

【研究・技術ノート】

精度・分類項目の異なる時系列地理情報を活用した 土地被覆・植生変遷の把握の有効性

－多摩丘陵での事例－

小荒井衛*・長谷川裕之**・杉村 尚***・吉田剛司****

Effectiveness of the Method for Detection of Land Cover or Vegetation Change using Time-serial Geographic Information with various accuracy and classification category.

－ Case Study on Tama Hill Area, Tokyo －

Mamoru KOARAI*, Hiroyuki HASEGAWA**, Sho SUGIMURA*** and Tsuyoshi YOSHIDA****

Abstract: Using time-serial geographic information such as olden topographic maps and olden aerial photos, the authors try to detect land cover and vegetation change or transition on Tama Hill area, Tokyo. The authors produce land cover data on Early Meiji Period using Jinsoku-sokuzu published by the Sanbou-honbu (the Japanese Olden Army), on just after World War Two using aerial photos taken by the US Army, and on the end of Showa Period using Vegetation Maps published by the Ministry of Environment. There are big differences of positioning accuracy and classification category on each geographic information. Vegetation Maps have low positioning accuracy compared with other geographic information. Jinsoku-sokuzu has low positioning accuracy in valley area. However, it is possible to detect not only development but also reforestation or succession. The authors can estimate that this method is useful to detect land cover or vegetation change over 90% area of study area, and letter information about vegetation on Jinsoku-sokuzu has important information of excellent vegetation condition on early Meiji period.

Keywords: 土地被覆・植生変遷 (land cover and vegetation change), 迅速測図 (olden topographic maps published by the Japanese Olden Army), 米軍写真 (aerial photos taken by the US Army), 現存植生図 (vegetation maps), 多摩丘陵 (Tama Hill)

1. はじめに

国土の成り立ちや発達過程を考察する上で、時代の土地被覆や植生の状況を正確に捉えることは極めて重要である。日本では環境省が全国の1/50,000現存植生図を刊行しており、昭和50年代以降の植生変遷が一定のレベルでモニタリングされている。一方、明治以降、特に第二次世界大戦後から昭和40年代の高度経済成長期にかけては、経済発展に伴い都市近郊の丘陵地等で大規模造成開発による植生の改変等も大規模に行われてきたが、現存植生図レベルでの植生変遷のモニタリング情報が欠落して

いた。

国土地理院は、旧版地形図や過去の空中写真など、明治期以降の時系列かつ精度の高い国土情報を多数所有している。特に旧版地形図の植生記号や、過去の空中写真から判読できる土地被覆や土地利用は、中縮尺の現存植生図が整備される昭和40年代以前の国土の土地被覆や植生を、全国を均質な精度でカバーしており、分類カテゴリーは現存植生図ほど詳しくは無いものの、大変貴重な情報を提供してくれる。

本研究では、時系列に整備された地理情報が、景

* 正会員 国土地理院 (Geospatial Information Authority of Japan)
〒305-0811 茨城県つくば市北郷1番 Tel. 029-864-5942
** 正会員 文部科学省 (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology)
*** 非会員 (財)自然環境研究センター (Japan Wildlife Research Center)
**** 正会員 酪農学園大学 (Rakuno Gakuen University)

観保全・環境保全分野でどこまで活用可能かを検討するために、古くから土地の改変が行われてきた多摩丘陵を対象にして、土地被覆や植生の時系列変化の把握を試みた。特に、過去の景観を復元する情報として、明治初期の迅速測図と終戦直後の米軍写真に着目し、これら位置精度や分類項目が違う時系列地理情報を用い、どこまで土地被覆や植生の時系列変化の把握が可能であるかを検討した。

2. 対象地域

対象地域は、東京都多摩ニュータウンの聖蹟桜ヶ丘駅周辺の東西約6km、南北約2km(図1の米軍写真M389-104,106,108の範囲)である。多摩川右岸の標高100~150mの丘陵地帯で、丘陵を刻む乞田川と大栗川沿いに低地が広がり、明治以前から河川沿いに街道が延び集落が形成され、丘陵内の森林も人の手の入った二次林であった。第二次世界大戦後から東京のベッドタウンとしての開発が進み、街道沿いから丘陵の頂部まで宅地造成がなされてきた。一方、丘陵の縁の急傾斜地等では、森林等が伐採されずに残されている。このため、様々な土地被覆の変化パターンが期待できることから、土地被覆・植生の時系列変化を検証する地域として適当である。



図1 調査対象範囲

四角は米軍空中写真の撮影範囲、数字は写真番号

3. 使用したデータ

3.1 迅速測図

明治初期の土地被覆・植生を把握する資料として、「第一軍管地方二万分一迅速測図原図(以下「迅速測図」と略す)」を使用した。この地図は明治13

年から19年にかけて陸軍参謀本部が作成した地図で、関東平野のほぼ全域をカバーしている(井口, 2001)。経緯度の記載はないが、長谷川ほか(2005)によると、昭和41年改測の1/25,000地形図から迅速測図でも確認出来る地上基準点の座標値を読み取って affine 変換をした後の基準点残差は約13mと地物の相対的位置は正確であった。またこの地図は、フランス式の彩色を施した図式に特徴があり、当時の景観が把握しやすい。加えて、特徴的な土地被覆・植生については文字での記述もあり、当時の景観・土地被覆復元に役に立つ地理情報である(小椋, 1996; スプレイグほか, 2000)。森林、田、畑などの土地被覆は、ほぼ正確に彩色されて区分されており、榎、松など特徴的な樹種が文字で記述されている。ただし、その範囲は図に明示されておらず、今回は道路等の明瞭な土地利用界線を使って土地被覆を区分した。特段樹種の記載が無い森林植生は雑木に区分した。集落状の形態を呈している住家は住宅地としたが、畑地に散在している住家は畑地に含まれ明確には区分されていない。表1に示す9区分に分類した。

3.2 米軍写真

第二次世界大戦後の土地被覆・植生を把握する資料として、米軍が撮影した空中写真(以下「米軍写真」と略す)を使用した。1947年8月8日撮影、縮尺1/10,000である。今回の解析では、米軍写真をカラーオルソ化するために写真判読で土地被覆分類したポリゴンデータ(長谷川, 2007)を使用した。空中三角測量の検証点残差は水平方向約1.8mで、位置精度は他のデータと比べて高い。住宅地内の建物や樹林や庭がそれぞれ別に分類されていたが、迅速測図や現存植生図の区分と対比しやすいよう、表1に示す9区分に分類項目を再構築した。

3.3 現存植生図

昭和後期の土地被覆・植生を把握するデータとして、環境省の自然環境GISデータの1/50,000現存植生図「八王子」(調査年度:昭和58~59年)を使用した。分類は植物社会学に基づいた群落レベルで

細かいが、植生界線の情報は空中写真判読した結果を1/50,000地形図に移写しているの、3つの中で最も位置精度は悪い。表1のとおり分類項目は19区分であった。

4. 研究方法

本研究では、3つの情報源による各時期の土地被覆情報をポリゴンデータ化し、オーバーレイを行い3つの時期の土地被覆変化毎に面積を集計した。各データにより分類項目が違うので、小区分はそれぞれ独立した区分とし、共通の分類項目(表1)で大区分、中区分を行った。

まず、森林、草地、耕作地、改変地、その他の5つの大分類に分類した。森林については、米軍写真と同様に広葉樹、針葉樹、竹林の3つに中分類し、迅速測図と現存植生図の分類を中分類に対応づけた。草地については、米軍写真では伐採跡地が該当するものと判断し、中分類も大分類と同じ草地とし、現存植生図の分類を対応づけた。迅速測図には草地に対応する分類は無かった。耕作地については、米軍写真と同様に田と畑の2つに中分類し、迅速測図と現存植生図の分類を中分類に対応づけた。改変地については、中分類を市街地とし、迅速測図の住宅地、米軍写真の市街地、現存植生図の造成地や市街地などの5つの凡例が該当するとした。その他については、中分類でもその他とし、河川(水域と河原)と交通網(鉄道、道路)が該当するとした。

表1 土地被覆・植生のカテゴリー分類

大分類	中分類	迅速測図	米軍写真	現存植生図
森林	広葉樹	檜	広葉樹	シラカシ群集
		雑木		クスギ・コナラ群集
	針葉樹	松・檜	針葉樹	落葉広葉樹植林
		松		スギ・ヒノキ・サワラ植林
	竹林	-	竹林	竹林
草地	草地	-	伐採跡地	アズマネザサ・ススキ群落
				路傍雑草群落
				人工草地
				オギ群落など
耕作地	田	田	田	水田雑草群落
		畑	畑	畑地雑草群落
		桑		落葉果樹園
改変地	市街地	住宅地	市街地	造成地
				市街地
				緑の多い住宅地
				公園・墓地等
				工場地帯
その他	その他	その他	河川	自然裸地
			その他	開放水域

まず大区分で3時期の土地被覆変化の特徴を捉えた。次に分類項目の違う小区分同士で3時期の変化を捉えた。小区分同士のオーバーレイでは数多くの変化パターンが現れ、位置ズレ等によりあり得ない変化が出る可能性も有るため、一定面積以下の変化は議論の対象から外した。最も位置精度が悪いのは1/50,000現存植生図で、公共測量作業規程から図上0.7mm以下の精度は無いと判断されることから、30m程度の位置ズレはやむを得ないと判断される。また、現存植生図の作成要領では1ha以下の植生パッチは取得していないことになっている。従って、1ha以下の変化は検証の対象とはしなかった。

1ha以上の変化については変化面積の大きいものから順に、変化パターンが妥当であるか検討を行った。この際、変化パターンを「無変化」、「改変」(森林が伐採されて草地、農地になる、草地や農地が市街地になるなどの植生量が減少する方向の変化)、「回復」(草地、農地が森林に戻るなどの植生量が増加する方向の変化)、「遷移」(スギ・ヒノキ・サワラ植林がクスギ・コナラ群集に変化するなどの植生量が大きくは変わらない方向での変化)等に区分した上で、特に「回復」と「遷移」に着目し、通常では考えにくい変化パターンについては、その箇所に即して妥当な変化か一つ一つ検討した。中でも、迅速測図で樹種まで示している「檜」と「松」のポリゴンと、現存植生図で自然植生を示している「シラカシ群集」のポリゴンに特に注意を払った。これらの箇所については、状況を明らかにするために現地調査も行った。

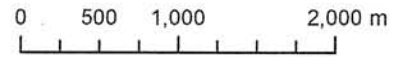
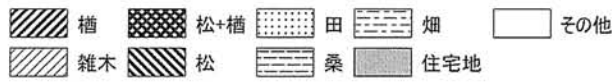
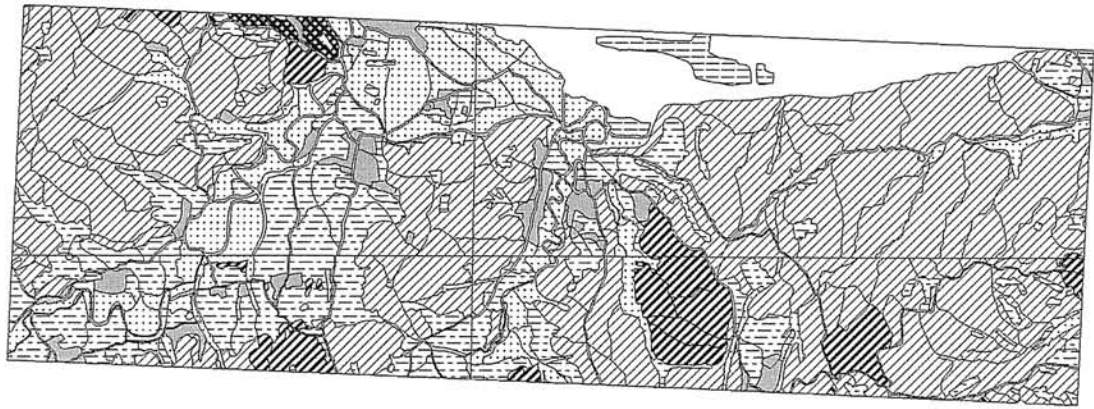
5. 地域全体の土地被覆・植生変化の状況

各時期の小分類における土地被覆・植生の分布状況を図2に示す。現存植生図は、市街地等の改変地についてはまとめて、14分類で表示している。

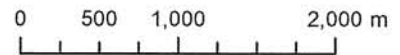
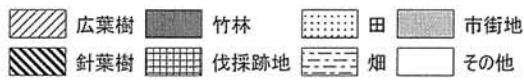
対象地域全体の土地被覆変化(大分類)を図3に示す。実際の変化量を矢印の大きさを示し、全面積に占める割合を%で表記した。

明治初期には6割を占めていた森林が終戦直後には4割になり、昭和後期には2割に減少している。一方、明治初期に3割を占めていた耕作地は終戦直

迅速測図原図(明治初期)



米軍空中写真(終戦直後)



環境省現存植生図(昭和後期)

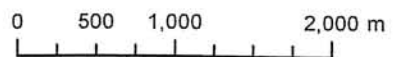
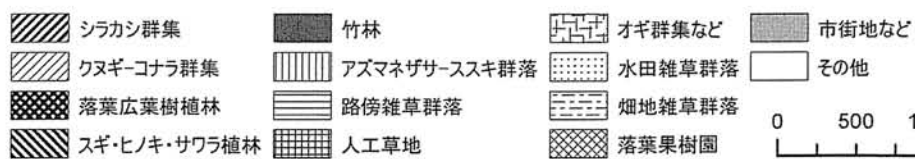
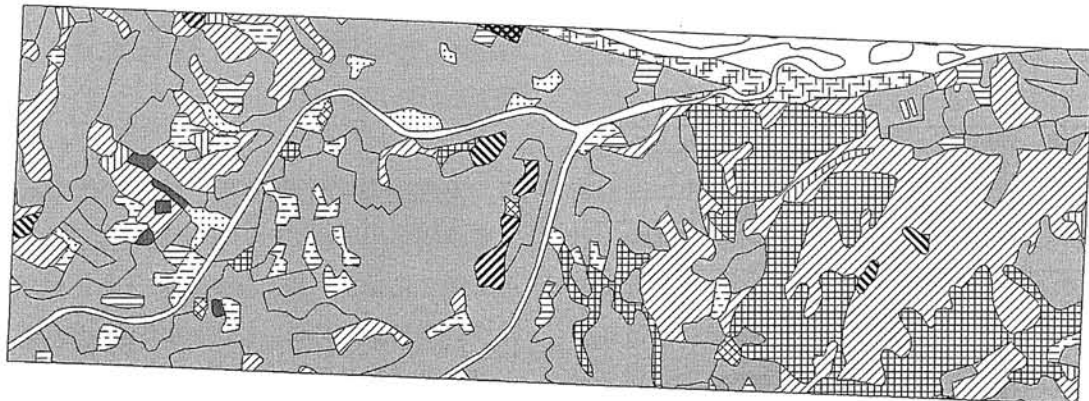


図2 明治初期、第二次世界大戦直後、昭和後期の土地被覆・植生の状況

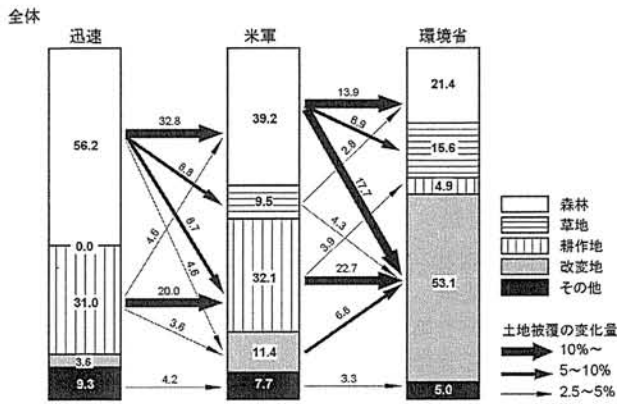


図3 対象範囲の土地被覆変化(大分類)

実際の変化量を矢印の大きさと示し、全面積に占める割合を%で表記した。

後も3割とほとんど変わらないが、昭和後期には5%と激減している。終戦直後に全体の1割だった改變地が昭和後期には5割を越えている。昭和後期に改變地へ変わったものは森林からよりも耕作地からが多い。現在でも多摩丘陵では森林が2割残存しているのに対し、耕作地はほとんどが改變地になっている。小分類別の土地被覆・植生変化の詳細は、頁数の都合上、別論文(小荒井, 2010)で報告する。

6. 迅速測図の植生注記の意義

迅速測図で楯のポリゴンの変遷を図4に、雑木のポリゴンの変遷を図5に示す。横軸に米軍写真での土地被覆分類を示し、それぞれの棒グラフを現存植生図の群落区分に分けて示している。

楯は終戦直後には5割強が広葉樹のままで、昭和後期にも5割がクヌギ-コナラ群集であった。迅速測図で楯であった範囲の内、終戦直後にもナラ林であった箇所はその後変化せず、終戦直後までに耕作地等に改變されたナラ林はその後別な土地被覆に改變された傾向がある。迅速測図で雑木とした範囲は、終戦直後では56%が広葉樹で、16%が伐採跡地、12%が畑に変化した。昭和後期には、30%がクヌギ-コナラ群集で、19%が人工草地、10%が造成地、19%が市街地、13%が緑の多い住宅地に変化した。迅速測図で楯の範囲は、現存植生図でもクヌギ-コナラ群集が大きな面積で残されている一方、迅速測図で雑木の範囲は、伐採跡地、耕作地、改變地

等に変化した割合が大きい。

迅速測図の楯の範囲は、桜ヶ丘公園、米軍多摩サービス補助施設の南西部、東電学園の東側の3箇所である(図2参照)。現地調査でまとまったクヌギ-コナラ群集が存在することを確認しており、桜ヶ丘公園では胸高直径96cmのコナラなど明治期から存在したと考えられる樹木が多数残存していた。明治時代の測量官が当時の見栄えの良いナラ林に「楯」と注記を書き、それが開発されずに残されてきた可

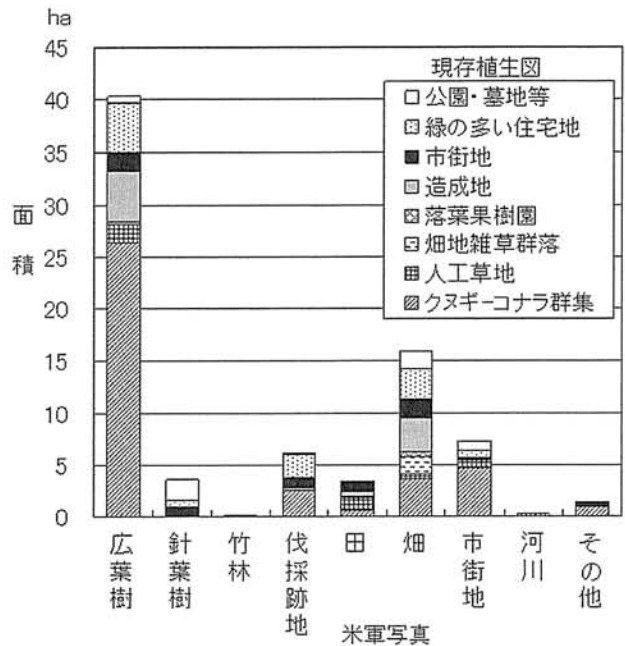


図4 迅速測図で「楯」の領域の変遷

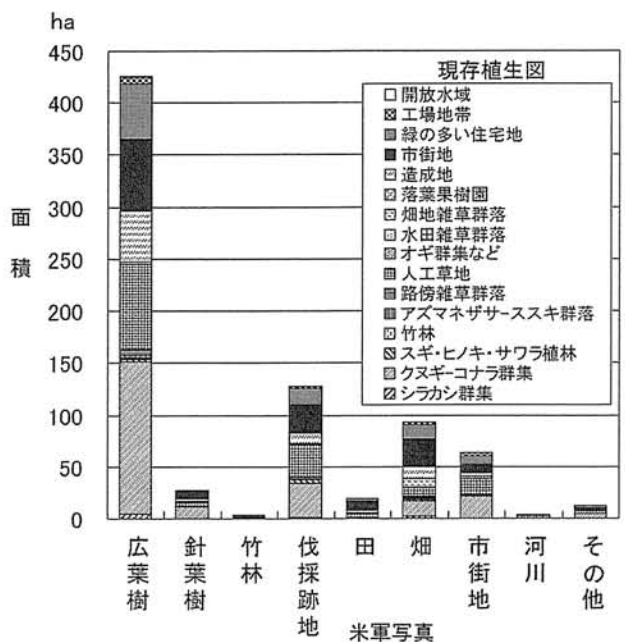


図5 迅速測図で「雑木」の領域の変遷

能性が高いと考えられる。雑木については、当時特筆すべき植生で無かったことが、より開発を進めるきっかけになった可能性が指摘できる。迅速測図の植生注記は、当時の環境や景観復元を質的に考察する際に、極めて貴重な情報を内包しているといえる。

7. 改変地から自然林への変化が出た原因

関戸周辺で改変地から自然林であるシラカシ群集へという考えにくい変化が認められた(図6)ので、1974年に撮影されたオルソ写真との重ね合わせと現地調査を行い、その原因を3つに整理した。

第1は迅速測図で住宅地、米軍写真で市街地になっている箇所(A)である。1974年写真でも住宅地が存在し、現地調査でも古くからの住宅地が確認された。現存植生図のシラカシ群集ポリゴンの位置ズレが原因で、明治の頃から住宅地であったと判断できる。

第2は迅速測図では森林で、米軍写真では伐採跡地、耕作地、市街地になっている箇所(B)である。そのような箇所は、1974年写真でも大半が住宅地や田、裸地になっており、現地調査でも森林ではなかった。一部公園化して広葉樹が生えている箇所もあったが、純粋なシラカシ林ではなく、ヒノキ植林やクヌギ-コナラ林になっていた。ヒノキとコナラの胸高直径は約30cm、測定貫による樹齢は30年程度であり、昭和後期に植栽されたか二次林として成長したものと考えられる。現状では米軍写真で広葉樹か伐採跡地になっている範囲が森林植生として残されているに過ぎず、伐採跡地の森林回復以外は非可逆的な変化であった。現存植生図の細部の表現に限界があるため、現存植生図のシラカシ群集ポリゴン内にシラカシ群集では無い部分(1ha以下)が多く含まれ、ポリゴンの範囲並びに内容が不正確になっていることが原因と考えられる。

第3は迅速測図が森林で米軍写真が田となっている箇所(C)である。1974年写真では米軍写真と同様の結果で、現地調査でも地形改変等の痕跡は認められなかった。迅速測図で等高線と土地利用との関係を見ると、丘陵部が森林植生、谷地部分が田と

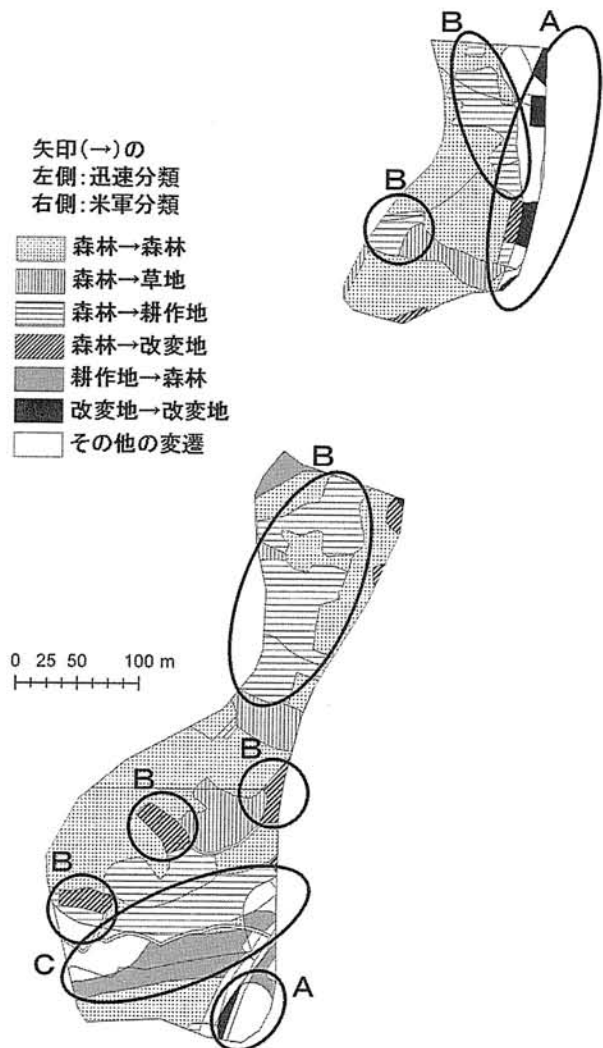


図6 現存植生図で見られた「シラカシ群集」の土地被覆変遷

なっており、地形と土地利用との対応は良い。この箇所では地形改変や植生改変は無く、明治時代から谷地地形で田、丘陵で森林であったと考えられる。従って、この変化は迅速測図の位置精度が谷地部で極端に悪く、谷半分くらい位置ズレを起こしていることが原因と判断した。迅速測図に谷地部で大きな位置ズレが認められることは、スプレイグほか(2000)も報告している。

8. 本手法の有効性の検討

今回の3つのポリゴンデータのオーバレイ解析の範囲は1,535haであり、645の土地被覆・植生の变化パターンが抽出できた。1ha以上の変化が有意と判断した場合の変化パターンは170で、累積面積は

全体の 93.85%であった。

森林から耕作地、改変地へ、耕作地から改変地への変化など、改変パターンが主流であった。また、「雑木→草地→クヌギ-コナラ群集」(34ha)、「雑木→畑→クヌギ-コナラ群集」(16ha)などの森林回復や、「雑木→針葉樹→クヌギ-コナラ群集」(11ha)の植生遷移も認められた。この手法で捉えた植生回復や遷移の変化は、シラカシ群集周辺で行った現地調査でも確認できたことから有意と判断できる。

「住宅地→広葉樹→緑の多い住宅地」、「住宅地→畑→緑の多い住宅地」(共に 8ha)と考えにくい変化が抽出されている。迅速測図では住宅が畑地に混在して明確に区分されていないこと、米軍写真では住宅地内の樹林や庭がそれぞれ別に区分されていることが原因で、実際には明治初期から緑の多い住宅地が存在して、土地被覆の変化は無かったと考えられる。迅速測図の谷地部での位置ズレに起因する変化パターン(図6のC)は、「田→広葉樹→市街地」(3.9ha)、「田→広葉樹→緑の多い住宅地」(2.2ha)が抽出された。また、迅速測図と米軍写真が改変地で現存植生図が森林という変化パターン(図6のA)で一番面積が大きいのは、「住宅地→市街地→クヌギ-コナラ群集」と「住宅地→市街地→シラカシ群集」の共に 0.13haであった。Aのパターンの変化は、1haという有意な変化の基準よりは小さな変化である。

以上のことから、1ha以上を有意の変化とした場合に、その面積より大きな実際にはあり得ない変化を抽出しないようにするためには、迅速測図の谷地部での位置精度を向上することと、米軍写真と現存植生図で分類基準の違いによる変化を発生させないことが有効と考えられる。前者については、迅速測図の谷地部の地形を実際の位置に無理矢理補正するラバーシーティングの方法が有効と考えられる。後者については、現存植生図の位置精度と分類精度を向上させることは困難なので、敷地内の樹木は森林、建物は市街地、草のない庭は裸地と区分している米軍写真の土地被覆分類を、迅速測図の土地被覆や現存植生図の植生分類と合わせて、敷地内を一括して住宅地(市街地)として分類する事が有効と考えら

れる。

9. まとめ

位置精度・分類項目の違う時系列地理情報を組み合わせることで、多摩丘陵の明治初期以降の土地被覆・植生変化を捉えることが出来た。1ha以上を有意な変化とした場合、有意な変化の積算は全面積の9割を越えていた。また、伐採後の植生回復や植生遷移等の変化も捉えることが出来た。迅速測図は谷地等で大きな位置ズレが散見され、樹種レベルの植生の境界が曖昧である欠点がある。しかし、全体としては十分な位置精度があり、注記等で当時の樹林の状況等を記述しているため、明治初期の景観を質的に復元するのに貴重な資料である。米軍写真は、樹種レベルの判読は困難だが、位置精度の高い土地被覆分類が可能な情報である。一部考えにくい土地被覆変化が認められたが、現存植生図の位置精度が良くないためのポリゴンデータの位置ズレ、現存植生図の主題分類の曖昧さ、迅速測図の谷部での大幅な位置ズレに起因するものであった。このうち1ha以上の影響を生じさせたのは後二者であった。土地被覆変遷を精度良く捉えるためには、迅速測図の谷地部の地形を実際の位置に補正することと、米軍写真の判読による土地被覆分類を迅速測図や現存植生図の分類精度に合わせて行うことが重要と考えられる。

参考文献

- 井口悦男(2001)『明治期迅速測図原図の基礎的研究』, 私家版。
- 小椋純一(1996)『植生からよむ日本人の暮らし』, 雄山閣。
- 小荒井衛(2010)時系列地理情報を活用して把握した多摩丘陵の土地被覆変遷の特徴。国土地理院時報, 120, 23-35。
- スプレイグ デイビッド・後藤巖寛・守山弘(2000)迅速測図原図のGIS解析による明治初期の農村土地利用の分析。「ランドスケープ研究」, 63(5), 771-774。
- 長谷川裕之(2007)米軍写真を用いた終戦直後の自

然景観の定量的再現, システム農学会 23-1, 21-31.

長谷川裕之・吉田幸子・小白井亮一(2005)迅速測
図原図の幾何補正精度に関する研究, 日本国際地
図学会平成 17 年度定期大会発表論文・資料集,
92.

(2010 年 3 月 25 日原稿受理, 2010 年 12 月 22 日採
用決定, 2011 年 5 月 23 日デジタルライブラリ掲載)