

2 JERS-1 SAR データの利用

2. JERS-1 SAR データの利用

2.1 資源探査への利用

2.1.1 インドネシアカリマンタンにおける地質構造解析

(1) 研究目的

インドネシア・カリマンタン東部のクタイ堆積盆(Kutei Basin)は、東南アジアの代表的な産油堆積盆の一つであり、沿岸部のマハカムデルタ(Muhakam Delta)周辺には多くの油ガス田が存在している。一方、西の内陸部はこれから探鉱が進められようとしている地域であるが、現在までのところテクトニクス・構造発達史についてはデータが少ない。そこで、熱帯雨林地域で有効と思われる JERS-1 SAR 画像を主に用いた地質判読解析、広域的な構造解析、画像から判読した被覆層の構造と基盤の構造との関連についての検討をおこなうこと、および石油探鉱に有用な情報を得ることを目的としている。

(2) 研究の背景概要

(a) 研究対象地域

対象地域はインドネシア・東カリマンタン州のクタイ堆積盆 北部である。Kuching High 及び Mangkalihat Ridge と呼ばれる山地あるいは高地を含む東経 $116^{\circ} \sim 119^{\circ}$ 、 $0^{\circ} \sim \text{北緯 } 2^{\circ}$ の範囲に相当する(図 211-1)。

(b) 研究期間

1994 年度～1996 年度(3 年間)

(3) 研究内容

JERS-1 SAR 画像 16 シーン(図 211-2)、LANDSAT TM 12 サブシーン(図 211-3)を使用し、それぞれモザイク画像を作成し、画像判読を行った(図 211-4)。

この地域の石油探鉱における主要ターゲットとして考えられる始新統は基盤を不整合に覆うデルタ成堆積物である。また、基盤上面の構造(起伏)は始新統の層厚や岩相に大きな影響をおよぼしたと予想され、画像解析から得られる被覆層の特徴から基盤構造について推定できれば、この地域の石油探鉱に有効なデータを提供できると考えられる。このため、画像の解析では、地形的特徴から地質ユニットを識別し、それを画像上で追跡してその地層分布範囲を求め、被覆層に発達するリニアメントや褶曲などの抽出を行い、その特徴をまとめた。そして、分布、構造形態の違いから、対象地域をいくつかのブロック(地塊)に区分した。

(4) 研究成果

JERS-1 SAR 画像を用いることによって、数多くのストライクリッジ、ペッディングスロープ、リニアメントを抽出でき、詳細な地質構造解析を行うことができた。

対象地域は、北西部の基盤岩露出地域(Kuchin High), 南西部の低地帯、東部の褶曲帯(Samarinda Anticlinorium)にわかれれるが、それぞれの地形・構造の差異が画像からも確認された。

・被覆層の分布・構造形態と基盤の構造の関連

画像解析から得られた被覆層のブロックと磁力データから基盤の構造とを比較すると、両者は非常によく調和している(図 211-6)。

・衛星画像解析の石油探鉱への応用

クタイ堆積盆地内陸部の主要根源岩、貯留岩は始新統(Em 層)と考えられている。始新統は基盤を不整合に覆うデルタ成堆積物であり、基盤上面の構造は始新統の発達に大きな影響を及ぼしたと考えられる。すなわち、画像解析から推定される基盤構造から、地下の始新統の発達状況がある程度予測できる。

例えば、Muara-Wahau 地域東部から Tintang 地域にかけては、基盤構造に関するデータの欠如した地域(図 211-6)であるが、画像解析から Muara-Wahau 東部地域が始新統堆積時には基盤の高まりがあり、おそらくは堆積物のたまりにくい陸域が広がっていたと推定される。一方、Tintang 地域など周辺地域では基盤深度はやや深くなり、厚いデルタの堆積が起こっていたと考えられる。つまり、この Muara-Wahau ブロックの周辺には、質の良い貯留岩が発達する可能性が期待できる。

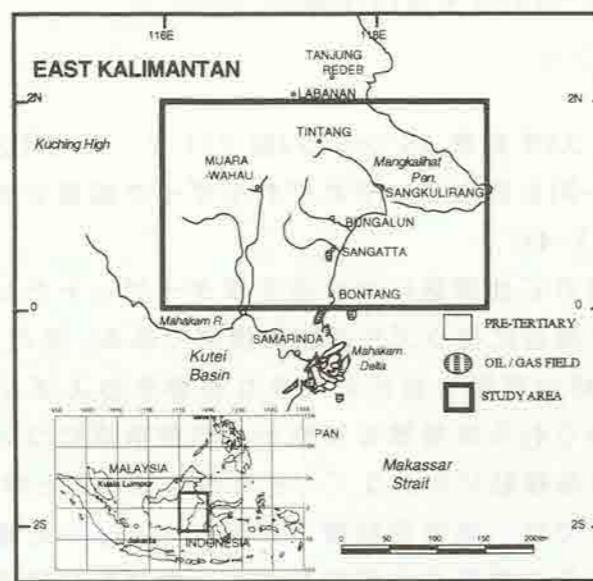


図 211-1 対象地域位置図

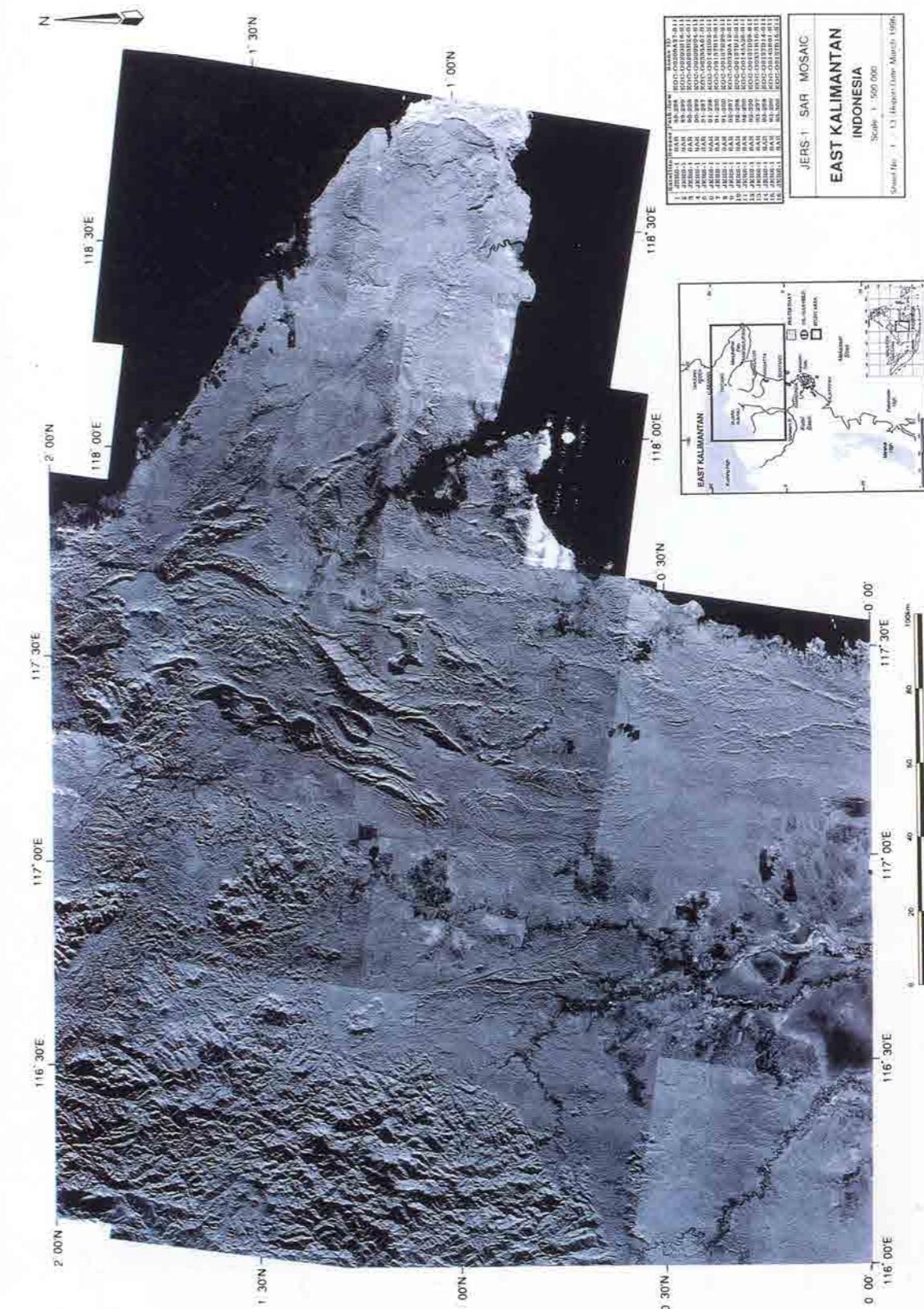


図 211-2 クタイ堆積盆地の JERS-1 SAR モザイク画像

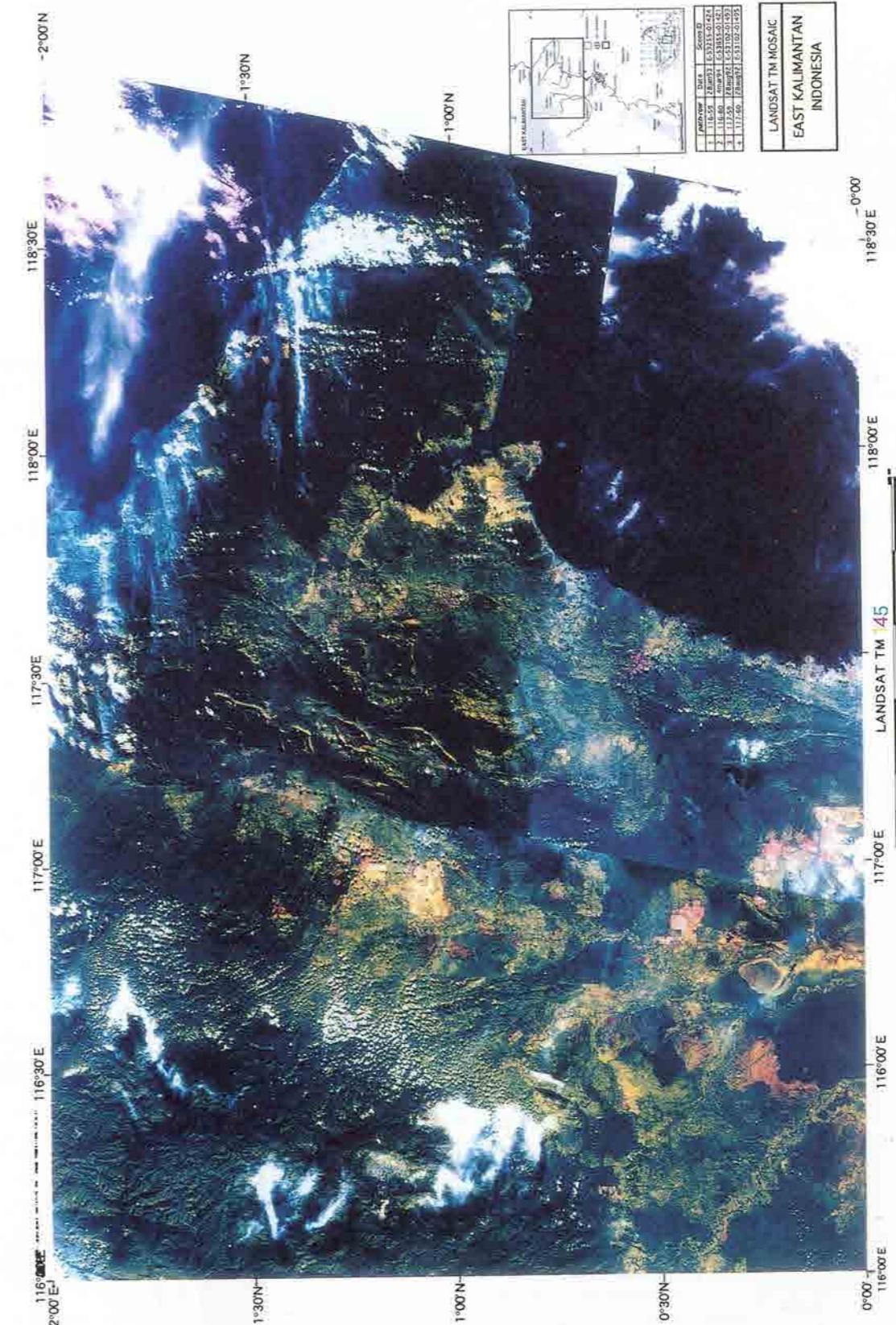
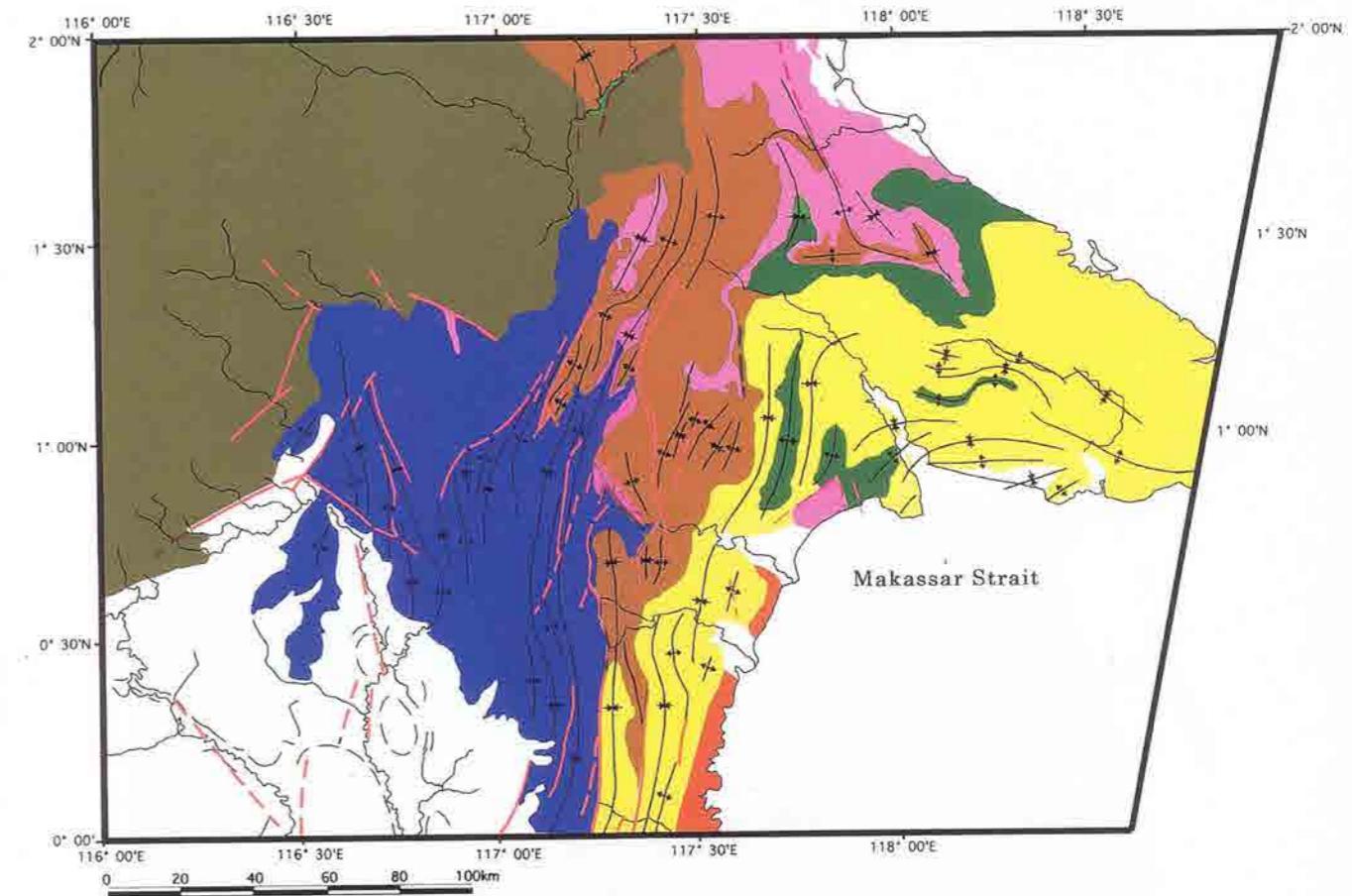


図 211-3 クタイ堆積盆地の LANDSAT TM モザイク画像



Age	Unit	N	Column	S	Formation	Lithology (Environment)	Thickness
Quaternary	Q2						
	Q1					Sand, clay, gravel, peat (Lacustrine)	
Pliocene	Pkb				Kampung Baru	Siltstone & sandstone with intercalation of conglomerate, tuff, lignite (Delta ~ shallow marine)	~2500m
	Mb				Balikpapan	Alternation of sandstone, mudstone, coal (Delta front ~ delta plain)	1000~ 2500m
	Mt				Tendeh hantu	Limestone (Shallow marine)	0~ 300m
Miocene	Mt				Pulau Balang	Alternation of sandstone, siltstone, mudstone with thin lignite & limestone (Prodelta)	400~ 2300m
					Pamaluan	Alternation of sandstone & mudstone (Deep marine)	0~ 2500m
	OMP				Kedanggo	Limestone with marl & calcareous mudstone (Shallow marine)	0~ 600m
Oligocene	Ok				Mangkupa	Sandstone, mudstone, tuff with conglomerate (Fluvial - shallow marine)	0~ 1500m
					Metamorphic Rocks	Phyllite & schist	
Mesozoic							

図 211-4 クタイ堆積盆北部の地質解析図

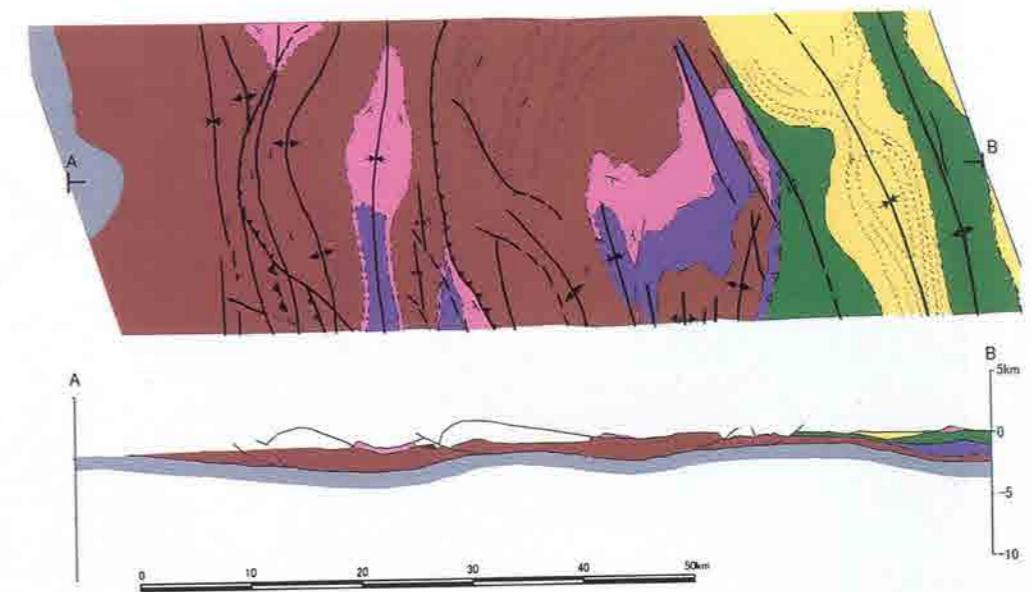


図 211-5 褶曲帶北部の SAR 画像及び地質断面図

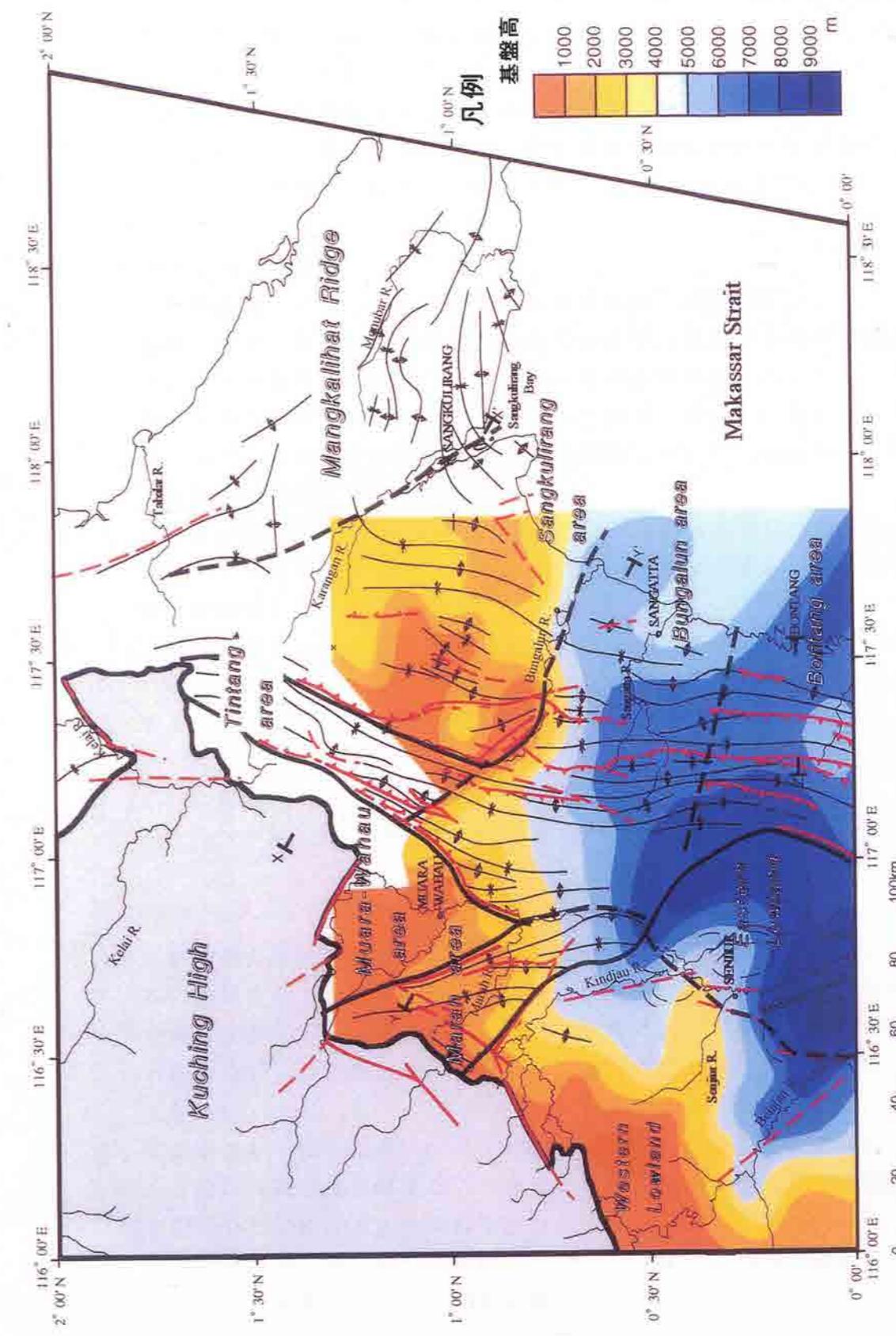


図 211-6 クタイ堆積盆地の磁気基盤構造と画像解釈図

2.1.2 衛星画像による自然滲出オイルスリックの検出・解析の研究

(1) 研究目的

石油・天然ガスの胚胎する多くの海洋堆積盆では、海底から滲出する炭化水素が海面に極めて薄い油膜を形成し、自然滲出オイルスリックとして現れることが知られている。

本研究は、自然滲出オイルスリックを検出し、他の原因によるスリックと識別する技術の開発を行い、海洋堆積盆探鉱における評価データの一つとして利用する解析手法を確立することを目的とする。

(2) 研究の背景概要

自然滲出オイルスリックが見られる海域は、世界的にはメキシコ湾、北海、カスピ海、地中海等が知られているが、後述する現地調査を効率的に行う必要性から国内に研究フィールドを求めた。このため、日本近海の画像データを収集し、解析を行った結果、継続的に現れる自然滲出オイルスリックとその滲出点が確認されたことから、男鹿半島周辺の海域を研究対象海域として選定した。

なお、GEOSAT Committee, Shell, BP 等の研究機関や石油会社がパイロットプロジェクトのテストサイトとしてきたメキシコ湾を基礎情報収集の地域とした(図 212-1)。

研究対象海域とした秋田県沖合いには、現在稼行中の海洋油ガス田はないが、昭和 34 年に試掘に成功した国内最初の海洋油田である土崎沖油田があった。また、陸域には申川、橋本、福米沢等多くの油ガス田が成立しており、新規海洋油ガス田発見のポテンシャルが高く、探鉱活動が積極的に行われている。

なお、本研究は 1996 年～1998 年の 3 年間にわたって実施された。

(3) 研究内容

自然滲出オイルスリックの検出については、光学センサー、レーダー共に利用可能であるが、光学センサーは観測時の太陽高度・方位角・視野角に依存し、レーダーセンサーは照射角に依存するが、雲量に影響されないため、自然滲出オイルスリック検出には光学センサーよりも利用度が高い。

対象海域では、JERS-1、LANDSAT、SPOT などの光学センサーについては、太陽高度や雲量などの理由で自然滲出オイルスリック検出のための十分な品質のデータが得られなかった。

レーダーセンサーについては、JERS-1、ERS-1、RADARSAT で解析を行った結果、JERS-1 SAR 画像のほとんどはニアレンジが沿岸部の

陸域にかかるため、AGC (Automatic Gain Control) が陸域からの情報で感度を調整するため、海域のデータの S/N 比が悪く、スリック検出の解析ができるほど品質の高いデータは得られなかった。このため、これらの影響が認められない ERS-1 と RADARSAT 画像で主に解析を行った。

放射されるマイクロ波は、なめらかな表面では鏡面反射となり、ほとんど後方散乱波が生じない。オイルスリックは海面上の小さな波を押さえ、まわりに比べてなめらかなになるため画像では暗く見える。

自然滲出オイルスリックは基本的に反復性・持続性を示すことから、海面への放出は多時期の衛星データの同一点付近で捉えられる。図 212-2 に示す画像は自然滲出オイルスリックが、ほぼ同一点から放出されている様子が多時期の衛星データで捉えられている例である。

衛星画像上で自然滲出オイルスリックと誤認される要因としては、掘削リグ等からの油漏れ、船舶事故・廃油投棄などによる流出油などがある。

自然滲出と掘削リグなどからの漏れによるスリックとの識別は、通常スリックの末端付近に掘削リグや生産プラットフォームなどの海上構築物があり、コーナーリフレクター作用で輝点として SAR 画像に現れるため容易に識別可能である。

また、自然滲出オイルスリックの厚さが $0.01\text{ }\mu\text{m} \sim 1\text{ }\mu\text{m}$ であるのに対し、流出油の油膜の厚さは一般に 5mm あるいはそれ以上の厚さを持つ。このため、自然滲出オイルスリックは風速 3.5m / sec 以上で消失することが地中海における ERS-1 のデータなどから検証されている。これに対し、一般に厚い流出油スリックは、それ以上の風速でも消失せず、衛星データで捉えることが可能である。これらの誤認要因を避けるために、当該地域の気象・海象情報を参考することが求められる。

(4) 研究成果

多時期の衛星データを解析することにより、秋田県男鹿半島周辺海域で自然滲出オイルスリックと滲出点が確認された。現地調査ではこれら自然滲出する炭化水素の滲出点を確認した。また、気象・海象条件が自然滲出オイルスリックと流出油スリックに与える影響を考慮して自然滲出オイルスリックを分離する方法が検討された。

油ガスのサンプルを分析した結果、ガスは熱分解によって生成したものであり、油滴は申川油田の原油成分に類似した根源岩に由来するものであることが判明した。

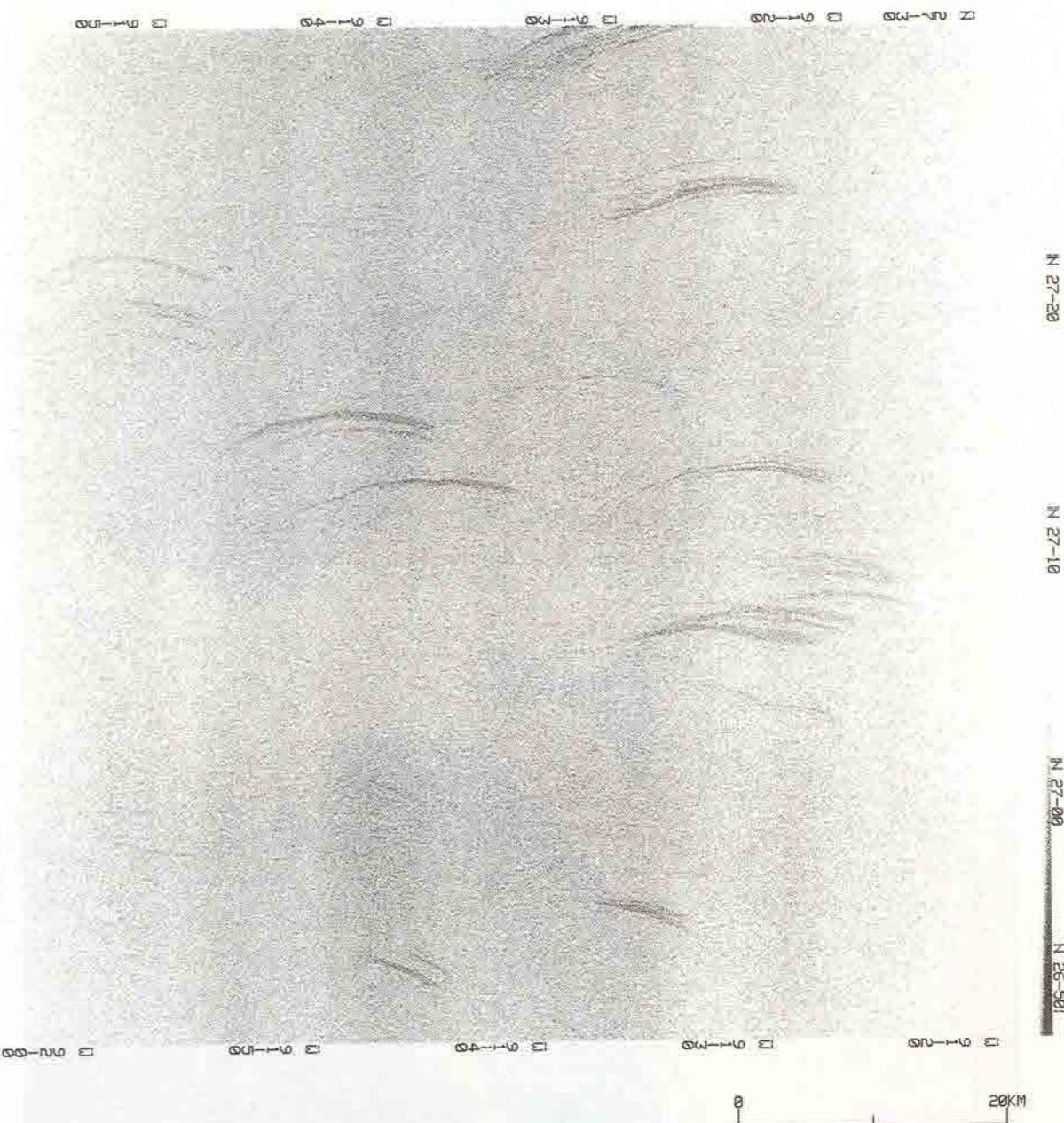


図 212-1 JERS-1 SAR 画像に見られるメキシコ湾のオイルスリック群：風向きは西から東

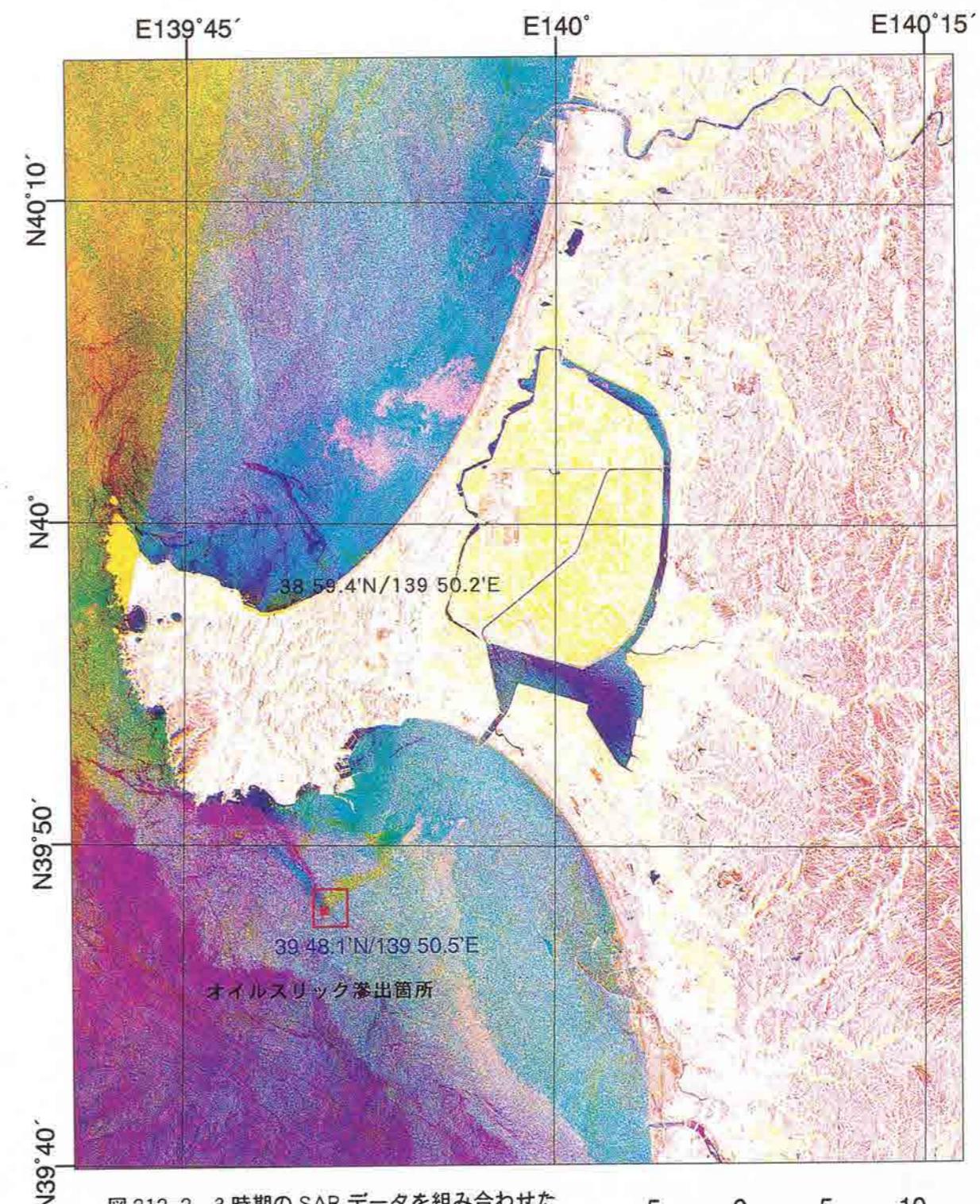


図 212-2 3 時期の SAR データを組み合わせた
衛星画像で検出されたオイルスリック
(場所は秋田県男鹿半島周辺の沖合い)

赤色 RADARSAT 97.Aug.27
緑色 RADARSAT 96.Aug.18
青色 ERS-1 95.Jul.07

5 0 5 10
Kilometers

2.1.3 バングラデシュデルタ地域におけるロジスティックス

(1) 研究目的

石油・ガス鉱床の胚胎が期待されるバングラデシュ南部のマングローブ林を含むデルタ地域を対象とし、現在保有する衛星データについての画像処理や画像解析技術を用いて水域や森林分布の判読・抽出、マングローブ樹種の分類、現地検証調査による比較・検討などの作業を実施し、石油資源探査(地震探査)のためのベースマップ作成における衛星データの有効性を明らかにすることを目的とする。特にアクセスの困難なマングローブ林内に複雑に交錯して発達している水路を詳細に判読・抽出し、測線配置などのサーベイデザインに有効利用できるマップを作成することを課題とする。

(2) 研究の背景概要

(a) 研究対象地域

対象地域はバングラデシュ南西部のデルタ地域に位置し、北緯 21° 36'~22° 48'、東経 89° 06'~90° 30'で囲まれた西橋線のやや長い台形を呈する範囲で、面積は約 18,000km²である(図 213-1)。

バングラデシュでは、1950 年代以降、東部の褶曲帯で積極的な石油・ガスの探鉱が実施され多くのガス田が発見されたが、中央部から南部にかけて広大なデルタ地帯と前面の浅海域は、マングローブ林などの困難なアクセス条件があるため、ほとんど未探鉱地域として残されており、現在外国企業への鉱区開放が計画されている。また、東部の褶曲帯以外では平坦なデルタ地帯であるために地表調査から地下構造を推定することは困難である。近年、無線伝送方式の導入などにより沼沢池、デルタ地帯、浅海域などの地震探査が可能となつたが、このような地域で探査を実施する場合、マングローブなどの植生密度、低質や水深、潮位、水流速度などのパラメータは地震探査の測定作業能率・精度に大きな影響を与えることから、これらの状況に応じて最適の測定方法と測定時期を選択する必要がある。従って、高い精度の地形図や水深図などの入手が困難な地域に対し、衛星データから潮間帯における水域や植生分布の状況、潮位と季節による水域の変化、陸域の植生分布や土地利用状況が把握できれば、探査計画の立案の際に極めて有用な情報となる。このような背景の下で本研究業務の対象地域が選定された。類似の地質条件を有する地域はナイジェリアのニジエールデルタやカリマンタンのマハカムデルタでも知られており、地震探査実施の可否の検討を含め、本研究業務の成果はそれらの地域の探査計画にも応用できると期待される。

(b) 研究期間

1996 年度(1 年間)

(3) 研究内容

対象地域について、LANDSAT TM 画像(図 213-2)と RADARSAT, ERS-1, JERS-1(図 213-3)の 3 種の SAR 画像を用いて、水域と森林分布の判読、現地検証調査、探査計画用ベースマップの作成などの解析、調査を実施した。この研究では、種々の制約条件から上陸して作業を行うことが困難なマングローブ林地帯において水路を利用した地震探査を実施することを想定し、衛星データから広域に亘って水路系を判読・抽出することに重点を置いた。

(4) 研究結果

マングローブ林地帯の狭い水路では、水路際の立木による樹冠閉塞があるため、使用した4種の画像からは5mを越える幅の水路系だけが抽出された(図213-4)。これに対し、幅5m以下の小規模な水路については、土壤塩分濃度の高い水路際に生育するゲワと呼ばれるマングローブの樹種の分布をLANDSAT TM画像上で識別することで間接的に抽出した。

画像から作成した水域分布図(図 213-5, 6)上に、探査に利用できる水路を手法別に表示し、探査計画用のベースマップ(図 213-7)を作成した。

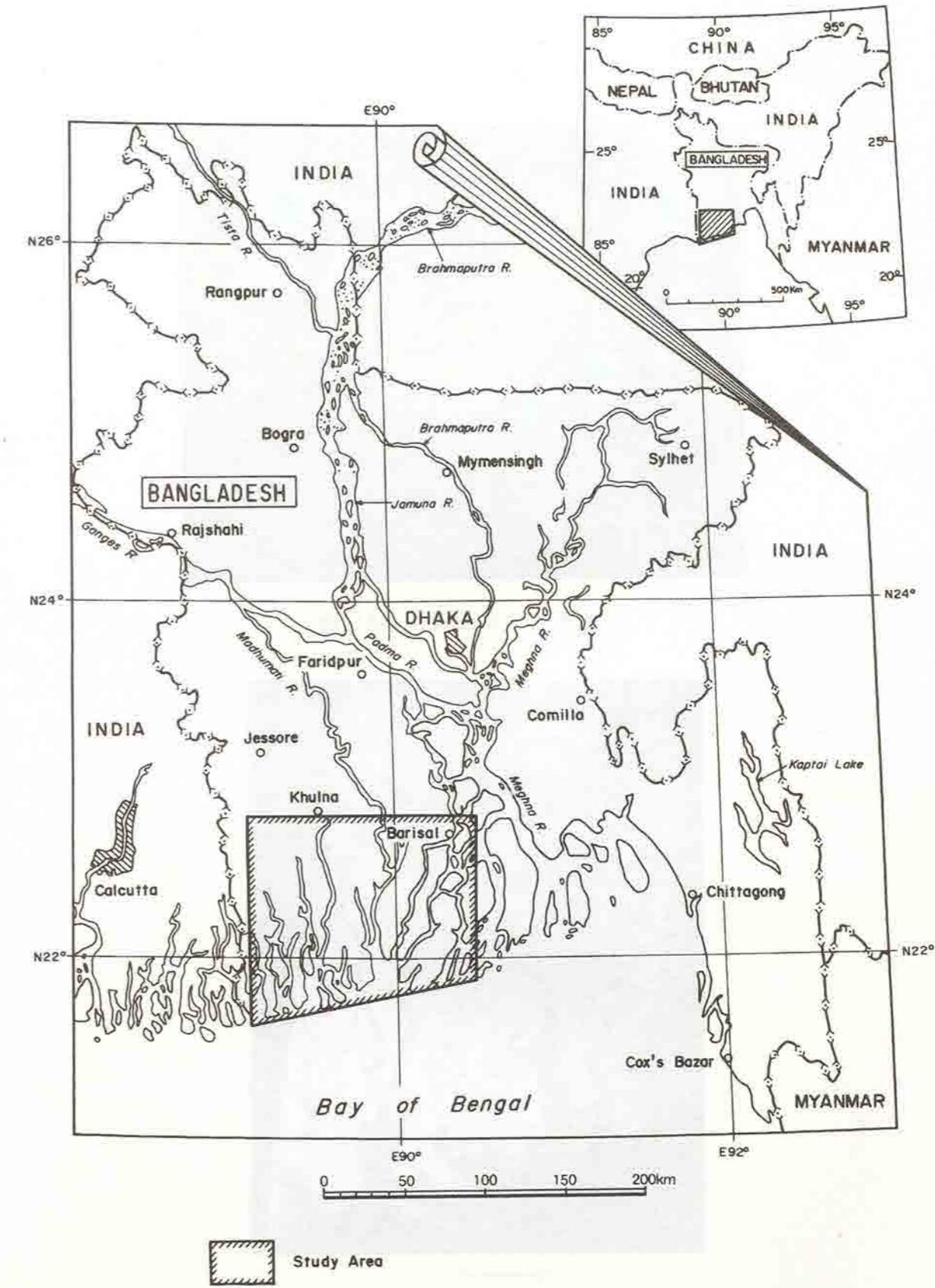


図 213-1 対象地域位置図

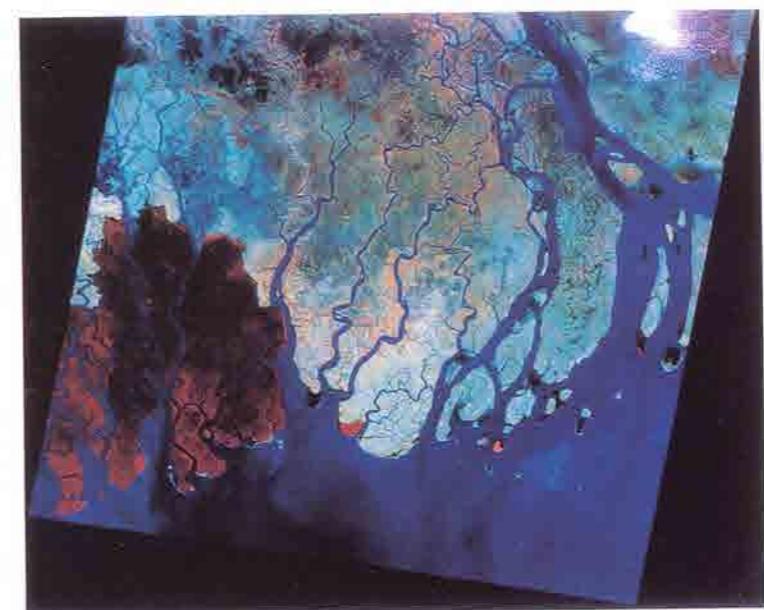


図 213-2 LANDSAT TM 画像

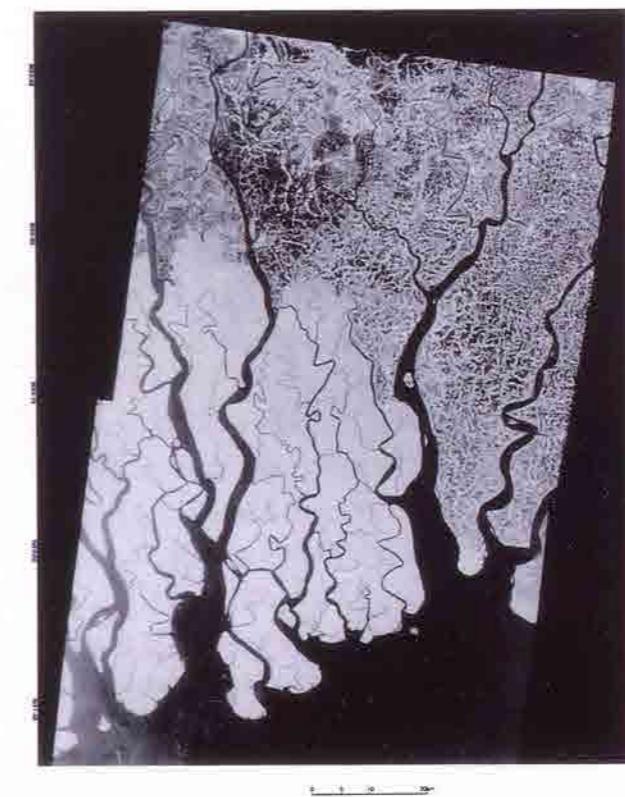
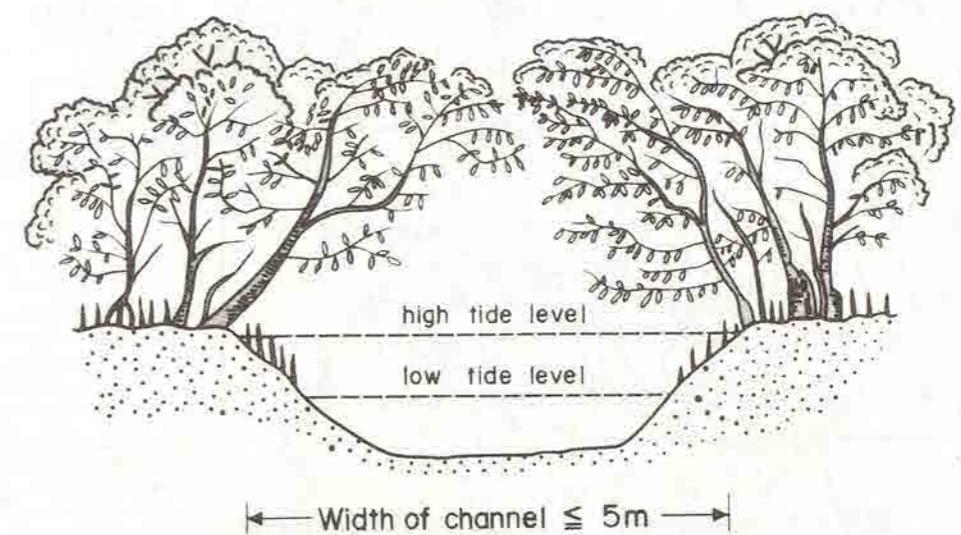


図 213-3 JERS-1 SAR 画像

(A)

CANOPY CLOSURE



(B)

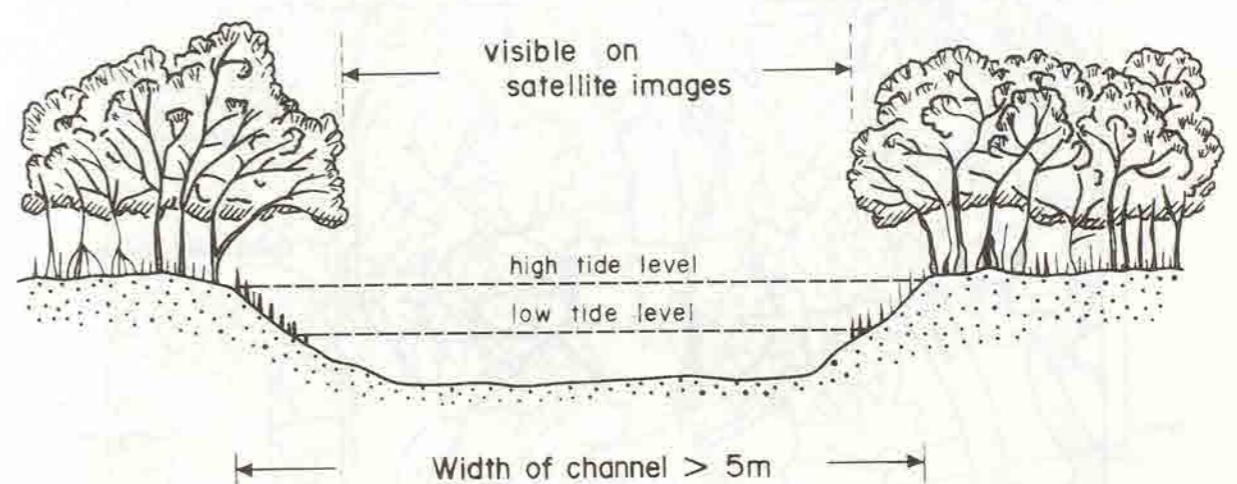


図 213-4 スンダルバン・マングローブ林内の模式水路断面図

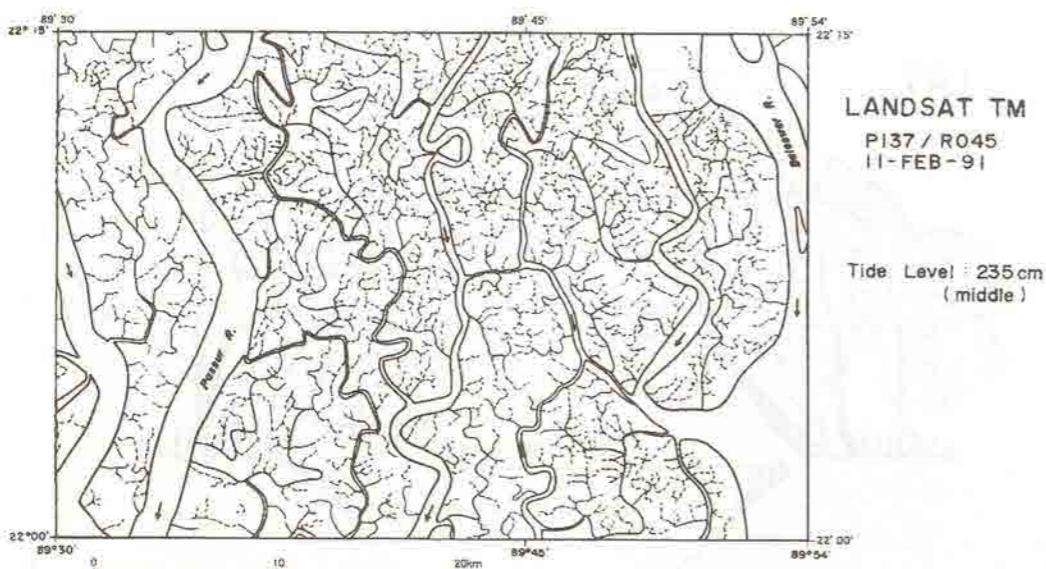


図 213-5 水路系分布図 (LANDSAT TM 画像より作成)

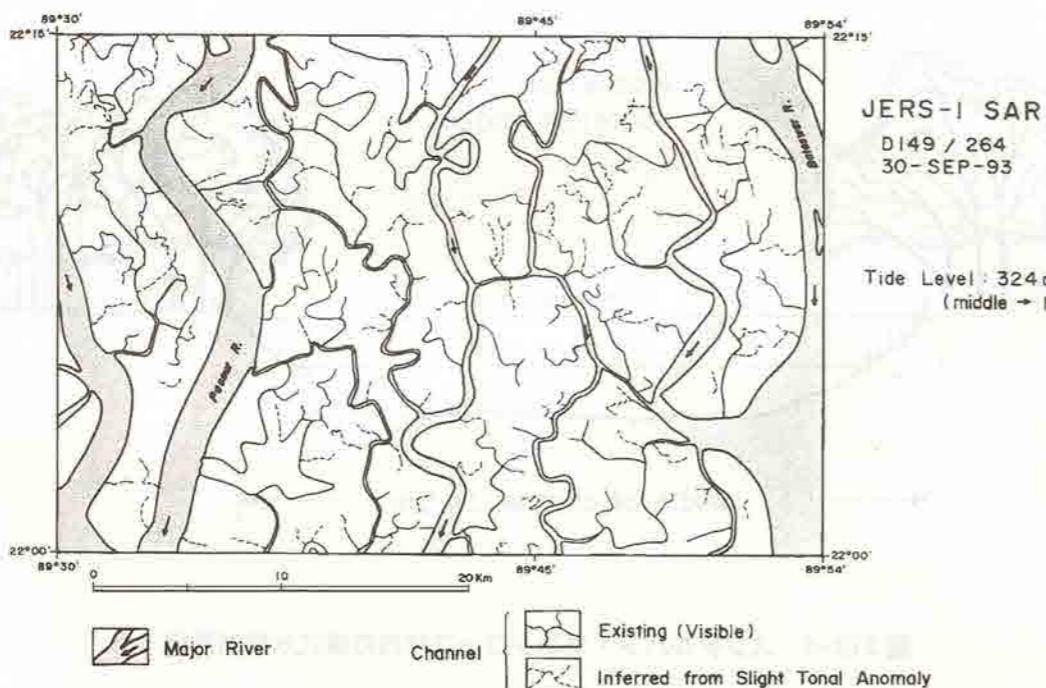


図 213-6 水系分布図 (JERS-1 SAR 画像より作成)

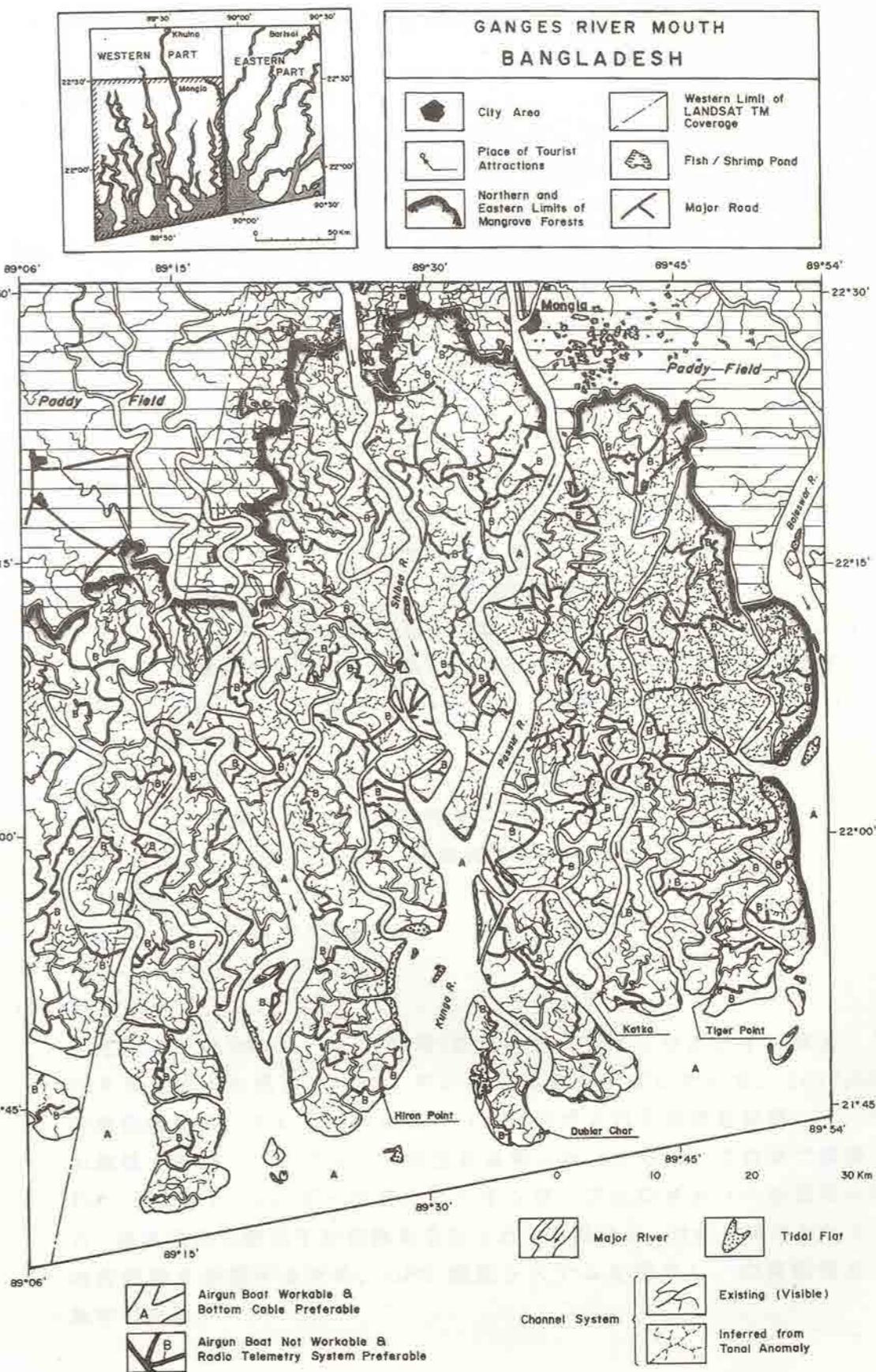


図 213-7 ジャンダルバン・マングローブ林の水域分布図

2.1.4 フィリピンレイテ島における活断層モニタリング

(1) 研究目的

フィリピン諸島において、SAR インターフェロメトリ技術を応用して活断層モニタリングの検討を行うことを目的とする。

(2) 研究の背景概要

フィリピン断層が南北に縦断するレイテ島をモニタリングサイトとして選び、JERS-1 SAR データを使用して地質構造解析及び SAR インターフェロメトリ技術の応用検討を実施した。レイテ島北部では、フィリピン断層上にトンゴナン地熱地帯が位置し、地熱リザーバーに係わる検討も行った。

(a) 研究対象地域

研究対象地域であるレイテ島は、フィリピン変動帶のビサヤブロックに属し、左横ずれの走向移動断層であるフィリピン断層がレイテ島中央部を南北に縦断する。また、フィリピン断層は、火山フロン트に非常に接近していることが知られ、レイテ島では断層がマグマの上昇路となっている可能性も指摘されている。そのためいくつかの地熱系が賦存しており、その一つがレイテ島北部トンゴナン地熱地帯である(図 214-1)。

(b) 共同研究機関

フィリピン石油開発公団・エネルギー開発会社(PNOC-EDC)
環境・天然資源省 鉱山・地球科学局(MGB)
科学技術省フィリピン火山・地震研究所(PHIVOLCS)

(c) 研究期間

1997 年度～1999 年度(継続中)

(3) 研究内容

JERS-1 SAR6 シーン(2 時期)を用いて、スペックルノイズ除去・デジタルモザイク処理を行い、モノクロ画像を作成したのち、1/50,000 の地形図をベースに幾何補正を行った。作成された画像を使用して、火山地質・判読、リニアメント抽出を実施した。さらに、これまで蓄積された JERS-1 SAR データを用いたインターフェロメトリ干渉処理を行い、地表変動の検出手法の検討を行った。このほか、対象地域において、地表変動を把握するため、GPS 観測システムを構築し、定期観測を実施中である。

(4) 研究成果

(a) JERS-1 SAR 画像判読結果

・褶曲

画像上から抽出される褶曲は、フィリピン断層西側の山塊に分布する古第三紀から新第三紀にかけての堆積岩類に分布する。これらの褶曲は、Ormoc 北西方の山地では明瞭であるが、レイテ島南部では画像上からは認識されない。なお、褶曲軸はリニアメントの卓越方向と同様 NNW-SSE 方向を示す。

・リニアメント

画像上から抽出されるリニアメントは、レイテ島の中央部を NNW-SSE 方向に走るフィリピン断層周辺に集中する。これらのリニアメントの卓越方向は、NNW-SSE 方向を示し、併走することが多い。ただし、トンゴナン地熱発電所周辺では、主要方向をなす NNW-SSE 方向のリニアメントと交差する NW-SE 方向も多く認められ、熱源としての火山活動と、貯留構造としての断裂構造が発達し、有望な地熱未開発地域を残している。また、Sogod 湾西方の山地には NNE-SSW 方向のリニアメントがみられる。

・崩壊地形

画像上から抽出される崩壊地形は、比較的リニアメント沿いあるいはその近傍に分布するものと、鮮新世から第四紀の火山岩類(単元 Qv)の山頂部にみられるものとがある。前者は特にフィリピン断層沿いに発達している。後者は火口を示している。

(b) JERS-1 SAR インターフェロメトリ処理

対象地域の詳細な DEM データが入手できないため、3 パス法を適用した(2 ペア)。しかし、アンラップ範囲が限定されたため、変動が期待されるトンゴナン地熱地域での変動を抽出するまでには至らなかった。引き続き上記 2 ペア以外のデータを用いた処理を継続中である。

(c) GPS 観測システムの構築と地殻変動観測

トンゴナン地熱地帯におけるフィリピン断層の変動調査は、既に 1991 年 1 月及び 1994 年 2 月の 2 回に渡ってフランスチームと MGB, PNOC-EDC, PHILVOLCS 等との間で合同調査が行われている。今回の研究では、それら観測点を含む 15 測点で、1998 年 7 月、11 月に観測を行った。その結果、1994 年 2 月と 1998 年 7 月の 2 時期間に、中央ブロック - 東側ブロック間で、最大 7.5cm(年間約 1.9cm), 中央ブロック - 西側ブロック間で 3.5cm 縮小したことが分った。

上述した西側ブロック、中央ブロック及び東側ブロックの 3 者の関係でみると、西方断層及び中央断層はともにこれまでいわれて来たように左横ずれ断層の性格を表す結果となったが、中央ブロックの内部構造は複雑であるといえる。

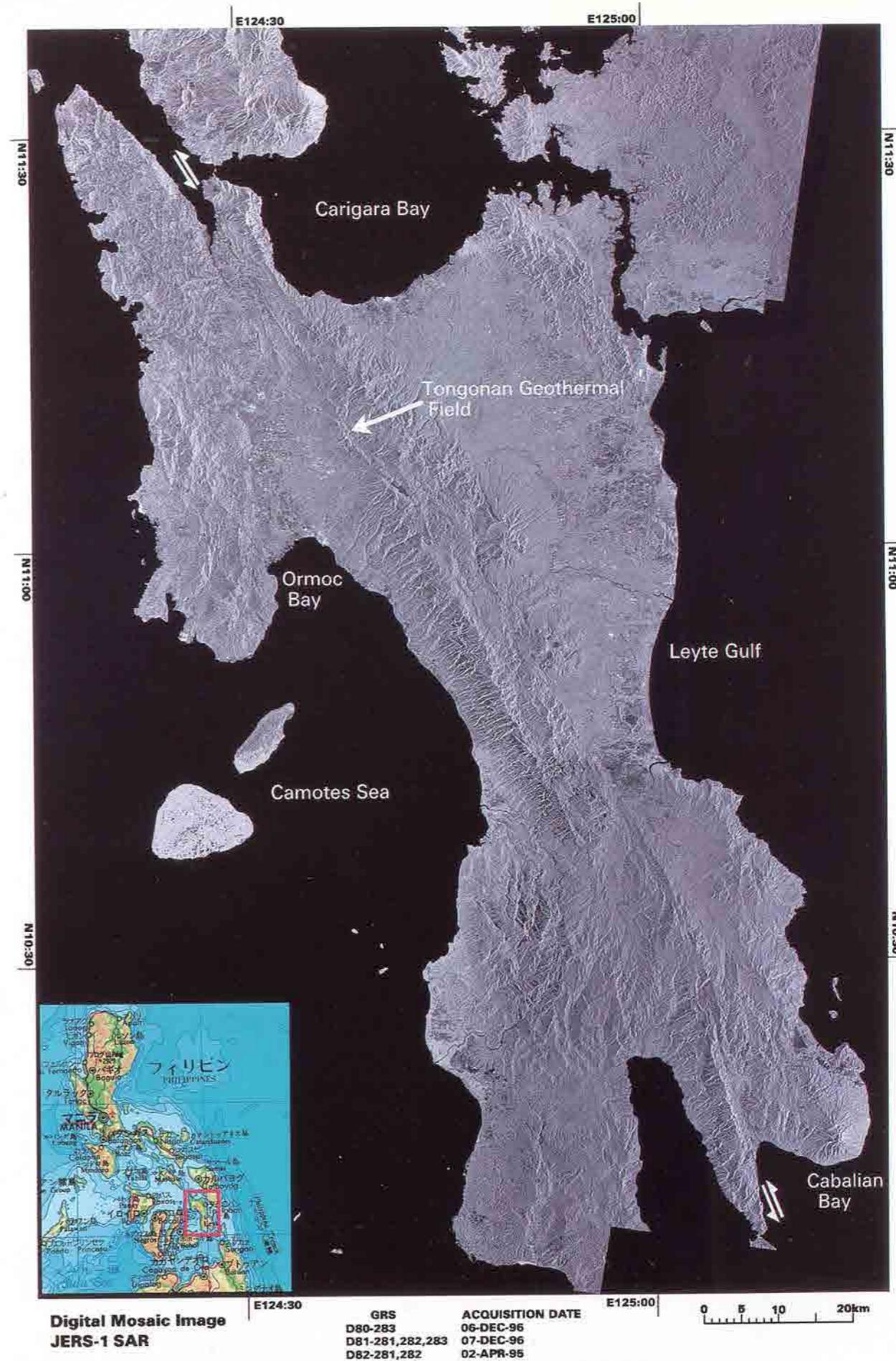


図 214-1 JERS-1 SAR モザイク画像

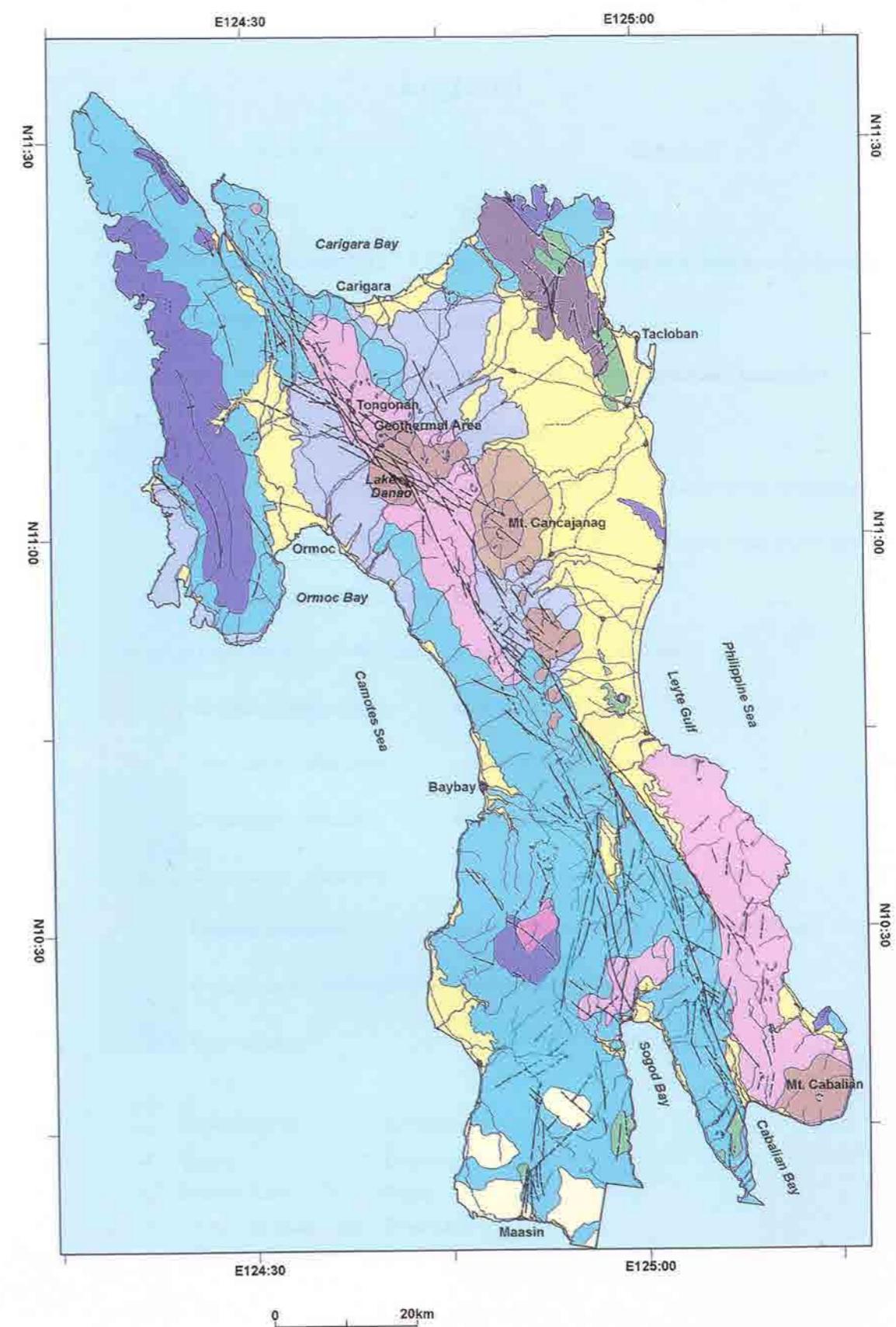


図 214-2 SAR 画像に基づいた地質判読結果

Legend

Unit	Geologic age	Lithology
R	Quaternary	recent deposits
QVP	Pliocene-Quaternary	volcanic plain or volcanic piedmont deposits
QAV	Quaternary	active volcanoes
Q _v	Pliocene-Quaternary	non - active cones (pyroxene andesite)
N _{3l} +Q _{1l}	Pliocene-Pleistocene	limestone
N _{3s} +Q _{1s}	Pliocene-Pleistocene	marine and terrestrial sediments (molasse)
N _{2v}	Upper Miocene - Pliocene	dacite and/or andesite flows with pyroclastics
N _{2l}	Upper Miocene - Pliocene	limestone
N _{2s}	Upper Miocene - Pliocene	marine clastics (molasse)
N _l	Neogene (Miocene)	quartz diorite
N _{1v}	Oligocene - Miocene	andesite and/or basalt flows
N _{1s}	Oligocene - Miocene	shelf marine deposits
P _{g2v}	Oligocene - Miocene	keratophyre and andesite flows
KPg	Undifferentiated	graywack and metamorphosed shale
UC	Cretaceous - Paleogene	ultramafic and mafic plutonic rocks
BC	Pre - Jurassic	metamorphic rocks

- Crater scarp
- Scarp
- Debris flow
- Anticlinal axis
- Synclinal axis
- Lineament
- Drainage system
- Road
- Township

図 214-3 地質判読結果の凡例

2.2 環境への利用

2.2.1 植生における利用例

人工衛星を用いたリモートセンシング技術は、その広域性と同時性および繰り返し観測のため、環境・災害等のモニタリングに広く利用されている。東南アジア諸国は、近年、地球の環境問題を考える上で重要な地域とされているが、被雲率の高い地域でもあるため、光学センサーは無力であることが多い。JERS-1 に搭載された SAR は天候障害が少ないことから、東南アジア等の地域において植生を指標とする環境調査への応用が試みられた。

(1) インドネシアカリマンタン島東部における SAR を用いた植生分類

(A) 研究目的

本研究は、植生被覆の多い地域における地質及び地質構造解析を行うため、SAR データに捉えられた後方散乱量とそれに係わる地表の構成物、地形、地形面の凹凸や植生の種類、密度、樹種及び土地被覆状況を把握し、相互の関係を定量的手法で解析することを目的とする。

(B) 研究の背景概要

異なるセンサで得られた SAR データを用いて比較・検討を行い、カラー合成画像を作成した(図 221-1, 2)。その結果に基づいて対象地域の植生分類図を作成し、既存の植生分布図と比較を行った(図 221-3)。

(a) 研究対象地域

対象地域は、インドネシア・カリマンタン島東部に位置し、JERS-1 SAR データ 4 シーンによってカバーされる約 $17,000 \text{ km}^2$ の範囲である。本地域は典型的な熱帯雨林気候に属し、年間 $2,000 \text{ mm}$ を越える降雨量を示す。乾季と雨季は明瞭に区分でき、乾季は 4 月から 9 月、雨季は 10 月から 3 月である。

対象地域の植生は、熱帯雨林気候を反映し、主として堅木から成るが、そのほとんどが二次林であり初生の雨林は少ない。デルタでは広範囲にわたってニッパやし(Nypa Palms)が繁茂し、デルタの先端部ではマングローブ(Mangroves)林及びピート・ビーチ(Peat Beach)が発達する。

(b) 共同研究機関

インドネシア共和国科学技術評価庁(BPPT)

(c) 研究期間

1996 年度～1999 年度(4 年間)

(C) 研究内容

JERS-1 SAR データ 2 シーン, ERS-1 AMI データ 1 シーン, ERS-2 AMI データ 2 シーン及び RADARSAT-1 SAR データ 1 シーンを用いて, 異なるセンサ・パラメータの解析・検討, マルチテンポラルデータの解析・検討を行い, 植生分類図を作成した。

(D) 研究成果

(a) 異なるセンサ・パラメータの検討

JERS-1 SAR, ERS-1 AMI, RADARSAT SAR データはそれぞれバンド, オフナディア角, 照射方向, 偏波, 空間分解能等のセンサ・パラメータが異なるため, 単一の要素による比較はできない。しがしながら, それぞれのセンサ・パラメータの相対変化は, ある程度まで抽出可能である。

(i) バンド

- ・ L バンドではこれら植生ターゲットに対して粗い肌理を示す画像となるが, C バンドではスムースとなる。
- ・ L バンドでは混合林とニッパやし林の区別はつくが, ニッパやし林とマングローブ林の区別はつきにくい。
- ・ C バンドではニッパやし林とマングローブ林の区別はつくが, マングローブ林と混合林の区別はつきにくい。
- ・ L バンドと C バンドの植生区分は, 本地域では相補的に取り扱うことができ混合林, ニッパやし林, マングローブ林を区別することができる。またそれらの漸移部を判読できる。
- ・ C バンドはマングローブ林の葉の影響を受けるが, L バンドではその影響は極めて少ない。

(ii) オフナディア角

波浪の様子は ERS-1 SAR データの方が良く表現されており, 小さなオフナディア角の方が有効である可能性がある。

(iii) 照射方向

2 つの ERS-1 SAR 画像データを比較したが, 大きな変化は認められず, 本地域の植生はマイクロ波に対して等方的なターゲットであると判断される。

(iv) 偏波

C バンドにおける HH と VV 偏波の比較では HH 偏波の方が植生を良く区分できたが, データ取得の時期の違いを表現した結果の可能性もある。

(v) 空間分解能

いずれの画像データも縮尺 1/250,000 程度の拡大率に対しては充分な空間分解能を有していること, また SAR 画像データがスペックルノイズ等の影響で高周波の画像となっていることから, これらの画

像データの空間分解能の優劣はつけられない。

(b) マルチテンポラルデータの検討

季節の変化による後方散乱係数への影響を導出するためにマルチテンポラルデータの利用を行ったが, 期待した程の変化は得られなかつた。特にマングローブ林, ニッパやし林, 混合林の間の季節変化は殆ど見られなかった。この原因としては, 単なるカラー合成画像ではこの変化を捉えることができず, 例えば, 季節変化の残差を議論するような精度の高い方法を取る必要がある。

以上のことから L バンドでは混合林とニッパやし林の区別に, C バンドではニッパやし林とマングローブ林の区別にそれぞれ有効であった。従って, これらの SAR データを併用することにより, 精度の高い植生分類ができるものと考える。また, 照射方向の違いは後方散乱係数の変化に影響を与えることなく, 対象地域の植生は C バンドのマイクロ波に対して等方的なターゲットと判断できる。

(2) インドネシアカリマンタン島東部における植生変化

熱帯雨林地域では, 焼き畑, 自然発火, 炭鉱の露天堀り等によって, 植生が大規模に消失しており, 様々な手法により植生変化のモニタリングが行われている。しかしながらそれらの手法は, 光学センサを用いた場合が多く, SAR データを用いた手法はまだ確立されていない。本研究ではインドネシアカリマンタン島東部の植生変化をモニタリングするために, 3 時期の JERS-1 SAR データの合成画像を作成した(図 221-4)。伐採による植生変化は, 画像中でそれぞれの時期に対応した色で示される。本地域では植生の D/N 値が高いため, 画像中央赤色部では, 1992 年 7 月-1993 年 2 月の期間に伐採が行われ, その後植生はみられないことを示している。一方, 青色や, 緑色で示される地域では, 1992 年 7 月以降植生が回復したと予想される。

表 221-1 画像データの比較結果

	JERS-1/SAR FEB, 1995 (J95)	ERS-1/AMI NOV, 1993 (E93)	ERS-2/AMI MAY, 1996 (E96)	RADARSAR-1/SAR OCT, 1996 (R96)
JERS-1/SAR SEP, 1993 (J93)	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に類似した画像であるが、経年変化あり J95の方がダイナミックレンジが大きい DN値の変化は混合林: J93>J95 ニッパ: J93>J95 マングローブ: J93<J95 人為的な伐採による経年変化あり 詳細は95報告書 	<ul style="list-style-type: none"> E93の方がダイナミックレンジが大きい E93では混合林、ニッパ、マングローブの区分可能 J93では混合林とニッパの区別が可能 E93では波浪の状況が明確 	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に同左 E96ではニッパとマングローブの区分がつきにくい 	<ul style="list-style-type: none"> R96はJ93に較べスムーズな肌理を示す 混合林とニッパについてR96はJ93ほどのDN値の差を示さない R96では波浪の状況は認められない
	<ul style="list-style-type: none"> 混合林とニッパの区分が明確 ニッパとマングローブの区分は不明瞭 人為的な伐採による経年変化を捉えやすい 	JERS-1/SAR FEB, 1995 (J95)	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に同上 	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に同上
	<ul style="list-style-type: none"> 色合成画像でみると混合林、ニッパ、マングローブの区分が可能 さらにその漸移部を区別可能 	ERS-1/AMI NOV, 1993 (E93)	<ul style="list-style-type: none"> E93の方が混合林、ニッパ、マングローブの区分がしやすい 混合林とニッパは双方の画像ではほぼ同じDN値を示す E93のマングローブでは葉の有無が影響する 波浪の様子は両画像で極端に異なる 	<ul style="list-style-type: none"> 双方共類似した特徴を示すがE93の方が区別しやすい
		<ul style="list-style-type: none"> 色合成画像でみると次の区分 混合林: 赤褐色 ニッパ: 紫褐色 マングローブ: 明褐色 両画像上の植生区分が異なる 	ERS-2/AMI MAY, 1996 (E96)	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に同上



SAR画像データ

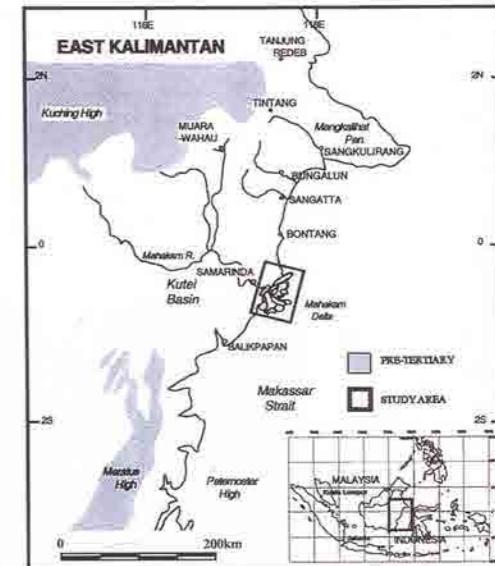


単バンドデータの比較

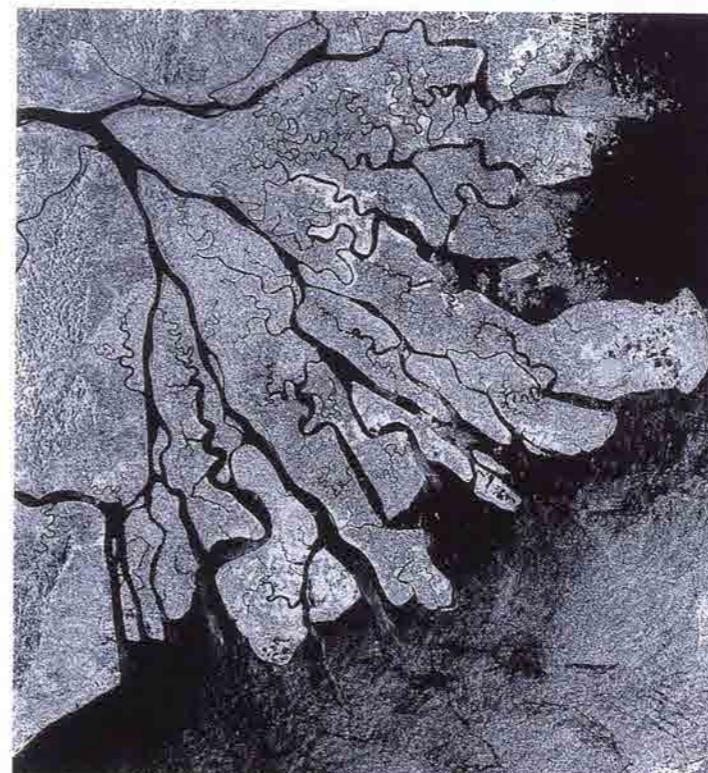


色合成画像の特徴

注) 画像判読の縮尺は1:250,000



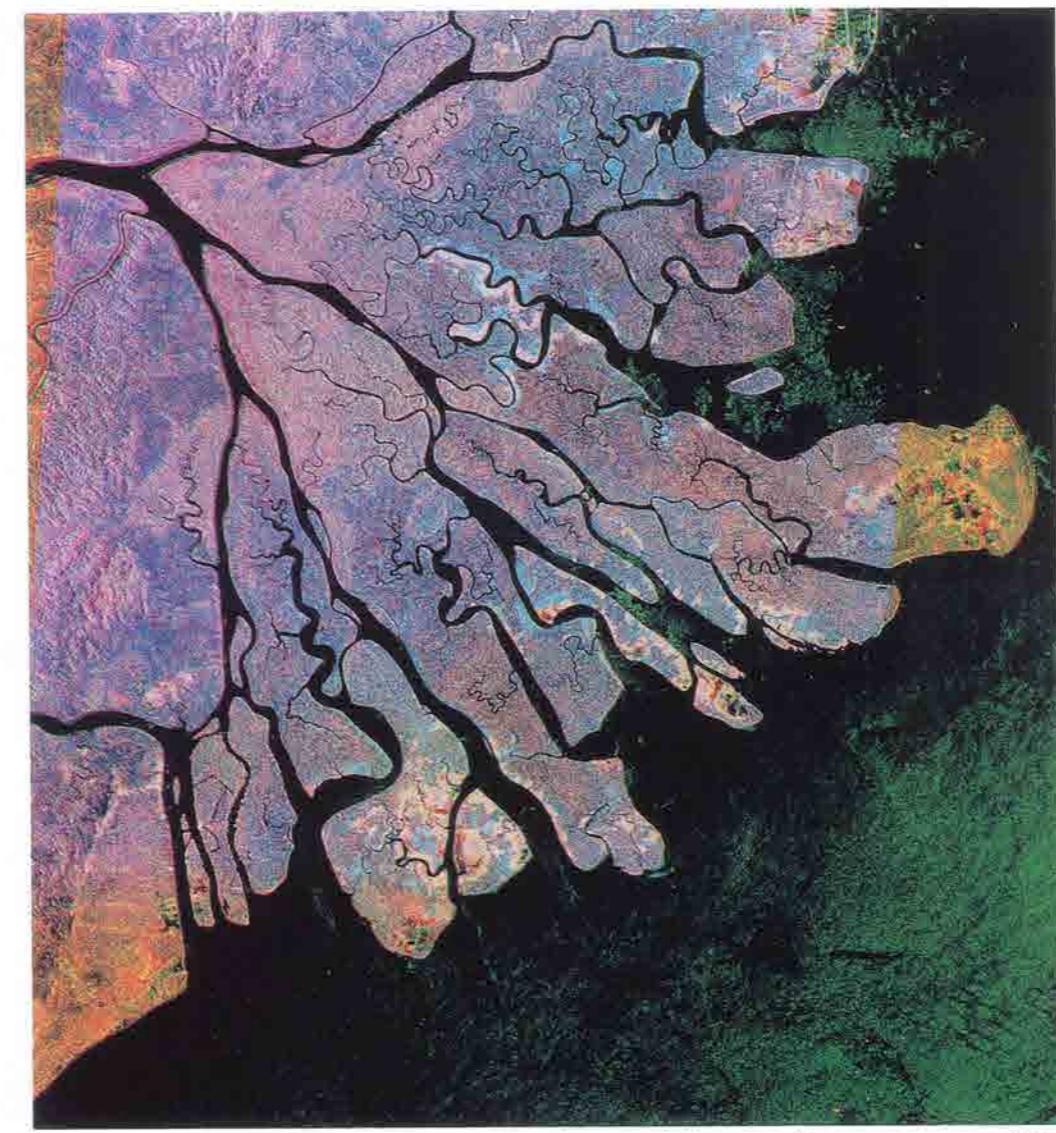
JERS-1 SAR
P90R302
Sept. 19, 1996



ERS-2 AMI
05783/3609&05783/3672
May 29, 1996

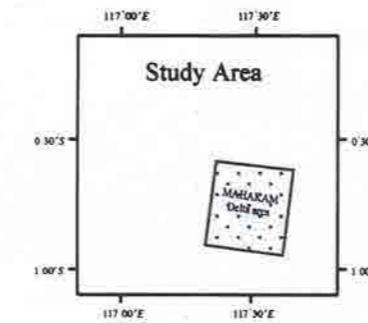
0 5 10 20km

図 221-1 JERS-1 SAR 及び ERS-2 AMI の画像



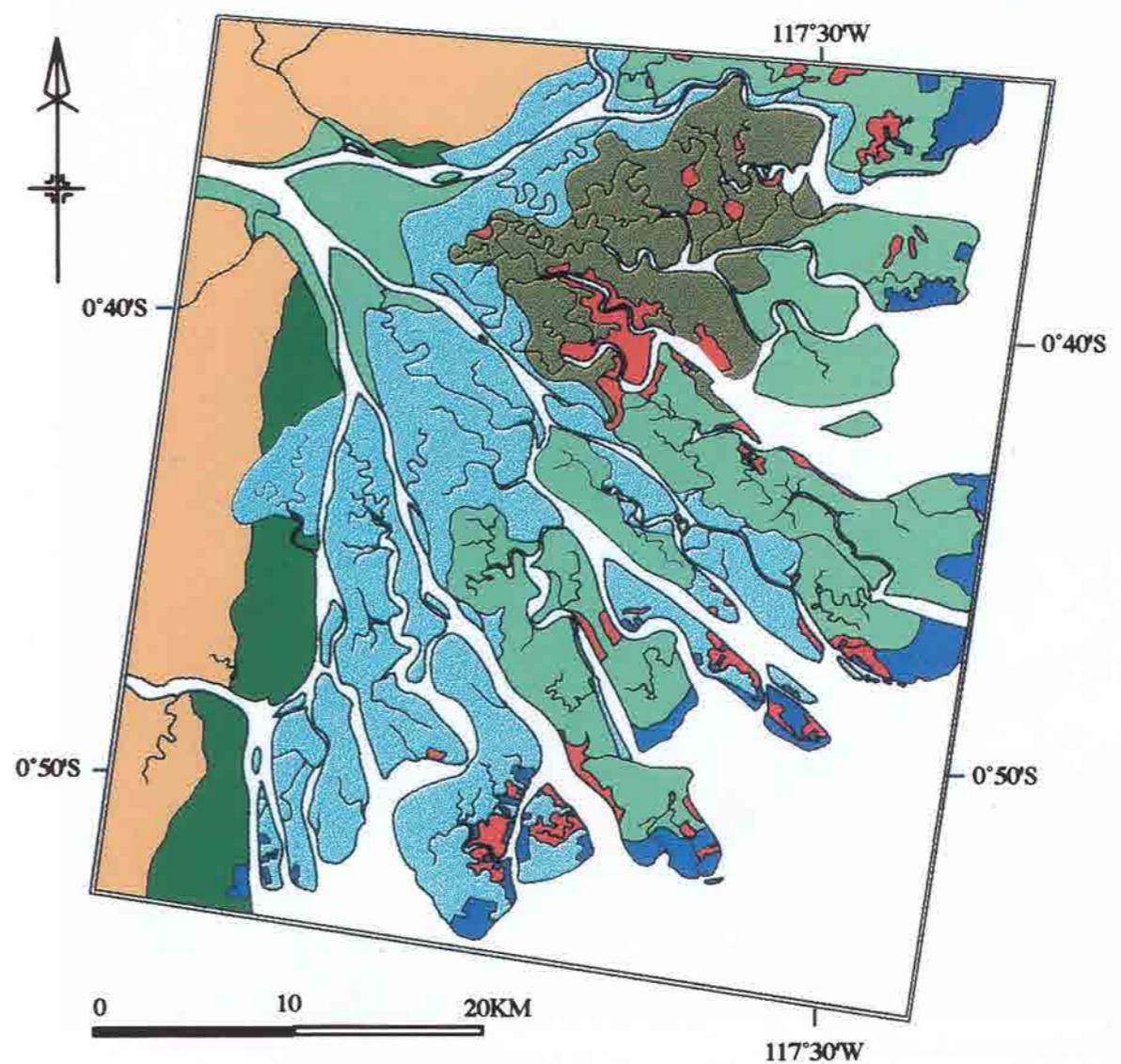
MAHAKAM DELTA, INDONESIA

0 20km



Color composite image
 R : JERS-1 SAR Feb. 25, 1995
 G : Mosaic of ERS-2 AMI May 29, 1996
 B : RADARSAT-1 SAR Oct. 6, 1996

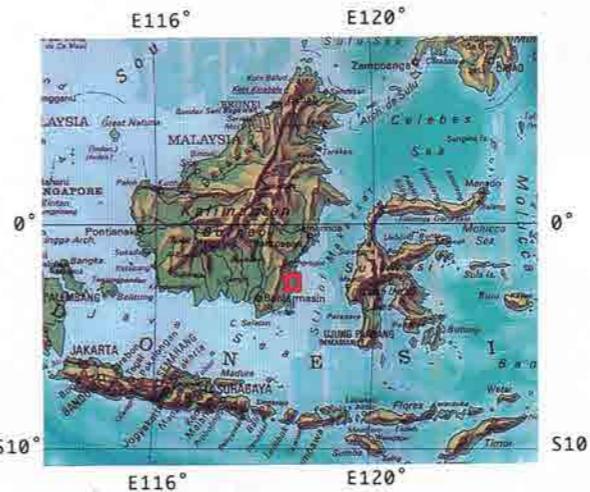
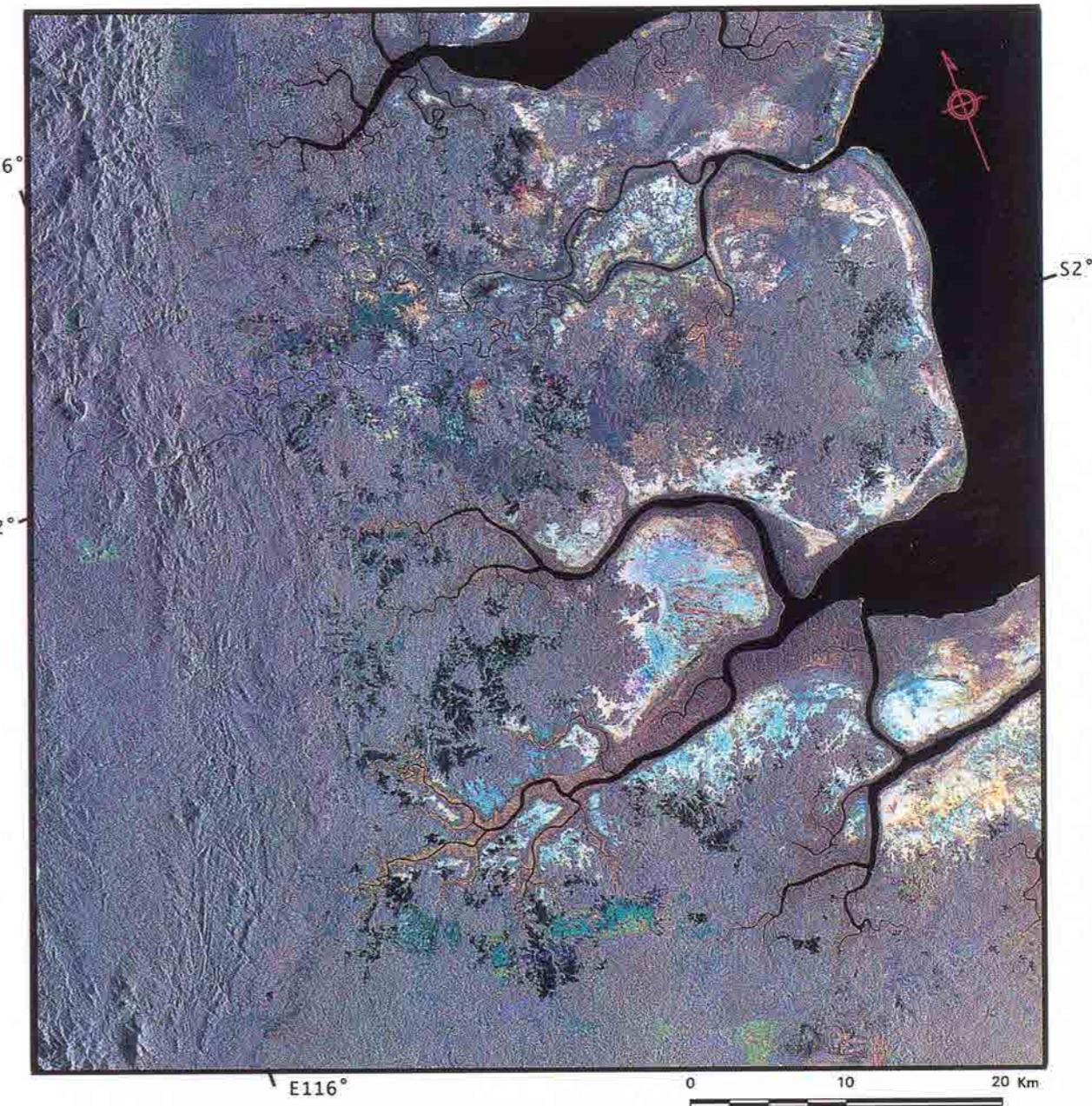
図 221-2 JERS-1 SAR, ERS-2 AMI 及び RADARSAT-1 SAR のカラー合成画像



LEGEND

Mangrove	General vegetation
Nypha palm	Ny. > Mx.
Mixed vegetation	Mx. > Ny.
Open vegetation	

図 221-3 植生判読図



**JERS-1 SAR
(P92/R304)**

R=1992/07/04
G=1993/02/09
B=1994/04/25

図 221-4 JERS-1 SAR の多時期合成画像

2.2.2 自然災害モニタリング

SAR の特徴である繰り返し観測は自然災害のモニタリングにおいて最も大きな貢献が期待できる。ここでは火山噴火および地震による地殻変動、洪水に対するものの事例を示すが、地滑り、地盤沈下などの分野への応用も可能である。また、観測を繰り返すことにより、将来的には災害の発生予測のための一つの情報源となることも期待される。

(1) フィリピンビナツボ火山噴火に伴うラハールのモニタリング

(A) 研究目的

本研究では火山噴火に伴うラハール(火山泥流)の動的情報を、衛星データを用いた解析によるモニタリングの有効性の検証を目的としている。

(B) 研究の背景概要

1991年6月にフィリピンビナツボ火山で起きた噴火は、今世紀最大級と言われ、ラハールによる二次災害が大きな問題となっている。現在でも雨季の降雨時に洪水を引き起こし、多大な被害を及ぼしている。このような被害を最小限に抑えるためには、現在と過去のデータによる現状の把握と将来予測を行うことが重要である。そのため衛星データに基づいた広域的・時系列的な環境モニタリングが必要と考えられる。本研究では、ビナツボ火山噴火に伴うラハールのモニタリングに主眼を置き、LANDSAT TM, JERS-1 OPS, JERS-1 SAR, ERS-1 SARなどの多時期衛星データを用い、ラハール堆積の現状把握及び環境変化について検討した。

(a) 研究対象地域

対象地域は、フィリピン共和国北部のルソン島中部に位置するビナツボ火山周辺の約80km×80kmの地域である(図222-1)。

(b) 共同研究機関

フィリピン共和国政府の環境・天然資源省(DENR)の研究機関である鉱山・地球科学局(MGB)

(c) 研究期間

1994年度～1996年度(3年間)

(C) 研究内容

ビナツボ火山は1991年4月2日に噴火活動を開始し、6月15日に今世紀最大といわれる大噴火が起きた。それ以前の活動は400年前に遡る。1991年の噴火による火口付近の山麓に堆積した火山噴出物の総量は5～7km³と見積もられており、不安定な堆積物は雨季の激しい降雨時に、ラハールとなり流出する。流下した堆積物量は3億m³以上

と予想されており、この内 65% は既にこれまでの雨季で流れ出し、既存の流路を急速に埋めた。

ラハール堆積物は一般には、平らな面を形成し、またその表面は比較的滑らかであるため、後方散乱が低くなる。このため、画像上では暗色になるので、明瞭に判読できる。JERS-1 SAR (L バンド) と ERS-1 SAR (C バンド) において、ラハール堆積物の分布状況を比較した結果、JERS-1 SAR 画像ではラハール堆積物の分布が低い輝度で現れ、明瞭に分布範囲が判読できることが分かった(図 222-2)。一方、ERS-1 SAR では、JERS-1 SAR ほど明瞭ではなく、ラハール堆積物で覆われた部分の中心部付近が判読できる程度で、堆積物の境界は不鮮明である。また、JERS-1 SAR では、ラハール堆積物を被覆する草を透過するため、ラハール堆積物の分布が明瞭に把握できるが、ERS-1 SAR では、ラハール堆積物を覆う植物からの後方散乱を受けるため、ラハールとその周辺の水田・草地との区分ができない。これらのことから、ERS-1 SAR の画像上で明瞭にラハールの分布域が現れてこない理由かもしれない。これらの地域を LANDSAT TM のフォールスカラー画像と比較した結果、JERS-1 SAR は TM 画像ほどラハールの詳細な区分はできないが、大局的なラハール被害地域を捉えることは可能といえる(図 222-3)。また、多時期の SAR データをカラー合成することで、ラハールの分布の変化情報を抽出される(図 222-4)。着色された部分が多時期データで変化があったことを示している。各センサ別の識別能力の比較を表 222-1 にまとめたが、被雲率の高い地域では JERS-1 SAR データは泥流などの災害のモニタリングに有効であることが示された。

表 222-1 センサ別の識別能力の比較

センサ	集落(建造物)		道 路		水 域		ラハール		植 生		
	高密度域	その他の	アスファルト	砂利	河川	養魚池	乾	湿	森林	草地	裸地
LANDSAT TM	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
JERS-1 SAR	○	○	○	△	○	○	△	○	○	△	△
ERS-1 SAR	○	○	○	△	○	△	×	△	△	△	×

凡 例 ○：極めて明瞭 ○：明瞭, △：やや明瞭, ×：不明瞭

(D) 研究成果

(a) ラハールのモニタリングにおける JERS-1 SAR の有効性

LANDSAT TM, JERS-1 SAR, ERS-1 SAR のデータにおいてラハール被害のモニタリングの有効性と限界について検討し、各センサ別

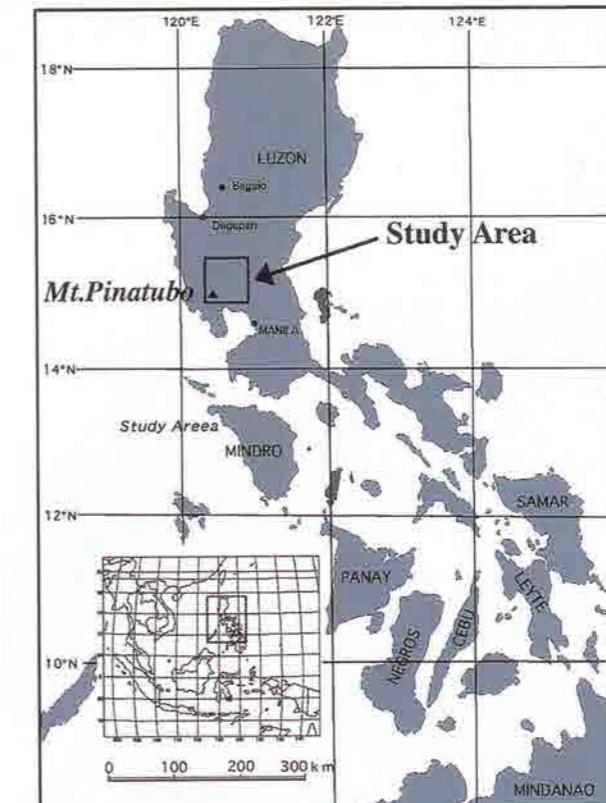


図 222-1 調査位置図

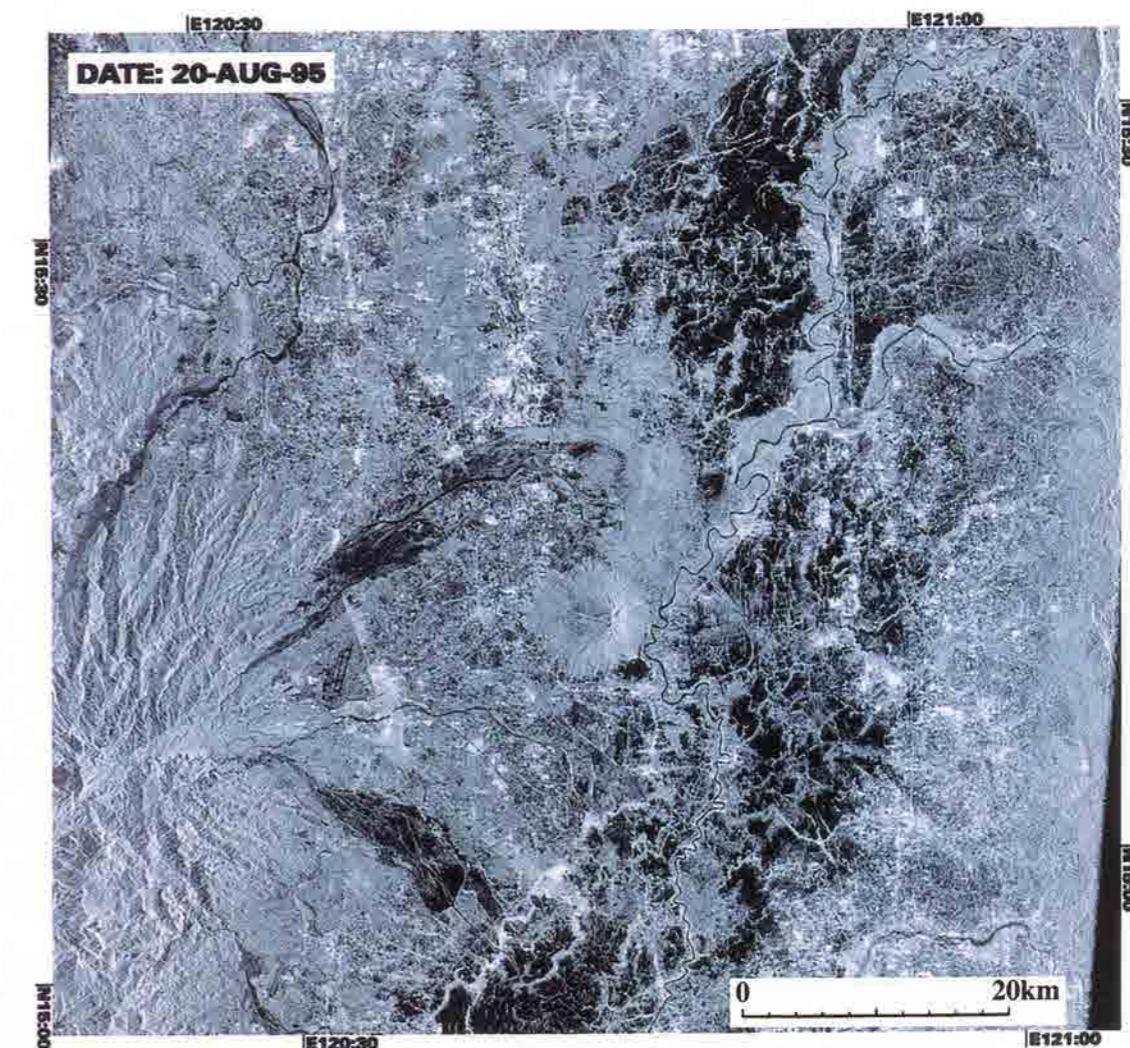


図 222-2 JERS-1 SAR 画像

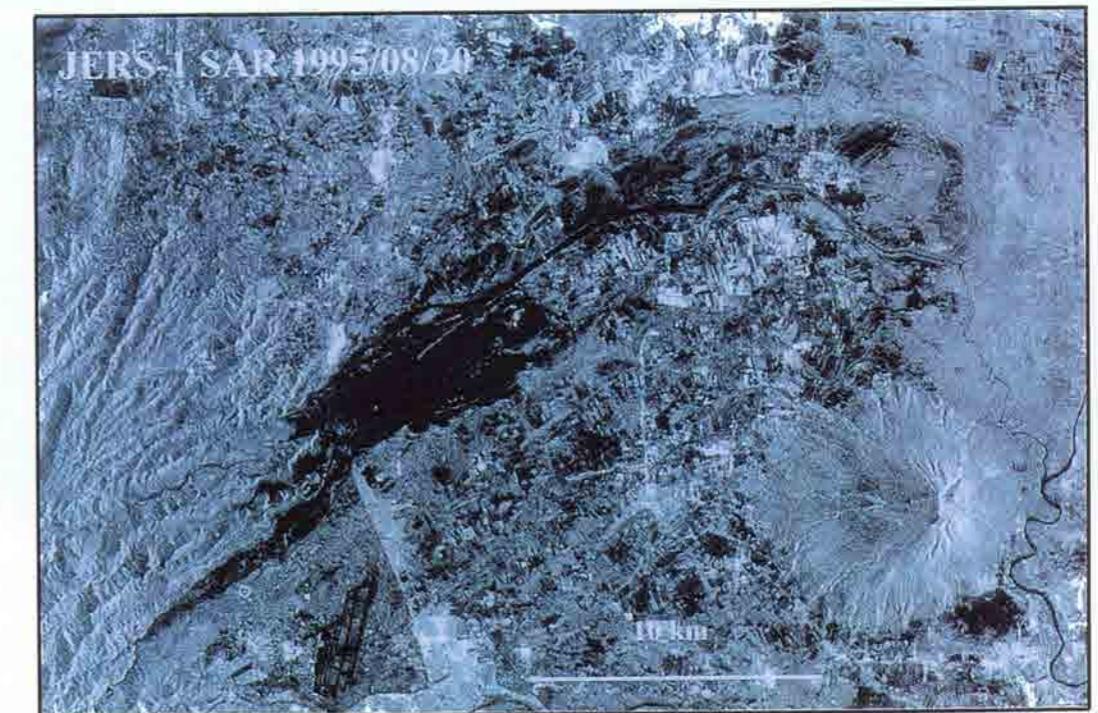
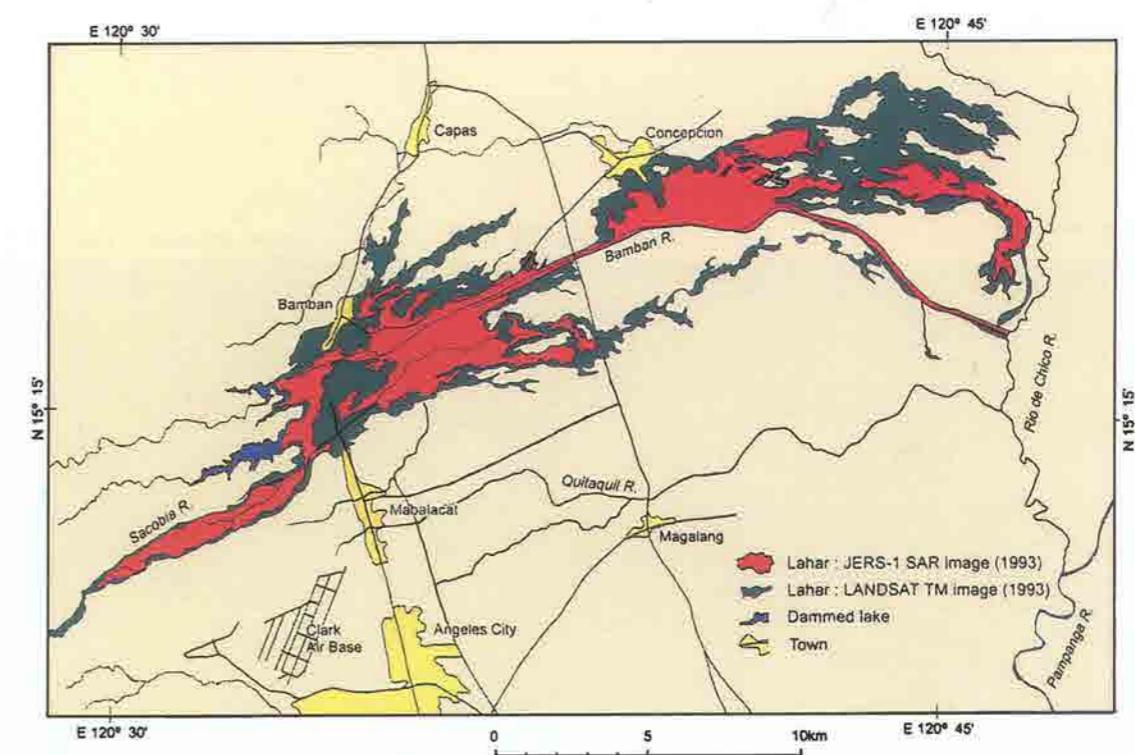


図 222-3 ラハールの分布と JERS-1 SAR 画像

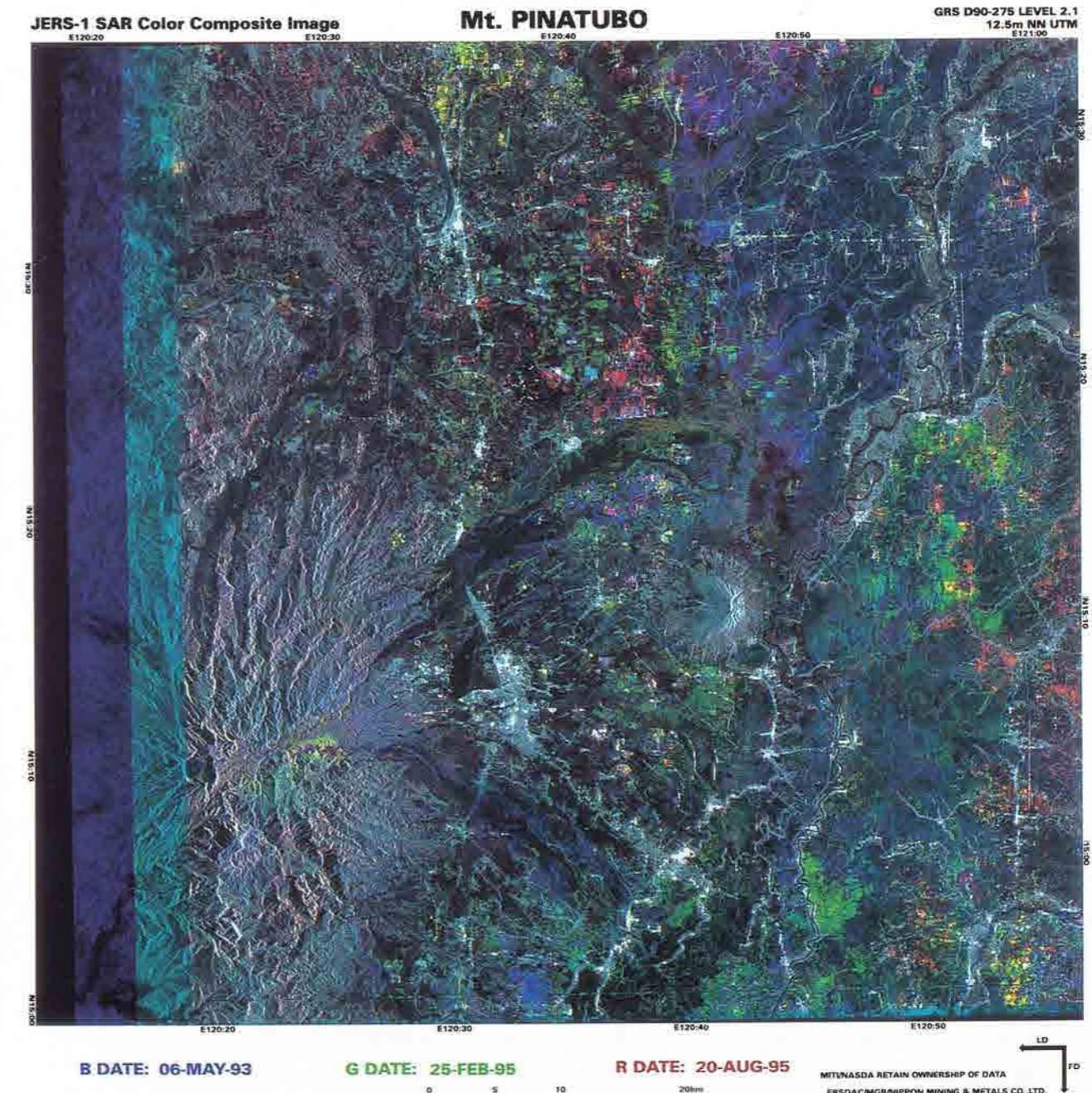


図 222-4 JERS-1 SAR カラー合成画像

の識別能力の比較を行った。対象地域のように、被雲率の高い地域では JERS-1 SAR データはラハールなどの災害のモニタリングに有効である。

(b) ラハール被害のモニタリングの必要条件

雲被覆の高い、熱帯地域における洪水・泥流災害のモニタリングにおいては全天候性／昼夜観測といったマイクロ波センサの特徴が遺憾なく発揮でき、災害のダイナミックなプロセスが観測できるため、災害発生のメカニズムやそのプロセスの解明に資することができるものと考えられる。その有効性が発揮されるためには、時間的に頻度の高い観測が必要である。ラハール被害のモニタリングの必要条件は、台風時期に少なくとも数回の観測を行うことであると考えられる。

(2) ベトナムメコン川下流域における洪水モニタリング

これまで洪水による被害は世界各地で発生しており、特に大河川の流域(例えば長江やメコン川など)における被害は大きい。そのため洪水による被害を最小限に抑えることは重要であり、これまでに衛星データを用いたモニタリングが行われている。しかしながら、それらのモニタリングは光学センサを用いた場合が多く、被雲率の高い熱帯・亜熱帯地域ではその有効性が低い。従って全天候型合成開口レーダー(SAR)画像を用いたモニタリング技術の確立が期待されている。これらを背景としてメコン川下流域において、JERS-1 SAR 画像を用い、浸水地域のモニタリングを試みた。

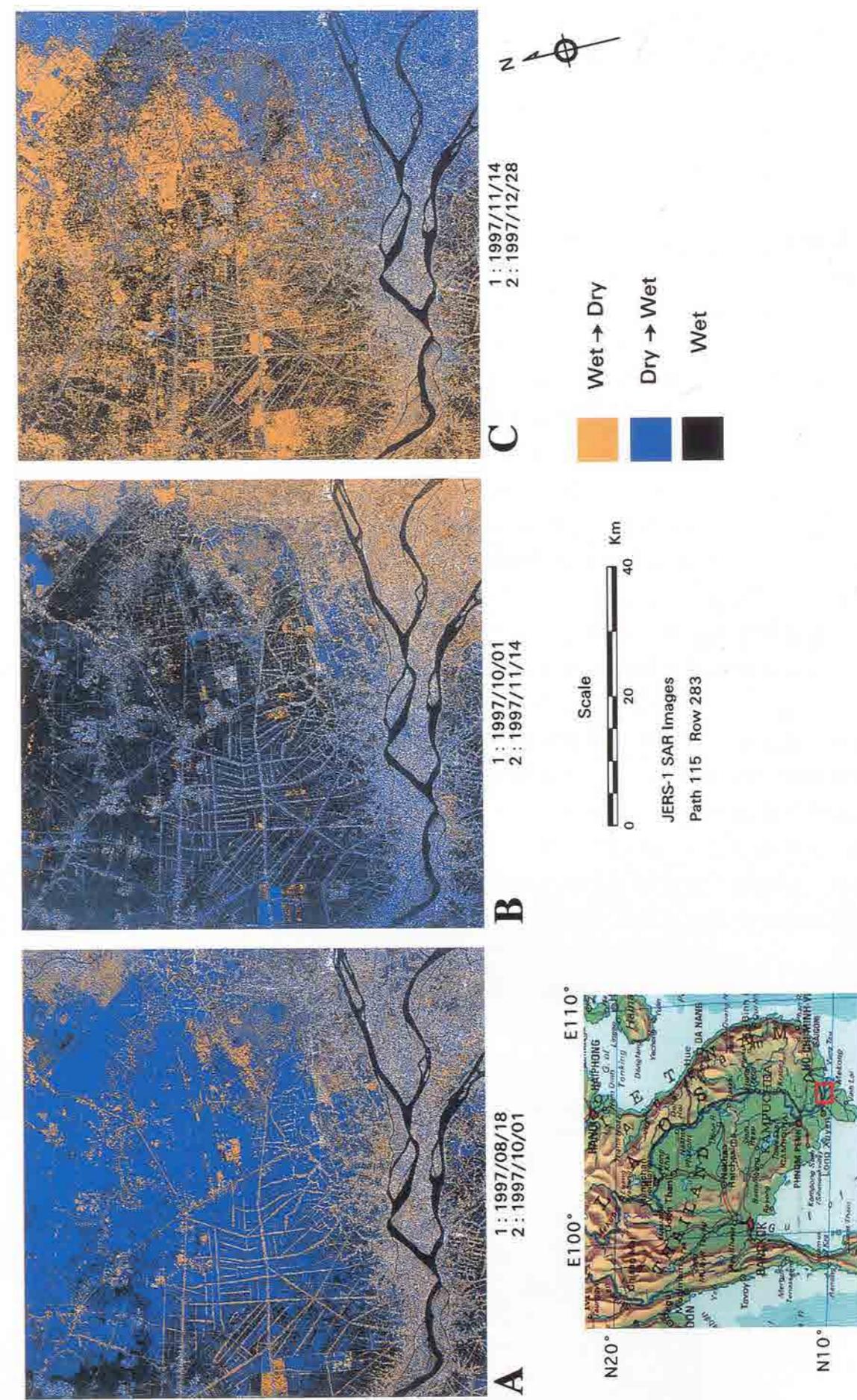
当該地域は毎年 8 月から 10 月頃まで洪水があり、浸水期間も長く、その変動もゆっくり進行することから、JERS-1 SAR の 44 日インターバルの情報でも十分にモニタが可能であるという観点で選定された。

使用したデータは、1997 年 8 月から 1998 年 5 月までの 44 日毎の連続したデータである。各画像間の D/N 値の差を青・黄色で着色し、その内、変化が大きい 8 月から 12 月までの浸水地域の推移を図 222-5 に示す。地表面が乾燥した状態から浸水した状態へ変化した地域を青色で示し、浸水した状態から乾燥した状態へ変化した地域を黄色で示した。また、浸水状態が続く地域は黒色で示し、メコン川は画像の下方部に位置する。

調査対象地域は熱帯モンスーン気候に属し、5 月から 10 月は雨季となる。そのため毎年 8 月から 11 月までの間の約 1~2 ヶ月間は、洪水の影響が大きく、図から明らかなように、8 月から 10 月にかけて浸水が始まり(画像 A), 11 月から 12 月にかけて乾燥していく様子が伺える(画像 C)。

この結果、L バンド HH 偏波による洪水観測は充分にその目的を果た

図 222-5 JERS-1 SAR 画像による洪水モニタリング
(ベトナムメコン川下流域)



すことが出来ると結論される。また、このようなモニタのためには軌道回帰が1週間あるいは数日であると、より精度の高い結果が得られることも明瞭である。

(3) 北海道奥尻島における地殻変動について

1993年7月12日に北海道南部地域で発生した北海道南西沖地震は、奥尻島(図 222-6)を中心に多大な被害をもたらした。これまで北海道南西沖地震に関する調査は数多く実施されているが、衛星データを用いた報告は少ない。近年、衛星レーダー解析技術(SAR インターフェロメトリ技術)が進歩したため、地殻変動量を数 cm オーダーで検出できるようになったことから、本地域に同技術の適用を試みた。

地震発生前後の JERS-1 SAR データ(3シーン: 1993年7月8日, 8月21日, 10月4日)を用いて差分干渉処理を行い、その処理画像と SAR 画像を重ね合わせたものを図 222-7 に示す。変位量は右下のカラーバーで示され(1周期: 約 11.8cm), 相対的な変位量は最大約 60cm となっている。差分干渉処理結果を比較するために、GPS 観測による実測値(国土地理院)を図 222-8 に示した。この図から奥尻島北東端から南端にかけて変位量が増加する傾向が読みとれ、差分干渉処理結果は、実測値と良い一致を示している。

この結果は地盤の変形が平面的に把握できるという点で画期的なものである。精度的にも高いものが期待できるが、そのためには、衛星の位置情報等に条件が要求される。現在のところ衛星の位置を最適にすることはむずかしく、運に支配される部分を残している。しかしながら、地震災害前に繰り返し地殻の変動量を測定することが可能となれば、地震予知のための重要なデータとしての利用が期待できることが明瞭となつた。

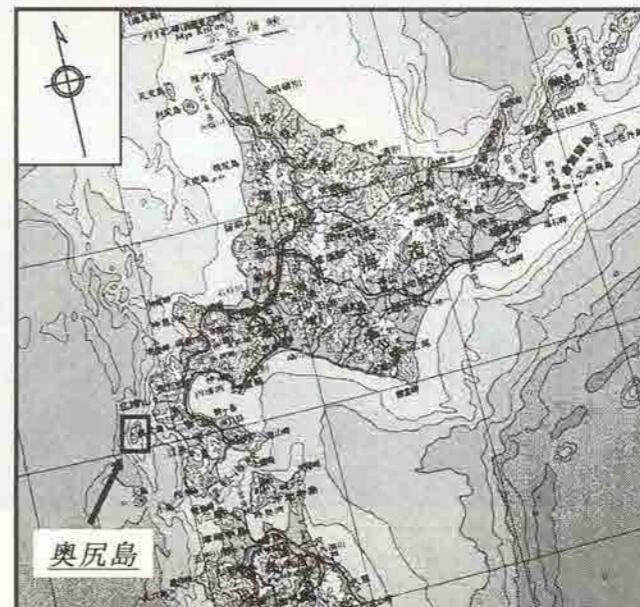


図 222-6 奥尻島位置図

図 222-8 GPS観測による変位量図

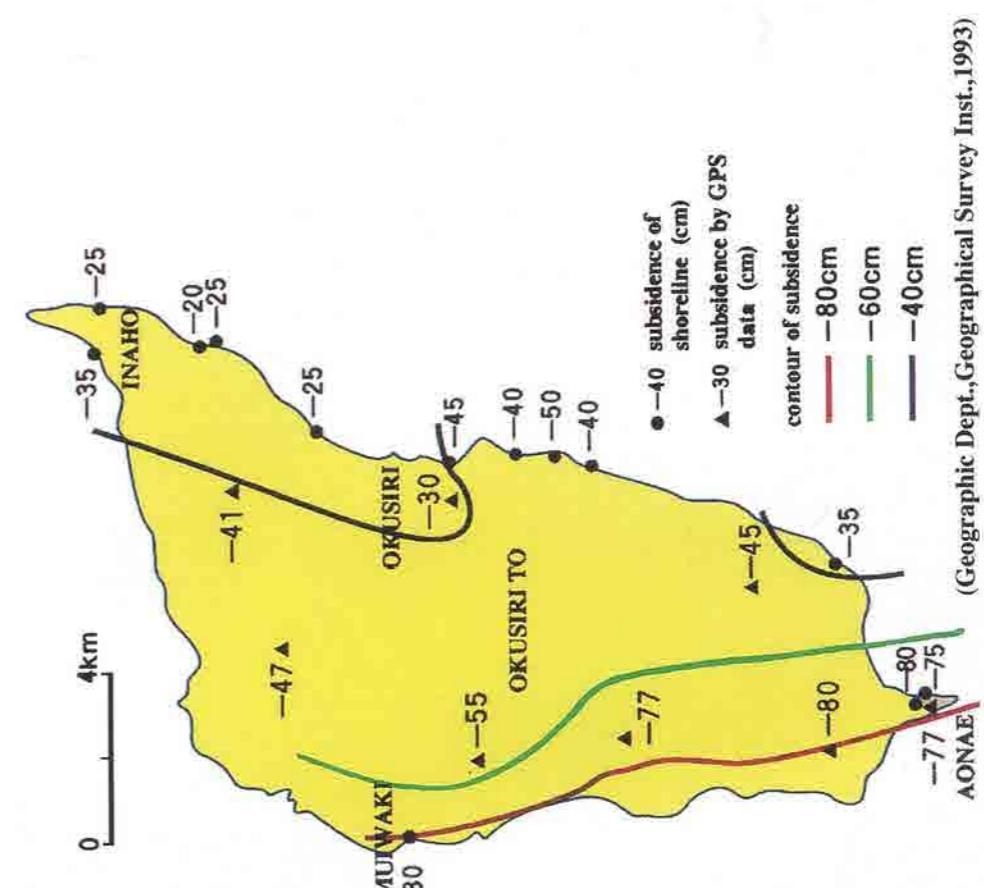


図 222-7 JERS-1 SARデータを用いた差分干渉処理画像

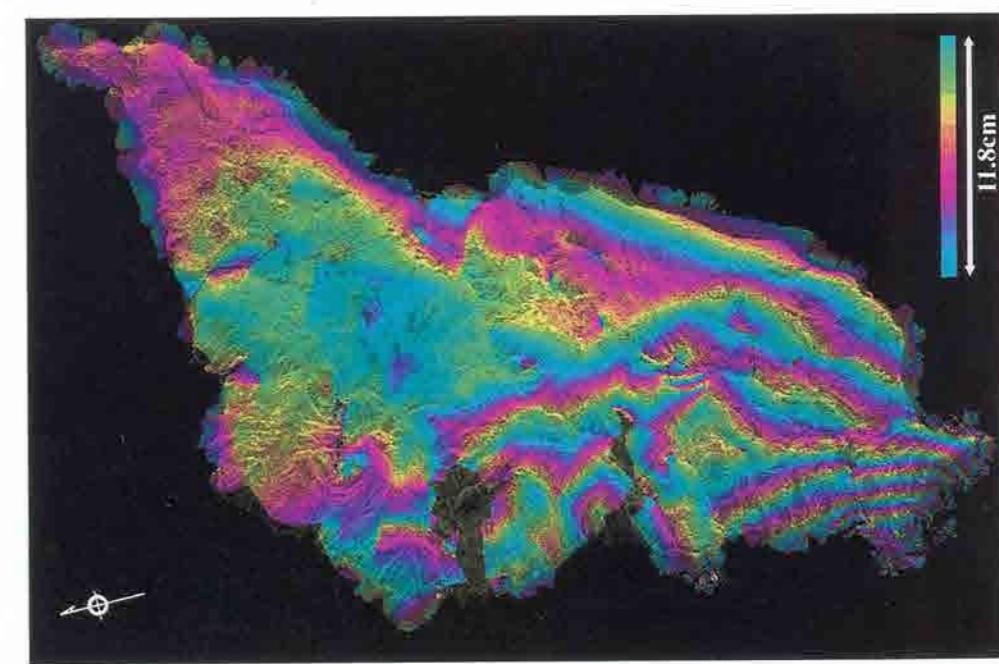


図 222-7 222-8

3 衛星画像データセット

3 衛星画像データセット

3.1 衛星地質図

(1) 研究目的

本研究の目的は、古いものを除いて入手がきわめて困難なサウジアラビア付近の主要堆積盆に関する広域地質資料を、JERS-1 画像の判読と既往資料のコンパイルを通じて作成・整備することにある。

(2) 研究概要

本研究は石油公団委託事業として、サウジアラビアの King Abudlaziz City for Science and Technology(KACST)と共同で実施した。

対象地域はアラビア半島のうち北緯 20°～30°付近の地域(図 31-1)で、国家としてはエジプト、イスラエル、シリア、ヨルダン、サウジアラビア、イラク、バーレーン、カタール、アラブ首長国連邦、オマーンが含まれる。

実施期間は、1993 年度～1997 年度の 5 カ年度である。

(3) 研究内容

東西方向に 30'南北方向に 1°の間隔で設定した図画(図 31-1)について、(a)JERS-1 VNIR データからモザイク画像を作成し、(b)モザイク画像の判読結果を基に衛星地質図を編み、(c)Tactical Pilotage Chart(TPC)を参考に衛星地勢図を作成した。

(4) 研究成果

図 31-1 に斜め斜線付きで示す 75 図画について、衛星地質図作成作業を実施した。これらの図画のうち、「31A(DEAD SEA)」図画のモザイク画像(BGR=123)と衛星地質図を図 31-2 及び図 31-3 に、「22N(RAMLAT ZARARAH)」図画のモザイク画像(BGR=123)と衛星地質図を図 31-4 及び図 31-5 に示す。

3.2 環太平洋衛星画像マッピング

3.2.1 日本

(1) 研究目的

本研究の目的は、日本国内における作業・事業の基本となる地勢図と併用可能な画像データセットを作成し、衛星画像の実利用者のために使い易いデータ整理と、画像以外の地質データとのセットの作成を促進するための基本情報を作成することにある。

(2) 研究概要

本研究は内部研究として実施した。

対象地域は日本列島全域(一部の小島を除く)である(図 321-1)。

実施期間は 1995 年度～1997 年度の 3 カ年である。

(3) 研究内容

国土地理院発行の 1/20 万地勢図の図画に準じて設定した図画(図 321-1)について、JERS-1 VNIR あるいは LANDSAT TM データからモザイク画像を作成した。

(4) 研究成果

図 321-1 に示す 108 図画について、モザイク画像を作成した。これらのうち、斜め斜線付き図画として示したものが JERS-1 VNIR データにより作成したモザイク画像図画で、合計 39 図画ある。一例(「鹿児島」図画; BGR=123)を、図 321-2 に示す。

3.2.2 東南アジア

(1) 研究目的

本研究の目的は、東南アジア地域の概要を示す画像データセットを作成し、同地域における資源開発プロジェクト案件の発掘、探鉱、評価に資することにある。

(2) 研究概要

本研究は内部研究として実施した。

対象地域は、(a)東経 96°～114° 北緯 8°～24° のインドシナ、(b)ニューギニアである。国家としては、前者にはミャンマー、タイ、ラオス、カンボジア、ベトナム、中華人民共和国が、後者にはインドネシア、パプアニューギニアが含まれる。

実施期間は、1996 年度～1997 年度の 2 カ年である。

(3) 研究内容

(a)東西に 6° 00' 南北に 4° 00' の間隔、(b)東西に 3° 00' 南北に 2° 00' の間隔、(c)東西に 1° 30' 南北に 1° 00' 間隔で設定した各図画について、JERS-1 SAR データからモザイク画像を作成した。

(4) 研究成果

(a) インドシナ

6° 00'×4° 00' シリーズ、3° 00'×2° 00' シリーズ、1° 30'×1° 00' シリーズの作成図画数は、各々 12 図画、42 図画、136 図画である(図 322-1～3)。図 322-4～6 に、一例(各シリーズの「HANOI」図画)を示す。インドシナの図画のうち、1° 30'×1° 00' シリーズのラオス北

部を含む 10 図画とカンボジア北部を含む 3 図画の合計 13 図画については、1996 年度以降、金属鉱業事業団がこれらを用いて、資源開発協力基礎調査プロジェクト選定調査(衛星画像解析)を実施している。

(b) ニューギニア

6° 00'×4° 00' シリーズ、3° 00'×2° 00' シリーズ、1° 30'×1° 00' シリーズの作成図画数は、各々 7 図画、20 図画、77 図画である(図 322-7～9)。図 322-10～12 に、一例(ニューギニア中部)を示す。ニューギニアの図画のうち、1° 30'×1° 00' シリーズのニューギニア中部を含む 3 図画とニューブリテン島をカバーする 7 図画の合計 10 図画については、1997 年度以降、金属鉱業事業団がこれらを用いて、資源開発協力基礎調査プロジェクト選定調査(衛星画像解析)を実施している。

3.2.3 南アメリカ

(1) 研究目的

本研究の目的は、各種プロジェクト案件の評価を行う際に対象地域の概要を容易に把握できるように、衛星データのデータセットを整備することにある。

(2) 研究概要

本研究は内部研究として実施した。

対象地域は南アメリカの西海岸側である。国家としては、コロンビア、エクアドル、ブラジル、ペルーが含まれる。

実施期間は、1996 年度～1997 年度の 2 カ年である。

(3) 研究内容

(a)東西に 6° 00' 南北に 4° 00' の間隔、(b)東西に 3° 00' 南北に 2° 00' の間隔、(c)東西に 1° 30' 南北に 1° 00' 間隔で設定した各図画について、JERS-1 SAR データからモザイク画像を作成した。

(4) 研究成果

6° 00'×4° 00' シリーズ、3° 00'×2° 00' シリーズ、1° 30'×1° 00' シリーズの作成図画数は、各々 4 図画、17 図画、64 図画である(図 323-1～3)。図 323-4, 5 に、一例(ペルー中部)を示す。

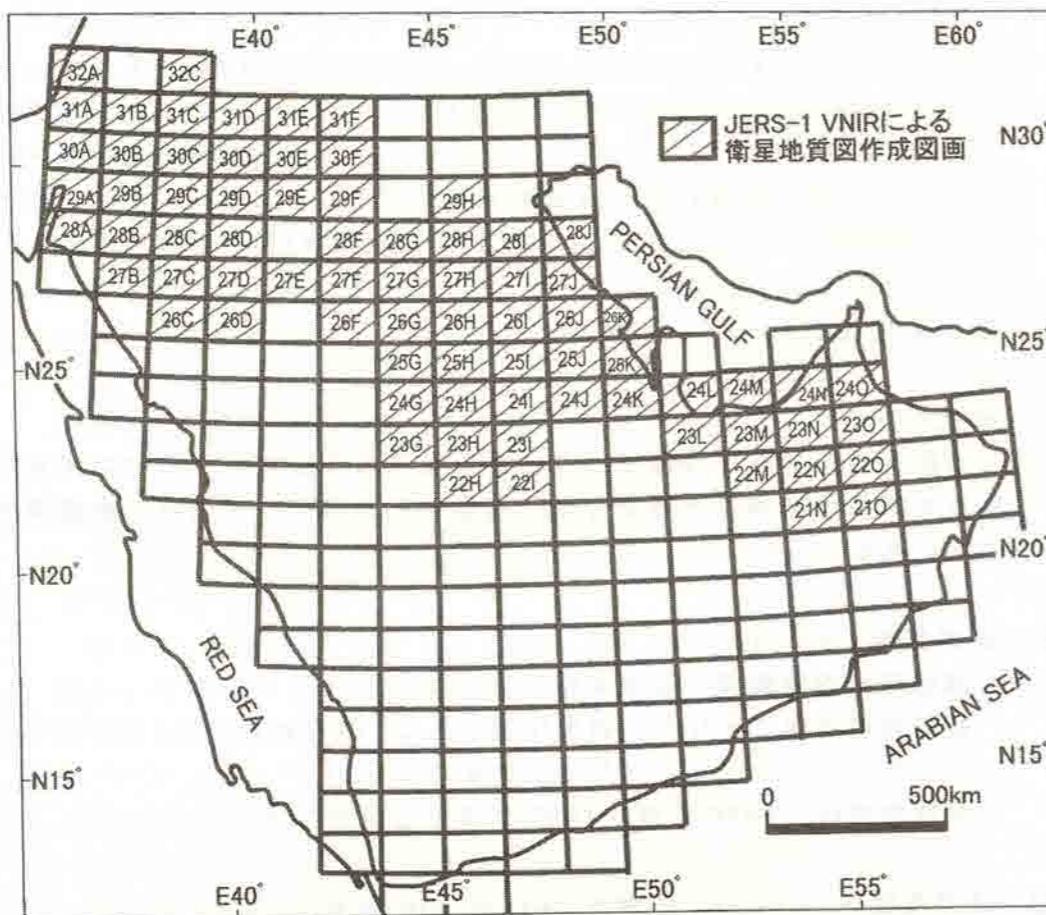


図 31-1 衛星地質図作成範囲



図 31-2 「31A(DEAD SEA)」図画のモザイク画像

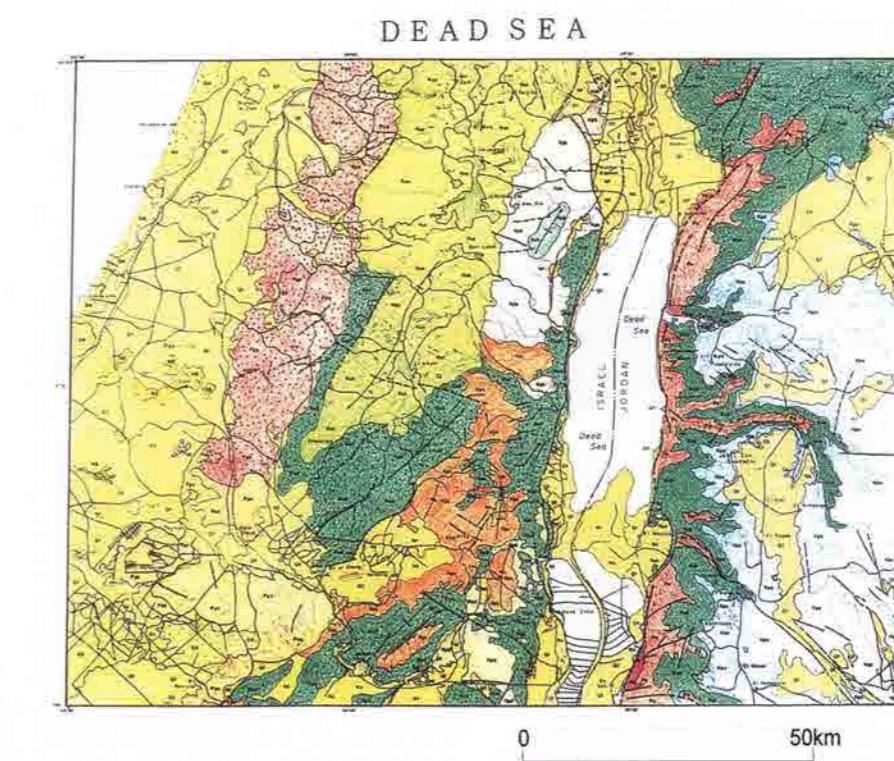


図 31-3 「31A(DEAD SEA)」図画の衛星地質図

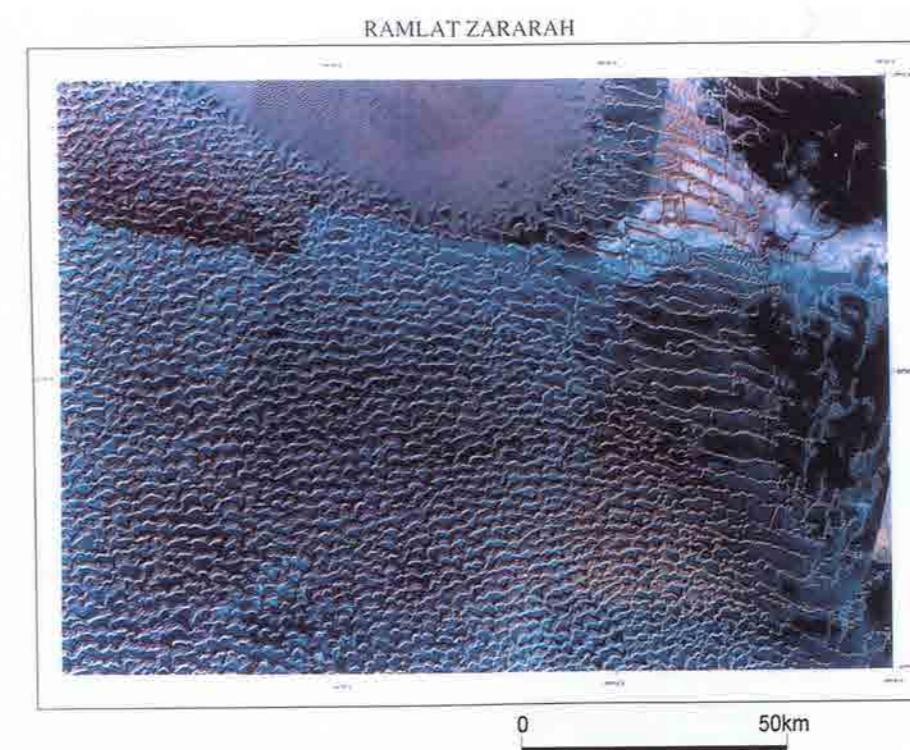


図 31-4 「22N(RAMLAT ZARARAH)」図画のモザイク画像

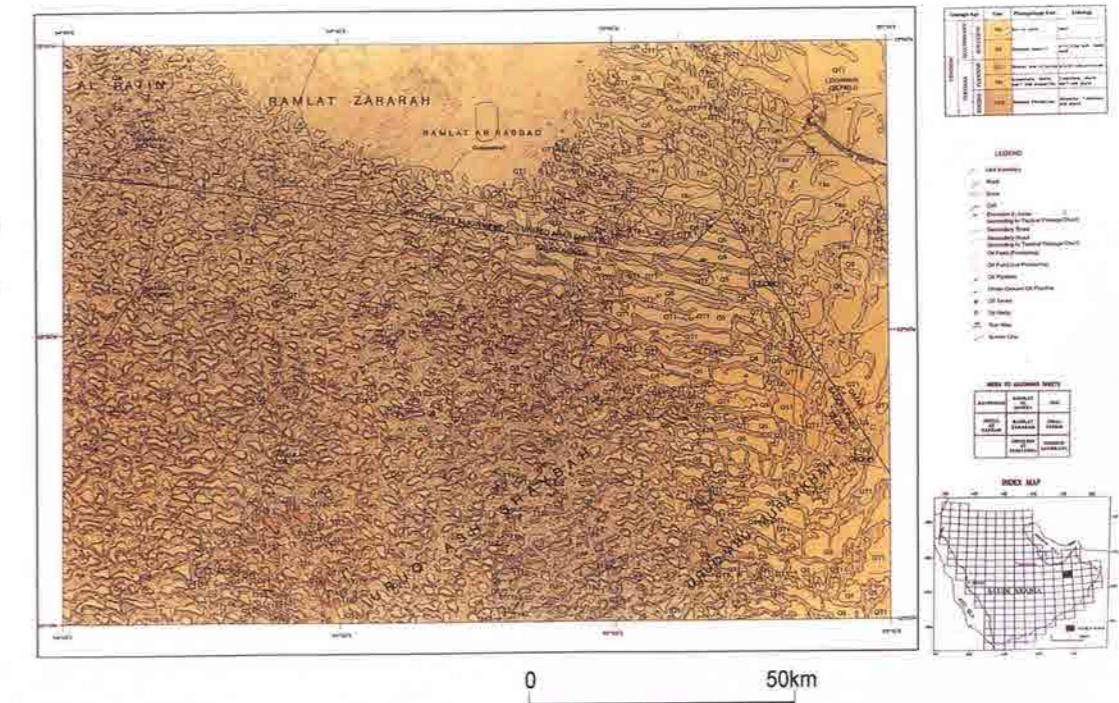


図 31-5 「22N(RAMLAT ZARARAH)」図画の衛星地質図

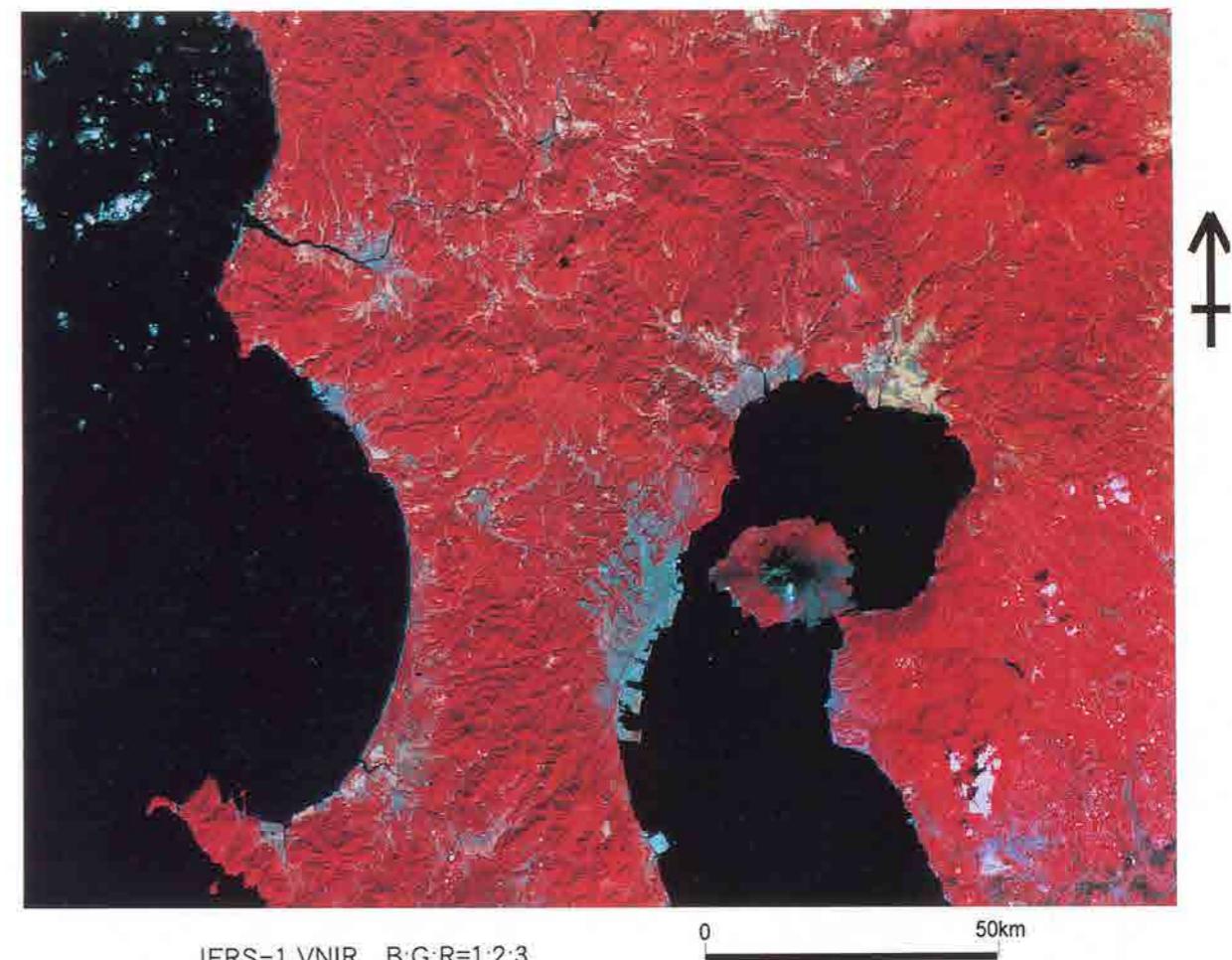


図 321-1 「鹿児島」 図画のモザイク画像

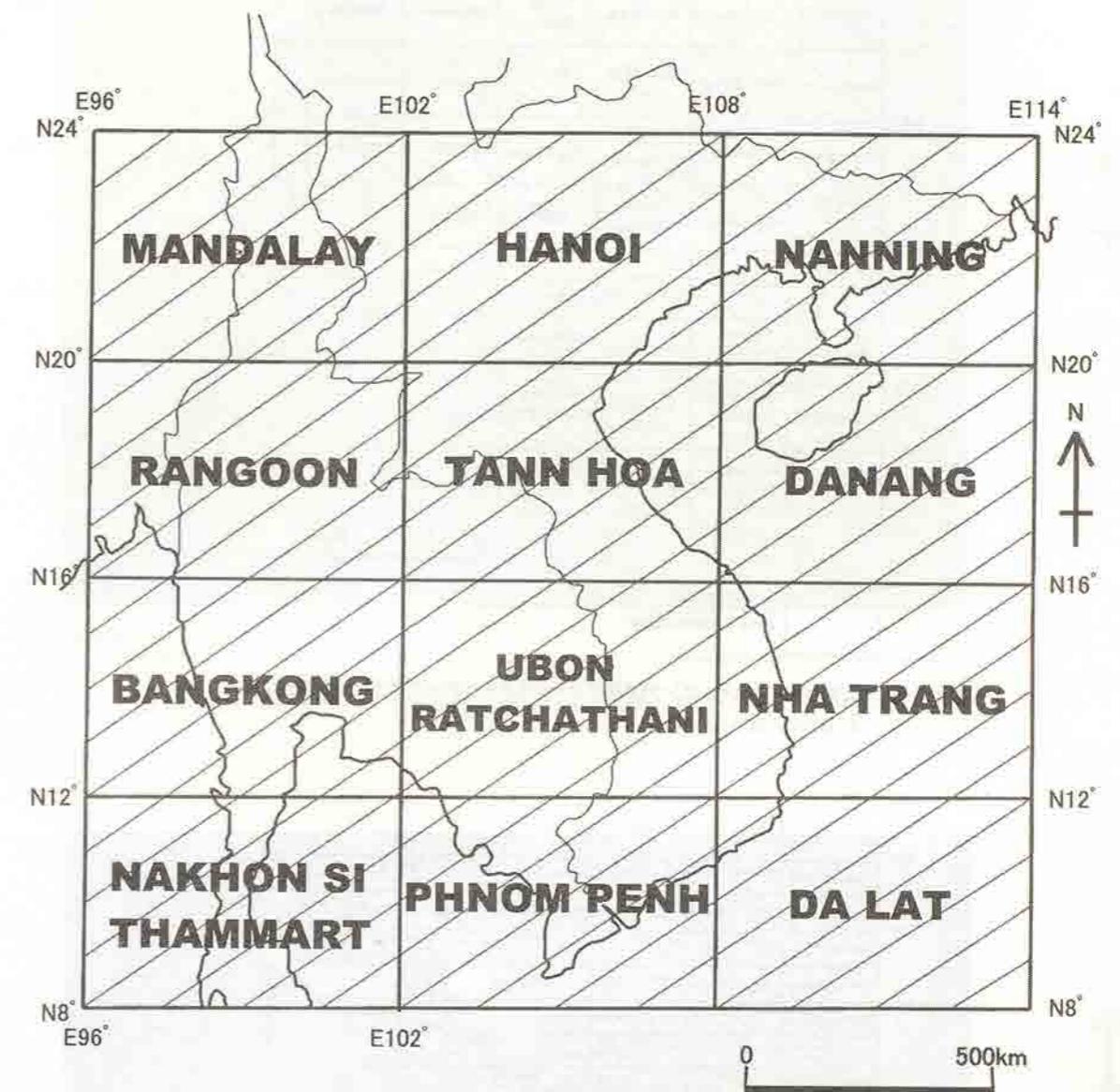


図 322-1 環太平洋衛星画像マッピング(東南アジアのうちインドシナ)モザイク画像作成範囲
6° 00'×4° 00'シリーズ

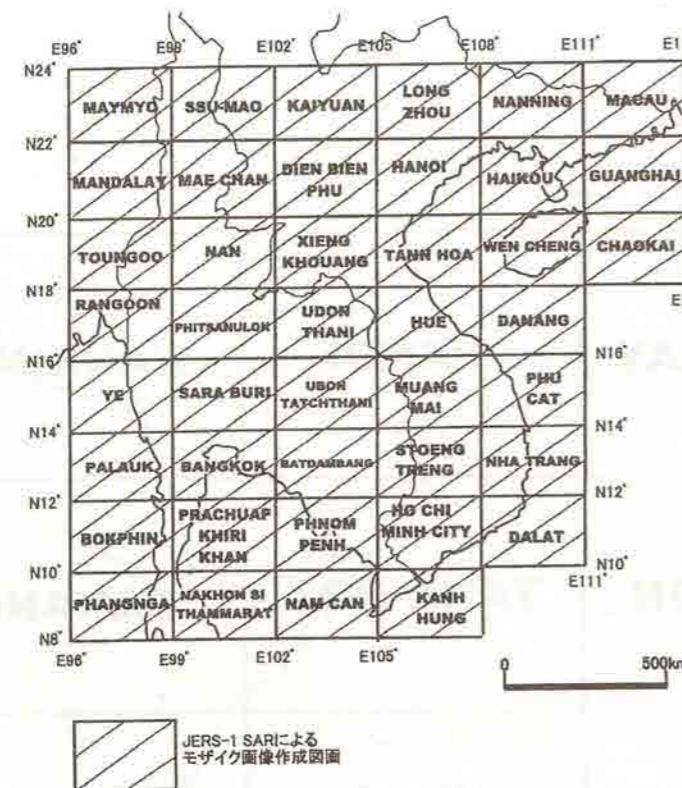


図 322-2 環太平洋衛星画像マッピング(東南アジアのうちインドシナ)モザイク画像作成範囲
 $3^{\circ} 00' \times 2^{\circ} 00'$ シリーズ

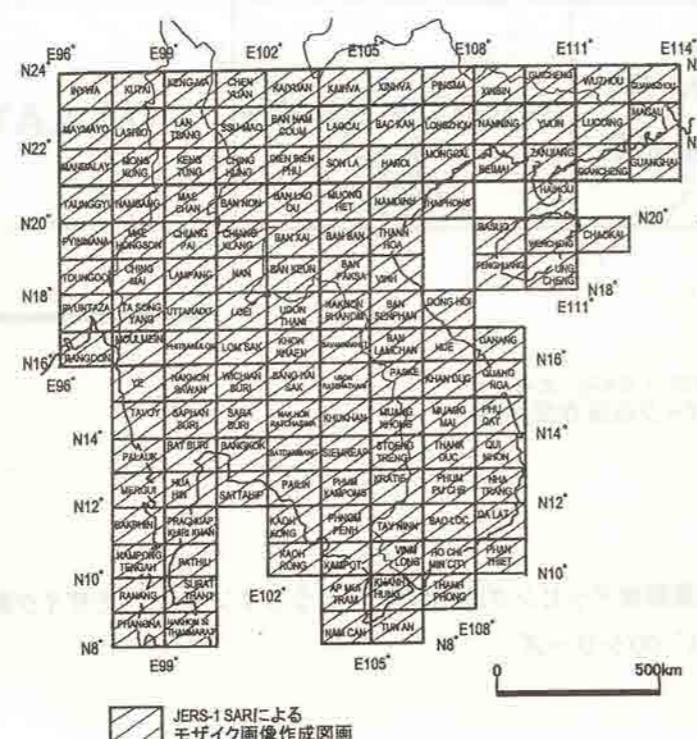


図 322-3 環太平洋衛星画像マッピング(東南アジアのうちインドシナ)モザイク画像作成範囲
 $1^{\circ} 30' \times 1^{\circ} 00'$ シリーズ

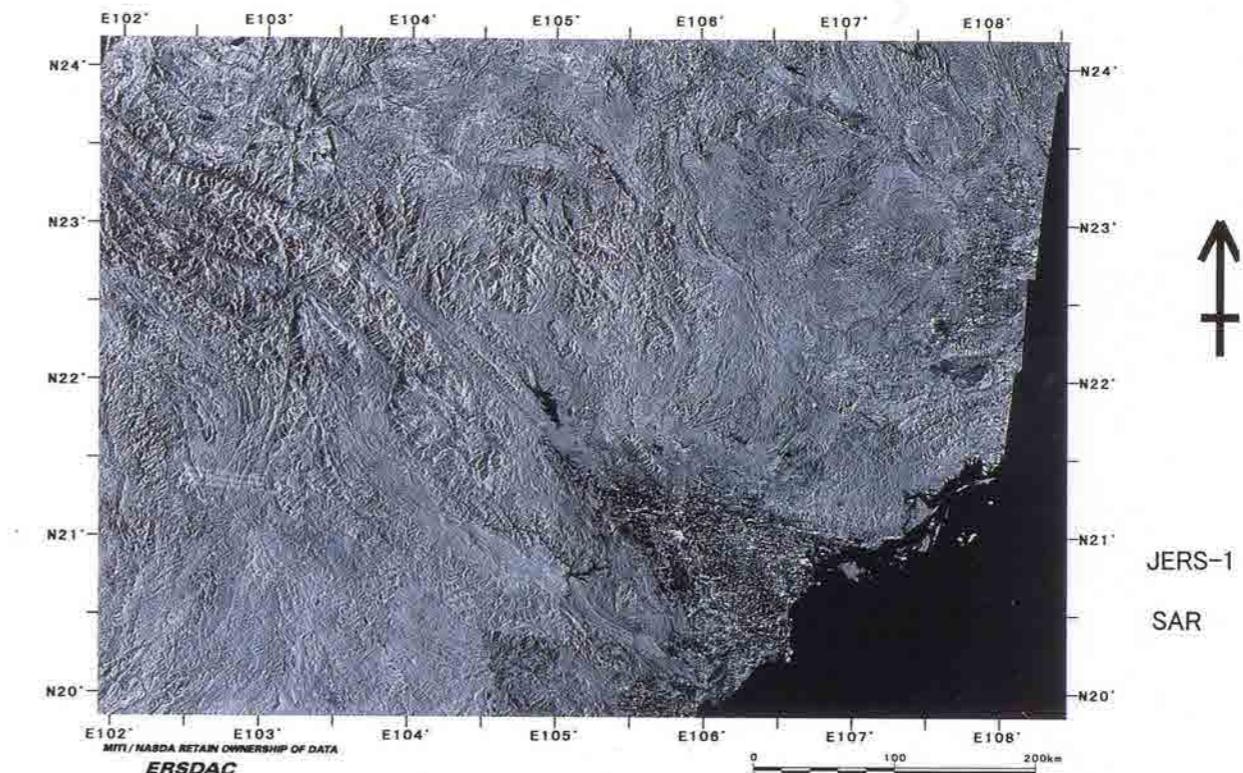


図 322-4 $6^{\circ} 00' \times 4^{\circ} 00'$ シリーズ 「HANOI」 図画のモザイク画像

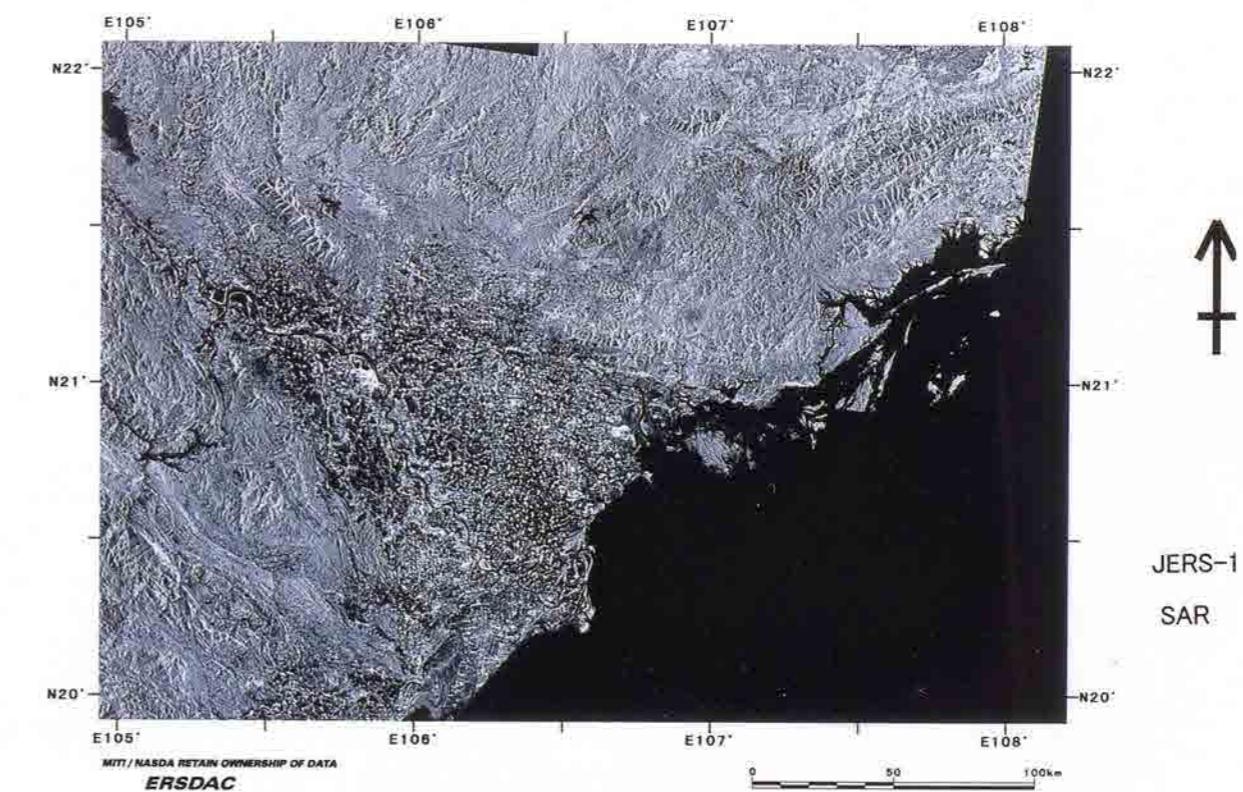


図 322-5 $3^{\circ} 00' \times 2^{\circ} 00'$ シリーズ 「HANOI」 図画のモザイク画像

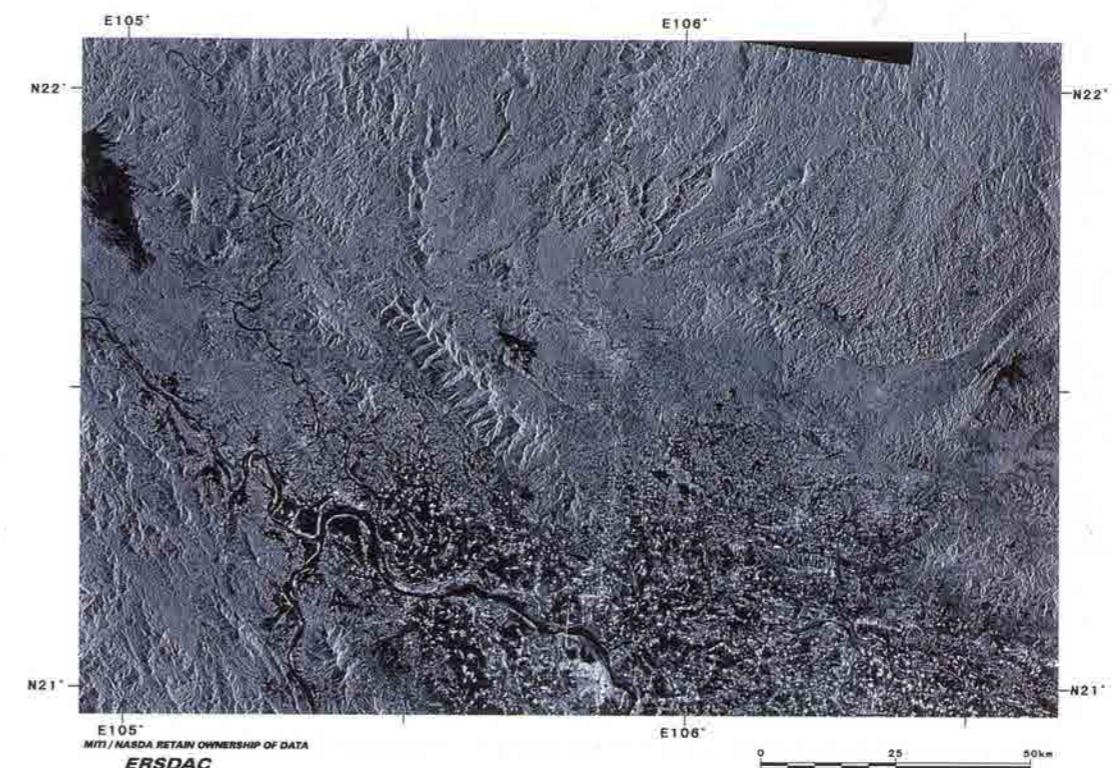
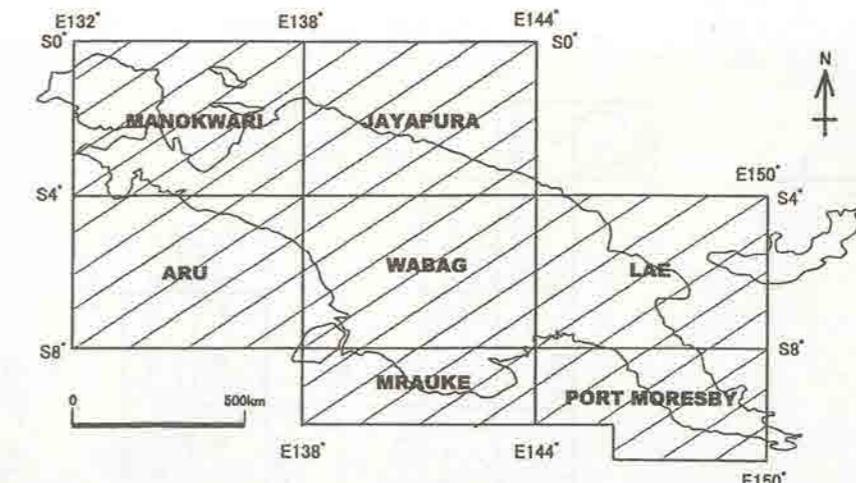
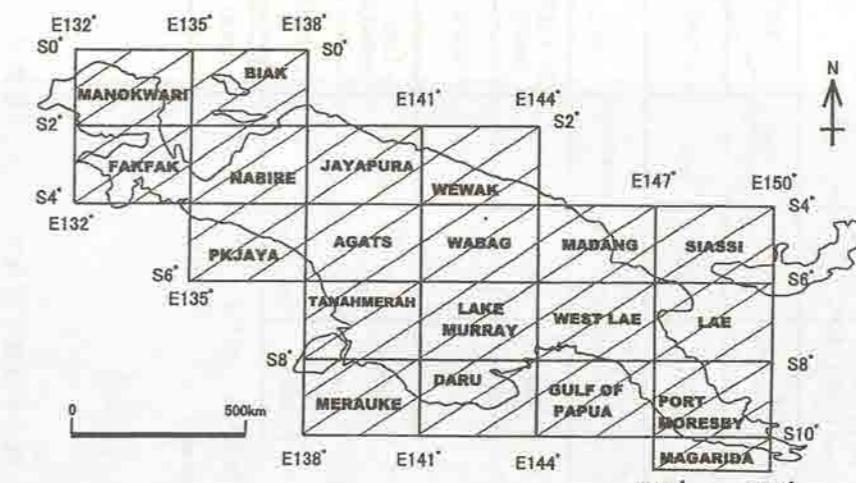


図 322-6 $1^{\circ}30' \times 1^{\circ}00'$ シリーズ 「HANOI」 図画のモザイク画像



 JERS-1 SARによる
モザイク画像作成図面

図 322-7 環太平洋衛星画像マッピング(東南アジアのうちニューギニア)モザイク画像作成範囲
 $6^{\circ} 00' \times 4^{\circ} 00'$ シリーズ



 JERS-1 SARによる
モザイク画像作成図面

図 322-8 環太平洋衛星画像マッピング(東南アジアのうちニューギニア)モザイク画像作成範囲
 $3^{\circ} 00' \times 2^{\circ} 00'$ シリーズ

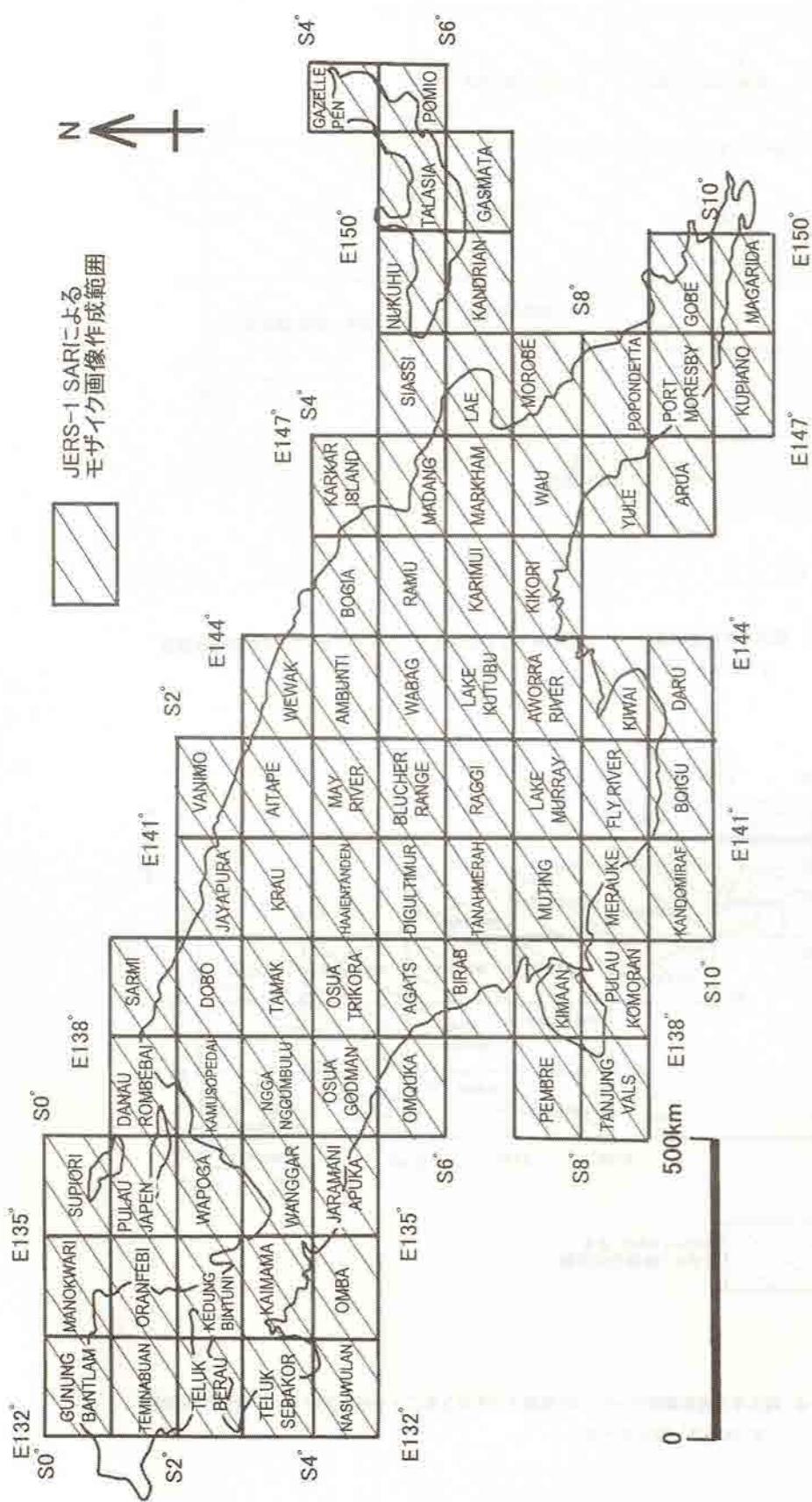


図 322-9 環太平洋衛星画像マッピング(東南アジアのうちニューギニア)モザイク画像作成範囲
1°30'×1°00'シリーズ

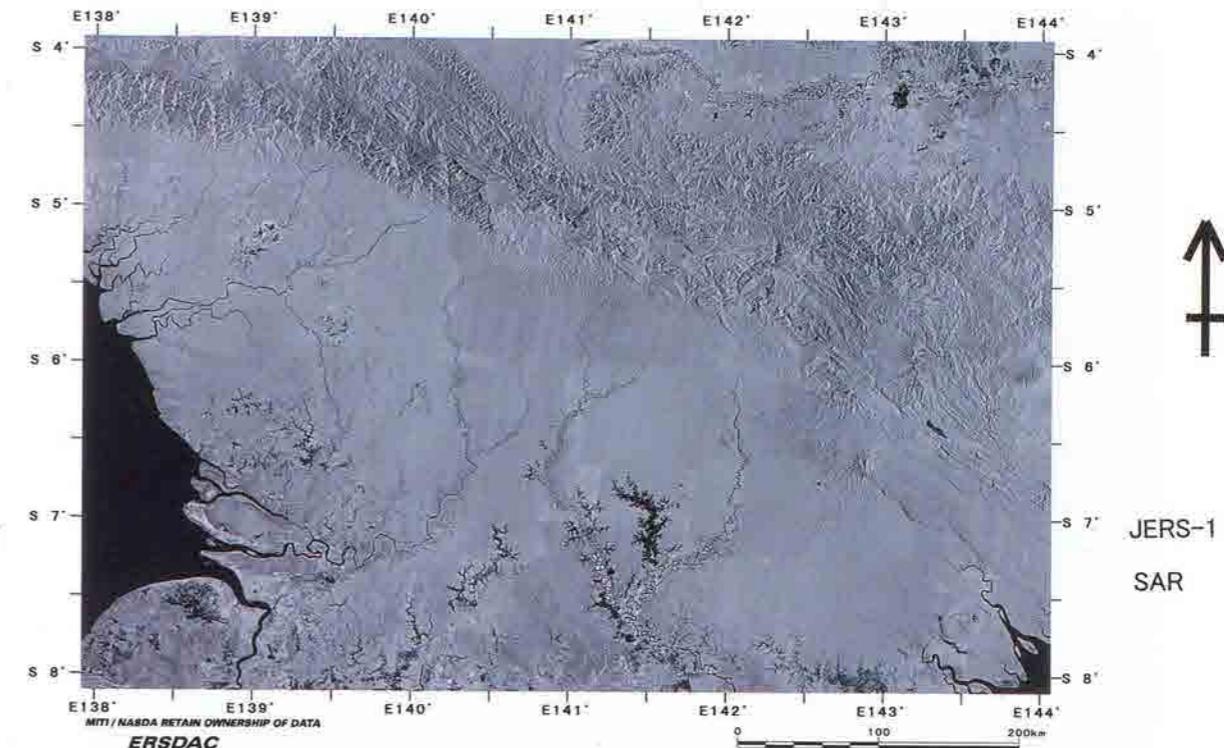


図 322-10 6°00'×4°00'シリーズ 「WABAG」 図画のモザイク画像

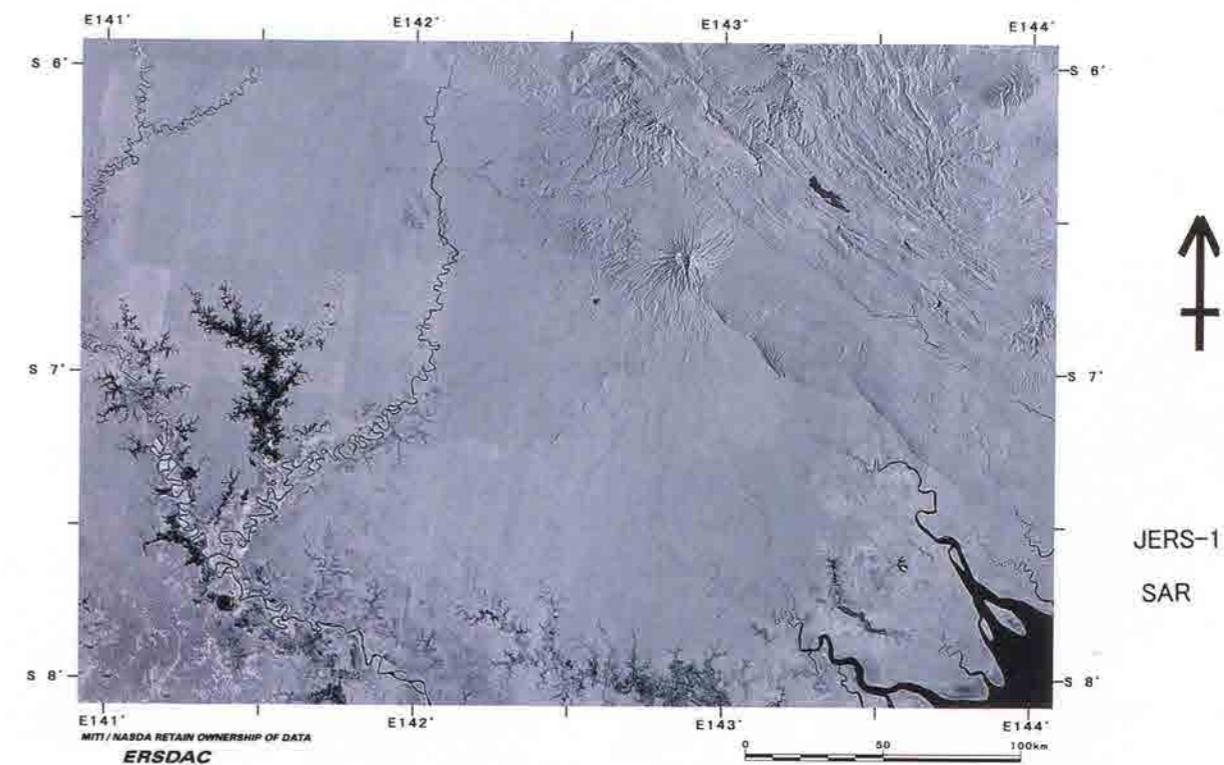
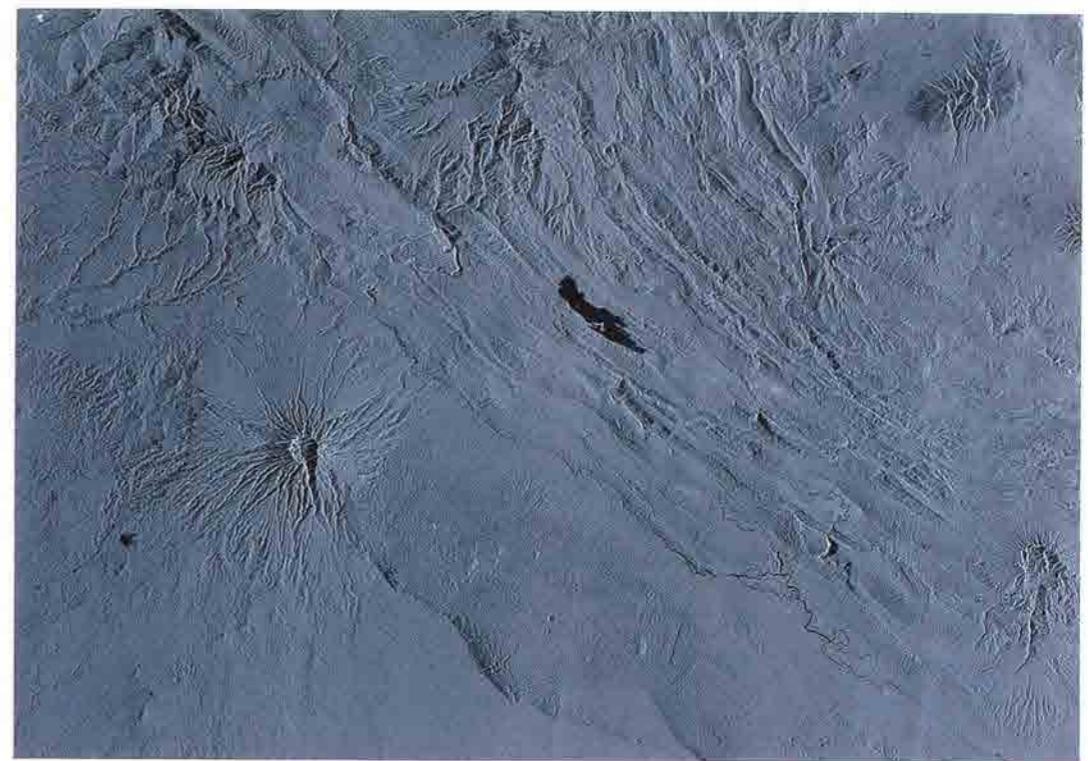


図 322-11 3°00'×2°00'シリーズ 「LAKE MURRAY」 図画のモザイク画像



JERS-1 SAR

0 50km

図 322-12 $1^{\circ}30' \times 1^{\circ}00'$ シリーズ 「LAKE KUTUBU」 図画のモザイク画像

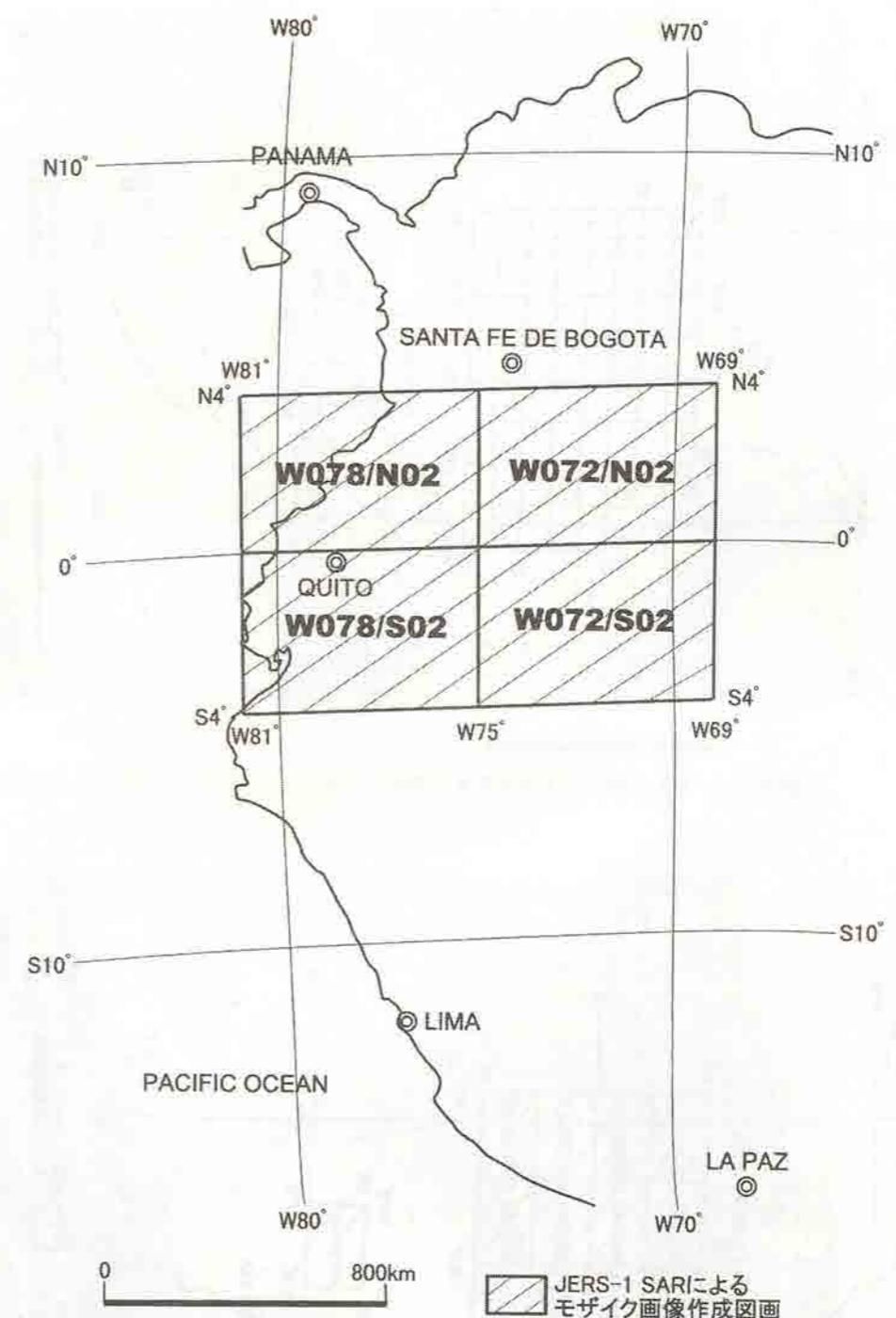


図 323-1 環太平洋衛星画像マッピング(南アメリカ)モザイク画像作成範囲
6° 00' × 4° 00' シリーズ

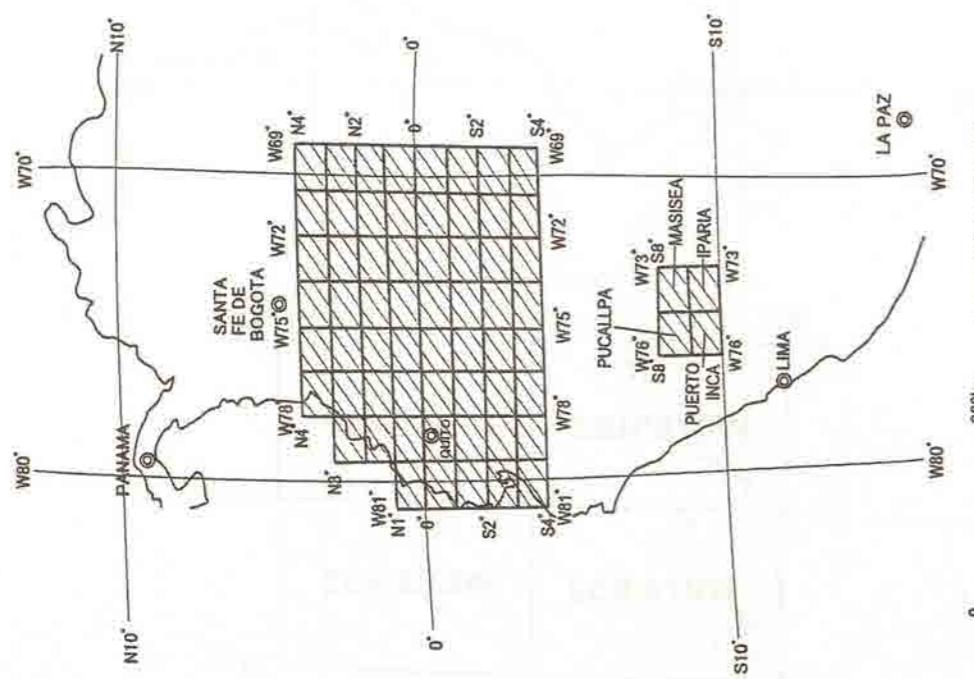


図 323-3 環太平洋衛星画像マッピング(南アメリカ)モザイク画像作成範囲
1°30'×1°00'シリーズ

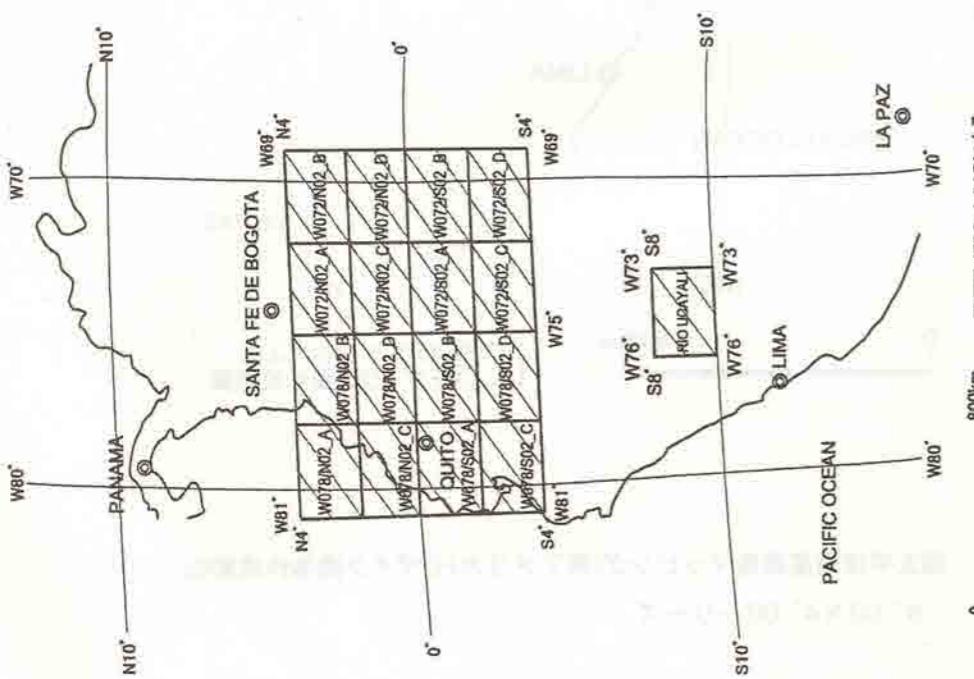


図 323-2 環太平洋衛星画像マッピング(南アメリカ)モザイク画像作成範囲
3°00'×2°00'シリーズ

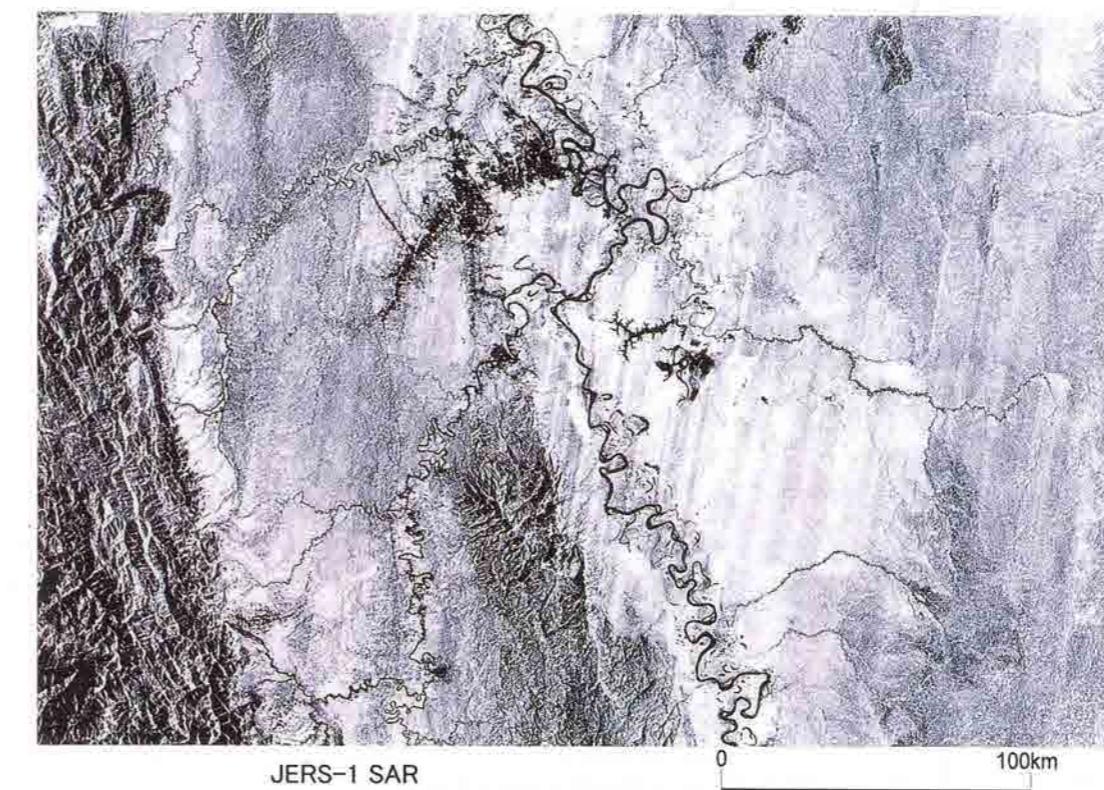


図 323-4 3°00'×2°00'シリーズ 「RIO UCAYALI」 図画のモザイク画像

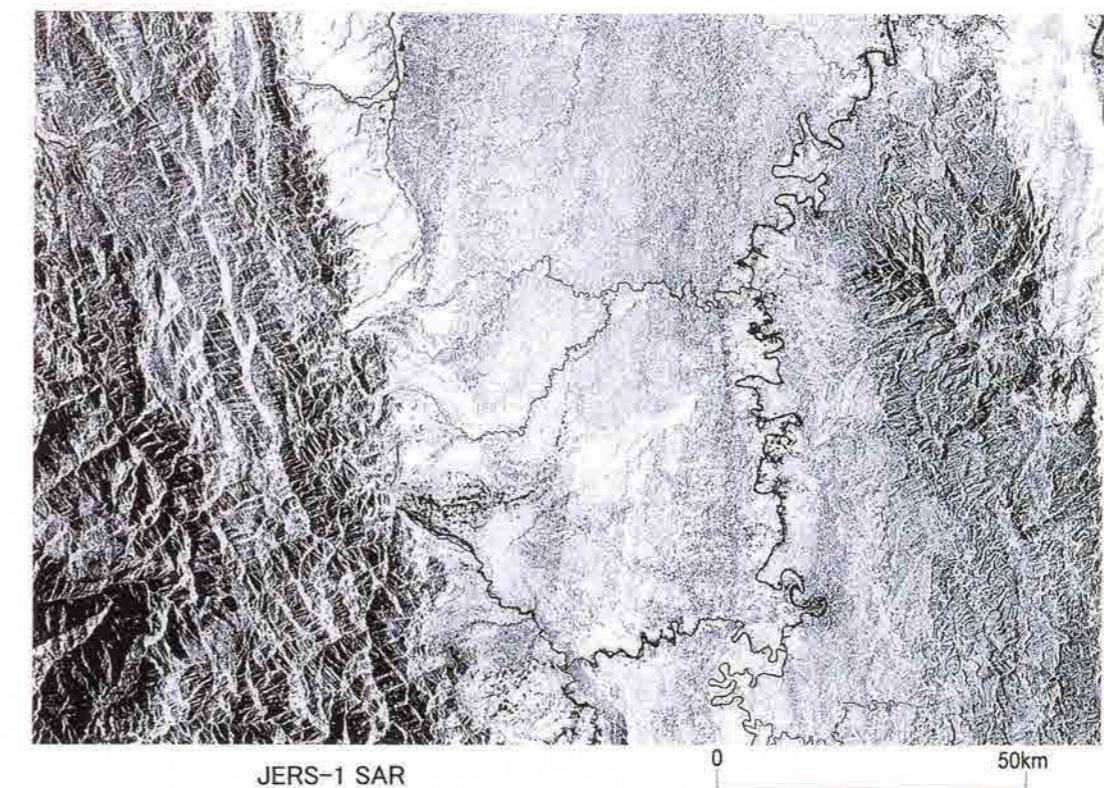


図 323-5 1°30'×1°00'シリーズ 「PUERTO INCA」 図画のモザイク画像

地球資源衛星 1 号 (JERS-1)
データ利用成果集

平成 11 年 3 月 31 日発行
編集・発行
(財) 資源・環境観測解析センター
ERSDAC
〒104-0054 東京都中央区勝どき 3-12-1
FOREFRONT TOWER
電話 03-3533-9380 FAX 03-3533-9383

本書の一部または全部を著作権法の定める範囲を越え、無断で複写、複製、転載することを禁じます。

Copyright 1999 by ERSDAC

JAPANESE EARTH RESOURCES
SATELLITE -1 (JERS-1) IMAGES

Earth Remote Sensing Data Analysis Center
(ERSDAC)
FOREFRONT TOWER, 3-12-1, Kachidoki,
Chuo-ku, Tokyo, JAPAN
TEL. +81-3-3533-9380 FAX +81-3-3533-9383

Copyright © 1999 by Earth Remote Sensing Data
Analysis Center
All rights reserved. No part of this book may be
reproduced by any mechanical, photographic, or
electronic process, or in the form of a photographic
recording, nor may it be stored in a retrieval system,
transmitted, or otherwise copied for public or private
use, without permission from publisher.

Printed in JAPAN

