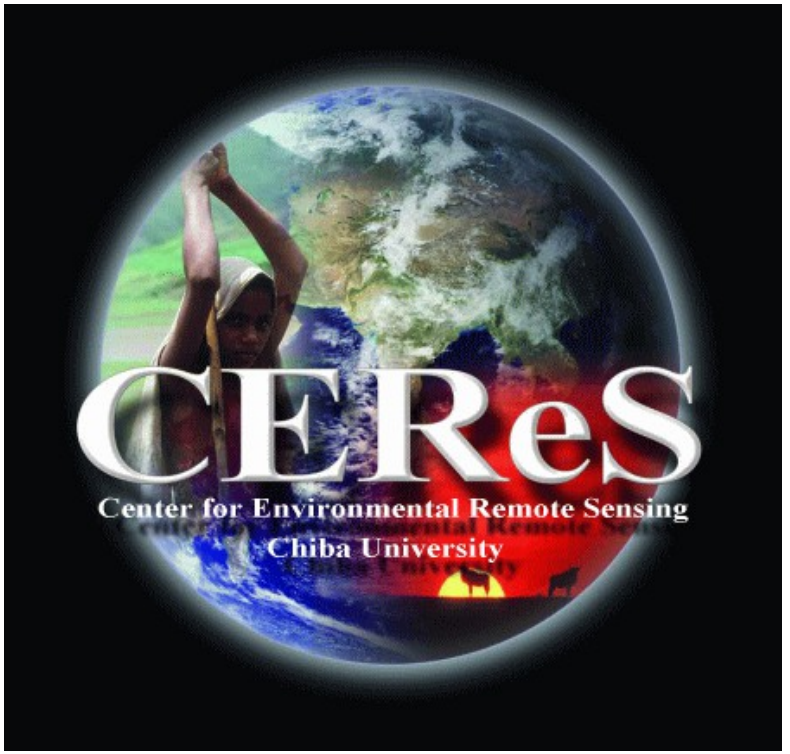
第Ⅳ話 リモートセンシング画像判読



リモートセンシングは文字通り離れた場所から（remote）、感じる（sense）ことであり、日本語で「隔測」、中国語で「遙感」と表記する。この定義からは物理探査全般がリモートセンシングの範疇にはいるが、ここではカメラやセンサーを航空機や人工衛星等のプラットフォームに搭載し、地球表層の画像情報を得る技術をリモートセンシングと呼ぼう。

リモートセンシング手法

- 地上写真
- 空中写真 ・・・実体視による判読
- 高空間分解能衛星リモートセンシング
- 低空間分解能衛星リモートセンシング
- その他、物理探査（γ線サーベイなど）

解析しなければ現象はわからないか？
判読が大切！

災害時には準リアルタイム、ブラウズ画像が提供されるはず。判読のスキルを身につけよう！

リモートセンシング技術

光学センサー

判読☆
変化抽出（幾何補正、差画像）
指標値計算（植生、土壌、雪、など）
物理量抽出
土地被覆判別
その他

合成開口レーダー

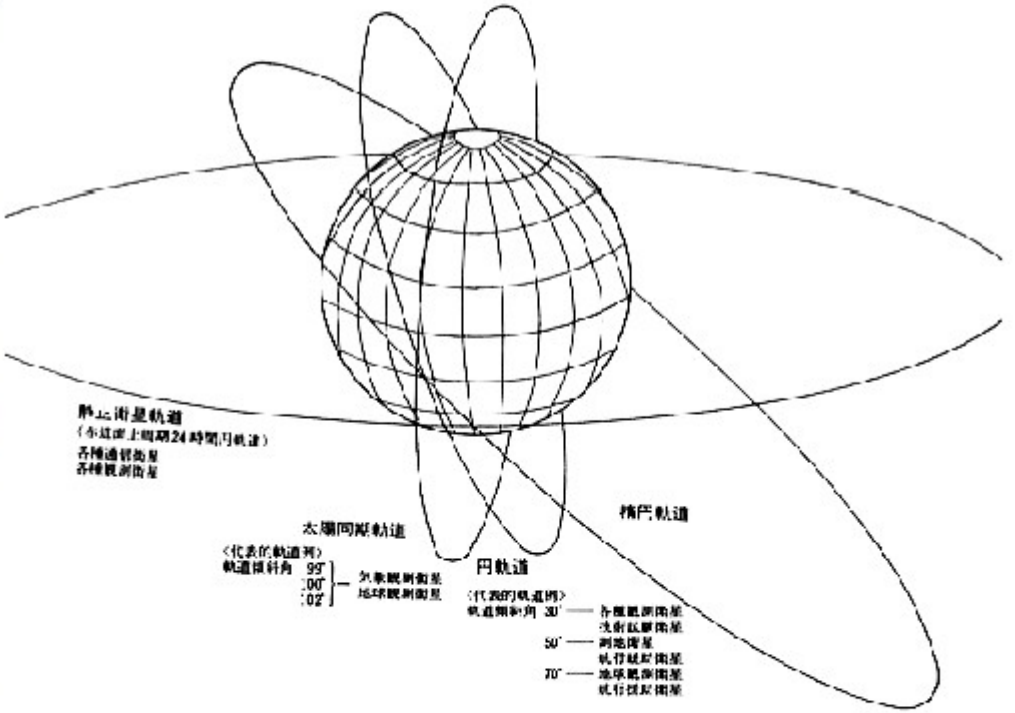
判読
物理量抽出
干渉ＳＡＲ
その他

どのような現象を対象にし、
どの手法を組み合わせるか

リモートセンシングの基礎　Ⅰ：センサーとプラットフォーム

衛星の軌道

静止軌道と太陽同期準回帰極軌道



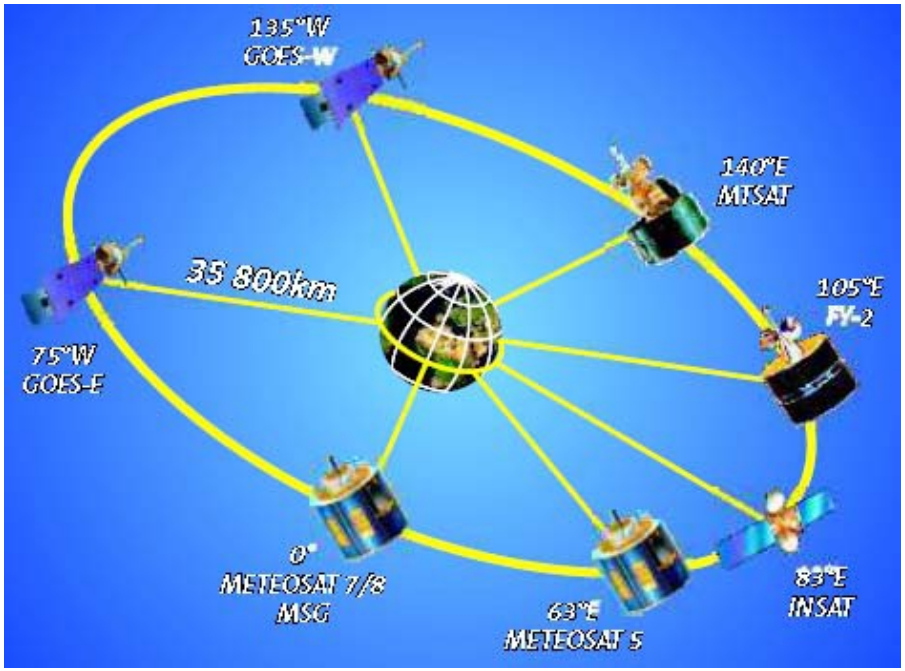
人工衛星の軌道

重要な軌道

気象衛星

● 静止軌道

地軸から約 4 万 2000km 上空の円周速度は約 3km/sec で、地球の円周速度と同じであるので、地球から見て静止しているように見える

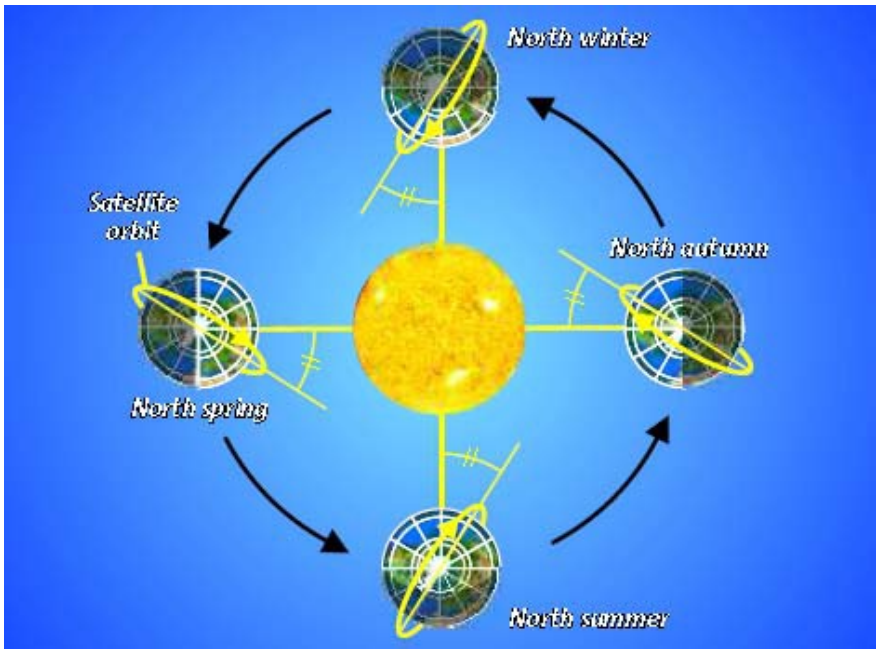


● 太陽同期準回帰軌道

極軌道：南極から北極の極軸方向で、やや傾斜した角度の軌道。高度は 500 ～ 1000km 程度。

準回帰軌道：衛星の軌道が一日あるいは毎周回ごとにもとに戻る軌道を回帰軌道といい、準回帰軌道は一定の日数で、もとに戻る軌道

太陽同期：軌道面が常に太陽の方向を向き、赤道を通過する時間が決まっている。よって、同じ場所では常に同じ地方時に観測が行われる

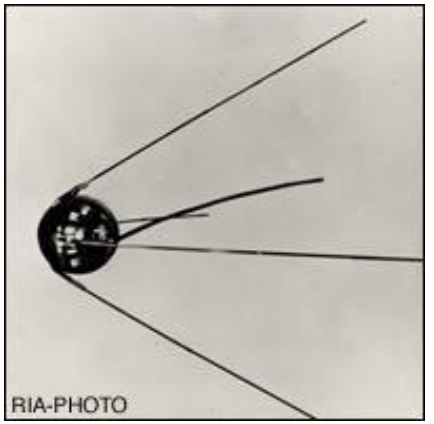


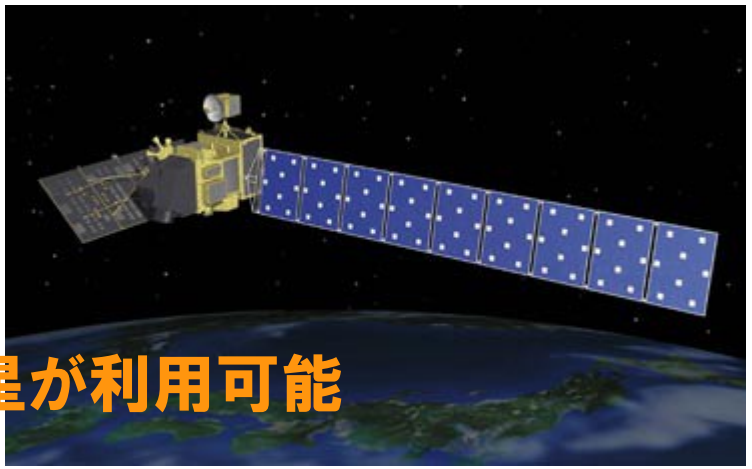
高空間分解能
緊急観測

主要な地球観測衛星の系譜

1957年　旧ソ連　スプートニク（人類初の人工衛星）
1960年　米　タイロス（初めての地球観測）
1972年　米　ランドサット（運用中）
1986年　仏　スポット（運用中）
1987年　日　MOS1,1b（もも）（～1996年）
1991年　欧　ERS（運用中）
1992年　日　JERS1「ふよう」（～1998年）
1996年　日　ADEOS1「みどり1」（～1997年）
1997年　日米　TRMM（運用中）
1999年　米　Terra（運用中）
2002年　米　Aqua（運用中）
2002年　日　ADEOS-Ⅱ（～2003年）
2007年　日　ALOS（だいち）（～2011年）

このほか、インド、タイ、韓国、ブラジルなどの衛星が利用可能





高空間分解能衛星

商用衛星

●IKONOS
約 1m

●GeoEye-1
約 50cm

●QuickBird
約 60cm

●WorldView-1/2
約 50cm

IKONOS 二本松インター付近

主な高（空間）分解能衛星

● 光学センサ搭載高分解能衛星

- IKONOS
- GeoEye-1
- WorldView-1
- WorldView-2
- QuickBird
- EROS-B
- SPOT-5
- ALOS/AVNIR-2, PRISM （2011 年運用中止）

衛星はたくさん
あるが．．．．

●SAR 搭載高分解能衛星

- COSMO-SkyMed
- TerraSAR-X
- TanDEM-X
- RADARSAT-2
- ALOS/PALSAR （2011 年運用中止）

災害時中に活用
するには．．．．．

参考文献）日本リモートセンシング学会誌、31 巻 3 号 (2011)、「東北太平洋沖地震・津波災害の高分解能衛星リモートセンシング」

災害分野におけるリモートセンシングの役割
災害の現場とどうつなげるか．．．．

- 災害モニタリングーいつ、どのくらいの範囲を

  災害の現場の準リアルタイムモニタリング
  高分解能時系列画像

RS を活かす仕組みの構築が必要！

- 災害の誘因（ハザード）モニタリング

  気象現象（技術は確立）、地震（？）、津波．．．

- 災害の事後調査

  被害調査、災害のメカニズムの理解

- 災害の素因解析（地理学の役割）

  地形・・・土地条件
  土地被覆・土地利用

リモートセンシング
活躍の舞台はここ？

災害時に利用可能なセンサーの種類

● 光学画像

・可視光～赤外線領域の画像⇒物理量
・高空間分解能、被災地の状況モニタリング
・赤外域の特性を活かした、植生や湛水域のモニタリング

● レーダー画像

・マイクロ波帯の画像レーダー（合成開口レーダー）
・湛水域モニタリング
・オイル汚染モニタリング
・建物倒壊モニタリング

● 熱赤外画像

・火災モニタリング
・噴火モニタリング

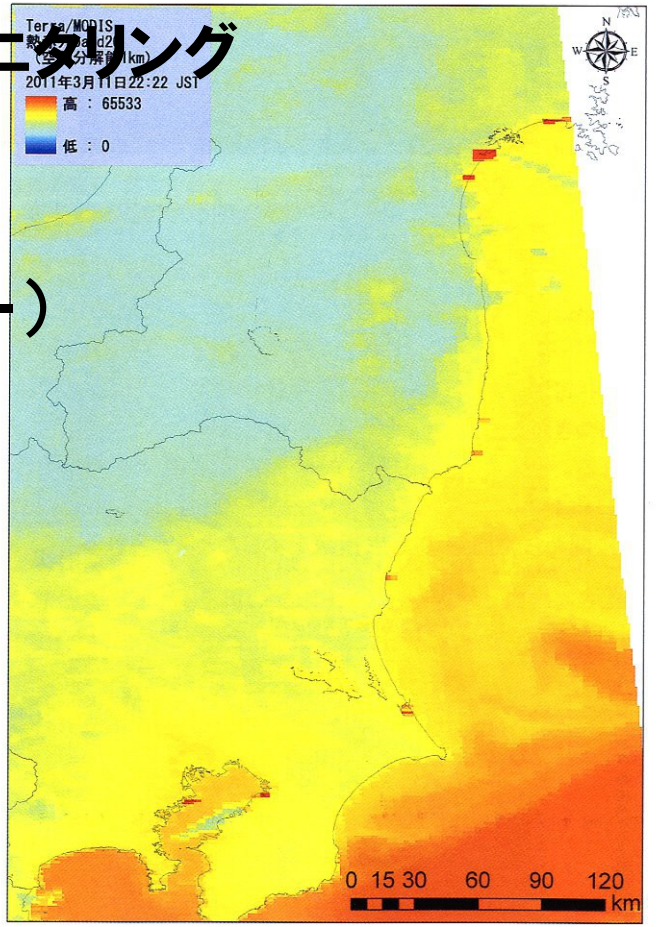


図1　Terra/MODIS熱赤外band20（空間分解能1km）による夜間熱赤外画像（2011年3月11日22時22分（JST）観測）

（東京情報大学）

東北関東大震災
リモートセンシングは活用されたか

行政の巡視が直ちに行われるが．．．

災害画像の閲覧
- 各航測会社⇒パスコ：TerraSAR-X から浸水範囲抽出
  ⇒国際航業：複数衛星によるモニタリング
  ⇒アジア航測：AVNIR2 判読
- ABC News　その１、その２
- 無人航空機による福島第一原発の撮影－ CRYPTOME (3/20)

誰に向けた発信か

画像の提供
- RESTEC　ALOS 災害観測データの無償配布
- JAXA　だいち防災 WEB

現場に役に立ったか

空中写真の撮影
- 各航測会社　⇒アジア航測：斜め写真の公開
  ⇒朝日航洋：斜め写真の公開
- 国土地理院　⇒空中写真の公開、浸水域図の作成
  ⇒地理学会による浸水域図の作成

これは有効であった！

見えた！以上のものがあったか？

緊急時の画像の入手

- JAXA　センチネル・アジア
  JAXA/EORC　緊急画像提供

- リモート・センシング技術センター
  緊急画像提供

- 民間企業

  航測会社
  GIS/RS 関連会社

- 大学等

生データの提供
- ・解析が必要
  ⇒エキスパートの存在

画像の提供
- ・判読
  ⇒現場を知る担当者

緊急時データ取得（画像配布）契約の必要性

土地利用・被覆変化情報の減災への活用

1972年11月26日MSS

2001年11月27日

日本では最も有効なリモートセンシングの活用法？

光学画像判読の留意点

● 空間分解能と回帰日数のトレードオフ

・高空間分解能画像は回帰日数（同じ場所を観測するまでの間隔）が長い
⇒ポインティング（斜め観測）により克服
商用高空間分解能衛星群、SPOTなど
・低空間分解能画像は回帰日数が短い
MODIS、ひまわり

● 観測波長帯

・近赤外画像から植生の情報が得られる
・赤外画像は水域の判別が得意（晴れていれば）
・短波長赤外（近赤外より波長が長い電磁波）の活用で特徴強調が可能

地盤災害への応用？

水害への応用

リモートセンシングを使いこなすための基礎知識

リモートセンシングの基礎　Ⅱ：電磁波の基礎

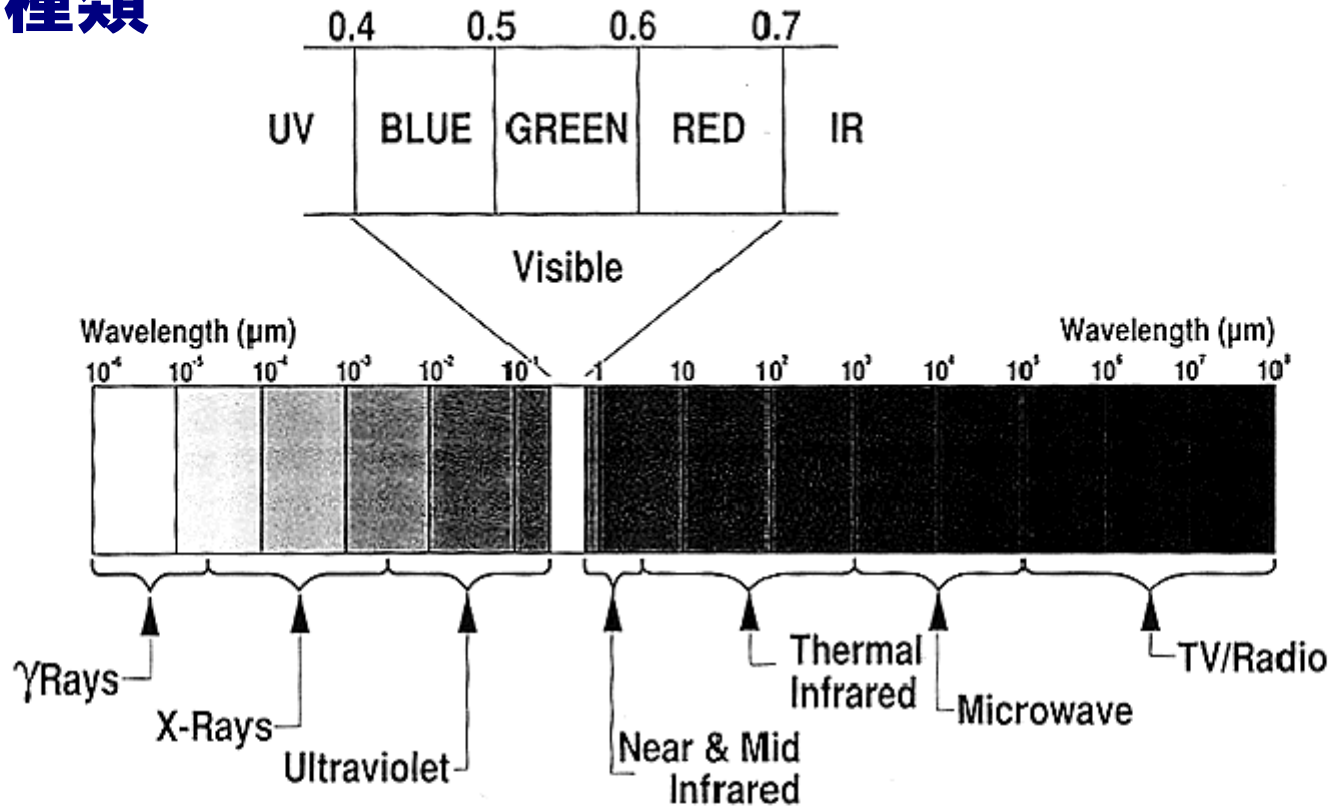
・リモートセンシングでは何を計測しているのか

・キーワードは電磁波　光は電磁波である

電磁波の呼び方　電磁波の呼称は分野によって異なる

波長	0.4～0.7μm	可視光
	0.7～1.0μm	近赤外域（NIR）
	1.0～2.5μm	短波長赤外域（SWIR）
	8.0～14.0μm	熱赤外域(TIR)
		（地表面の温度計測に利用）
	1.5～5μm	中間赤外域（MWIR）

電磁波の種類



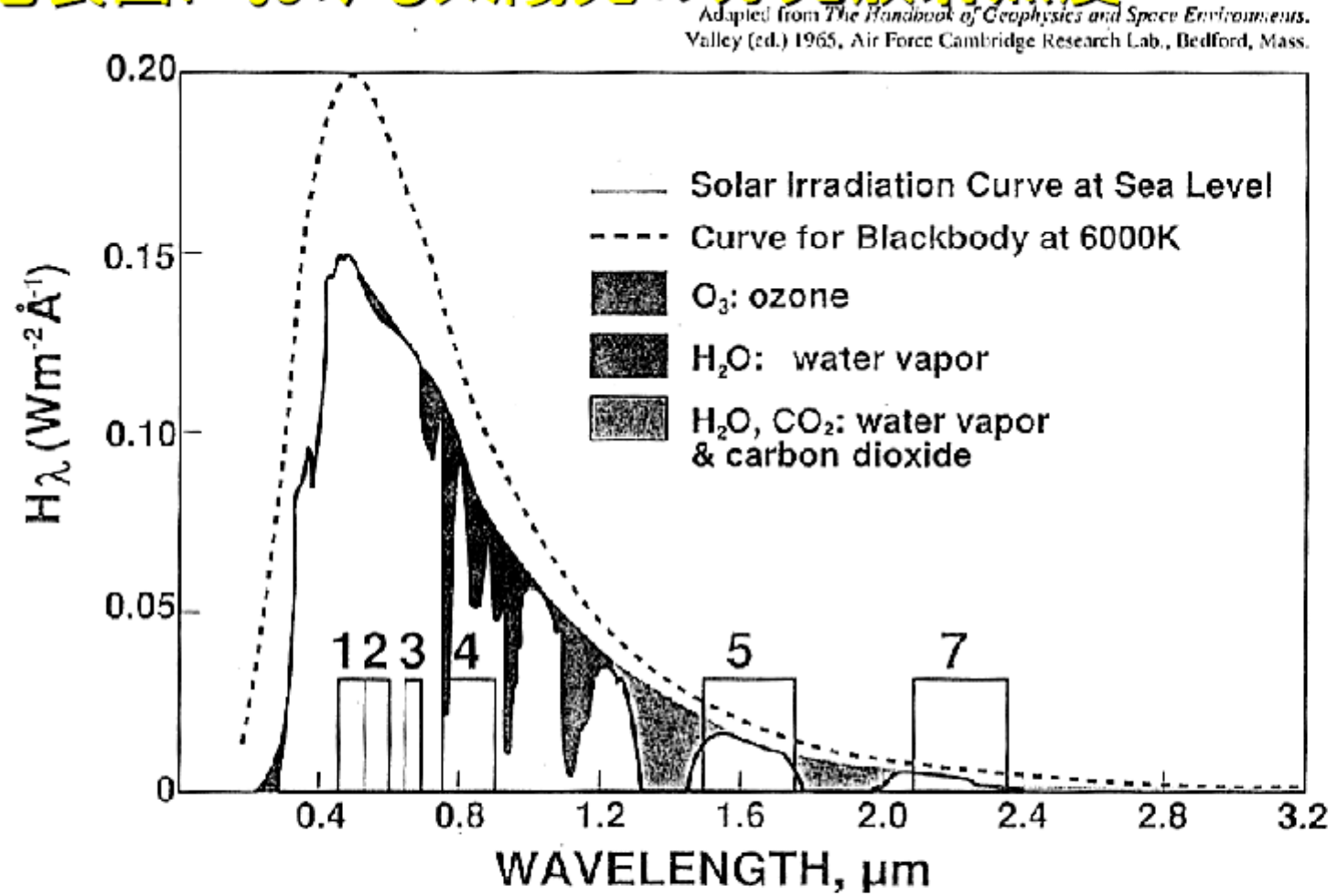
・太陽から届いた光は反射される　**反射**

・熱を持った物体は必ずエネルギーを放射している　**放射**

・電波の波長の電磁波もリモートセンシングに使われる

マイクロ波の放射を計測する
マイクロ波の散乱を計測する．．．レーダー　**散乱**

地表面における太陽光の分光放射照度



・太陽から来る電磁波の波長は概ね0.3～3μmの範囲にあり、エネルギーのピークは0.5μm付近にある

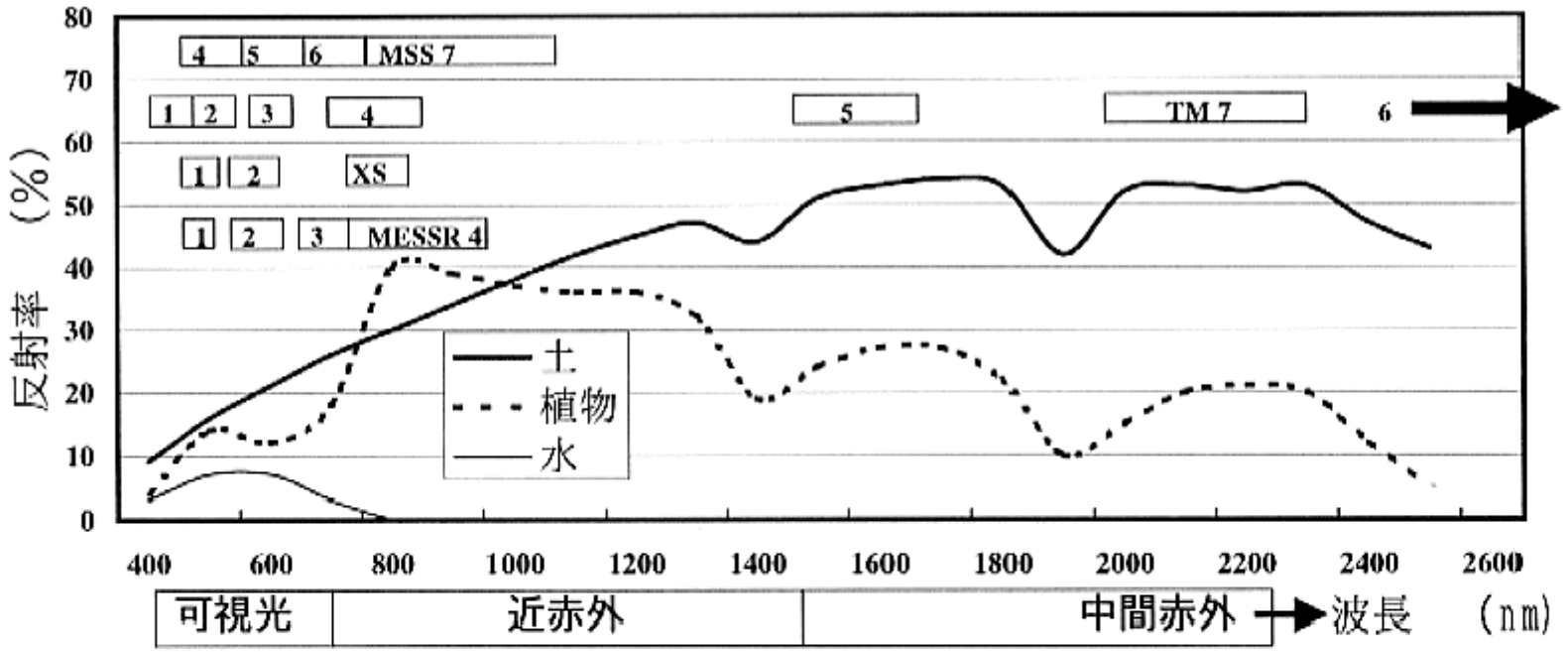
・大気中のオゾン、水蒸気、二酸化炭素等の吸収やエアロゾルによる散乱によって、地表面における波長ごとのエネルギー分布には多くの吸収帯が認められる

・人間の眼は太陽光の一番エネルギーの強い部分を感じるように進化してきた

・波長0.4μm（青）から0.7μm（赤）程度の範囲を**可視光**と呼んでいる

・さらに波長が長い領域は近赤外（0.7～1.0μm）、短波長赤外（1.0～2.5μm）と呼ばれる

分光反射特性



・地表面に到達した太陽光は反射されるが、反射率は波長によって異なる（分光反射特性）

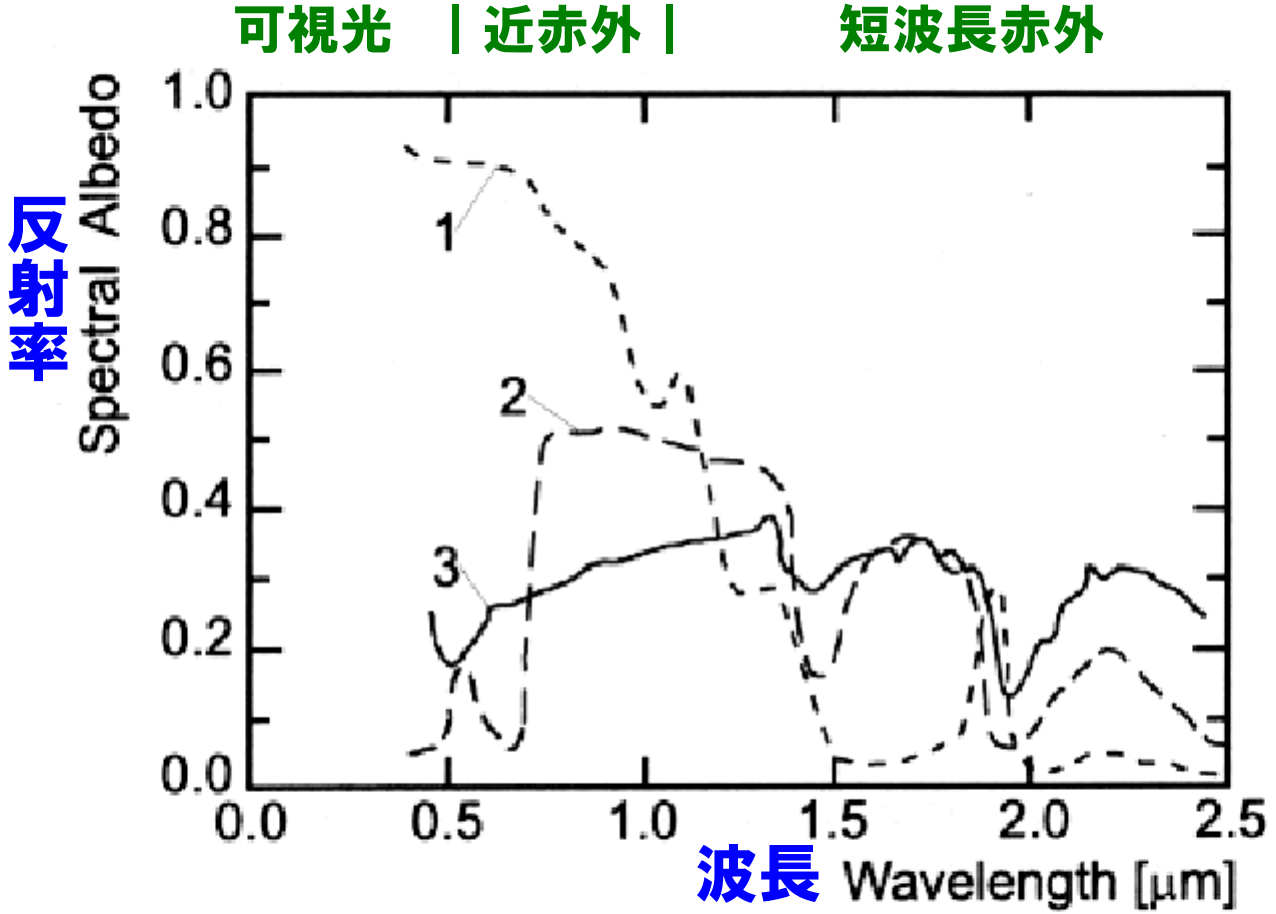
・例えば、植物の葉が緑に見えるのは0.5μm付近に可視光の領域に反射率の極大値があるからである

・近赤外領域は眼には見えないが、植物の葉の反射率は極めて高い

・水は波長が長い電磁波を吸収する

・これらの性質を利用すると、宇宙から分光反射率を観測することによって、対象が何かを判別できる

様々な対象の分光特性



例えば、雪は可視域では明るいが、短波長赤外域では暗い
⇒ 雲はすべての波長域で明るい

Fig. 2.10. Characteristic spectral reflectivity in the visible and shortwave infrared for (1) fresh snow, (2) a soybean leave, and (3) wet clay

1. 新しい雪、 2. 大豆の葉、 3. 湿った粘土

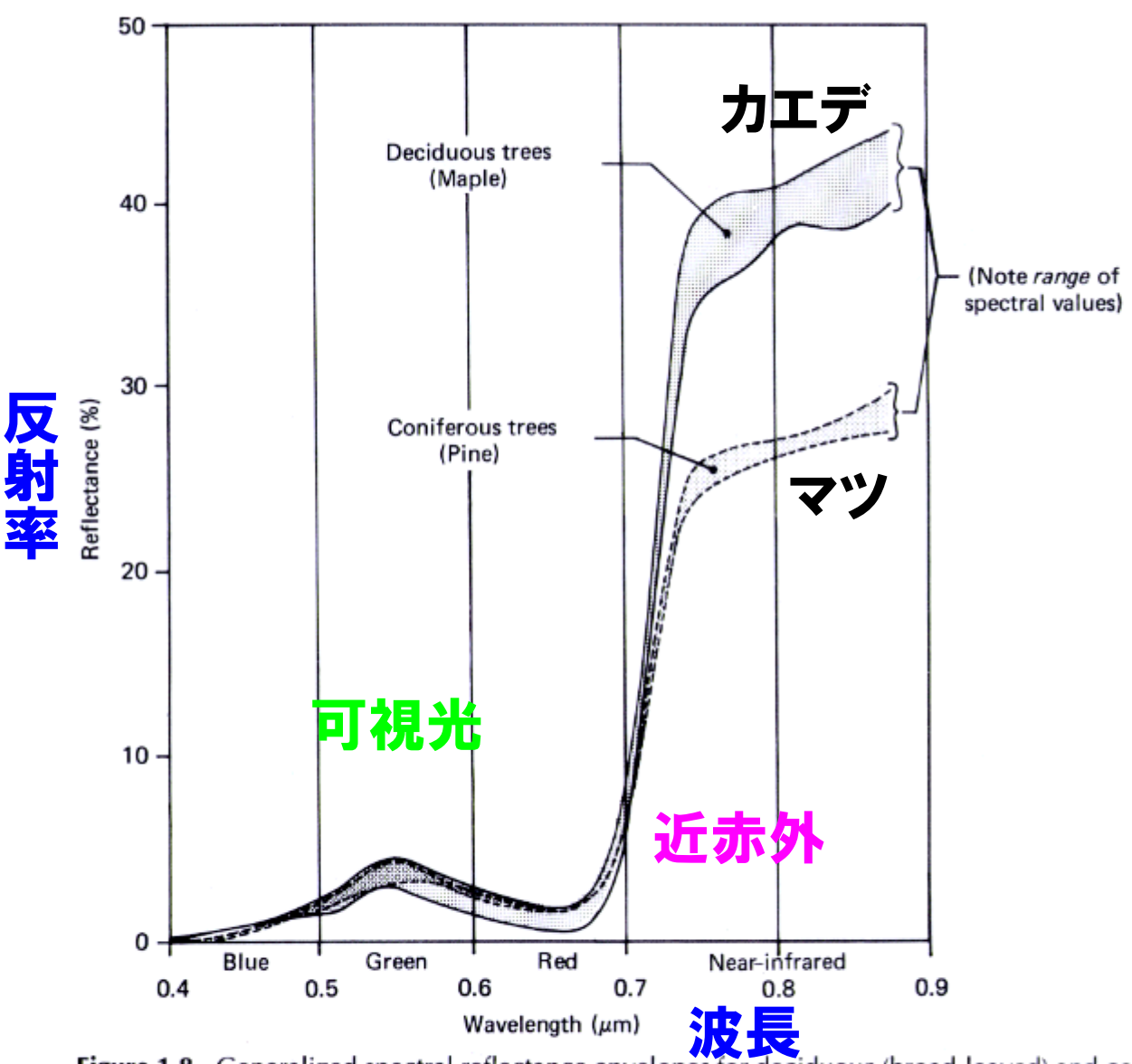
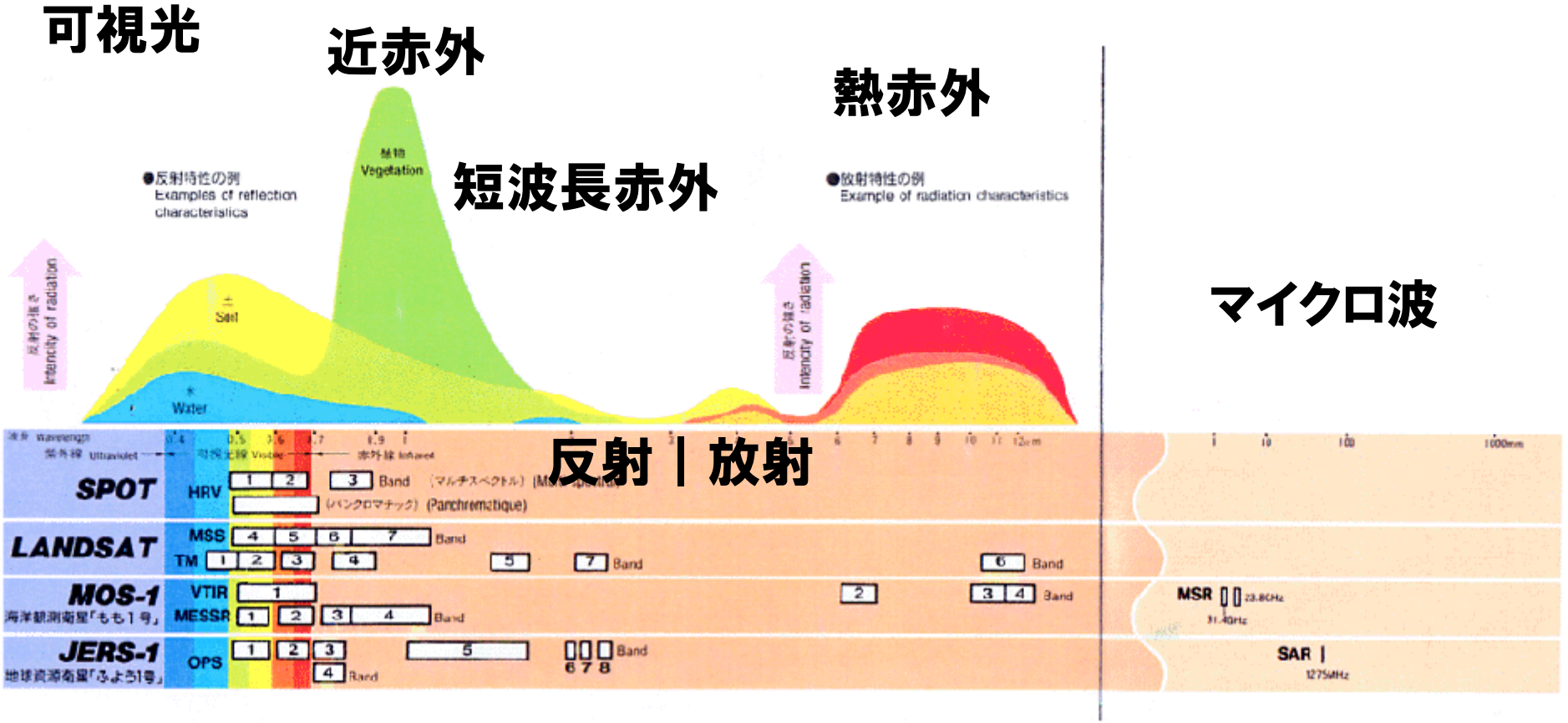


Figure 1.8 Generalized spectral reflectance envelopes for deciduous (broad-leaved) and coniferous (needle-bearing) trees. (Each tree type has a range of spectral reflectance values at any wavelength.) (Adapted from [36].)

可視光の範囲では、同じような色で区別は付けがたいが、近赤外の光で見ると、カエデの方が明るい。



・人工衛星によるリモートセンシングでは、様々な対象の分光反射特性を計測しているが、すべての波長を計測しているわけではない

・設定された複数の波長範囲の反射輝度（反射された電磁波の強さ）を計測している

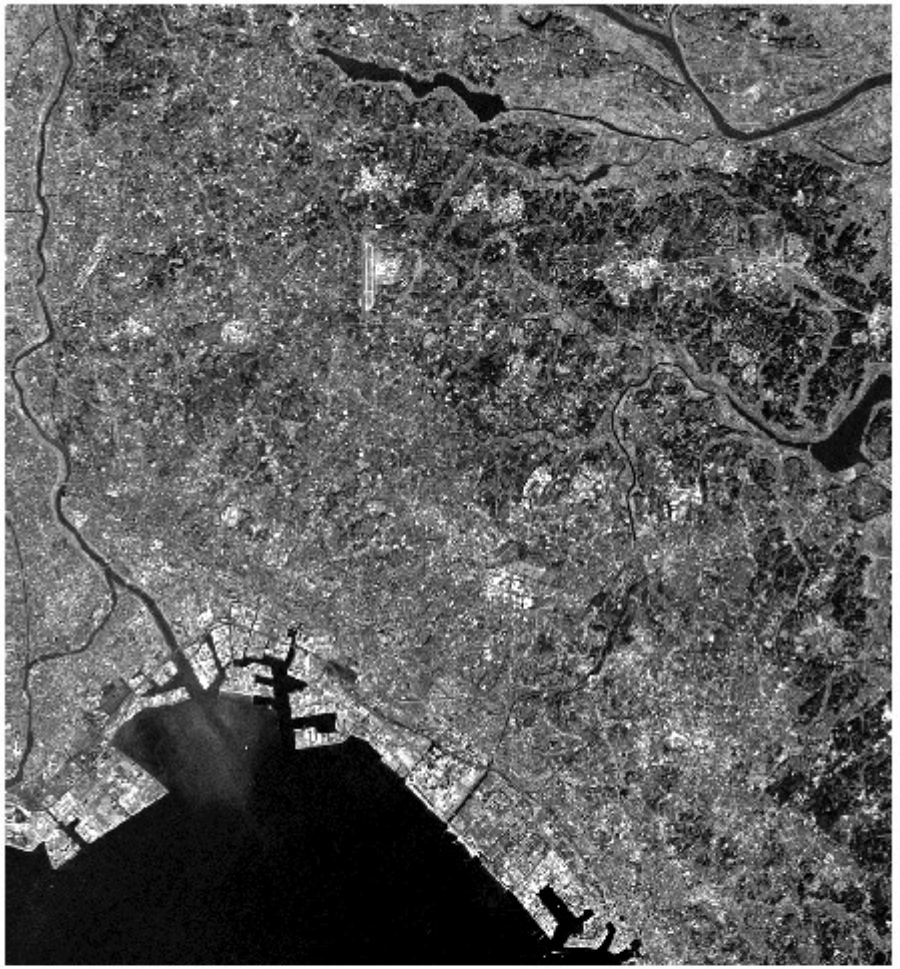
・画像データの解析では、それぞれのバンドの観測値をコンピューターのRGBに割り振って画像化している

・したがって、画像の色合いは任意に決定することができる

・*画像を表示してみよう*

バンド1　青

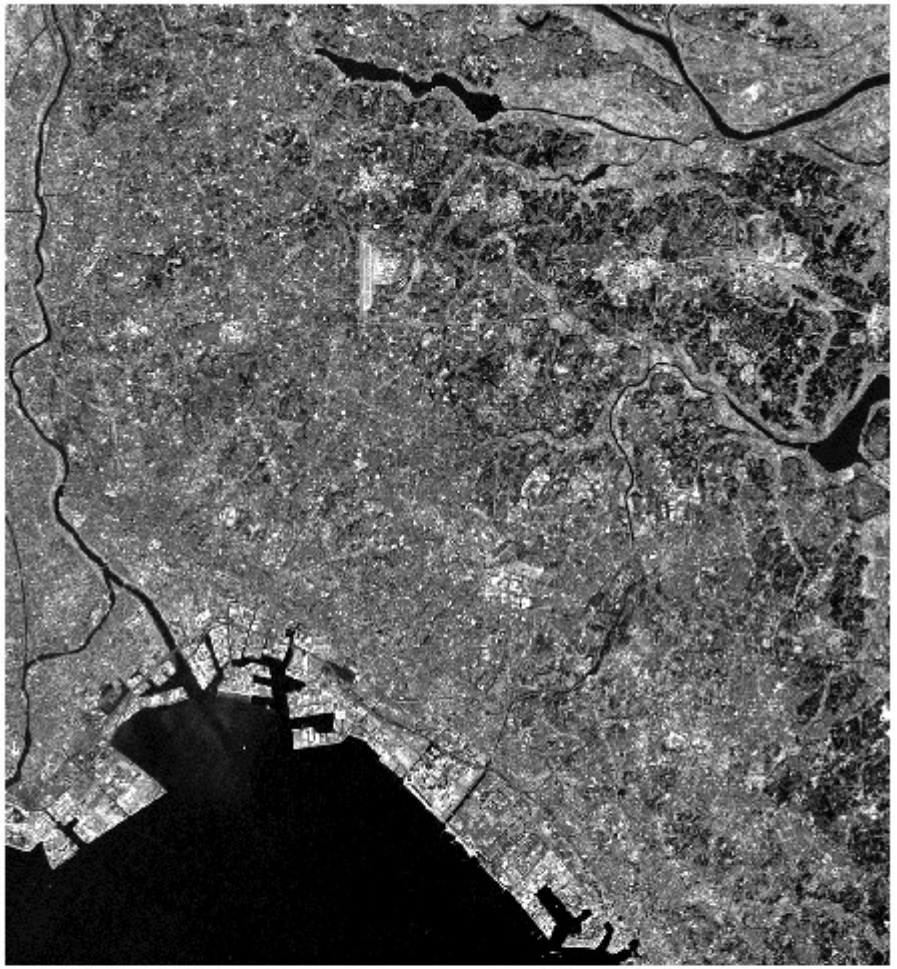
バンド2　緑



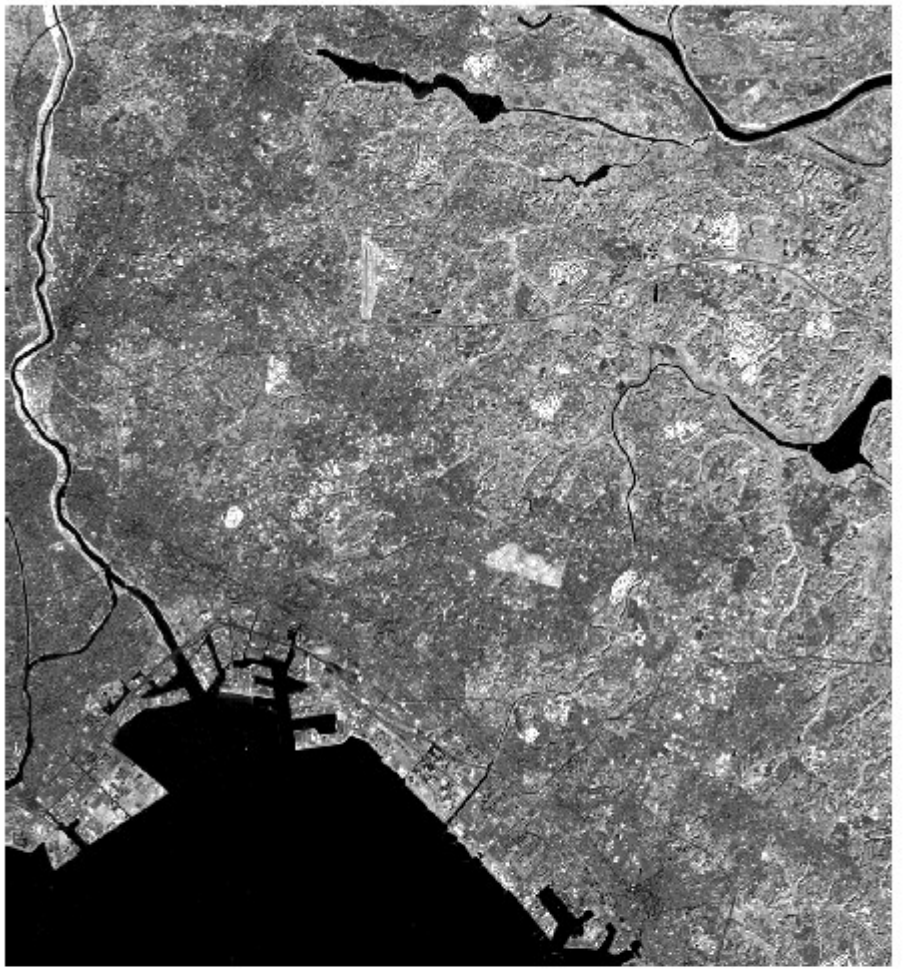
ランドサット7号ETM+によるバンド1（左）とバンド2（右）の画像

・可視光の青と緑の波長域なので、自然に見える
・水域の情報も多い

バンド３　赤



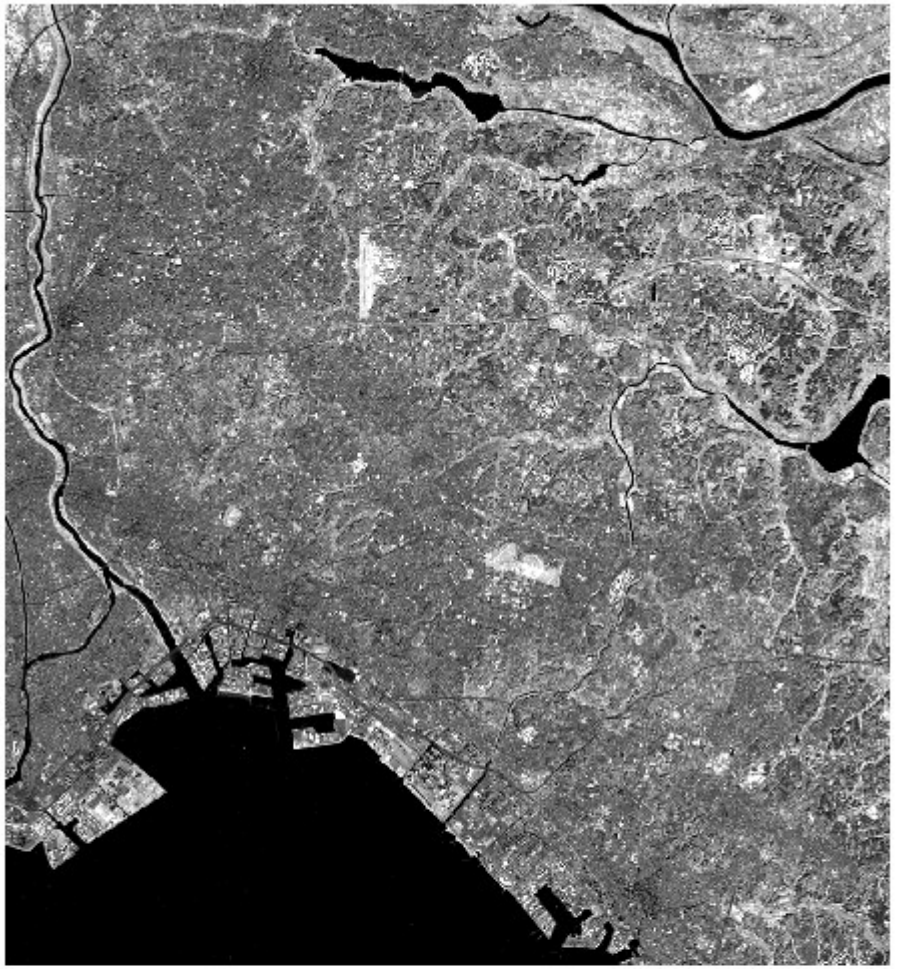
バンド４　近赤外



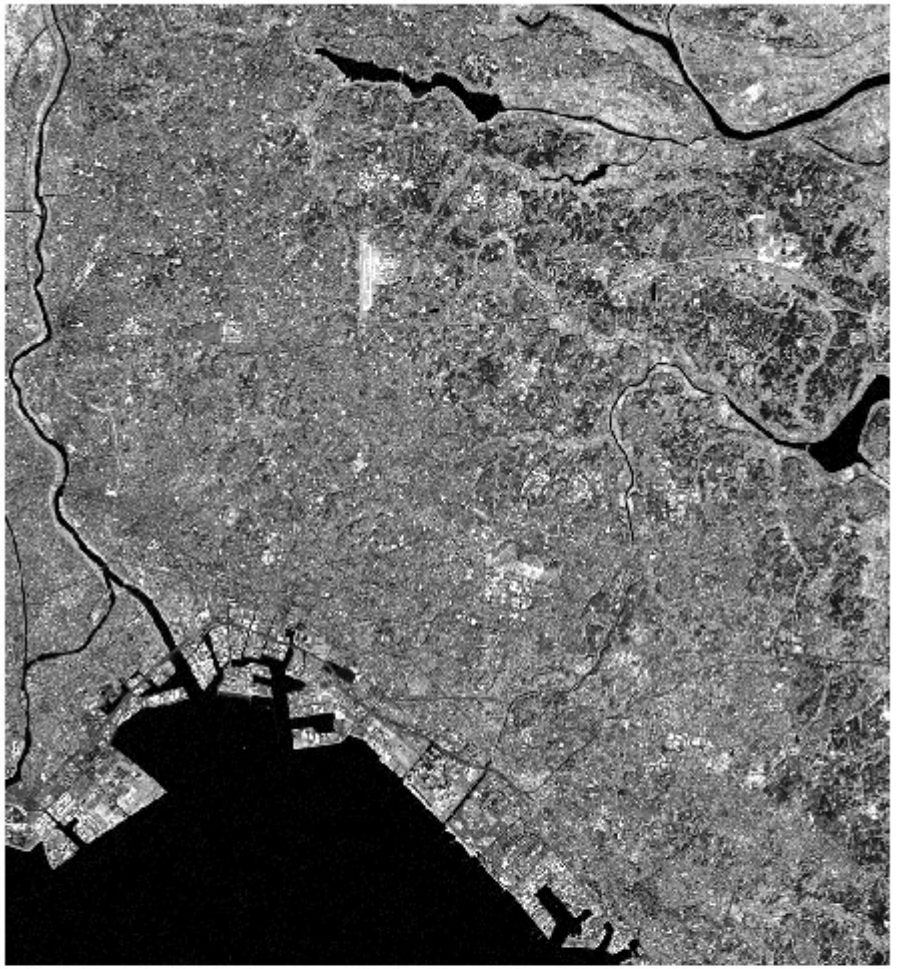
バンド3（左）とバンド4（右）の画像

・クロロフィルによる吸収帯（赤）と反射が強い波長域（近赤外）に対応

バンド５　短波長赤外



バンド７　短波長赤外



人間の眼には見えない短波長赤外のバンド

・いろいろな対象によって”見え方”が異なることに注目

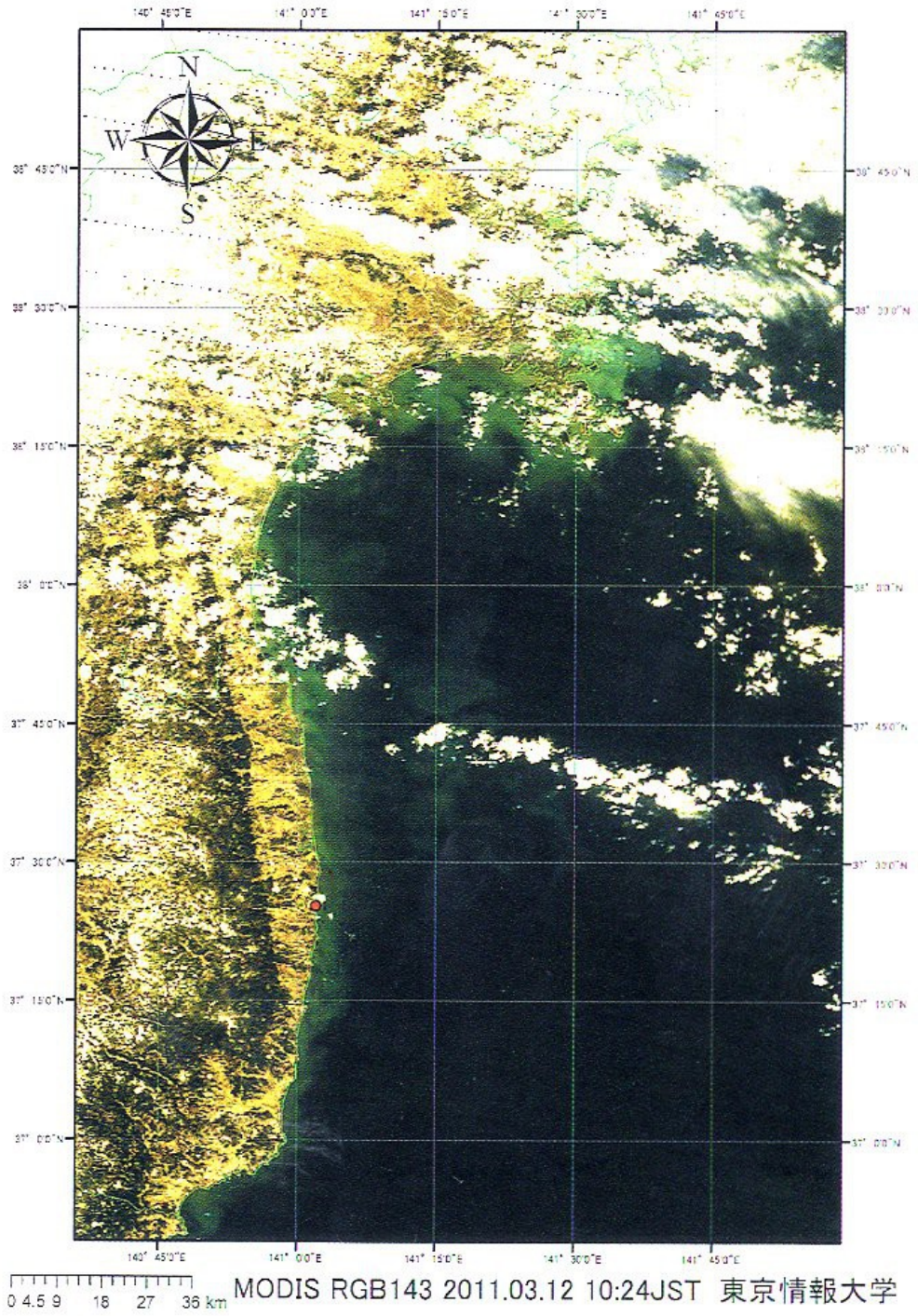


図2　MODISが捉えた津波の引き潮（2011年3月12日10時24分（JST）観測）

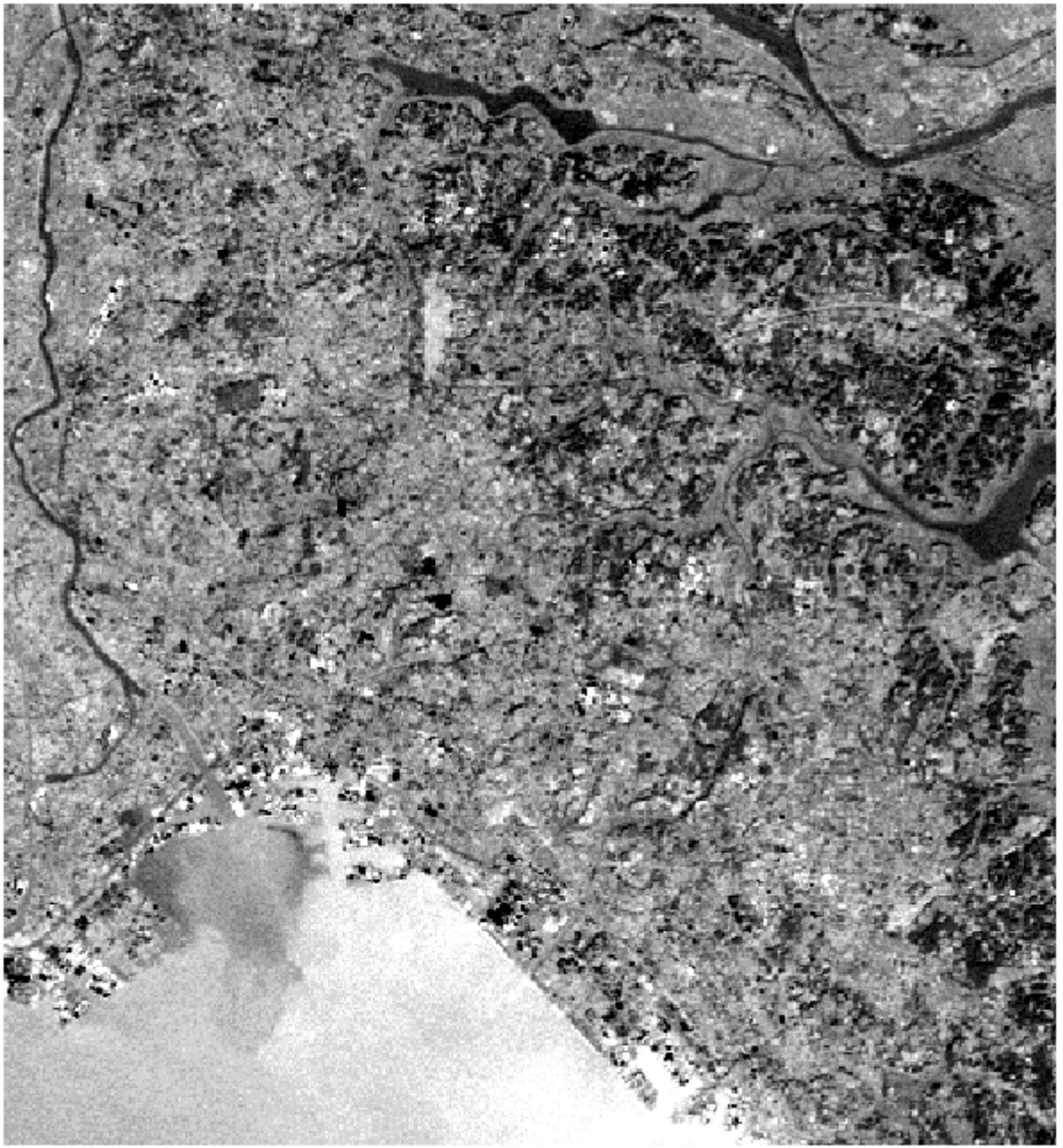
地表面や海洋の分光特性を用いた個別のリモートセンシングの応用事例はたくさんある

左の画像は津波の引き潮の範囲を表していると思われる

捜索範囲の設定？

東京情報大学提供

熱赤外画像の応用

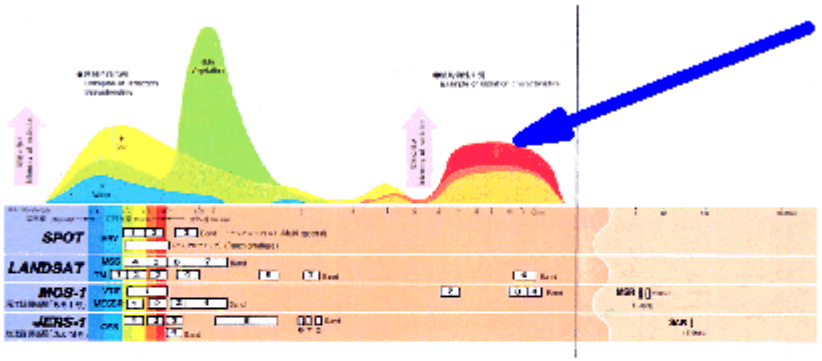


ETM+のバンド6は空間分解能60mの熱赤外バンド

その画像は相対的な地表面温度の高低を表す

左は2001年11月、すなわち秋の画像、明るい部分ほど温度が高い（気象衛星とは逆）

では、どうして宇宙から温度を計測できるのだろうか？



太陽光のエネルギーは3μm程度でほとんどゼロになるはずだが、波長10μm付近にあるピークは何か？

熱放射

・あらゆる物体はエネルギーを放射している
・そのエネルギーは絶対温度の4乗に比例（シュテファン・ボルツマンの法則）

$$E = \sigma T^4$$

ここで、σ：シュテファン・ボルツマン定数

・ということは、物体から放射されるエネルギーがわかれば、その物体の表面温度を求めることができる

・ウイーンの変位測：物体の温度が高くなるに従って、その色は波長の短い方へずれる

・放射量が最大となる波長λmは絶対温度Tに逆比例

λmT=定数=0.2898cm・deg（実測値）

・ということは、λmを測れば、その物体の温度がわかる

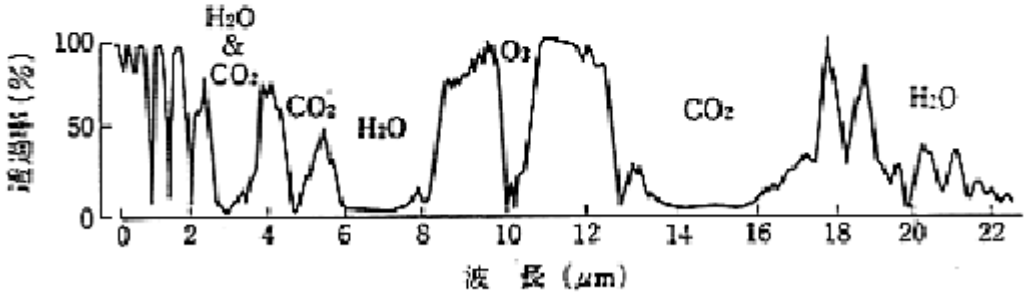
太陽の場合：λm＝0.5μmを代入すると、T=5800Kを得る

・また、温度がわかれば最大放射を示す波長を求めることができる

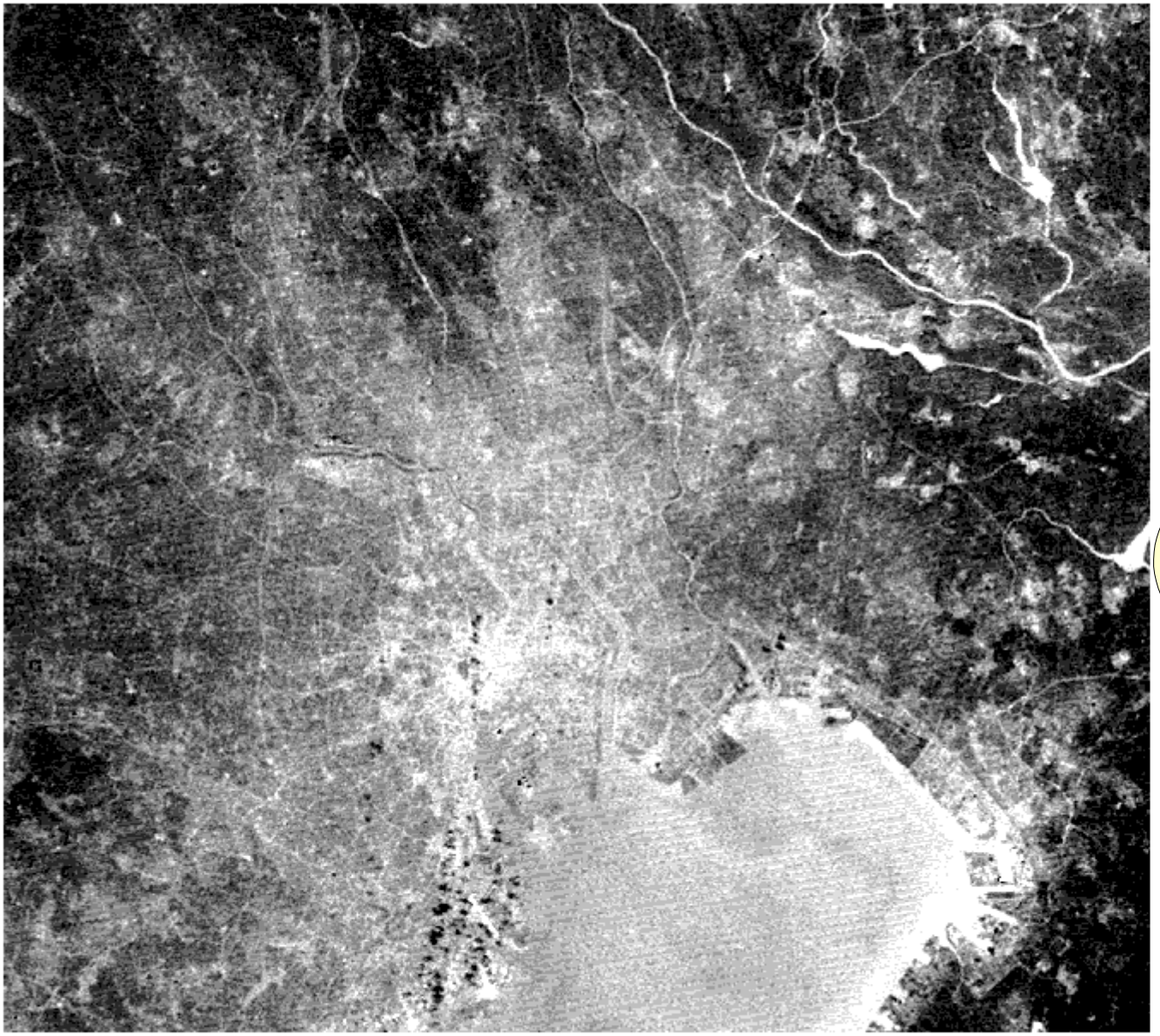
太陽の場合：T=6000Kを代入すると、λm=0.5μmを得る
常温の物体：T=300Kを代入すると、λm=10μmを得る

・大気の窓　10μm帯は大気による減衰が少ない窓領域

・よって、10μm帯の放射を宇宙から計測すると　地表面近傍の温度が得られる



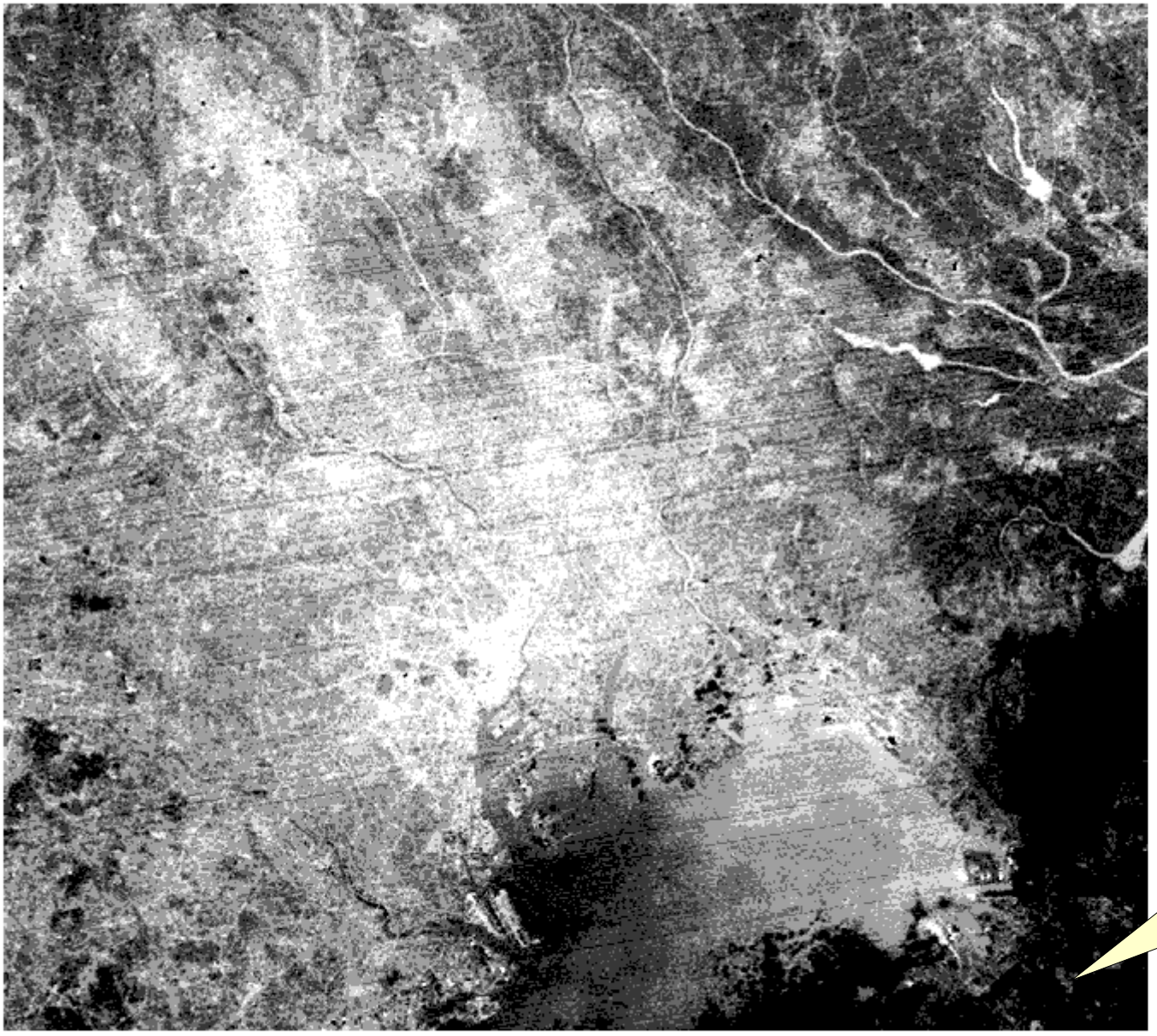
ヒートアイランドの観測事例



1984年8月14日の午後9時頃（すなわち、夜間）の東京の地表面温度（観測輝度温度分布）

火山噴火、火災モニタリングへの応用

ヒートアイランドの経時変下



1994年8月10日の同じ範囲の温度分布

10年経つとセンサーの劣化もあるが、相対的（空間的）な温度分布は正しいと見て良いだろう

郊外で高温化が進んでいる？

高空間分解能熱赤外センサの必要性

まとめ

人工衛星によるリモートセンシングは大きく、

・太陽光の反射を計測する可視・赤外リモートセンシング

・熱放射を計測する熱赤外リモートセンシング

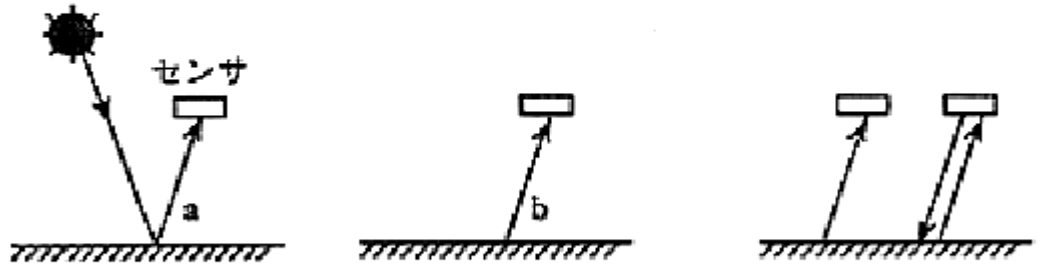
に分けられ、さらにマイクロ波リモートセンシングでは、

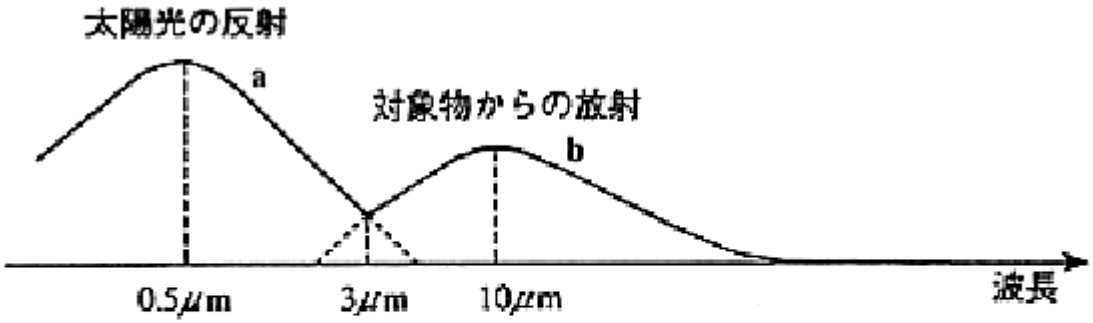
・対象からの微弱なマイクロ波放射を計測するリモートセンシング

・衛星からマイクロ波パルスを放射し、散乱の強さを計測するリモートセンシング（レーダー）

に分けることができる

可視・反射赤外リモートセンシング	熱赤外リモートセンシング	マイクロ波リモートセンシング





紫外	可視光	反射赤外	熱赤外	マイクロ波
0.4μm	0.7μm			1mm

リモートセンシングの基礎Ⅲ

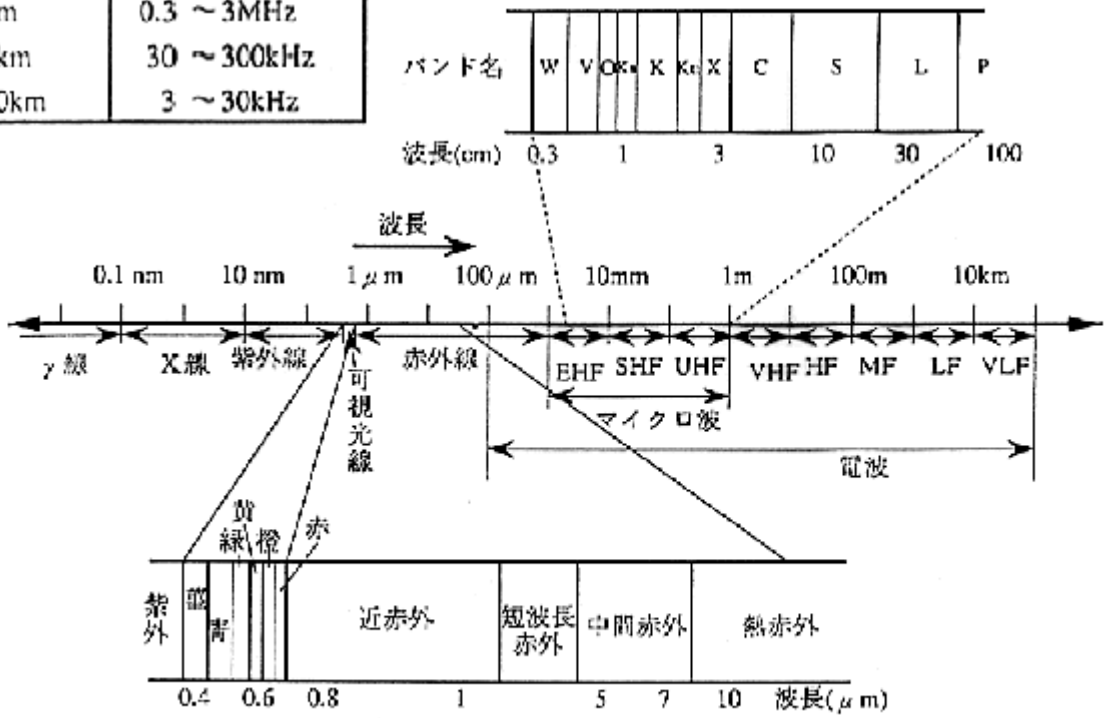
マイクロ波リモートセンシング

マイクロ波

あらゆる物体は電磁波を放射しています。常温の物体が放射する10μm程度の波長の電磁波は物体の温度を計測することができます。電磁波は非常に幅広い波長帯を持ちますが、波長がcmのオーダーであるマイクロ波もリモートセンシングに用いられています。

マイクロ波の波長帯

名称			波長範囲	周波数範囲
紫外線			10nm～0.4μm	750 ～3,000THz
可視光線			0.4 ～0.7μm	430 ～750THz
赤外線	近赤外		0.7 ～1.3μm	230 ～430THz
	短波長赤外		1.3 ～3μm	100 ～230THz
	中間赤外		3 ～8μm	38 ～100THz
	熱赤外		8 ～14μm	22 ～38THz
	遠赤外		14μm ～1mm	0.3 ～22THz
電波	サブミリ波		0.1 ～1mm	0.3 ～3THz
	マイクロ波	ミリメートル波 (EHF)	1 ～10mm	30 ～300GHz
		センチメートル波 (SHF)	1 ～10cm	3 ～30GHz
		デシメートル波 (UHF)	0.1 ～1m	0.3 ～3GHz
	超短波 (VHF)		1 ～10m	30 ～300MHz
	短波 (HF)		10 ～100m	3 ～30MHz
	中波 (MF)		0.1 ～1km	0.3 ～3MHz
	長波 (LF)		1 ～10km	30 ～300kHz
	超長波 (VLF)		10 ～100km	3 ～30kHz



マイクロ波とは

厳密な定義はないが、波長でcmオーダー、周波数ではGHz帯（1～300GHz帯）の電波の総称

マイクロ波センサには次の二つがある

（1）受動マイクロ波センサ

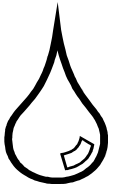
マイクロ波放射計で、大気や地表からのマイクロ波の微弱な放射量を計測する

（2）能動マイクロ波センサ

マイクロ波帯の電波を発射し、観測対象物から散乱によって戻ってくる電波を受信するレーダ型のセンサ

(a)マイクロ波散乱計
(b)マイクロ波高度計
(c)映像レーダ

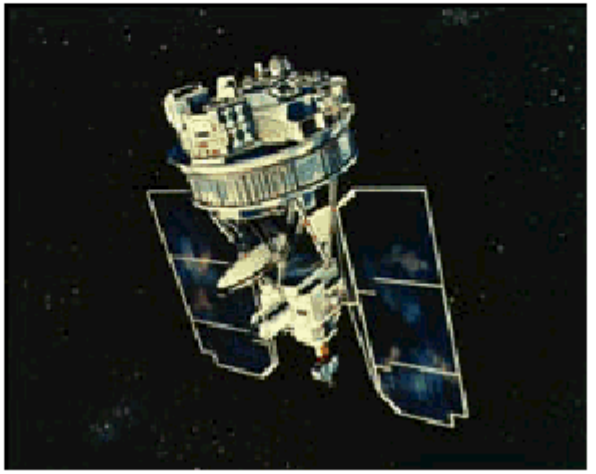
合成開口レーダー

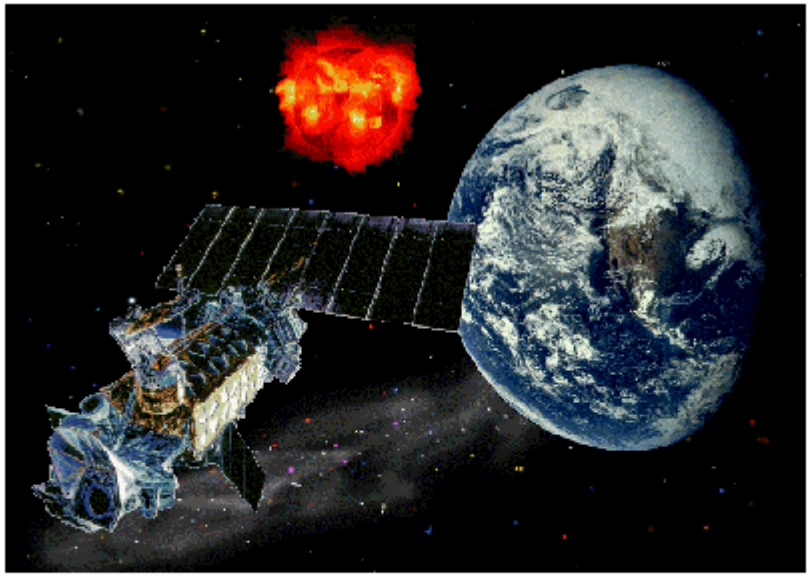


マイクロ波リモートセンシングの歴史

Ⅰ.マイクロ波放射計

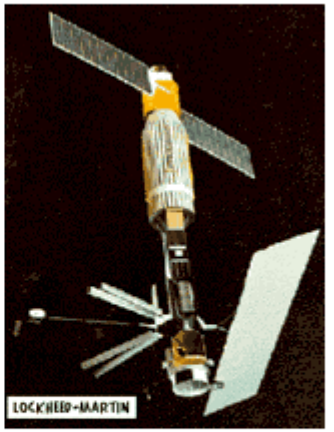
・NIMBUS-7(1978) SMMR搭載(実験衛星)
・DMS/P(1987～) SSM/I
・MOS-1(1987) MSR





アメリカの実験衛星NIMBUSがはじめてSMMRを搭載したが、実用的なマイクロ波放射計はDMS/P衛星に搭載されたSSM/Iであった。日本も同時期にMSRをMOS-1に搭載したがあまり使われなかった。

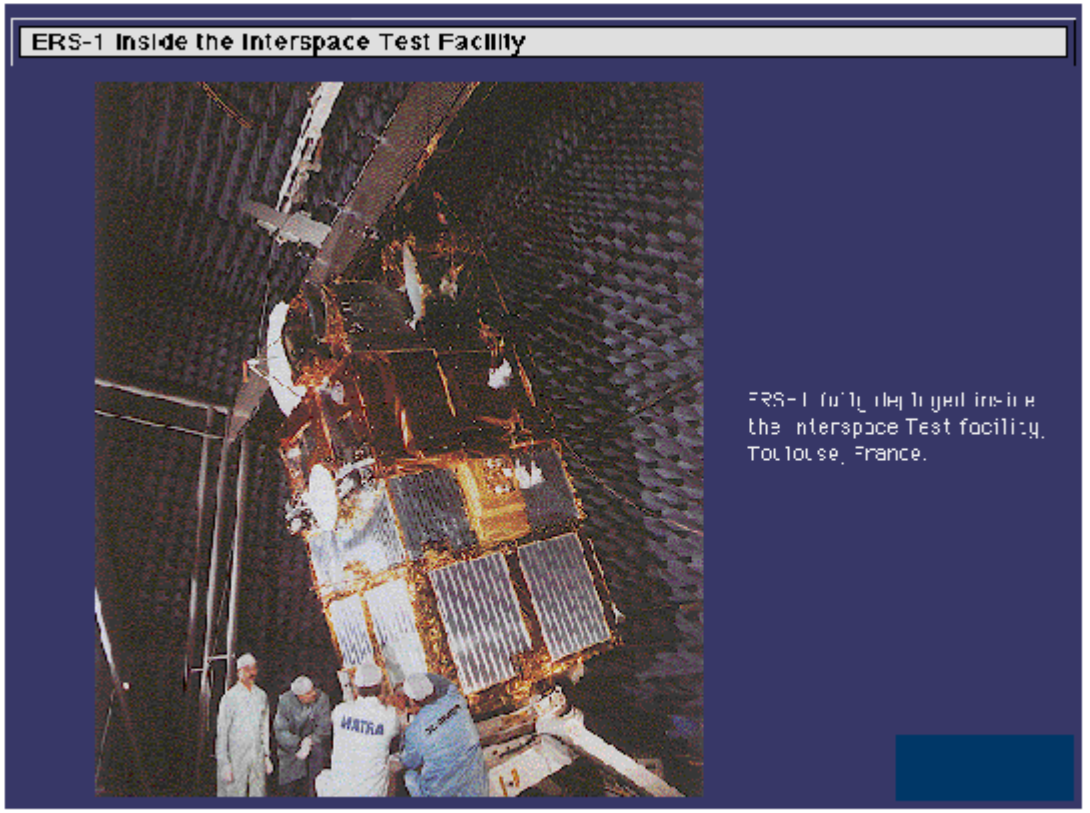
Ⅱ．合成開口レーダー



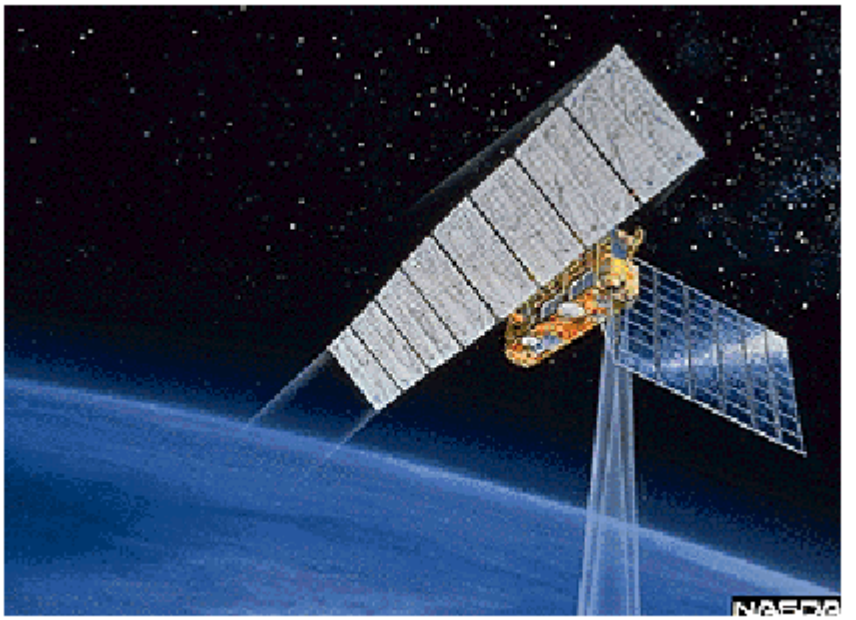
小さなアンテナでも大きなアンテナとして働くようにエ夫したレーダーシステム

- SEASAT（1978）
- ERS1（1991）
- JERS1(1992)
- RADARSAT

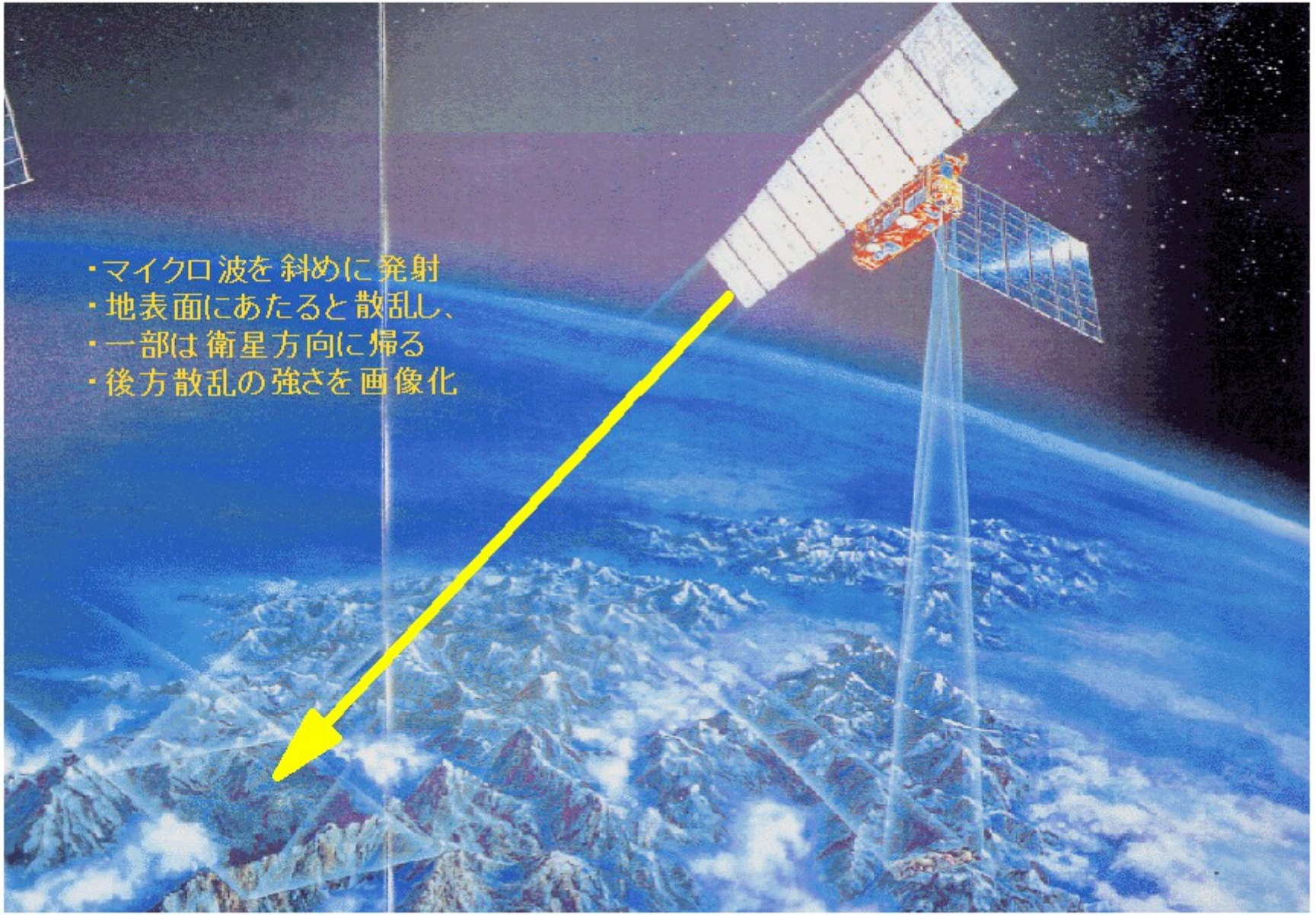
SEASATは初めて合成開口レーダーを搭載したが約100日間しか働かなかった。しかし、その期間に貴重なデータを送り続け、人工衛星によるマイクロ波リモートセンシングの有効性を確立した。



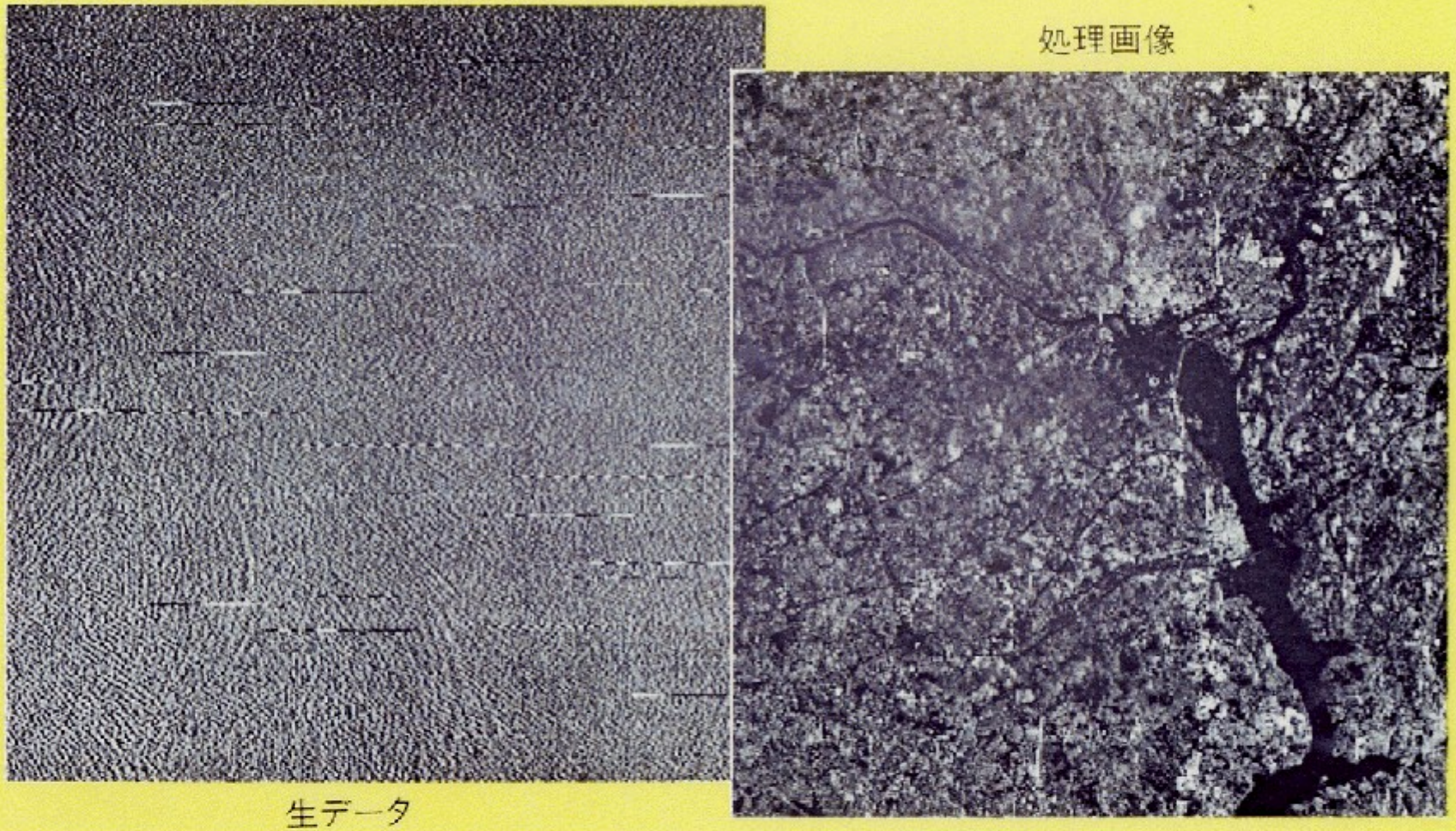
SEASATに続いて打ち上げられたのは、欧州宇宙機関のERS1（Europian Remote Sensing Satellite-1、そして日本のJERS1(Japanese Earth Resources Satellite-1)であった。



合成開口レーダー



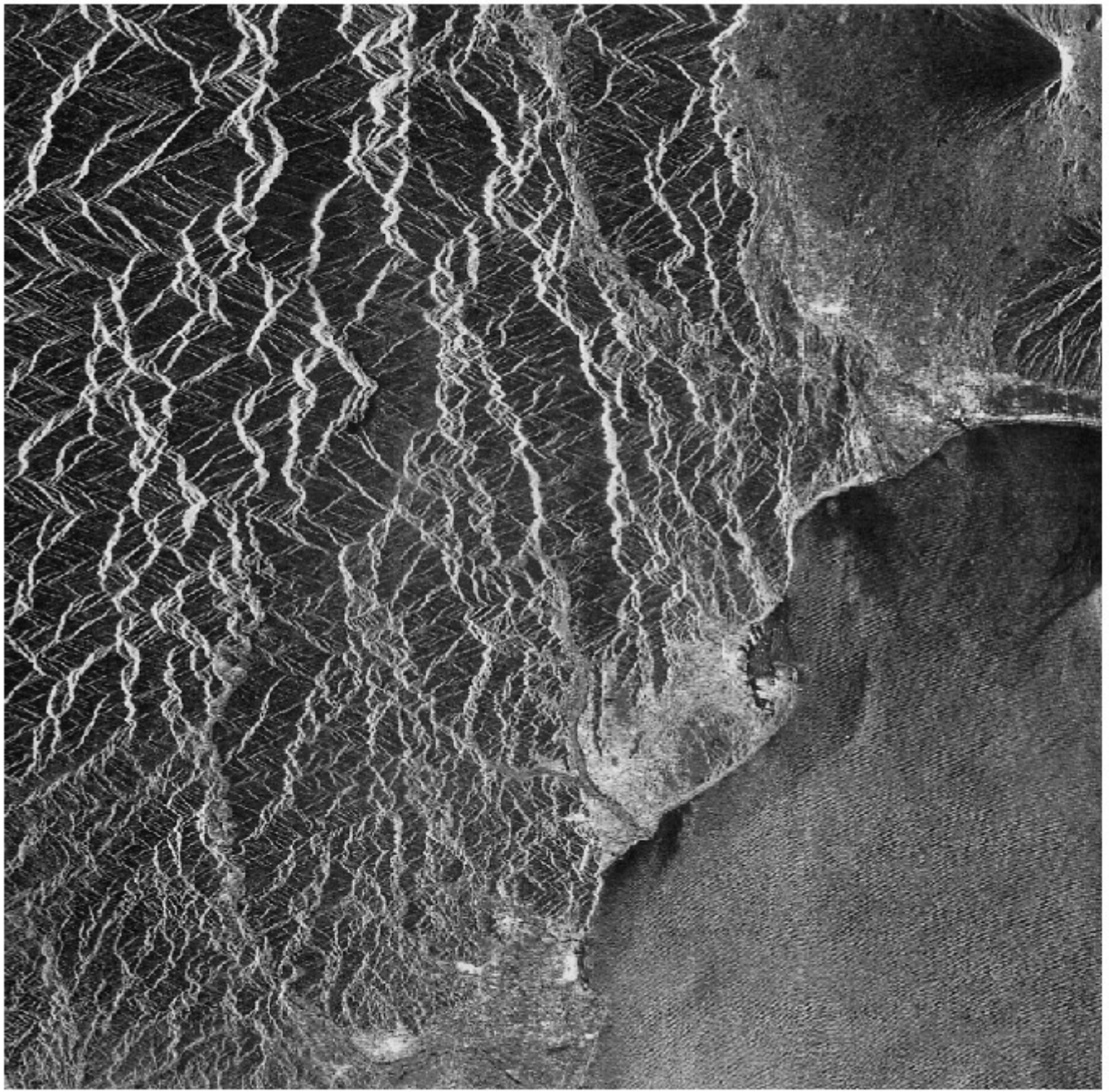
〈SARデータの処理〉



80年代はSARデータの再生は光学的に行われていた。コンピューターで簡単に再生できるようになったのは90年代であるが、この間に並列コンピューターの発達を促した。

JERS1とERS1の合成開口レーダーのパラメーター

項　　目	（Ｊ）ＥＲＳ－１ ＳＡＲ	ＥＲＳ－１ ＡＭＩ（映像モード）
周波数	１．２７ＧＨｚ(L-band)	５．３ＧＨｚ(C-band)
波　長	２３．６ｃｍ	５．７ｃｍ
偏　波	ＨＨ	ＶＶ
オフナディア角	３５°	２３°
走査幅	７５Ｋｍ	８０ｋｍ
地上分解能	１８ｍ	３０ｍ
高　度	５６８．０２３ｋｍ	
軌道長長半径		７１５３．１ｋｍ
回帰日数	４４日	３日　氷観測用 ３５日　通常観測用 １７６日　海洋観測用
降交点通過地方時	１０：３０～１１：００	１０：３０

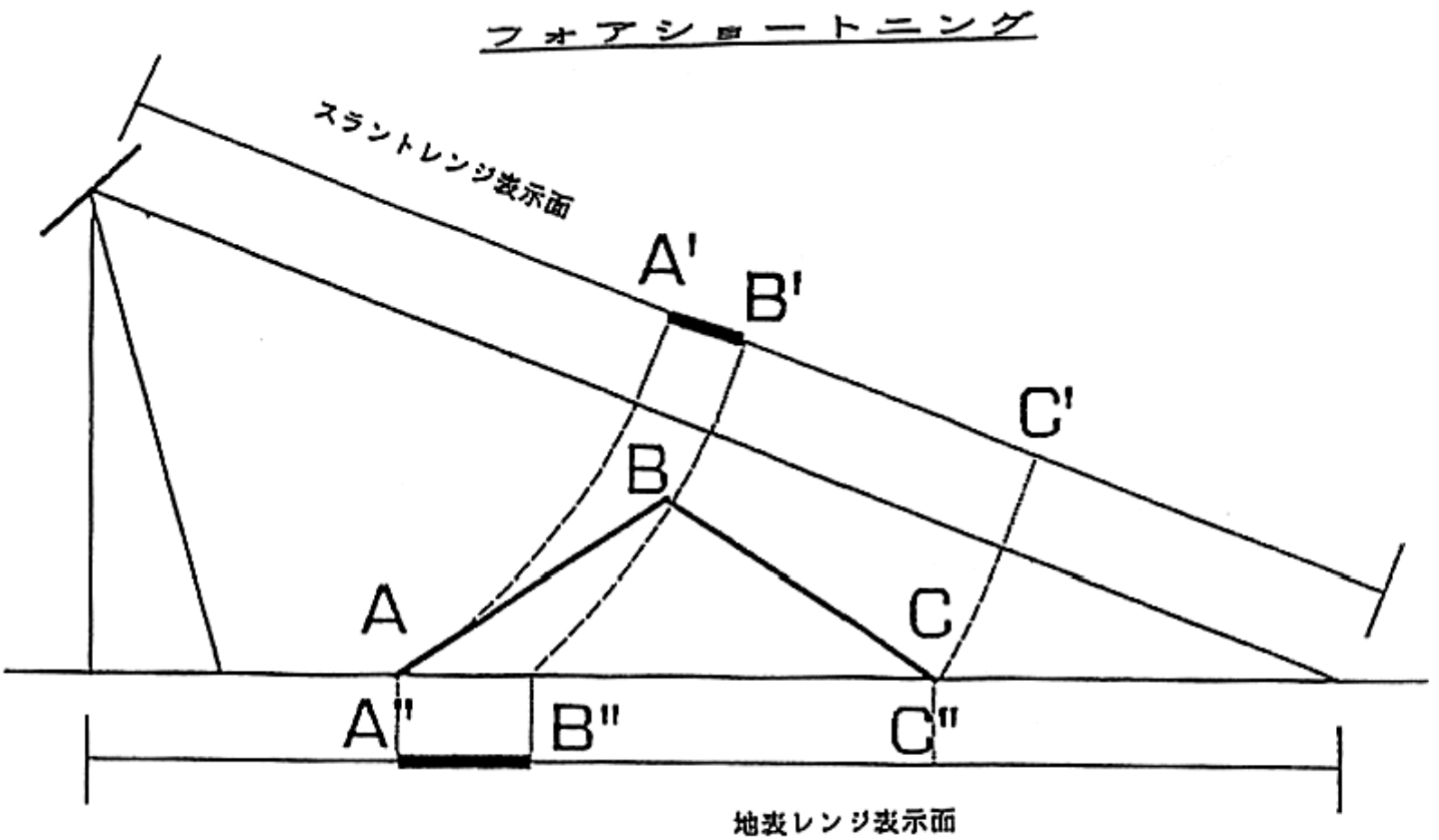


ERS1による静岡付近の画像

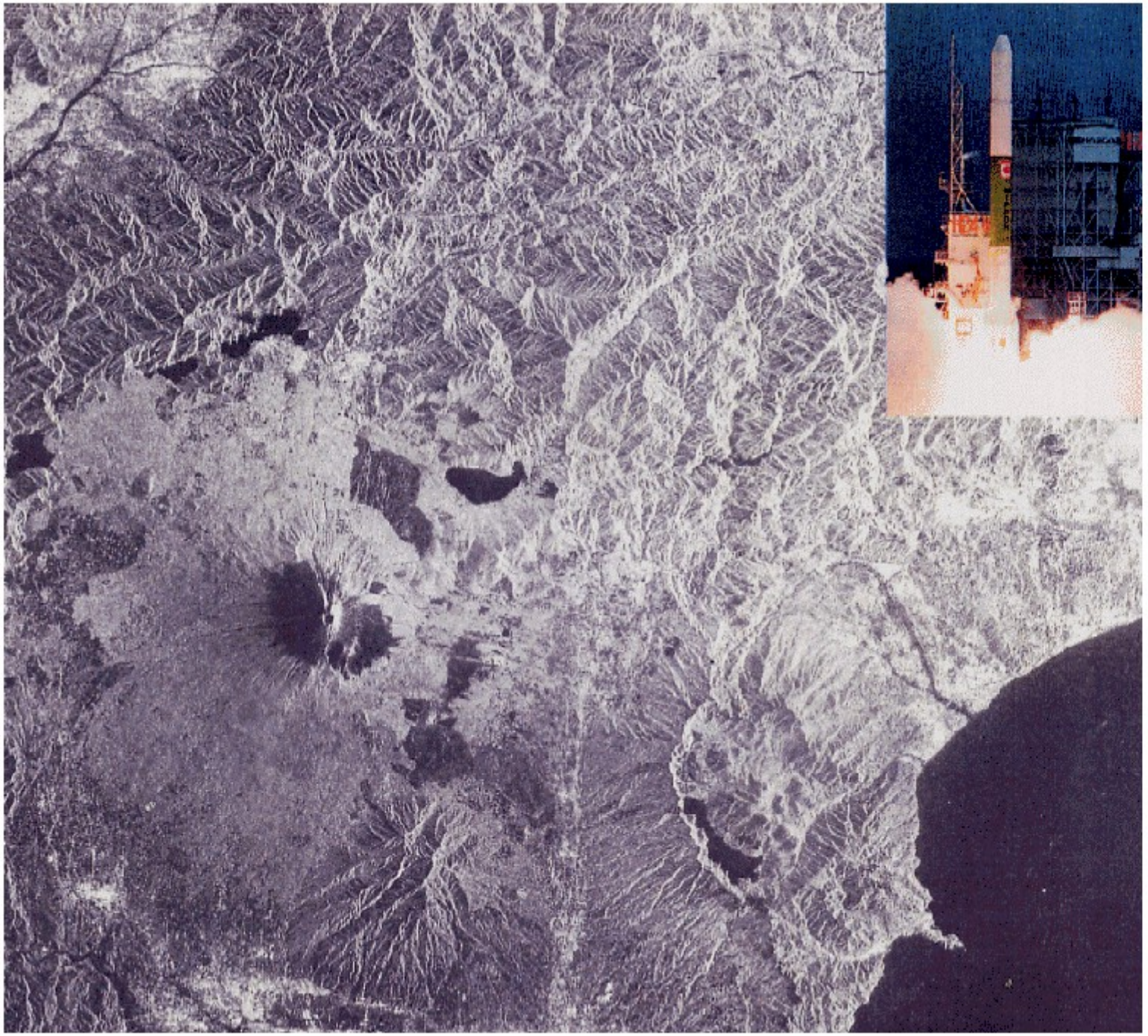
画像の濃淡は地表からの散乱の強さを表す

・富士山の形は？
・赤石山脈の形は？
・海に見えるものは？

海のパターンはマイクロ波の波長スケールのさざ波



レーダー画像では画像上の位置は衛星からの距離に比例する。上図のように二等辺三角形の山は画像上では衛星側の斜面が短く映し出される。これをフォアショートニングという。

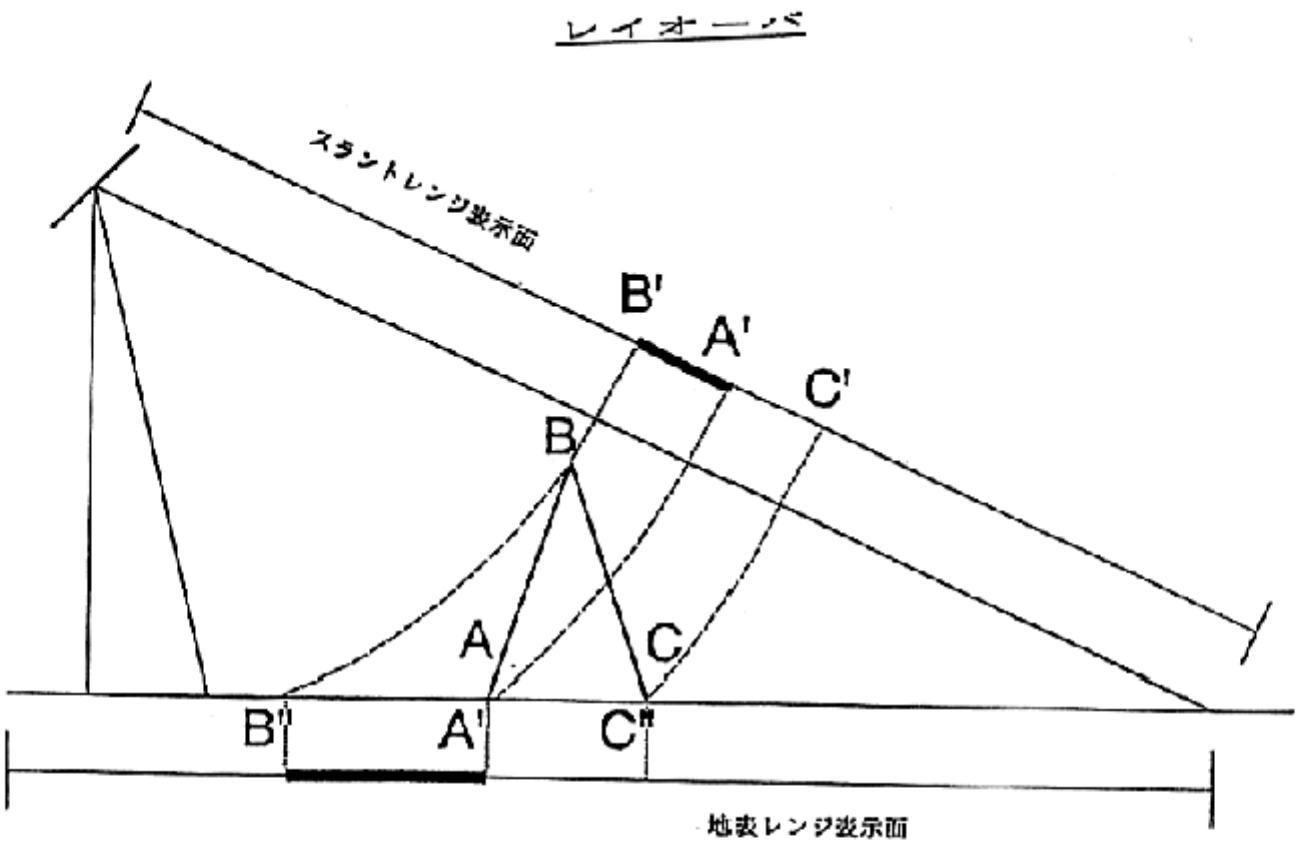


JSARによる富士山周辺地域

・色合いの違いは？

・地形はよく見える？

・海の情報は？



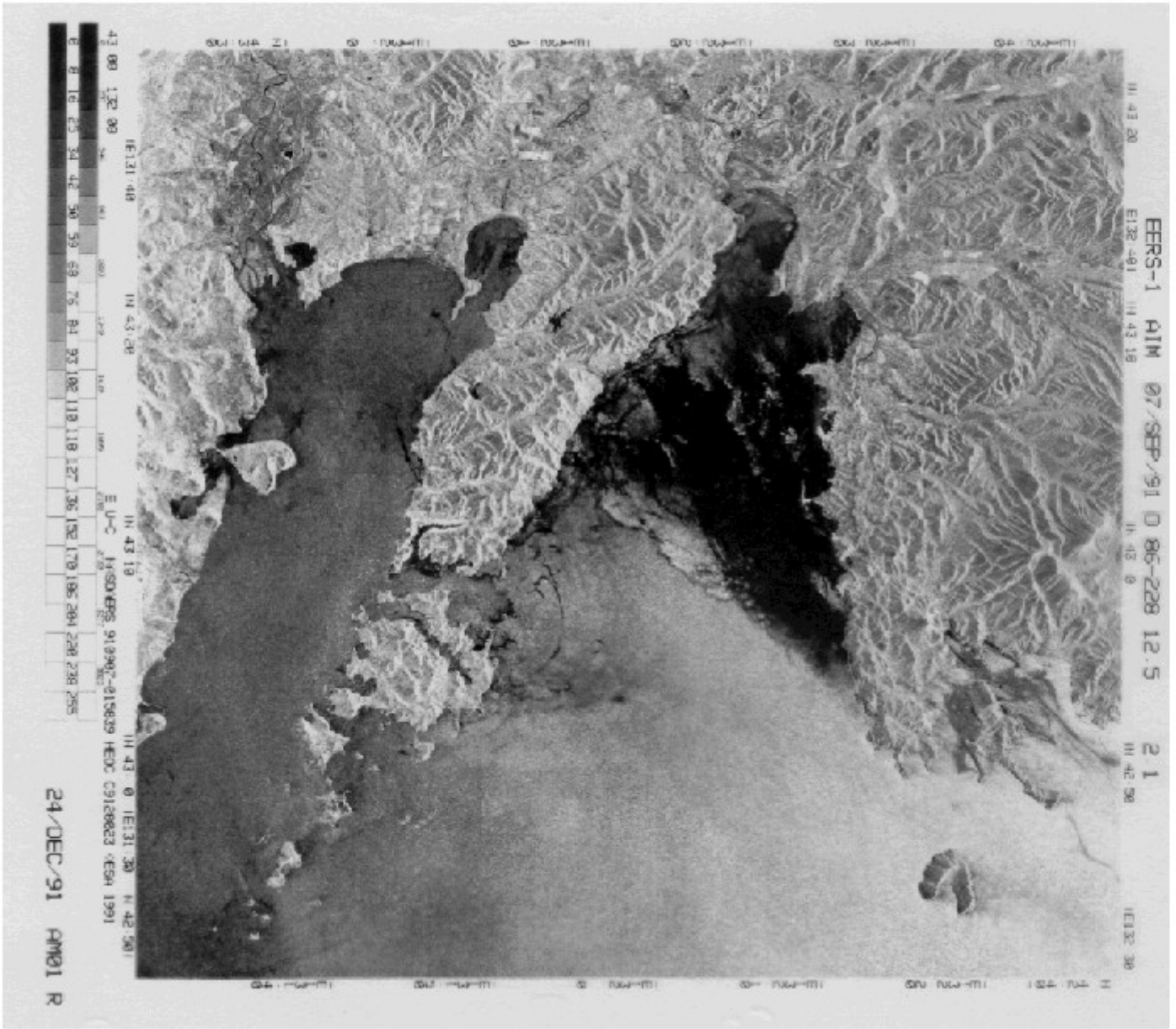
レイオーバー

・山の比高が大きくなると、山頂がセンサ側に倒れ込み斜面の情報は失われる

レーダーシャドウ

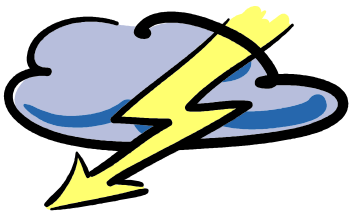
・山の起伏が大きくなると陰となり、情報が抽出できない部分が多くなる

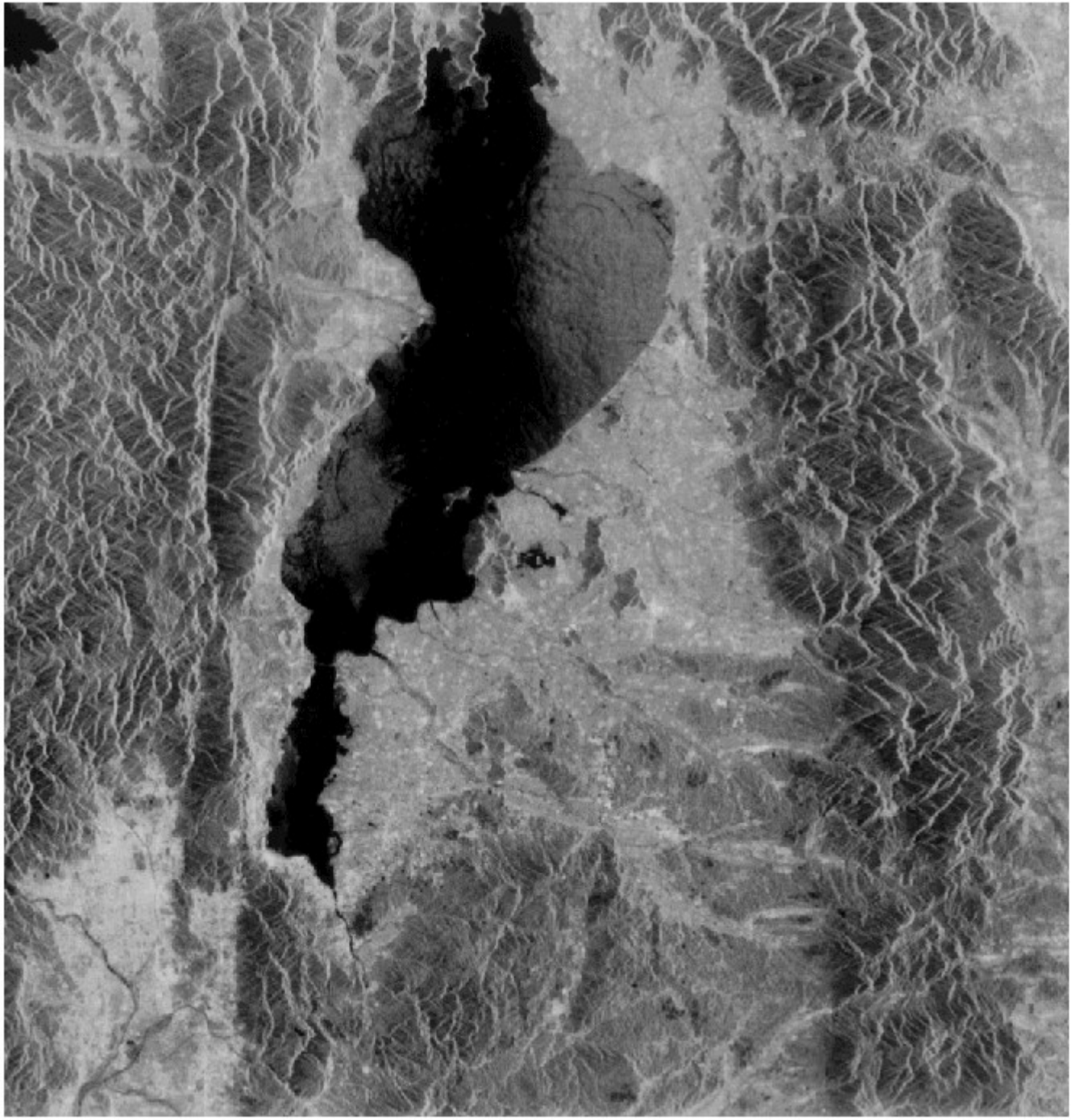
いろいろなSAR画像を見てみよう



ERS1によるウラジオストック周辺の画像

雲はある？

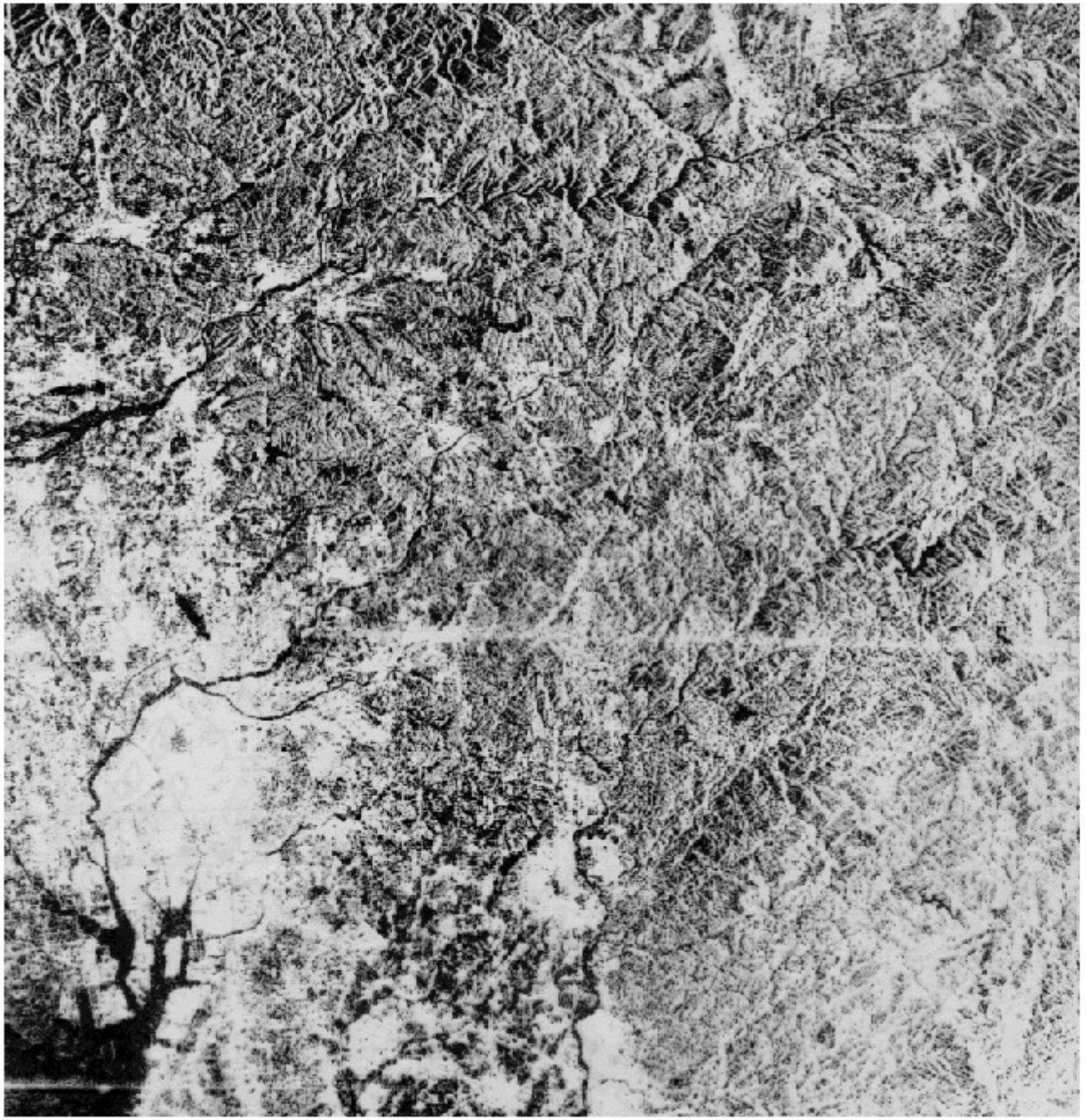




ERS1による琵琶湖周辺の画像

琵琶湖のさざ波の立ち方に地域性がある

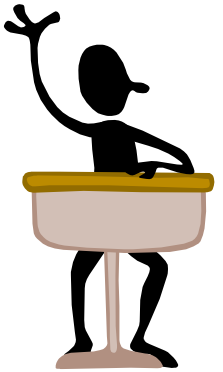
断層（活断層）もはっきりと見える

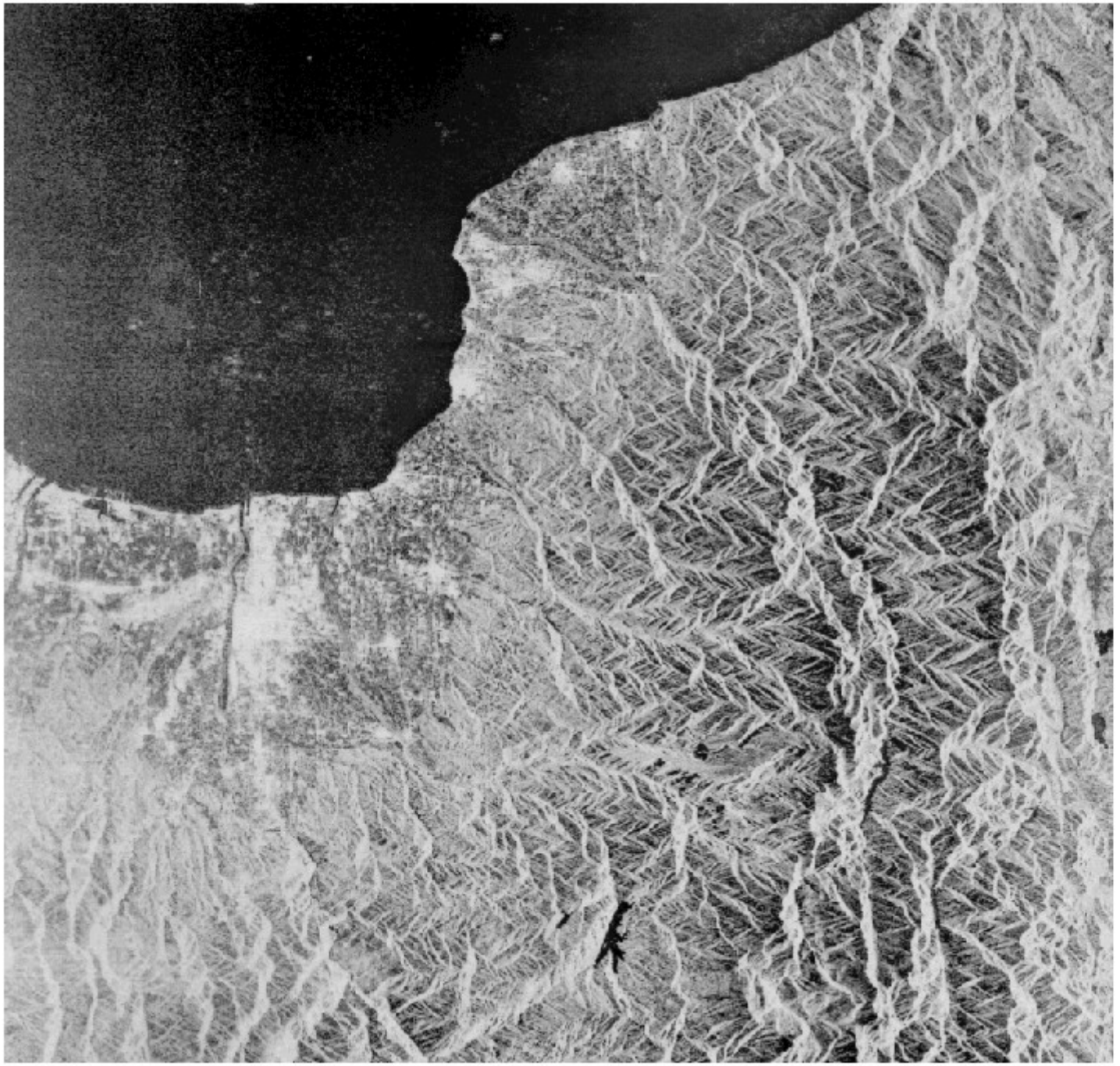


JERS1のSARによる名古屋付近

撮影時の天候は雨であったが、見事に撮影されている

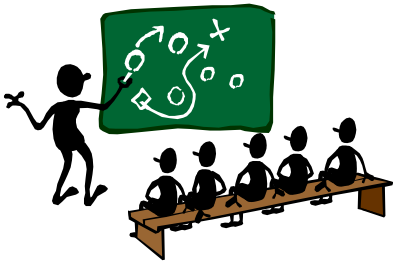
横方向のノイズは通信によるものと思われる





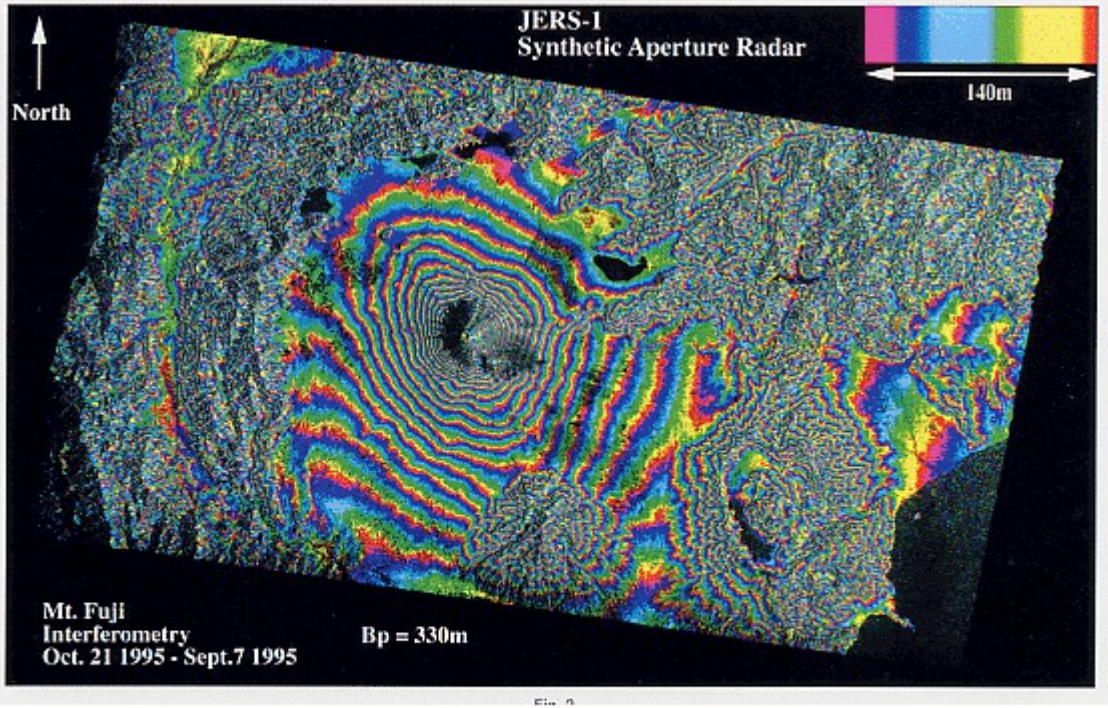
JERS1のSARによる
富山と日本アルプス

海には情報がない



NECの航空機搭載XバンドSARによる筑波学園都市の画像。分解能は5m。

Fig. 1



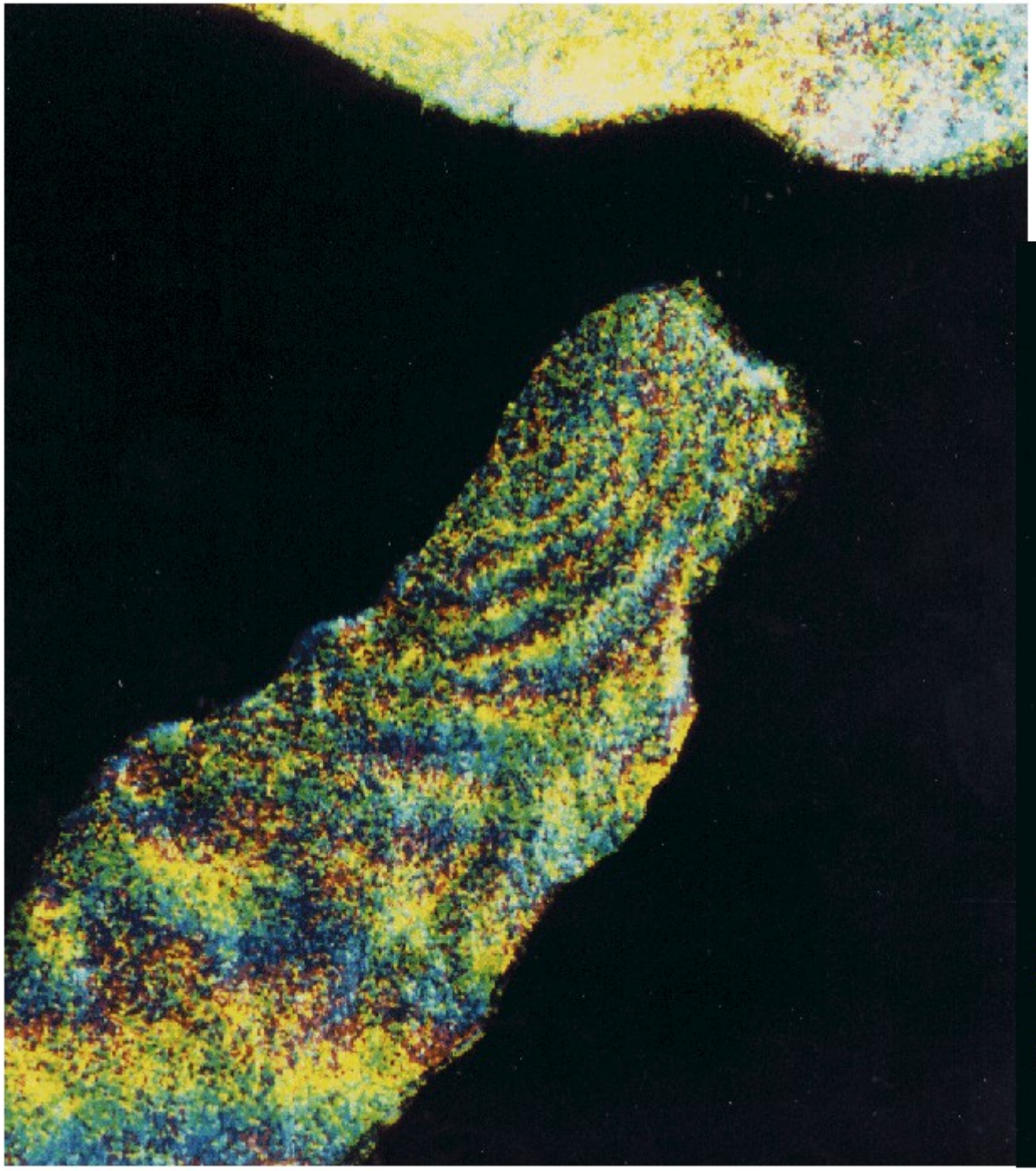
標高データが抽出できれば三次元画像も作成可能

（Q）衛星リモートセンシングによるDEM作成の利点は

（A）世界のどこでも地形図作成が可能

注）DEM:Digital Elevation Model 数値地形モデル

阪神大震災前後の野島断層のInSAR画像



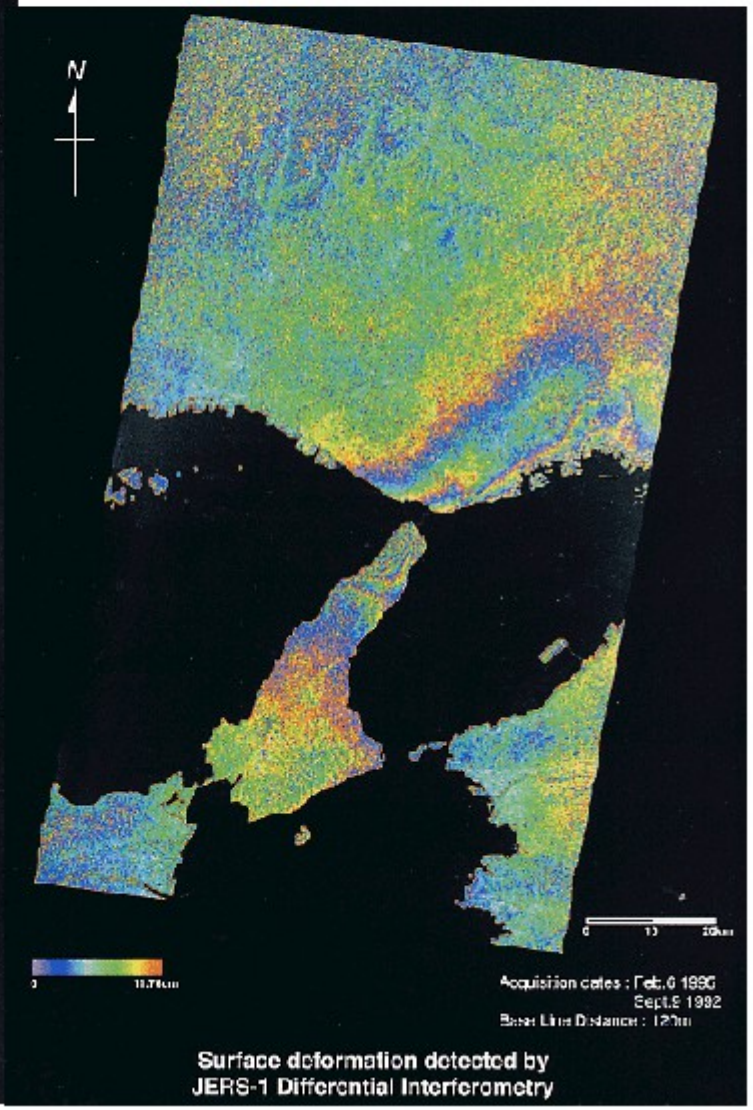


図 2　　図 3

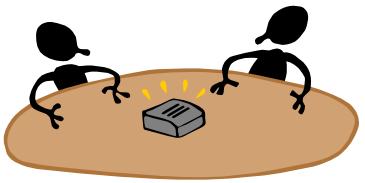
左：1997年1月12日6時

能登半島沖の”の”の字型パターンとその南部に見える筋状パターン、および三国付近から北上するパターンが漂流油によると考えられる

右：1997年1月16日6時

能登半島西岸部から先端部の沿岸地殻に見える暗いパターン、三国付近から北西方向へ延びる暗部が漂流油と考えられる。

油汚染



1997年1月12日6時の船首部漂着地点（三国付近）のSAR画像

陸域の東北部に小松空港が見える

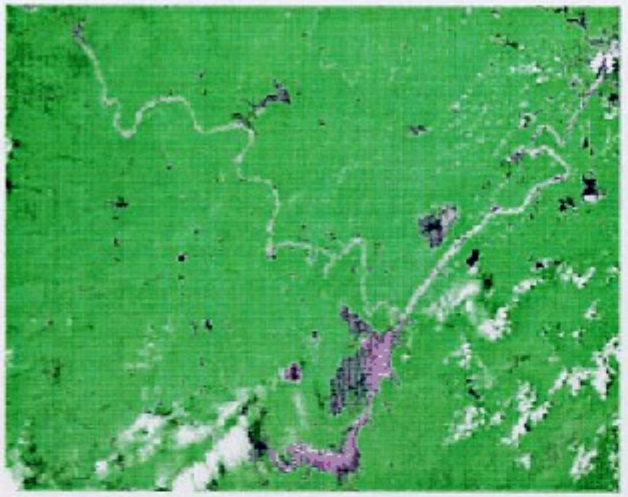
左上の線上の構造は航跡と考えられる

中国水利部による洪水モニタリング

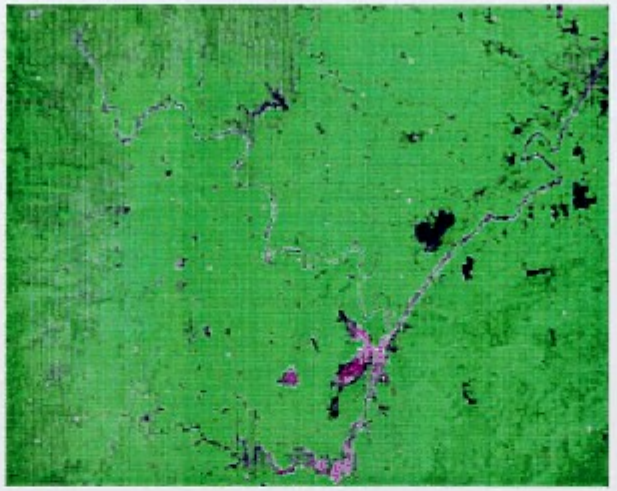
・リアルタイムモニタリング
・マルチプラットフォームモニタリング
（人工衛星、航空機、ヘリコプター）
・迅速な主題図作成
・現場への情報伝達

リモートセンシングの運用体制の充実

洞庭湖の水面積の変化

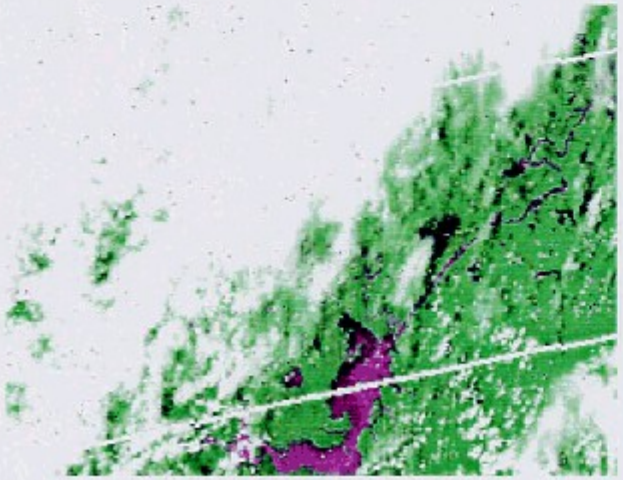


1997.8.10

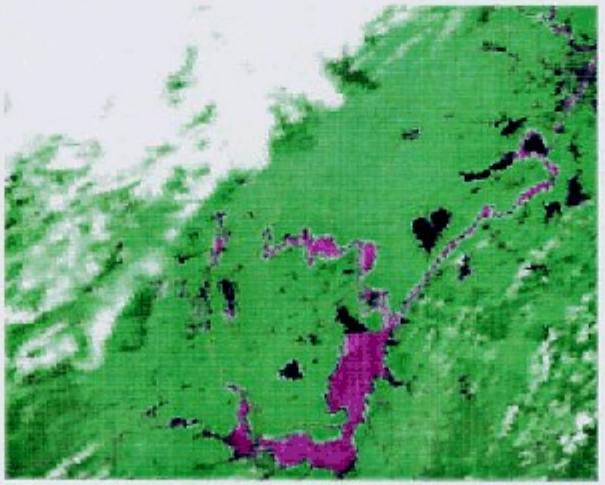


1997.9.6

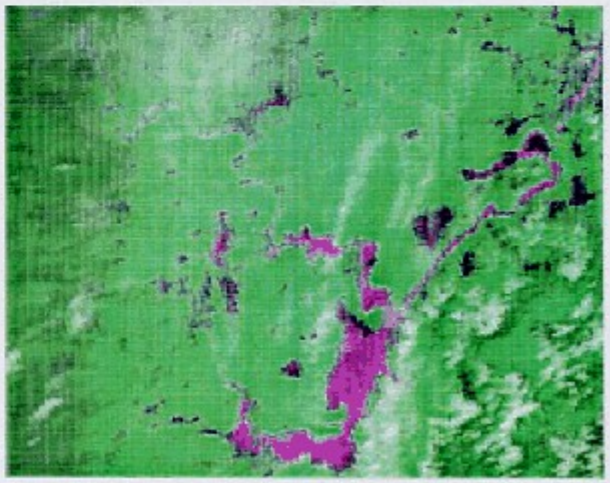
1998.5.19



1998.7.1

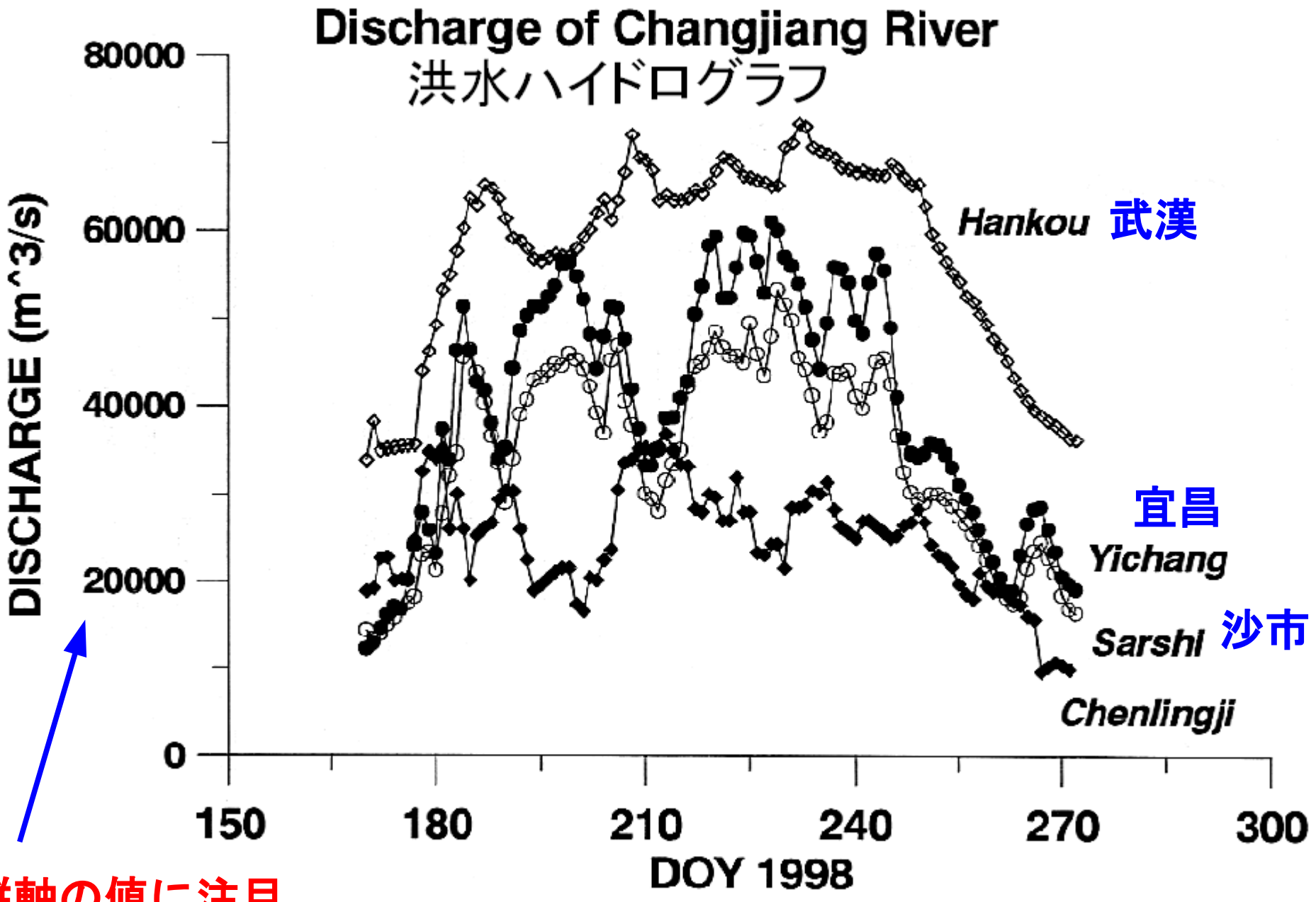


1998.8.10

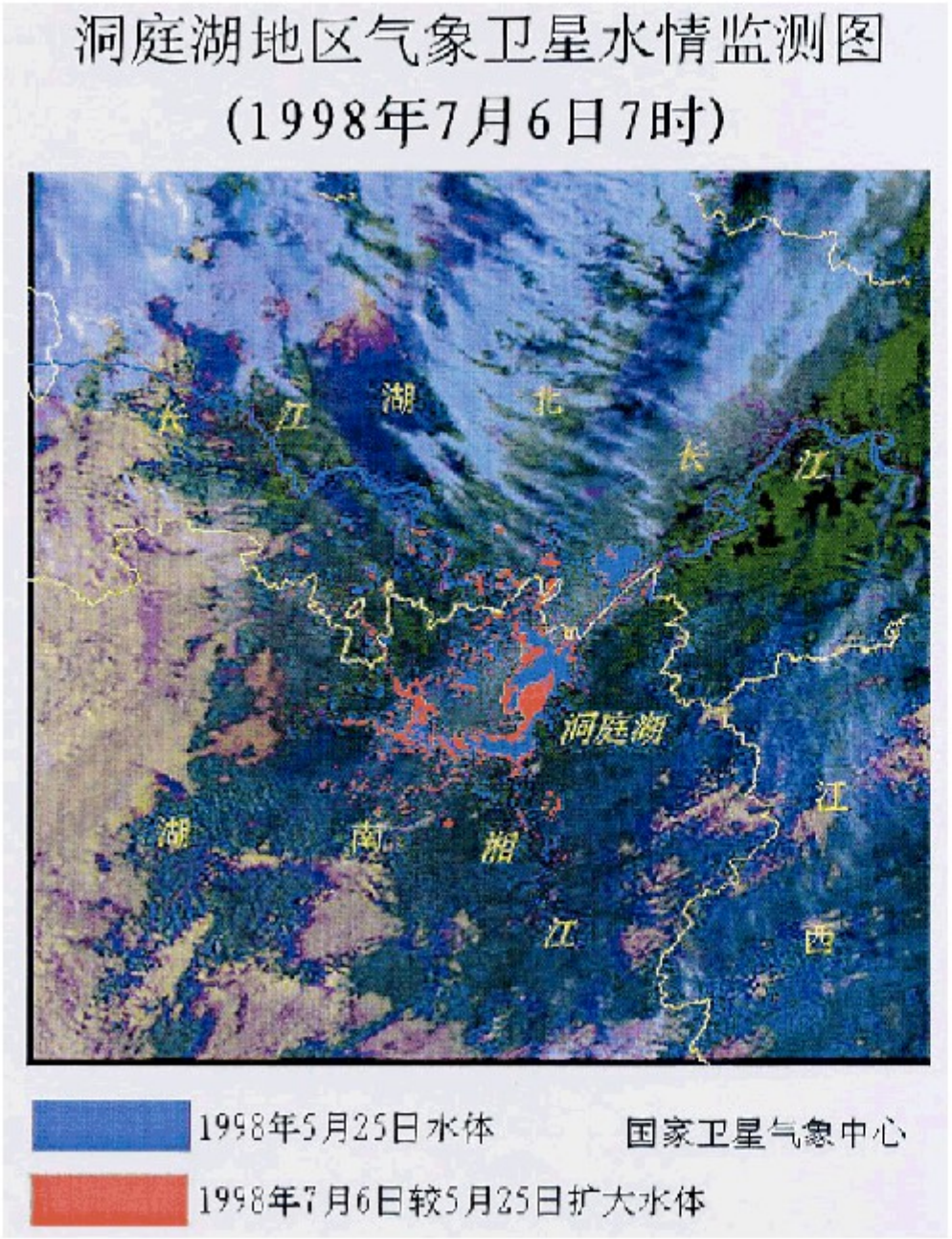


1998.9.6

長江のハイドログラフ

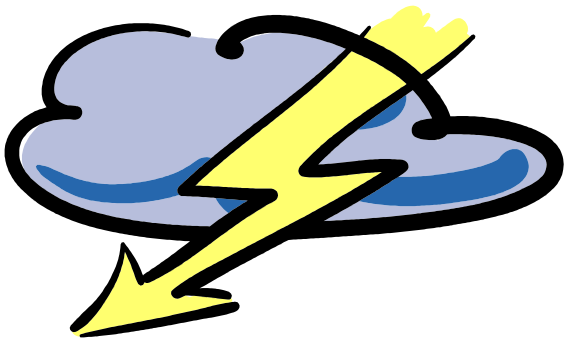


縦軸の値に注目

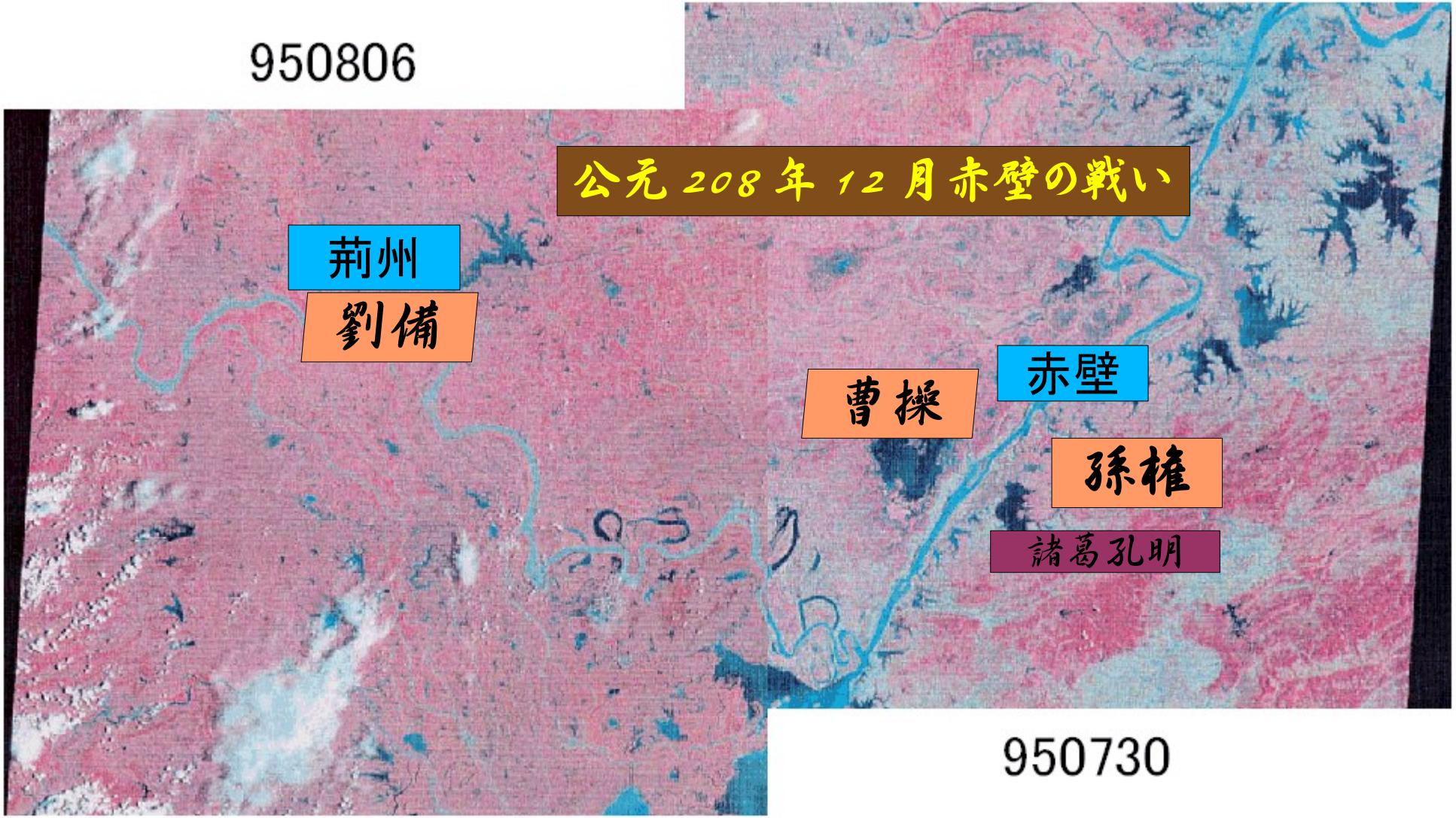


洪水を始めとする災害リモートセンシングでは、情報をいかに迅速に現場へ伝えるか、が重要

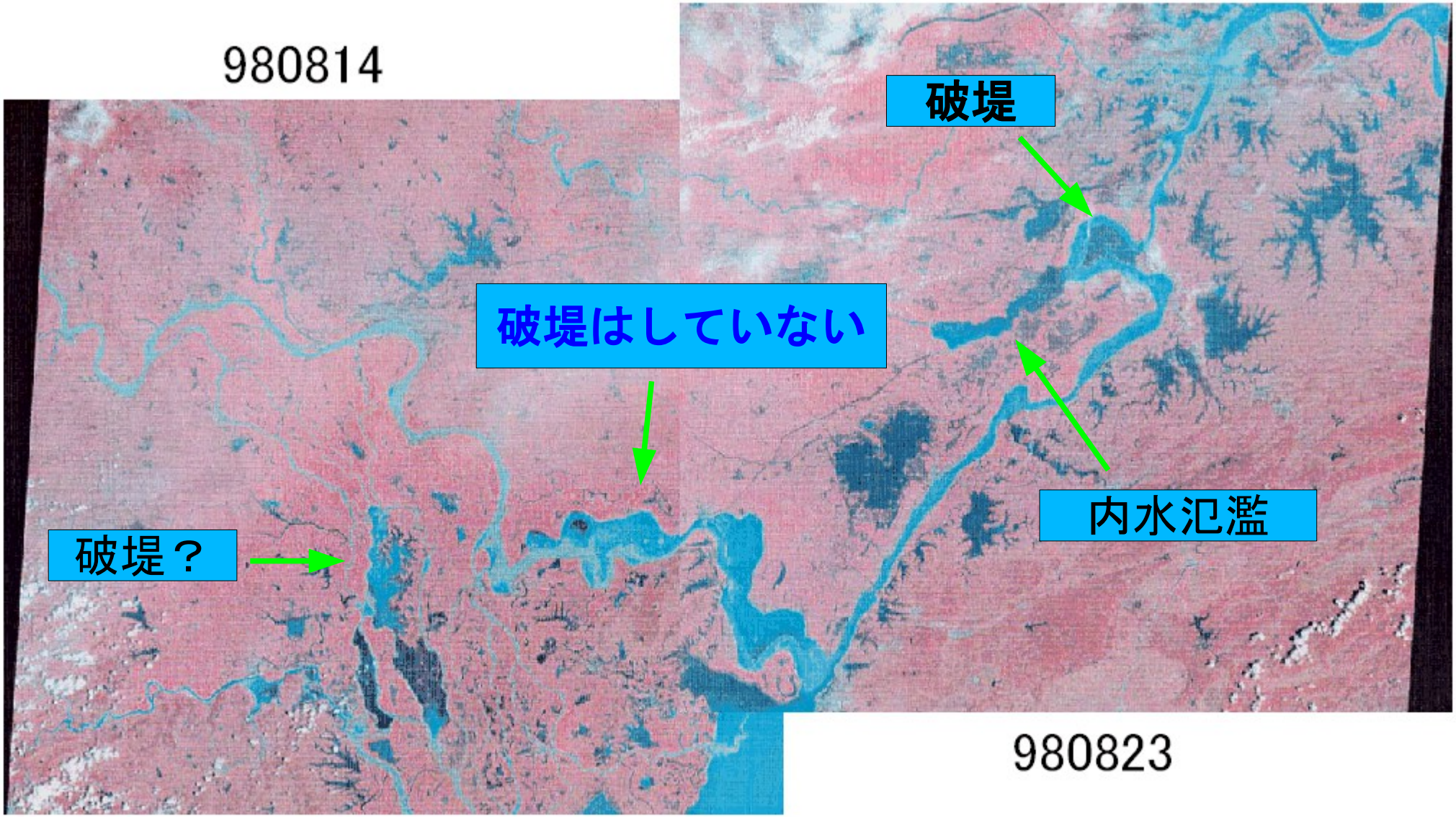
二時期のNOAA画像の差分によって、水体の拡大した部分を図化し、現場へ伝える



地球観測衛星 LANDSAT による長江中流域の画像



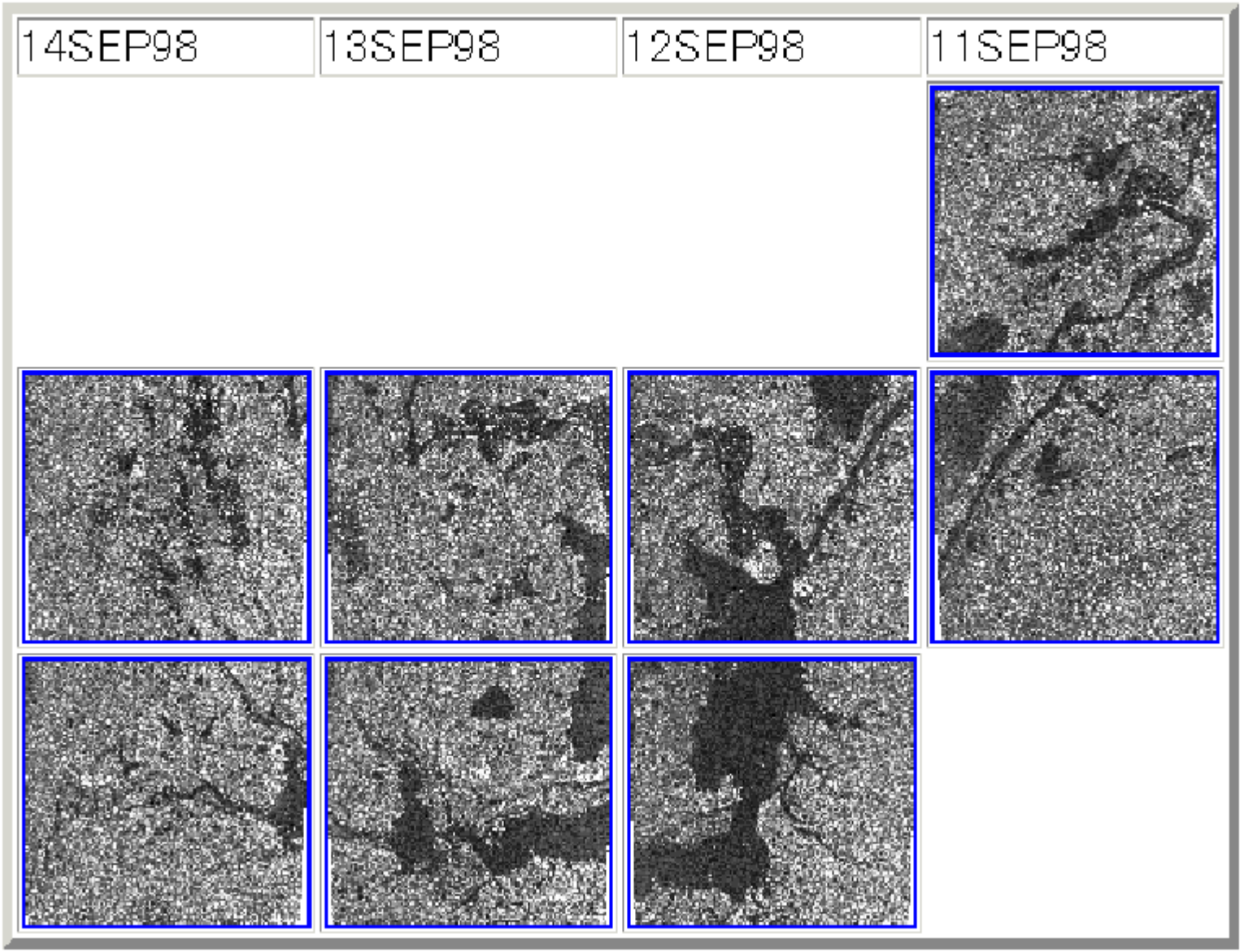
長江宜昌～武漢（東西約360km）

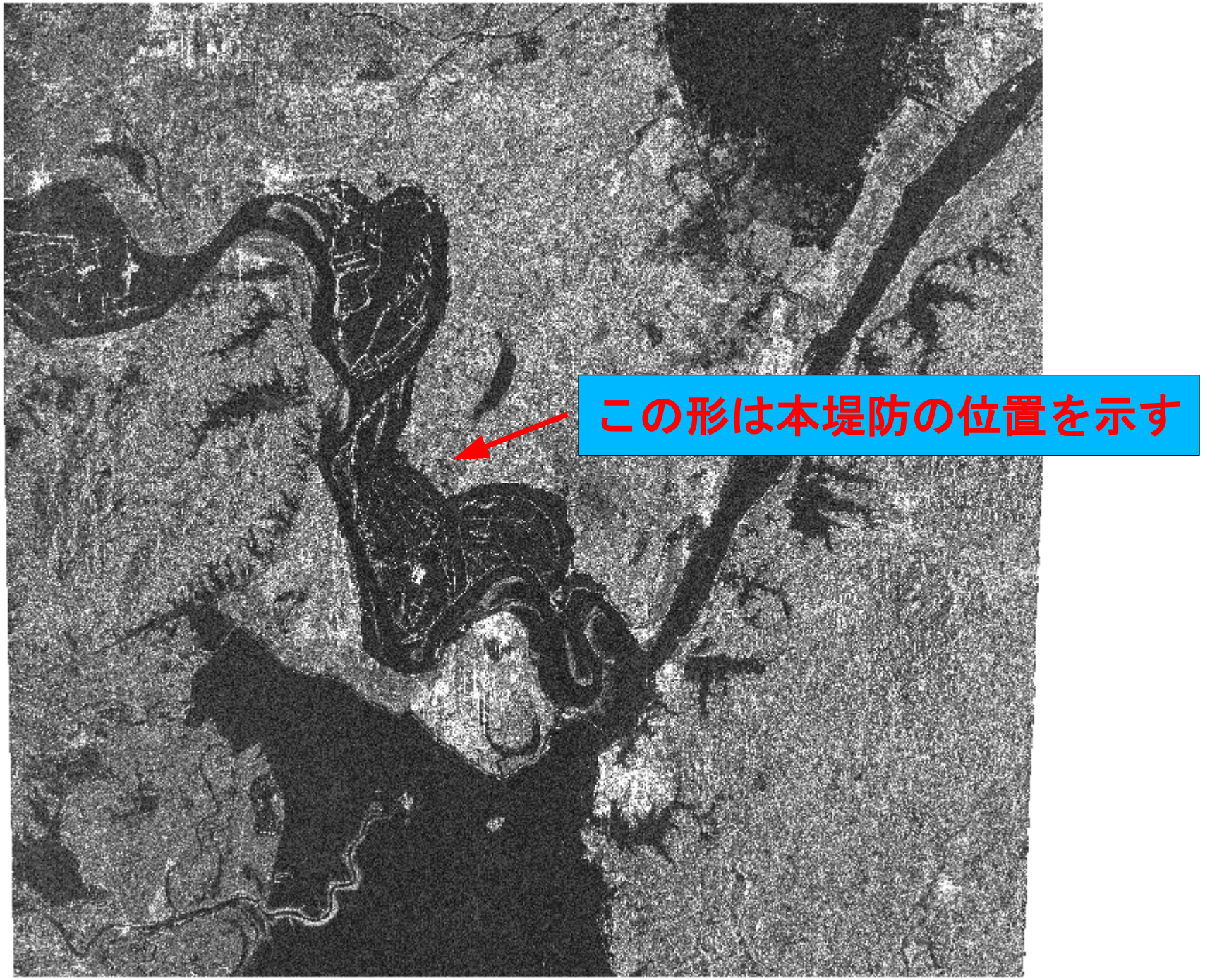


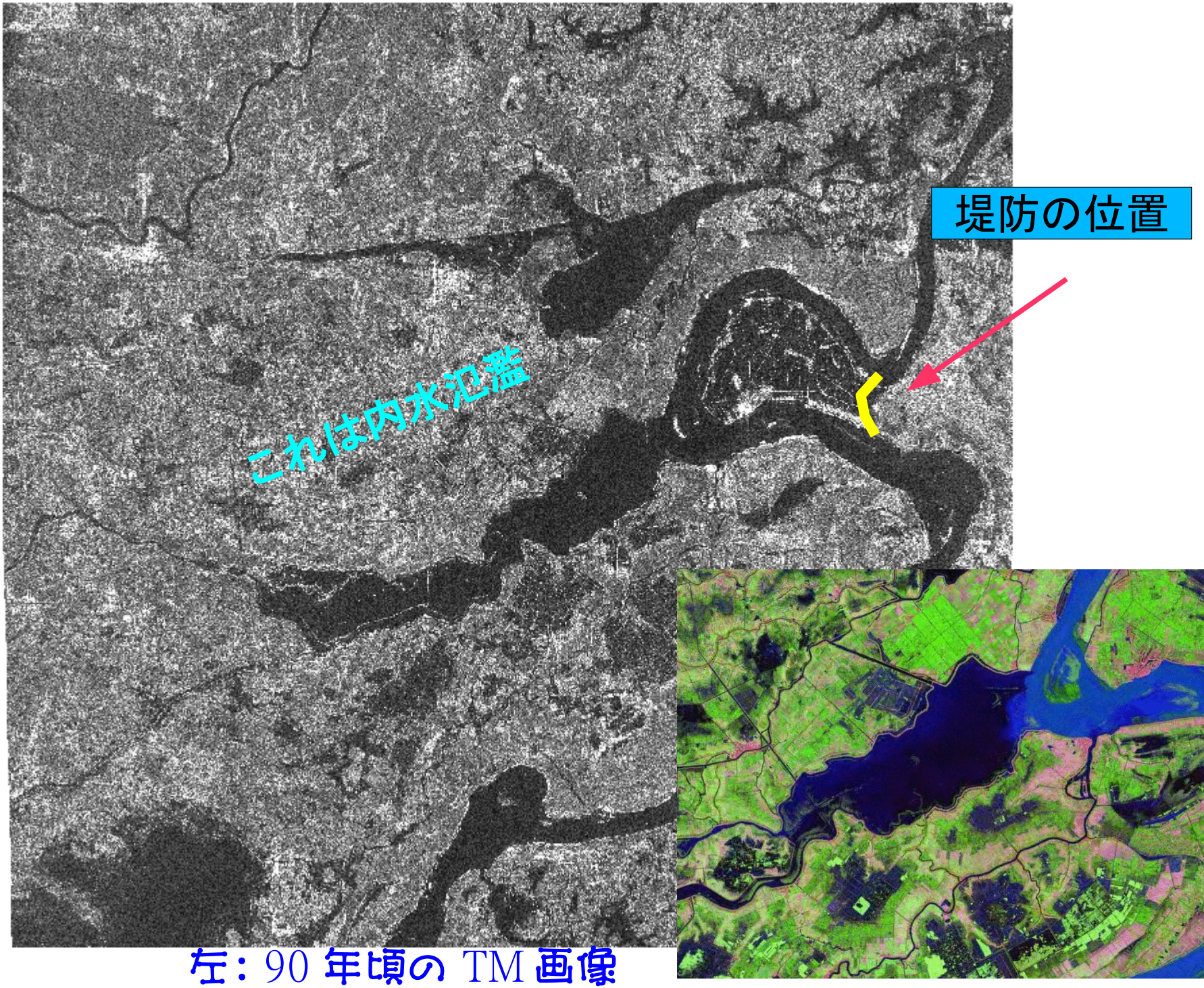
洪水最盛期の98年8月の状況
氾濫しているのは内水氾濫と、小堤の破堤

本堤が破れたのは下流の九江の一カ所のみ

合成開口レーダーは湛水域の抽出に便利

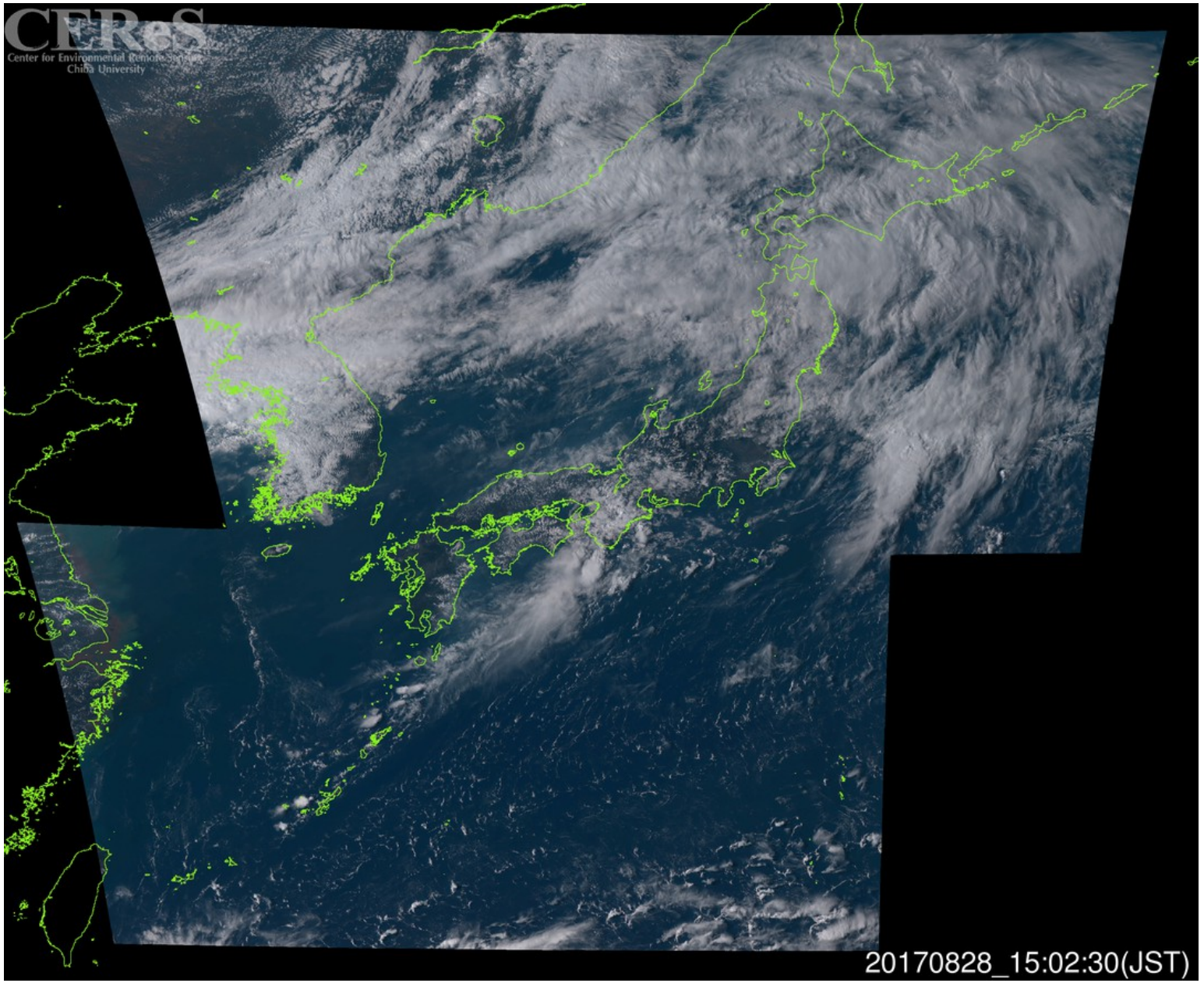



この形は本堤防の位置を示す

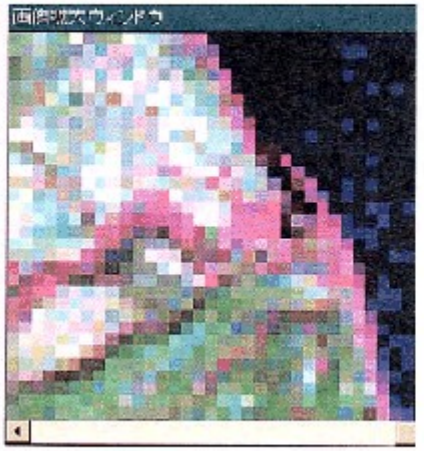


左：90 年頃の TM 画像

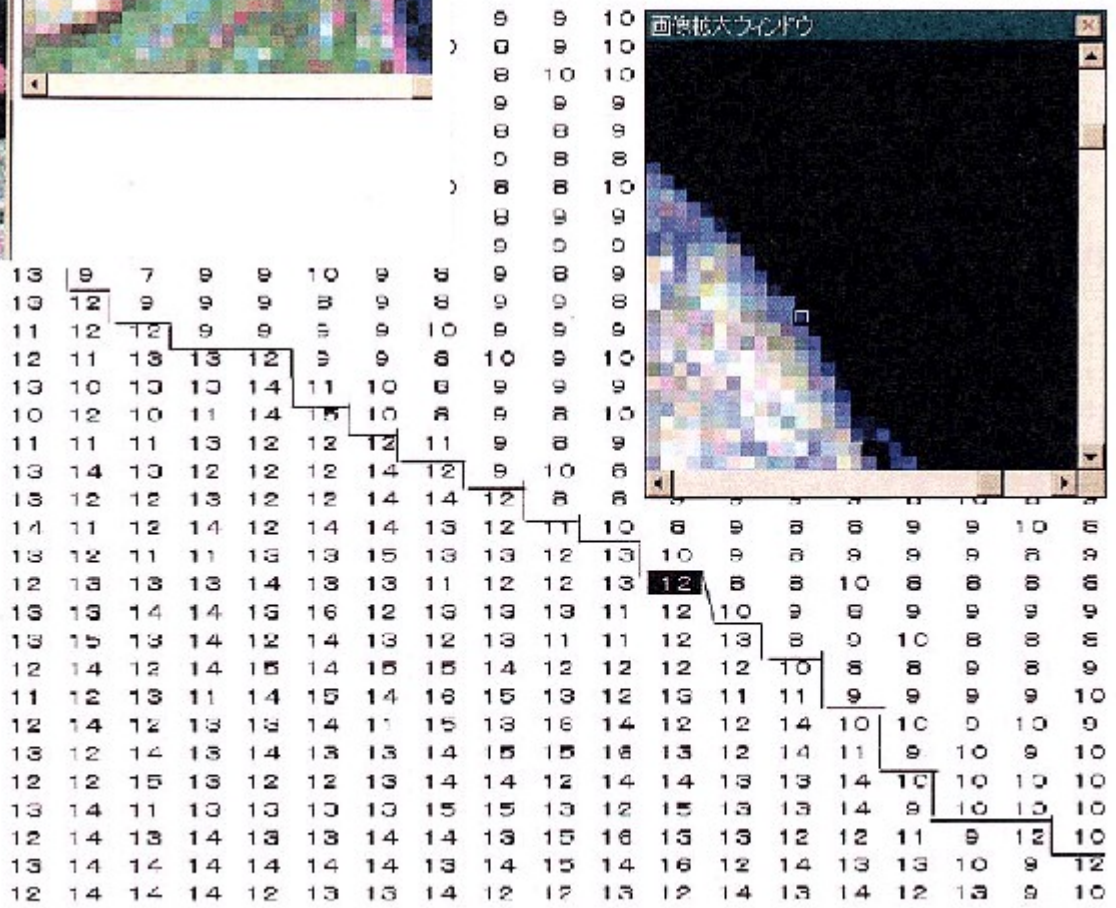
画像処理の基礎ーデジタル画像とは何かー



画像処理の基礎　ーデジタル画像とはー



（出典:リモートセンシングデータ解析の基礎）



デジタル画像は拡大していくとひとつひとつの画素が見えてくる

画素には数字が割り当てられている

これは何？

デジタル画像とは？

物体から反射（放射）された光（電磁波）の
大きさ（明るさ）を

0～1023（1024段階：10ビット）
0～ 255（ 256段階： 8ビット）
0～ 127（ 128段階： 7ビット）
0～ 63（ 64段階： 6ビット）

等の整数値で表したもの

注1）人間の眼が濃淡を判別する能力は64階調が限界と言われている

注2）ビットとは数字を2進数で表したときの桁数

10進数	2進数	16進数
0	0	0
1	1	1
2	10	2
3	11	3
4	100	4
5	101	5
6	110	6
7	111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F
16	10000	1F
255	11111111	FF

コンピューターによる数値の表し方

１バイト整数

２バイト整数

４バイト整数

４バイト実数

注）１バイトは8ビット

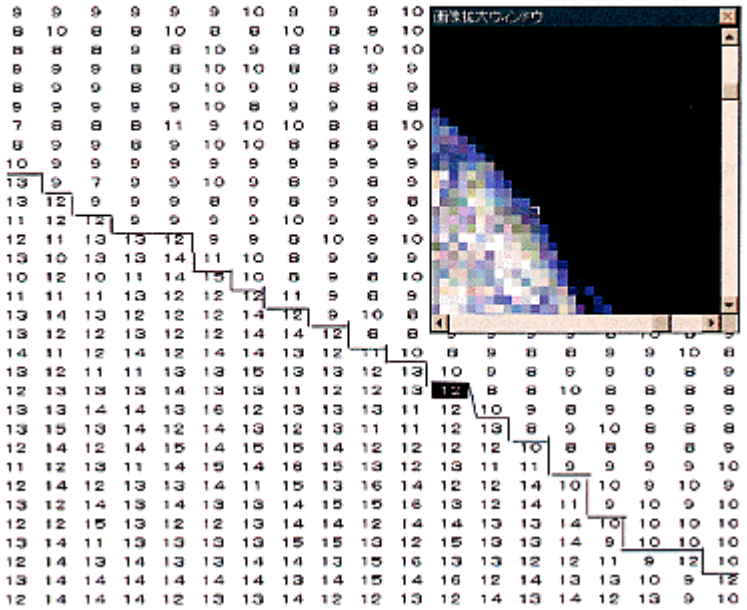


図5　デジタルデータの例

このデータは，図6の海岸線付近を示しており，10進法の値で表されている．図中の線は海岸線で，右が海域左が陸域を示しこれを境に値が激変している．

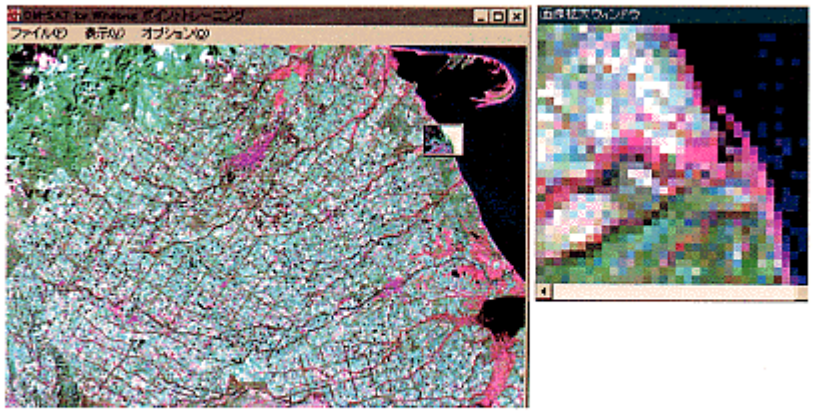


図6　北海道根釧地方のMSS画像（58×46kmの範囲）

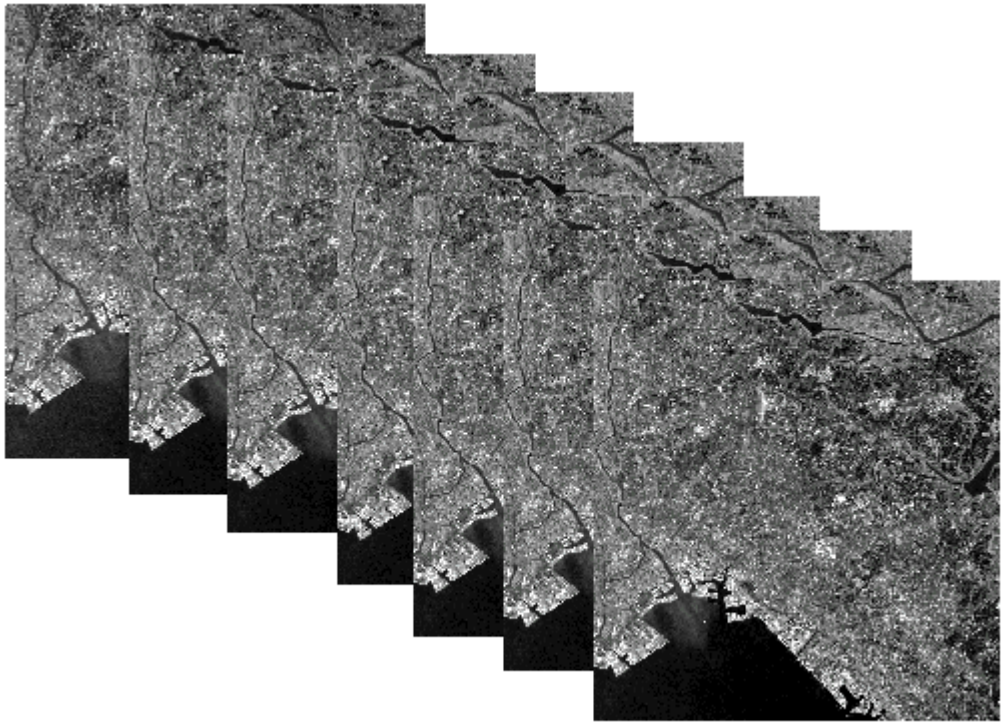
1981年11月5日の第弓平2のMSS画像．画像の右上が野付岬，右下が風蓮湖にあたる．中央部の格子模様は道路である．リモートセンシング画像はタイル絵のようなもので，画像を拡大していくと最後には四角形の集合になる．右側のウインドウは，海岸線付近を拡大したもので，一つの四角形をピクセル（画素）という．

長谷川均著「リモートセンシングデータ解析の基礎」古今書院

単画像は輝度値の2次元配列

整数値が入っている

スプレッドシート（表計算ソフトウエア）と同じで、バンド数分のシートがあると考えれば良い



デジタル値(DN:Digital Number)と観測輝度値の関係

・衛星で観測される電磁波のエネルギーの単位は

mW/cm²sr　（単位面積、単位立体角あたりのエネルギー）

・小数を実数で表すとひとつの数字に４バイト必要だが、実際にはそれだけの精度がない。そこで、絶対放射輝度を整数に変換

DN=gain×R+offset

ここで、Ｒ：絶対放射輝度、
DN:画像データのデジタル値、
gain:ゲイン、
offset:オフセット

・データのサイズを減らすことができる

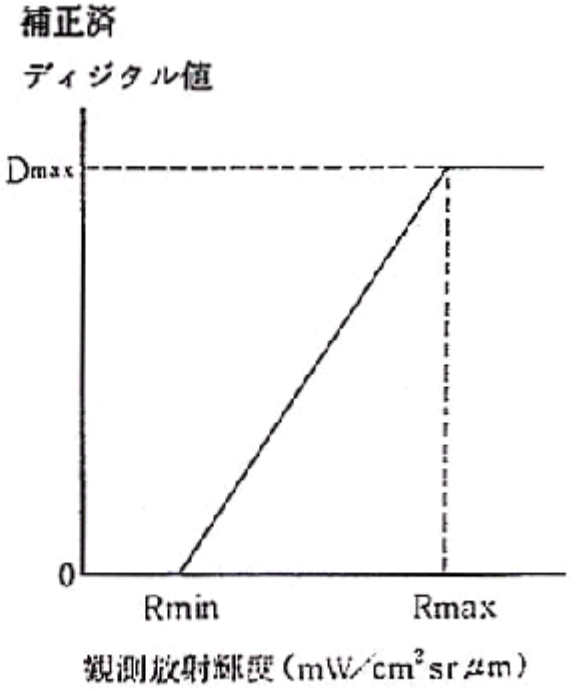


表 6−1−1　ランドサットMSSの最大・最小放射輝度

（単位mW/cm²sr）

バンド	ランドサット2号		ランドサット3号		ランドサット4号		ランドサット5号		バンド幅
	Rmin	Rmax	Rmin	Rmax	Rmin	Rmax	Rmin	Rmax	(μm)
4	0.08	2.63	0.04	2.50	0.04	2.38	0.04	2.38	0.1
5	0.06	1.76	0.03	2.00	0.04	1.64	0.04	1.64	0.1
6	0.06	1.52	0.03	1.65	0.05	1.42	0.05	1.42	0.1
7	0.11	3.91	0.03	4.50	0.12	3.49	0.12	3.49	0.3

（ただしローゲイン値を示す）.

・前ページの関係は次式で表すことができる

$$R=V/Dmax \times (Rmax-Rmin)+Rmin$$

ここで、V：画像に記録されているデジタル値（DN）
R：そのDNに対応する絶対放射輝度
Rmax, Rmin：センサーの最大および最小放射輝度
Dmax:TMの場合255（8ビット）、MSSの場合127（7ビット）

画像から読みとったDNを上式に代入すると観測絶対放射輝度を得る

なぜ、Dmaxの値が異なるの？

TM(MSS)は反射輝度を0～255(127)の256(128)段階で記録する様に設計されているから

TMの熱赤外バンド(バンド6)は？

TMの熱バンド（バンド6）のデータにおける放射輝度R（mW/cm²・sr・μm）と絶対温度T（K）の関係は，

$$R = 5.1292 \times 10^{-5} T^2 - 1.7651 \times 10^{-2} T + 1.6023 \qquad (6-2)$$

により与えられる。 デジタル値0に対応する温度は200 K， 255に対応する温度は340 Kである。

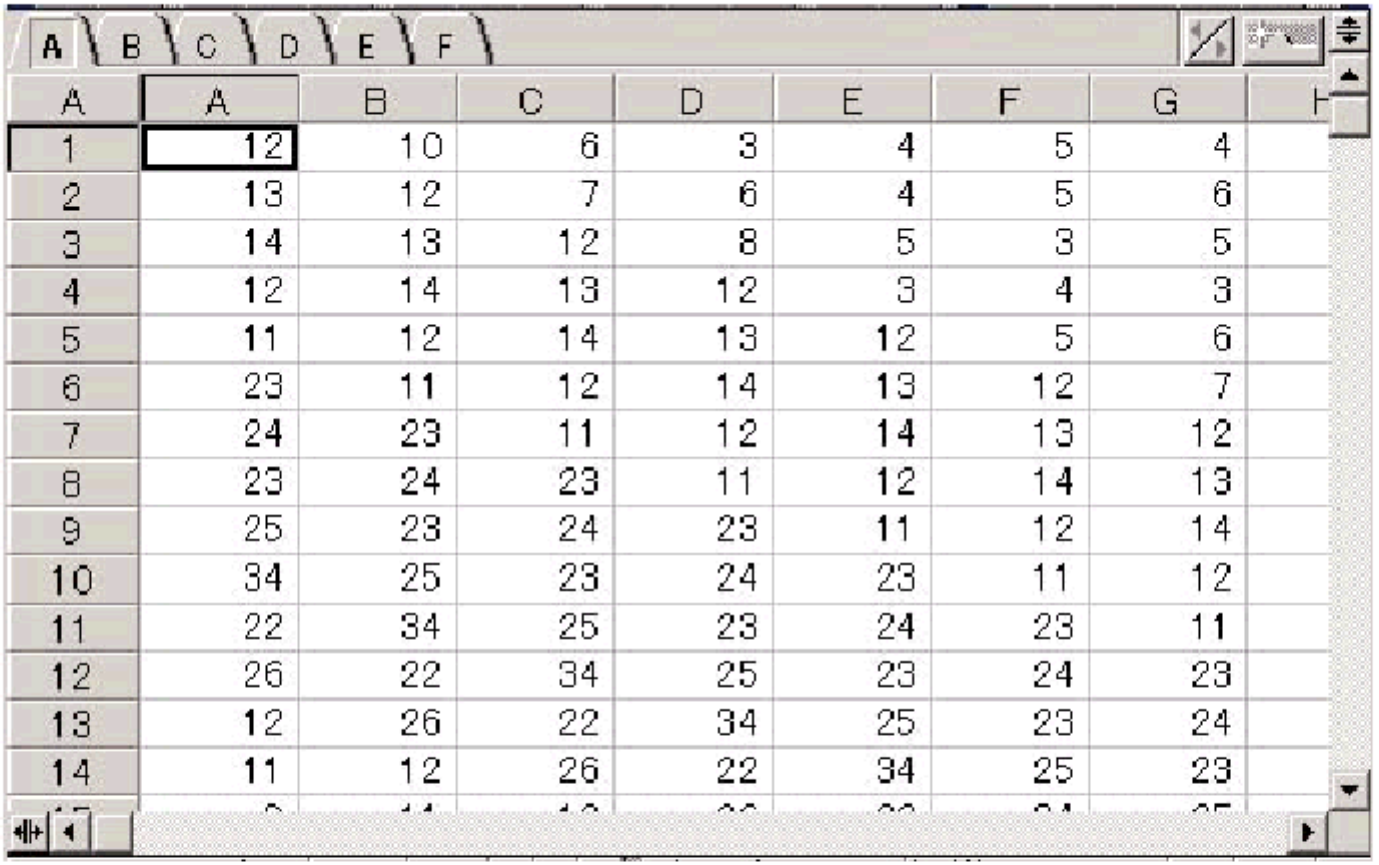
表 6－1－2 ランドサット5号TMの最大・最小放射輝度

（単位mw/cm²sr）

バンド	R_{min}	R_{max}	バンド幅（μm）
1	−0.0099	1.004	0.066
2	−0.0227	2.404	0.081
3	−0.0083	1.410	0.069
4	−0.0194	2.660	0.129
5	−0.00799	0.5873	0.216
7	−0.00375	0.3595	0.250
6	0. 1534	1.896	1.239

(財)リモート・センシング技術センター 地球観測データ利用ハンドブック－ランドサット編・改訂版－

・画像は輝度に対応する整数が格納された2次元配列がバンド数重なったもの



	A	B	C	D	E	F	G
1	12	10	6	3	4	5	4
2	13	12	7	6	4	5	6
3	14	13	12	8	5	3	5
4	12	14	13	12	3	4	3
5	11	12	14	13	12	5	6
6	23	11	12	14	13	12	7
7	24	23	11	12	14	13	12
8	23	24	23	11	12	14	13
9	25	23	24	23	11	12	14
10	34	25	23	24	23	11	12
11	22	34	25	23	24	23	11
12	26	22	34	25	23	24	23
13	12	26	22	34	25	23	24
14	11	12	26	22	34	25	23

・このｽﾌﾟﾚｯﾄﾞｼｰﾄはA～Fの6つのバンドを持つ画像データの一部分を表している

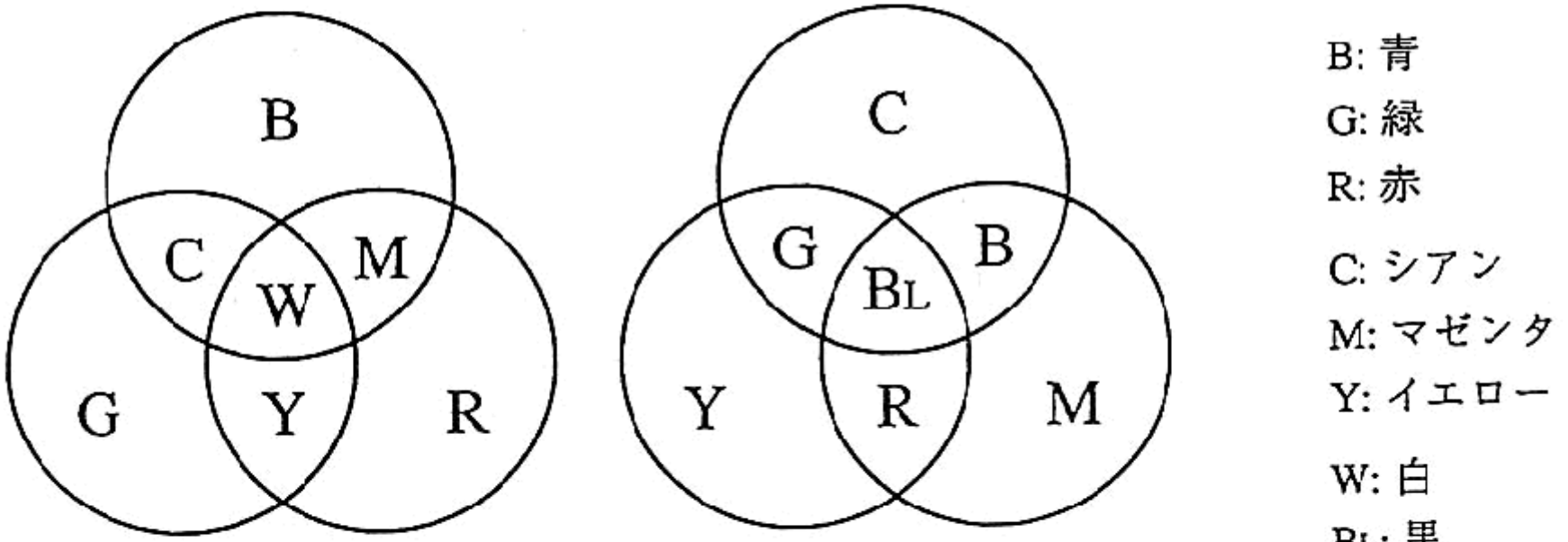
・この値の組み合わせを用いて画像解析を行う

・絶対放射輝度に変換してする場合もあるし（例えば、熱収支や反射率の研究）、DNのままで解析する場合もある（例えば、分類）

・どのようにして画像表示を行うか

●衛星データは観測波長帯に対応するバンドを複数持つ

●一方、コンピューターではR（赤）G（緑）B（青）の3つのプレーンに明るさを割り当てて発色を行う



(a)加法混色　　(b)減法混色

図10.4.1　カラー合成の方法

・白黒写真で、青、緑、赤のフィルターを装着して撮影（左列）

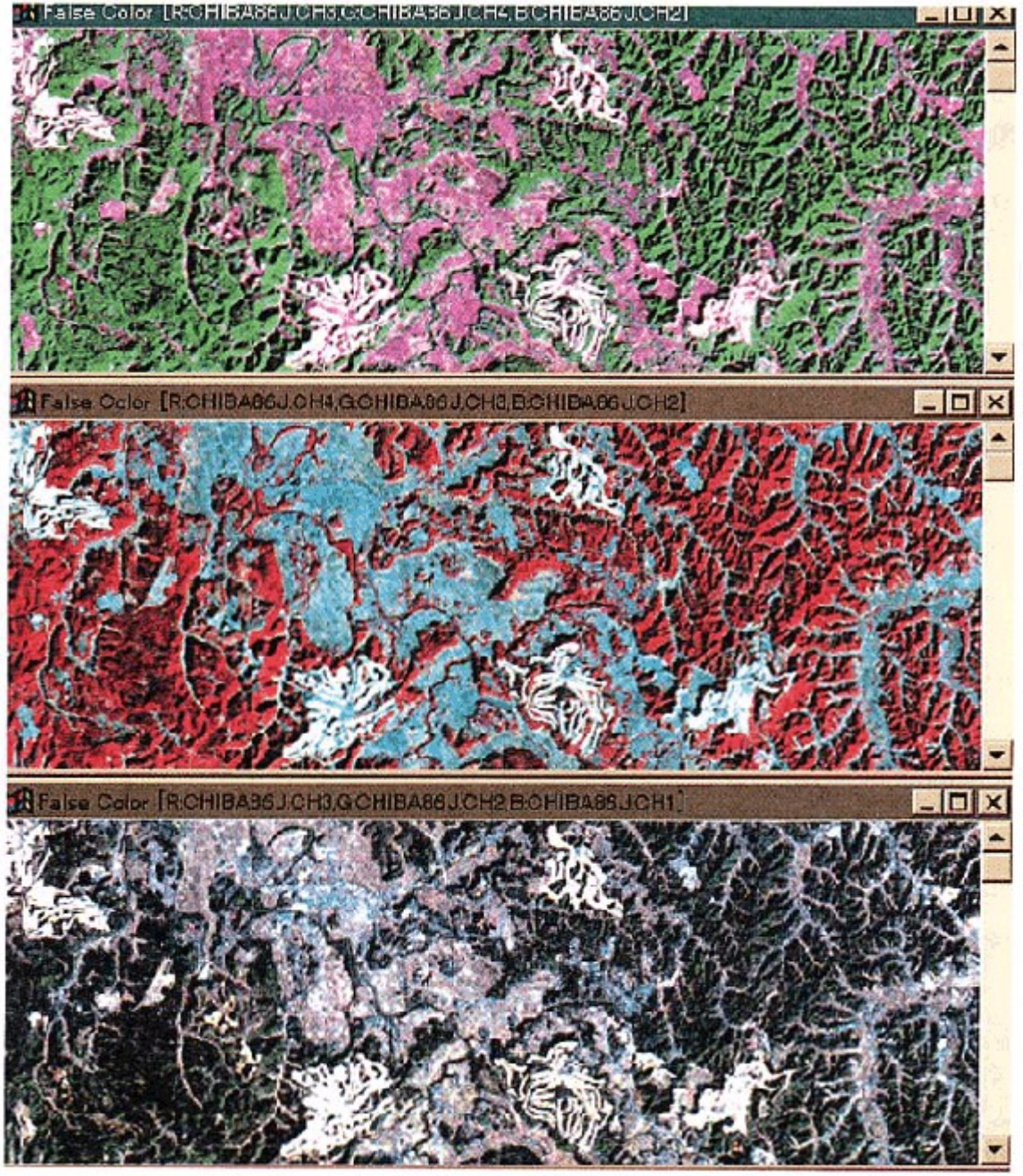
・単純に足し合わせると一般の白黒写真（右上）になる

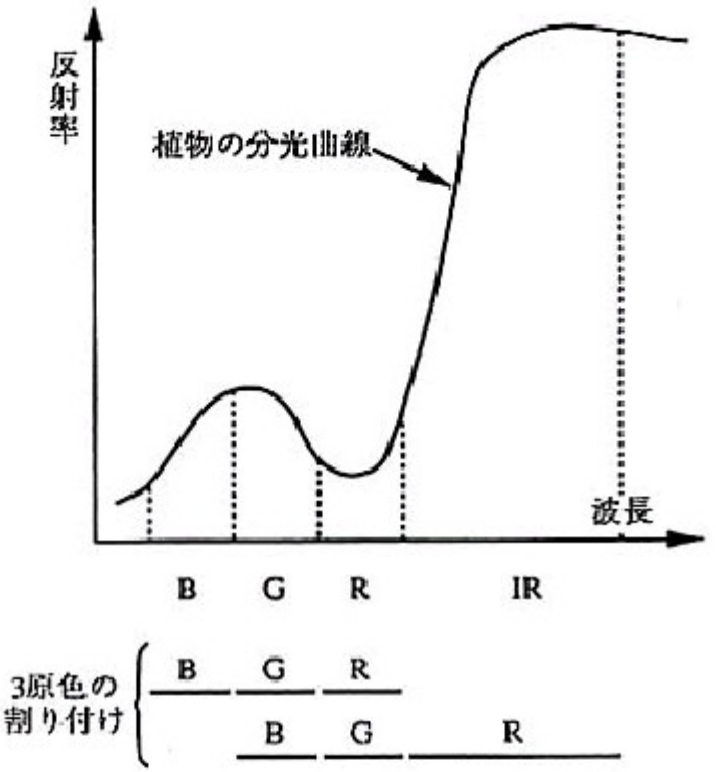
・RGBのフィルターを通して合成するとカラー写真になる（右下）

・フィルムでは近赤外まで撮影することができる（右中）

・では、近赤外が入ったらどのように合成するの？

（出典：古今書院、リモートセンシングデータ解析の基礎）





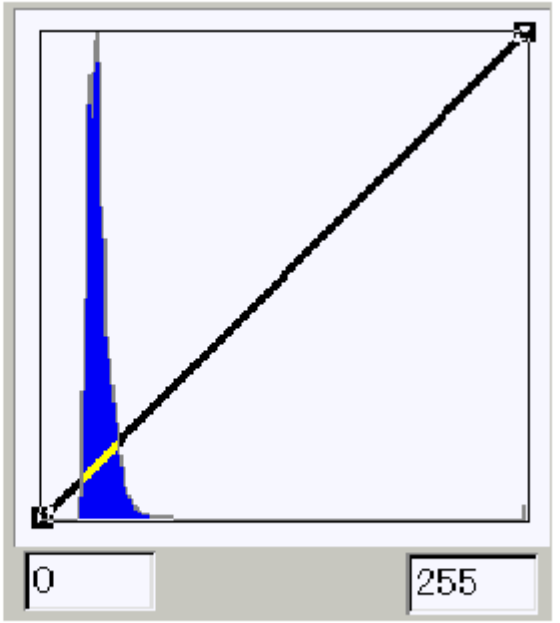
植生は近赤外の光を強く反射

近赤外バンドを赤に割り当てる組み合わせはフォールスカラーと呼ばれ、植生が赤く表現される

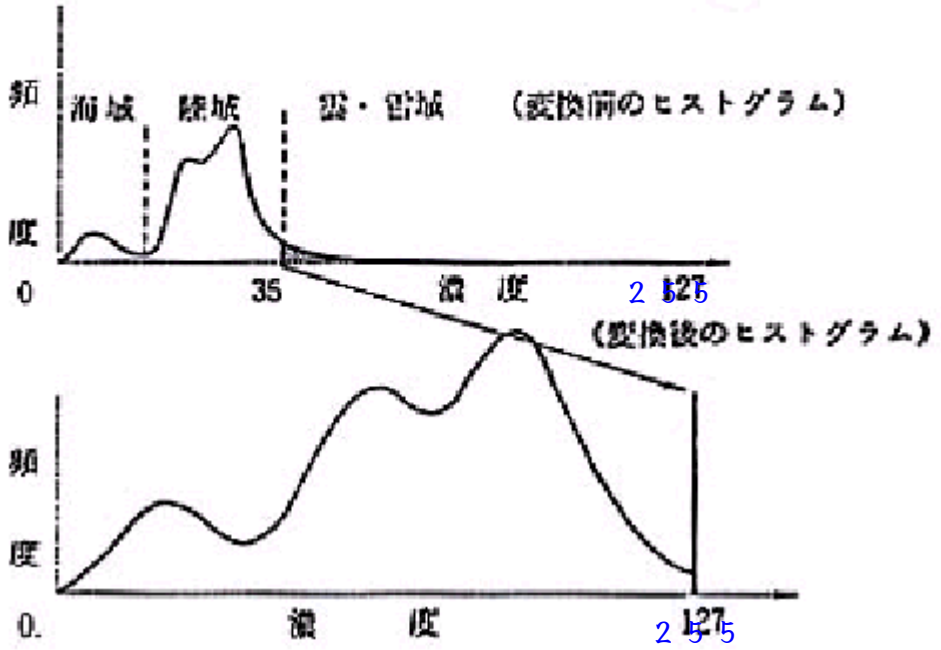
・画像データはレンジ全体の値を持つとは限らない
右はある画像のヒストグラムだが、0～255のレンジの一部分を占めるにすぎない

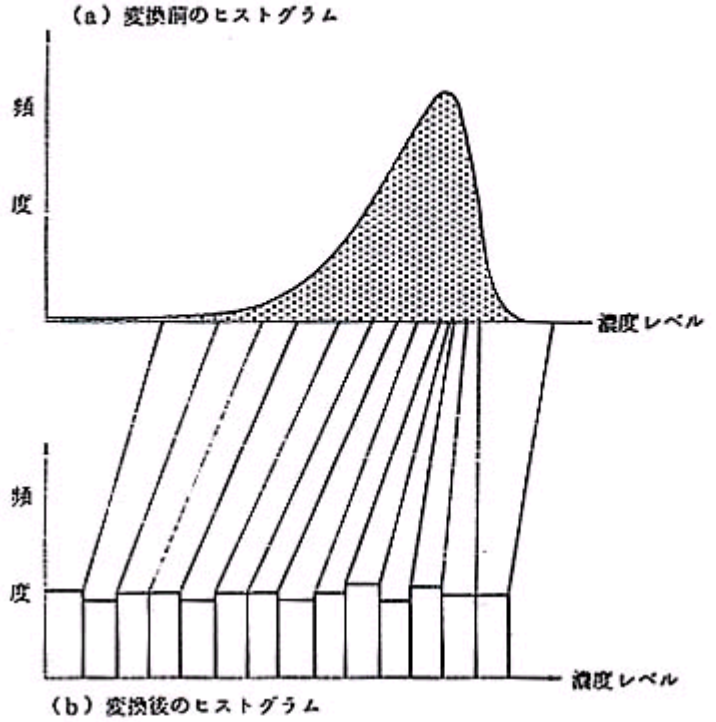
・明るい雪氷や沙漠から暗い熱帯林や海までを対象にしているから

・そこで、ヒストグラムを変換して、レンジいっぱいに広がるようにすると見やすい画像になる



1）線型変換：画像データの最大値、最小値を0、255に割り当てる
2）平均・標準偏差方式：画像のヒストグラムで±3σ（標準偏差）を最小・最大値に割り当てる
3）ヒストグラム平滑化方式：　ヒストグラムをフラットにする。すなわち、0～255の各輝度段階に含まれる画素の数が同じになるように変換
4）その他の方式

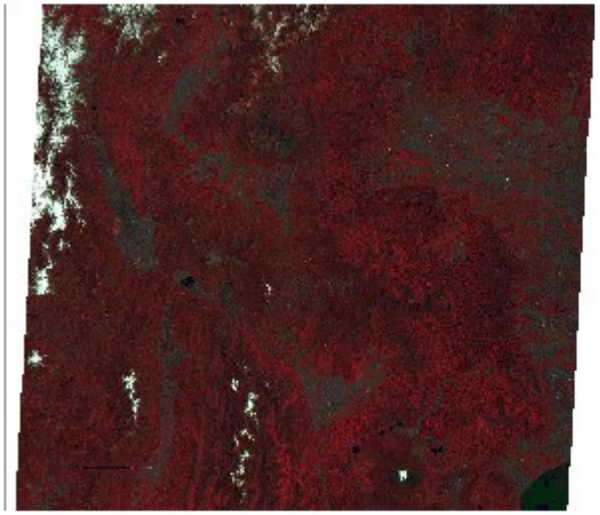


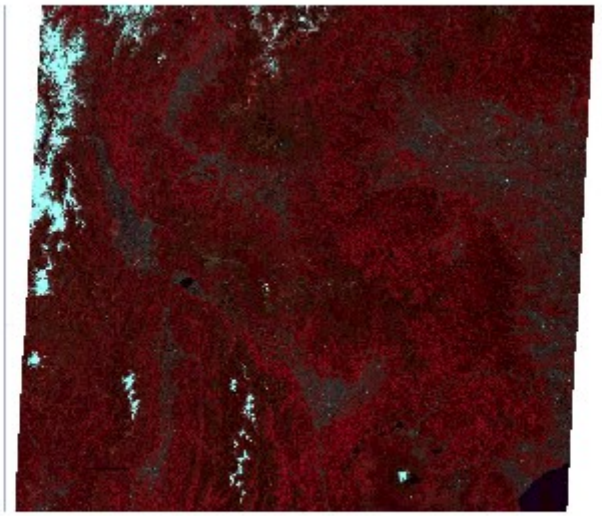


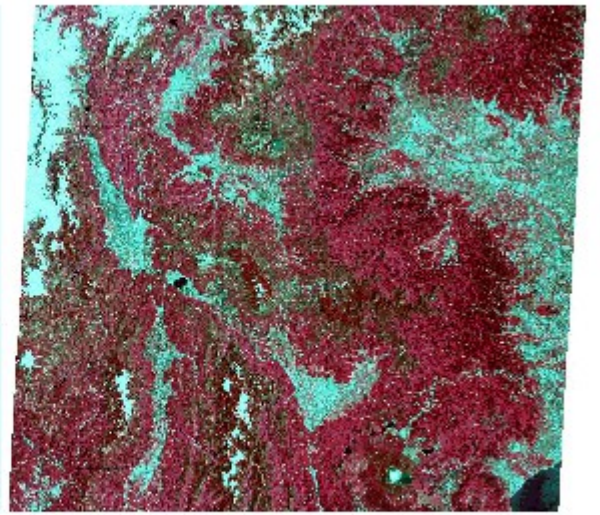
・線型変換（左）ではDNの最小値と最大値の間を0、255に割り当てる

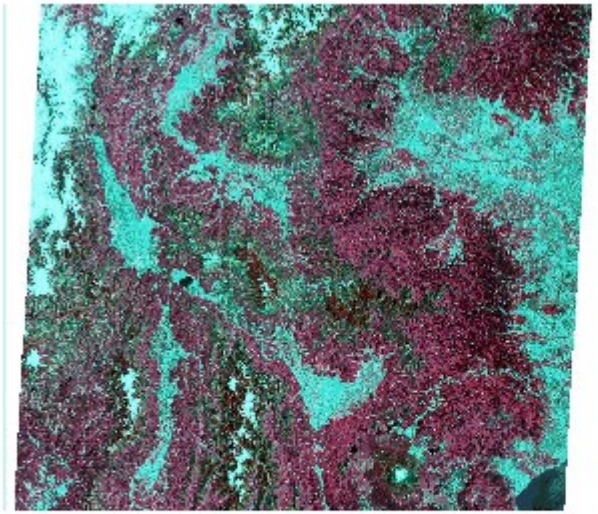
・ヒストグラム平滑化（右）では0～255のDNの各段階に同じ数の画素が入るようにヒストグラムを変換する

・これをストレッチングと呼ぶ









・フォールスカラー画像をストレッチングなしで表示（上左）すると暗い

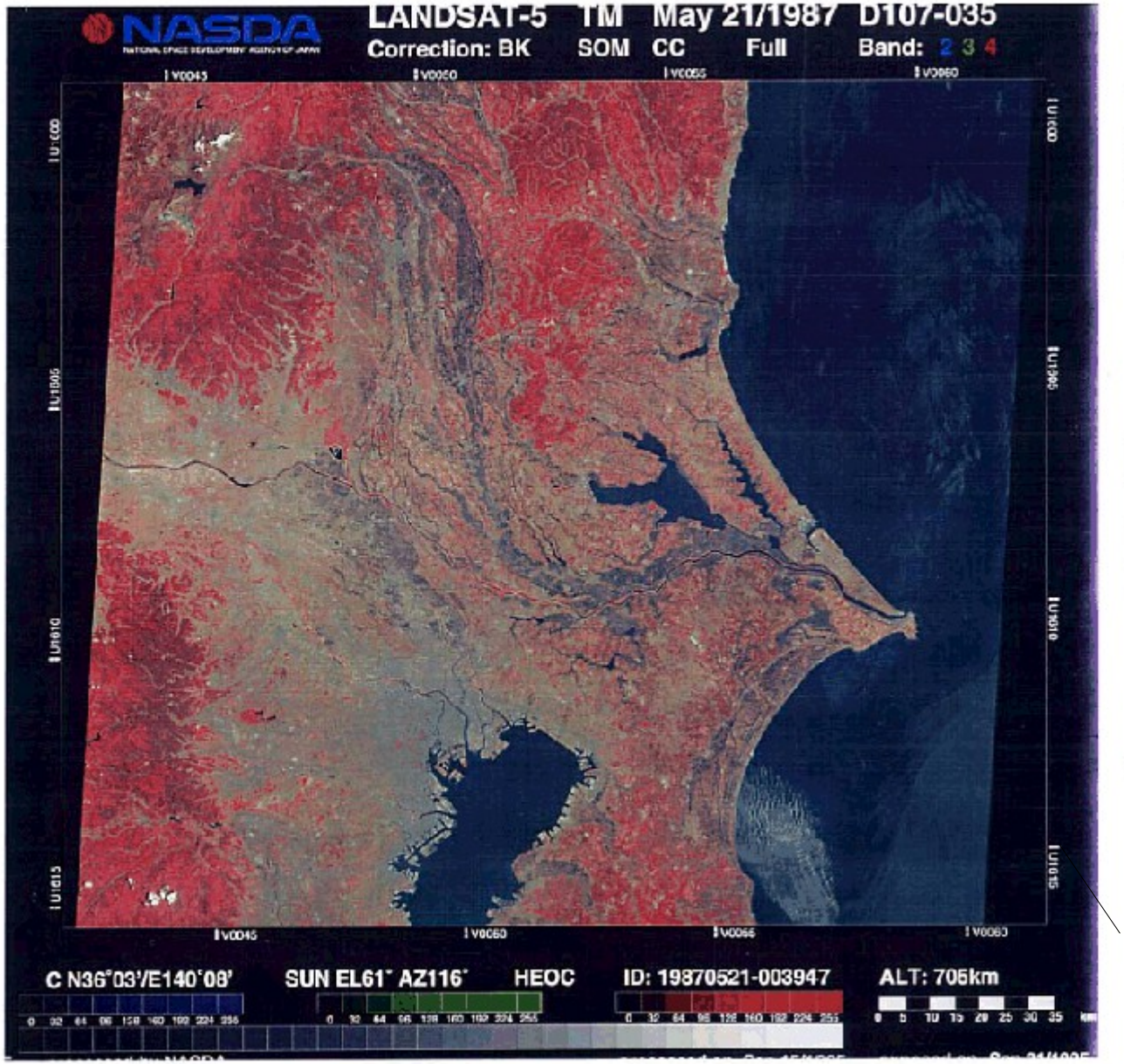
・自動で最小値、最大値を抽出してストレッチングしたらあまり変わらなかった（上中）

・そこで、対話的にレンジを指定したら左上のように見やすくなった（上右）

・ヒストグラム平滑化では左下の様になった

色合いは相対的なもの、いかようにも変えることができる

画像処理の基礎　－幾何補正－



・衛星画像を地図と重ね合わせる（緯度・経度に対応付ける）と、様々な情報と同時に解析が可能となる（→GIS）

・では、一般に入手できる画像はそのままでは地図と重ね合わせられないのか？

・左のTM画像で北はどちら？

解析手法は省略

衛星の利用

● 画像情報を迅速に現場へ配布すること

・・・解析は後で良い
・・・判読は現場に任せる

● 衛星打ち上げの要請

・・・ ALOS はミッション終了　⇒後継機の早急な打ち上げ！
・・・政策は地球観測より経済優先　⇒それで良いのか！

● 情報衛星の活用を

・・・どんな運用をされているのか、まったく不明！
・・・税金は有効に活用されているのか！