

テーマ(主題)抽出写真処理技法

松野久也 (環境地質部) 丸山欽洋 (㈱ナック 計測センター)

はじめに

表記について 筆者らの1人松野が 日本情報開発協会のリモートセンシング研究会にその試みを提案し 同研究会の研究課題の1つとして取上げられたのは 1973年10月のことであった. そして 成果についてその概要は 丸山・一条(1974)によって発表されている.

さらに 成果品はいくつかの展示会に展示され かつ2~3の出版物にも収録され 漸く世の注目を受け さらに精細な技法の検討 効果的な処理方法の開発を進めるとともに 広範な利用範囲の開拓へと進みつつある.

ここでは LANDSAT の MSS (Multi-Spectral Scanner) による映像を材料として その原理と処理技法について述べることにする. この技法は すべての多波長帯域写真 (multi-spectral photograph) および多波長帯域走査装置 (multi-spectral scanner) による映像の処理について 根本的概念を示すものであると同時に 実用性についても確立されたものである.

多波長帯域映像

1960年代の始め頃のことであるが 可視光線領域から近赤外線領域までの波長範囲を いくつかの帯域に分割して 同一被写体 (あるいは地域) を同時に撮影して 一度に波長応答の異なったいくつかの写真を得る写真方式が生れ これが現在のリモートセンシング技術の端緒となった. これは 地球物質およびその表面の物理的条件と電磁波輻射との間には一定の相互関係があり かつ波長によって変化するという原理に基づくものである. そして 今日ではその完全な形として 近紫外線から可視光線を含めて遠赤外線の一部にわたる領域までを 多くの波長帯域に分割して 同時に多くの映像データ (4 5 10 11 24チャンネル) が得られるようになっている.

写真領域を含めて 短波長から長波長までの広い領域を対象とし かつリアルタイムでの映像データの入力を目的とする後者の方式では センサーとして走査機構を備えた多波長帯域走査装置 (MSS=Multi-Spectral Sca-

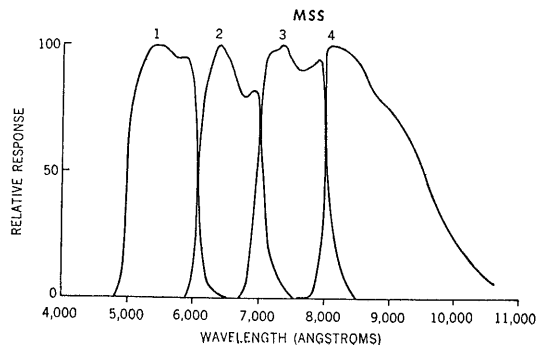
anner) が用いられる. この場合 映像信号はビデオ・テープに収録され これから写真フィルム・ベースに変換された画像および コンピューター処理のため CCT (Computer Compatible Tape) に変換されたデータが一般の利用に供される. ここで用いられたのは LANDSAT の MSS 映像データであり 次の4波長領域のフィルム・ベースに変換された画像である(第1表 第1図).

第1表 LANDSAT MSS の波長帯域区分

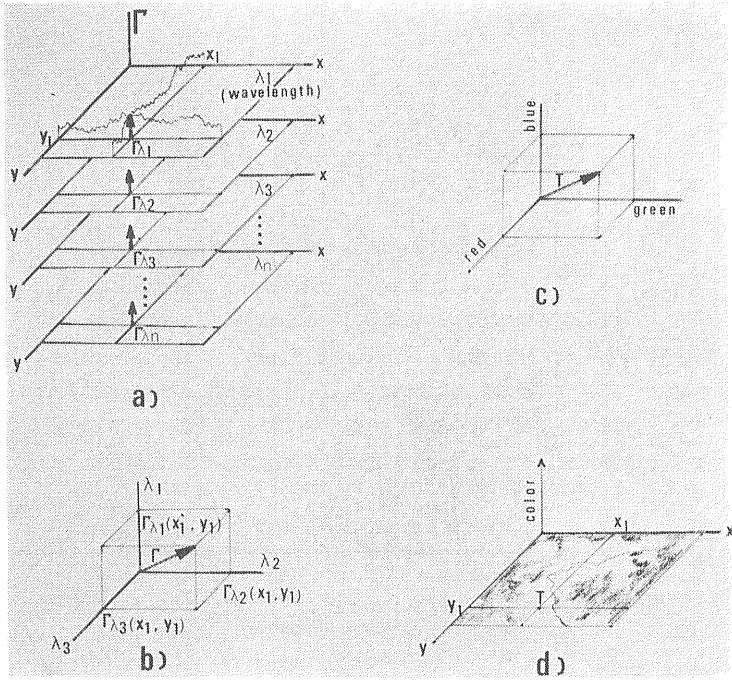
チャンネル番号	波 長 帯 域
MSS-4	0.5~0.6 μ (green)
MSS-5	0.6~0.7 μ (lower red)
MSS-6	0.7~0.8 μ (upper red~lower infrared)
MSS-7	0.8~1.1 μ (infrared)

テーマ抽出技法

多波長帯域映像データから 所望のテーマ(主題)を効果的に抽出できるか否かがデータの利用を根本的に左右する. このため 種々のテーマ抽出技法が試みられているが その根底となるものは 画像あるいは映像情報の空間特性とスペクトル特性とである. 第2図に示すように 波長帯域(バンド)区分がN個のMSS 画像において 画像いかにえれば視野内の1点は その点に対応する各バンドの画像上の画素 合計n個に記録された輻射量によって表わされる(第2図a). つまり 視



第1図 LANDSAT MSS の波長応答特性曲線 (Ross 1972)



第2図 スペクトル特性のカラー表示 (TAKAHASHI et al, 1975)

野内の各点はN個のバンドの輻射量の大きさを座標軸とするN次元空間内の点として規定される。このようなN次元空間は われわれの概念では理解し難い分野であり コンピューターなどの機械処理に頼らなければならないが 3次元波長空間までは3次元空間に置き換えて考察(第2図b)したり 3原色座標に置き換えて(第2図c)2次元空間に表示することができる(第2図d)。

このようなN次元空間内で 比較的近い距離に集合する対象は同種のものであり 異種のは互に大きな距離をとるであろうことが容易に推測される。これを3次元の色に置き換えて表示した場合には 対象の違いが色の差であられる。

現在 テーマ抽出に関する実際の処理技法としては

- i) 写真的処理
- ii) アナログ処理
- iii) デジタル処理

の3つがある。写真的処理は本来アナログ処理に含まれるものであるが ii) の電子画像処理方式であるアナログ処理から分離して考えなければならない。ここでいうアナログ処理は TV系を利用した電子画像処理であって 第3図に示すような方式で 多波長帯域の画像データの処理を行なうものである。すなわち TVカメラで多波長帯域の画像データのうち3個を適宜選択し 比較的正確に重ね合せ キーあるいはスイッチ操作によって濃度段階区分(density slicing)された画像について 求める組合せを迅速に処理し その結果をカラー CRT に表示する

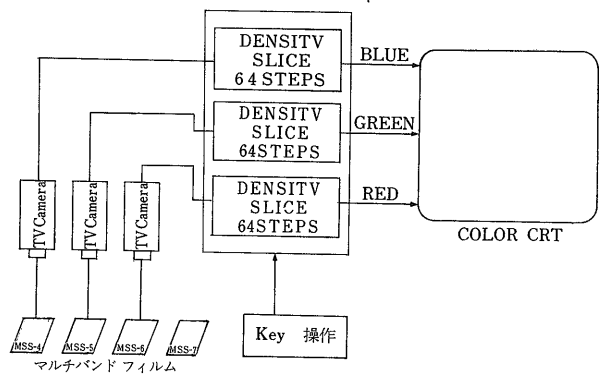
ことができる。しかしながら この方式では迅速かつ簡便に結果が得られるが TV系の走査線の数に制限があつて もとの画像の分解能を保持することができないばかりでなく CRT のひずみによって その幾何学的精度が低下するという欠点がある。

デジタル処理は CCT あるいは写真画像から数値処理されたデータをコンピューターによって処理する方法である。しかしながら 現在のところ画像情報処理にコンピューターが利用され始めた時期に当っており 一般的ではない。とくにハードの面では 画像情報処理に適した専用演算装置およびデータ出力装置の開発 ソフトの面では 多波長帯域の画像処理に適した言語とそのコンパイラーの開発が促進されなければならない。

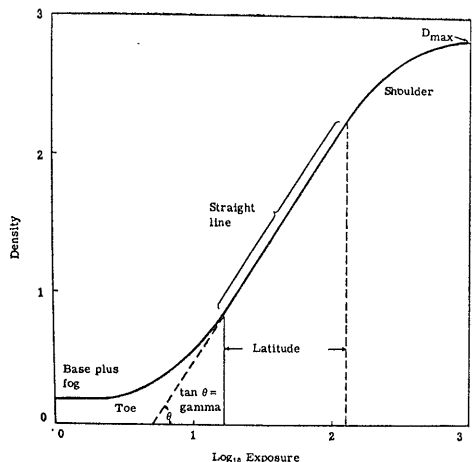
写真的処理は 他の2つの方法に比較して 次のようなすぐれた特徴がある。

- i) 得られた結果の分解能が高い
- ii) " データにひずみがない
- 3) 高価な設備を要しない
- 5) 処理方法が比較的容易である

その反面 欠点としては 現像処理過程で不安定な要素を含む可能性があり 定量的に常にデータをチェックするためのウェッジ(濃度ス



第3図 Multi Color Data System



第4図
フィルムの特性曲線 (Ross 1972)

ケール) を処理画像に同時に焼込み 濃度のチェックを欠くことができない。

写真的テーマ抽出技法

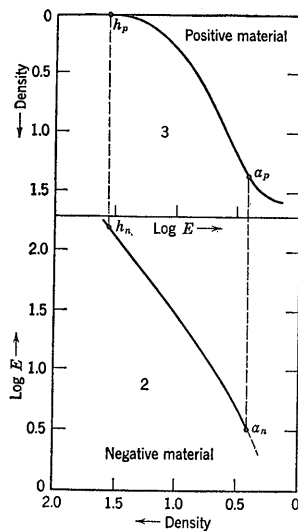
写真画像からのテーマ抽出は 単一波長領域の写真画像からの等濃度領域の抽出にさかのぼる。しかしながら多くの異なった要素からなる対象を効果的に区分されるまでには至っていない。むしろ立体対写真による3次元の形の再現と 対象物の大きさの把握 (X Y Zの計測) と形態の認識とによる分類の補助手段の域を出なかったといつてよい。

ところが 多波長帯域の写真および映像データの出現は 濃度分析による対象物のより精細な分類を可能とした。すなわち スペクトル特性の異なったいくつかの波長領域の画像を重ね合せて処理 (濃度を加算 減算あるいは対比) する方法である。これによって あるテーマを強調し 他のテーマを消去したりあるいは不明瞭にするのである。これに濃度段階区分および等濃度領域抽出技法を加味し さらに抽出された等濃度領域の画像によるマスキングによる残存部分の抽出を行なうことによって 効果的なテーマ抽出が可能となるのである。

写真処理の一般的特性

一般に 写真感光材料の特性は 第4図に示すような特性曲線によってあらわされる。これは典型的なネガフィルムの場合であって 画面中陰影の部分は曲線上の脚 (toe) 部に 雪あるいは水面からの太陽の反射のようなハイライト部は曲線の肩 (shoulder) 部にある。直線部分では 露光と濃度との間にはリニアな関係がある。

次に ネガ原版からポジを作成する場合 密着焼付け



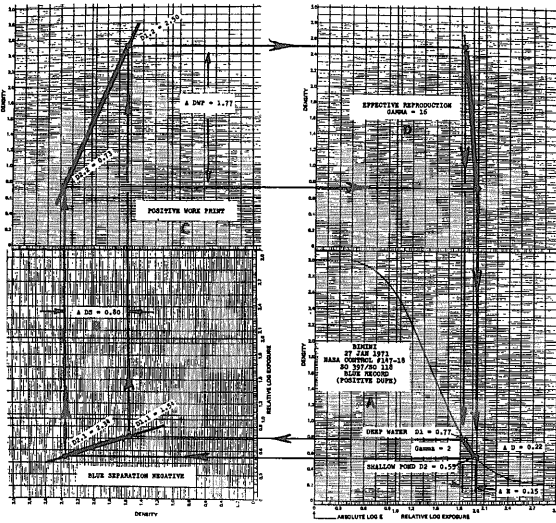
第5図
ポジの特性

あるいは各種の光学系を使用したプリンターによるが 第5図に示すようにネガの特性を忠実に再現するとは限らない。しかし この過程でポジの感光材料を選択しあるいは焼度を調節することによって ネガに記録された特定の濃度部分だけを誇張したり 他の部分を消去することが可能である。さらに使用する現像液や処理温度なども結果に影響する。

コントラスト強調は 微妙な濃度差 (コントラスト) の強調である。例えば 水域にみられる汚濁物質や懸濁物などの分布やパターンは 濃度差がきわめて小さく それぞれの区別あるいはこれらと背景の正常な水域との区別は 通常の写真では困難である。これをコントラスト強調することによって 視覚的な識別を向上させることができる。その操作 (処理) の1例を示すと第6図の通りである (Ross 1972)。

すなわち 深い水域と浅い池との間の濃度差 ガンマが 0.22 である青色域の記録ポジ (A) から 第1処理 (blue separation) でネガ (B) を得る。次いで リスフィルムを用いてよりコントラストの高い中間ポジプリント (C) を得る。最終段階 (D) で有効ガンマが16の複製が得られ オリジナルに比べて約8倍の値となる。

濃度段階区分すなわち濃度スライス (density slice) によって 写真画像上の等濃度域の抽出ができる。第4図に示したようなフィルムの特性曲線上で ある濃度値を設定し 写真画像上で濃度の境界づけを行なうこと いかえれば濃度段階区分が 写真処理によって可能である。



第6図 コントラスト強調の例 (Ross 1972)

このフィルムは 第8図に示すような特性曲線を持ち 黄色フィルターの濃度を変えることによって 等濃度幅を制限することができる。 さらに露光量 すなわち焼度を変えることによって 抽出しようとする濃度部分を変化させることができる。

多波長帯域写真(あるいは映像)とテーマ抽出

普通写真と多波長帯域写真の比較を示すと第9図のようになる。 この関係は 走査装置による映像についても全く同様である。 それぞれ異なった分光輻射特性をもった3種の物体A BおよびCがあり これを普通写真で撮影すると 第9図aに示すように 使用フィルムが感度をもつ波長範囲に入る光が全て記録される。

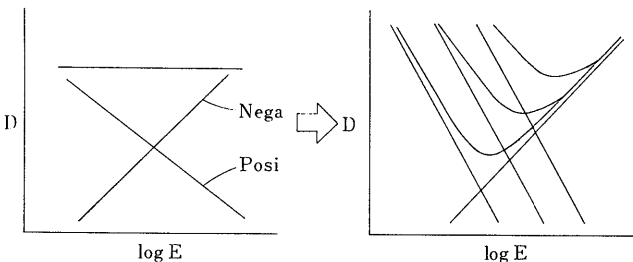
この場合 光量に比例する写真濃度に差がなく 3者の識別が非常に困難となることが生じる。 すなわち図にみられるように フィルムの感光領域内で短波長側と長波長側とは 物体AとBとの間において 分光反射量が互に保償し合う関係にあって 写真上において殆んど濃度差が見られないという結果になる。

これに対して 同図bに示すように λ_1 λ_2 および λ_3 の3つの狭い波長領域で撮影すると 各領域で高い濃度を示す順位がそれぞれの領域で異なるが A BおよびCの識別がきわめて容易となるのである。 さらに これらの中から適宜2つ(あるいは2つ以上)の波長領域の画像を組合せる(合成すると ある物体(テーマ)だけを極端に濃度差をもたせて記録することができる。 また ネガとポジとは全く逆の関係にあって 異なった波長領域のそれらの組合せもまた有効である。

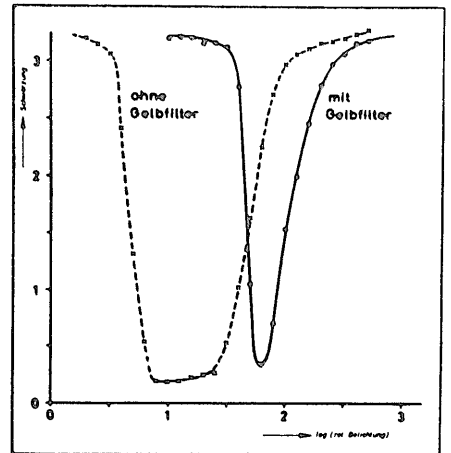
これには 前述のコントラスト強調の過程で用いられるリスフィルムを使用することによって 映像上のある濃度を境界として 透過率が100%に近い透明部分と透過率が0に近い黒化部分とに区分することができる。 オリジナルにおいて すでにある程度以上の濃度差がある対象の抽出にはきわめて有効である。

さらに 任意の濃度幅の部分 すなわち等濃度領域の抽出は ネガ・ポジ合成によって行なわれる。 第7図左に示すように 同一映像のネガとポジを重ね合すると通常透過率が0に近くなる。 この場合 ポジのガンマを調整し あるいは 焼度の調整または感光材料を選択することによって ネガに記録された特定の濃度領域だけを抽出できることは既に述べた通りである。 そこで第7図右のように一定の段階で焼度を変えた何枚かのポジを用意することによって 抽出する濃度とその幅のコントロールが可能である。

一方 このような目的のために用いられる特殊なフィルムとして コンター(contour)フィルムがある。 市販され容易に入手できるのは Agfa Contour Film であ



第7図 ネガ・ポジ合成にする等濃度領域の抽出



第8図 コンターフィルム特性 (Ross 1972)

以上のような特徴をもつ多波長帯域写真あるいは映像を用いたコントラスト強調 濃度段階区分などの写真処理技法によって 対象物体あるいはテーマの客観的な抽出が可能である。さらに 一度に抽出できないテーマはすでに抽出されたテーマの画像でマスクングする方法を採用することも効果的である。以下 LANDSAT の MSS 映像データからフィルムベースに変換された画像を用いて 処理工程を追って技法を紹介することにする。ここで使用したデータは 1972年10月24日の近畿地方の映像である。

1. 前処理

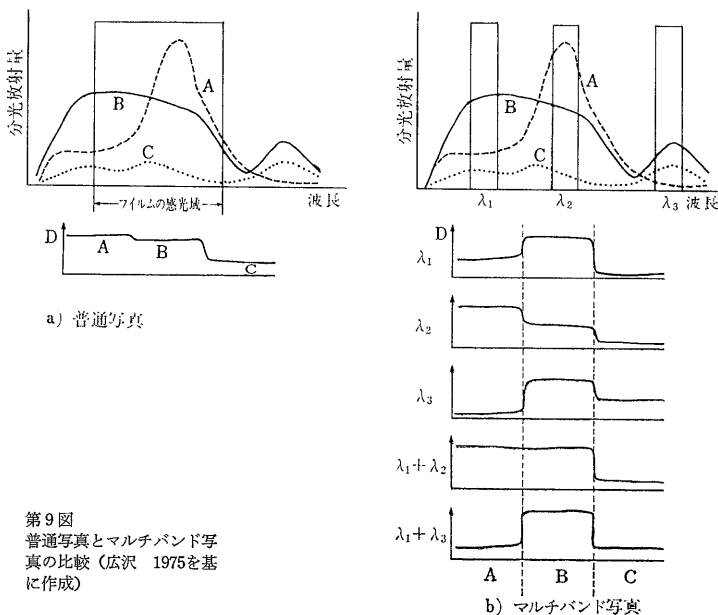
すでに述べた通り リモートセンシングは “電磁波放射と対象とする物質およびその表面の物理的条件との間に一定の相互作用があり これが波長によって変化する” という原理に基づいている。したがって 最初にそれぞれの波長領域の画像について 対象毎に波長応答の違い すなわち濃度特徴の検討を行なう必要がある。すなわち画面上に予め設定された線に沿った濃度変化の測定である。この測定は 走査式濃度測定装置によっても測定が可能であるが TV系を利用した電子画像解析装置によって 簡単に測定することができるようになって

いる。すなわち 第10図に示すように 被測定画像をTVカメラでブラウン管上に写し出し 所要の測定線を設定し直ちに測定線に沿った 濃度変化測定曲線を得ることができる。こうして測定された結果および各波長領域の画像データの特徴は 第11図に示すとおりである。

2. 本処理

上述の前処理によって把握された対象の波長応答の違い 使用したデータの取得日時(季節) 地理的条件および筆者らが理解している(常識的に)土地利用の状況などを基にして 次の5項目についてテーマ抽出を試みた(表紙および表紙の説明参照)。

- i) 赤外線反射植物被覆(樹林)
- ii) " (耕地)
- iii) 高密度市街地
- iv) 水域(正常な水域)
- v) " (汚染または懸濁)

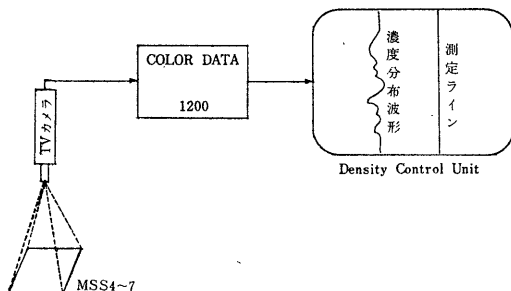


第9図 普通写真とマルチバンド写真の比較(広沢 1975を基に作成)

赤外線反射植物被覆

植物の葉体からの強い反射は $0.7 \sim 1.4\mu$ 領域にあることは 既によく知られた事実である。さらに この強い反射は葉緑素によるものであって 0.66μ 付近に吸収帯がある。したがって 植物被覆の抽出には 0.7μ を境にして短波長側の画像と長波長側の画像との対比が重要な鍵となる。

第11図からわかるように MSS-4 および5のポジにおいて 樹木に覆われた山地は高濃度となっており 逆に MSS-6 および7のポジにおいては 低濃度域となっている。次に これらを用いた赤外線反射の強い植物被覆の抽出のための工程を示すと第12図の通りとなる。この工程を通じて A_N および B_N は中間ネガであって 2段階の処理によって 赤外線反射植物被覆領域を高濃度として他のテーマから強く強調した B_N を作成し これを反転した B_P を得 次に逆には逆に 7_N および 5_P を加え



第10図 DCU による濃度測定方法

て 一貫して植物の葉体からの強い赤外線反射を強調していることが特徴である。C_N は別途作成した雲の部分を抽出したネガである。

最終的に 濃度スライスによって 赤外線反射植物被覆を2つのテーマに区分した。すなわち 緑の植物に隙間なく覆われた部分（主として森林）と緑の植物と他の物体（主として土壌）との混合している部分（主として耕地）とである。

ここで問題となるのは 山地における赤外線反射植物被覆の抽出である。LANDSAT データは地形的起伏を陰影効果によって認識できるように低い太陽角度で得られるようになっていることである。したがって山地部における陰影部は波長応答データが得られないところである。このようなところにおける植物被覆は 概して大きな差がないものとして 陰影部だけを濃度スライスによって抽出しておき ネガとポジとの打消効果によってこれを消去する方法を採用した。

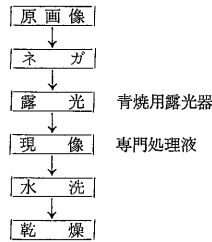
高密度市街地および水域

MSS-6 および7の画像において 高密度市街地および水域は 他の対象との間にきわめて大きな濃度差がみられる。さらに MSS-6 の画像では 高密度市街地と水域との間に有意な濃度差がある。これは 写真赤外線領域の光は 水域においてその表皮深度で殆んど吸収されてしまうからである。これらの点に注目して濃度スライスを行ない 高密度市街地および水域の抽出を行なった。

また MSS-4 の画像では 水面下水中の情報が記録され 水域における懸濁水塊および汚染水塊のパターンが識別できる。したがって この画像のコントラスト強調および濃度スライスによって その部分が抽出できる。

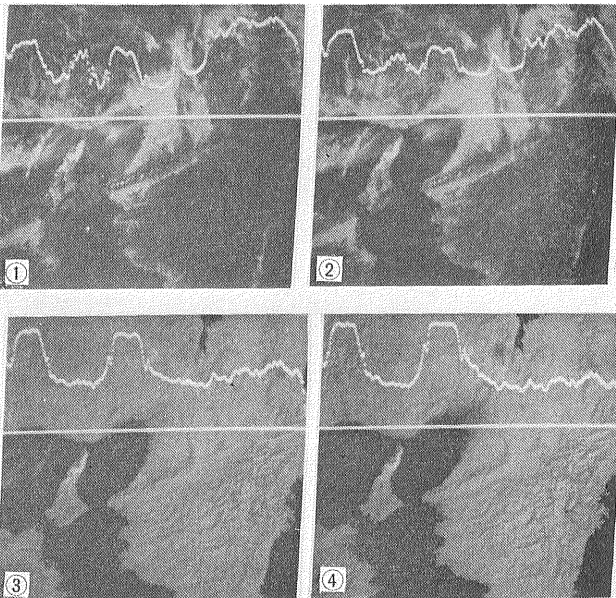
3. 表示

以上述べた各テーマ別の画像の表示には 透明なカラーフイルム（商品名 Color Key: 3M 社製）が効果的である。これは 白黒の原画像からカラーポジを作るための薄いポリエステルフィルムであって その処理方法は次に示す通りである。



ここで Color Key は青感で オレンジ グリーンに焼付けたものは遮光効果をもち 原版として使用し その反対ネガあるいはポジを作成することも可能である。

Color Key は透明であって 各抽出テーマ別の画像を重ね合わせることによって 抽出テーマ全体の分布関係を一度に表示することが可能である(表紙参照)。さらに その色数がきわめて多数(57色)であって 適当に選択することによって 非常に色彩効果のよい表示が可能である。



第11図

DCU による測定結果および各画像の特徴

- (1) MSS-4 (0.5~0.6 μ) 水中の状況 水深 よどんだ水 その濁り具合 汚染などを識別するのに適する
- (2) MSS-5 (0.6~0.7 μ) 地表の地物 すなわち道路 市街地 水系 その他の識別にもっともすぐれている
- (3) MSS-6 (0.7~0.8 μ) 土地利用状況をよく反映した像が得られる またこのバンドは水に吸収され 陸域と水域との間に最大のコントラストをもった像が得られる
- (4) MSS-7 (0.8~1.1 μ) 陸域と水域の区分にもっともすぐれている またMSS-6とともに 健康な植物の葉体によって強く反射される波長領域でもある

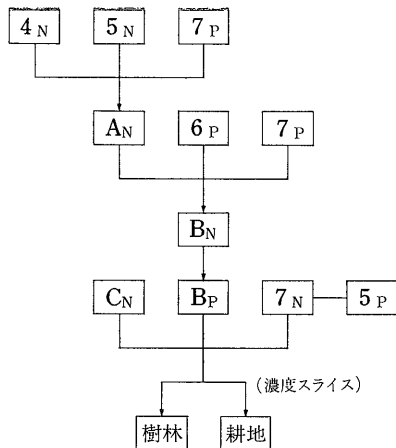
おわりに

現在 リモートセンシング技術として注目されている多波長帯域の画像あるいは映像データからの写真的テーマ抽出処理について その原理 処理工程 および結果の表示などについて詳述した。このための材料として LANDSAT データを用いたが その全地球表面にわたる迅速な反覆観測データによって 縮尺 1:500,000 程度ではあるが 広域にわたるタイムリーな土地利用況とその変遷の把握が可能となることは間違いないところである。ここで試みた近畿地方の例では 5 項目の分類にとどまっているが 針葉樹と広葉樹の区分は可能であり 夏季と冬季間におけるデータの比較によって落葉樹と常緑樹の分布の区別も可能である。さらに 東北地方 北海道地方および裏日本などにおける田植期間の 1 時期に集中する地方では その時期のデータと他の時期のそれとを比較することによって 水田の区分抽出の可能なことが実証されている。また 氷雪の分布とその変遷は このような方法によって把握し易い対象の 1 つである。

ここで得られた 5 項目のテーマの抽出は さきにも述べたように 常識的に筆者らが理解している季節的なファクターと近畿地方の地理的条件および土地利用の条件などを基に行なわれたものである。この点 地上における選ばれた地域の正確な観察および測定データを加味することによって より高い精度の成果が得られることになろう。このような地上における観察および測定も 一時間断面のものでなく 日変化 季節変化に対応するものが必要であり かつ人間の営み一例えば地方地方の農事暦などをも加味して考えなければならない。

ここに述べた多波長帯域の画像あるいは映像データの処理の原理は LANDSAT データのそれだけではなくすべての同様なデータの処理に共通するものである。新潟県において天然ガス噴出による植物被害範囲の分離の例もある(松野:1975)。また多波長帯域(UV-VIS-NIR 領域を細分割)走査型顕微鏡によるマイクロな映像データの処理にも利用されようとしている。このためには 今後コンピューターによるデジタル処理の効果が期待される。

筆者らも ここに述べた写真処理の範囲にとどまることなく 他の処理システムの長所を組入れ テーマ抽出の自動化について さらに技術的検討を加えつつある。



第12図
樹林耕地の抽出
工程フロー

最後に この研究を色々な面から援助していただいた日本情報開発協会 とくに産業エコロジー研究開発部の諸氏に対して厚く御礼申上げる次第である。

参考文献

- 1) 広沢春任 1975: リモートセンシングにおける画像情報 電気通信学会誌 vol. 58, no. 8, pp. 865~871.
- 2) JAMES, T. H., 1949: Photographic Theory. John Wiley & Sons Inc.
- 3) 丸山欽洋・一條敏明 1974: アーツ映像の特殊カラー合成とテーマ抽出技法. 映像情報 環境技術とリモートセンシング技術 第3集 pp. 72~73.
- 4) 丸山欽洋 1974: ERTSデータを素材とするテーマ抽出技法について. 日本情報開発協会 第2回「ERTSデータによる情報開発」発表会(講演)
- 5) 松野久也 1974: リモートセンシング概説. Remote Sensing, pp. 39~68. キヤノンイメージ編集室.
- 6) 松野久也 1975: 探査技術としてのリモートセンシング. 石油技術協会第40回総会(講演 石油技術協会誌に投稿中)
- 7) Ross, D. S., 1972: Some Practical Aspect of Taking and Displaying Multispectral Photography. International Imaging System.
- 8) SMITH, D. G., 1973: Autographic Theme Extraction System. 7th U. N. Regional Cartographic Conf. for Asia and Far East. 3p. Annex 8p.
- 9) TAKAHASHI, M., et al, 1975: Quick Look Conversion System for Digital Scanner Data. 10th International Symposium on Remote Sensing of Environment (講演)