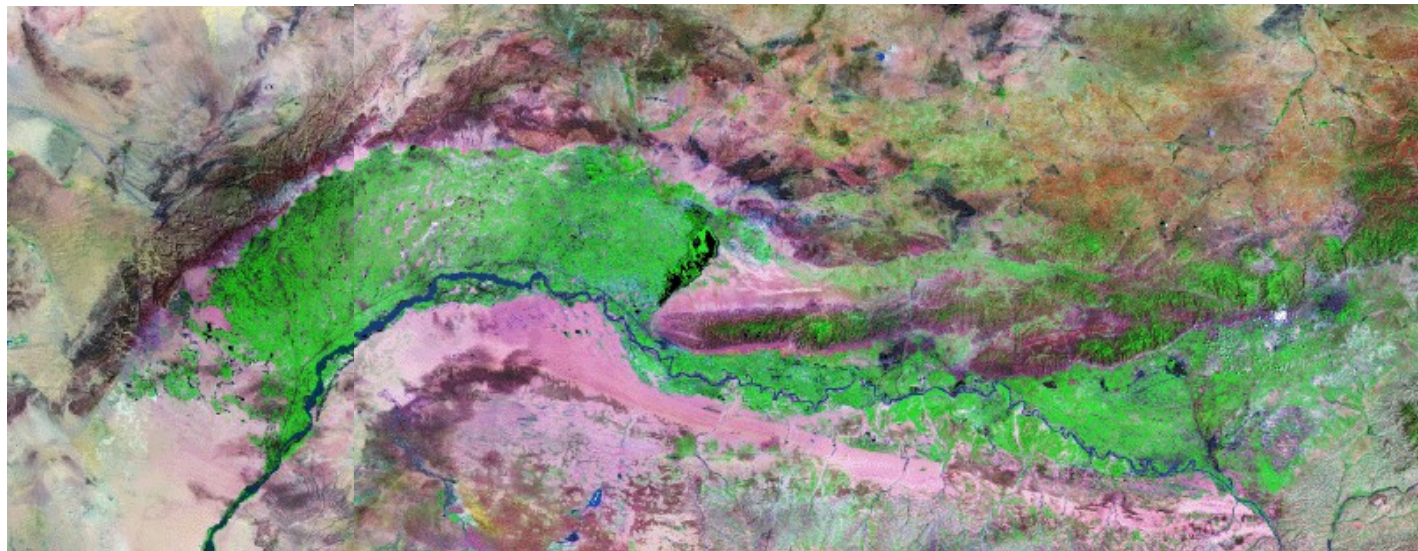


メコンデルタにおける乾季と雨季
初期の二期作地域の拡大

●黄河中流 ー人間要因の植生変動の例ー



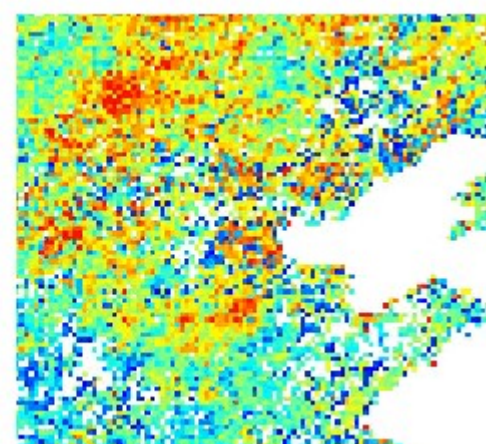
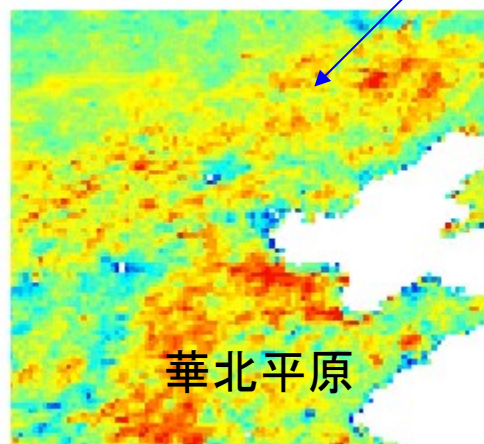
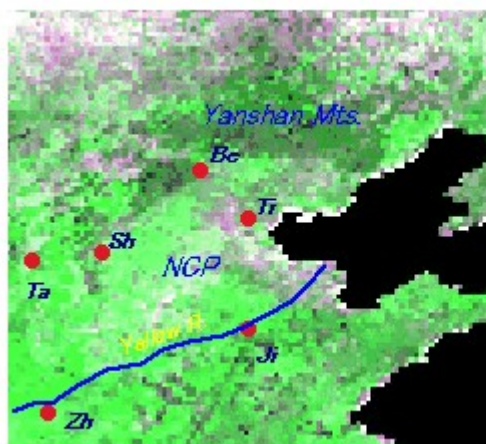
(左) フォールスカラー画像（青線が黄河の河道）、
(中) NDVIのトレンド、（右）最大地表面温度のトレンド



黄河中流には大灌漑区が存在し、食糧生産をのばしたが、黄河からの取水量の増大が「**黄河の断流**」の一因となった

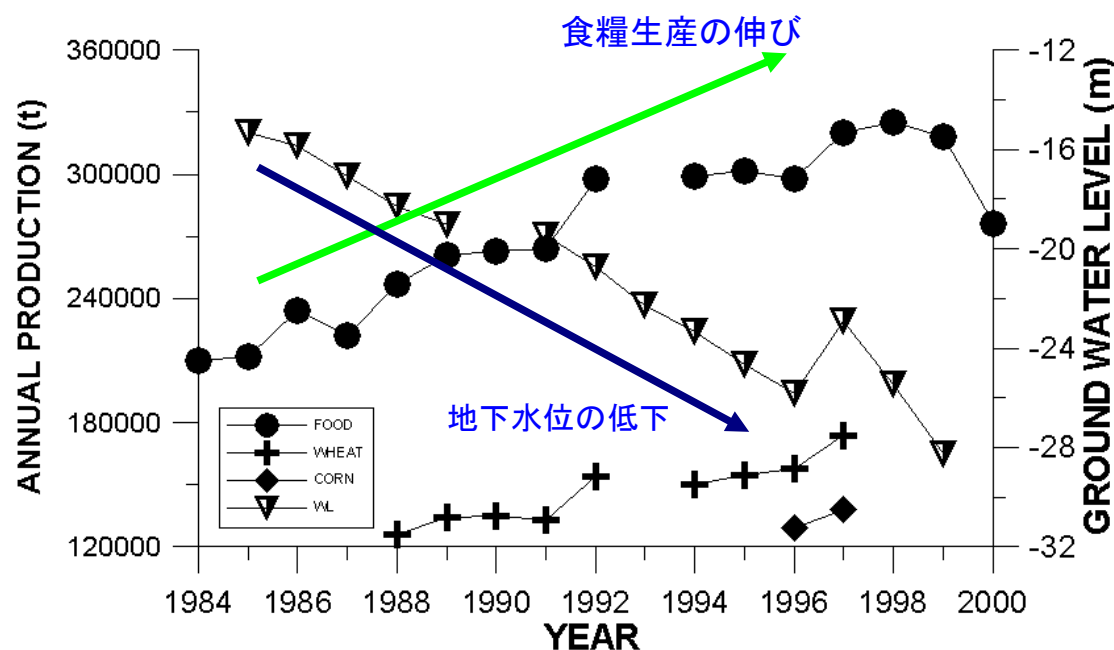
●華北平原

燕山



植生のシグナルが増加した地域があります。

(左) フォールスカラー画像 (青線が黄河の河道)、
(中) NDVIのトレンド、 (右) 最大地表面温度のトレンド

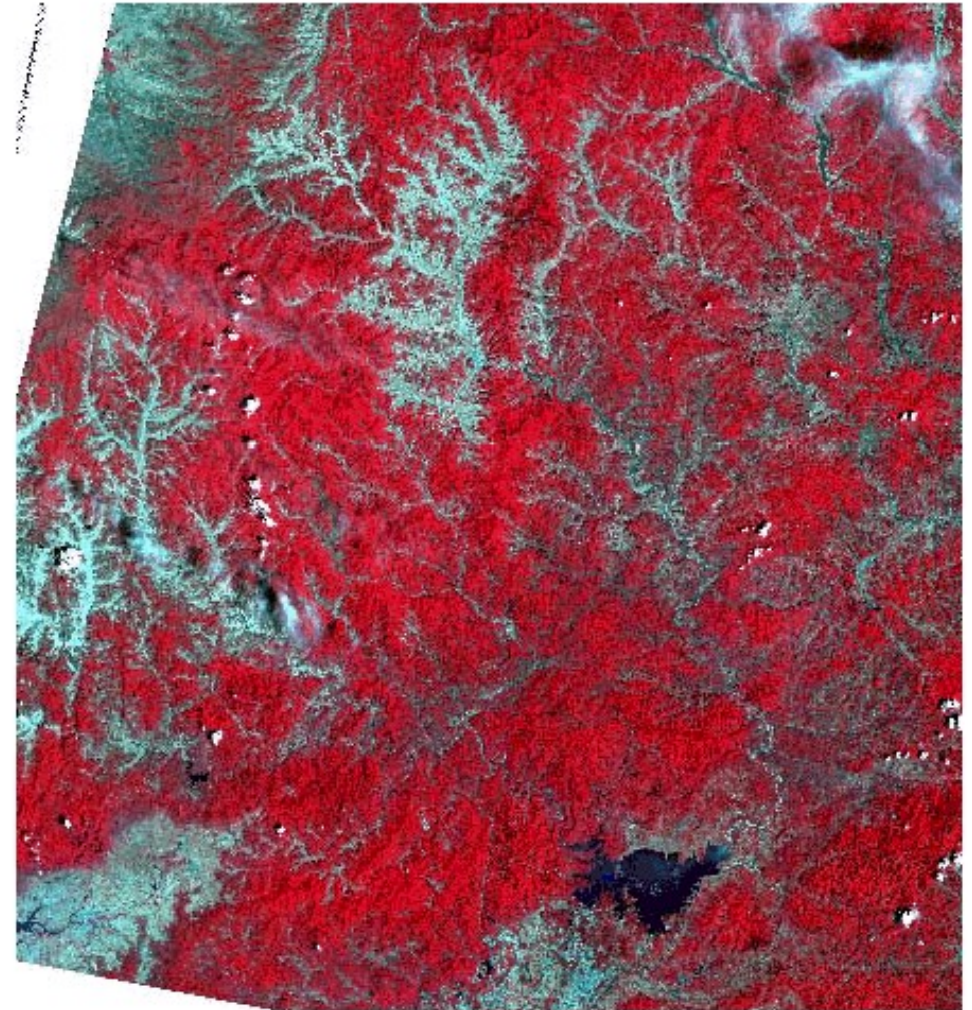
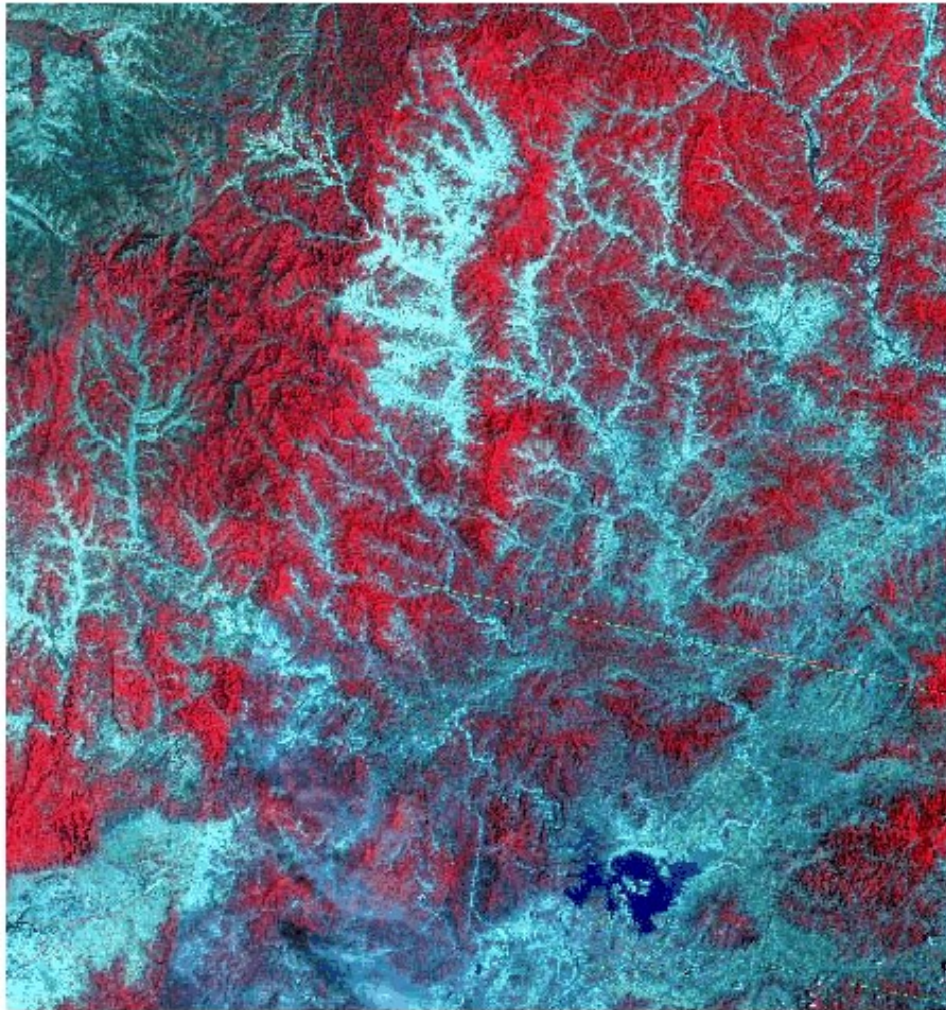


河北省省都石家庄近郊の樂城県における食糧生産量の地下水位の経年変化

中国華北平原では食糧生産量●は飛躍的にのび、中国の人口増加を支えたが、灌漑用の地下水の水位▽は低下を続け、持続的な食糧生産の脅威となっている(レスター・ブラウン、1995)

密雲水庫流域の25年

1975年6月 (LANDSAT MSS) と 1999年6月 (LANDSAT-7 ETM+)



森林は回復 Great Green Wall 新たな問題？

●燕山山地－北京の水源地－

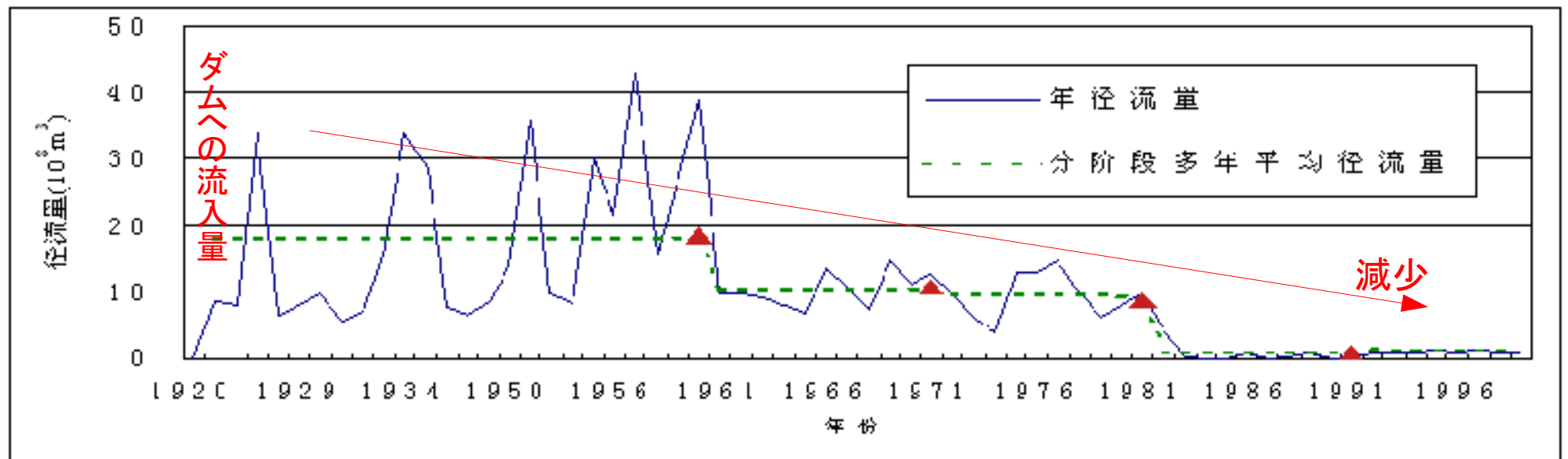
密雲水庫への流入量減少

－流域の植生変動



●何が起きているか（仮説）

- ・退耕還林政策による植生の増加
- ・蒸発散量の増加
- ・流入量の減少

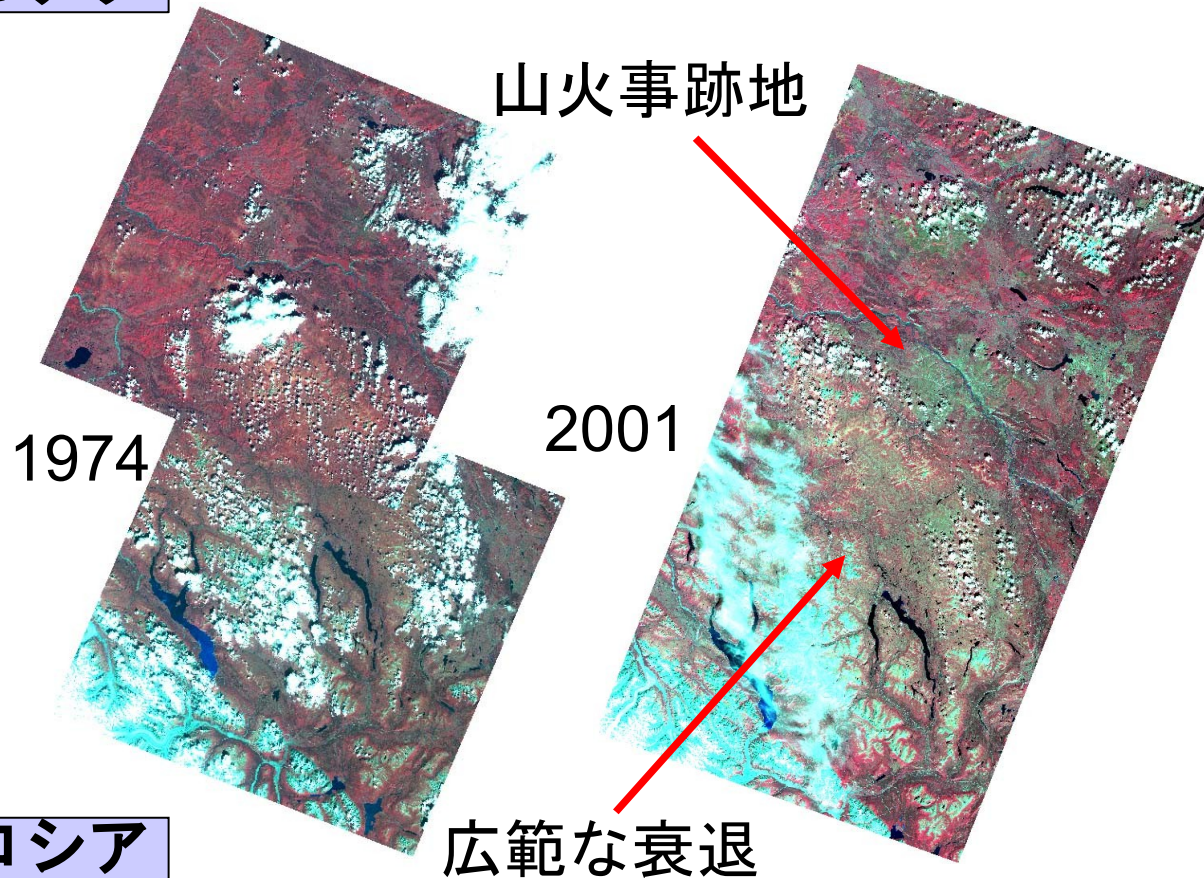


Five Periods of Annual Runoff in Chaobaihe River

衛星による地球観測が捉えた過去30年の変動

ー地球温暖化に伴う広域乾燥化ー

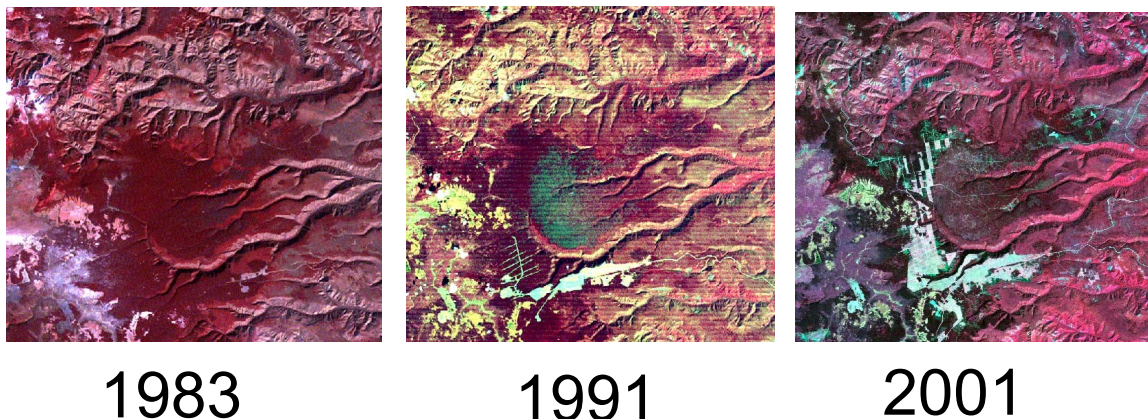
カナダ



カナダ・ユーコン準州
ボレアル林北限における
植生変動
ー大規模山火事と植生
の衰退ー

地球温暖化の影響によ
る生態系の変遷はすで
に衛星データにシグナ
ルとして出現している
その場所を発見し、千
葉大学から発信！

ロシア



ロシア沿海州シホテア
リニ山脈ボレアル林南
限における植生変動
ー森林伐採と植生の衰
退（虫害？）ー

地域スケールの環境変動モニタリング

30年以上も観測を続けている その間に様々な変動が起こった



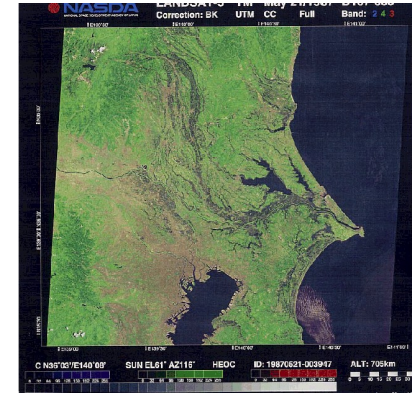
Courtesy of NASA



NASA



Courtesy of NASA

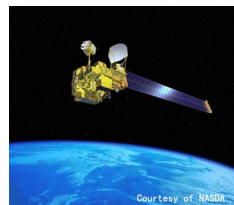
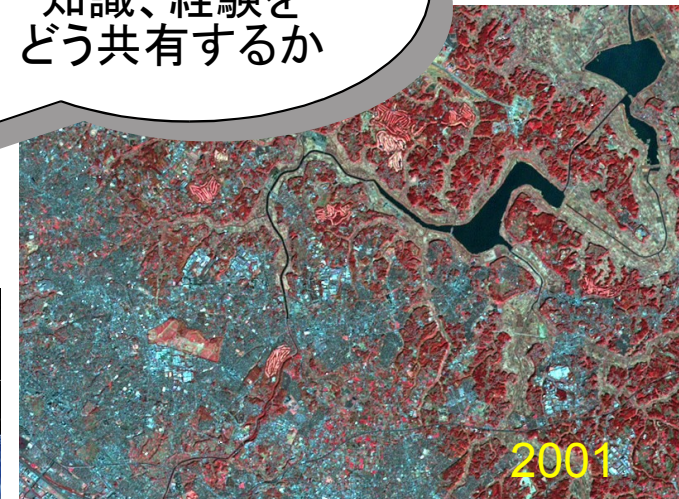


1972 ランドサット 1 号
1986 もも1号 (海洋観測)
1992 JERS-1 (資源観測)
1996 みどり1号 (地球環境観測)
2002 みどり2号 (地球環境観測)
2006 だいち (地図作成、災害観測)

まだまだ
たくさんある

1972 国連人間環境会議 (ストックホルム会議)
人間環境宣言
1992 リオデジャネイロ環境サミット
持続可能な開発のための行動計画
「アジェンダ21」
地球温暖化、生物多様性
2002 ヨハネスブルク環境サミット
持続可能な開発に関する世界サミット

小さく、深い地域の
知識、経験を
どう共有するか

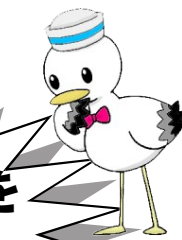


NASA

衛星画像は多くの方々に見ていただくことが重要 異分野協働による新しい知識生産（モード2）

Collaboration between RS technique and field knowledge

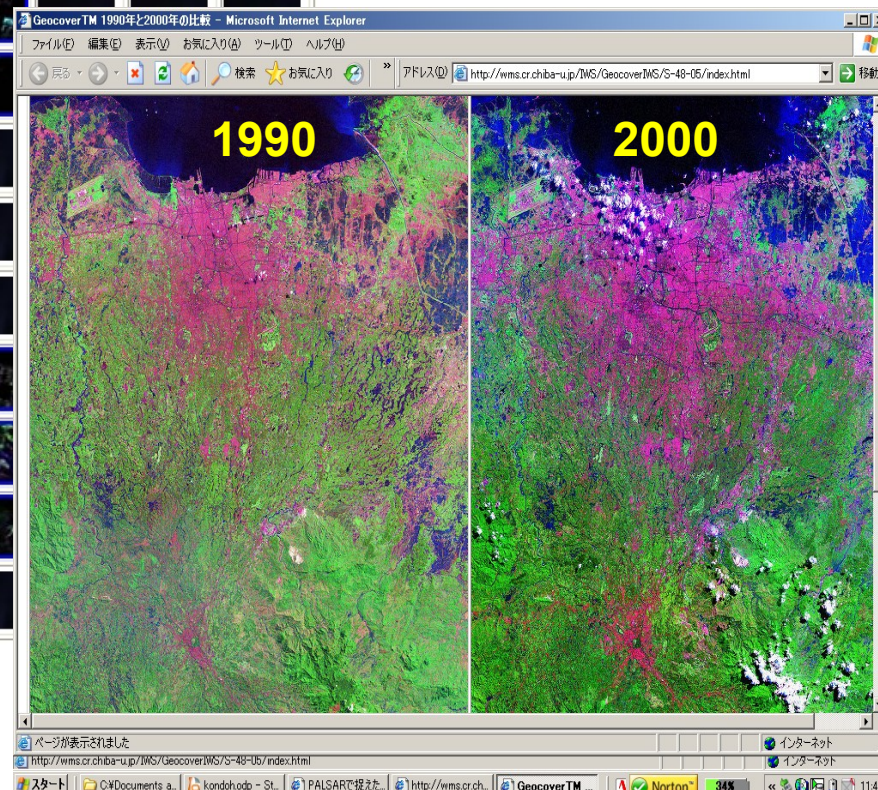
個別の成果を
どう集積し、
統合するか



**NASA Geocover
TMモザイク**

1990年頃と、2000年頃
の幾何補正された
LANDSAT-TM画像

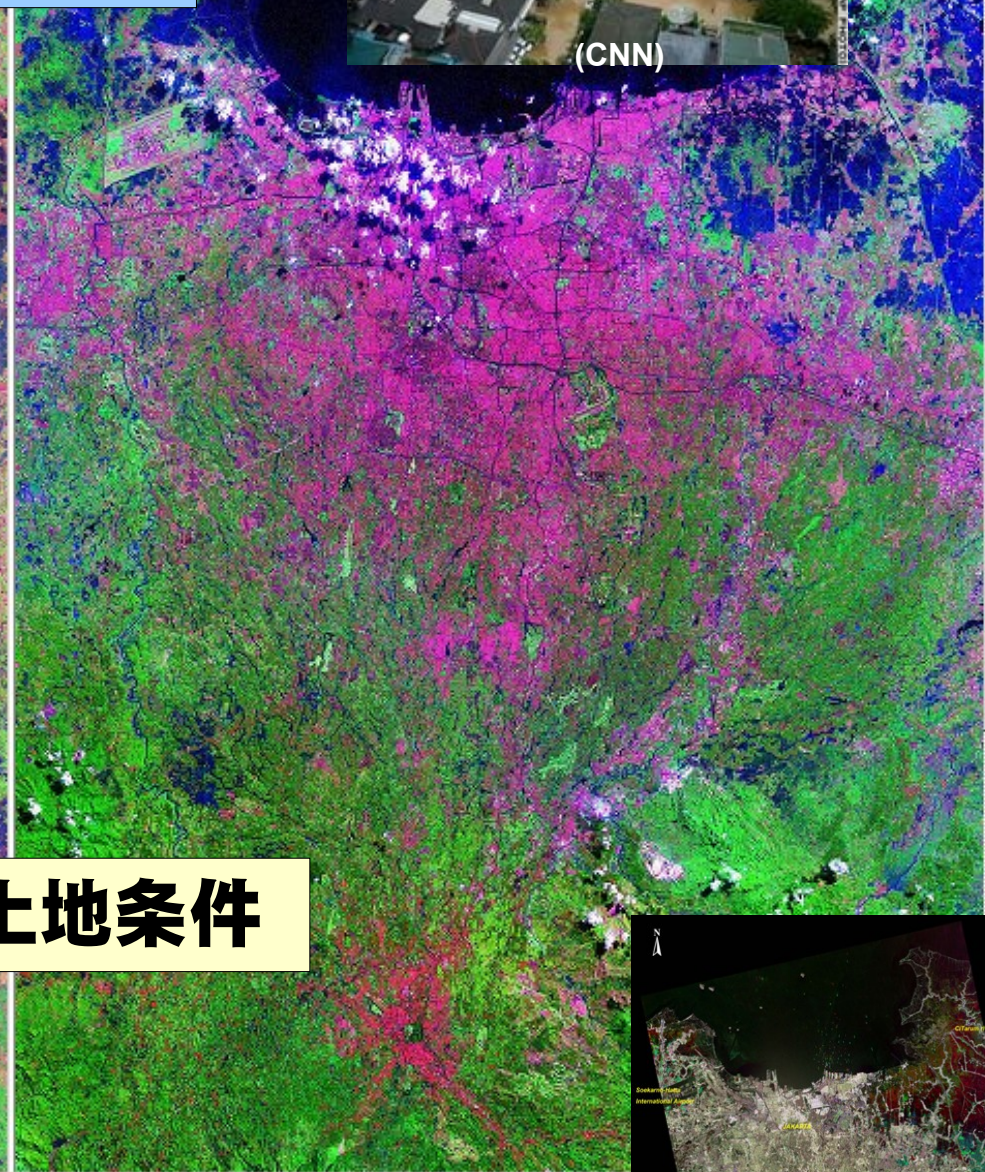
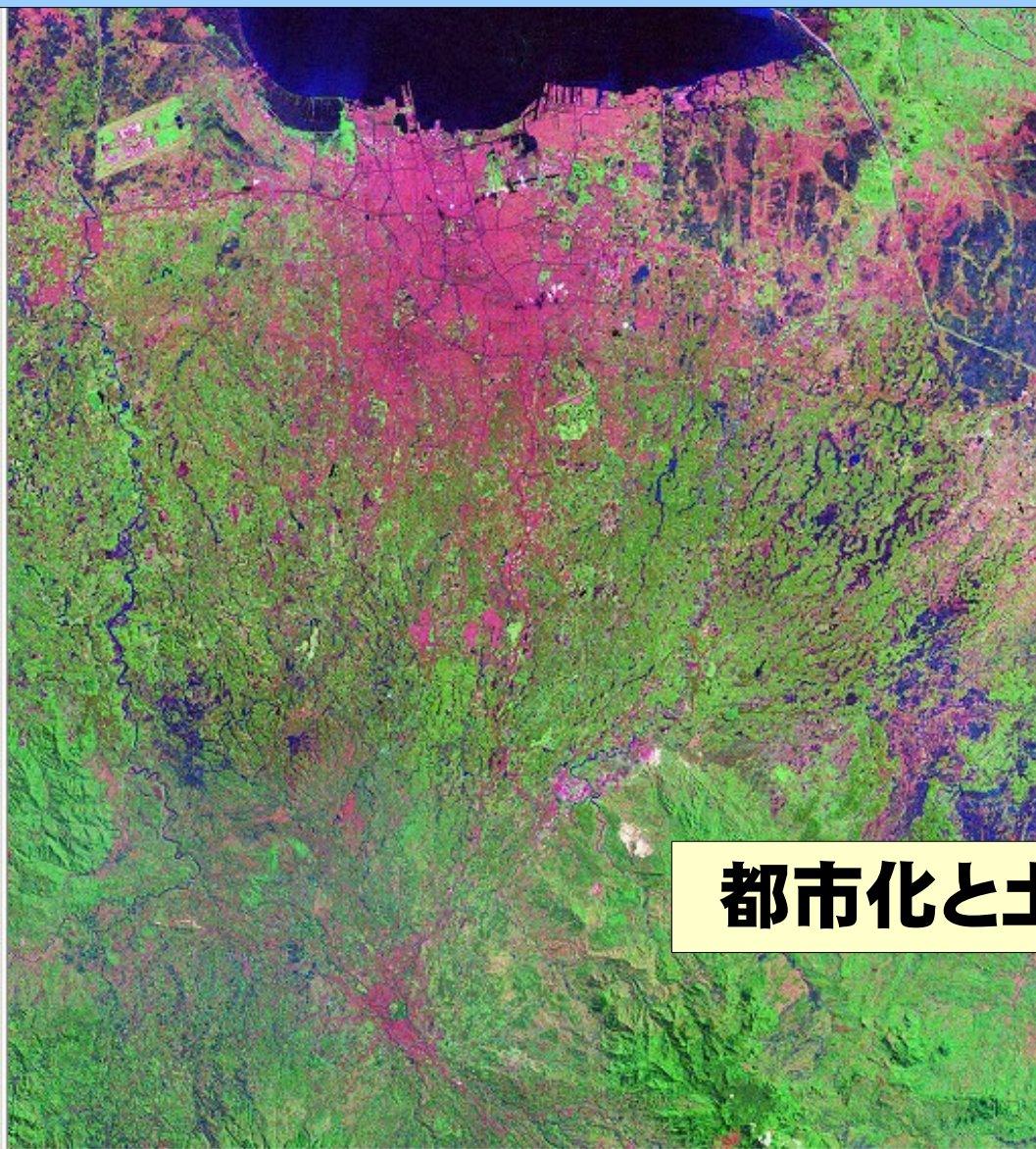
UTM ZONE /LATITUDE	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
N-50														
N-45														
N-40														
N-35														
N-30														
N-25														
N-20														
N-15														
N-10														
N-05														
N-00														
S-00														
S-05														
S-10														



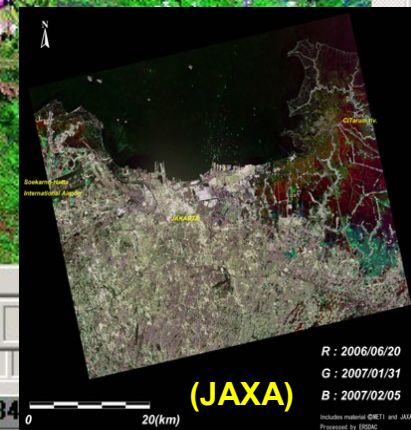
<http://dbx.cr.chiba-u.jp/>

<http://wms.cr.chiba-u.jp/IWS/GeocoverIWS/>

ジャカルタ／ボゴール地域の都市化と 洪水に対する脆弱性の増加



都市化と土地条件



ページが表示されました

<http://wms.cr.chiba-u.jp/IWS/GeocoverIWS/S-48-05/index.html>

スタート

C:\Documents a...

kondoh.odp - St...

PALSARで捉えた...

<http://wms.cr.ch...>

GeocoverTM ...

Norton

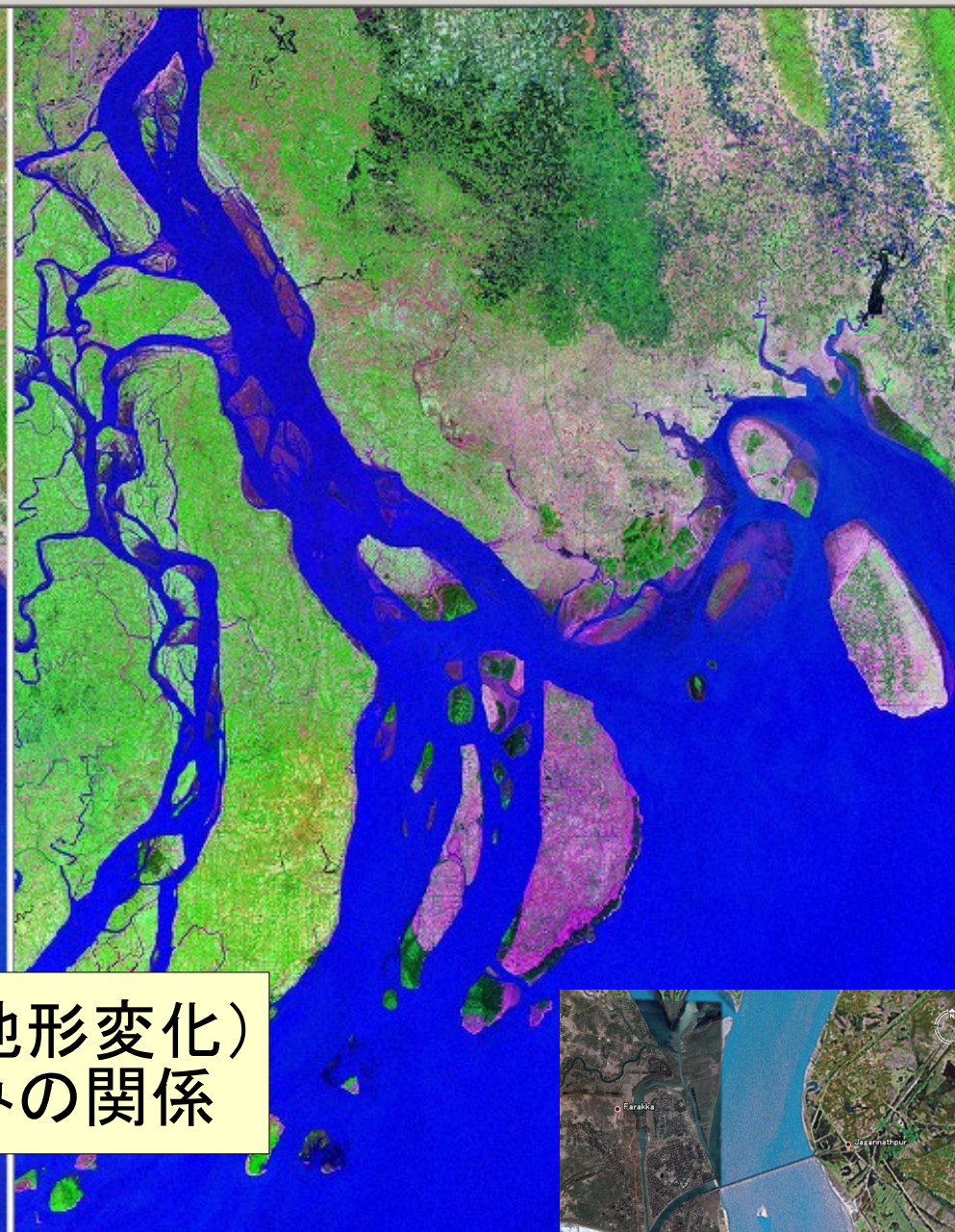
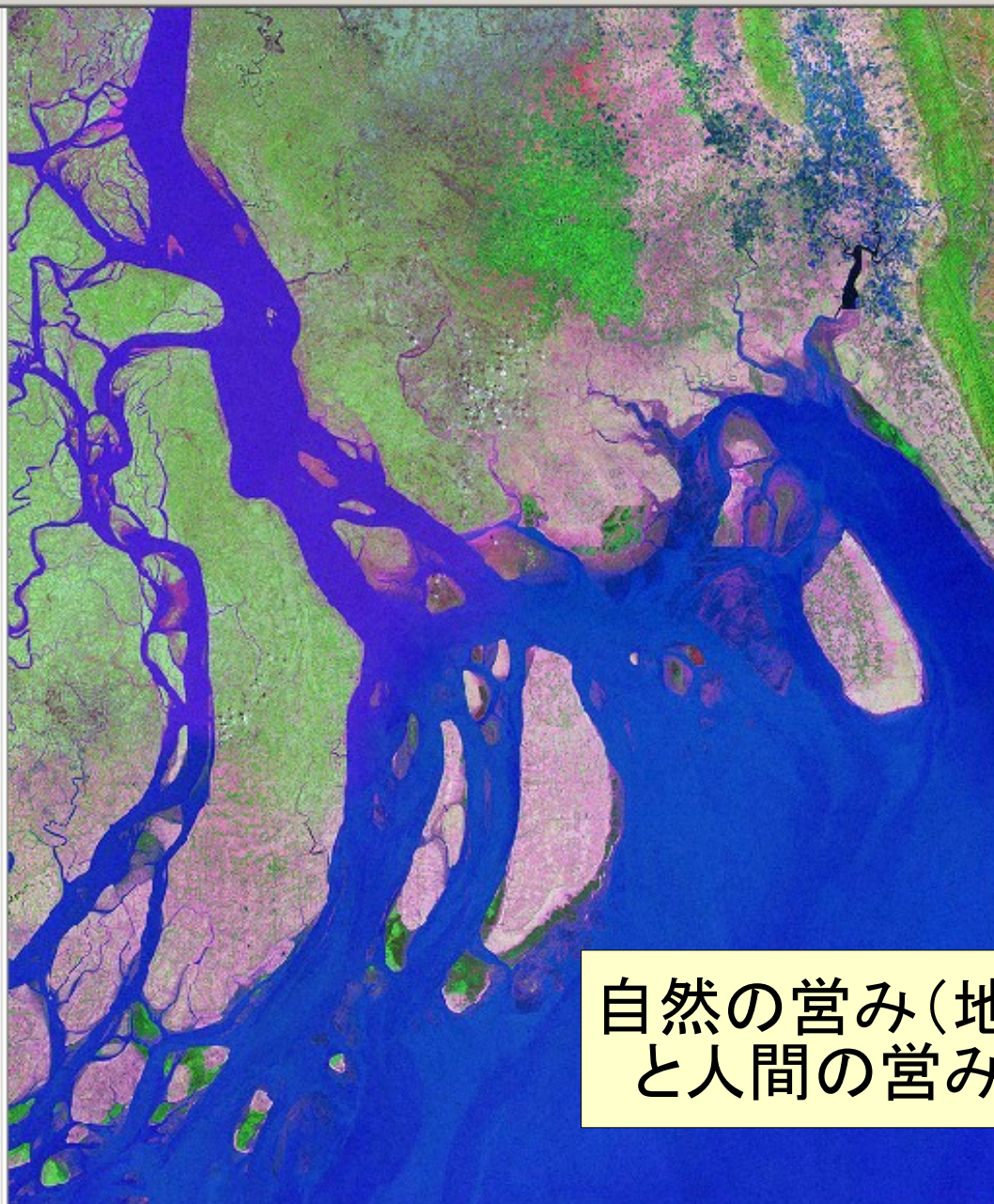
34

河道の変遷 ガンジス川とブラマプトラ川の合流点



自然の営み(地形変化)
と人間の営みの関係

ガンジス川河口における侵食と堆積



自然の営み(地形変化)
と人間の営みの関係



(Farakka dam, Google Earth)

青 雨季
茶色 乾季

Path
横

146

145

row

26

26

26

1995/01/23
1996/02/23
1997/02/09
1997/05/08

1996/10/01
1997/05/09
1997/08/05
1998/03/13

1993/09/30
1995/03/12
1996/10/04
1996/11/17

1993/11/12
1995/01/26
1996/10/03
1997/03/28

1995/03/10
1996/10/02
1996/12/29
1997/05/10

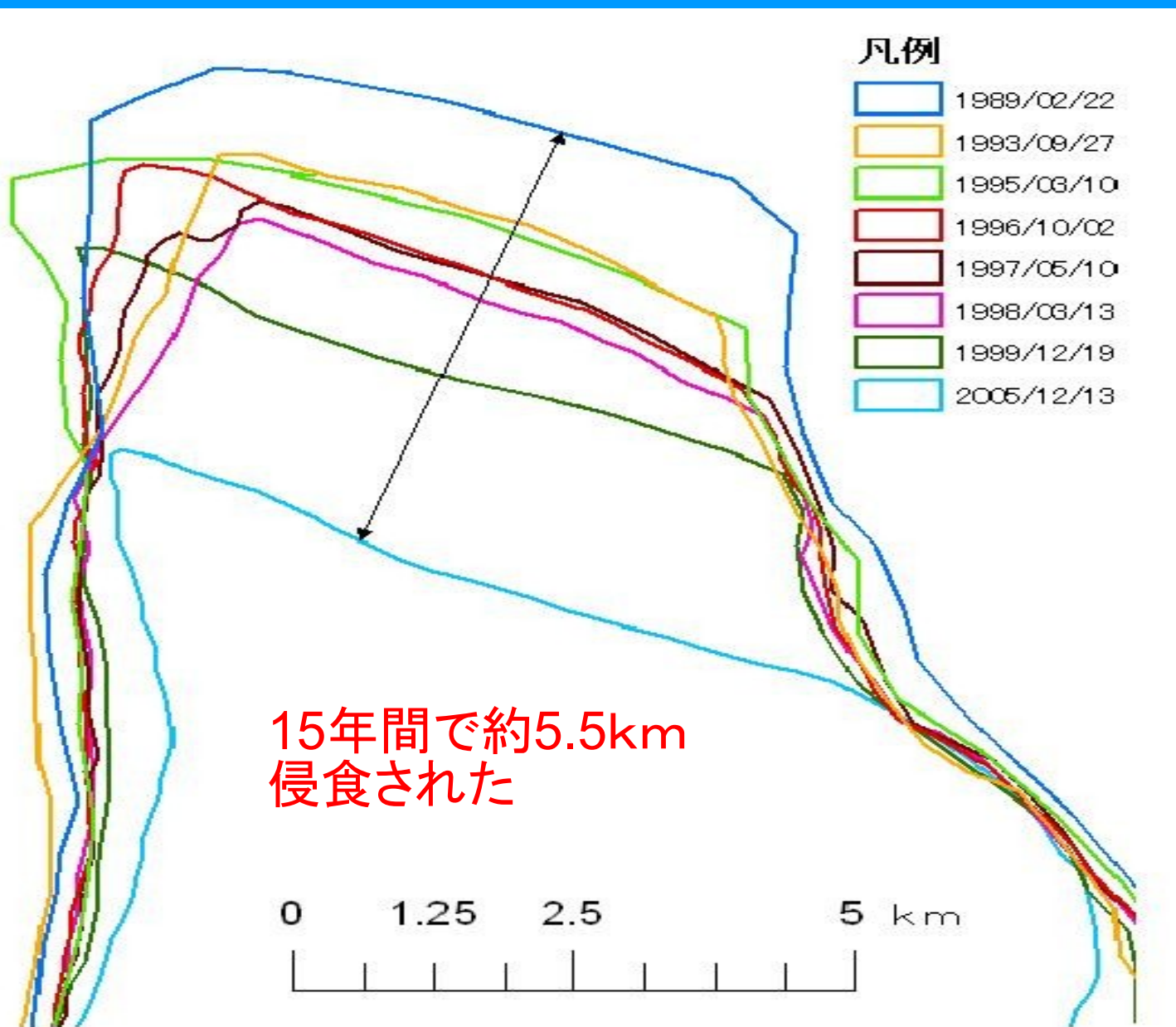
1993/09/27
1995/01/24
1995/03/09
1995/09/01
1996/10/01
1997/05/09
1997/08/05
1998/03/13

1996/02/23
1997/02/09
1997/05/08

264

Row
縦

ハティア島北部の変化

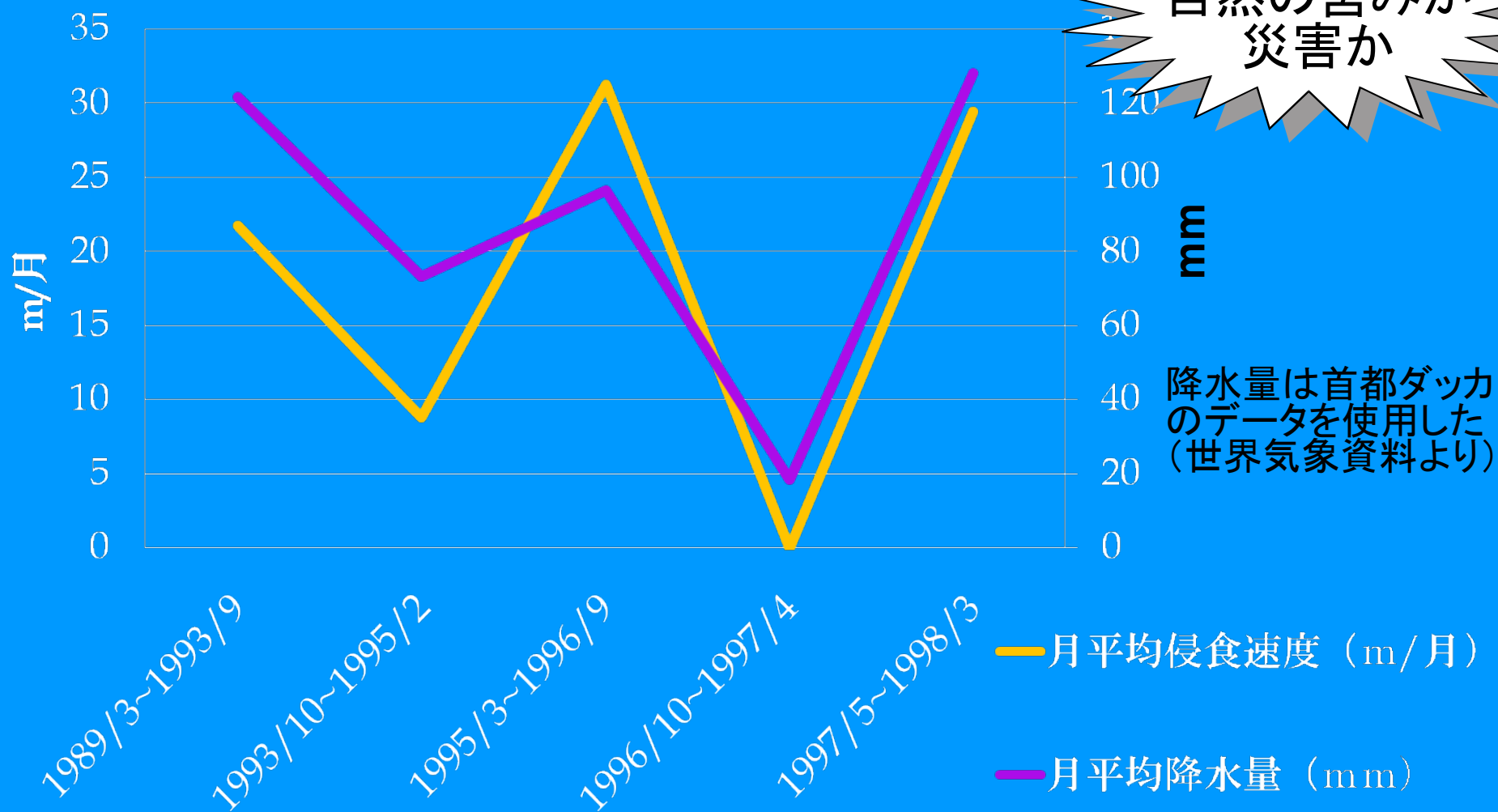


侵食の大きさが
期間によって違う



そこで、降水量と
侵食速度の対応
関係を検討した

侵食速度と降水量の比較



自然の必然的な変化と人の暮らしー地形変化と土地の喪失ー

必然

地域の特徴

- ・変動帯であるが故の大量の土砂生産
- ・世界最高レベルの降水量

何が問題なのか

土地の喪失ー河道の変遷、海岸侵食
洪水、高潮

何が本当の問題か？
地球温暖化は？

問題
の
喫緊

真の問題

過大な人口
社会経済的な条件

対策は

工学的適応
環境適応
農学的適応
社会経済的適応



農村水文学
農民の持つ小技術
による適応

バン格拉デシュ
農村開発実践研究



海田能宏編著

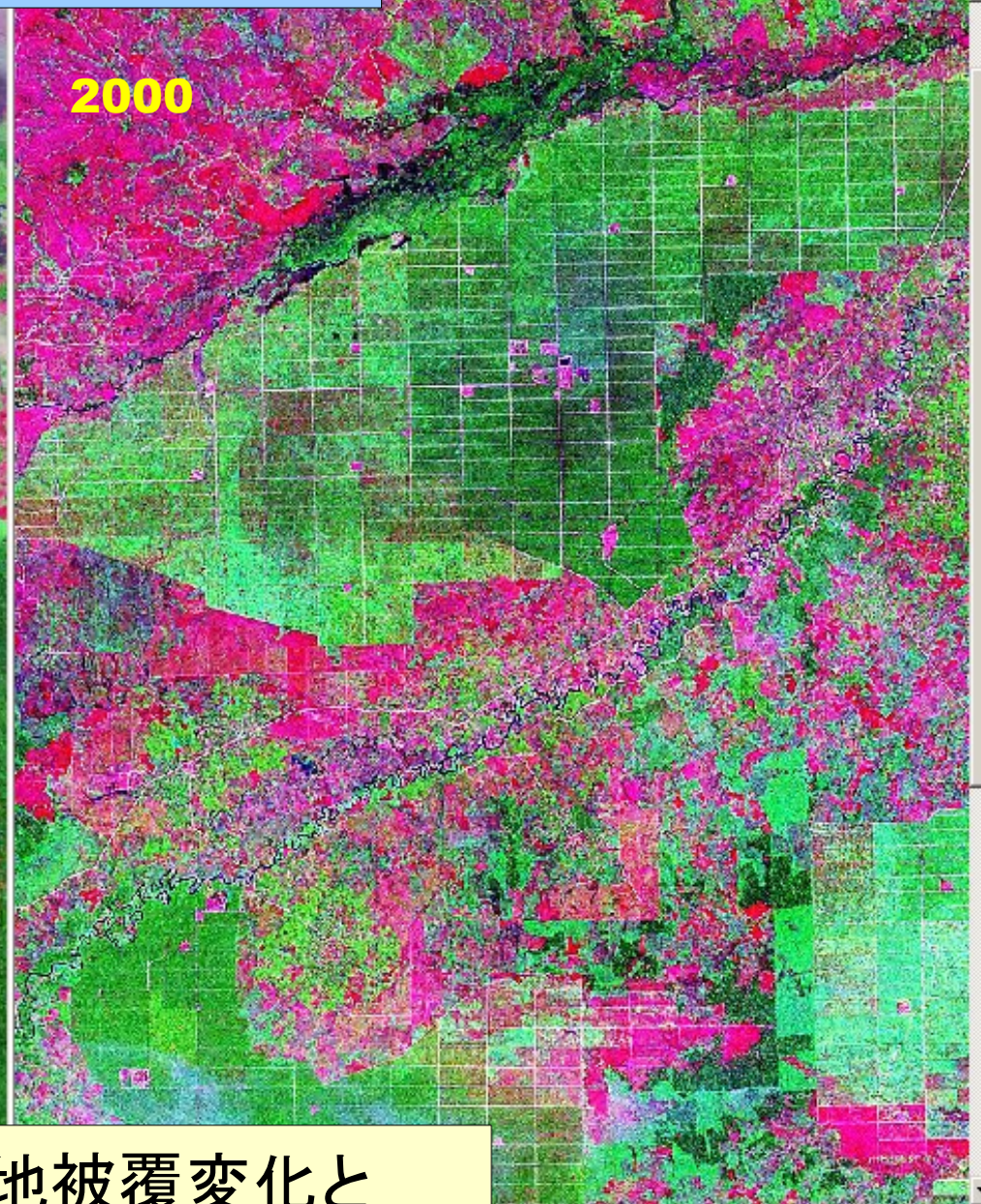
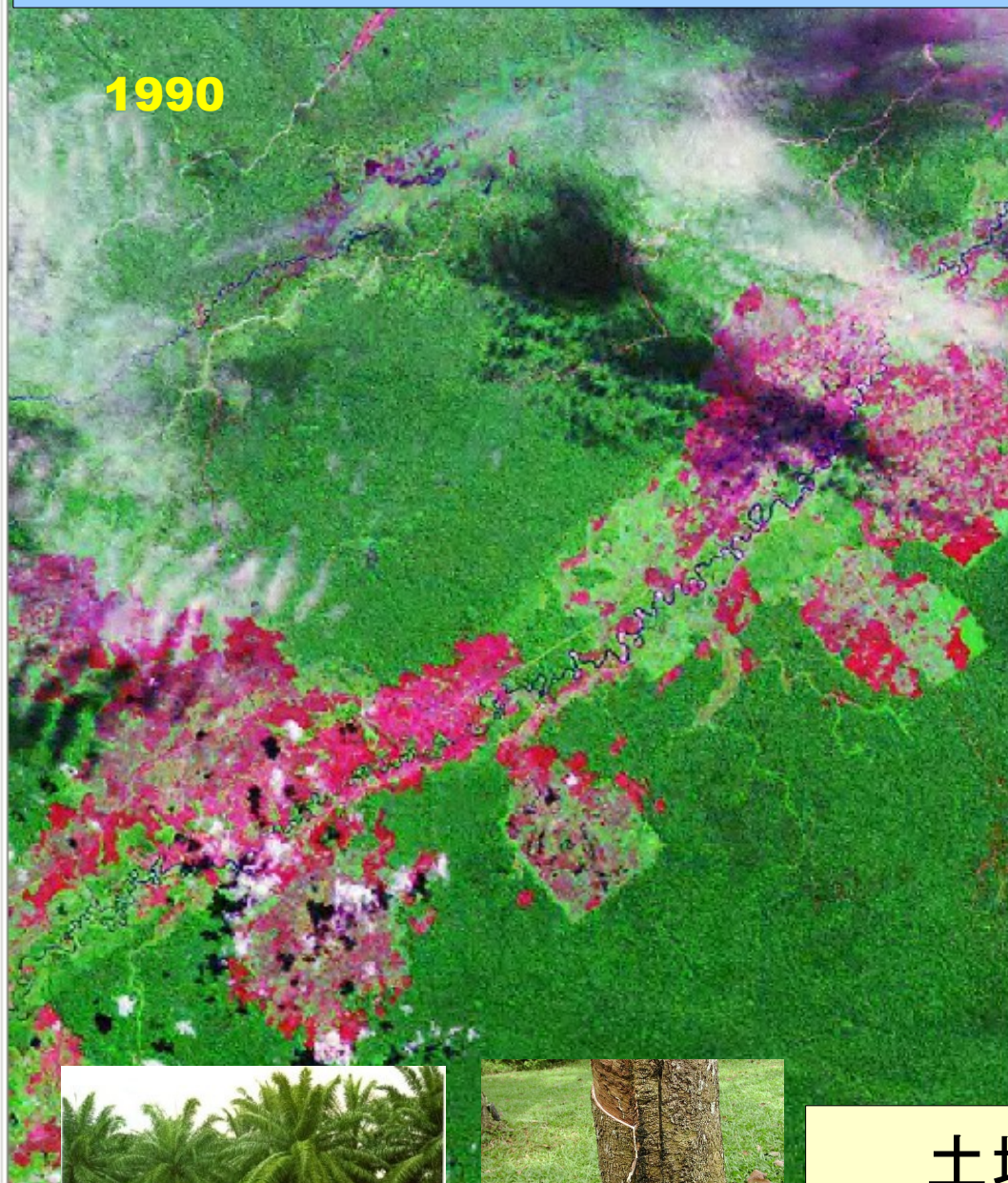
RIVERS
OF LIFE

Bangladeshi journalists
take a critical look at the
Flood Action Plan

PANOS/BCAS

洪水は災害だろうか
河と共に生きる暮らし

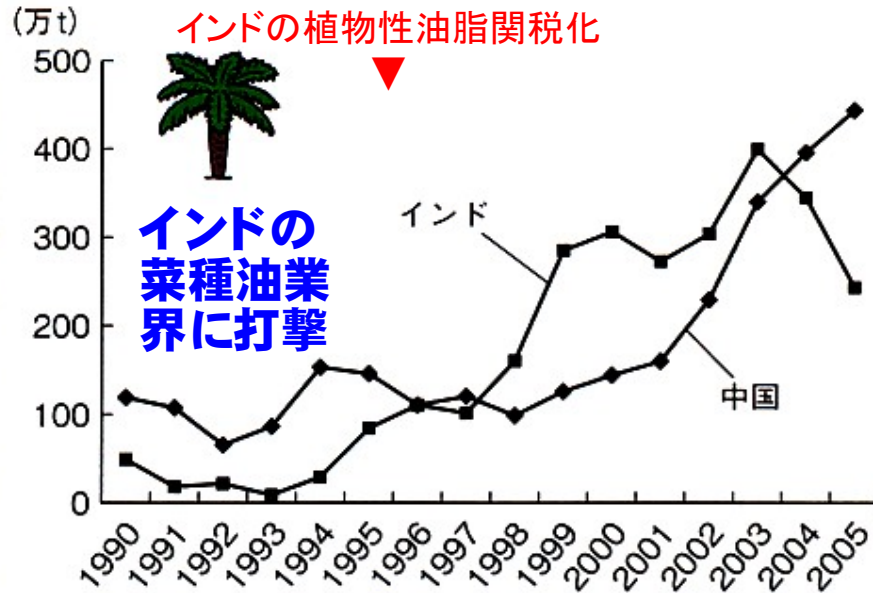
熱帯林の破壊—どうすれば止められるか



土地被覆変化と
私たちの暮らし

なぜ、熱帯林のプランテーション化が進むのか

図3 中国とインドのヤシ油輸入量



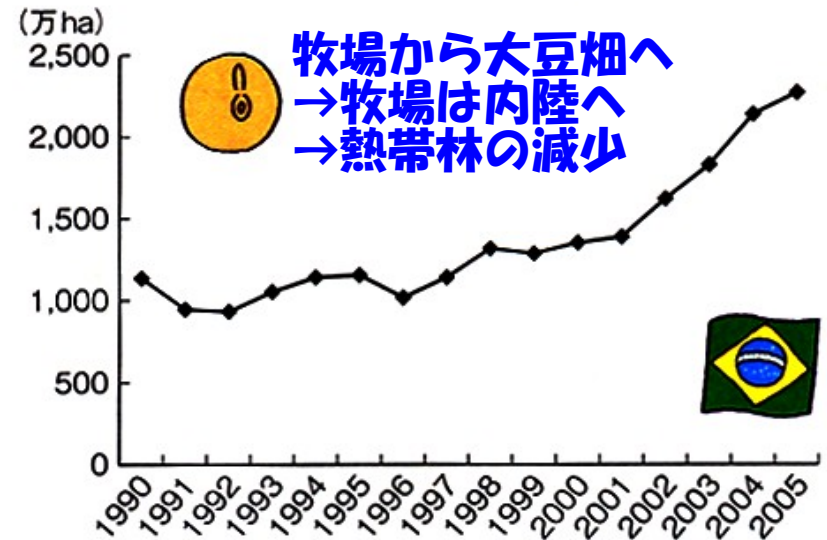
出所：FAO（国連食糧農業機関）STATより作図

本文中出所

- 1) FAO. (2006). Global Forest Resources Assessment 2005. FAO Forestry Paper 147. Food and Agricultural Organization. Rome.
- 2) FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>

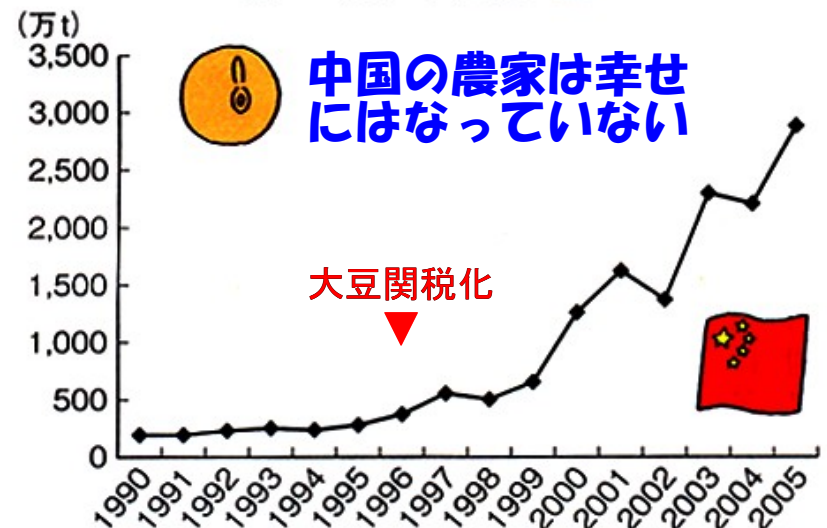
WTO合意と地球温暖化対策の矛盾
・実態認識のためのリモートセンシングの
利用と、一貫した政策の提言が結びつ
かないだろうか！

図1 ブラジルの大豆収穫面積



出所：FAO（国連食糧農業機関）STATより作図

図2 中国の大豆輸入量



出所：FAO（国連食糧農業機関）STATより作図

（現代農業、2008年12月号、関論文より）

Shrimp Culture, Fish Culture - A Case in Eastern Smatra -

chiba-u.jp/TWS/GeocoverTWS/S-48-00/index.html

移動



土地被覆変化
背後で何が起こっているか
何が問題か

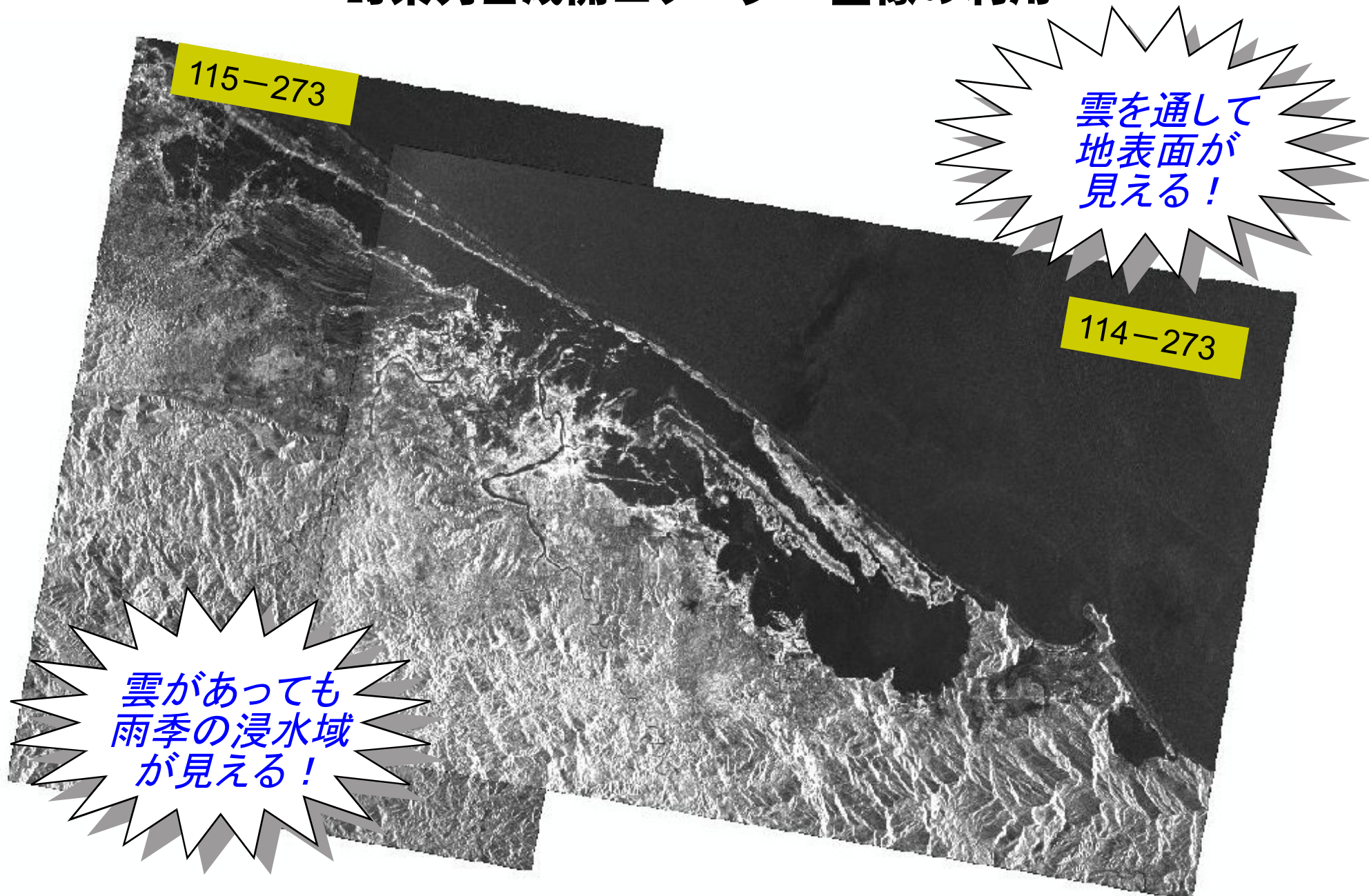
ベトナム、フエラグーンにおける洪水に関わる土地条件図の作成 ー時系列合成開口レーダー画像の利用ー

115-273

雲を通して
地表面が
見える！

114-273

雲があっても
雨季の浸水域
が見える！



水域の変化

雨季の初期

乾季の末期

September

1998/09/17-18

August

1998/08/04-05

May

1998/05/08-09

October

1992/10/22-23

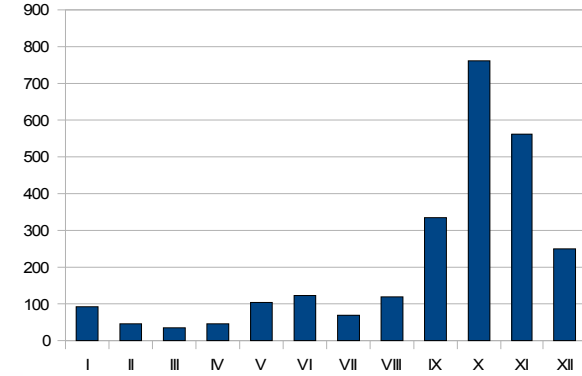
乾季の初期

1995/02/05-06
February

March

1998/03/25-26

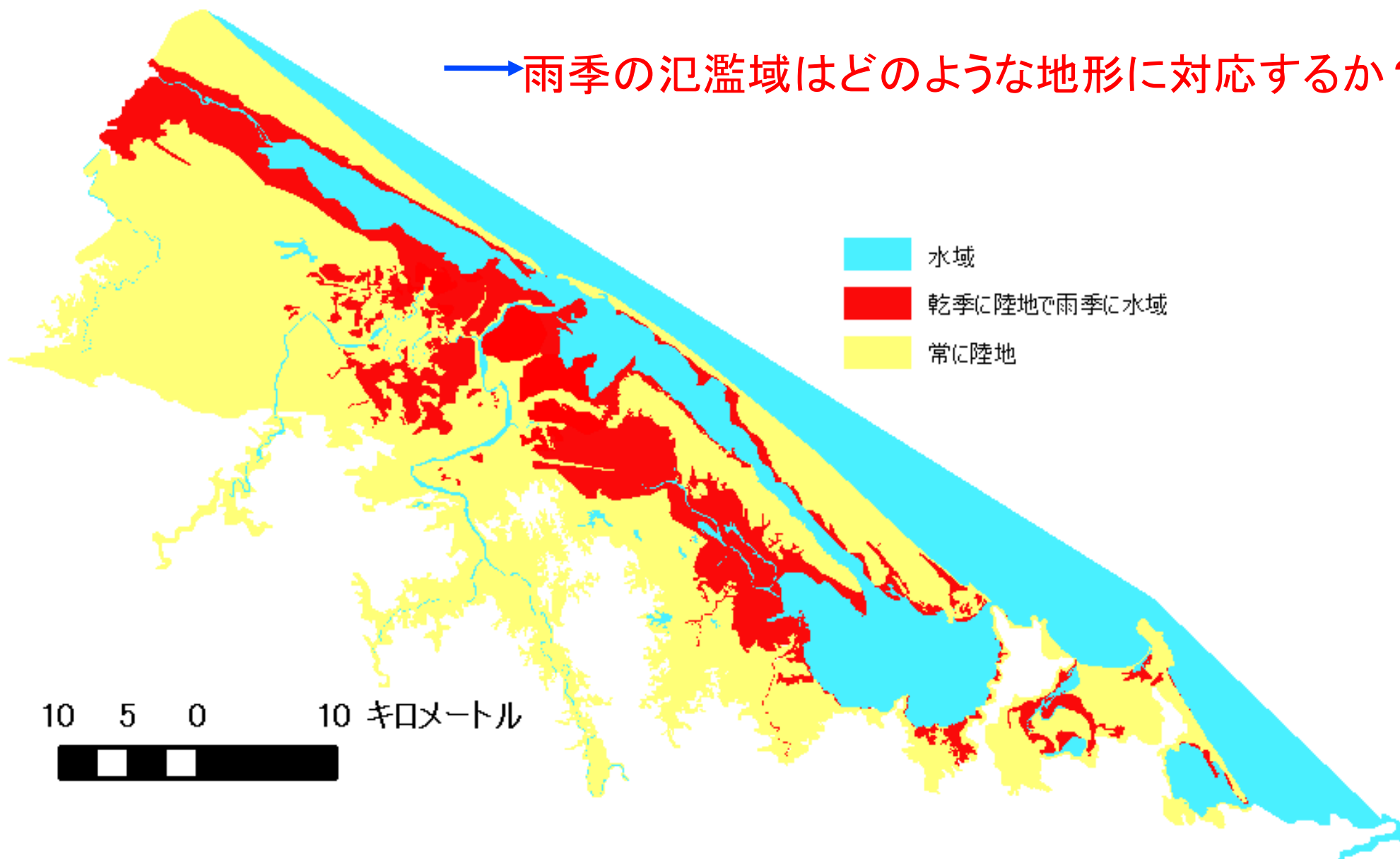
10 5 0 10 キロメートル



浸水域の分類図

- ✦ 雨季の氾濫域が分かる
- ✦ 雨季と乾季の浸水域変化が分かる

→ 雨季の氾濫域はどのような地形に対応するか？



衛星データから作成した洪水地形図の検証結果

★ 洪水の影響を受ける場所

洪水による 浸水危険度	非常に高い	高い	やや高い	低い
洪水地形図 (浸水域分 類図と標高 分布図)	黒い部分 (1m)	赤い部分 (2m)	薄い緑 (3m)	濃い緑 (4-5m)
微地形分類 図	・旧河道 ・低い後背 湿地 ・海老養殖	・後背湿地 ・湖成平野 ・湿原	・自然堤防(低い) ・湖成段 丘(低い) ・後背湿 地	・自然堤防 (高い) ・湖成段丘 (高い)

★ 洪水の影響を受けない場所

砂丘

Inner ridge plain

山地

} → 5m以上

衛星データから作成した洪水地形図を
微地形分類図で検証

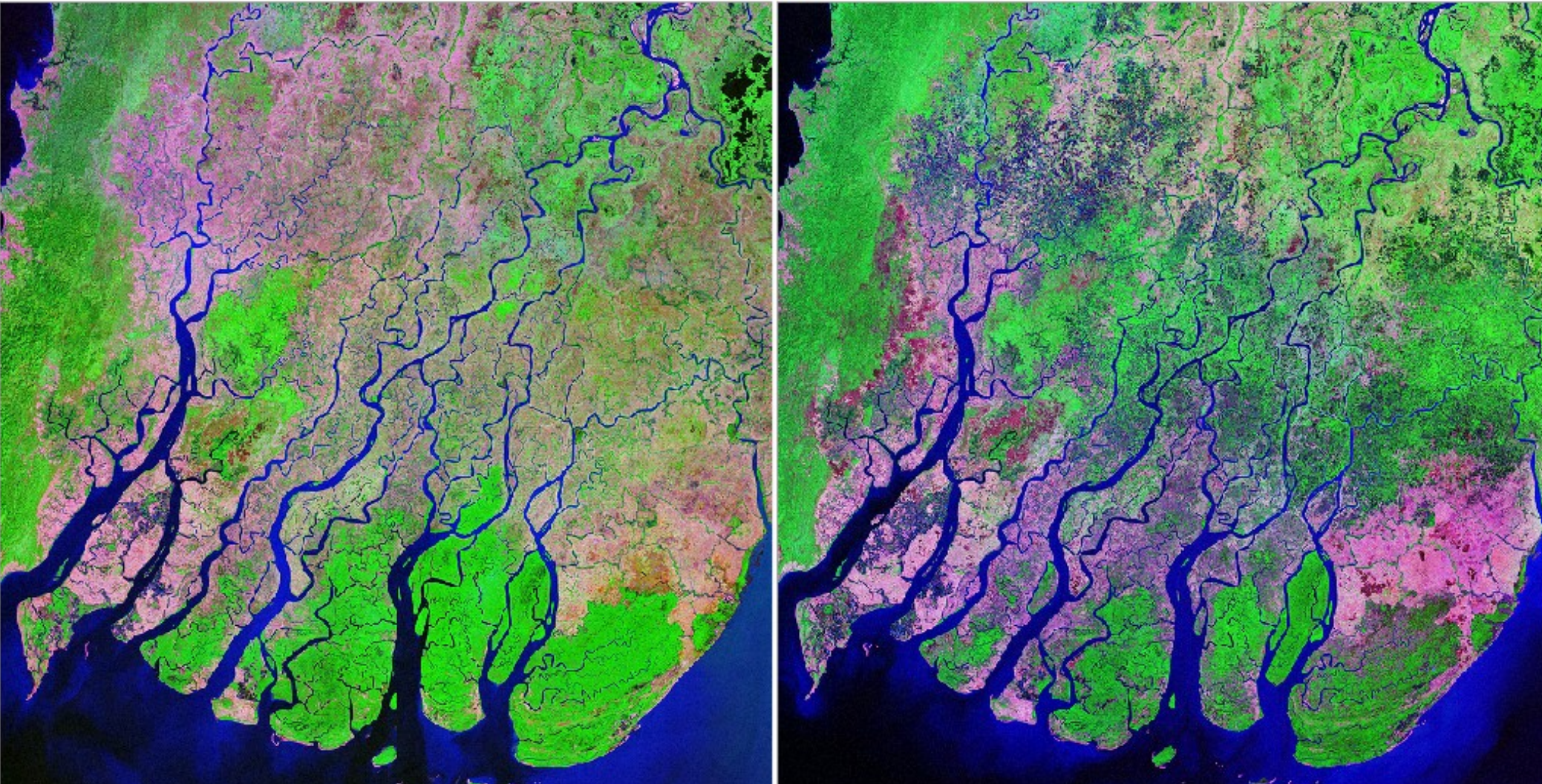
微地形分類図

標高分布図

浸水域分類図

Irrawaddy Delta in circa 1990 and circa 2000

 [NASA Geocover](#) TM Mosaic Circa 1990(left) & Circa 2000(right)



Cyclone "Nargis" swept through Irrawaddy Delta Region

Dry season rice crop is promoted by the introduction of water pump around early 1990s.

沖積低地における問題

イラワジデルタにおける土地利用変化

1990年初頭に中国から輸入した動力ポンプが普及したことにより、稲の乾期作が増加
デルタの暮らしへの適応は？



対策－適応（Adaptation）

工学的適応

日本の沿岸沿いの大都市

農学的適応

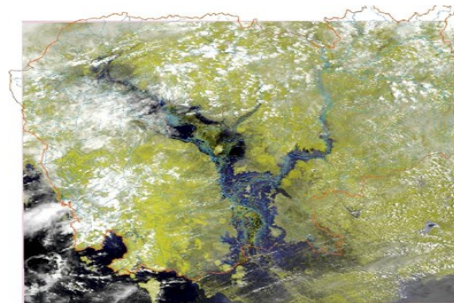
カンボジア、ベトナム、．．．

環境適応



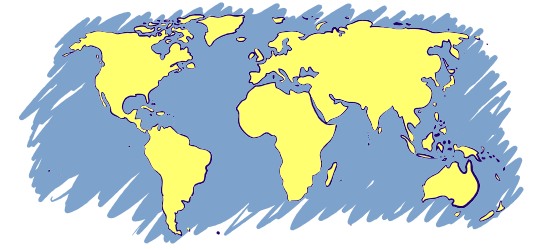
工学的適応の失敗

ハリケーンカトリーナ

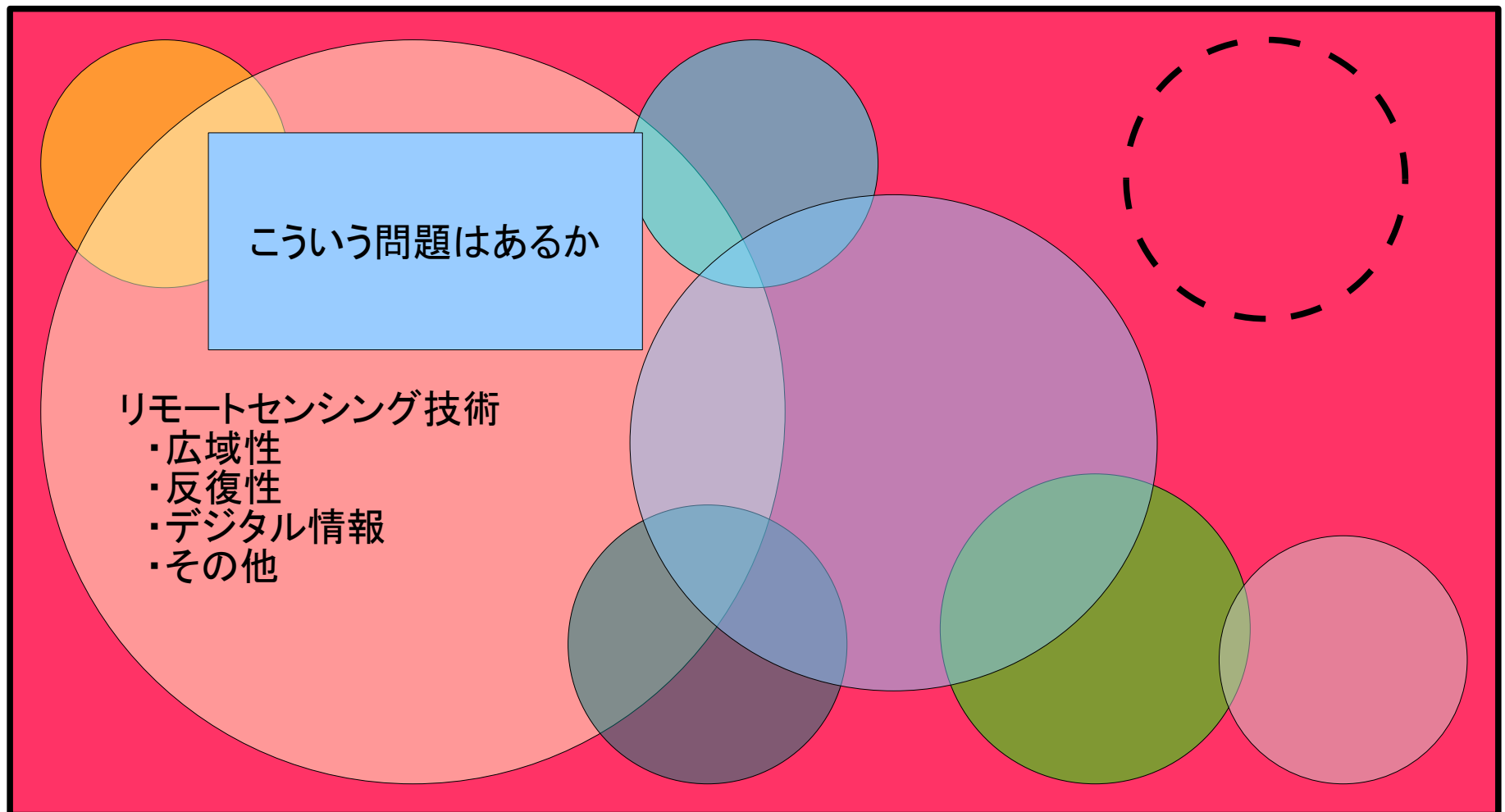


問題解決におけるリモートセンシング技術の役割

ー 単独解決か異分野協働かー



解くべき問題



衛星環境変動学を目指して

- 過去30年以上にわたる地球環境観測成果の蓄積
- 抽出された変動には自然要因と人間要因
- 地球スケールの変動でも、問題は地域における人と自然の関係に関する問題として現れる
- 地域における問題の理解に基づき、解決を共有する必要がある
- 衛星データにより地域における環境変動を発見、理解し、空間的フレームの中に位置づけていく
- これが衛星環境変動学
- 解決は協働で

