

GISと画像データの統合化に関する研究

編 バスコ ○島村 秀樹

山本 卓司

タン ミオ

池西 登

1. はじめに

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新であり、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、県市町村の基礎の地図情報あるいは、国勢調査の社会的経済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いた。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。

本研究では、GIS (ARC/INFOシステム) と画像解析システム (ERDASシステム) の統合化に関する研究を、ケーススタディをもとに、そこに生じる問題およびその検討結果について報告する。

2. 研究の概要

地理情報システム (GIS) では、土地利用現況図などのデータの更新の際に、非常に多くの時間と労力を要する。多くの航空写真から判読技術によって、必要な情報を抽出し、さらに地図データへ展開しなければならない。近年、ランドサットTMデータの活用および研究がさかんにおこなわれるなか、GISのデータの更新のための情報源としては、多くの期待が寄せられている。しかし、ランドサットデータの画像解析の技術だけでは、満足な成果を得ることができない。そこで、GISの土地利用現況のデータ更新のために、ランドサットデータの土地被覆分類の際に、GISデータとの統合化処理を試み、次の項目について検討を行った。

- ① GISの土地利用現況データとランドサットから得られる情報の関係
- ② GIS (ARC/INFO) と画像データ間のデータ変換
- ③ ランドサットTMデータの土地被覆分類におけるGISデータの利用
- ④ GISデータの更新の際の問題点

本研究でのケーススタディとして、ARC/INFOに構築されている神奈川県港北区の昭和53年、58年の土地利用現況データを含むデータベースと昭和59年のランドサットTMデータを用いて、図-1に示す手順で行った。

3. GISの土地利用現況データとランドサットから得られる情報の関係

ランドサットデータから得られる情報は、地表面の土地被覆の状態であり、GIS上のデータとは、性格が異なる。例えば、土地利用データに関しても、分類項目及び分類基準が異なる。GISと画像データの統合化をはかる前処理として、GIS上のデータの関係を調べる重要な点である。

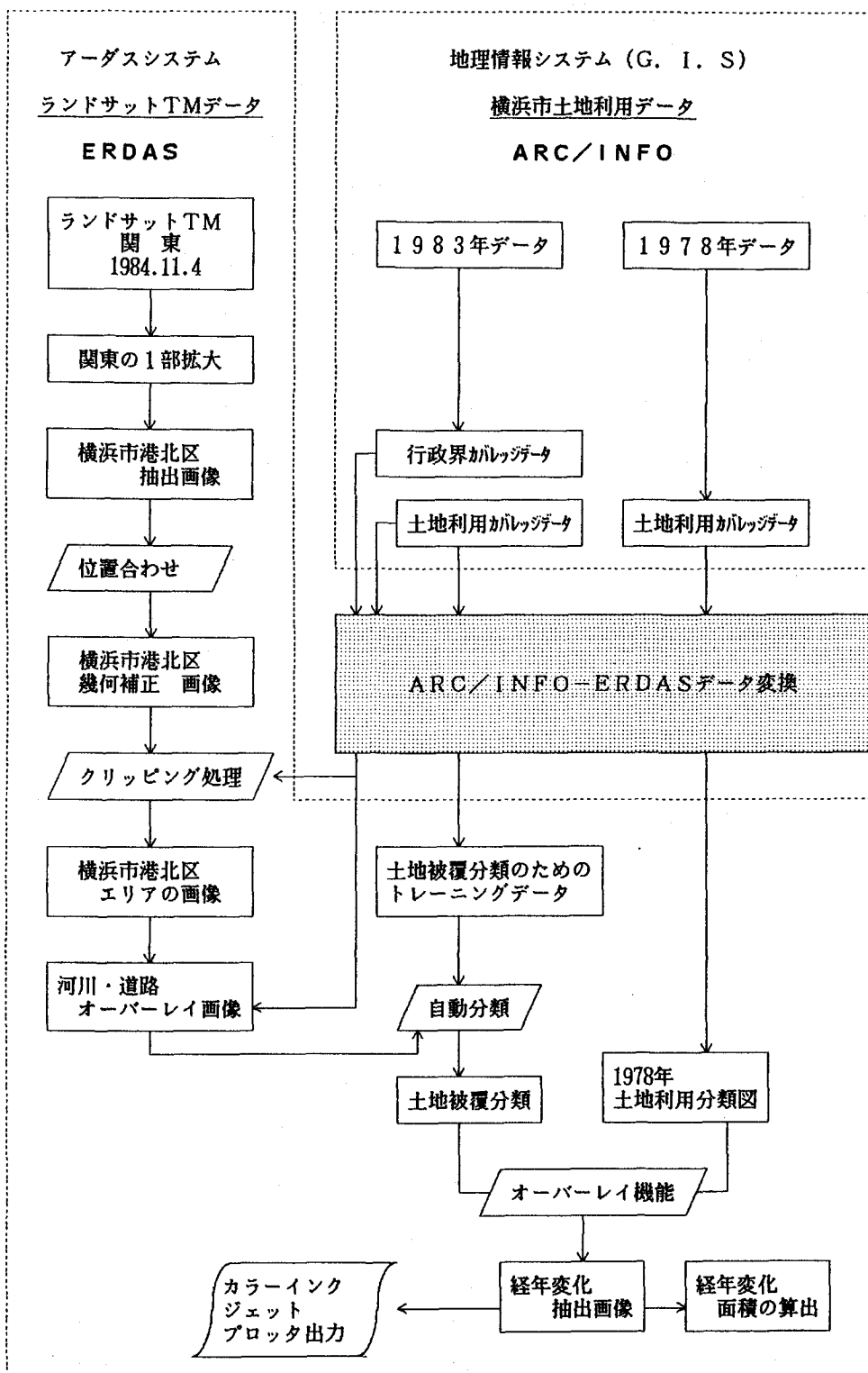


図-1 GISと画像データの統合化処理フロー

本研究では、GISの土地利用の分類項目は、都市的土地利用のなかでも、住宅地区、商業、業務地区、工業地区等に細分化され、また自然的土地利用でもそうである（表－1）。そこで、ランドサットデータから判別可能な分類項目をランドサット画像から視覚判読した結果（表－2）をもとに選定し、さらにGISの分類項目を統一化する処理を行った。

表－1 地理情報システム上の土地利用分類項目

土地利用分類			摘 要
自然的土地利用	農地	田	水田
		畑	畑、果樹園
	山林	平坦地山林	傾斜度 1 0 度未満の山林
		傾斜地山林	傾斜度 1 0 度以上の山林
	河川、水面、水路		
	荒地、海浜、河川敷		
都市的土地利用	住宅用地		一般住宅、共同住宅
	併用住宅用地		店舗併用住宅、作業所併用住宅
	商業用地		業務施設、店舗、娯楽、宿泊
	工業用地		工場
	運輸施設用地		飛行場、港湾、倉庫
	公共用地		官公庁、供給処理施設
	文教・厚生用地		学校、病院、図書館、寺院
	公共空地		都市公園、広場、運動場
	その他の空地		未建築住宅地、用途改変中の土地、等
	防衛用地		自衛隊、米軍提供施設
道路用地		幅員 4 m 以上の道路、農道、林道	
鉄道用地			
耕作放棄地			

表－2 ランドサットTMフォールスカラー画像と土地利用分類の関係

	土地利用項目 カラーパターン	住宅地	住宅地以外の建物	農業地	森 林	裸 地	公 園
1	Red				○		○
2	Light red			○			
3	Reddish gray			○		○	
4	Gray	○					
5	Dark gray	○					
6	Dark gray ~Black	○					
7	White ~Light blue		○	○		○	○
8	Light blue~Blue		○	○		○	
9	Yellowish blue					○	

○：視覚判読可能な項目

4. 異なるデータ構造間のデータの変換

(1) GIS (ARC/INFO) のデータ構造

ARC/INFO (アーク・インフォ) は、米国のシンクタンクESRI社において開発された完成度の高い地理情報システムで北米を中心に200以上の政府、自治体等に導入されている。

この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モジュールで主に構成されている。

ARC/INFOでは図面ごとの地図データをカバレッジとよび、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、線分を表し、ノードとセグメントから成り立っている。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る。属性データと対応関係をもつために、図-2に示したポリゴン・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) によって構成され、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。

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として定義する。トポロジは、内部ID番号を用いた表として格納されている。図-3に例を示した様に、アークのトポロジはアーク番号、始/終ノード番号との対応表として、ノードのトポロジはノード番号、アーク番号の対応表として表されている。また、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、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。

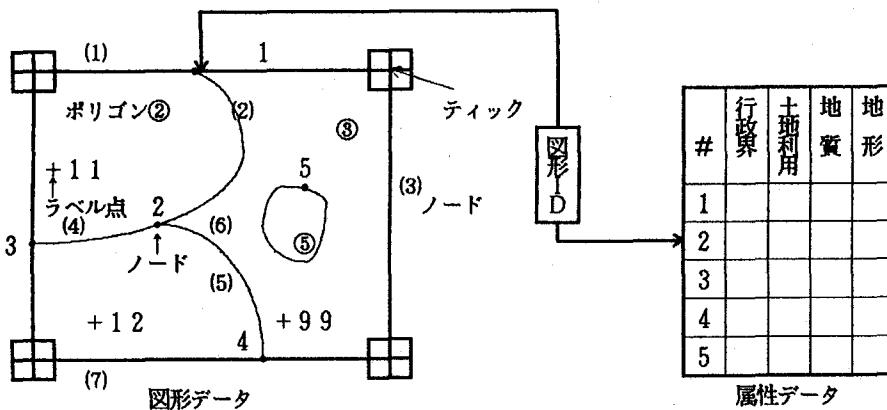


図-2 ARC/INFOのデータ構造

User-ID	Polygon#	Arc#	Node#	Arc	Arc	From Node	TO Node	Left Poly	Right Poly
11	1	1, 3, 7	1	1, 2, 3	1	1	3	2	1
09	2	1, 2, 4	2	2, 4, 5	2	2	4	2	3
12	3	2, 6, 2, 0, 6	3	1, 4, 7	3	3	3	3	2
16	4	2, 7, 4	4	3, 5, 7	4	4	4	3	4
40	5	6	5		5	5	4	4	1

図-3 地図要素の構造

(2) GIS (ARC/INFO) と画像データの変換

ARC/INFOのデータをERDASデータに変換し、また逆の変換を行うには、次の3通りの方法がある。

① GIS (ベクター) → 画像 (ラスター)

この処理を行うには、ARC/INFOによるPOLYGRIDコマンドを用いる。これは、カバレッジ名、抽出するアイテム名、抽出するデータの範囲を指定することにより、複数の属性項目をもつGISより、単一の属性をもつラスターデータを作成するものである。作成されたラスターデータの精度はピクセルサイズによって大きく左右される可能性があり、そのサイズの設定には十分な注意を払う必要がある。また、各アイテムに重みを付加することができ、線状物体を正しく表現することを可能にしている。

② GIS (ベクター) → 画像 (ベクター)

ベクターデータをERDASに直接入力することによって、GISデータを画像処理におけるトレーニングエリアへの利用など、その有効性は大きいものと考えられる。これは、複数属性項目を持つ、GISデータベースより、応用プログラムを作り、単一属性ポリゴンファイルを作成することによって、データ変換を行う。

③ 画像 (ラスター) → GIS (ベクター)

この処理を行うには、ARC/INFOにおけるGRIDPOLYコマンドを用いる。GRIDPOLYはラスターデータのセル境界からアークを生成し、同じ値で連続したセルをグループとしてまとめてポリゴンを形成する。その精度はすべて入力ファイルのピクセルサイズに依存している。

5. ランドサットTMデータの土地被覆分類におけるGISデータの適用

(1) GISファイルを用いたトレーニングエリアの自動設定

ARC/INFOの土地利用現況データは、カテゴリーを統一化し、5mおよび30mのメッシュに前述の方法で変換した。このデータをランドサットTMデータの土地被覆分類のトレーニングエリアとするために、各カテゴリー毎にラベリング処理を行った。ラベリング処理は、同じ属性の連結するすべての画素に同じラベル（番号）を割り当て、異なった属性の連結する画素に異なったラベルを割り当てる操作である。メッシュ化処理の際の誤差を取り除くために、トレーニングエリアの条件としては、同一ラベルの画素が大きく存在する、言い換えると、エリアの面積が大きいものを選択した。また、トレーニングエリアの信頼性をチェックする手段として、トレーニングエリア内の分類精度を分離度（ α ）で判断した。

$$\alpha = \frac{n_i}{N} \times 100 \quad N = \sum n_i$$

n_i : 与えられたトレーニングエリアで、トレーニングエリア内を分離した時のカテゴリーに対する画素数

i : 土地利用カテゴリー

(2) GISデータとランドサットデータの自動分類データの統合化

ランドサットTMデータから土地被覆分類を行った結果に対してGISデータの適用と統合化の方法を3つ考えた。

・ランドサットデータの自動分類の分類誤差が生じやすい道路及び河川のカテゴリーは、前処理としてGISファイルのデータ（道路、河川カテゴリー）をオリジナルのランドサットデータにオーバーレイ処理を施した。

- ・自動分類のカテゴリーを、ランドサット画像から視覚判断した結果にもとに選定した。(カテゴリーは草地、森林、住宅地、住宅地以外の建物、裸地の5種類に限定した)。
- ・経年変化エリアを認識する場合の条件を次のように設定し、土地被覆と土地利用の関係づけを行った。(図-4参照)

変化エリアを算出する場合、

M_i = 土地利用分類項目のエリア

L_i = ランドサットデータから解析した土地被覆項目(i)のエリア

L_1 = 経年変化しないエリア ($M_i = L_1$)

L_2 = 経年変化したエリア ($M_i \rightarrow L_1$)

E = 誤差(分類エラー、1画素内の土地利用混在によるエラー、幾何補正エラー等)

と仮定すると、経年変化エリアの検出は〔1〕式による。

$$M_i - L_1 = L_2 + L_i + E \quad (1)$$

この〔1〕式において、土地被覆項目は L_i は変化要因になるべきものであるが、ランドサット観測(季節による草地の変化)および行政的な施設(公園、スポーツランド)等の条件によっては変化すべきものではない場合がある。そこで、経年変化エリアの検出は〔2〕式で行い、その時の条件の設定を表-3のようにした。

$$M_i - L_1 - L_i = L_2 + E \quad (2)$$

表-3 M_i と L_i の条件設定表

M_i	L_i
畑	裸地、畑(草地)
公園	森林、裸地、住宅地、住宅地以外の建物
住宅地以外の建物	住宅、森林、裸地
森林	畑(草地)
畑	森林、住宅地
裸地	森林、畑(草地)
住宅地	住宅地以外の建物

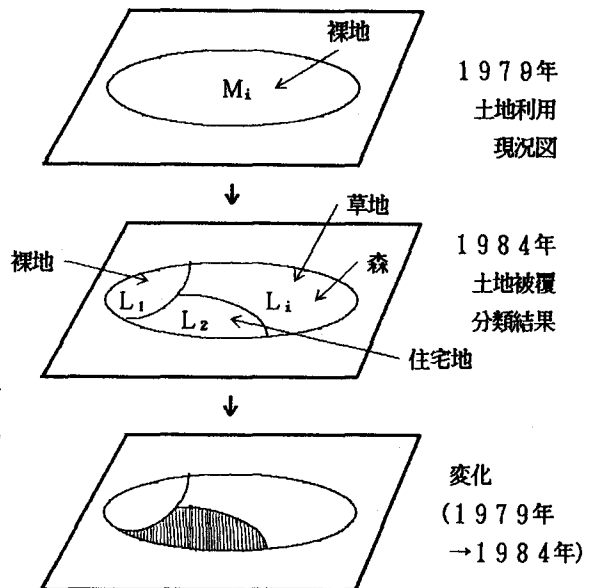


図-4 経年変化エリア認識処理

6. GISデータ更新時の問題点

ランドサットデータによって、GISデータベースを更新するには、多くの問題点が残されている。

- (1) GISはベクターデータのため、本研究の処理にはラスター変換が必要となる。ピクセルサイズが非常に小さければ問題とならないが、ランドサットTMデータを用いるため、ピクセルサイズが30m×30mであり、ベクター変換に伴う誤差が生じている。今回用いたベクターデータとラスター変換したピクセルデータを再現し、重ね合わせたものが図-5である。また、表-4は各カテゴリーによるエラーのかたよりを見るために作成したものである。都市部の土地利用形態が細かいために、特に住宅地及び道路において大きな誤差を生じている。

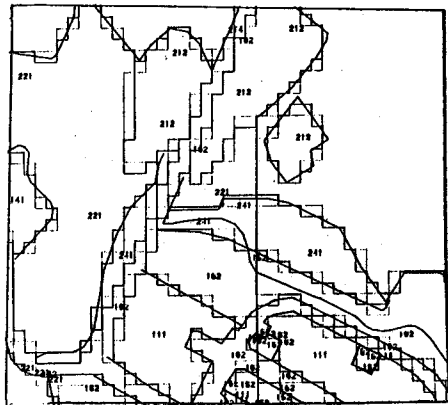


図-5 ベクターデータとピクセルデータの誤差

表-4 土地利用データのラスター変換時の誤差 (%)

土地利用分類	Map 1978			Map 1983		
	Polygon area	Grid area	誤差	Polygon area	Grid area	誤差
農 地 (田)	22.9	23.9	+ 1.0	17.7	18.4	+ 0.7
農 地 (畑)	17.0	17.6	+ 0.6	12.3	12.6	+ 0.3
河 川 ・ 水 面	3.4	3.6	+ 0.2	3.4	3.6	+ 0.2
荒 地	2.1	1.8	- 0.3	1.6	1.4	- 0.2
住 宅 地	23.6	27.2	+ 3.6	24.8	28.2	+ 3.4
住宅地以外の建物	9.0	9.0	0.0	10.0	9.9	- 0.1
公 共 空 地	2.0	2.1	+ 0.1	2.3	2.3	0.0
空 地	6.1	5.8	- 0.3	12.7	12.6	- 0.1
道 路	13.9	8.8	- 5.1	15.2	11.0	- 4.2

- (2) ランドサットデータによる土地利用分類の結果に対する検証方法は、今回昭和58年の土地利用現況データと昭和59年のランドサットからの解析結果を重ね合わせ、画像間で差をとることで行った。1年間では土地利用の変化が少なく、差をとった結果が0になることが真であるという前提のもとに行った。比較した結果を画像-1に示す。画像-1において変化が検出したエリアに対し、1/10,000の縮尺の航空写真により確認作業を行い、精度の検証方法とした。ただし、画像-1では孤立した1画素単位の変化は前述に示したエラーということで除去する処理を行い、さらに位置を知る上で行政(区)界データをオーバーレイしている。



画像-1 変化検出画像

また、分類時の経年変化の条件設定についてトレーニングエリアの分離度は、ランドサットデータのみを用いた場合より、GISデータとの統合処理を行った方が良好の結果を得た。この結果は表-5に示す。

(3) 横浜市港北区における経年変化を面積で比較した場合、表-6のようになった。

横浜市港北区の総面積は、4354.9haでベクターからラスター変換した時点で1.7%の面積の損失が生じている。

表-5 トレーニングエリアの分離度 (%)

土地利用分類		ランドサットデータのみの処理	GISデータとの統合処理
自然的利用	農地	—	81.7
	畑	36.3	62.1
	森林	71.7	80.5
都市的利用	住宅地	67.8	79.0
	住宅地以外の建物	43.5	86.0
	公共空地	—	86.4
	その他の空地(裸地)	60.2	84.9

以上の問題点及び検討結果から、航空写真を用いた場合でも1画素単位の検証は難しく、さらに幾何補正、分類及び1画素内の土地利用カテゴリーの混在等、エラーは除去しづらい事がわかった。しかしながら、GISのデータを用いることにより分類精度が増している事は事実であり、数値的にそれを検証することができた。今後、多時期のランドサットデータの活用及び他の行政データの利用を考え合わせれば、ある特定の大きさの単位変化に対しての土地利用データの更新が可能ではないかと思われる。

表-6 経年変化面積比較表 (メッシュ単位)

(ha)

土地利用分類		1978年土地利用A	1983年土地利用B	1984ランドサット結果C	B - C	C - A	C - B
自然的利用	農地	127.7	81.2	65.4	-46.5	-62.3	-15.7
	畑	782.2	671.7	639.0	-110.4	-143.1	-32.7
	森林	794.0	568.0	570.4	-226.0	-223.6	2.4
都市的利用	住宅地	1274.3	1329.0	1376.4	54.6	102.1	47.4
	住宅地以外の建物	628.7	756.1	796.3	127.4	167.6	40.2
	公共空地	103.0	113.8	98.3	10.7	-4.8	-15.5
	その他の空地(裸地)	298.6	589.9	558.1	291.3	259.5	-31.8
河川・道路		271.7	161.5	175.2	—	—	—
総面積		4280.3	4279.1	4279.1	—	—	—

7. おわりに

本研究では、GISと画像データの統合化としてGIS (ARC/INFO) と画像処理システム (ERDAS) とのデータ交換プログラムを開発し、実際にランドサットによる土地利用のモニタリング及びその結果に基づいたGISデータベースの更新を試みた。ランドサットデータの自動分類の精度やベクトル化における精度の低下等、諸問題が残されているが、GISと画像データを統合化することにより、新しい解析及び応用分野を導き出すのに有効であると考えられる。

(参考文献)

- (1) 和達、江森、安田他、"リモートセンシング"、朝倉書店 (1976)
- (2) 柴崎、島村、加藤、"TM未補正画像の前処理に関する基礎的検討" 日本写真測量学会昭和61年度秋季学術講演会発表論大集