

ランドサットMSSデータによる山腹植栽工林地の植生回復診断

妹尾俊夫*・岩浪英二**・大手桂二**・小橋澄治***

TOSHIO SENOO*, EIJI IWANAMI**, KEIJI OHTE** and SUMIJI KOBASHI***

The evaluation of vegetative restoration in the hill-side
planting worked area by Landsat MSS data

要旨:本報告は、ランドサット MSS データによる山腹植栽工施行地における植生回復状態の評価についての適用性をみたものである。

対象地には、植栽工が明治以来繰り返し行われてきた滋賀県大戸川流域の田上山を選んだ。

解析処理ならびにそれらの結果の概要は以下のとおりである。

- 1) 多変量の分類処理を進めるために行った因子分析結果では、環境分類に寄与しているパラメータの共通因子は活力度と植物葉の色合いであることがわかった。
- 2) また、植生状態の分類に有効な MSS データのパラメータは、因子分析の結果から、クロロフィル吸収帯域、近赤外線域および比演算強調処理のバンドであることも認められた。
- 3) ランドサット画像は傾斜角と斜面方位により変化する。隣接するバンドの比演算値ならびに春と秋のオーバレイ画像により、データ処理においてその斜面効果を除くことができる見通しが得られた。
- 4) 以上の結果から、解析用オーバレイデータの1画素は次の6個のパラメータ値で構成した。即ち (バンド5)₁, (バンド5)₂, (バンド7)₁, (バンド7)₂, $\{(8 \times \text{バンド}7 - \bar{w}) / (8 \times \text{バンド}5 - \bar{s})\}_1$, $\{(8 \times \text{バンド}7 - \bar{w}) / (8 \times \text{バンド}5 - \bar{s})\}_2$ である。(接尾番号1, 2は季節1, 2であることを示す)
- 5) また、植生タイプは次の6項目とした。1:成熟林, 2:杜令林, 3:低木林, 4:不良林, 5:疎林地, 6:芝又は草地である。
- 6) かくして、環境区分のための上述の前処理を施した2シーンのオーバレイ・データを用いて、植生回復診断を実行した。その結果は、現地検証により、どのカテゴリーも高精度で現況と一致していることが認められた。

以上の結果から、比演算処理及び季節の異なる2シーンをオーバレイしたランドサット MSS データは、今回のような植生回復診断にも有効であると思われる。

まえがき

ランドサット MSS データによる森林調査への応用の一つとして、崩壊山地における山腹植栽工施行後の

植生回復状態を評価するという用途が考えられる。広領域の山岳地帯を対象に、統一のとれた客観性のある評価を、空中写真や地上調査により行うことは、時間、経費ならびに労力のいずれにおいても多大の負担

* 京都府立大学農学部演習林研究室

* Experimental Forest Station, Faculty of Agriculture, Kyoto, Prefectural University, Kyoto, Japan

** 京都府立大学農学部砂防工学研究室

** Laboratory of Erosion Control Engineering, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan

*** 京都大学農学部砂防工学研究室

*** Laboratory of Erosion Control Engineering, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, Japan

となる。この負担を軽減する方策としてランドサット MSS データを活用することは、上述の方法に比べて、このデータがもっている巨視性、同時性、周期性、経済性のいずれにおいても極めて有利な特長を生かすことが出来るものと考えられる。

また、解析手法に関しても、植生診断には、樹種別活力レベルの判別というパターン認識のステップを踏むことになるため、これまでに行ってきた林相区分と活力診断におけるデジタル画像処理による特性判別手法を結びつけることによって処理することができる。

一方、このような手法により、国土情報や環境情報を抽出する利用法は今後ますます盛んになるとと思われる。例えば、広域的な森林情報の中から、森林の変化によってもたらされる国土変化や河川を監視し、的確な対応を常に考えていかなければならない砂防計画や河川流域計画などにおけるこのデータの活用もその一つで、緊急を要する重要課題であるといえよう。

ところで、このような利用形態にあっては、地図情報や気象あるいは地形・地質などの外部資料との統合化、データベース化を指向することになるだろうが、本研究はその最初のステップである地域森林情報の収集段

階にあるという位置付けをすることができる。

このような状況を踏まえて、本解析ではランドサット 3号と昨年打上げられた 4号からの季節の異なるデータを重ね合わせて特徴を強調するとともに、地形図とも重ね合わせて、地形的影響を出来る限り排除し、植生回復段階の微妙な差異を読みとろうとしたものである。

なお、このランドサット 4号データは宇宙開発事業団より試験提供として配布されたものであり、また現地の山腹植栽状況に関する資料等は建設省琵琶湖工事事務所およびパシフィック航業株式会社より提供していただいた。ここに、これらのご高誼に対して深謝の意を表する次第である。

I 解析対象領域および資料

解析対象領域は、東経 $135^{\circ}58'$ から $136^{\circ}02'$ までと、北緯 $34^{\circ}51'$ から $35^{\circ}58'$ までの範囲で、滋賀県大津市、草津市、信楽町および栗東町にまたがる東西 6 km、南北 6.7 km の方形域である。この領域の位置を図-1に示す。ここは琵琶湖より流下する瀬田川支流の大戸川と信楽川にはさまれた標高 150~600 m の比較的低い山地

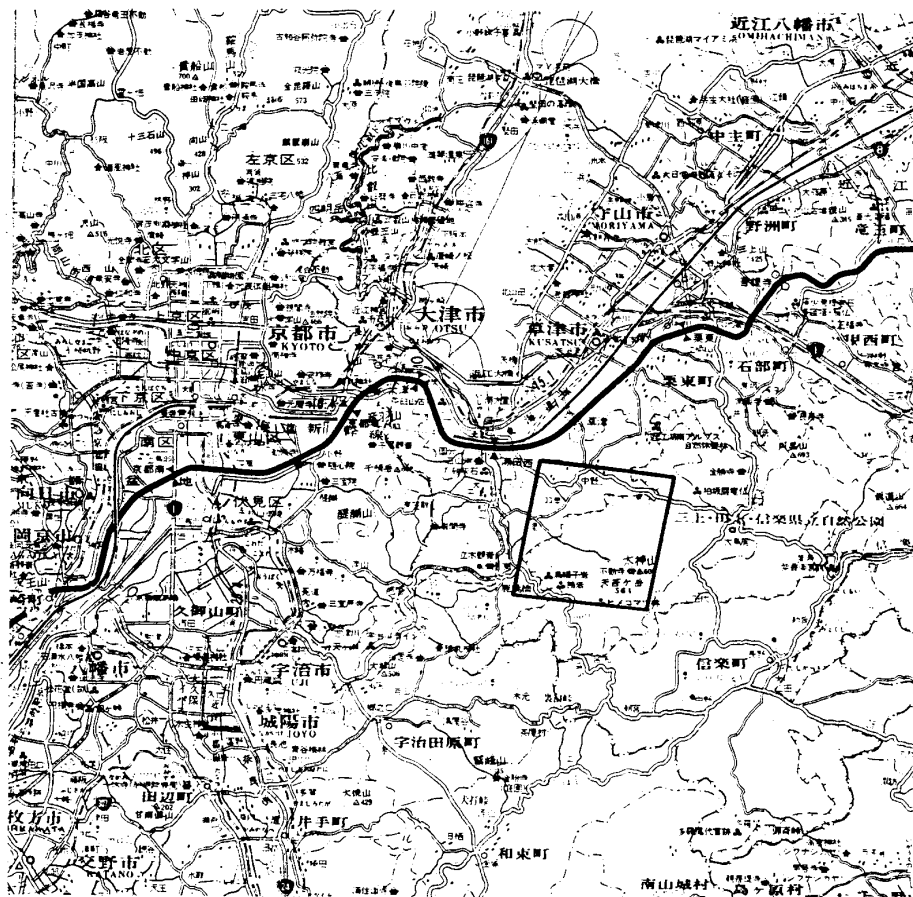


Fig. 1. Location of research area

で、地質は大半が花崗岩より成っており、そのほとんどが深層風化を受け、「マサ」化した地域が広がっている。とくに、大戸川流域の田上地区は集団禿地が多いことで有名で、植栽が繰り返行われたにもかかわらず、いまなお、裸地、裸岩斜面が目につく状態である。

大戸川流域に限らず、瀬田川水系の水源山地は、千数百年以前はうっそうとしたスギ、ヒノキを主体とする森林があったようであるが、奈良、京都などの都城の造営や大規模仏教寺院の建立のために、繰り返し伐採を受けたほか、度重なる兵火に遭うなど、また里山では信楽焼の陶土の採掘や、燃料としての薪炭材、柴の伐採も山地の荒廃に大きく影響したと思われる。

この地域の砂防事業が始まったのは1666年以来で、乱伐や焼畑を禁止し、植林や種々の砂防工法が行われたが、使用材料に耐久性がなかったことから、十分な効果を上げることが出来なかったようである。

明治以降の砂防事業は、上流山地より流出土砂を扞止するための山腹工事を主体とするほか、山脚、小溪から支流に及ぶ溪流工事など、オランダ人技師デレーケの指導による種々の施工法により行われたが、大正・昭和時代においても営々としてその山腹工事は続けられ、明治以来の実施集計は2000haに及ぼうとしている。したがって、現在この地域にみられる植生の大半は、この施工法によって成立したクロマツ、アカマツあるいはヒメヤシャブシであるが、太神山(599.7m)や八笈ヶ岳(562m)山頂部には天然生のスギ、ヒノキを含むカシ、シイ、ツバキ、サカキなどの照葉樹林が残っており、古来の林相を知ることの出来る貴重なものとなっている。

用いたランドサットデータは、3号は path番号118 Row番号36の1982年5月2日に、4号は path番号110, Row番号36の1982年10月27日午前10時に観測されたものであり、フォーマットは世界統一フォーマットの BIL タイプで配列された CCT である。

幾何学的歪補正は、3号データは未補正であるが、4号データは精密レジストレーション補正済みである。

バンド構成は、いずれも可視域はバンド4, 5の2バンド、近赤外域バンドは6, 7である。すなわち、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)となっている。

II 植生診断図の作成方法

入手したランドサット MSS データは、3号は未補

正であるのに対して、4号のそれは精密レジストレーション補正済みであることと、3号と4号とでは観測高度が前者は930kmであり、後者は705kmと違う。したがって、両者を重ね合わせるには、一方を規準にして他方を幾何補正によりそれに合わせるか、あるいは出力しようとする地形図の縮尺に両者をそれぞれ補正して合わせるかのどちらかであるが、ここでは4号データに3号のそれを合わせるかたちをとった。

また、2シーンのオーバレイにより、バンド数が倍増するため、因子分析により目的とする解析に有効な分光特性を持つバンドを選択し、効率的な処理を行うことにした。

ここに、図-2として植生診断図の作成方法に関する処理の流れをフロー図によって示す。

1) 幾何補正

ここでは、4号データに3号のそれを重ね合わせるという方針に基づき、両画像で明確に一致する10箇所の地上基準点を見出して、画像データ上の対応するラインおよびカラム値をディスプレイ装置によって読み取り、以下に示すようなアフィン変換による座標変換式を決定した。次いで、この変換式によって3号データをリサンプリングすることになるが、このリサンプリング手法には最近隣内挿法(Nearest neighbor method)を用いた。変換式に用いた地上基準点のリストならびに得られた座標変換式とその誤差の評価は表-1に示すとおりである。

この結果によれば、3号と4号データでは、ライン方向でおよそ145ライン、カラム方向でおよそ20ピクセルのずれがあったことがわかる。

出力サイズは画像がほぼ正方形になることと、5万分の1地形図大に表示するための分割数を考慮して108ピクセル×118ラインとした。

2) 強調画像処理とバンド選択

植生状態による区分と太陽高度や斜面方位との関係から生じる日陰部の抽出を行うため、オリジナルデータに対して、対数変換ならびに正規化処理を行った。これだけでは先の目的を十分に果たす効果を持たなかったため、各シーンにおける8倍のバンド7のデータから水域部のデータの平均値を差引いた値を、8倍のバンド5のデータから日陰部の平均値を差引いた値で割った比演算バンドを作成して加えた。なお、このバンドについても演算結果を正規化し、量子化レベルを8ビットに直して用いた。

図-3および図-4にランドサット3号および4号のカテゴリー別スペクトルパターンを示す。

この両図は領域内にみられる対象物の分光特性から

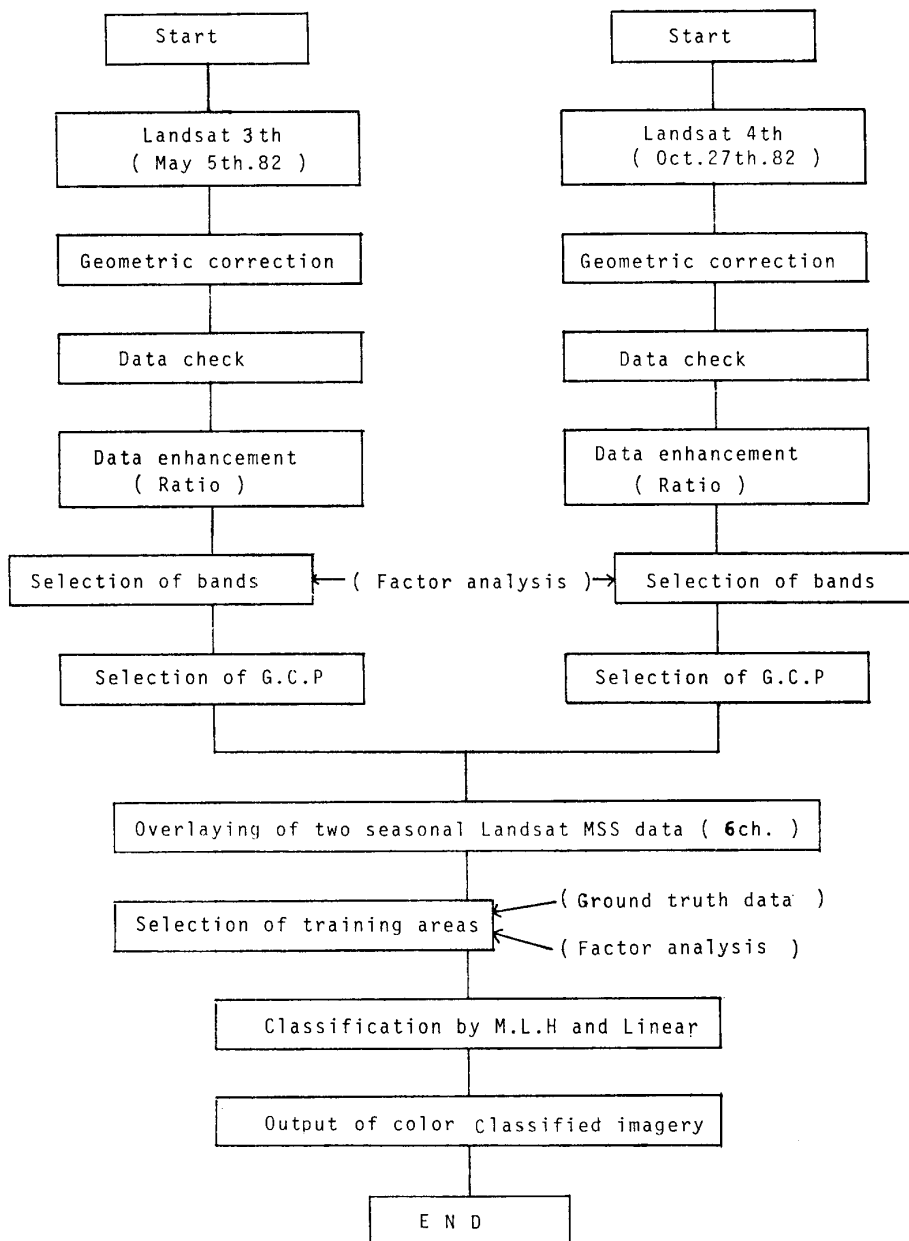


Fig. 2. Flow of image analysis

識別可能なカテゴリーの特長をみたものである。

同じ年の観測であるが、5月と10月の季節の違いがあるために、レベル差は当然であるものと思われるが、植生パターンから非植生パターンに変わったものがみられ、これにより半年間に森林から宅地造成地になってしまったところがあることを知ることができた。

次いで、前述のような処理済みのバンド構成のなかから、分類に必要なバンド選択を因子分析により行った。

因子分析の結果は、3号データと4号のそれとはほとんど違わなかったので、4号データについての結果のみを示すことにする。

各変量の相関行列を表2・1に、固有値と累積寄与率を表2・2に、さらに固有ベクトルおよび因子負荷量を表2・3に示す。また、因子分析ダイアグラムを図-5に示す。

この結果では、第2主成分までの累積寄与率が96%であるので、この基準における主成分と変量の相関である因子負荷量の試算結果をバンド選択の根拠とした。

すなわち、因子分析ダイアグラムにもみられるとおり、森林地帯の生育状況の段階区分やゴルフ場などの芝生、田畑、市街地、水、影などが明らかに区分できる見通しが得られた。

したがって、これを基準にした場合、その分類に用

Table 1. Ground control point and transform equation

Item G.C.P	Landsat 3rd		Landsat 4th		Calculated value		Error	
	Line	Column	Line	Column	Line	Column	Line	Column
Seta C.C.	93.87	123.75	240.12	143.75	240.47	143.44	-0.35	0.31
Makino	81.25	192.87	229.37	212.50	229.38	212.75	-0.01	-0.25
Yoroi Dam	133.25	196.37	281.37	215.62	281.06	215.31	0.31	0.31
Fudouji	151.25	236.50	300.12	255.00	299.76	255.08	0.36	-0.08
Nishidera	193.50	116.25	338.87	134.00	134.15	339.18	-0.15	-0.31
Nakanishi chuo bashi	255.75	90.12	106.50	400.00	106.92	400.41	-0.42	-0.41
Miyajiri	107.62	375.52	394.37	259.12	394.37	259.37	0.00	-0.25
Shigaraki C.C.	184.25	296.50	333.75	315.00	333.76	314.44	-0.01	0.56
Inoseyama	207.37	219.50	356.37	237.37	355.10	237.08	1.27	0.29
Eda	220.37	355.12	370.25	372.37	370.83	372.38	-0.58	-0.01

(Transform equation)

$$\text{Line (4th data)} = \text{Line (3rd data)} \times 0.99337 + \text{Column (3rd data)} \times 0.02084 + 144.73805$$

$$\text{Column (4th data)} = \text{Line (3rd data)} \times (-0.01802) + \text{Column (3rd data)} \times 0.99931 + 21.47408$$

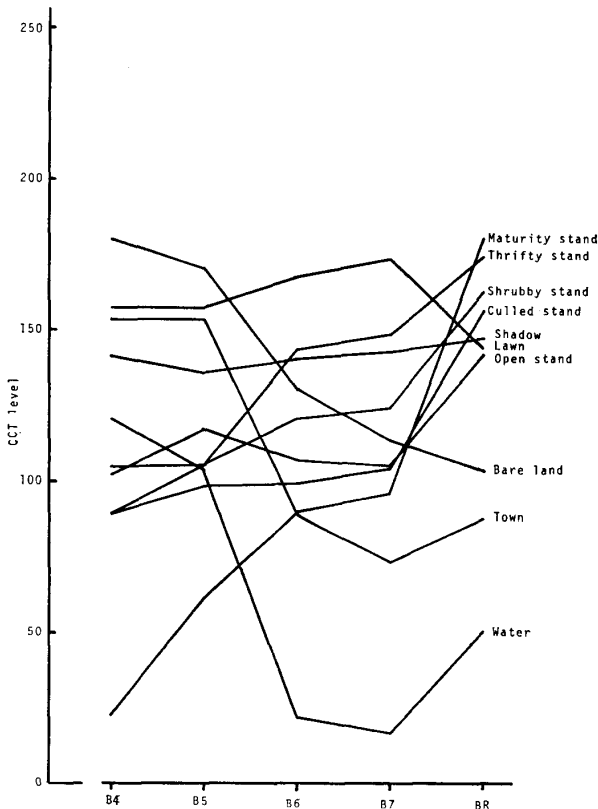


Fig. 3. Spectral pattern of 3rd data

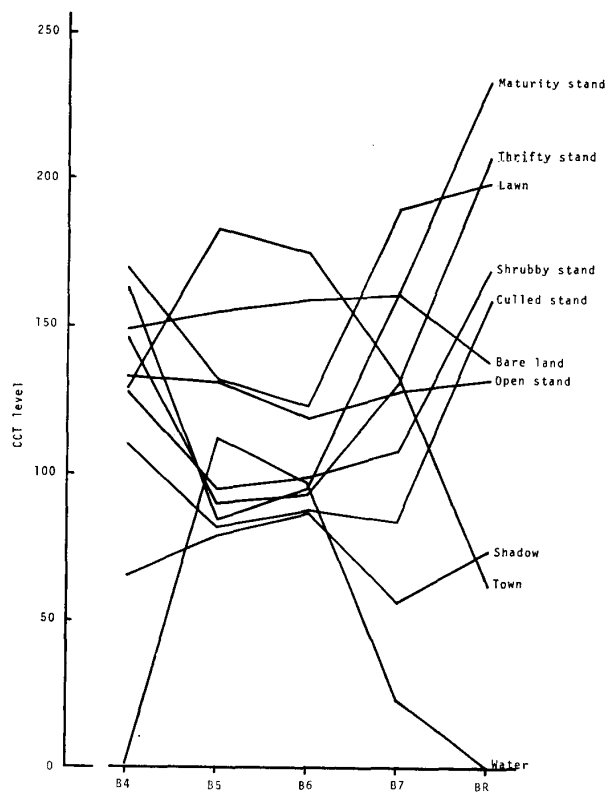


Fig. 4. Spectral pattern of Landsat 4th data

Table 2. 1. Correlation matrix of Landsat 4th data

	B 4	B 5	B 6	B 7	BR
B 4	1.00000	0.39025	0.46262	0.89677	0.81041
B 5	0.39025	1.00000	0.92069	0.62735	-0.10448
B 6	0.46262	0.92069	1.00000	0.64481	-0.00714
B 7	0.89677	0.62735	0.64481	1.00000	0.68583
BR	0.81041	-0.10448	-0.00714	0.68583	1.00000

Table 2. 2. Proportion of Landsat 4th data

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Eigenvalues	3.218987	1.598424	0.095559
Proportion	0.644	0.320	0.019
Accumulated proportion	0.644	0.963	0.983

Table 2. 3. Factor pattern of Landsat 4th data

	Factor 1	Factor 2
B 4	0.89734	0.38048
B 5	0.72412	-0.66850
B 6	0.76858	-0.59791
B 7	0.97371	0.13543
BR	0.59211	0.79432

いるバンドには、相関行列、各変量の共通度および因子負荷量の計算結果からみてバンド5、バンド7および比演算強調バンドあるいはバンド4を用いることが適当と思われる。

そこで、目的とする植生状態診断には、クロロフィル吸収帯に相当するバンド5、近赤外線域反射率のバンド7、それに比演算強調バンドの3バンドをそれぞれ重ね合わせて6バンドで分類することにした。

このオーバーレイデータのスペクトルパターンは図-6に示すとおりである。

3) 分類処理

比演算強調バンドを含む2シーンの6バンドによるオーバーレイデータに対して、教師として分類しようとするカテゴリ別トレーニング・エリアを与え、1ピクセルずつ最尤法により分類した。

この分類手法は、データの分布に関する前提条件として各カテゴリーの母集団が多変量正規分布に従えばいいという適用性が他の判別関数に比べて大きいことと、これまでの適用結果や、今回にも行った他手法と

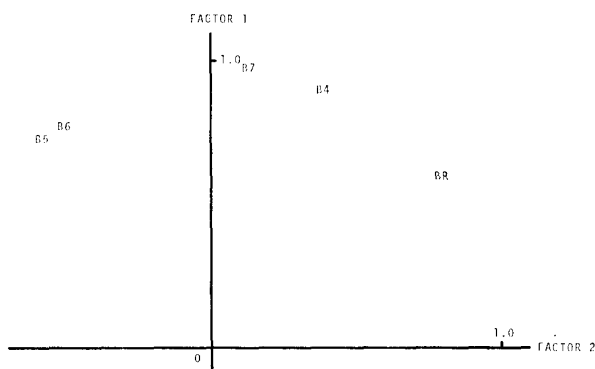


Fig. 5. Factor loading of Landsat 4th data

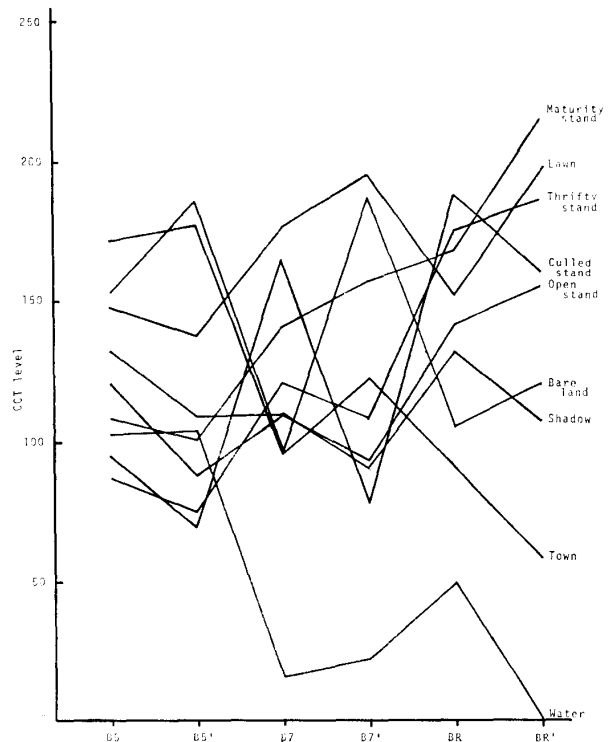


Fig. 6. Spectral pattern of overlay data

の比較においても、最も良かったことによりこれを適用することにした。なお、この分類処理には京都大学大型計算機センターのパッケージプログラム PARS を利用した。

分類項目については、5月と10月に観測された季節別データを重ね合わせたため、季節変化の大きいものは分離しやすくなるものと考えられる。

そこで、対象領域内に存在する樹種や植生状態ならびに分類目的を考慮して次のような分類項目とした。

- 1: 河川, 湖 (Blue)
- 2: 山の影, 雲の影 (Black)
- 3: 市街地, 集落 (Red)
- 4: 田畑, 裸地 (Pink)
- 5: スギ, ヒノキを含む優良森林地域 (Brown)
- 6: 生育不良のマツ林 (Yellow green)
- 7: 生育良好なマツ林 (Green)
- 8: 裸地も見えるまばらなマツ林 (Yellow)
- 9: ゴルフ場の芝生地 (Sky blue)

III 分類結果および考察

1) オーバーレイ・データの因子分析結果

先ず、分類に用いた2シーンの季節別オーバーレイ・データの因子分析結果から、各シーンのバンド別データの間どのような共通因子が存在し、それが分類にどのように寄与したかについて検討する。

Table 3. 1. Correlation matrix of overlay data

	B 5	B 5'	B 7	B 7'	BR	BR'
B 5	1.00000	0.86254	0.17572	0.51138	-0.18348	-0.08614
B 5'	0.86254	1.00000	-0.02820	0.49073	-0.31399	-0.22837
B 7	0.17572	-0.02820	1.00000	0.72823	0.90963	0.87023
B 7'	0.51138	0.49073	0.72823	1.00000	0.55996	0.72049
BR	-0.18348	-0.31399	0.90963	0.55996	1.00000	0.91846
BR'	-0.08614	-0.22837	0.87023	0.72049	0.91846	1.00000

Table 3. 2. Proportion of overlay data

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Eigenvalues	3.381592	2.240018	0.238361
Proportion	0.564	0.373	0.040
Accumulated proportion	0.564	0.937	0.977

Table 3. 3. Factor pattern of overlay data

	Factor 1	Factor 2
B 5	0.14338	0.94251
B 5'	-0.00105	0.97504
B 7	0.96232	-0.01068
B 7'	0.82856	0.48465
BR	0.91835	-0.34075
BR'	0.95137	-0.22333

その因子分析結果得られた各変量の相関行列は表3・1に、固有値および累積寄与率は表3・2に、また各変量の因子負荷量は表3・3に示す。さらに、各分類項目の教師としたカテゴリー別基準データの主成分1および主成分2に対する因子負荷量をプロットした因子分析ダイアグラムを図7および図8に示すとともに、強調処理効果をもみるために無処理の場合の結果も図9として示す。

これは、一見複雑に見える多変量の根底に横たわる潜在的因子を明らかにすることにより、データ構造の推定と実行された分類処理の正当性の検証に資することを目的としている。

表3・1においては、5月と10月のバンド5、バンド7および比演算強調バンドに高い相関が認められ

る。したがって、分類処理に選ばれたバンドはいずれも適切であったことを示している。

次の表3・2においては、観測された各変量に対して、第2主成分までで全変動量の93.7%まで説明することがわかった。そして各変量に共通の因子については、表3・3における結果から次のようにみることが出来る。すなわち、第一成分は近赤外バンドと比演算強調バンドの因子負荷量が大いことから、植生の活性度を表わす因子であり、また第二成分はクロロフィル吸収帯バンドの因子負荷量の値が高いことにより、色調に関係する因子であると推測できる。

そして、この結果により分類基準とした各項目の教師の因子得点をプロットしたものが図8の因子分析ダイアグラムであるが、この図中 Factor1 の縦方向には上部ほど活性が高い状態にあるものが集中し、下向するほど低く活力のものになるという植生状態の区分の根拠を示していると言えよう。また、Factor 2 の横方向には、緑色を基準した色による配列がなされていると考えられる。

このように、各項目のプロット位置により、その状態や性質を知ることができる。さらに、この図は図9の無処理データの結果と比べてみると、植生の分離状態が良くなっていることがわかる。

したがって、これまでの処理結果をみる限り、今回の分類において選ばれたバンドならびにその強調処理はいずれも適切であり、分類処理も効果的に行われたものと思われる。

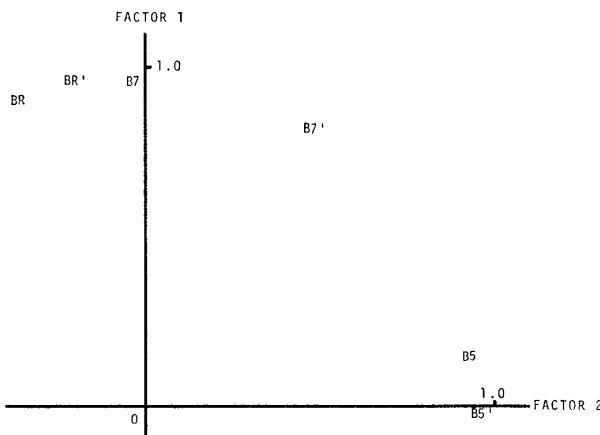


Fig. 7. Factor loading of overlay data

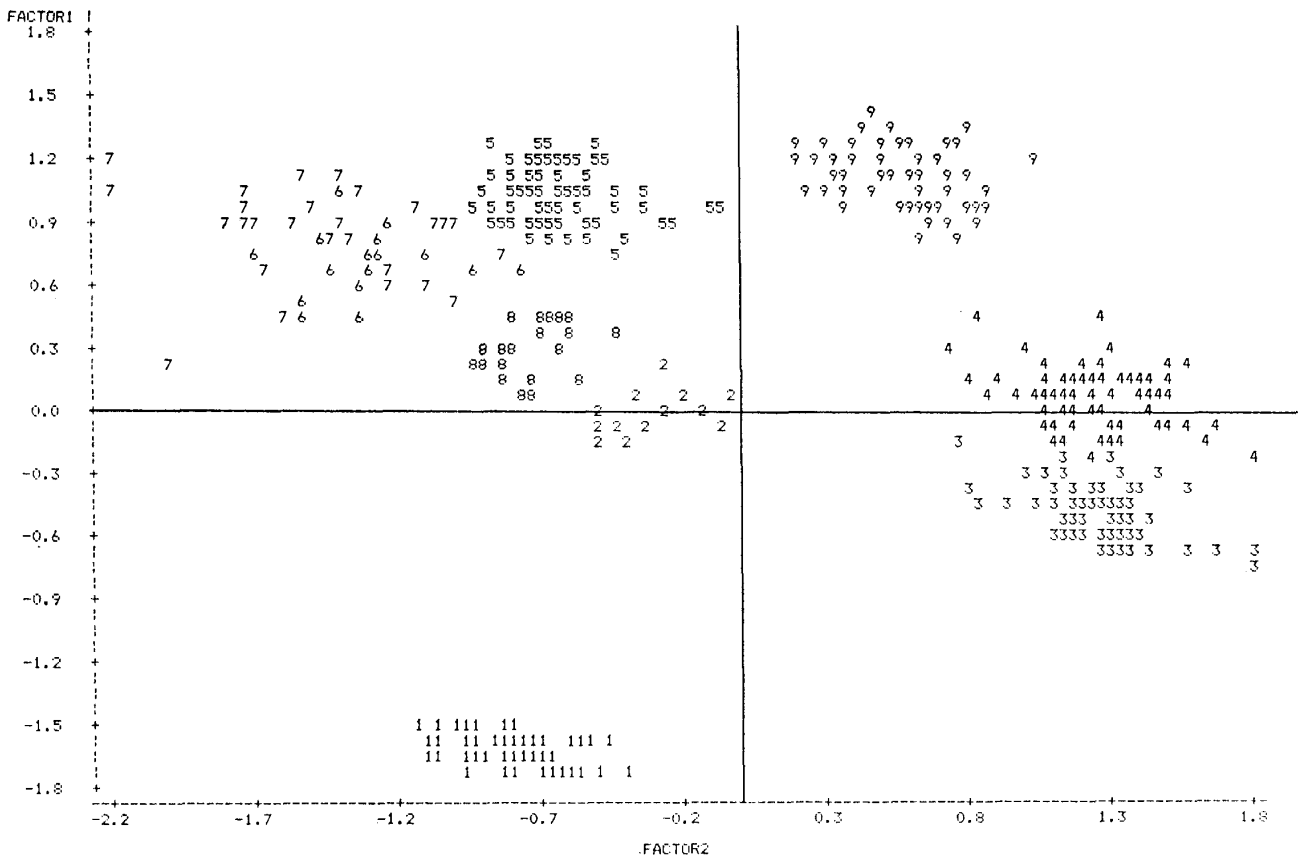


Fig. 8. Score plot of overlay data

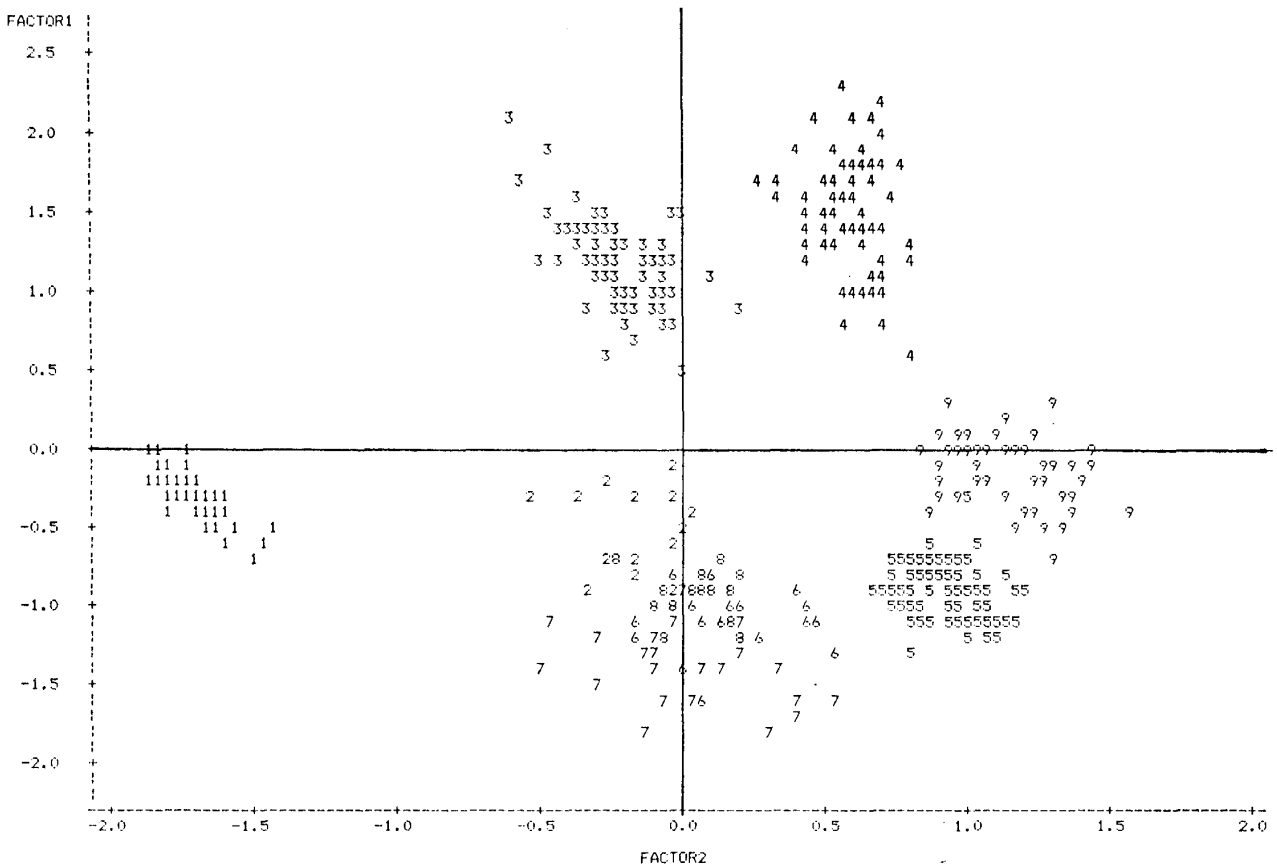


Fig. 9. Score plot of original data

2) 植生評価図の出力結果

さきに山岳地帯の観測データの中にみられる影の部分分離しえたことにより、影の領域の処理方法を見出せば判読精度の向上につながるであろう。

これには、例えば、この部分を影以外の隣接するカテゴリと同じものであるとみなすことによっても、分類精度は大巾に向上するものと考えられる。これは影の部分は局部的であり、たまたま地形的に急峻で太陽高度および方位との関係から影となるものであるため、隣接するカテゴリと同一と仮定してもかなりの確率で一致するものと考えられるからである。したがって、この手法は同一樹種の人工造林地である場合はそのほとんどが的中することになると考えられる。

今回、適用した田上山は明治以来同一樹種の造林を繰り返してきた地域であるため、影になるような谷筋、山脚部流域では隣接造林地とほとんど変わらない状態にあると判断できる。

このような根拠に基づき、分類結果において影となる部分を上述のような処理により消去し、カラー出力した。図10にその結果を示す。

また、この分類図の精度を、教師を対象にしたパフォーマンスについてみたものが、表-4に示すものである。

さらに、この分類図から得たカテゴリ別面積は表5に示すとおりである。

表-4によれば、どのカテゴリにおいてもほぼ100%の精度で分類されていることがわかる。

したがって、これは表-5の数値の信頼性につながる問題であるが、ランドサットのもつピクセルサイズとも関係するため、表-5においては領域全体の統計量を示すだけにとどめる。

3) 現地検証結果

画像処理結果においては無難な内容の成果であったが、この評価図の実用化にあたっては現地検証によってその首尾を確認しておく必要がある。

評価図にあるカテゴリのうち、水域、市街地、集落、裸地および芝や草地はほとんど誤判読のおそれのないものと思われるので、これらを除く森林地帯を中心に現地検証を行った。

この地域で行われている山腹工事のうち主なものは積苗工、ワラ積工、PNC板工、斜面被覆工、植栽工などが実施されており、植栽木にはクロマツおよびヒメヤシャブシなどが用いられている。

古い時代に施工された山腹工は、肥料分が失われるとそのほとんどが成育不良になってしまい、再施工の必要があるが、戦後行われるようになったクロマツと

Table 4. Performance of discriminant result

ACTUAL GROUP	NO. OF CASES	PREDICTED GROUP MEMBERSHIP								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
GROUP 1	100	100 100.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%
GROUP 2	15	0 0.0%	15 100.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%
GROUP 3	84	0 0.0%	0 0.0%	84 100.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%
GROUP 4	70	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	70 100.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%
GROUP 5	88	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	88 100.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%
GROUP 6	30	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%
GROUP 7	18	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	30 100.0%	18 100.0%	0 0.0%	0 0.0%
GROUP 8	24	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	24 100.0%	0 0.0%
GROUP 9	56	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	56 100.0%

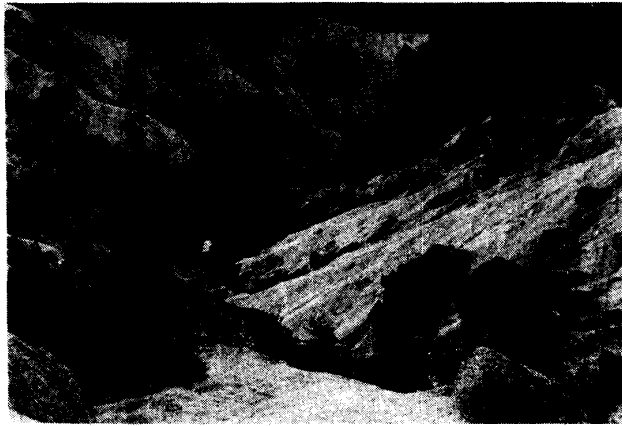
Percent of "grouped" cases correctly classified: 100.0%

Classification processing summary

485 cases were processed

0 cases were excluded for missing or out-of-range group codes.

485 cases were used for printed output.



Cultivated land and bare land (Pink)



Grass land (Sky blue)



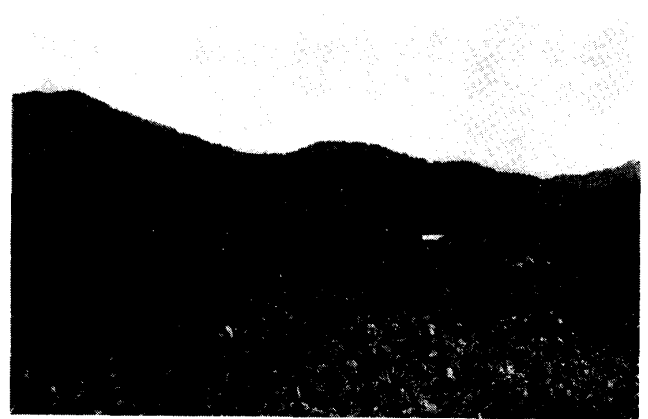
Open stand of pine (Yellow)



Culled stand of pine (Yellow green)



Thrifty stand of pine (Green)



Maturity stand of soft and hard wood (Purplish brown)

Photo 1. Categories of forest land (Assigned color in classified imagery)

Table 5. Area of each category

	Pixel	Area (m ²)	Percentage
1	2	6274	0.02
2	0	0	0.00
3	1108	3,474,688	8.61
4	727	2,279,872	5.66
5	754	2,364,544	5.87
6	2996	9,395,456	23.31
7	3582	11,233,152	27.87
8	3114	9,765,504	24.23
9	569	1,784,384	4.43

ヒメヤシャブシの混植 および 斜面被覆工の併用により、最近では植生回復の兆しが見えてきた。

これら施工後の植生回復状況の概要は、10年程度では高木層はまだ成立せず、林床においてもススキ、ネザサなどの陽性種が目立つが、植栽木であるクロマツやヒメヤシャブシもまだ小さい。

20年を経過した地域では、クロマツ林が成立しはじめている。樹高も3~8mとなり、二次林のアカマツが次第に姿を見せ始めている。

施工後25~30年になるとアカマツとクロマツの混交林に成りつつあり、地表面も全面被覆されるようになる。

施工後30年以上経過した林分ではアカマツが優占種となりヤマウルシやコナラ、ソヨゴ、リュウブなどのアカマツ林に出現する樹種が次第にみられるようになる。

これ以上の高齢林分は、信楽寄りの太神山や八管ヶ岳などの山麓部にしかみあたらないが、コナラなどの陽性の落葉広葉樹がアカマツにとって替わり、次第に耐陰性の強い樹種が侵入して、カシ、シイ、ヒノキを中心とする常緑林分となっている。

評価図の分類項目と以上の林分状況との対応は、最初の施工後10年程度の林分が、裸地も見えるまばらなマツ林(黄色)に、20年前後経過した状態の林分が生育不良のマツ林(黄緑)に、30年以上経た林分状態に判読しているのが生育良好なマツ林(緑)に、さらに、それ以上相当年数経過したスギ、ヒノキを含む優良な状態のものが高齢常緑林分(紫褐色)に相当する。

それぞれの林分の現況は写真-1に示すとおりである。

林分の現況は、地味、地形の影響が大きいため、施工後の経過年数とは一致しない状況にあるところが多かった。

その点に関しては、評価図の方はむしろ地形・地質・土壌の局所的な条件を反映したかたちの林分の現況を如実に示していることが判った。

ただ、分解能(56m角)の関係などにより、小さなスペースの裸地などは見逃され勝ちで、付近の状態を含めた平均的ないしはトータル的な評価になっているところを見受けたが、大部分の地域では現況とよく一致した。

したがって、この評価図から推定される年齢以上に工後の経過年数の多いところが、植生回復の遅れて施しているところであり、その年齢差が大きいほど今後植え直しや土壌改良等の施策が必要となる注意を要する場所と考えられる。

IV 結 論

本研究は、ランドサット MSS データによる森林調査への応用の一環として、崩壊山地の山腹植栽工施工後の植生回復状態の評価に適用したものである。

今回の調査内容は、このデータのもつ特長を充分生かせる適用例として、その首尾が目される場所であった。

しかし、ほとんど同一樹種の微妙な判別であることと、起伏の激しい山岳地であるため、判別効率を低下させ種々の影響が心配された。

そのため、季節の異なる2シーンのデータを重ね合わせて、状況判別に有利なパラメータを選び出し、効率的な分類処理により、分類精度の向上を図ろうとした。

得られた結果から、次のように結論する。

- 1, 生育状況の判別に有効なパラメータは、因子分析の結果から、比演算により強調処理を行ったバンド、近赤外線域のバンド7およびクロロフィル吸収帯域のバンド5であった。
- 2, 樹木の生育状況判別に用いたパラメータに共通する主成分は樹木の活性度および色調であった。
- 3, 季節別データの重ね合わせにより、とくに傾斜角および斜面方位などの地形的条件と太陽高度との関係から生じる影の部分の抽出が容易になった。
- 4, 影の部分区分しえたことにより、最近隣読み替え法が適用出来たため、高精度の評価図が得られた。
- 5, 以上の処理経過により得られた評価図は、現地検証においても充分適合していることが認められた。

したがって、この評価図に基づいて、過去に実

施された山腹植栽工後の経過年数別林地と植生回復状況との対応から、危険度、危険箇所の所在地推定面積等かなり具体的な情報を把握しうるものと思われる。

引用および参考文献

- 1) A. D. Bond, R. J. Atkinson, M. Lybanon, H. K. Ramaprian: Digital computer processing of Landsat data for North Alabama, NASA (1977)
- 2) 全国治水砂防協会：日本砂防史, 749~775. (1981)
- 3) 奥野忠一, 久米均, 芳賀敏郎, 吉沢正：多変量解析, 日科技連 (1981)

- 4) 中 庸充：砂防植栽林の自然回復度に関する研究 京都府立大学卒業論文 (1981)
- 5) 妹尾俊夫, 柴原 隆：MSS データによる林相区分の適用性(3), 京都府立大学学術報告・農学34, 116~126 (1982)
- 6) 村上勝彦, 高井孝之, 飯田記子：SASのすすめ(1)——(2), ——(3), 京都大学大型計算機センター広報 vol. 15, No 3, 4, 5 (1982)
- 7) 宇宙開発事業団：ランドサット MSS データ CCT フォーマット説明書 (スーパーストラクチャー) (1982)
- 8) 妹尾俊夫, 岩浪英二, 田中総太郎, 杉村俊郎：比演算を処した2季節のランドサット MSS データによる広域山地の林相区分, 日本リモートセンシング学会誌投稿中

Summary

This paper refers the feasibility of Landsat Mss data for evaluation of vegetative restoration in the hill-side planting worked area.

Study area was chosen at Tanakamiyama in Daitogawa valley of Shiga prefecture, Japan.

The outline of analytical procedures and those results in this research were as follows:

- 1) Result of the factor analysis for multivariate categorical analysis, it was evidenced that the common factors in connection with the parameter for environmental classification were the vital degree and the tint of vegetative leaves.
- 2) Based upon the factor analysis, it was proved that the absorptive band of chlorophyll, the near IR-band and the enhanced process with ratio value between two adjacent bands were usefull to classify the vegetative condition.
- 3) Value of Landsat MSS image-varies with the ground slope and direction. The ratioed value between two adjacent bands and the overlaid image with spring and autumn can be applicable to eliminate this slope effect in the data an-

alysis.

- 4) Contents of one pixel in this data consist of six values, i. e; (Band 5)₁, (Band 5)₂, (Band 7)₁, (Band 7)₂, $((8 \times \text{Band } 7 - \bar{w}) / (8 \times \text{Band } 5 - \bar{s}))_1$, $((8 \times \text{Band } 7 - \bar{w}) / (8 \times \text{Band } 5 - \bar{s}))_2$, where suffix numbers 1 and 2 mean the first and second season.
- 5) Vegetative type was classified into 6 categories, 1; Maturity stand, 2; Thrifty stand, 3; Shrubby stand, 4; Culled stand, 5; Open stand, 6; Lawn or grass.
- 6) Thus, evaluation of vegetative restoration was performed using two-season combined Landsat MSS data obtained through the above procedure for environmental classification.

By the ground verification, it was recognized that classification accuracy was high precision in any classified category.

From above results, two-season combined Landsat MSS data may be useful for evaluation of vegetative restoration in the hill-side planting worked area.



Fig. 10.1. Classified imagery of the southeast side of Lake Biwa

Assigned colors :

1. River or lake ; Blue,
2. Shade ; Black,
3. Urban ; Red,
4. Cultivated or bare land ; Pink,
5. Maturity stand ; Purplish brown,
6. Culled stand ; Yellow green,
7. Thrifty stand ; Green,
8. Open stand ; Yellow,
9. Grass land ; Sky blue



Fig. 10.2. Classified imagery of research area

Assigned colors :

1. River or lake ; Blue, 3. Urban ; Red, 4. Cultivated or bare land ; Pink, 5. Maturity stand ;
 Purplish brown, 6. Cullued stand ; Yellow green, 7. Thrifty stand ; Green, 8. Open stand ;
 Yellow, 9. Grass land ; Sky blue