

時系列空中写真を用いた人工林小班区画抽出手法の開発

誌名	森林計画学会誌 = Japanese journal of forest planning
ISSN	09172017
著者名	村上,拓彦 番場,和徳 望月,翔太
発行元	森林計画学会
巻/号	47巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 83-92
発行年月	2013年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



論文

時系列空中写真を用いた人工林小班区画抽出手法の開発

村上拓彦^{1,*}・番場和徳^{2,3}・望月翔太²

Takuhiko Murakami, Kazunori Banba and Shota Mochizuki

村上拓彦・番場和徳・望月翔太：時系列空中写真を用いた人工林小班区画抽出手法の開発，森林計画誌47：83～92，2013 林野庁ならびに国土地理院が撮影してきた過去の空中写真の時系列解析により，施業区画（小班）を抽出する手法の開発を試みた。1963年から2002年の7時期の空中写真をオルソフォトに加工し，隣接する2時期をそれぞれ組み合わせ，2時期合成画像を使用して林分分類を行った。輝度値及びDSM（Digital Surface Model）の2時期合成画像の主成分分析により得られた第2主成分画像を用いて伐採地ならびに植栽地の抽出を試みた。今回提案する手法によって，人工林のより正しい施業区画の描画の可能性が示された。出力結果を既存の森林GISと比較したところ，既存の森林GISの区画線の不整合や林齢の不一致を指摘することができ，提案手法の妥当性が確認された。

Takuhiko Murakami, Kazunori Banba and Shota Mochizuki : **New method for extracting plantation boundary using temporal aerial photos**, Japan. Jpn.J.For.Plann. 47 : 83～92, 2013 We propose a new method of extracting plantation boundary through multi-temporal image analysis using past aerial photos which have been taken by the Forestry Agency and the Geographical Survey Institute, Japan. The seven aerial photo images from 1963 to 2002 were ortho-rectified, the succeeding two-year images were combined, and image classification of this two-year composite data was carried out. Clear cut and planted sites were extracted with the second principal component of the principal component analysis of a two-year composite image of brightness or DSM data. This proposed method presented the possibility to delineate the boundary of the plantation. Comparing the final map with existing GIS data, the unconformity of boundary information and the inconsistency of stand age were pointed out, consequently the validity of this new method was confirmed.

はじめに

森林簿は，地域森林計画の樹立時に利用することを想定し，農林水産省の規定を根拠として各都道府県で管理されている。その情報は，森林計画制度により規定される全国森林計画，地域森林計画といった行政方針の立案や，森林組合等の事業体による現場での現況把握に基礎的な情報として用いられている（近藤，2003；松村，2010）。さらに，京都議定書で規定される森林成長によるCO₂吸収量の算定を主目的に，国内の森林資源に関する包括的なデータベースとして国家森林資源データベースが整備されているが，このよ

うな国際的な報告の情報源としても森林簿に格納されている蓄積情報が用いられている（松本，2010）。

一方，既存の森林簿情報と現況との相違を指摘する報告が数多く存在する（例えば，白石，1999；松本，2001；松村，2007など）。2010年に森林・林業基本政策検討委員会により発表された「森林・林業の再生に向けた改革の姿」も森林簿の精度不足に言及しており，精度向上を自治体の責務としている（森林・林業基本政策検討委員会，2010）。さらに，空間情報である森林計画図の精度向上も課題となっている。森林計画図は，最小単位である小班界が十分な精度をもっていないことが指摘されている（村上，2008）。土地所有の

*連絡・別刷請求先（Corresponding author）E-mail: muratac@agr.niigata-u.ac.jp

1 新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University, Niigata 950-2181

2 新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science & Technology, Niigata University, Niigata 950-2181

3 現所属：（株）愛植物設計事務所

境界を確定する地籍調査は昭和 26 年から 50 年以上にわたり実施されており（野田，2004），調査結果を森林情報に導入して，その精度を効率的に向上させることが期待される（小笠原，2000；松本，2001）。しかし，地籍調査の進捗率は山地では未だ 4 割である（野田，2004；東京財団政策研究部，2010）。さらに今後森林所有者の高齢化・不在村化に伴う森林情報の散逸や所有者の世代交代等により，境界の確認に手間取ることが懸念されている（林野庁，2008）。国内の森林所有形態は個人による小規模なものが多く（林野庁，2008），森林情報の整備はそれだけ困難なものになると予想される。これらのことから，森林情報の効率的で客観的な情報収集方法を検討し，整備の推進を図る必要がある。

森林現況を調査する取り組みとして，森林資源モニタリング調査（以下，モニタリング調査）が 1999 年から 5 年周期で実施されている（なお，同調査は 2009 年度から森林生態系多様性基礎調査に引き継がれている）。この調査はモントリオール・プロセス，サンチャゴ宣言の基準と指標を満たすために計画されたものである（吉田，2008）。しかしモニタリング調査は広域性を持つものの，系統的に配置されたポイント上でのサンプル調査にとどまっており，面的なモニタリングを行うものではない。このため，森林簿や森林計画図といった面的な情報の更新に応用される期待は低い。また，現在のところ前述の国家森林資源データベースにおいても，森林資源モニタリング調査から得られた情報は森林簿から算出された推定値の検証用としての利用に留まっており（松本，2010），依然として国内資源量は森林簿情報により推計される体制となっている。森林簿は地域の森林計画と個別の林業経営の支援に，モニタリング調査は日本全体の森林の実態把握に重点を置くものと考えらるべきであり（白石，1999），今後も一層，森林簿や森林計画図は，地域での森林・林業経営を行う場合の基礎情報として，重要度が高い。

ところで，空中写真は国土全域を計画的に記録したデータとして蓄積されている。林野庁ならびに国土地理院により撮影される空中写真の多くはモノクロであるものの，過去の国土の空間情報を知ることができる数少ない情報源である（中北，2011）。林野庁により昭和 30 年から計画的な撮影事業が開始され，以来林野庁と国土地理院により 5 年程度の周期で国土の全域を撮影している。そのため空中写真を使用する事で，拡大造林期前から現在に至るまでの森林内での変遷をモニタリングできることが期待される。実際，過去の空中写真を用いて森林境界情報の抽出を行った例（竹島，2009；宮城，2011）や森林変化のモニタリング（西川ら，2005；Véga and St-Onge，2008；田口ら，

2009）が報告されている。ただし，現時点では時系列空中写真を用いて境界情報を抽出するシステムの構築はない。

本研究では空中写真の時系列解析により，人工林施業の最小区分である小班（施業区画などそれぞれの都道府県でいくつかの名称が存在するが本論では小班と称する）を抽出する手法の開発を試みた。本研究の目的は，時系列空中写真を用いた変化抽出により，小班候補を抽出する一連の手法を検討することである。そして得られた抽出結果を森林 GIS と比較することで，森林簿情報の精度不足という問題に今回の試みがどのように貢献できるかを考察する。

研究対象地

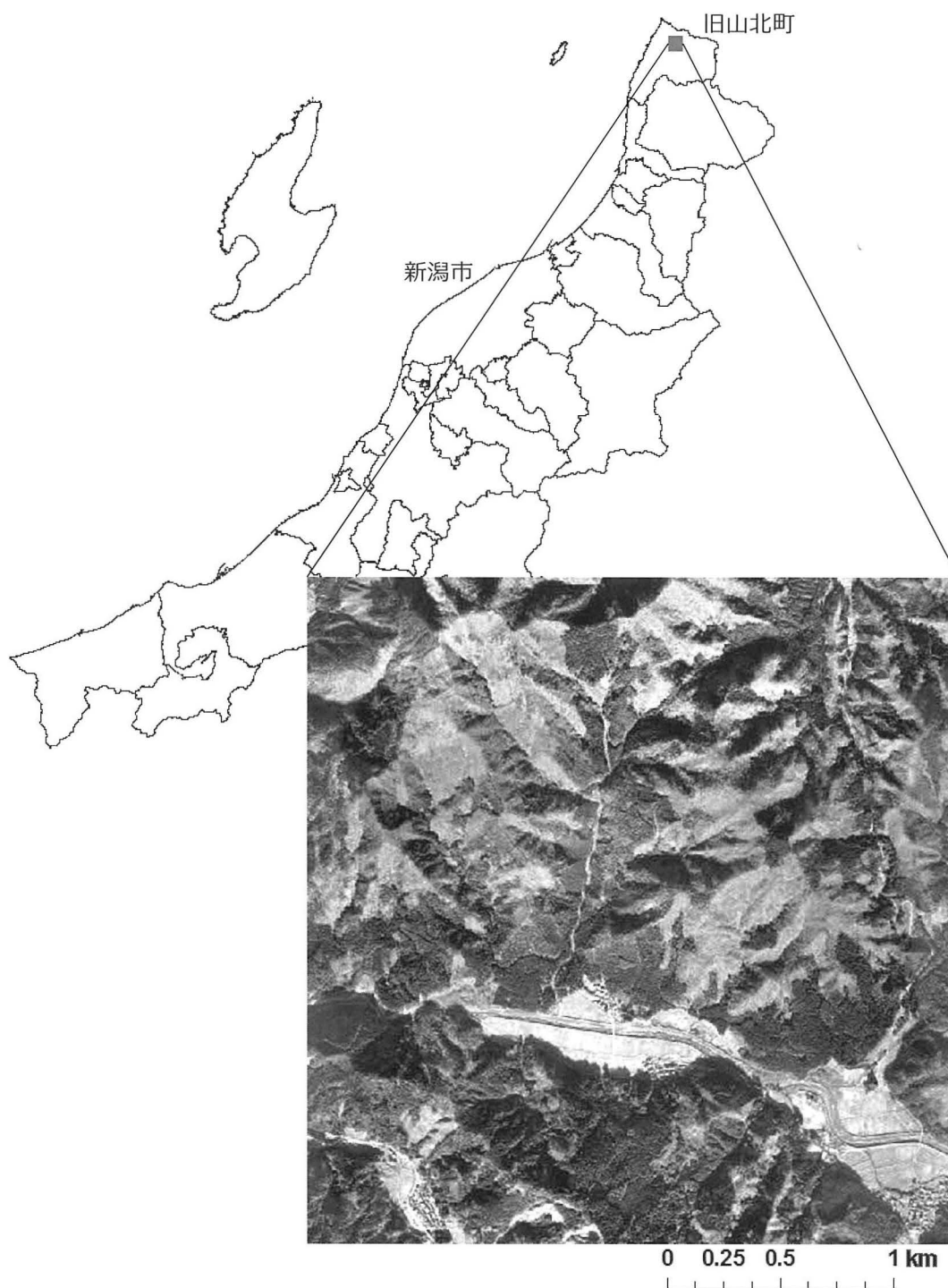
対象地は新潟県村上市勝木地区（旧山北町勝木）である。対象とした区域は，空中写真 3 枚のオーバーラップ領域である約 3×3 km の範囲とした（図 - 1）。世界農林業センサス 2000（農林水産省，2001）によると，旧山北町地域の林野率は 93% であり，内 38% を民有林人工林が占めている。新潟県全体の人工林率は 28% であり，同地域は周囲に比べると人工林率の高い地域となっている。主な造林樹種はスギであり，研究対象範囲内では人工林の 90% がスギで占められている。人工林面積のうち針葉樹人工林が 99.8% を占め，天然林面積に対する広葉樹天然林が 99.1% を占めるため，人工林は針葉樹，天然林は広葉樹でほぼ構成されていると考えて良い。

この地域では伝統的に林業が盛んに行われてきた。山北町森林組合は県下に 5 組合ある中核森林組合のひとつであり，森林整備から林産販売，木材加工に至る幅広い事業を行っている。山北町森林組合の組合員数は 1,060 人，組合員所有森林面積は 16,485ha である。世界農林業センサス（2005 年）によると旧山北町を含む村上市の林家数は 2,044 戸であり，そのうち 1～3ha 未満の所有規模が 1,087 戸となっている。旧山北町と全国の年齢構成を比較すると，旧山北町の方が高齢級側に 1～2 年齢シフトしている。10 年齢以上の人工林の比率が全国平均に比べると多く，戦前から続く人工林経営の様子がうかがえる。

方法

1. 使用データ

本論で用いた空中写真の基本情報を表 - 1 に示す。使用した空中写真は 1963 年から 2002 年の期間に林野庁により撮影された 7 時期各 3 枚の計 21 枚である。撮影間隔は 2～16 年となっており，完全に等間隔と



図－1 対象地

表－1 空中写真の基本情報

撮影年月日	撮影高度	写真縮尺	枚数
1963/10/8	4,198	1:20,000	3
1965/8/27	4,183	1:20,000	3
1981/7/30	3,421	1:16,000	3
1986/7/30	3,421	1:16,000	3
1993/10/15	3,419	1:16,000	3
1997/6/13	3,417	1:16,000	3
2002/10/12	3,417	1:16,000	3

なっているわけではない。すべてモノクロフィルムで撮影され、密着で現像されたものを入手した。これらを 600dpi でスキャニングしてデジタル化した。ちなみに、本対象地域では 1977 年にカラー撮影が行われているが、今回全体の画像処理方法を揃えるためカラー写真は使用しなかった。

人工林分布の図化には 2006 年 5 月 4 日取得の SPOT-5 パンクロマチック画像を使用した。このパンクロマチックデータの空間分解能は 5m である。人工林抽出にこのデータを使用した理由は、撮影時期が現在の人工林分布を把握する目的に適していること、撮影時期が新緑期であるため多くの広葉樹の開葉が完了しておらず、天然林とスギ人工林の反射率の違いが明瞭であることの 2 点が挙げられる。

新潟県水土里ネットより提供を受けた簡易オルソ空中写真も利用した。撮影日は 2006 年 10 月 22 日、11 月 4 日、11 月 25 日である。空間分解能は 0.25m である。この画像は幾何補正の参照用データとして、また抽出結果の評価を行う際の比較参照用データとして使用した。

標高データとして、国土地理院提供の 10m メッシュの DEM (Digital Elevation Model) を使用した。基盤地図情報サイトより JPGIS 形式でダウンロードしたものをバイリニア補間法でリサンプリングして用いた。

森林 GIS には、新潟県農林水産部治山課より提供を受けた 2006 年時点の森林 GIS を使用した。森林 GIS データが有する施業区画情報（新潟県では林班、小班の下に施業区画が存在する）と属性情報（林種、林齢）を用いて、今回の手法で得られる林齢情報、区画情報と比較した。

2. 解析方法

手順のフローチャートを図-2 に示す。個別の手順について以下に示す。

現在の人工林分布の確定

現在の人工林分布を把握するため、SPOT-5 パンクロマチック画像を用いて人工林とその他の土地被覆の分類を行った。対象地では人工林は針葉樹、天然林は広葉樹でほぼ構成されていることが確認されたため、針葉樹として抽出された区域を人工林として扱った。SPOT データのオルソ幾何補正では、参照用データとして水平方向に簡易オルソ空中写真、垂直方向に 10m メッシュ DEM を使用した。オブジェクトベース画像分類により、人工林と天然林を分類した。使用ソフトは eCognition Professional ver. 4.0 (Definiens Imaging 社、ドイツ；以下、eCognition) である。分割する領域の大きさを表すスケールパラメータは、人工林と天然林が完全に分割されることを条件とした上

での最大サイズを理想とし 10 とした。特徴量としてレイヤの値ならびにテクスチャを使用した。分類法は Nearest Neighbor 法を使用した。

空中写真のオルソ幾何補正

空中写真のオルソ幾何補正には写真測量ソフト Leica Photogrammetry Suite ver. 9.2 (Leica Geosystems 社、アメリカ；以下 LPS) を使用した。参照画像には水平方向に簡易オルソ空中写真を用い、垂直方向には 10m メッシュ DEM を使用した。作成されたオルソ画像は、ERDAS IMAGINE (Leica Geosystems 社) のオブションモジュールである Mosaic Pro を用いて、各時期 1 枚の画像にモザイク処理した。

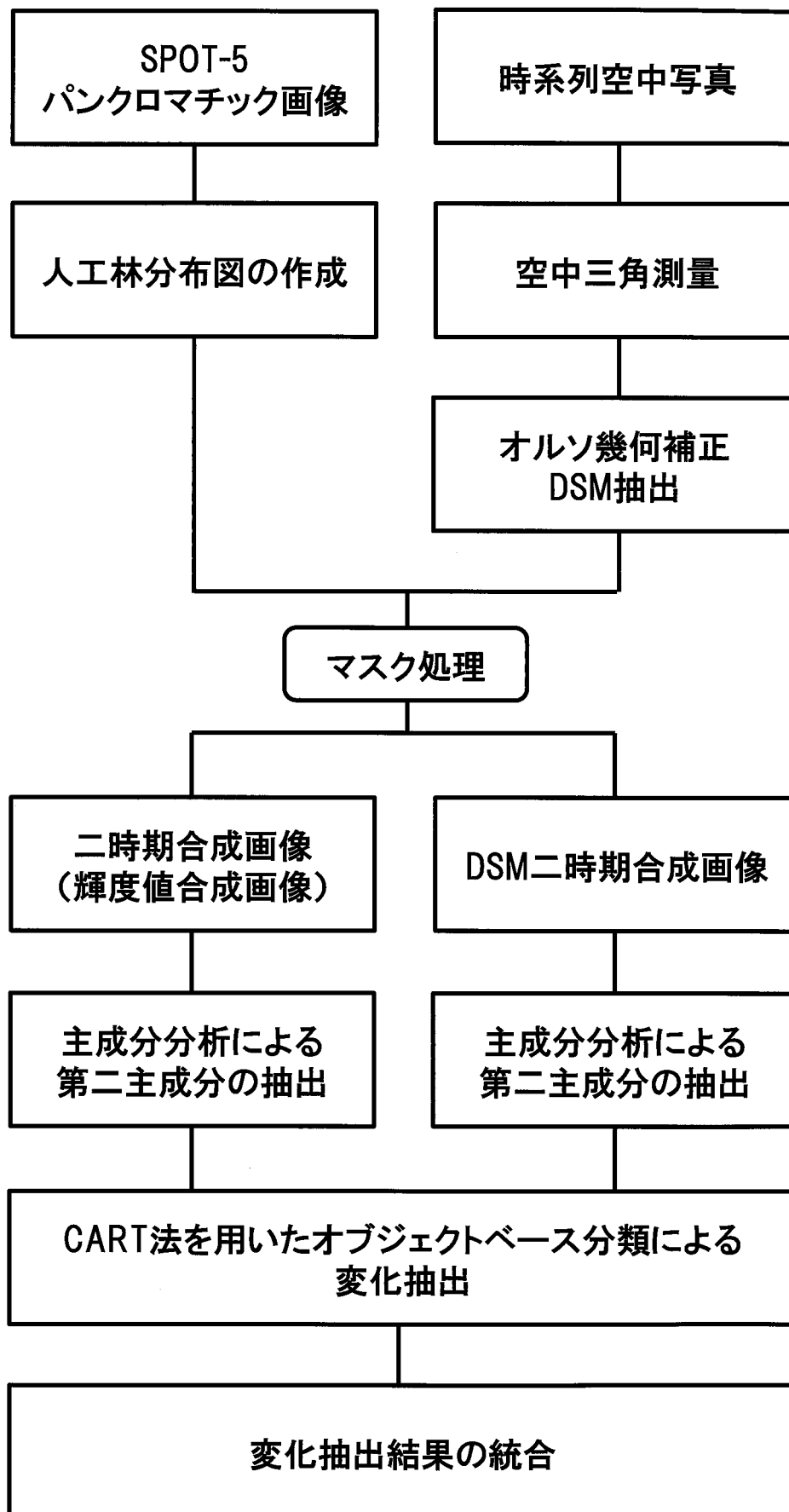
DSM 抽出

各時期のステレオペアデータから DSM (Digital Surface Model) を作成した。この DSM から DEM を差し引くこと DCHM (Digital Canopy Height Model) を求めた。今回、色調だけでなく、林分の高さ情報を用いることで、高さの異なる林分の識別を試みた。特に、色調の類似する若齢林と壮齢林の分離を DCHM データに期待した。

写真測量ソフト LPS において、DSM をポイント形式で出力した後、ポイントから TIN (Triangulated Irregular Network) を生成し、空間分解能 1m でラスター形式に変換した DSM を林分分類に使用した。最初に出力するポイント形式の高さ情報（マスポイント）は、10m × 10m に 1 点程度で生成されたが、影の部分は画像同士のマッチングが難しいため十分にマスポイントが生成されなかった。なお、LPS のオブションモジュールである ATE (Automatic Terrain Extraction) を用いてステレオペアデータから高さ情報を抽出した。

林分分類

本論では隣接する 2 時期をそれぞれ組み合わせ、2 時期合成画像を使用して林分分類を行った。分類に使用する画像は輝度値の 2 時期合成画像及び DSM の 2 時期合成画像の主成分分析により得られた第 2 主成分画像（以下、Brightness-PC2, DSM-PC2）である。2 時期間で変化抽出を行う際、大気の影響を解消するため輝度補正を行う必要があるが (Yang and Lo, 2002)、主成分分析によるデジタルナンバーの標準化を行うことで画像全体の色調の偏りを解消することが可能である (粟屋・田中, 2003)。なお主成分分析は、広葉樹の落葉による色調の季節変化の影響を除外するため、針葉樹林のみをマスク処理した画像に対して行った。このマスク処理には先述の人工林・天然林土地被覆分類結果を適用した。こうして抽出された Brightness-PC2 と DSM-PC2 を合成したものを分類対



図－2 手順のフローチャート

象とした。本研究では7時点を使用した解析を行うため、隣接した2時期を1組とした計6つの2時期合成画像を作成した。分類はeCognitionを使用し、オブジェクトベースで実行した。領域分割処理は、目視で確認できる小班がすべて分割される事を前提にした最大サイズを理想とし、各期間で個別のパラメータを使用した。

合成画像において変化箇所の色調が強調されているため、分類に使用するサンプルデータの取得は元の空中写真で土地被覆状況を随時確認しながら決定した。分類クラスとしてno change (変化なし)、cut (伐採地)、plant (植栽地)の3クラスを設定した。しかし、今回は期間相互の精度比較や全体の精度検証を行わないため、期間に応じて異なるクラス設定を行っている例もある。例えば、最も画像間の撮影期間が開いている1965年と1981年の期間においては、伐採後に造林された林分が成長し年次間で色調の差異が相対的に小さい林分が多く存在している事が確認されたため、伐採後に植栽された小班クラス“cut and plant”を設けた。サンプル取得の際、“cut”と“cut and plant”の区別については明確な基準を設けず、伐採されたことが確認できる林分の内、期末の空中写真上で成林との輝度値の差がはっきりと確認出来るものを“cut”、成林との輝度値の差がほとんど確認できないものを“cut and plant”として選定した。また、撮影時期間に伐採・植栽の施業が全く確認できなかった期間もあり、この場合にはそのクラスを設けなかった。

分類手法にはCART法(Classification And Regression Trees; Breiman et al., 1984)を用いた。この手法では、サンプルから得られた説明変数を二進分岐させ二進木を生成する。二進分岐の基準はGini係数である。使用したソフトはR 2.10.0 (R Development Core Team, 2011)であり、関数treeを使用した。CART法に用いる説明変数は、Brightness-PC2とDSM-PC2のオブジェクト内でのデジタルナンバーの平均値であるMeanを使用した。

人工林小班マップの作成

抽出結果から人工林小班マップを作成する手順を示す。それぞれの期間毎に得られた林分区画をポリゴンデータに変換した。ここで、幾何補正時の誤差に起因する画像同士のずれ等の原因により生じる小領域の誤抽出を取り除くため、便宜上面積80m²以下のポリゴンを削除した。その後、分類クラスごとにポリゴンを統合した後、no changeのクラスを削除した。このようにして作成した各時期の抽出区画のポリゴンを全時期で結合して人工林小班マップを作成した。その際、植栽時期に基づく数値分類を行い、各小班の推定林齢を属性情報として付与した。伐採のみ抽出された小班

の植栽時期については、次の期間内に植栽されたものと仮定した。なお、今回人工林のマスク用に用いたSPOT-5の撮影年に合わせて、林齢算定の基準は2006年とした。

結果

結果の評価は、抽出結果の全体的な傾向と局所的な比較による手法が持つ森林GISに対しての優位性、抽出結果の特性を明らかにする事を目的として行った。

1. 林分分類

各期間で作成されたClassification Treeを図-3に示す。特徴量が使用された回数は、Brightness-PC2が10回であるのに対してDSM-PC2は2回であり、主に輝度値ベースのBrightness-PC2が使用される結果となった。CARTの初めの分岐に着目すると、1965～1981年の変化抽出(図-3(b))ではDSM-PC2が選定され、その他期間の変化抽出にはBrightness-PC2が選定された。1965～1981年の変化抽出において、DSM-PC2は“cut”および“cut and plant”のクラスと、その他のクラスとの分類に用いられた。DSM-PC2はその他にも1981～1986年の変化抽出において、“cut”と“no change”の分類に用いられた。このようにDSM-PC2は、色調での変化抽出が困難であると判断し設定した“cut and plant”のクラスと“no change”とのクラス間の分類に利用されたことと、2度の使用状況から、伐採による変化を表すクラスとその他のクラスとの分類に利用された。

2. 森林GISとの比較

抽出結果と森林GISで、境界情報の局所的な比較を行った結果を図-4, 5に示す。また、参考程度に森林簿の林齢と推定林齢を比較した。

図-4のA, Bの抽出小班位置に対応する森林GISの小班はXの1区画のみである。この位置を時系列の空中写真で確認すると、植栽時期の異なる林分が隣接している事が確認できる。参考までに、林齢について比較すると、A, Bの小班の推定林齢はそれぞれ20～25年と13～20年であるのに対して、小班Xの林齢は57年である。これを時系列空中写真で確認した結果、施業区画Aは81年から86年に、Bは86年から93年に植栽されていることが確認でき、森林GISの属性データにおける林齢の記録に誤りがあり、抽出結果では正確にとらえている。

図-5は抽出結果と森林GISの小班の区画が著しく異なっている例である。抽出結果におけるC, Dの小班は、時系列空中写真との比較から高精度で小班を抽出している。これを森林GISと比較すると、森林

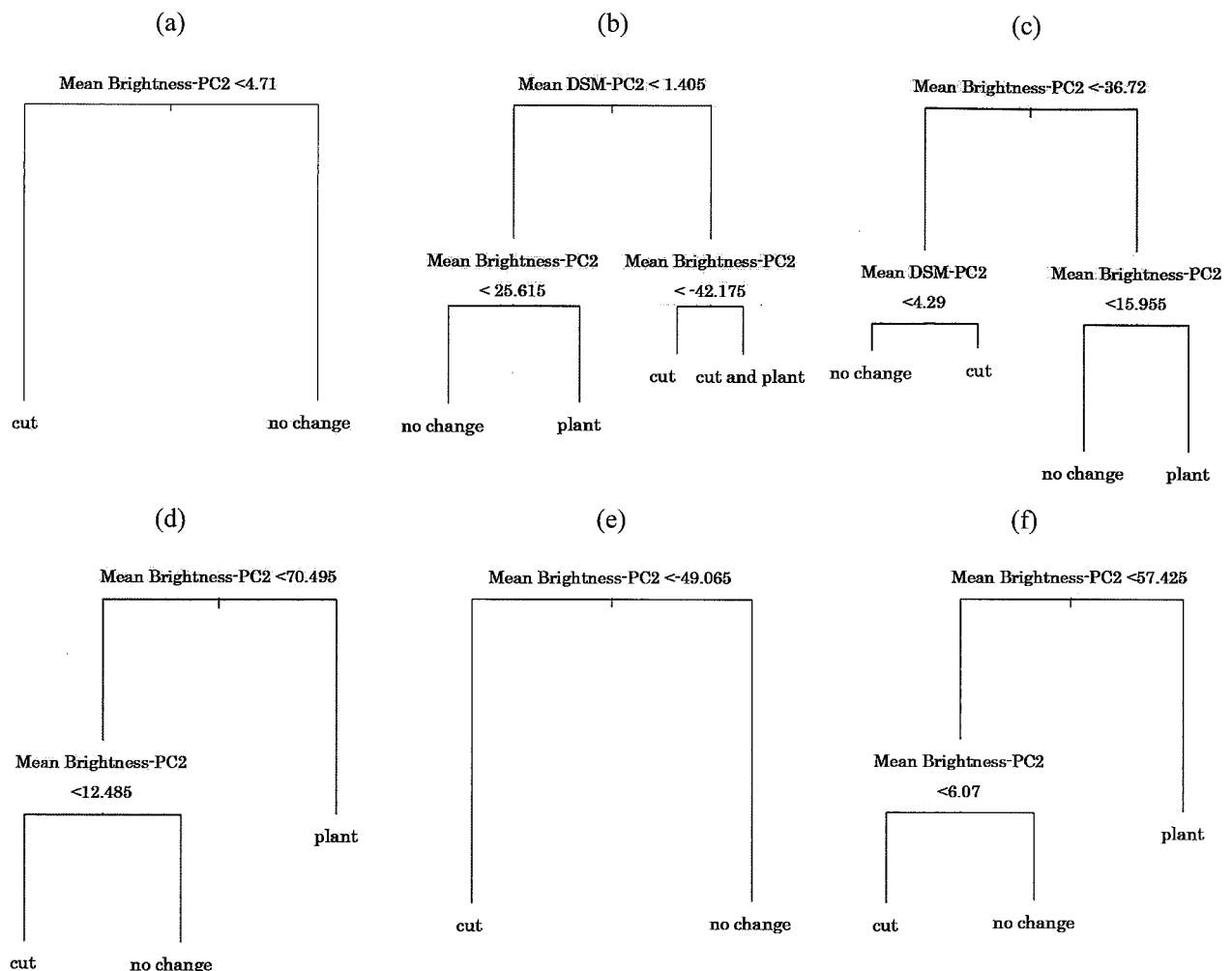


図-3 各期間で作成された Classification Tree. (a) 1963~1965年, (b) 1965~1981年, (c) 1981~1986年, (d) 1986~1993年, (e) 1993~1997年, (f) 1997~2002年.

GIS の小班 Y は実際の小班と正しく対応していない。また、D の小班内の推定林齢は 25 ~ 41 年であるが、対応する森林 GIS での林齢は 60 となっていた。ここでも林齢の不一致が確認された。

考察

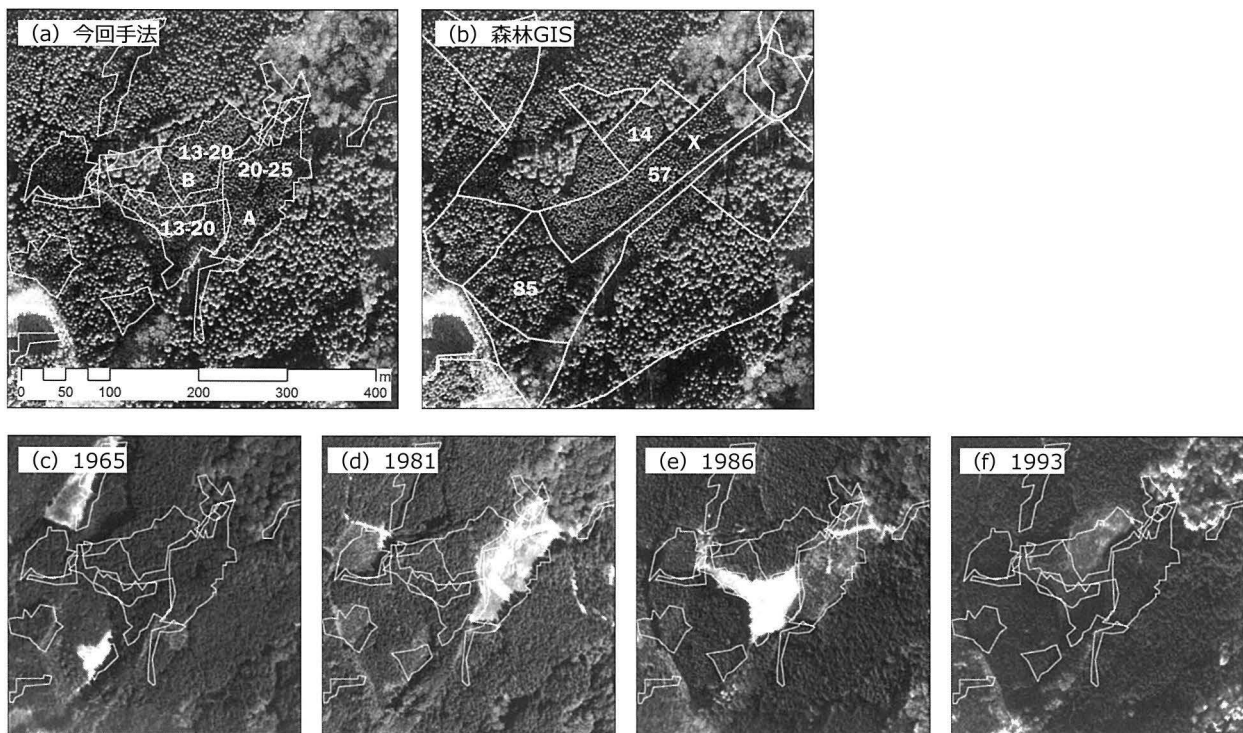
1. 変化抽出手法

CART 法により作成された決定木から、分類に使用した Brightness-PC2 と DSM-PC2 の変化抽出への有効性を評価する。分類には主に Brightness-PC2 が使用され、5 期間で最初の分岐に使用されていることから、2 時期合成画像（輝度値合成画像）の第二主成分は変化抽出において主要な要素であるといえる。DSM-PC2 は 1965 ~ 1981 年の変化抽出において最初の分類に使用され、分類過程全体に対して影響が強いことが示された。この期間の変化抽出には伐採後植栽され、輝度値変化量において成林との差異が表現さ

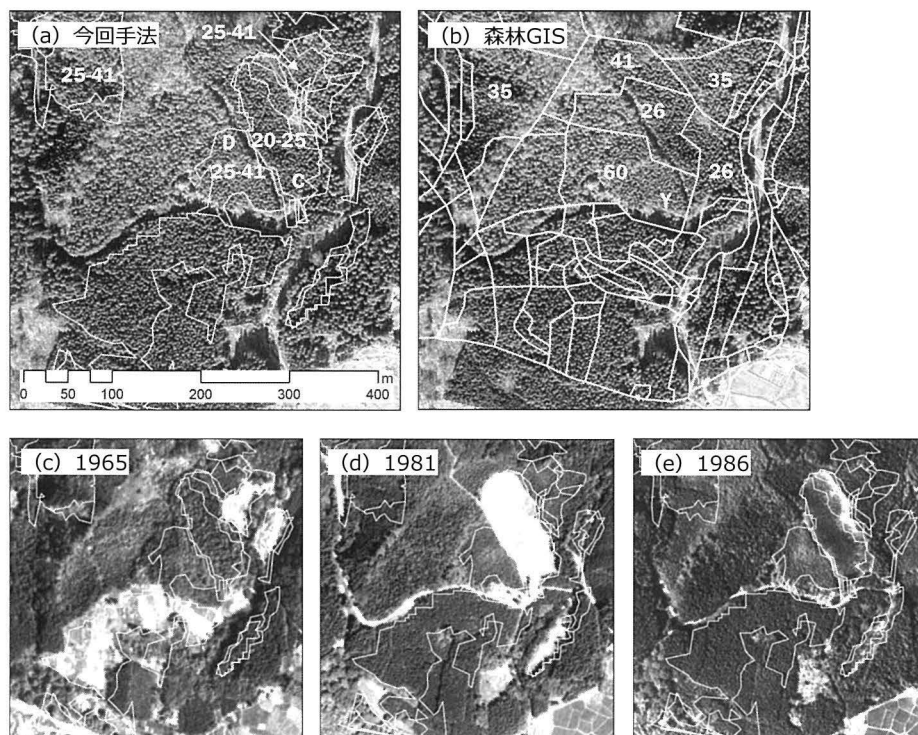
れていない事を確認し、例外的に“cut and plant”のクラスを設けている。このように時間の経過により成長した林分を抽出するために DSM-PC2 が有効といえる。他にも 1981 ~ 1986 年の cut と no change の分類で DSM-PC2 が使用されていた事から、DSM の変化量情報は伐採地の把握に有効に使用できると考えられ、特に、撮影年次の開いた場合に効力を発揮する事が分かった。以上のように、2 つの特徴量はその特性を補完し合い、精度の向上を実現していると評価できる。

2. 森林 GIS との比較

森林 GIS との局所的な比較の結果、抽出結果により森林 GIS の区画情報の精度を向上できる可能性がある事がわかった。区画については、前述のように施業区画単位のデータを元にして上位区分の林分情報が作成されるため、森林現況の整備には施業区画単位での精度向上が不可欠である。本手法は実際の伐採、造林単位と合致した小班情報を取得するものであるた



図ー4 時系列空中写真ならびに最終出力結果と森林GISとの比較(1). 図中の数値は林齢.



図ー5 時系列空中写真ならびに最終出力結果と森林GISとの比較(2). 図中の数値は林齢.

め、この問題に対して真値に近いデータを提供し、改善につながる事が期待できる。また林齢情報についても、更新の申告漏れによるものと考えられる、林齢が大幅に超過している小班に対し、修正の可能性を例示した。本手法によりこれらを合理的に推定できる事

は有益であると言える。

3. 手法の適用案

本手法で得られた抽出結果が持つ特性から、どのような場面で実際の利用可能性が期待できるかを議論してみたい。本手法での抽出結果は、森林現況の基盤情

報である森林 GIS と比較し、以下の点で優位性が大いに期待できる結果となった。

- ・人工林小班の位置精度
- ・森林 GIS に記録されていない境界情報

有効と考えられる利用法の第一は、森林施業レベルでの利用である。森林 GIS との比較の結果、人工林分布に本手法の優位性が大いに認められた。区画情報においても森林 GIS に格納されていない情報を得られることを検証し、両者の比較で精度の優位性を示した。人工林小班の区画情報は、施業の集約化を図る際の合意形成過程で重要な情報である。正しい位置情報、面積情報は施業の団地化にとって重要な情報となり得る。

第二は森林 GIS の評価用の情報としての利用である。前述のように森林 GIS の基盤情報である森林簿と森林計画図の精度不足は以前から指摘されている(松村, 2007)。しかし、それを示す精度の提示や改善の議論には至っていない(松本, 2001)。そこで、本手法の全体的な精度を評価した後に森林 GIS の検証用の情報として使用することで、森林 GIS と現実とのずれを定量的に評価できると考えられる。そうすることで、森林 GIS に格納されている情報の今後の扱い方の具体的な議論につなげることが期待される。また、集計結果に対する補正係数の提案なども考えられる。

第三は、境界確定の補助データとしての利用である。地籍調査の進展は森林現況情報の精度向上へつながるものと期待されているが、山地での地籍調査は6割が未了の状態である(野田, 2004)。地籍調査は現地調査によるため莫大な労力がかかる。さらに、森林管理意識の低下や世代交代により、所有者にも境界が分からないという事態が発生している(林野庁, 2008)。その際に境界位置の候補になる信頼性の高い地理空間情報が存在することは、作業効率を大いに高めると予想される。本手法での抽出結果から施業境界を得ることが出来るが、所有境界推定の補助データとしての実用性は高いと考えられる。また、抽出結果は空中写真より得られた客観的な情報であり、施業時期も分かる事から、所有者間相互の合意形成に対し客観的な情報を提示するものである。

おわりに

本研究では時系列空中写真から人工林の小班区画を抽出する一連の手法を開発した。本研究の意義は、現在の空中写真だけでは判読が困難な小班区画を抽出し、ひとつのマップ上に表現できるところにある。抽出結果は、森林現況の基盤情報として利用されてい

る森林簿、森林計画図の統合システムである森林 GIS との比較を中心に評価した。そこから手法の利点・問題点を整理し、利用法を考察した。

今後取り組むべき課題として、推定林齢の精度検証が挙げられる。今回は時系列空中写真から林齢を推定し、その後の状況から植栽年代を推定した。植栽した時期に関して信用できる情報を用いて検証する必要がある。今回は民有林での活用を想定しているの、県行造林地など造林履歴が間違いなく存在する箇所を対象地として選び、精度検証を行う必要がある。また、間伐実施箇所であれば間伐実施時の林齢情報が存在するので、森林組合等の協力を得て、情報を収集する方法がある。成長錘による林齢査定もあるが、対象が民有林だけに協力を得るのは困難であると予想する。

成果図の実用性を向上させることが最も重要であると考えられる。このためには、分類手法の最適化により精度を向上させる事などを検討する必要がある。応用的な研究としては、森林簿にどの程度の更新漏れが発生しているかといった森林 GIS の評価に結果を利用できると考えられる。今回の手法は択伐などの皆伐以外の更新方法がとられた可能性については明らかにできなかった。択伐や間伐による小規模な変化は、写真撮影期間中の成長の影響もあり、モニタリングが困難であると予測されるが(田口, 2009)、施業履歴は森林管理に重要な情報となり得るため、可能性を検討する価値は高い。また、今回使用しなかった米軍撮影の空中写真の利用についても検討する価値がある。米軍により 1946 年から 1947 年にかけて国土のほぼ全土が撮影されており(大貫, 2010)、これらの空中写真を加えて変化抽出を行う事で、区画抽出量の向上が期待できる。今後の研究により実用性を高める事で、将来本手法が森林情報整備の現場での実用に結びつく事を期待する。

今回、あくまでもひとつの県の森林 GIS を対象に改善案を示したにすぎない。今後さらに他県での事例も積み重ねる必要がある。また今回は、手法開発に重点を置いたので、広域的に検討を行ったわけではない。広域に行う場合、期首、期末データの組み合わせが撮影コースによって異なり、それが抽出結果に影響を及ぼす可能性もある。実用化を目指す場合広域性に伴う結果の不整合についての対応方法を考えていく必要があるであろう。

謝辞

森林 GIS は新潟県農林水産部治山課より提供を受けた。また、簡易オルソ空中写真は水土里ネットの新潟県土地改良事業団より提供を受けた。この場を借

りて深く感謝申し上げる。なお、本論のとりまとめには科学研究費補助金「リモートセンシングデータを駆使した人工林間伐支援画像処理システムの構築(24780145)」の一部を使用した。

引用文献

- 粟屋善雄,・田中邦宏(2003) ランドサット TM データを用いた森林変化モニタリング指標の検討: スギ林の伐採と成長のモニタリング. 写測とリモセン 42(5), 60-70.
- Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R. and Stone, C. (1984) Classification and Regression Trees. 368pp, Chapman & Hall, New York.
- 近藤洋史(2003) 森林組合における森林情報整備と間伐計画への応用. 森林総合研究所研究報告 2, 1-29.
- 松本光朗(2001) 森林情報の現状と将来-整備から活用へ-. 森林計画誌 35, 81-86.
- 松本光朗(2010) 国家森林資源データベース. (森林リモートセンシング第3版, 加藤正人編, 日本林業調査会, 東京). 282-285pp.
- 松村直人編著(2007) GISと地域の森林管理. 207pp, 全国林業改良普及協会, 東京.
- 松村直人(2010) 森林管理とGIS. (森林リモートセンシング第3版, 加藤正人編, 日本林業調査会, 東京). 336-339pp.
- 宮城正明(2011) 温航知森-過去の航空写真とGPSを用いた森林境界明確化-. 森林技術 837, 24-28.
- 村上拓彦(2008) 林業とGIS(シリーズGIS第4巻ビジネス・行政のためのGIS, 村山祐司・柴崎亮介編, 朝倉書店, 東京). 39-54pp.
- 西川僚子・村上拓彦・吉田茂二郎・光田靖・長島啓子・溝上展也(2005) 隣接する土地被覆別にみた竹林分布変化の特徴. 日林誌 87, 402-409.
- 中北理(2011) 将来に生きる森林GISを目指して. 森林技術 837, 30-33.
- 野田巖(2004) 林地における地籍調査前後での面積の変動と調査の進捗状況. 九州森林研究 57, 67-72.
- 農林水産省(2001) 2000年世界農林業センサス 第1巻 都道府県別統計書 林業編 15 新潟県.
- <http://www.e-stat.go.jp> (2013年7月30日調査).
- 小笠原希悦(2000) 地籍調査事業新制度の動向と私見. 森林航測 190, 1-3.
- 大貫仁人(2010) 森林航測事業のはじまり. 山林 1513, 16-25.
- 林野庁(2008) 平成20年版森林・林業白書. 172pp, 日本林業協会, 東京.
- R Development Core Team(2011) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- 森林・林業基本政策検討委員会(2010) 森林・林業の再生に向けた改革の姿. http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/saisei/pdf/dai3kai_suisinhonbu_siryoul.pdf (2013年1月21日調査).
- 白石則彦(1999) わが国の森林モニタリングの現状と問題点. 森林科学 27, 35-37.
- 竹島喜芳(2009) ハンディGPSの正しい使い方. (林業GPS徹底活用術, 全国林業改良普及協会編, 全国林業改良普及協会, 東京) 9-32pp.
- 田口仁・古川邦明・遠藤貴宏・沢田治雄・安岡善文(2009) 多時期の空中写真から作成した Digital Canopy Model による森林キャノピーのモニタリング. 写測とリモセン 48(1), 4-14.
- 東京財団政策研究部(2010) グローバル化する国土資源(土・緑・水)と土地制度の盲点-日本の水源林の危機II-. 36pp, 東京財団, 東京.
- Véga, C. and St-Onge, B. (2008) Height growth reconstruction of a boreal forest canopy over a period of 58 years using a combination of photogrammetric and lidar models. Remote Sens. Environ., 112, 1784-1794.
- Yang, X. and Lo, C. P. (2002) Using a time series of normalized satellite imagery to detect land use/cover change in the Atlanta, Georgia metropolitan area. Int. J. Remote Sens. 23, 1775-1798.
- 吉田茂二郎(2008) 現行の全国森林資源モニタリング調査と戦後のわが国の森林資源調査について. 日林誌 90, 283-290.

(2013年3月13日受付)

(2013年8月9日受理)