

ランドサットMSSデータによる鳥取県砂丘地帯の 土地利用状況のモニタリングの試み

小橋 澄治*・山本 太平**

Monitoring of Land Development and its Use for Cultivation in Tottori Sand Dune Areas Using Landsat MSS Data

Sumiji KOBASHI* and Tahei YAMAMOTO**

Summary

From the Landsat MSS data measured on Oct. 18, 1982, the land use classification were discussed on the sand dune areas distributed in the western, the middle and the eastern parts of Tottori prefecture. In factor-analyzing on four bands of data sampled from the Landsat MSS data, eigenvalues, cumulative values, correlation matrix, two factors and scoring coefficient were calculated. These results were further analyzed using the image analysis computer system, and the criteria values were decided in order to classify sand dune areas into arable land, barren land, forest, town and roads.

Finally, the coloured pictures of land use classification in three districts of the Tottori sand dune areas were drawn using the colour plotter of the computer system, and each area of land use in sand dune areas were calculated. The results of the land use classification were compared with the field data investigated in 1949 and 1974, and were discussed in regard to the transition of the land development and its use for cultivation since 1949.

はじめに

人工衛星ランドサットによる地球探査の技術は急

速に進展し、日本全国の情報が短期間のインターバルで収集されるようになった。またその利用のためのシステムも各地で整備され、ハードの面でのそれ

*砂丘利用研究施設乾地農学部門 (京都大学農学部砂防工学研究室)

**砂丘利用研究施設乾燥地農学情報解析室

**Division of Arid Land Agro-science (Laboratory of Erosion Control Engineering, Kyoto University)*

***Division of Arid Land Agricultural Information Analysis, Sand Dune Research Institute*

ほど深い知識がなくても容易に利用できるようになってきた。ランドサット5号の打上げによって、TM (TM熱バンド) データの利用も始まろうとしている。これらの実用的な利用法は個々の研究分野で開発すべきであるが、比較的容易なのは土地利用状況のモニタリングであろう。ランドサットは、2、3週間の周期で同一箇所の情報をもたらしてくれる。土地利用、開発行為が盛んでその状況が短期間で変化する所ではその利用度は高いであろう。

ここでは鳥取県の砂丘地を対象とし、土地利用状況をモニタリングする試みを行った。鳥取県の砂丘地帯は元々農耕地としては不相当とされ、不毛の地として顧みられなかった。あるいは農民の大変な努力で農耕地とされた所もある。しかしその維持管理には並々ならぬ苦勞があったと伝えられる。しかし戦後の農地工学の急速な発展、特にかんがい技術の進歩によって、砂丘地帯を農耕地として利用できるようになった。勿論それには、飛砂防止林の造成や海岸防災施設の充実が大きく貢献したことも見逃せない。ともあれ現在では砂丘地は不毛の地であるどころか、園芸作物の栽培団地あるいは果樹園として、逆に生産力の大変高い土地として利用されるようになってきている。それに伴って集落も多く発達し、現在では砂丘地がどの範囲まであったのか判断出来ないくらいである。

ここで、ランドサットMSS (多重スペクトル走査放射計) データで現況をモニタリングしておくことは将来この方式でモニタリングを定期的に行うための基礎資料として役立つであろうし、この手法の問題点や限界をいくらかでも明らかにできるであろう。

今回の試みにおいては時間の関係もあって、現場の実態と詳しい照合をすることはできなかった。むしろMSSデータの解析に主体を置いており、今後現場の事情に詳しい方の御意見を得て、より実態を忠実にモニタリング出来るものに改善していきたい。

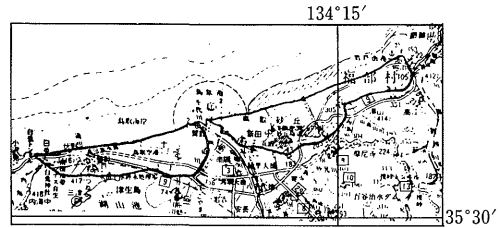
この研究にあたり、現場案内や資料提供に大変御援助いただいた鳥取県農林部、関係の各位に深く謝意を表したい。

ランドサットMSSデータの解析法

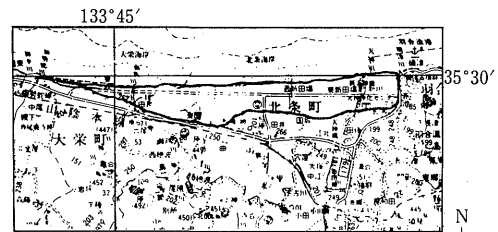
ここで用いたランドサットMSSデータは、ランド

サット4号による1982年10月18日の軌道 (path 111, row 35) のシーンである。鳥取県地方は殆ど雲はなく良好なデータといえる。

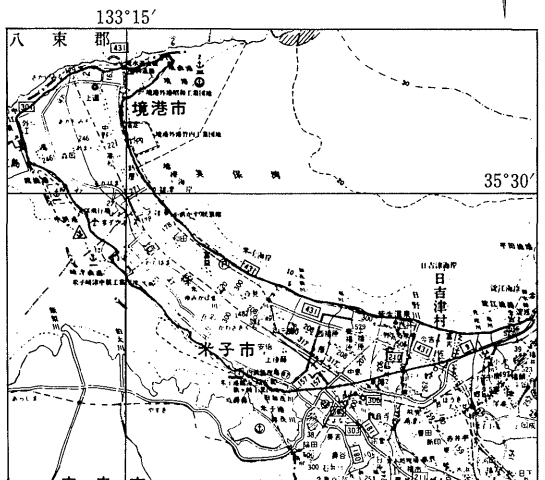
鳥取県の砂丘地を対象とするから、県内の比較的大きな砂丘地である3地域、すなわち(i)鳥取市周



(1) 鳥取地区 Tottori district



(2) 北条地区 Hojoh district



(3) 米子・境港地区 Yonago-Sakaminato district

図一 対象とした鳥取県砂丘地域 (3地区において黒線で囲んだ区域を本研究の解析対象とする)

Objected sand dune areas in Tottori prefecture

辺(図-1(1)), (ii)北条町周辺(図-1(2)), (iii)米子市・境港市の半島(図-1(3))の3つの地域を対象とした。砂丘地の境界は現地をみてもなかなか判然としないが一応これらの図で示した範囲を元の砂丘地とする。

これらの3つのシーンを元のデータより切出した。ランドサットデータは精密補正ずみのもので1ピクセルが57m方格である。(i)は350,310,(ii)は600,210,(iii)は650,360のピクセル数を持つ。1ピクセルについてC4(可視域, 緑の波長域; 0.5~0.6 μ m), C5(可視域, 赤の波長域; 0.6~0.7 μ m), C6(近赤外波長域; 0.7~0.8 μ m), C7(近赤外波長域; 0.8~1.1 μ m)の4つの情報を持つ。

このデータからまず6,275個のデータをサンプリングした。サンプリングは等間隔に行った。

サンプリングしたデータについて, C4, C5, C6, C7の情報のほかにバイバンド比としてC6/C5(=D6), C7/C5(=D7)を加える。バイバンド比は植物の活性度, あるいは有機物, 無機物の判定に有効な情報である。この6つの情報について解析した。

解析は京大大型計算機センターの統計パッケージプログラムSASによって行った。6つの要因の平均値, 標準偏差は表-1の通りである。各要因の相関関係は表-2の通りである。C4-C5の可視域間, C6-C7の近赤外域間, D6-D7のバイバ

表-1 6要因の平均値と標準偏差
Means and standard deviations of six factors

| 要 因 | 緑の波長域(C4) 0.5~0.6 μ m | 赤の波長域(C5) 0.6~0.7 μ m | 近赤外波長域(C6) 0.7~0.8 μ m | 近赤外波長域(C7) 0.8~1.1 μ m | バイバンド比 D6=C6/C5 | バイバンド比 D7=C7/C5 |
|------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| 平均値 | 18.77355 | 16.52717 | 23.92494 | 22.77386 | 1.47848 | 1.39867 |
| 標準偏差 | 8.67871 | 10.12342 | 15.04588 | 16.60111 | 0.84362 | 1.02444 |

各波長域のサンプリングデータ数=6,275

表-2 6要因の相関マトリックス
Correlation matrix of six factors

| 要 因 | 緑の波長域(C4) 0.5~0.6 μ m | 赤の波長域(C5) 0.6~0.7 μ m | 近赤外波長域(C6) 0.7~0.8 μ m | 近赤外波長域(C7) 0.8~1.1 μ m | バイバンド比 D6=C6/C5 | バイバンド比 D7=C7/C5 |
|------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| 緑の波長域(C4) | 1.00000 | 0.96224 | 0.60404 | 0.53299 | -0.09303 | -0.07052 |
| 赤の波長域(C5) | 0.96224 | 1.00000 | 0.67335 | 0.59355 | -0.05974 | -0.03300 |
| 近赤外波長域(C6) | 0.60404 | 0.67335 | 1.00000 | 0.98418 | 0.67785 | 0.68644 |
| 近赤外波長域(C7) | 0.53299 | 0.59355 | 0.98418 | 1.00000 | 0.74065 | 0.76796 |
| バイバンド比(D6) | -0.09303 | -0.05974 | 0.67785 | 0.74065 | 1.00000 | 0.98649 |
| バイバンド比(D7) | -0.07052 | -0.03300 | 0.68644 | 0.76796 | 0.98649 | 1.00000 |

ンド比間の相関性は高い。この傾向はランドサットMSSデータの他の解析例²⁾でも一般にみられるものである。

6つの要因の情報をより少ない要因の情報に整理するために, 因子分析を行なう。因子分析法のうち, より一般的なバリマックス回転法を用いる。この方

法はほぼ主成分分析法と同じと考えてよい。分析結果で固有値, 説明率を表-3に示す。固有値が1を越えるのは第2因子までである。また第2因子までの累加説明率は98.3%に達する。つまり第2因子まで取上げることで全情報の98.3%が包含できる。それゆえ第1因子, 第2因子の二つの軸で考えても良い

表-3 因子分析後の固有値, 説明率, 累加説明率
Eigenvalues, portions and cumulative portions using factor analysis

| 因子 | 第1因子 | 第2因子 | 第3因子 | 第4因子 | 第5因子 | 第6因子 |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 固有値 | 3.793122 | 2.103904 | 0.066359 | 0.022093 | 0.013804 | 0.000718 |
| 説明率 | 0.632 | 0.351 | 0.011 | 0.004 | 0.002 | 0.000 |
| 累加説明率 | 0.632 | 0.983 | 0.994 | 0.998 | 1.000 | 1.000 |

と考えられる。

回転後の因子パターンは表-4の通りである。これをプロットしたのが図-2であり, これによって第1因子, 第2因子の軸の意味が明らかになる。すなわち, 第1因子の軸はD6, D7のバイバンド比の軸であり, 第2因子の軸はC4, C5の可視域の軸である。C6, C7の近赤外域は両因子の中間的(少し第1因子寄り)な位置にある。第1因子を縦軸に, 第2因子を横軸に置き, 個々の情報をプロット

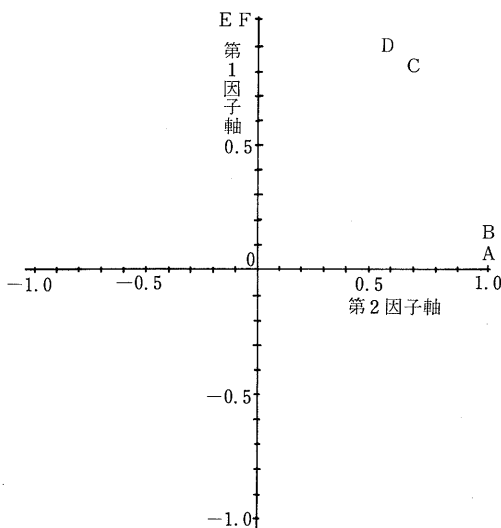


表-4 バリマックス回転後の因子パターン
Factor pattern using the varimax rotation method

| バンド \ 因子 | 第1因子 | 第2因子 |
|------------|----------|----------|
| 緑の波長域(C4) | -0.01867 | 0.98197 |
| 赤の波長域(C5) | 0.03261 | 0.99414 |
| 近赤外波長域(C6) | 0.74869 | 0.64923 |
| 近赤外波長域(C7) | 0.81356 | 0.57035 |
| バイバンド比(D6) | 0.98894 | -0.09001 |
| バイバンド比(D7) | 0.99171 | -0.06496 |

図-2 因子パターンのプロット (A=C4, 緑の波長域: B=C5, 赤の波長域: C=C6, 近赤外域: D=C7, 近赤外域: E=D6=C6/C5, バイバンド比: F=D7=C7/C5, バイバンド比)
Plot of factor 1 with factor 2

したとき, 左側上方ほど植物活性度が高く有機物的であり, 右側下方ほど植物活性度が低く, 無機物的であるといえよう。元の6つの要因の第1因子, 第2因子に関する因子スコアは表-5の通りである。これを用いてサブリングしたデータのそれぞれの因子得点を算出し, プロットしたのが図-3である。この図のプロット値はC7の近赤外域の上位1桁の数値で示されており, 右上から左下に向かってC7の値が低くなっていく様子が示されている。

この図でプロットされたそれぞれの位置がどのような情報を示しているかを知るために, 元の全デー

表-5 第1, 第2因子に関する各要因のスコア
Scoring coefficient matrix related to two factors

| バンド \ 因子 | 第1因子 | 第2因子 |
|------------|----------|----------|
| 緑の波長域(C4) | -0.10610 | 0.39385 |
| 赤の波長域(C5) | -0.08991 | 0.39349 |
| 近赤外波長域(C6) | 0.18845 | 0.18308 |
| 近赤外波長域(C7) | 0.21850 | 0.14500 |
| バイバンド比(D6) | 0.34518 | -0.13640 |
| バイバンド比(D7) | 0.34358 | -0.12668 |

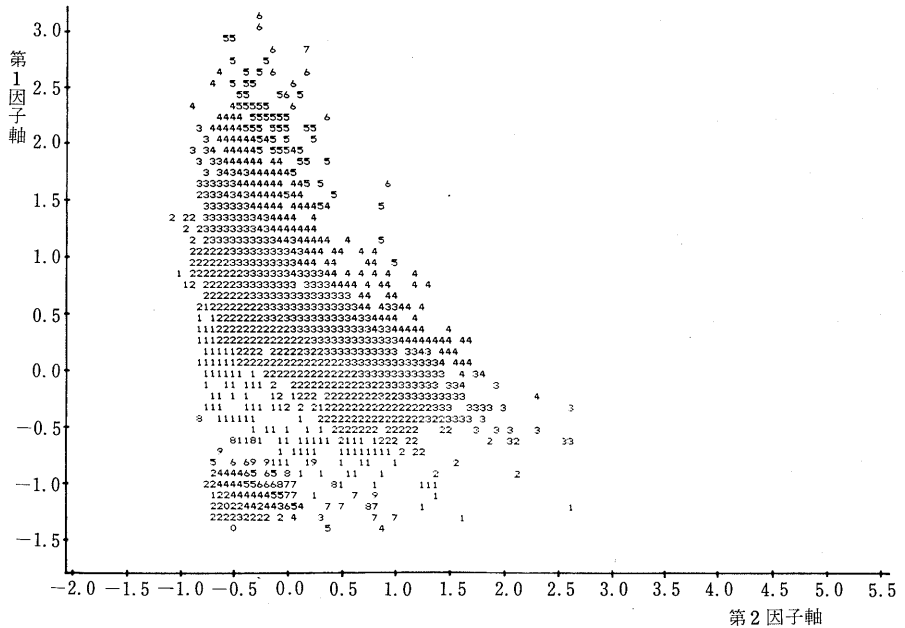


図-3 サンプルングデータの因子得点の分布(図中の数値は、近赤外域C7における上位1桁の値)
Distribution of the factor scores of sampling data

タについて第1因子、第2因子についての因子得点を計算し、それを京大大型計算機センターにある画像解析システムのなかのPROSIDシステムで解析した。解析は2つの因子得点で表わされる画像を見て(ただし画像を鮮明にするため両因子得点を50倍した値を対象とする)、市街地、森林、砂丘、畑、その他の部分を画像から切出し、両因子得点の分布を出力して、それぞれの土地利用を示すしきい値をきめる方法で行った。

その結果を図-4に示す。この図で両軸の値はさきにのべたように因子得点を50倍した値で示されている。海面(水面)は両因子共低いレベルにある。森林は第2因子(可視域)のレベルは低く、第1因子(バイバンド比)は高いレベルまで広がっている。それを4分割して緑の濃度差で表現する。

海面、森林より第2因子(横軸)のレベルが高い列として市街地、農耕地、その混在地が位置する。市街地は这其中で、第1因子(縦軸)のレベルは最

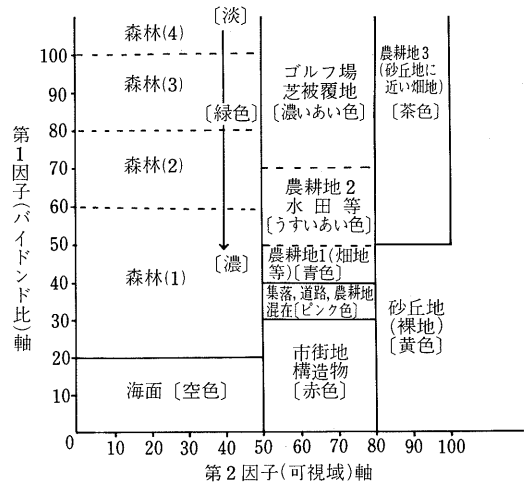


図-4 第1, 第2因子の因子得点と土地利用状況
Relationship between the scores of two factors and land use classification

も低い位置にある。縦軸で最も高いレベルにあるのはゴルフ場である。市街地からゴルフ場までの間に位置する所は土地利用が複雑で判定しがたいが、集落、道路が農地に点在する部分と畑地、水田の可能性のある2つの部分に一応分けることにした(農耕地1, 農耕地2)。畑地、水田の区分は昭和50年の土地利用区分図⁴⁾で北条地区はかなり一致しているが、そうでない所もある。ランドサットデータが10月中旬のもので農作物の生長期を過ぎておりこれ以上の判別には限界がある。

次に横軸の値が高い所に位置するのは砂丘地あるいはそれに近い畑地である。砂丘の裸地は可視域のレベルが極めて高く、バイバンド比は低い。このグループで縦軸、バイバンド比が比較的高い位置にあ

るのは、砂丘地が比較的新しく畑地化した箇所、砂丘の性質をまだかなり包含したもの(農耕地3)のようである。

結果を表現するのにこれも京大大型計算機センターのカラープロッターで図化した。それが写真-1, 写真-2 および写真-3 である。ここでの色分けの区別は図-4 に示されている。

結果の考察

対象として選んだ3つの地域で土地利用状況がどのようになるかを集計するために判別したデータをふたたびPROSIDシステムにかけ、対象域を切出し集計した結果が表-6 である。この図で集計は該当するピクセル数で示しているが、面積に換算するに

表-6 鳥取県砂丘地における土地利用区分の集計
Results of land use classification in Tottori sand dune areas

| 区分 | 対象地区 | 鳥取地区 | | 北条地区 | | 米子・境港地区 | |
|-----------|------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| | | 該当ピクセル数 | 割合(%) | 該当ピクセル数 | 割合(%) | 該当ピクセル数 | 割合(%) |
| 森 | 林 | 945 | 25.0 | 392 | 8.4 | 1,484 | 7.7 |
| 市街地 | | 267 | 7.0 | 220 | 4.7 | 1,980 | 10.3 |
| 集落・道路混在 | | 435 | 11.5 | 1,125 | 24.0 | 5,667 | 29.4 |
| 農耕地1 | | 854 | 22.6 | 1,473 | 31.5 | 5,493 | 28.6 |
| 農耕地2 | | 262 | 6.9 | 688 | 14.7 | 3,201 | 16.7 |
| 農耕地3 | | 523 | 13.8 | 680 | 14.5 | 955 | 5.0 |
| 不毛地(砂丘裸地) | | 500 | 13.2 | 101 | 2.2 | 441 | 2.3 |
| 合 | 計 | 3,786 | (1,230ha) | 4,679 | (1,520ha) | 19,221 | (6,245ha) |

は $57\text{m} \times 57\text{m} = 3,249\text{m}^2$ を掛ければよい。これと写真-1, 2, 3を対象してみても、砂丘地が不毛の裸地として残されているのは、鳥取地区の観光用の砂丘を除けば殆どなく、わずかに海岸線に残っているだけである。非常によく利用されているといえるであろう。農耕地として40-60%利用されている。市街地化したところは米子・境港地区が多いが、集落、道路、農耕地が混在している地域は10-30%をしめ、開発が進みつつあると考えられる。

砂丘地の土地利用状況を数値的に明らかにした資料は余りない。49年の土地分類図の付属資料¹⁾でも市町村別の利用集計であり、元の砂丘地の土地利用

状況は明らかでない。少しデータが古いが昭和29年の調査資料がある⁴⁾この調査結果による土地利用状況を表-7に示す。表中には49年度土地分類図²⁾に示された砂丘未熟土壌の面積も併記した。

鳥取地区においては、元来砂丘地であった地域が住宅地等に変遷し、砂丘地の境界が正確に識別できなかったため、対象区域(図-1参照)の取り方が困難であった。したがって、表-6に示された鳥取地区の対象区域(総面積1,230ha)は、古い砂丘地(表-7の砂丘地面積1,897~1,960ha)より、若干小さい領域に相当すると考えられる。本地区における湖山と福部砂丘地では、昭和29年以降畑地かんが

表-7 鳥取県砂丘地における土地利用状況(昭和29年資料)³⁾

Land use classification in sand dune areas of Tottori prefecture in 1949³⁾

| 砂丘地 | 土地区分 | 不毛地 | 林地 | 耕地 | 合計 | 砂丘未熟* 土壌の総面積 |
|---------------|------|--------------------|------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| | | ha | ha | ha | ha | ha |
| 福部・浜坂・湖山 | | 1,085.3 (57.2%) | 460.0 (24.3%) | 351.2 (18.5%) | 1,896.5 (100%) | 1,960.0 |
| 羽合・北条 | | 278.6 (18.1%) | 335.9 (21.7%) | (930.8) (60.2%) | 1,545.3 (100%) | 1,740.0 |
| 淀江・ 日吉津・弓浜 | | 362.3 (8.2%) | 406.0 (9.2%) | 3,633.3 (82.6%) | 4,401.6 (100%) | 3,400.0 |

*昭和49年度 土地分類図付属資料⁴⁾

い事業、圃場整備事業が積極的に実施され不毛地面積が急減している。現在不毛地の大部分は観光地として保存されている。

北条地区においては、砂丘地が集中しているので対象区域の取り方が比較的容易であった。本対象区域の解析総面積1,520haは従来の調査資料とほぼ同程度の面積であり、解析精度が良好であったことを示している。本地区は現在鳥取県砂丘地農業の中核的役割を果たしているが、砂丘地の農耕地の割合が昭和29年度当時と余り変化がない。これは砂丘地の農業開発が古くより行われていたためと推定される。不毛地の割合は18%から2%に、林地の割合は22%から8%に減少し、集落、市街地の増加が推定される。

米子・境港地区においては、砂丘地の市街地への変遷が他の2地区の場合より著しく、対象区域の取り方が全然異った。解析総面積6,245haは、従来の砂丘地3,400~4,402haの場合より大きな領域を含んでいるので、ここで土地利用割合についての詳細な議論はさける。一方、森林、農耕地、不毛地等の各土地利用項目において、これらが昭和29年調査時の区域内に分布すると仮定すれば、解析区域は昭和29年時の総面積を包含しているため、各土地利用項目の面積は現在と昭和29年時とを対比すること

ができよう。特に、農耕地面積3,135ha(表-6の農耕地1, 2, 3の合計)は昭和29年当時とあまり変わらないので、本地区も北条地区の場合と同様、砂丘地の開発は古くから行われていたものと推定される。

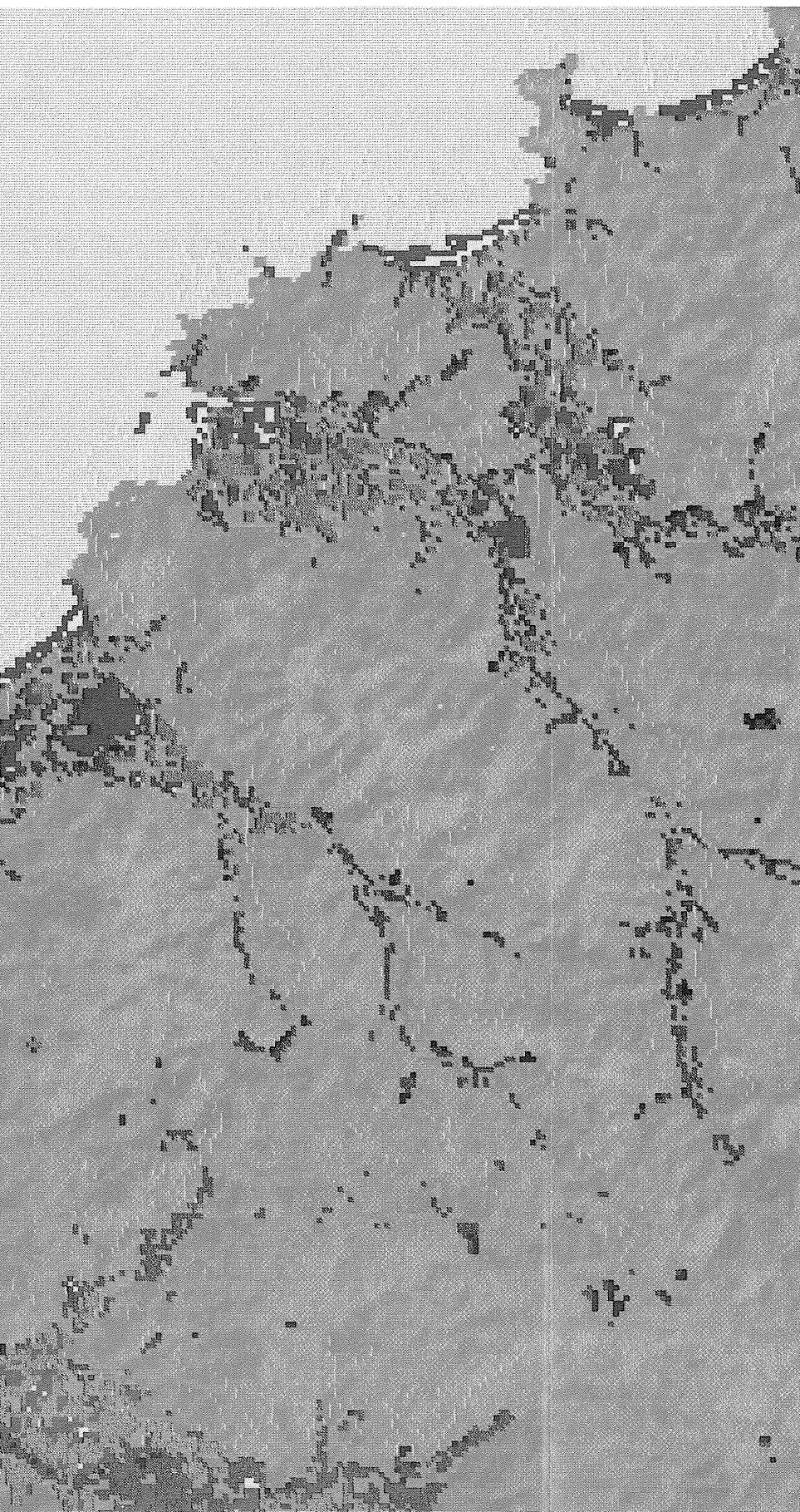
この解析の精度を判定するには、他の数多くの資料との対比が必要である。昭和49年発行の土地分類図との対比では、森林、海面、市街地などの適合性は十分といえるが、農耕地の中の分類、混在地域での判別はかなり難しい問題のようである。農耕地は季節によって植物による被覆状態、植物の活性度が激しく変化するため、よほど判別に有効な反射特性を持つ時期のデータを選ぶか、異なった時期での複数の時期のデータで解析する必要がある。












引用文献

1. 経済企画庁総合開発局. 1974: 土地分類図付属資料(鳥取県). pp. 42-45.
2. 小橋澄治・妹尾俊夫. 1983: リモートセンシング手法の緑地植物の生長診断への利用に関する研究1). 斜面緑化研究5: 1-26.
3. 鳥取県農林水産部. 1983: 鳥取県の砂地農業. pp. 5-8. 日本砂丘研究会.
4. 鳥取県. 1975: 鳥取県土地利用現況図.



写真1 MSSデータの解析結果(



-  海面
-  森林(1)
-  森林(2)
-  森林(3),(4)
-  市街地, 構造物
-  集落, 道路
農耕地混在
-  農耕地 2
-  ゴルフ場,
芝被覆地
-  砂丘地
(裸地)
-  農耕地 3
-  農耕地 1

鳥取地区) Tottori district using MSS data

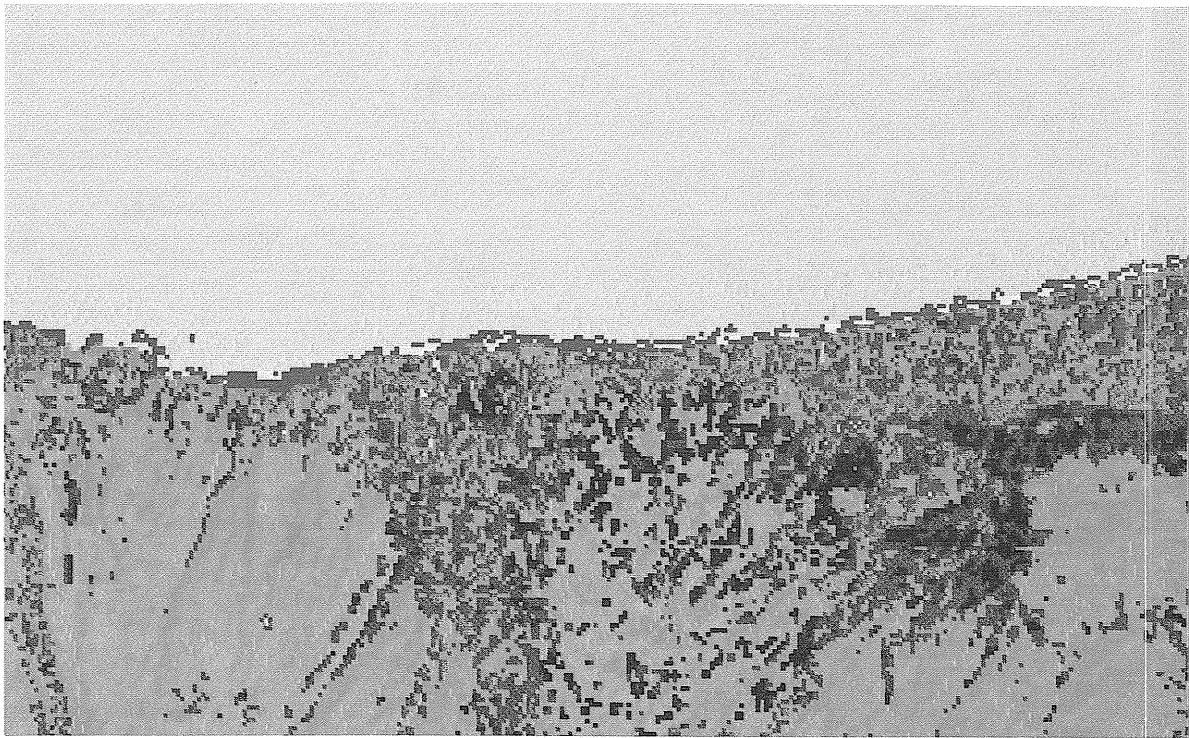


写真2 MSSデータの解析結果(3)

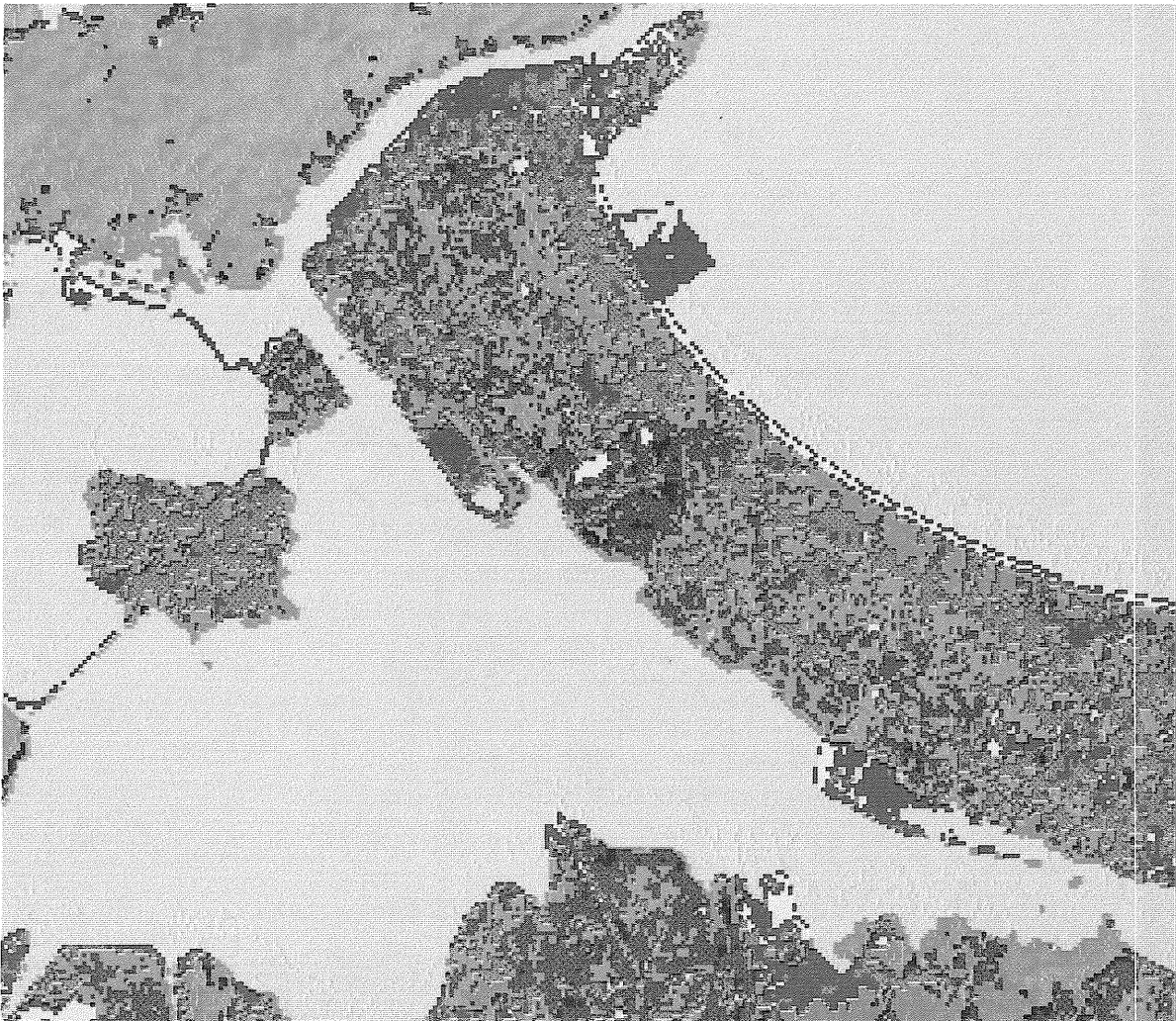
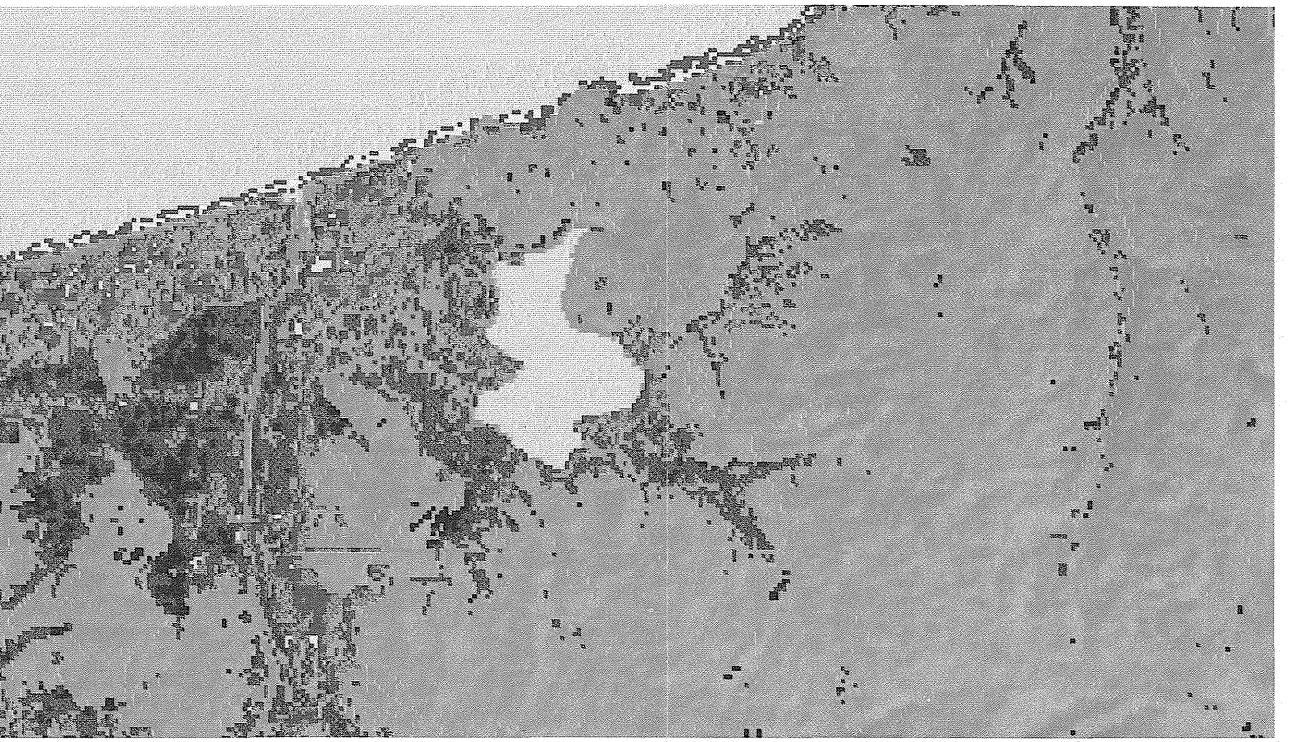
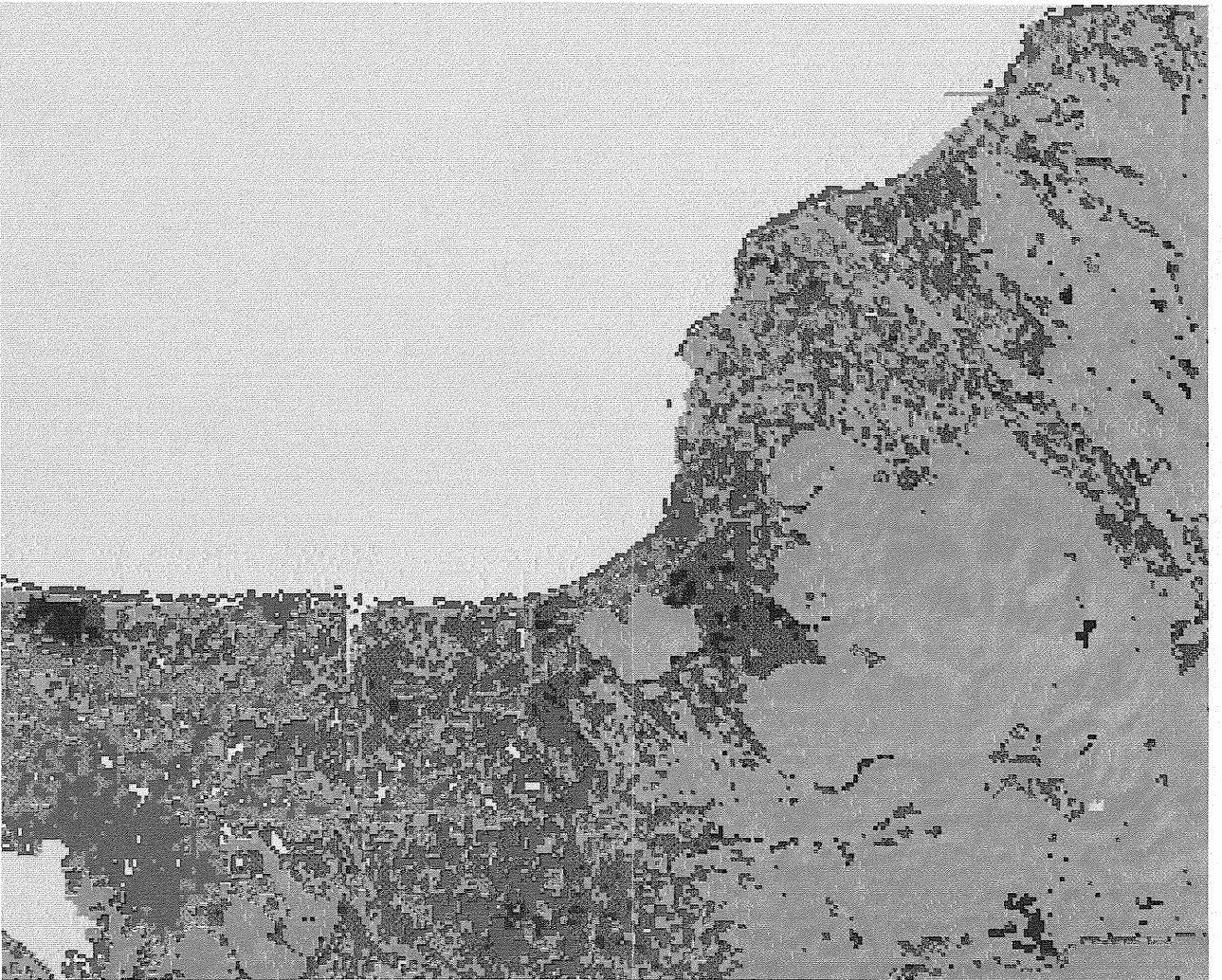


写真3 MSSデータの解析結果(3)



北条地区) Hojoh district using MSS data



米子・境港地区) Yonago-Sakaminato district using MSS data