

インドネシア農業開発
リモートセンシング計画フェーズII
技術マニュアル

平成 2 年 3 月

国際協力事業団

農 開 技

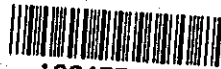
J R

90 - 5

LIBRARY

インドネシア農業開発
リモートセンシング計画フェーズII
技術マニュアル

JICA LIBRARY



1084554(3)

21455

平成 2 年 3 月

国際協力事業団

国際協力事業団

21455

結 言

インドネシア政府は、食料増産計画の一環として農業開発適地選定を行うため、リモートセンシング技術に関する技術協力を我が国に要請してきた。これに対し、我が国は、昭和55年度よりフォローアップ期間を含め7年間の技術協力を実施し、基礎技術の移転を終了した。さらに、インドネシア政府から、習得した技術を発展・応用するため、新たな協力要請があり、昭和63年度から5カ年間の協力活動が実施されている。

リモートセンシングについては、そのベースとなる衛星データの解像度等の進歩が目覚ましい中で、技術的に農業開発計画への応用面まで含めて体系的に取りまとめた文献、報告書類がほとんどなく、また、リモートセンシング技術と農業開発計画の両面に精通している専門家が少ない現状である。一方、上記計画のフェーズⅠの時に取りまとめた「農業開発適地選定のための技術体系検討業務報告書」は、現在においてもインドネシアのカウンターパートを中心に活用されている。

このような現状に鑑み、今般、財団法人リモートセンシング技術センターに委託を行い、上記報告書が出されて以降現在に至るまでのリモートセンシングに関する基礎的な技術の発展とそのリモートセンシングで得られたデータを農業開発計画に適用していく方法についてとりまとめた。

本報告書が、今後の「インドネシア農業開発リモートセンシング計画フェーズⅡ」の推進に当たり広く活用されることを願うものである。

最後に、本報告書のとりまとめに当たり、ご支援とご協力を賜った関係各位に対し、深甚なる謝意を表する次第である。

平成2年3月

国際協力事業団農業開発協力部長

崎 野 信 義

目 次

緒 言

第1部 基礎編	1
1.1 人工衛星データ利用概説及び利用可能データ	3
1.2 マルチステージ調査手法	20
1.3 多種情報の結合(GIS等)・活用	33
1.4 リモートセンシングによる主題図作成	55
1.5 リモートセンシングデータベース概説	63
第2部 応用編	99
2.1 農業開発計画基準とリモートセンシング技術の関連	101
2.2 農業開発計画に必要な自然因子の特徴	126
2.3 土地評価におけるリモートセンシングデータの活用	139
2.4 農業開発情報収集・活用のためのハイパー・マルチメディアシステムの確立	153
結 言	178

第 1 部 基 礎 編

附 錄 一

1.1 人工衛星データ利用概説及び利用可能データ

向井幸男

1.1.1 人工衛星データの特徴

1972年ランドサット1号が打ち上げられて、人工衛星から地球表面を観測したデータから得られるようになって以来、人工衛星データは広範囲な領域の土地利用状況把握、植性分布調査等に有効であることが分かって来た。人工衛星データには次の様な特徴がある。

- 同時広域性

高々度の宇宙を高速に飛行しながら観測する為広範囲の領域を短時間で、従ってほぼ同じ条件で観測することが出来る。

- 繰り返し観測性

人工衛星は一定周期で同じ軌道に戻って来るため同じ領域を繰り返し観測することが出来る。これは環境の監視等に非常に有効な特徴となる。

- 優れた幾何学的特徴

観測中の姿勢の変動が小さいこと、又観測の為の視野角が小さいため観測画像は幾何学的歪みが小さく、地形図に近い形になっている。

- 電子式のセンサーによる観測

マルチスペクトルキャナーにより対象領域のマルチスペクトル2次元デジタル画像が得られ、コンピュータ処理による自動判別、定量的解析が可能である。

1.1.2 人工衛星データの解析技術

人工衛星データの解析技術は前項で述べた人工衛星データの特徴を利用して次のような技術がある。

- 写真画像による目視判読
- マルチスペクトル判別による自動判読
- 時系列データの重ね合わせによる変化抽出

(1) 写真画像による目視判読

マルチスペクトル2次元画像というのは複数の波長域(バンドという)からなるデータで、各バンドのデータは画素と呼ばれる小さな点が縦横方向に並んだ形で構成される画像である。画素はセンサーで観測できる最小分解能である。1画素の地上での大きさはセンサーの瞬時視野角と衛星の高度によって定まって来る。

写真画像による目視判読というのは、マルチスペクトルの各バンドのデータを赤(R)、緑(G)、青(B)に割り当てて写真を作成し、その写真を人間が見て判読する技術であり、衛星データの利用技術として最も基本的なものである。近赤外域のデータを赤、可視域の赤、緑色帯のデータをそれぞれ緑、青に割り当てて作成した写真をフォールカラー画像といい、植生領域は赤く、都市域は青っぽく表示され、非常に分かりやすいので写真判読に良く利用される。判読に有効なきれいな写真を作成するには

- 適切な前処理
- 高性能描画装置

が必要である。

前処理技術としては幾何補正、コントラスト強調、エッジ強調、H S I変換などの処理がある。幾何補正処理というのはリモートセンシング画像を地形図に合う様に補正する処理で、判読結果を地図上に表現したりする場合、必要な前処理である。又幾何補正処理は行政区画などの地図情報とリモートセンシング画像を重ね合わせたり、リモートセンシング画像どうしを重ね合わせたりする場合にも必要であり、非常に重要な前処理技術なので、その概要については後に説明する。

コントラスト強調処理というのは入力画像データの変化範囲をフィルムの感度を最大限に生かせるような変化範囲に変換する処理で、変換方法として線形変換、等頻度変換、ルート変換等がある。エッジ強調処理というのは画像の輝度レベルが変化している部分を強調する処理で、キュービックコンボリューション、微分処理、ラプリアン等の処理がある。H S I変換というのはR、G、Bに割り当てられたデータを、一旦人間が色情報を実際に認識する場合に近い色相(H)、彩度(S)、明度(I)の要素に変換し、H、S、Iのどれかの要素を強調した後、R、G、Bに変換する処理であり、R、G、B空間内で変換するよりは、人間が判読しやすい画像がしばしば得られる。前処理には色々な種類があるので、自分が判読しようとする情報を最も効果的に浮び上がらせるように適切な前処理を選択しなければならない。

高性能描画装置というのは1画素系毎に、R、G、Bに割り当てられた画像データの輝度レベルに従ってR、G、Bの光源の強さを変化させてフィルムに露光する装置であり、露光時の光のビームが強くまた細かい程高性能の描画装置となる。現在では光源としてレーザーを使用したレーザービームレコーダが高性能描画装置として使用されている。

(a) 幾何補正処理

衛星観測データは、通常地上局が地図に合うように幾何補正(システム補正という)された形でユーザーに提供される。通常システム補正データは数画素程度の誤差があり、これを1画素以下の誤差で精密に地形図に重ね合わせるためには、さらに幾何補正処理を行う必要がある。

幾何補正手順を図 1.1.1 に示す。画像および地図の両方で明確に識別できる点 (GCP: Ground Control Point) を幾つか選定し、この GCP を使って画像座標と地図座標との間の関係式を導きだし、この関係式を使って画像を地図に合う様に変換する。これは画像と地図を重ね合わせる場合であるが、画像同志を重ね合わせる場合でも緯経度から UTM 座標への変換がないだけで、同様の手順により処理出来る。

(2) マルチスペクトル判別による自動判読

(a) 分光反射特性の違いによる物質の判別

物質はそれぞれ固有の分光反射特性を持っていることを利用して物質を判別することが出来る。分光反射特性の違いによる物質の判別の説明図を図 1.1.2 に示す。自然界の代表的物質である植物、土、水の分光反射 (放射) 特性を図 1.1.2(a) に示す。厳密には $3\mu\text{m}$ 付近より短い派長域では太陽光を光源として反射特性を示し、それより長い波長域では物質の温度によって定まる放射特性を示している。

ランドサット MSS のバンド 4, 5, 6, 7 の観測波長の位置を▽印で示す。ここでバンド 5 と 7 の反射強度を座標軸とした図 1.1.2(b) のような二次空間 (特徴空間という) を考え、植物、土、水の各バンドの反射と強度をこの特徴空間にプロットすると同図の A, B, C になる。例えば植物のバンド 5 と 7 に対する反射強度を R_5 と R_7 とすると、図 1.1.2(b) の座標で横軸方向に R_5 、縦軸方向に R_7 の位置に点 A が来る。原点から点 A, B, C のベクトルを植物、土、水の特徴ベクトルという。物質によって固有の分光反射特性を持つという事は、同様の性質を持つ物質は特徴空間において同一の点ないしはその近傍に分布するという事である。判別しようとする物質のバンド 5 と 7 の反射強度が得られた場合、その値を特徴空間にプロットし、その点がどの位置に来るかによって物質の判別を行う。例えば、図 1.1.2(b) の点 N に来た場合、N と点 A, B, C とのそれぞれの距離を比較してみると、点 A との距離が最も小さいので、この物質は植物に近い性質を持っていると判別することが出来る。この場合、二次元であった n 個のバンドの観測データを使えば n 次元の特徴空間で判別することが出来る。

(b) マルチスペクトルデータによる自動判別

マルチスペクトルスキャナーにより、各画素毎に複数のバンドのデータ (マルチスペクトルという) がデジタルの形で得られているので、これらのデータを使って前項で説明した原理により、特徴空間内での物質のクラス分けをコンピュータ処理により自動的に行うことが出来る。図 1.1.2(b) の点 A, B, C に相当する位置を教師領域として人間が指示する場合 (教師有判別) と指示しない場合 (教師なし判別) とがある。最も良く使われる判別方式として教師有最尤法判別がある。

教師有の場合のマルチスペクトルデータによる判別手順を図 1.1.3 に示す。先ず植物、

土、水など判別しようとするカテゴリーを設定する。次に設定した判別カテゴリーを代表する領域（トレーニング領域という）を選定する。トレーニング領域の選定は入力マルチスペクトルデータを画像表示装置に表示しながら航空写真、土地利用図、現地調査結果などの情報（グラントゥルスデータ）を参照しながら行う。各カテゴリー毎に選定されたトレーニング領域内のデータを使って各カテゴリーの特徴空間での分布を把握する。分布の把握方法は後に行う判別処理の方法と密接に関連しており、代表的判別法である最尤法判別を行う場合、各カテゴリーの分布をトレーニング領域のデータの平均値と分散・共分散によって決定される多次元正規分布関数で把握する。これは各カテゴリーの分布が特徴空間で正規分布すると仮定するわけである。カテゴリー j の多次元正規分布関数は次式で与えられる。

$$P_j(X) = \frac{1}{(2\pi)^{d/2} |\Sigma_j|^{1/2}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} (x - \mu_j)^t \Sigma_j^{-1} (x - \mu_j) \right] \quad (1.1.1)$$

d : 次元数すなわち観測バンドの数

μ_j : カテゴリー j のトレーニング領域のデータの平均値のベクトル

x : 未知画素の観測値のベクトル

Σ : カテゴリー j のトレーニング領域のデータの分散・共分散マトリクス

最後に入力データの各画素の観測値を x に代入して、その画素に対する各カテゴリーの多次元正規分布関数の値（確率密度という）を求め、最も確率密度の大きいカテゴリーにその画素を判別する。通常ある閾値を設けておき最大の確率密度がその閾値より小さい場合どのカテゴリーにも属しないと判別する。

図 1.1.3 の手順において最も重要で難しいのが判別カテゴリーを代表するトレーニング領域の選定である。1つの領域の中に他のカテゴリーが含まれないようになるべく均一な領域を選定する必要がある。また或るカテゴリーを正しく代表するトレーニング領域の選定にはグラントゥルスデータの収集が必要である。

(3) 時系列データの重ね合わせによる変化抽出

衛星データは同時広域性、繰り返し観測性の特徴を持っており、同じ地域を異なった時期に観測した多くのデータが得られる。これらのデータを重ね合わせて変化した部分を抽出することは衛星データの最も有効な利用法であり、次のような処理が必要である。

- 異時期観測データの精密な重ね合わせ処理
- 異時期観測データの輝度補正処理

2つの画像を精密に重ね合わせるためには、先ずそれぞれの画像を地形図に重ね合わせる

処理（幾何補正）を行う。次に幾何補正された画像間で重ね合わせの程度を調べ、必要有ればさらに片方の画像を基準にして他の画像と重ね合わせる2段階処理を行うことにより地形図に合致して、しかも精密に重なった画像を作成することが出来る。

異時期観測データの輝度補正処理というのは、それぞれの衛星データが観測されたときの日射強度や、大気の減衰量の相違による輝度レベルの違いを補正してやる事である。変化抽出の方法として2時期の重ね合わせ画像から画素毎に差を取り、画像データが変化した部分を抽出する場合、上に述べた輝度補正処理が必要である。輝度補正の方法としては、それぞれの画像について画像の輝度レベルを代表する統計値を計算し、その統計値を等しくするための変換式を求め、その変換式を使って片方の画像の輝度レベルを変換すれば良い。画像の輝度レベルを代表する統計値としては平均値と標準偏差、累積ヒストグラム等があり、累積ヒストグラムを等しくする方法が輝度補正方法としては良いようである。

(4) 人工衛星データとランドツルスデータとの照合

人工衛星データから実際の地表面の情報を得るためには人工衛星データとランドツルスデータとの照合が必要である。人工衛星データは広範囲の2次元領域の観測データであるが、ランドツルスデータは観測領域の中の部分的領域あるいは点の情報であり、航空写真、地図、あるいは現地調査等により収集される。現地調査により、ランドツルスデータを収集する場合、対象領域の人工衛星データの写真を作成し、調査点をあらかじめ何点か決めておき、それらの点と衛星データ写真との対応を取りながら現地の情報を収集する。ランドツルスデータは、衛星データとの対応点を取り、衛星データの解析において次の様な事に役立てられる。

- 写真判別において画像の色調と実際の地表面の状況との関係の把握
 - マルチスペクトル判別においてカテゴリーを代表するトレーニング領域の選定および、カテゴリーと実際の地表面状況との関係の把握
 - 変化抽出において衛星データの変化特性と実際の地表面状況の変化との関係の把握
- ランドツルスデータと衛星データとの対応を取る場合、空間的及び時間的一致について、次のようなことを考慮する必要がある。

• 空間的一致

衛星データを地図に合うように幾何補正しておくことにより、地図などにより収集したランドツルスデータとの対応を取り易い。解析対象が陸域の場合、比較的対応を取り易いが、周辺に島、海岸線などが無い海域の場合対応が取り難い。この場合も衛星データを幾何補正しておけば、ランドツルス（海域の場合シートルス）という収集点の地理的（緯経度）情報を使って対応点を求めることが出来る。

• 時間的一致

衛星データの観測と同期してランドサットデータを収集することにより時間的一致を取ることが出来るが、同期の厳密性は解析対象の変化の早さによって変わって来る。対象が陸域の場合、地表面の変化状況はそれほど早くなく、季節が同じ程度であれば良いと考えられる。しかし海域の変化現象は早いので、ランドサットの収集は衛星観測と同期をとる必要がある。

1.1.3 利用可能データ

現在利用可能なデータとして、地球観測衛星ランドサット4, 5号(米国), スポット1号(フランス), MOS-1(日本)および気象衛星NOAA-10, 11による観測データがある。スポット2号が1990年1月に、MOS-1bが1990年2月に打ち上げられたのでこれらによる観測データもフェーズIIの期間内(1988~1993)には利用可能になると考えられる。各衛星による観測データ波長域, 地上分解能, 観測周期等の諸元を表1.1.1~1.1.3に示す。熱赤外バンドをNOAA-10はバンド4だけで測定しているが、NOAA-11はバンド4と5に分けて観測している。

各衛星の観測データは、地上局を設置することにより地上局を中心として半径約2,400 km(各衛星の高度により少し異なる)以内の地域の観測データを直接受信することが出来る。スポットはデータレコーダを搭載しているが、ランドサット, MOS-1は搭載していない。現在のランドサット, スポット, MOS-1に対する世界の地上局の配置を図1.1.4, 1.1.5, 1.1.6に示す。

ランドサットに関しては、インドネシア局がスマトラ, ボルネオ, ジャワ, スラエシをカバーしているが、イリアンジャヤはカバーしていない。尚、この局は現在(1989年7月)ランドサットMSSデータのみを受信している。またタイ局がスマトラ, ボルネオ全域をほぼカバーしているので、この地域に関してはランドサットTMデータはタイ局から入手することが出来る。イリアンジャヤは南部の方の1部がオーストラリア局によりカバーされている(図1.1.4)。

スポットに関しては、タイ局がスマトラ, ボルネオ, ジャワ, スラエシ当たりまでをカバーしている。イリアンジャヤはオーストラリア地上局が運用開始すればカバーされる(図1.1.5)。

MOS-1に関しては、タイ局がスマトラ, ボルネオ, ジャワの西部をカバーしている。スラエシの南の方の一部およびイリアンジャヤはオーストラリア局がカバーしている(図1.1.6)。

1.1.4 ケーススタディ地域のデータ

本プロジェクトのフェーズⅡにおいては技術開発課題を達成するために下記のケーススタディを設定している。

- リアウ州地域 (インダラギリ川流域, スマトラ島中央部)
- サマリンダ地域 (カリマンタン島東部)

上記のケーススタディ地域に対する利用可能データを現時点(1989年8月)で調べてみた。

(1) ランドサット4, 5データ

データのバスーロウ番号

- リアウ州地域, 対象地域が広く下記の6シーン分でカバーされる。

バス		127	126	125
ロウ 60				
61				

- サマリンダ地域 116-60, 116-61

上記地域はタイ局の受信範囲に含まれている。1983~87年の間のタイ局受信のランドサットMSSのスタディ地域の受信データカタログを調べた。その中から被雲率10%程度以下のものを抜き出してみると以下のようである。

ランドサットデータ

	バスーロウ番号	観測日	被雲率(4分割, 10段階)
リアウ州地域	125-60	1983. 4. 14	1121
	127-60	1984. 10. 2	1101
	127-60	1985. 6. 28	0000
	127-61	1983. 7. 1	1110
	127-61	1984. 10. 2	0000
	127-61	1985. 6. 28	1110
サマリンダ地域	116-60	1983. 4. 15	0002
	116-61	1983. 4. 15	0001

トータルの観測シーン数は523であった。これから計算すると被雲率10%程度以下の良好なデータが得られる確率は約1%であり、インドネシアは非常に雲に覆われていることが多いことを示している。インド洋と太平洋の間であって、いくつかの大きな島からなるインドネシアの地理的位置を考慮すると当然なのかもしれない。

ランドサットTMデータ

タイ受信局におけるリアウ州地域のランドサットTMデータを調べた。
その結果を表1.1.4に示す。

結果として下記の5つのデータがリアウ州の解析に利用できそうである。

データ	パス-ロウ	観測日
ランドサットTM	1 2 5 - 6 0	1989. 5. 24
"	1 2 5 - 6 1	1989. 6. 9
"	1 2 6 - 6 0	1989. 6. 16
"	1 2 6 - 6 1	1989. 6. 16
"	1 2 7 - 6 0	1989. 4. 20

(2) スポットデータ

スポットのK-J番号

• リアウ州地域

K	275	274	273	272	271	270
J	350					
	351					
	352					

• サマリダ地域 305-351, 304-351

スポットは、原則としてデータ観測依頼(プログラミングリクエスト, 別途依頼料金必要)に応じて観測データを取得する場合が多い。プログラミングリクエストを依頼したが、他者からの東南アジア地域に対するプログラミングリクエストが多いらしく断われた。しかしスポット2号も打ち上げられたので、将来データが必要な時には、新たにプログラミングリクエストを依頼してスポットデータを入手することが出来ると考えられる。

(3) MOS-1 MESSRデータ

パス-ロウ番号

リアウ州地域

パス	40	39	38
ロウ	W E W E W E		
	119		
	120		
121			

・サマリダ地域 29-121E, 29-121W

MOS-1 MESSRはバス方向(東西方向)に2台のセンサーが用意されており、それぞれのセンサーによる観測データをEast, Westと名付けられている。MOS-1データは1988年7月からタイ局で受信が開始されており、上記地域に対する観測データを調べてみた。被雲率10%以下のデータは次のようであった。

	バスロー番号	測 測 日	被雲率 (%)
リアウ州	38-119W	1988. 10. 5	10
	39-119W	1988. 5. 23	0

トータルの観測シーン数は147であり、MOS-1の場合でも被雲率10%以下の観測データの取得確率は1.4%である。しかし1990年2月にMOS-1bが打ち上げられ、これらのデータもタイ局で受信される。タイ局受信データはNASDA-EOCで処理されるので、日本側でのデータ入手が便利であり、今後本プロジェクトにMOS-1データを積極的に利用して行くことを考えて良いであろう。

リモートセンシング

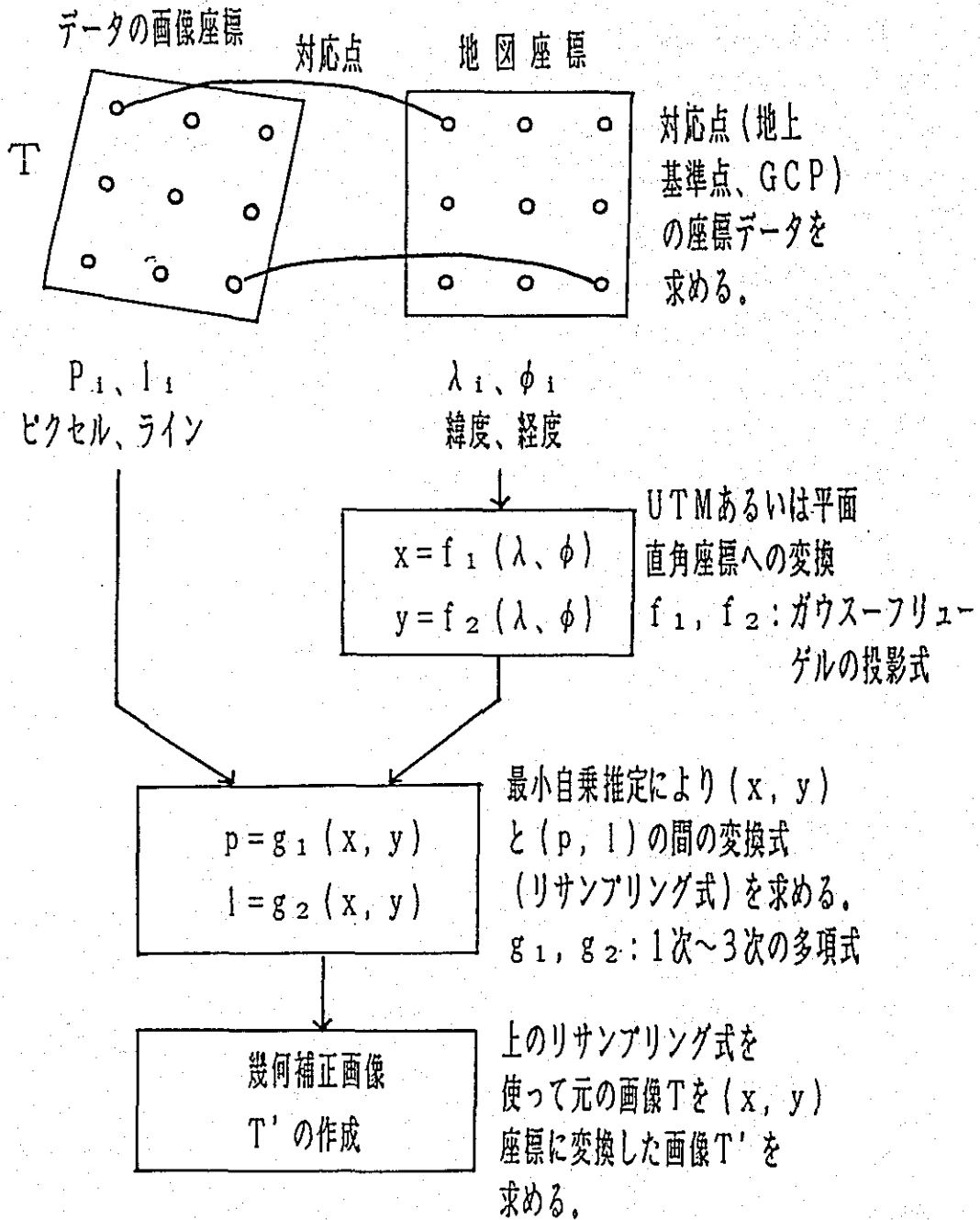
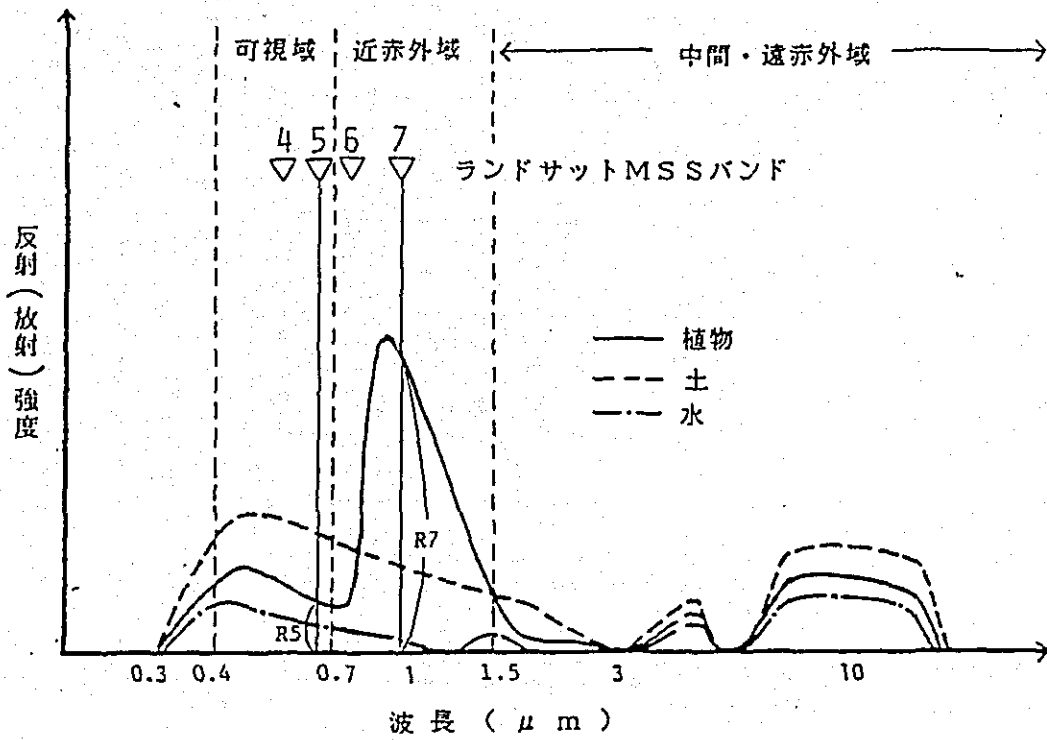
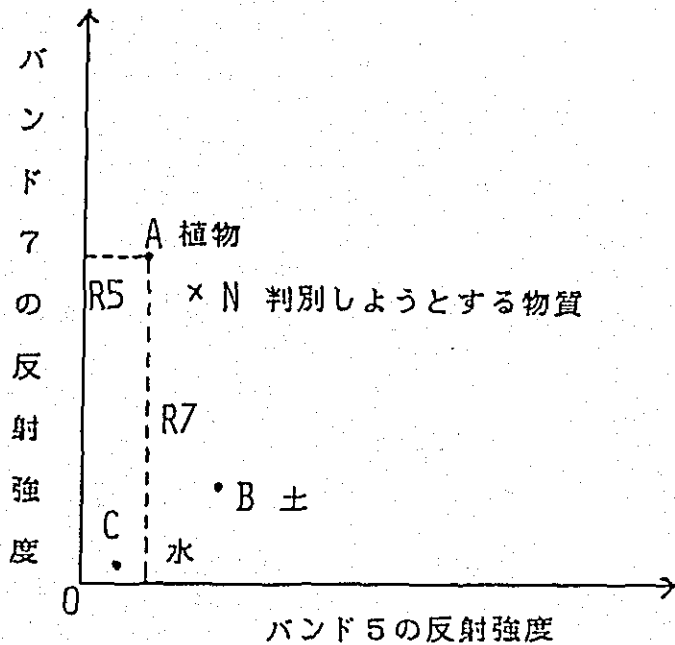


図1.1.1 リモートセンシング画像の幾何補正手順



(a) 物質の分光反射(放射)特性



(b) 特徴空間における物質の判別

図1.1.2 分光反射特性の違いによる物質の判別

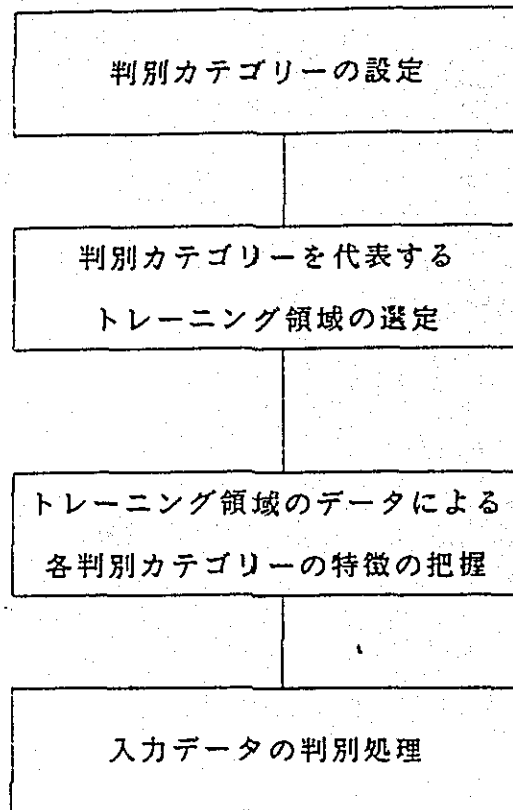


図1.1.3 マルチスペクトルデータによる判別手順

表1.1.1 ランドサットデータの諸元

センサー	バンド	波長域(μm)	地上分解能(m)	備考	観測幅	観測周期
ランドサット MSS	4	0.5~0.6	80	緑色	185km	16日
	5	0.6~0.7	80	赤色		
	6	0.7~0.8	80	近赤外		
	7	0.8~1.1	80	近赤外		
ランドサット TM	1	0.45~0.52	30	青色		
	2	0.52~0.60	30	緑色		
	3	0.63~0.69	30	赤色		
	4	0.76~0.90	30	近赤外		
	5	1.55~1.75	30	中間赤外		
	6	10.40~12.50	120	熱赤外		
	7	2.08~2.35	30	中間赤外		

表1.1.2 スポット及びMOS-1データの諸元

衛星	モード	バンド	波長域(μm)	地上分解能(m)	備考	観測幅	観測周期
スポット	バンクロ		0.51~0.73	10	緑、赤色	60km	26日
	マルチ スペクトル	1	0.50~0.59	20	緑色		
		2	0.61~0.68	20	赤色		
		3	0.79~0.89	20	近赤外		
MOS-1	MESSR	1	0.51~0.59	50	緑色	100 km	17日
		2	0.61~0.69	50	赤色		
		3	0.72~0.80	50	近赤外		
		4	0.80~1.10	50	近赤外		
	VTIR	1	0.5~0.7	900	緑、赤色	1500 km	約1日
		2	6.0~7.0	2700	赤色		
		3	10.5~11.5	2700	熱赤外		
		4	11.5~12.5	2700	熱赤外		

表1.1.3 NOAA AVHRRデータの諸元

衛星	バンド	波長域(μm)	地上分解能(m)	備考	観測幅	観測周期
NOAA 10	1	0.58~0.68	1100	可視	2800km	約1日
	2	0.725~1.1	1100	近赤外		
	3	3.55~3.93	1100	中間赤外		
	4	10.5~3.93	1100	熱赤外		
	5	チャンネル4と同じ		熱赤外		
NOAA 11	1	0.58~0.68	1100	可視	2800km	約1日
	2	0.725~1.1	1100	近赤外		
	3	3.55~3.93	1100	中間赤外		
	4	10.5~11.5	1100	熱赤外		
	5	11.5~12.5	1100	熱赤外		

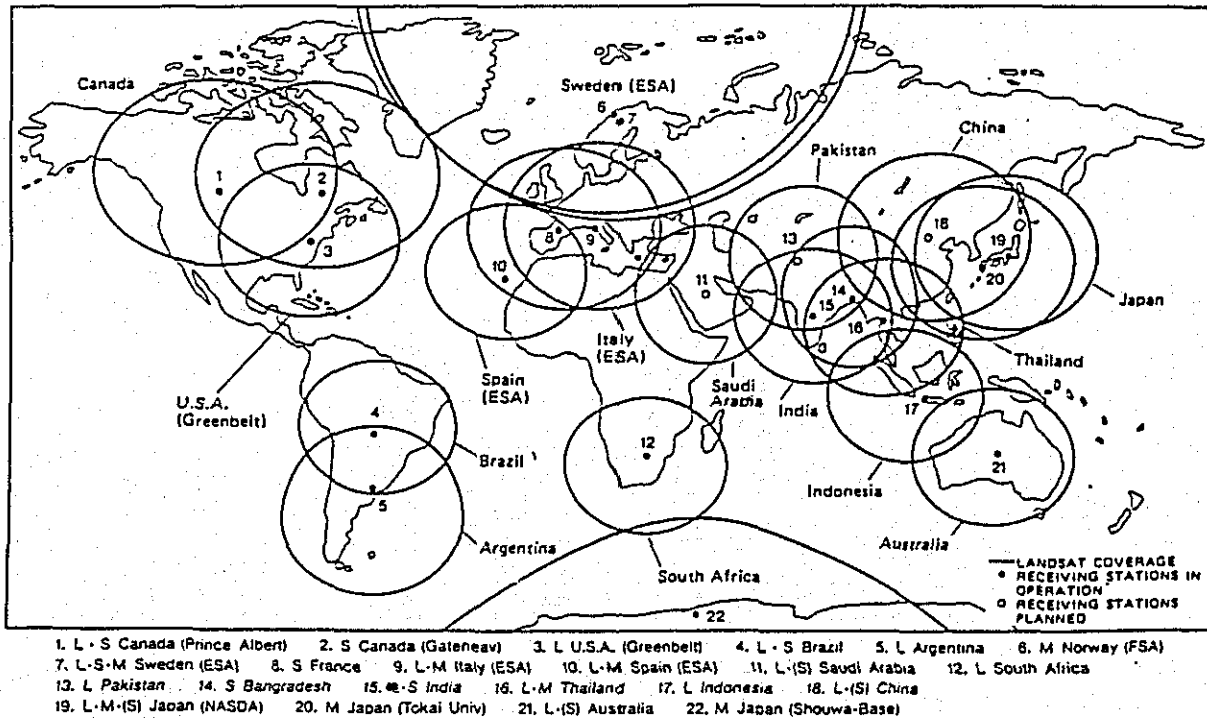


図1.1.4 ランドサット地上局の配置(1986年12月現在)

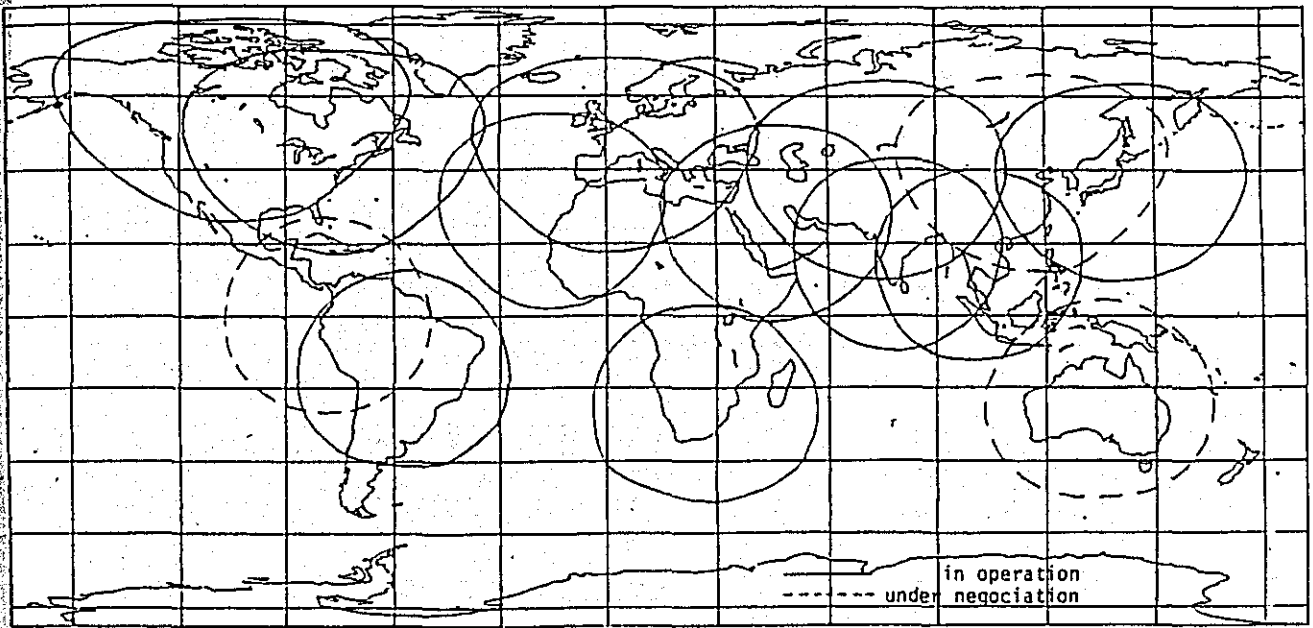


図1.1.5 スポット地上局の配置（1989年1月現在）

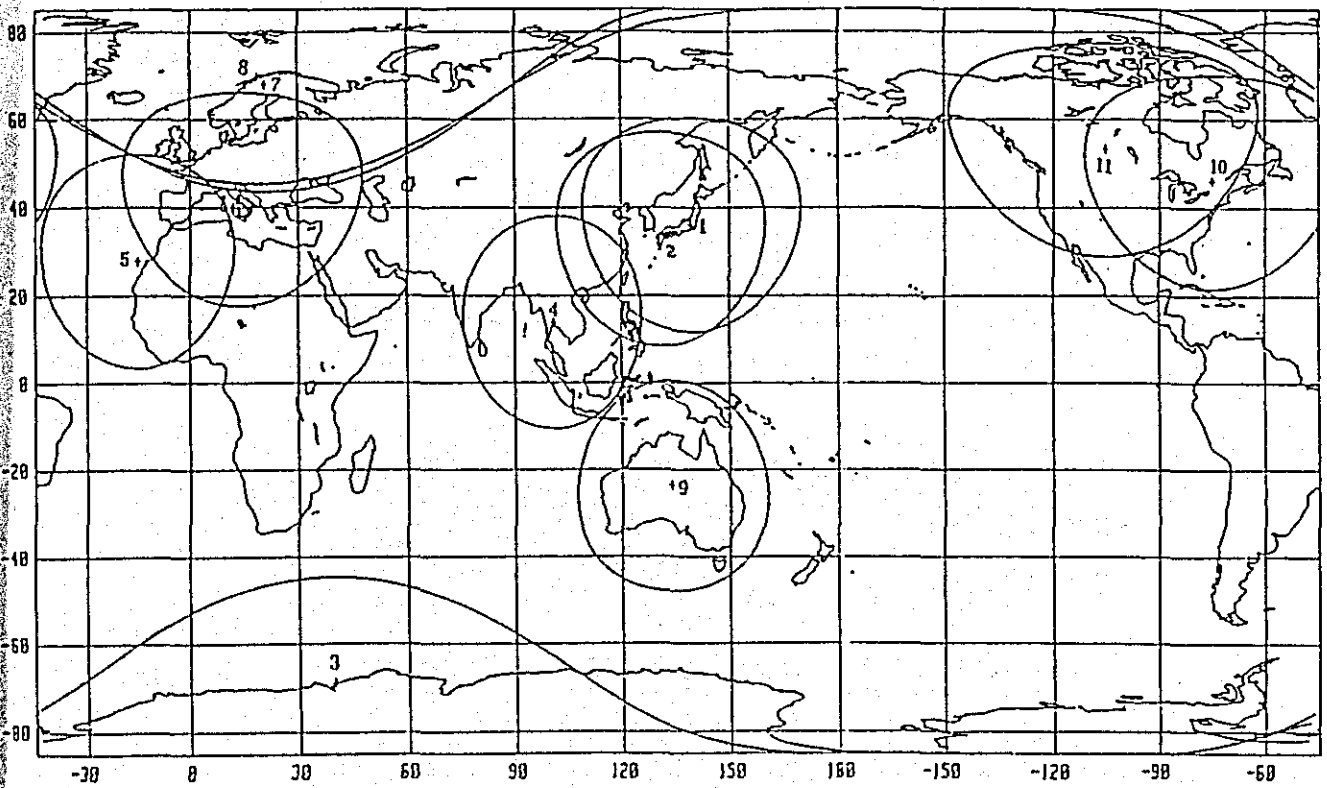


図1.1.6 MOS-1地上局の配置（1989年10月現在）

LANDSAT-5 CATALOG PRINT BY SELECT RANGE PATH, ROW, AND DATE
ORDER BY PATH, ROW, AND DATE

PATH	ROW	ACQUISITION DATE	PASS IDENTIFICATION	SENSOR	NASA IDENTIFICATION	SCENE LATITUDE	SCENE LONGITUDE	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	QUALITY
125	060	29/Dec/1987	125	TM	51398-024549	S00.00	E103.86	6	7	6	5	0
125	060	15/Feb/1988	125	TM	51446-024641	N00.00	E103.81	8	4	4	6	0
125	060	18/Mar/1988	125	TM	51478-024659	S00.00	E103.82	8	8	7	8	0
125	060	18/Mar/1988	125	TM				7	5	8	8	0
125	060	9/Aug/1988	125	TM	51622-024744	N00.00	E103.81	5	4	8	3	0
125	060	10/Sep/1988	125	TM	51654-024749	N00.00	E103.80	5	8	8	8	0
125	060	31/Dec/1988	125	TM				3	1	3	2	0
125	060	22/Apr/1989	125	TM				5	5	1	3	0
125	060	8/May/1989	125	TM				5	5	7	7	0
125	060	24/May/1989	125	TM				1	1	2	2	0
125	060	9/Jun/1989	125	TM				8	2	4	2	0
125	061	15/Feb/1988	125	TM	51446-024705	S01.45	E103.50	6	8	8	8	0
125	061	11/Dec/1988	125	TM				5	5	7	7	0
125	061	22/Apr/1989	125	TM				1	3	1	6	0
125	061	8/May/1989	125	TM				7	7	4	7	0
125	061	9/Jun/1989	125	TM				0	1	0	0	0
126	060	6/Feb/1988	126	TM	51437-025245	S00.00	E102.26	3	6	5	7	0
126	060	10/Apr/1988	126	TM	51501-025311	S00.01	E102.31	8	6	7	8	0
126	060	26/Apr/1988	126	TM	51517-025321	S00.01	E102.30	5	6	5	7	0
126	060	28/May/1988	126	TM	51549-025341	N00.00	E102.26	8	2	7	2	0
126	060	15/Jul/1988	126	TM	51597-025355	N00.00	E102.25	7	8	7	7	0
126	060	31/Jul/1988	126	TM	51613-025357	N00.00	E102.25	7	8	6	0	0
126	060	23/Jun/1989	126	TM				7	7	8	8	0
126	060	31/May/1989	126	TM				7	4	8	6	0
126	061	6/Feb/1988	126	TM	51437-025109	S01.45	E101.96	3	6	6	8	0
126	061	9/Mar/1988	126	TM	51469-025329	S01.45	E101.96	8	8	8	8	0
126	061	26/Apr/1988	126	TM	51517-025344	S01.45	E101.99	3	5	7	6	0
126	061	28/May/1988	126	TM	51549-025405	S01.45	E101.95	6	6	6	7	0
126	061	13/Jun/1988	126	TM	51565-025410	S01.45	E101.94	2	5	1	2	0
126	061	3/Oct/1988	126	TM	51677-025416	S01.45	E101.98	5	6	1	6	0
126	061	28/Mar/1989	126	TM				7	6	4	7	0

表1.1.4 リアウ州地域ランドサットTMデータ調査結果 (1/2)

LANDSAT-S CATALOG PRINT BY SELECT RANGE PATH, ROW, AND DATE
ORDER BY PATH, ROW, AND DATE

PATH	ROW	ACQUISITION DATE	PASS IDENTIFICATION	SENSOR	NASA IDENTIFICATION	SCENE LATITUDE	SCENE LONGITUDE	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q 6	Q 7	Q 8	Q 9	Q 10	QUALITY
127	060	27/Dec/1987	127	TM	51396-025808	S00.01	E100.77	7	8	4	4	5	0					0
127	060	13/Feb/1988	127	TM	51444-025859	S00.00	E100.73	7	8	2	7	0						0
127	060	16/Mar/1988	127	TM	51476-025920	S00.00	E100.73	8	8	2	5	0						0
127	060	1/Apr/1988	127	TM	51492-025926	S00.00	E100.73	2	0	4	3	0						0
127	060	17/Apr/1988	127	TM	51508-025927	S00.01	E100.76	6	6	5	2	0						0
127	060	4/Jun/1988	127	TM	51556-025954	S00.00	E100.71	4	4	5	6	0						0
127	060	7/Aug/1988	127	TM	51620-030007	N00.00	E100.72	1	1	0	2	0						0
127	060	24/Sep/1988	127	TM	51668-030005	S00.00	E100.73	3	1	3	5	0						0
127	060	27/Nov/1988	127	TM				3	2	6	6	0						0
127	060	20/Apr/1989	127	TM				1	2	6	1	0						0

表1.1.4 リアウ州地域ランドサットTMデータ調査結果 (2/2)

1.2 マルチステージ調査手法

江 森 康 文

まえがき

初期のリモートセンシングにおいては衛星画像の解析のため、まず実験室或は地上で植生、土壌など地表物体の分光特性並びに空間特性を測定し、さらに航空機などを用いてやや高い位置からそれらを測定し、それが大気の状態あるいは群落の状態でのどのようになるかを調査し、それらの結果を衛星画像の解析に有効に活用していた。現在では逆に各段階の縮尺の衛星画像並びに空中写真を別個に判読し相互に参照する手法が地質データ取得に有効であるといわれ、広く地質学の分野、特に鉱物資源、石油資源の探査に用いられている。

このようにいろいろな高度から地表を撮影し、データを取得する手法を、マルチステージ手法 (Multi stage method) といい、既に地質調査の済んだ地域をこの方法で調査し、得られた結果を未開発地域に応用することは地表データに対して新しい知見を与えるものとして、地質学分野では非常に重要視されている。小縮尺で得られた合成画像からの判読結果は低高度で撮影された大縮尺の画像を細かく詳細に判読するよりも時として価値があるものになることが知られている。このようなマルチステージ手法の農業分野への応用としては既にインドネシア農業適地選定のための phase I のプロジェクトにおいて提案された。ここではランドサット画像を用いて広域的にいくつかの農業適地を選定し、それらの1つの適地について、航空機による空中撮影を行い、中規模縮尺画像あるいは拡大された衛星画像により、より詳細に適合性を検討した後、実施段階にはさらに大縮尺の空中写真を用いることが述べられている。そして phase I において衛星画像レベル 1 : 1,000,000 縮尺について、所用の試験が完了しているといわれている。ここではマルチステージリモートセンシングに於ける写真縮尺と分解能との関係について述べてみよう。

1.2.1 マルチ・ステージ画像の縮尺と分解能

これまで判読に用いられている空中写真は写真フィルムである空中写真の判読は軍事的にまたは商業的に約50年以上にわたる実績がある。航空カメラによって得られた画像の鮮度の尺度としての分解能あるいは解像力を広く用いられている。これは1mm当り何本の白黒の縞が記録できるかを示すもので、例えば、30本/mmの分解能は1mm当り30本の縞が見分けられる。言い換えて、 $1/30\text{mm}$ 、すなわち、幅0.033mmの縞が見分けられることを意味している。光学的解像力は白黒2本の縞を1本としているので、最近の光電変換素子 (CCD) の画素 (ピクセル) が約0.016mmであるので、この写真の画素はほぼ CCD の画素と等しいといえる。

一般に空中写真の解像力は使用するレンズの解像力、写真フィルムの解像力、大気の子による光散乱に基づくヘーズ要因 (Haze factor)、対象目標の反射率及びコントラスト、並びに太陽照度に関係する。通常の空中写真は平均 30 本/mm である。晴天で Haze の少ないときは 60 本/mm の解像力のものも得られ、さらに低粒子写真材料および FMC (Forward Motion Compensator) を持つカメラで撮影するときは 200 本/mm の解像力を得ることができ、これはピクセル尺度にして 0.008 mm ~ 0.0025 mm に相当し、光電素子ではえられないほどの高解像力である。さて、画面上目標があるかないか判読できるためには目標の像内に少なくとも 2 ピクセル ~ 1 ピクセルが含まれればよいといわれる。目標の検知は少なくとも 1 本 ~ 2 本/mm の解像力を必要とする。また検知された目標が自動車であるかそれ以外の物であるかを認知するためにはその像内に 4 ~ 7 本/mm の解像力、すなわち、8 ~ 14 ピクセルが含まれている必要がある。さらにその車がどこ製の物、どんな車種であるかという識別には 7 ~ 14 本/mm、すなわち 14 ~ 28 ピクセルを必要すると経験的に知られている。

このように地表目標を画像で認識するためにはある程度の像の大きさを持つ必要がある。写真上の像の大きさは撮影光学系の焦点距離及び高度によって定まる。ここで焦点距離を一定とすると、所定の大きさにするためには高度を変える必要がある。写真縮尺は次のように定義されるので、

$$\text{写真縮尺} = \frac{\text{焦点距離}}{\text{地上の高度}} = \frac{\text{写真上の距離}}{\text{地上距離}}$$

判読に必要な画像は写真縮尺に関係する。いま、撮影系の解像力を 30 本/mm、地上の作業中の農夫の大きさ 0.3 m × 0.7 m とすると、農夫として識別できるために 4 本/mm、 $1/30$ (mm/本) × 4 本 = 0.132 mm の大きさを必要とする。従って必要とする写真縮尺は

$$\text{写真縮尺} = 0.3 \div 0.132 \text{ mm} = 2272$$

縮尺は約 1 : 2000 となる。

表 1.2.1 に農業作業分野で写真判読に必要な縮尺を示す。この値は経験的に得られた数値で実用的な目安となるものである。

1.2.2 マルチ・ステージ画像の縮尺

マルチ・ステージリモートセンシングにおいて用いられる縮尺はランドサット衛星画像で 1 : 1,000,000 ~ 1 : 250,000 で、U2 航空機による超高高度撮影画像で 1 : 130,000

～1 : 112,000, 高高度撮影画像 1 : 80,000～1 : 58,000, 中高度—低高度画像 1 : 58,000～1 : 20,000である。図 1.2.1～1.2.3は石油探査のための地質構造調査でしようされたマルチ・ステージリモートセンシングの画像を示したもので、図 1.2.1はアメリカ・ワイオミング州のランドサット画像(1 : 1,000,000)で、地質構造の梗概的な様相がよく分かり、図 1.2.1.bのように大略的なリニアメントを描くことが可能である。

図 1.2.2は図 1.2.1.bのC地域の部分を高高度撮影を行った 1 : 56,000の画像であり、盆地にたいして川が樹枝状に発達しているのがよく観察され、図 1.2.2.bはこの画像から得られた断層、およびリニアメントで、図 1.2.1.bに比べてより地形を細密に描くことができる。図 1.2.3は同一部分を中高度で撮影した 1 : 36,000の画像で、地形の分類をより精密に行うことができ、このような大縮尺の画像を参照しながらランドサット画像をよりよく解析できる。この方法は鉱物資源探査に広く用いられている。このことから農業開発にもマルチ・ステージ手法は十分に応用できるものと考えられ、インドネシア公共事業省においても phase I のプロジェクトにマルチ・ステージリモートセンシングの手法が提案されている。ここでさらに具体的に農業面に於ける画像と縮尺との関係について述べてみる。

a) 土壌判読のための縮尺

農業開発においては土壌の選定が重要であることはいうまでもない。未開発地域を農地に開発するという第 1 次開発ではまず表 1.2.2のように土地分類、土壌調査、植生調査をする必要がある。土地傾斜についてはステレオ画像によりある程度その傾斜を算出することができるが、spot 画像を除いてステレオ視が得られる衛星画像はまだない。一般に土壌は画像の色調(分光反射特性)あるいは粒状性、並びに植生の種類からその種類、すなわち礫、砂シルト、ローム粘土並びに有機質土(泥炭、黒炭)等を識別することができる。植生が繁茂して地表面が判読できないときは植生の種類及び状態から推定する。現在、リモートセンシングの画像処理によりある程度の植生があっても土壌の種類を判読できる方法も開発されている。しかし、砂ならびに礫の判読には表面の粗度が必要であるので、縮尺として 1 : 5,000 以上の大縮尺の画像が必要であろう。

インドネシアのように植生の種類並びに状態が未知の場合わが国で開発されたアルゴリズムをそのまま適用することは注意しなければならない。植生による土壌の推定にはある場合には、その植生の樹冠の形状並びに大きさを知る必要があるので、縮尺としては 1 : 8,000～1 : 7,000 が必要であろう。

また沖積平野の表形は土壌との関係が深い。例えば、層状地、自然堤防及び谷底平野には砂、またはシルト質、後背湿地には粘土シルト、または黒炭が多く含まれており、三角州には粘土、細砂が多い。埋積谷には泥炭、黒炭が大部分を占める。従って、地形

の詳細を知ることにより、ある程度土壌を知ることができる。地形の詳細を知るための縮尺は中地域では1:25,000~1:20,000で充分であり、小地域については1:13,000~1:10,000が多く用いられる。

b) 森林判読のための縮尺

森林の管理調査は樹種、樹高、密度、樹被率、倒木率等の項目について行われる。

熱帯と暖帯とは樹種は非常に異なる。暖帯では針葉樹と広葉樹及び常緑樹と落葉樹に識別する。針葉樹は通常黒く、樹冠の形状は円錐状が多く、同一樹高の広葉樹よりも小さく見える。広葉樹は通常の針葉樹よりも淡灰色で樹冠は不規則で円味を帯びているので1:1,000,000の衛星画像でもその分光特性から識別することができるが、標高その他の項目については算出できない。

本来樹林地域の区分は原則として1本ずつの樹木を確認しその比率を計算して定める。針葉樹が70%以上占める地域を針葉樹林という。広葉樹についても同様に定めている。

樹高はステレオ視により地表面とその地高差で測定し、6m以上の樹高ものを高木、2~6mを中木、2m以下を低木として分類する。

密度は樹高、樹種の同一の地域について単位面積(100m×100m)内にある樹木本数で次のように定義される：

$$\text{密度} = \frac{\text{単位面積 (m}^2\text{)}}{\text{本数}}$$

密度は樹径を用いて次のように分類される。

密度 / 樹径	< 10 cm	10 ~ 15 cm	> 15 cm
< 9 m ²	中間林	密生林	密生林
9 ~ 20 m ²	疏生林	中間林	中間林
> 20 m ²	疏生林	疏生林	中間林

樹被率は単位面積内での樹冠が地上に占める面積の割合をいい、

$$\text{樹被率} = \frac{\text{樹冠面積}}{\text{単位面積}} \times 100$$

を0~100の段階で0~10%、10~40%、40~70%、70~100%大別されている。通常樹冠度図表(パターン)で類別される(図1.2.4)。また倒木率は単位面積内

の倒木本数で表される。このような森林管理について、少なくとも樹冠が判断できる縮尺が必要であり、1 : 8,000 ~ 1 : 7,000の縮尺が必要である。バナナ、オレンジなどの果樹園の樹種は樹木そのものと枝の針型、補助さく、樹木のパターン並びに植付の規則性などから識別される。

また、耕地は主として水田と畑からなり、四季により変化が大きい。水田と畑はその分光特性、畦道の有無、用水の配分、作物のパターンなどから判断できる。

このようなことから考えるとこれらの判読あるいは開発設計のための縮尺は、畑と水田の区別程度であれば、1 : 50,000で充分である。果樹園、荒地については1 : 8,000 ~ 1 : 7,000、さらに作物の生産高あるいは荒地の砂地、礫地の区別には1 : 5,000の縮尺が必要であろうと考えられる。

c) 水系判読の縮尺

水系並びに河川は農業開発の用水確保に重要である。また、中規模地域においては水利の状況すなわち、灌漑、排水計画、農地防災保全計画にとって重要である。水利状況は流路現況、植生維持管理など線的な意味の水利と、用、排水系統、用水不足地域、排水不足地域など面的水利に分けられる。これに加えて、開発設計のための大型、小型の水門の位置、場所、大きさなど具体的決定が必要となる。

水系は山岳地帯における谷底の密度（谷底度 Valley Density VD）及び谷の長さを示すセグメント頻度（Segment Frequency SF）で表される。VDおよびSFは用いる写真の縮尺によって異なる値をとる。通常1 : 50,000の縮尺の写真が用いられている。

大型水門、大型用水路は1 : 8,000 ~ 1 : 7,000の縮尺が用いられ、小型水門、用水ポンプ施設などは1 : 5,000の縮尺が多く使用されている。

用、排水路の設計についても1 : 5,000の縮尺が用いられる。この場合、河川の兩岸の高水敷砂州、浅瀬などが判読できる。

河川の兩岸の堤防、護岸小水路、大型水門には主として1 : 13,000 ~ 1 : 10,000の縮尺が用いられている。

d) 人工物判読の縮尺

農業開発に対して、灌漑、排水事業、農場整備事業、農道整備、農地防災など各種の事業が考えられる。灌漑排水事業として、用水対策として、ダム、用水路、用水機場、取水分水工事があり、排水路、排水機場などの施設があると考えられる。用排水機場はその規模によるが、数台のポンプ室が備えられている。

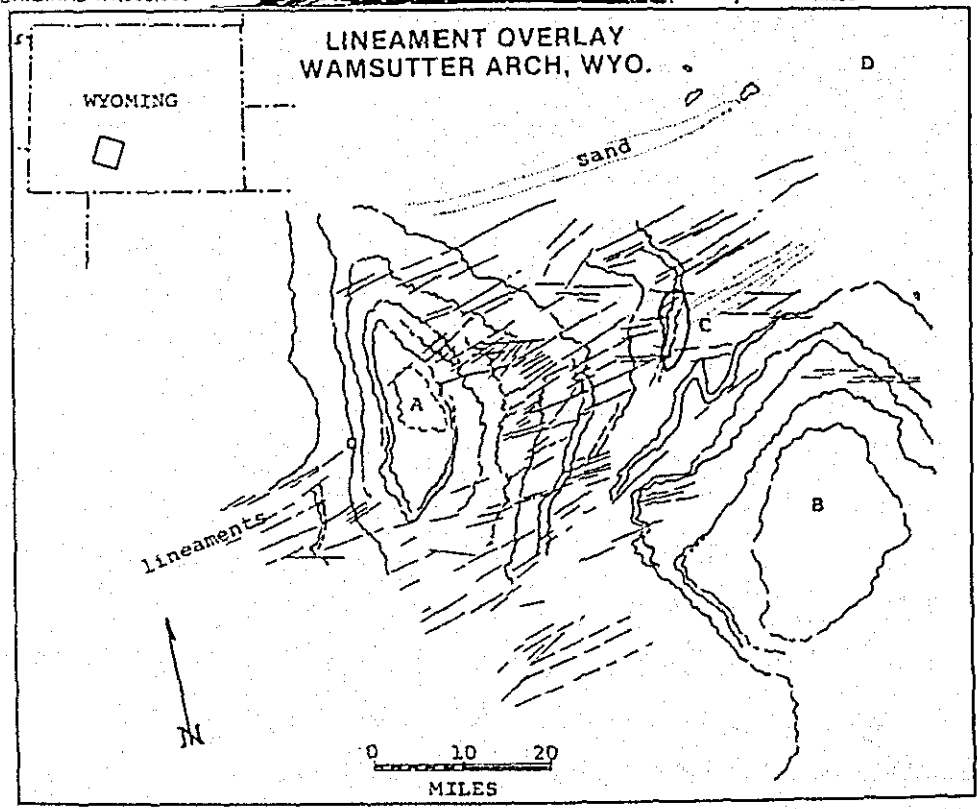
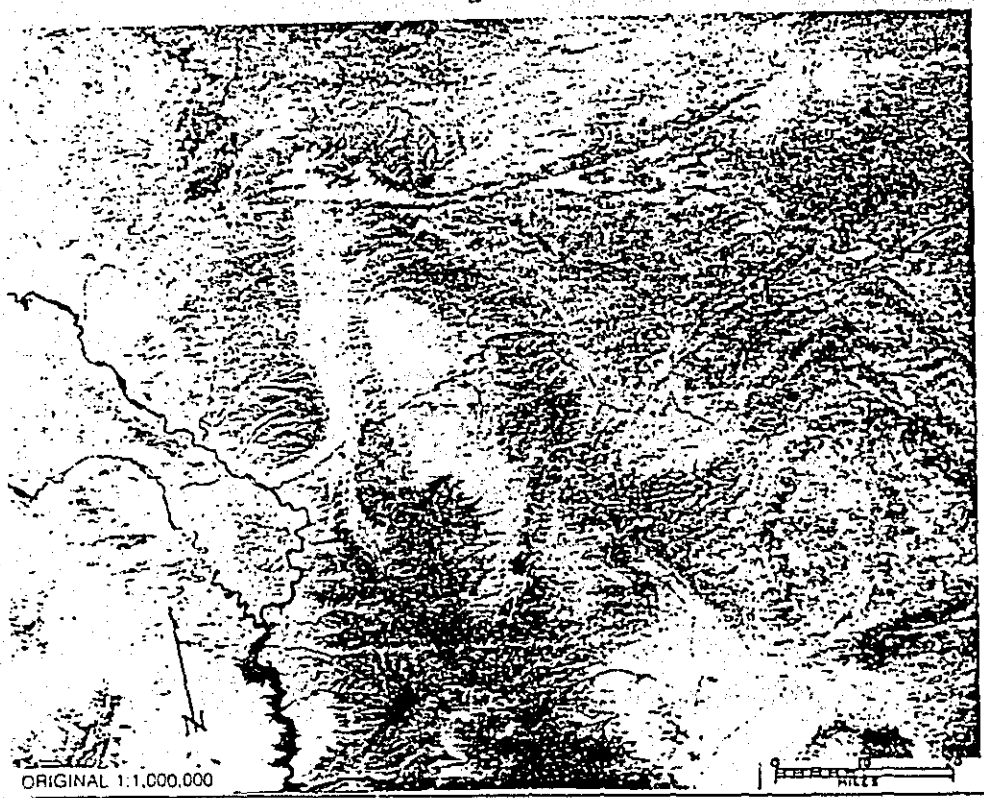
道路は開発機材輸送、肥料運搬、並びに農生産物の搬出など重要な施設である。輸送道路は一般に一定の幅で舗装外縁と背景と明確に区別できること。特にコンクリート舗

装道路は反射率が高く明瞭に背景と区別できることが必要であり、砂利道、あるいは土道はその車道幅が不規則で路肩も不明瞭の場合が多いことなどを判読する必要がある。2～4車線の道路曲がり、あるいは立体交差点の判読には1:25,000～1:20,000の縮尺が適切である。しかし車道幅員、平面交差点並びに道路の不良部の判読には1:13,000～1:10,000の縮尺写真が必要であり、さらに路面の種類、並木の有無、有効高の判読には1:8,000～1:7,000の縮尺の写真が用いられている。路肩、街灯など程路施設には約1:5,000の写真が用いられている。河川に架けられた橋についてはその全長、車道幅員、形式、さらに橋梁構造、橋脚などを知る必要があり、全長、車道幅員については1:30,000～1:20,000、小橋梁の全長パンパスについて1:13,000～1:10,000、橋の種類(アーチ、トラス)、河床台、橋台などの判読に1:8,000～1:7,000の縮尺、橋の有効高、ゲルバーなどで1:5,000程度の縮尺画像の必要があると言われている。

表1.2.2は地形、水系、植生、人工物の判読に必要な縮尺を表にまとめたもので、この表は従来経験的な結果をまとめたもので実用に際して適当に考えて縮尺を定めることが必要であろう。

e) デジタル画像の縮尺

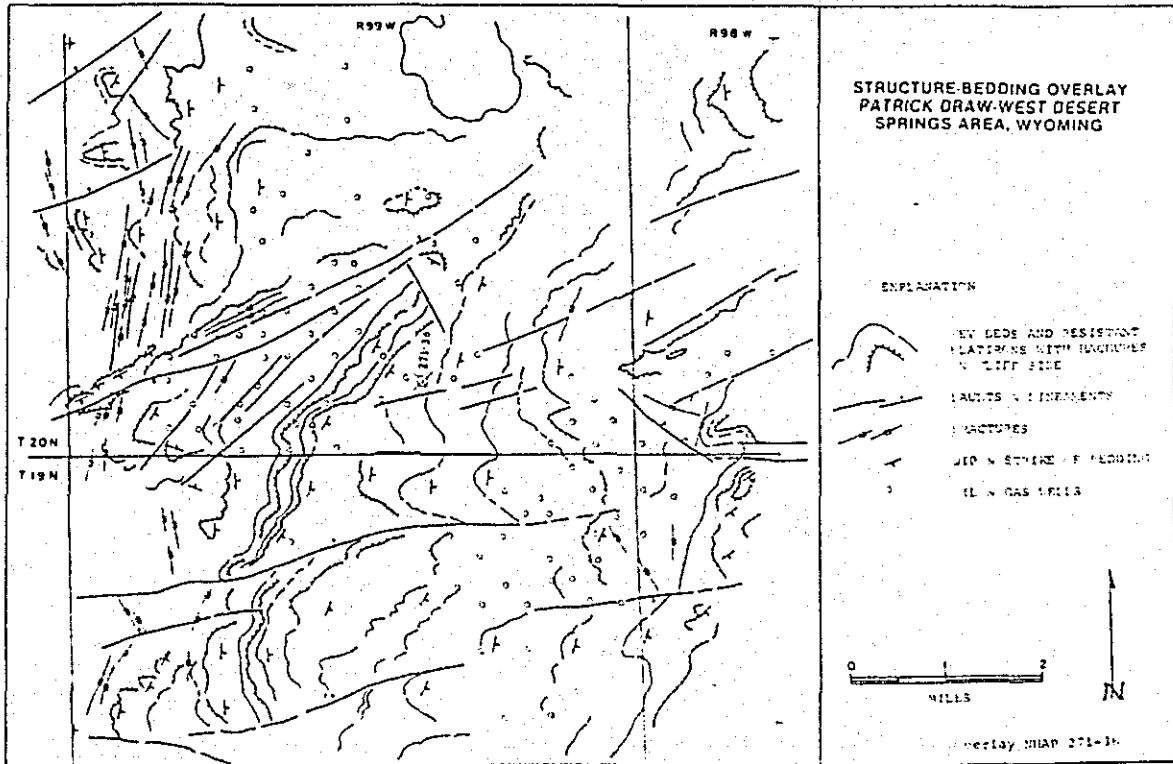
これまで述べた縮尺はアナログ写真画像に対する視覚判読のに必要な、しかも経験的に得られた値である。デジタル画像は写真フィルムと異なり、最小のピクセルが構成されており、デジタル処理に対して極めて有効で、自由にその大きさを変えることが出来る。しかも縮尺を自由に定めることができる。しかし、目標の検知認識、識別については前述したように必要とする最小ピクセルが必要であることは言うまでもない。spotの場合でも地上解像度が30mである以下の物体の検知も、認識もできないことになる。一方、衛星のスキャンナーの検知器の寸法及び工学系の焦点距離が一定であるので、判読解析に必要な縮尺を得るためには高度を下げるかあるいはレンズの焦点距離をより長くする必要がある。またデジタル解析は視覚によるアナログ判読解析よりも正確であり、有効であると言われているが、コンピュータによる解析判断はテクスチャー解析などに見られるように、まだ完全なものでなく、しかも画像の判読アルゴリズムも従来のアナログ判読の手法の大筋にしたがっているもので、デジタル解析がアナログ判読よりもより重要であるというのではなく、今後しばらくの間はアナログ判読とデジタル解析を兼用したハイブリッドな解析が必要であり、主流になると考えられる。従って前記の判読に必要な縮尺はデジタル解析においても必要であると思われる。



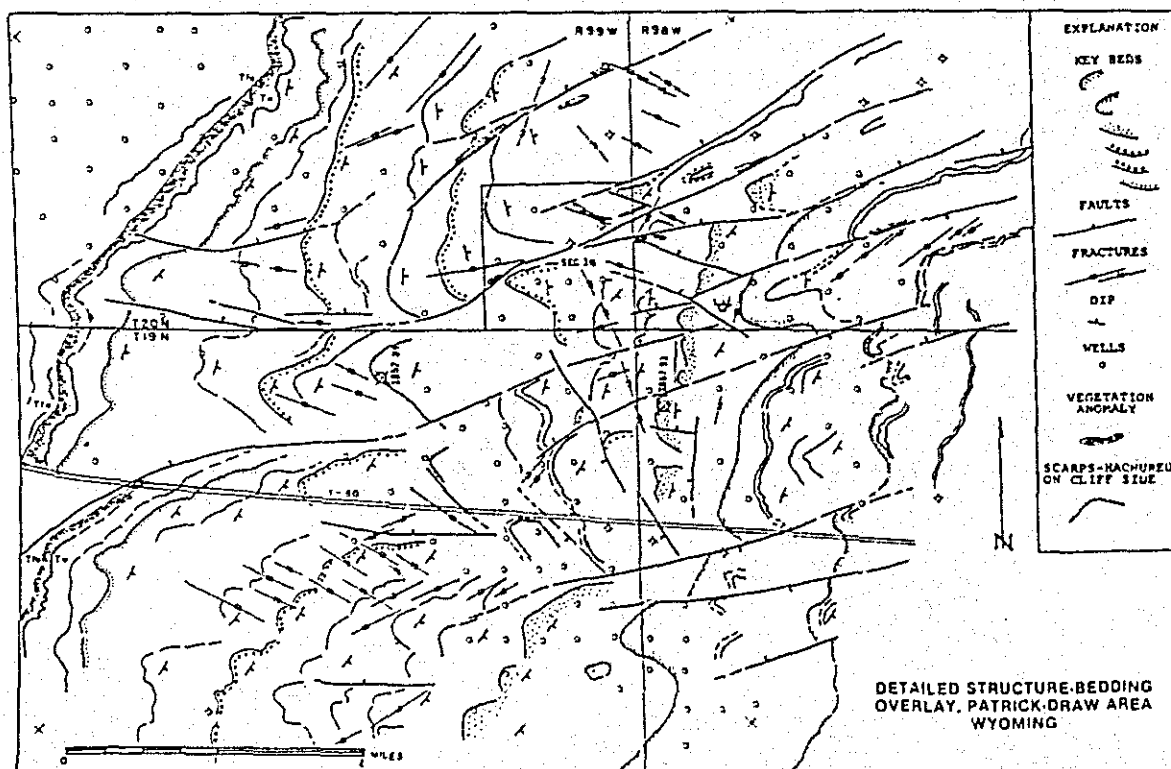
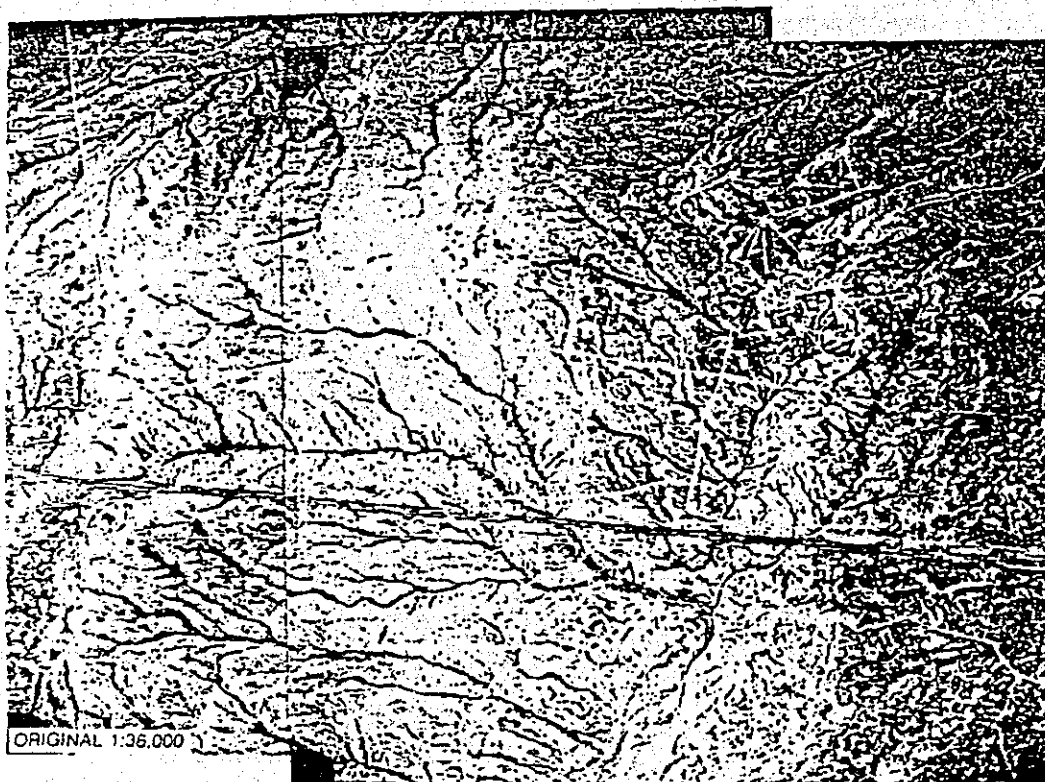
☒ 1.2.1 Landsat scene 1409-17294 and lineament overlay, southwest Wyoming.



ORIGINAL 1:59,600



☒ 1.2.2 High altitude photo and structural overlay, Patrick Draw area, Wyoming.



1.2.3 Low altitude photo and structural overlay, Patrick Draw area, Wyoming.

表1.2.1 判読に必要な写真縮尺

● 認識 ○ 識別

縮尺:															
50000															
45000															
40000															
35000															
30000															
25000															
20000															
15000															
10000															
5000															
3000															
2000															
1000															
500															
0															
目 標	ナキくわ	農具	樹・2重	樹・2重	航路	堆肥	堆肥群	シンプ	小型トラック	大型トラック	農家・小	農作業小屋	小型ジェット機	プロペラ小型機	小型渡船
状 態	地上面	作業中	古い	新設	鉄道単線	単体	一連の物	野外單車	野外單車	野外單車	一戸建	一戸建	単機	単機	渡河中
概略の大きさ	1 X 0.06	0.7 X 0.3 (m)	3 X 30	3 X 30	1.2 X 1	1.2 X 1	1.2 X 1	3.3 X 1.5	4.8 X 2	6.4 X 2.2	7 X 5	2 X 15	17 X 7	10 X 7	10 X 2

表1.22 (1/2)

	人工物					その他	
	道路	橋	トンネル	港湾	鉄道	災害地	都市
1:25,000 ~ 1:20,000	線形、料金徴収所待避所立体交差高架部	全長、車道幅員	位置	岸壁、さくせん橋、揚子頭、防波堤	駅本屋、駅前広場立体鉄道橋	被災地域	都市景観
1:10,000 ~ 1:13,000	車道幅員平面交差不良部不明確道	小橋全長バイパス車道幅員		浮き橋上屋鉄道引込み線	乗降場、二線橋、貨物積卸場、給水槽、車両	災害程度被害概算進入路	工商住区分、建物諸元、広場、道路諸元
1:8,000 ~ 1:7,000	路面種類有効高、並木、分離帯	橋の種類(トラフ、アーチ)河床台、橋台	出入口	岸壁高、大型クレーン	構内記線有効長、附属施設		建物細部監視点、ハリホータ、ハリ
1:5,000	路肩、街灯等の詳細	種類(ケリカー)、有効高		荷役機材係留くい	荷役機材給水柱、指令所、ポール、架線	被害細部概算	ハリの型式
備考	通常 1:10,000の写真を用いて判読	種類(下部構造)は判読不能、1:30,000で概要判読、1:10,000で詳細判読	積立材料は判読困難	給油、荷動きの判読は困難 1:60,000で概略、 1:10,000で詳細判読	信号設備と標識は判読不能	1:20,000で概要判読、 1:10,000で詳細判読	

表1.2.2 (2/2)

	地形	河川	海岸	森林	植生
1:25,000 ~ 1:20,000	(大区分) 高山地、低山地、低平地、高丘陵、地低丘陵 (小区分) 段丘、断崖突起、河岸、段丘面、湖、沼、池、遊水池	(流水) 位置、河幅、水面高、流水方向、河川敷の状態、ダム、滝	汀線、傾斜		水田、畑地の区分(収穫前)
1:13,000 ~ 1:10,000	(大区分) 波状地、台地 (小区分) 山腹工作段階面、積面、湿地、後背湿地 (傾斜区分) 0~10°、10~20°、20~30°	(兩岸の概況) 堤防、護岸、小水路、せき、水門、小滝、用水路	小地形分類、地上物、総定積、網定沈着、波浪	広、針区分、密度、植被率	水田、畑の区分
1:8,000 ~ 1:7,000	1~3m 崖線	兩岸の概況、河岸高、送水高、河川敷	断面図、植生、小地形、波浪、濁流	樹冠形、樹高、密度、樹種	果樹園、荒地、桑園
1:5,000		高水敷、砂州、浅瀬、小型水門、地上送水管、小用水路			生長高、砂地と礫地の区分
備考	1:20,000で地形の区分が可能である。数的に表示測定するためには1:10,000が必要となる	水深、河底土質は判読できない		下枝高、林床は判読できる。樹径の細部は1:10,000~1:8,000を採用すること	土壌、作物の種類判読は困難

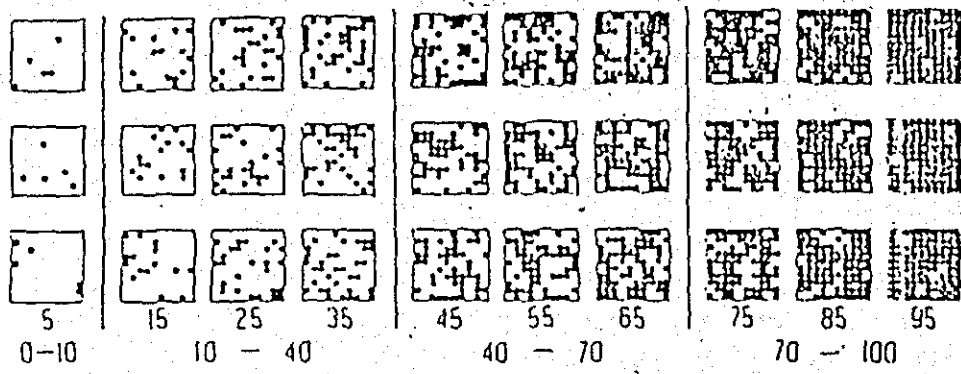


图 1.2.4 樹冠疎密度板

1.3 多種情報の結合 (GIS等)・活用

島村 秀樹

はしがき

地理情報システム (GIS) とリモートセンシングの2つの技術の統合化は、近年必然的に必要な技術となってきた。地理情報システムの観点から言えば、ランドサットデータを含むリモートセンシングデータは、重要な情報源であり、それらのデータは比較的最近であり、また計算機への入力容易である。さらに時系列でデータが利用できるという特徴がある。そこで、GISへのリモートセンシングデータの統合化は、小さな縮尺のGISの構築に役立つとともに、計算機への入力の問題も解決される。一方、リモートセンシングの観点から言えば、GISは大量のデータの操作および解析に対して卓越した技術を有している。また、GISではリモートセンシングデータの欠乏している他の分野の情報、例えば縣市町村の基礎の地図情報あるいは、国勢調査の社会的なデータなどが蓄積されている。このように2つの技術の効果的および発展的な統合化は、独立して用いられた場合と比べて、新しい応用分野を導き出す可能性がある。

ここ数年間、大きなポテンシャルが存在するという認識に反し、2つの技術の統合化は難しい点を残してきた。その理由の1つとして、GISとリモートセンシング処理のためのコンピュータシステムが大規模なものになるという点があり、それ以上に、GISとリモートセンシングデータのデータ蓄積の方法が異なるためである。

ここでは、多種情報として大きな位置を占めている地理情報システム及び実用レベルに達した統合化システムの一例について述べる。

1.3.1 地理情報システム (GIS: Geographic Information System)

(1) 地理情報システム

ここ数年、都市情報システムをはじめ、地域情報システム、市政情報システムといった行政情報のシステム化についての研究発表が盛んに行われている。また、これらを実現するプログラム・パッケージも発表され、一部ではデータ作成も開始されている。これらのシステムは、グラフィック・ディスプレイ上に文字・数字と同時に地図を表示したり、プロッタを用いて出力する機能が特色である。しかしその機能の内容についてはかなりの差があるように思われる。このような、地図に表された内容を情報としてコンピュータ上で処理をし、表現する技術は、日本よりも早く米国で地理情報システム (Geographic Information System, GIS) として考えが確立されている。現在では、GISを使ったシステムが米国、カナダの多くの自治体、政府機関、会社で用いられている。

地理情報システムとは、「地域に係る種々の情報（資源，都市，環境，森林，農業等）を図形に結びつけて管理し，図形の相互関係，図形属性情報などを利用して加工し，出力する道具である。」

G I Sの考え方は，メッシュ法とよばれる地域の計量化手法がその始まりである。この方法は，例えば国土数値情報にみられるように，広域の多種類のデータを統一的に扱うことができる。また位置情報は，行，列の値として簡単に扱えることから，早くからコンピュータによる処理が行われてきた。その後，メッシュ情報のもつ長方形の欠点を除くものとして，多角形のデータを扱うポリゴン法と呼ばれる方法が考え出された。しかし，ポリゴン・データを表示するためにはプロッタで出力するしかなく，現在のようにグラフィックスを使用したものはほとんどみられなかった。ポリゴン方法により地図としての再現性は非常に高まったものの，メッシュ法で可能であった種々の解析機能に比べ，当時のポリゴン法による解析機能は不十分であった。コンピュータ・グラフィックス技術が発達した現在では，ポリゴン法の解析機能を充実させた処理システムがいくつも発表され，G I Sとしてまとめられている。現在のG I Sは，機能的に充実したばかりでなく，操作性も向上したのがみられる。

このG I Sを運用する上で，次の5つの要素が必要である。

① ハードウェア：入出力装置，演算装置，外部記憶装置，周辺装置，通信装置。

② ソフトウェア：入力ドライバー，座標データ処理ソフト

DBMS（データベースマネジメントシステム）ソフト，ユーザーインタフェイス（簡易言語，ライブラリ，メニューシステム），通信制御ソフト

③ データ：G I Sソフトウェアで生成された図形データ及び属性データ

④ 処理方法：統計処理，図形処理等のいろいろな処理によってできる内容

⑤ 専門家：それぞれのテーマに関し，G I Sの使い方を熟知したコンサルタント

また，G I S機能の核となるものは，前述のG I Sソフトウェアの中の座標データ処理ソフトと呼ばれる部分であるが，この部分の機能は大きく次の4区分に整理される。

① 入力機能

② 解析機能（図形処理機能）

③ データ管理機能

④ 表示および変換機能

①の部分は，G I S構築にとって非常に重要な部分で，いかに良いデータ構造を持ったG I Sでも，データ生成，更新に多大な労力を要するものでは，G I Sとして失格である。

②の部分は，空間解析の内容を表現することであるが，このためには，必然的にトポロジ

一と呼ぶ図形の位相関係を持つデータが必要となる。③の部分は、大規模データの際に特に重要である。例えば市全域のデータを取り扱いやすい図郭単位にバラシ、DBMSへ引き渡すような機能である。④の部分は、地図出力、ディスプレイ出力、外部GISへ引き渡し簡単に指定できることが重要である。

(2) ARC/INFO

1) ARC/INFOの概略

ARC/INFOは、GISの代表的なソフトウェアの1つであり、1984年に米国カリフォルニア州にあるESRI (Environmental Systems Research Institute) 社で、ハーバード大学コンピュータ・グラフィックス・ラボラトリにおいてGISの開発に携わっていたスコット・モアハウスを中心に開発されたソフトウェアである。ARC/INFOは、1970年代に開発された第一、二世世代のGISソフトウェアであるGRID及びPIOSの経験を踏まえて、処理能力と処理速度を大幅に向上させ、広い分野での実用に耐える第三世代のGISソフトウェアである。

現在、ARC/INFOのユーザーは、米国を中心とし、カナダ、ヨーロッパ、オーストラリア、日本など37カ国におよび700以上のユーザーにより広く利用されている。

2) ARC/INFOのデータベース構造

ARC/INFOは、図形データファイルを管理するARCモジュールと属性データファイルを管理するINFO (米国HENCO社のリレーショナル型データベース管理システム)モジュールで主に構成されている(図1.3.1)。

ARC/INFOでは図面ごとのデータをカバレッジとよび、その形状に従い、ポイント、ライン、ポリゴン、ネットワーク(ポリゴンとライン)、リンク(ラインとポイント)の5種類が存在する。各カバレッジは図面制御用データとしてティック(ジオグラフィック・コントロール・ポイント)、バウンダリ(図面境界)、アーク(弧)、ノード(節)、ラベル点といった座標データから構成される。

アークは、座標データの基本単位で、線分やポリゴン境界を表し、ノードとセグメントから成り立っている。また、2つのアークが交わる場所は、ノードとして自動的に認識される。それぞれのアーク、ノードに対し内部ID番号が割り当てられ、属性データと対応関係を表すために用いられる。

点、線のカバレッジはこれだけで属性データと対応付けられるが、ポリゴンカバレッジの場合は、さらに付加的データを用いる。図1.3.2に表した通り、ポリゴン・データは、境界を構成するアークとその内部の点(ラベル・ポイント)により構成され、ラベル・ポイントは、ポリゴンを代表する点、あるいはポリゴン番号属性などを関連づけて表記するために用いられる。属性データは、アーク、ラベル、ポイント、ポリゴンに対

して割り当てることができるが、ポリゴン、カバレッジについては、内部ID番号、周長、面積、ラベルポイント座標のような属性データが自動生成される。

ARC/INFOでは、アークを基本単位として、図形構成要素に対する相互関係をトポロジーとして定義する。トポロジーは、内部ID番号を用いた表として格納される。図1.3.3に示した通り、アークのトポロジーはアーク番号、始/終ノード番号との対応表として、ノードのトポロジーはノード番号、アーク番号の対応表として、ポリゴンのトポロジーはユーザーID番号、内部ID番号、アーク番号対応表として表される。図1.3.4は、このようなトポロジーの表を含め、1つのカバレッジごとに発生する種々のファイルがどのように管理されているのかを示すもので、対話形式で処理を行う際に多数のファイルが自動生成される。それぞれのファイルの内容は次のようになっている。

ARC：アーク座標ファイル

LAB：ラベル・ポイント座標ファイル

TIC：ティック座標ファイル

BND：マップ・エクテント座標ファイル（図面最大最小座標値）

PAL：ポリゴンのトポロジー

AAT：アークのトポロジー、属性ファイル

PAT：属性値ファイル

TOL：トレランスファイル

このうち図形処理を行ううえで重要なPATについて、その内容を図1.3.5に示す。

INFOはリレーショナル型DBMSとして属性データを管理するが、ARCで作成されるTIC、BND、AAT、PATの各帳票ファイルは、INFO上に作成され、図形データの処理、属性データの処理に際し書き換えられる。

このようにARC/INFOは、図面情報に対して管理・解析するという目的のため、しっかりとしたデータベース構造を有している。

・トポロジーの概念

空間を構成している「点」「線」「面」要素をできる限り単純化し、その特徴を生かし空間解析をするには、どうすれば良いかという観点から地図を捉えてみると、図形の空間的関係を表すデータ（グラフ）が必要であることがわかる。

トポロジーは、このような地図の特徴を次の3種類の空間的関係で表す概念である。

- ① 面の認識 (area definition)
- ② 接触関係 (contiguity)
- ③ 接続関係 (connectivity)

(a) 面の認識

閉領域を表す面は図 1.3.6 に示されるように、その領域をとり囲む複数の線分で表すことができる。例えば斜線の部分は、線分番号 1, 3, 4, 5, 2 から構成される。このとき、領域に対する線分の位置関係を一定にするため線分 2 は区別し、-2 などの表現を行う。このようにすることで、面図形は面 ↔ 線分対応表、および線分座標表で表すことができる。

この方法による利点は、面の定義に線分番号は何度も用いられるが、線分座標データは一度でよいことである。すなわち、線分データを入力するだけで面データができ上がり、データ量も少なくて済むことになる。

(b) 接触関係

面が線分で表されることは述べたが、次に線分が面を分割しているという性質を表してみる。図 1.3.7 丸印で囲んだ数字は面番号を表す。線分 1 は、面 ①, ② を分割している。従って、面の接触関係を表すには、線分ごとに左面番号、右面番号と整理されたデータがあればよいことがわかる。左、右の定義は線分が計測された際に、始点から終点へ向かう方向に対し、左、右と決める（一定であればよい）。

(c) 接続関係

図形のつながりを見るには、線分を追いかける必要がある。線分を交点あるいは端点から交点あるいは端点までの弧であると捉え、交点（端点）と弧に分ける。これまで線分番号と呼んでいたものは、弧の部分に相当する。線分同士の接続関係は、交点を共有するかで表すことができる。従って、交点（端点）にも ID 番号を持たせ、弧 ↔ 始点、終点の関係を表すトポロジーデータを持たせることにより、接続関係を表すことができる。

3) ARC/INFO の機能

ARC/INFO の機能を体系的に表したものが図 1.3.8 である。

ARC/INFO に取り入れられた地図データ、数値データ等を目的に応じて処理加工する機能は、次の 4 種類に分けることができる。

① データ入力

- ・線分（アーク）の入力順序は任意であり、自動的にポリゴンを発生させるため、計測スピードが大幅に向上する。
- ・図面上のエラーをわかりやすく表示し、修正が容易である。
- ・ライン・データから交点を自動生成したり、はみ出し線分を除去したり、入力効率を最大にする工夫がされている。

② 解析機能

- ・他システムでは解析機能が限定されているものが多いが、ARC/INFOではポリゴンの面積計算、ポリゴンの重ね合わせ、ポリゴン選択、ポリゴンの再編成、座標変換などが可能であり、これらを組み合わせることにより幅広い応用が可能となる。
- ・点、線・面の図形データと属性データとが結び付くと同時に互いの関係付けが行える。
- ・オーバーレイ機能により、新たにポリゴン、ラインを自動生成する。
- ・点、線、面の図形データに対しバッファ機能（緩衝領域を自動生成する機能）をもつ。
- ・図面ごとの図形データの接合、抜き出しを行う。
- ・ポリゴン、メッシュ間のデータ可換性をもつ。
- ・DLGフォーマット（USGSの標準フォーマット）など他のシステムのデータと互換性をもつ。
- ・オーバーレイを利用して各種のモデルを構築できる。
- ・ネットワーク処理により、最短経路、時間距離、領域内集計を行う。

③ データベース機能

- ・INFOシステムを下部構造に組み込むことにより、地図情報の主要な要素である属性情報を画面に密着して能率良く扱うことができる。
- ・ポイント、ライン、ポリゴン、ネットワーク（網構造）を情報単位としており、すべての地図情報に対処することができる。
- ・マップ・ライブラリ機能により、任意の地域のデータを切出し、一時的データ・ファイルを持つことができ、処理効率を上げることができる。
- ・ファイル形式は、ダイレクト・アクセス形式のものを使用し、処理効率を高めている。

④ データ変換及び表示、出力機能

- ・点、線、面の図形データを凡例に従い表示する。
- ・ラベル点の自動生成処理
- ・多数の図面を重ねて表示する。
- ・合成データの重ね合わせ表示を行う。
- ・ポリゴンのシェーディングができる。
- ・IGLの出力記号が受けられれば、グラフィックスの機種を問わない。
- ・図面の属性出力は、DBMSの機能により各種の帳票形式をとることができる。

ARC/INFOは、上記に述べた以外の多くの機能を持っているが、主な機能であるが

ポリゴンオーバーレイは、2つの異なった図面を重ね合わせることで新しい図面を作る機能であり、これにより分析を行うことができる。例えば、土壌データと土地所有関係をオーバーレイすることにより、土地所有区別土壌データが得られる。このように、2つの要素と重ねて相関をとり新しいデータを得るもので、データ量が多く、かつ、新しい情報を統合したり、作る場合に有効である。また、特定のポリゴンについて、特定の情報、例えば土壌、所有区分、地形条件といった情報を得ることができ、かつ、オーバーレイは、ポリゴンの他にすべてのラインやポイントの情報についても有効に働き、相互の関連性を処理及び分析して計画策定、意志決定等に用いることができる。

ポリゴン — ポリゴン、ポリゴン — ポイント、ポリゴン — ライン等のオーバーレイが可能であり、これらの機能を利用して、気候、土壌、植生、地形、水等の要素についてオーバーレイを行い、各要素間の関連を把握し、処理、分析を行うことができる。このように各種の地図情報をオーバーレイすることにより、次々と新しい情報を統合して取り出すことができる。

各種のデータを分析するうえで、大事な機能にバッファ機能があり、これは、ポイント、ライン、ポリゴンに対して、一定巾のバッファ領域を生成させる機能である。例えば、井戸、消火栓及びデパート等のような点の情報に対しても一定の領域を生成でき、また、道路、河川及び鉄道等の線情報に対しても一定距離のバッファを生成し、土地利用計画の上での関連を検討することが可能である。

又、アドレスマッチング機能を利用すると、住所と街路を関連させ、デパート、銀行の顧客の検索、所得別の人口分布等の検索を行うことができる。

更に、ネットワークに関する機能を持たせることができ、この機能はトポロジーの中のネットワーク技術により、ナビゲーションにおける経路選択、車の位置等の表示を行うことができる。

更に、他のツールとして、データをラスター型(メッシュ)に変換する機能があり、これは衛星写真等イメージデータの取り込み、逆にイメージデータへの変換に際して有用なものである。

以上の他に、支援ツールとしてT I N (Triangulated Irregular Network)があり、これは土地の形を三角形のネットワークでとらえるものである。このT I Nで扱うデータモデルのユニークな点は、ノード属性、ポリゴン属性、アーク属性などテーブルとしてとられ、これらが三角形を構成するもので、ノード属性はX、Y座標と標高値が、ポリゴン属性には斜面の方向が、アーク属性には傾斜と方向が格納される。これはトポジカルなベクターデータモデルと言うことができ、このようなデータを利用して、いろいろな観点からのデータ作成が可能である。例えば、T I Nを利用してコンターマ

ップを作成したり，傾斜区分図を作成したり，あるいは日射条件の区分や，3次元の立体表現等が可能である。

その他に，最適ルート選定が可能で，地形条件にもとづいた道路のルート選定を行うことができる。又，TINを用いることによって，地形条件に関する各種の解析を行うことができる。

ARC/INFOの機能についてわかりやすくするため，図1.3.9，図1.3.10に図解した。

この機能を用いてARC/INFOに取り込まれる地図情報の構造を図1.3.11に示してある。

1.3.2 地理情報システムの活用

今まで述べてきた，地理情報システムの機能を用いた活用例として，

① 図面の管理用

図面番号により，住所，氏名，管理対象物等図面に記述されているものの検索，すなわち窓口業務支援などに利用することができる。

② 図面上から内容の検索

地図上の位置を指定することにより，その内容を表す観光案内，タウンガイド等の検索，また，地上施設及び地下埋設物等の施設管理に用いることができる。

③ 統計データ処理

国勢調査などの統計データ，住所に結びつけた統計マップ，そこから地域データ，及び住民データ等を結びつけたマーケティング等に利用できる。

④ 情報の重ね合せによる分析，評価

色々な形で提供される地図，統計，文書等の情報を地図で統一管理し，加工処理することにより，地域のさまざまな計画策定等に用いることができる。

⑤ シミュレーション

種々の数値実験の結果を地図上に表現し，計画策定などの支援に用いられる。

(都市計画への利用)

都市においては，人口密度，上・下水道，道路等各種の施設密度が高く，従って，都市情報システムへの要求が高く，そのシステムの概要を図1.3.12に示した。また，土地利用計画，森林管理及び水資源管理等への利用が考えられ，土地利用例については図1.3.13(縮尺約1/15万)にモデル地域として，沖縄県具志川及び沖縄市地域の土地利用現況図等を示した。パッファ機能により，国道，県道，市道のそれぞれの道路をはさんで，それぞれに200m，100m及び50mの領域内での土地利用現況図を示したものである。

(防災計画への利用)

地震などの災害を未然に防止し、その被害を軽減するための施策を事前に講ずるために、地域の地形・地質等の自然条件に、都市化の進展などの社会条件や過去の災害履歴を加味し、地域の災害危険性を把握するため、地震災害のアセスメントを行った。

- ・予想される地震の震源位置と規模
- ・軟弱地盤など地震に弱い地形・地盤や、人口・施設の集中地域の分布
- ・過去の災害発生状況
- ・湿地や河川の埋め立てなど災害発生につながりやすい土地利用の変遷等を図示し、重ね合わせることによって危険地域が示され、危険地域について、建物、道路や地下埋設管の被害率などの定量的な想定を行った。

図 1.3.14 (縮尺約 1/250 万) では、長野県域での地質、災害危険度評価、想定地震深度分布を示した。

1.3.3 画像と地理情報データの統合化処理

前に述べた地理情報システムと画像処理システムの統合化システムの処理及び利用例について述べる。ここでは、画像処理システムとして、米国 ERDAS 社とジョージア工科大学により協同開発したアードスソフトウェアを対象として説明する。

画像データとベクター型 GIS データの融合による処理の流れは、その利用法として以下の 3 つの場合がある。

① GIS データから画像データにファイルを取り込む場合

ARC/INFO カバレッジを ERDAS のラスター型 GIS のファイルに変換して用いる場合、図形についてはグリッド (ピクセル) データの形態に変換され、カバレッジが有する座標系はそのまますべて保存される属性については、カバレッジの所有する属性のうちどれか 1 つを選択してクラス値とすることになる。その理由は ERDAS の GIS ファイルでは属性としてクラス値 1 種類しか有することができないためである。

利用例：1. 国土数値情報から取り込んだ市町村境界カバレッジを変換して、任意の境界でマスクをかけた画像を生成する。

2. 細密数値情報や既存図から取り込んだ土地利用図のカバレッジを変換して、その区分内の画像のスペクトル値の統計解析を行い、教師付分類のために抽出したトレーニングエリアの統計値との比較検討を行う。

3. ARC/INFO における解析結果のカバレッジを変換して、特定の評価にクラス分けされた地域ごとに分類やレベルスライスなどの画像処理を行い、分析・評価を加える。

② 画像データからGISデータにファイルを取り込む場合

ERDASにおける画像処理結果やラスタ型解析結果をカバレッジに変換して用いる場合、図形についてはポリゴンデータに変換され、座標系は保存される。属性についてはERDASでのクラス値が、属性データベース中にグリッドコードという名の項目として自動的に登録される。

利用例：1. 最尤法やクラスター法などによる分類結果をカバレッジに変換し、1枚の主題図としてデータベースに追加してデータベースを強化する。

2. 砂漠地帯や未開発地域などR/Sによって高精度、あるいは高利用価値なマッピングを行える地域の主題図を、ARC/INFOの地図出力機能を用いて有用性の高い地図を作成する。

③ 両システムのリンクを利用する場合

ERDASでは幾何補正を実行する際に、リンクをとるカバレッジと同一な地図投影法や座標原点、ピクセルサイズを指定することにより、幾何補正済の画像では、その地図投影法に即した座標系が与えられることになる。一方、ARC/INFO側で描画縮尺と座標原点を画像のそれと合致させるコマンドを実行することによって、高い位置精度でラスタ図をオーバーレイすることが可能である。

利用例：1. 山地崩壊や洪水、伐採跡や高速道が開通した場合など、災害場所や経年変化の位置が画像上での目視によって明らかに同定できる場合、ディスプレイ上で画像を背景としてその上をディジタイズすることによって、データベースの更新・修正を迅速かつ正確に実行する。

2. スキャナー入力した既成の地図の画像の上に、GISによる解析結果のカバレッジをオーバーレイすることによって、その解析の評価を行う。

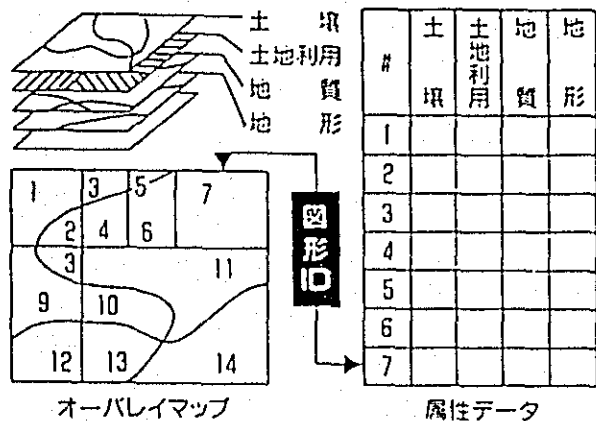


図 1.3.1 ARC/INFOデータモデルの概念

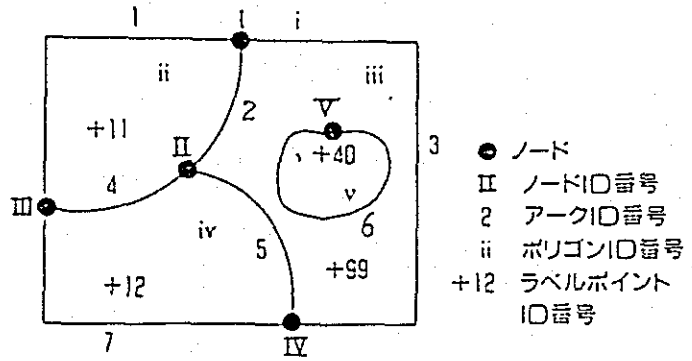


図 1.3.2 図面内容

ポリゴン・トポロジー			ノード・トポロジー		アーク・トポロジー				
User-ID	Polygon#	Arc#	Node#	Arc#	Arc#	From Node	To Node	Left Poly	Right Poly
	i	1, 3, 7	I	1, 2, 3	1	II	III	ii	i
+11	ii	1, 2, 4	II	2, 4, 5	2	III	I	ii	iii
+99	iii	3, 5, 2, 0, 6	III	1, 4, 7	3	I	IV	i	iii
+12	iv	5, 7, 4	IV	3, 5, 7	4	II	III	iv	ii
+40	v	6	V	6	5	II	IV	iii	iv
					6	V	V	iii	v
					7	IV	IV	iv	i

図 1.3.3 地図要素の構造

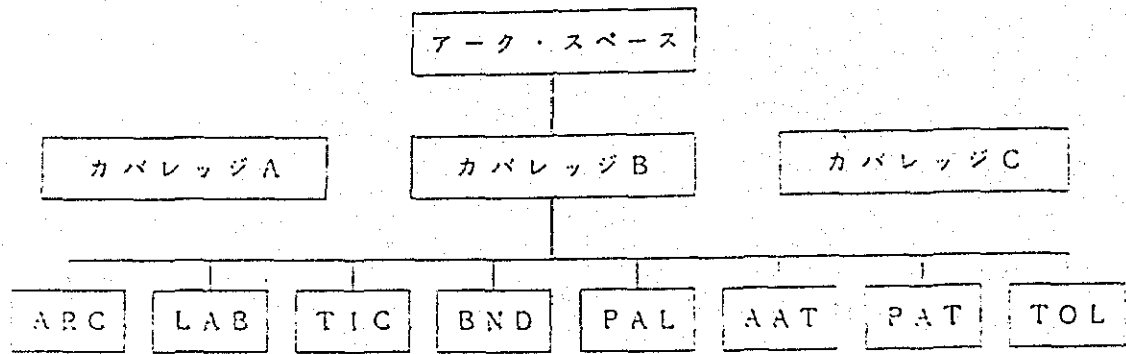


図 1.3.4 ファイル管理の形態

面積	周長	カバレッジ 内部ID番号	ユーザー ID番号	地質	植生
21.450	3.457	2	1		
.
.

図 1.3.5 ファイルの内容

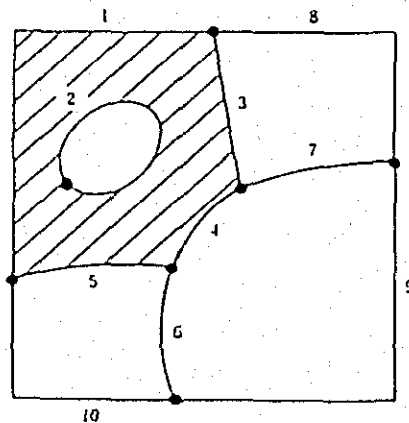


図 1.3.6 面の認識

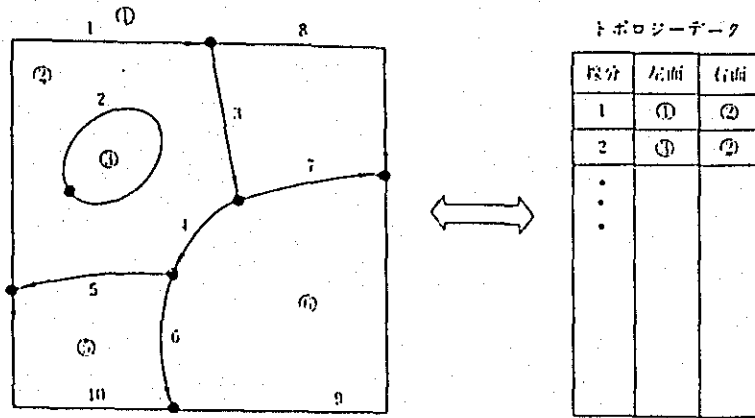


図 1.3.7 接触関係

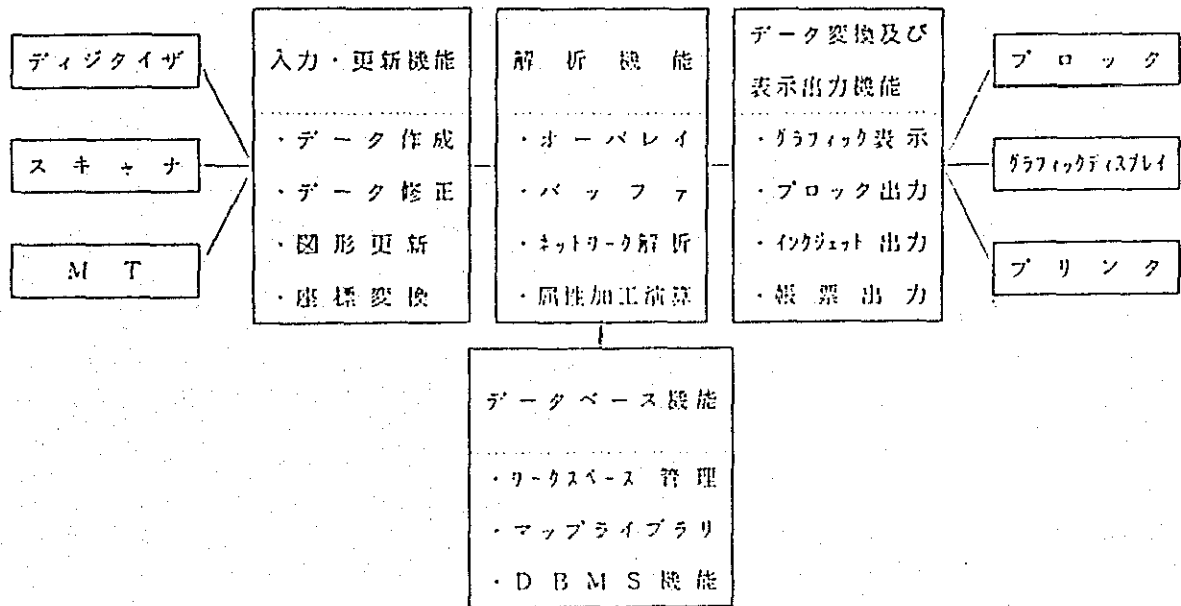

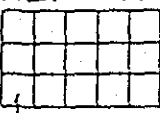


図 1.3.8 ARC/INFOの主な機能

< 入出力機能 >

機能名	内容	利用例
ポリゴン入力機能	1) 座標データ入力  2) デジタイザにより境界を読むが、..... は1回のみ読む	・分布図、領域図、構造物など線、面で表現を行なうもの ・高いデータ精度を要求するとき 例：地形図、植生、土壌、法規制領域指定
グリッド入力機能	1) 属性データ入力  2) カードにより任意書式の属性データを入力する	・分布、領域指定ができないあるいはラフなデータ処理の場合。 例：気象データ、地形区分、標高

< 加工機能 >

データ記号化機能	1) データ出力の際に属性をシンボル化する	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>データの形状</th> <th>文字の記入</th> <th>記号表現</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>点</td> <td></td> <td>○ 県庁</td> <td>+ * ○ ◎ △ ☆ □ ...</td> </tr> <tr> <td>線</td> <td></td> <td>○×号線</td> <td></td> </tr> <tr> <td>面</td> <td></td> <td>CC町</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ネットワーク</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		データの形状	文字の記入	記号表現	点		○ 県庁	+ * ○ ◎ △ ☆ □ ...	線		○×号線		面		CC町		ネットワーク			
			データの形状	文字の記入	記号表現																	
		点		○ 県庁	+ * ○ ◎ △ ☆ □ ...																	
		線		○×号線																		
		面		CC町																		
ネットワーク																						

図 1.3.9 ARC/INFO の機能


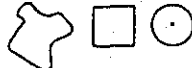


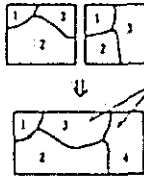

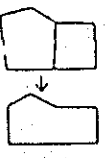
機能名	内容	利用例
a) データ検索、抜き出し機能	1) データベースを用いた検索を行う。 2) 地図の一部の拡大  3) 任意の形の抜き出し  4) マップ 正方形 円	<ul style="list-style-type: none"> 属性による検索 : 〇人口 1人以上の町名リスト 距離による検索 : 〇市の境界の距離値を見る。 市の中の一定地区を抜き出し、拡大して、高度位置分布を見る。 公共施設の周り500mを抜き出して見る。
b) 計測、計算、統計処理	1) 点の計測  2) 線の計測  3) 面の計測 4) 体積 5) 統計反計算 6) 属性間の加減乗除	<ul style="list-style-type: none"> 町丁目別高度値 延長距離の計算 町丁目別上下水道延長距離 土地利用面積 土工量計算 平均、標準偏差、レンジ別度数 等 土地利用データの総面積と、道路データの道路面積とを合わせる。
c) ポリゴン型面状一連処理	1) 図面結合  2) 図の結合  3) 図の結合  一つのポリゴンにする	<ul style="list-style-type: none"> 多数の図面を区切って入力し、その後、計算範囲で再び合わせる。この際、図面形状が異なっても良い。 区画整理等により行政界の変更 合併の場合

図 1.3.10 ARC/INFOの機能(1/3)

職 名	内 容	科 川 例
	<p>3) 境界の修正</p>	<ul style="list-style-type: none"> データ入力の際の誤差を無くする。
e) ポリゴンデータ変換機能	<p>1) ポリゴン→点</p> <p>2) 点 → 線</p> <p>3) 点 → 面</p> <p>4) 面 → 面</p> <p>(*****-*****.10)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 行政界データから、行政界中心点を求め、この点に、各種の属性を付与する 町の中心点等の距離を求め、 大気汚染のppm 値、コンターを引く → 50以下の地域の色調を定める。 雨量観測所、雨量データを扱い、雨量雨量を決定する。 利用用途のランクの区切り値を換えることにより、同じランクに2つのポ リゴンが入り、色の区別が消失して表示される。 適地評価の実行結果を行なう際の出力例 人口分布で示し、人口密度で示す際に同じランクになるものは、境界を消 去する。
f) 形態変換	<p>1) 縮尺・変換</p> <p>2) 境界修正</p> <p>3) 形態変換</p>	<ul style="list-style-type: none"> 拡大、縮小して、他の図に重ねる。 別の境界が重なっていると、他の図と重ねる際にマークが生じる事から、この図を線と面とする。 1/5万地図を縮小して1/20万地図に重ねる際に図色を合わせる。

図 1.3.10 ARC/INFO の機能 (2/3)

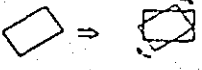
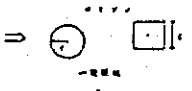
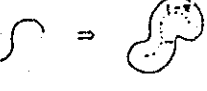

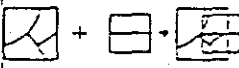
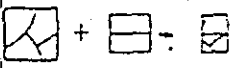
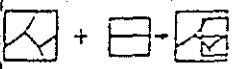
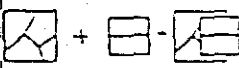
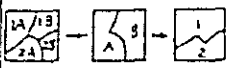
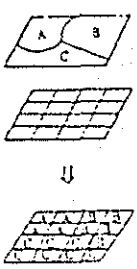
機 能 名	内 容	利 用 例
2) ポリゴン機能	<p>1) 回転、移動</p>  <p>2) 点</p>  <p>3) 線</p>  <p>3) 面</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 道路の北方側を合わせよう。 一定のポリゴンを作る。 境界から10m範囲を調べよう。 道路幅 500mの範囲を調べよう。 都市化区域の外側10mの範囲の土地利用を調べよう。
n) 重ね合わせ機能	<p>1) 論理和 (UNION)</p>  <p>2) 論理積 (INTERSECT)</p>  <p>3) 境界付けため (CLIP)</p>  <p>4) 追加 (UPDAT)</p>  <p>5) 分離</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 行政界と指定区域データを重ねよう。 行政界と指定区域データの重なった部分だけを表示する。 行政界と指定区域を重ね、いずれかの領域のみに表示する。 あるデータに別のデータを追加しよう。 境界付けためを行おう。
1) プリント変換	<p>1) プリント変換</p> 	<ul style="list-style-type: none"> 国土数値情報データと、市町村データを重ね合わせる。

図 1.3.10 ARC/INFOの機能(3/3)

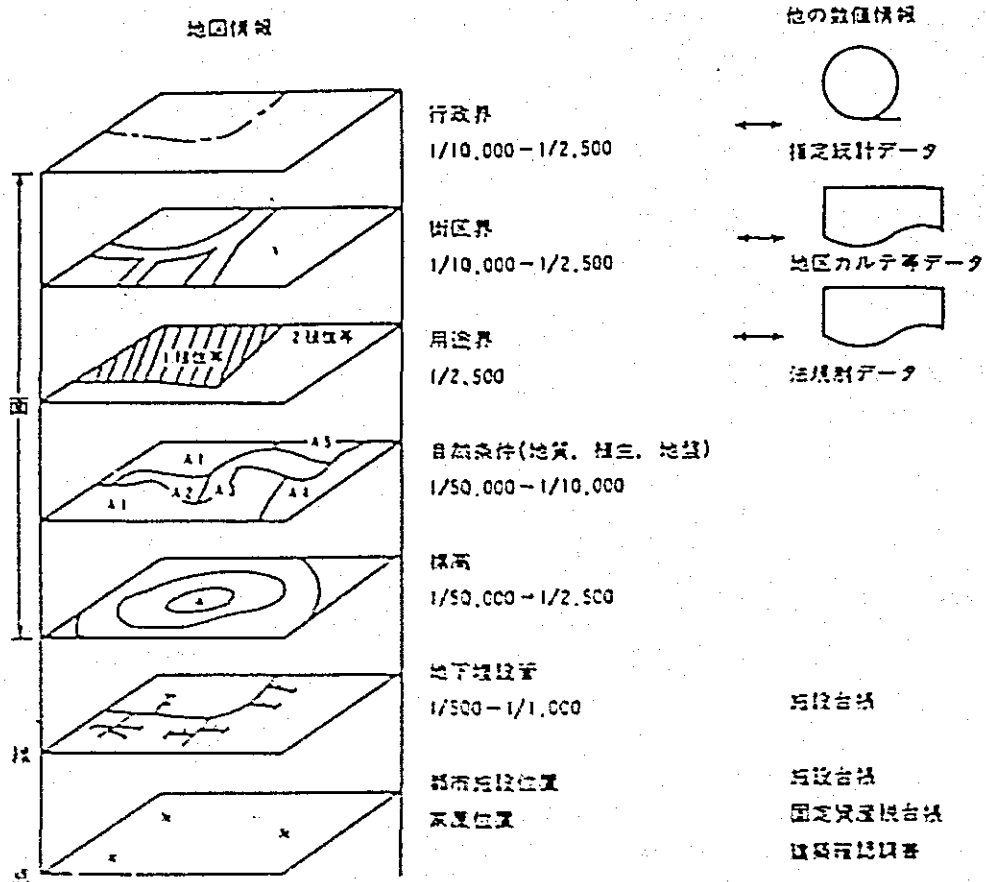


図 1.3.11 地図情報の構造(点、線、面)

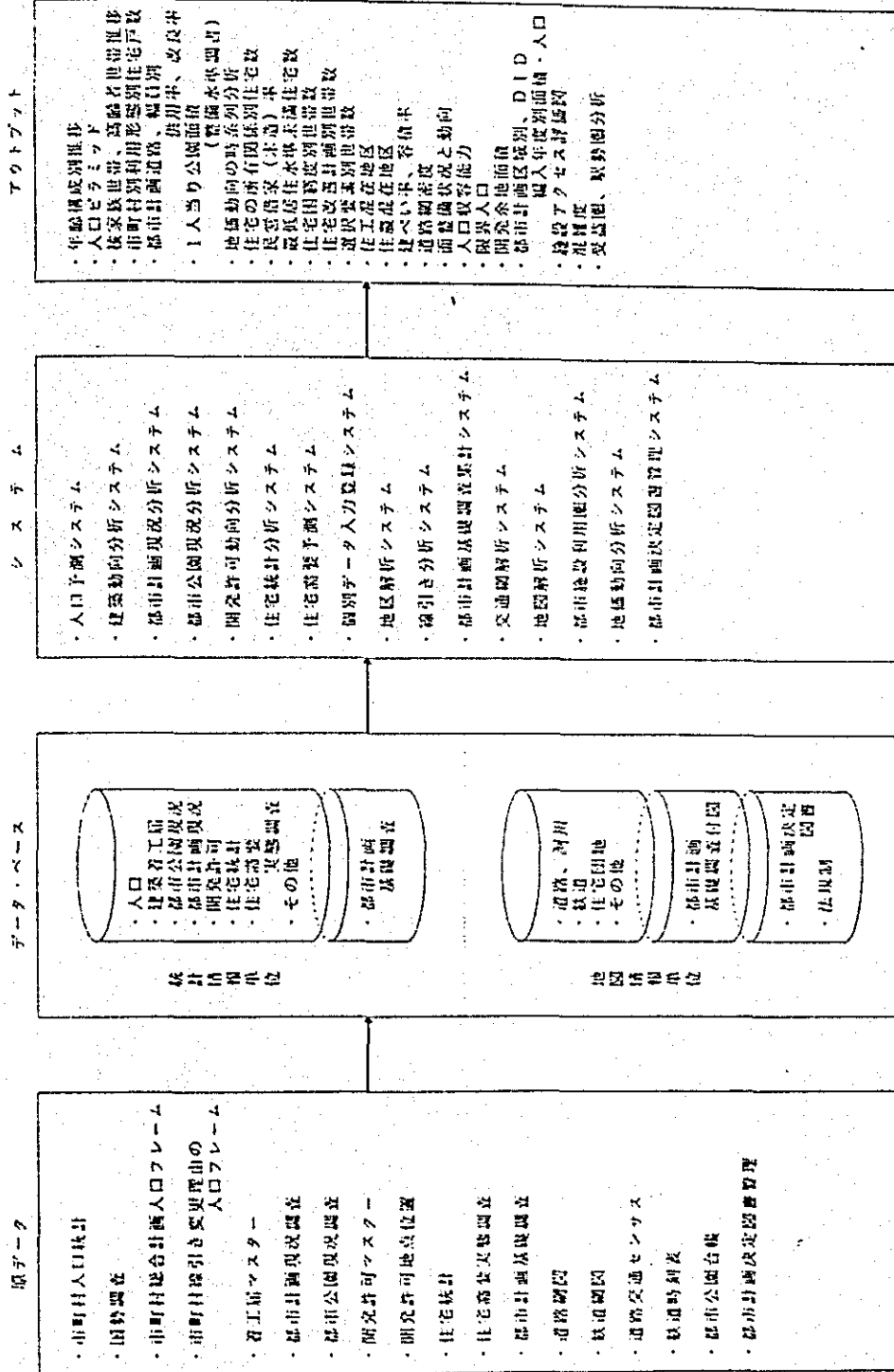
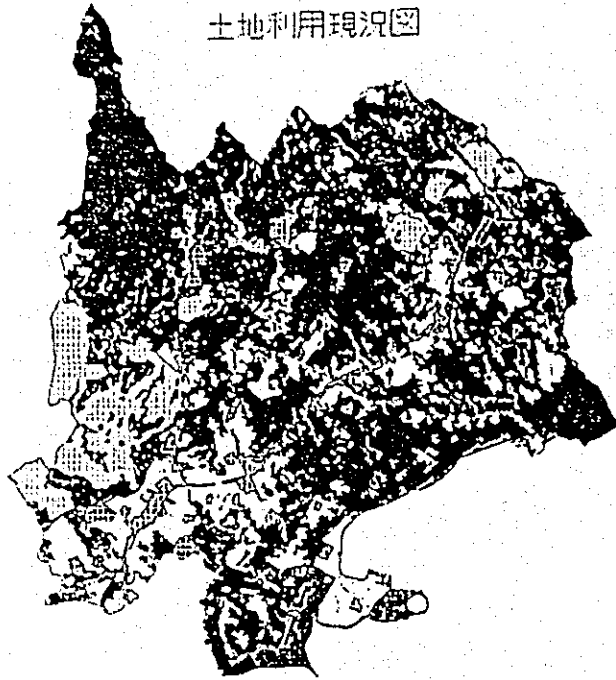


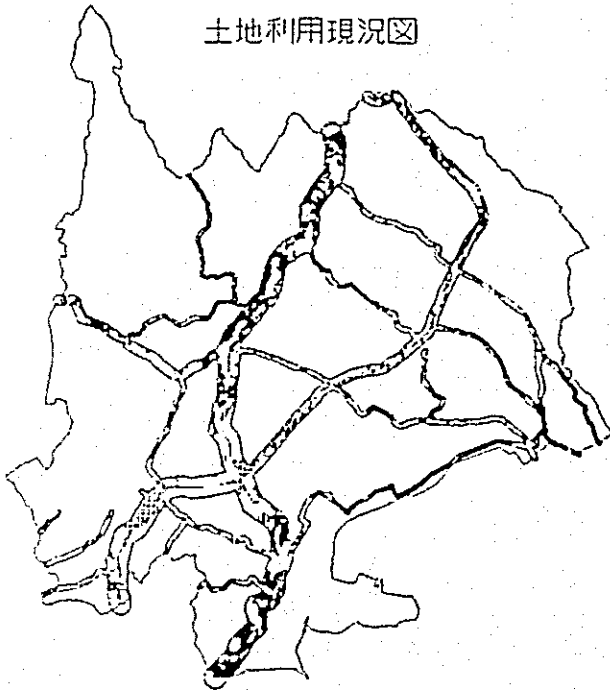
図 1.3.12 都市情報システムの概要

土地利用現況図



- 田
- 畑
- 樹園地
- 森林
- 原野
- 水面
- 住宅
- 田工場
- 田事務所
- 田公共施設
- 田レクリエーション施設
- 田空地
- 田軍用地

土地利用現況図



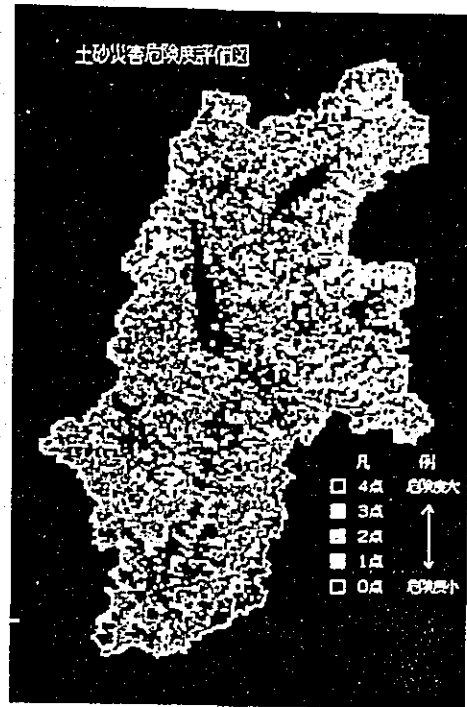
土地利用	3月	%
田	18514	0.1
畑	3536087	26.4
樹園地	4301	0.0
森林	1237095	9.2
原野	1533894	11.5
水面	88078	0.7
住宅	4517280	33.7
工場	131438	1.0
事務所	1289342	9.5
公共施設	248226	1.9
レクリエーション施設	76324	0.6
空地	127242	0.9
軍用地	589990	4.4
計	13372889	100.0

- 田
- 畑
- 樹園地
- 森林
- 原野
- 水面
- 住宅
- 田工場
- 田事務所
- 田公共施設
- 田レクリエーション施設
- 田空地
- 田軍用地

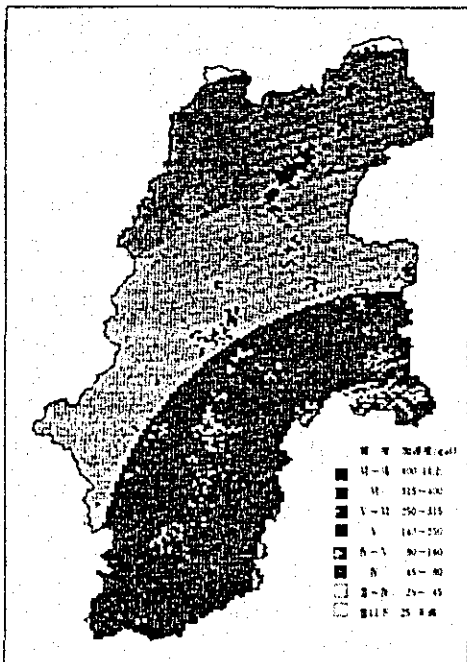
図 1.3.13 土地利用現況図（具志川市及び沖縄市）



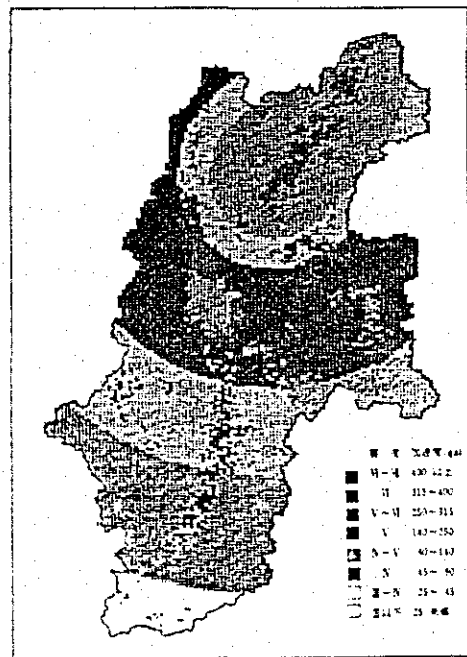
地 質 条 件 図



土砂災害危険度評価図



想定地震別深度分布図 (想定東海地震)



想定地震別深度分布図 (善光寺地震)

図 1.3.14 地震災害アセスメント

<用語説明>

- G I S** : Geographic Information System 地理情報システム
地域に係る種々の情報を図形に結びつけて管理し、図形の相互関係、図形属性情報などを利用して加工し、出力する道具である。
- AFC/INFO** : G I Sの代表的なソフトウェアの1つで、米国E S R I社で開発したもの。
- ガバレッジ** : 1図面ごとのデータ
- アーク** : 座標データの基本単位で、線分を表わす。
- ノード** : 2つのアークが交わる場所。
- バウンダリ** : 図面境界
- ティック** : 各図面ごとの地図座標系用のコントロールポイント
- ポリゴン** : 多角形よりなる図形
- ラベルポイント** : 閉図形内に発生する点で、属性データを付加するために必要な点。
- トポロジー** : 図形構成要素に対する相互関係。
- DLGフォーマット** : デジタルライニンググラフ・フォーマットの略で米国地質調査所から提供されるデータのフォーマット
- オーバーレイ** : 複数図面の重ね合わせ処理
- バッファ** : ポイント、ライン、ポリゴンに対して、一定巾のバッファ領域を生成する機能。
- ネットワーク** : 最短経路等の解析処理のこと。
- ERDAS** : 画像解析システムの代表的なものの1つで、米国E R D A S社で開発したもの。
- ラスタ型GIS** : G I Sは一般的にベクターを処理することを前提としていない。これはメッシュを用いたオーバーレイ処理、バッファ機能の事である。
-

1.4 リモートセンシングによる主題図作成

向井幸男

一般に主題図と言った場合、土地利用図や植生図等のようにある主題(目的)を表現した図であり、多くの種類の主題図が考えられる。リモートセンシングデータから作成可能な主題図として次のようなものが考えられる。

- 土地被覆分類図
- 植生分布図
- 水域分布図
- 積雪分布図
- Digital Elevation Model・等高線図
- 海面温度図

これらの図はリモートセンシングデータからより直接作成可能なものであるが、さらにこれらの図から他の資料を参照しながら推定あるいは翻訳による作成可能な主題図がある。例えば土地利用図は土地被覆分類図から作成可能である。又主題図の他に評価図というのがある。複数の主題図及び他の地形情報を使用し、それらに重味係数を加味してある目的を評価するために作成した図を評価図という。例えば植生図、水系図、土壌図等を基に土地の生産性評価図を作成することが出来る。最終的に重要なのは評価図であり、リモートセンシングによる主題図はこの図の作成に使用される。

リモートセンシングによる主題図作成の問題点としては、得られた結果をいかに人間にとって分かりやすくまた利用しやすい形で評価するかという事である。画像として表示する方法と図形として表示する方法がある。

• 画像として表示する方法

リモートセンシング画像から得られた結果をそのまま画像として表示する方法であるが、分類画像の出力方法としては、描画装置でフィルムに露光して写真にして表示する方法や、インクジェットプリンタなどの画像出力装置で直接紙に描画する方法がある。この方法は簡単であるが、利用しにくい。分類画像を既存の地図の上に重ねて出力する等の方法をとれば少し利用しやすくなると思われる。

• 図形として表示する方法

リモートセンシング画像から得られた主題画像の周辺領域を抽出し図形として表示する方法である。人間にとって主題図は領域化された形(地形図情報)の方が分かり易く利用しやすい。しかしせっかく細かい点の画素単位で分類された情報を、効果的に地形図情報に変換して表現

する方法が現在未だ確立されていない。現在リモートセンシング画像処理に地形図情報 (GIS : Geographic Information System) を組み入れる技術の開発が盛んに行われている。この技術が進めば上記の課題の解決に役立つであろう。

1.4.1 土地被覆分類図

土地被覆分類図は、リモートセンシングにより得られたマルチスペクトルデータを使って、マルチスペクトル判別により土地被覆物を分類した図であり、リモートセンシングデータから得られる主題図の中で基本的なものであって、他の主題図はこの図から作成されるケースが多い。1.1 項で説明したマルチスペクトル判別の手順において、判別しようとする土地被覆物のカテゴリーを設定して判別を行えば良い。衛星データにより判別可能な土地被覆カテゴリーの例を以下に示す。

密集市街地、市街地、住宅地、大構造物、裸地、荒地、ゴルフ場、草地、畑地、水田、広葉樹、針葉樹、河川水、海水

1.4.2 植生分布図

植生分布図の作成方法として次の2つの方法がある。

- マルチスペクトル判別方式
- 植生指数方式

(1) マルチスペクトル判別方式

植生に関する幾つかのカテゴリーを設定し、トレーニング領域を選定してマルチスペクトル判別を行う。この場合、市街地、住宅地、水域等植生以外の領域についても適当な判別カテゴリーを設定した判別を行う。この判別結果から植生に関するカテゴリーの部分のみを抽出して植生分布図を作成すれば良い。植生の分光反射特性は季節によって変化するので、熱帯地域では雨期と乾期、温帯地域では夏と冬等季節の異なるデータを重ね合わせて使用することにより、植生の判別精度を向上させることが出来る。

ランドサット TM データにより判別可能な植生のカテゴリーの例を以下に示す。

水田、牧草、草地、広葉樹、アカ松、シラベ、スギ、ヒノキ、ハリモミ

これは温帯地域にある日本での判別ケースであるが、インドネシアの様な熱帯地域ではこれほど細かな判別は難しいかもしれない。

(2) 植生指数方式

植物の分光反射特性は図 1.1.2 に示すように、可視域の赤色帯 (0.63 - 0.70 μm) で低くなり、近赤外域 (0.7 - 1.1 μm) で高くなっている。植物体内のクロロフィルが赤色

帯の光を吸収するからであり、又光合成に活発な物質が近赤外域の光を反射するからである。従って次式に示す値（植生指数：Vegetation Index, VI）を導入することにより植生の領域を強調して判別することが出来る。

$$VI = \frac{D_{IR} - D_R}{D_{IR} + D_R} \quad (1.4.1)$$

D_{IR} : 近赤外域の反射の強さ

D_R : 赤色帯の反射の強さ

D_{IR} としてランドサットTMデータのバンド3, MSSデータのバンド5, D_R としてランドサットTMデータのバンド4, MSSデータのバンド6あるいは7のデータを使用すれば良い。植生の領域ではVIの値が高くなり, VIがある値以上の部分を抜き出すことにより, マルチスペクトル判別方式の様に植生の種類を判別できないが, 植生が分布している領域を抽出することが出来る。VIは, 植物体の量(バイオマス)とかなり相関があり, バイオマスの推定に有効である。またNOAAデータからVIを計算したデータも提供されており, 地球規模での植生領域の変化状況の監視に有効なデータ源となっている。

1.4.3 水域(水系)分布図

水の反射特性は図1.1.2に示すように全波長域にわたって低いが, その中で可視域の青色や緑色で少し高く, 近赤外域で非常に低い特性を示している。水域はフォールスカラー画像等の写真判読において暗い部分を抜き出すことにより容易に抽出できる。影等による暗い部分との判別が難しい場合は, 青緑色帯域のバンドの比(MSS4/MSS7, TM1/TM4)を用いた写真と比較(水域ではこの比の値が高くなる)しながら判読すれば良い。また汚れた水域では, 青緑色帯の反射が高くなり, フォールスカラー画像では必ずしも暗くならず, 青緑色が強まった色で表示されるので, 水と陸の境界線の形の情報も考慮に入れて判読する。

水系分布図はやはりフォールスカラー画像の目視判読により抽出可能である。

1.4.4 積雪分布図

積雪領域はフォールスカラー画像で白く表示され, 目視判読で簡単に抽出することが出来る。雲との判別が難しいが, 次の手段により雲と判別する。

- ランドサットTMデータの場合中間赤外域のデータ(バンド5あるいは7)を使用する。中間赤外域では雪の反射は雲より小さくなる。

- 可視、近赤外線だけの画像では雲周辺には影が発生するので、これを利用して判別する。しかし山岳部に発生した雲は対地高度が低く影が発生していない場合があり、この場合この方法での判別は難しい。

1.4.5 Digital Elevation Model・等高線図

現在地形の起伏の情報は地図の等高線の形で表現されているが、これを一定間隔の格子点の位置 (X, Y) とその点の高度 (Z) の3次元情報の形で表現したものを Digital Elevation Model (DEM) という。地形をDEMで表現することにより等高線図, 国土断面図, 景観図等をコンピュータ処理により容易に生成することが出来, 国土開発事業の評価, 農業適地選定などに非常に有効である。DEMの作成方法として次の3つの方法がある。

- 地形図から読み取る方法
- ステレオ航空写真による方法
- 人工衛星からのステレオ画像による方法

地形図から読み取る方法は最も手軽であるが, 対象地域が広い場合, 大変な手間がかかり, 又地形図がなければ作成できない。ステレオ航空写真は一般的に地形図を作成する時の基になっているデータであり, 地形図のない地域の精密なDEMはステレオ航空写真から作成する必要がある。

1986年に斜め観測機能を持ったスポット1号が打ち上げられて以来, スポットのステレオデータを使ってDEMを作成する方法が非常に有効になって来た。地形図から読み取る方法についてはフェーズIのテクニカルマニュアルに記されているので, ここでは人工衛星データによる方法について記す。

(1) スポットデータに高度算出の基本原理

観測角度の異なる2つのスポットデータを使って地表面の高度を算出する原理を図1.4.1に示す。スポットLとRは地表面のある点Pを左側及び右側から観測した時のスポットの位置を示す。高度算出の基準面を算出し両側から観測した画像を標準面において重ね合わせた画像を作成する。基準面としてはその平面内で同じ高度を持った重ね合わせのための基準点(基準面GCP)を多数選定できる平面が望ましい。基準面で重ね合わせた2つの画像(立体視画像と呼ぶ)においては基準面からある高さ H_P にある点Pは左側から観測した画像では L_L の位置に, 右側から観測した画像では L_R の位置に観測されるので L_D のずれが生じる。 L_D を求めることにより高さ H_P を算出することが出来る。点Pの立体視画像間における対応点を探索し L_L と L_R を求める。次に点Pを観測したときのスポットの位置を求めることによりスポットの高度 H_L と H_R および左右の観測画像の中心線間の距離 L_B が分かる。この場合

システム補正データを使用しているため衛星の直下点が画像の中心線上に来るように補正されていると考えられている。点Pの高さ H_P は次式により計算できる。

$$H_P = \frac{L_L + L_R - L_B}{L_L/H_L + L_R/H_R} \quad (1.4.2)$$

(2) スポットデータからDEMの作成手順

(1)で説明した高度算出方式は、各衛星と衛星から対応点を見た直線を含む2つの平面が1つの鉛直平面内に含まれる場合であり、又基準面が平面であると考えている。しかし実際は2つの平面は2~3°ずれており、又基準面は平面ではなく地球の球面を考慮しなければならない。従って対応点と衛星の位置を地球固定座標で3次元に求め、衛星と対応点を結ぶ2つの直線の交点も3次元的に計算する必要がある。スポットデータから地表面の高度を3次元的に計算し、DEMを作成する手順を図1.4.2に示す。本手順の詳細な説明は参考文献1)にゆずる。

(3) 等高線の作成

DEMが作成されれば、それから等高線図をコンピュータ処理により自動的に作成し、X-Yプロッタなどで等高線図として出力することが出来る。DEMから等高線図を作成するソフトウェアはすでにパソコンベースで提供されている。

1.4.6 海面温度図

平均約300°Kの地球表面から放射する光のエネルギーの強さは、波長域1.05~1.25 μmの付近で最大となる。この波長域の放射の強さを測定することにより、対象物の温度情報が得られ、この波長域は熱バンドと呼ばれている。ランドサットTM, MOS-1, VTI RおよびNOAA-AVHRRデータは熱赤外バンドを含んでおり、これらのデータを使って地表面の温度を観測することが出来る。熱赤外バンドのデータは可視、近赤外域のデータのように太陽光の反射を観測するのではなく、対象物からの放射エネルギーを観測するので、エネルギー強度が小さく、観測時の地上分解能を小さくするのが難しい。現在熱赤外バンドのデータは分解能が比較的大きくても利用可能な海面温度分布の観測に良く使用されている。海面温度分布を作成する場合の問題点は海面と衛星のセンサーとの間に存在する大気による減衰の補正方法である。大気補正法として次の2つの方法がある。

- ・ 回帰法
- ・ スプリットウィンドー法

(1) 回帰法

衛星観測と同期して何点かの実測の海面の温度(シートルース)のデータを収集し、シートルース点の衛星データを測定し、それらのデータを使って最小自乗法により衛星データと

実際の海面温度データとの回帰式を求め、その回帰式を使って衛星データを海面温度データに変換する。この方法は衛星観測と同期してシートルースデータを集めなければならないという問題点がある。

(2) スプリットウィンドー法

大気による減衰作用で最も影響があるのは大気中に存在する水分である。熱赤外バンドを $1.05 \sim 1.15 \mu\text{m}$ と $1.15 \sim 1.25 \mu\text{m}$ の2つのバンドに分けると後者のバンドの方が前者のバンドより水分による減衰量が少し大きい。これを利用して熱赤外バンドを上記の2つのバンドに分けて観測し、それらの観測値の差により大気中の水分の量を推定し、大気による減衰量を補正する方法がスプリットウィンドー法である。この方法による大気補正式の1例(参考文献2による)を次に示す。

$$T_s = T_{11} + \alpha (T_{11} - T_{12}) + \beta \quad (1.2.1)$$

T_s : 補正された海面温度

T_{11} : $1.05 \sim 1.15 \mu\text{m}$ のバンドの観測輝度温度

T_{12} : $1.15 \sim 1.25 \mu\text{m}$ " "

α, β : 定数 $\alpha = 1.395, \beta = 0.363$

この方法は大気モデルを熱帯、中緯度帯、亜寒帯等の5つのモデルに分けてそれらの代表的海面温度を定めて回帰式により α, β を求めたものである(詳しくは文献2参照)。スプリットウィンドー法はシートルースを必要としなくて便利であるが、 α, β を求めたモデルが温度分布を作成しようとする対象地域の大気モデルにうまく適合するかどうかのチェックが常に必要である。

<参考文献>

- 1) Y. Mukai, T. Sugimura and K. Arai,
"Generation of Digital Elevation Model Using System Corrected SPOT Data", Proceedings of ISPRS Com. IV, 1990.
- 2) 竹内章司, 嘉納宗靖, 渡辺和夫, 前田惟裕, 若林裕之, 小川真司,
"MOS-1/VTIRデータのSplit Windowによる大気補正", 日本リモートセンシング学会 第8回学術講演会論文集, pp115-118, 1988.

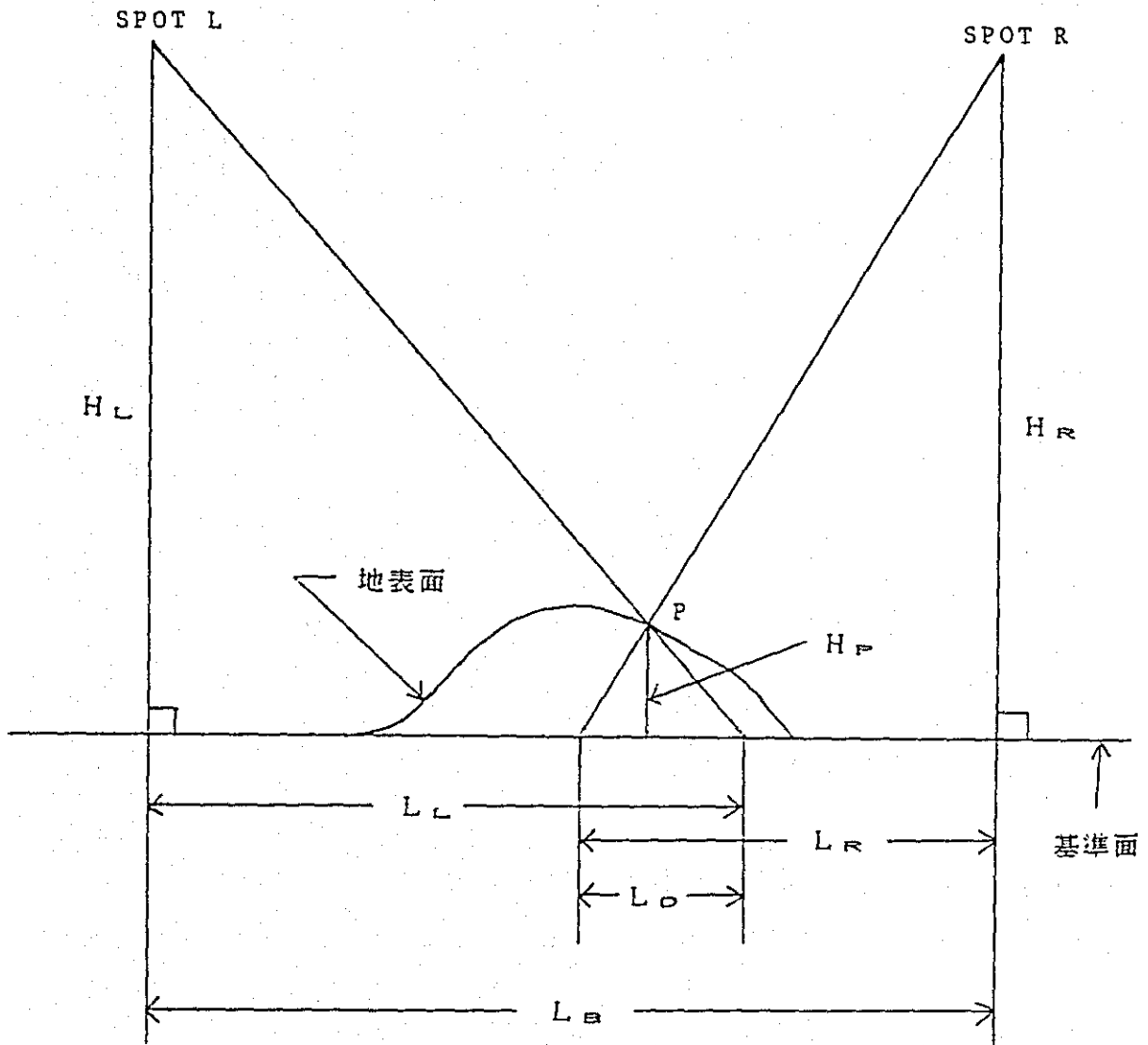


図1.4.1 観測角度の異なる2つのスポット
データによる地表面の高度算出原理

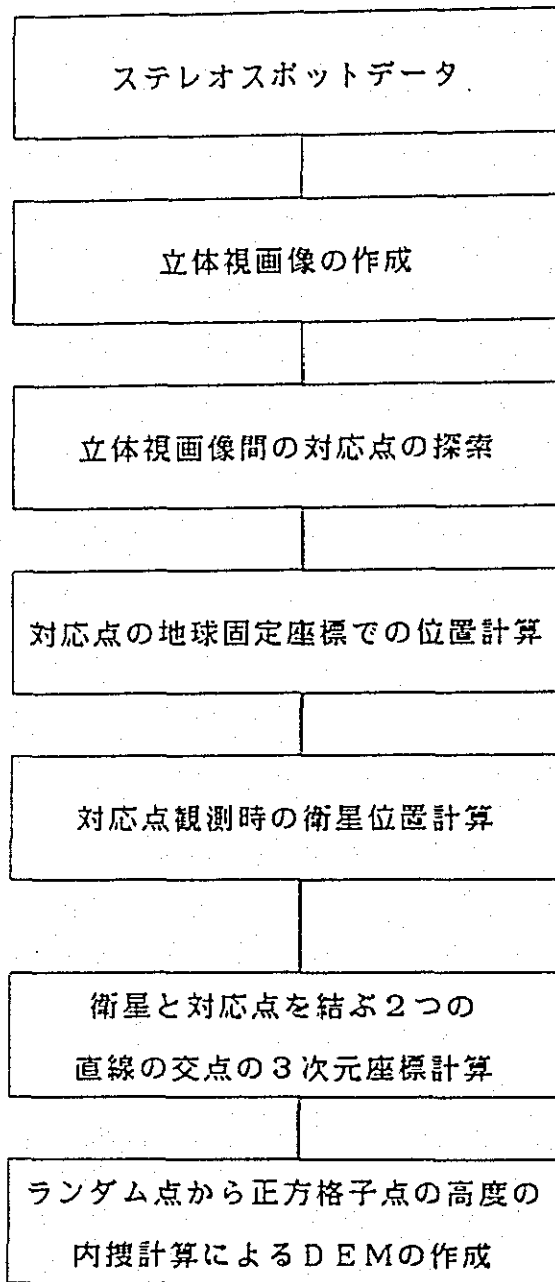


図1.4.2 スポットデータからDEMの作成手順

1.5 リモートセンシングデータベース概説

安田 嘉純

は し が き

ランダムアクセス可能な大容量の磁気ディスクの開発、低価格化、また、書換え可能な光磁気ディスクの開発などにより、大量のデータを記憶し、利用することが容易になっている。一方、最近のリモートセンシング(RS)や地理情報システム(GIS)では多種多様のデータを統合的に処理したり、蓄積したりする要求が多くなっている。たとえば、資源の在庫管理や評価では、データ処理機能よりも、むしろ、データそのものが主役となっている。データは共通の財産であり、それらを共同利用したり、有効に活用したり、また、安全に管理したいという要求がデータベースの出発点となっている。すなわち、データベース導入の利点として、(1)データの共有ができるようになる、(2)応用プログラムの作成や変更が容易となる、そして、(3)機関または組織内で分散して発生するデータを統合的に管理し、参照できるようになる、などがあげられる。

データベースの概念、役割や目的を理解するためには、従来のデータ処理におけるファイルの性質と、データベースの性質との違いを比較するのがわかりやすい。1.5.1節では、データの共用、データの統合管理、そして、データの独立というデータベースの基本的な性質を通して、データベースの概念、さらに、リモートセンシングやGISにおけるデータベースの役割についてのべる。

1.5.2節ではデータベースシステムを理解するために、エンドユーザ、プログラマ、データベース管理者、機関の代表など、データベースにおける4つの立場(人的環境)について説明する。また、データベースでは共通のデータがさまざまな応用に対応しやすいように格納されていなければならない。そのための基礎となるデータ構造および階層化などのデータモデルについて説明する。また、データベースの導入や運用について考える基礎としてデータベースのしくみについて述べる。さらに、今後のデータベースシステムを考えるうえで重要となるとと思われる、関係モデルのデータベース、分散型データベースシステムなどについて述べる。

1.5.3節はリモートセンシングデータベースに関するもので、リモートセンシングおよびGISとデータベースについて概説する。

1.5.4節はデータベースの処理環境に関するもので、3年で旧式となってしまいうような、あまりに急速なコンピュータの進歩の傾向について述べ、特に1990年代の処理環境として重要となると考えられる、解放型分散処理システム、ユーザーインタフェースなどについて説明する。最後に、インドネシア農業開発フェーズIIにおける処理環境について述べ、この章のまとめとする。なお、この章はデータベースの概念、性質、また、応用上の考え方を理解することを目的と

しているので、特定のデータベースの方式については説明しない。

1.5.1 データベースの役割(目的)

1.5.1.1 データベース(DS)の概念

データベースという用語が使われるようになったのは1960年代後半になってからとされる。用語の由来は明かではないが、baseが軍事基地を表すことから、データの供給基地を意味するものであろう。同義語にデータバンクがある。

コンピュータ利用は単に計算を行う能力だけでなく、人間の行う仕事のうちルーチンワーク的な仕事、すなわち、手順の決まった仕事を代行させたいという要求による。そのため、コンピュータに求められる能力は“データを加工する(演算する)”だけでなく“データを記憶する”ことが重要となっている。リモートセンシングを応用した資源管理や環境の管理では主役となるのは、むしろデータのほうである。そこでは共通のデータがさまざまな応用に対応でき、しかも、使いやすいように格納されている必要があり、また、データの内容や構造が不当に変更されたり、破壊されたりしないようになっていなければならない。

データベースの概念は、データが利用者間の共通財産であるという意識から生まれている。共通財産であるデータを有効に活用し、また、安全に管理したいという利用上の発想がもとになっている。

データベースのもつ性質を理解するためには、従来のデータ処理におけるファイルの性質との違いを知るのがわかりやすい。通常、ファイルは、データ集合の単位として考えられ、つぎのような特徴をもっている。

- (1) ファイルは、一冊の帳簿、一冊の統計簿、1組の地図、1枚の衛星画像といった単位に相当し、管理もその単位で行われる局所的な存在である。
- (2) ファイルは応用プログラム単位で定義され、その応用プログラムとともに保守される。応用プログラムとはリモートセンシングの画像処理用のプログラムや、GIS用のプログラムをいう。
- (3) 異なるファイル間での情報の重複や関連はシステムの的に考慮されない。

しかし、応用単位で専門化したデータファイルを応用プログラムとともに保守してゆくというような運用の形では、大規模な応用システムにおいてはファイルの保守改訂に要する労力があまりに大きくなってしまいうことが問題となる。それを解決しようとするのがデータベースである。データベースの性質は、

- (1) データベースは特定の応用部門や応用プログラムのための局所的な存在ではなく、複数の応用部門や応用プログラムで共用できる存在である。

- (2) データベースは一つの機関または組織が必要とするデータをなるべく広範囲にまとめて統合管理する。
- (3) データベースは、その中のデータの形式や構造が変わっても、応用プログラムの変更が極小となるように管理される。これをデータの独立という。

このような、データベースにおける重要な三つの性質、すなわち、データの共用、統合管理、そして、データの独立などが、計算機のオペレーティングシステム上の機能として備えられたシステムを、データベース・マネージメント・システム、または、簡単に、データベース・システムといている。

情報システムにおいて、応用プログラムの立場から見た場合の、ファイル処理とデータベース処理との違いを分かりやすく示すと図 1.5.1 のようになる。ファイル処理では、応用プログラム中で参照するファイルに関する定義も記述する。そこでは、ファイル中の必要な一部分のみを定義することはできない。一方、データベース処理では、データベース中の必要な一部だけを参照する。その場合のデータの定義は応用プログラムとは独立して行われることが多い。データを共用し、データの独立性を良くするということから、データベースのもつ側面として、データの自由な見方(view)を可能とするための役割がある。

データベース・システムの必要性が増すとともに、現実世界(real world)の情報をコンピュータの記憶に写像するためのデータモデル化の研究がすすめられるようになった。さらに、利用者のデータ操作を容易にするためのデータ構造定義や、操作の標準仕様なども考えられるようになってきている。

1.5.1.2 リモートセンシングシステム、および、GISとデータベース

衛星データの利用技術の進展は四つの段階に分けられる。その第一段階では、図 1.5.2.a に示されるように、アポロ、スカイラブ、ランドサット 1号などが打ち上げられ、得られた衛星画像は、それまでの航空写真と同様の、視覚判読技術によって解析された。ランドサット画像の視覚判読によって得られた土地利用図に関する情報は既存の地図や表などと手作業によって組み合わせられ、利用された。

1970年代後半になると、電子計算機の急速な進歩に伴い、計算による衛星データの定量的な解析が可能となり、視覚判読から自動解析へと移行していった。(図 1.5.2.b に示す第二段階)。この段階では、衛星データから得られた資源や環境情報と、既存の地理情報などを計算機上で有機的に組み合わせるような技術はまだ未熟であった。

1980年代(第三段階、図 1.5.2.c)に入ると、スーパーミニコンピュータの普及、また、主記憶装置の容量の増加、画像の入出力装置、コンピュータグラフィック技術

などの急激な進歩により衛星データと地理情報とを計算機内でオーバーレイ解析する
ような地理情報システム(GIS)が開発されるようになった。これにより、衛星に
よる情報と既存の地理情報とを空間的に重ねて、より高度の、より定量的な資源評価
や計画をすることが可能となった。また、コンピュータグラフィック技術の進歩によ
り空間情報の表示もより効果的で多様となった。

1980年代後半に入ると、大容量の補助記憶装置、特にオプティカルディスクの開発
により、空間情報の大規模なデータシステム化が可能となり、総合的な空間情報シ
ステムが実現するようになった。そして、ランドサットなどの衛星データをもとに、単
純なオーバーレイ解析だけでなく、現象の高度なモデリングによる資源プロセスの評
価が可能となりつつある。衛星データを含む資源、環境、地理情報のデータベース化
は、種々の空間情報の有機的な結合と解析を可能とするものである。また、空間情報
システムを有効に利用するためのネットワークや、エキスパートシステム(AI)な
どの研究、開発もすすめられるようになってきている。

図1.5.2.dは衛星データの解析と利用を目的とするような空間情報システムをモデ
ル的に示したものである。たとえば、米や、麦の収量予測、水資源や灌がいポテンシ
ャルの評価に有用な地形データは衛星データとともにデータベース化される。衛星デ
ータから土地被覆分類、作付面積や植生分布、土壌水分評価、また、雲量や降水量、
雲水量などの解析がおこなわれる。これらの空間データは農作物収量予測モデルや、
灌がいポテンシャル評価モデルなどに入力される。このような空間情報システムによ
り、正確で高度な評価や管理、計画が可能となる。また、より複雑な評価モデルが実
現する。空間情報システムに必要なハードウェアやソフトウェアの規模は、当然のこ
とながら、利用目的、処理・解析の内容、データ量、利用者数(ネットワーク)など
によってきめられる。必要な衛星データの種類、解析方法、環境や資源の評価モデル、
出力の精度や縮尺、図化サイズ、空間的解像度などは、利用目的に基づき、きめられ
る。解析および評価モデルの開発や実行方法も利用目的から検討される。

以上のような、空間情報システムを実現するためには、衛星や地理情報、そして種
々の統計量など、異なるソースによる多様で大量のデータを統合化し、蓄積し、また
多くの応用に利用可能となるようなデータシステムの導入が必要となる。しかし、こ
のような要求に対して、従来のファイル・オリエンテッドなデータ・ストレージの方
法では対応が難しい。理由は、上にも述べたように、従来の処理方式ではプログラム
とファイルとの間の依存性を作るためである。したがって、衛星画像や地理情報など
のデータ処理をデータ・ストレージから分離することが必要となる。これは、データ
ベースシステムの役割である。

1.5.2 データベースシステムの基礎

1.5.2.1 四つの立場（人的環境）とそれぞれの仕事

データベースは、先に述べたように、データの共用、統合管理、独立というような基本的な性質を備えているが、これを有効に利用するためには、情報システムを設計し、利用してゆくうえでの立場によって、異なる能力と理解が必要となる。普通、人的環境として、(1)エンドユーザー（末端の利用者）、(2)応用プログラマー、(3)データベース管理者、そして、(4)組織または機関の代表者、など四つの立場があげられる。

できあがった情報システム（データベース）を、端末（ターミナル）などによって利用する立場をエンドユーザー（末端利用者）という。エンドユーザーは、通常、応用システムによって用意された処理手続きを決められた手順で起動させるとか、必要なデータ入力を行うといった操作を知っていればよい（図1.5.3）。また、データベースの構造やデータベース参照のためのプログラム手段について知っている必要もない。ただ、最近の、データベースシステムでは検索を中心としたエンドユーザー言語の重要性が強く論じられるようになってきている。理由は、エンドユーザー側での定常的な処理以外に発生する要求に対して、データベースシステム側で、簡単な問い合わせ言語を提供しようとすることによる。これにより、エンドユーザーは定常処理以外の簡単な処理プログラムを実行できるようになる。また、応用プログラマーと呼ばれるプログラミングの専門家の仕事を軽減できるようになる。

データベース応用システムにおいて、プログラムをつくる応用プログラマーの立場（図1.5.4.）では、当然のことながら、データベースを参照するためのプログラム手段に熟知している必要がある。また、情報システムの設計者は処理対象とするデータベースの論理構造を知っている必要がある。データベースの論理構造とは、必要な情報を得るためのキー（鍵）となるデータ項目と、その他のデータとを参照するための関連、または、経路である。

データベースの論理構造は、なるべく応用プログラムのデータの見方（view）に順応し、データ呼び出しのための経路や、記憶装置上の物理構造を意識させない表現となることが望ましい。

データベース管理者（Data Base Administrator）、またはデータ管理者（Data Administrator）はデータベース・システム全体を管理する責任者であり、次のような役割を受け持つ。（図1.5.5参照。）

- (1) 応用システムで処理対象とする全データを把握し、データベース化のための論理構造を定義する。
- (2) データベース全体の論理構造を、データベースシステムの特長やハードウェア装置の特

性にあわせて、磁気ディスクなどの2次記憶装置上に表現する物理構造を定義する。

(3) 利用者の業務や応用部門別のデータの見方 (view) を定義する。

データベース管理者は、さらに、データの不当な参照や更新を防ぐために、(1)、(2)、(3)の各レベルで必要なデータ保護策を設定しなければならない。

(1)から(3)のデータベース管理者の役割を果たすためには、利用者が必要とする全データの定義、生成および保守に精通する能力が求められる。いかえると、利用者のデータ処理に対する具体的な要求を完全に理解して、データベースシステムの特徴に合わせたデータの構造化を実現する能力を備えているのがデータベース管理者である。しかし、利用者の要求を完全に知り、また、それを実現するデータベースシステムに精通することは、応用システムの規模が大きくなるほど、現実には、難しくなる。したがって、大規模システムでは(1)から(3)に示したデータベース管理者の役割を分担するのが实际的であり、さらに、全体のインターフェースを統括する監督者の存在が必要になる。

データの共有および統合管理の目的を保つために、データベースの参照には必ずデータベースシステムを経由しなければならない。図 1.5.5 の DD/D (データ・ディクショナリ/ディレクトリ) は、データベースの(1)から(3)の定義を記録する部分であり、DD/D 情報を基にデータの参照を行うのが典型的なデータベースシステムの方法である。したがって、データベース管理者は DD/D の管理者であるともいえる。

データベースシステムを導入する政府機関の代表者は、その機関にとって有効なデータを統合管理することによる効果を正しく認識し、活用することが大切である。データベース導入による利点は、

- (1) データの共同利用ができるようになる。
- (2) 応用プログラムの作成や変更が容易となる。
- (3) 機関内で分散して発生するデータを統合的に管理し、参照することができるようになる。

などである。(1)により、新たな応用プログラムの発生たびに、ファイルを作る必要がなくなる。また、データを共用することにより、応用部門ごとにファイルをもつことに比べ、データの冗長性を少なくできるようになる。(2)により、(1)のファイル作成の必要性を最小にできるだけでなく、データの独立により応用プログラム作成行程も短縮できるようになる。データの変更に対しても、応用プログラムの変更が少なくなり、応用プログラムを安定なものにできる。(3)によって、資源や環境の情報を即座に得られるようになる。

1.5.2.2 データモデル

1.5.2.2.1 データ構造の考え方

データベースを論ずる場合のもっとも基本的な問題は、データモデル化の方式についてである。データモデル化とは、現実世界のデータをどのように構造化してコンピュータシステムの物理表現に投影させるかということである。

データベースでは、データは複数の応用プログラムで共用されることが前提となる。したがって、あるデータ集合を、従来のレコード定義のような固定した構造としてでなく、応用プログラムによって異なる見方で参照できる自由度が要求される。

1.5.2.2.2 3階層のデータモデル化

図 1.5.5 で示した応用プログラムとデータベース間の3階層のインターフェースは、データベースのモデル化を考えるための基準となるものである。データベースシステムにおけるインターフェースを整理することから図 1.5.6 のような3階層のデータモデル化が考えられる。

概念モデルは、データ処理上必要な現実世界のデータ全体を定義するもので、特定の応用プログラムの見方やコンピュータシステムの特性によらずに定義される。概念モデルは図 1.5.5 における論理構造に相当する。

外部モデルは図 1.5.5 における利用者のデータの見方を定義するもので、応用プログラムの立場からみたデータベースの一部の定義である。したがって、概念モデルの定義されたデータ構造の部分集合と考えればよい。外部モデルを記述する言語は、応用プログラムを作成するプログラム言語に依存してきめられる。

内部モデルはコンピュータのデータの見方であり、図 1.5.5 における物理構造を定義する。概念モデルで定義されたデータベースをいかにコンピュータシステム上に実現するかの定義である。

概念モデル、外部モデル、内部モデルなどの具体的な定義を、それぞれ、概念スキーマ、外部スキーマ、および内部スキーマという。実際のデータベースが、必ずしも、この3階層のスキーマに分けてデータベースを定義しているとは限らない。しかし、考え方として、現実世界のデータの見方、利用者のデータの見方、そして、コンピュータのデータの見方を、それぞれ、概念スキーマ、外部スキーマ、内部スキーマの3層モデルに分離することは、わかりやすい。実際のシステムでは、内部スキーマよりさらに物理的な水準として、装置媒体制御用の機能を設定することもある。また、内部スキーマから下位はオペレーティングシステムの機能に含まれている場合もある。

概念スキーマ、外部スキーマ、内部スキーマなどは、それぞれデータ記述言語で

定義される。データに関する記述，すなわち，データの属性，名前，プロテクト情報などをまとめてメタデータという。各スキーマの定義によるメタデータを管理するのがDD/D（データ・デクショナリ/デレクトリー）である。DD/Dの管理するメタデータも，利用者向きの情報形式をとるデータデクショナリとコンピュータ向きの情報形式をとるデータデレクトリーとからなる。最近のデータベースシステムでは，データベースが大規模となり，属性が増えるようになるにしたがって，データデクショナリの重要性が増している。最近のデータデクショナリでは，データ名，属性，データの相互関連などの情報に加えて，データの意味的制約，分散型データベースの所属などの情報も含めてゆくような方向にある。

1.5.2.2.3 データモデル

データベースシステムでは現実世界のデータを，情報システムのデータ処理に適合できるようにコンピュータシステムへ写像しなければならない。そのためのデータモデルを考えるために，グラフ理論や情報構造で使われているトリー（木）と関連づけるのが一般的である。トリーは図1.5.7のようにノード（節）と辺とからなるが，データベースのデータは，トリーのノードを単位として考える。ノードはデータベースシステムの処理単位である。ノードとノードとを結ぶ辺の取扱いには，いくつかの考え方があり，それによって，データモデルが分類される。

データモデルの代表的なものとして，次の3つがよく知られる。

- (1) 階層モデル
- (2) ネットワーク（網）モデル
- (3) リレーショナル（関係）モデル

階層モデルは，自然界のトリーにもっとも類似した構造で，トリー構造ともいい，根に相当する節（ノード）から辺が枝別れしてゆく。ネットワークモデルは階層モデルより自由度の高いトリー構造を可能とするもので，もっとも代表的なモデルである。

リレーショナルモデルはデータをノードだけで表現しようとするものである。レコードに相当する単位をタプル（組）といい，レコード型を表で表す。リレーショナルモデルは，構造を定義するデータ定義がないことと，属性にもとづく操作で自由にデータの分解や結合ができることから，データの独立性が高く，利用者の見方に対する自由度も大きい。その点で，データベース本来の特徴をもっとも備えたデータモデルであるといえる。

1.5.2.3 データベースのしくみ

データベースシステム導入から運用までに必要な基礎的事項を理解するためには，

データベースのしくみについて知っておくのが便利である。

1.5.2.3.1 データの準備

データベースシステム導入の出発点は情報のデータ化である。情報とは人口統計表とか作物収量、作付面積、そして、地図や衛星画像などのような現実世界(real world)の事実を示すものであり、データとは情報を磁気ディスクなどの記録媒体上に表現したものである。したがって、データベースシステムの出発点は、前節で述べたデータモデル化をすることである。

情報のデータベース化で重要となる基本的な作業段階は、

- (1) 現実世界の有効な情報を集める。
- (2) 活用しやすい情報の論理構造化を行う。この場合、情報の重複や冗長性をできるだけ排除する。
- (3) 情報構造の最適なデータモデル化を行う。

などである。(1)は、無駄なく、そして、もれなく情報を集めることである。定常業務部分だけを対象とするのであれば、比較的容易であるが、対象とする応用範囲が広がると有効な情報を見落としがちになる。(2)や(3)、または、それ以降の段階まで進んでしまってから、有効な情報の欠落が発見されると、(1)まで手戻りが生じることになる。したがって、データベースの設計者、管理者はデータベースの応用目的と関連する現実世界に精通していることが大切である。

(2)の現実世界の情報構造化の骨組みは、応用システムの規模が大きくなるほど、その役割が大となる。(3)は(2)で決めた情報構造をなるべく手間をかけずにコンピュータシステムに投影できるように考えることが望ましい。しかし、重要なことは、データベースシステムの機能によって応用プログラムが効率よく、かつ、できるだけ簡単に、必要な情報を入手できるようにすることである。(1)から(3)までの作業によって、情報をデータ化し、データベースシステム化するのは、単に、必要な情報を入手できるようにするためだけでなく、複数のデータから別の情報に加工(処理)するという、大きな目的があることも忘れてはならない。

(1)から(3)までの作業を円滑にし、また、その後のシステム運用で問題を起こさないようにするためには、(1)から(3)を経て実現するであろう情報システムによって、どのような効果がえられるかを、よく見極めておくことが必要である。一般に、データベース導入によって情報システムにもたらされるであろう効果として、

- (1) データの共用によって、情報システムの柔軟性が増す。
- (2) 情報システムが安定する。
- (3) 情報システムの信頼性が高められる。

などがあげられる。

データの設計に当たっては、上に示したデータベース導入の基本的効果を具体的に評価するとともに、以下の項目について、目標や方式をあらかじめ明かにしておく必要がある。

- (1) データの標準化
- (2) データの正当性の確認
- (3) スループットなどの性能評価
- (4) データの安全性の維持
- (5) 障害回復(リカバリ)
- (6) 必要となる機密保護
- (7) 他機関とのデータ交換

図 1.5.8 にデータベースを導入した情報システムの概余を示す。データベースシステムではデータの独立という性質から、情報システムのプログラムによりデータ操作を行うサブシステムとデータ定義を行うサブシステムが分離していることが多い。データ定義サブシステムでは、データを準備し、データベース化を行った結果より、1.5.2.2.2 節で述べたモデル化のための概念スキーマ、外部スキーマなどの定義や変更を行う。データ定義サブシステムによって作成されたデータ定義にもとづくデータベースの生成には専用のユーティリティを用いて行われるのが普通である。データ定義用の命令の集合をデータ定義言語 (DDL) という。また、データベース生成後のデータ定義変更による再編成なども専用のユーティリティで行うことが多い。これらの作業はデータベース管理者の役割となるものであるが、データの定義だけでなく、さらに、専用のユーティリティによるデータベースの生成や再編成なども行う。

1.5.2.3.2 データの操作

応用プログラマーが理解しておくべき作業は、図 1.5.8 のデータ操作サブシステムを中心とした部分である。これは、情報システムにおいて、応用プログラムを用いて、データベースの中のデータを操作するための基礎知識でもある。

概念スキーマ、外部スキーマなどで定義されたデータモデル情報に基づき、データベースのデータを FORTRAN や C などの既存のプログラム言語で操作するためには、従来のファイル入出力のための命令とは別に、データ操作用の命令を用意するのが普通である。この命令の集合をデータ操作言語 (DML) という。データ操作言語は、それだけで自立したデータ処理用のプログラム言語となるのではなく、既存のプログラム言語の拡張命令にすぎない。

既存のプログラム言語の拡張命令としてデータ操作を可能とする方式を親言語方式という。親言語方式に対して、データベースに対するデータ操作機能も含めて完備しているような方式を自立言語方式という。普通は親言語方式によるが、末端利用者のための簡易データベース検索言語としては自立言語方式が多く用いられている。親言語方式において、既存のプログラム言語にデータ操作言語を追加する場合、または、利用者言語の命令を従来の命令に追加して書く場合、書かれたプログラムをそのまま既存のプログラム言語コンパイラに通すことはできない。そのため、コンパイラを改造するか、または、データ操作言語を既存の言語に変換するための前置コンパイル機能を考える。実際の商用データベースシステムではFORTRANなどのCALL命令による組み込みサブルーチンとしてデータ操作言語を実現している。また、前置コンパイラによる場合も、データ操作言語の命令をCALL命令に変換し、新たな原始プログラムを作りだしていることが多い。

画像処理や地理情報処理などの応用プログラムとデータベースシステムとの関係については、ジョブ管理、または、タスク管理といった、オペレーティングシステムの立場と合わせて考えるのがよい。データ操作におけるそれぞれの立場の関係は図1.5.9のように分類できる。図において、点線で囲んだ単位がオペレーティングシステムから見た一つの仕事の単位であるジョブに相当する。例1は応用プログラムごととデータベースシステムの必要部分が応用プログラムに組み込まれる場合である。例2は各応用プログラムおよびデータベースシステムが、それぞれ別ジョブとして動作するもので、比較的規模の大きな、商用データベースシステムは多くこの型によっている。データベースシステムは複数の応用プログラムのジョブからのデータ操作要求を同時に受けつけるために、データベースシステムは多重タスク制御を行える必要がある。例3は多重タスクの制御を応用プログラムレベルにまかせた方式である。この方式では、複数個のデータベースシステムがオペレーティングシステムの制御下で動くとする、その複数個分のデータベースシステムを用意することができるようになる。

1.5.2.4 リレーショナル・データベース

リレーショナルモデルのデータベースをリレーショナルデータベースという。リレーショナルモデルは数学における関係(relation)の概念をデータ操作に応用したものである。関係は現実世界の実体を表現できるだけでなく、実体相互の関係をも表現できる一般的な概念である。

リレーショナルモデルの目的は次のように説明される。

(1) 高いデータの独立性を実現する

などがあげられる。

データの設計に当たっては、上に示したデータベース導入の基本的効果を具体的に評価するとともに、以下の項目について、目標や方式をあらかじめ明らかにしておく必要がある。

- (1) データの標準化
- (2) データの正当性の確認
- (3) スループットなどの性能評価
- (4) データの安全性の維持
- (5) 障害回復(リカバリ)
- (6) 必要となる機密保護
- (7) 他機関とのデータ交換

図 1.5.8 にデータベースを導入した情報システムの概余を示す。データベースシステムではデータの独立という性質から、情報システムのプログラムによりデータ操作を行うサブシステムとデータ定義を行うサブシステムが分離していることが多い。データ定義サブシステムでは、データを準備し、データベース化を行った結果より、1.5.2.2.2 節で述べたモデル化のための概念スキーマ、外部スキーマなどの定義や変更を行う。データ定義サブシステムによって作成されたデータ定義にもとづくデータベースの生成には専用のユーティリティを用いて行うのが普通である。データ定義用の命令の集合をデータ定義言語 (DDL) という。また、データベース生成後のデータ定義変更による再編成なども専用のユーティリティで行うことが多い。これらの作業はデータベース管理者の役割となるものであるが、データの定義だけでなく、さらに、専用のユーティリティによるデータベースの生成や再編成なども行う。

1.5.2.3.2 データの操作

応用プログラマーが理解しておくべき作業は、図 1.5.8 のデータ操作サブシステムを中心とした部分である。これは、情報システムにおいて、応用プログラムを用いて、データベースの中のデータを操作するための基礎知識でもある。

概念スキーマ、外部スキーマなどで定義されたデータモデル情報に基づき、データベースのデータを FORTRAN や C などの既存のプログラム言語で操作するためには、従来のファイル入出力のための命令とは別に、データ操作用の命令を用意するのが普通である。この命令の集合をデータ操作言語 (DML) という。データ操作言語は、それだけで自立したデータ処理用のプログラム言語となるのではなく、既存のプログラム言語の拡張命令にすぎない。

既存のプログラム言語の拡張命令としてデータ操作を可能とする方式を親言語方式という。親言語方式に対して、データベースに対するデータ操作機能も含めて完備しているような方式を自立言語方式という。普通は親言語方式によるが、末端利用者のための簡易データベース検索言語としては自立言語方式が多く用いられている。親言語方式において、既存のプログラム言語にデータ操作言語を追加する場合、または、利用者言語の命令を従来の命令に追加して書く場合、書かれたプログラムをそのまま既存のプログラム言語コンパイラに通すことはできない。そのため、コンパイラを改造するか、または、データ操作言語を既存の言語に変換するための前置コンパイル機能を考える。実際の商用データベースシステムではFORTRANなどのCALL命令による組み込みサブルーチンとしてデータ操作言語を実現している。また、前置コンパイラによる場合も、データ操作言語の命令をCALL命令に変換し、新たな原始プログラムを作りだしていることが多い。

画像処理や地理情報処理などの応用プログラムとデータベースシステムとの関係については、ジョブ管理、または、タスク管理といった、オペレーティングシステムの立場と合わせて考えるのがよい。データ操作におけるそれぞれの立場の関係は図1.5.9のように分類できる。図において、点線で囲んだ単位がオペレーティングシステムから見た一つの仕事の単位であるジョブに相当する。例1は応用プログラムごとデータベースシステムの必要部分が応用プログラムに組み込まれる場合である。例2は各応用プログラムおよびデータベースシステムが、それぞれ別ジョブとして動作するもので、比較的規模の大きな、商用データベースシステムは多くこの型によっている。データベースシステムは複数の応用プログラムのジョブからのデータ操作要求を同時に受けつけるために、データベースシステムは多重タスク制御を行える必要がある。例3は多重タスクの制御を応用プログラムレベルに委ねた方式である。この方式では、複数個のデータベースシステムがオペレーティングシステムの制御下で動くとする。その複数個分のデータベースシステムを用意することができるようになる。

1.5.2.4 リレーショナル・データベース

リレーショナルモデルのデータベースをリレーショナルデータベースという。リレーショナルモデルは数学における関係(relation)の概念をデータ操作に応用したものである。関係は現実世界の实体を表現できるだけでなく、实体相互の関係をも表現できる一般的な概念である。

リレーショナルモデルの目的は次のように説明される。

- (1) 高いデータの独立性を実現する

- (2) コンピュータの専門家でない人から専門家まで、共通して利用できるような簡潔なデータの見方を提供する。
- (3) データ管理者の負担を軽くする。
- (4) データベースシステムの理論的な基礎を築く。
- (5) 人工知能分野とファイル管理とを融合して、将来的な応用にそなえる。
- (6) データベースの応用プログラムを、手続き的言語の水準から集合を対象とする非手続き的言語の水準へ向上させる。

リレーショナルモデルの目的を具体化するための考え方は次の三つに要約される。

- (1) 応用プログラムをデータの物理的な配置や制約から独立させる。
- (2) 応用プログラムを索引や転置表等の性能向上のための手段からも独立させる。
- (3) 応用プログラムをデータ呼び出しのための経路からも独立させる。

(1)について、従来のファイル処理では、ファイル中でレコードが並んでいる順序やレコードの物理的な属性が変更されると、応用プログラムを変更しなければならないのが問題となり、そのため、情報はコンピュータシステムの物理的性質と切り離して表現できる必要があり、応用プログラムもこの立場から作られるようにする。(2)について、利用者が索引や転置表等の性能向上のための手段を意識したプログラムを作成すると、応用システム的环境条件の変化にプログラムを合わせなければならなくなり、従って、応用プログラムの寿命が短くなってしまふことが問題となる。(3)について、親子集合型や階層構造のデータモデルでは、データの論理構造を定義するとともに、応用プログラマーにデータ呼び出しの経路を意識させる。しかし、現実世界の情報は動的に変化するもので、呼び出し経路に依存した応用プログラムは、動的な変化に合わせるために安定しなくなることが問題となる。したがって、応用プログラムをデータ呼び出しの経路からも独立させるのがよいということになる。図 1.5.10に関係表の例を示す。

関係モデルの概念をより分かりやすくするため、関係モデルで用いる用語を従来のデータ処理における用語と対応付けると：

関係モデルの用語	従来のデータ処理用語
関係、関係表	ファイル
組(タプル)	レコード
属性	データ項目、変数
関係スキーマ	レコード型

ただし、関係とファイルとは完全に等価な対応ではない。

1.5.2.5 分散型データベースシステム

1980年代に入りコンピュータは大型プロセッサによる集中処理形態から複数プロセッサによる水平分散処理形態への変革がはじまった。処理を分散することによる危険の分散、応用のしやすさなど、分散処理の利点が注目されるようになった。特に、最近では、ワークステーションの急速な進歩や、データ通信の普及などにより、分散処理のために望ましい環境が整ってきている。水平分散処理の発達により、従来の電算室の専門家集団による運用から、処理現場での直接的な運用へと変換している。

分散型データベースシステムでは、データベースが複数のプロセッサ（ワークステーション）に分散して管理される。したがって、分散型データベースは分散処理の一形態といえることができる。分散型データベースシステムのモデルには種々のものが考えられるが、通常、応用システム共通のデータベースが複数のワークステーション管理下に分散し、プロセッサ間はLANのようなデータ通信路によって結ばれている。データの問い合わせなどを行うエンドユーザーは自分が参照しようとするデータがどこのワークステーションにあるかを意識する必要がないようにする。

分散型データベースシステムの長所としては、

- (1) システムの信頼性が向上する。
- (2) 柔軟なシステム開発・保守ができる。

短所としては、

- (1) データ参照のために通信回路網の制御を伴うので、データ呼び出しのためのオペレーティングシステムの制御が複雑となる。
- (2) システムの運用は集中型より複雑となる。

などがあげられる。水平分散型のデータベースの技術的検討項目としては、スキーマの不均質、プロセッサ間の接続方式、複数の利用者によるデータベースの同時実行制御などがあげられる。また水平分散型のデータベースにおいて、ワークステーションの数が20台以上になると、データベースの管理が複雑になる。従って、より大規模のデータベースはメインフレーム（ミニ・スーパーコンピュータ）を加えた垂直・水平分散型データベースを考える。

1.5.3 リモートセンシング・データベース

第1.5.1.2節で述べたように、衛星画像や地理情報、そしてそれらの属性データ、種々の統計量など、異なるソースによる多様で、大量のデータを統合化し、蓄積し、また、種々の応用に利用できるようなシステムへの要求がある。しかし、このような要求に対して、従来のファイル・オリエンテッドなデータの蓄積方法では対応が難しい。その理由は、さ

きにも述べたように、従来の処理方法ではプログラムとファイルとの間の依存性をつくるためである。したがって、衛星画像や地理情報などのデータ処理をデータ・ストレージから分離する必要がある。

リモートセンシング、および、GIS用ソフトウェアシステムが多く市販されるようになってきている。しかし、それらはデータベース・マネジメントシステムを含んでいないのが普通である。したがって、広域を対象としたデータの統合化の能力は小さく、データの保護に対する必要な機能も含んでいないことが問題となる。

他方、市販されているデータベース・マネジメントシステムは、例えば、電話番号や住所を知ったり、お金をある口座から他の口座へ転送するというような目的のために考えられている。この場合、データベースのデータ容量は大きくとれても、応用処理のために一度にアクセスできるデータ量は極く少量である。GISでは一度に数キロから数メガバイト、リモートセンシング(RS)では数メガから数百メガバイトのデータをアクセスし、処理し、また、表示しなければならない。このような目的に対して、データのアクセスや転送処理の速度の遅さが大きな障害となる。RSやGISでの処理においてデータのアクセスに時間がかかるようになると、円滑に対話処理をおこなうのが難しくなる。対話処理に対応する十分の速度で、地図や画像を検索できるようなデータベースシステムが必要である。

リモートセンシング・データベースが、通常のデータベースと異なるもう一つの点はシームレス(seamless)のデータベースを必要としていることである。地図や画像は1枚1枚のシート状に区切られており、マップシート単位として取り扱うのが普通である。そのため、解析対象地域が地図や画像の境界で分断されてしまうようでは不都合である。したがって、利用者が自由に地図や画像を移動し、また、拡大、縮小のようなズームングが実現できるようなシームレスのデータベースシステムが望ましい。

1.5.3.1 GISとデータベース

地理情報システムで、CRT画面表示を対象に考えたとき、データベースからアクセスし効果的に処理・表示されるデータ量は一画面当たり約2,000から5,000の点、線、およびシンボルとされる。対話処理において、レスポンスが30秒以内でないと、仕事の継続、集中力の持続に支障をきたすようになる。また、1枚の地図のデータ量は約1メガバイト程度とされる。市販のデータベースシステムは、このような大量のデータを一度に、高速でアクセスするようには考えられていない。その1つの解決方法として、ある機能のソフトウェアモジュールの集まりを層とし、図1.5.11に示すような層構造にすることが試みられている。一番下の第1層はデータアクセスの改良に
関係し、ファイルシステムをアクセスするためのオペレーティングシステムの機能と直

接関係し、また、データ要素(レコード)に対して内部レコード同定子により、データを記憶したり検索したりする。

第2の層はデータ保護のためのもので、基本的には第1層と同じオペレーションである。データベースの変更が他のユーザーの損失にならないよう保証し、また、機密保護のための施錠(lock)をする。第3層は地番などの数値によるデータを緯度、経度などの地理的座標系にもとづいてアクセスするためのものである。一番上の第4層はGISのユーザーへのサービスを与えるもので、データアクセスに対する論理的ルール、および、この論理的スキーマにもとづく操作を提供する。

地理情報システムのデータベースが通常のもものと異なるもう1つの点は、応用において、点、線、シンボルなどの要素が、他の点、線、シンボルなどの要素と論理的に“近傍”とか“隣接”とかのような空間的な関係により関係づけられ、結合されることである。例えば、国道16号線に隣接する水田とか、利根川につながる川などである。したがって、関係する要素の組を効率よくアクセスできるかが問題となる。

1.5.3.2 リモートセンシングとGISとの統合化とデータベース

リモートセンシングのデータ解析では、GISの場合よりも更に大量のデータファイルを扱う。1シーン、約180キロメートル四方をカバーするTMデータのデータ量は約250メガバイトにもなる。このような大量のデータをデータベース化し対話処理に耐えるような速度で自由にアクセスできるような実用的なシステムの実現は難しい。また、最近では、図1.5.2.dに示したようにリモートセンシングデータを有効に利用してゆくために、地理情報システム(GIS)との統合化がすすめられている。

リモートセンシングとGISとを統合化するようなシステムは、

- (1) データの重複、および、非一貫性を減らす(データの共用)
- (2) 種々のデータを集積して利用できるようにする(データの統合管理)
- (3) 応用プログラムの変更、データの修正を容易に、しかも、効率的に行える(データの独立)
- (4) 原データセットからは直接的には得られないような情報が得られる(GIS)

というように、その目標とするところは通常データベースと同じである。

リモートセンシングデータはラスター形式(画像)であり、他方、通常のGISでは地図などをデジタイズして得られたベクター形式のデータを主に扱う。したがって、リモートセンシングデータベースではベクター形式(地図)とラスター形式(画像)の両方の空間情報の効率的な統合化ができるようなデータインターフェースをつくるのが最も重要となる。また、ラスター、および、ベクター形式の空間情報と、属性などの非空間情報とのインターフェースも考える必要がある。

衛星データの解析と利用を中心とするようなシステムではベクター形式よりもラスタ形式の地理情報システムのほうが衛星データとの整合性がよく、しかも、処理が容易となり、単純なオーバーレイ解析だけでなく、高度のモデリングによる解析や評価がしやすくなる。解析結果はラスタまたは、ベクターの形で出力する。したがって、考えられるシステムは、通常のリレーショナルデータベース・マネジメントシステム (RDBMS) とラスタ形式の空間モデリングシステム (GIS) とによって構成され、しかも、ベクター形式のGISと強力な連携をもつようなものとなろう。図 1.5.12 に統合システムの構成を示す。システムは3つのソフトウェア・コンポーネントがコアとなっている。また、(1)データ入力および出力、表示、(2)データベースマネジメント、(3)データの演算処理、などの機能に対応したサブシステムをもつことになる。

図 1.5.13 はRSとGISとを統合化したシステムにおける空間情報の構成要素と非空間情報の構成要素との関係づけの様子を示したものである。ラスタ形式による衛星データの解析結果や地理情報などは地点、または、領域ごとに数値を用いて符号化され (Indexed Region Code) であり、その符号は対応する非空間情報のキー項目 (関係表の関係名、図のREGION) として用いられる。関連する属性は関係名に対する多重属性 (組、タプル) として関係表中に記憶される。図に示されるように、植生図などGISの1つのレイアに対し複数の関係表 (relational table) を定義することにより、データベースのより高度の利用が可能となる。ランドツルースや、土地利用解析のためのトレーニングエリアなどのデータベースも関係表の形でつくればよい。このようにすることにより、空間情報の演算処理を簡便なリレーショナル演算処理に置き換えることができるようになる。また、リレーショナル演算によって得られた新しい属性は、さらに、次の空間演算処理 (ベクター形式による) や、表示に利用される。

空間データの検索には2つの方法が考えられる。第1はラスタベースの情報システムによるもので、地理的座標系により必要な領域を定義し、また、その領域内の関係する属性情報を非空間データベースから検索する。小縮尺の検索用地図 (索引図) をシステムに登録し、小縮尺から大縮尺の地図へと何段かのレベルを経て検索対象領域の地図を表示したり、解析に利用したりするのもよい。第2は地域名、都市名、特定の作物耕作地などの属性から検索するもので、このとき、関係代数、関係論理などのデータ操作 (リレーショナル演算) を適用することにより、より複雑な条件による検索が実現することになる。対応する領域の画像データはリレーショナル演算によって選択された関係表の空間インデックスを用いて、ラスタ形式の画像データベース

から検索される。

このようなシステムによる解析処理の典型は次のようになる。

- (1) 地理情報をベクター形式の空間情報システム(GIS)によりデジタル化し、修正、編集を行う。
- (2) 次に、ラスター形式の環境かでベクター・ラスター変換し、衛星データと重ね合わせ、オーバーレイ、モデルによる解析、評価、シミュレーションなどを行う。
- (3) 出力処理は、必要に応じて、ラスター形式とベクター形式の混合によるハイブリッド・グラフィックスを用いて行う。

図 1.5.14 にデータベース開発の流れを示す。データベースの設計に当たって、人のトレーニング、装置の利用価値、計算機システムの技術的トレンド、費用/性能などについて十分検討の必要がある。

1.5.4 データベース処理環境

1.5.4.1 トレンド

コンピュータ産業で大きな変換が起きている(図 1.5.15)。MPU(超小型演算処理装置)の急激な進歩で、パソコン、ワークステーションなど、机の上にのせられるような小型計算機の性能が飛躍的に向上している。そのため、中型機、大型機(メインフレーム)などの必要性が急速に減り、絶滅の運命にあるとさえ言われるようになってきている。1987年ごろから実用化の始まった32ビットMPUの威力は大きく、これを使ったパソコンは70年代の小型メインフレームに匹敵する能力を発揮する。従来、メインフレームは自動車ほどの大きさで、特別の電源設備、特別の空調などを必要とし、特別な場所におかれていた。大型コンピュータ(図 1.5.16.1)は長い実績を有し、ファイル管理や各種バックアップ機能で優れている。また、複数のプログラムを走らせることができ、一度に多くのユーザーが扱える(マルチタスク)などの利点がある。しかし、ワークステーションは特別の空調施設、電源、広い設置場所などを必要とせず、ディスクサイズ程度の大きさのコンピュータであり、ネットワーク環境(分散処理)、マルチウィンドウ、ユーザーインターフェースなど、使いやすいシステムが市販されるようになってきている。高速のデータ収集やグラフィックス・アプリケーションでも優れたものが多くある。また、縮小命令セットコンピューティング(RISC)アーキテクチャによるチップ、クロック速度の向上、最適化されたコンパイラ技術などによる処理速度の向上により、性能/価格比(コストパフォーマンス)は大型機(メインフレーム)の10倍以上となっている。

データベースシステムは大きなファイルを用いる大規模な情報システムの保守・改

訂を容易にしたいという要求から発展した。したがって、1970年代後半まではデータベースシステムの応用は大型計算機が主であった。しかし、1980年代に入り、計算機環境の急激な進歩により、ワークステーションやパーソナルコンピュータ(PC)のような小型のコンピュータの分野でも、データベースの必要性が高まってきている。そして、データベースは特定の機種や分野の応用システムのためだけではなく、コンピュータシステムのあらゆる分野における基本的な存在となりつつある。そのため、フォートラン77にはデータベース機能が加えられるようになっている。また、第4世代のプログラム言語ではデータベース機能を開発上の1つの特徴としている。

最近では、ワークステーションをサーバとして用いてデータベースを構築し、ネットワークで利用するようなシステムが増大する傾向にある。データベースは“1つの大きなデータベースをもつ”という形から“分散したデータベースをシェアする”形へと発展している。その背景には、分散処理および分散環境におけるデータ、ファイルなどのシェアリング技術の進歩がある。

1.5.4.2 解放型分散処理システム

分散処理環境(図1.5.16.2)はネットワーク(LAN)で接続されたスーパーミニコンピュータシステムによって進歩した。これにより、汎用コンピュータによるホスト集中処理システムに比較し、同じ仕事を3分の1のコストでこなせるようになった。しかし、LANには他のワークステーションのファイル、または、データを使用するとき、必ずファイルの転送が必要となるという大きな欠点がある。そのため、ファイル転送に時間がかかる。重複してファイルを占有するという効率の悪さ、また、時間の経過とともに、バージョンの異なるファイルがネットワーク中のいたるところに点在するようになる、などの問題が生じる。このような欠点を解決するために考えられたのが解放型分散処理システム(図1.5.16.3)である。LANと分散ファイルシステムとを組み合わせた、ワークステーションによる水平型分散処理システムではネットワーク(LAN)上のいかなるファイルも自分のファイルと同様に扱えるようになり、また、他のワークステーションのウィンドを開いて、それに仕事を割り振ることもできる。解放型分散処理システムはホスト集中処理システムに比較して10分の1のコストで同等以上の仕事をすることができる。

パソコン(PC)とワークステーションとの違いはネットワークにある。パソコンをネットワークにつなぐようにすると、パソコンはワークステーション化し、また、ウィンドウ端末化してゆくことになる。パソコンの利用の仕方も、単なるスタンドアロンからネットワークコンピューティングのために、また、大規模システムのなかの周辺情報処理ノードにかわってゆく。

ネットワーク (LAN: ETHERNET) 上にパーソナルコンピュータ (PC) を接続することにより地理情報 (ベクトル) や画像 (ラスター), また, 統計量などのファイルを転送・交換が可能となる。最近では, 32ビット-80386プロセッサ, 300メガバイト以上のハードディスク, また, 1024*1024*32ビット/画素の高解像度イメージボードを用いるような, ワークステーションに近い性能をもつPCシステムが, 低価格で利用できるようになってきている。したがって, データベースにPCシステムを用いることにより, 処理を分散できるようになる。たとえば, デジタイザによる地図入力およびその修正のように, 長時間の入力・対話処理が必要とするような場合に, パソコンでも十分対応でき, したがって, ホストコンピュータの利用効率を高めることができるようになる。ちなみに, デジタイザによる1枚の地図入力には約1週間ぐらいかかるのが普通である。

PCシステム利用上の制約として, MS-DOSを用いることから, 分散ファイルシステムが利用できない, 処理できるファイルの大きさに制約がある, などの問題もあるが, データの入力処理, 出力処理には十分対応できる能力と効率をもっているといえる。

1.5.4.3 ユーザーインターフェイス

コンピュータの利用が拡大し, 多くの人々がコンピュータと触れ合っただけでなく, コンピュータと人とのかわり合い, すなわち, 人間とコンピュータの接点, マン・マシンまたはユーザーインターフェイスが注目をあつめるようになってきている。コンピュータの知識がなくても, ファミコンやMacintoshなど, ほとんど苦勞なしに利用できるようになってきている。これは, ユーザーインターフェイスの仕上がりがよいことを意味している。コンピュータの利用者が増大するとともに, ユーザーインターフェイスの改善や, 工夫がされるようになってきている。使いやすいソフトウェアは, その全ソースコードのうち30から40パーセントがユーザーインターフェイスに占められているという。ユーザーインターフェイスを改善することで, 利用者が使いやすいものとなり, また, 評価が高くなる。

プログラムの実行または対話処理には, コマンド方式, メニュー表示方式がよく知られる。最近では, ビットマップディスプレイと各種のポインティングデバイスの発達により, ユーザーインターフェイスの表示部分にグラフィックスを採用するケースが多くなっている。基本的な目的はメニュー方式と同じであるが, 処理の指定を文字だけでなくグラフィックイメージを使うことで, 処理を分かりやすく, 簡単にできるように工夫するようになってきている。メニュー方式の拡張方式にプルダウン・メニュー方式がある。先頭ラインのメニューを指定するだけで, そのなかのサブメニュー, サブ・サ

ブ・メニューを表示する。表示の際にメニューが垂れ幕のように下がるためプルダウンとよばれる。このメニュー方式の特徴は、選ばれた過程がメニューの一部として残っているため、単純メニュー方式で処理の階層に深く入れれば入るほど行方不明になるという欠点を補ったものである。

ワークステーションではウィンドウシステムが広く使われている。コンピュータの操作環境をできるだけ人間に近づけようとする試みとしてグラフィカル・ユーザー・インターフェイス (GUI) を用いたウィンドウシステムが開発されている。より人間的で自由にアプリケーションを開発するための環境としてハイパーカードが知られる。テキスト、イメージ、サウンドを同じカードという観点で整理し、それらの情報を相互に参照・利用できる環境を構築しようとするものである。

入力デバイスとしてはビットマップディスプレイ、キーボード、マウスなどのほかに、用途別に特定したタッチスクリーン、タッチペン、バーコードリーダーなど、種々の装置が利用されるようになっている。デジタイザーも座標の入力を効率的に行えるようユーザーインターフェイスに工夫がされるようになっている。

1.5.4.4 インドネシア phase II における DB 処理環境

phase II では、1.5.3 節で述べたリモートセンシングと地理情報システムとを統合化するようなシステムの導入が考えられている。

(1) システム構成上の条件

センターで扱う、基礎的な入力データの種類、量を表 1.5.1 に示す。表から基礎的なデータ量は初期的に 7 ギガバイト程度と見積られるが、実際には、PU のスタッフだけでは 5 年かけても整備不可能で、ボコスルタナールなどによる関連する地図データベースを共用するようなシステムとなろう。

システムの利用者数はセンター (PU) のスタッフ約 11 名、および、日本の専門家などが中心となる。

実際のシステム導入上の条件としては、最近の計算機技術のトレンドを反映しているようなシステム、計算機の専門技術者がいなくても保守、管理が容易なシステム、使用電力が小さく、停電や、急な電圧低下が起きても、予備電源などにより、安全に運用できるようなシステム、そして、英文マニュアルが完備しているシステムであることがあげられる。

(2) システム構成

以上から考えられる Phase-II のシステム構成はメインフレーム 1 台によるホスト集中型による環境よりも、より軽く、メンテナンスが容易な、ネットワーク (LAN) で接続されたワークステーション及び PC による水平型分散処理環境によるのが最適と考えられる。すなわち、

1) 衛星データの画像にはPhase-Iで整備されている設備を継続して用いる。

2) Phase-IIのデータベースはWS及びPCによる解放型の水平分散処理環境による。

ライスター形式のデータベース(GIS)とベクター形式のデータベース(GIS)のためにそれぞれ1台のWSを用いる。ベクター形式のデータベース用WSは扱うデータ量が多いので、サーバタイプの大型のWSが適している。この場合、ソフトウェアシステムは市販(ターンキーシステム)のものを利用し、プログラム開発の手数を軽くする。地理的データを分析し、国の機関、地方自治体などの政策をより良い方向に導くためには、データベース機能だけでは不十分であり、データ解析機能が必須となる。そのためには、このプロジェクト独自のモデルの開発、プログラム開発が重要となる。そのため、RDBMSとデータ解析とモデリングのためのWSを別に1台用意する。以上合計3台のWSはネットワーク化を容易とするため同型機種とする。これにより、システムの保守、管理が容易となるだけでなく、1台のシステムが故障しても、残りの2台で緊急的に補うことが可能となる。

ディジタイザーによる入力処理は時間がかかるので、ディジタイザーが繋がれたPCシステムによるベクターベースの入力処理用のGISシステムを設備する。1枚の地図を入力処理するのに1週間かかるとすると、200枚の地図を入力するのに約200週(4年)かかることになる。データベースの整備を速めるためには、入力処理のためのPCシステムを2組以上準備する必要がある。地図データの入力処理をさらに効率化するために、オフラインのオートスキャナーを設備することが望まれる。

地方のPCによるシステムにはライスター形式のデータベース(GIS)が希望されている。地方システムとのデータ交換や、地方のスタッフの教育のために、地方と同一のPCシステムをセンターシステムのネットワーク(LAN)上に1台以上接続する。

データベースのバックアップ用として、600MB程度(5インチ)のリライタブルの光磁気ディスク及び約2ギガバイトのカートリッジ・テープ装置をWS(バックアップ・ファイル・サーバ)に接続する。

Phase-IとPhase-IIの間でのデータ交換は磁気テープによる。

(3) 地方システム

地方システムとしてベクトル形式(画像)のGISの導入が希望されている。また、地図(ベクター)情報の入力処理を地方にも分担させたいという希望がある。したがって、ディジタイザーを接続し、地図の入力も可能とする。センターシステムとのデータ交換はロッピーによる。

<参考文献>

1. 安田嘉純；リモートセンシングデータの利用，計画的国土利用と農業環境保全のためのグラフィックス手法に関する研究会，講演要旨，pp 9～17，農業環境技術研究所（1987）
2. 小碓暉雄；データベース入門，哲学出版（1989）
3. A. U. Frank；Requirements for a Database Management System for a GIS. PERS, vol 54, pp 1557～1564（1988）
4. Q. Zhou；A method for Integrating Remote Sensing and GIS, PERS, vol 55, pp 591～596（1989）
5. D. T. Lauer；Applications of Landsat Data and the Data Base Approach, PERS, vol 52, pp 1193～1199（1986）
6. J. E. Estes et. al.；Pilot Land Data System, PERS, vol 51, pp 703～709（1985）
7. Multi-Purpose Geographic Database Guidelines for Local Government, PESE,（1989）
8. Building Data bases for Global Science；H. Mounscy ed., R. F. Tomlinson gen. ed., Taylor and Francis（1988）

表 1.5.1 入力データの種類と量

入力データの種類

画像（ラスタデータ）：

LANDSAT, MOS-1, SPOT, SAR, AIR-Photo など。

図（点、線などのベクターデータ）：

1/25万 --- 1/5000 地図、主題図（標高、水路、
土壌図など）。

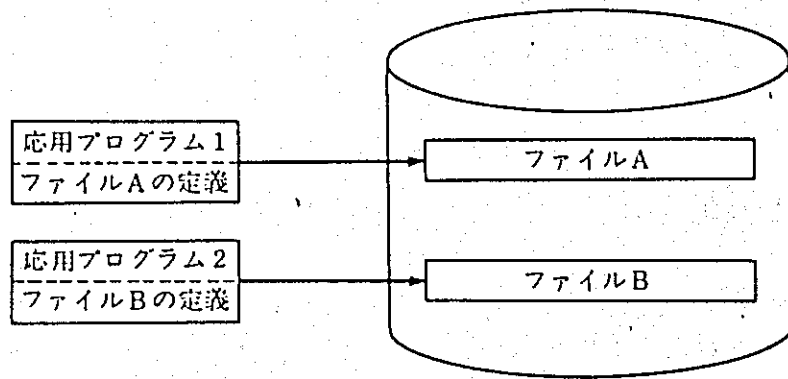
表： 属性、センサデータ、作物収量、降雨量、日照量、気温など。

入力データの量

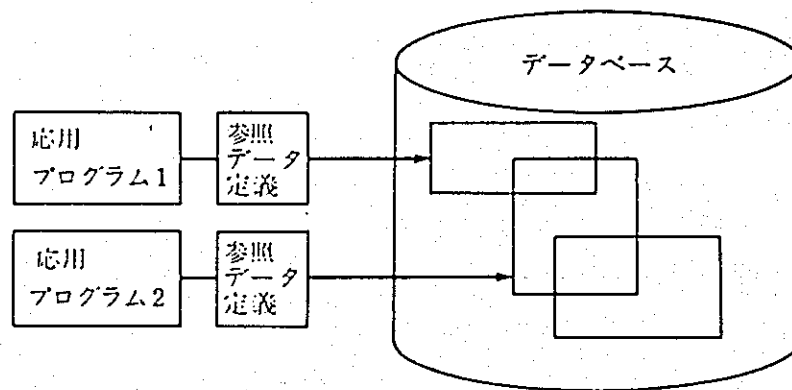
LANDSAT-MSSデータ : インドネシア全土で約179シーン、約
5GByte

地図データ： 全土（1904X1000km²を1/25万でカバーすると
して約100枚。 1枚のデータ量（ベクトルと属性）は約1MBとする
と、1主題図についての全データ量は 1MBX100シーン=100MB
となる。 土壌図、標高図など予定している11主題では 100MB
X11主題=1.1GB となる。 マルチステージ解析では主要対象地
域について 1/5万 --- 1/2500 のデータをふくむピラミッ
ド構造となり、データ量は約2GB程度となろう。

表データ： データ量に関する資料不足。



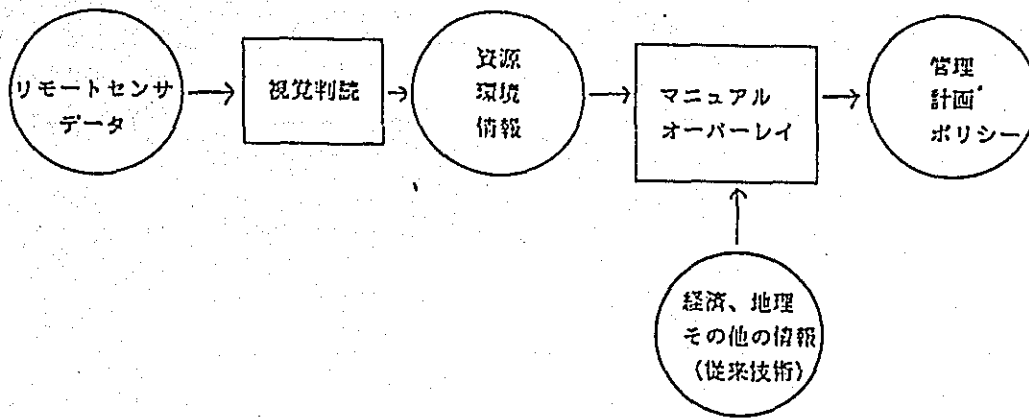
(i) ファイル処理の場合



(ii) データベース処理の場合

図 1.5.1 応用プログラムとデータとの対応

a) 1970年代初期まで



b) 1970年代後半

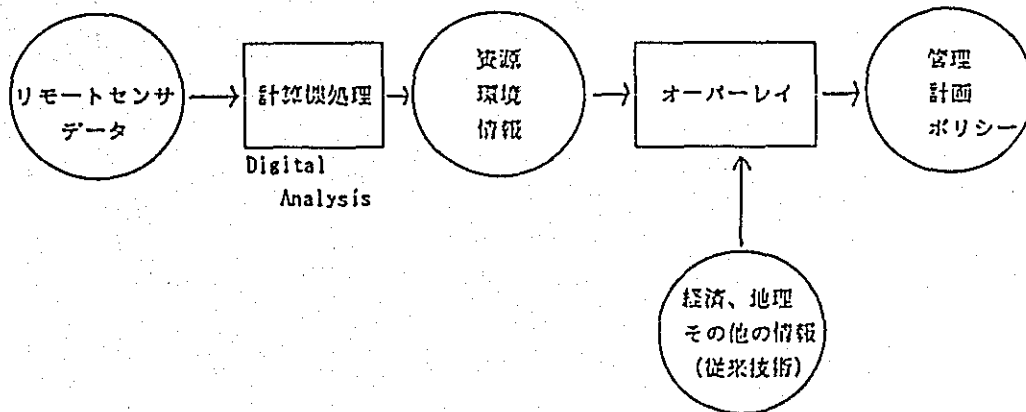
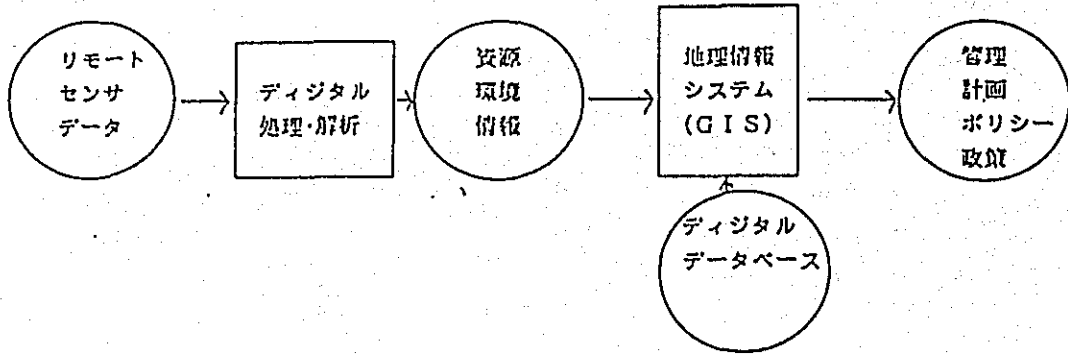
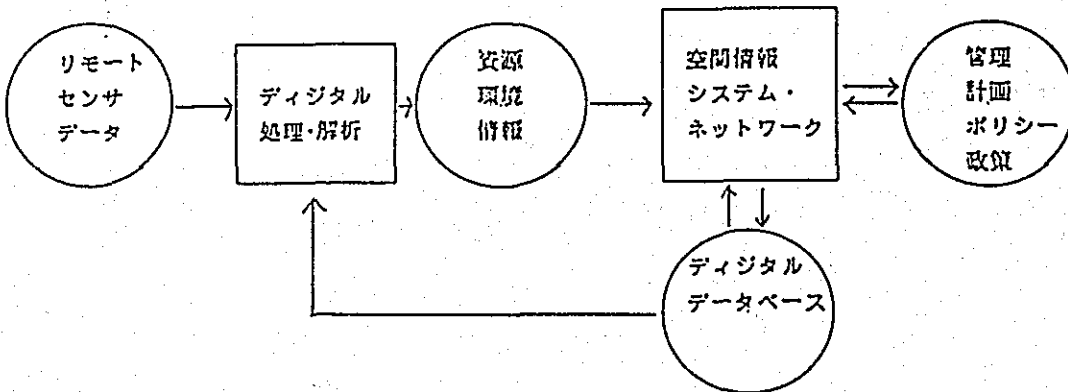


図 1.5.2 リモートセンシングにおけるデータ処理技術の進展

c) 1980年代前半



d) 1980年代後半



[画像データベースおよび空間情報システムの開発]

図 1.5.2 リモートセンシングにおけるデータ処理技術の進展(続き)

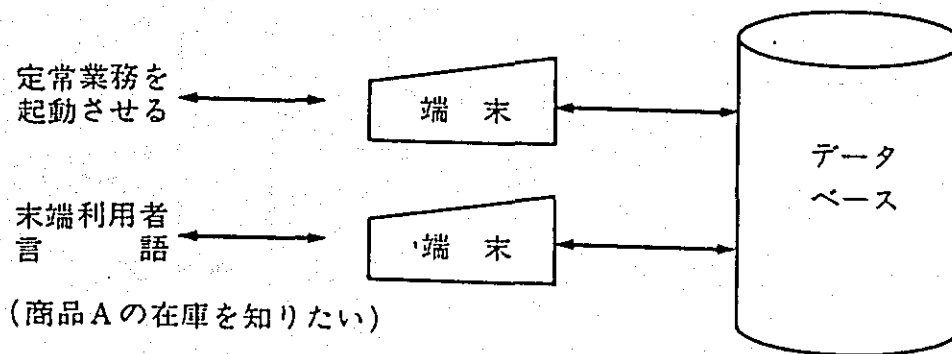


図 1. 5. 3 エンドユーザからみたデータベース

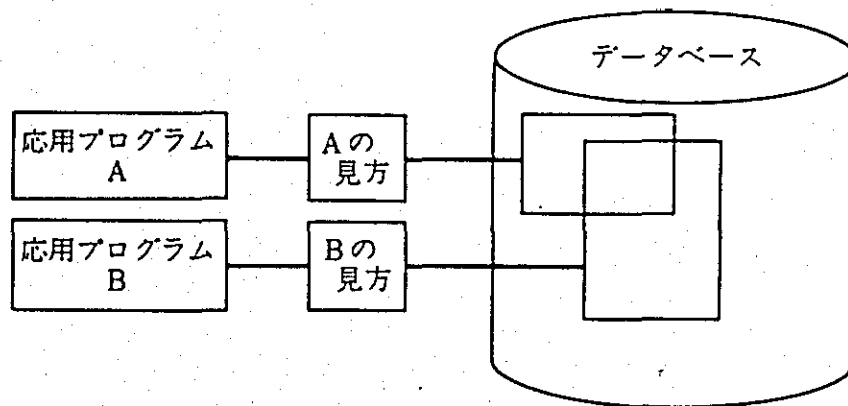


図 1. 5. 4 応用プログラムによるデータの見方

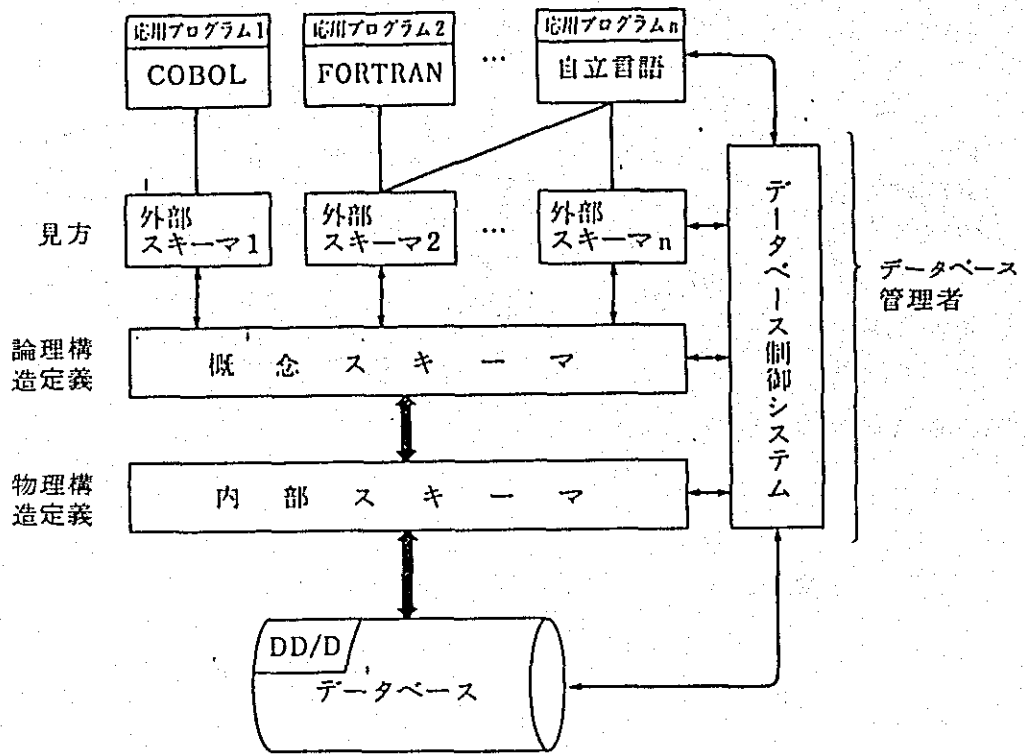


図 1.5.5 データベース管理者からみたデータベース
(三層スキーマによるデータベースシステム)

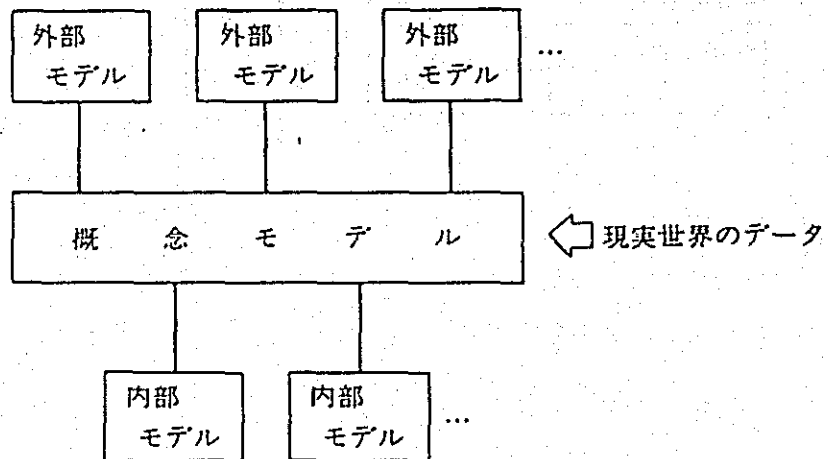


図 1.5.6 3階層のデータモデル

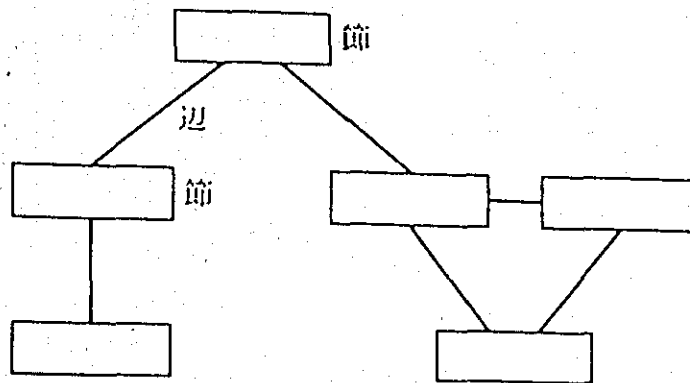


図 1.5.7 トリーの例

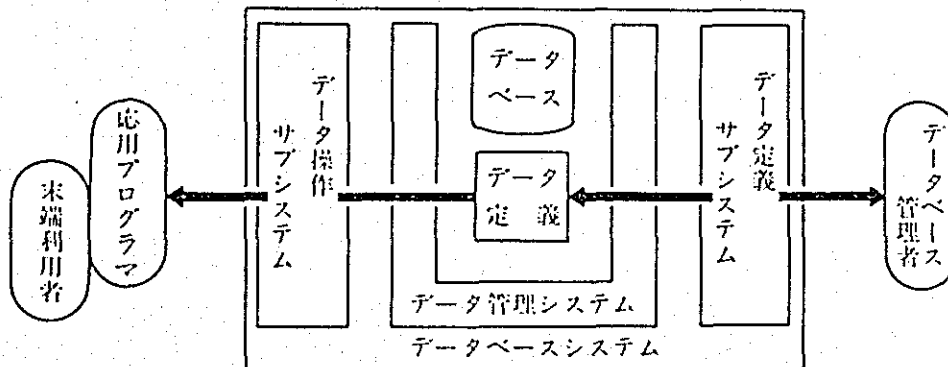


図 1.5.8 データベースシステムの応用概念

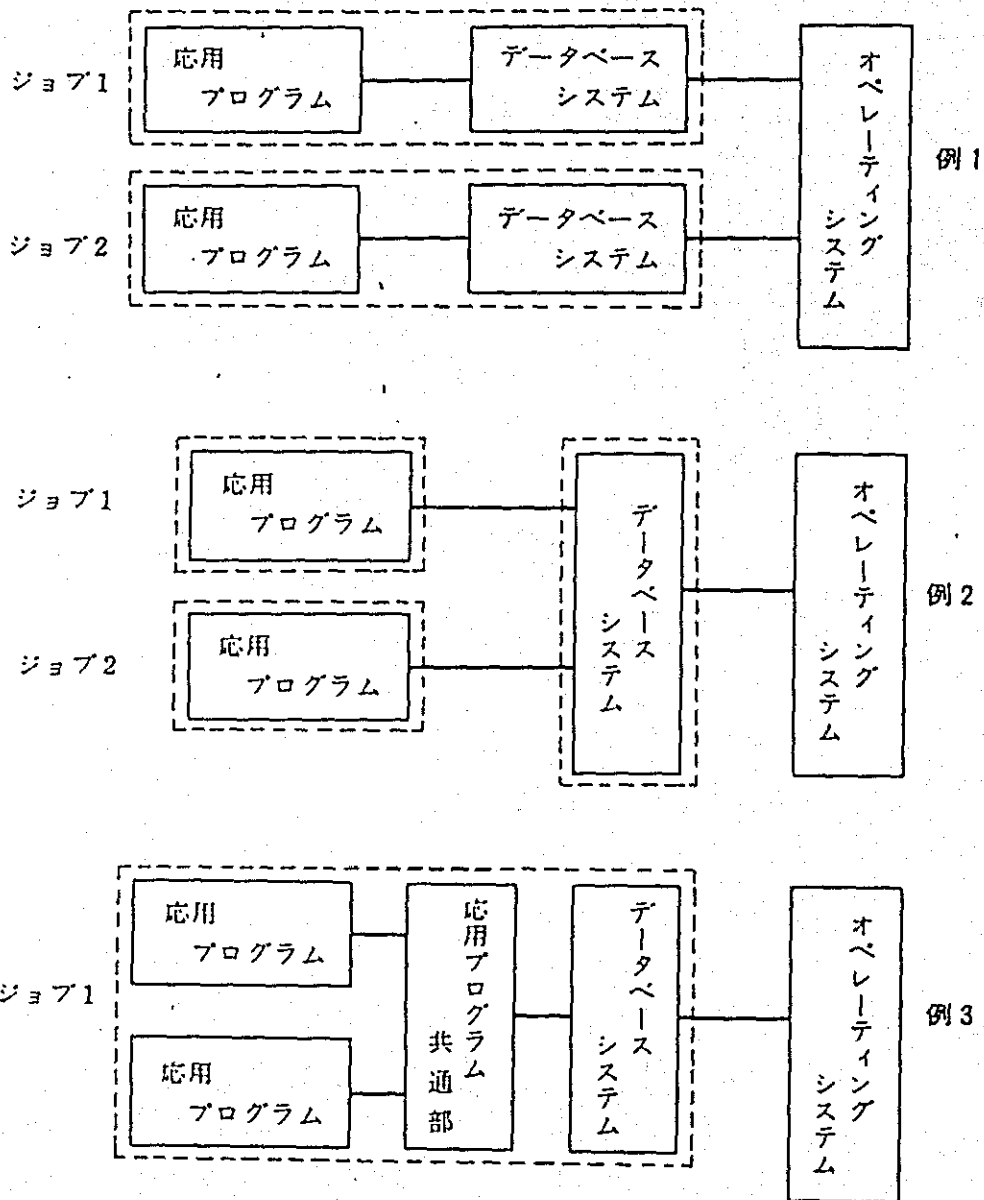


図1.5.9 応用プログラム(GIS)とデータベースシステムとの関係

関係表は一般的に

関係名 (属性名-1、属性名-2、……)

例 1.

植 生	(領域コード タイプ エリア バイオマス量)
-----	-----------------------------------

例 2. リモートセンシングデータ

衛星名	センサ	観測パラメータ
SEASAT	SMMR	SST
SEASAT	SMMR	WIND
SEASAT	ALT	WIND
NIMBUS	SMMR	SST
NIMBUS	CZCS	Ocean Color

図 1. 5. 10 関 係 表

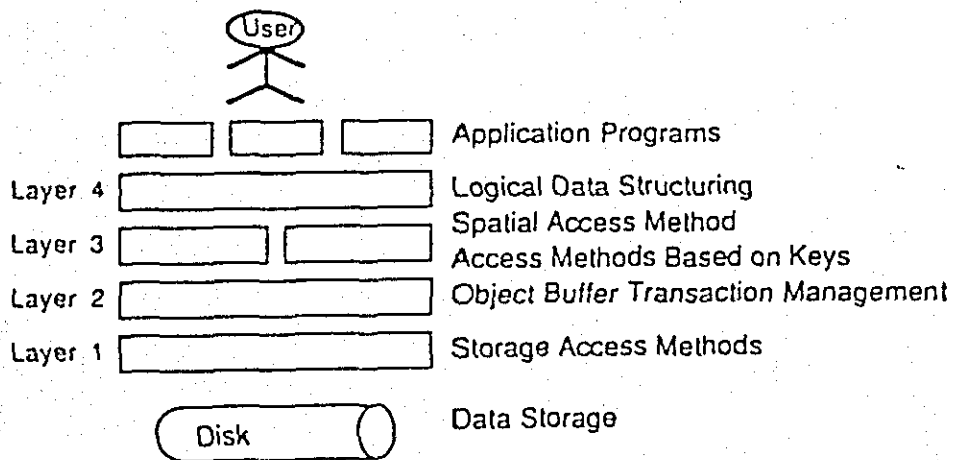


図 1. 5. 11 地理情報データベース管理システムのレイア

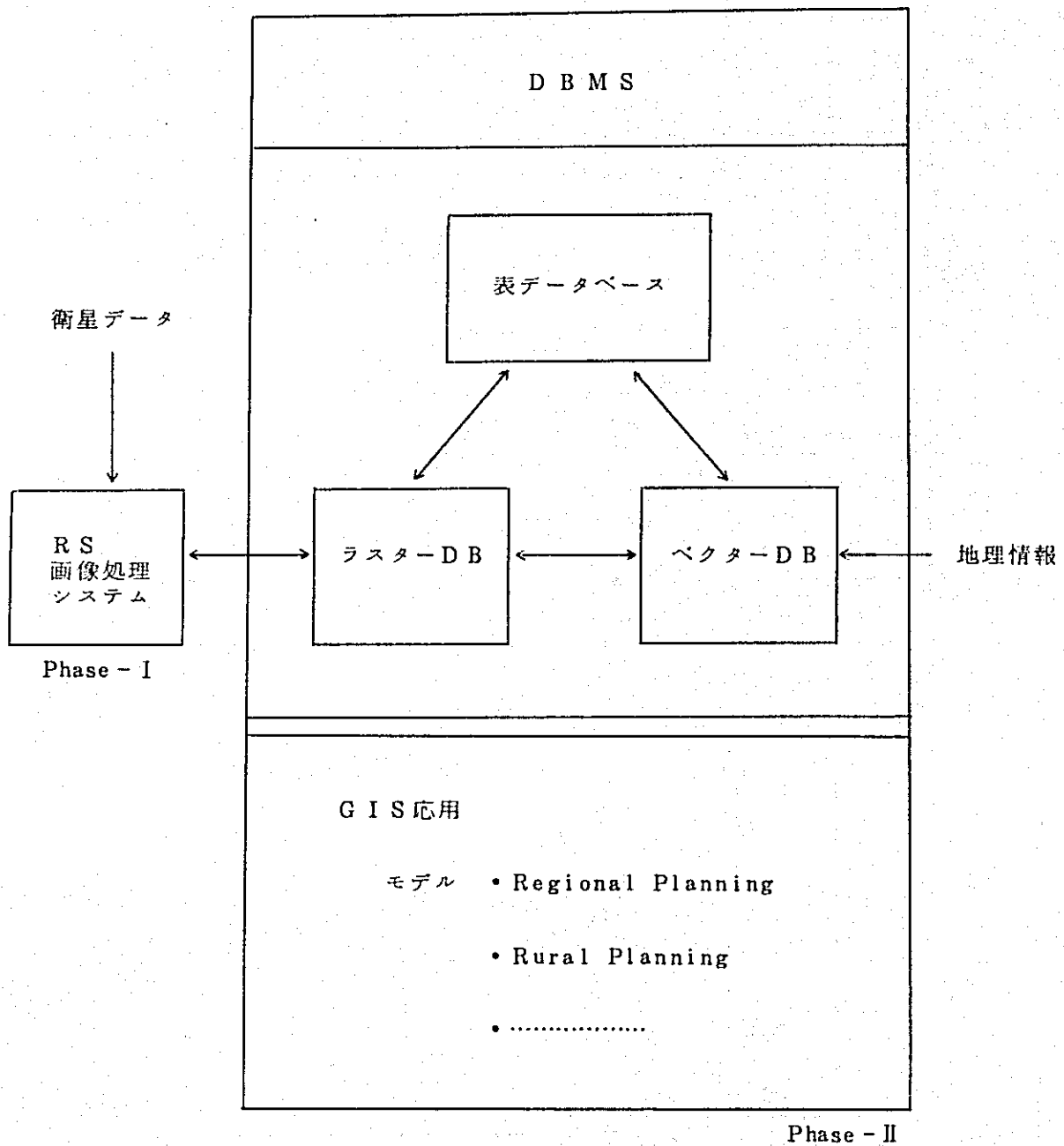
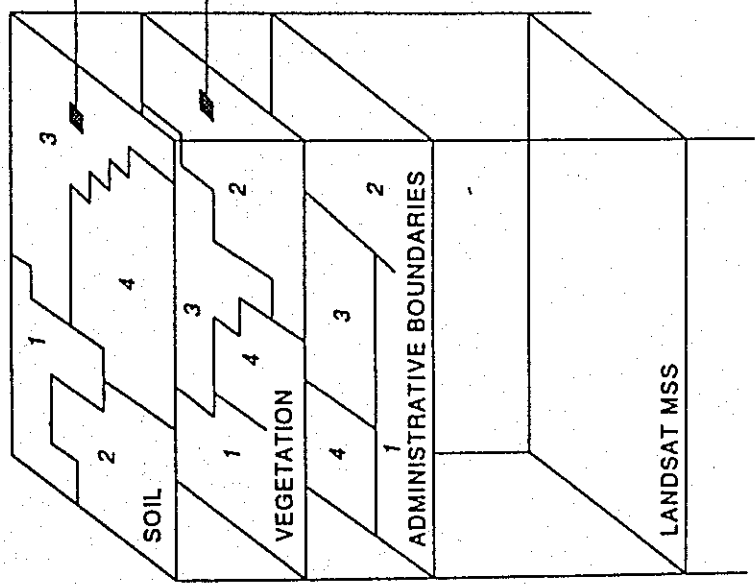


図 1.5.12 リモートセンシング・データベース

(Spatial Component)



(Aspatial Component)

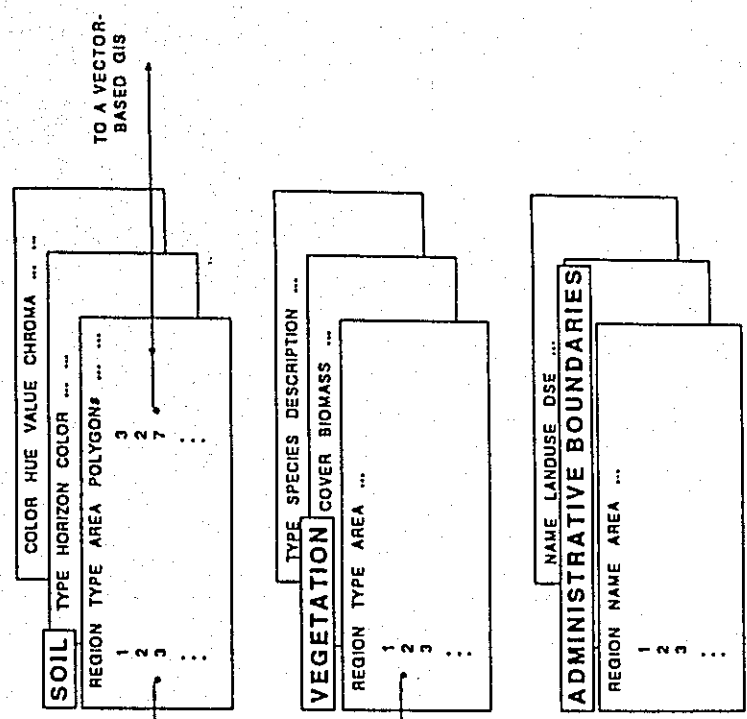


図 1.5.13 リレーショナル空間情報システムにおける画像（ラスター）と関係表との関係

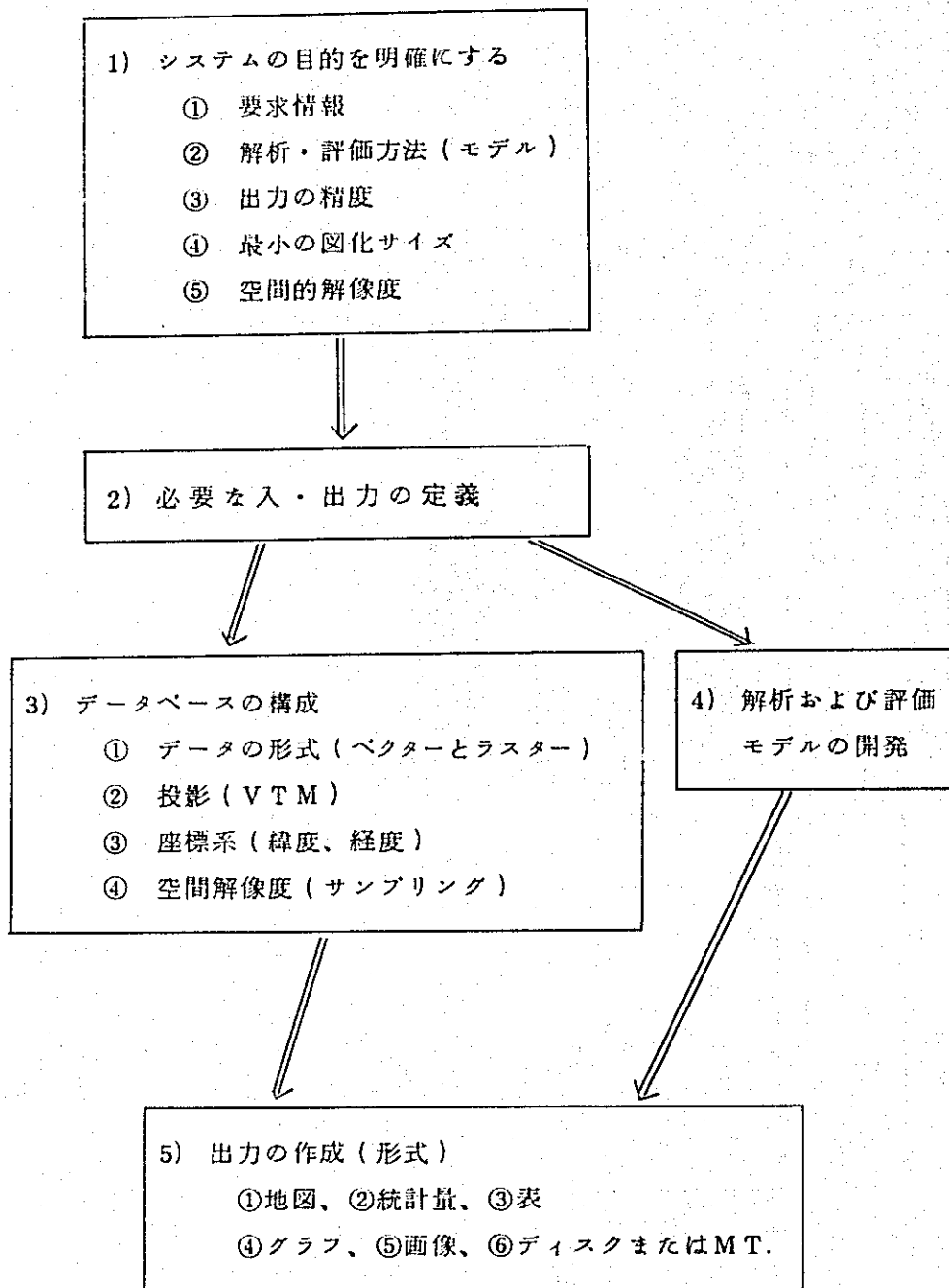


図 1.5.T4 空間データベース開発の流れ

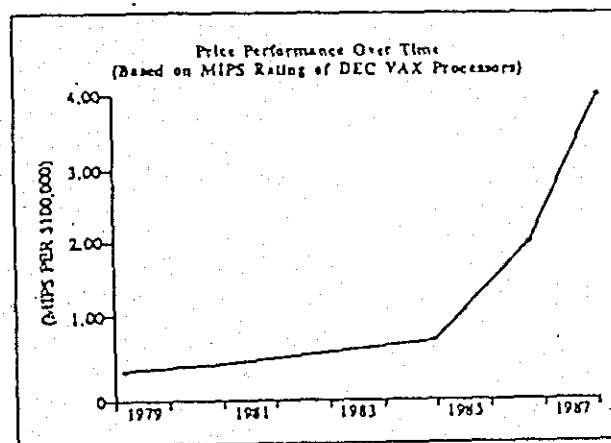
Computer Processor Trends

-1950's: large, single tasking mainframes.

1960's : multitasking computers using third generation programming.

1970's : development of minicomputers and interactive processing.

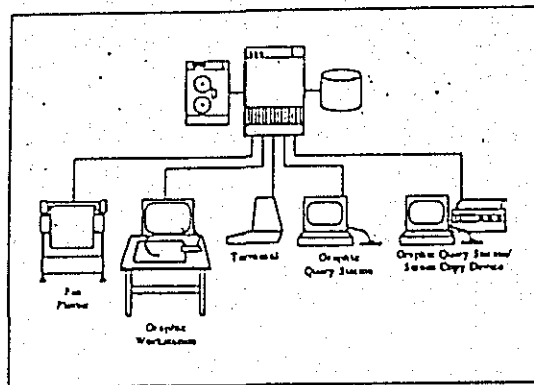
1980's : distributed computing with powerful computers of different sizes (WS. and PC) being computing resources and data.



The past decade has seen a dramatic increase in the performance/cost ratio of computer processors.

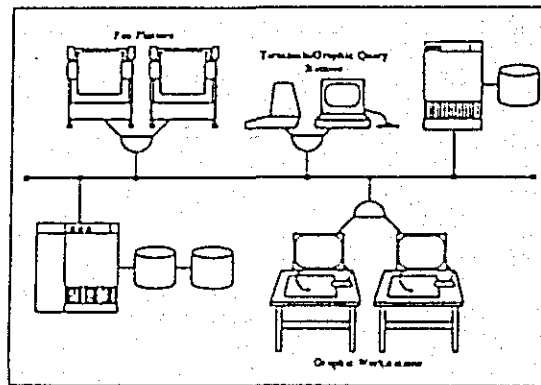
図 1.5.15 計算機の技術トレンド

1) ホスト集中型環境 (汎用コンピュータによる集中処理システム)



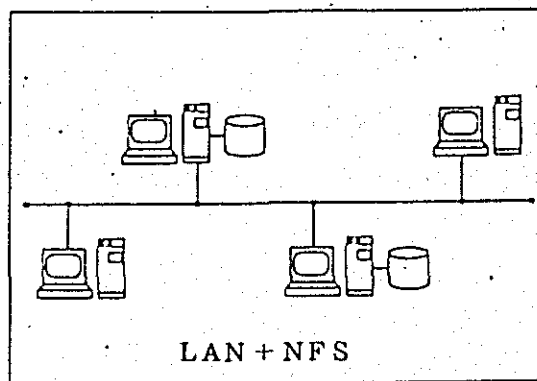
"Asynchronous Connections."

2) 分散処理環境 (ネットワーク (LAN) で接続されたスーパーミニコンピュータ)



1) の集中処理システムに比較し、同じ仕事を $1/3$ のコストでこなせるようになっている。

3) 解放型分散処理環境 (ワークステーションによる水平型分散処理システム (LAN + 分散ファイルシステム))



1) の集中処理システムに比較して $1/10$ のコストで同等以上の仕事をおこなえる。

図 1.5.16 空間情報データベースの処理環境の進展: 1) → 3)。

第 2 部 応 用 編

10/10/10

10/10/10

2.1 農業開発計画基準とリモートセンシング技術の関連

北 村 貞太郎

はしがき

本応用編は、基礎編を受けて、現在実施中のインドネシア公共事業省のリモートセンシングプロジェクト（農業基盤開発のためのリモートセンシング技術プロジェクトフェーズⅡ）を推進することを意識して、それに関係するリモートセンシングの応用技術について記述することとしている。そこで、本章は同プロジェクトのRD（The Record of Discussions, June 6, 1988）の中の1-2-(2)の①の農村開発計画策定のためのガイドラインの作成（Establishment of Guidelines for Formulation of Rural Development Plans）の指針を中心に記述している。なお、同RDの1-2-(2)の②灌漑・排水計画策定のためのガイドラインの作成（Establishment of Guideline for Formulation of Irrigation and Drainage Plans）及び③災害危険地の農地保全図の作成（Production of Farm Land Conservation Maps in Critical Land）に関する指針についても、①の農村開発計画の部門計画として位置づけて若干触れることにする。

しかしながら、本プロジェクトは、リモートセンシング技術を応用して、いかに農村開発計画を作成するかという技術開発に関心があるので、本章における指針内容はリモートセンシング技術を応用した農村開発計画（Rural Development Plan, RuDP）のためのコンピュータ支援システムへの道であり、その成果品のねらいは、農村開発計画のための分析・計画図集ににおいている。そして、リモートセンシング技術をいかにして応用、実用に近づけるかについて若干の私見を述べたものである。

2.1.1 「絵」のリモセンから「地図」のリモセン時代へ

日本リモートセンシング技術の研究が始められて約15年近くにすぎないが、その発展は実に目ざましいものがある。研究内容も充実し、応用分野も広がった。一方、本プロジェクトにおけるように発展途上地域においても、リモートセンシングに関する関心は極めて高い。ところが、この発展途上国の技術需要と先進国側の技術供給の関係においては、どうも両者の関心がすれ違っていることも見逃せない。

先進国側の研究者にとっては、とにかく今や個々の分野のリモートセンシング技術の発展に関心が集中し、その研究内容も深く分化し始めている。したがって、リモートセンシング技術の分野別の進展度に差が付きはじめ、分野別の専門家でないとその技術内容が分からなくなってきた。そのため、それに関係する技術者は、リモートセンシング技術の出発点の頃とは異なり、個別の技術に深く、全体的技術には弱いという結果が生じてい

る。研究者にとっては、研究業績の上からも、どうしても細分化した個々の技術に関心が集中する。このことは、応用分野においても個別に進んでいっており、ある応用分野は進んでいるが、他の応用分野は遅れている。しかも、応用分野の研究者にとっては、コンピュータが進み、ソフトウェアがくるくる変わるのにつれ、それにフローする事だけでも大変ということになっている。

それに加えて、リモートセンシングの技術研究者には、コンピュータ技術専門家が多く、その解析結果として重要な「地図」に関する基本的知識が極めて浅い。リモートセンシングをはじめ、初めて地図に接する研究者や、現地地図情報に関する現地調査（植物、土壌、土地利用など）の経験が皆無である研究者が多い。判読にいたっては零の知識ということが多い。この結果、リモートセンシング技術と地図化技術の接点は未だに確立されておらず、特にランドトランスとの技術的連携性が極めて遅れているのが実状である。

一方、発展途上国の技術者、研究者にとってのリモートセンシングは、コンピュータに接したこともない人で、コンピュータ技術に問題のある場合が多い。ところが、そのようなコンピュータ技術が低いにもかかわらず、一方では、リモートセンシングで得られた成果を地域開発、資源開発などに具体的に実用化することを要求する。特に、リモートセンシングは面情報であるので、「地図」すらない地域の開発・保全のために格好の技術となってくる。

したがって、発展途上国が要求するリモートセンシングは、リモートセンシング技術自身の高度化よりも、土地の面積報が「地図」として要求されてくるところにある。個々のリモートセンシング技術の精度もさることながら、「地図」的精度の高いリモートセンシングの成果が欲しいわけである。しかも、最近ではSPOT等で20mメッシュ情報が得られるものとなってくると、なおさらその要求が高くなっていく。例えば、20mは1/50,000の地図で0.4mm、1/10,000の地図では2mmの地図が得られることになる。したがって、発展途上国の人々にとっては、リモートセンシングによる地図作成への期待が大きい。ところが、今日のところ、我が国のリモートセンシング技術研究においては、まだこうしたリモートセンシングによる地図作り技術は始まったばかりという感が深い。今日通常のリモートセンシング画像の大半は「絵」であって「地図」ではない。ところが、発展途上国向けのリモートセンシング技術は、高度なリモートセンシング技術による個々の側面の精度や高い技術移転により、ランドトランス技術との結びつきのしっかりした地図的精度の高い技術移転が要求されているといえる。

したがって、我が国のリモートセンシング技術と発展途上国側の技術のための需要と供給を結び付ける上では、「絵」のためのリモセン時代から、「地図」のためのリモセン時代に転化することが不可欠である。特にその技術移転に当たっても、応用的見地からの

「地図」のためのリモセンに重点をおくことが強く望まれるところである。

本プロジェクトの場合も、フェーズⅠは、「絵」のリモセン技術導入時代であったが、フェーズⅡは「地図」のリモセン技術導入が最も重要な課題となっていることに注目しておきたい。したがって、本プロジェクトのRDにおいても、その内容は記述されており、農業基盤開発の基礎となる農村開発計画のガイドラインづくりを軸に展開されることが記されている。このことからしても、本プロジェクトの展開方向は農村開発計画のために、具体的に役立つリモートセンシング技術を確立していくことが強く望まれている。

2.1.2 農村開発計画の内容

このプロジェクトにおける農村開発計画の内容は、RDの中で必ずしも明確に規定されているとはいえないが、上述したように、RDの1-2-(2)の中の農業基盤開発のためのガイドラインの一つとして記述されている。しかし、そこでの農村開発計画は、農業基盤開発のための基礎となる計画であり、広義には農業基盤開発計画を含めるものと考えておく。

RuDPは国際的用語としては、小規模な村落開発計画 (Village Development Plan) またはコミュニティ開発計画 (Community Development Plan) の意味で用いられている。したがって、RuDPをこの意味でとらえると、地図スケールの点からもリモートセンシングを応用するメリットは少ない。

しかし、プロジェクト形成過程の理解では、ここでいうRuDPは農村における地域開発計画 (Regional Development Plan in Rural Areas) の総合計画 (Comprehensive Plan) の意味、それに対して灌漑・排水計画 (Irrigation & Drainage Plan, IDP) と農地保全図 (Farm Land Conservation Map, FLCM) は、その部門計画 (Sector Plan) の意味に捉えている¹⁾。総合計画としての地域開発計画は、地域の規模によっていろいろと異なるが、技術的観点からすると、大規模な地域の資源配分計画としての地域開発計画 (約1/50,000より小さい地図スケールで考えるとき、広域農村開発計画) と土地利用計画を中心とした農村開発計画 (約1/25,000~1/10,000地図スケールで考えるとき、中域農村開発計画) に分けておく必要がある。また、これらの地域開発計画及び農村開発計画のいずれもがリモートセンシングの応用という観点からすると、その内容をすべて含めるといふわけには

1) 総合計画 (Comprehensive Plan) と部門計画 (Sector Plan)

前者は、地域計画では、表2.1.1に示すように地域全体にかかる人口計画、土地利用計画、地域経済計画などに対する呼称であるのに対して、部門計画は農業計画、工業計画の各産業部門別計画に対する用語として用いられる。この日本語でいう総合計画 (Comprehensive Plan) は、地域計画論では主として基本計画 (Master Plan, 事業などの実施計画の前提となる計画) の意味で用いられる。これと紛らわしい用語で Integrated Rural Development Plan (総合農村開発計画) という場合の総合 (Integrated) は、先の Comprehensive が全体的という意味に近いのに対し、統合の意味に近く、様々な事業を統合した計画というニュアンスがあることに注意しておきたい。

いかない。そこで、それらを物象計画 (Physical Plan) に限定して考えることが必要であり、それらを、

① 農村開発計画の内の Macroscopic な Physical Plan としてのマクロな土地利用計画

② 農村開発計画の内の Microscopic な Physical Plan としての土地利用計画

と考えて作業に対処することが望まれる。

しかしながら、リモートセンシングの利用限界及び農村開発計画を扱う地図スケールが約 1/10,000 であることを考慮すると、ミクロ (Micro) な土地利用計画のガイドラインづくりにはやや無理があることも前提としておかななくてはならない。そこで、このプロジェクトのいう農村開発計画の内容は、広域農村計画 (Macroscopic Rural Plan) と考えておくのが実用的と考えられる。

すなわち、ここでいう農村開発計画は、地域計画論全体の立場からいうと、狭義の地域計画、インドネシアの計画論の枠組でいうとケチャマタン (Kecamatan) レベルからカブパテン (Kabupaten) レベルの地域計画的内容の含みを持つものと考えておくことができる。少なくとも、このレベルの計画技術を確立しておけば、インドネシアの農村地域における地域計画の実用性を向上できよう。場合によっては、州 (Province) レベルの計画策定に役立つものと考えられる。

しかしながら、以上のような考え方で農村開発計画を考える場合であっても、それは、内容的に社会・経済計画を含むとともに多くの部門計画 (Sector Plan) を含んでいる。しかし、本リモートセンシングプロジェクトとしては、次の枠内に限定しておくのが望まれる。

① 物象計画領域に極力限定して、特に土地利用計画 (Land Use Plan) を中軸に考える。

② ここでいう農村開発計画は基本計画 (Master Plan) レベルのものを指し、事業の実施計画を意味しない。

③ 部門計画は、IDP 及び FLCM に関する一部に限定し、森林計画、農業構造計画などは含めない。そのため、それらの計画は、この農村開発計画の枠内で考える。

④ 内容の精粗は5年間のプロジェクトという枠内に限る。

ところで、農村開発計画の内容を地域計画全体として考えると、例えば表 2.1.1 に示すような多くの内容が含まれる。また、この様な地域計画は、内容が広範で、しかも計画内容が抽象的なもの、しかも空間的表示を必要とするため、それを地域計画図集として表示し、図を通じて計画内容を人々の理解を助けるようにする方法がとられる。この種の方法は、西ヨーロッパ (特にドイツ) などでもとられている。もともと地域計画 (都市計画、農村計画を含む) でいう「計画」という意味は、単なる企画とかプログラミングという意味ではなく、「地図」

(Plan) からきている。都市計画にしても農村計画そして地域計画は、その計画内容を地図化することに意味がある。したがって、西ドイツ等の各種地域計画では、上述したような多くの計画関連図集が用意されている。この傾向は、オランダの技術系統を引くインドネシア計画技術においても同様である。後述するように、カプパテンの空間開発計画の成果として計画図についてもいえる。

そこで、表 2.1.1 の地域計画図に則した地域計画図として考えられるものを例に示すと表 2.1.2 に示すように多くの計画関連図がある。しかし、実用上は、各地域の実情に沿ってその内容を取捨選択して計画図が作成されることが望まれる。本リモートセンシングプロジェクトとしては、農村開発計画策定を支援するシステムを開発するという点を考慮するとき、上記 4 つの要件に即するには、農村開発計画策定手法開発の中でも、特にこれら計画図のアウトプット化を目指すことが、コンピュータ利用の機能性及び計画の実用性から考えて重要である。

また、部門計画としては、本プロジェクトの内容からして、

灌漑・排水計画 (RD-1-2-(2)-②)

農地保全図 (RD-1-2-(2)-③)

の 2 つを中心に考える必要があり、その前提として、上記のマクロな土地利用計画よりやや詳細な土地分級図や土地保全評価図 (Critical Land 評価図等) も必要である。以上から、これら考えると内容的には次の 4 つの計画が必要となる。

- ① 土地分級と土地利用計画
- ② 災害危険地 (Critical Land) 評価と農地保全計画
- ③ 灌漑計画
- ④ 排水計画

2.1.3 農村開発計画とリモートセンシング技術

本プロジェクトの農村開発計画 (地域計画) においては、上述したように多くの地域分析図や計画図を用意することが望ましい。

しかしながら、本プロジェクトとして、表 2.1.2 に示すような地域計画図集を作成することは、5 年間という制限からも不可能である。そこで、インドネシアの具体的計画事例を参考にして、表 2.1.2 にある地域計画図集の中から、その重要なものを適宜選択しなくてはならない。そこで本プロジェクトとしては、後述する代表的なものについて地域計画図集作成の方法論を定めなくてはならない。それに基づいて、現地技術がこれらを具体的に引き継ぐ必要がある。

そこでまず、具体的にインドネシアの人間居住総局の都市・農村開発局の計画作業にお

ける計画図を調べてみる。同局の空間計画 (Spatial Planning) の構成は図 2.1.1 に示すとおりである。この中で本プロジェクトの農村開発計画に近い計画は、地方/カブパテン空間開発計画 (1 : 50,000 ~ 1 : 100,000) であるが、その計画図集の内容を調べると下記の通りである。

- ① 地形図 (KEMIRINGAN LAHAN, Geomorphological Map)
- ② 土壌図 (TANAH, Soil Map)
- ③ 分水界図 (SUB DAS, Watershed Map)
- ④ 土地利用図 (PENGGUNAAN LAHAN, Land Use Map)
- ⑤ 森林図 (KAWASAN HUTAN, Forestry Plan Map)
- ⑥ 湿地適地図 (KESESUAIAN LAHAN PADI SAWAH, Wet Land Suitability Map)
- ⑦ 乾地適地図 (KESESUAIAN LAHAN UNTUK TANAMAN PANGAN LAHAN KERING, Dry Land Suitability Map)
- ⑧ 永年作物適地図 (KESESUAIAN LAHAN UNTUK TANAMAN TAHUNAN, Crop Suitability Map)
- ⑨ 交通図 (POLA ORIENTASI PERGERAKAN, Transportation Map)
- ⑩ 構造計画図 (RENCANA STRUKTUR TATA RUANG, Structure Plan)
- ⑪ 広域土地利用計画図 (RENCANA ALOKASI PENGGUNAAN RUANG, Macroscopic Land Use Plan)
- ⑫ 道路図 (KONDISI JALAN, Road Map)

当局ではこれらの図の作成基準を鋭意作成中である。しかし、担当者は、これではまだまだ不十分であり、しかも、これらの図のコンピュータ化、さらにはリモートセンシング技術の活用が得られることがこれらのわれわれの最大の課題であるといっている。これらの計画図集は、表 2.1.2 に掲げたものに比べてもまだまだ不十分であることは明白である。

したがって、リモートセンシング技術に加えて、こうした「地図」化技術が進展すれば、計画技術の進展はまちがいない。本プロジェクトで現在導入が図られているハードウェアを考えると、こうした計画図集づくりが十分対応可能な状況にある。問題はソフトウェアの開発が特に必要である。

ところで、これらの計画図の地図スケールは、図 2.1.1 に示すようにこれらの地図のスケールはそれぞれ

- ① 地方・カブパテン空間開発計画 (Regional/Kabupaten Spatial Development Plan) で、1 / 50,000 ~ 1 / 100,000
- ② 地区詳細開発計画 (Area Detail Development Plan) で、1 / 20,000

であることからしても、リモートセンシング技術の拡張によってこれらの実用化が十分可能な段階であることがいえる。

フェーズⅠで実施してきた作業において、上記計画図の中の土壤図、土地利用図、植生図及び農地適地図は作成可能となった。しかしながら、フェーズⅠの作業の目的意識が単に適地図に限定され、リモセン技術導入に重力が注がれたため、こうした実用図づくりの技術体系を作り上げることで成巧していない。これは誠に残念なことであったといえる。このことは、リモセン技術が「絵」を作ることに焦点がおかれ、「地図」への認識が欠けていたことにもよるものである。

そのため、このフェーズⅡのインドネシア側の強い要請は、その実用化となって現れてきたわけで、本プロジェクトが「地図」化リモートセンシングへ向けることの重要性が特に感じられる。

ところで、当面リモートセンシングプロジェクトとして、計画図集に取り込むものの重要度を筆者の判断で仮にランク付けしてみると表 2.1.2 のⅠ、Ⅱ……で表示してある。Ⅰ、Ⅱを抽出してみると、次のような地図で、本プロジェクトではせめてこれらの地図作成を支援するシステムができることを期待したい。

Ⅰ 環境主題図 — 地形図、土壤図、水文図、土地被覆図

環境評価図 — 災害危険地図、湿地評価図、農地評価図（水田適地図、畑適地図、果樹適地図）、水環境・資源評価図

物象計画図 — 行政区域図、地域分類図、土地利用現況図
計画地域区分図、土地利用計画図

部門計画図 — 農業施設図、水利施設図
農地整備計画図、水利計画図

Ⅱ 環境主題図 — 気象図

環境評価図 — 地形分類図

物象計画図 — 活動・資源分布図、総合立地計画図

部門計画図 — 集落施設図、集落整備計画図

— 公共施設図、公共施設計画図

— 道路・交通施設図、道路・交通計画図

2.1.4 農村開発計画ガイドラインの作成

本節では、本プロジェクトとしての農村開発計画に関する作業の概要を述べ、農村開発計画ガイドライン作りの指針に供したい。

2.1.4.1 計画手法

地域計画を作成するプロセスは、通常次の7段階に分かれる。

- ① 企画（目標設定）
- ② 組織（主体）形成
- ③ 調査（情報収集）
- ④ 分析
- ⑤ 計画（基本計画，実施計画）
- ⑥ 計画事業と計画規制の実施
- ⑦ 評価・管理

このプロセスの内、③情報収集、④分析及び⑤計画が計画作成の核となるものである。本プロジェクトの課題は、この3つの課題を体系化し、そのうちコンピュータが利用可能なものはできる限りコンピュータ化するとともに、リモートセンシングが活用できる側面はその活用を図る体系、すなわち、農村開発計画作成のためのコンピュータ支援システムを作成していくことといえる。

このシステムは、図2.1.2に示すように、3つのシステムに大別できる。すなわち、

- ① 地域情報集（データベース）
- ② 地域分析書
- ③ 地域計画書

を作成することになる。地域情報集の作成では、可能な限りデータを数値化し、データベースを作成することであり、地域分析書はそれを用いて実施した地域の分析結果をとりまとめることである。地域計画書は、それに基づいて作成される。

この3段階の計画作業もコンピュータシステムとしてみると、内容的には図2.1.3に示すように入力処理—計算処理—出力処理の3種に分けられる。このうち、入力処理、出力処理には共通するものが多く、計算処理部分が地域情報処理、地域分析、地域診断・設計のそれぞれで異なってくる。したがって、本プロジェクトのシステムづくりにおいては、この点も十分考慮しておく必要がある。

2.1.4.2 農村開発計画ガイドライン作成業務の進め方

農村開発計画ガイドライン作成については、上述した状況を踏まえ、まず、表2.1.2に示した1レベルの農村開発計画図集づくりと上記の地域計画手法システムの確立に焦点を絞って進めることを提案する。

このことは、このガイドライン作成は上述したようにインドネシアにおける州及びカブパテンレベルの計画にほぼ準じており、インドネシア側のそれらの計画作成上の要望に具体的に答えることができる。そればかりでなく、この計画図集を作成することから、農業基盤開発におけるマスタープランレベルの構想を1/50,000レベルの地図上でとりまとめることができ、灌漑計画、農地保全計画の目標を明確にする役割を備えることができる。

この様な内容を明確に知るには、モデル地域で、とにかく地域情報集、地域分析書及び地域計画書の事例を1セット作成することである。そして、この経験をもとにしてガイドラインは、各図面作成システムごとに、作成することである。この作業の進め方としては、第一ステップとして、分析及び計画技術的には初歩的なものでも、とにかく地域分析・計画図集を1セット作ることを目標におくことが望まれる。そして、その図集をもとにして、分析・計画技術を順次レベルアップしていくことが重要である。

こうしたガイドラインと作業と平行して、本プロジェクトとしては、プロジェクト関連部局の関係する地図、計画書、統計・データベース等を的確に把握して、各関連部局の要望に対して的確に対応できる態勢を整えることによって関連部局からの協力が得られやすい体制とすることも重要な課題といえる。このためにはインドネシアにおける地図・統計・計画書事例集も別途作成しておくことが大切な課題である。

2.1.5 農村開発計画の基準

上記のように、農村開発計画のガイドラインは、地域情報集、地域分析書及び地域計画書の3種に分けてまとめられるのが望まれるが、その作成に当たっての留意点は下記の通りである。

2.1.5.1 地域情報集の作成

今日、リモートセンシング技術はかなり進んできたが、リモートセンシングで得られる画像データを地表データと比較するために必要な地上のグラントルース技術及びそれらをリンクする技術、特に地表情報収集技術は遅れている。地表情報をきちんと迅速に入手し、データベース化する技術がないとリモートセンシング技術の進歩がない。

本プロジェクトの場合も、フェーズIでグラントルース及び地表情報のデータベース化の技術は必ずしも完成されていない。しかし、今後本プロジェクトを実用化して行くには、これらの技術を完成させることが、一般的リモートセンシングデータベースを完成させる以上に大切であるとともに困難な作業であり、多くの未知の領域が残されている。ここでは特に地域情報集づくりに注意したい点に触れておく。

地域情報集作成サブシステムは、①一次データ作成、②二次データ作成、③データベース作成の3つの段階からなっており、第3段階のデータベース化への入力段階までかなりの作業量が必要であることに注意すべきであり、作業の簡易化のための改善が必要である。特に、本プロジェクトの場合、地方センター側から提供される地域情報収集のあり方は十分検討されなければならないし、これが確立されない限り中央と地方との情報交換は不可能に近いであろう。

(1) 一次データ作成サブシステム

このシステムは具体的データ収集技術が中心となる。この場合、データ集作成手法自体は難しいことではない。むしろ調査方法を正しく認識することが大切である。また、アンケートなどについては標準的アンケート様式を用意しておかなくてはならない。

このデータ集作成には7種の小サブシステムがある。

- ① 現地調査システム
- ② アンケート調査システム
- ③ 一般資料収集システム
- ④ 指定統計収集システム
- ⑤ 地図収集システム
- ⑥ 写真情報収集システム
- ⑦ データベース情報収集システム

調査に際しては、これらのデータの種類に応じて調査体制を作ることである。農村開発計画のためのデータ項目はこのシステムごとに異なってくる。当面の技術開発上必要と思われるデータは、各システム別に主要なものを事例的に示すと表 2.1.3 に掲げるとおりである。本プロジェクトとしては、表 2.1.3 に示す一次データ項目(例)に沿ったデータ収集システムを検討する必要がある。

地図スケール 1/50,000 レベルの計画においては、デサ(Desa)及びクルラハン(Kelurahan)レベルのアンケートが必要となる。このためには、センターとしては、デサ・データカードを用意し、それにデータを記入する方法をとる必要がある。

(2) 二次データ集作成サブシステム

このシステムは、一次データを二次データに変換する作業である。地域計画システムにおける二次データは、次の2つの要件を満たすようにしなければならない。

- ① 地域分析上不可欠な地域単位別または地域間データであること
- ② コンピュータ入力に便利な入力形式にデータが整理されていること

したがって、二次データ作成に当たっては、地域単位図をまず作成することにある。そこで、統計等数値データは一次データの数値単位域を地域単位別に変換する必要がある。また、道路などのデータについては地域間データに変換しなくてはならない。今まではこうしたデータに基づいて地域分析が行われてきた。

地図関連データの入力のためには、ラスタ形式の入力か、ベクトル形式の入力かをデータごとに識別し、自動入力が可能のように一定のトレース作業などが必要である。

(3) データベース作成サブシステム

このシステムの主目的は、地域単位別または地域間データを入力し、地域分析を容易にするデータベースを作ることである。このシステムでは図 2.1.3 に示したシステムのように大別して3種(入力、計算、出力処理)が必要である。

データベース作成サブシステムは、コンピュータの導入にともない新しく入ってきたものである。この作業は従来なかった作業である。すなわち、コンピュータ化は、質的には従来より多くの作業を要求している。作業を多くしてコンピュータ化する意義は、

- ① 大規模データの保管が統一的にできる
- ② データの分析が容易である
- ③ 地域分析・計画書作成などが省力化・迅速化される
- ④ 地域分析・計画書が統一的に作成できる

にある。特にデータベース化のねらいは③及び④のためにある。

各小システムに次のような機能が備えられなくてはならない。

① 二次データ入力(変換)システム

二次データ入力システムでは二次データを入力する作業と原データベースを変換してシステムに入力する作業が含まれる。

入力するデータには、凡そ5種が考えられる。

- ① 統計データベース
- ② 地図情報データベース
- ③ リモートセンシングデータベース(例: LANDSAT MSSテープ)
- ④ 既存地域情報データベース
- ⑤ 一般情報データベース

このシステムで重要なことは地域分析に役立つデータを作ること、すでに述べたように、統計データでは、地域分析に適切な地域単位別または地域間別にデータを統一することである。例えば、人口データは人口調査区単位のデータをこの分析で用いる地域単位別データに変換することであろう。また、②の場合は地域単位の境界入力が不可欠であり、③にしてもLANDSATのメッシュデータを地域単位別データに変換することである。その他についても同様のことがいえる。したがって、今日見られるリモートセンシングによるデータは、地域計画上のデータとして考えるとまだ原データに近いデータにすぎない。

② データベース点検システム

このシステムでは各データの質を簡単に点検しておくプロセスが必要で、データミスの点検も必要となる。ヒストグラム計算、平均値、標準偏差値程度はこのシステムで算定できることが望まれる。

③ データベース(出力)システム

どのようなデータベース集にするかの様式を定めておき、地域分析部門別データ解析に便利なようにとりまとめる。

2.1.5.2 地域分析・計画図の作成

地域の分析と計画は、密接に関係しており、結果としての地域分析書と地域計画書は別々になるが、分析・計画はむしろ一貫した点が多い。そこで、本節では各部門別に今後のガイドライン作りで留意すべき点について述べておくこととする。

(1) 計画前提

計画の前提条件には、対象地域周辺についての外部条件(周辺地域条件)と対象地域自体に係る内部条件に分けられる。

いずれにしても、当該地域の計画策定上前提となる事項を明らかにして、図上に表示する。周辺地域条件の場合は、幹線交通及び水利条件が特に重要な要件であり隣接地域の土

地利用目的も留意すべき点である。後者の内部条件は、現状で維持していくもの及び計画され実現されることが明白な基盤・施設などをはっきり表示することである。したがって、特にリモートセンシングの技術を必要とするものではないが統一的図化技術の整理が必要となる。

(2) 環境保全計画

環境保全は自然的環境保全（地形、地質、土壌、水文、植生、動物）と人文的環境保全（文化財、遺跡）に分けられる。このうち、地域計画上で、基本となる環境データは、地形、地質、土壌、水文、気象、植生である。動物分布、文化財分布は必要に応じて付加する。環境保全のための地図は、環境主題図と環境評価図に分けることができる。環境主題図は、自然に人為的評価を加えないものであるのに対して、環境評価図は環境主題図に描かれた自然に何らかの人為的評価を加え、環境保全計画及びこれに続く社会・経済計画、物象計画及び部門計画（農業計画、林業計画、交通計画、水利計画等）の基礎となる図を指している。したがって、環境評価図は単に環境保全対象を見出すためのデータだけではない。

これらの環境保全関連図のなかで、リモートセンシングに関連して最も基本となるデータは地形データである。今後のリモートセンシングの発展によって、将来は地形解析まで可能なリモートセンシングデータ（例、SPOT）が入手できることにもなるが、当面地形図の地形データは、ディジタイザ入力によらなくてはならないであろう。それに対して、その他の環境主題図である地質図、土壌図、植生図、動物分布図及び気象図は、現地トレーニングデータ及びリモートセンシングデータを用いて作成することが可能であろう。しかし、水文図は当面、地形データ解析から作成され、リモートセンシングは不要である。将来、水文図において、水文学的貯溜域、侵入域及び侵出域が降雨蒸発散データを用いて解析することが可能となってくるときは、リモートセンシングデータ（温度、地表被覆）が不可欠となるが、今日のところでは、これらはまだ研究段階である。

一方、環境評価図は、地域計画を策定する地域特性に応じて異なるが、一般的には表2.1.2に示した各種の評価図が必要である。現在のところいろいろな地域計画書にはこれらの一部が掲載されている。これらは、いろいろな評価基準を含む評価モデル解析を通じて得られるものである。しかも、今日のところ環境評価モデルは定まったものがない現状から、事例別に作成可能となる標準的なものを検討する必要がある。

したがって、リモートセンシングを応用して作成される環境図の作成は、当面、図2.1.4に示すこととなる。しかし、ここで、地質図、土壌図、植生図などの主題図モデルが確立されていない場合は、地形図作成と同一になる。

環境保全計画の作成は、図2.1.5に示すようなフローチャートに沿って行われるが、図2.1.4で示したモデル解析部分のソフトウェアを開発することが、本プロジェクトの主な

る役割である。なお、これらのソフトウェア開発に当たっては、各地図の専門的評価が必要であり、これらについては、本プロジェクトの関係機関に協力を求めることが不可欠であろう。インドネシアの場合には、当面およそ表2.1.4に示す機関が考えられるが、今後とも各機関の地図資料を収集して環境評価のあり方を検討しておく必要がある。

(3) 物象計画 (Physical plan)

今日までのところ、物象計画の概念は明瞭になっていないが、ここでは次の計画図を作成する計画を一括して物象計画と呼んでおく。

- ① 計画副地域区分図 (中心地を含む)
- ② 総合立地計画図
- ③ 広域土地利用計画図 (空間計画)

①は計画副地域区分の提案であり、各副地域の特性と中心地の提案を表示する。

②は計画副地域別に人口密度、土地利用比率、産業立地などの計画値を表示したものを指す。

③はマクロな土地利用計画図等 (施設破置図を含む) であり、必要に応じて、森林保全域を示し、地域の空間構造を示すものをいう。

これらの計画図の基礎として、現行の行政区画区分図、地域分類図、人口密度分布図、土地利用現況図などが必要となる。このうち、地域分類図が地域の将来構造を判断する上で重要である。

本プロジェクトとしては、行政区画区分図の入力はサポートする必要があり、地域分類図では、社会・経済情報を含めた地域情報に基づく地域分類のソフトウェアを開発しなくてはならない。地域分類では、その前提として、土地利用現況図が必要で、このためには、リモートセンシング技術により土地利用現況図の作成技術が最も基本的課題となる。リモートセンシングを利用した土地利用現況図の作成は以外と完成していない。リモートセンシングによって現されている土地利用現況図の多くは土地被覆図であって、土地利用現況図でない。土地利用現況図としての区分は、インドネシアでは凡そ次の区分が必要となろう。

- ① 市街地・集落
- ② 水田
- ③ 畑
- ④ 果樹園
- ⑤ プランテーション
- ⑥ 樹木菜園
- ⑦ 森林
- ⑧ 草地・雑木地

- ⑨ 荒地・裸地
- ⑩ 湿地
- ⑪ 交通用地
- ⑫ 水利用地（河川，湖沼，水面）

更に、土地利用現況図には、行政区境界（必要に応じて地域分類区分界）及び主要施設及びスケール（縮尺）の記入が必要となるが、これらは別途現地情報から入力する必要がある。したがって、本プロジェクトとしては土地利用現況図作成ソフトウェアの開発自身は大きな課題の一つとなる。総合立地現況図としては、人口データ及び土地利用面積計測による人口密度などが必要である。これらの物象構造分析・計画に関するフローは、大枠で図2.1.6に示すとおりである。

したがって、物象構造分析のためには次の諸分析が不可欠となる。

- ① 地域単位分析
- ② 土地利用現況分析
- ③ 土地利用面積算定
- ④ 地域分類
- ⑤ 総合立地分析

この過程を全てまとめたソフトウェアの開発は、かなりの作業であるが、このような物象計画に関するソフトウェア開発は、世界的に完成されたものは見当たらない。本プロジェクトとしては、まず土地利用現況図サブシステムの完成から出発すべきところであろう。

(4) 社会・経済計画

今日では、国家レベルの計画では、社会・経済計画が非常に高いウェイトを占めている。そのため、経済計画が空間計画に優先し、場合によって特定の空間に必要以上の荷重に係る結果となっている。ところが、本プロジェクトで対象とする地域レベルの計画では、社会・経済計画の立案は、極めて難しい。多くの場合、データ不足である。インドネシアの場合には、デサ・レベルのデータ集積がほとんど無く、社会・経済構造は、ケチャマタン・レベルでようやく知ることができる。したがって、本プロジェクトの社会・経済分析は当面、ケチャマタン・レベルのものとなり、若干のデータの補足によって作成することとなる。

また、こうしたレベルの地域計画における社会・経済モデルの研究も比較的少ない。したがって、本プロジェクトとしては社会・経済構造の初歩的分析から出発し、社会・経済構造の図的表示方法を開発することに努め、社会・経済モデル分析の進展にともないモデルを順次レベルアップすることである。

本プロジェクトにおける社会・経済計画は、人口計画と経済計画に大別しておく。社会

・経済計画図としては他の計画図サイズの図に人口・経済に関する分析・計画結果を図表に表示する。例えば、人口の分布や経済の地域別（ケチャマタン別）特性を各地域上に円グラフまたは棒グラフなどによって表示する方法をとる。これによって、社会・経済構造を分かりやすくするものである。

社会・経済現象の図的表示は、最近多くみられるようになってきたが、計画図としてこれらの図的表示方法が統一されている段階にない。しかも、様々の図例がある。したがって、本プロジェクトとしては、カブパテン計画で実際に使われている計画図を参考にしていくつかの事例を作っていく必要がある。

当面は、次のような図面を手がかりに始めることであろう。

- ① 人口推計図
- ② 人口分布図
- ③ 地域総生産の傾向分析
- ④ 地域産業別生産及び同比率
- ⑤ 産業別輸出入構造

(5) 基盤・施設計画

ここで基盤・施設計画としたのは、一般の地域計画としては、産業・生活構造を含む部門計画である。しかし、本プロジェクトは2.1.2で述べたように物象計画（Physical Planning）を重視し、主として基盤・施設整備計画図集作成に限定している。

内容としては、表2.1.2に示したように次の7つに分類できる。

- ① 農業基盤整備計画図
- ② 林業基盤整備計画図
- ③ 商・工業整備計画図
- ④ 集落整備計画図
- ⑤ 道路・交通計画図
- ⑥ 水利計画図
- ⑦ 供給・処理施設計画図

この他に、鉱業開発計画、水産業開発計画、レクリエーション計画等もあるが、適宜必要に応じて加えるものとして、当面プロジェクトとしては除外する。

更に、計画図の質的内容から、①②を組み合わせると農林業基盤整備計画、③④を組み合わせると集落整備計画、供給・処理計画の中の上・下水道計画を水利計画に含めることとし、電気・通信計画を除外するとほぼ次に示す4種の計画となる。本プロジェクトとしては、当面この4種の計画に重点をやくことであろう。

① 農林業整備計画

本計画は、いずれも適地選定を行った上で、適地における基盤・施設計画の概要を示すものである。このうち、農業基盤施設に限定しておく、この計画が本プロジェクトの中心ともいえる。農業適地図作成については、既にフェーズⅠで完成している。しかし、農業基盤・施設計画を作成する場合には、単に農業適地図があっただけでは計画を作成することが出来ない。例え農業水利施設・農道等の調査が必要であるとともに、当該地域の農業構造も示される必要がある。そのため、分析図としては、単に農業適地を示すだけでなく、農業構造、農業水利施設評価も合わせて図上に表示する技術が必要である。

② 集落整備計画

これまでの農村の計画においては、とかく農業基盤整備に偏りがちであったが、これからは、農村の集落改善についてもしるべき処理が必要である。そのため、将来に向けての集落改善についてもしるべき処理が必要である。そこで、土地利用計画として定められた集落立地の整備方針を定める必要がある。この計画については住宅整備計画、生活環境施設整備計画及び商・工業整備計画も含めることが必要であろう。

③ 交通計画

交通の主要系統は、土地利用計画上定めているが、ここでは道路状況、重点的に整備すべき道路の計画が必要となる。交通分析では、OD表の作成、道路交通量の測定などが欠かせない。

④ 水利計画

農村地域の水利計画は灌漑排水計画が中心であるが、上・下水道計画を含め、水に関する全ての計画を統合していく必要がある。

む す び

農村整備計画ガイドラインの作成は、農村整備計画技術開発としては、画期的なことである。また、単に農村整備計画の範囲内だけでなく、地域計画全般としても注目すべきもので、是非成功することを願いたい。

現在の地域計画技術は、他の専門科学技術に比較してまた必ずしも高いレベルにあるとはいえない。そういうレベルに達しない理由はたくさん数えられるが、その一つには、地域計画関係の情報処理技術の遅れにある。学際的情報を手際よく処理し、計画技術そのものの研究に没頭する体制が必要である。何分にも、今日の地域計画は、計画そのものより計画以前のデータ処理に時間がかかり過ぎ、肝心の計画が十分検討されない状況にある。そうした計画技術の遅れを、このプロジェクトによって一歩でも前進させたい。

そのためには、計画家が高度なコンピュータ技術に悩まされない、ハンディなソフトウェアの開発、パーソナルコンピュータの利用を願って止まない。そのため、このガイドラインの作成における原則としては、パーソナルコンピュータ用を指向すべきというのである。これが、計画分野へのコンピュータ利用を深めることである。

また、このガイドラインづくりを地理情報システム(GIS)の一貫として考える思考から脱皮することが大切である。むしろ、計画情報処理システム(Planning Information Processing System)の創造へ向かうことでありたい。特にリモートセンシングの応用という見地に立つときには、その成果をきちんとした「地図」に仕上げる技術体系の確立が急がれている。このためには、特にランドトランスとリモートセンシング技術の結合が重要である。したがって、本プロジェクトの推進に当たっては、単にコンピュータ技術の精緻化だけでなく、ランドトランスを含む情報収集技術の確立が大切であることを忘れないうにしたい。

計画は、単に地図情報の重ね合わせで生まれるものではなく、新しい地域のデザイン技術が含まれることに注目しておきたい。将来は建築用CAD的要素を多分に折り込み、ARC/INFOやERDASから脱皮した独自のプログラミングソフトウェア体制が確立されることを願うものである。

表 2.1.1 地域計画書の構成

はしがき		3章	物象計画
計画組織		1.	計画地域区分
要約		2.	総合(活動・資源)立地計画
		3.	広域土地利用計画
		4章	地域社会計画
		1.	人口計画
		2.	就業計画
		3.	社会組織計画
		5章	地域経済計画
		1.	所得改善計画
		2.	産業構造計画
		3.	土地経済計画(土地・建物)
		4.	金融計画
序章	計画の目的	3編	部門計画
1.	計画の対象・期間	1章	産業開発計画
2.	計画の方法	1.	鉱業開発(鉱業施設)
		2.	農業開発(水田, 畑, 果樹園)
1編	総論(地域計画の構想)	3.	林業開発(林地)
1章	計画の前提	4.	水産業開発(水産施設)
1.	当該国の一般的背景	5.	工業開発
2.	地域状況	6.	商業開発
3.	計画の行政	7.	観光開発
4.	計画の水準	2章	生活・福祉(集落)計画
2章	計画の課題	1.	家庭生活・住宅
1.	環境	2.	保健・衛生・医療
2.	物象	3.	社会福祉
3.	社会	4.	教育・研究
4.	経済	5.	レクリエーション
5.	産業	3章	基盤・施設計画
6.	生活	1.	防災・防衛施設
7.	基盤・施設	2.	公共施設計画
3章	総合計画構想	3.	道路・交通計画
1.	環境保全構想	4.	水利計画
2.	物象計画構想	5.	供給・処理施設(電気・ガス・上・下水道)
3.	地域社会構想		
4.	地域経済構想	4編	実施計画方針
4章	部門計画構想	1章	実施計画の考え方
1.	産業開発構想	2章	計画主体形成構想
2.	生活・福祉構想	1.	事業組織構想
3.	基盤・施設構想	2.	普及活動戦略
5章	実施計画構想	3章	計画財政構想
1.	計画組織	4章	開発戦略構想
2.	計画財政	1.	地域計画の実施構想
3.	開発戦略	2.	地域計画規制の構想
		3.	地域計画事業の構想
2編	総合計画		
1章	計画の前提		
1.	地域状況		
2.	地域計画		
3.	計画規制		
4.	計画事業		
2章	環境保全計画		
1.	自然環境保全		
2.	文化環境保全		

表 2.1.2 地域計画図の構成

分析図		計画図	
I	計画前提		
1.	周辺地域条件図	III	
2.	既存計画行政図	III	
II	環境保全計画(総合計画)		
II A	環境主題図		
1.	気象図(温度分布図, 降水分布図)	II	
2.	水文図	I	
3.	土地被覆図	I	
4.	地形図	I	
5.	地形分類図	II	
6.	地質図	III	
7.	土壌図	I	
8.	植生図	III	
9.	動物分布図	V	
II B	環境評価図		
1.	災害危険地図	I	環境保全計画図 ¹⁾ III
2.	湿地評価図	I	
3.	鉱物資源評価図	III	
4.	農地評価図(水田適地図, 畑適地図, 果樹適地図)	I	
5.	林地適地図	III	
6.	内陸水産資源評価図	V	
7.	水環境・資源評価図	I	
8.	植物生態評価図	IV	
9.	動物生態評価図	V	
10.	文化財評価図	V	
III	物象計画図(総合計画)		
1.	行政区域図	I	
2.	地域分類図	I	計画地域区分図 I
3.	活動・資源分布図	II	総合立地計画図 II
4.	土地利用現況図	I	土地利用計画図 I
IV	社会・経済計画図(総合計画)		
1.	人口図 ¹⁾	II	人口計画図 ¹⁾ II
2.	経済構造図 ¹⁾	III	経済計画図 ¹⁾ III
V	部門計画図		
1.	鉱業開発施設図	V	鉱業整備計画図 V
2.	農業施設図	I	農業整備計画図 I
3.	林業施設図	III	林業整備計画図 III
4.	水産業施設図	V	水産業整備計画図 V
5.	商・工業施設図	IV	商・工業整備計画図 IV
6.	集落施設図	II	集落整備計画図 II
7.	レクリエーション施設図	IV	レクリエーション整備計画図 IV
8.	防災・防衛施設図	V	防災・防衛施設整備計画図 V
9.	公共施設図	II	公共施設計画図 II
10.	道路・交通施設図	II	道路・交通計画図 II
11.	水利施設図	I	水利計画図 I
12.	供給・処理施設図	III	供給・処理計画図 IV

* I, II・・・は本リモートセンシングプロジェクトとしての重要度

1) 1つではなく各種の図が考えられる。

空間計画

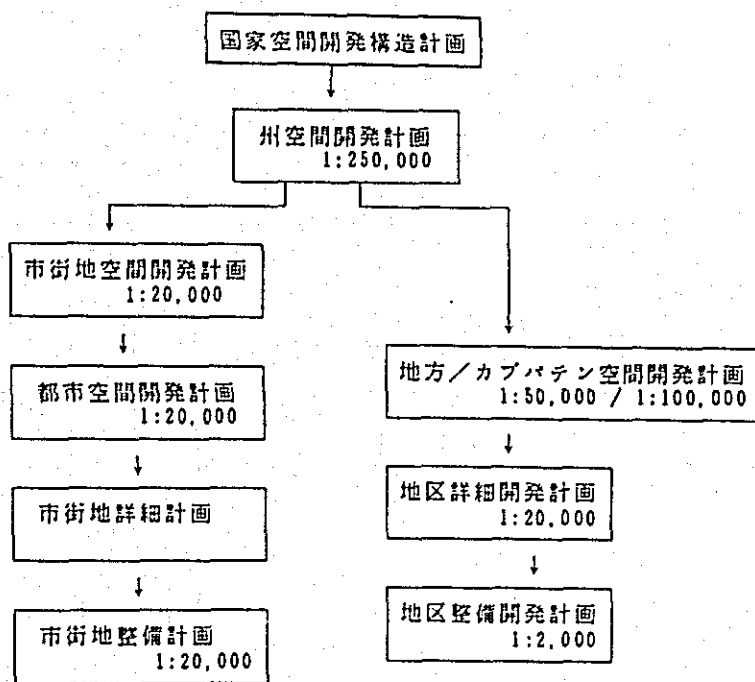


図 2.1.1 インドネシアの空間計画

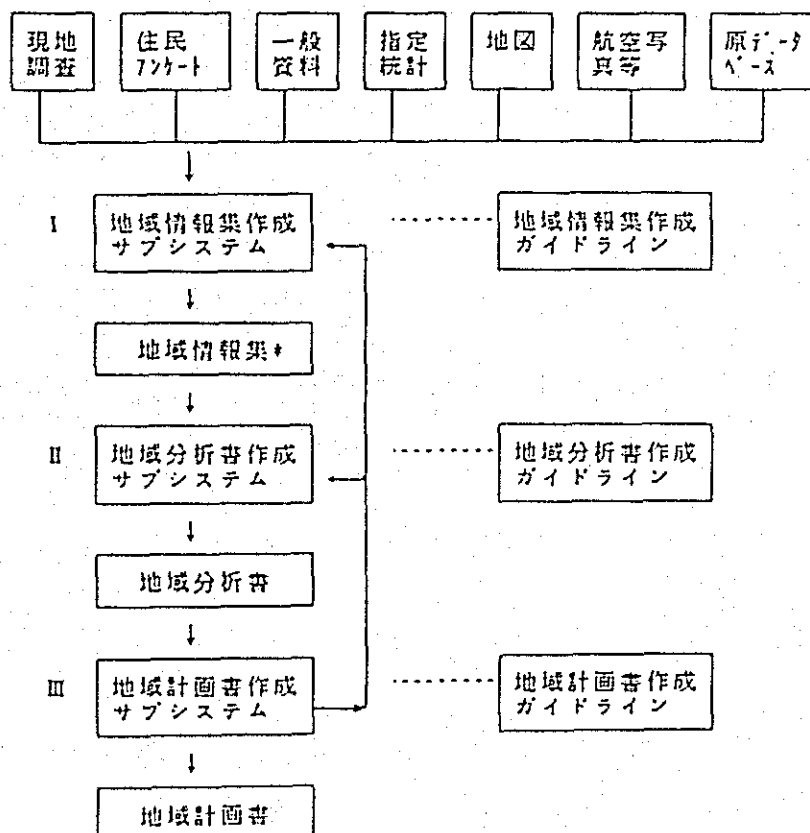


図 2.1.2 地域計画作成システム

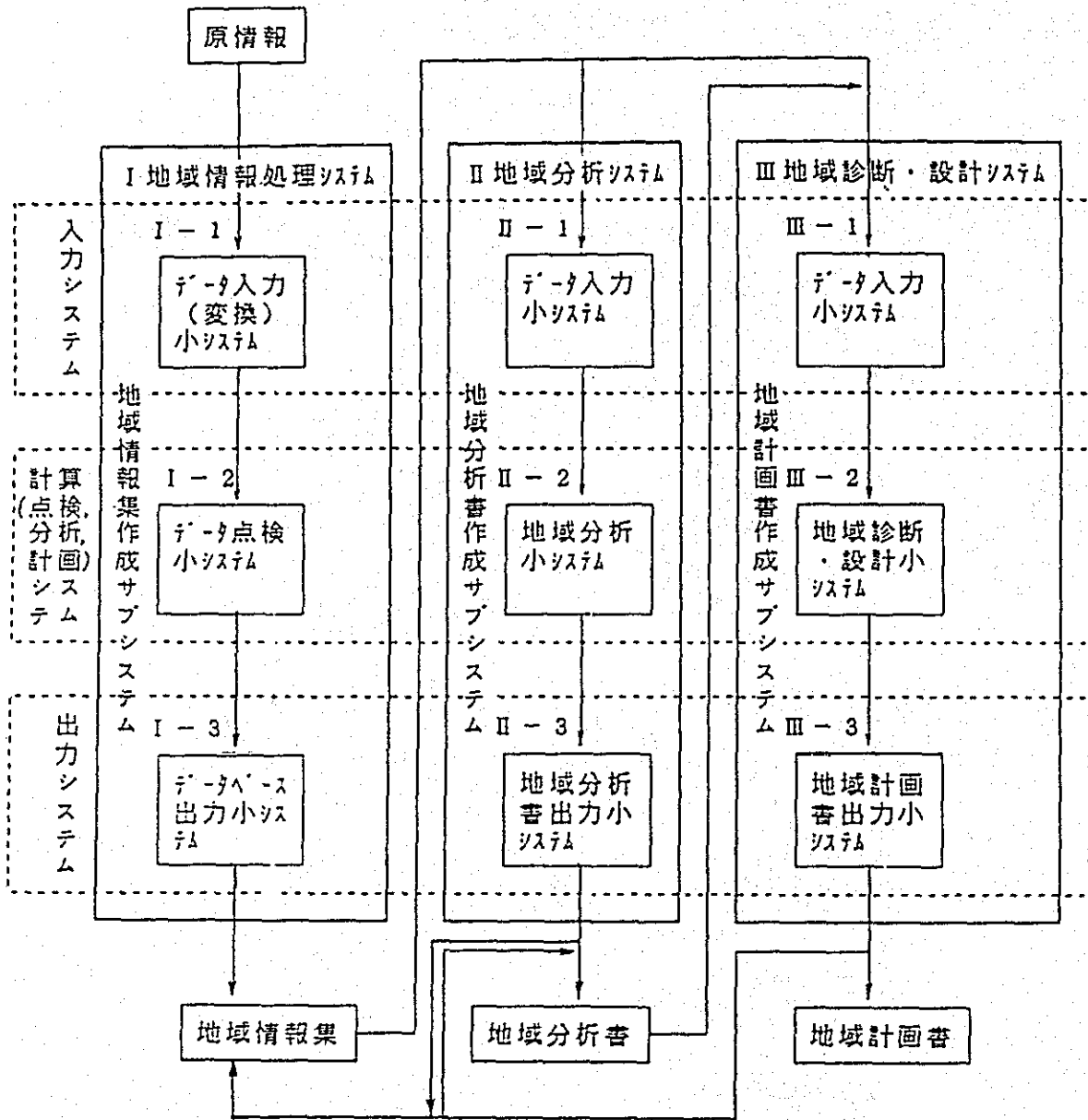


図 2.1.3 地域計画作成システム

表 2.1.3 一次データ収集項目 (例)

1 現地調査	環境 物象 社会・経済 基盤・施設	地質, 土壌, 植生サンプル調査 現況土地利用点検, 行政区画点検 基盤・施設点検
2 アンケート調査	環境 物象 社会・経済 基盤・施設	環境点検ヒアリング 土地利用問題点ヒアリング Desa別社会・経済指標 (人口, 就業人口, 人当たり所得, 産業別生産所得額) ①農業指標 (農家数, 農地面積, 農業生産額) ②工業指標 (工場数, 製造品出荷数, 工業従事者数) ③商業指標 (商店数, 商品販売額, 商業従事者数) ④生活指数 (住宅数, 床面積) ⑤公共施設指標 (公共機関従事者数) ⑥基盤・施設点検ヒアリング
3 統計資料	社会・経済	(アンケート調査にほぼ準じる)
4 地図	環境 物象 社会・経済 基盤・施設	地形図, 地質図, 土壌図, 植生図, 動物分布図, 文化財分布図 行政区界図, 土地利用現況図 農業施設図, 林業施設図, 公共施設分布図, 道路図, 河川・水路図, 農業水利施設図, その他 (上水道網図, 下水道網図, 配電網図, 電話線網図, ガス配管網図)
5 写真その他		航空写真, Landsatデータ

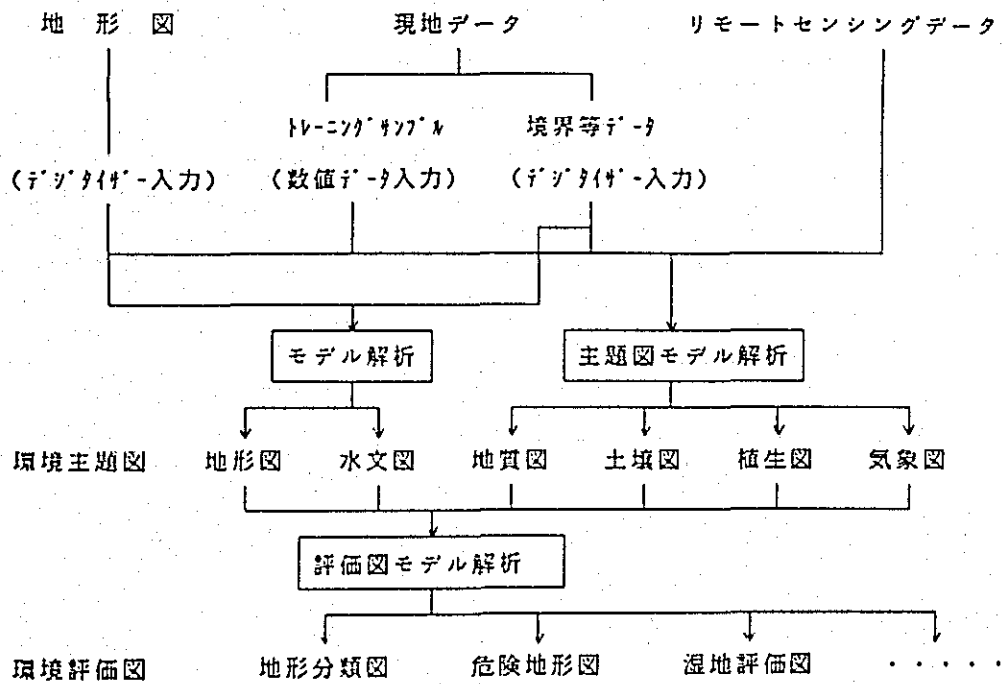


図 2.1.4 環境図と入力データ

表 2.1.4 地図別関係機関

地図	関係機関
地質図	道路総局, 国土調査庁
土壌図	農業省, 林業省, 国土調査庁
植生図	林業省, 国土調査庁
水文図	水資源総局,
地形分類図	国土調査庁
危険地形図	道路総局, 都市・地域計画局
湿地評価図	水資源総局
環境評価図	人口・環境省

* 国土調査庁: BAKOSURTANAL

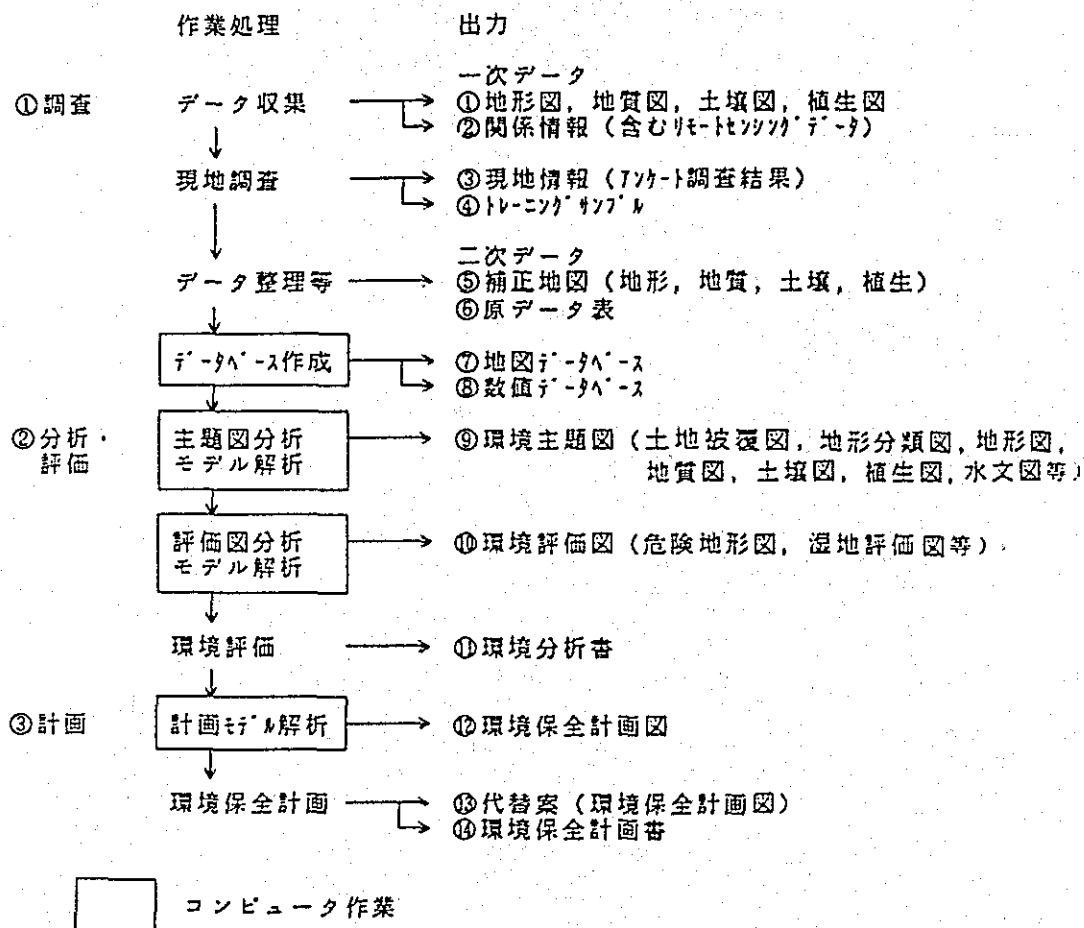


図 2.1.5 環境保全計画のフローチャート

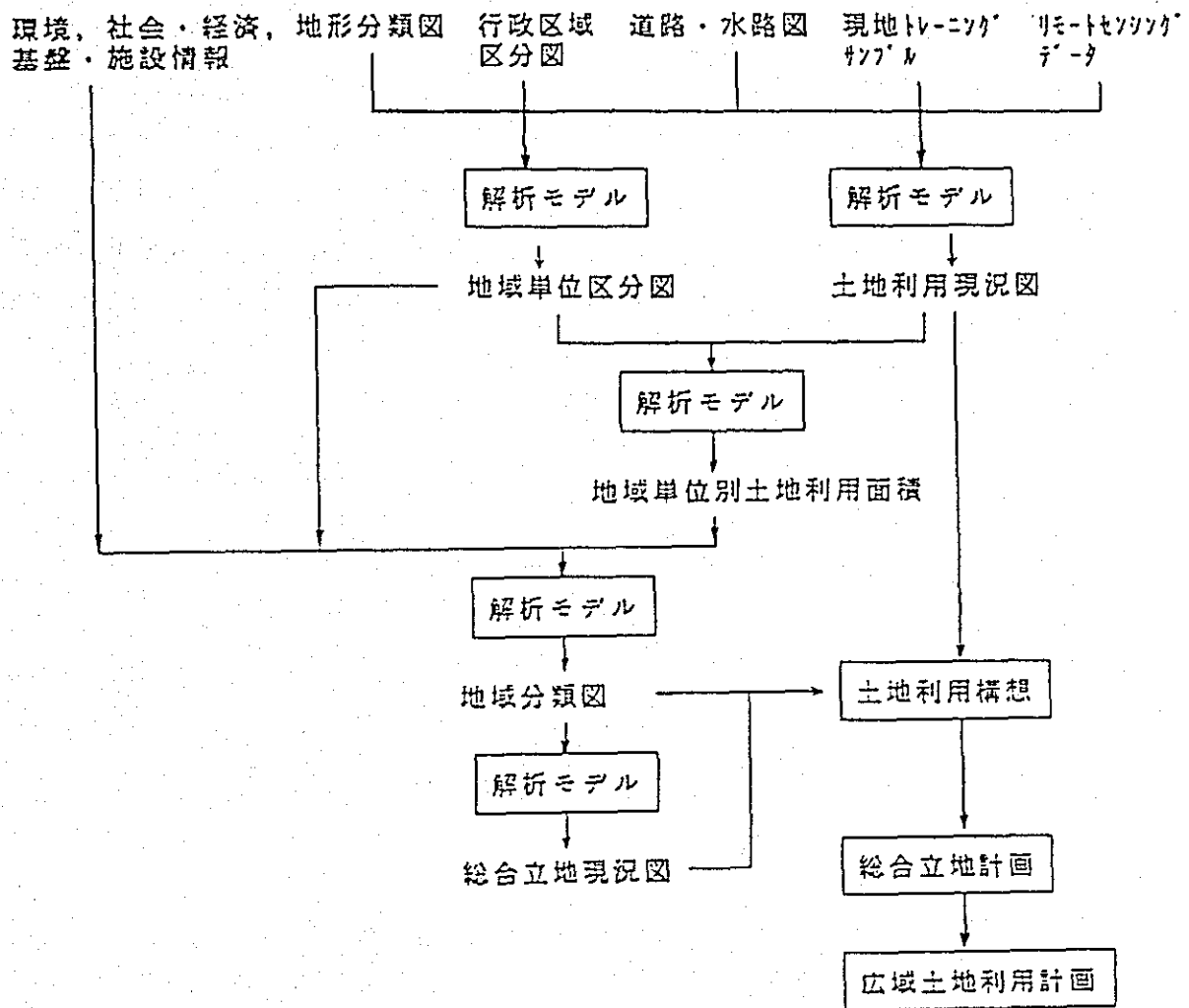


図 2.1.6 物象構造分析モデル

2.2 農業開発計画に必要な自然因子の特徴

福原道一

2.2.1 自然因子の分光性と観測条件

農業開発に必要な自然因子としては、土地利用(土地被覆)、植生、水系、地形(標高、傾斜角度)、土壤、地質、気象(気温、降水量、日照)等があげられる。これらの因子のうち、リモートセンシングを主たる情報源とするのは土地利用、植生、水系であり、他は地形図や既存資料を主たる情報源としている。¹⁾

リモートセンシングでは、対象となる現象や物体がもつ特有の分光的特徴の空間的・時間的变化をランドサットなどで得られるデータを解析し、必要とする情報を抽出する。

図2.2.1は、ランドサットTMデータで得られた春の畑地帯における種々の対象物分光反射特性を示している。²⁾ 土壤に比べて小麦や牧草などの植生は、反射強度がバンド3で低くバンド4で高い。両バンドの比を用いることにより、土壤と植生を区別できる。またバンド5や7でも両者は区別できる。市街地や河川と土壤はバンド5、7の反射強度が異なる。土壤をタイプ別にみると土壤水分の少ない褐色火山性土と沖積土はともに高い反射強度を示すが、土壤水分の多い黒色火山性土はこれらに比べて低い強度を示す、この傾向はバンド3で著しい。

図2.2.2は、水稻(アケノホン)スペクトルパターンの経時的变化を示している。³⁾ 同じ作物、同じ品種でも生育ステージの進展に伴い、葉色や葉量が変化し、反射パターンも大きく変化することがわかる。

土地被覆は植生の季節的・年次的な変化に伴い、同じ場所でも観測時期により様相が異なってくる。対象の変化を正確に記録する必要がある。表2.2.1は、観測に適した高度、季節、観測周期などの観測条件をまとめた例である。⁴⁾

インドネシアの土地利用図のために必要な土地利用区分は、市街地・集落、水田、畑、果樹園、プランテーション、樹木菜園、森林、草地・雑木地、荒地・裸地、湿地、交通用地、水利用地(河川、湖沼、水面)である。ランドサットTMやSPOTの出現と衛星データの解析技術の進歩により、衛星データが土壤や地形の情報源として必須になりつつある。これらの区分に適した観測条件を整理する必要がある。

2.2.2 植生の特徴と情報レベル

植生は、それが立地する自然環境要因(気候、土壤、地形など)と他の生物間の相互作用も含めた様々な要因の総和が植物体を通して表れたものとみなすことができる。したが

って環境要因はなんらかの形で植生に反映されており、植生を通して立地を診断することができる。

表 2.2.2 は、熱帯東アジアの主要森林群系と立地環境要因との関係を Whitmore (1975) がまとめたものである。⁵⁾ インドネシア国土の大半を占める熱帯降雨林とモンスーン林を更に 15 群系に細分し、土壌水分、母岩の性質、海拔高などと関連させ対応づけている。

ランドサット等のリモートセンシングデータでは、植生は土地被覆の違いとして分類されるため、土地利用現況図と同様の手順で作成できる。表 2.2.3 は、森林資源情報に関して質的観点からみた情報レベルの関係を示している。⁶⁾ レベル 1 から 3 は衛星データを利用できるが、2 は多季節データを、3 はさらに地形データ等他のデータの組合せで分類が可能になる。4 と 5 は空中写真を利用する。

バイオマスの評価については次式が一般に使用されている。

$$RVI = IR / R$$

$$NDI = (IR - R) / (IR + R)$$

$$TVI = NDI^2 / 2$$

$$K = IR - aR - b$$

これは植生の分光反射率曲線が、400 - 500 nm (青) と 650 - 690 nm (赤) ではクロロフィルによる吸収のため反射は低く、一方 750 - 1,200 nm (近赤外) で高い反射を示すという特徴を利用している。

2.2.3 土壌の特徴と情報抽出

リモートセンシングを利用した土壌図の作成は、写真判読による場合と基本的には同じである。土壌調査のための写真判読法として Buring (1960) が開発した要素分析が有力である。これは、土壌条件と関係の深い要素 (表 2.2.4) のすべて (実際には幾つかを選択) に系統的分析を行うもので、一般にカテゴリー 1 から 6 へと土壌条件との関連が減少する。選択された要素について分析した結果を重ねあわせて予測図を作成し、現地調査で確認して、土壌図として作成する。⁷⁾

インドネシアのように農業開発対象地が 1 年中植生に覆われている地域では、地形や植生の判読をおこない、地形と土壌の関係あるいは植生と土壌の関係を知らることが重要である。一方、すでに開発された地域から直接的に土壌情報を得ることも必要であり、ここではランドサットデータ等から得られる土壌の特徴と情報抽出について述べる。

① 土壌の分光特性

図 2.2.3 は、土壌の可視 - 近赤外域における分光反射パターンである。土壌は腐植、

酸化鉄、水分の量などにより反射パターンが変化する。酸化鉄が集積すると、500 nm以下の青緑波長で反射率が低下し、腐植が集積すると、いずれの波長でも反射率は低下する。赤より長い波長では酸化鉄の影響がなく、腐植含量の推定が可能になる。また土壌が湿ると、いずれの波長でも反射率は低下する。

土壌が乾燥状態にあるとき、腐植含量が赤波長域の反射強度と高い相関関係がある(図2.2.4)ことを利用し、TMデータを解析して十勝地方の畑土壌表土の腐植含量区分図を作成した。²⁾ TMデータの利用により、土壌の腐植含量をランドサットのデータで表現できるため、腐植含量を任意の段階で区分して図示できる。志賀ら(1989)は、水田湛水下の表土腐植含量をランドサットTMデータから重回帰分析により推定して、その分布図を作成した。⁸⁾ この場合は、バンド3(630-690 nm)とバンド1(450-520 nm)の組み合わせが最も相関が高かった。

自然状態で表土に腐植が集積するような環境は、微地形的には凹地で、下層に難透水層を持つなど、湿性かつ排水不良な場合が多い。したがって表土の腐植含量は、土地の排水性の指標となり得る。また、腐植はそれ自体が土壌の水分保持力・砕土性といった物理性を大きく左右する。また、土壌窒素の供給源となる。したがって、TMデータから腐植含量を評価し、その詳細な分布を明らかにすることは、土地改良や土壌診断を進める上で必要な耕地の排水性、砕土性、窒素供給能等に関する広域・高密度・迅速な予察を可能にする。

② 土壌・作物の情報抽出モデル

リモートセンシングで得られる畑地のデータには土壌と作物の分光反射特性が混在しているため、いずれか一方の不必要な情報を消去し、土壌あるいは作物のみの情報を引き出す比演算処理が必要となる。低植被率の画素では植被の反射の影響を除去した土壌値の推定は、近赤外(IR)と赤(R)バンドから図2.2.5のようにモデル化できる。⁹⁾

赤と近赤外波長における土壌の反射率は同じ値か近赤外がやや高い値を示すので密接な関係がある。したがって、散布図を描くと、どのような土壌も(1)式の回帰直線上に並ぶ。

$$IR = aR + b \quad (1)$$

ここで、IRは作物群落の近赤外の反射率、aとbは(1)式の定数である。

この回帰直線をソイルラインと呼んでおり、土壌情報の抽出や生育量推定のために重要な土壌の分光反射率の特徴である。

植被のないとき畑地の分光反射率はソイルライン上にある(S)。作物の被覆の小さい観測データ(A)は土壌の影響を強くうける。作物の被覆率が高いほど、植被100%と仮定した点(P)に近い。それぞれの観測データにおける土壌が同じであればSAPは一直

線に並ぶ。セデルから土壌を強調する式が得られる。すなわち、土壌および作物の赤と近赤外バンド反射をそれぞれSR, SIRおよびPR, PIRとし、両者の反射の混在する畑の赤と近赤外バンドの反射をR, IRとすると、次のように示される。

$$SI = (PIR - IR) / (R - PR) = (PIR - SIR) / (SR - PR) \quad (2)$$

SIは土壌ごとに一定で、土壌表面特性の一指標とみなすことができ、これを光学的土壌指数と名づけた。光学的土壌指数は腐植含量や含水量によって値が変わるが、乾いた条件では腐植含量に比例する。一方、腐植含量は短時間で変化しないので、光学的土壌指数の変化は土壌水分の変化を表すと考えてよい。ただし、土壌指数などは植被率の高い所では誤差が大きく、また、植被率100%の場所では理論的に土壌の識別ができない。

リモートセンシングの調査が必要な未開発地域の多くは、植生に覆われて土地の露出が少なく、ランドサットデータから土壌情報を得ることが困難な地域である。このような地域であるインドネシアジャワ島北西部について、¹⁰⁾ 齋藤らは、ランドサットMSSのCCTデータから表土の色調とその分布を表示した土色図を作成した。自然色に近い土色図を得るために、次の処理を行い、よい結果を得た。

- (1) 裸地の抽出とそのバンド4と5(緑と赤)の土壌値の決定
- (2) 未観測の青波長帯値には土壌分光特性に基づき、バンド4と5(緑と赤)から推定
- (3) 低植被率の画素では植被の反射の影響を除去した土壌指数の推定
- (4) 高植被率の画素では当該画素の近傍の土壌値で代替

③ 土壌図の作成

ランドサットデータから表面土壌の分布図を作成するための土壌情報として次のような演算値を用い、植被による反射の影響を除去した土壌の抽出や、土壌の分光特性の強調を行う。⁹⁾ 福原らはランドサットMSSデータによる畑地(播種期)の解析では次の指数を選択した。

土壌指数	SI
有機物の指数	R
酸化鉄の指数	$(G - R) / (G + R)$, または G/R
バイオマスの指数	$(IR - R) / (IR + R)$, または IR/R

ここで、GはMSSのバンド4、Rはバンド5、IRはバンド7である。土壌指数決定のための植被100%の点の値は、牧草畑の画像データ統計値から赤バンドの最低値($RP = 10$)と、赤外バンドの最低値($IRP = 53$)を用い、 $K = (53 - \text{バンド7}) / (\text{バンド5} - 10)$ 、として計算した。

2.2.4 気 象

ランドサットデータを用いた地表面温度や蒸発散の算定、ノアやひまわりのデータをもちいた蒸発散量、気温、日射量、降水量などの推定が試みられている。しかし、熱帯地域では雲の無いデータを取得することがきわめて困難であることを考慮すると、農業開発のための気象データに関しては今後の課題となろう。

ここでは、ノアデータによる蒸発散量の推定(堀口ら, 1990¹¹⁾)の紹介にとどめる。

ノアデータは表面温度を比較的正確に計算できるため、地域的な蒸発散量を推定できる。ノアデータによる蒸発散量の推定は、比較的簡単な平衡蒸発散モデルである Priestley-Taylor 法 (3式) によって行なった。

$$LE = \alpha \cdot \frac{\Delta}{\Delta + 7} (R_n - G) \quad (3)$$

ただし、 I : 蒸発の潜熱, Δ : 温度-飽和蒸気圧曲線の表面温度における勾配, 7 : 乾湿計係数, R_n : 純放射量, G : 地中伝熱量, α : パラメータ

実測データをもとに、(3式)の $\alpha = 1$ として得られた値(平衡蒸発散量)と、熱収支法から求めた実測蒸発散量とから、森林と水田について α を決定した。その結果、森林は $\alpha = 1.09$ 、水田は $\alpha = 1.06$ となり、この値を使用してノアデータから森林の蒸発散を推定した。(3式)を用いてノアデータから蒸発散を推定するためには、ノアデータによる表面温度の他に純放射量 (R_n) と地中伝熱量の値が必要である。 R_n は(4式)を利用し、 $G = 0$ と仮定した。

$$R_n = (S\downarrow + L\downarrow) - (S\uparrow + L\uparrow) \quad (4)$$

ただし、 $S\downarrow$: 下向き短波放射(実測), $L\downarrow$: 下向き長波放射(水蒸気量, 気温を用いて経験式(3)から計算), $S\uparrow$: 上向き短波放射(ノアの可視と近赤外チャンネルから計算), $L\uparrow$: 上向き長波放射(ノアの表面温度から計算)

$$L\downarrow = \sigma \theta^4 (0.73 + 0.20X - 0.06X^2) \quad (5)$$

ただし、 θ : 地上気温, X : W を全有効水蒸気量としたとき, $X = \log_{10} W$

1987年と1989年のノアデータについて、森林上の潜熱フラックスを計算した(表2.2.5)。1987年9月23日のデータを用いて、北海道全域の潜熱フラックスを推定した。推定には全域で $\alpha = 1.09$ と仮定し、日射量も一定と仮定した。潜熱フラックスは森林で大きく、耕地で小さい。

<引用文献>

- 1) 江森康文(1983): 農業開発適地選定のための技術体系検討業務報告書, 国際協力事業団
- 2) 畠中哲哉ら: ランドサットTMデータによる畑地表土の腐植含量評価, 土肥誌, 60, 426-431 (1989)
- 3) 秋山 侃ら: 農業環境とリモートセンシング — ランドサットTMデータによる農業環境資源の解析 — (資料編), 農環研試№7, 68p, (1989)
- 4) 和田清夫ら: リモートセンシング, 朝倉書店, 280p, (1976)
- 5) Whitmore, T. C.: Tropical Rain Forest of the Far East, P. 282, Clarendon Press.
- 6) 大貫仁人: 森林資源のモニタリング, 月刊地球, 5 (11), 657-662 (1983)
- 7) 長塚鎮男: 空中写真の利用法, 野外研究と土壌調査法, 博友社, 250-259 (1978)
- 8) 志賀弘行ら: ランドサットTMデータによる湛水下水田の腐植含量推定, 土肥誌, 60, 432-438 (1989)
- 9) Fukuhara, M., et al: Extraction of soil information from vegetated area, 1979 Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium, 242-251 Purdue Univ. (1979)
- 10) 齊藤元也・秋元文重・境 忍・山本 博・美馬巨人・Murdjiati, N. S.: ランドサットマルチスペクトルスキャナーデータからの土色図の作成と利用, 土肥誌, 56, 1, pp. 49-52 (1985)
- 11) 堀口郁夫: リモートセンシングによる局地気象の評価, 平成元年度気象環境研究会・農業環境における局地気象の評価と利用, 農業環境技術研究所 (1990)

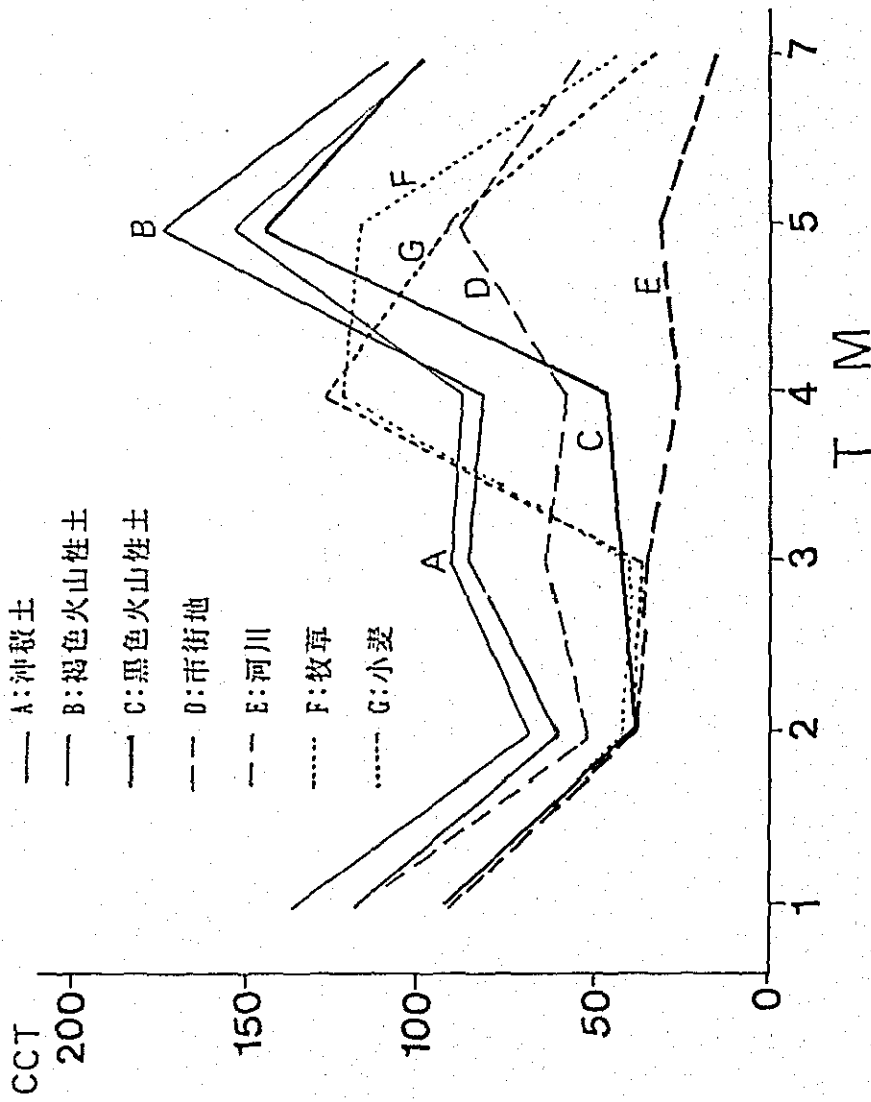


図 2 2 1 十勝平野における各種対象物の分光反射特性
(1985年5月24日のTMデータ)

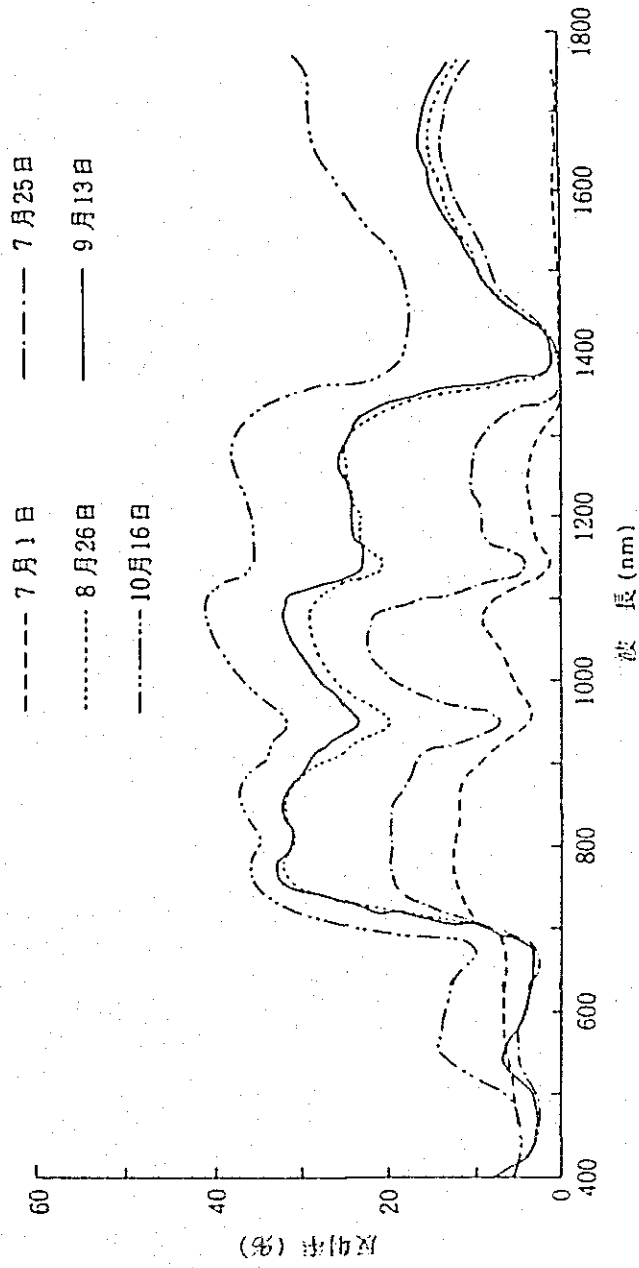


図 2.2.2 水稲アケノホシ (6月6日田植え) の分光反射特性の生育ステージの進展に伴う変化 (秋山ら, 1986)

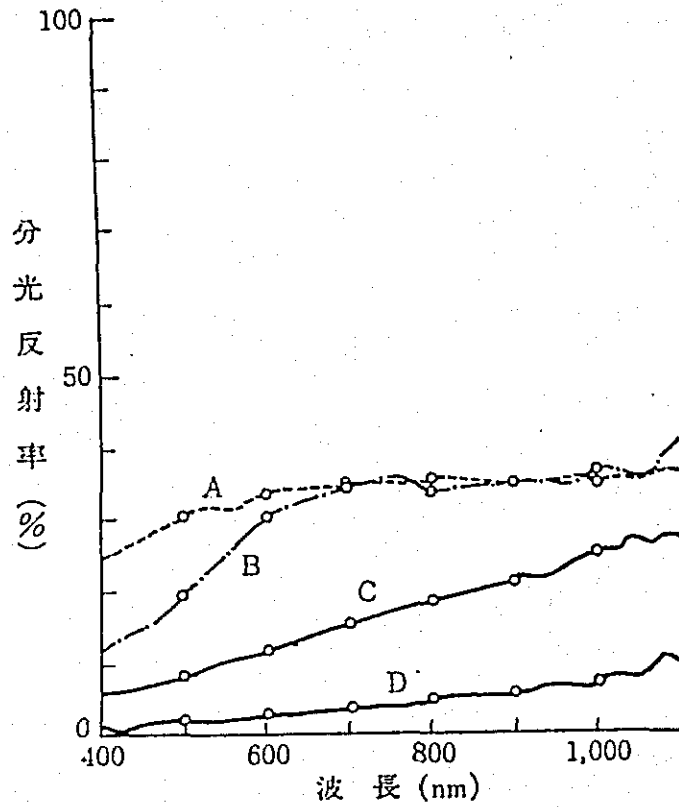


図 2.2.3 分光反射率に及ぼす土壌成分の影響
 A : 未風化火山灰, B : 酸化鉄の集積腐, C : 植の集積(褐色火山性土), D : 混土

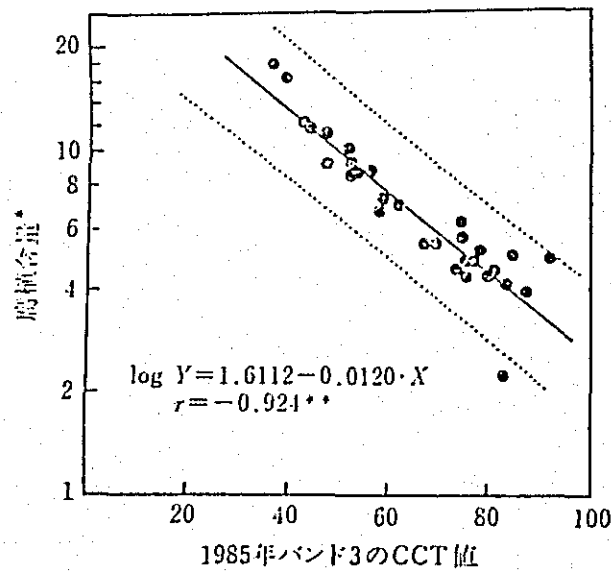
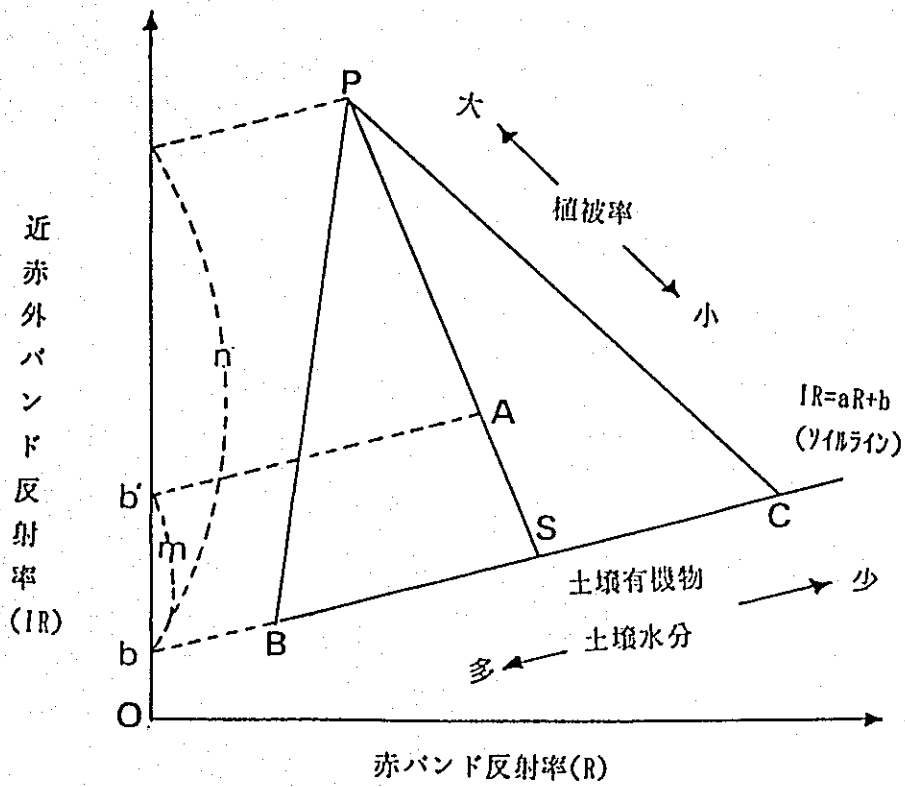


図 2.2.4 腐植含量とバンド3のCCT値との関係(1985年)

* 地力保全基本調査試坑地点における土層25cmの加重平均値, ** 有意水準1%.

破線は片側1%の信頼範囲, これからはずれた土壌は礫質褐色低地土である.



A: 観測値, P: 作物による被覆率が100%の点 (作物),
 S: 作物による被覆率が0%の点 (作物),
 m/n : 被覆率, ($n=100\%$)

図 2.25 植被の影響を除去し、土壤の反射率を強調するための模式図

表 2.2.1 農業, 林業, 地質における視測条件

応 用 分 野	調 査 適 期	瞬間視野(m)	調 査 頻 度	高 度	
多重高度による視測と解析	1. 森林	冬, 初春 春, 冬 夏	50~100	2回/5年毎	衛星
	(1) 森林と非森林		2~5 および20	2回/5年毎	航空機
	(2) 森林型		~30	1回/5年毎	航空機
	(3) { 立木本数 樹冠直径 個々の樹種の分類		1以下		
	(4) 背景となる林床				地上
	2. 耕作地と生産量推定	成長期 成長期 成長期	50~100	連続/毎年	衛星
	(1) 耕作地と非耕作地		5~10	4回/毎年	航空機
	(2) 耕作地の種類(農作物, 果樹園, 牧草)		1以下	4回/毎年	航空機
	(3) 農作物の分類				地上
	(4) 背景となる土壌				
	3. 居住地		50~100	5年毎	衛星
	(1) 居住地と非居住地		2~5	2回/5年毎	航空機
(2) 居住地の種類	1以下		1回/5年毎	航空機	
(3) 居住地の分類と傾向				地上	
(4) 基盤					
単一高度による視測と解析	1. 森林域	初夏	50~100	1回/5年毎	衛星
	2. 水界域	種々	50~100	2回/毎年	衛星
	3. 雪線	冬	50~100	6回/週毎	衛星
	4. 砂漠域	種々	50~100	1回/5年毎	衛星
	5. 草地と未開拓地区分	春と秋	50~100	2回/5年毎	衛星
	6. 草地と森林区分	春と秋	50~100	2回/5年毎	衛星
	7. 未開拓地と森林区分	春	50~100	2回/5年毎	衛星
	8. 裸地と植生地	春と夏	50~100	3回/毎年	衛星
	9. 主要道路, 鉄道, 水路	夏と冬	30~50	2回/毎年	衛星
	10. 耕作地と非耕作地	成長期	50~100	4回/毎週	衛星
	11. 植物の検知	成長期	2~5 および30	4回/5年毎	航空機
	12. 農場	成長期	~50	1回/毎年	航空機
	13. 成熟果樹	成長期	5~10	4回/毎年	航空機
	14. 森林工学	冬と夏	2~5	2回/毎年	航空機
	15. 水表面の拡大	夏	5~10	2回/毎年	航空機
	16. 農作物の分類	成長期	2~5 および30	4回/毎年	航空機
	17. 農場の空閑地測定	成長期	~50	1回/毎年	航空機
	18. 都市化された地域	種々	2~5	1回/毎年	衛星
	19. 土地利用の変化	種々	50~100	6回/毎年	衛星
	20. 都市の拡大	種々	30~50	1回/毎年	衛星
	21. 機能形態	冬と夏	30~50	2回/毎年	航空機
	22. 詳細な都市構造	冬と夏	5~10	2回/毎年	航空機
	23. 緊急対策と災害	必要に応じて	1~5	4回/必要時	航空機

表 2.2.2 熱帯東アジア主要森林群系と立地
 (van Steenis 1950にもとづいて, Whitmore 1975がまとめたもの)

気 候	土 壌 水 分	地 域	土 質	海 抜 高 など	森 林 群 系*
年中多湿	乾 地	内 陸	成 帯 土 壤	低地~1200m	1. 熱帯低地常緑降雨林
				山地(750)1200~1500m (600)1500~ 3000m(3350m)	2. 熱帯低山地降雨林 3. 熱帯上部山地降雨林
		3000(3350m)~樹木限界	4. 熱帯亜高山林		
	高水位地 (少なくとも周期的に)	海 岸	ポドゾル化砂土 石 灰 岩 超 塩 基 性 岩	主として低地	5. ヒース林
				主として低地	6. 石灰岩地林
				主として低地	7. 超塩基性岩地林
高水位地 (少なくとも周期的に)	塩水地			8. 海岸植生	
	汽水地			9. マングローブ林	
	淡水地	貧 養 泥 炭		10. 汽水林	
		富養(有機的, 無機的)土壌	ほとんど常に多湿 同期的に多湿	11. 泥炭湿地林 12a. 淡水湿地林 12b. 季節的湿地林	
季節的に 乾燥	季節的にやや水分不足			13. 熱帯半常緑降雨林	
	季節的に著しく水分不足			14. 熱帯湿生落葉林 15. 乾季の増大に応じたその他の群系	

* 1~13: 熱帯降雨林, 14~15: モンスーン林.

表 2.2.3 森林資源情報のレベル

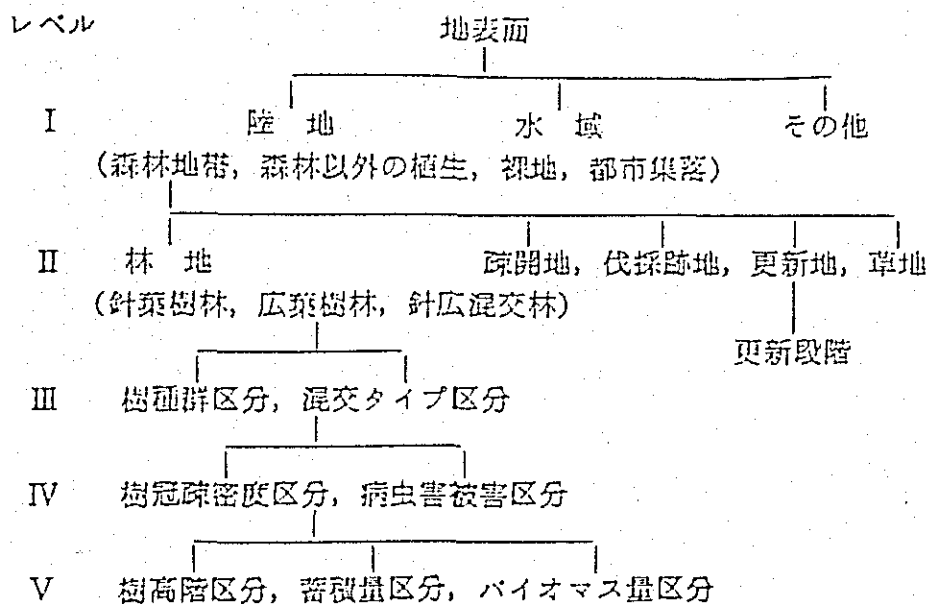


表 2.2.4 要素分析に用いられる種々な要素 (VINK 1963 による)

カテゴリー	要素
1. 土壌自身の特徴と直接的な関係が明確である要素	1) 明らかに湛水されている土壌 2) 構造土
2. 土地の一般的形態と関連した要素	3) 地形型 4) 起伏の形態 5) 斜面 6) 水系網 7) 山稜線のパターン 8) 河川 (水流)
3. 土地の特殊状況と関連した要素	9) 地質構造 10) ガリーの形態 11) ガリーのパターン 12) 地表の色調
4. 植生被と関連した要素	13) 自然植生 14) 標徴的樹種 15) 土地利用
5. 人間の特殊な活動と関連した要素	16) 水溝, 水路 17) 堤防 18) 籬界 19) 道路 20) 家屋および集落のパターン 21) 考古学的遺跡
6. 推定要素または「収斂証拠」("converging evidence") にもとづく要素	22) 排水条件 23) ある種の地質構造 24) 母材 25) 微地形 (微起伏)

表 2.2.5 苫小牧演習林におけるノアによる潜熱フラックスの推定値と実測値の比較

年 月 日 時 分	潜熱フラックス (W/m^2)	
	推定値	地上測定値
1987 9 4 14 4	362	347
1987 9 23 14 0	317	353
1989 7 22 12 54	525	541
1989 8 2 12 41	522	598

2.3 土地評価におけるリモートセンシングデータの活用

齋藤元也

2.3.1 土地評価とは

土地評価は特定の土地用途を想定し、土地の利用適性を等級区分または点数により評価するものである。絶対的な土地の評価値というのではなく、土地評価値は、土地の利用方法により大きく異なる。たとえば、工業用地では土壌の肥沃度は問題にならないが、農業用地の場合では非常に大事な評価要因である。農業用地の中でも、水田と畑地は異なり、水田では水の保持が要求され、畑地は排水が要求される。

また、同一の土地利用であっても前提条件が異なると土地の評価基準が変わる。たとえば、水田という土地利用であっても、化学肥料を使用する営農形態を想定する場合との使用しない想定では、評価結果がかなり異なることがある。化学肥料を使用しない場合は、土地の肥沃度が大きな評価要因になるが、使用を前提とするとその比重は減少する。また、トラクター等を利用した機械化農業を行うのか、人力や畜力による農業をするのかにより、やはり評価が異なる。人畜力の場合での水田においては、棚田することにより急傾斜まで耕作可能であるが、耕起する力に限界があり易耕性が重要である。一方、大型機械を想定した場合は、耕起力は十分であり、易耕性の問題は少ない。しかし、機械作業のためには一枚の田を大きくする必要があり、傾斜度の規制は厳しい。

本プロジェクトでは、農業開発適地選定を目的にしており、水田および畑地としての土地利用を想定した土地評価を考えれば良いが、開発した場合に展開される営農方法について、総合的に良く検討し、開発のための前提条件を明白にしておくことが必要である。

土地評価の手法は、2.3.2にて述べるとおり、対象の土地について点数を算出し評価するものと等級に分けることにより評価するものの2つに大別されている。土地評価の手法は、大変興味ある課題であり、本プロジェクトの場合、リモートセンシング技術を利用した新たな手法の検討というテーマが存在する。しかし、実際面での適用を主体に考え、既存の手法の中から適切なものを採用し、利用するこちが基本となる。もちろん、実際の利用にあたっては、ただ単に、1つの手法を決められた通りに行えば良いと言うものではなく、2つ以上の手法を併用したり、具体的な解析プロセスでは部分的な改変が必要となる。

また、評価する土地の単位をどのようにするかという問題がある。土地評価では、市町村の場合、作図単位と呼ばれる内部を均一と考える閉鎖領域を最小単位としている。しかし、グリッドセルの一定面積の四角形を最小単位として考える方法が増えており、リモート

センシングデータ等の利用に便利である。

一番重要な問題は、評価手法や評価単位に係わらず、評価基準の策定であり、この評価基準の良否が全体精度を規定する一番の要因である。すでに、本プロジェクトの第1期技術マニュアル¹⁾に日本の農地開発のための基準は、掲載してある。しかし、温帯で高度に工業化した日本と熱帯に位置し急速に工業化しつつあるインドネシアでは、当然評価基準がこととなるため、新たな基準を作らなくてはならない。

2.3.2 土地評価手法の例^{2), 9), 11), 12), 13)}

土地評価は、その土地の特性を評価要因として評価するものであり、前述のように、土地評価方法は点数式と等級式の方法がある。等級方式の中で適・不適の2段階評価する場合は2分法と呼ばれており、独立させる場合もあり、この場合は、図2.3.1の様な考え方となる。点数式は点数で評価され定量的であり、一方、等級式はランク付がなされ定性的である。一般的には、定量的に行うことが、定性的に行うことより、優れていると考えられるが、この土地評価の場合についてはこの考えは通用しない場合が多い。確かに、土地の優劣の比較には等級式であると同じランクにはいり比較できない場合があり、この土地の比較においては点数式が優れている。しかし、開発適地を求める場合は、点数から階級に変換する作業が必要となる。連続している数字のなかで、仕切り値を決めるのは困難である。また、評価に導くための各評価要因のデータは定性的な場合が多く、算出された得点の精度が問題となる場合がある。これに対して、等級式は、はじめのそれぞれの要因を等級で分け、その結果としての評価も等級として導く方法であり直接的に評価の階級が求まる。

点数式および等級式それぞれに統計的方法と規範的方法がある。統計的方法とは、サンプル地点の評価値と評価要因の値のデータセットが存在するとき、重回帰分析や数量化理論により、評価関数式を作成する方法である。規範的方法は、評価の基準や評価体系の構造を専門家の経験的判断により決める方法である。この2つの方法の中間的な方法として、評価の基準となる数値を統計的な方法により求めようとする方法が、考えられている(点数式の場合)。

図2.3.1の右端に、具体的手法名が例示してある。これらは例示であり、さらに多くの手法が存在するが基本的なものについては掲載してある。

以下に個々の手法に、若干の説明を加える。

① 重回帰分析法

サンプル地点の評価点と各要因の得点の重回帰分析により、重回帰係数を求め、この回帰係数を使用し評価する。サンプル地点の評価は、通常、現場の状況に精通した専門家により

決定される。

② 数量化理論Ⅰ類法

サンプル地点の評価点と各要因の評価が与えられたとき、数量化理論Ⅰ類により、評価関数を求める。重回帰分析の場合、各要因が得点で与えられたが、数量化理論Ⅰでは、等級で与えられている。

③ 積算法

各要因毎の得点を加算することにより、評価点を得る。評価要因毎にカテゴリーにわけ、各々のカテゴリー得点を与え、さらに、要因間ウエイトをあたえる方式の方式では、式(1)であらわせる。

$$V_i = \sum_j \gamma_j \cdot \sum_k \beta_{jk} \cdot X_{i(j)k} \dots \dots \dots (1)$$

j : 1, 2, 3...n. 要因、 k : 1, 2, 3... k_j . カテゴリー、 V_i : i 地点の評価値、
 γ_j : j 要因の要因間ウエイト、 β_{jk} : j 要因、 k カテゴリーのカテゴリーウエイト
 $X_{i(j)k}$: i 地点、 j 要因、 k カテゴリーに関するダミー変数(1または0)

④ ツリー型法

PATTERN法(Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers Method)と呼ばれ、最終評価を頂点とするピラミッド型の関連表(Relevance Tree)を作成し、それぞれのレベルにおける要因の上位のレベルにたいする重要度(Relevance Numbers)を決めることにより、総合評点を与える方法である。

⑤ 回帰・積算法

統計的手法により、積算のためのカテゴリーウエイトと要素間ウエイトを求めて利用する方法である。以下の様に行う。

- a) 評価要因を選定してカテゴリー区分を行う。
- b) 遠視評価を行った地点の評点を従属変数とし、評価要因の各カテゴリーを独立変数とし、数量化理論Ⅰ類を適用する。
- c) 得られた評価係数をカテゴリー間の重み付けを目的として0から1の間に相対化し、カテゴリーウエイトとする。(2)式に示す。

$$C_{jk} = \frac{\alpha_{jk} - \text{Min}(\alpha_{jk})}{d_j} \dots \dots \dots (2)$$

$d_j = \text{Max}(\alpha_{jk}) - \text{Min}(\alpha_{jk})$: レンジ
 α_{jk} : 評価係数
 C_{jk} : カテゴリーウエイト

$j = 1, 2, \dots \dots \dots$ (要因)
 $k = 1, 2, 3, \dots \dots \dots$ (カテゴリー)
 $\text{Max}(\alpha_{jk})$: j 要因内での評価係数の最大値
 $\text{Min}(\alpha_{jk})$: j 要因内での評価係数の最小値

- d) 得られた偏相関係数を、それぞれの要因が独立して評価値に寄与する度合を示す相対

的な数量と考え、各要因の編相関係数値を要素間ウェイトとする。

e) カテゴリーウェイトに要素間ウェイトを乗じて積算することにより、各地点の評価を得る。(1)式を利用する。

⑥ 判別関方式

サンプル地点の評価等級と各要因の得点により統計量を算出し、各地点の評価等級を最短距離法や最尤法の判別関数により得る。

⑦ 数量化理論Ⅱ類法

サンプル地点の評価等級と各要因の等級データに数量化理論Ⅱ類を適用し、評価関数を求める。

⑧ 最低級位法

各々の地点においてすべての要因のうちで最低等級の値を総合価値とする。最低級位法の概念を図2.3.2に示す。A要因がⅡ，B要因がⅠ，C要因がⅣのとき，総合評価は，最低級位のⅣとなる。

⑨ マトリックス法

a 要因と b 要因のマトリックスを作成し、各等級の交差する値を読み取る。このマトリックスを繰り返すことにより総合評価に導くことができる。

マトリックス法の概念を図2.3.3に示す。A要因がⅡ，B要因Ⅰの場合，テーブルにより，総合評価は2となる。

2.3.3 土地評価基準の策定方法

統計的手法の場合の土地評価の基準は、サンプル地点の総合評価値と個々の要因の値が必要である。規範的な方法では、個々の要因の得点または等級についての規範が必要である。統計的手法および規範的方法の何れにしても、評価要因の決定がまず必要である。なにを採用するのかを文献調査、専門家からの助言、実地調査等により決定することが必要である。

統計的手法の場合、サンプル地点の総合評価値の決定は、難しい問題である。専門家が十分な現地調査を行って初めて可能であろう。また、農地開発適地の評価の場合は、既に開発された農地をサンプル地点とし、実際の作物収量を総合評価することも考えられる。

規範的な方法の場合に、各要因の規範を策定するのはやはり非常に難しい問題である。文献調査、専門家の助言、さらに有識者による規範策定のための委員会やアンケート調査さらに現地調査等により規範を決定する。

これらの基準の日本の例は、本プロジェクトの第1期技術マニュアル¹⁾に掲載してある。また、FAOは、「土地評価の枠組み」^{3) 8)}というガイドブックを紹介されているので参考

になる。

2.3.4 リモートセンシングデータの土地評価への利用

(1) 直接リモートセンシングデータを利用して土地評価する場合

サンプル地点の総合評価値とリモートセンシングデータたとえば各バンドCC T値との重回帰をとり、回帰式を作成し、全体の評価を行うことが考えられる。この場合、サンプル地点と評価する全体と同じスペクトル特性である必要がある。このため、既に開発された農地をサンプル地点にすることは、スペクトル特性が異なるためにできない。サンプル地点と評価する全体とが、同じ土地利用（未利用を含む）ことが必要である。

また、教師あり分類のクラスとして“開発適地”を設定することも考えられる。この場合は、他の分類項目との関連を十分検討する必要がある。すなわち、“開発適地”と“森林”とをクラスとして共存させると開発地のかなりの部分が森林に分類されるであろう。

現状では、評価点数とスペクトル特性との関係を結び付ける理論的根拠が明かでなく、これらの方法で、リモートセンシングデータを直接土地評価に使用するのには難しい。

しかし、水分、植生、土壌は、それぞれ、リモートセンシングデータに反応しているわけで、多バンドのデータが使用できるようになれば、この方法は、リモートセンシングデータのみでの土地評価を行う場合の1つの方法と成ろう。

(2) リモートセンシングデータにより主題図を作成し、この主題図を土地評価に利用する場合

これまで述べてきた様に、土地評価は種々の要因のランクまたは得点を総合評価するものであり、この評価要因としてリモートセンシングデータから作成した主題図を利用して土地評価ができる。

また、実際的に有効な土地評価を行う場合に、リモートセンシングデータのみで評価する意味はなく、また、困難である。このため、他の地理情報たとえば、地形図等の情報を利用する必要があり、リモートセンシングデータを地理情報システムの中で種々のデータと重ね合わせる必要がある。

リモートセンシングデータから作成される主題図としては、1.4および2.2で述べてある。このうち土地評価として一般的に使うものとして土地被覆分類図、植生分布図、水域（水系）分布図および土壌関係各種主題図が考えられる。

地形データの標高はSPOTデータから得られ、さらに今後打ち上げられる衛星センサにより広く、利用可能となると考えられる。しかしながら、ほとんどの地域で地形図が既に整備されており、地形データ、地形図からスキャナーまたはデジタイザー入力の方が適切な場合が多い。

また、気象データも衛星データが良いのか、地上で観測された気象データを利用した方が

良いのか、検討すべき事項である。

さらに、直接的にリモートセンシングデータにより主題図作成しなくても、既存の地理情報について、リモートセンシングデータにより、チェックすることは重要である。通常の地理情報は、どうしても時間的遅れがある。リモートセンシングデータは、アップデートのデータが得られるので道路、鉄道、水路、土地利用等は、リモートセンシング画像でチェックし、訂正する必要がある。また、地上調査のみで作られた土壤図、表面地質図等では、図示単位の境界が実際とはずれている場合がある。これらリモートセンシングデータで補正することは重要な意味を持つ。

2.3.5 リモートセンシングデータを利用した土地評価の例

(1) 日本での研究例¹⁴⁾

日本が関与したリモートセンシング技術を用いた広域農業開発のための土地評価の例を表2.3.1に示す。ほとんどが、JICA関連の仕事であるが、農林水産省によるアフリカ砂漠防止対策のためのニジェール河流域農業総合開発計画調査という大規模なプロジェクトも含まれている。

表2.3.1で示されるように数多くのリモートセンシング技術を用いた広域農業開発のための土地評価の例が存在する。すべての報告書には、それぞれの特長があり、また、現地の状況と収集利用されたデータにより、種々の手法および基準で解析・評価している。全てを紹介したいところであるが、紙面の都合もあり、最新の研究であるアルゼンティン国ヤシレタダム隣接地域農業総合計画実施調査の事例について解説する。

(2) アルゼンティン国ヤシレタダム隣接地域農業総合計画実施調査の事例

この調査は、アルゼンティン国ヤシレタダム隣接地域農業総合計画調査の一環として、農業開発地域の概定および土地利用計画策定の基礎資料としてリモートセンシング技術を応用して各種予察図を作成することとした。

この調査は、アルゼンティン国の北部、パラグアイとの国境を流れるパラナ川南部、東西約200km、南北約100kmを対象にしている。使用したデータは、ランドサットMSSの2地域で乾期、中乾期、雨期の3時期の計6シーン主体に解析し、ランドサットTM画像および空中写真も利用している。

本調査においてもマルチステージ法が用いられており、25万分の1の基礎図と5万分の1の主題図を作成し、5万分の1の評価図を得ている。

基礎図としては、以下の5つを作成している。

① 土地被覆分類図（乾期、中間期、雨期の3時期）

土地被覆分類は、3時期のランドサットMSSデータを用い、最尤法分類により時期別

に作成した。

② 浸水域図（乾期，中間期，雨期の3時期）

浸水域図は，3時期のランドサットMSSデータを用い，バンドのレベルスライスにより時期別に作成した。

③ 地形分類図

地形分類は，地形図の読図，ランドサットフォルスカラー画像の判読および現地調査により作成した。

④ 表層地層図

表層地形図は，③の地形分類図，既存の地質図を用いて，現地調査により作成した。

⑤ 土壌図

③の地形分類図と①の土地被覆分類図等の情報から，あらかじめ土壌推定図を作成しこの土壌推定図を基に調査を実施して完成させた。一部地域で既存土壌図があり参考にした。主題図（縮尺1/5万）は，調査地域対象の現況を詳細に把握すると共に，土地分級の基礎資料とするために作成した。主題図の作成にあたっては，地形図，ランドサットデータ，空中写真等を使用し，現地調査によるチェックのうえに完成させた。作成した主題図は，次の7種類である。

① 土地被覆分類図（乾期，中間期，雨期の3時期）〔土地利用図〕

土地被覆分類図は，ランドサットデータの土地被覆分類図結果をもとに，空中写真判読，ランドサットTM画像（1988年観測）の判読，現地調査により，乾期，中間期，雨期の3時期別に作成した。

② 浸水域図（乾期，中間期，雨期の3時期）

浸水域図は，基礎図で作成した浸水域図をもとに，乾期，中間期，雨期の3時期別に作成した。

③ 地形分類図

地形分類図は，作成済の基礎図（縮尺1/25万）をもとに，地形図の読図，空中写真判読，ランドサットMSSおよびTM画像の判読，現地調査によるチェックをふまえてまとめた。

④ 表層地質図

表層地質図は，作成済の基礎図（縮尺1/25万）をもとに，地形図の読図，空中写真判読，ランドサットMSSおよびTM画像の判読，現地調査によるチェックをふまえてまとめた。

⑤ 土壌分類図

土壌分類図は，作成済の基礎図（縮尺1/25万）をもとに，INTAの資料を参考に

して、現地調査によるチェックをふまえてまとめた。

(INTA : Institute Nacional de Tecnologia Agropecuaria)

⑥ 標高分類図

標高分類図は、地形図から等高線を10mごとに抽出して作成した。

⑦ 傾斜分類図

傾斜分類図は、地形図を用いて読図により行った。

土地分級は、各種の土地条件を考慮したうえで、一定基準により土地評価するもので、農業開発計画に欠かせないものである。土地分級は、その目的に応じて数多くある土地条件の中から、合理的な方法で分級が行えるように土地条件を選定し、分級基準を検討する必要がある。農業開発計画のための土地分級は、自然条件のみならず、社会的、経済的条件などのあらゆる側面から解析を進めていくことが望ましいが、ここでは、自然条件のみに着目して自然立地的な側面から土地分級を進めることにした。

ここでの土地分級は、今後策定される農業総合開発計画の基本方針をふまえ、Parana河(とくにYacyretaダム)からの取水による水田開発、畑地農業の振興、植林の振興等の観点から進めることを前提とした。そのための分級は、段階的に①土地の生産性、②開発難易性、③土地の安全性分級の3側面から行い、さらにこれらの分級結果をふまえて、④自然立地側面からの土地利用可能性分級をおこなった。

図2.3.4には、分級評価フローチャートを示す。

① 土地生産性分級

土地生産性は、表土の土壌条件と、その位置的な条件から評価する。土壌条件は、その土性、乾湿の状況などにより、作物への適合性が異なる。とくに本調査地域では、きわめて平坦な地形のため、乾湿の状況による生産性への影響が大きいものと思われる。

ここでは、土壌による生産性を水田、畑地、植林地別に分級した。一方、農業開発を進めていく場合、位置的なポテンシャルを示す地形条件が重要な要素となる。地形は傾斜を反映したものであり、傾斜区分によって地形条件を代表させることにもなる。したがって、傾斜区分図を作成した地域は、この傾斜区分図を分級に用いた。作成しなかった地域は、地形分類図を用いた。

② 開発難易性分級

開発難易性分級は、主として農業開発上、制約となる地形条件を考慮するものである。本調査地域は、大部分が草地・耕地で占められているため、排抜根等の土地改良に要する動力は少ない。それゆえ、耕作地の開発にあたっては地形の傾斜が重要なポイントとなる。開発難易性分級は、傾斜区分と地形区分を用いて進めた。

③ 土地安全性分級

調査地域における土地の安全情報は、主として浸水・洪水に対する安全性と土壌侵食に対する安全性を考慮する必要がある。これらの土地の安全性は主に地形条件によるが、ここでは、ランドサットデータから把握される浸水域と土壌条件も同時に考慮した。

④ 自然立地的側面からの土地利用可能性分級

土地利用可能性の評価は、上記の①～③の分級結果と、アルゼンティン国の農業開発に対する政策などを十分理解したうえで、現況の土地利用状況をふまえて進めた。

分級評価にあたっては、a) 水田適地、b) 畑地適地、c) 植林適地、d) 排水改良適地の4通りの観点から進めた。分級には、①～③の結果と土地被覆分類図(土地利用図)を用いた。

評価図の作成にあたっては、作成した主題図(縮尺1/5万)を画像化し、画像のデータベースを作成した。この画像データベースの中から、必要な画像を抽出して、画像同士を重ね合わせ処理することにより、各種評価図を作成した。

<参考文献>

- 1) 江森康文ら(1983): 農業開発適地選定のための技術体系検討技術体系報告書, JICA, pp 67
- 2) 土木学会(1984): 新体系土木工学50, 国土調査—地域の調査と分析—, 技術堂出版, pp 416
- 3) FAO, Land and Water Development and Conservation Service (1976): A Framework for Land evaluation, FAO Soils Bulletin, 32, pp 72
- 4) 福井捷朗(1978): 土地評価の枠組—内容の紹介と若干の所見—(第1部), ベドロジスト, 22(2), p 133-143
- 5) 福井捷朗(1979): 土地評価の枠組—内容の紹介と若干の所見—(第2部), ベドロジスト, 23(1), p 69-80
- 6) 福井捷朗(1979): 土地評価の枠組—内容の紹介と若干の所見—(第3部), ベドロジスト, 23(2), p 145-159
- 7) 福井捷朗(1980): 土地評価の枠組—内容の紹介と若干の所見—(第4部), ベドロジスト, 24(1), p 97-107
- 8) 福井捷朗(1980): 土地評価の枠組—内容の紹介と若干の所見—(第5部), ベドロジスト, 24(2), p 157-165
- 9) 石田憲治(1987): 農地基盤の優良性に基づく土地利用計画区分図作成手法の開発, 土地利用区分図研究報告5(土地利用計画作成手法の開発), 農業研究センター農業計画部, p 23-36

- 10) J I C A (1 9 8 8) : アルゼンティン国ヤシレタダム隣接地農業総合計画実施調査 (予察図作成) 最終報告書, pp106
- 11) 農林省農林水産技術会議 (1 9 6 4) : 土地利用区と方法, 農林統計協会, pp432
- 12) 西田猛ら (1 9 8 1) : 土地分級-土地改良と土地利用計画のために-, 農林統計協会, pp269
- 13) 宇田川武俊ら (1 9 8 1) : 農用地開発計画における立地条件の評価の試み第1報 数量化Ⅱ類による評価, 農技研報A, 27, p31-68
- 14) 湯浅満之, 境忍, 山本博 (1 9 8 7) : リモートセンシング技術の応用 (その7) -海外の于牛開発への応用-, 農業土木学会誌 55 (3), p251-257

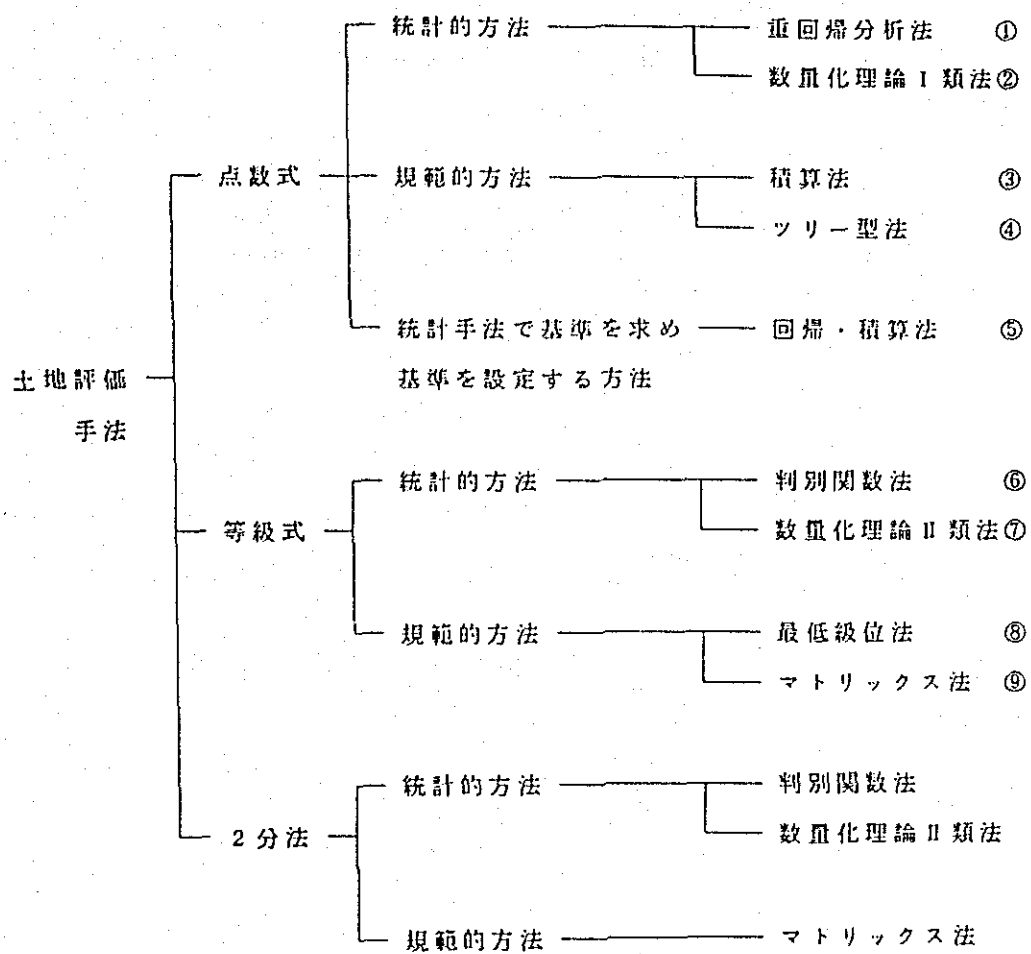


図 2.3.1 土地評価手法系統図

	等級			
	I	II	III	IV
A 要因		○		
B 要因	○			
C 要因				○

総合評価 IV

図 2.3.2 最低級位法の場合

		A 要因			
		I	II	III	IV
B 要因	I	1	1	2	2
	II	1	2	2	3
	III	2	3	3	4

A 要因 III

B 要因 I

総合評価 2

図 2.3.3 マトリックス法の場合

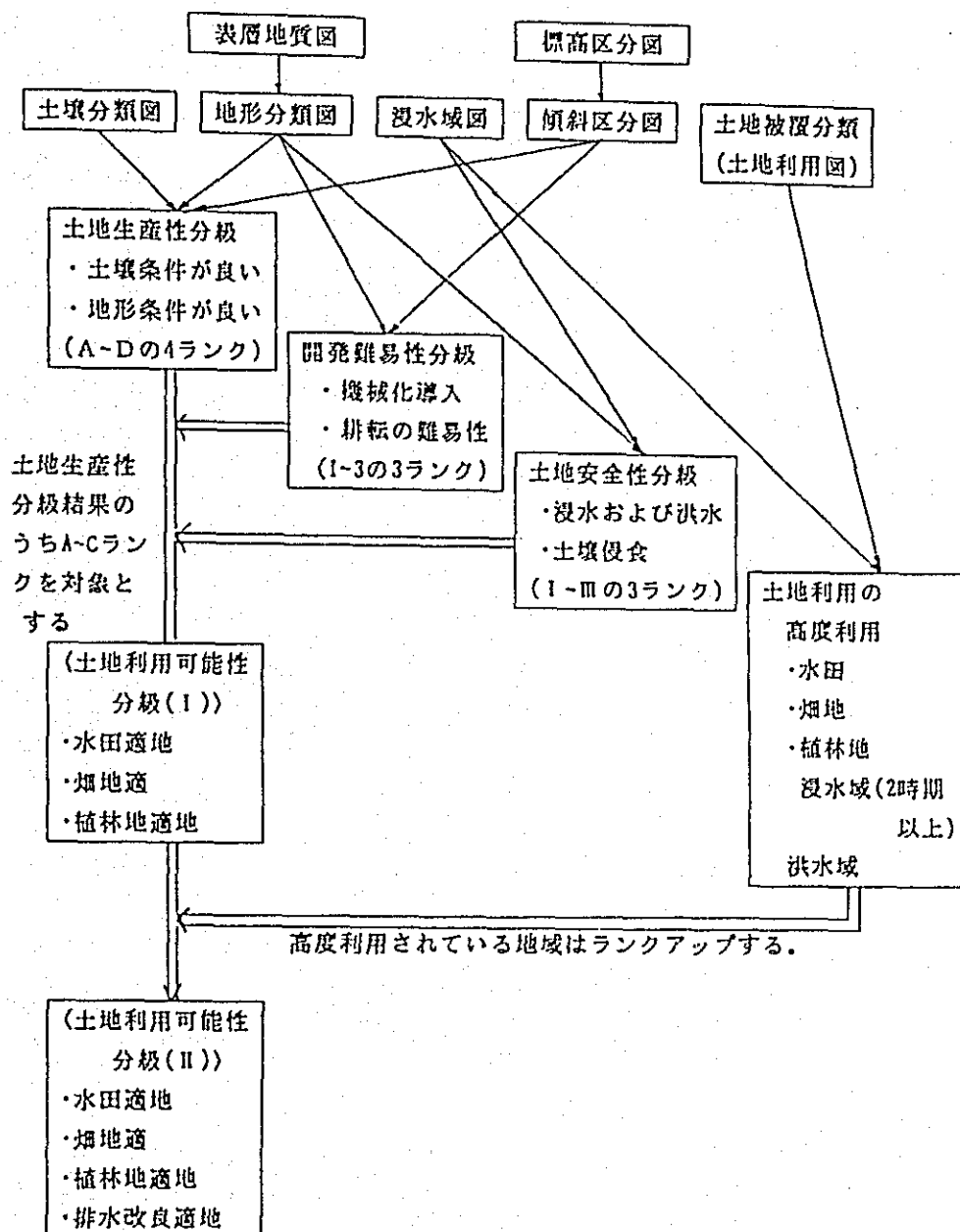


図 2.3.4 分級評価フローチャート

表 2.3.1 日本が関与したリモートセンシング技術を用いた

広域農業開発のための土地評価の例(文献 14)に加筆)

調 査 名	対 象 国 名	調査時期	調 査 内 容
ハッジンジャー農村総合開発計画マスタープラン計画	北イニメーン	1979	土地利用植生分布解析
ブラジルの農業研究出力プロジェクト	ブラジル	1980~1983	植生・土地利用図, 土壌図作成, 農地開発および作付状況経年変化解析 炭煙と地力回復状況解析
ワジジ流域農業開発計画実施二次調査	オマーン	1981	植生・土地利用状況図, 地形分類図, 流域区分図, 地質図, 土壌図作成
イボア湖西部農業開発計画	パラグアイ	1981~1982	土地利用状況判読
ムコマジバレー農業用水計画実施調査	タンザニア	1982	カラー合成図より水系, 流域界の判読
ヤンレタダム隣接地域農業総合開発計画	パラグアイ	1982~1984	土地被覆分類, 冠水域の変化状況把握
パチナコソースト地区水文観測調査	オマーン	1982~1985	土地被覆分類, 植生季節変化解析, 雲輝度と地表アルベドによる降水量分布予測, 地質図作成
北パテンソン水資源開発基本計画調査	インドネシア	1983	土地被覆分類図, 植生季節変化図, 土壌含水状況図, 地質図, 水系図, 地形分類図, 植生・土地利用季節変化図, 洪水危険評価図作成
東北タイ南部中規模かんがいパッケージプロジェクト実施調査	タイ	1983	土地利用状況図, 水利現況図作成
北部ホライニアフ及びボートサイド南部農業開発計画実施調査	ニジプト	1983	湖沼地帯の状況判読により測量・設計に係る現地調査立案
三江平原農業開発計画調査	中 国	1983	土地利用状況, 地形地質条件, 洪水/排水状況の判読
三江平原農産物生育解析	中 国	1983	小麦の収獲量予想の検討
アサハソンドサトデータ解析	インドネシア	1984	土地被覆分類図, 土壌図, 植生量図作成
アサハソンドサトデータ解析	ネパール	1984	土壌湿度(土壌水分分布)解析
イタプア県穀物増産計画調査	パラグアイ	1985~1986	土地被覆分類図作成, 土地分級解析
ビクトリア湖周辺地域総合開発計画調査	ケニア	1985~1986	植生・土地利用季節変化解析
ニジュール河流域農業総合開発計画調査	西アフリカ9カ国	1985~1989	地勢情報図作成, 土地分級解析による農業開発適地選定図作成
東北タイ農業開発研究計画	タイ	1986	土壌分類(土壌湿度, 塩類集積)解析
マシソンゴ州中規模かんがい計画実施調査	ジンバブエ	1986	農業用水ダム選地選定
コロムビア国キンデアイオ盆地農業総合開発計画実施調査	コロムビア	1987	各種主題図, 開発適性の観点からのランドユースマップ
アルゼンティン国ヤシレクタダム隣接地域農業総合計画実施調査	アルゼンティン	1988	各種主題図, 土地利用可能性分級図

2.4 農業開発情報収集・活用のための

ハイパー・マルチメディアシステムの確立

星 仰

農業開発を実施するにあたり農業開発プロジェクト Phase II では必要な情報を収集し、これを利活用することになる。このためにはリモートセンシング画像データや地図情報といった大容量データをコントロールするデータベースシステムが不可欠といえよう。これらのシステムを確立させるためにデータベースはどうあるべきかという基本的概念について述べ、主題図の作成基準を示す。この中でデータを有効に利活用していくためには情報の提供方法のガイドラインが必要なので、データの種類、データの抽出、コンピュータシステムとデータベースの関係などについて概略を述べる。

次にデータベースシステムについてはハイパー・マルチメディアシステムの構築を目標にして、この中に知的検索システムとロギング処理機能を含める。とくにロギング処理機能は地域における技術者の研修には効果的な処理機能と思われる。以下、上記の内容の要点を記述する。

2.4.1 農業開発のためのデータベースの基本概念

農業開発プロジェクト Phase II を5ヶ年計画で実施するために必要なデータベースの基本的概念について述べる。公共事業省のデータ処理・統計センター（以下PUセンターという）のデータベースは下記の3項目の事業から成り立つものとする。¹⁾

- 1) 全国の主題図の作成基準とその構築
- 2) PUセンターと地域センターの情報提供

以下、上記諸点項目については節に分けて詳述する。

2.4.2 主題図の作成基準とその構築

ここでいう主題図には人工衛星に搭載された多重分光検知器（MSSなど）から抽出された画像データから作成された分類図を原図として用いる。分類図作成のためのパターン認識手法は教師なし分類もしくは教師つき分類を用いるものとする。この分類図に地形図、メッシュ図、統計資料などを組み合わせて主題図が作成される。これらの詳細は農業開発プロジェクト Phase I のパターン法やランキング手法に適用されたソースデータ群が参考になる。

主題図は縮尺1/5万を基本として、これらから1/15万、1/25分の図面が間引き法もしくは平滑化法などによって作成される。したがって、ここではまず縮尺1/5万

の主題図について規則を定めておく。

全国を包含する緯度・経度を座標の基準にして、これらよりさらに実用的な距離座標系 (X, Y) と計算機処理座標系 (I, J) を関係づける。まず、全国の主要な島々を代表させながら、5地域に分割する。これら各地域にはデータベースのための地域センターを設ける。各地域センターには必要に応じて地域事務所を数ヶ所設ける。これらのデータ供給面から見たところの組織図を図2.4.1に示す。また、図2.4.2には地域の略記号が記載されている。なお、5地域の主な島々とその略記号(呼名)は下記の通りである。

- | | |
|---|-------------|
| (1) Java, Madura, Bali, Lombok,
Sumbawa, Sumba, Flores,
Timor and Welar | (略記号: JAVA) |
| (2) Sumatra, Bangka and Billition | (略記号: SUMA) |
| (3) Kalimantan and Lant | (略記号: KALI) |
| (4) Sulawesi, Buru, Seram and Halahera | (略記号: SULA) |
| (5) Irian Jaya and Tanimbar | (略記号: IRJA) |

上記の総合センターとしての役割は公共事業省のデータ処理と統計センター(以下UPセンターと略記する)が引き受けるものである。各地域センターは自ら包含される地域の基礎データを収集するがその位置的基準は以下に示す1次メッシュと2次メッシュからなる。

• 1次メッシュ

全国を緯度、経度ともに $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ (約 111×111.3 km)のメッシュで分割する。これを1次メッシュと名付ける。この1次メッシュは図2.4.3のように約 18×48 個の単位メッシュから成り立っている。1次メッシュのコードは緯度コードを2桁、経度コード2桁、連続にして10進法で4桁で表わす。

例 14 11

$J_1 = 11$ は経度コード

$I_1 = 14$ は緯度コード

• 2次メッシュ

1次メッシュの単位メッシュ内を規定するもので、 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ の内部は緯度 $10'$ 、経度 $15'$ で区切る。そうすると図2.4.4に見られるように緯度方向が6個、経度方向が4個のマトリックスとなる。2次メッシュ・コードは1次メッシュ・コードの規則に従って緯度コード1桁と経度コード1桁を連続させた2桁で表す。

2次コードは1次コードの内部を詳細に表現するものであるから、次コードを表現するときには1次コードと2次コードをバーで結んで表す。たとえば〔1411-32〕というのは $I_1 = 14$, $J_1 = 11$, $I_2 = 3$, $J_2 = 2$ のことである。これらのメッシュ

コードは緯度L，経度Dの範囲を規定することになる。

a) 地形図情報

地形図の情報には多種多様なものが含まれている。地理情報システムにおける地図情報を考慮しつつ，農業開発プロジェクトにとって特に重要な地図情報の項目を挙げると下記の諸点項目となる。

- (1) 標高，傾斜度，斜面方向
- (2) 行政界
- (3) 河川，湖沼，海岸線
- (4) 道路と鉄道
- (5) 特記すべき建物や植生
- (6) 地名，その他

Phase IIにおいては上記の情報の種類の中から項目(1)～(2)をデータ抽出の対象とする。標高は地形図の等高線から抽出する。地形の傾斜はメッシュ標高値から計算により算出する。この算出式は別に定める。項目(3)，(4)は地形図をディジタイザにセットして，特定分析地区のみ座標点で抽出する線情報はチェーン構造により連続性を保証する。これらの点，線，面のデータ構造について別に定める。データの抽出単位は50 m×50 mの矩形を単位セルとして，主題図作成の1次，2次メッシュに準拠する。インドネシアにおける既存の古い地図はオランダ技術によるもので，正方形角になっている。このメッシュ基準とここで提案しているメッシュ基準と異なることに注意されたい。

b) 既存(メッシュ)情報

既存のメッシュ情報については現行の使用に耐えることができるかどうかを検査・点検してから，最小単位セル50 m×50 mを基準にしてデータ抽出を行う。もしも，既存データのメッシュが上記単位セルと一致しないときは算術式によって補間して単位セルに既存データを一致させる。とくに地質情報についてはLEMIGAS(工業エネルギー省石油ガス開発技術センター)の協力を得ることが良策といえよう。既存(メッシュ)データの情報の種類となるであろうものには下記のものがある。

- (1) 地質データ
- (2) 有効土壌厚データ
- (3) 土壌データ
- (4) 水系データ
- (5) 植生データ
- (6) 気象データ(降雨分布，日照時間，気温など)

c) 主題図情報

主題図は、主にリモートセンシング画像データから作成できるものを主体にする。Phase I によって活用された図面の種類（図 2.4.6 参照）には下記のものが含まれている。

- (1) ランドカバー図
- (2) バイオマス分級図
- (3) 土壌色図
- (4) 評価図
- (5) 土壌水分図

Phase II ではパターン法やランキング法などによって使用された主題図を対象とする。これらの主題図は b) の項目(1)~(4)と c) の項目(1)~(5)である。したがって、データベースのデータバンクには上記の項目の情報のすべてまたはその一部分を含むべきであろう。

d) 農村開発計画の情報

農村開発計画の情報によって作成される計画および評価図などには下記のものが含まれよう。

- (1) 環境主題図
- (2) 環境評価図
- (3) 物象計画図
- (4) 社会・経済計画図
- (5) 部門計画図

e) 部門計画の情報

上記部門計画の中には下記のものが含まれる。

- (1) 鉱業開発施設・整備計画図
- (2) 農業施設・整備計画図
- (3) 林業施設・整備計画図
- (4) 水産施設・整備計画図
- (5) 工業施設・整備計画図
- (6) 商業施設・整備計画図
- (7) 集落施設・整備計画図
- (8) レクリエーション施設・整備計画図
- (9) 防災施設・整備計画図
- (10) 公共施設・整備計画図
- (11) 道路・交通施設・整備計画図
- (12) 水利施設・整備計画図
- (13) 供給・処理施設・整備計画図

ただし、上記諸点目 d)、e) に示した農村開発計画もしくは主題図はインドネシア全体に適用することは量的に膨大となるので、実験地区にとどめることになろう。

2.4.3 PUセンターと地域センターの情報提供

a) PUセンターから地域センターへの情報提供

PUセンターから各地域センターに情報を提供する内容は具体的に2種類とする。その1つは衛星リモートセンシング画像データ(LANDSAT・MSS, SPOT・XSまたはMOS-1・MESSR)をセル単位にフロッピーディスクに保管したものである。このデータの型式はBSQまたはBILとするが、FORMATについては別に定める。つぎに他の1つの情報は農業開発にかかる分析用ソフトウェアのモジュールである。言語はFORTRANとし、パーソナルコンピュータ(CPUメモリーか1MB程度のもの)でも十分稼働する規模とする。このパーソナルコンピュータはPUセンターより各地域センターに各1台(式)ずつ提供されるものである。

b) 地域センターからPUセンターへの情報提供

各地域で収集される情報を中央のPUセンターですべて作成することは情報が不正確になるおそれがある。そこで、現地調査などの地域情報はその地域で収集し、かつ抽出するという原則を適用して、下記に示す3項目の情報を1次、2次メッシュ基準に準拠しながら収集し、その収集結果を地域センターからPUセンターに供給する。

(1) 地形図から抽出できる情報

なるべく自動化してディジタイザ入力を少なくする

(2) 農村開発計画の情報

詳細は d) に含まれる項目すべて

(3) 農村土地利用計画の情報

詳細は e) に含まれる項目すべて

上記の項目(2)、(3)については農業分野の専門家が別に定める。項目(1)については2.4.1で述べた範囲の標高、行政界、河川・湖沼、海岸線、道路および鉄道の情報とする。標高は既存の地形図よりコンターをトレースして、切れ目のないコンターを作成し、これをPUセンターのCCDスキャナで読み込む。特にトレースが地域センターなどで技術的に困難な場合にはディジタイザ入力で切り換えてもよい。

行政界から鉄道までの情報は線状のため、離脱距離 ϵ が ± 1 mmを越えない程度にディジタイザで不等間隔に点座標として抽出する。これらのデータ保管は処理中はパーソナル・コンピュータのハードディスク(40~200MB)を用いることとし、抽出されたデータの修正が完了してから、フロッピーディスク(5.25または3.5インチ)にコピーして、PUセ

ンターに郵送する。このデータ抽出で、特に注意する点は抽出データの検査方法と人材である。

2.4.4 データの選定および抽出基準

a) リモートセンシング画像データ

一般に入手しやすいリモートセンシング画像データの種類としてはSPOTのパンクロマチック(10m分解能)、SPOTのマルチスペクトラル(20m分解能)、LANDSAT・TM(30m分解能)、MOS-1のMESSR(50m分解能)、LANDSAT・MSS(80m分解能)の5種類がある。主題図を縮尺:1/5万と定めると、日本の軌道衛星MOS-1・MESSR画像データが分解能と経済面で最適となる。しかし、受信範囲がインドネシア全体をカバーしていない問題がある。

Phase Iにおいて、LANDSAT・MSSをジャワ、スマトラ島などで構築(約200シーン)しているため、この画像データに合わせようとする主題図の縮尺は1/25万が適当といえよう。また、LANDSAT・TM画像データは熱赤外バンドのデータを含む唯一のデータであることから、地質、鉱物分野にとって重要視されるが、コストが高く一定の予算内では選定されるシーン数が大幅に減少するので、3種類の中でどれを選定するかということは一長一短がある。ここではLANDSAT・MSSを第1候補としておく。これ以外のUSSRのCOSMOS(5m分解能)やインドのIRS-1A・LISS-11(36.25m分解能)などの新しいデータについては個別に諸外国から購入する必要がある。

リモートセンシングの画像データを収集する第2候補はLANDSAT・TMである。このTM画像データの中には7種類のバンドデータを含んでいて、かつ解像度も良好である。また、シーンの寸法もSPOT・XSやMOS-1・MESSRより広いので経済的である。

画像データを収集する第3候補はSPOT・XSである。SPOT・XSの解像度はMOS-1・MESSRやLANDSAT・TMに比べて高い。しかし、バンド数が少なく、1シーでカバーする地区の広さがMOS-1、LANDSATに比べて狭い。

これら以外にSPOT・Pバンドデータが存在する。これは高解像度(10m)であるが単バンドのため、標高抽出などの特種な目的に利用されるだろう。したがって以上のリモートセンシング画像データの中でLANDSATのMSSとTMが最も画像データベースに適したものといえ、MOS-1、SPOTは特定地区の主題図作成などに利用できるだろう。

b) メッシュデータの抽出と補間法

メッシュデータはメッシュの中心もしくはメッシュの交点の各々の値のいずれかを選んで抽出できよう。これらの選定にあたって原データ間のメッシュ寸法が異った時は最短近隣法、バイリニア法、キュービックコンボリューション法などの補間法が適用される。

c) 線情報データ構造

線情報は点と点を接続して形成されるもので、点情報には(X, Y)座標値以外に、分岐点、交点、端点、連結点を区別する情報を加える。これ以外にも点の左右のポリゴン名を付け加える。このことにより、点、線、面の関係が相互につけられる。

d) 地図の線情報を自動抽出する手順を以下に述べる。

- 1) 地形図の等高線をトレースする。
- 2) トレースされた等高線はCCDスキャナで16本/mm程度で読み取られる。
- 3) データ量が多いのでデータ圧縮(data compression)技術を活用する。
- 4) 圧縮データを再現して画像処理技術によって骨格抽出をする。
- 5) 中心線をベクトル化して点情報にする。
- 6) 中心線からメッシュ標高データを作成する。
- 7) 編集機能によってデータの修正を行う。

e) デジタイザによるデータハンドリング

デジタイザによってデータを抽出するためのタブレット用のメニューをデザインする。このデザインについて技術的・経験的ノウハウが多いので、専門家や短期専門家の支援を仰ぐこととし、ここでは詳細項目や詳細な内容については省略する。

2.4.5 計算機システムの構成

現在(1990年)PUセンターに設置されているPhase Iの計算機システムは稼働中であるが、このシステムの規模は数ヶ所の地域の分析と解析に適したものと見えよう。Phase IIではインドネシア全体を考慮しつつ農業開発データベースを構築していく必要があることから、ホストコンピュータの中央処理装置と補助記憶装置を共に更新する必要がある。さらにまた、地域センターとPUセンターとの情報をスムーズにやり取り可能にすべきであろう。すなわちホストコンピュータからEWSレベルそしてパーソナルコンピュータレベルへと情報を柔軟に変換できるシステムが必要と思われる。また、農業開発プロジェクトにおいて利活用されるデータ群は膨大なものとなる。これらのデータ群は異種のデータが混在しているため柔軟性のあるデータベース・マネジメントシステム(DBMS)が不可欠である。これらのことを総合して下記のようなハードウェア装置の種類を含んだ計算機システムを提案する。

なお、最近ネットワーク利用が急速に進展しているが、PU内部で十分な通信回線が得られないようであるので、PU間がビル間にLANを構築した時点でネットワークによる情報通信を考えるべきだと思われる。このほかPUセンターのリモートセンシングに関する資源を十分に活用できるように、10台程度の端末をPU内に新しく配置するのが良案

といえよう。

a) ハーウェア装置の種類

(1) CPUメモリー	16 MByte
(2) DISKメモリー	10 GByte
(3) 磁気テープ装置	2台 (テープ密度: 6250/1600 BPI)
(4) ラインプリンタ	1台 (各3, 10 MByte)
(5) フレームメモリー	2台 (FPD: 5.25", 3.5")
(6) EWS (4~16 MB)	5台
(7) カラーグラフィックス	2台
(8) ページプリンタ	1台
(9) カラーハードコピー	1台
(10) 静電カラープロッタ	1台
(11) デジタイザ	1台
(12) パーソナルコンピュータ	1台
(13) 端末	10台
(14) コンソール	1台
(15) 通信制御装置	1台
(16) フォトプリンター	1台 (オフラインでも可能)

b) 分散型コンピュータシステム

Phase I によってシステム化されたものは IBM4341 ホストコンピュータ (HOST 2-OLD) による大型の集中管理システムであった。

Phase II では新しい時代に対応しつつ、農業開発のリモートセンシングの情報を取り扱え、処理可能にすることを念頭において、Ethernet による LAN を用いて、機能分散処理を提案する。

LAN を使用するシステムの要素としては、LAN、ホストコンピュータ、ユーザがある。LAN のサービス形態には図 2.4.5 のように (ホスト) - (端末) 型、(ホスト) - (ホスト) 型、(プロセッサ) - (サーバ) 型の 3 種類がある。ここで提案する分散機能型はサービス形態として (プロセッサ) - (サーバ) 型を意味している。

この Phase II の 5 年計画の中で基本的なシステム構築は下記の条件を満たす必要がある。

- i) Phase II のホストコンピュータは公共事業省のホストコンピュータ PUSDATA と LAN で接続可能にする。
- ii) Phase I で設置したホストコンピュータ (PUSDA HOST 2-OLD) を仮借用して、Phase II の代用機とする。

iii) Phase I の著積した機能・資源が Phase II で十分に生かされる見通しができてから Phase I で設置したホストコンピュータを切り放す。

iv) Phase II の分散処理機能には下記の内容を含む。

- a. 全体のシステム管理機能
- b. ローカルネットワーク機能
- c. 知識画像解析の開発機能
- d. 画像・図形の入出力機能
- e. 画像・図形・文字の結合機能
- f. 文字情報の入出力機能
- g. 知的検索機能
- h. 地域用データ変換機能

上記の処理機能を持つ Ethernet による LAN の構成概要を図 2.4.7~8 に示し、各処理機能の内容の概要を以下に述べる。

- 1) 図 2.4.8 はシステム全体の管理機能の役割であり、画像データベース全体を構築する。DBMS はこのシステムに存在して、ユーザーが画像などを検索するときはこの管理システムから応答がなされる。Phase I で設置したホストコンピュータでは CPU メモリが不足していて DBMS をインストールできないので、1990 年の中期には Phase II のホストコンピュータを導入すべきである。参考までは Phase I と Phase II の計算機システムの変更点を図 2.4.9 に示す。この中で画像データベースなどでは大容量になるので、DISK 容量として 10 GByte を用意する。
- 2) 図形データベースのデータ構造は基本的にトポロジーの概念設計とする。市販ルーチンを使用する方法もあるが、そのときはプログラムのソースリストの提出をすることが前提である。これが不可能なときは線画データのポイント、チェーン、ポリゴンの各ファイルを PU センターのカウンターパートが十分理解できるソフトウェアを追加して、トレーニング機能を持たせる。このほか、ポイントデータ群と CCD スキャナから取り込まれたラスタデータ編集機能が必要であり、その内容が PU センターや地方事務所のカウンターパートに十分理解できる必要がある。
- 3) 画像解析システムでは画像と図形のデータを結合しながら農業開発に必要な画像処理システムを開発する。ここには EWS を配置して、2~10 MIPS の処理能力を持つ CPU を設置する。画像メモリーは 8 MB 程度を準備して、LANDSAT・TM 画像の全バンドを一度に処理できるようにする。
ソフトウェアとしては線図形処理用と画像処理用が準備される。とくに、画像・図形処理ソフトウェアは長期専門家やカウンターパートが使いやすいように設計されているもの

を選択すべきであろう。

- 4) 知識画像解析システムの開発中にユーザがシステム利用することはできない。これは不十分なシステムの公開はかえってユーザに迷惑をかけるからである。したがって、画像解析システムは開発用とユーザ用に分けられるべきである。しかしながら、これらの装置の内容はほぼ同程度でも差し支えなからう。重要なことはユーザ用画像解析システムはDBMSで管理された内容が利用の対象なのである。
- 5) 出力形式は静電カラープロッタ出力、画像出力、写真出力、文字情報出力に分けられる。これらの出力のためには静電カラープロッタ装置(A0サイズ出力)、画像のカラープロッタ装置(A3サイズ出力)、ドラムプリンター、およびレーザービームプリンタ(A4サイズ出力)を準備する。これらのすべての制御には安価なEWSかパーソナルコンピュータを用いる。
- 6) 地域センターに配布するEWSもしくはパーソナルコンピュータシステムは6式あり、そのうちの1式はLANの配下に置く。ここで実利用のテストが実施され、不完全なものは修正される。ここで出力されるプログラムとデータファイルは必要に応じて3.5インチのフロッピーディスクに保管され、コピーされたプログラムとデータファイルは地域センターに郵送される。

なお、出力紙のサイズA3は国際的にあまり使用されないものである。カラー画像出力がA3サイズになっている理由はA4サイズでは小さすぎるしA1サイズでは高価になる。A3サイズ2枚を合わせると図面として使用できる点がA3サイズにある。もしも、予算的に可能ならばカラーのA0サイズの出力装置が望ましい。

上記のシステムを新規に入れ替えるものと現行システムに追加するものについてのおおよそのシステム構成を以下に示す。

c) 地域センター用サブシステム

パーソナルコンピュータシステム(図2.4.10(a)~(b)を参照)は地域センター用サブシステムを示したものである。このシステムは市販のソフトウェアが含まれる。その内容は下記の通りである。

- (1) OS: MS/DOSまたはOS2
- (2) 画像処理ソフトウェア
- (3) デジタイザからのデータ抽出するプログラム
- (4) GIS系プログラム
- (5) 基本数学ライブラリー
- (6) 基本統計プログラム
- (7) 格子データの表示ソフトウェア

(8) マルチウィンドー

(9) 英・日清書プログラム

d) データベース稼働用の記憶容量

ディスクの記憶容量は、おおよそ下記の項目から見積ることができる。

(1) システム領域 : $S_1 = 0.6 \text{ GByte}$

(2) 農村地域開発計画データ領域 : $S_2 = 0.8 \text{ GByte}$

(3) 農村土地利用計画データ領域 : $S_2 = 0.8 \text{ GByte}$

(4) 画像データ領域 : $S_2 = 1.6 \text{ GByte}$

(5) ベクトルデータ領域 : $S_3 = 1.4 \text{ GByte}$

(6) 既存(メッシュ)データ領域 : $S_4 = 1.6 \text{ GByte}$

(7) モジュール領域 : $S_5 = 0.4 \text{ GByte}$

(8) 分析用領域 : $S_6 = 1.2 \text{ GByte}$

total disk 領域 : $S = (S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6) \times 1.2$
 $= 10.1 \text{ GByte}$

2.4.6 ハイパーメディアシステムの構築

農村開発計画や農村土地利用計画などの農業開発の情報システムは1990年代にかけて、迅速性と柔軟性が要求されてくると思われる。農業開発でなされる意志決定にかかるデータを迅速に、かつ正確に提供し、意志決定にかかる内容をインドネシア全体に、何らかの通信網で連絡できるシステムが要求されよう。リレーショナルデータベースはこのような要求に対して農村開発の情報システムを短期間に開発でき、かつ環境の変化に対しても柔軟に対応できるシステムを構築すべきであろう。また、ソフトウェアにかかる人材と経費が省力化出来るばかりか、地域センターや事務所のエンド・ユーザーの講習・研修費も軽減できよう。これらの事から、Phase II の農業開発の情報システムにハイパー・マルチメディアシステムを構築することは意義があろう。

なお、ここで用いるハイパー・マルチメディアシステムとはリモートセンシング画像データ、地図データ、統計データなどのマルチメディアを各々データベース化して、各メディア間のファイル転送を可能にするシステムである。このファイル転送の一部にはEthernetが適用できる。つきにハイパー・マルチメディアシステムにするために、各マルチメディアごとに知能情報を蓄積する機能をシステム化して、この知能情報を検索したり(具体的には、トレーニング情報や画像内の雲の位置の検索)、利活用可能なシステム(専門家の処理した過程を再生できるシステム)のことである。

a) 地理・画像情報システムの動向

地理情報システムにおけるソフトウェアはアメリカのハーバード大学におけるコンピュータグラフィックと空間解析研究所で開発されたものがアメリカの地理情報システムが基盤になっている。1970年代にはハーバード大学から POLYVRT, CALFORM, SYMVU, DOTMAP, ASPEX, SYMAP, GRIDなどのプログラムが開発され、一部はアメリカの国家機関で使用され国勢調査のデータベースや図形表示などに活用されている。DIMEファイルなどはその一例である。上記のプログラムの中でPOLYVRTはデータ構造変換プログラムであり、この思想はその後発展的に開発されたODYSSEYプログラムパッケージに反映された。このODYSSEYは日商エレクトロニクスが日本の代理店になっていて、国産のオペレーティングシステムOS/F4でも稼働可能にした。アメリカではODYSSEY参考にして地図利用面の部分をコンパクトにまとめてARCなるソフトウェア群を作成し、INFOなるデータベースと結合してARC/INFOシステムをヘンコウ社が開発した。その後、図形処理システムARC/INFOと画像処理システムERDASの結合はパスコ社で可能となっている。

b) データベース開発の条件

画像情報システムや地理情報システムを導入したとしてもホストコンピューター側のリレーショナルデータベース（例えばSQLなど）の下で農業開発用データベースを開発する必要がある。このためには農業開発のための主題図の内容や要因が明らかにされよう。これらを踏まえて、データベースの開発をするための必要な条件は下記の通りである。

- (1) 農業開発に適したデータベースシステムとDBMS
- (2) 迅速性と柔軟性に主眼を置いた知的検索システムとTSS端末による検索
- (3) データの編集・更新の容易さ
- (4) 線画データ、画像データおよび主題図のデータの結合性
- (5) グラフィックス画像表示機能、編集機能および検索機能

データベースは大容量となるため、DBMS、データバンクはすべてホストコンピューターの基本システムで一括管理される。ホストコンピューター管理ではデータをどこまで公開すべきかを定める。検索システムもホスト側にある。

EWS（エンジニアリングワークステーション）は基本的に画像データベース開発システムと実利用システムを用意する。

データベース開発中のシステムは不完全なものが多いので未公開となり、システムが安定してから実利用のために公開する。EWSの機能の中には画像処理機能と図形処理機能および両者の編集機能を含める。

農業開発に必要な図面などの入出力は原則として分散システムのオンラインとして、入出

力を自由にして、ホストコンピュータの依存性を少なくする。

地域のパーソナルコンピュータシステムは地域データの収集と簡単な編集以外は取り扱わない。主目的はPUセンターから供給されるデータファイル・ソフトウェアで必要な情報を処理し出力できるようにする。

ここで取り扱うデータの種類は基本的にリモートセンシング衛星画像データと地図上の標高データおよび地図上の行政界データなどとする。データフォーマットは画像データをBSQ形式、標高データを1km間隔のメッシュ形式とする。行政界データは実データと抽出データから再生されたデータの誤差が1/5万地図上で±0.5mm以下とする。

c) 知的検索システム

画像データベースを利用するにあたり、まず知的検索システムが不可欠である。この検索システムはSQL/DSの上で構築する。検索の対象はリモートセンシング画像データ、地図データ、地理情報データ、農業開発データ、その他に分ける。この中でリモートセンシング画像データについてのガイドラインを示す。

(1) リモートセンシング画像データ

リモートセンシング画像データの検索項目には、Path, Row, データ抽出の年月日、雲のおおよその量(%)、ラジオメトリックや幾何補正のレベル、データのFORMAT, すでにread/writeされたときの情報、所有者、利用・公開のレベル、ミッション名(衛星名、通し番号)、入手先などを含める。

地図データの検索項目には図葉番号、第1次、第2次メッシュ番号、情報の種類(例として道路、行政界など)、縮尺、データ抽出日、データ抽出図面情報などを含めた。

(2) 検索のためのデータは画像または図面単位に一定のFORMATで準備する。検索項目の順序はあらかじめ定めておき、各々の検索項目の文字・数字の最大の桁数を指定する。

検索システムは概念的には階層的構造が存在していて、かつリレーショナルデータベースを基本にして発展したものにすべきである。図2.4.11は概念的な階層的構造を示している。

表2.4.1はPhase IIで取り扱うデータをかなり限定して、図2.4.11内容を具体的に示したものがあつた。ここで重要なことは図2.4.11の階層的構造では A_i ($i=1\sim n$)間の関係が得られない。そこで、 A_i ($i=1\sim n$)を相互に関係づける検索項目を考慮しなければならないだろう。その検索項目はposition(位置)である。検索項目Cは開発と編集を目的にして設計(デザイン)される。もし市販のパッケージを利用するときは知識データベースは望めないであろうし、そのパッケージの機能によって検索項目Cは左右されるだろう。また、画像処理の内容に項目Cは依存する。たとえば、総バンドデータ、処理中のバンドデータ、GCP、テストエリアデータ、トレーニングエリアデータ、教師なし分項画像データ、教師つき分項画像データ、正規化されたデータ、雑音除去データなどが検索の対象になる。

図形処理では点、線、ポリゴンの編集機能が検索項目Cに含まれよう。

知識データベースの具体的な実例としては画像内のパターンの検索が考えられる。このPhase IIのデータベースでは衛星画像の雲の位置を検索するシステムを構築することを提案する。

d) ロギング処理機能

Phase IIにおけるハイパー・マルチメディアシステムの中でマルチメディアの対象になるのは衛星画像、地図図形、文字、統計などのデータである。

これら各メディアが相互に検索され利用されるには、多くの場合いくつかの処理に分けられてくる。そこでこの処理ケースをサンプルして、ロギング機能を活用して知的画像処理、知的図形処理を可能にする。このことがPhase IIの重要な課題である。ロギング機能の開発はメーカーまたは長期専門家がを行い、知的画像処理の手順は短期専門家の協力が必要と思われる。

e) ハイパー・マルチメディアの処理機能

Phase IIにおいて取り扱える知的検索システムとロギング処理機能について、特記したけれども、第2章1～3節を参考にしてハイパー・マルチメディアの処理機能全体に対して、対象記術や計算機の実行環境などを考慮してまとめると表2.4.2のようになる。

農業開発の場合に適用されるリモートセンシング画像データ第1の処理ステップでカラー合成画像図が作成され、第2ステップの処理で幾何補正画像図が作成される。そして第3ステップの処理では主題図が作成され、最終の第4ステップの処理で評価図が作成される。このため第2ステップの処理以降はマルチメディアの利用が不可欠で、インドネシアのPhase Iのリモートセンシング・プロジェクトや第2章3節で述べられたパラグアイ国の農業総合開発計画でも同様である。ここで述べてきたハイパー・マルチメディアシステムはコンピュータシステムの専門家から完成していくのではなく、農業開発のシステムを基盤にして蓄積していくことが重要であると思われる。この結果が他の応用分野に参考になり、利活用されることを期待している。

2.4.7 結 語

この報告書は、農業開発のためのプロジェクトPhase IIを5カ年計画で実施するために不可欠なハイパー・マルチメディアシステムの完成を目標にして、データベースの基本的概念について述べてきた。

ここで提案するハイパー・マルチメディアのデータベースは一般のデータファイル利用とは異なり、画像データを含んでいる。このため、画像データベースの設計が基本となっている。さらに取り扱うデータの中に地図データや統計データを計画している。このよう

なマルチデータに対するデータベースは日本においても最先端の技術を駆使しないと完成されるものではない。日本と特に友好関係の深いインドネシアの首都ジャカルタにおいてハイパー・マルチメディアのデータベースを設計する手がかりを得たことは大変光榮に思っているし、是非これが完成して実稼働することを願っている。

<参考文献>

- 1) JICA: Minutes of Discussions on the Remote Sensing Engineering Project Phase II for the Development of Agricultural Infrastructure in the Republic of Indonesia, 1988.
- 2) Hoshi, T. : Data Base System of Remote Sensing for Agricultural Development (Rep.1), Report of JICA Short Term Expert, 1989. 3.

中東情報センター——組織系統図

大成領令 5/9/KPIS/1985
1986年11月1日

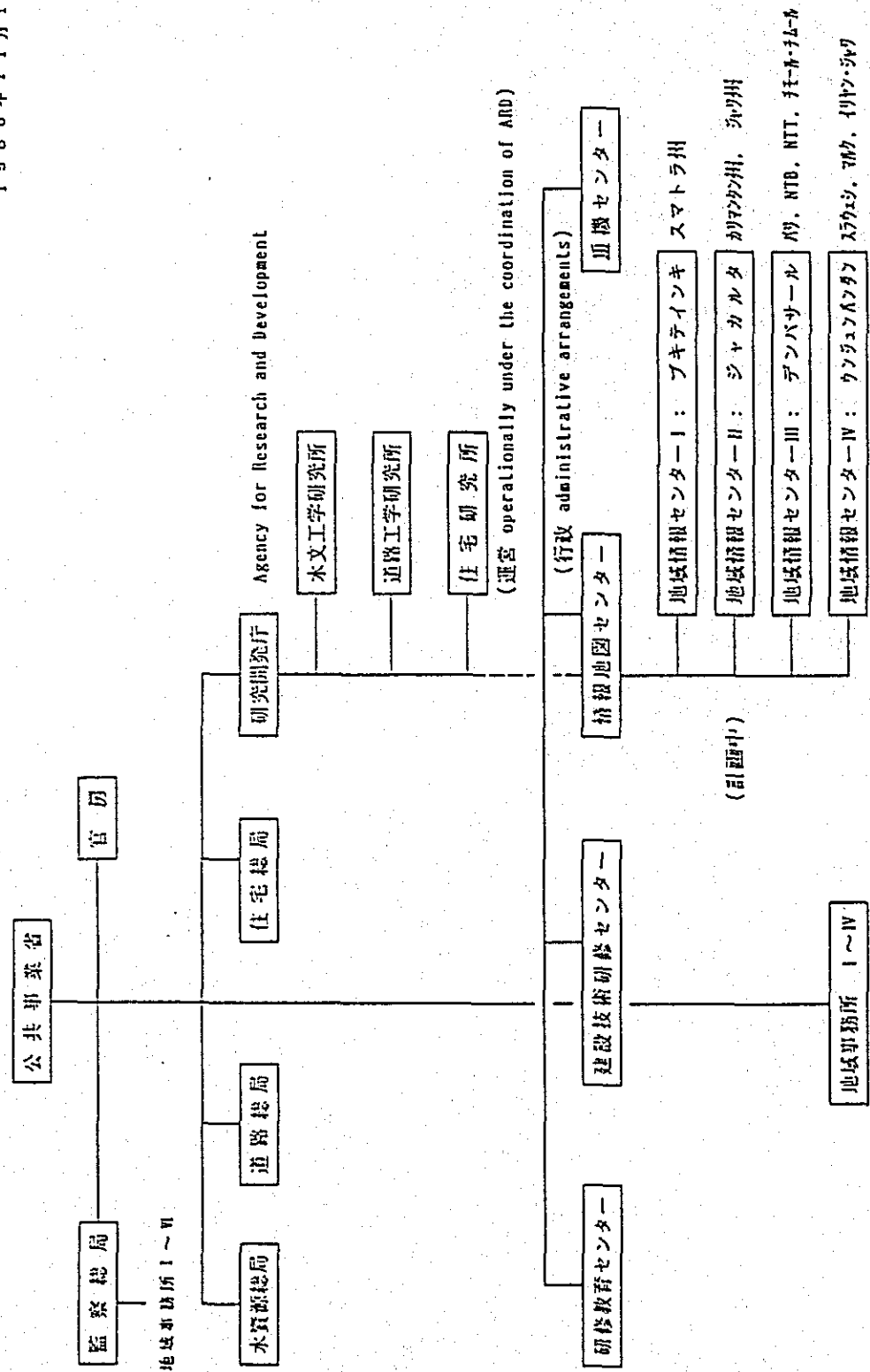


図2.4.1 (a) インドネシア政府の各機関の組織図

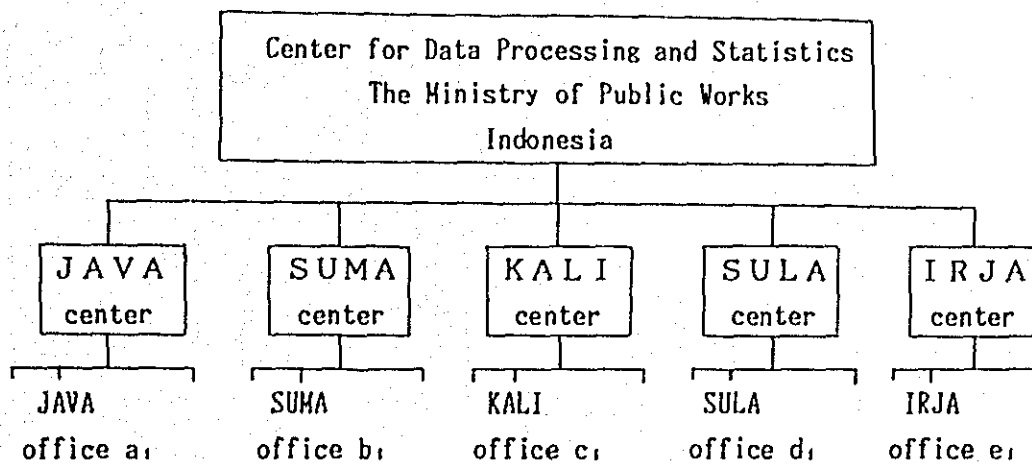


図2.4.1 (b) データベース確立のためのデータ供給機関

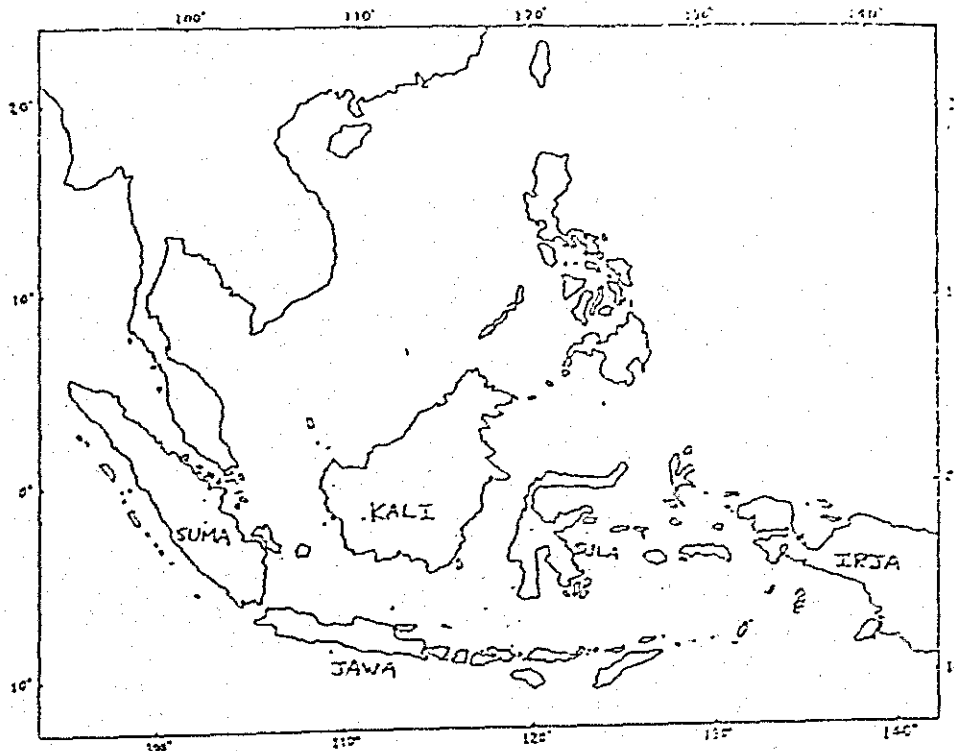


図2.4.2 インドネシアの地域割

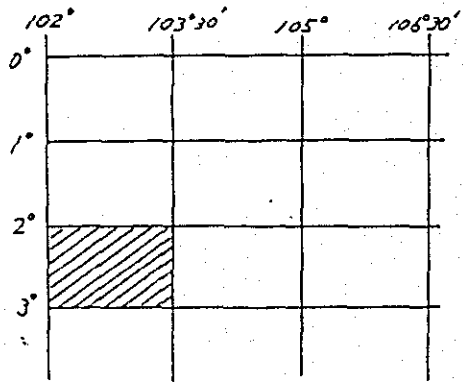


図2.4.3 1次メッシュの基準

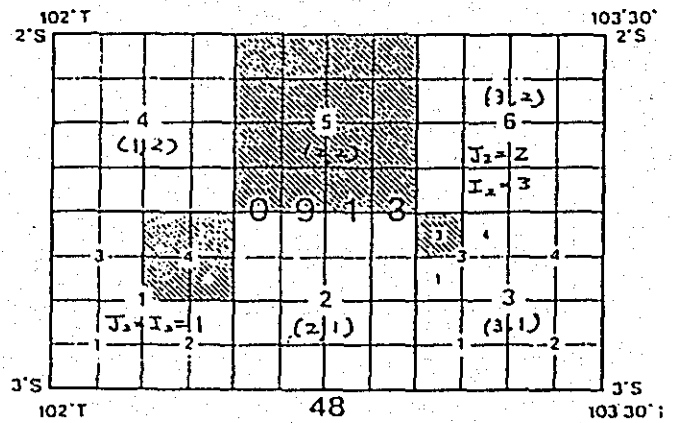


図2.4.4 2次メッシュの基準

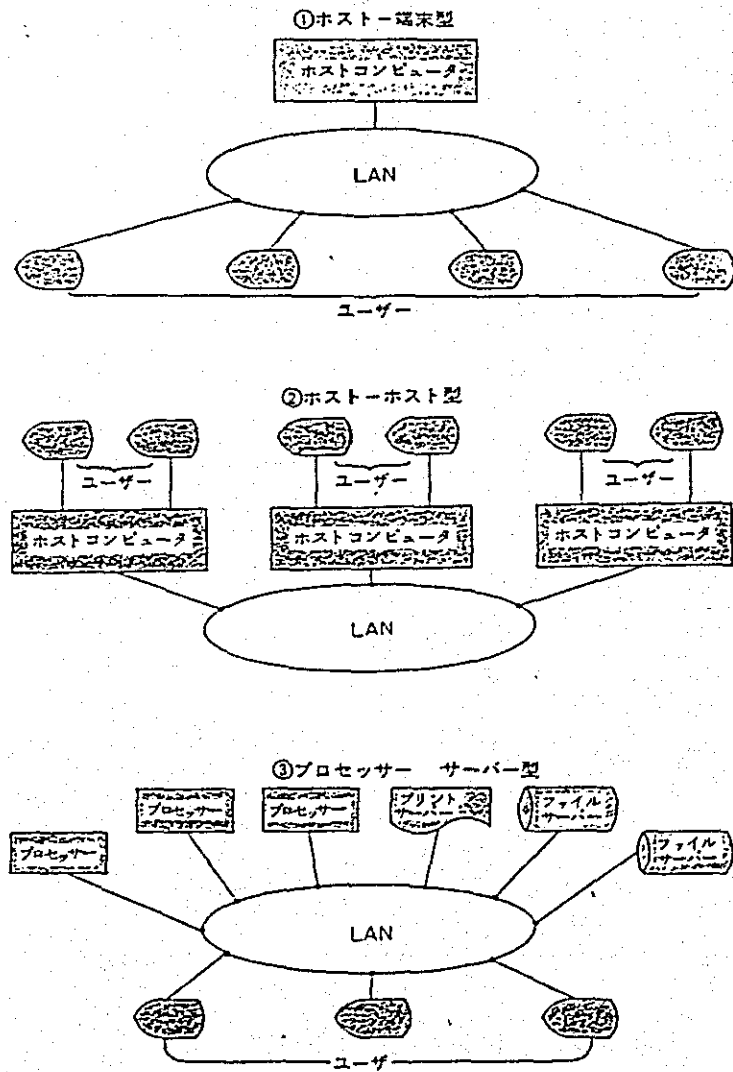


図2.4.5 LANのサービス形態

Systems of Evaluation Mapping

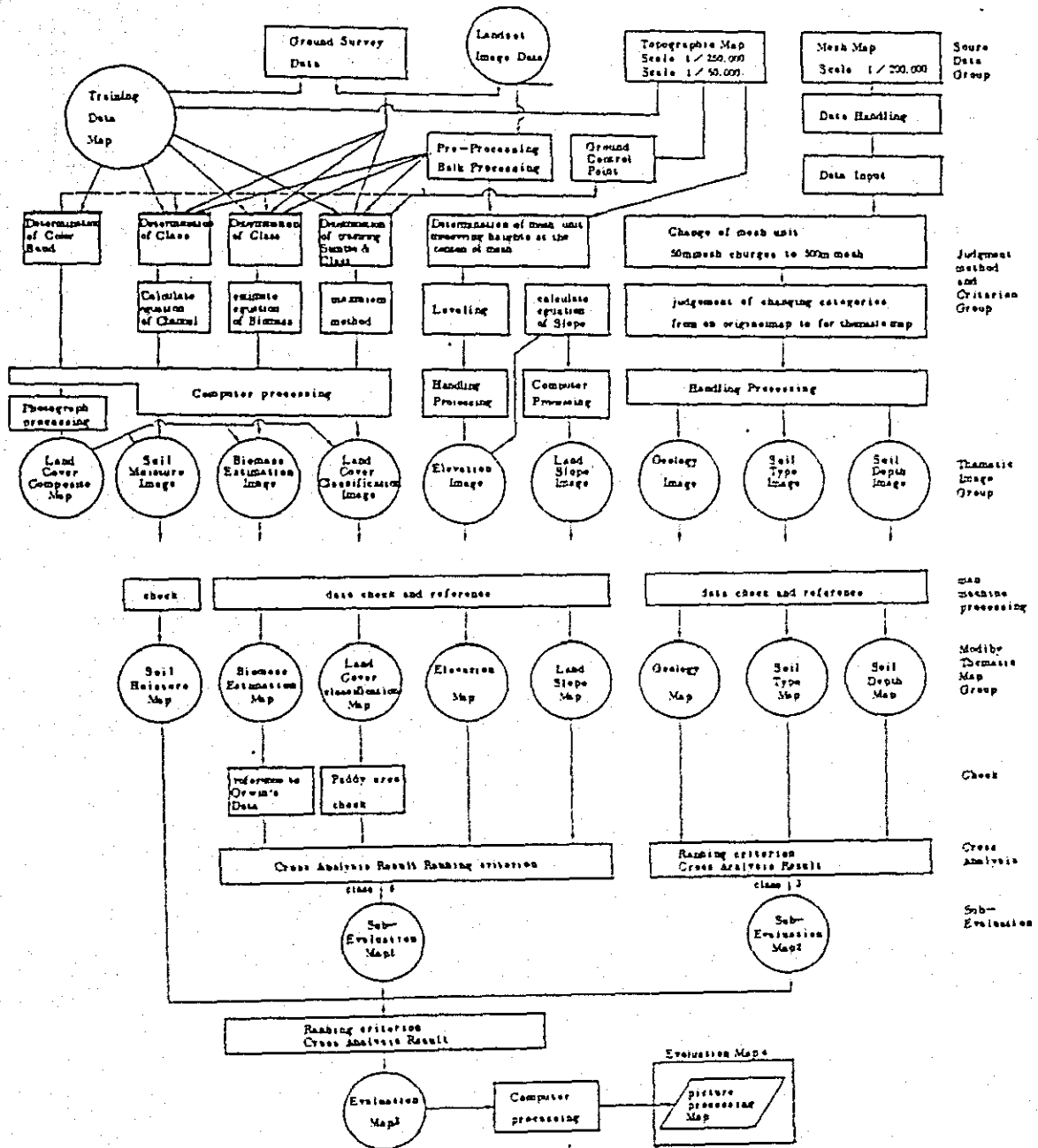


图 2.4.6

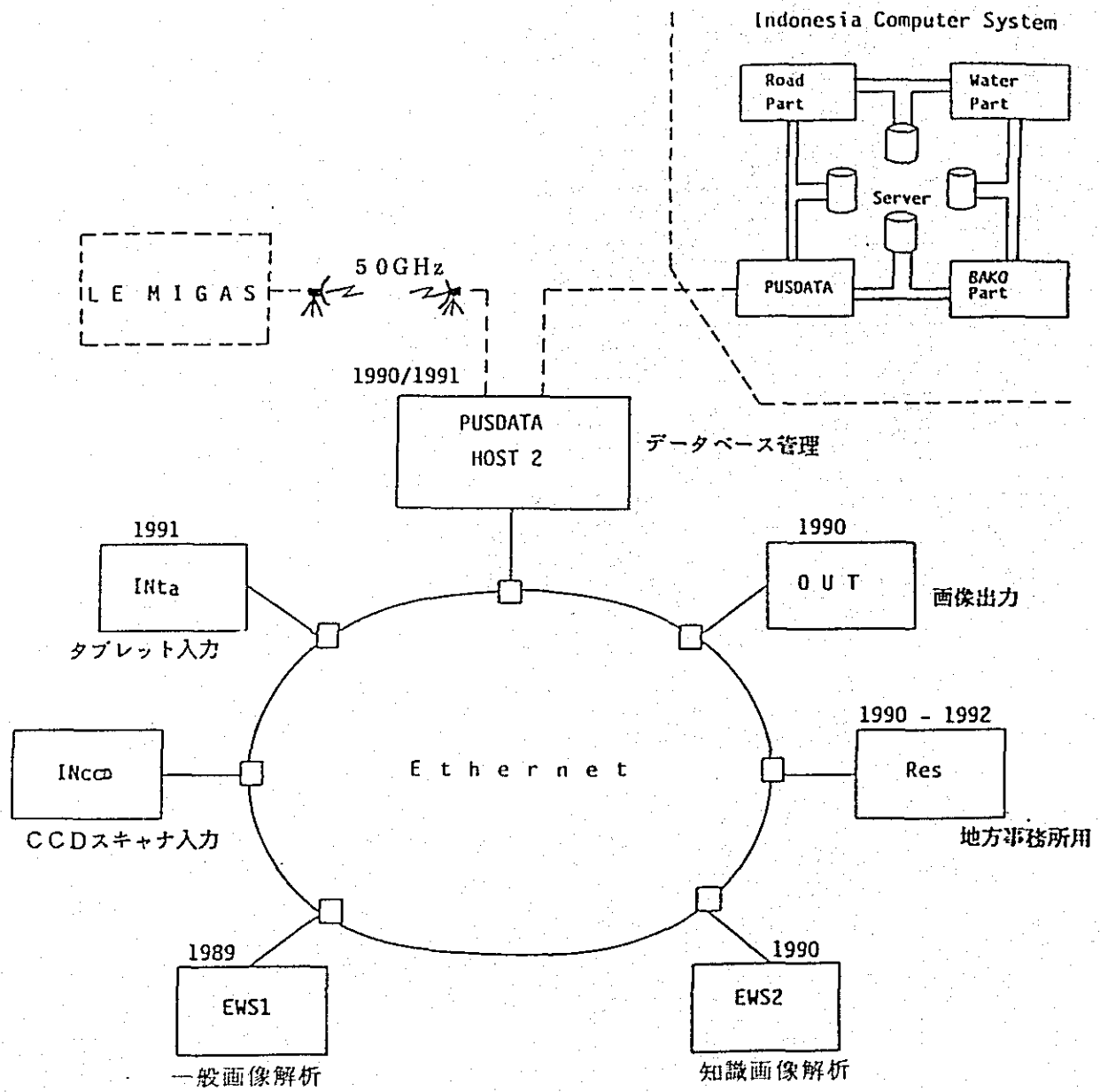


図2.4.7 LANの構成概要

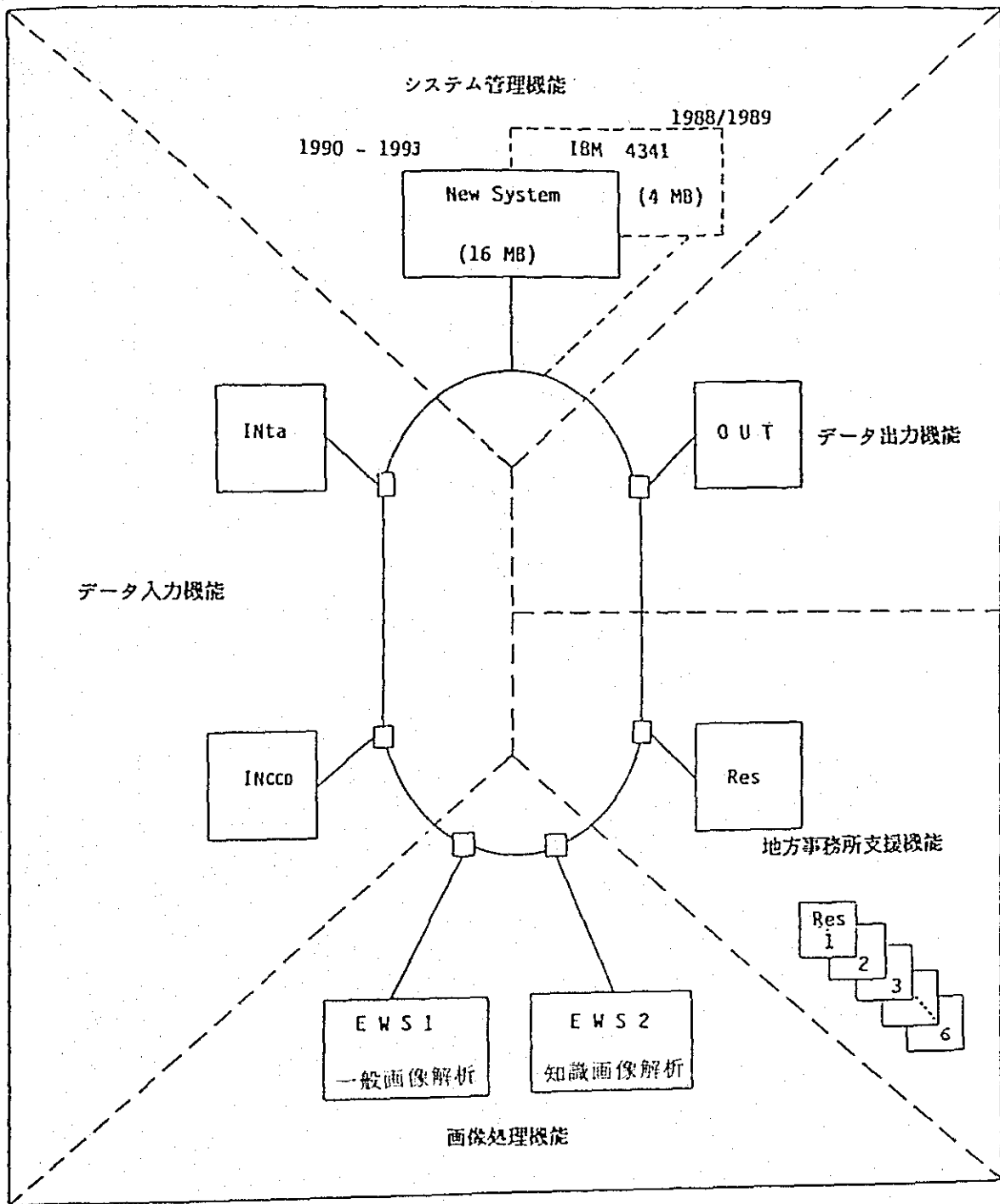


図2.4.8 Phase II 計算機の分散機能システム

OLD SYSTEM

IBM 4341
4 MB

DISK
2.3 GB

MTH
6250/1600 BPI
3 Unit

Terminal
6

Line Printer
1

Photo Printer
1

NEW SYSTEM

(?)
16 MB

DISK
10 GB

MTH
6250/1600 BPI
3 Unit

Terminal
10

Line Printer
1

Photo Printer
1

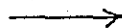
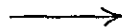
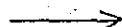


図2.4.9 新旧システムの比較

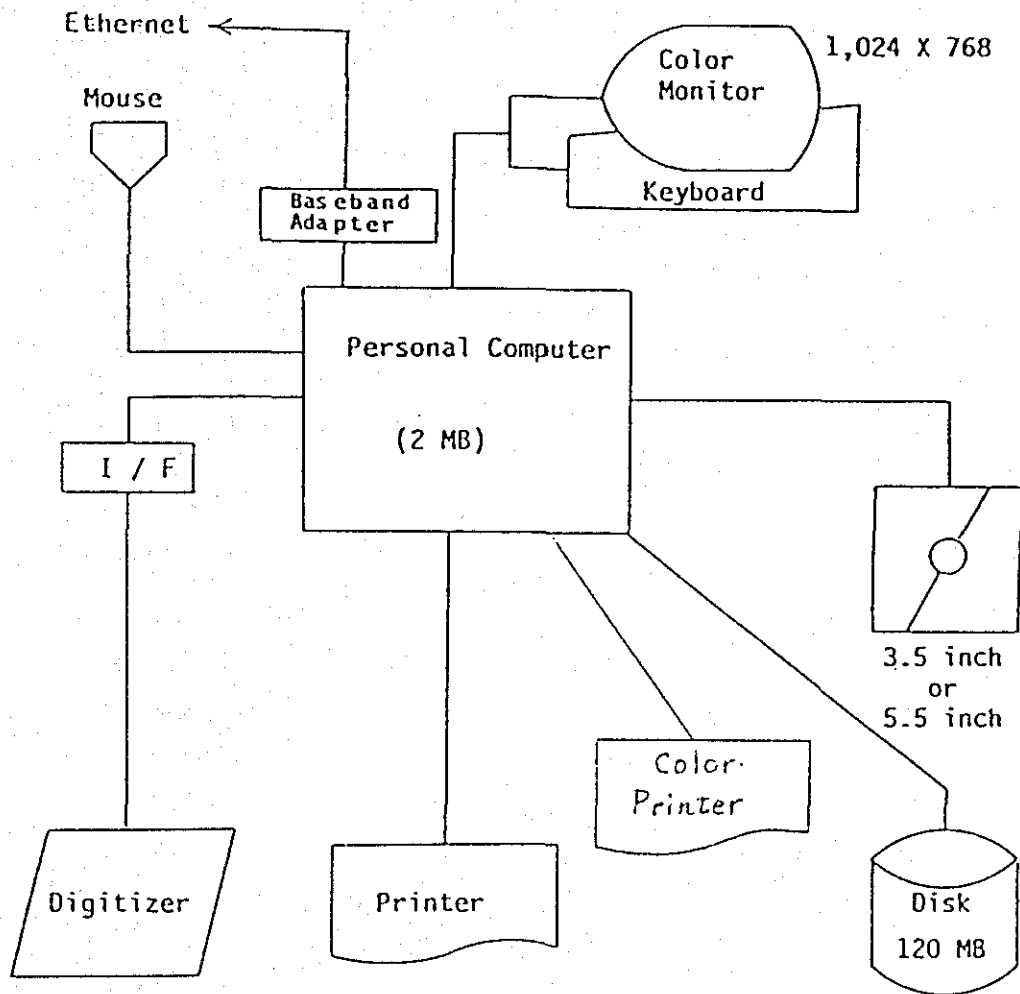
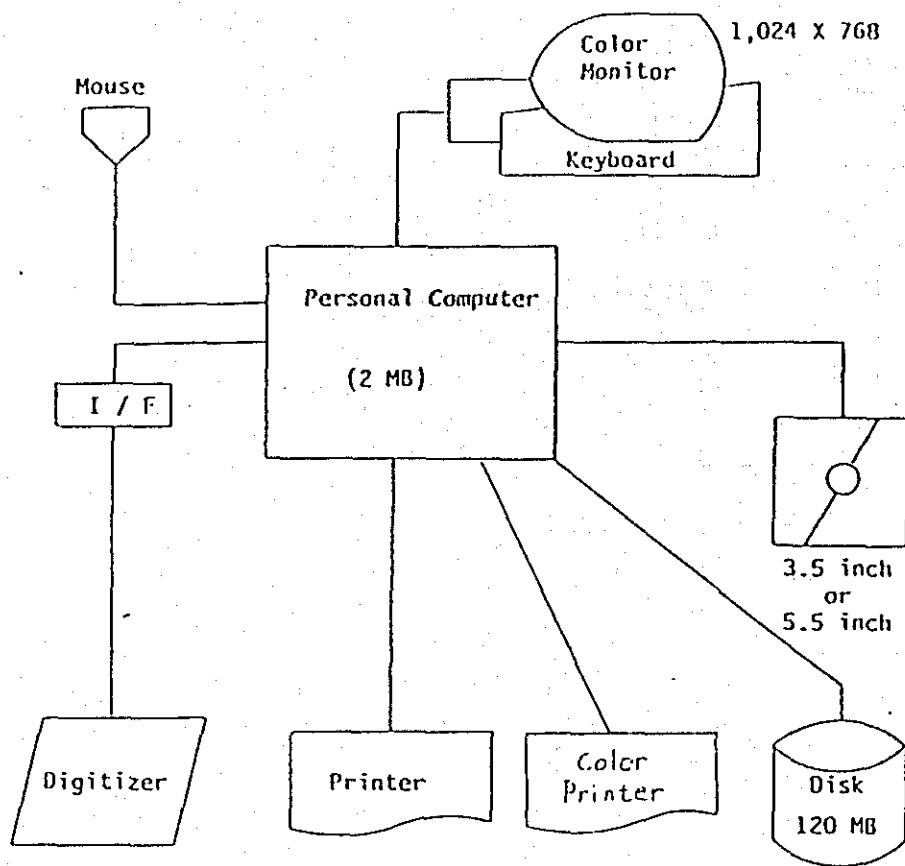


図2.4.10 (a) 地方事務所用パーソナルコンピュータシステム
(PUSDATA 設置)



・ 図2.4.10 (b) 地方事務所用パーソナルコンピュータシステム
(地方事務所に設置)

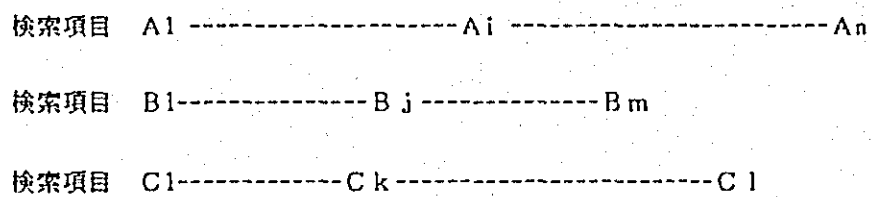


図2.4.11 概念的な階層構造

表2.4.1 検索項目の内容

	画像データ	地図データ	地理データ	経済
項目A	LANDSAT・HSS LANDSAT・TM SPOT HOS-1 GMS NOAA	縮尺1/5万の地図データ 縮尺1/15万の地図データ 縮尺1/25万の地図データ	行政界内の総人口 男女別人口 年齢別人口 産業別人口	行政界内の予算、 国民所得
項目B	※土地被覆 分類データ ※土壌図データ ※バイオマス図 データ ※有効土壌厚 データ	行政界データ 標高データ 道路データ 鉄道データ 地名データ 地図記号データ	住宅戸数 教育 医療 スポーツ 環境	個別所得 土地所有 家屋所有 自動車所有 自転車所有
項目C	正規化データ ノイズ除去データ 位置合せデータ トレーニングデータ テストデータ 分類結果のデータ	点データ 線データ 面データ タイトル 線の太さ	通学時間	所得別納税 品目別の 納税

※) Phase 1で一部作成済み。

表2.4.2 Hypermediaの処理機能

項目	処理・操作法	対象記述	実行環境
データベース 機能	入力 構造化蓄積 階層構造化 索引作成 マッチング 検索 編集 更新 出力	Multimedia 蓄積・保管法 データの定義 メディアの定義 データの独立 メディアの独立	Multimedia Database 技術
情報処理 機能	構造の理解 構造の記述法 データの符合化 汎用・集約化	Multimedia の記述	分散処理
	情報のマクロ化 情報の加工法 メディア変換 特徴抽出 認識・理解	モデル記述 知識記述 モデルの構築 知識の獲得	マンマシン 対話
	通信伝送法 符合化	データ圧縮	広域ネットワーク

結 言 (後 記)

1. 作業の目的

インドネシア農業開発リモートセンシング計画フェーズIIは、リモートセンシング技術を活用して農業開発適地選定を効果的に行うため、農業開発計画に必要な主題図・評価図の作成、農業開発計画基準の作成に資するため、

- (1) 最近のリモートセンシングに関する基礎技術の整備・検討を行うこと。
- (2) リモートセンシング技術を農業開発計画に活用し応用してゆく技術を整備・検討すること。等を目的とした。

2. 作業の経過

前項の目的に基づいて、(財)リモート・センシング技術センターは、国際協力事業団との業務委託契約によって本技術マニュアル作成作業を受託し、作業部会を設定した。

作業部分は、各分野の専門家よりなる執筆責任者で構成され、本年度中に3回の会合をもって、技術マニュアルの作成を実施し、本報告書をまとめた。

作業部会の構成を別紙1に示す。

3. 技術マニュアルの意図

本技術マニュアルは、農業開発に関わるリモートセンシング技術分野での最新の技術動向を解説することによって、インドネシアリモートセンシング計画(フェーズII)を間接的に支援し、現地作業者の技術参考書として使用されることを意図したものである。

従って本マニュアルの編集にあたっては、インドネシアリモートセンシング計画(フェーズII)の実施目的(4項目)と直接関連づけられてはいないが、読む人になるべく容易に関連づけ出来るよう配慮されたものである。

なお、本マニュアルは、本計画フェーズIにおいて作成された「農業開発適地選定のための技術体系検討業務報告書・MAR・1983」の後をうけたものである。

インドネシア農業開発リモートセンシング計画（フェーズⅡ）

技術マニュアル作成作業部会 構成表

（執筆責任者）	（所 属）
向 井 幸 男	(財) リモート・センシング技術センター
江 森 康 文	千葉大学 工学部
島 村 秀 樹	㈱ パ ス コ
安 田 嘉 純	千葉大学 工学部
北 村 貞太郎	京都大学 農学部
秋 山 侃	農業環境技術研究所
福 原 道 一	農業環境技術研究所
齋 藤 元 也	農業環境技術研究所
星 仰	筑波大学電子情報工学
（項目順）	
事務局 道 野 敏 雄	(財) リモート・センシング技術センター
向 井 幸 男	(財) リモート・センシング技術センター

4. あとがき

この技術マニュアルは、関連各分野の専門家中の第一人者等によって執筆されたものであるから、インドネシアリモートセンシング計画の遂行に寄与することを確信し、念願するものである。

最後に、ご協力いただいた執筆者各位に深甚なる謝意を表する次第である。

(事務局 道野敏雄)

