

## リモート・センシング画像処理における画像理解の方向

秋田興一郎, 辻秀一, 中島英雄, 深田陽司, 久家秀樹  
(三菱電機 中央研究所)

## 1. まえがき

従来, パターン情報処理の分野においては“前処理”や“認識”に研究の主眼がおかれてきた。パターン認識の研究では, 特定のパターンを背景の中から検出し, 他と識別することが中心になっており, 対象世界における特定パターンの位置付けあるいは役割といったことが, 問題視はされながらも explicit な形で方法論に組み入れられるまでに至らなかった。例えば, カナ文字認識の場合, 1文字だけ与えられた場合にはノイズが入っている時には認識のしようがない。しかしある単語の中の1文字として与えられるのであれば, その文字は単語として意味をなすかどうかという一段上位の観点から認識をすることができる。物体認識や音声認識では, 比較的早くから背景を考慮に入れたパターン認識が試みられており, このような処理の段階に対して“理解”という言葉が使われ始めた。最近, 画像処理においてもこの“理解”が強調されており, 画像理解 (image understanding) という言葉が普及しつつある。この画像理解の場合, 全過程を計算機が自動的に実行することは効率の面から難しく, 人間と機械との対話形式をとっているのが現状である。本報告では, 画像理解の本質と思われるいくつかの機能について, 情景解析 (scene analysis) の研究をサーベイしつつ論じると共に, リモート・センシング画像処理における画像理解のあり方について考察する。知識の表現方法, 領域解釈の実行方法, 領域分割のための特徴群などを演算子等と問題にする。おわりに筆者らの研究室で進行中の計算機を用いたカラー航空写真解析について紹介する。

## 2. 画像理解の現状

本論に入る前に画像理解の主人公について注釈をつけておこう。理解の主体が人間なのか計算機なのかによって議論の展開が異なってくるからである。処理対象画像が複雑かつ緻細であり, 人間が解析するにはあまりに煩雑で労力を要し, 一方で精度も要求されるので, 特徴抽出や統計演算などを計算機に実行させ, 画像内容の理解は人間が行って全体の処理効率を高めたいという段階と, 対象を長時間にかつ広範囲にわたって観察し, 何が変わり何が記録されることを要求されるので, 画像理解は計算機が実行しなされるという段階とがある。ここでは後者の段階での画像理解に焦点を絞る。しかしこの場合でも必ず本質は人間の認識理解機能であり, その手段や手順を計算機システムでシミュレートするやり方がしばしばとされる。そこで画像理解に必要な機能を明らかにするために, 例として我々が空中写真を判読する際にとる手順を繰り返してみよう。空中写真が撮られる季節と時刻, 場所や撮影高度等に関する情報が与えられており, 森・田畑・道路・建物・河川・草地などがどのような特徴の領域として現われるかについても経験的知識を積んでいる。判読は我々にとって最も身近なもの, 確実に認識できるものをまず最初に検出することから始まる。これを key regions と名付ければ, 情景をさらに詳細に理解していくには, key regions から出発して未知領域との空間的関係を調べつゝ, 頭の中に想定した世界の知識を参照しながら, 未知領域に解釈を与えていくという過程を踏む。

計算機による画像理解においても同様なことを実行するために以下のようなことが内題になる。

- (1) 知識の表現方法-----処理対象画像の World model のデータ構造
- (2) 画像理解の制御機構-----bottom-up か top-down か heterarchical か
- (3) 領域解釈の実行方法-----領域統合の仕方とラベル付け
- (4) 領域分割のための特徴群・演算子-----十分な特徴情報の抽出

これらの各点について情景解析 (scene analysis) の分野での研究を振り返って整理してみる。

### 2-1. 知識の表現方法

一口に知識といっても多種多様であるが、ここでは一応処理対象画像の World model に関する事柄としておく。領域要素間に概念上の階層をあまり考慮する必要がない時、例えば河・橋・陸地・湖・島といった要素毎々の場合には Bajcsy [1] が用いた図 2-1 のような単純なグラフ表現で済むこともある。

但しこの図で表現出来ていないのは領域要素の空間的配置関係ばかりであり、領域の特徴に関する知識は低レベル演算子が担う形式になっている。三次元物体認識や屋外風景の認識などではモデルの構成要素間に概念上の上下関係が生じるので階層的モデルになってくる。建物はコンクリートの壁と窓から構成されているので、建物は窓やコンクリートの上位概念になるといってもいいのである。階層的構造表現には tree がよく使われる。概念上の階層と、同レベルの要素間の関係とを同時に表わす場合には relational graph にする。World model が処理対象画像に関する知識の表現形体であることとまっとうつきあえば、物・材料・性質・属性といったことまで組み込み、かつ対象を抽出し記述できるような表現方法が望まれる。これを実現したものととして京大坂井研の AND-OR 特徴 트리による Knowledge block [2] がある。図 2-2 にその例を示す。そのプログラム上の記述は LISP 形式をとっているので、必要とあらば処理手順を入れこむこともできる。このように知識構造の記述と処理手順の記述とを同一形体でできるようにすることは、人間の自然言語による思考に一步近づくことになり、ソフトウェア開発の効率を高める点からも重要である。Minsky はもっと人間の認知過程を考慮した知識の

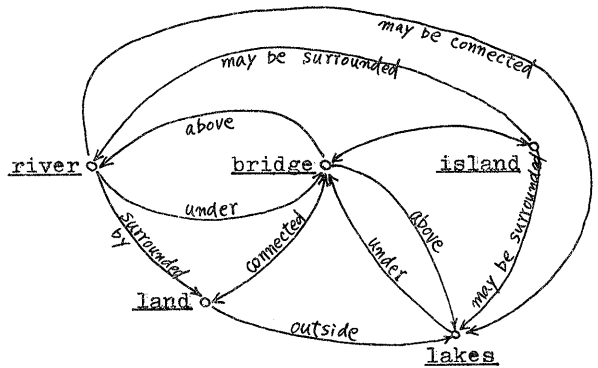


図 2-1. 簡単な World model [1]

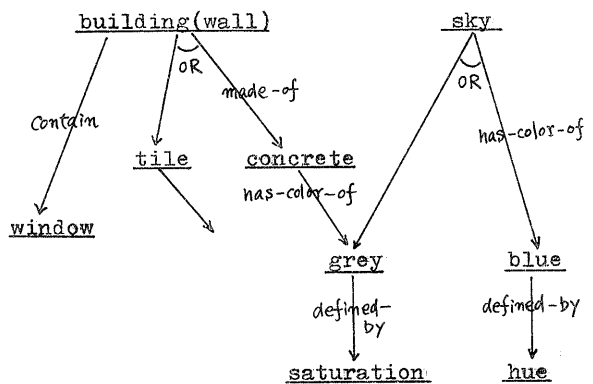


図 2-2. Knowledge block の例 [2]

一夕構造にすぎたものであるとして "frames" theory<sup>[3]</sup> を提唱したが、特に映像情報の知識構造内での扱ひ方が問題であり、画像理解における具体的実現が期待される。

### 2-2. 画像理解の制御機構

知識の表現方法や特徴抽出演算子等については具体的にかつ一般的に論じられていたが、制御機構に關しての詳細はほとんどなされなかつた。知識を如何に利用し、特徴抽出や対象の記述を解釈とどのように関連させ実行するのが最も効果的かは処理対象と課題および個々の工夫に依存する面が強いと思われる。大抵、はる話としては Pratt<sup>[4]</sup> がまとめているような形骸がある。bottom-up 方式、top-down 方式、heterarchical 方式、blackboard 方式である。

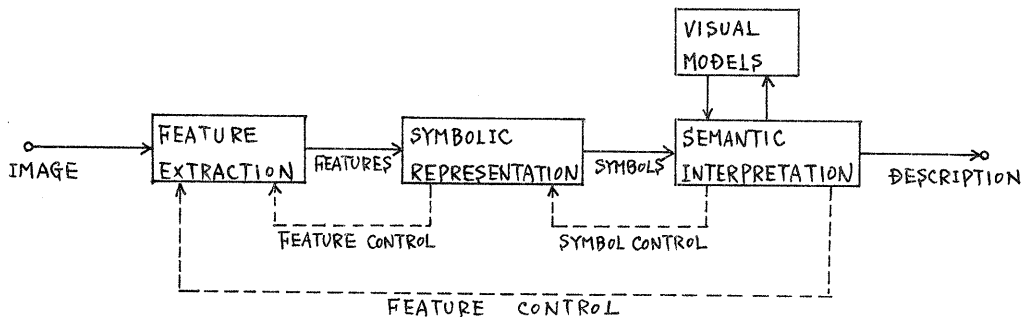


図 2-3. heterarchical 方式<sup>[4]</sup>

bottom-up 方式や top-down 方式は理解すべき対象の環境、性質、属性などが明確で変化しないうち場合には有効であり制御機構も簡単にすむが、視点や照明方法などの環境に変化が生ずると、エッセイデザインの変更をせまられる。この欠点を是正するため Minsky と Papert は heterarchical 方式を提案し、Shirai<sup>[5]</sup> が物体認識の制御アルゴリズムとして実現しその有用性を実証した。そのブロック図を図 2-3 のように書くと無味乾燥になつてしまふが、各モジュール間には master とか slave とかいった関係ではなく専門家同志の相互通信的關係があり、それだけの局面で知識を用ひながら認識が進む。すでに明らかになつた物体に關する情報を使って不明確な部分を確定

(あるいは推定) して行く方法をとる。blackboard 方式は知識をいしデータ蓄積を特徴抽出、記述、意味解釈 相互の通信の中継地または制御中核とすることと強調している。画像理解の制御機構は本来、知識あるいは world model のデータ構造と切り離して論じることができない。もっと詳しい一般的な議論をするためには坂井研の Knowledge block に制御情報を加えたようなモジュール、例えば坂井研の M-actor<sup>[5]</sup> の概

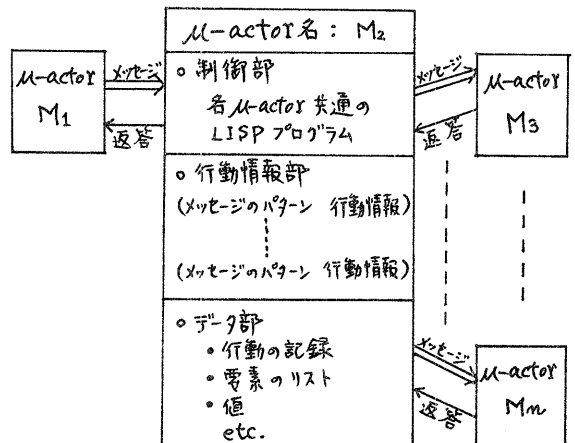


図 2-4. M-actor のモデル<sup>[5]</sup>

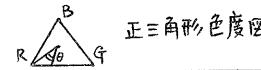
念が必要と思われる。

### 2-3. 領域解釈の実行方法

明るさ、色、テクスチャなどの情報を使って画面を同じ性質の領域に分割した後、各領域に要素名(ラベル)を与えていく過程を考える。一般に特徴パラメータによる領域分割では、領域の種類は少なくても画面上に分布する領域の個数は相当大きくなる。従って必然的に領域の統合(region merge または region growing)が要求されるが、それにはある領域を構成する画素数に下限を設定し、それ以下の画素からなる領域はなくなるように隣りどうしで類似な性質を持つ領域を合併していくけばよい。(しかしこのような bottom-up の領域統合には、途中でハマり込みがちに合併をすると解釈の段階で困難が生じたり、向違いの多い結果になるという欠点がある。一方大きな領域は比較的解釈(ラベル)が与えやすいので、それらを key regions とし、Yakimovsky 流に Bayes の決定理論に基づいて信頼度を使って明確にラベル付けできる領域から始めれば統合の際にも向違いが少なく、不明確な小さい領域でも周囲の領域の解釈が決まってくるに従ってはたまり込まずに解釈を与えられるようになるという方法も考えられている<sup>[2]</sup>。また Tenenbaum<sup>[6]</sup>は Rosenfeld の relaxation labeling<sup>[7]</sup> of the discrete model に類似の、Waltz filtering を一般化した手法を室内情景の領域解釈に適用しているが、relaxation labeling には解釈および領域間関係の多様性を考慮に入れた fuzzy model や probabilistic model も提案されている。情景の意味内容を考慮した領域解釈の手法では、いずれの場合も領域間の位置的・意味的制約条件(relational constraints)を重要視していることが特徴になっている。

### 2-4. 領域分割のための特徴群・演算子

分割したい領域要素の種類は処理対象によって様々である。画像処理で扱う領域は、例えば住宅地、道路、河川などとり、ともその定義はあくまで world model 内のものであり、一般の法的・行政的意味を帯びていない。従って領域要素を特徴付ける因子は物理的なものである。物理的の特徴情報としてよく使用されるものを以下に挙げておく。領域要素の定義が明確であり各特徴が適確に抽出できることが画像理解を成功させる重要なカギになっている。

種類	特徴因子	抽出用演算子・手法	備考(向違点など)
画素情報	色	$Y = L_e R + L_g G + L_b B$ $H = \theta$ $C = 1 - 3 \min. [r_p, g_p, b_p]$	$R, G, B$ : 刺激値  正三角形色度図
	濃度	光学濃度 透過濃度 反射濃度	$D_t = 1/T_t$ $= k \cdot \log \frac{\int J(\lambda) f_i(\lambda) d\lambda}{\int J(\lambda) f_r(\lambda) \sigma(\lambda) d\lambda}$ $i=R, G, B, T_t$ : 透過度 $J(\lambda)$ : 光源の強度分布 $\sigma(\lambda)$ : 試料の透過率特性 $f_i(\lambda)$ : フィルタの特性
	テクスチャ	光学濃度	マルチバンドカメラ, MSS, による多色帯写真測光
領域情報	粒状パターン 線状パターン 空間的くり返しパターン	局所平均化法, 勾配解析法 直交変換法(フーリエ変換等) マルコフ解析法 等	フィルタの組み合わせ, 分光器 ・テクセルの決め方 ・テクスチャ境界の求め方 ・統計的くり返しパターンとしての取扱い
幾何学	角, コーナー 凹凸, 対称性, ランダム性, 丸味	エッジ法, 境界線のフーリエ変換, 積分投影法, Freeman code, 多角形近似	ノイズに影響しやすしい。 丸味のパラメータ: $A/p^2$ (A: 面積, P: 周長)

情報	面積	面積 周長	画素の計数 境界上画素の計数	Freeman chain code から求 める方法もある
位置 情報	位置	包含(内,外)	連結度, Euler数	広がりを持つ任意形状の2つの 領域の位置関係と明確にする ことはむづかしい。
		交叉 方向(上下左右)	線の交叉にはテンプレート 重心の位置関係と調べる	
	境界	隣接	3x3のウィンドウで走査	点 or 線接触

### 3. リモート・センシング画像の理解

リモート・センシングは一般に測定対象に直接ふれることなく対象の持つ各種の情報を探知する方法であるが、以下では特に人工衛星や航空機からの地表面観測に話を限定し、デジタル画像を処理対象に考える。リモート・センシング画像処理の主要な目的は、地球資源の探査と管理であるが興味の対象によってスケールは異なり、縮尺 $1/100$ 万の衛星写真から $1/3000$ 程度の航空写真まで変化する。( $1/1000$ 以上のものは屋外情景と大差なくするので除外しておく。) なおリモート・センシングにおける情報処理について、センサの種類、前処理・分類、応用面、処理システム等を要領よく俯瞰した解説に文献[9]がある。以下では主として土地利用状況の把握という観点から画像理解を考える。国土地理院発行の土地利用図の分類区分には公共業務地区や厚生地区のように行政的判断が含まれているが、計算機による利用区分の現状は空間的・時間的情報から判断し得る地表面の植物的・地質的・物理的状態を意味する土地被覆に近いものである。画像理解が進めば、このギャップは小さくすることが期待できる。

#### 3-1 画像理解の形態

計算機による画像処理が盛んになる以前はリモート・センシング画像は光学的手段を使いつつ、人間が解析・判読してきた。写真判読や現地調査・測量の結果が各種の地図に要約されているし、センサ出力データとグラフィック・ツールとの対応に関する知識も蓄積されている。このように豊富な知識の蓄積がある場合には図3-1に示すような知識先導型画像理解が有効と思われる。前章のはじめに

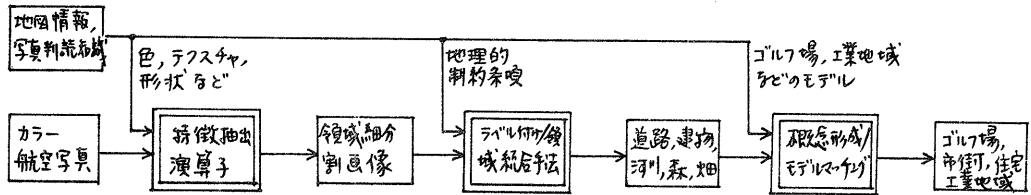


図3-1. 航空写真画像の理解過程の一例

述べたように、画像理解の主体は人間か計算機かの違いがある。人間が主体の時には、現状の多くのシステムがそのような対話型処理の形態をとる。この場合対話的試行により人間の側では対象に関する理解が進むが、同時に計算機の中でも対象についての知識表現が豊富になっていくことが要求される。対話型画像理解では知識の集積ははじめ人間の側にあるが、対話により次第に計算機が学習していき人間との真の共同作業を可能にする必要があるからである。坂井研ではAND-OR特徴トリーにより認識対象を表現しそれを対話的に生成するシステムを実現した。<sup>[10]</sup> E.g. AND-OR特徴トリーによるKnowledge blockの表現

能力は不十分であることが反省されており、サブトリードの処理結果から他のサブトリードの処理のパラメータを変えられることができるように工夫すべきことも指摘されている。<sup>[10]</sup> 具体的には signature extension<sup>[11]</sup>の問題を考へれば容易に理解できよう。同一地域の写真でも撮影環境が異なるといへば処理のパラメータや手順に変更を生じる。このような変更が容易に knowledge block に反映される構造になつていなければならない。Minsky の frame の概念が重要になるのもこの状況があるに因る。計算機側に内部表現として知識の蓄積ができるれば、計算機主体の画像理解に発展していくことができる。図3-1の過程へ前章の領域解釈の実行方法、画像理解の制御機構、特徴抽出演算子等が適用できることになる。

### 3-2. 知識の種類と利用の仕方

知識には図3-1からわかるように、特徴抽出に関するもの、領域解釈・統合に関するもの、概念形成に関するもの、と3種類を考へることができる。

#### 1) 特徴抽出に関する知識:

リモート・センシングでは MSS のようにスペクトル帯域毎の情報も得ることができるので、水域や植生などの特定対象物は容易に検知できる。E<sub>g</sub>物の色やスペクトルは季節と共に変化することが多いので signature extension<sup>[11]</sup>が必要になる。写真判読の際にテクスチャや形状は重要な特徴として使われるので演算子として組み込んでおく。どの特徴パラメータのどの範囲が何の判読に有効なのかをテーブルにておけば領域解釈の際に役立つ。特徴抽出の順序は、色やテクスチャで一様領域に分割した後、各領域の形状や隣接領域との位置関係を計測する。

#### 2) 領域解釈・統合に関する知識:

衛星や航空機でとれる映像の付属情報として撮像地域・日時・高度などがあるので、地図や理科年表を積極的に利用することができる。例えば神奈川県下の航空写真であれば西側には海は現われないうし、市街化調整区域や緑地保全区域がわかっているののでその地域にはアパート群は無いなどといった地理的知識を領域解釈・統合における制約条件に組み入れることができる。テーブル形式にできない地理情報は地図上に色塗りなどして画像ファイルにておき、制約条件のチェックの際に参照する方法も考へられる。また理科年表のファイルと参照すれば、撮影地点の太陽位置が計算でき従つて陰影領域の推定も可能になる。

#### 3) 概念形成に関する知識:

道路、建物、河川、海、田畑、森林、草地などの土地被覆的領域要素からゴルフ場、公園、市街、工業地域などの土地利用行政的領域を形成するには官公庁の各種資料を参考に1段階的モデルを作る必要がある。現状は、例えばランドサットの東京近辺画像についてスペクトルの特徴から人工構築物の単位面積内の割合により密集市街地を規定している程度である。E<sub>g</sub>計算機で扱うモデルを行政的・法的概念と一致させることは一般に乏しく困難なので、利用者側からある程度の譲歩が望まれる。

### 3-3. 計算機主体の画像理解の効率化

リモート・センシング画像は3次元物体認識で扱われてきたE<sub>g</sub>画像とちがつて対象物間の空間的配置に関する普遍的法則が存在せず位置関係を詳細に規定したモデルを作ることは困難であることが指摘されている。<sup>[12]</sup> また形状は、人工物について細長い、四角い、丸いといったことがいえるE<sub>g</sub>で一般には固定的な定義が

しにくい。このような画像を計算機が主体になって効率よく理解していくにはいくつかの工夫が必要になる。それらを列挙してみよう。

- 1) 線よりも面を優先した特徴抽出：物体認識の場合と違って線や境界線よりも面としての領域が重要な意味を持つのでスパクトルやテクスチャを用いた領域分割を最初に行う。
- 2) Key regions の選定：特定の特徴パラメータによって一様で大きな領域は比較的解釈(ラベル)が与えやすいので、ある程度以上の大きさを持つ領域を Key regions とし、まずそこから領域解釈を始める。
- 3) 顕著な特徴を持つ領域に着目する：赤外スパクトルのような特殊帯域に鋭敏な領域、四角いとか帯状の領域など解釈しやすい特徴を持つ領域を優先的にラベル付けする。
- 4) 地理的制約条件が強い領域の隣接領域に着目する：解釈が与えやすい。
- 5) 概念形成の段階までくれば、従来のモデル・マッチングの手法が適用できる。なお京大長尾研の航空写真解析システム<sup>[12]</sup>では、Key regions あるいは顕著な特徴を持つ領域として、均一大領域、細長領域、影領域、植生領域、ハイコトラスト領域等を設定し、優勢な特徴に応じた解析ルーチンとその領域内だけに作用させて対象物を認識しその性質を新たな知識として未知領域の解析に利用するという方法により良好な結果を得ている。要ははじめに確実に領域のみを認識し、曖昧なものや後まかしの認識された領域の情報や未知領域の解析に利用するということであり、これによって誤りを少なくかつ処理効率も高めることができる。heterarchicalな画像理解の一種といえよう。

#### 4. カラー航空写真の計算機による解析

この章では筆者らの研究室で進行中のカラー航空写真解析について紹介する。1つの目的は国土現況調査、特に土地利用変化状況の把握ということである。人工衛星から得られる超小縮尺(LANDSATの場合、1/100万程度)の画像データを広域にわたって周期的に解析し、ある期間内に起った変化を検出する。この変化が起った狭い地域の、対応する時期のカラー航空写真を解析して変化の詳しい内容を定量的に調査する。このようにリモート・センシング画像の種類を使い分けることによって効率のよい国土現況の調査・資源管理ができるようになる。我々が現在処理の対象としているカラー航空写真の縮尺は1/3,000 ~ 1/15,000程度である。注目している領域が道路・河川・建物なのか、森林・田畑・宅地・湖沼なのか等により用いる縮尺を変える必要があるからである。処理全体の流れを図4-1に示す。以下この流れの中にあける2,3のトピックスを紹介する。

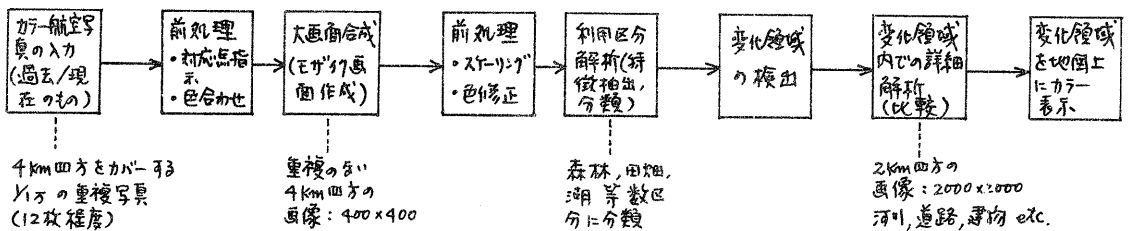


図4-1. カラー航空写真解析による土地利用変化の把握

#### 4-1. カラー航空写真の入力

航空機で撮影されるマルチバンド写真やカラー写真の1コマの大きさは大体、

25cm四方であり、ポジフィルムを入力することもあれば、密着焼写具を利用する場合もある。このように透過光でも反射光でも大型の資料が直接読み取れる右図のようなドラム・スキャナを使用している。その仕様を次に示す。

- (1) 読取サイズ：254(間)×254(幅) mm
- (2) 検出チャネル：R, G, B 及び  $\alpha/W$
- (3) 濃度範囲：(透過) 0.0~3.0D (反射) 0.0~2.0D
- (4) スポットサイズ：(透過) 25~1000  $\mu$ m (反射) 100~1000  $\mu$ m
- (5) ドラム回転数：300, 600 rpm
- (6) カンニング間隔：25, 50, 100, 200  $\mu$ m

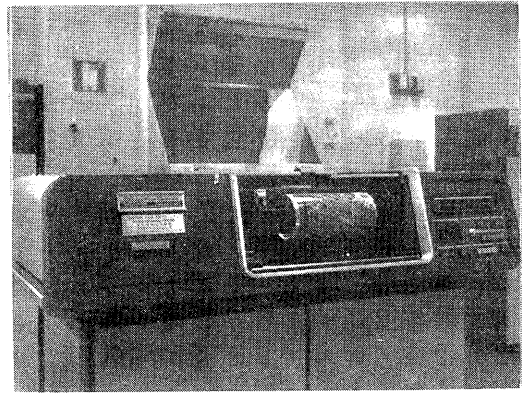


図4-2. ドラム・スキャナ  
(三菱電機製作)

#### 4-2. 色修正(濃度補正)

カラー航空写真のモザイク画像を作ったり、撮影時期の異なる写真を比較したりあるいはカラーフォトマップを作成する際に画像全体の色調を統一したり要求がある。色修正には2つの形式が考えられる。1つは変換関数が与えられる場合であり、他の1つは変換関数を基準画像と被修正画像とから求める場合である。筆者は前者に對してはフールスカラー法の応用を、後者に對しては回帰分析による方法およびヒストグラムに基づくモーメント法を併用して良好な結果を得た。

#### 4-3. 対話型モザイク作業<sup>[14]</sup>

複数個の小画面を画面の情報が連続するように接合して大画面に合成するモザイク作業を、画像ディスプレイを用いた対話型処理で実現する方法を開発した。小画面の入力時点で小画面間に情報の連続性が有るか無いかを1, 0で示すマトリクスを作成する。このマトリクスをもとにWarshall-Floyd法を応用して基準小画面から他の小画面への最短経路を求める。この最短経路上に現われる小画面を2個づつ組にして並列表示し、対応点をカーソルで指摘することにより表示された2個の小画面間のズレを求める。これらのズレを加算して基準小画面と他小画面との位置ズレを計算する。基準小画面に對するすべての小画面の位置ズレを考慮して画像ディスプレイ上に表示すればモザイク大画面が得られる。Warshall-Floyd法で求めた最短経路は、対応点の指摘回数を最小にすることを意味する。処理例を図4-3に示す。

#### 4-4. 航空写真における陰影領域の推定<sup>[15]</sup>

航空写真解析において陰影は地形の凹凸やテラスの認識に際して重要な役割を果たすが、色彩解析や領域解析を行う場合にどこに陰影があるかを知らないと尙遠く結果を得ることになる。陰影領域の推定には地形情報と航空写真の撮影日時・緯度経度・縮尺などが必要である。地形図から等高線データを抜き出して数値地形モデルを作成し、一方太陽の方位角と高度を撮影日時・緯度経度および参照ファイルとして与えられる理科年表から計算して陰影線を出すアルゴリズムを開発した。なお縮尺の大きい写真では建物や樹木の陰影が入ってくるが、この

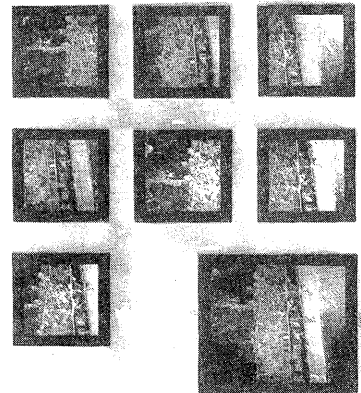


図4-3. モザイク作業



場合には地形モデルを使用するのは得策でない。建物はその形状などから比較的認識しやすいので、太陽光線方向から建物に接した黒い領域を陰影と判断する方法も検討している。

4-5. テクスチャ解析による森林、市街地などの検出

4km四方をかバーする縮尺 1/10,000 のモザイク画面を 400 x 400 の画像にサンプリングすると解像度は 10m/画素程度になり、森林、市街地、田畑などを検出するのに便利である。Haralick の gray-tone spatial dependence matrix をもとに特徴パラメータとして  $f_0 = \sum P_{xy}(i)$ ,  $f_{10} = \text{variance of } P_{xy}$  の二種だけを用いて分類した例を図4-4に示す。式の説明は文献[16]にゆずるが、Haralick 法の難点は上記のマトリクスを求めるのに常に時間がかかることである。

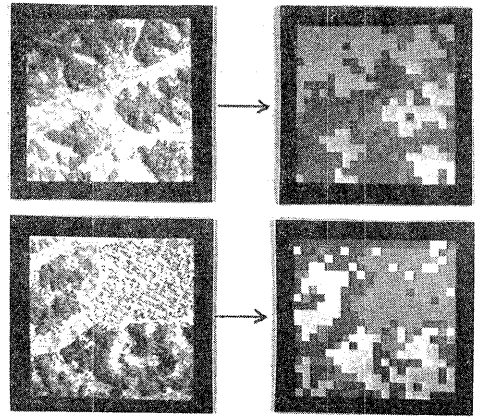


図4-4. Haralick 法による分類

4-6. Spatial Clustering 法による領域分割<sup>[17]</sup>

数値データとパラメータ区分によりクラス化する手法はパターン認識によく使われるが、画像空間に分布した色彩濃淡データを領域として分割する spatial clustering 法の研究はあまり多くない。その一つとして次のような方法を提案した。画素情報として濃淡値やテクスチャパラメータを持つ画像をメッシュ状に区画する。各小区画においてパラメータの平均・分散を計算し、もし分散がある閾値より小さければその小区画が一つのクラスを代表するとみられ、その平均値をこのクラスの核と考える。もし分散が閾値より大きければ、この小区画をさらに小さな区画に分割し、上と同様に平均・分散を求め別のクラスの核を作っていく。最後に全画素についてパラメータを各クラスの核と比較してどのクラスに属するかが判定すれば、全画面がいくつかの領域(クラス)に分割される。

4-7. 変化領域の検出について

調査対象地域の過去の航空写真と最近のものとは比較して土地利用、資源、環境等の観点から変化を検出し、何がどのようにどの程度変わったかを把握する課題を考える。座標変換と位置合わせ、濃度補正など施した後、原画像のレベルで比較し変化を出す方法では各々の写真の撮影時期・環境の違いを考えると、有意義な結果は期待しがたい。やはり各航空写真について領域分割・解釈・分類した結果を比較することが望ましい。但しこの場合でも濃度やスケール等にはテクスチャなどいくつかの特徴パラメータは同一地域の写真でも時節が異なれば違ってくるのが普通なのでパラメータの調整をしてから使うことになる。これを signature extension と呼んでいるが、画像理解に組み入れられた例はほとんどなく、これからのテーマである。

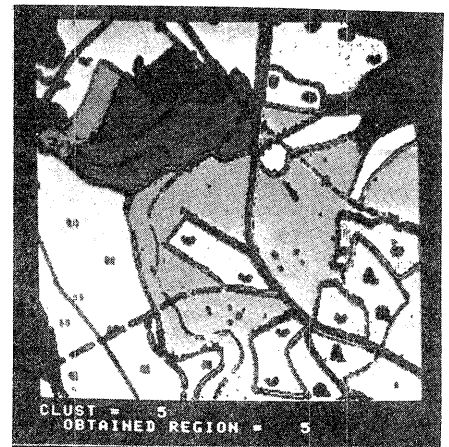


図4-5. Spatial Clustering 法による領域分割の例

## 5. あとがき

物体認識や情景解析から派生して盛んになりつつある画像理解の本質的機能についてサーベイし、リモート・センシング画像への適用する立場から問題点を検討した。知識の表現方法とそれを利用した領域分割、領域解釈をめぐりに概念形成が主要なテーマであり、またその際の制御機構に関して詳しい議論が必要であることと指摘した。リモート・センシング画像に打っては写真判読方法、地図地理情報、行政資料などの知識が豊富なので、その計算機内部における表現(データ構造)に成功すれば知識を先導的に用いた画像理解が今後の1方向として期待できる。なお「情報処理」本年10月号は人工知能とソフトウェア技術の特集号であり画像理解に関連した問題も多く見られる参考になる。筆者の研究室でのカラー航空写真解析について紹介したが、画像理解についてはまだ実験結果を出すまでに至ってあらず具体的な話はできなかつた。本研究は通産省大型プロジェクト「パターン情報処理システムの研究開発」の一環として行われた。最後に日頃御指導いただいたりしている当方中央研究所の池端主任研究員に謝意を表します。

### 文献：

- [1] R. Bajcsy and M. Tarrakoli : Proc. on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Oct. 16-18, 1973, Purdue Univ..
- [2] 大田, 金出, 坂井 : 情報処理学会研究会資料, 1X-ジ10-3 (1977).
- [3] M. Minsky : The Psychology of Computer Vision (ed. P.H. Winston), McGraw-Hill (1975).
- [4] W.K. Pratt : Digital Image Processing, Wiley-Interscience. (1978).
- [5] 小川, 木島, 田中 : 情報処理, Vol. 19, No. 9, pp. 846-852 (1978).
- [6] J.M. Tenenbaum and H.G. Barrow : Technical Note No. 123, SRI (Mar. 1976).
- [7] A. Rosenfeld et al. : IEEE Trans. Vol. SMC-6, No. 6 (1976).
- [8] 富田, 白井, 辻 : “テキストの解析”, 情報処理 19, No. 2 (1978).
- [9] 飯坂 : “リモート・センシングにおける情報処理”, 情報処理 19, No. 9 (1978).
- [10] 坂井, 金出, 碓 : 信学会研究会資料(パターン認識と学習), PRL 75-27 (1975).
- [11] R.G. Henderson : IEEE Trans. Vol. GE-14, No. 1 (1976).
- [12] 長尾, 松山, 池田 : “航空写真の領域・形状解析”, 信学会研究会資料 PRL 78-39 (1978).
- [13] 秋田, 久家 : “計算機を用いた色修正のアルゴリズムについて”, テレビジョン学会技術報告 5月 (1978).
- [14] 秋田, 深田 : “対話型モザイク作業の1アルゴリズム”, 昭和52年度電気関係学会関西支部連合大会.
- [15] 秋田, 久家 : “航空写真の陰影領域推定”, 昭和53年度情報処理学会第19回全国大会.
- [16] R.M. Haralick et al. : IEEE Trans. Vol. SMC-3, No. 6 (1973).
- [17] Y. Fukada : “Spatial Clustering Procedures for Region Analysis”, Proc. 4th IJCP (1978).
- [18] Y. Shirai : The Psychology of Computer Vision (ed. P.H. Winston), McGraw-Hill (1975).