

航空機 MSS データを用いた林相区分に関する研究 (III)

林相と MSS データとの関係

石川善朗

YOSHIO ISHIKAWA

Classification of forest types by aircraft multispectral scanner data (III)

Relationships between forest types and multispectral scanner data

要旨：航空機 MSS データを太陽光と斜面とのなす角度により補正して、林相区分を試みた。林相別 MSS データの平均値の有意差検定では、CH 11 を除くと補正前ではスギ林とアカマツ林、広葉樹林とに有意差が認められたが、補正後では、これに加えヒノキ林とアカマツ林ないし広葉樹林とに有意差が認められるようになった。判別関数を用いた林相区分では、全体の適中率では補正前が 55.1%、補正後では 57.6%であった。スギ林、ヒノキ林、広葉樹林では、適中率は補正後も補正前と同じであり、補正による効果は認められなかった。このことは各林相に反射特性の共通する部分があり、今回のような補正のみではそれらを分離することが困難であることを示した。

はじめに

広域の森林に対する林相区分では、高い所からの記録を用い、広い視野をもった、航空写真がよく用いられた。この航空写真の特性を生かし、かつ電磁波の波長範囲を広くし、情報の量や質を高めた MSS データは林相区分に対しより有効な手段となり得る。

林業経営の立場からみた林相区分において、スギ林、ヒノキ林、アカマツ林、広葉樹林の区別が迅速にできれば、計画をたてるうえでその有効性は大きいといえる。

本研究は判読といった主観に左右されやすい問題を取り除くため、航空機 MSS データを用い、林相区分を行なうものである。具体的には京都市の北西

部の上賀茂から雲ヶ畑にかけての地域を対象にして、各林相の波長帯ごとの反射または放射の情報から判別関数を用い、各林相の適中率を求め、林相区分の可能性を検討したものである。

MSS データを用いて的林相区分においては、統計的な分類手法に関するものや、画素単位でみた林分の反射特性に関するものが多かった^{1,6)}。本研究では一林分につき約 60 画素の平均値を用いデータの安定化をはかっている。既報^{2,3,4,5)}において、地形の影響は太陽光と斜面とのなす角度によりある程度除去されうることを明らかにしたが、本研究でも太陽光と斜面とのなす角度により、MSS データを補正して用いた。

本研究の一部は、日本写真測量学会平成 6 年度年次学術講演会で発表した。

京都府立大学農学部森林経理学研究室

Laboratory of Forest Management, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto 606, Japan.

平成 7 年 7 月 27 日受理

方 法

調査対象地は京都市北西部の上賀茂から雲ヶ畑にかけての、標高 150 m から 500 m の地域である。使用した MSS データは 1975 年 5 月 7 日に、日本造船振興財団によって観測されたコース KYOZ-6 である。観測高度は 1,850 m であり、スキャナの分解能は 2.5 mrad である。対地高度は 1,350 m から 1,700 m であるから、一画素の大きさは $3.4 \times 3.4 \text{ m}^2$ から $4.3 \times 4.3 \text{ m}^2$ となる。使用したチャンネルは 4 (0.50–0.55 μm), 5 (0.55–0.60 μm), 7 (0.65–0.69 μm), 9 (0.80–0.89 μm), 10 (0.92–1.10 μm), 11 (9.50–12.0 μm) である。また、使用した航空写真は KK-73-2X, コース C3-14, 15, 16 および 82-19, コース C10-8, 9, 10, C11-10, 11, 12 である。

本研究は以下の手順により行なわれた。航空写真を用い、対象地域の林相区分を行なった。林相はスギ林、ヒノキ林、アカマツ林、広葉樹林である。次に、現地調査及び森林調査簿から林相の確認を行ない、調査対象林分を確定した。その対象林分は、スギ 61 林分、ヒノキ 23 林分、アカマツ 41 林分、広葉樹 26 林分である。対象林分を 5,000 分の 1 森林基本図上に移写し、その林分の位置する斜面の方位角、傾斜角を森林基本図から求めた。方位角 (α) は対象斜面内の等高線の法線方向を 1° 単位で、北方向を 0° に東、南、西と右回りに 360° 読みとした。また、傾斜角 (β) は対象斜面内の最大傾斜角を次式により求めた。

$$\beta = \tan^{-1}(L \times n \div 1) \quad (1)$$

ただし、 l : 水平距離 L : 等高線間隔
 n : 水平距離 (1) 内の等高線数

一方、MSS データより対象地域のグレースマップおよびカラー画像を作成し、これらと航空写真とを参照して、対象林分をグレースマップ上に移写した。そして、対象林分の中心的位置を選び、グレースマップ上に 60 ピクセル前後で方形に区画した。この区画内のピクセルの各チャンネル別 MSS データの平均値を算出し、その林分の MSS データの値とした。また、MSS データ観測時の対象地域の太陽の高度角、方位角を求め、対象斜面について太陽光と斜面とのなす角度を求めた。具体的には 太陽方位角 (α')、太陽高度角 (β) をそれぞれ次式により求めた⁹⁾。

$$\sin \beta' = \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos h \quad (2)$$

$$\sin \alpha' = -\cos \delta \cdot \sin h / \cos \beta' \quad (3)$$

ただし、 ϕ : 調査地の緯度 δ : 太陽の赤緯

h : 太陽の時角

対象地域の中心的位置の緯度は北緯 $35^\circ 5' 30''$ 、経度は東経 $135^\circ 44' 30''$ であり、観測開始日時は 1975 年 5 月 7 日 9 時 14 分である。この日の旧東京天文台南中時は 11 時 37 分 36 秒、視赤緯は $16^\circ 34' 44''$ であり、対象地点との時差は 16 分 1 秒あるため、対象地点の南中時は 11 時 37 分 36 秒 \div 11 時 54 分となり、時角は 40° となる。これより太陽の高度角は 49.9° 、方位角は 107° となる。

太陽光と斜面とのなす角度 (θ) は次式により算出した^{2,7)}。

$$\begin{aligned} \sin \theta = & \sin \alpha' \cdot \cos \beta' \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta + \cos \alpha' \cdot \\ & \cos \beta' \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta + \sin \beta' \cdot \cos \beta \end{aligned} \quad (4)$$

そして MSS データ値と太陽光と斜面とのなす角度の関係より MSS データ値を以下により補正する。一般に MSS に入射する波長 λ から $\lambda + \Delta\lambda$ の範囲の電磁波のパワーは

$$P = \tau_a L_\lambda A \beta^2 \Delta\lambda \quad (5)$$

$$L_\lambda = (1/\pi) E_\lambda \cos \theta_s \rho_\lambda$$

ただし、 τ_a : 大気の透過率、 L_λ : 物体の分光放射輝度、 A : MSS の主反射鏡の面積、 β : MSS の瞬時視野角、 E_λ : 太陽照明光の分光放射照度、 θ_s : 太陽の天頂角、 ρ_λ : 二方向性分光反射率要因

によって示される^{8,9)}。ここで、ある地域に対し一台の MSS で短時間に観測する場合を考えると、式 (5) のうち ρ_λ 、したがって L_λ 以外はほぼ一定とみなすことができる。すなわち、式 (5) は ρ_λ の関数、

$$P = k \rho_\lambda \quad (6)$$

ただし、 k は $(1/\pi) \tau_a E_\lambda \cos \theta_s A \beta^2 \Delta\lambda$ でほぼ一定

として近似できることになる。一方、MSS に入射する電磁波のパワーと MSS データとは直線関係にあり、観測条件がほぼ等しい場合には、両者の関係は、

$$P = A + B \cdot I_x \quad (7)$$

ただし、 P : 電磁波のパワー、 I_x : MSS データ値、 A 、 B : MSS 観測条件、AD 変換の条件によって決まる定数

で表される。対象面が完全拡散面であれば、対象面と MSS との位置関係に関係なく、同一斜面から MSS に入射する P は一定と考えられる。ここで林分についてみると、ある一定の斜面の上に樹梢の凹凸で構成される林冠が存在し、斜面の大きさからみると相対的に樹梢の凹凸は細かいものといえる。すなわち、林分は上方からみた場合、表面の粗い面を

想定できる。それゆえ林冠からの反射は全方位にわたり、林冠は完全拡散面と考えられる。ただし、航空機の飛行方向と太陽方位が直角であれば、サンスポットとかシャドウスポットの影響が考えられるので、それらが平行していることが必要となる。このことから ρ_λ についてみると、単位面積あたり入射光の大小、すなわち、太陽光と斜面のなす角度が、センサに入射する光の大小に影響すると考えられる。そこで、 $\rho_\lambda = \rho'_\lambda \cdot \sin\theta$ (ただし、 θ : 太陽と斜面とのなす角度、 ρ'_λ : $\theta=90$ 度のときの二方向性分光反射率要因) とおくと、式 (5), (6) より MSS データ値は式 (8) と表される。

$$I_x = -A/B + (k \rho'_\lambda \sin\theta) / B \\ = a + b \sin\theta \quad (8)$$

これより a , b を求め、 θ を一定値にしたときの I_x を求めることにより、地形の影響に対する補正を行なうことが可能となる。

これらのデータを用い、林相と MSS データとの関係、判別関数を用いた林相区分を行ない、その適中率を求めた。

結果と考察

1. 各チャンネル間の MSS データの関係

全林分の MSS データについて、各チャンネル別に単相関係数を求めた結果を、Table 1 に示す。これによれば可視光域にあたる CH 4, CH 5, CH 7 はそれぞれお互いに高い相関がみられ、特に緑の波長帯に属する CH 4 と CH 5 とは、非常に高い相関がみられる。また、近赤外域に属する CH 9 と CH 10 とでも高い相関がみられる。これらからして、今後の解析には緑の波長帯の CH 4, 赤の波長帯の CH 7, 近赤外域の CH 9, 熱赤外域の CH 11 を用いて検討することにする。

2. 太陽光と斜面とのなす角度と反射量との関係

太陽光と斜面とのなす角度と反射量との関係をみるため、横軸に太陽光と斜面とのなす角度の正弦、縦軸にチャンネル別 MSS データ値を回帰直線とともに図示したのが、Fig. 1 である。また、林相別に回帰式、相関係数を示したのが Table 2 である。相関係数はアカマツ、広葉樹、スギでは全チャンネルにわたり、ヒノキでは CH 11 で危険率 1% で有意差が認められた。また、全林分でも全チャンネルとも危

険率 1% で有意差が認められ、太陽光と斜面とのなす角度と反射量とに相関が認められた。

3. 林相と反射量との関係

(1) 地形の影響を考慮しない場合

樹種別、チャンネル別に MSS データの平均値、標準偏差、及び平均値の 95% 信頼区間を示したのが、Table 3 である。平均値でみると CH 11 以外はスギ、ヒノキ、アカマツ、広葉樹の順に MSS データ値が大きくなっている。平均値の 95% 信頼区間をみると、CH 11 以外はスギとアカマツ・広葉樹との分離が可能となるが、CH 11 では各樹種との分離は困難である。

Table 1. Correlation coefficients between two bands data.

	CH 4	CH 5	CH 7	CH 9	CH 10	CH 11
CH 4	1.0000	0.9949	0.9465	0.9156	0.9084	0.6796
CH 5		1.0000	0.9594	0.9180	0.8989	0.6676
CH 7			1.0000	0.8679	0.7727	0.7354
CH 9				1.0000	0.9195	0.6444
CH 10					1.0000	0.5085
CH 11						1.0000

Table 2. Regression equations and correlation coefficients.

Stand	Regression equation	C. C.
CH 4		
<i>Pinus densiflora</i>	$Y = 23.59 + 11.09X$	0.616**
Hardwood	$Y = 23.13 + 13.62X$	0.665**
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	$Y = 21.93 + 6.41X$	0.271
<i>Cryptomeria japonica</i>	$Y = 18.79 + 9.49X$	0.506**
All data	$Y = 21.52 + 9.74X$	0.452**
CH 7		
<i>Pinus densiflora</i>	$Y = 13.91 + 10.89X$	0.592**
Hardwood	$Y = 14.79 + 14.49X$	0.644**
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	$Y = 12.81 + 5.42X$	0.290
<i>Cryptomeria japonica</i>	$Y = 10.51 + 9.14X$	0.445**
All data	$Y = 12.75 + 9.46X$	0.426**
CH 9		
<i>Pinus densiflora</i>	$Y = 38.46 + 35.71X$	0.539**
Hardwood	$Y = 35.94 + 52.58X$	0.617**
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	$Y = 32.51 + 26.60X$	0.313
<i>Cryptomeria japonica</i>	$Y = 26.96 + 28.40X$	0.556**
All data	$Y = 32.97 + 33.19X$	0.452**
CH 11		
<i>Pinus densiflora</i>	$Y = 43.87 + 18.90X$	0.496**
Hardwood	$Y = 44.61 + 21.80X$	0.537**
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	$Y = 35.53 + 28.46X$	0.654**
<i>Cryptomeria japonica</i>	$Y = 41.16 + 24.34X$	0.530**
All data	$Y = 42.35 + 22.13X$	0.527**

C. C.: Correlation Coefficient

** : Significant at the 1% level.

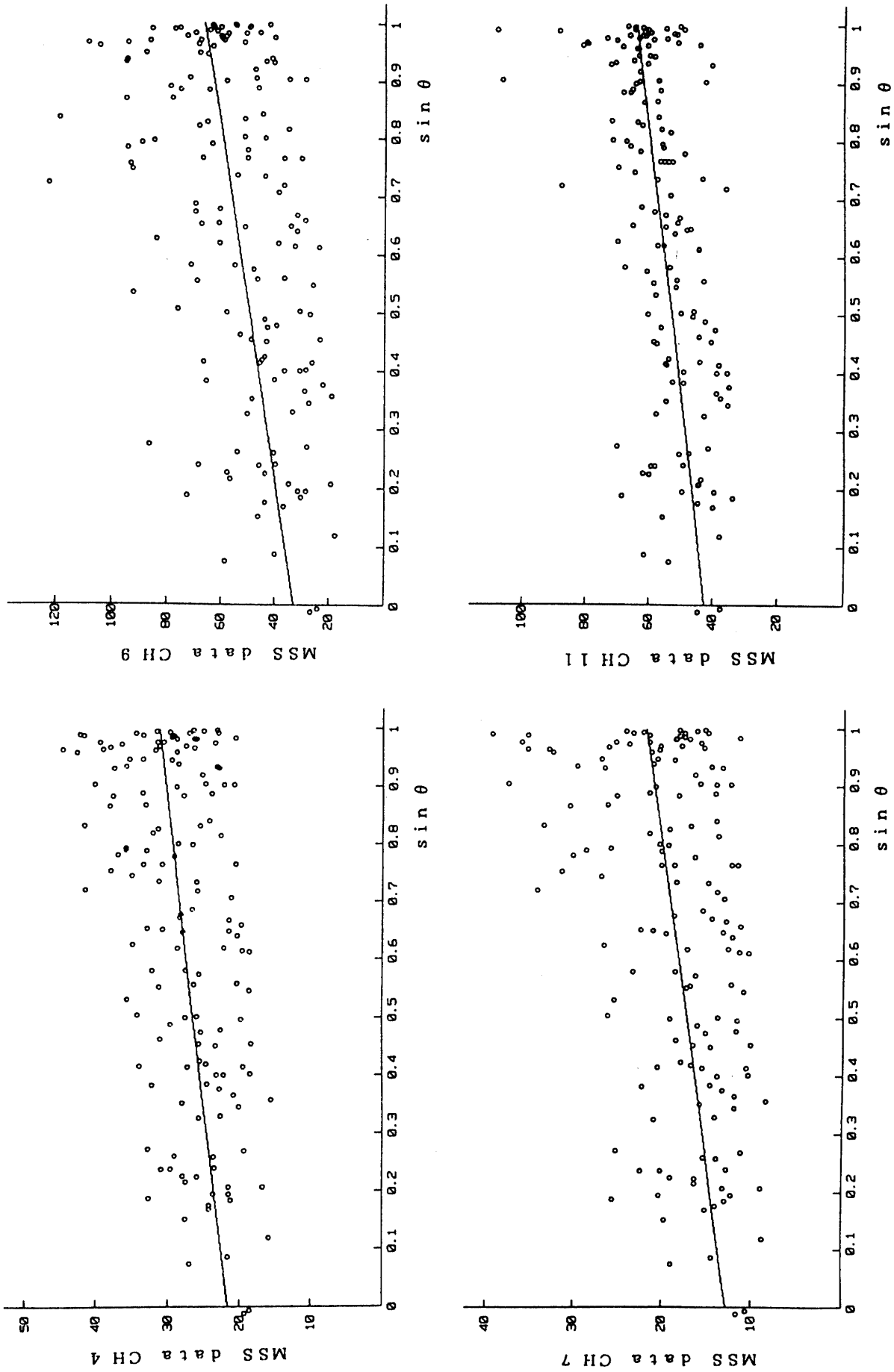


Fig. 1 Relationship between MSS data and the sine values of the angles of the slope and the sun.

Table 3. Results of measurement using MSS data.

	<i>P. densiflora</i>	Hardwood	<i>C. obtusa</i>	<i>C. japonica</i>
CH 4				
Mean	30.43	31.56	26.70	24.86
S. D.	5.56	6.58	5.64	5.40
C. I.	28.67 32.18	28.90 34.22	24.26 29.14	23.48 26.24
CH 7				
Mean	20.62	23.76	16.84	16.36
S. D.	5.68	7.23	4.45	5.91
C. I.	18.83 22.41	20.84 26.68	14.92 18.76	14.84 17.87
CH 9				
Mean	60.48	68.49	52.30	45.12
S. D.	20.45	27.38	20.22	14.70
C. I.	54.02 66.93	57.43 79.55	43.56 61.04	41.36 48.88
CH 11				
Mean	55.52	58.10	56.71	56.73
S. D.	11.77	13.04	10.36	13.21
C. I.	51.81 59.24	52.83 63.37	52.23 61.1	53.35 60.11

S. D.: Standard Deviation

C. I.: Confidence Interval

(2) 太陽光と斜面とのなす角度により補正を行なう場合

MSS データと太陽光と斜面とのなす角度の正弦とのあいだには、式 (8) の関係があり、先に述べたように正の相関があった。そこで傾き b について、全樹種のデータを用いたときの傾きと各樹種での傾きとの有意差の検定を行なった。Table 4 は全樹種のデータの回帰直線の傾きと各樹種のデータのそれとの有意差検定をするために、式 (9) より得られる t の値を示したものである。

$$t = |b - b_m| / (s_{yx} / \sqrt{S_x}) \quad (9)$$

ただし、 b : 全樹種より求めた回帰直線の傾き、 b_m : 各樹種より求めた回帰直線の傾き、 s_{yx} : 各樹種より求めた回帰直線の残差の標準偏差、 S_x : $\sin\theta$ の変動

これをみると危険率 5% でいずれの樹種も有意差は認められなかった。そこで回帰直線の傾きを全樹

種より求めた回帰直線の傾きに固定して、式 (8) を変形した式 (10) において、 $\sin\theta$ の値を全樹種のデータの平均値 (0.6457) に固定し、 I_x の値を求め、これを地形による補正值とした。

$$I_x = b (\sin\theta - \sin\theta_i) + I_{x_i} \quad (10)$$

この補正值について、樹種別、チャンネル別の平均値、標準偏差、及び平均値の 95% 信頼区間を示したのが、Table 5 である。平均値でみると CH 4、CH 9 ではスギ、ヒノキ、アカマツ、広葉樹の順に MSS データ値が大きくなっている。また、地形の影響を考慮しない場合に比べ、MSS データ値による大きさの順位が異なっているものもある。平均値の 95% 信頼区間をみると、地形の影響を考慮しない場合に比べ、より詳しく樹種の分離ができるようになった。すなわち、ヒノキとアカマツないし広葉樹との分離ができるようになった。CH 11 では樹種の区分が困難である。この波長帯は熱赤外域にあり、太陽熱の保温効果は樹種にかかわりなく、同じような性質を持っているものと考えられる。

4. 判別関数を用いた林相区分

スギ林、ヒノキ林、アカマツ林、広葉樹林に区分するため CH 4、CH 7、CH 9、CH 11 の補正前、補正後のデータを用い、

Table 4. T-tests for the slope coefficient.

Stand	CH 4	CH 7	CH 9	CH 11
<i>Pinus densiflora</i>	0.597	0.601	0.282	0.610
Hardwood	1.244	1.431	1.416	0.047
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	0.667	1.038	0.375	0.882
<i>Cryptomeria japonica</i>	0.115	0.135	0.868	0.436

Table 5. Results of measurement using revised MSS data.

	<i>P. densiflora</i>	Hardwood	<i>C. obtusa</i>	<i>C. japonica</i>
CH 4				
Mean	30.71	31.82	25.75	24.92
S. D.	4.40	5.07	5.49	4.66
C. I.	29.32 32.10	29.77 33.87	23.37 28.12	23.73 26.11
CH 7				
Mean	20.90	24.01	15.91	16.41
S. D.	4.60	5.76	4.36	5.29
C. I.	19.44 22.35	21.68 26.34	14.02 17.80	15.06 17.77
CH 9				
Mean	61.45	69.38	49.04	45.32
S. D.	17.24	22.43	19.26	12.30
C. I.	56.01 66.89	60.31 78.44	40.71 57.37	42.17 48.47
CH 11				
Mean	56.17	58.69	54.53	56.86
S. D.	10.26	11.00	7.98	11.21
C. I.	52.93 59.41	54.25 63.13	51.08 57.98	53.99 59.73

それぞれ判別関数を求め、これらの関数から得られた分類結果を示したのが、Table 6、Table 7である。全体の適中率では補正後のデータの方がわずかに良くなっている。林相ごとにみると、スギ林、アカマツ林、広葉樹林の適中率は約60%となっているが、ヒノキ林の適中率は39.1%と悪くなっており、スギ林に誤判別されている割合は43.5%にも達している。このことからみると、スギ林とヒノキ林の判別は困難と考えられる。そこでスギ林、ヒノキ林を一つのグループにまとめ、スギ・ヒノキ林、アカマツ林、広葉樹林の3つに分類し、判別関数を求めた。補正前、補正後のデータを用い、得られた

分類結果を示したのが、Table 8、Table 9である。全体の適中率は補正前のデータでは66.89%、補正後のデータでは68.87%とわずかに良くなっていることがわかる。林相別にみると、スギ林とヒノキ林の判別が困難であったため、これらを一緒にした分だけ判別結果は良くなっている。

補正の効果という点からみると、スギ林、ヒノキ林、広葉樹林では、適中率は補正後も補正前と同じであり、補正による効果は認められなかった。このことは各林相に反射特性の共通する部分があり、今回のような補正のみではそれらを分離することが困難であったことを示している。

Table 6. Classification performance for forest cover types from MSS data.

Stand	no	<i>P. densiflora</i>	Hardwood	<i>C. obtusa</i>	<i>C. japonica</i>
<i>Pinus densiflora</i>	41	22(53.7%)	9(22.0%)	2(4.9%)	8(19.5%)
Hardwood	26	5(19.2%)	16(61.5%)	1(3.8%)	4(15.4%)
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	23	3(13.0%)	1(4.3%)	9(39.1%)	10(43.5%)
<i>Cryptomeria japonica</i>	61	7(11.5%)	3(4.9%)	14(23.0%)	37(60.7%)

Correctly Classified 55.63%

Table 7. Classification performance for forest cover types from revised MSS data.

Stand	no	<i>P. densiflora</i>	Hardwood	<i>C. obtusa</i>	<i>C. japonica</i>
<i>Pinus densiflora</i>	41	25(61.0%)	8(19.5%)	1(2.4%)	7(17.1%)
Hardwood	26	5(19.2%)	16(61.5%)	2(7.7%)	3(11.5%)
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	23	3(13.0%)	1(4.3%)	9(39.1%)	10(43.5%)
<i>Cryptomeria japonica</i>	61	6(9.8%)	3(4.9%)	15(24.6%)	37(60.7%)

Correctly Classified 57.62%

Table 8. Classification performance for forest cover types from MSS data.

Stand	no	<i>P. densiflora</i>	Hardwood	<i>C. obtusa</i> • <i>C. japonica</i>
<i>Pinus densiflora</i>	41	23(56.1%)	10(24.4%)	8(19.5%)
Hardwood	26	5(19.2%)	17(65.4%)	4(15.4%)
<i>C. obtusa</i> • <i>C. japonica</i>	84	19(22.6%)	4(4.8%)	61(72.6%)

Correctly Classified 66.89%

Table 9. Classification performance for forest cover types from revised MSS data.

Stand	no	<i>P. densiflora</i>	Hardwood	<i>C. obtusa</i> • <i>C. japonica</i>
<i>Pinus densiflora</i>	41	25(61.0%)	8(19.5%)	8(19.5%)
Hardwood	26	6(23.1%)	16(61.5%)	4(15.4%)
<i>C. obtusa</i> • <i>C. japonica</i>	84	16(19.0%)	5(6.0%)	63(75.0%)

Correctly Classified 68.87%

以上からみると、太陽光と斜面とのなす角度による補正の効果はそれほど大きいものではなかった。今回用いた電磁波の反射ないし放射情報のみでは、林相分類は十分なし得るとは言いがたく、人工林、アカマツ林、広葉樹林といった概略の分類にならざるを得ない。

おわりに

樹種の違いによる電磁波反射量の変化について、地形による影響を考慮する場合としない場合について調べた。平均値の差の検定により、スギ林、ヒノキ林、アカマツ林、広葉樹林の分類の可能性をみると、2ないし3つの林相で分類することは可能であった。そして地形の影響を考慮した場合には、より細かい分類が可能となることを明らかにした。また、判別関数によるスギ林、ヒノキ林、アカマツ林、広葉樹林の分類では、スギ林とヒノキ林との分類が困難であった。今後各チャンネルデータの平均値以外の要素を考えていくことも必要であろう。

本研究にあたり終始ご協力いただいた、京都府立大学森林経理学 1982 年度専攻生、山本淳子氏に心から感謝する。また、本研究での諸計算は京都大学大型計算機センターを利用し、SPSS を使用して行なわれた。

引用文献

- 1) 新井康平 (1988) : TMデータの最尤法分類における最適閾値. 日本リモートセンシング学会誌 8 : 263-270.
- 2) 石川善朗・妹尾俊夫・納谷義和 (1981) : 電磁波の反射に及ぼす地形の影響に関する一考察. 日本写真測量学会年次学術講演会論文集 : 143-146.
- 3) 石川善朗・由里勇二 (1982) : カラマツ林の齡

級の違いによる電磁波反射量の変化. 日本写真測量学会年次学術講演会論文集 : 147-150.

- 4) 石川善朗 (1994) : 航空機 MSS データを用いた林相区分に関する研究 (I). 京都府大演習林報 38 : 37-44.
- 5) 石川善朗 (1995) : 航空機 MSS データを用いた林相区分に関する研究 (II). 京都府大演習林報 39 : 29-41.
- 6) 大林成行・岡雅夫・高橋康夫・駒井克朗・安哲浩 (1984) : 航空機 MSS データを使った画像解析における分類手法の精度に関する研究. 日本リモートセンシング学会第 4 回学術講演会論文集 : 61-64.
- 7) 大貫仁人 (1981) : LANDSAT データの地形条件の差による電磁的歪の補正法とその効果, 92 回日林論 : 147-148.
- 8) SWAIN, P. H. and S. M. DAVIS (1978): Remote Sensing - The Quantitative Approach, 396pp, McGraw-Hill, New York.
- 9) 和達清夫・土屋清・安田嘉純・江森康文・飯坂讓二・長尾真 (1976) : リモートセンシング, 280 pp, 朝倉書店, 東京.

Summary

The classification of forest types investigated by the angles between the slope and the sun. The significance of differences between the means of multispectral scanner data in relation to forest types was tested. Based on the original data, the observed differences between *Cryptomeria japonica* and *Pinus densiflora* and between *Cryptomeria japonica* and hardwood were regarded as significant except for 11 th channel data. Using the revised data, the observed differences between *Chamaecyparis obtusa* and *Pinus densiflora*

lora or between *Chamaecyparis obtusa* and hardwood were also regarded as significant. The rate of correct classification by the discriminant function was 55.1% using the original data, and this became 57.6% using the revised data. The

rate of correct classification for *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* using the original data was almost the same as that obtained using the revised data.