

Study on the classification of typical tree species in rural satoyama forests based on seasonally changed leaf color and canopy height by aerial survey

瀬戸島, 政博

<https://doi.org/10.15017/459025>

出版情報 : Kyushu University, 2005, 博士 (芸術工学) , 論文博士
バージョン :
権利関係 :



第3章 季節的な葉色変化に基づく里山林の代表的な樹種区分に関する研究

3.1 概要

多様な里山林の樹種を区分するには、樹木ごとの季節的な葉色変化を捉えていくことが重要と考えられる。樹木は、季節によってその様相（とくに葉色:leaf colors）を大きく異にする。一年中深緑な葉色で被われている常緑広葉樹であっても春季の一時期には、新葉と古葉の生え変えがあり、その一時期だけをみると他時期に比べて葉色の変化は極めて大きい。一方、落葉広葉樹の場合は、春季に新葉、秋季に紅葉（ないしは黄葉）により、葉色を大きく変化させる。このような葉色の季節変化パターンは、樹種によって葉色や変化する時期も異なることが報告されている（丸山, 1988; 小橋ら, 1994; 吉村ら, 1994）。

すなわち、丸山(1988)は、葉色の色彩変化は自然環境の変化を反映したものであり、フェノロジー(Phenology)の指標として重要になることを示唆している。小橋ら(1994)は、森林景観評価の一環としてモニタージュ画像作成のための技術確立を目的に、4月中旬から12月中旬までの期間を毎日10時に写真撮影し、樹木別色彩の季節的变化をRGB値の季節的な変化として把握している。吉村ら(1994)は、落葉広葉樹の紅葉現象が顕著な可視域の分光特性変化としてリモートセンシングデータを用いて抽出でき、広域の樹種区分が可能であることを報告している。さらに、村上ら(1999)は時系列に観測されたSPOT衛星のHRVデータを用いて九州北部地域に分布する森林植生の季節変化を把握している。

以上の研究から、樹葉の葉色の季節的变化から樹種別の変化特性が認められることは明らかであり、その特性を利用すれば樹種の細分が可能になることを示唆している。また、里山林はさまざまな樹種が混在しており、地上解像度が10~30mの中分解能衛星データでは解像度が不足するため、航空写真ないしは航空写真並みの解像度をもつデータが必要とされる。

そこで、本研究では、北部九州の里山（福岡市北西に位置する新宮町的野地区）を対象に、春季と秋季に時系列な撮影をしたカラー航空写真から作成したカラー航空オルソ画像を用いて、画像上に写る季節的な葉色変化から里山林の高木層を構成する代表的な樹種について面的に区分できる可能性について検討した。

3.2 研究対象とした樹種とその選定理由

猪上ら(1998)によれば、福岡県の森林は、海岸林、里山林、低山常緑林、奥山常緑林、温帯落葉林、岩石地、草原、スギ・ヒノキ林、竹林に区分できる。そのうち、本研究で対象となる森林は、里山林に区分される地域で、スギ・ヒノキ林や竹林も加えられる。また、環境庁(現環境省, 1990)による縮尺1/50,000 現存植生図によれば、当該地区はシイ・カシ萌芽林、コナラ・ノグルミ群落、スギ・ヒノキ人工林などが分布している。

里山林として区分される地域は、植物社会学的にはヤブツバキクラス域に属しており、本来はシイ・カシ類やタブノキなどの常緑広葉樹林で被われるはずである。しかし、積年

にわたる人間活動の影響を受け、多くはその代償としてできた植生（代償植生）に取って代わられた。その主なものには、クヌギ・コナラ等落葉林、シイ・カシ萌芽林、アカマツ林、ススキ・シバ草地が挙げられる。クヌギ・コナラ等落葉林は、かつては農用林として利用され、15～20年に1回薪炭材として伐採された後に、切株から萌芽して樹林が再生されていた。この樹林を構成する高木では、コナラ、クヌギがとくに優占し、ヤマザクラ、ハゼノキ、ノグルミ、エノキなどの高木がみられる。シイ・カシ萌芽林は、伐採した樹木の根元から萌芽した常緑広葉樹を主体に構成された樹林で、ヤブツバキクラス域の自然植生と似た樹種が多い。とくに、高木では、スダジイ、アラカシが優占し、他にタブノキ、コジイ、ウラジロガシ、クスノキなどの高木がみられる。これ以外にも里山林を構成するスギ・ヒノキやモウソウチクもよく見られる(猪上ら、1998)。

したがって、本研究では北部九州の里山林を構成する高木層の代表的な樹種であるアラカシ(*Quercus glauca*)、スダジイ(*Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*)、クスノキ(*Cinnamomum camphora*)、コナラ(*Quercus serrata*)、クヌギ(*Quercus acutissima*)、ケヤキ(*Zelkova serrata*)、サクラ(*Prunus jamasakura*, *Prunus yedoensis*)、スギ(*Cryptomeria japonica*)、ヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)、モウソウチク(*Phyllostachys pubescens*)などの樹種を対象とした。なお、サクラについてはカラー航空写真の撮影時期(1999.4.8)では、ヤマザクラとソメイヨシノは同一の色調に写っているため両者を一括した。

3.3 春季と秋季の時系列な航空写真画像の撮影時期とその視点

本研究では、1999年4月から2000年2月までの8回にわたりカラー航空写真の撮影を実施した。表-3.1に撮影年月日と各時期の撮影のねらいをまとめた。

表-3.1 撮影時期とその視点

回数	撮影年月日	撮影のねらい
1	1999. 04. 08	サクラの開花・樹木の芽吹き時期
2	1999. 04. 27	常緑広葉樹・落葉広葉樹の新葉時期
3	1999. 05. 12	常緑広葉樹・落葉広葉樹の葉色変化時期
4	1999. 06. 14	梅雨期、モウソウチクの葉色変化時期
5	1999. 11. 05	落葉広葉樹の紅葉開始時期
6	1999. 11. 22	落葉広葉樹の紅葉伸展時期
7	1999. 12. 08	落葉広葉樹の紅葉・黄葉最盛時期
8	2000. 02. 18	落葉期・スギの褐変時期

撮影縮尺は、各時期とも 1/10,000 とし、各時期の航空写真の比較照合が容易になるように、各撮影日の天候は晴ないしは晴天とし、撮影には、GPS(Global Positioning System : 汎地球測位システム 以下、GPS という)搭載の航空写真測量用カメラ(Leica 社製 RC-30)を使用して、各撮影時期の写真中心が概ね同一になるように配慮した。

カラー航空写真の撮影は、春季の常緑広葉樹の開花や新葉の時期と、秋季～晩秋季の落葉広葉樹の紅葉・黄葉時期を主体に、そのほか梅雨期や厳冬期にも撮影した。ただし、夏季は葉色変化も安定し、常緑広葉樹と落葉広葉樹のそれぞれの葉色にそれほど変化が生じないため、撮影は実施していない。

3.4 解析地区

解析地区は、福岡市北西に隣接する新宮町の野(図-3.1)であり、近くにはクスノキ純林で有名な立花山(標高 367m)が聳え、山地を主体に住宅地・農地などを含み、常緑広葉樹、落葉広葉樹、スギ・ヒノキ植林、竹林などから構成される典型的な里山林である。

上原ら(2004)によれば、当該地域は立花山のクスノキ原生林などの希少な自然に加えて、かつての里山や水田など二次的な自然環境を有しているが、その一方で福岡市に隣接することから、近年の都市化による人口増加率が福岡県で最も高い地域となっている。

1940 年代後半では集落とその周辺の水田、薪炭用の広葉樹林、針葉樹林、多様な用途に重宝されたマダケ林が主体の土地利用であったものが、1970 年代前半にはマダケ、広葉樹林、針葉樹林等の山林が大規模に開墾され果樹園となった。また、スギ・ヒノキと同様に植林されていたアカマツ林はマツ枯れにより広葉樹林化が進行した。2000 年時点では、ミカンの自由化により、この果樹園も管理放棄される箇所が多く、モウソウチク林の拡大やツル植生の繁茂が目立っている(上原ら、2004)。



図-3.1 解析地区の位置

3.5 研究方法

3.5.1 時系列なカラー航空写真のデジタル化とカラー航空オルソ画像の作成

時系列に撮影したカラー航空写真のネガフィルムを用いて入力用スキャナにより、地上解像度約 20cm を 1 画素とするデジタル画像データ (RGB の各データ) に変換した。さらに、市販の数値地図 50m メッシュ標高データ (財団法人日本地図センター発行) を用いて、中心投影の航空写真画像から正射投影 (オルソフォト) 画像を作成した。これにより各時期のカラー航空オルソ画像を相互に比較できるように位置的な整合を図った。

3.5.2 各時期のカラー航空オルソ画像の色調補正

ここでは、各時期のカラー航空オルソ画像上の色調を相対的に比較できるようにできるだけ統一し、相互の画像上で樹葉の葉色変化を把握しやすいように補正した。色調補正にあたっては、8 時期の画像の色調が相対的に比較できることを目的としたため各画像上で、その形状と色調とが明瞭に識別できる地物 (例えば赤色・青色・白色の屋根、黒色のビニールハウス、白色に写る裸地など) の領域を 30 箇所抽出し、それぞれについて RGB 値を計測した (図-3.2)。色調補正用に抽出した 8 時期のカラー航空オルソ画像別の地物サンプルごとの統計量 (平均値と標準偏差) を補足資料Ⅲに示した。すなわち、黒色のビニールハウス (黒 1~黒 5)、青色の屋根 (青 1~青 10)、赤色の屋根 (赤 1~赤 10)、白色の屋根・裸地 (白 1~白 5) の計 30 箇所を抽出し、それぞれの平均値と標準偏差を求めた。

次に、これらの標準偏差を用いて、1999 年 4 月 8 日撮影時点の RGB 値を基準に、他の 7 時期分の RGB 値との相関係数を求めた (表-3.2)。同表のように、7 時期分の RGB 値の相関係数はすべて 0.9 近くの高い値が認められ、これらの値にしたがって各時期の RGB 値を補正し、4 月 8 日時点を基準とした場合の色調に他の 7 時期分の RGB 値を整合させた。図-3.3 は、このようにして作成した解析地域の各時期のカラー航空オルソ画像である。

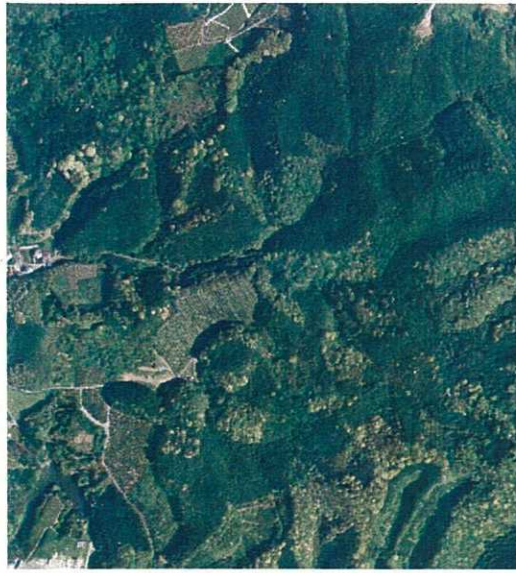


図-3.2 色調補正のために使用した地物の色調サンプル



(1)1999年 4月 8日撮影

芽吹き時期であり、樹葉の新葉の展開が始まる時期



(2)1999年 4月 27日撮影

スダジイなどの新葉の展開が始まり、褐色の葉色を示す



(3)1999年 5月 12日撮影

スダジイの花序による黄緑色の葉色が鮮明になる



(4)1999年 6月 14日撮影

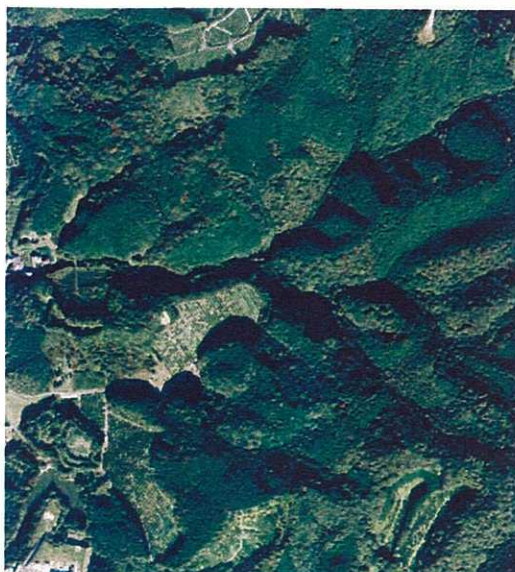
落葉広葉樹および常緑広葉樹ともに深緑の葉色を示す

図-3.3 解析地区の各時期のカラー航空オルソ画像(1)



(5)1999年 11月 5日撮影

落葉広葉樹林でも未だ紅葉・黄葉が鮮明でない



(6)1999年 11月 22日撮影

紅葉・黄葉が進行し、落葉広葉樹林に葉色の変化



(7)1999年 12月 8日撮影

コナラ・クヌギなどの黄葉が顕著に写る



(8)2000年 2月 18日撮影

落葉広葉樹林内の下層に常緑広葉樹が分布

図-3.3 解析地区の各時期のカラー航空オルソ画像(2)

表-3.2 4月8日を基準とした場合の色調補正結果（他7時期データとの相関係数）

撮影年月日	R 値	G 値	B 値
1999.04.27	0.9469	0.9201	0.9139
1999.05.12	0.9354	0.8971	0.9002
1999.06.14	0.9613	0.9439	0.9314
1999.11.05	0.9788	0.9781	0.9758
1999.11.22	0.9262	0.9253	0.9235
1999.12.08	0.9366	0.9355	0.9404
2000.02.18	0.9548	0.9415	0.9409

3.5.3 RGB値からHSI値への変換

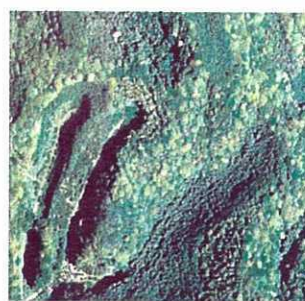
色調補正がなされた各時期のRGB値を色彩の3属性（色相（H：hue）、彩度（S：saturation）、明度（I：intensity））を用いたHSI値に変換した。色相は色名に対応する色知覚を表し、彩度は色の鮮やかさの程度を示す尺度、明度は各色相の明るさを示す尺度である。RGB値上では、人間の色感覚による色彩変化傾向が直感的に把握しにくい面があるため、人間の色知覚を直接表すHSI値も解析に用いることにした。

3.5.4 対象樹種の選定

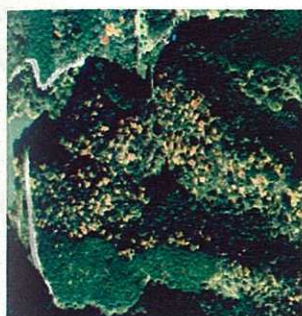
ここでは、アラカシ・スダジイ・クスノキ・コナラ・クヌギ・ケヤキ・サクラ・スギ・ヒノキとモウソウチクを加えた樹種について、2000年5月16～17日および12月5～6日に現地調査を実施して、これらの樹種の分布箇所を現地とカラー航空オルソ画像上で識別し、サンプリング地点（樹種ごとに各15箇所）として選定した（図-3.4）。RGBデータ値からみた樹種別のサンプル統計量（平均値と標準偏差）を補足資料Ⅳに、HISデータ値からみた樹種別のサンプル統計量（平均値と標準偏差）を補足資料Ⅴに示す。すなわち、8時期のカラー航空オルソ画像のRGBデータ上あるいはHISデータ上で、スダジイ1～15、クスノキ1～15、スギ1～24、ヒノキ1～19、コナラ1～25、クヌギ1～8、モウソウチク1～24、サクラ1～14、ケヤキ1～14、ハゼノキ1～14の平均値と標準偏差を求めた。ただし、サクラは12月8日撮影のカラー航空写真上では落葉しており解析対象からは除外し、データ組み合わせによる樹種区分の可能性（3.7.3）の検討にはケヤキを加えた。

3.5.5 春季の葉色変化による里山林の代表的な常緑広葉樹区分の可能性

春季のカラー航空オルソ画像（1999.4.8, 1999.4.27, 1999.5.12, 1999.6.14）を用いて、アラカシ・スダジイ・クスノキの3樹種各15サンプリング地点の画像を画面上に出力し、その画像上で該当する樹冠領域を入力した上で、その領域内を構成する画素のRGB値およびHSI値を測定した（補足資料Ⅳ～Ⅴ）。これらの測定値の時系列な変化のプロット図を求め、春季という限られた期間内での各樹種の葉色変化特性を把握した。さらに、RGB



(1)カラー航空オルソ画像上のスダジイのサンプリング地点



(2)カラー航空オルソ画像上のコナラのサンプリング地点

図-3.4 カラー航空オルソ画像上でのスダジイ・コナラのサンプリング地点

値およびH S I 値の検討により得られた最適な時期のデータ値を用いて、画像処理手法によりアラカシ・スダジイ・クスノキの樹種区分の可能性を検討した。

3.5.6 春季と秋季の時系列な葉色変化による里山林の代表的な構成樹種区分の可能性

春季のカラー航空オルソ画像(1999.4.8, 1999.4.27, 1999.5.12, 1999.6.14)に加えて、秋季および冬季のカラー航空オルソ画像(1999.11.05, 1999.11.22, 1999.12.08, 2000.2.18)を用いて、アラカシ・スダジイ・クスノキ・コナラ・クヌギ・ケヤキ・スギ・ヒノキ・モウソウチクの9樹種を対象に樹種区分の可能性を検討した。サンプリング箇所は樹種ごとに13~15地点を選定した(補足資料Ⅳ~Ⅴ)。9樹種のサンプリング地点の画像領域を入力し、領域内を構成する画素のRGB値およびH S I 値を計測した。これらの測定値の時系列な変化プロット図を作成し、年間にわたる各樹種の葉色変化とその特性を把握した。

9樹種の年間にわたるRGB値およびH S I 値の変化特性から、葉色が大きく変化を生じる時期やその変化が明確に表れているデータを選定した。選定した時期とデータの組み合わせから、樹種区分の可能性を検討した。

そのために各データ値が同一基準上で比較できるように0~100の数値に正規化することで各樹種を区分するのに最適なデータの組み合わせを検討した。さらに、その組み合わせには、加算、差演算、比演算の処理を施し、各樹種の分散傾向を分析して樹種区分の可能性を検討した。

3.6 春季の葉色変化による里山林の代表的な常緑広葉樹区分の可能性

3.6.1 カラー航空オルソ画像上からみた葉色変化の特性

(1) RGBデータ値からみた葉色変化の特性

計測に用いた3樹種の時系列な画像例を図-3.5に示す。

画像上の色調から、アラカシは4月上旬～6月中旬までの間、常に暗緑色の色調を示し、時期による変化は比較的少ないこと、スタジイは4月上旬のやや褐色味を帯びた緑色から4月下旬～5月中旬に淡黄色～褐色に変わり、6月中旬には明緑色へと変化すること、クスノキは4月初旬および6月中旬には暗緑色を示すが4月下旬～5月中旬に黄緑色に変化することが分かる。すなわち、この時期に各樹種はそれぞれ異なる葉色変化パターンを示していることが視覚的に分かる。

これをRGBデータ値の変化から比較してみると、RGBデータ値からみた各樹種のサンプル別の葉色変化特性を図-3.6、春季・秋季にわたる全サンプルの平均からみた葉色変化の特性を図-3.7に示す。

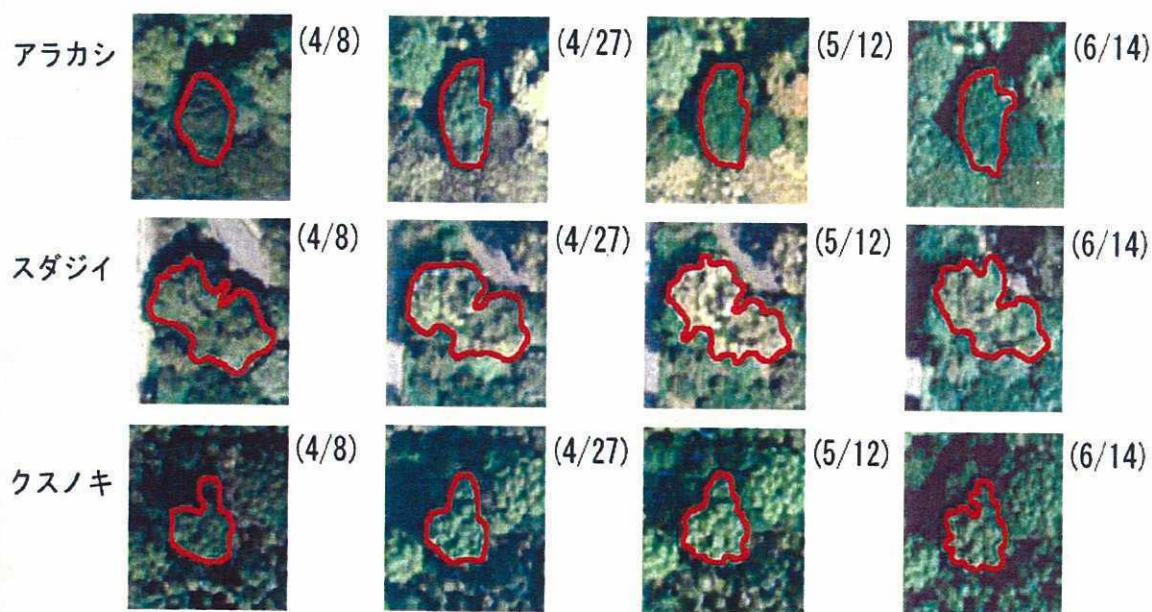


図-3.5 計測用の時系列な樹種別のカラー画像例

画像上の色調から、アラカシは4月上旬～6月中旬までの間、常に暗緑色の色調を示し、時期による変化は比較的少ないこと、スタジイは4月上旬のやや褐色味を帯びた緑色から4月下旬～5月中旬に淡黄色～褐色に変わり、6月中旬には明緑色へと変化すること、クスノキは4月初旬および6月中旬には暗緑色を示すが4月下旬～5月中旬に黄緑色に変化することが分かる。すなわち、この時期に各樹種はそれぞれ異なる葉色変化パターンを示していることが視覚的に分かる。

次に、これをRGBデータ値の変化から定量的に比較してみる。前述のように、RGBデータ値からみた各樹種のサンプル別の葉色変化特性を図-3.6、春季・秋季にわたる全サンプルの平均からみた葉色変化の特性を図-3.7に示す。

①アラカシ(*Quercus glauca*)

アラカシは、二次林にいち早く進入し定着することで知られ、当該地域でも放置されているコナラ林などによくみかける。春季に新葉や花序（雌花序は新枝の葉の腋から伸び、黄色の花柱を3個つき出した雌花をつけ、雄花序は新枝の下部から垂れ下がる）により黄緑色の葉色を示し、初夏には深緑色の葉色に変化するためと考えられる。

アラカシは、各データ値とも時期により若干の変動があるが、年間を通してみると大きな変化は認められない。ただし、4月下旬の値をみると他時期の値に比べて、若干大きな値を示し、わずかに特性が認められる。これは、新葉や花序による黄緑色に変化した葉色を示すものと考えられる。5月中旬のデータ値では、4月下旬および6月中旬のデータ値とも時期間の変化は小さく、ほぼ一定値を示している。一方、全サンプルの平均的な変化傾向から離れたサンプル（図-3.6で kashi.01, 02, 06）もみられる。これらは、樹冠が小さく、樹冠の隙間に存在する他の樹木の影響を受けたものと考えられる。

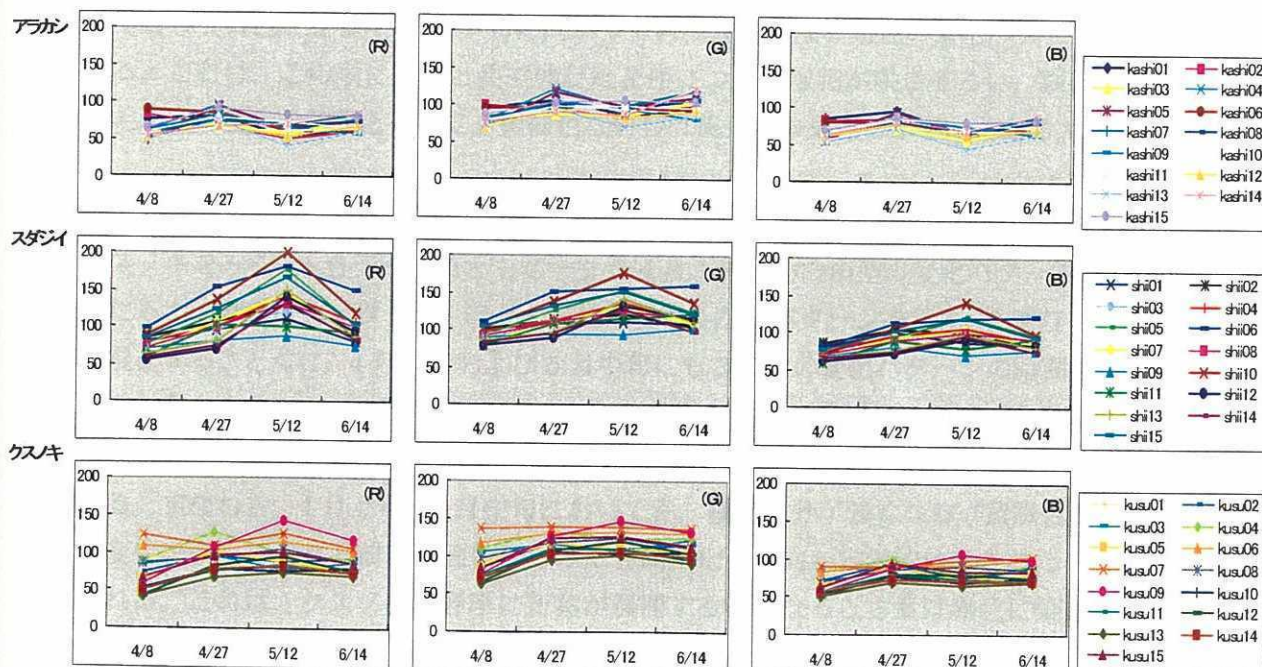


図-3.6 RGBデータからみた各樹種の葉色変化特性

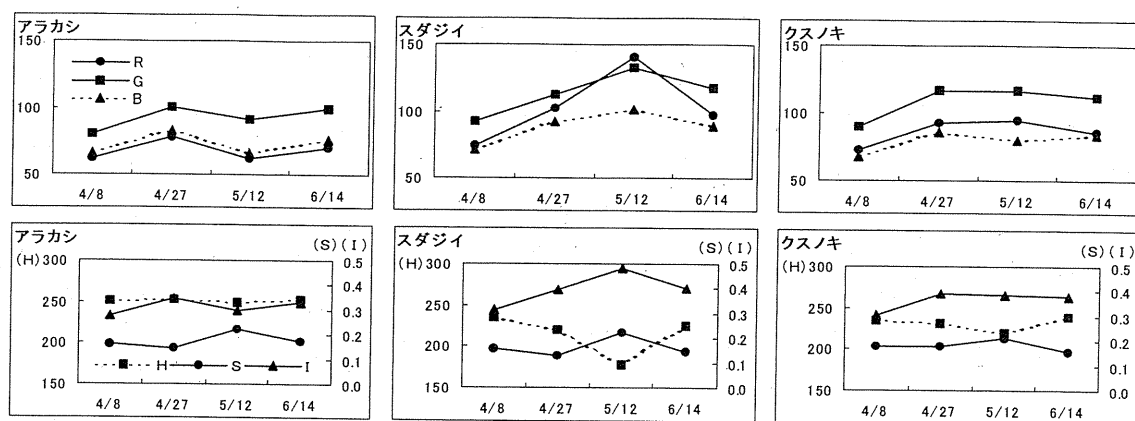


図-3.7 RGB値およびHSI値の平均からみた各樹種の葉色変化特性

②スダジイ(*Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*)

スダジイをみると、ほとんどのサンプルが5月中旬にデータ値のピークをもつ山型の変化パターンを示す。この変化パターンは、とくにRにおいて顕著であり、G値・B値においてはそれほど明確ではない。また、4月下旬～5月中旬の間ではデータ値の変化が大きく、明瞭なピークをもつ変化パターンが示されている。すなわち、5月中旬に向かって赤色成分が強くなり（黄色となる）、6月中旬に向かって再度緑色となる葉色の変化パターンを示している。これは、この頃になると長く伸びた花序についた雄花が咲きそろう、淡褐色の細かい毛が密に生えた若葉とともに、黄緑色ないしは黄金色の葉色を示すためと考えられる。

③クスノキ(*Cinnamomum camphora*)

クスノキをみると、各データ値ともピークを4月下旬にもつ山型の変化パターンと、5月中旬にもつ山型の変化パターン、ほとんど値が変化しないパターンを示す、3通りのサンプルが混在する。とくに、4月下旬および5月中旬にもつ山型の変化パターンの時間差は、クスノキの葉色変化が4月下旬から5月中旬にわたり、徐々に進行していくことを示すものと推察される。また、このような変化はR値、G値において顕著で、B値においては微小である。すなわち、4月上旬～5月中旬において赤、緑色成分が強くなる（黄緑色となる）葉色変化を表しており、前記の画像からみた色調変化の傾向が定量的に示されたものと考えられる。これは、クスノキが春季に新葉が展開する頃になると古葉は赤色に染まり（その後には落葉する）、展開したばかりの若葉が橙黄色の葉色を示し、それが黄緑色の葉色に変化するためと考えられる。

以上のように、春季間のRGBデータ値による代表的な常緑広葉樹の樹種別の葉色変化特性は、次のようにまとめられる。

- 1) 4月下旬～5月中旬（または5月中旬～6月中旬）における各データ値の変化傾向が、

樹木による差異を最もよく表している。4月下旬～5月中旬では、アラカシ：微減，スダジイ：急増，クスノキ：微増である。

- 2) 5月中旬の各データ値も樹木により明確に異なり，全てのRGB値に対して，スダジイ，クスノキ，アラカシの順に高い。これは，この時期の葉色がスダジイにおいて最も明るく，クスノキ，アラカシの順に暗くなることの表われと考えられる。
- 3) 前記のような樹木間の変化パターンおよびデータ値の差異は，R値において最も顕著である。G値，B値と青色成分に向かうに従い樹種間の差異も小さくなる。これは，樹種の葉色変化が赤色成分の増減（緑～黄緑，黄色）を中心とすることを反映しているものと考えられる。

これらのことから，4月下旬～5月中旬（または5月中旬～6月中旬）のR値の変化量，または5月中旬のR値が，アラカシ・スダジイ・クスノキの樹種区分に有効であることを示唆している。

(2) HSIデータ値からみた葉色変化特性

HSIデータ値からみた各樹木のサンプル別の葉色変化特性を図-3.8に，全サンプルの平均からみた葉色変化の特性を図-3.7(前掲)に示す。

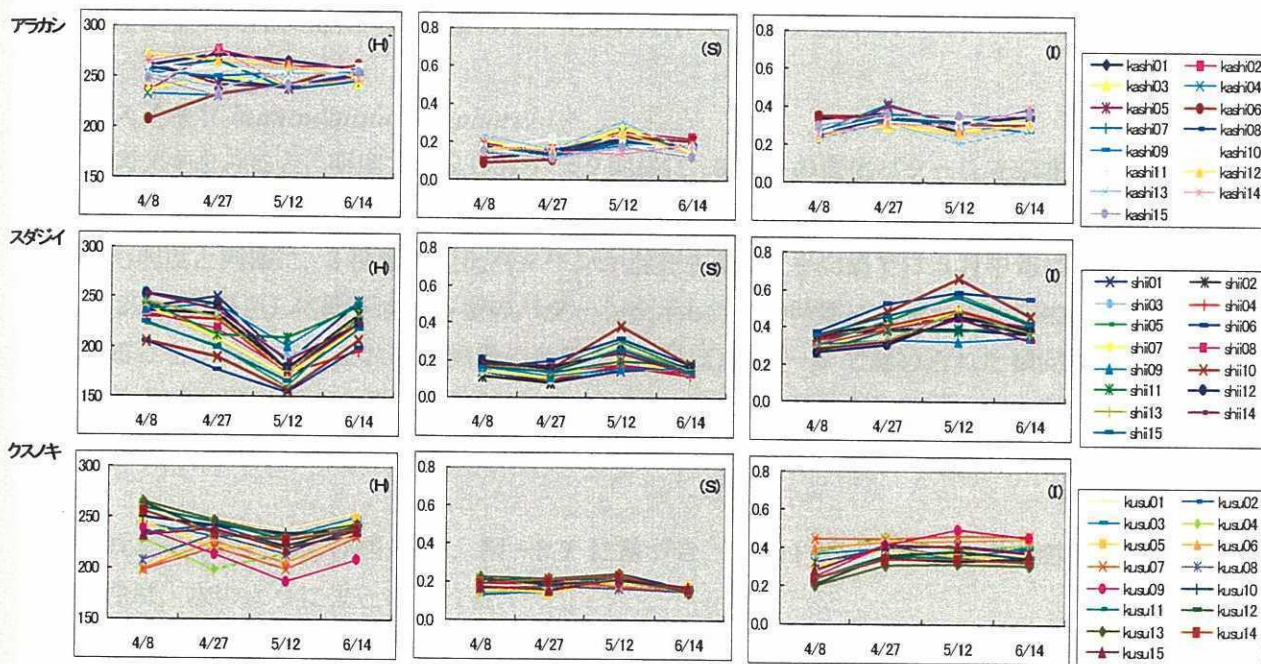


図-3.8 HSIデータからみた各樹種の葉色変化特性

①アラカシ(*Quercus glauca*)

アラカシは，明度がRGBデータの場合と同様の変化パターンを示し，5月中旬には若干値が低下する谷型の変化パターンがみられる。また，色相は時期によるデータ値の変化は

少なくほぼ一定値（約 250）を示し、ほとんど色成分が変化せず常時緑色であったことを表している。さらに、時期が進むに従い分散が小さくなり、一定の色調に収斂することが分かる。一方、彩度は 5 月中旬のみデータ値が若干高くなるが、その他はほぼ一定の値を示し明確な変化は認められない。なお、RGB データの場合と同様に、時系列変化のパターンが全サンプルの平均的な変化傾向から離れたサンプルもいくつかみられる。

② スタジイ (*Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*)

スタジイをみると、明度では RGB データの場合と同様に、5 月中旬に明瞭なピークをもつ山型の変化パターンを示し、この時期に明るい色調を呈するためと考えられる。また、色相はクスノキと同様に 5 月中旬においてデータ値が低下する谷型のパターンを示すが、その値は約 180（ほぼ黄色）であり、この時期における赤色系へのシフトがより顕著であることが分かる。明度、色相にみられるこれらの傾向は、画像の色調および RGB データ値にみられた葉色変化の傾向をより明確かつ直接的に表している。すなわち、明度および色相が樹木の葉色の定量化および区分に対して有効であることを示唆している。一方、彩度はアラカシと同様に 5 月中旬のみデータ値が若干高くなるが、その他はほぼ一定の値を示し明確な変化は認められない。なお、RGB データ同様、時系列変化のパターンが、全サンプルの平均的な変化傾向から離れたサンプルがいくつかみられる。

③ クスノキ (*Cinnamomum camphora*)

クスノキをみると、明度では RGB データ同様に、3 通りの変化パターンを示すサンプルが混在するが、平均値では 4 月下旬以降ほとんど一定値を示し変化がみられない。また、色相も明度と同様に、3 種類の変化パターンが混在するが、平均値では 5 月中旬において値が約 220（黄緑色）に低下する谷型のパターンを示し、この時期に色調が赤色系にシフトしていることが分かる。これは、画像の色調および RGB データで認められた傾向であり、明度および色相に樹木の葉色変化が明瞭に表されていると考えられる。一方、彩度は全時期でほぼ一定値を示し、時系列変化は認められない。

これまでの検討および図-3.8、図-3.7 に基づき、HSI データによる樹木別の葉色変化特性は、次のようにまとめられる。

- 1) 樹木別の葉色の時系列変化特性は、明度、色相によく表されている。彩度は樹木間での差異がみられず、ほぼ同様の変化パターンを示す。
- 2) 樹木別の明度は RGB データの場合と近似した変化特性を示す。すなわち、4 月下旬～5 月中旬（または 5 月中旬～6 月中旬）の変化値、5 月中旬の値に、樹木別の違いが表されている。これは、前述のように 5 月中旬において樹木は全体に明るい葉色となり、その変化の程度が樹木により差異を生じているためと考えられる。
- 3) 色相も明度と同じ時期のデータ値に、樹木別の違いが明瞭に表されている。5 月中旬の

データ値では、スダジイ、クスノキ、アラカシの順に小さく、この順に赤色成分（黄色味）が強い色調であることを示している。この傾向は、画像の色調およびRGBデータ値にみられた葉色変化の傾向をより明確かつ直接的に表しており、色相を用いることにより樹木の葉色変化の特性がよりの確に把握できる可能性が見出された。

以上により、明度および色相の4月下旬～5月中旬（または5月中旬～6月中旬）の変化値、または5月中旬の値が、これら3種類の樹木の識別に有効であると考えられる。

3.6.2 春季の葉色変化特性に基づく樹種区分の試み

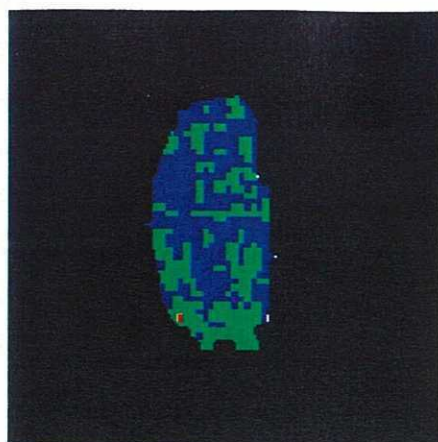
前述のとおり、RGBデータ値およびHSIデータ値の検討結果より、3種類の樹木の識別に対して、R値、明度(I値)および色相(H値)の4月下旬～5月中旬（または5月中旬～6月中旬）の変化値、または5月中旬の値が有効であると考えられた。

そこで、これらの組み合わせの中から、有効性が高いと思われる5月中旬のR値、5月中旬のH値を用いて、実際の樹種区分への適用可能性を検討した。樹種区分は、時系列変化の検討で用いた各樹木15箇所のサンプリングポイントの画像データについて実施した。そのための手法は、時系列変化の検討により得られた樹木別の色調データ値の平均値に基づくレベルスライス処理を適用した。図-3.9～図-3.10に区分結果の画像の一例を、表-3.3に区分精度の集計結果を示す。図-3.9～図-3.10は図-3.5(前掲)の5月12日データにおいて白枠で示される場所を区分している。区分精度は、各樹木のサンプリングポイント内で正しく分類された面積比率を示している。

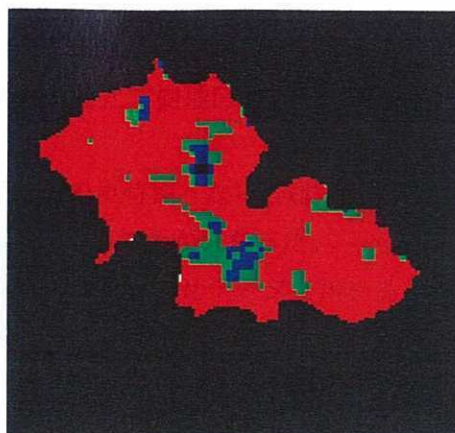
R値を用いた区分精度をみると、アラカシは約82%、スダジイは約68%であり、良好な結果が得られているが、クスノキは約40%、全樹木の平均では約63%であり、やや精度が低い。クスノキはアラカシ、スダジイとRの値が重なっている範囲が多く、両者との間で誤判別を起こしているためと考えられる。一方、H値を用いた区分精度をみると、アラカシは約74%で若干精度が低下するが、スダジイは約82%、クスノキは約57%、全樹木の平均では約71%であり、R値を用いた場合に比べて精度の向上がみられた。これにより、樹種の区分に対して、H値が有効なデータとなることが見出された。また、適切なデータを用いることにより、レベルスライスのような簡易な画像処理でも、良い精度で樹種区分が行えることが把握された。なお、今回の試みでは単純化のため、レベルスライスの閾値に区分対象樹木の色調データ値の平均値を採用したが、統計値（分散等）を考慮して適切な閾値を設定することにより、さらに高い区分精度が得られる可能性があると考えられる。

表-3.3 各樹種の区分精度の比較（%で表示）

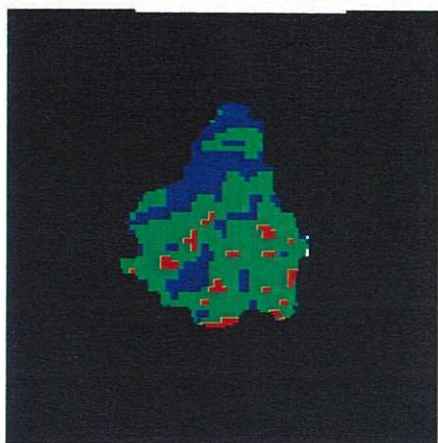
使用データ	アラカシ	スダジイ	クスノキ	全樹木平均
5月中旬のR値	81.9	67.7	39.7	63.1
5月中旬のH値	73.5	82.3	57.0	70.9



(アラカシ)



(スダジイ)



(クスノキ)

アラカシ	■
スダジイ	■
クスノキ	■

図-3.9 5月中旬のR値による樹種区分

3.6.3 要約

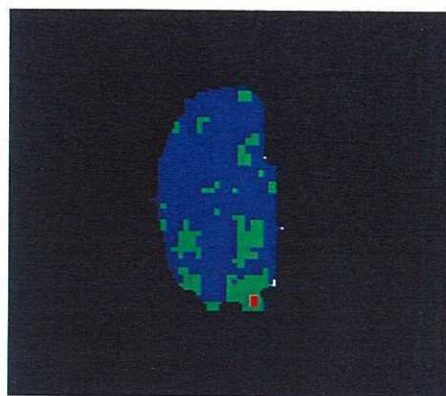
- (1) アラカシ・スダジイ・クスノキは春季においてそれぞれ異なる時系列の葉色変化特性を示すことが明らかになった。
- (2) その特性は5月中旬をピークにスダジイは緑色から黄色に、クスノキは黄緑色にシフトし、アラカシは常時緑色を維持すること。

これらの葉色変化を示す理由は次のように考えられる。すなわち、スダジイは5~6月が開花期にあたり、白から黄色に変わる雄花序が穂状に垂れるため、航空写真上で黄色に鮮明に写り、クスノキも5~6月に開花期をむかえ、円錐花序を出し、黄緑色の小さな花を多数つけるとともに古葉の一斉落葉と新芽から展開した若葉などにより黄緑色に写ると考えられること。

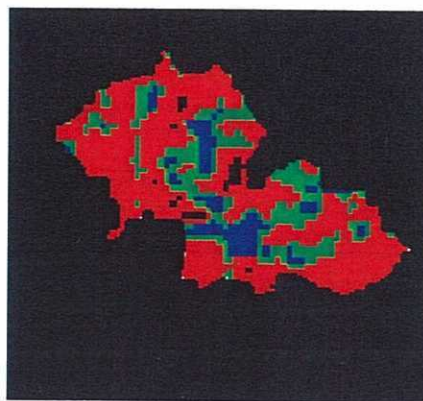
それに比べて、アラカシは古葉が多く残存し、若葉の色調も比較的濃いため、常時緑

色を維持すると考えられる。

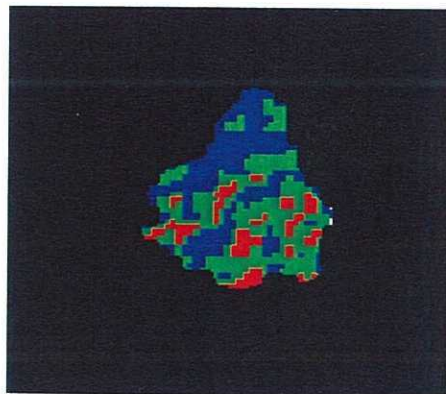
- (3) 色調変化は明るさおよび赤色成分の増減に表れており、RGBデータのR値、HSIデータのH値（色相）、I値（明度）を用いることで樹種区分できる可能性があることが分かった。
- (4) 樹種区分の際の最適な観測時期は5月中旬の単時期、ないしは5月中旬と4月下旬または6月中旬の2時期の組み合わせが考えられることが分かった。
- (5) 葉色の時系列変化を考慮して適切な時期、組み合わせデータを用いることにより、簡易な画像処理により樹種が区分できる可能性が見出されたことが分かった。



(アラカシ)



(スダジイ)



(クスノキ)

アラカシ	
スダジイ	
クスノキ	

図-3.10 5月中旬のH値による樹種区分

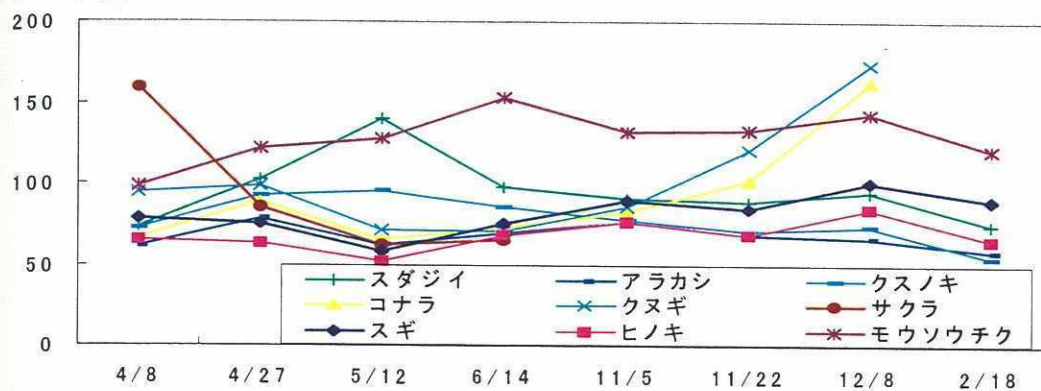
3.7 春季と秋季の時系列な葉色変化による里山林の代表的な構成樹種区分の可能性

3.7.1 時系列なカラー航空オルソ画像上からみた葉色変化の特性

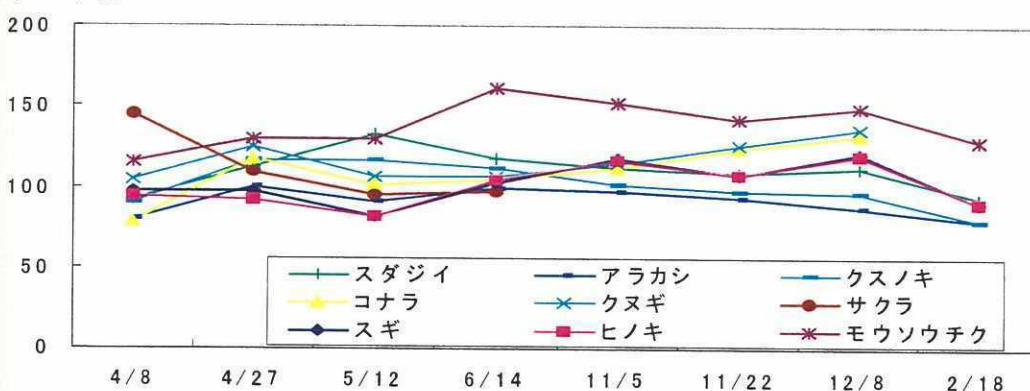
(1) RGBデータ値からみた葉色変化の特性

図-3.11 に RGB データ値からみた各樹種の葉色変化を示すとともに、図-3.12 には選定した 9 樹種について、常緑広葉樹、落葉広葉樹、常緑針葉樹の葉の色調変化の特性をよく表すスダジイ、コナラ、スギ、およびモウソウチクの葉色変化を示す。

R データ値



G データ値



B データ値

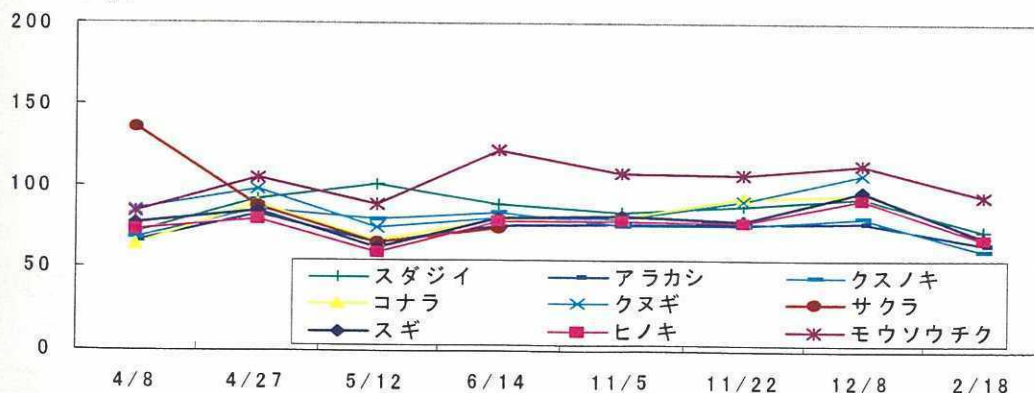


図-3.11 RGBデータ値ごとにみた樹種別の葉色変化

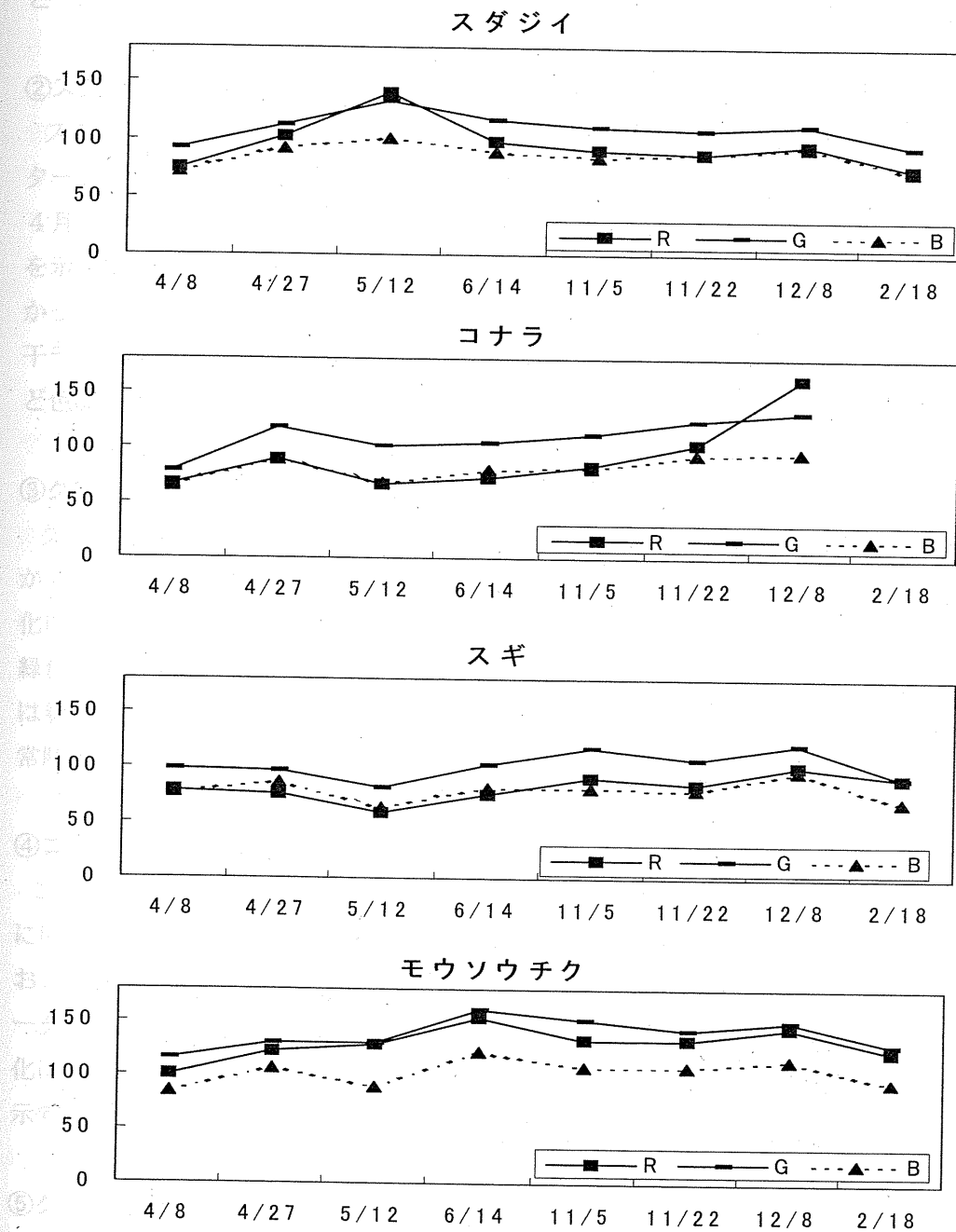


図-3.12 樹種別にみたRGBデータ値の季節的な変化

①アラカシ(*Quercus glauca*)

アラカシは、各データ値とも時期により若干の変動があるが、年間を通してみると大きな変化はみられない。5月中旬のデータ値では、4月下旬および6月中旬のデータ値に比べて若干低下し、谷型の変化パターンが認められる。しかし、各データ値とも時期間の変化

は小さく、ほぼ一定値を示す。また、秋季においては春季以上にデータ値の変化は少なく、とくに、アラカシは通年で葉色の変化が少ないことを表している。

②スダジイ(*Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*)

スダジイは、5月中旬にデータ値のピークをもつ山型の変化パターンを示す。この変化パターンは、とくにR値において顕著で、G、B値においてはそれほど明確ではない。また、4月下旬～5月中旬の間ではデータ値の変化が大きく、明瞭なピークをもつ変化パターンを示す。すなわち、5月中旬に向かって赤色成分が強くなり（黄色となる）、6月中旬に向かって再度緑色となる葉色変化パターンを示す。一方、11月上旬から12月上旬に向かい若干データ値が上昇する傾向はみられるが、その変化量はわずかであり、この時期にほとんど色調が変化していないことを示している。

③クスノキ(*Cinnamomum camphora*)

クスノキは、4月下旬～5月中旬に緩やかなピークをもつ変化パターンを示し、葉色変化が4月下旬から5月中旬にわたり、徐々に進行していくことを表している。このような変化はR、G値において顕著で、B値においては微小であり、4月上旬～5月中旬において赤、緑色成分が強い（黄緑色となる）葉色変化を表しているためと考えられる。一方、秋季には春季に比べてデータ値は低下し、ほとんど一定な値を示すようになり、やや暗い葉色を常時表していることが分かる。

④コナラ(*Quercus serrata*)

コナラは、各データ値とも4月下旬に明確なピークをもつ変化パターンとなり、この時期に明確な葉色変化を示す。このような変化は各データ値とも同程度にみられ、4月中旬において全体に明るい葉色を表している。一方、11月上旬から12月上旬に向かって急激にデータ値が上昇する傾向がみられ、この時期に明瞭な葉色変化を示すことが分かる。この変化は、とくにR値において顕著で、赤色成分がきわめて強くなる（赤澄色となる）傾向を示す。なお、2月中旬には、落葉により地面の色調が現れていた。

⑤クヌギ(*Quercus acutissima*)

クヌギは、コナラと近似した葉色変化パターンを示す。各データ値とも4月下旬にピークをもつ変化パターンを示すが、4月上旬からの変化量はコナラに比べて小さい。すなわち、コナラほど明確ではないが、4月上旬から中旬において全体に明るい葉色となる変化を表している。また、コナラと同様に11月上旬から12月上旬に向かって急激にデータ値が上昇する傾向がみられ、この時期に明瞭な葉色変化を示すことが分かる。とくに、11月上旬から12月上旬のR値の上昇はコナラ以上に顕著で、赤色成分がコナラ以上に強くなる（濃い赤色となる）傾向を表している。なお、2月中旬には、コナラ同様に落葉により地面の

色調が現れていた。

⑥サクラ (*Prunus jamasakura*, *Prunus yedoensis*)

サクラでは、4月上旬に各データ値ともきわめて高い値を示し、その後5月中旬に向かい値が低下している。これは、他の樹種と明確に異なる変化パターンであり、開花および新芽の発育に伴う葉色変化を表しているためと考えられる。一方、11月上旬には既に落葉しており地面の色調が現れていた。

⑦スギ (*Cryptomeria japonica*)

スギは、各データ値とも5月中旬に若干値が低下する傾向がみられるが、変化量は少なく明確ではない。その前後の時期ではほぼ一定の低い値を示し、春季には葉色があまり変化せず暗い色調を示している。一方、秋季においては時期により若干値が上下する傾向があるが、必ずしも明確ではない。また、春季に比べて各データ値とも若干値が高くなる傾向がみられ、秋季には葉色がやや明るくなる傾向を表している。

⑧ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*)

ヒノキは、スギと同様に5月中旬に若干値が低下する傾向がみられるが、その前後の時期では一定の低い値を示し、春季には葉色があまり変化していないと推察される。一方、秋季においてもスギと同様に、明確な値の変化はみられない。また、春季に比べて各データ値とも若干値が高くなる傾向はあるが、スギほど明確ではなく、通年でほぼ一定の暗い葉色を示している。

⑨モウソウチク (*Phyllostachys pubescens*)

モウソウチクは、ほぼ通年で他の樹種より高い値を示し、明るい葉色であることが分かる。4月上旬から6月中旬に向かい、ほぼ単調に値が増加する傾向がみられ、この期間にわたり、徐々に明るさが増すことを表している。また、5月中旬にはB値が低下する傾向がみられ、この時期に相対的に赤色成分が強くなる葉色変化を表している。一方、秋季にはほぼ一定の高い値を示し、他の樹種に比べて明るい色調を常時表していることが分かる。

以上の検討結果に基づき、RGBデータ値による樹種別の葉色変化特性は、次のようにまとめられる。

- 1) 通年でみると、常緑広葉樹は春季に、落葉広葉樹は春季と秋季に明確な葉色変化を示し、常緑針葉樹は通年で明確な葉色変化を示さないことが分かる。
- 2) 常緑広葉樹では、とくに春季の5月中旬を中心とした各データ値の変化傾向が、他の樹種との差異を最もよく表している。また、この葉色変化は明るさおよび赤色成分の増減（緑～黄緑、黄色）を中心に行っていると考えられる。これは、スタジイ・クスノキなど

の開花期にあたり黄色の花序を出すことや、新葉から展開する若葉などの葉色によるものと考えられる。

- 3) サクラを除く落葉広葉樹では、春季の4月中旬、および秋季の12月上旬を中心とした各データ値の変化傾向が、他の樹種との差異を最もよく表している。とくに12月上旬を中心として赤色成分の明確な増減（緑～赤色）が示されており、紅葉や黄葉による葉色変化傾向を表しているものと考えられる。
- 4) 常緑針葉樹では、秋季において春季に比べて若干明るくなる傾向がある他は、葉色は通年でほとんど変化していないと考えられる。
- 5) サクラおよびモウソウチクは、開花や新葉などを反映し、他の樹種と明確に異なる葉色変化パターンを示すことが分かる。

以上のことから、総合的にみると5月中旬、および12月上旬のR値が、これら9樹種の識別に有効であると考えられる。

(2) H S I データ値からみた葉色変化の特性

図-3.13 に HSI データ値からみた各樹種の葉色変化を示すとともに、図-3.14 には RGB データ値で同様にスダジイ・コナラ・スギ・モウソウチクの葉色変化を示す。

① アラカシ (*Quercus glauca*)

アラカシは、I 値が RGB データの場合と同様の変化パターンを示し、春季に若干の変化はあるものの通年ではほぼ一定の値を示す。H 値も時期によるデータ値の変化は少なくほぼ一定値（約 250）を示し、ほとんど色成分が変化せず常時緑色であったことを表している。S 値は5月中旬のみデータ値が若干高く、その前後はほぼ一定の値を示し明確な変化は認められない。また、11月下旬から12月上旬にかけて若干値が上昇するが、変化量は小さく明確な傾向は認められない。

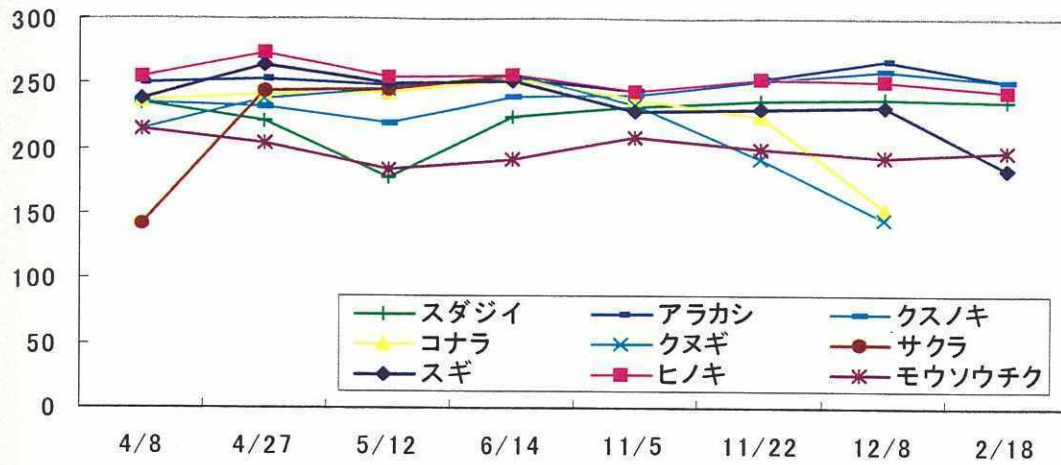
② スダジイ (*Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*)

スダジイは、I 値では RGB データの場合と同様に、5月中旬に明瞭なピークをもつ山型の変化パターンを示す。これは、この時期に明るい葉色を示すためと考えられる。H 値は5月中旬においてデータ値が低下する谷型のパターンを示す。その値は約 180（ほぼ黄色）で、この時期において赤色系へ顕著にシフトしていることが分かる。秋季～冬季では H 値は約 240 で一定しており、ほとんど色成分が変化せず、常時緑色を示していたと考えられる。S 値は5月中旬のみデータ値が若干高まるが、通年ではほぼ一定値を示し、明確な変化は認められない。

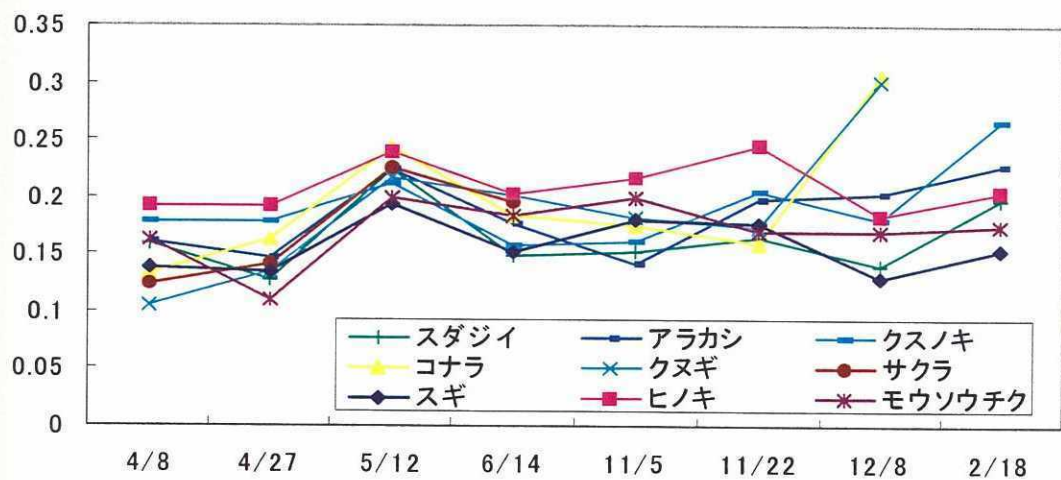
③ クスノキ (*Cinnamomum camphora*)

クスノキは、I 値では RGB データ同様に、4月下旬～6月上旬にゆるやかなピークをも

Hデータ値



Sデータ値



Iデータ値

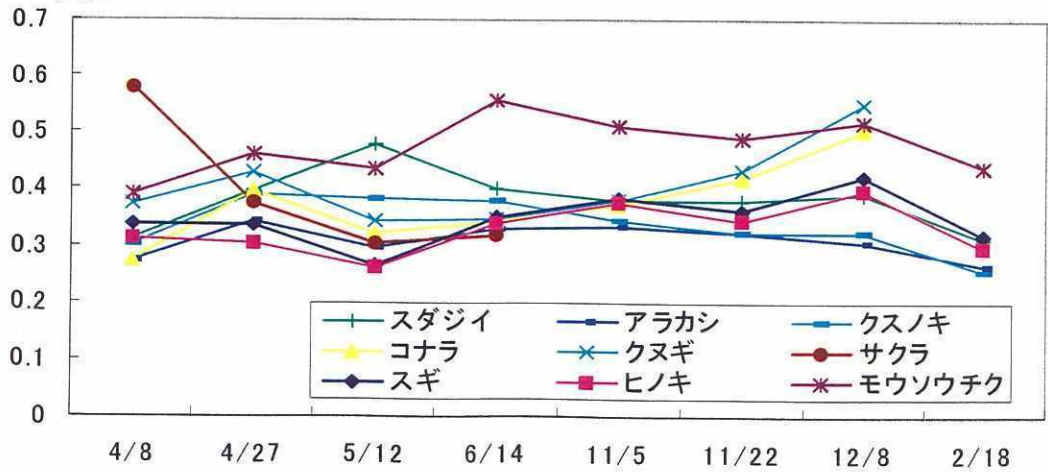


図-3.13 H S I データ値ごとにみた樹種別の葉色変化

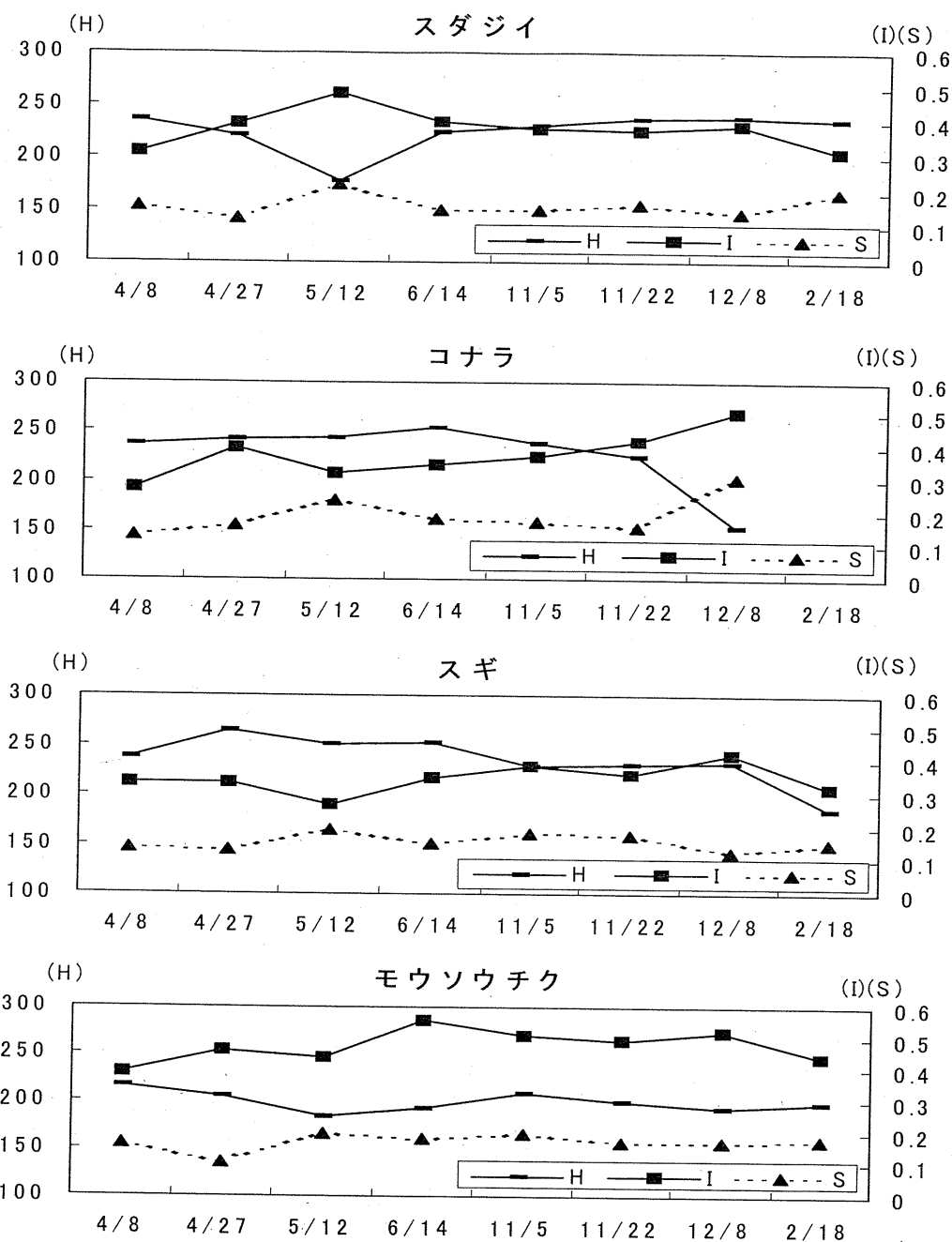


図-3.14 樹種別にみたH S I データ値の季節的な変化

つ変化パターンがみられ、秋季に比べて若干明るい色調を示している。H 値は5月中旬において値が約 220 (黄緑色) に低下する谷型のパターンを示し、スダジイほど顕著ではないが、この時期に色調が赤色系にシフトしている。一方、12月上旬前後には 260~270 のやや高い値を示し、やや青みを帯びた深緑の葉色を示すことが分かる。S 値は若干の値の変動はあるが通年でほぼ一定値を示し、明確な時系列変化の傾向は認められない。

④コナラ (*Quercus serrata*)

コナラは、I 値では RGB データ同様に、4 月下旬および 12 月上旬にピークをもつ変化パターンがみられ、これらの時期に明るい葉色を示している。H 値では 12 月上旬において値が 150 近く（赤澄色）に低下するパターンを示し、葉色が赤色系に顕著にシフトしていることが分かる。その他の時期は約 240 の値となり、常時緑色を示していると考えられる。S 値は 5 月中旬と 12 月下旬にピークがみられ、この時期に鮮やかな色調を示すことが分かる。

⑤クヌギ (*Quercus acutissima*)

クヌギでは、I 値はコナラ同様に、4 月下旬および 12 月上旬にピークをもつ変化パターンがみられ、これらの時期に明るい葉色を示している。H 値では春季に約 210 から 260 に値が上昇し、黄緑から濃緑色に変化している。一方、秋季では 12 月上旬に向かい値が 150 以下（赤色）に低下するパターンを示し、葉色がコナラに比べてより赤色系に顕著にシフトしている。S 値はコナラと同様に 5 月中旬と 12 月下旬にピークがみられ、この時期に鮮やかな葉色を示すことが分かる。

⑥サクラ (*Prunus jamasakura*, *Prunus yedoensis*)

サクラをみると、I 値は 4 月上旬をピークとして単調に低下する変化パターンを示し、開花などによる特徴的な明るさの変化を表している。H 値では 4 月上旬に約 130 の低い値を示し、開花による赤色系へのシフト（実際には白色に近い）を表している。その後は約 240 ~ 250 の値となり、一定の緑色を示していたと考えられる。S 値は 5 月中旬から 6 月上旬に緩やかな上昇傾向がみられ、この時期に鮮やかな葉色を示すことが分かる。

⑦スギ (*Cryptomeria japonica*)

スギは、I 値は通年ではほぼ一定の値を示すが、春季に比べて秋季に若干値が高くなる。H 値は春季に 250 前後で緑色を示すが、秋季には約 230 に値が低下し若干赤みを帯びる傾向がみられる。とくに 2 月中旬には値が 200 以下に低下して赤色系への顕著なシフトがみられ、褐変による葉色変化が表れたものと考えられる。S 値は若干の変動はあるが通年ではほぼ一定値を示し、明確な時系列変化の傾向は認められない。

⑧ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*)

ヒノキは、スギと同様に I 値は通年ではほぼ一定の値を示すが、春季に比べて秋季に若干値が高くなる。H 値はほぼ通年で 250 前後の一定値を示し、スギでみられた 2 月中旬の赤色系へのシフトもみられず、常時緑色を示していることが分かる。S 値は若干の変動はあるが通年ではほぼ一定値を示し、明確な時系列変化の傾向は認められない。しかし、全体にスギに比べて高い値であり、スギよりもやや鮮やかな緑色を示すことが分かる。

⑨モウソウチク (*Phyllostachys pubescens*)

モウソウチクは、春季に徐々にI値が上昇し、秋季には上昇した値が維持されていることが分かる。また他の樹種に比べて、相対的に高い値を通年で示している。H値はほぼ通年で200前後の一定値を示し、I値が高い傾向とあわせて、通年で明るい黄緑色を示すと考えられる。S値は4月中旬に若干の低下がある以外は通年でほぼ一定値を示し、明確な時系列変化の傾向は認められない。

以上の検討結果によれば、HSI データによる樹種別の葉色変化特性は、次のとおりまとめられる。

- 1) 樹種別の葉色の時系列変化特性は、I 値、H 値によく表されている。S 値はコナラ、クヌギを除くと樹種間での明確な差異がみられず、ほぼ同様の变化パターンを示す。
- 2) これらの変化を通年でみると、RGB データと同様な傾向がみられる。すなわち、常緑広葉樹は春季に、落葉広葉樹はとくに秋季に明確な葉色変化を示し、常緑針葉樹は通年で明確な葉色変化を示さないことが分かる。
- 3) 樹種別の I 値は RGB データの場合と近似した変化特性を示す。とくに春季の5月中旬および秋季の12月上旬を中心としたI値の変化傾向が、樹種間の差異を最もよく表している。これは、前述のように5月中旬には常緑広葉樹、12月上旬には落葉広葉樹が明るい葉色となり、その変化が樹種ごとに差異を生じているためと考えられる。
- 4) H 値も I 値と同じ時期のデータ値に、樹種別の違いが明瞭に表されている。5月中旬のデータ値では常緑広葉樹の赤色系への葉色変化が、12月上旬のデータ値では落葉広葉樹の赤色系への葉色変化が明確に表されている。また、個別の樹種間での色調変化特性の違い（例えばモウソウチクと他の樹種、スギとヒノキなど）を反映して、それぞれに特徴的な時期において樹種により異なる値を示していることが分かる。この傾向は、RGB データ値にみられた葉色変化の傾向をより明確かつ直接的に表しており、H 値を用いることで樹木の葉色変化の特性がよりの確に把握できる可能性が見出された。
- 5) 以上のことから、樹種により最適な時期とデータは異なる面もあるが、総合的にみて5月中旬および12月上旬における、I 値および H 値が、これら9樹種の識別に有効であると考えられる。

3.7.2 樹種区分に最適な時期とデータについての検討

これまでの研究では、里山林の樹種区分に対して、総合的にみるとR値、H値、I値が有効と考えられる。そこで、これらの値について、9樹種の時系列な変化プロット図を作成した(図-3.11 および図-3.13、ともに前掲)。これにより、5月12日、12月8日の時期に、各データ値とも樹種による差異が大きく、この時期が樹種区分に適していることが分かる。一方、表-3.4は、5月12日、12月8日および色調差の小さい11月5日における正規化された各樹種のR、H、Iの平均値と、全樹種の標準偏差を示したものである。なお、サ

表-3.4 正規化された特定データ

月/日	5/12			12/8			11/5(色調差 小)		
データ項目	R	H	I	R	H	I	R	H	I
アラカシ	24.5	69.1	29.7	26.1	74.2	30.7	30.1	68.0	33.5
スタジイ	55.2	49.2	48.1	37.1	66.3	39.2	35.5	64.3	38.1
クスノキ	37.5	61.0	38.3	28.8	72.3	32.4	30.5	66.9	34.4
コナラ	25.9	67.6	32.2	63.6	42.7	50.6	32.5	66.3	37.2
クヌギ	28.1	68.3	34.6	68.2	40.5	55.2	33.5	64.7	38.1
ケヤキ	25.9	66.8	31.3	50.0	49.5	45.4	45.2	46.9	38.5
スギ	23.0	69.7	26.8	39.6	64.5	42.1	35.3	63.8	38.4
ヒノキ	20.5	70.9	26.2	33.3	70.1	39.9	30.3	67.7	37.6
モウソウチク	50.2	51.0	43.7	56.4	53.5	52.0	52.1	57.9	51.0
標準偏差	12.5	8.2	7.5	15.4	13.0	8.5	7.6	6.8	5.0

クラは12月8日には落葉しており対象から除外し、参考としてケヤキを加えた。同表から、5月12日および12月8日は、色調差が小さい11月5日に比べて全樹種の分散が大きく、樹種区分に対して有効であることが定量的に示されている。また、これらのデータにおいても、時期およびデータ項目により分散の程度（すなわち樹種区分への有効性）が異なり、適切なデータを選定し組み合わせる必要があることが示唆される。

3.7.3 データ組み合わせによる樹種区分の可能性

3.7.2の検討に基づき、複数のデータおよび演算を組み合わせることにより、樹種区分に対してどのような特性がみられるのか検討した。2時期の特定データと加算、差演算、比演算の全組み合わせにおいて、樹種区分に対してどのような特性がみられるか、統計値および散布図により検討した。表-3.5に演算結果の一覧（加算、差演算、比演算）を、図-3.15～3.18に演算方式ごとで分散が最も大きいケース（表-3.5の網掛け部）の散布図を示す。なお、図-3.15は演算結果との比較のために、演算を行わないケースを示したものである。また、いずれの散布図も相互の比較が可能のように、演算結果の最大・最小値を用いて0～100に正規化した値を使用している。

(1) 加算方式による場合の樹種区分の可能性

表-3.5によれば、加算ではR(5月12日)+R(12月8日)、R(5月12日)+H(12月8日)の分散が大きい。この2ケースを組み合わせた散布図（図-3.16）をみると、演算なし（図-3.15）に比べて全体に樹種間の分離が明瞭になっていることが分かる。とくに、コナラ・クヌギ・ケヤキの落葉広葉樹グループとスギ・ヒノキの常緑針葉樹グループの分離がきわめて明瞭となり、これらのグループの区分に有効であることが分かる。また、スタジイと

表-3.5 特定データの組み合わせ別の演算結果

加算 (5/12+12/8)	R+R	R+H	R+I	H+R	H+H	H+I	I+R	I+H	I+I
アラカシ	50.6	98.7	55.2	95.2	143.3	99.8	55.8	103.8	60.3
スダジイ	92.3	121.5	94.4	86.3	115.6	88.4	85.2	114.5	87.3
クスノキ	66.3	109.8	69.9	89.9	133.4	93.5	67.2	110.7	70.8
コナラ	89.5	68.6	76.4	131.2	110.3	118.1	95.8	74.9	82.8
クヌギ	96.3	68.5	83.3	136.5	108.8	123.5	102.8	75.0	89.8
ケヤキ	75.9	75.4	71.2	116.8	116.3	112.2	81.3	80.8	76.7
スギ	62.6	87.5	65.2	109.3	134.2	111.9	66.3	91.2	68.9
ヒノキ	53.8	90.6	60.4	104.2	141.0	110.8	59.5	96.3	66.1
モウソウチク	106.6	103.7	102.2	107.4	104.5	103.0	100.1	97.2	95.6
標準偏差	20.0	18.6	15.5	17.3	14.9	11.5	17.9	14.6	12.0

差演算 (5/12+12/8)	R-R	R-H	R-I	H-R	H-H	H-I	I-R	I-H	I-I
アラカシ	-1.6	-49.7	-6.2	43.0	-5.1	38.4	3.6	-44.5	-1.0
スダジイ	18.1	-11.1	16.0	12.1	-17.1	10.0	11.1	-18.2	9.0
クスノキ	8.6	-34.9	5.0	32.2	-11.3	28.6	9.5	-34.0	5.9
コナラ	-37.7	-16.8	-24.7	4.0	24.9	17.0	-31.4	-10.5	-18.3
クヌギ	-40.2	-12.4	-27.2	0.1	27.9	13.1	-33.7	-5.9	-20.7
ケヤキ	-24.1	-23.6	-19.5	16.9	17.3	21.5	-18.7	-18.2	-14.1
スギ	-16.5	-41.4	-19.1	30.1	5.2	27.6	-12.8	-37.7	-15.4
ヒノキ	-12.9	-49.6	-19.5	37.6	0.8	31.0	-7.1	-43.9	-13.7
モウソウチク	-6.2	-3.3	-1.8	-5.4	-2.5	-1.0	-12.7	-9.9	-8.3
標準偏差	19.7	17.5	14.8	17.5	15.8	12.2	16.3	15.3	10.7

比演算 (5/12+12/8)	(R-R)/ (R+R)	(R-H)/ (R+H)	(R-I)/ (R+I)	(H-R)/ (H+R)	(H-H)/ (H+H)	(H-I)/ (H+I)	(I-R)/ (I+R)	(I-H)/ (I+H)	(I-I)/ (I+I)
アラカシ	-0.032	-0.504	-0.112	0.451	-0.035	0.385	0.064	-0.429	-0.017
スダジイ	0.196	-0.092	0.170	0.141	-0.148	0.114	0.130	-0.159	0.103
クスノキ	0.130	-0.318	0.072	0.358	-0.085	0.306	0.141	-0.307	0.083
コナラ	-0.422	-0.245	-0.323	0.030	0.226	0.144	-0.328	-0.140	-0.222
クヌギ	-0.417	-0.181	-0.326	0.001	0.256	0.106	-0.328	-0.079	-0.230
ケヤキ	-0.318	-0.313	-0.273	0.144	0.149	0.191	-0.230	-0.225	-0.183
スギ	-0.264	-0.473	-0.293	0.276	0.039	0.246	-0.193	-0.413	-0.223
ヒノキ	-0.239	-0.548	-0.322	0.361	0.006	0.280	-0.120	-0.456	-0.208
モウソウチク	-0.058	-0.032	-0.017	-0.050	-0.024	-0.009	-0.127	-0.102	-0.087
標準偏差	0.228	0.182	0.192	0.179	0.139	0.121	0.183	0.148	0.135

クスノキ、アラカシとヒノキの分離も演算なしに比べて明瞭となっている。一方、クスノキとアラカシでは若干分離が悪くなるなど、樹種区分に対してマイナスの傾向もみられる。

(2) 差演算方式による場合の樹種区分の可能性

差演算では、表-3.5（前掲）によると、 $R(5月12日) - R(12月8日)$ 、 $H(5月12日) - R(12月8日)$ の分散が大きい。この2ケースによる散布図（図-3.17）をみると、加算ほどではないが演算なし（図-3.15）に比べて全体的な樹種間の分離の明瞭化が確認できる。とくに、ス

ダジイとクスノキ、アラカシとスギの分離が明瞭となり、これらの樹種間の区分に、差演算が有効であることが示されている。また、ケヤキとスギおよびコナラの分離も、若干であるが演算なしに比べて明瞭となっていることが分かる。

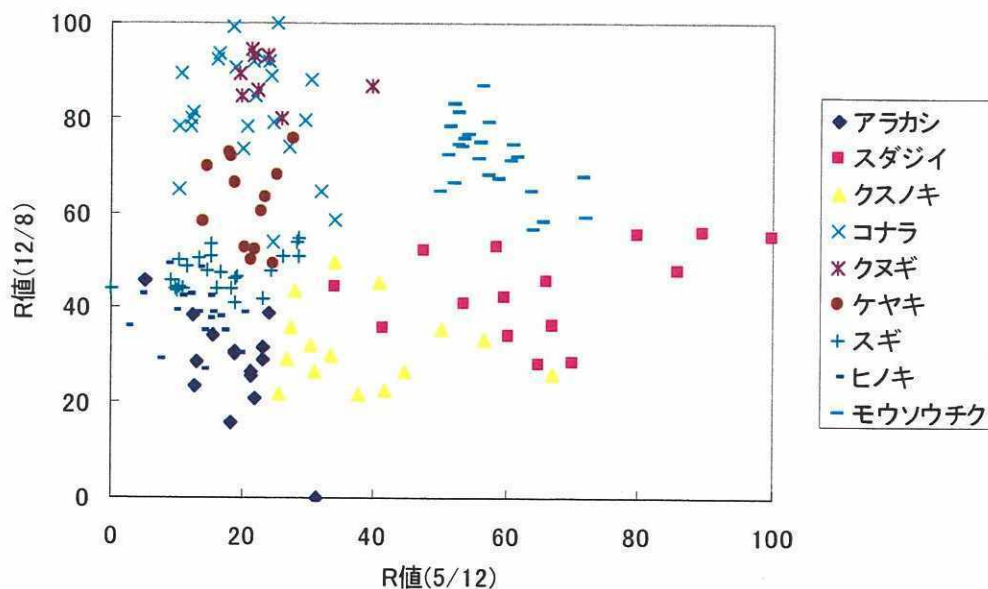


図-3.15 データ組み合わせケースの散布図（演算なし）

(3) 比演算方式による場合の樹種区分の可能性

ここでの比演算は、2 時期のデータ組み合わせに対して、(1)(2)の加算、差演算結果を用いて実施した。表-3.5（前掲）によれば、 $R(5月12日)$ と $R(12月8日)$ 、 $R(5月12日) + I(12月8日)$ の組み合わせの分散が大きい。これによる散布図（図-3.18）をみると、使用した組み合わせの相関が高く直線状に分布し、一見すると樹種区分には適していないように思われる。しかし、コナラ・クヌギ・ケヤキの落葉広葉樹グループとスギ・ヒノキの常緑針葉樹グループの分離は加算以上に明瞭であるなど、樹種区分に効果があることが示されている。

また、他の演算方式では分離が困難であったアラカシとヒノキがかなり明瞭に分離されて

いるなど、比演算特有の効果も分かる。一方、他の方法では区分が明瞭であったスダジイとクスノキが混在してしまうなど、樹種区分に対して欠点があることも分かる。なお、モウソウチクは特徴的な値を示し、何れの演算方法でも明瞭に区分されることが分かった。

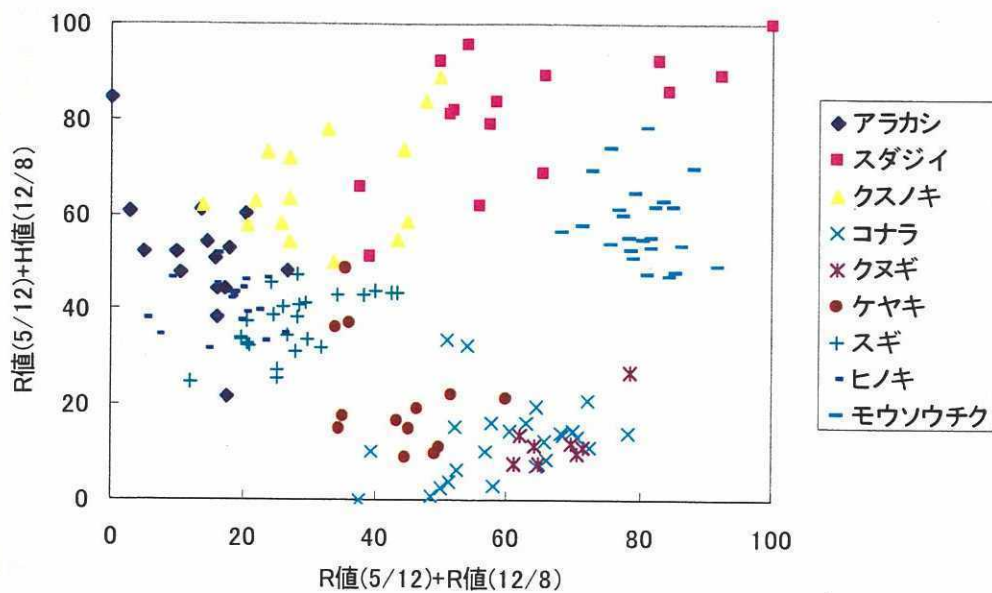


図-3.16 データ組み合わせケースの散布図（加算方式）

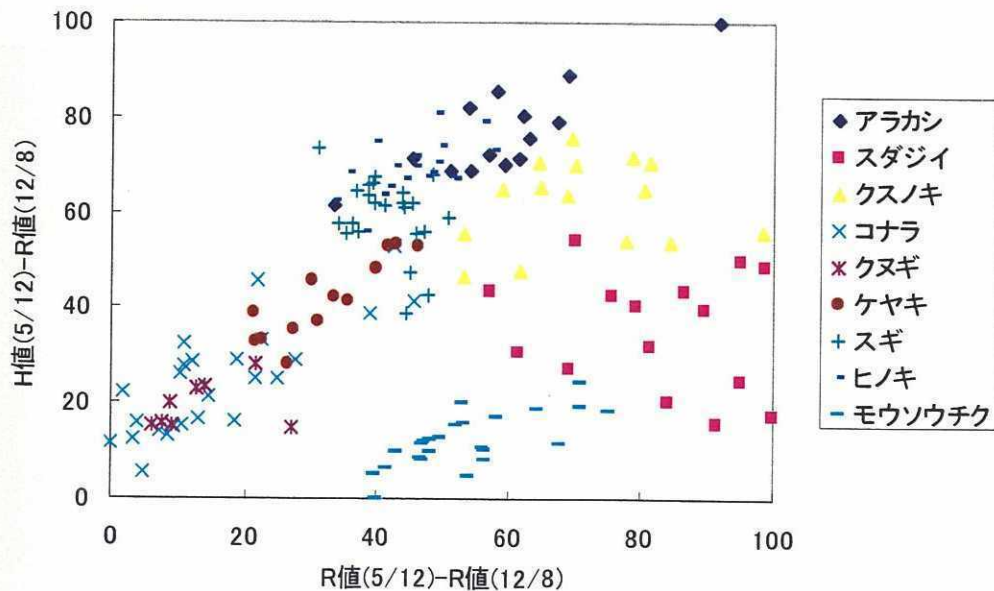


図-3.17 データ組み合わせケースの散布図（差演算方式）

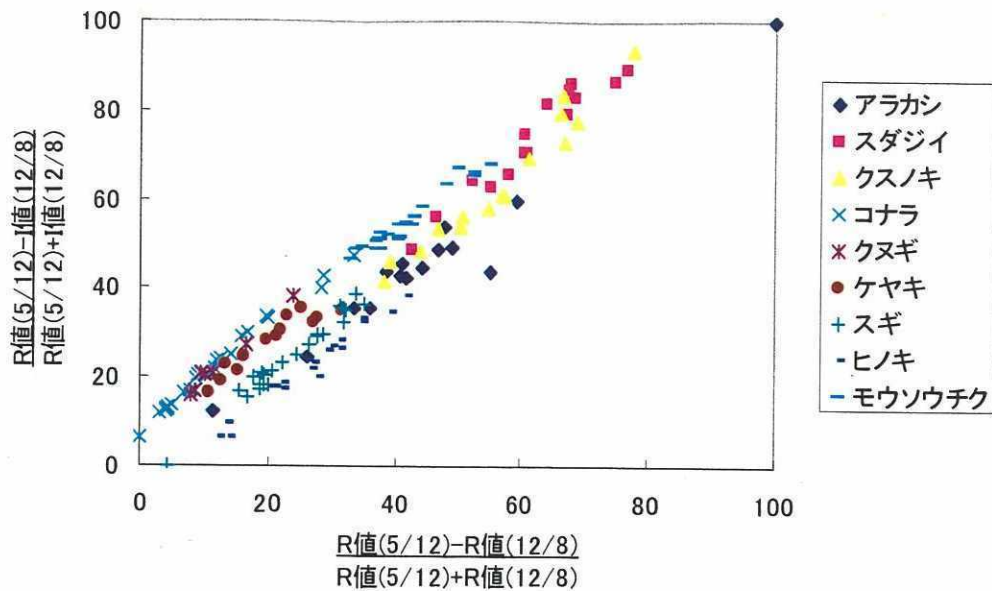


図-3.18 データ組み合わせケースの散布図（比演算方式）

(4) 合成画像による樹種パターン表示の試行

ここでは、総合的に見て樹種間の分離が明瞭な加算方式のデータ組み合わせを例として、 $R(5/12)+R(12/8)$ に赤と青、 $R(5/12)+H(12/8)$ に緑に割り当てて、カラー合成画像の作成を試みた（図-3.19）。これより、コナラを主体とする落葉広葉樹（一部クヌギ・ケヤキも混じる）は濃い紫色、スダジイを主体とする常緑広葉樹（一部アラカシ・クスノキも混じる）は緑

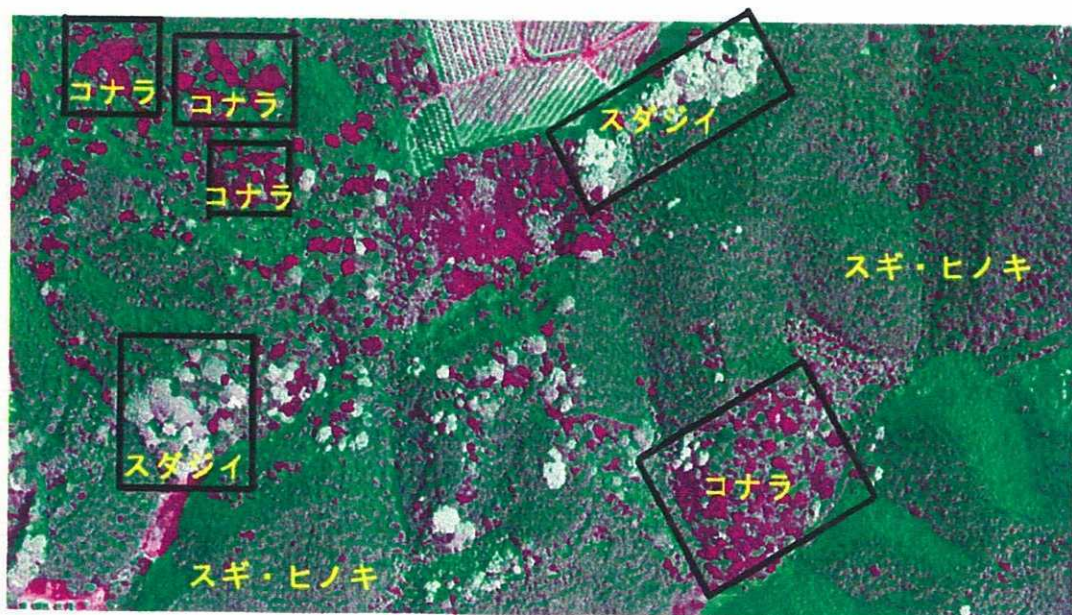


図-3.19 合成画像による樹種パターン表示の例

白色、常緑針葉樹（スギ・ヒノキ）は暗い緑色を示し、前記の樹種と明確に識別されることも分かる。

以上のことから、複数時期のデータおよび演算の組み合わせが、これらの樹種区分に対して有効であることが示唆される。

3.7.4 要約

本研究により次のことが明らかになった。

- (1) 当該地区の里山林の代表的な構成樹種であるアラカシ・スダジイ・クスノキ・コナラ・クヌギ・ケヤキ・スギ・ヒノキ・モウソウチクの9種は、春季および秋季においてそれぞれ異なる時系列の葉色変化特性を示すこと。
- (2) その特性は、常緑広葉樹は5月中旬を中心とした春季に、落葉広葉樹は春季と12月上旬を中心とした秋季に明確な色調変化を示し、常緑針葉樹は通年で明確な葉色変化を示さないこと。
- (3) サクラとモウソウチクは他の樹種とは異なる独特な葉色変化特性を示すこと。
- (4) 葉色変化は主に明るさおよび赤色成分の増減に表れており、RGBデータのR値、HSIデータのH値（色相）、I値（明度）が樹種による差異をよく示していること。
- (5) これらの9種類の樹種区分を総合的に行う際の最適な観測時期は、5月中旬と12月上旬ないしはその2時期の組み合わせが考えられること。
- (6) さらに本研究においては、5月12日（中旬）と12月8日（上旬）の2時期のR値・H値・I値のデータを用いて、演算処理を組み合わせることで特定の樹種区分に対して有効であることが把握できた。

3.8 まとめ

本研究では、北部九州の里山（福岡市北西に位置する新宮町的野地区）を対象に、春季と秋季に時系列な撮影をしたカラー航空写真から作成したカラー航空オルソ画像を用いて、画像上に写る季節的な葉色変化から里山林の高木層を構成する代表的な樹種について面的に区分する可能性に関して検討した。

春季の時系列なカラー航空オルソ画像上で、アラカシ・スダジイ・クスノキはそれぞれ異なる葉色変化特性を示すことが把握できた。すなわち、その変化特性は5月中旬をピークにして、スダジイは緑色から黄色に、クスノキは黄緑色にシフトし、アラカシのみは常時緑色を維持することが分かった。このような葉色変化を示す理由として、スダジイは5～6月が開花期にあたり、白から黄色に変わる雄花序が穂状に垂れるために航空写真上で黄色に鮮明に写り、クスノキも5～6月に開花期をむかえ、円錐花序を出し、黄緑色の小さな花を多数つけるとともに古葉の一斉落葉と新芽から展開した若葉などにより黄緑色に写ると考えられる。それに比べて、アラカシは古葉が多く残存し、若葉の色調も比較的濃いため、常時緑色を維持すると考えられる。また、葉色変化は明るさおよび赤色成分の増減に

表れており、RGBデータのR値、HSIデータのH値（色相）、I値（明度）を用いることで樹種区分できる可能性があることが分かった。したがって、春季の時系列なカラー航空オルソデータに基づく樹種区分に際して、5月中旬の単時期、ないしは5月中旬と4月下旬または6月中旬の2時期の組み合わせが最適となることが分かった。

一方、春季および秋季の時系列なカラー航空オルソデータに基づく樹種区分では、当該地区の里山林の代表的な構成樹種であるアラカシ・スダジイ・クスノキ・コナラ・クヌギ・サクラ・スギ・ヒノキ・モウソウチクの9種は、春季および秋季においてそれぞれ異なる時系列の葉色変化特性を示すことが分かった。その変化特性は、常緑広葉樹は5月中旬を中心とした春季に、落葉広葉樹は春季と12月上旬を中心とした秋季に明確な葉色変化を示し、常緑針葉樹（ただし、スギは冬季に褐色変化を示す）は通年で明確な葉色変化を示さないことも分かった。モウソウチクも年間を通じて他の樹種とは異なる独特な葉色変化特性を示すことが分かった。葉色変化は主に明るさおよび赤色成分の増減に表れ、RGBデータのR値、HSIデータのH値（色相）、I値（明度）が樹種による差異をよく示していることが把握できた。これら9樹種の区分を総合的に行う際の最適な観測時期は、5月中旬と12月上旬ないしはその2時期の組み合わせであることが分かった。さらに本研究においては、5月12日（中旬）と12月8日（月上旬）の2時期のR値・H値・I値のデータを用いて、演算処理を組み合わせることで特定の樹種区分に対して有効であることが把握できた。

参考文献（第3章） アルファベット順に表記

- 猪上信義，岡野昌明，斉城巧(1998)：カラーガイド福岡県の樹木，葦書房，pp.5-16.
- 環境庁(1990)：現存植生図 縮尺 1/50,000 「直方」および「津屋崎」図幅
- 小橋澄治，中島皇(1994)：芦生天然林における樹木の色調の季節変化，日本緑化工学会誌，13(3)，pp.185-192.
- 丸山宏(1988)：樹木葉の色彩学的特性に関する研究(I)ー葉色の季節変化のパターンー，京都大学農学部演習林報告，60，pp.239-249.
- 村上拓彦，斎藤元也(1999)：多時期 SPOT/HRV データからみた九州北部地域に分布する森林植生の季節変化，日本写真測量学会平成 11 年度秋季学術講演会発表論文集，pp.217-220.
- 吉村晴佳，石田雅士，小橋澄治，大手桂二(1994)：樹葉の季節的可視域分光特性変化におよぼす植物色素の影響，日本緑化工学会誌，20(2)，pp.99-110.
- 上原三知，重松敏則，朝廣和夫(2003)：都市近郊農村における里山林の管理・利用実態とその公益的機能に関する研究，ランドスケープ研究，66(5)，pp.573-578.