

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6章 季節的に観測した葉色および樹冠高の変化に基づく混交林の樹種区分とその検証に関する研究

6.1 概要

本研究は、航空機上から季節的に観測した樹葉の葉色変化および樹冠高変化に基づき、里山林を構成する代表的な樹種の区分に関する可能性について検討したものである。

葉色変化に基づく樹種区分においては、アラカシ(*Quercus glauca*)、スダジイ(*Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii*)、クスノキ(*Cinnamomum camphora*)の区分に限れば、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り、また、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(第3章3.6.2)。

さらに、アラカシ・スダジイ・クスノキに、コナラ(*Quercus serrata*)、クヌギ(*Quercus acutissima*)、サクラ(*Prunus yedoensis*, *Prunus lannesiana*, *Prunus grayana*)あるいはケヤキ(*Zelkova serrata*)、スギ(*Cryptomeria japonica*)、ヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)とモウソウチク(*Phyllostachys pubescens*)を加えた北部九州地区の里山林の代表的構成樹種については、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(第3章3.7.1)。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、モウソウチクは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などが分かった(第3章3.7.1)。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(第3章3.7.2)。これら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時期の組み合わせであることが分かった(第3章3.7.3)。

樹冠高の把握に関しては、独立行政法人森林総合研究所多摩森林科学園(以下、多摩森林科学園)での精度を検証した結果、落葉前に観測した航空機搭載型レーザスキャナデータから作成したDSM(Digital Surface Model: 数値表層モデル)による樹冠高と実測樹頂高とは概ね1~2mの差であることが分かった(第4章4.6.2)。したがって、両者の差2m程度を考慮に入れば、落葉前のDSMを基準に、落葉中・落葉後のDSMとの差分量から落葉広葉樹高木林の垂直的な階層構造を把握することが可能と考えられた。さらに、多摩森林科学園のケヤキ林とサクラ保存林を対象に、落葉前・落葉中・落葉後のDSMの垂直的变化を比較照合することから、これらの落葉広葉樹林の階層区分とそれによる樹林タイプを区分することができた(第5章5.7.1および5.7.2)。

そこで、ここでは、上記研究によって有用性が明らかにされた季節的に観測したカラー航空オルソ画像と落葉期に時系列に観測した航空機搭載型レーザスキャナデータを併用し、樹葉の葉色変化(カラー航空オルソ画像上では色調変化)と樹冠高変化に基づき混交林を

対象にして、樹種区分とその結果の検証について考察した。これによって本研究で確立した解析手法の妥当性を実証した。

なお、樹種区分で対象とした樹木は、当該地域の里山の高木林として代表的なスダジイ、アラカシ、ケヤキ、コナラ、スギ、ヒノキとした。

6.2 研究の構成

本研究では、すでに第3章で確立した時系列な葉色変化を把握するための解析手法と、第4章～第5章で確立した落葉期の時系列な樹冠高変化を把握するための解析手法とを併用し、混交林を対象とした樹種区分図の作成とその結果の検証をした。そのため、次のような項目から検討した。

- (1) 春季と冬季の時系列なカラー航空オルソ画像を用いた葉色変化に基づく常緑樹林の区分（常緑広葉樹林と常緑針葉樹林の区分）
- (2) 秋季の時系列なカラー航空オルソ画像および航空機搭載型レーザスキャナデータを用いた落葉樹林の区分
- (3) 混交林での樹種区分の可能性の検討とその結果の検証

6.3 解析対象地区

本研究では、多摩地方の里山の風情を残す多摩森林科学園の試験林内の混交林（約3.4ha）を解析対象地区とした（図-6.1）。この地区は、アラカシやスダジイなどの常緑広葉樹高木とケヤキやコナラを主体とする落葉広葉樹高木、スギ・ヒノキ高木から構成され、林内にはアオキの低木やアラカシなどの亜高木林が被覆している。



図-6.1 解析対象地区の位置（多摩森林科学園）

6.4 使用データ

使用した航空機搭載型レーザスキャナは、第4章および第5章で使用したものと同一のもので、使用データの諸元は第5章 5.3 (前掲, 表-5.1) に示す。

また、カラー航空オルソデータは第5章 (前掲, 表-5.2) に示す。図-6.2 には、解析に使用したカラー航空オルソ画像を示す。

6.5 研究方法

6.5.1 時系列な航空機搭載型レーザスキャナデータとして使用するための事前検討

(1) 落葉前の DSM の再現性検討

落葉前の樹葉が繁茂する状況において、データ取得時期がほぼ同様であれば、取得年が異なるデータであっても両者の示す DSM (樹林部では樹冠高を表す) の連続面は同一であると考えられる。そのため、第5章 5.6.1 (前掲) に記述した方法により、2000年10月11日および2002年10月4日に取得した落葉前 DSM の再現性を検討した。両者の DSM 間の相関を求めたものを図-6.3 に示す。両者の相関係数は 0.986 で、観測期間が2年間の隔たりがあるにも関わらず両 DSM の相関は極めて高く、ともに同一の高さ (樹冠高) を捉えていることが分かった。

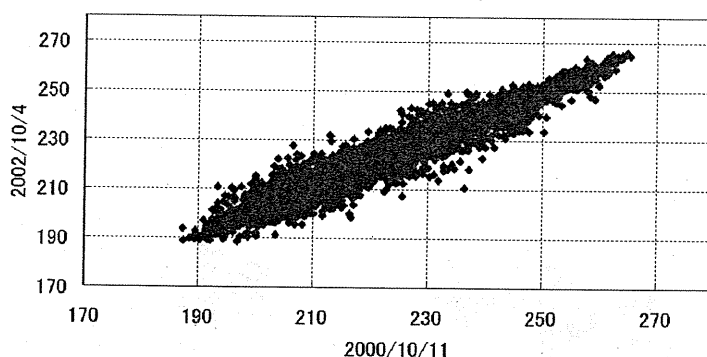


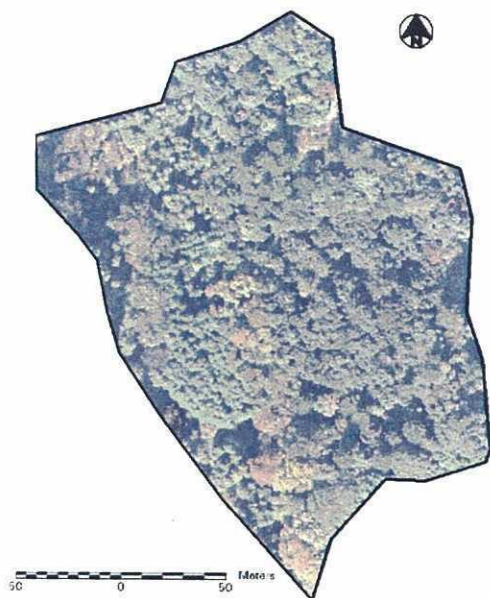
図-6.3 落葉前(2000.10.11 と 2002.10.4)の DSM の相関

(2) 落葉期の時系列データセットとして使用するための検討

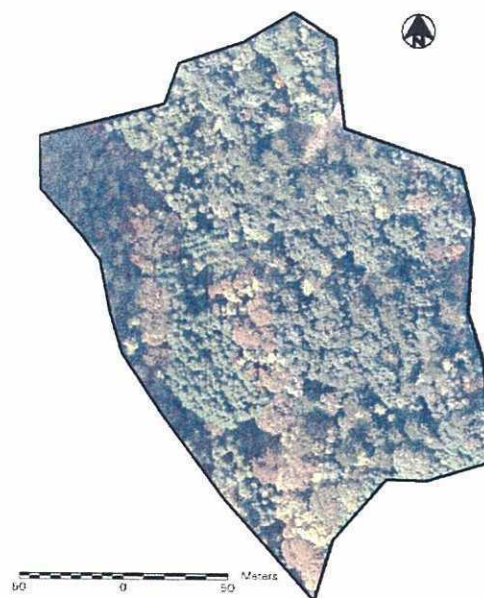
ここでは、第5章 5.5.1～5.5.3 に記述した方法により、観測年の異なる 2001年12月3日 (落葉中) 取得の航空機 LS データから作成した DSM を落葉前の DSM (2000年10月11日) と落葉後の DSM (2001年2月12日) の間の時期を示すデータとして用いることの妥当性を検討した。

6.5.2 落葉前後の DSM を用いた常緑樹林・落葉樹林の区分

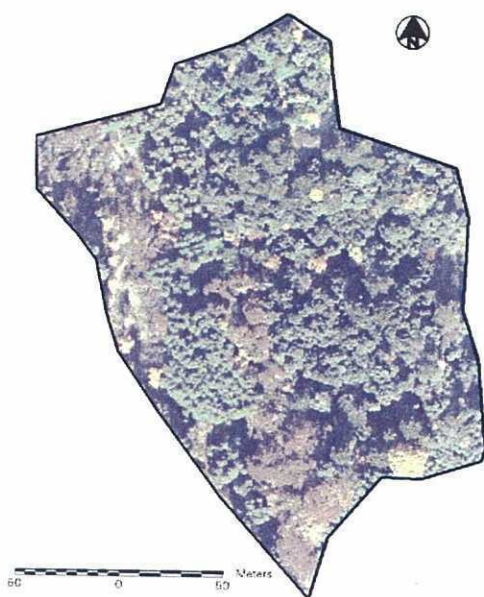
時系列なカラー航空オルソデータによる樹種区分に先立ち、当該地区について、落葉前後の DSM を用いて常緑樹林と落葉樹林の分布域を区分した。すなわち、航空機搭載型レー



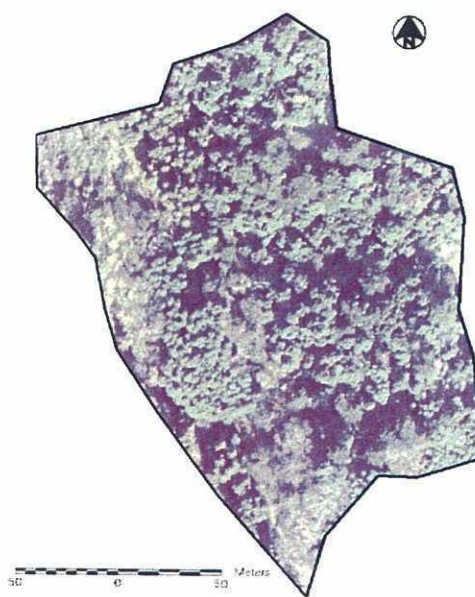
(1) 2000.11.5 撮影
紅葉が一部で開始している



(2) 2000.11.19 撮影
紅葉がピークを迎えている

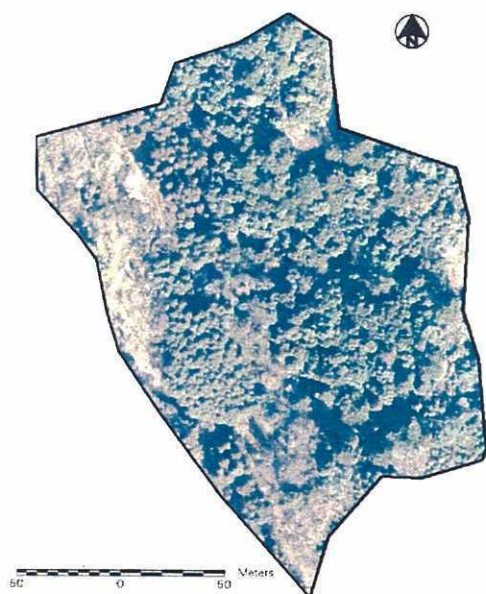


(3) 2000.12.5 撮影
紅葉が終わり、黄葉がみられる



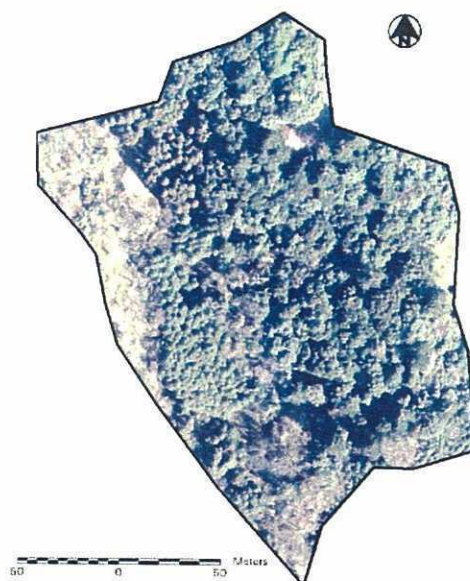
(4) 2000.12.26 撮影
落葉がかなり進む、スギが褐色変化

図-6.2 時系列なカラー航空オルソ画像



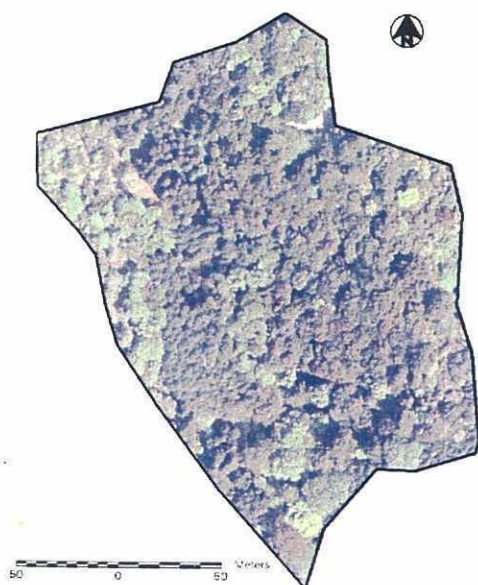
(5)2001.2.19 撮影

スギの褐色変化が鮮明となる



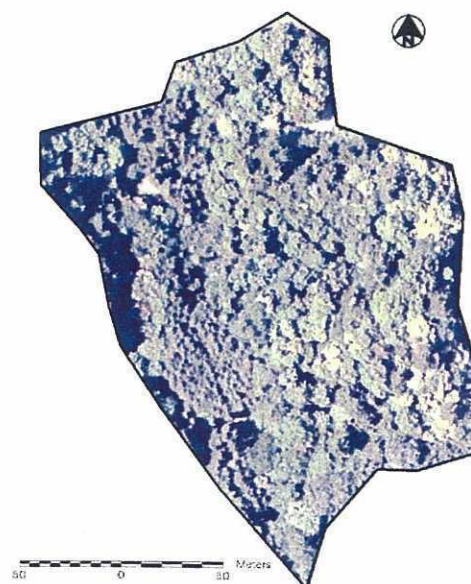
(6)2001.4.2 撮影

新芽もみられるが、まだ落葉状態



(7)2001.4.27 撮影

落葉樹の新葉が展開する



(8)2001.5.15 撮影

スダジイの花序などによる鮮明な葉色

図-6.2 時系列なカラー航空オルソ画像

ザスキャナによる落葉前の DSM（2000 年 10 月 11 日）と落葉後の DSM（2001 年 2 月 12 日）の変化量を算定した。その場合、変化箇所が落葉樹林の分布域であり、変化のない箇所が常緑樹林の分布域である。ただし、常緑樹林の分布域については樹林以外の地物（例えば、林道・裸地・草地など）が含まれるため、落葉後の DSM に簡易なフィルタ処理（取得したレーザスキャナデータから樹木表面で反射したポイントデータを除去し、地盤面に到達したと考えられるデータのみを抽出するものである。具体的には、統計処理により樹木などを除去し、周囲に比べて相対的に標高が低いポイントを抽出して、補間により地盤面を想定している）を加えて DEM（Digital Elevation Model：デジタル標高モデル：地盤高を表す）を求めた。これにより、落葉前の DSM と落葉後の DEM の比較で高さ変化のない箇所は、樹林以外の林道・裸地・草地などの地物として除去した。

6.5.3 春季と冬季の時系列なカラー航空オルソ画像を用いた常緑樹林の区分

6.5.2 で区分した常緑樹林の分布域とカラー航空オルソ画像を重ね合わせて常緑樹林の分布画像を作成したうえで、画像の肌目（きめ、粗い肌目は常緑広葉樹を表し、ち密な肌目は常緑針葉樹を表す）を主体に目視判読を行い、常緑広葉樹林の分布域とスギ・ヒノキ林の分布域に区分した。スダジイやアラカシなどの常緑広葉樹については、とくに春季において明確な色調変化を示すことが分かっている（第 3 章 3.6）。

そこで、上記で区分した常緑広葉樹林の分布域内について、春季の時系列なカラー航空オルソ画像（2001.2.19, 2001.4.2, 2001.4.27, 2001.5.15）を用いて葉色変化（画像上の色調変化）を調べ、樹種区分に最適な時期のカラー航空オルソ画像を選定するとともに、樹種区分に最適なバンドとバンド組み合わせを検討し、クラスタリングによる分類手法を適用して樹種区分を試みた。

また同様に、常緑樹林のうちスギ・ヒノキ林の分布域内について、冬季の時系列なカラー航空オルソ画像（2000.12.5, 2000.12.26, 2001.2.19, 2001.4.2）を用いて、とくにスギの褐色変化を調べ、これを抽出することによってスギ林とヒノキ林の区分を試みた。そのために最適時期および最適なバンド、バンドの組み合わせを検討し、データ間の類似度に基づくクラスタリング分類を適用した。

6.5.4 秋季のカラー航空オルソ画像および航空機搭載型レーザスキャナデータを用いた落葉広葉樹林の区分

当該地区の落葉樹はケヤキやコナラなどの落葉広葉樹からなる。本研究では、①秋季の時系列なカラー航空オルソ画像上の色調変化（紅葉・黄葉への葉色変化）特性を主体に、②落葉期間中の時系列な DSM の変化（すなわち樹冠高の変化）から落葉推移パターンを把握し、これらを併用することで落葉広葉樹林の区分をした。さらに、③落葉前後の DSM の変化総量から階層構造の区分も加えた。

(1) 秋季の時系列なカラー航空画像を用いた落葉紅葉樹の区分

6.5.2 で区分した落葉樹林の分布域について、紅葉・黄葉への葉色変化を秋季～冬季までの時系列なカラー航空オルソ画像（2000.11.5, 2000.11.19, 2000.12.5, 2000.12.26）を用いて、これらの樹種区分に最適な時期のカラー航空オルソ画像を選定するとともに、樹種区分に最適なバンドとバンド組み合わせを検討し、クラスタリングによる分類手法を適用して樹種区分を試みた。

(2) 時系列な DSM の比較による落葉推移パターンとそれに基づく落葉広葉樹の区分

落葉期間の時系列な DSM（落葉前：2000.10.11, 落葉中：2001.12.3, 落葉後：2001.2.12）を用いて、落葉前～落葉中までの DSM の変化、落葉中～落葉後までの DSM の変化を求め、落葉が比較的早い時期に終了する箇所と比較的遅い時期に終了する箇所に区分し、落葉広葉樹区分の補足をした。

(3) 落葉前後の航空機搭載型レーザスキャナデータを用いた落葉広葉樹の階層構造の把握

落葉前後の DSM の変化総量から落葉広葉樹林内の階層構造（高木の落葉広葉樹林内に形成されている常緑樹の亜高木・低木、草本類などからなる垂直的な構成）を把握できる（第 5 章 5.7）。そこで、落葉前（2000.10.11）の DSM と落葉後（2001.2.12）の DSM の変化総量を求め、落葉広葉樹林の階層構造を区分し、樹種区分の補足情報として用いた。

6.5.5 混交林での樹種区分と現地検証

以上の一連の過程により得られた樹種区分結果を総括的にまとめ、当該地区の樹種区分図を作成した。本研究による樹種区分の判別結果を検証するために、従来から手法的に確立されてきた航空写真の目視判読による樹種区分結果との差異を検討した。さらに、当該地区内に検証箇所を設置し、現地調査を実施した。検証箇所は、当該地区の中央部と南端部の 2 箇所を設け、東西方向に斜面下部から山頂部まで幅 10m の調査範囲を設定し、さらに 10m×10m を 1 単位とする方形内を被覆する高木林の出現数と樹種を調査した。現地検証結果と本研究手法によって作成された樹種区分図、目視判読によって作成された樹種区分図を比較照合し、本研究手法による樹種区分結果を評価した。

6.6 春季の時系列な葉色変化に基づく常緑広葉樹林の区分

図-6.4 には、当該地区を含む多摩森林科学園内での標準的なサンプル樹木の葉色変化を示したものである。ここでは、同図中からスダジイ（サンプル樹木数 14 の平均値で表示）とアラカシ（サンプル樹木数 11 の平均値で表示）の葉色変化をみる。

スダジイは、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～褐色に変る。図-6.4(A)で RGB 値の変化をみると、5 月中旬に値が急激に高くなる。この変化はとくに R 値で大きく、5 月中旬に向かって赤色成分が強くなる（黄色になる）が特徴である。これは、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カラー航空オルソ画像上で黄色に鮮明に映ると考えられる。HSI 値での変化をみると、

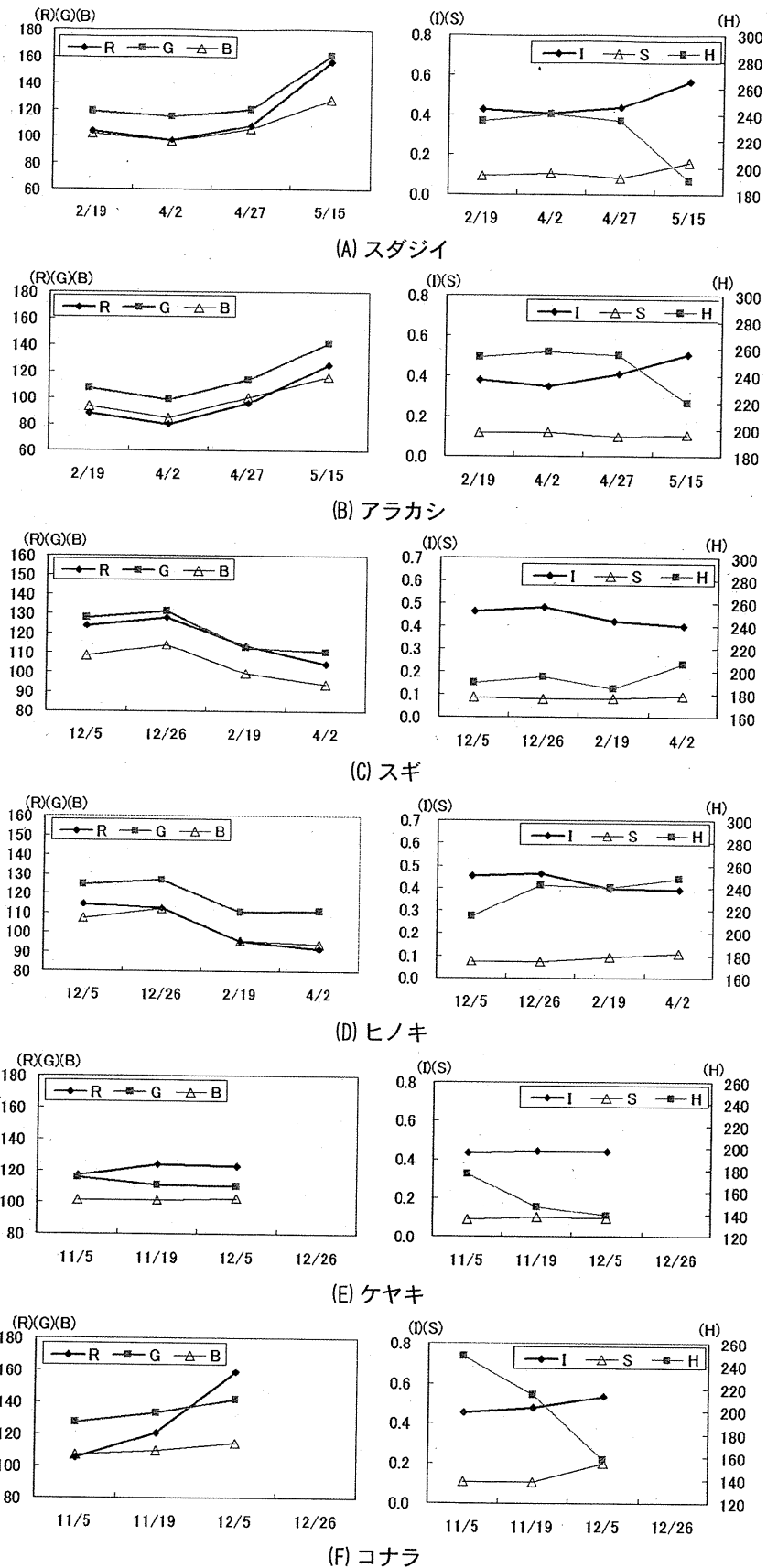


図-6.4 代表的な樹種の季節的な葉色変化

I 値（明度）が RGB の場合と同様の傾向を示し、5 月中旬が明るい色調を示すためと考えられる。H 値（色相）は 5 月中旬に向かい値が低下する。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顕著であることが分かる。

アラカシは、スタジイの場合と同様に RGB 値は 5 月中旬に向かって値が高くなる（図-6.4(B)）。ただ、全体的に急激な値の増加ではないこと、4 月上旬から 4 月下旬にかけて値が上がっていることなどがスタジイの場合と相違する点である。HSI 値でみると、スタジイに比べて H 値が 4 月下旬まで I 値を上回っているのが特徴である。

以上から、スタジイとアラカシを区分するには、4 月下旬（2000.4.27）と 5 月中旬（2000.5.15）の 2 時期を用いることが有効であることが分かる。スタジイとアラカシのサンプル樹木での 2 時期の RGB 値と HSI 値の標準偏差を求めたものが表-6.1 である。同表から標準偏差の大きい 4 月下旬（2000.4.27）の R・I・H 値と 5 月中旬（2000.5.15）の R・G・H 値が分かる。次に、これらの値を基に、値の組み合わせからスタジイとアラカシとの区分に有効な組み合わせを検討したものが表-6.2 である。値の組み合わせ方法には、加算、差演算、比演算などがあるが、これまでの研究で有効とされている加算方式を用いた（第 3 章 3.7.3）。表-6.2 の組み合わせにより作成したカラー合成画像を図-6.5 に示す。このカラー合成画像データにクラスタリング手法を適用し、スタジイとアラカシを区分した。

表-6.1 スタジイ・アラカシの RGB 値・HIS 値の標準偏差

月/日	2001/4/27						2001/5/15					
データ項目	R	G	B	I	H	S	R	G	B	I	H	S
スタジイ	42.3	47.1	41.4	43.7	65.4	8.1	61.1	63.1	50.0	56.6	52.8	16.0
アラカシ	37.6	44.5	39.4	40.7	70.9	9.9	49.0	55.4	45.4	50.4	61.1	10.7
標準偏差	2.4	1.3	1.0	1.5	2.7	0.9	6.1	3.8	2.3	3.1	4.1	2.7

表-6.2 スタジイ・アラカシ区分の RGB 値・HIS 値の組み合わせと標準偏差

加算 (4/27+5/15)	H+R	H+H	H+G	R+R	R+H	R+G	I+R	I+H	I+G
スタジイ	126.5	118.3	128.5	103.4	95.1	105.4	104.8	96.5	106.8
アラカシ	119.9	132.0	126.3	86.6	98.7	93.0	89.8	101.9	96.2
標準偏差	3.3	6.9	1.1	8.4	1.8	6.2	7.5	2.7	5.3

6.7 冬季の時系列な葉色変化に基づくスギ・ヒノキ林の区分

当該地区を含む多摩森林科学園内でのスギ・ヒノキの標準的なサンプル樹木の葉色変化を図-6.4（前掲）に示す。同図中からスギ（サンプル樹木数 15 の平均値で表示）とヒノキ（サンプル樹木数 12 の平均値で表示）の葉色の変化特性をみる。

スギは、葉色が冬季の褐色に変化するため、その葉色変化を時系列なカラー航空オルソ画像上から把握することによってヒノキと区分した。図-6.4(C)のように RGB 値でみると、12 月下旬（2000.12.26）に R 値が高く、2 月中旬（2001.2.19）さらには 4 月上旬（2001.4.2）

に向かうに従ってその値が低下していく。また、ヒノキの場合に比べて R の値が高く時系列な変化パターンも異なることが分かる。HSI 値でみると、I 値が H 値および S 値と大きく異にする傾向が認められる。

ヒノキは、RGB 値のうち G 値と B 値はスギの場合と同様の色調変化を示すが、R 値の変化パターンが大きく異なることが分かる。HSI 値では H 値の変化パターンがスギの場合と大きく異なることが分かる(図-6.4(D))。

以上から、スギとヒノキを区分するには、12 月下旬(2001.12.26)と2月中旬(2001.2.19)の2時期を用いることが有効であることが分かった。スギとヒノキのサンプル樹木での2時期の RGB 値と HSI 値の標準偏差を求めたものが表-6.3 である。同表から 12 月下旬(2000.12.26)の R・I・H 値と2月中旬(2001.2.19)の R・I・H 値の標準偏差が大きいことが分かる。次に、これらの値を基に、値の組み合わせからスギとヒノキとの区分に有効な組み合わせ(加算方式)を検討したものが表-6.4 である。この組み合わせにより作成したカラー合成画像を図-6.6 に示す。このカラー合成画像データにクラスタリング手法を適用し、スギとヒノキを区分した。

表-6.3 スギ・ヒノキの RGB 値・HIS 値の標準偏差

月/日	2000/12/26						2001/2/19					
データ項目	R	G	B	I	H	S	R	G	B	I	H	S
スギ	50.2	51.5	44.8	48.3	54.2	7.8	44.5	44.1	39.0	42.1	51.5	8.2
ヒノキ	44.1	49.8	44.0	46.4	67.4	7.5	37.3	43.3	37.5	39.6	66.9	9.4
標準偏差	3.1	0.9	0.4	1.0	6.6	0.2	3.6	0.4	0.7	1.3	7.7	0.6

表-6.4 スギ・ヒノキ区分の RGB 値・HIS 値の組み合わせと標準偏差

加算 (12/26+2/19)	H+H	H+R	H+I	R+H	R+R	R+I	I+H	I+R	I+I
スギ	105.6	98.7	96.3	101.7	94.7	92.4	99.8	92.8	90.5
ヒノキ	134.3	104.8	107.0	110.9	81.4	83.7	113.2	83.7	86.0
標準偏差	14.3	3.0	5.3	4.6	6.7	4.3	6.7	4.6	2.2

6.8 秋季の時系列な葉色変化および樹冠高変化に基づく落葉広葉樹林の区分

6.8.1 紅葉・黄葉期間の葉色変化に基づくケヤキ・コナラ林の区分

当該地区を含む多摩森林科学園内でのケヤキ・コナラの標準的なサンプル樹木の葉色変化を図-6.4 (前掲) に示す。同図中からケヤキ(サンプル樹木数 17 の平均値で表示)とコナラ(サンプル樹木数 20 の平均値で表示)の葉色変化の特性をみる。ケヤキ・コナラとも 12 月下旬(2000.12.26)には落葉していたため 11 月上旬(2000.11.5)、11 月中旬(2000.11.19)、12 月上旬(2000.12.5)の紅葉(黄葉)期間で比較してみた。

ケヤキでは、図-6.4(E)のように11月上旬にR・G値ともにほぼ同じでB値よりも高い。これは葉色が黄色に変化していることを示し、さらに11月中旬に向かいR値は高まり、G値は低下傾向を示し、黄葉から紅葉への変化を示している。12月上旬のR値は11月中旬のそれに比べて若干低下し、赤褐色の葉色（枯死して褐色化した樹葉）に変化している。HSI値でみるとI値・S値ともに3期間中には変化がほとんどみられないが、H値だけは11月上旬をピークに急激に低下する顕著な傾向が認められる。

コナラは、図-6.4(F)のようにRGB値ともに11月上旬から12月上旬に向かって急激に値が上昇しているのが分かる。とくにR値の変化が顕著であり、12月上旬にピークになる。これは11月上旬には黄葉がほとんどみられなかったのが、11月中旬さらには12月上旬と晩秋に季節が移るに従い、黄葉の鮮やかさを増していることを示す。HSI値では、I値がケヤキとは異なり、12月上旬に向かって値を増している。さらに、H値は11月上旬をピークに12月上旬に向かって急激に値を低下している。

以上から、ケヤキとコナラを区分するには11月中旬（2000.11.19）と12月上旬（2000.12.5）の2時期を用いることが有効であることが分かる。ケヤキとコナラのサンプル樹木での2時期のRGB値とHSI値の標準偏差を求めたものが表-6.5である。

同表から11月中旬（2000.11.19）のG・I・H値と12月上旬（2001.12.5）のR・G・S値の標準偏差が大きいことが分かる。次に、これらの値を基に、値の組み合わせからケヤキとコナラとの区分に有効な組み合わせ（加算方式）を検討したものが表-6.6である。この組み合わせにより作成したカラー合成画像を図-6.7に示す。このカラー合成画像データにクラスタリング手法を適用し、ケヤキとコナラを区分した。

表-6.5 ケヤキ・コナラのRGB値・HIS値の標準偏差

月/日	2000/11/19						2000/12/5					
データ項目	R	G	B	I	H	S	R	G	B	I	H	S
ケヤキ	48.7	43.6	39.8	44.2	40.8	10.2	48.2	43.2	40.2	44.1	38.6	9.5
コナラ	47.4	52.2	42.9	47.5	59.7	10.4	62.3	55.7	44.8	53.6	43.8	19.9
標準偏差	0.7	4.3	1.5	1.6	9.4	0.1	7.0	6.2	2.3	4.7	2.6	5.2

表-6.6 ケヤキ・コナラ区分のRGB値・HIS値の組み合わせと標準偏差

加算 (11/19+12/5)	H+R	H+G	H+S	G+R	G+G	G+S	I+R	I+G	I+S
ケヤキ	89.1	84.0	50.3	91.8	86.7	53.1	92.5	87.4	53.7
コナラ	122.0	115.4	79.6	114.5	107.9	72.1	109.8	103.2	67.4
標準偏差	16.5	15.7	14.6	11.3	10.6	9.5	8.6	7.9	6.8

6.8.2 落葉推移に基づく樹林タイプの区分

6.8.1でのケヤキとコナラの区分を補足する上で、落葉期間中の時系列なDSMを用いて、

樹冠高の変化から落葉推移パターンを解析し、①比較的早い時期に落葉する樹種（あるいは分布箇所）と、②比較的遅い時期に落葉する樹種（あるいは分布箇所）を区分した。

図-6.8(1)~(3)には、落葉前~落葉中、落葉中~落葉後、落葉前~落葉後の DSM の変化量を示す。図-6.8(1)と(2)から作成した落葉推移パターンが図-6.9 である。

図-6.9 をみると、比較的早い時期に落葉する箇所(10 月~12 月に落葉)は、斜面下部や谷底の末端部などに分布する落葉広葉樹に多く、個体差もあるがケヤキ高木やモミジ・ヤマハゼなどの高木であった。それに比べ、遅い時期に落葉する箇所(12 月~2 月に落葉)は、尾根部や尾根~谷底の間の斜面に多く、コナラ高木や一部ケヤキ高木などであった。

6.8.3 落葉前後の樹冠高変化に基づく落葉広葉樹林の階層構造

ここでは、図-6.8(3)に示す落葉前(2000.10.11)の DSM と落葉後(2001.2.12)の DSM の変化総量に基づき、図-6.10 に示す落葉広葉樹林の階層構造を区分した。当該地区の落葉広葉樹林は、①下層植生が未発達な落葉広葉樹高木林(両 DSM の差分量 20m 以上)、②低木の常緑樹が繁茂する落葉広葉樹高木林(差分量 15~20m 未満)、③低木~亜高木の常緑樹が繁茂する落葉広葉樹高木林(差分量 10~15m 未満)、④亜高木の常緑樹が繁茂する落葉広葉樹高木林(差分量 5~10m 未満)、⑤高木ないし亜高木の常緑樹との混交する落葉広葉樹高木林(5m 未満)に区分できた。

図-6.10 をみると、下層植生の未発達な落葉広葉樹高木林は箇所①(図-6.11 の番号を参照)、箇所②、箇所⑤の一部などの斜面末端部に多く分布し、低木や亜高木などの常緑広葉樹の繁茂する落葉広葉樹高木林は、山腹部や谷底部の斜面に多く分布していた。また、高木や亜高木の常緑広葉樹と混交する落葉広葉樹高木林は斜面上部や尾根部に点在して分布しているのが分かる。

6.9 総括的な樹種区分とその適用性

6.9.1 総括的な樹種区分とその表示

6.6~6.8 までの区分結果より時系列な葉色の色調変化による樹種区分、さらに落葉広葉樹林については落葉推移パターン、階層構造区分を付加して、図-6.12 に示す総括的な樹種区分図を作成した。同図は、樹種区分に階層構造区分を加えて表示したもので、スタジイ、アラカシ(一部にモミなども含む)、スギ、ヒノキ、ケヤキ(複層・単層)、コナラ(複層・単層)に区分した。

スタジイは地区東端の南北方向に連なる尾根部と箇所④(図-6.11 の番号を参照)や箇所⑥の山腹部に分布し、アラカシは谷底部や山腹部など地区全体にわたり広く分布していることが識別できた(図-6.13(1))。スギは箇所⑥(図-6.11 の番号を参照)の斜面下部に分布し(図-6.13(2))、ヒノキは箇所③のような山腹部に塊状に分布しているのが識別できた(図-6.13(3),(4),(5))。ケヤキは箇所①(図-6.11 の番号を参照)、箇所②、箇所⑤の一部等に見られ、ほとんどが斜面下部や谷底部に沿って分布しているのが識別できた。コナラは斜

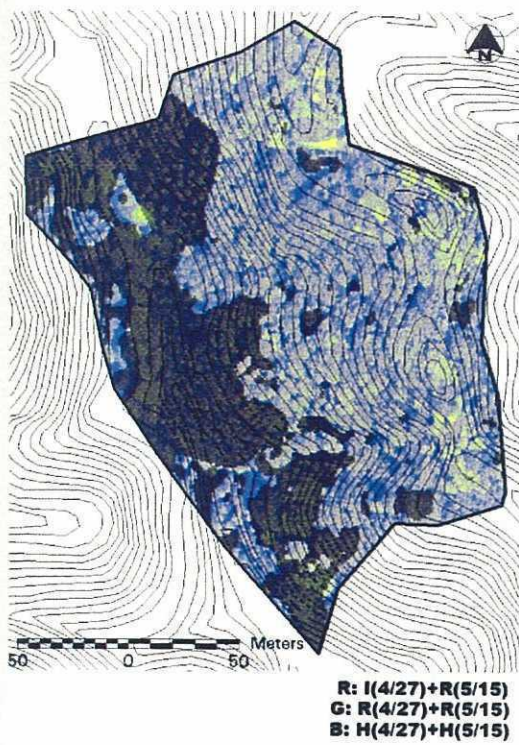


図-6.5 カラー合成（常緑広葉樹林区分）

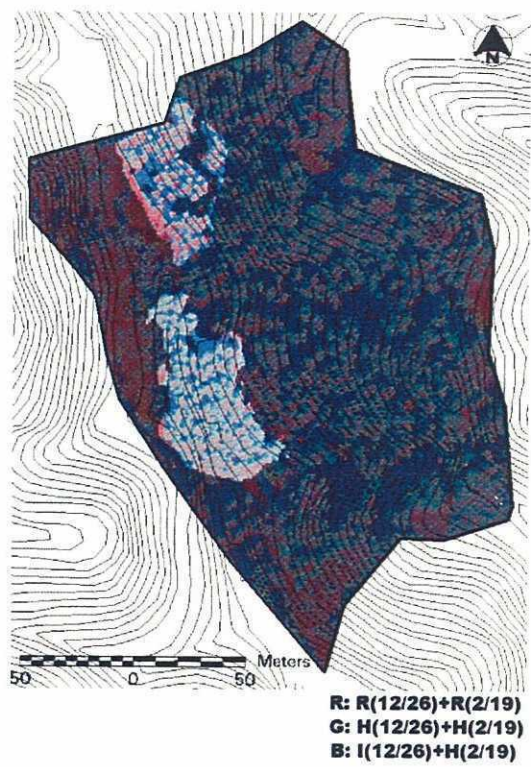


図-6.6 カラー合成（スギ・ヒノキ林区分）



図-6.7 カラー合成（落葉広葉樹林区分）

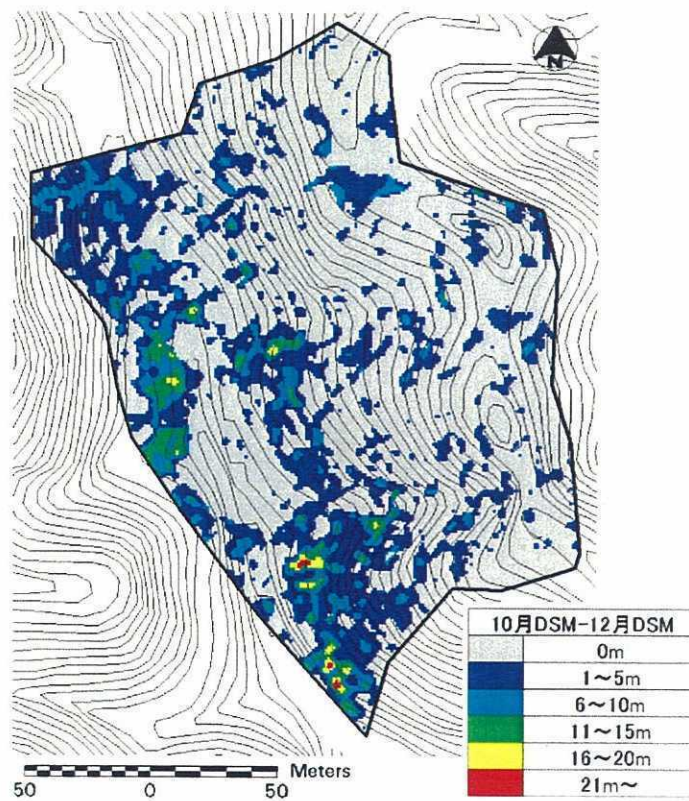


図-6.8(1) 落葉前の樹冠高-落葉中の樹冠高(2000.10.11-2001.12.3)

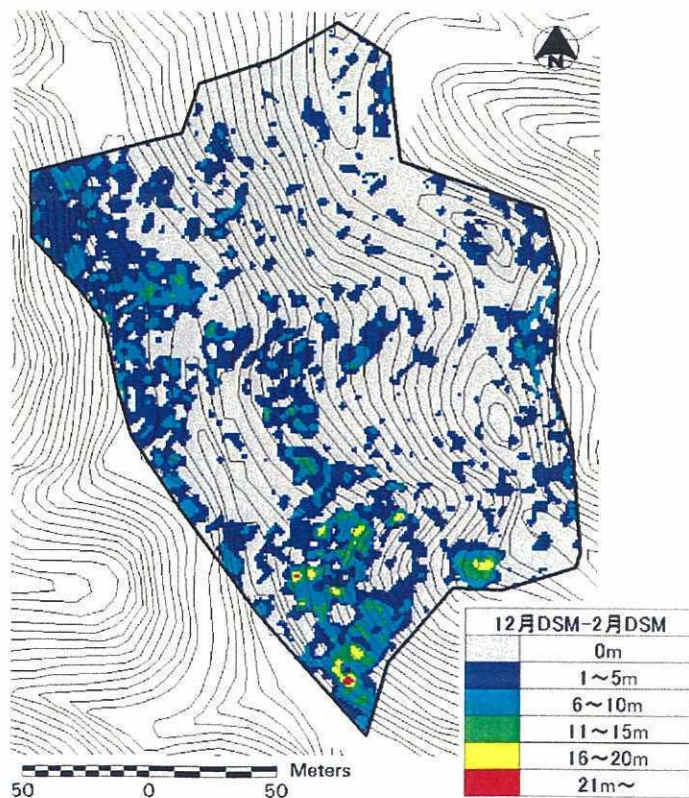


図-6.8(2) 落葉中の樹冠高-落葉後の樹冠高(2001.12.3-2001.2.12)

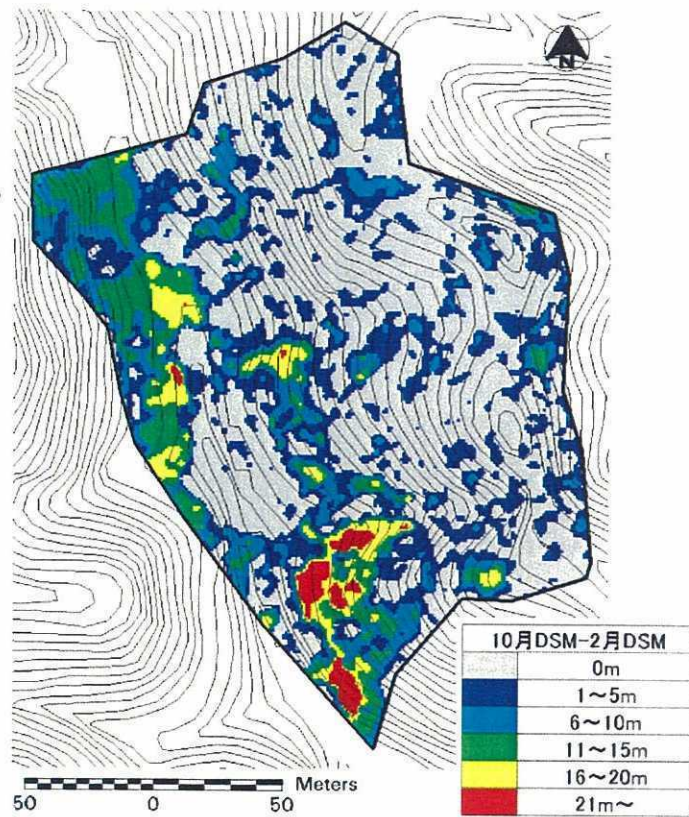


図-6.8(3) 落葉前の樹冠高-落葉後の樹冠高(2000.10.11-2001.2.12)

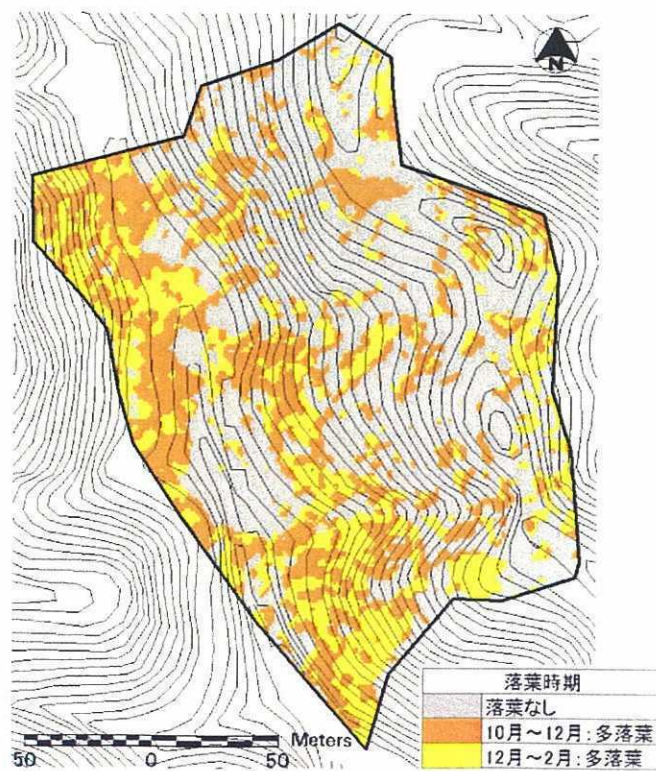


図-6.9 落葉推移パターン

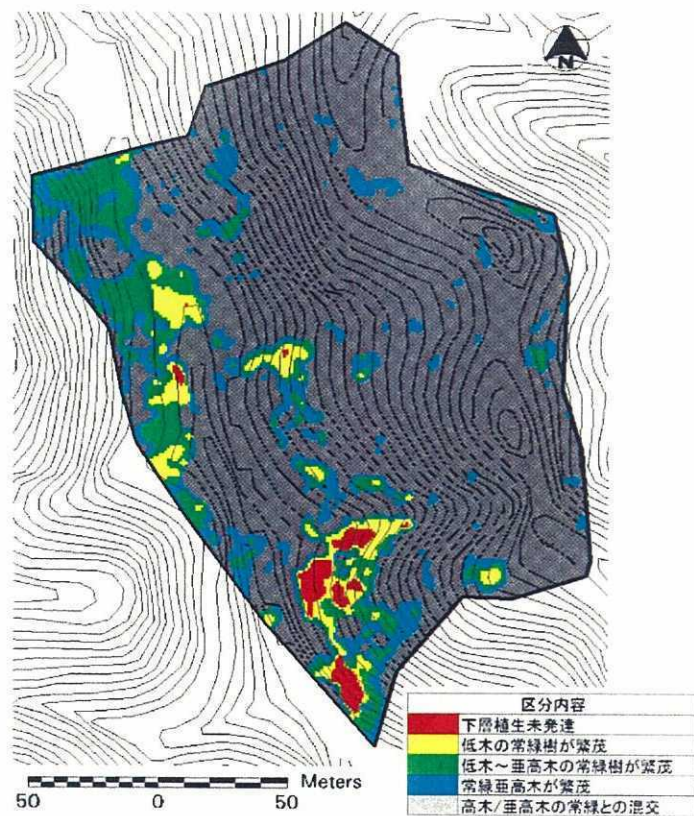


図-6.10 落葉広葉樹林の階層構造区分

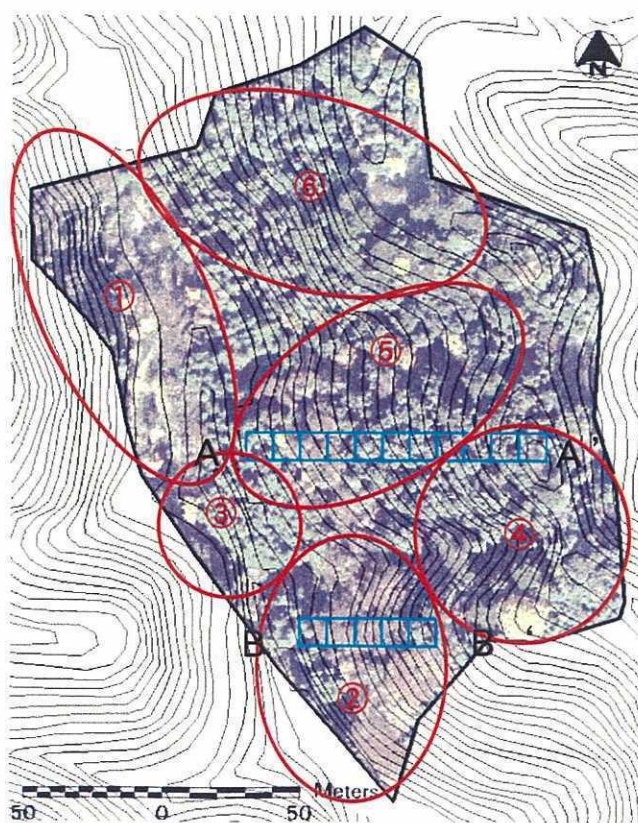


図-6.11 カラー航空オルソ画像（図中の番号は現地検証箇所）

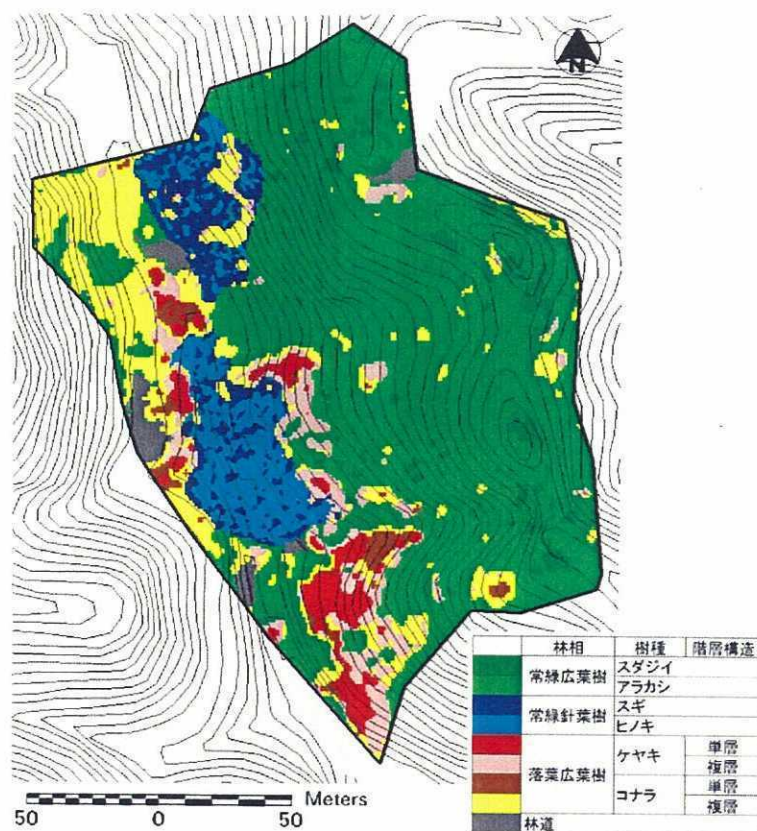


図-6.12 総合的な樹種区分図

面下部～山頂まで広く分布し(図-6.13(6)), ケヤキのように塊状にまとまって分布するのではなく、広く点在して分布しているのが識別できた。

6.9.2 カラー航空オルソ画像による目視判読結果との比較検証

(1)目視判読の条件

ここでは、本研究手法による樹種区分結果とカラー航空オルソ画像を用いた目視判読による樹種区分結果とを比較し、従来から手法的に確立されてきた航空写真判読による樹種区分との差異について検討した。

目視判読においては、熟練技術者(航空写真判読について30年近い経験を有する技術者)により、本研究で作成したカラー航空オルソ画像をデジタル画像解析システムのモニター上にカラー表示し、拡大・縮小や画像間のオーバーレイ処理などを施しながら、モニター画面上でマウスを使用して目視判読した。カラー航空オルソ画像を用いた判読のため実体視(1対の航空写真の重複部を用いた立体的な観察)による方法は採用しなかった。

目視判読には、春季(2001.5.15撮影)、夏季(2001.7.2撮影)、秋季(2000.11.19撮影)の3時期分のカラー航空オルソ画像を使用した。一般的に利用されているカラー航空写真は樹



(1) アラカシ高木林の樹冠部



(2) スギ林の林縁



(3) ヒノキ若齢林と林床



(4) ヒノキ林内(アラカシやアオキの低木によって占められている)



(5) 当該地区の林床に多く分布する
アオキの低木層



(6) コナラ高木林の樹冠部

図-6.13 当該地区の現地調査写真

葉の繁茂が最も盛んな夏季に撮影される場合が多い。これは航空写真を多目的に利用していくことを前提として撮影されているためである。樹種区分においては、第3章でも触れたように春季や秋季に葉色変化が大きく、この時期に撮影されたカラー航空写真を用いることで里山林を構成する代表的な樹種の区分が可能となるが、そのようなタイムリーな時期に撮影したカラー航空写真はほとんど見られない。

現状での利用可能なカラー航空写真の整備状況を勘案し、目視判読においては、

- ① 夏季（2001.7.2）に撮影されたカラー航空写真に基づいて作成したカラー航空オルソ画像を用いた判読（樹葉の葉色変化が最も少なく、葉色の安定した時期のカラー航空オルソ画像のみを用いた）
- ② 常緑広葉樹の葉色変化がよく現れる春季（2001.5.15）に撮影されたカラー航空写真に基づいて作成したカラー航空オルソ画像と、落葉広葉樹の葉色変化が大きく現れる紅葉・黄葉などの秋季（2000.11.19）に撮影されたカラー航空写真から作成したカラー航空オルソ画像とを併用した目視判読

について実施した。

(2) 樹種別にみた区分結果の比較検証

表-6.7 には、スダジイ・アラカシ・スギ・ヒノキ・ケヤキ・コナラの6樹種について、本手法による区分結果と目視判読による区分結果の比較を示す。また、図-6.14(1)~(3)にはそれぞれの区分図を示す。

表-6.7 樹種別にみた区分結果の比較

区分 樹種	本手法		夏季航空写真判読		春秋季航空写真判読	
	面積(m ²)	比率(%)	面積(m ²)	比率(%)	面積(m ²)	比率(%)
スダジイ	1,557	4.6	1,883	5.6	2,993	8.9
アラカシ	19,553	58.2	19,199	57.1	17,417	51.8
スギ	1,940	5.8	1,681	5.0	1,950	5.8
ヒノキ	2,294	6.8	2,757	8.2	2,253	6.7
ケヤキ	3,239	9.6	4,573	13.6	5,077	15.1
コナラ	5,042	15.0	3,531	10.5	3,934	11.7
計	33,624	100.0	33,624	100.0	33,624	100.0

スダジイは、春季になると長く伸びた花序についた雄花が咲きそろい、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。とくに5月頃にはこの特徴的な葉色が鮮明となり、他の樹種との区分が容易になる。そのため春季のカラー航空オルソ画像を用いた目視判読で容易に抽出できる（中村，2004）。春季・秋季のカラー航空オルソ画像を併用した目視判読が最も精度よく抽出できた。分布の面積比（前掲，表-

6.7) からみると、本手法と夏季のカラー航空オルソ画像の目視判読の場合と大差はなく、春季・秋季のカラー航空オルソ画像の併用による判読結果に比べて面積比の相違が大きい。夏季のカラー航空オルソ画像の目視判読では、アラカシの分布箇所との誤判別が多く、スダジイの分布箇所が十分に抽出されていない。一方、本手法による区分結果は面積比でみると、春季・秋季のカラー航空オルソ画像を併用した場合に比べて少な目に抽出されている。ただし、抽出箇所の位置は比較的よく整合していることが分かる。これは葉色の変化箇所を抽出しているが、その際の画像処理の閾値の設定に課題を残しているためと考えられる。すなわち、春季のスダジイの葉色は他の樹種に比べて特異であるが、その葉色は花序による黄緑色～黄金色まで幅広く、さらに若葉が淡褐色に写り多様な葉色を示すため、どの色幅までをスダジイとするか、すなわち画像処理上での色調分割の閾値が課題となる。

アラカシは、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）により黄緑色した葉色を示し、比較的早い時期に深緑色の葉色に変わる。そのためスダジイほどカラー画像上で明瞭に識別できない。本手法による区分結果と春季・秋季のカラー航空オルソ画像を併用した目視判読結果ではアラカシの分布域はよく整合している。ただし、面積比では前記のスダジイの抽出結果の相違により異なる。これらに比べて夏季のカラー航空オルソ画像上の目視判読では、とくに箇所①（前掲、図-6.11 中に番号で示す箇所、以下同様）や箇所②などで誤判読を生じている。箇所①では林道を挟んで反対側の斜面下部に分布しているアラカシ林が全く抽出されていない。また、箇所②では斜面下部に分布するコナラ林をアラカシ林と誤判読している。アラカシは、それ自体を単独で抽出できるほど特異な葉色変化を年間に示さないことは分かっているため（第3章 3.7.1）、常緑広葉樹林を抽出し、さらにその範囲内からスダジイを抽出して残った箇所をアラカシ林の分布域と考えていくしかない。そのため、夏季のカラー航空オルソ画像のみからの目視判読では常緑広葉樹林が正確に抽出できないため、他の方法に比べて誤判読が多くなったものと考えられる。

スギは、どの場合においてもほぼ同様の面積比で捉えられている。とくに、本手法による区分結果と春季・秋季のカラー航空オルソ画像を併用した目視判読による区分結果とは同値である。当該地区のスギ林は箇所⑥の西側にまとまって分布する。本手法による区分結果では箇所⑥だけでなく箇所③に点在して認められる。箇所③はヒノキ林の分布域でありそのなかにスギと区分した誤判別を生じている。スギは、冬季になると葉中の緑色の葉緑素が分解して少なくなり、それまで隠れていた赤色の色素が浮き上がり赤色の葉色を示す。さらに、春季になると再び葉緑素が増えて緑色に戻る（河原，2004）。このように、冬季に時系列に観測したカラー航空オルソ画像を用いることで、その分布箇所を抽出することも可能となる。本研究でも冬季のカラー航空オルソ画像上からこのような褐変した箇所を画像処理により抽出したが、樹木の陰影などによりスギ林全体を抽出できなかったために生じた誤判別（ヒノキとの誤判別）を伴っていた。それに比べて、春季・秋季のカラー航空オルソ画像を併用した目視判読では画像上に写るスギ林の肌目（きめ）に基づいて識別

しており、他の広葉樹林(常緑・落葉)との区分が明瞭であったためと考えられる。

ヒノキは、目視判読を適用すればアラカシなどの常緑広葉樹との区分は極めて容易となる。これは葉色変化に基づくことよりも画像上に写る肌目(きめ)が両樹種を区分する重要な要素になっているためである。

ケヤキは、秋季に葉を褐色や黄色に染める。ケヤキの黄葉は葉の内部で緑色の色素であるクロロフィルが気温の低下とともに分解されると同時に赤褐色の色素であるフロバフェンが合成されることによる(新井, 2004)。また、紅葉・黄葉以降に褐色に葉色に変化した褐葉の状態になる。これは葉中の物質が分解するときにタンニン類が酸化されて、赤褐色の色素が表面に浮き出て褐色の葉色に変化したためである。したがって、紅葉(黄葉)期や晩秋期のカラー航空オルソ画像上には特徴的な葉色特性を示す。表-6.7(前掲)のように、

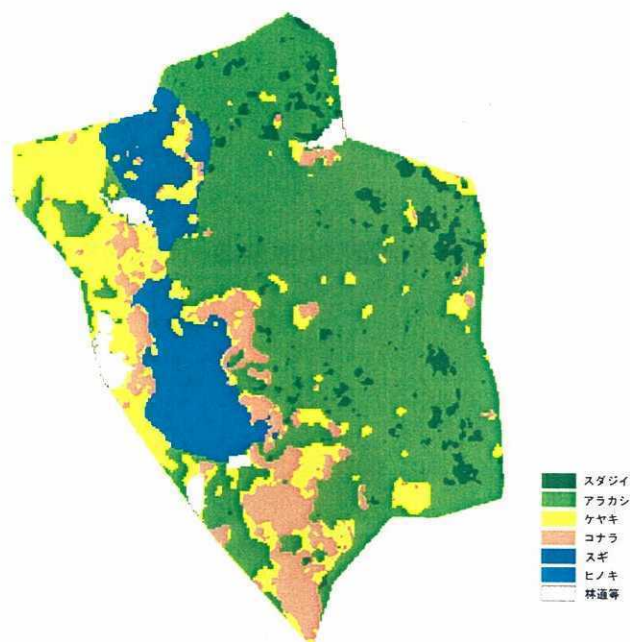


図-6.14(1) 本研究手法による樹種別の区分結果

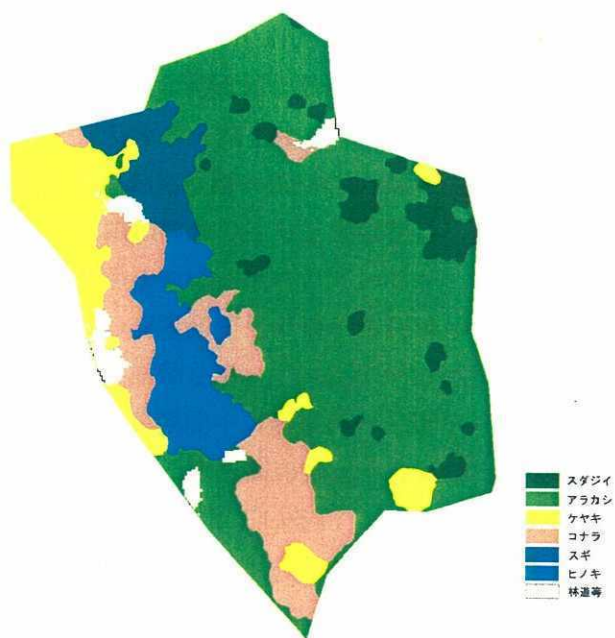


図-6.14(2) 夏季のカラー航空オルソ画像を用いた樹種別の目視判読結果

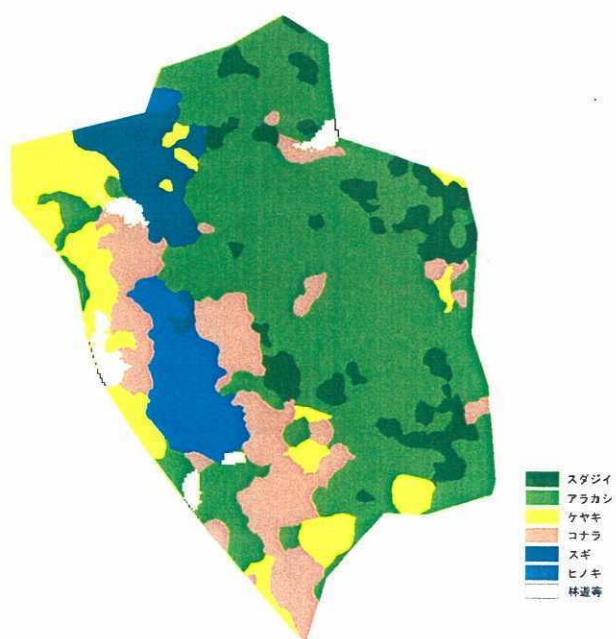


図-6.14(3) 春季と秋季のカラー航空オルソ画像を併用した樹種別の目視判読結果

褐葉の状態になる。これは葉中の物質が分解するときにタンニン類が酸化されて、赤褐色の色素が表面に浮き出て褐色の葉色に変化したためである。したがって、紅葉(黄葉)期や晩秋期のカラー航空オルソ画像上には特徴的な葉色特性を示す。表-6.7(前掲)のように、春季・秋季それぞれ1時期ずつのカラー航空オルソ画像の併用による判読では、本手法による区分結果と乖離がある。すなわち、図-6.14(1)と図-6.14(2)を比較すれば分かるとおり、分布面積の大きな箇所では概ね両者の区分結果は整合している。しかし、アラカシ林内に点在して分布するものは本手法では抽出されているが、目視判読ではほとんど抽出されていない。これは、落葉前後の樹冠高変化の情報を利用していないことや秋季～晩秋季までの時系列なカラー航空オルソ画像を用いていないために誤判読したものと考えられる。落葉広葉樹の細分については、落葉期間中(落葉前～落葉中～落葉後)を時系列に観測した航空機搭載型レーザスキャナによる樹冠高の変化や紅葉(黄葉)開始～落葉直前までの葉色の変化が極めて重要であることを示唆している。

コナラは、春季に展開したばかりの若葉が、表面に絹上の毛が生え、白みかがった淡い緑色の葉色を示す。新緑になると鮮緑色の葉色となり、以降徐々に濃緑色の葉色に変わる。コナラの葉色が最も大きく変化するのは紅葉期である。すなわち、葉柄と枝との境界にできる離層によって、遮断され葉中に蓄積された糖分にアミノ酸が加わり赤色の色素が形成され紅葉となる。また、もともと葉中に含まれ、葉緑素の色に隠れていた黄色の色素が、クロロフィルの分解と消失によって表面に浮き出し黄葉となる(中川, 2004)。本手法による区分結果と春季・秋季のカラー航空オルソ画像の併用による目視判読結果を比較した場合、前述のケヤキほどではないが両区分結果には乖離がみられる。すなわち、アラカシ林内に点在するコナラの分布は目視判読では抽出できていない。また、スギ林内に隣接して分布しているコナラも捉えられていない。とくに、コナラはケヤキの紅葉(黄葉)に比較して、その時期は遅く晩秋に紅葉(黄葉)するが多い。そのため、本手法による区分の場合には、秋季のカラー航空オルソ画像に、初冬期のものを加えて葉色の変化を解析していること、さらには落葉期間中(落葉前～落葉中～落葉後)を時系列に観測した航空機搭載型レーザスキャナによる樹冠高の変化も解析に加えていることで区分精度が向上していたと考えることができる。

6.9.3 現地でのベルトランセクトによる調査結果との比較検証

現地検証箇所は図-6.11(前掲)に示すA-A'(地区の中央部)とB-B'(地区の南端部)の2測線を設けた。A-A'測線は幅10mで延長110mの帯状の検証箇所、B-B'測線は幅10mで延長50mの帯状の検証箇所である。現地検証では、10m×10mの箇所を基本単位にして上層を被覆する高木の出現数を調査した(当該箇所に隣接する箇所に立地している高木が当該箇所の上層をもその樹冠が被覆する場合も出現数には加えてある)。

A-A'およびB-B'の測線区間における各検証箇所内について、本手法による樹種区分結果と夏季および春季・秋季のカラー航空オルソ画像を用いた目視判読手法による樹種区

分結果を比較したものを表-6.8～表-6.9 に示す（それぞれの手法によって区分された樹種の占有面積率で表示）。

表-6.8 本研究手法と目視判読手法による検証箇所毎の樹種区分結果の比較（A-A'）
（それぞれの手法によって区分された樹種の占有面積率で表示）

(1)本研究手法による樹種区分結果

区分	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	A-11
スギ	32.4%	12.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ヒノキ	67.6%	50.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
スタジイ	0.0%	0.0%	0.1%	2.7%	4.6%	0.0%	3.9%	1.9%	0.0%	2.0%	47.2%
アラカシ	0.0%	8.2%	38.8%	77.3%	95.4%	100.0%	96.1%	98.1%	100.0%	98.0%	52.8%
コナラ	0.0%	3.9%	1.4%	0.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ケヤキ	0.0%	25.4%	59.7%	19.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

(2)夏季のカラー航空オルソ画像の目視判読手法による樹種区分結果

区分	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	A-11
スギ	0.0%	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ヒノキ	100.0%	32.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
スタジイ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.7%
アラカシ	0.0%	0.0%	0.0%	63.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	72.3%
コナラ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ケヤキ	0.0%	68.0%	100.0%	36.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

(3)春季・秋季のカラー航空オルソ画像の目視判読手法による樹種区分結果

区分	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	A-11
スギ	0.0%	0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ヒノキ	100.0%	47.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
スタジイ	0.0%	0.0%	0.0%	32.2%	53.5%	0.0%	0.0%	9.5%	0.0%	0.0%	30.7%
アラカシ	0.0%	0.0%	0.0%	28.8%	46.5%	100.0%	100.0%	90.5%	100.0%	100.0%	69.3%
コナラ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ケヤキ	0.0%	52.9%	100.0%	39.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

表-6.9 本研究手法と目視判読手法による検証箇所毎の樹種区分結果の比較 (B-B')
(それぞれの手法によって区分された樹種の占有面積率で表示)

(1) 本研究手法による樹種区分結果

区分	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
スギ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ヒノキ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
スタジイ	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
アラカシ	42.4%	0.0%	0.0%	49.9%	95.9%
コナラ	14.4%	0.2%	0.0%	0.5%	3.0%
ケヤキ	43.2%	99.8%	100.0%	48.6%	1.1%
計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

(2) 夏季のカラー航空オルソ画像の目視判読手法による樹種区分結果

区分	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
スギ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ヒノキ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
スタジイ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
アラカシ	50.3%	0.0%	0.0%	16.7%	85.5%
コナラ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ケヤキ	49.7%	100.0%	100.0%	83.3%	14.5%
計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

(3) 春季・秋季のカラー航空オルソ画像の目視判読手法による樹種区分結果

区分	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
スギ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ヒノキ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
スタジイ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
アラカシ	51.2%	0.0%	0.0%	19.1%	87.4%
コナラ	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%	12.5%
ケヤキ	48.8%	100.0%	100.0%	80.1%	0.1%
計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

以上の樹種区分結果と現地検証結果を比較し評価したものを表-6.10 および表-6.11 に示す（同表中で、○：本手法による区分結果と現地検証結果が概ね整合、△：両者に一部不整合、×：不整合に評価）。

表-6.10 樹種区分の現地検証結果との比較
A-A'断面における現地検証結果

検証区間	A ————— A'										
検証箇所 No.	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	A-11
本手法による区分結果	ヒノキ スギ	ヒノキ ケヤキ	ケヤキ アラカシ	アラカシ ケヤキ	アラカシ スギ	アラカシ	アラカシ	アラカシ	アラカシ	アラカシ	スギ アラカシ
判読区分 (夏季)	ヒノキ	ケヤキ ヒノキ	ケヤキ	アラカシ ケヤキ	アラカシ	アラカシ	アラカシ	アラカシ	アラカシ	アラカシ	スギ アラカシ
判読結果 (春季・秋季)	ヒノキ	ヒノキ ケヤキ	ケヤキ	スギ ケヤキ	アラカシ スギ	アラカシ	アラカシ	アラカシ スギ	アラカシ	アラカシ	スギ アラカシ
現地調査結果	スギ			1	3	2	2	3	2	3	5
	アラカシ			1	2	4	6	3	4	4	1
	モミ等		1						1		
	ヒノキ	13	4								
	ケヤキ		1	4	2	1					
	コナラ		1		1						
検証結果 (本手法)	△	○	○	△	○	○	○	△	△	△	○
検証結果 (判読・夏季)	○	△	△	×	△	○	○	△	△	△	○
検証結果 (判読・春秋)	○	△	△	○	○	○	○	△	△	△	○

A-1はヒノキのみが分布する箇所であるが、本手法ではヒノキとスギに区分しているのに対し、判読手法ではヒノキのみに区分している。前述したように葉色変化が鮮明に現われないヒノキの場合には画像上に写る肌目(きめ)がスギとヒノキの区分の重要な要素になるためである。A-2はヒノキが主体で一部ケヤキが混交する箇所、判読手法では小規模なケヤキを見落としているのに対し、本手法では葉色変化が顕著なケヤキが抽出されている。A-3は、ケヤキを主体に一部コナラやモミなどが分布する箇所である。本手法ではケヤキは区分でき、他にアラカシ、コナラも区分している。アラカシとして区分されたものは実際にはモミであった。これは、アラカシが顕著な葉色変化を示さないために、他の常緑樹種（この場合は常緑針葉樹のモミであった）と区分できなかったものと考えられる。

それに対して、判読手法ではケヤキのみに区分しており、現地検証結果と一部不整合を生じている。A-4は、ケヤキとスダジイ・アラカシとの混交する箇所、判読手法（春季・秋季データ併用）の場合には概ね整合しているが、本手法では小規模に分布するスダジイが十分に区分できていない。また、判読手法（夏季データのみ使用）では、ケヤキとアラカシのみに区分し、このような混交状態の樹種区分には適用が難しいことが分かった。

A-5～A-7までの区間は、アラカシ主体にスダジイが分布する。本手法および判読手法（春季・秋季データ併用）による区分結果とも現地検証結果と整合している。A-8～A-10までの区間は、アラカシを主体にスダジイが点在しており、どの手法でも区分結果と現地検証結果との一部不整合が生じていた。A-11ではアラカシ・スダジイから構成される箇所、どの手法でも区分結果と現地検証結果とは整合していた。これは、この箇所にスダジイがまとまって分布し、葉色変化から十分区分できたためと考えられる。

表-6.11 樹種区分の現地検証結果との比較

B-B'断面における現地検証結果

検証区間		B ————— B'				
検証箇所 No.		B-1	B-2	B-3	B-4	B-5
本手法による区分結果	アラカシ		ケヤキ	ケヤキ	ケヤキ	アラカシ
	ケヤキ				アラカシ	
判読区分 (夏季)	アラカシ		ケヤキ	ケヤキ	ケヤキ	アラカシ
	ケヤキ				アラカシ	ケヤキ
判読結果 (春季・秋季)	アラカシ		ケヤキ	ケヤキ	ケヤキ	アラカシ
	ケヤキ				アラカシ	コナラ
現地調査結果	スダジイ				3	3
	アラカシ					4
	ケヤキ	2	2	4	2	
	コナラ	1				
	カエデ		1			
	モミジ	1	1			
検証結果 (本手法)		×	○	○	△	△
検証結果 (判読・夏季)		×	○	○	△	△
検証結果 (判読・春秋)		×	○	○	△	△

斜面下部のB-1~B-3までの区間では、ケヤキが主体で、一部コナラ、カエデ、モミジなどを伴う。このうち、B-1では、本手法および判読手法による区分結果と現地検証結果とが不整合であった。これは単木ベースで多種が混在するために区分できなかったものと考えられる。また、斜面上部のB-4~B-5の区間では、スタジイとアラカシが混在し、尾根部にはスタジイが主体に分布しているが、本手法および判読手法ともアラカシないしアラカシとケヤキに区分している。これもスタジイが点在して分布し、単木ベースで抽出できなかったためと考えられる。

以上の現地検証結果との比較において、本手法は従来から樹種区分において確立されてきた手法である目視判読による区分結果（とくに、春季と秋季のカラー航空オルソ画像を併用した区分結果）とほぼ同程度の精度を有する手法と考えることができる。

6.10 まとめ

- (1) 本研究は、時系列に観測したカラー航空オルソ画像と落葉期に時系列に観測した航空機搭載型レーザスキャナデータを併用し、樹葉の葉色変化と落葉推移パターンから混交林での樹種区分の可能性を検討した。
- (2) 本研究では、葉色変化や落葉推移パターンの特性、さらには階層構造区分などを加えた総括的な樹種区分を試み、その結果、当該地方の里山の代表的な樹種であるスタジイ、アラカシ、スギ、ヒノキ、ケヤキ、コナラなどに概ね区分することが可能であった。
- (3) 時系列な葉色変化からスタジイとスギは区分できるが、それに比べてアラカシやヒノキは葉色変化が明瞭でないため区分に難しい面があった。
- (4) 落葉広葉樹林では、ケヤキとコナラは時系列な葉色変化から大局的には区分が可能であるとともに、時系列な樹冠高の変化から落葉推移パターン、階層構造による樹林タイプの細分が可能であった。ただし、ケヤキ、コナラとも個体差や気象条件等により、紅葉と黄葉が見られ、区分が判然としない場合もあった。
- (5) 樹種単位で目視判読結果と本手法による区分結果を比較した場合、常緑樹林と落葉樹林との区分は、落葉前後の樹冠高変化から比較的容易であるとともに、小規模で点在して分布している場合にも精度よく区分ができた点、季節的に葉色変化が顕著な樹種については、その葉色変化を生じる時期を含む時系列なカラー航空オルソ画像の比較照合から、その分布域を抽出することができた点、春季の時系列なカラー航空オルソ画像を用いてスタジイの分布域が抽出することができた点、秋季の時系列なカラー航空オルソ画像を用いてケヤキやコナラなどの落葉広葉樹が紅葉・黄葉の葉色として捉えることができ、これらの樹種区分ができた点、同様に、冬季の時系列なカラー航空オルソ画像を用いてスギの褐色変化箇所が抽出できた点、などをメリットとして挙げることができた。
- (6) 本手法では、常緑樹林と落葉樹林の区分は容易であったが、常緑樹林を広葉樹と針葉樹に区分するには葉色変化だけでは困難であり、目視判読手法を併用せざるを得なかった点、スタジイについては常緑広葉樹林内で春季に花序や新葉により黄緑や褐色に葉色

が変化している箇所を抽出したが、樹木の個体差や立地条件等の違いから実際のスダジイの分布域よりも少な目に抽出された点、スギについてもスダジイの場合と同様に、冬季のカラー航空オルソ画像上で褐色変化している箇所を抽出したが、樹冠部が日陰になっている箇所はヒノキとの区分が不明瞭となり、誤判別を生じた点などが課題として挙げられた。

- (7) 現地検証結果との比較から、本手法は夏季のカラー航空オルソ画像を用いた専門家による目視判読よりも精度の高い樹種区分が可能であった。春季と秋季のカラー航空オルソを併用した専門家による目視判読とほぼ同等の精度による樹種区分に匹敵するものと考えられる。

参考文献（第6章） アルファベット順に表記

新井孝次郎(2004)：Watching 樹木図鑑，ケヤキ，週刊日本の樹木 13，ケヤキ，学習研究社，東京，pp.14-17.

河原輝彦(2004)：Watching 樹木図鑑，スギ，週刊日本の樹木 22，スギ 2，学習研究社，東京，pp.14-17.

中川重年(2004)：Watching 樹木図鑑，コナラ・クヌギ，週刊日本の樹木 20，コナラ・クヌギ，学習研究社，東京，pp.14-17.

中村幸人(2004)：Watching 樹木図鑑，スダジイ・アラカシ，週刊日本の樹木 09，シイ・カシ 1，学習研究社，東京，pp.14-17.