

I-19 マイクロ波映像レーダデータを併用した土地被覆分類図作成アルゴリズムの構築

CONSTRUCTION OF THE ALGORITHM FOR MAKING THE LAND COVER CLASSIFICATION MAP APPLYING THE SYNTHETIC APERTURE RADAR DATA

大林成行¹、小島尚人²、玉川達也³

S. Obayashi, H. Kojima and T. Tamagawa

抄録：本研究は、衛星搭載の光学センサデータとマイクロ波映像レーダデータ（SARデータ）を融合利用し、高い精度で土地被覆分類図を作成できるアルゴリズムを構築したものである。多次元特徴空間内の個体の分布状態を画像化したnPDF特徴量を空間情報として採用し、SARデータを付加して計算したnPDF特徴量を新たにnPDFs特徴量と定義した。検討ケースとして、1) HRVデータのみ、2) SARデータのみ、3) HRV+SAR、4) HRV+nPDF特徴量、5) HRV+nPDFs特徴量といった5ケースを設定し、分類精度を比較した。検討の結果、nPDFs特徴量（ケース5）を併用する場合の分類精度が最も高く、特に市街地、裸地等の分類精度の向上に寄与することが判った。さらに、一連の処理手順を整理した上でnPDFs特徴量の作成からトレーニングデータの選定支援、土地被覆分類図と各種評価指標の出力等、ユーザインターフェースに優れた実用性の高い土地被覆分類図作成システムを実現している。

Abstract : For making the land cover classification map with a high accuracy, the practical classification algorithm integrating the optical sensor data and the synthetic aperture radar(SAR) data was proposed. Through the nPDF algorithm proposed by H.Cetin in 1990, "the nPDFs feature" adding SAR data was newly defined as a spatial information. This paper discusses whether the maximum likelihood classification accuracy is improved or not in combination with the spatial information and the nPDFs features. Five cases were executed as follows: 1) Only using HRV data (spectral information), 2) Only using SAR data, 3) Combined SAR data with HRV data, 4) Combined the former nPDF features with HRV data, 5) Combined the proposed nPDFs features with HRV and SAR data. As the results, in case of adding the nPDFs features (Case-5), the best classification accuracy was confirmed, especially in the residential and the Bare soil area. Furthermore, based on this result, the practical system for making the land cover classification map with excellent user-interface was designed and developed.

キーワード：土地被覆分類、衛星リモートセンシング、マイクロ波映像レーダデータ、空間情報
Keywords: land cover classification, satellite remote sensing, SAR data, spatial information

1. はじめに

衛星データの種別は益々多様化し、高分解能化が進んでおり、今まで以上に高い精度で土地被覆状況を分析できるものと期待されている。従来までの光学センサデータのみならず、マイクロ波映像レーダデータ（以下、SARデータ）から土地被覆分類を行うといった研究が数多く見られるようになってきていることもその証拠と言える^{1) - 3)}。

SARデータを土地被覆分類に使用する場合には、SARデータの単独利用¹⁾、あるいはSARデータを空間情報と見なしてスペクトル情報に付加した上で分類するといった研究が一般的である²⁾。しかし、前者の場合、後方散乱状態と土地被覆状況との関係が比較的把握しやすい項目、例えば市街地や農用地、植生等に限定した上で分類精度を検証するといった研究が多

い。また、後者の場合、空間情報としてのSARデータの有用性が報告されているが、現在までの研究で有効な空間情報として公表されているもの⁴⁾と適用効果について比較した研究は筆者らの知る限り見あたらない。いずれにしても、光学センサデータから得られる従来までの分類結果との比較を通して、SARデータを用いることの意義については明らかになっていない現状にある。光学センサデータを含めて、データ利用者にとっていったいどのような分類方法を用いればよいのかといった根本的な問題が内在している。このような背景のもとに、筆者らは、すでに光学センサデータを対象に、新たな画像特徴としてnPDF (n-Probability Density Function) 特徴量を提案し、空間情報としての有効性を立証した⁴⁾。本研究では、さらにステップを進め、SARデータを付加した場合のnPDF特徴量（以下、nPDFs特徴量）を定義し、空間情報としての有用性について検討するとともに、ユーザインターフェースに優れた土地被覆分類図作成システムを構築する。

¹正会員 工博 東京理科大学教授 理工学部土木工学科

²正会員 工博 東京理科大学講師 理工学部土木工学科

³学生員 東京理科大学大学院

(〒278 千葉県野田市山崎2641 Tel: 0471-24-1501)

2. 本研究開発の目的

本研究開発の目的は次の3点である。

①衛星データから土地被覆分類図を作成する場合の手法・精度の面とシステム開発アプローチの両面から、現状の技術的課題を整理し、研究の意義を明確にする。

②SARデータを用いて計算されるnPDFs特徴量を光学センサデータと併用して土地被覆分類図を作成する新たなアルゴリズムを提案し、従来から考案されている分類方法から得られる分類精度と比較する。

③nPDFs特徴量の作成からトレーニングデータの選定支援、土地被覆分類図と各種評価指標の出力等、ユーザインターフェースに優れた実用性の高い土地被覆分類図作成システムを設計・開発する。

3. 従来までの研究と本研究開発の特色

(1) 画像分類に関わる研究の現状と本研究の範囲

衛星データから土地被覆分類図を作成しようとする研究は、古くから着手され数多くの研究成果が蓄積されてきているが、トレーニングデータの選定方法や使用する分類手法、さらには分類精度の評価方法の問題等、今なお多くの議論が交わされている⁵⁾。衛星データの種類が多様化する中、データの複合利用へと研究の視点が広がっており、適用範囲や利用目的に応じて「許容できる分類精度」を入念に検討するとともに、実用性のある衛星データの利用方法を提案していく姿勢が今後益々重要になる。このことが、本研究を着手するにいった経緯でもあるが、多くの分類手法が研究されている状況の中、本研究開発ではSARデータと光学センサデータを併用する方法の範囲内において分類精度を高める方法を提案する。

なお、その他の分類精度を高める方法、例えば混在画素を除去してトレーニングデータそのものの精度を向上させる手法や⁶⁾、土地被覆クラス数を追加し、トレーニングデータの代表性を向上させる手法⁷⁾等との併用効果については、本研究の範囲外として今後の課題とするが、これらの手法については後述する土地被覆分類図作成システムの機能として組み込み、精度論的な研究をさらに展開できるように配慮している。

(2) 本研究の特色

a) SARデータを併用した土地被覆分類アルゴリズムの提案 (4章)

SARデータを用いて土地被覆分類図を作成する方

法には、SARデータを単独で利用する、あるいは空間情報としてスペクトル情報に付加して分類するといった2ケースがあげられる。空間情報として後方散乱画像やテクスチャ特徴量等があるが、いずれもスペクトル情報と併用した場合の分類精度は必ずしも高くなるとは限らない。

この問題に対して、筆者らは多次元特徴空間内の個体の分布位置を定量化して表現できるnPDFアルゴリズムを採用し、これから計算されるnPDF特徴量が空間情報として有効であることを示した⁴⁾。この研究では、光学センサデータのみを対象としたものであったが、本研究ではさらにSARデータを付加した場合のnPDFs特徴量を新たな空間情報として定義し、分類精度の向上に寄与することを示す点が特徴となる。

b) 土地被覆分類図作成システムの開発 (5章)

分類精度を高める手法やそれらを組合わせたアルゴリズムが提案されたとしても、処理手順が複雑であったり、分類精度の評価・分析に多くの専門知識の習得が必要となることは、実用性の面において問題がある。

本研究では、提案した分類アルゴリズムを誰もが容易に利用できるようにするべく、土地被覆分類図作成システムとして開発する。前処理システム、分類・評価システム、画像表示・出力システム、後処理システムの4つに分けた上で、操作性、拡張性に優れた多くの機能を設計・開発している。情報システム科学研究としての本研究の第2の特色となる。

4. SARデータを併用した土地被覆分類

(1) nPDF特徴量

nPDF特徴量は、図-1のように全ての個体 X_i に対して付与され、多次元特徴空間内の仮想コーナーからのユークリッド距離により定義される。この図では

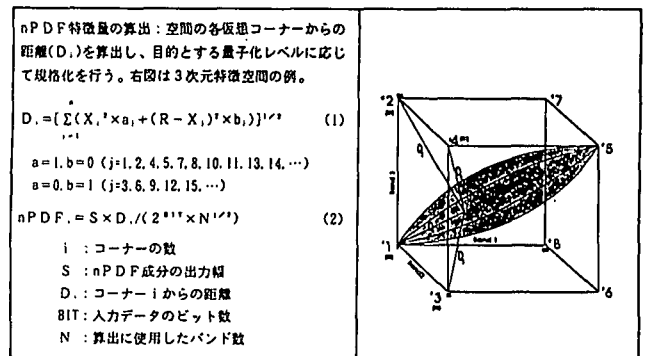


図-1 nPDF特徴量の定義

表-1 本研究の検討ケース

検討ケース		データの組み合わせ
ケース1	HRVデータのみ	HRV(1, 2, 3)
ケース2	SARデータのみ	SAR
ケース3	SARデータを単独付加	HRV(1, 2, 3) + SAR
ケース4	nPDF特徴量を付加	HRV(1, 2, 3) + nPDF1 + nPDF2
ケース5	nPDFs特徴量を付加	HRV(1, 2, 3) + nPDFs1 + nPDFs2

3次元空間を例にとったが、容易に多次元空間へ拡張でき、仮想コーナーからの距離 D_i の違いによってnPDF特徴量の値が異なってくる。本研究では、HRVデータ3バンドとSARデータ1バンドの合わせて4つのバンドから「nPDFs特徴量」を定義・計算し、空間情報としてスペクトル情報に付加して分類に使用する多次元データとする。

(2) 分類精度の比較・検討ケース

nPDFs特徴量の適用効果を検証する上で、本研究では表-1に示す5ケースを設定した。ケース1とケース2は、光学センサデータ(HRV)とSARデータをそれぞれ個別に用いた場合の分類精度の比較ケースである。この2つのケースを通じてSARデータを単独に用いた場合の分類性能を示す。

ケース3はSARデータそのものを空間情報としてスペクトル情報に付加して分類するものである。これと比較するために、空間情報としての適用効果が認められている光学センサのみから算出されたnPDF特徴量を採用したものがケース4である。

さらに、ケース5が本研究の新たな試みであり、SARデータを付加してnPDFs特徴量を計算し、これを空間情報としてスペクトル情報に付加して分類するものである。以上の検討ケースは、SARデータの有効性を明らかにする上で不可欠なものとなる。

(3) 分類精度の評価指標

土地被覆分類精度評価の問題は、一般にトレーニングデータの精度と画像全体にわたる分類精度とに分けて論じられている。しかし、トレーニングデータの精度が高くとも必ずしも画像全体にわたる分類精度は高くはないこともあり、分類精度の評価方法そのものについて未だ議論が交わされている⁵⁾。そこで、本研究では一般に利用されている評価指標として表-2に示す①区分精度、②誤分類率、③クラス間発散度、および④PCCを適用することとした^{6)・7)}。ここで、

表-2 定量評価指標

ト レ ニ ン グ デ ー タ	①区分精度: P_i (Division Accuracy)	$P_i = M_{ii}/N_i$
	②誤分類率: F_i (Error Ratio)	$F_i = \Sigma(M_{ij} + M_{ji})/N_i$
画 像 全 体	③クラス間発散度 (Divergence)	多次元データにおけるクラス間の分離性を定量的に表したものの
	④PCC (Probability of Correct Classification)	現地調査と航空写真をベースにして、あらかじめ整備した評価用データを基に算出される判別効率マトリックスの対角要素(正答率)の総和平均

表-3 定量評価結果

		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5
区 分 精 度 (%)	水田	98.2	17.2	97.6	98.2	97.1
	畑	92.2	13.1	93.4	93.4	92.9
	樹林	97.9	22.7	97.9	97.9	98.1
	工場地帯	66.5	35.4	84.4	53.3	84.6
	高密度市街地	71.6	80.3	86.3	76.0	85.0
	低密度市街地	79.3	10.0	85.0	79.3	89.0
	芝地	99.1	19.6	99.5	98.6	99.1
	裸地	95.8	9.4	97.9	97.9	98.1
	水域	94.2	62.9	94.2	94.4	94.4
		平均	88.3	30.1	92.9	87.7
誤 分 類 率 (%)	水田	4.1	158.0	4.8	4.1	5.3
	畑	26.1	146.4	19.7	26.1	15.6
	樹林	2.8	154.6	3.0	3.3	2.8
	工場地帯	37.9	104.7	19.8	49.3	17.0
	高密度市街地	109.8	57.4	44.9	135.5	42.4
	低密度市街地	46.0	161.3	36.0	44.7	35.3
	芝地	2.7	167.1	2.3	2.7	2.5
	裸地	16.7	138.5	7.3	12.5	7.1
	水域	7.1	335.7	5.8	8.6	5.5
		平均	23.5	158.1	16.0	31.9
クラス間発散度		2.12	0.58	2.21	2.48	2.37
PCC(%)		79.8	31.5	88.4	81.0	89.6

注) PCC評価用データのサンプル数(ピクセル)
水田:169; 畑:153; 樹林:114; 工場地帯:165; 芝地:219
高密度市街地:183; 低密度市街地:150; 裸地:106; 水域:100

①~③はトレーニングデータに対する評価指標であり、④は分類後の画像全体に対する評価指標である。

(4) 分類精度の評価

本研究ではテストサイトとしてSPOT/HRVデータ(観測日:1994年6月12日、PATH-ROW:331-279)およびJERS-1/SARデータ(観測日:1993年4月9日、PATH-ROW:64-241)を使用し、グランドトゥルスデータが整備されている神奈川県厚木市を対象として土地被覆を教師付き最尤法により分類した。分類精度の定量的な評価結果を表-3に整理した。

a) 区分精度について: 市街地の区分精度に注目す

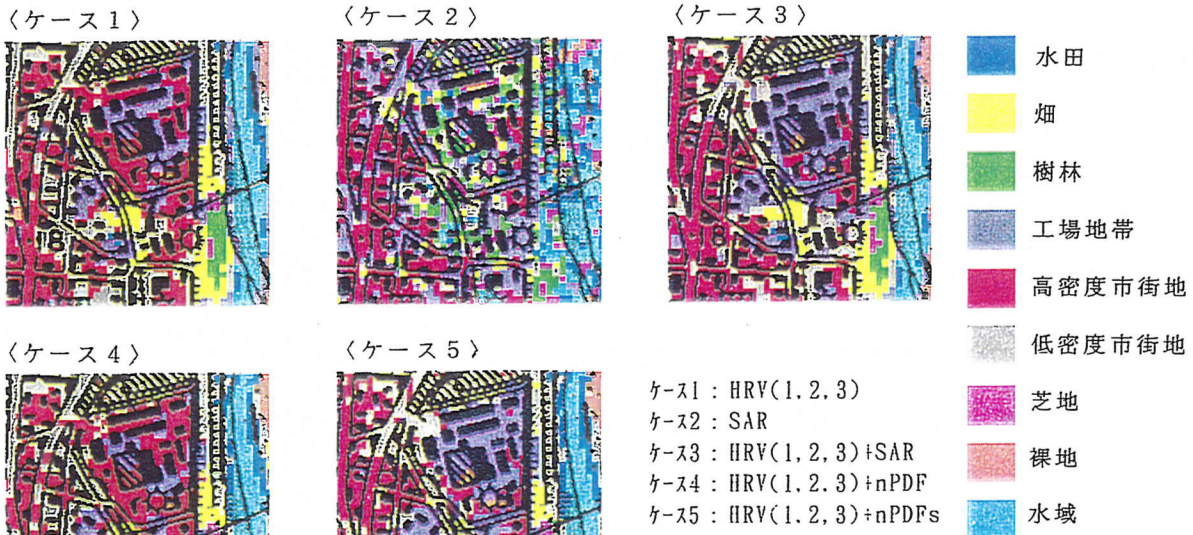


図-2 画像上に現れる効果
(分類図の一部を拡大)

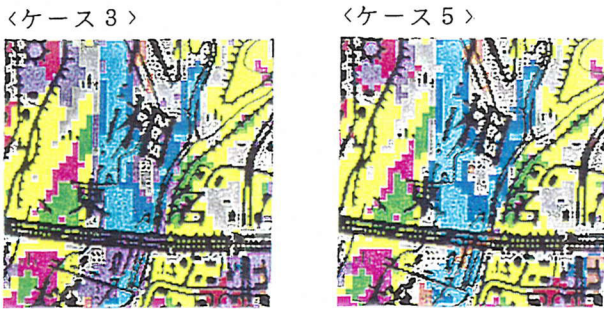


図-3 画像上に現れる効果(河川部の例)

ると、スペクトル情報のみを用いたケース1では60～80%を示しているが、SARデータを導入したケース3、ケース5では2種類の市街地のいずれにおいても80%以上に向上している。全ての分類項目の平均値で見ても、ケース3はケース1に比べて4.6%、ケース5は4.9%向上しており、SARデータの適用効果がみられる。しかし、SARデータを単独で使用したケース2は区分精度が極端に悪く、高密度市街地、水域といった項目以外は土地被覆を分類する上で限界のあることが判る。

b) 誤分類率について：スペクトル情報のみで十分な精度が得られている水田および樹林を除くと、全ての土地被覆項目においてケース3およびケース5は、ケース1に比べて誤分類率が低下している。平均値でも、ケース1に比べてケース3で7.5%、ケース5で8.7%低下し、分類精度が向上していることが判る。

c) クラス間発散度について：ケース1に比べてケ

ース3で0.09、ケース4で0.36、ケース5で0.25クラス間発散度が高くなっている。特に、区分精度、誤分類率での適用効果が認められなかったケース4においてクラス間発散度の値が最も大きくなっている点は興味深い。しかし、発散度の値が高ければ、必ずしも分類精度が高くなるとは限らないといった事例もあり、発散度はあくまでもクラス間の分離性を表わす指標にとどめる方が肝要であると言える⁷⁾。

d) PCCについて：PCCは、ケース1に比べてケース3で8.6%、ケース5で9.8%向上しており、SARデータを空間情報として付加した場合、対象領域全体にわたり分類精度が向上していることが判る。

以上の4つの定量評価指標による分析の結果から、SARデータをnPDFs特徴量として付加して分類すれば、分類精度が向上するものと判断できる。さらに、分類画像上に現れる効果について検証を進める。

e) 分類画像上に現れる効果：画像上に現れる効果の検証として、現地調査により工場地帯として確認されている例を図-2に示した。SARデータを単独で利用したケース2は定量評価結果と同様に分類精度が極端に低い。このことは既往の研究で曖昧となっていた点であるが、SARデータのみで土地被覆の状況を分析するには限界があると言える。

光学センサデータのみケース1、ケース4では、他の項目(市街地)として分類されている領域が、SARデータを併用したケース3、ケース5では一様に

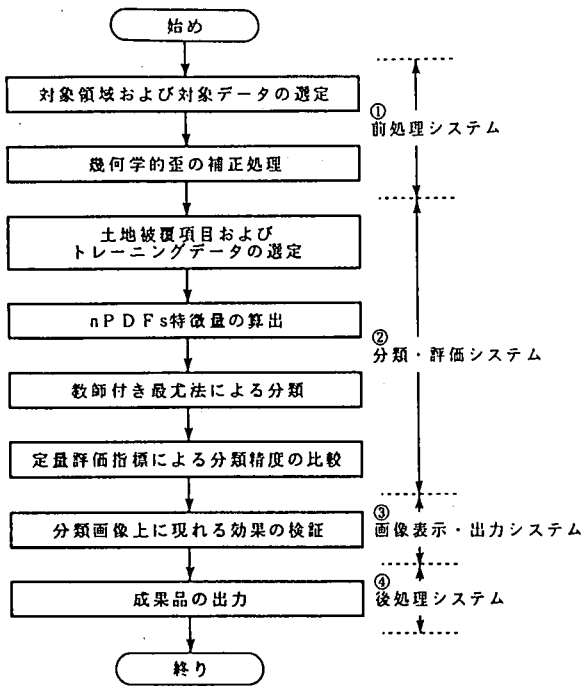


図-4 土地被覆分類アルゴリズム

工場地帯と判別されている。つまり、この領域ではSARデータの持つ後方散乱の情報が分類精度を高める上で寄与していると言えるが、ケース3とケース5の違いについては明らかでない。

そこで、ケース3とケース5を比較した他の領域として河川部の例を図-3に示した。ケース3において工場地帯として誤分類されている領域がケース5では水域として正しく分類されている。全域図は口頭発表時に提示するが、このような例が画像全体にわたって確認されている。nPDFs特徴量は従来の空間情報と比較して分類精度を高める効果が高いと判断できる。

5. 土地被覆分類図作成システムの設計・開発

(1) システム要件定義

前章までの検討からも判るように、土地被覆分類図を得るまでには、対象領域の切り出し、幾何学的歪の補正処理などの衛星データに対する前処理や、トレーニングデータの選定等、人手を介する多くの処理を経なければならない。特にSARデータを使用する際には、ジオメトリック補正やラジオメトリック補正、スペックルノイズの除去、後方散乱係数の計算等、光学センサデータに対する処理とは異なる処理手法を適用する必要もある。データ利用者にとって、これらの処理機能を簡便な操作で利用でき、一連の処理手順が

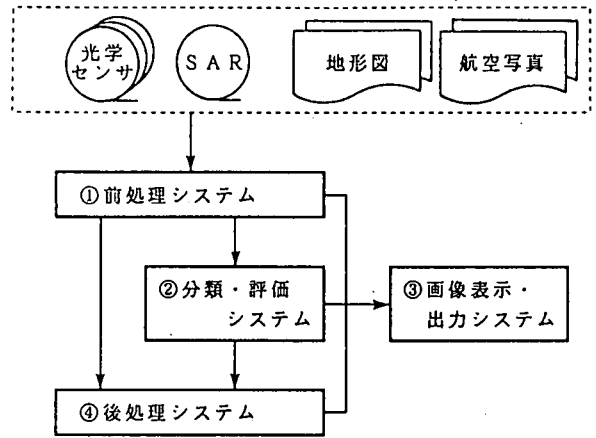


図-5 本システムの構成

標準化されていることが求められる。そこで、本研究開発におけるシステム要件を次の3点に整理した。

①各々の検討目的に対する一連の分類処理を一つのJOB単位と定義する。JOB単位でデータを管理し、処理の過程で生成する各種の中間データの管理を利用者に意識させないように配慮する。

②対象となる衛星データ(光学センサおよびSAR)や空間情報の検討ケースが膨大となる場合にも、解析および画像表示の繰り返し処理が容易に行える。

③分類精度を高めるその他の方法として、トレーニングデータの精度を向上させる手法などを組み込み、精度論的な研究をさらに展開できるよう、拡張性のあるシステムとする。

(2) 土地被覆分類アルゴリズムとシステム構成

以上までの検討をもとに、土地被覆分類の処理手順を図-4に整理した。本研究開発では、この流れに従って処理が進められるように、図-5のようなシステム構成とした。具体的には①前処理システム、②分類・評価システム、③画像表示・出力システム、④後処理システムといった4つの処理システムに分かれている。各々のシステムは表-4に示す機能群を備えている。以下、これらの中で本システムの特徴的な機能について、処理システム順に説明する。

a) 前処理システム

①幾何学的歪の補正処理

現在提供されているSARデータの幾何補正レベルは、RAWデータであるレベル0、もしくは宇宙開発事業団地球観測センターで画像再生処理されたレベル2.1のデータである。本システムでは処理/解析の簡便さ

表-4 各システムで具備すべき機能群

システム	機能群	
①前処理システム	光学センサ	<ul style="list-style-type: none"> ・切り出し処理 ・幾何学的歪の補正処理
	SAR	<ul style="list-style-type: none"> ・切り出し処理 ・幾何学的歪の補正処理 ・幾何学的歪の補正処理(DTM) ・スペckルノイズ除去/低減 ・後方散乱係数算出 ・ラジオメトリック補正 ・量子化
②分類・評価システム	前処理	<ul style="list-style-type: none"> ・土地被覆項目設定 ・トレーニングデータの選定 ・nPDFs特徴量の計算 ・その他の空間情報の作成
	分類	<ul style="list-style-type: none"> ・教師付き最尤法分類 ・クラスター分析
	評価	<ul style="list-style-type: none"> ・差画像作成 ・分類精度の定量評価 ・確率プロット図出力 ・土地被覆時系列分析
③画像表示・出力システム	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒストグラム表示 ・画像濃度値表示 ・アドレス表示 ・プロファイルグラフ表示 ・拡大/縮小表示 ・全体/局所表示 ・出力バッファ管理 ・RGBファイル出力 ・画像出力(ピクトロ) 	
④後処理システム	<ul style="list-style-type: none"> ・オーバーレイ処理 ・文字出力 ・凡例作成 	

を考慮し、幾何学的歪の補正についてはレベル2.1のデータを対象とし、GCPを用いた補正処理の機能を具備している。さらに、SARデータには山岳部において地形に起因する歪(レーダ歪)が生じており、DTMを利用した幾何補正処理が必要となる⁸⁾。SARデータを他の解析手法に利用することも念頭に置き、本システムにおいてはDTMを用いたレーダ歪の補正も可能となっている。

また、光学センサデータとSARデータとを併用して土地被覆分類を行う場合、地上分解能を統一させる必要がある。本システムでは、最近隣内挿法により、衛星データの持つ情報をなるべく損なわずに地上分解能を変更する機能を備えている。近い将来、入手が期待できる超高分解能データの利用に際しても、本システムは柔軟に対応できるように配慮されている。なお、本研究のテストサイトにおいては、HRVの地上分解能20mを基準として、SARの地上分解能を18mから20mへと変換処理している。

②スペckルノイズ除去/低減

SARデータには、レーダ波の可干渉性に起因したスペckルノイズが生じており、ノイズの除去・低減

の手法としては様々なフィルタリングが考案されている。本システムではメディアンフィルタ、Leeフィルタ、エッジ保存フィルタ、Kalmanフィルタなどを装備し、データの質や利用目的別に比較・検討できるように配慮されている。

b) 分類・評価システム

①トレーニングデータの選定

トレーニングデータの選定は、分類図を作成する上で不可欠な処理となり、後述する画像表示システムを介して容易に作業を進めることができるようになっていいる。このトレーニングデータの良否が分類精度に影響を及ぼすことは言うまでもなく、トレーニングデータの精度を高める種々の方法が研究されている。

筆者らもスペckル的に分離可能な混在画素を除去し、トレーニングデータそのものの精度を高める方法を提案している⁶⁾。また、分類クラス数の違いによっても画像全体の分類精度は大きく左右されることから、トレーニングデータクラスを追加していく処理を支援する方法についても研究を進めてきた⁷⁾。

このような分類精度を高める様々な方法も本システムに組み込めるよう柔軟性、拡張性あるシステム設計となっている。

②分類精度の定量評価

分類結果を定量的に評価する指標は、前述した「区分精度、誤分類率、クラス間発散度、PCC」の4種類である。さらに、教師付き最尤法分類では前提条件である多次元データの正規性を検証することが分類精度を論じていく際には重要な要素となる。本システムでは、多次元正規性を図式的に容易に検証できる手法として、確率プロット法の機能も整備している。なお、本検討におけるnPDFs特徴量は元データの分布状態を維持しており、データの正規性が確認されている。

③差画像作成

土地被覆分類を対象とした研究を進めていく上では多くの検討ケースを比較/検証(クロスチェック)していくことが必要となる。本システムでは、2種類の土地被覆分類図の結果を相互に比較するための差画像を作成することが可能であり、出力された差画像上には分類結果の異なる画素が抽出される。また、相互の分類結果を定量的に比較するために、対象領域全体のうち、分類結果が異なった画素の割合を算出する機能も備えている。

c) 画像表示・出力システム

①アドレス表示

土地被覆分類を検証する対象領域を選定する場合には、衛星データをフルシーンから切り出す必要がある。画像を切り出すには始点の座標値が必要となり、アドレス表示機能が活用できる。また、幾何学的歪の補正処理では、地図上の基準点と、それに対応する画像上の基準点の座標値が必要となるが、画像上基準点の座標値を取得する際にもアドレス表示機能が活用できる。

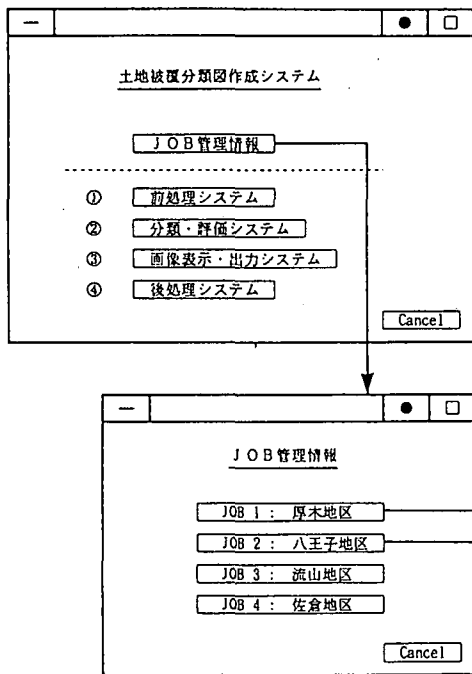
②出力バッファ管理

本システムで表示できる画像には、衛星データなどのRGB画像と分類画像などのPseudo画像とがある。ブラウン管上に画像を表示させる場合、RGB/Pseudo表示の切り替えを行うとともに、ディスプレイバッファを選択する機能を備えている。本システムではディスプレイバッファを4つ備えており、光学センサの3バンドカラー合成画像と分類結果などのPseudo画像を一括して蓄えておくことができる点も特徴である。

③画像表示システムの稼働例

本研究開発において、特に注目すべき機能である画像表示システムのウィンドウ環境下での稼働例を図-6に示す。図からも明らかなように、メインコマンドウィンドウからマウス操作で、表示ファイル選択、拡

<画面の状態>



大/縮小表示、表示スライス設定、アドレス表示、全体/局所表示、ヒストグラム表示、文字出力、RGBファイル出力など様々な機能が使用できる。

d) 後処理システム

①オーバーレイ処理

土地被覆分類図を参照しながら画像上の分類精度を検証していく際には、分類図に地形図などの背景情報が重なっていると便利である。本システムでは、スクリーンで読み込んだ地形図を分類図に重ね合わせるオーバーレイ処理機能も用意されている。

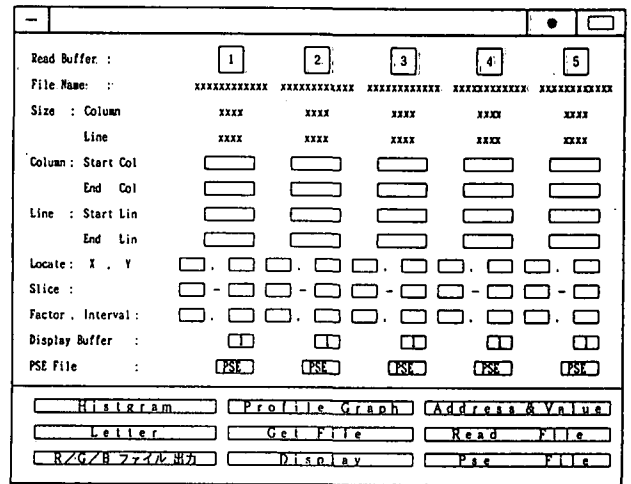
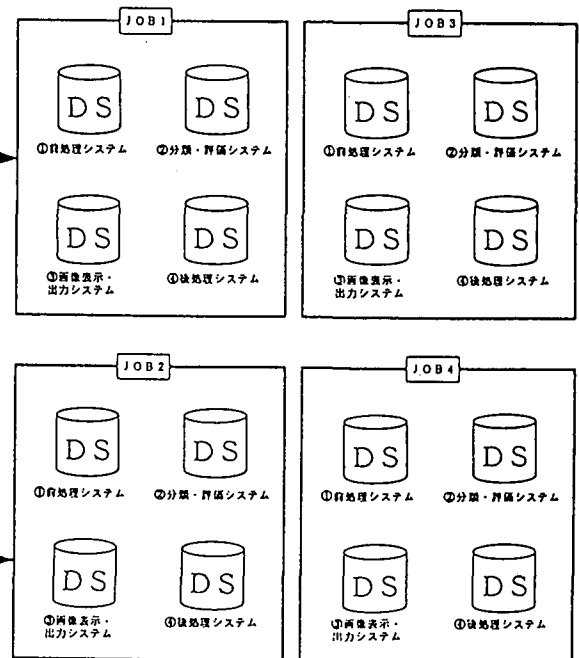


図-6 画像表示システム (稼働例)

<システム内部のDS構造>



DS : データセット(Data Set)

図-6 JOB管理の概念図

②数値・文字情報出力

土地被覆分類図の評価結果を成果品として出力する場合、対象領域や対象データの諸元、土地被覆項目など分類図に付属する情報を一枚の紙面上にレイアウトできることが望ましい。本システムの文字出力機能では、画面上に文字を張り付けるようなイメージで漢字、ローマ字などの文字を出力することができる（オブジェクト指向設計）。

（３）本システムでのJOB管理

土地被覆分類を行う処理の過程においては、数多くの中間データが生成されることから、本システムでは、JOB単位でのデータ管理を基本とする。図-7はJOB管理の概念図であり、システム起動時におけるメインメニューにはJOB管理情報および各処理システムが表示されている。ユーザがJOB単位で分類処理を行いたいといった場合、JOB管理情報を選択し、さらに自分の担当するJOBの種類を選択することにより必要なデータセットにアクセスすることが可能となる。また、JOB単位ではなく処理システム単位、すなわち、トレーニングデータの精度論や各種フィルタの適応効果について検討したいといった場合には、メインメニューで処理システムを選択することにより、それぞれの処理を実行できる。

6. まとめ

（１）本研究の成果

本研究の内容と成果は、次の3点にまとめられる。

①衛星データから土地被覆分類図を作成する場合の手法・精度の面とシステム開発アプローチの両面から、現状の技術的課題を整理し、研究の意義を明確にした。

②SARデータを用いて計算される新たな空間情報としてnPDFs特徴量を定義し、光学センサデータと併用して土地被覆分類図を作成するアルゴリズムを提案した。nPDFs特徴量は、従来までに提案されている空間情報に比べて、分類精度を向上させる上で効果が高いことが確認された。

③nPDFs特徴量の作成からトレーニングデータの選定支援、土地被覆分類図と各種評価指標の出力等、ユーザインターフェースに優れた実用性の高い土地被覆分類図作成システムを設計・開発した。

土地被覆分類図作成においては、光学センサデータの適用実績が多いが故に、意外にもSARデータその

ものの適用意義は明確にされていない。本研究の検討内容と開発されたシステムは、衛星データの複合利用方法の一つとして有用性のあるものと考えている。

（２）今後の展望

本研究で使用したSARデータは、JERS-1から観測され、Lバンド・HH偏波観測のデータに限られる。多バンド、多偏波のSARデータの観測計画も着々と進められており、複合衛星データの利用方法に関する研究は、今後益々重要な課題となってくるはずである。本研究で提案した土地被覆分類のアルゴリズム（図-4）はこの方面の研究にも十分に対応できる可能性を秘めたものであり、今後のマルチセンサデータの有効利用技術の一つとして何らかの形で寄与できれば幸いである。

【参考文献】

- 1)黒須隆志、藤田正晴：JERS1/SARデータを用いた農作物分類、日本リモートセンシング学会第19回学術講演会論文集、pp.67~68、1995年11月。
- 2)荒田剛志、新井康平：分布適応型最尤法画像分類によるSAR画像分類、日本リモートセンシング学会第18回学術講演会論文集、pp.133~134、1995年11月。
- 3)Y.Yamagata and Y.Yasuoka: Classification of Wetland Vegetation by Texture Analysis Methods using ERS-1 and JERS-1 Images, ICARSS, Vol.4, pp.1614-1616, 1993.
- 4)小島尚人、大林成行：空間情報としてのnPDF特徴量を用いたマルチスペクトル画像分類、日本リモートセンシング学会誌、Vol.13、No.4、pp.21~34、1994年2月。
- 5)田中章司郎：ベイズ判別法の分類条件別精度の比較と評価、日本リモートセンシング学会誌、Vol.12、No.4、pp.3~21、1992年12月。
- 6)小島尚人、大林成行：画像分類におけるトレーニングサンプル再抽出方法の提案、日本リモートセンシング学会誌、Vol.14、No.1、pp.50~65、1994年4月。
- 7)小島尚人、大林成行：トレーニングクラスの設定方法の提案、日本リモートセンシング学会誌、Vol.15、No.4、pp.50~65、1995年10月。
- 8)Kwok, R., J.C. Curlander and S.S. Pang: Rectification of Terrain Induced Distortion in Radar Imagery, Photo. Eng. and Remote Sensing, Vol.53, No.5, pp.507-513, 1987.