

ランドサットデータによる八郎潟干拓地の水 稲作付面積の推定方法の開発とその精度に関 する研究

TSUBOTA, Mitsutoshi / KIMURA, Hiroshi / TANAKA, Sotaro /
ARATOMAI, Takashi / OSHIMA, Taichi / 大嶋, 太市 / 坪田,
満利 / 新斗米, 隆志 / 田中, 総太郎 / 木村, 宏

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学工学部研究集報

(巻 / Volume)

18

(開始ページ / Start Page)

49

(終了ページ / End Page)

78

(発行年 / Year)

1982-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004104>

ランドサットデータによる八郎潟干拓地の水稻作 付面積の推定方法の開発とその精度に関する研究

大嶋太市*・坪田満利*・新斗米隆志*
田中総太郎**・木村宏**

Estimation of Paddy Field Area in Hachiro-gata Reclamation Land and Its Accuracy by Landsat

Taichi OSHIMA*, Mitsutoshi TSUBOTA*, Takashi ARATOMAI*,
Sotaro TANAKA** and Hiroshi KIMURA**

Abstract

This paper describes a study to develop a method for using Landsat MSS data, to estimate paddy field area to an acceptable level at accuracy taking up Hachiro-gata reclamation land as a test area.

The Hachiro-gata Irrigation Lake is situated roughly at latitude 40°N and longitude 140°E, and extends about 12 km east to west and 27 km south to north in length, with a circumference of 82 km. This lake was the site of a shallow lake 1-4 m in depth, which was filled in as part of a reclamation project completed in 1966.

After the reclamation work was completed, the reclamation area included about 17,000 ha, of which about 13,000 ha for agricultural area was cultivated. At present 589 families are farming this reclamation land cooperatively utilizing their common farm machineries.

Methods chosen for estimating paddy field area in this paper are as follows;

- (1) Maximum Likelihood Method
- (2) Cluster Analysis (a) using bands 4, 5, 6, 7. (b) using bands 4, 5, 6.
- (3) Cluster Analysis after Principal Component Analysis

The accuracy derived from these three methods is discussed in comparison with the statistical data.

Supposing that the statistical data are the true values, the estimated errors

* 法政大学工学部土木工学科

** (財)リモート・センシング技術センター

* Hosei University, Faculty of Engineering, 3-7-2, Kajino-cho, Koganei-shi, Tokyo 184 Japan.

** Remote Sensing Technology Center of Japan, 7-15-17, Roppongi, Minato-ku, Tokyo 106 Japan.

50 (昭57. 3) ランドサットデータによる八郎潟干拓地の水稲作付面積の推定方法の開発とその精度に関する研究

derived from the above mentioned methods are -17.7% , $+11.8\%$, $+7.4\%$, and -5.0% for 1980's data respectively, and -28.7% , -10.0% , $+1.7\%$ and $+11.7\%$ in 1980 data respectively.

In the case of excluding the accuracy analyzed by the Maximum Likelihood Method, the errors for the estimation of the paddy field area is about 10%. Therefore, it may be considered that the estimation of paddy field using Landsat MSS data can be used for gross estimation

§1. 序 論

人類は、生物圏のごく一部分しか管理していないにもかかわらず、気候の調節、土壌の形成・保持、大気の組成、物質（元素）の循環、清浄な水の供給など数多くの恩恵を生物圏全体から得て、現在の文明社会を発展させてきた。この意味において、人間の活動は生物圏全体を対象としていると言える。

ところが、人類の享受するこの恩恵の規模程度がますます増大すればするほど、換言すれば、人間の自然に対する働きかけが増大することにより、その副作用が地球全体に及ぶことと相まって、生物圏の受容力がもはや正常な機能を維持できなくなるのではないかと危ぶむ声さえある。

また、我々が生活を営む上で環境的な諸要素の中の最も基本的な食糧に目を向けてみると、今後予想される人口増加が機縁となり食糧の需要は増大していくものと予測されている。しかし、これに応じる農地面積の拡大は費用がかかると共に技術的な面から見て難しいため、鈍化の傾向にあると考えられる。

また、現在農業の基盤である土壌等の非再生資源が急速に減少しており、これが環境に影響を与え、循環して食糧生産にも影響するという予測も出されている。

本研究では、以上の論点をふまえて環境を把握するためにその一側面である農業に関して、その現況を判断する一つの材料として農地面積の推定に焦点をあててみた。

いうまでもなく、農業は他の産業に比べ、土地に依存する程度の高い産業であり、一般に農業生産高およびその動向は農地面積の増減によりある程度判断でき、農作物の将来にわたっての需要供給の見通しや生産目標設定においても、農地面積の把握が必要となる。

また、農地はひとたび都市化あるいは工業開発などの強い土地利用需要にさらされると食糧生産の場としての機能を永久に失うことになる。これは地力の低下などとは異なる顕在的な損失であり、この意味からも的確な農地面積の把握が必要となる。

研究対象地域には、秋田県の八郎潟干拓地を設定した。八郎潟干拓地は農地増加を主目的に海跡湖であった八郎潟を干拓してできた土地であり、この干拓地の主要作付品目である水稲に関し、その作付面積を地球観測衛星 LANDSAT (Land Satellite) の MSS (Multi Spectral Scanner)

によるリモートセンシング手法によって推定し、その手法と可能性を求めるとともに、今後八郎潟干拓地がどのように変化し、それが LANDSAT の目にどのように写るかを観測することに本研究の主題をおいた。

リモートセンシング (Remote Sensing) とは、日本語では遠隔探査、遠隔探知などと訳され、これを簡単に説明するなら、「遠く離れたところから対象物や現象に関する情報を収集し、対象物や現象の識別、分類、判読および分析を行うこと」と言える。

また、LANDSAT は地球全体をその観測対象とし、同一の地域を18日周期に観測してゆく。従って、LANDSAT からのリモートセンシング手法の確立とともに、環境全般にわたって能率的に、かつ、効果的な情報を提供してくれるものと期待されている。

図1に本研究の簡単な概略を示す。

まず、はじめに研究対象地域における LANDSAT データ並びに地形図を収集する。さらに LANDSAT データの解析に必要な地上データ収集のため現地調査も行う。

LANDSAT データに関しては、幾何学的補正等の前処理を施し、現地調査の結果をもとに作付分類を行い、その分布図作成と稲の作付面積の算出を行う。算出された稲の作付面積は、地上の統計データと比較され、その精度が評価される。

以上の手順により、LANDSAT データによる農地の作付分類および稲の作付面積推定の可能性を、得られた精度をふまえて総合評価する。

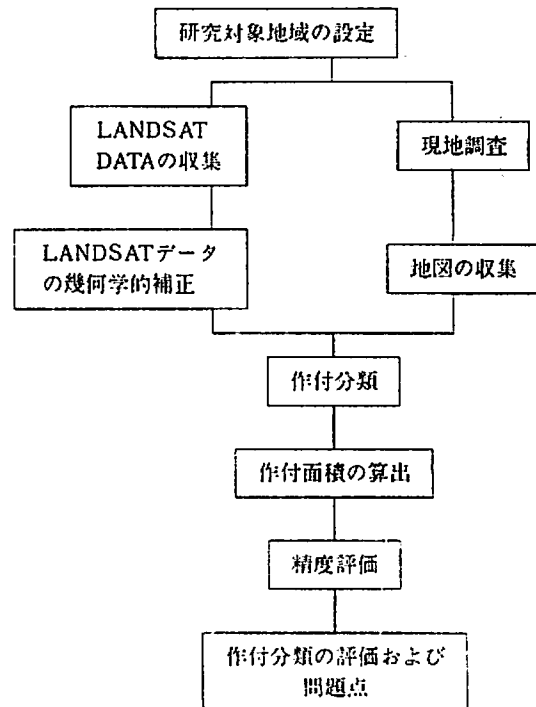


図1 水稲作付面積推定の手法

§2. リモートセンシングについて

2.1 リモートセンシングの概念

リモートセンシングによって収集される情報とは、対象物から反射・放射される電磁波エネルギー強度であり、これはセンサー (Sensor) によって感知される。

リモートセンシングにおいて、電磁波エネルギーに関する情報を収集することにより対象物の種類や現象などが判断できるのは、次に述べるような物体の電磁波特性によるものである。

“すべての物体は、種類および取りまく環境条件が異なれば、異なる電磁波の反射・放射特性を有する”

この物体における電磁波特性の固有性に着目して、反射・放射電磁波エネルギーとその空間分布に関する情報を得ることがリモートセンシングである。

2.2 LANDSAT の概要

地球観測衛星 LANDSAT は、地球の資源や環境観測を目的としたアメリカ合衆国の航空宇宙局 (NASA) によって打ち上げられた人工衛星である。1号は当初アーツ (ERTS; Earth Resources Technology Satellite) と呼ばれていたが、後に海洋観測を目的とするシーサット衛星が計画設計されるに至り、現在の2号に相当するアーツBの打ち上げを機にランドサットと改称された。

1号は初の実験用地球資源探査衛星として、宇宙からのリモートセンシングが実用的な地球資源調査にどの程度の有効性を発揮するか、その可能性を検討することを目的に1972年7月に打ち上げられた。

この1号に引き続き、2号が1975年1月に、3号が1978年3月に各々打ち上げられたが、1号は既に機能を停止し、現在は2号および3号が作動しデータを送っている。このデータは、現在

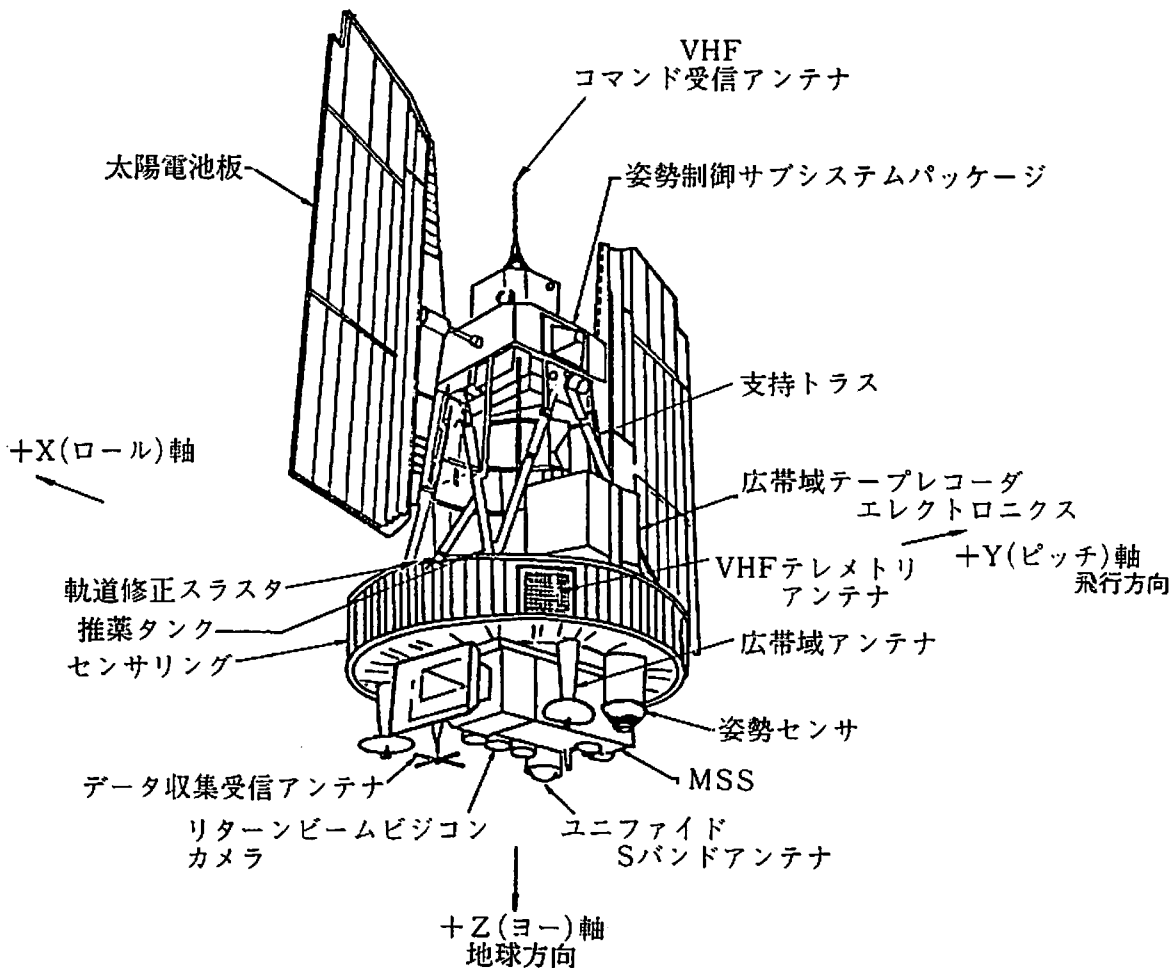


図2 ランドサットの外観図

アメリカ、カナダ、ブラジルなど10ヶ国で受信されており、日本も1979年より受信している。

LANDSAT は常に地球を向くように制御された人工衛星で、軌道上に5年間にわたって搭載された機器を稼働させるのに必要な電力、環境、軌道維持、姿勢制御、情報の流れを管理するサブシステムより成っている。図2に外観図を示す。

LANDSAT の軌道は円軌道の太陽同期軌道を取り、軌道長軸半径は約7,286km、周期は約103分、日本付近の通過時刻は9時～10時である。衛星の高度は、地球が赤道方向に扁平しているため、900～950kmの間で変動する。

LANDSAT は約103分かかって地球を一周するわけだが、その間にも地球は自転を続けているので、飛行軌道は地球一周するごとに経度で約26度づつ西へずれる。従って、LANDSAT は1日に地球をほぼ14周して直下の観測を済ませ、翌日にはすぐ西測の区域を、隙間のあかないように観測してゆく。そして、18日後には同一軌道を通る回期軌道をとっている。

LANDSAT に搭載されている観測機器には、多重スペクトル走査計（MSS）とリターンビームビジョン（RBV; Return Beam Vidicon）カメラがある。

本研究ではMSSデータを使用しており、次にMSSの概要を述べる。

2.3 MSSの概要

MSSは地球表面をスキャンし、地上の物体からの反射・放射される電磁波エネルギーを各波長帯ごとに検知するセンサーで、この検知される反射エネルギーの主な光源は太陽からのもので、一方、放射されるエネルギーの放射源は物体自体の熱的擾乱によるものである。

MSSにおいて地表面の走査は、振動反射鏡を用い、この走査鏡が13.62Hzの振動数で1回振動するごとに、衛星の進行方向と直角方向の長さ185kmの直線に沿い、連続的に地表を走査する。MSSの走査鏡が1回振動する間に観測される185kmの長さを約3,200の画素（影像を構成する最少単位）に分解して反射光を測定するので、1画素の横方向の長さは約57mである。しかし、走査鏡の1周期の間に衛星は474mも移動するため、1画素の大きさの縦横の釣り合いがとれなくなってしまう。これを避けるため、走査鏡が1回振動して得られる情報を縦方向に6つに分割し、4つの波長帯域のそ

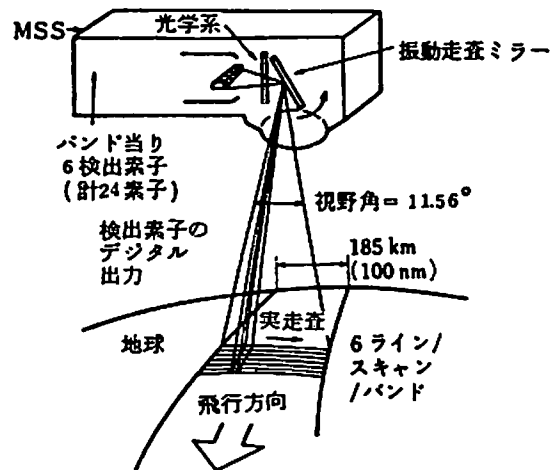


図3 LANDSATの移動とMSSの走査方向

表1 LANDSAT-MSSの観測波長帯

MSS BAND	WAVELENGTH RANGE (μm)
4	0.5— 0.6
5	0.6— 0.7
6	0.7— 0.8
7	0.8— 1.1
8	10.5—12.5 (only LANDSAT-3)

54 (昭57. 3) ランドサットデータによる八郎瀉干拓地の水稲作付面積の推定方法の開発とその精度に関する研究

それぞれにある6個の検知器が反射エネルギーを検知して6本の走査線を構成するようにしてある。これにより、1画素の大きさは約57m×79mとほぼ正方形に近い大きさになる。この値をセンサーの瞬間視野（スキャナーが一つの信号としてどのくらいの範囲を記録するのかわを示し、普通の写真の解像度に相当する）といい、小さい値を示すほど高解像度であることを表わす。

また、走査鏡は西から東へ走査するときのみ地表面が観測され、もとに戻るときシャッターが閉じられ較正用の標準光源が照射される。

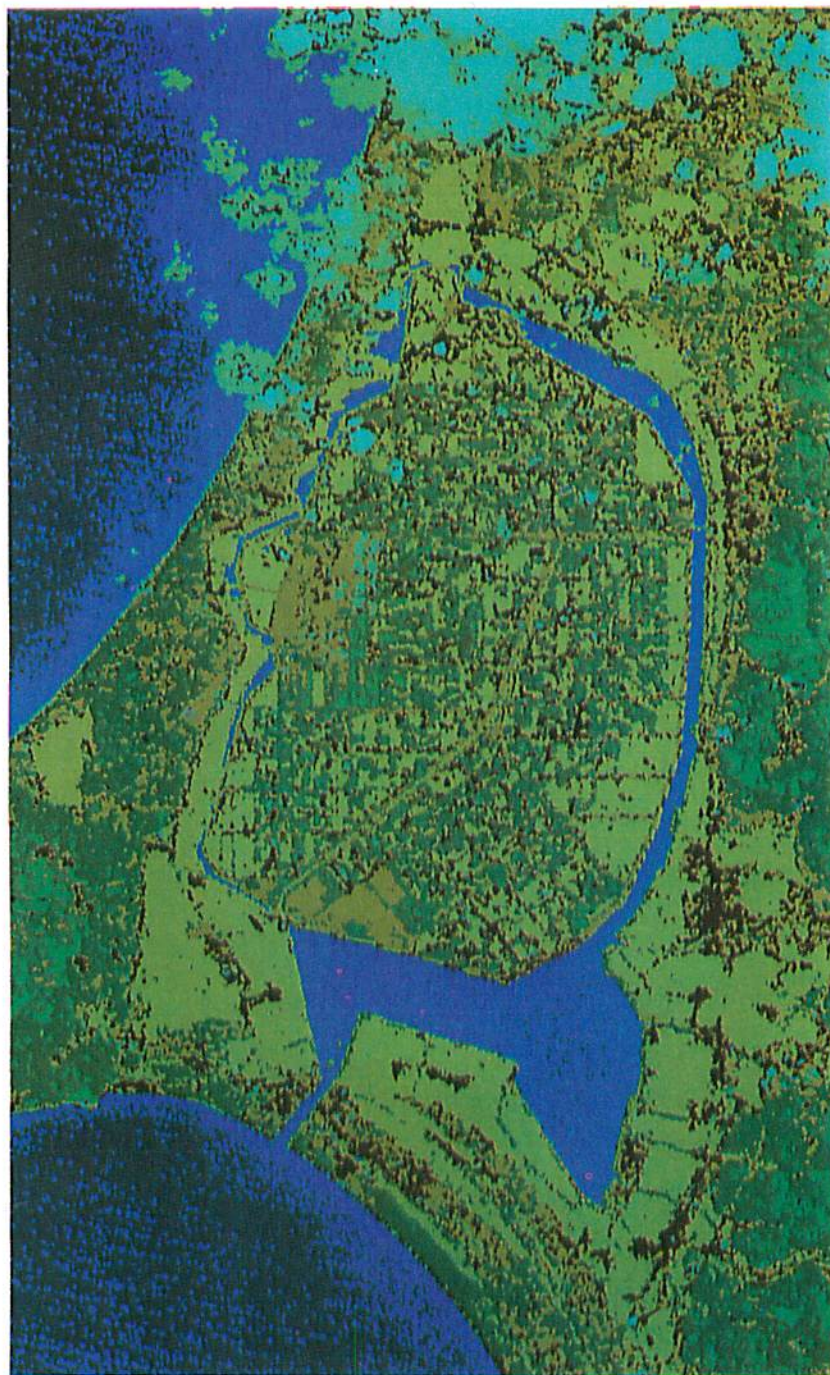


写真1 1981年6月16日のDATAの最尤推定法による地表被覆物の分類結果

この方法により得られる画像は、ライン方向（衛星軌道方向）をピクセル方向（衛星軌道に直角の方向）と同じ185kmで区切られ、1シーンとして処理される。

MSSが地上を走査する様子を図3に、また、観測波長帯を表1に示す。

また、写真1にはこのMSSにより得られた画像を後に述べる最尤推定法によって分類した分類画像を、写真2、3には本研究で用いた2時期のデータをフォルスカラー表示したものを示す。

§3. 解析対象地域について

3.1 沿 革

干拓以前の八郎潟は、北緯40度、東経140度の経緯度交会点を中心に東西12km、南北27km、周囲82km、総面積22,024haで、琵琶湖に次ぐ我国第二の広さを持ち、水深も浅く1～4mの海跡湖であり、干拓しやすい条件を持っていた。

八郎潟の開発計画は古くから立案され、安政年間に渡部斧松の「八郎潟疎水案」にはじまり、明治、大正、昭和とその時代の要請に応じいくつかの開発計画が立案されたが、いずれも実施されるに至らなかった。

昭和27年7月、秋田市に農林省八郎潟干拓調査事務所が設置され本格的な調査を行っていたところ、昭和29年にオランダのヤンセン教授、フォルカー技師の来日、世界銀行調査団及び翌年の国連食糧農業機関（FAO）調査団の現地調査等によって、干拓事業の有用性が内外に認められた。昭和31年に農林省は、オランダ対外技術援助機関（NEDEKO）の技術協力を得て八郎潟干拓事業計画を完成、同32年5月には、秋田市に八郎潟干拓事務所を設置し、国の直轄事業として着工した。

工事は順調に進み、昭和41年5月に干陸し、基幹工事後は昭和40年8月に八郎潟新農村建設事業団が設置され、新農村建設事業が進められた。この間、昭和39年10月1日に大潟村が誕生、昭和43年には第一次入植者による耕作が開始され、現在589戸の農家が近代的な営農を行っている。

図4に八郎潟の地形図を示す。

3.2 気 象

大潟村の気候は「北部裏日本型」で、冬はアジア大陸、夏は太平洋の気圧の変動によって左右される。気温は5月から上昇し、8月には30℃前後の高温となり、11月下旬から下降し、1～2月は零下5℃前後の最低を示す。年平均気温は10.8℃である。降雨は6月下旬から7月にかけて多く、降水量は9月に最高を示し。年平均では1,788.9mmである。降雪は11月下旬に始まり2月下旬まで、3月中旬には融雪する。風向きは4月から11月までは南東の風、冬期は北西の風が多い。

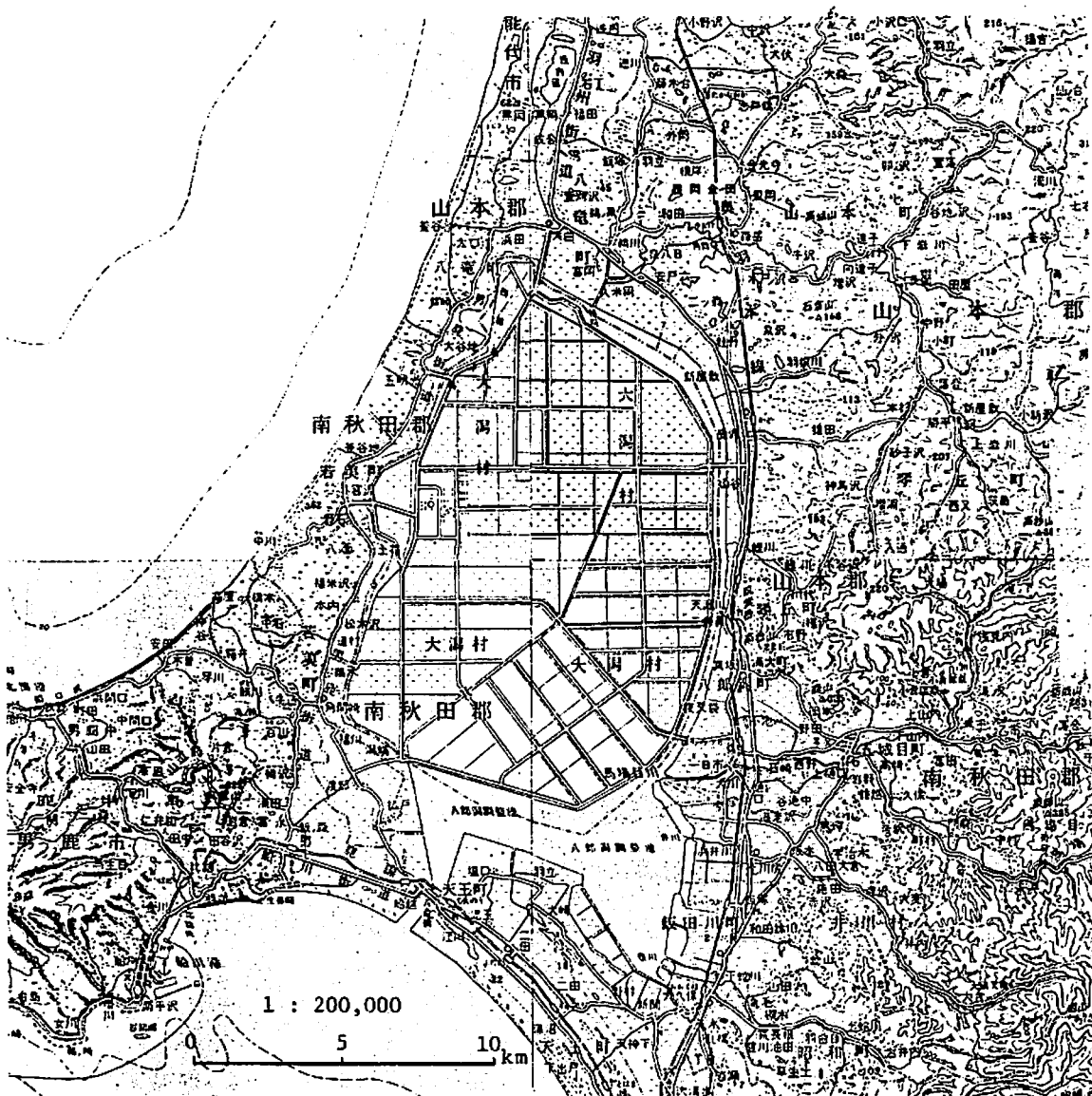


図4 解析対象地図

3.3 営 農

入植者の営農は、標準的には6戸あたり90haを単位とし、トラクター、大型コンバイン等の農業機械を共同利用して合理的な作業を行い、収穫物の処理については農作物乾燥調製貯蔵施設を全体で共同利用して、生産性の高い営農を行っている。営農形態は、入植者一戸当り15haの田畑複合経営を基本とし、稲と畑作物の作付けは当分の間おおむね同程度とされている。

水稲作については、直播栽培を終極の目標としているが、土壌の熟化が不十分な現段階では機械移植が主体になっている。水稲10a当りの平均収量を見てみると、営農開始当初は干陸後日も浅く、土壌条件も良くなかったこともあり、10a当り平均収量は366kgであった。その後、土壌の安定、栽培技術、営農技術等、総合的なレベルアップにより逐年増加し、現在では周辺耕地と大差ないレベルまで上がった。稲作労働時間も10a当り約77時間と年々減少し、秋田県全体のほ

ほ3分の1になり、生産性の高い農業経営に向かっていることを示している。

畑作に関しては、栽培作目は入植者の選択に委ねられているが、現在までの試験結果や農産物の需給動向、価格水準、流通、機械化作業などの面からみて、一般的に小麦、大豆、ばれいしょを基幹作目とするのが適当とされている。

3.4 生産調整施策による影響

水田面積は、昭和43年の第一次入植者（56戸）の営農開始段階での479.2haに始まり、第二次（86戸）、第三次（175戸）、第四次（143戸）と順次営農開始に伴い増加してきたが、生産調整施策を背景として入植が一時中断されるとともに、生産調整も実施された。

1974年には、最終の第五次（120戸）が入植し、翌年から営農を開始した。しかし、この年から営農方針が変更され、それまで一戸当り一律でしかも全て水田であったものが、一律15haとなり当分の間は同程度の割合の田畑複合経営となったことから、水田面積は大きな増加となっていない。

そして、稲作上限面積が国との契約のために8.6haとなったが、1978年から生産調整の一環として減反が実施され、水田面積8.6haに対して、1978年と1979年には0.37ha、1980年には0.60ha、そして今年は1.16haが減反目標面積とされている。

3.5 規 模

(I) 面 積

- ・水 面 積 22,024ha
- ・干拓面積 17,239ha
 - 中央干拓地 15,666ha
 - 周辺干拓地 1,573ha
- ・農地面積 12,792ha
 - 中央干拓地 11,741ha
 - 周辺干拓地 1,051ha

(II) 事業費及び工期

- ・総事業費 852億円
 - 国営干拓事業費 543億円（S31～51）
 - 事業団事業費 309億円（S40～51）

§4. LANDSAT 画像の幾何学的補正

4.1 概 要

解析には、対象地域を含んだ LANDSAT-MSS の CCT を用いるわけであるが、このデータ

58 (昭57. 3) ランドサットデータによる八郎潟干拓地の水稲作付面積の推定方法の開発とその精度に関する研究

は、一般に幾何学的ひずみを含んでいる。従って、地形図との整合性をもたせるためには、解析以前にこのひずみを除去しなければならない。

幾何学的ひずみの最大の要因は衛星の姿勢と位置の推定誤差であり、これを除くことによりLANDSAT 画像と地形図とが幾何学的に重なり合う。

画像が地形図と重なっていれば、LANDSAT 画像から求めた作付分類が地形図上でどの位置に相当するかが明らかになり、また、特定の行政区分内の作付分布だけを取り出すことも容易である。

幾何学的補正は、1 シーン全部に施すのではなく、解析対象地域を含んだ表2に示される4点で囲まれる範囲を「能代」のシーンより切り出して補正を施す。

表2 「能代」のシーンからの切り出し座標

1	2	B		L	
		(LATITUDE)		(LONGITUDE)	
1	2	40°10'0.0"	139°52'0.0"	2	3
2	3	40°10'0.0"	140° 7'0.0"	3	4
3	4	39°50'0.0"	140° 7'0.0"	4	1
4	1	39°50'0.0"	139°52'0.0"	1	2

この補正の手順は次のようになっている。

- (I) 地上基準点の選定
- (II) LANDSAT 画像の標定
- (III) LANDSAT 画像のリサンプリング

4.2 地上基準点の選定

画像を幾何学的に補正するためには、地上基準点 (GCP; Ground Control Point) が必要になる。これは、画像中から容易に識別できる対象物で、かつ、地形図上で正確な位置 (緯度, 経度) を決定できる地上対象物である。一般に、橋の中央部, 道路の交差点など人工的で識別しやすい場所や, 適当な大きさを持つ島や池などの中心が GCP として適している。GCP の数は画像の変換式によって異なるが, 次に述べるアフィン変換式を用いた場合, 通常10点程度が必要とさ

表3 幾何補正に用いた GCP の一覧

No.	GCP NAME	B (LATITUDE)	L (LONGITUDE)
1	新 生 大 橋	40° 1'51.4"	140° 4'30.0"
2	排水路の合流点	40° 1'43.8"	140° 2' 8.6"
3	追 泊 の 橋	40° 3'14.9"	139°58' 1.1"
4	野 石 橋	40° 1' 0.0"	139°56' 3.2"
5	御 幸 橋	39°59' 3.2"	140° 0'39.6"
6	大 潟 橋	39°56'51.1"	140° 3'27.2"
7	南部排水機場	39°57'36.9"	139°58'27.2"
8	大崎排水機場	39°54'22.7"	140° 1'17.8"
9	塩 口	39°55' 4.1"	139°58'29.6"

れ、今回は9点選定した。

表3にGCPの一覧を示す。

4.3 LANDSAT 画像の標定

ランドサット画像の標定とは、GCPの地上の緯度・経度と画像中のGCPのピクセル・ラインとの関係を定めることであり、それぞれの座標がもつ幾何学的性質を考慮して、両者の座標変換の関係式を決定することである。

地形図を定めている緯経度座標系は、地球上の位置を普遍的に表現しているが、この座標系は地球を定義している回転楕円体面上に展開される。一方、ランドサット画像上の点の位置は、ピクセル軸とライン軸よりなる平面の斜交座標系上に定義されている。楕円体面と平面とは、一般に第二種楕円体積分によって関係づけられているが、これについては、すでに緯経度とUTM座標(Universal Transversal Mercator Projection)との間の実用的な投影式がある。よって、ここでは緯経度とLANDSAT座標との関係を次の2つのステップにより定義する。

step ① 緯経度座標 \Rightarrow UTM座標

step ② UTM座標 \Rightarrow LANDSAT座標

(I) Step ① について

平面直角座標系への変換式であるガウスの等角投影式は次式で表わされる。

$$\begin{aligned}\frac{X}{m_0} &= B + \frac{N}{2} \sin \varphi \cdot \cos \varphi \left(\frac{\Delta n}{\rho} \right)^2 + \frac{N}{2\varphi} \sin \varphi \times \cos^2 \varphi \times \left(9 \cdot \frac{N}{M} - 4 - \tan^2 \varphi \right) \left(\frac{\Delta n}{\rho} \right)^4 \\ &\quad + \frac{N}{720} \sin \varphi \cdot \cos^5 \varphi (61 - 58 \tan^2 \varphi + \tan^4 \varphi) \left(\frac{\Delta n}{\rho} \right)^6 \\ \frac{Y}{m_0} &= N \cos \varphi \left(\frac{\Delta n}{\rho} \right) + \frac{N}{6} \cos^3 \varphi \left(\frac{N}{M} - \tan^2 \varphi \right) \left(\frac{\Delta n}{\rho} \right)^3 \\ &\quad + \frac{N}{120} \cos^5 \varphi (5 - 18 \cdot \tan^2 \varphi + \tan^4 \varphi) \left(\frac{\Delta n}{\rho} \right)^5\end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned}\gamma(\text{子午線収れん角}) &= \sin \varphi \cdot \Delta n + \sin \varphi \cdot \cos^2 \varphi \left(\frac{N}{M} - \frac{2}{3} \right) \left(\frac{\Delta n}{\rho} \right)^3 \\ &\quad + \frac{1}{15} \sin \varphi \cdot \cos^4 \varphi (2 - \tan^2 \varphi) \frac{(\Delta n)^5}{\rho^4}\end{aligned}$$

B : 赤道から座標原点までの子午線の弧長

M : 子午線曲率半径

N : 横曲率半径

φ : その地点の緯度

Δn : その点と座標系原点の経度差

m_0 : 原点における縮尺係数 (0.9996)

表4 各 GCP に対応する平面直角座標の X, Y 値

No.	X	Y
1	4431157.062	421086.814
2	4430958.305	417733.375
3	4433832.531	411900.493
4	4429713.300	409022.200
5	4426030.435	415557.400
6	4421915.028	419500.709
7	4423405.455	412398.862
8	4417373.247	416380.304
9	4418694.308	412401.687

ρ : 弧度換算のための係数

上式により得られた 4.2 節の GCP に対応する平面直角座標系の X, Y 値を表 4 に示す。

(I) Step ② について

この変換は、平面座標系どうしのものであり、LANDSAT 座標値を (p, l) としたとき、次のアフィン変換によって求められる。

$$p = a_1 X + a_2 Y + a_3$$

$$l = a_4 X + a_5 Y + a_6$$

上式の 6 個の変換係数 a_i ($i=1\sim6$) は、3 組以上の対応する LANDSAT 座標値と UTM 座標値を用いて、最小二乗法により決定される。求められた $a_1\sim a_6$ の係数と、これによる計算値、実測値および両者の残差を表 5 に示す。これより、地上の位置がほぼ $\pm 43m$ に標定されたことがわかる。

なお、ここで用いた UTM 座標の投影方式(変換式)は他の平面直角座標とほぼ同じであるが、原点における縮尺係数を 0.9996 として適用範囲を広くしている点だけが異なる。

表 5 a. 地上基準点評定時の残差

[NO.]	TRUE		CALCULATED		DIFFERENCE	
	P	L	P'	L'	ΔP	ΔL
1	1530.0	1419.0	1529.2	1418.8	-0.8	-0.2
2	1472.5	1430.5	1473.9	1430.2	1.4	-0.3
3	1362.5	1411.0	1362.6	1410.9	0.1	-0.1
4	1335.0	1468.5	1333.8	1468.8	-1.2	0.3
5	1460.5	1495.5	1460.7	1496.1	0.2	0.6
6	1546.5	1535.5	1546.2	1535.7	-0.3	0.2
7	1419.5	1536.5	1420.1	1536.6	0.6	0.1
8	1516.0	1599.0	1515.2	1599.4	-0.8	0.4
9	1441.5	1595.0	1442.3	1594.0	0.8	-1.0

表 5 b. アフィン変換の係数

A 1 =	-0.0047
A 2 =	0.0168
A 3 =	15339.1184
A 4 =	-0.0122
A 5 =	-0.0027
A 6 =	56559.0397

4.4 LANDSAT 画像のリサンプリング

上述したステップ①, ②による変換の結果得られた補正画像は、必ずしも地形図と一致しない。従って、地形図に重ね合わせることで得られる画像を得るために画像データを再配列させる必要がある。この画像の再配列をリサンプリングといい、補間曲線を用いて画像を構成する各画素を規則正しい配列に直す。リサンプリングにおける補間曲線に用いる実用的な重み関数には、次に示す 3 方法がある。これを図 5 に示す。

- (A) 最近隣法 (nearest neighbor)
- (B) 双線形補間法 (bilinear interpolation)

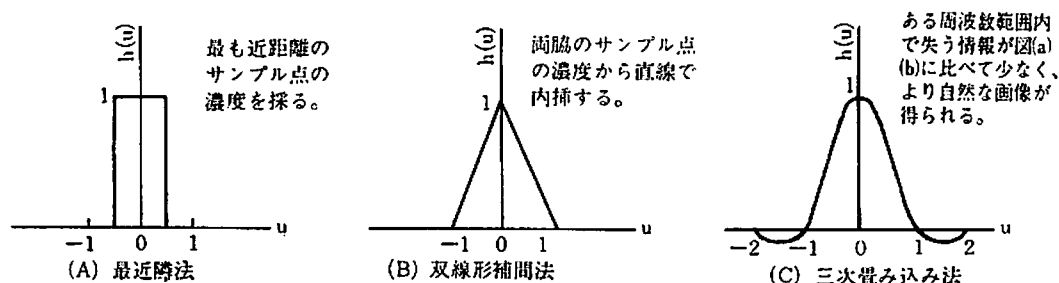


図5 リサンプリングにおける実用的な重み関数

(C) 三次畳み込み法 (cubic convolution)

今回は、再配列後の画像データを、その位置から最も近い位置にある元の画像データで置き換える、最近隣法を用いた。

§5. 解析手法

5.1 解析の概要

2.1節で述べたように、LANDSAT-MSSによって得られるリモートセンシング情報とは、地上で一定の面積を占める土地利用区域からの平均的反射・放射電磁波エネルギー強度をバンド4 (0.5~0.6 μm)、バンド5 (0.6~0.7 μm)、バンド6 (0.7~0.8 μm)、バンド7 (0.8~1.1 μm)の各波長帯域別に各バンド6個の検知器で検出したものである。実際にデータとして入手できるのは、デジタル分析用にテープ化されたコンピュータ適合テープ(CCT)で、この磁気テープの中ではスペクトル帯域別MSSデータは実際のエネルギー値ではなく、256段階(0~255)の濃度レベル表示となっている。

一方、MSSデータを用いて作付分類することは、特定の土地がもつスペクトル特性の示すパターンをMSSデータを利用して識別、表現することに他ならない。識別するためにはMSS情報を独立した変数とみなし、利用種類の土地を定性的なMSS情報に対して従属する何らかの識別関数を作り、この識別関数によって土地を利用種類別に分類することになる。

ここで、識別関数が必要となってくるわけだが、この識別関数を決定するための標本の与え方の違いにより、大別して教師付き分類と教師なし分類の二つがある。

本解析においては、前者に最尤推定法、後者にクラスター分析を用いた。

以下に解析に用いた3手法を示す。

5.2 最尤推定法

上述したように、これは教師付き分類法に含まれる手法であり、分類しようとする地域の中からあらかじめ既知の土地利用データとMSSデータとの対応が判明している教師(地域)を定め、この教師がもつMSSデータに従ってある識別関数により分類する方法である。

具体的には、Bendix社製のM-DAS (Multispectral Data Analysis System)を用いて解析

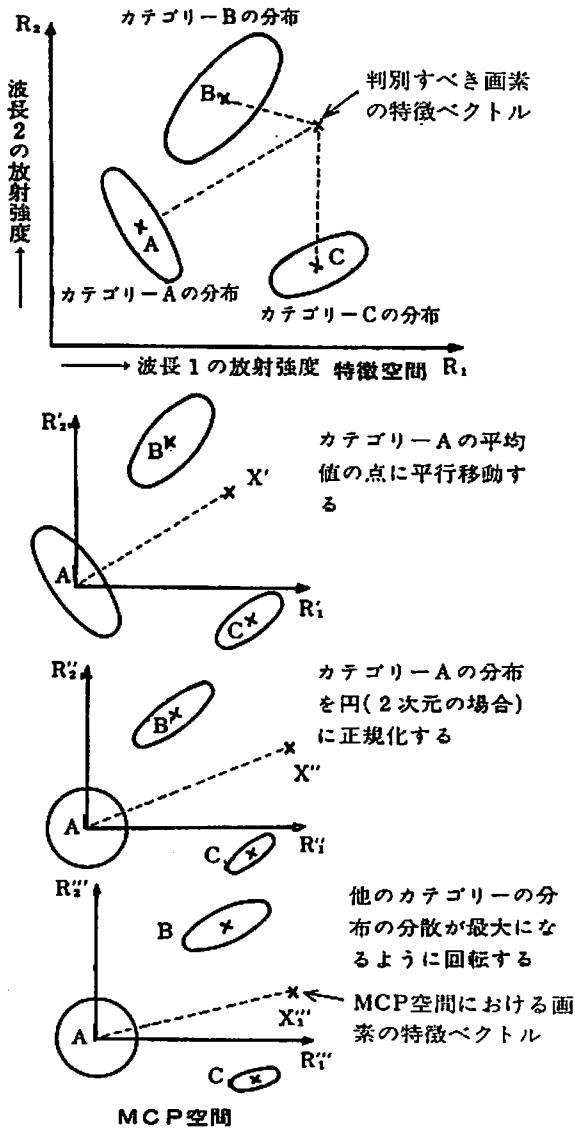


図6 M-DASの概念

算する場合、画素の特徴ベクトルを最初の特徴空間からそのカテゴリの平均値の点を原点とし、その軸に対して他のカテゴリの分散が最大となるような軸を順次選んで出来る新たな空間 (MCP 空間) に変換し、精度向上をはかる。

5.3 クラスタ分析

クラスタ分析は一般に“教師なし分類”と呼ばれ、主観をまじえず一定の算法に従って与えられたデータをいくつかのクラスタ (群) にクラス分けする手法である。

しかし、この時クラスタはいくつあるのか、各々のクラスタの大きさはどの位であるのかなどは判然としない。従って、目的変数は分類尺度であり、仮説的な分類手法といえる。

また、この手法に含まれるものは数多くあるが、それを特徴づける目印として次の3点が重要である。

し、以下にその手順を、図6には概念図を示す。

- a) 1つのカテゴリの特徴ベクトルの分布は、特徴空間においてそのカテゴリに固有の多次元正規分布を形成するという仮定のもとで、トレーニングエリア内の各画素の特徴ベクトルの平均、共分散を求め、それによって決定される多次元正規分布を該当するカテゴリの特徴ベクトルの分布とする。各カテゴリごとにそれに該当するトレーニング領域のデータからそれぞれの多次元正規分布を求める。

b) (最尤推定法による分類)

解析対象になる画像を構成する全ての画素についてどのカテゴリに最も近い性質を持っているかを判別する。各画素の特徴ベクトルの点における各カテゴリの確率密度を計算し、最も確率密度の高いカテゴリをその画素に最も近いカテゴリとする。

c) (MCP 空間への変換)

あるカテゴリに対する確率密度を計算

- (I) 個体間の類似度及いは距離の定義
- (II) クラスターの妥当性の判定基準
- (III) 算法

本解析で用いたクラスター分析について、上の3点に関し以下に述べる。

- (I) について……ユークリッドの距離を用いた。
- (II) について……クラスター内に関しては安定度を基準にした。つまり、分類を繰り返すとクラスターの中心が移動するため属するクラスターの変化する点が生ずるが、領域全体のうち変化しない点の割合（安定度）をもってクラスター内の妥当性の判断基準とする。また、クラスター間については分離度を基準に、ある条件を満たした場合はクラスターを統合して、クラスター間の妥当性の判断基準とした。
- (III) について……算法の概略を次に示す。
 - (i) クラスター中心の初期値設定
 - (ii) データ点群の分類
 - (iii) 新しいクラスター中心の算出
 - (iv) 各クラスター間の分離度の算出
 - (v) クラスターの統合

5.4 主成分分析+クラスター分析

ここで主成分分析を用いた理由は、5.3節のクラスター分析はユークリッドの距離を用いた分類手法であったが、ランドサット MSS のバンド4とバンド5、バンド6とバンド7は互いに無相関ではなく相関係数が0.9前後と高い。ところがユークリッドの距離は各軸が直交していることが前提であるため、クラスター分析のみでの分類が有効かどうかを判断する1つの目安として前処理に主成分分析を施した。

主成分分析は、多変量解析において最も基本的な手法であり、互いに相関のある多種類の特性値のもつ情報を互いに無相関な、そしてもとの特性値のもつ情報の損失が最小になるように少数個の総合特性値（主成分）に要約するという役割を果たす手法である。

ここで注意しなければならないことは、各主成分と MSS の各バンドが1対1に対応するのではなく、超平面上に射影された各主成分には各バンドの情報が含まれているという点である。

主成分分析を施した後は、5.3節と同様にクラスター分析を用いて分類する。

5.5 解析システム

解析システムは、(財)リモート・センシング技術センター内に設置されている、

- ・IMAGE-100 (GE 社)
- ・M-DAS (BENDIX 社)
- ・FACOM M140F 汎用コンピュータ

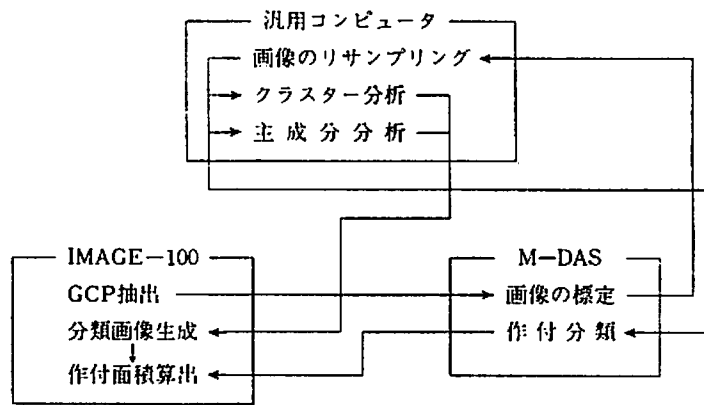


図7 解析システム間の作業の流れ

より成る。

IMAGE-100 では、幾何学的補正に用いる GCP の抽出、主成分分析やクラスター分析による分類画像の生成および行政区分内の作付面積の算出が行なわれる。

M-DAS では、画像の標定および最尤推定法による地表被覆物分類が行われる。

汎用コンピュータでは、幾何補正済画像を生成するためのリサンプリングおよび作付分類のためのクラスター分析、主成分分析が行われる。図7に解析システムとその流れを示す。

5.6 使用データ

本研究で使用されたデータは、以下の通りである。

- (対象地域) 八郎潟中央干拓地
- (撮影日) 1980年9月19日, 1981年6月16日
- (WRS) 116-032
- (シーン名) 能代

実際に MSS データとして入手できるものは、デジタル分析用にテープ化されたコンピュータ適合テープ (CCT; Computer Compatible Tape) で、この磁気テープの中では波長帯域別 MSS データは実際のエネルギー値ではなく、256段階 (0~255) の濃度レベル表示となっている。

§6. 八郎潟干拓地のモニタリング

6.1 水稲作付面積算出

第5章の各手法で作成された分類画像から大潟村行政区画内の水稲面積を算出する。そのために、行政区分のデータを計算機に入力し、計算機内で分類画像と行政区分データとを重ね合わせ、区分内分類画素数をカウントし、そのカウント値を面積に換算する。フローを図8に示す。

行政区分内のデータの inputs は、Image-100 の Input scanner を用いて行なわれる。地形図より行政区分内を黒くぬりつぶしたテンプレートを作成し、Input scanner で入力し、A-D 変換を

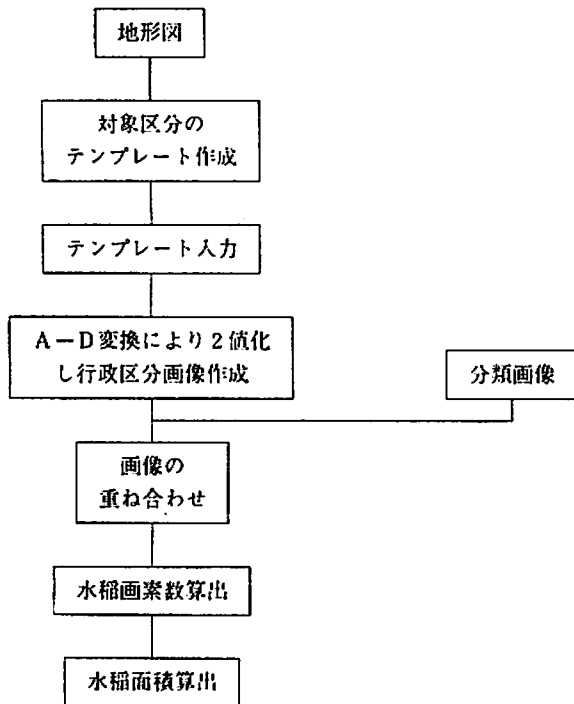


図8 水稲面積算出フロー

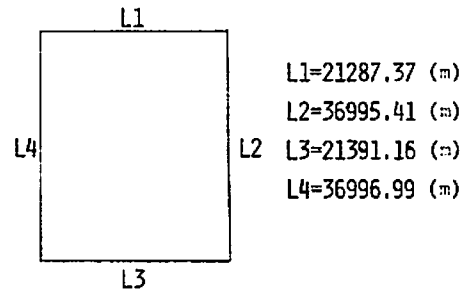


図9(a) オリジナル CCT より切り出された範囲のもつ長さ

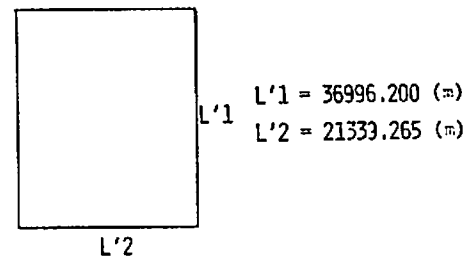


図9(b) オリジナル CCT より切り出された範囲を矩形に近似したときの長さ

施してデータを0, 1に2値化し、行政区分内のみ1になるような画像（行政区分画像）を作成する。その行政区分画像と分類画像を重ね合わせて両者の（AND）、つまり、行政区分内画像の1に相当する領域内の水稲の分類画素数をカウントする。

得られた水稲の分類画素数から面積に換算するために、1画素の面積を算出する。

第4節において、オリジナル CCT より切り出された範囲は、地形図上において図9(a)に示される長さであり、対辺を平均することにより図9(b)に示す長さを近似的に対応させる。幾何学的補正を施した後、画像上には 600 (Pixel)×960 (Line) の大きさで出力させたことにより、この時点での一画素は、35.57m×38.54m の面積をもつ。

先に述べたように、行政区分内の水稲作付画素数を抽出するためには、テンプレートとこのリサンプリングされた画像が合致する必要がある。Input scanner はテンプレート画像を拡大、縮小することができるので、一画素の地上における縦・横の長さの比が合っていれば両者は一致する。ここでは、この比を中央干拓地の縦・横の比を求めることに代えた。図10に両者の比を示す。これより、リサンプリング画像の縦・横の比を0.639にすればよいことがわかる。

ここで、縦方向を基準にして考えると、比を0.639にするためには横方向は478×0.639≒305（画素）であればよい。しかし、リサンプリング画像では348（画素）あり、

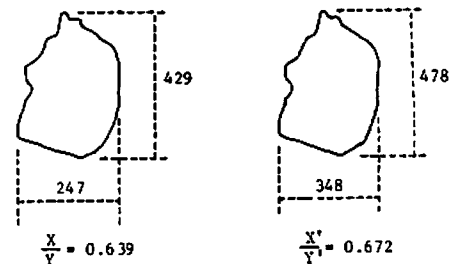


図10 テンプレート画像(左)とリサンプリング画像(右)における八郎潟千央干拓地の縦・横の比

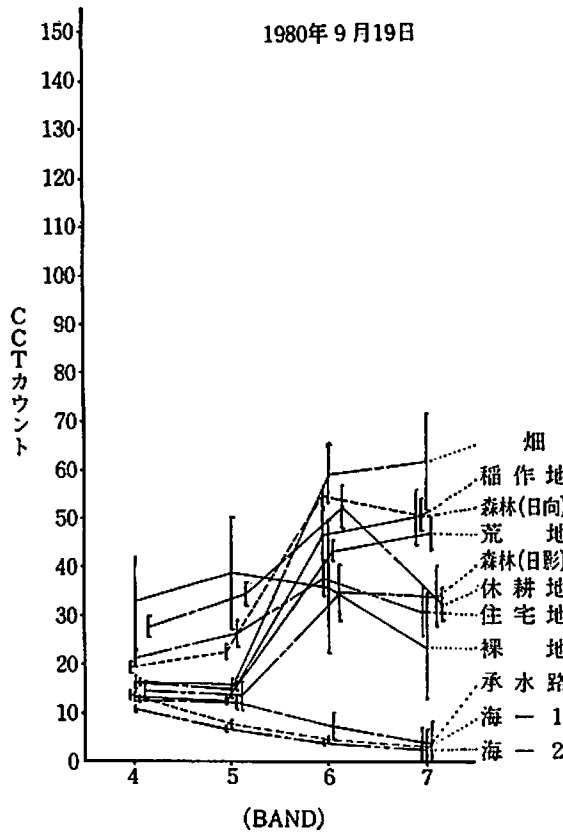


図11 最尤推定法による推定地表被覆物のスペクトル特性

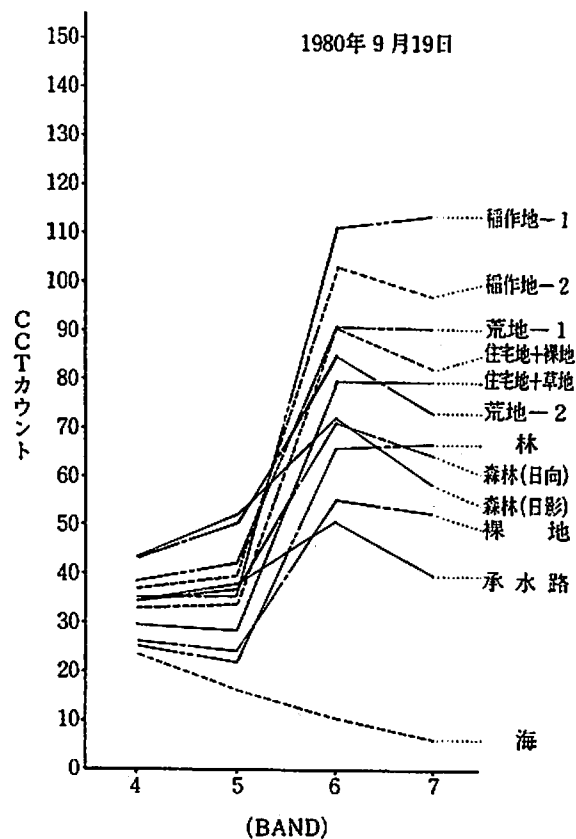


図12 クラスタ分析による各クラスターの推定地表被覆物のスペクトル特性

ングエリアとなりえず、稲作地が他のカテゴリーに誤分類されたのではないかと考えられる。

また、大瀧村の営農は、トラクター、コンバインなど機械化がなされているので、これらを運搬するための、また収穫物を運ぶための道路が大瀧村内を交錯していることも誤分類の要因になったのではないかと考えられる。

つまり、一般に稲作地帯と呼ばれる地域におけるあぜ道のような水田と水田とを区切っているものと、大瀧村のような道路とでは MSS の解像度 57m×79m を考慮した場合、前者は無視できるほど小さいが、後者は反射エネルギー強度に何らかの影響を及ぼすのではないかと考えられる。従って、水田であっても水田以外のもの含まれる度合により、水田と類似してはいるが別のカテゴリーに、たとえば畑や森林の日向のカテゴリーに誤分類され、実際の稲作地の面積より少なくなったのではないかと考えられる。

(II) クラスタ分析による結果

MSS 4, 5, 6, 7 の 4 つのバンドを用いて、クラスター数15、安定度90%、分離度1.0の初期設定のもとにクラスタ分析を行った。これにより得られた行政区分内の稲作地の画素数は 35109 画素で、面積換算すると 5480.5ha となり、統計資料に対して118.8%という値が得られた。

面積値が大きくでた理由を考えると、この画像のバンド7に6個のディテクタ間におけるストライプの影響によるラインむらが発生しており、このためバンド7の CCT 計数値が変化

し、本来、他のカテゴリーに分類されるべきものが稲作地に混入したと考えられる。図12に各カテゴリーに対するバンド別 CCT 計数値をプロットしたスペクトル特性を示す。

そこで、バンド7を除いた MSS バンド4, 5, 6の3つのバンドを用いて、初期クラスター数15, 安定度90%, 分離度1.0の初期条件のもとでクラスター分析を行い、その結果、安定度93.5%, クラスター数11で終了した。ここで、各カテゴリー間の分離度を考慮し、分離度の低いカテゴリーについては統合し、最終的に稲作地、森林(日向)、裸地、住宅地、荒地、森林(日影)、承水路、海の8つのカテゴリーとなった。図13に各カテゴリーに対するバンド別 CCT 計数値をプロットしたスペクトル特性を示す。

得られた稲作地の画素数は、33710画素で面積換算すると5261.1haとなり、この値は統計資料に対して107.4%という値を得た。しかし、稲作地と畑、休耕田の分離は困難であった。最尤推定法による分類で得られたスペクトル特性を考慮してこの理由を考えると、休耕地と裸地の場合、各バンドの休耕地の CCT カウントはほぼ裸地の分散の幅以内に含まれており、休耕地と裸地は1つのカテゴリーを形成する方が当然と思われる。

一方、稲作地と畑とを考えると畑は水田に比べその面積が少なく、その上水田に隣接あるいは水田に囲まれた状態にあるため MSS の解像度を考慮した際、稲作地に含まれる畑の割合により CCT カウントの値は変化するが、ある分散の幅をもった1つのカテゴリーとして判別され

たのではないかとと思われる。従って、当然、稲作地面積も大きめにでたのではないかと考えられる。

(Ⅲ) 主成分分析+クラスター分析による結果

今回用いたクラスター分析では、各バンドの特性値間の距離をユークリッドの距離で算

表7 主成分分析の結果

RESULT OF PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS			
	COMP 1	COMP 2	COMP 3
EIGEN VALUES			
	2.6039	0.3419	0.0542
CUMULATIVE PROPORTION OF TOTAL VARIANCE			
	0.8680	0.9819	1.0000
EIGEN VECTORS			
BAND 1	0.5933	-0.4091	0.6933
BAND 2	0.5974	-0.3535	-0.7199
BAND 3	0.5395	0.8413	0.0346

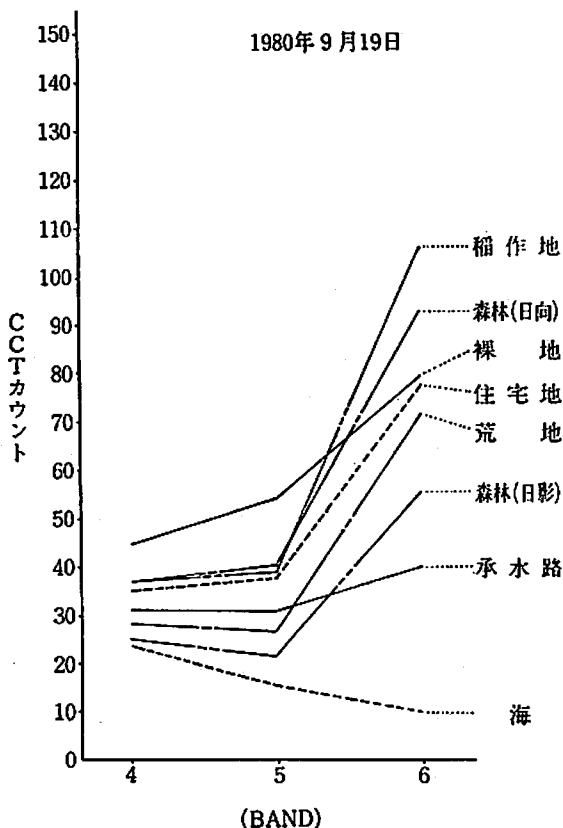


図13 クラスター分析による各クラスターの推定地表被覆物のスペクトル特性

出したが、このユークリッドの距離がMSSで得られたバンド間の特性空間上でいかなる意味をもつのか不明な点が多い。また、この手法は先験的な知識を持たずに、たとえば、分類対象内にはたしていくつのクラスターが存在するのか、そのクラスター数の初期値を決定する際に、また、得られたクラスターが地上のどのカテゴリーに相当するのかという物理的な対応においても曖昧であるといった問題点を含んでいる。この不明な点を少しでも解決するために、クラスター分析を施す前処理の段階として主成分分析を用いた。

この主成分分析によりMSSの各バンドの特性値を総合特性値に集約し、かつ、各総合特性値間は互いに無相関であるという性質によってユークリッドの距離を用いたクラスター分析を用いることの意味も少しは確かなるものと考えられる。対象地域に主成分分析を施した結果を表7に示す。

このあとにクラスター分析を行うわけであるが、ここで得られた第1～4主成分のうちどの主成分を用いるかが問題となる。

本解析では、クラスター分析に用いる主成分として、固有値が1に近いかあるいは1以上であるものを選択の基準とし、第1、2主成分の2つを用いることにした。また、この2つの主成分には、全データの約98%が含まれていることと、第3、4主成分の画像は明らかにノイズ成分がほとんどであると判断されたことも第一、二主成分を用いた理由である。

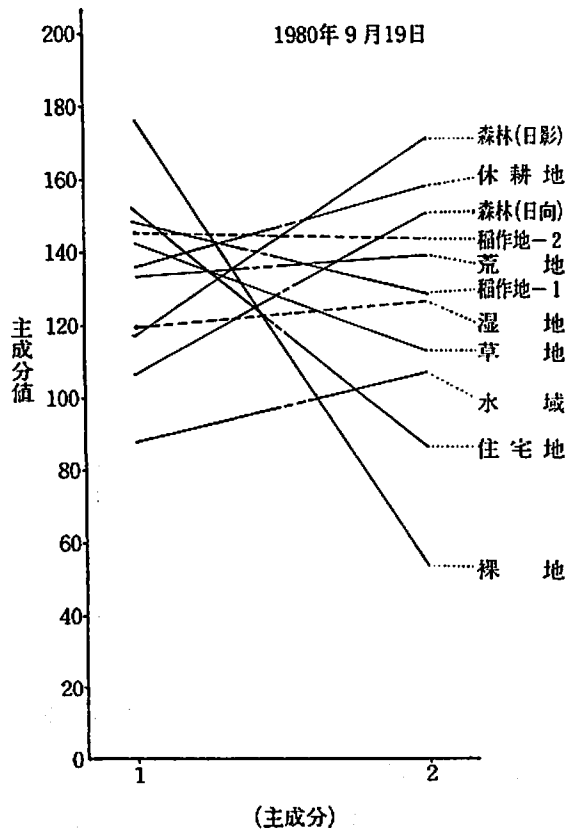


図14 主成分分析+クラスター分析による推定地表被覆物の主成分値分布

この第1、2主成分を用いて、クラスター数15、安定度90.0%、分離度1.0と設定してクラスター分析を行った。その結果、クラスター数11、安定度92.2%で終了し、地上データとの対応により森林(日影)、休耕地、森林(日向)、稲作地1、2、荒地、湿地、草地、水

表8 1980年9月19日のDATAによる各手法別の現地統計資料に対する誤差

解析手法	推定稲作地 地面積の 画素数	換算面積 (ha)	誤差 (%)
最尤推定法	24845	4034.3	-17.7
4, 5, 6, 7 BAND クラスター分析	35109	5480.5	+11.8
4, 5, 6 BAND クラスター分析	33710	5262.1	+ 7.3
クラスター分析+ 主成分分析+	29820	4654.9	- 5.0
現地統計資料	—	4901.3	—

70 (昭57. 3) ランドサットデータによる八郎潟干拓地の水稲作付面積の推定方法の開発とその精度に関する研究

域、住宅地、裸地に分類された。しかし、この手法でも畑と稲作地の分離は困難であった。

得られた稲作地の画素数は29820画素で、面積に換算すると4654.9haとなり、統計資料に対して95.0%という値を得た。図14に各カテゴリー別の主成分値分布を示す。

以上の3手法によって得られた推定稲作地面積とその誤差を表8に、抽出された行政区分内の稲作地分布を写真4, 5, 6および7に示す。

6.3 1981年6月16日

(I) 最尤推定法による結果

リジェクション・レベルを5.0に設定し、M-DASの最尤推定法を用いて八郎潟干拓地を雲、雲の影、森林(日向、日影)、畑、休耕地、荒地、住宅地、裸地、稲作地-1, 2, 水路-1, 2, 海(沿岸、沖合)の合計15のカテゴリーに分類した。表9にトレーニングデータ判別精度表、ならびに図15に各カテゴリーのスペクトル特性を示す。

表9 トレーニングデータ判別精度表

	CATEGORY	PERCENT CATEGORIZED AS GROUP																
		0	1	2	5	6	7	8	9	10	11	17	18	19	20	22	24	
1	WATERWAY-1		96		4													
2	WATERWAY-2		3	97														
5	SEA (FAR)		4		96													
6	SEA (NEAR)		4			96												
7	FIELD						97						3					
8	UNCULTIVATED LAND-1							95					3				2	
9	PADDY FIELD-1								99	1								
10	FOREST (DARK)								1	97			2					
11	FOREST (BRIGHT)						12				86		2					
14	WATERWAY-3		93	1		6												
17	RESIDENTIAL AREA								2			98						
18	RESTING PADDY FIELD							2	3		1		93				1	
19	CLOUD-1													100				
20	PADDY FIELD-2														100			
21	CLOUD-2													100				
22	SHADOW-1															100		
23	SHADOW-2																100	
24	UNCULTIVATED LAND-2							3										97

この分類により得られた稲作地の画素数は19388画素で、面積換算すると3100.1(ha)となり、統計資料に対し71.3%という精度を得た。

稲作地のトレーニングエリアは、干拓地内と干拓地外に各々一箇所ずつ設定した。スペクトル特性のグラフからもわかるように、稲作地-1と稲作地-2とでは両者の傾向は類似しているが、CCT カウントは相対的に変化している。これは、稲作地の含んでいる水の量の違いによるものと考えられる。

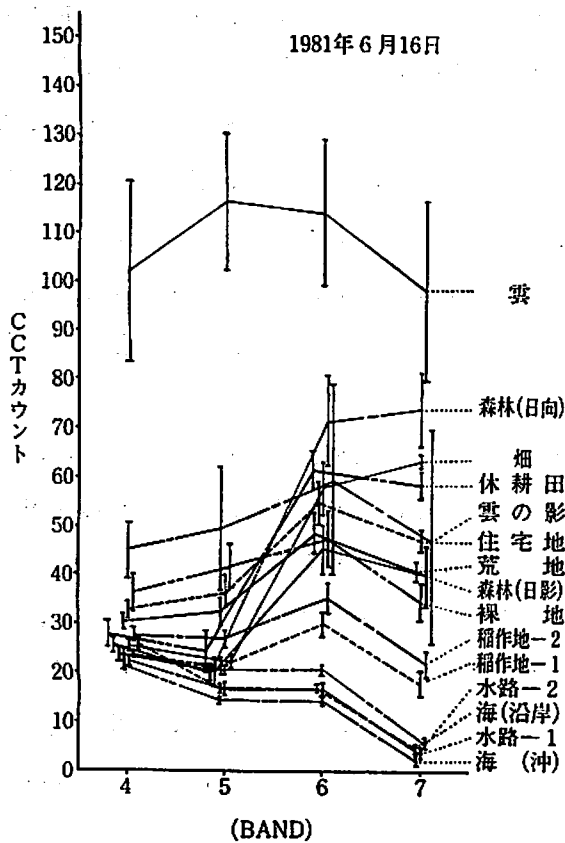


図15 最尤推定法による推定地表被覆物のスペクトル特性

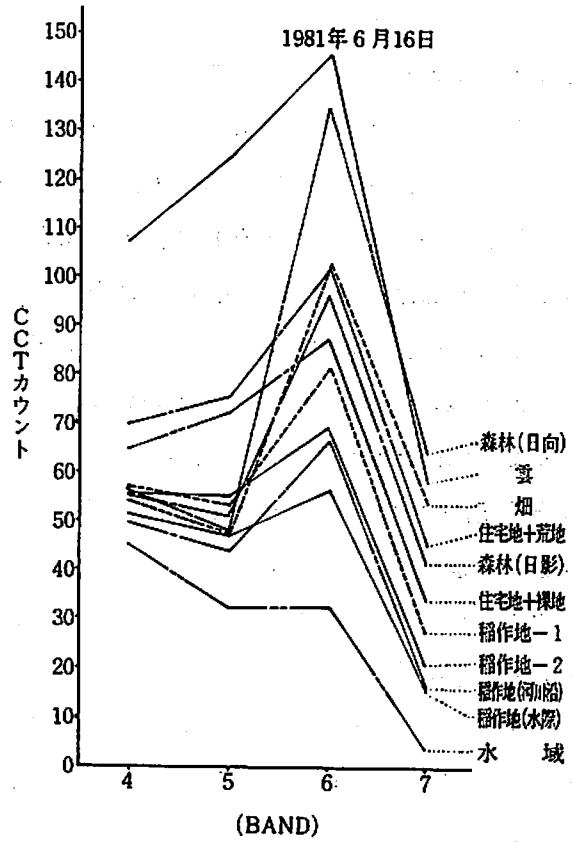


図16 クラスタ分析による各クラスターの推定地表被覆物のスペクトル特性

また、稲作地のトレーニングエリアを設定する時、他の作物との境界における反射エネルギー強度の変化の影響を避けるため、ある程度の広さをもった中心部にトレーニングエリアを設定した。しかし、これが誤分類を生じさせる結果になったと考えられる。

スペクトル特性のグラフからもわかるように、稲作地-1、2における分散幅は他のカテゴリーのものに比べ小さい。つまり、トレーニングエリア自体は純粹であるが、瞬間視野内に含まれる他のカテゴリーの割合によってその影響が CCT カウントにも表われ、この CCT カウントに変化をきたしたものが本来稲作地であっても、トレーニングデータの分散幅が小さいため他のカテゴリーに誤分類されたと考えられる。

荒地のスペクトル特性は、稲作地のものとその傾向が一致しており、他のカテゴリーと接する稲作地が荒地に誤分類され、統計資料との誤差が大きくなったと考えられる。

(II) クラスタ分析による結果

MSS 4, 5, 6, 7の4つのバンドを用いて、クラスター数15, 安定度90%, 分離度1.0の初期設定のもとでクラスター分析を行った。その結果、クラスター数11, 安定度91.6%でクラスターリングを終了した。これにより得られた行政区分内の稲作地の画素数は24472画素で、面積換算すると3913.1haとなり、統計資料に対して90.0%という値が得られた。

これは、森林(日陰)に水田が混入したためと考えられる。つまり、図16に示すスペクトル特

性からもわかるように、バンド4、5においては水田、森林（日陰）は CCT 計数値の分散を考えた場合ほとんど同じと考えてよい。また、バンド6については一見分離しているように見えるが、このバンド6には6個のディテクタ間のストライプによるラインむらが発生しており、本来の CCT 計数値が変化していると考えられる。その上、バンド7は、他のバンドに比べ水に対しての反射率が低く、かつ一般的に、その CCT 計数値の分散が大きいため森林（日陰）の分散幅と交わる部分が生じると考えられる。従って、結局バンド4、5、6、7の各バンドに関して、水田と森林（日陰）の区別がつくバンドがないことにより水田の一部が森林（日陰）に混入し、面積値が小さくなったと考えられる。

また、水田と判断される地域が合計4つのクラスターに分かれた理由を考えると、1つには瞬間視野 57m×79m 内に含まれる水田以外のものの占める割合による影響と、もう1つは水田の含む水の量の違い（水がはっているのか泥状ないか）による影響が考えられる。

次に、ラインむらのでていたバンド6を除いたバンド4、5、7の3つのバンドについて、上と同じ初期条件のもとにクラスター分析を行った。その結果、クラスター数12、安定度92.7%でクラスタリングが終了した。得られた行政区分内の稲作地の画素数は、27662画素で面積換算すると4423.2haとなり、統計資料に対して101.7%と最も近い値を得た。図17にスペクトル特性を示す。

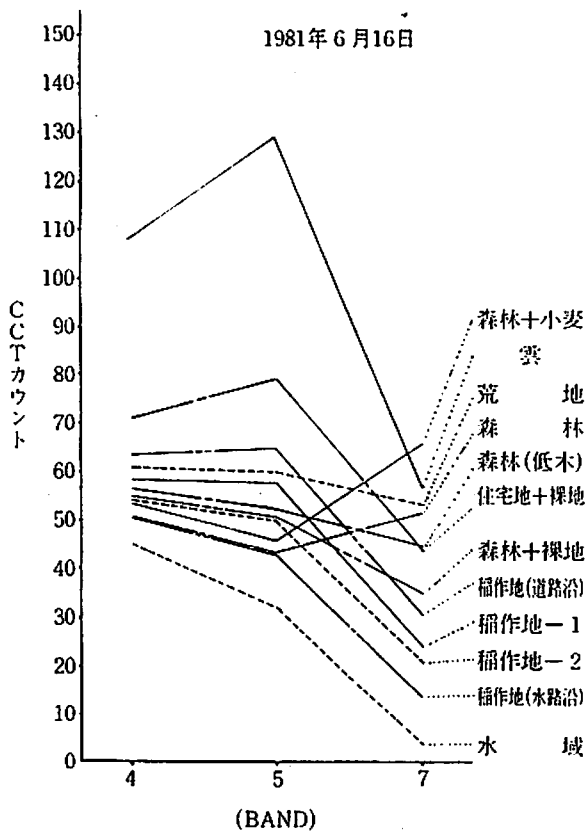


図17 クラスタ分析による各クラスターの推定地表被覆物のスペクトル特性

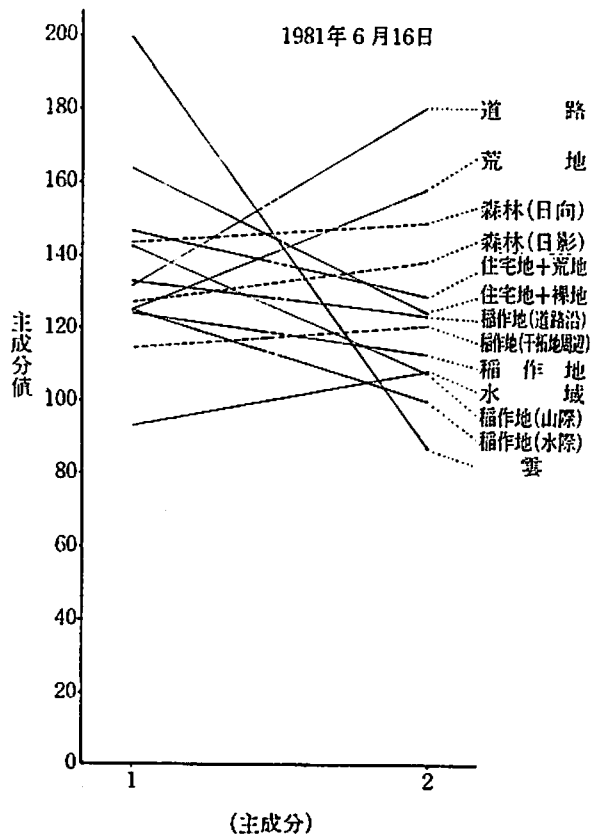


図18 主成分分析+クラスター分析による推定地表面積の主成分値分布

このクラスター分析においても水田が4つのクラスターに分離し、これもバンド4, 5, 6, 7でのクラスター分析と同じであろうと考えられる。しかし、ストライプが発生していたバンドを除いた合計3バンドでのクラスター分析により得られた稲作地に対応するクラスターのスペクトル特性の方が、合計4バンドのものよりその特徴を把握しやすいことがわかる。

（Ⅲ）主成分分析+クラスター分析による結果

ストライプを含むバンド6を除いた、バンド4, 5, 7の3つのバンドに主成分分析を施した。その結果を表10に示す。この後、全データの約97%を含む第1, 2主成分について、クラスター数15, 安定度90%, 分離度1.0の初期設定のもとでクラスター分析を行った。その結果、クラスター数13, 安定度90.6%でクラスタリングが終了した。

これにより得られた行政区分内の稲作地の画素数は30383画素で、面積換算すると4858.3haとなり統計資料に対して、111.7%の値を得た。図18に主成分値分布を示す。この特性グラフを見てわかるように、水田らしいと判断される合計5つのクラスター間にはほとんど類似性は見られない。

また、この手法により水田に分類されたクラスターの分類画像上での特徴は、地上データとの対応によって、異なる地上被覆物と隣接しているが明らかに稲作地であると判断されるものの他に、道路沿い、水路沿いといった種類の異なる地上被覆物どうしの接する場所にしばしば稲作地が現われることである。

これもまた、瞬間視野 57m×79m のために、平均化された反射エネルギー強度がたまたまこの時期の稲作地の特性に似ていたため誤分類が生じ、結果として稲作地面積の値が大きくなったものと考えられる。

表11に手法別による推定稲作地面積の誤差を、また、写真8, 9, 10, 11に各手法によって抽出された大瀧村行政区分内の稲作地分布を示す。写真12, 13には参考のため、クラスター分析前の主成分分析における第1, 第2主成分による画像を示す。

表10 主成分分析の結果

RESULT OF PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS			
	COMP 1	COMP 2	COMP 3
EIGEN VALUES			
	2.2352	0.6797	0.0851
CUMULATIVE PROPORTION OF TOTAL VARIANCE			
	0.7451	0.9716	1.0000
EIGEN VECTOR			
BAND 1	0.6279	-0.3359	0.7020
BAND 2	0.6321	-0.3061	-0.7118
BAND 3	0.4540	0.8908	0.0201

表11 1981年6月16日のDATAによる各手法別の現地統計資料に対する誤差

解析手法	推定稲作地面積の画素数	換算面積 (ha)	誤差 (%)
最尤推定法	19388	3100.1	-28.7
4, 5, 6, 7 BAND クラスター分析	23044	3684.7	-10.0
4, 5, 7 BAND クラスター分析	27662	4423.2	+1.7
クラスター分析+主成分分析	30383	4858.3	+11.7
現地統計資料	—	4349.6	—



写真2 1980年9月19日の DATA の BAND 4, 5, 6 によるフォルスカラー



写真3 1981年9月19日の DATA の BAND 4, 5, 6 によるフォルスカラー



写真4 1980年9月19日の DATA の第1と第2主成分による合成画像

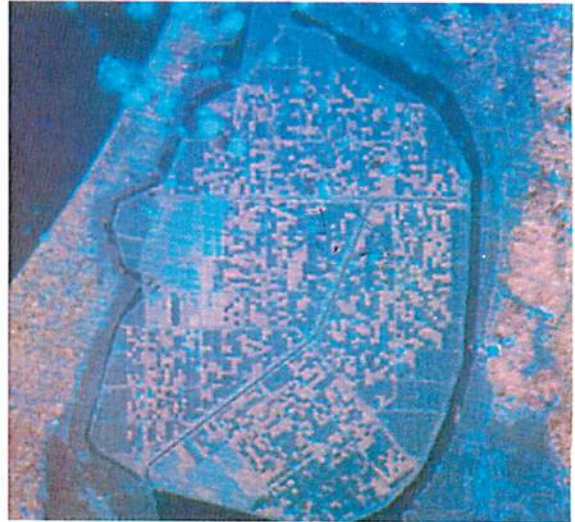


写真5 1981年6月16日の DATA の第1と第2主成分による合成画像



写真6 最尤推定法による推定稲作地分布 (1980年9月19日)



写真7 BAND 4, 5, 6, 7のクラスター分析による推定稲作地分布 (1980年9月19日)

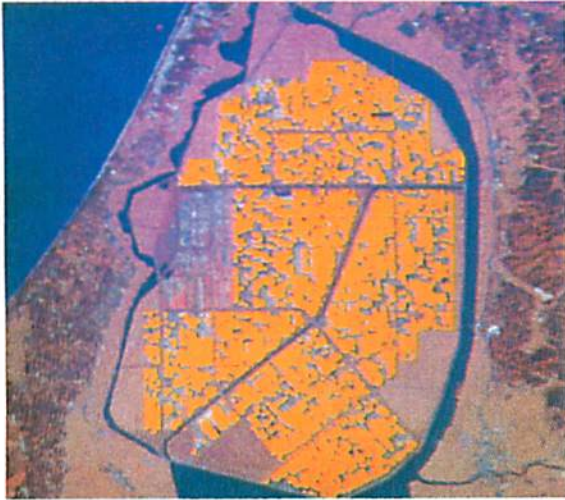


写真8 BAND 4,5,6のクラスター分析による推定
稲作地分布（1980年9月19日）



写真9 主成分分析+クラスター分析による推定
稲作地分布（1980年9月19日）



写真10 BAND 4,5,7のクラスター分析による推定
稲作地分布（1981年6月16日）



写真11 主成分分析+クラスター分析による推定
稲作地分布（1981年6月16日）



写真12 最尤推定法による推定稲作地分布
（1981年6月16日）



写真13 BAND 4,5,6,7のクラスター分析による
推定稲作地分布（1981年6月16日）

§7. 結 論

各手法によって抽出された行政区画内の稲作地の分布からもわかるように、大潟村の画像パターンは非常に細かくなっている。この理由は、第6節の各手法により得られた精度に関する考察で述べているとおりであるが、まとめると、MSSの解像度が現在57m×79mであることによるものであると考えられる。従って、単一の作付品目で、かつ、十分な面積をもつ地域を対象とした場合と異なり、地上被覆物のパターンが細かければそれ以上に、MSSデータによる分類は細分化され、誤分類されるものも多くなると考えられる。

このような作付パターンの細かい大潟村において、水稲作付面積の推定精度が最尤推定法を除くと10%以内におさまっていることは、LANDSATデータによる作付面積推定の可能性が十分あることを示していると考えられ、その精度は表12に示すとおりである。

表12 各手法別に見る1981年と1980年での誤差の比較

解析手法 年	最尤推定法	4,5,6,7 BAND クラスター分析	4,5,6BAND-'80 4,5,7BAND-'81 クラスター分析	主成分分析 + クラスター分析
1980	-17.7	+11.8	+ 7.4	- 5.3
1981	-28.7	-10.0	+ 1.7	+11.7

しかし、本研究で用いた手法が他の地域にも適用できるかという問題をも含め、今後の研究によって解決しなければならない点も多々ある。

本研究で用いた手法に関して明らかとなった問題点は、以下に述べるとおりである。

(I) 最尤推定法について

- (i) 操作者がトレーニングエリアを設定し、このトレーニングデータをもとにして分類するため、分類された結果には人為的な影響が入りやすい。
- (ii) 分類すべきカテゴリーを決める際、はたしてそのカテゴリーが地上に存在するのだろうか。
- (iii) トレーニングエリアの設定の際、そのトレーニングエリアが一様で、かたよりがなく十分な広さを持ち、そのカテゴリーを代表するに相応しいかどうか。
- (iv) トレーニングデータ内の信頼性の低いデータを切り捨てるために設定する拒否水準をいくつにするか。

などが掲げられる。以上の問題に対する解決法は、現地での十分なグランドトゥースおよび操作者の熟練により解決されることが考えられる。

(II) クラスタ分析について

- (i) MSSの分光特性空間において、距離のもつ意味、概念が曖昧である。

(ii) 初期値の設定において、何を基準に設定し、それをどう意味づけるか。

(iii) 分析によって得られたクラスターの地上被覆物に対しての物理的な対応に関する問題。などがある。

初期値の設定に関しては、はじめにデータの多次元ヒストグラムを出し、これを参考にして値を決めるとか、ヒストグラムの中の代表的なサンプルを抽出して分析を行うなどの方法も一つの解決法になるのではないかと考えられる。

作付面積推定の精度を向上させるためにはこれまで述べた問題点を含め、対象とする地域の特性をよく把握し、その地域的特性に応じた手法の検討が必要となり、そのために、同一地域においての実験的観察によるデータの蓄積が重要となるであろう。

また、田植え時期から刈取り直前までの数時期のデータを合成解析することにより、生産量の推定や稲と他の作物との分離も可能になると考えられ、今後の研究による作付面積の精度向上と、さらに広範な分野への応用が期待される。

最後に、分類画像から現在の八郎潟干拓地を考察する。大潟村行政区画内に関しては、入植当時は水稲だけの単一作付であったが、現在は農業施策転換のために混合農業形態になっていることがわかる。また、中央干拓地の南側には分類カテゴリーで“荒地”とした未利用の広い土地が広がっており、その他、中央幹線排水路、一級幹線排水路、周辺干拓地の地形などが明確に識別できる。

増反地、周辺干拓地をも含めた行政区画内外の農地パターンを比較すると、行政区画内では多品種が混在し複雑な画像パターンを呈しており、一方、行政区画外ではほぼ一様に稲作地帯が広がっていることなどが、分類画像から判断できる。

（謝辞）

本研究の遂行にあたって、秋田県大潟村の農業土木課、企画管理室ならびに秋田県農業試験場の方々より、有益な御指導や助言をいただいた。この場をかりて改めて感謝の意を表します。

（参 考 文 献）

- 1) 日本リモートセンシング研究会：リモートセンシングノート，技報堂，1977
- 2) キヤノンイメージ編集室：Remote Sensing，キヤノン株式会社，1974
- 3) 和遠清夫他：リモートセンシング，朝倉書店，1977
- 4) 奥野忠一他：多変量解析法（改訂版），日科技連，1981
- 5) 大嶋太市，木村宏，坪田満利，新斗米隆志：ランドサットデータによる八郎潟干拓地のモニタリングに関する研究，第一回リモートセンシング学会学術講演会，1981.12
- 6) (財)リモート・センシング技術センター編：耕草林地の一次生産力の地理的分布の評価に関する事業報告書，1980
- 7) (社)農業土木学会：八郎潟新農村建設事業誌，1978
- 8) 秋田農林統計協会：秋田農林水産統計年報，1979

78 (昭57. 3) ランドサットデータによる八郎潟干拓地の水稲作付面積の推定方法の開発と
その精度に関する研究

9) Tanaka, S., H. Kimura, T. Oshima, M. Tsubota and T. Aratamai, A Study of Monitoring for
Rice Production Control of Japan from Landsat, Interactive Symposium and Workshop on Remote
Sensing for Rice Production, Hyderabad, India 1981. 9