

国土管理のための時系列地理情報の高度利活用

キーワード：時系列地理情報
多摩丘陵
迅速測図原図
米軍空中写真
盛土切土分布
土地被覆変遷

地理情報解析研究室長

小荒井 衛

国土管理のための時系列地理情報の高度利活用

1. はじめに

国土地理院では、旧版地形図や過去の空中写真など、時系列かつ精度の高い国土情報を多数所有しており、これらの時系列地理情報をGISデータとして活用できれば、国土の成り立ちや発達過程を考察する上で、貴重な情報を提供してくれることになる。これらの時系列的な地理情報をデジタル化する事業が、平成16年度から国土変遷アーカイブ事業として国土地理院において進められてきており、旧版地形図、空中写真、主題図（土地条件図、土地利用図）等のデジタル化が進められている。

これら時系列地理情報をGISベースで利活用するための基礎的な研究として、国土地理院において平成17年度から19年度まで、特別研究「国土の時系列地図情報の高度利用に関する研究」を実施してきた。成果として、時系列地理情報の位置精度評価（長谷川ほか：2005b）、米軍空中写真のカラー化（長谷川ほか：2005a）、米軍空中写真を精度良く標定して、オルソ画像やDEMを作成する技術の開発（長谷川ほか：2006）、高度経済成長期前の自然景観の再現（長谷川：2007）、土地被覆や植生の変遷の把握（小荒井ほか：2006）などの研究を行っている。

本報告では、国土保全や環境保全などの国土管理に、時系列地理情報がどのように利活用が可能なのかについて、研究成果を紹介する。

2. 研究対象地域

東京都多摩ニュータウンの聖蹟桜ヶ丘駅周辺の丘陵地帯を研究対象地域とした（図-1）。

この地域は、多摩川右岸の標高100～150m程度の丘陵で、行政的には多摩市と稲城市にまたがる。この丘陵を刻むように乞田川と大栗川の2河川が多摩川に向かって流れており、河川沿いに低地が広がっている。明治の頃からこれら河川沿いには街道が延びていて集落が形成されていた。また、丘陵内には薪炭林として人の手が入ってきた森林が広がっていた。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んできており、丘陵部の頂部まで宅地として造成開発されてきている。その一方で、丘陵部の縁の急傾斜地等では、森林等が伐採されずに残されてきており、近年の土地被覆の変化を検証する地域としては適当である。

図-1に示す米軍空中写真の撮影範囲が、土地被覆の変遷の把握を行った範囲である。その内の一部の地域約3km²（2.0km×1.5km）について、新旧地形データを作成して、その差分から盛土・切土分布を作成した。

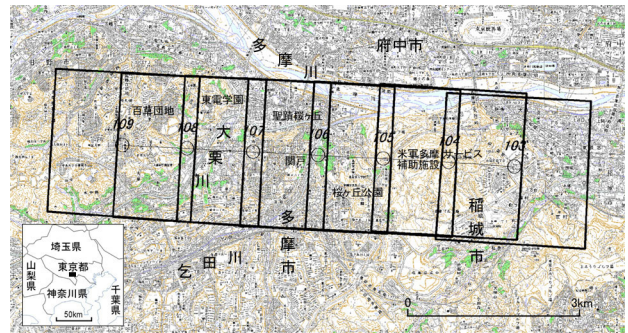


図-1 調査対象範囲（背景図は数値地図25000）
図中の四角は使用した米軍空中写真の撮影範囲

3. 時系列地理情報の国土保全への利活用

3.1 背景

1995年兵庫県南部地震、2004年新潟県中越地震等の際に、大規模に谷や沢を埋めた造成宅地（谷埋め盛土等）において、盛土と地山との境界面等における盛土全体の地すべりの変動を生じ、大きな被害をもたらしている。

そのような背景から、「宅地造成等規制法」（以下、「宅造法」という。）が改正され、都道府県知事等が崖崩れ等による災害で相当数の居住者等に危害を生ずる恐れが大きい造成宅地の区域を「造成宅地防災区域」として指定し、その区域内の宅地所有者等に対し、災害防止のための必要な措置をとることを勧告し、または命ずることが出来るようになった（平成18年9月30日施行）。この法律では宅地耐震化のスキームは、地方公共団体が一定規模以上の大規模盛土造成地の変動予測調査を行って宅地ハザードマップを作成し、都道府県知事等が造成宅地防災区域の指定もしくは宅地造成工事規制区域における勧告を行い、宅地所有者等が滑動崩落防止工事を実施するものである。国土交通省では、造成宅地防災区域の指定等を行うにあたって必要となる大規模盛土造成地の変動予測の調査手法について、「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドライン」（以下、「ガイドライン」という。）としてとりまとめ、公表している。

ガイドラインでは、盛土面積が3000m²以上の「谷埋め盛土」、盛土する前の地盤面の角度が20°以上でかつ盛土の高さが5m以上の「腹付け盛土」を、大規模盛土造成地として対象にしている。変動予測調査は資料調査が中心の第一次スクリーニングと現地調査が中心の第二次スクリーニングにより構成されている。

本発表では、第一次スクリーニングに必要な高精度な地形改変データについて、時系列地理情報を使ってどのように作成したらよいかを、その種類ごと

の活用方法と精度について検討した結果を報告する。

3.2 第一次スクリーニングに必要な地理情報

第一次スクリーニングでは、造成前後の地形図、空中写真等の基礎資料により盛土造成地の位置と規模を把握し、第二次スクリーニングを実施する大規模盛土造成地を抽出することを目的とする。抽出精度を上げるためには、収集資料は縮尺 1/2,500 程度が望ましい。同程度の縮尺の地図情報としては、国土基本図、旧版都市計画図が 1960 年代から地方公共団体において整備されてきている。それより古い時代については、1/10,000 旧版地形図が、県庁所在地、政令指定都市など人口がおよそ 10 万人以上の地域で整備されていた。

一方、縮尺 1/2,500 地形図を作成するためには縮尺 1/10,000～1/12,500 の空中写真が必要である。空中写真については、1960 年代から撮影縮尺約 1/10,000～1/15,000 のモノクロ空中写真が撮影されている(都市部では約 1/8,000～1/10,000)。一方、米軍撮影の空中写真が 1940 年代後半に約 1/40,000 で全国撮影されており、主要都市や海岸部、幹線道路沿いでは約 1/10,000 で撮影がなされている。上記の資料を使って、盛土造成地の位置と規模(盛土の面積、原地盤面の勾配、盛土の高さ)について、地図情報の重ね合わせや数値標高モデル(Digital Elevation Model: DEM)の差分計算等により求めることになる。

その後、第二次スクリーニングを優先的に行うべき地域の選定を行う。ガイドラインには、選定のための危険度評価手法として、盛土厚さ、盛土幅、地下水の有無等から点数を付けて評価する危険度評価と、ニューラルネットワークによる危険度評価が紹介されている。最後に、地方公共団体は、第一次スクリーニングにおいて抽出された大規模盛土造成地を表示した「宅地ハザードマップ」を作成し、住民等への周知・普及を図ることになる。

3.3 使用したデータ

現在の地形データを取得するための地形図には、2004 年東京都発行の 1/2,500 地形図(以下、「新時期地形図」という。)を利用した。また、開発前の地形データを取得するための地形図には、1962 年東京都発行の 1/3,000 地形図(以下、「旧時期地形図」という。)を利用した。現在の地形データを取得するための空中写真には、2003 年 11～12 月撮影(縮尺 1/10,000)の空中写真(以下、「新時期写真」という。)を利用した。また、開発前の地形データを取得するための空中写真には、1947 年 8 月撮影(縮尺 1/10,000)の米軍空中写真(以下、「旧時期写真」という。)を利用した。

3.4 地形図の位置精度

地形図への測地座標付与では、地形図四隅の座標および位置が正しいものと仮定し、この 4 点を用いたアフィン変換により測地座標の付与を行った。座標付与後の地形図上で、検証点の座標を計測し、GPS 観測により得られた座標との比較を行った。この結果、新時期地形図で平均 0.826m(標準偏差 0.445 m)、旧時期地形図で平均 2.370m(標準偏差 1.418 m)のずれが確認された。公共測量作業規程における地形図の水平位置精度は図上 0.7mm なので、許容誤差は 1/2,500 で 1.75m、1/3,000 で 2.1m となる。新時期地形図は公共測量作業規程における図化精度を満たしているが、旧時期地形図は、必要な図化精度を満たしていない。

3.5 空中写真の位置精度

空中写真から地形データを取得する場合、内部標定・外部標定・地形特徴データ取得作業が必要となる。新時期写真は、公共測量作業規程に基づき、空中三角測量を行った。

旧時期写真として利用した米軍空中写真の場合、レンズの焦点距離、レンズ歪み等の内部標定要素は不明であり、そのままでは通常の標定手法を利用できない。このため、内部標定要素(焦点距離等)の推定を行い、基準点における高さ方向の標定残差が最も小さくなる焦点距離を 151.7mm と求めた。

上記で得られたパラメータを用い、旧時期地形図から取得した基準点を用いて米軍空中写真の空中三角測量を行った結果、検証点残差は水平方向で 1.807m、高さ方向で 0.191m であった。また、新時期空中写真の空中三角測量では、検証点残差は水平方向で 0.210m、高さ方向で 0.073m であった。検証点残差から考えると、旧時期写真から得られる地形データの位置精度は新時期写真から得られる地形データの位置精度より一桁悪いと考えられる。

3.6 地形データ(DEM)の作成と比較

各データから DEM を作成した。はじめに、各データから取得した地形特徴データ(地形図では等高線、写真では傾斜・標高変換線)を境界として使って TIN モデルを作成した。そして、TIN モデルにより DEM を作成した。各 DEM から作成した陰影図を図 - 2 に示す。

旧時期写真から作成した陰影図(図 - 2a)と旧時期地形図から作成した陰影図(図 - 2c)を比較すると、図 - 2a では丘陵部での小さな尾根や谷、谷底部を蛇行している河川を明瞭に把握することができる。しかし、図 - 2c では丘陵部の主要な尾根は明確であるが、そこから派生する小さな尾根や谷は明確ではない。また、谷底を通る河川の位置も不明瞭

である。更に、対象地域中央部の尾根には、TIN の形状が現れてほとんど水平な面が見られるが、これはこの箇所が地形図上で整地工事のために等高線が取得できなかったからである。

新時期写真から作成した陰影図(図 - 2b)と新時期地形図から作成した陰影図(図 - 2d)を比較すると、図 - 2b では宅地造成により生じた面や段差、改修により直線化された河川などが認識できる。しかし図 - 2d では宅地造成により生じた面は明確でなく、また河川も明確ではない。これは、宅地造成された個所では地形図上に等高線が表示されておらず、地形特徴データがほとんど取得できなかったためである。また河川についても、地形図が河床の標高値をほとんど取得していないため、地形図からのDEMでは河川形状が表現されていない。

以上のことから考えると、地形図から作成したDEMよりも空中写真ステレオペアから直接作成したDEMの方が、格段に地形表現力が勝っていると言える。

3.7 改変地形データの作成と比較

1/2,500 地形図に空中写真から作成したDEMの差分による盛土切土の分布データを重ね合わせたものを図 - 3 に示す。赤色の部分が盛土、緑色の部分が切土を示す。ほぼ住宅1軒ごとの地形改変状況が把握可能であることがわかる。DEMの差分が±2m以内の白抜きの部分が、住宅1軒分くらいの幅で盛土と切土の境界に広がっており、滑動崩落が盛土切土境界付近で発生することが多いことから、この白抜きの部分はより厳密に現地調査等を行って、盛土と切土の境界をより正確に求める必要がある箇所といえるであろう。

3.8 選択すべき切土盛土の抽出手法

以上の研究成果からは、データの正確さや精度、微地形の再現性という観点では、空中写真の方が地形図よりは望ましいと言える。しかしながら、空中写真からのDEMの作成は人員、費用がかかる。特に、空中写真の図化を行うには、デジタル写真測量システムが必要となり、米軍空中写真を利用する場合にはこれに適した空中三角測量法が必要となる。一方で、都市計画図は古い時代のもので作成されていないか、入手困難な場合があるのに対し、空中写真は米軍撮影の戦後直後のものが容易に入手出来る。このため地域ごとに地形図・空中写真の入手可能性、必要とされる情報のレベルを検討して適切なデータ作成方法を選択する必要がある。

特にアナログ地形図しか無い場合には等高線をデジタルサイズするところから作業を始めなければならず、費用がそれなりにかかる割にDEMの精度が空中写真

によるものよりは格段に劣ることから、新旧の空中写真が入手できるのであれば、空中写真によるDEMの差分抽出が望ましいと考える。一方、デジタルマッピングによるデジタル地形図がある場合には、DEMの作成は機械的にかつ廉価で行うことが出来、DEMの精度もアナログ地形図をデジタルサイズして作成するよりは高精度である。従って、費用をかけて空中写真からDEMを作成するかどうかは、対象地域の状況や目的に応じてケースバイケースで判断すべきであろう。

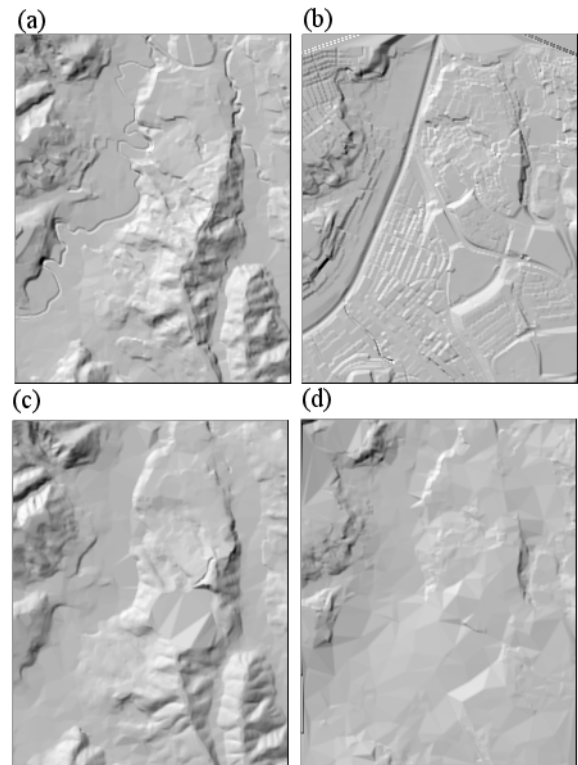


図 - 2 DEMの比較

- (a) 米軍空中写真 (b) 新時期空中写真
(c) 古い大縮尺地形図 (d) 新しい大縮尺地形図

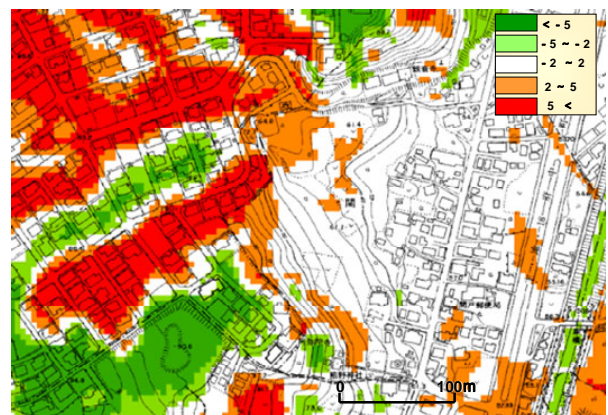


図 - 3 空中写真から作成した盛土切土分布

4．時系列地理情報の環境保全への利活用

4．1 研究の背景

人為インパクトによる国土の環境変遷を理解する上で、時代毎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、昭和 50 年代以降の現存植生図がベクトルデータとして整備されており、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、昭和 30 年代後半から 40 年代にかけての高度経済成長期には、経済発展に伴い都市近郊の丘陵地等の大規模な造成開発が行われ、植生の改変等も大規模に行われてきたが、それらの植生変遷をモニタリングしている情報が欠落していた。旧版地形図の植生記号の情報は、中縮尺の現存植生図が整備される昭和 50 年代以前の国土の土地被覆や植生の情報を、全国を均質な精度でカバーする情報であり、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。また、過去の空中写真から判読できる土地被覆の情報も、同様に均質で貴重な情報である。国土変遷アーカイブのデータが、景観保全・環境保全分野でどこまで活用可能かを検討するために、多摩丘陵を対象に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原図と終戦直後の米軍空中写真に着目し、これら位置精度や分類項目がそれぞれ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。

4．2 使用したデータ

4．2．1 迅速測図原図

明治初期の土地被覆・植生を把握するデータとして、「第一軍管地方二万分一迅速測図原図(以下、「迅速測図原図」という。)」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と房総・三浦半島をカバーしている。

正規の三角測量成果を使用しておらず、経緯度の記載もないが、地物の相対的位置は正確で、長谷川ほか(2005b)によると、今回の対象地域においてアフィン変換をした後の基準点残差は約 13m である。同地域の平板測量による 1/25,000 地形図の基準点残差が約 32m であることと比較しても、迅速測図原図は縮尺 1/20,000 として妥当な位置精度を有している。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く、特徴的な植生や土地被覆については文字での記述もあり、当時の景観・土地被覆復元には極めて役に立つ地理情報であると考えられる。

今回のデータ作成には、明治 14～15 年測量の 3 班

6 号 2 測板、4 測板、3 班 7 号 1 測板、3 測板の 4 図面を使用した。おおよその土地景観(森林、田、畑など)は、ほぼ正確に彩色されて区分されており、植生分類は榎、松など特徴的なものだけが記述されている。ただしその範囲が何処までかは必ずしも図に明示されてはならず、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。特段記載の無い森林植生については、便宜的に雑木に区分した。また、住宅が畑地の中に混在しており、集落状の形態を呈しているものは住宅地として区分したが、散在する住宅は畑地に含まれ明確には区分されていない。

4．2．2 米軍空中写真

第二次世界大戦後の土地被覆・植生を把握するデータとして、米軍が撮影した空中写真(1947 年 8 月 8 日撮影、縮尺 1/10,000)をカラー化する目的で土地被覆分類したポリゴンデータ(長谷川ほか,2006)を使用した。オルソ化の際の空中三角測量の検証点残差は水平方向で約 1.8m であり、位置精度は他のデータと比べて極めて高い。

今回使用した GIS データは空中写真のカラー化のための土地被覆分類なので、広葉樹、針葉樹、竹林、伐採跡地、裸地、河川、礫河原、草河原、田、畑、道路、鉄道、建築物、民家の 14 に分類されている。例えば、本来は住宅地として一括して土地利用分類すべきものについても、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る。よって今回の集計の際には、迅速測図原図や現存植生図の区分と対比しやすいよう、広葉樹、針葉樹、竹林、伐採跡地、田、畑、市街地(裸地、建築物、民家)、河川(河川、礫河原、草河原)、その他(道路、鉄道)の 9 つに再分類した。

4．2．3 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の分類で細かいが、植生界線の情報はカラー空中写真で判読した結果を 1/50,000 地形図に移写している関係から、3 つの地理情報の中では最も位置精度が悪いと考えられる。多摩丘陵地域の植生としては、森林では大半がクヌギ・コナラ群集で、一部ではシラカシ群集、落葉広葉樹植林、スギ・ヒノキ・サワラ植林、竹林が出現する。草地としては、アズマネザサ・ススキ群落、路傍雑草群落(ヨモギ)、人工草地(ゴルフ場)、河辺の自然植生であるオギ群集が出現する。その他の植生区分としては、水田雑草群落、畑地雑草群落、落葉果樹園、造成地、市街地、緑の

多い住宅地，公園・墓地等，工場地帯，開放水域，自然裸地が出現する．全部で19分類となる．

4.3 土地被覆・植生の分類カテゴリー

各時期の土地被覆・植生の分布状況を図-4に示す．米軍空中写真はカラー化のための土地被覆分類のため，分類の形状が非常に細かい．現存植生図については，分類項目の数が多いため，市街地等の改変地についてはひとまとめにしてある．

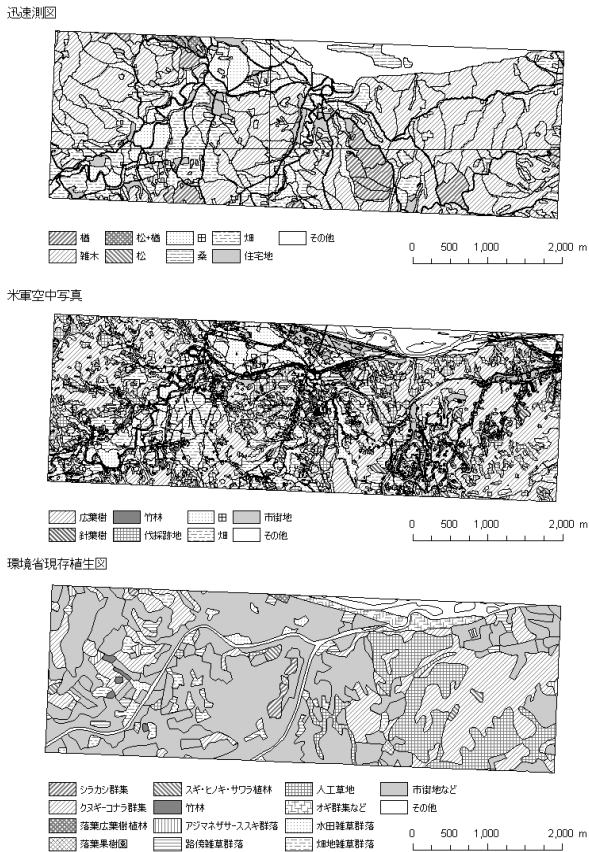


図-4 各時期の土地被覆・植生の状況

3時期の土地被覆の変遷を見る際には，各時期の分類項目を共通で括れるような大項目で分類し，それをより細かいものに中分類する必要がある．本研究では表-1のように分類整理した．まず大分類では，森林，草地，耕作地，改変地，その他の5つに分類した．

森林については，米軍写真で「広葉樹」「針葉樹」，「竹林」に分類することが可能なため，中分類でも同様に3分類し，迅速測図原図と現存植生図の凡例を中分類に対応づけた．草地については，迅速測図原図では該当する凡例が無く，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とした．耕作地については，米軍写真で「田」と「畑」に区分しているので，中分類でも同様に2

分類し，迅速測図原図と現存植生図の凡例を中分類に対応づけた．改変地については，迅速測図原図の「住宅地」，米軍空中写真の「市街地」が該当し，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．中分類でも「市街地」を1つのカテゴリーとした．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．なお，道路等の交通網は，迅速測図原図や米軍写真ではポリゴンとして取得されているが，現存植生図では取得されていない．

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	樹	広葉樹	シラカシ群集
		雑木		クヌギ・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	アジマネザサ・ススキ群落
				路傍雑草群落
				人工草地
				オギ群集など
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

4.4 地域全体の土地被覆・植生変化の状況

対象地域全体の土地被覆変化（大分類）の動態を図-5に示す．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割だった改変地が昭和後期には5割を超えている．昭和後期に改変地へ変わったものは森林からよりも

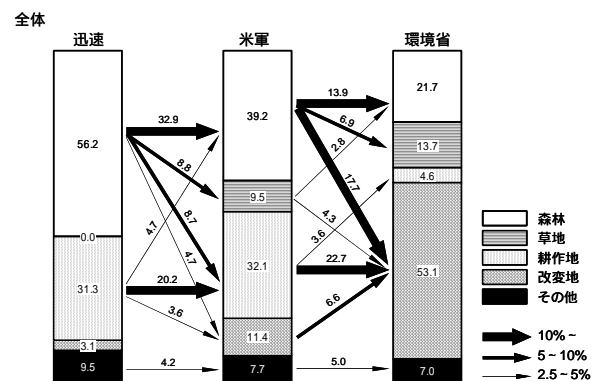


図-5 対象地域の土地被覆変化（大分類）

耕作地からが多い。現在でも多摩丘陵では森林がそれなりに残存しているのに対し、耕作地はほとんどが改変地になってしまっている。

4.5 各種地理情報の精度と特徴

迅速測図原図に関しては、道路沿いなどの GCP がとりやすいエリアでは位置精度は良かったものの、谷地等の部分では位置精度が悪く、谷地の幅の半分くらいの位置ズレが認められた。従って、田が森林に変化するような考えにくい変化が、比較的大きな面積抽出される結果となった。また森林植生そのものの分布については概ね正確ではあるが、具体的な樹種の範囲は示されておらず、檜等の特殊なものだけ文字情報として記述されていた。従ってその分布範囲を明示的に GIS データ化することは困難であり、またその妥当性の検証も難しい。しかしながら、檜の範囲は桜ヶ丘公園や東電学園周辺など、現在まとまった範囲のクヌギ・コナラ群集が存在するエリアであり、当時から貴重で景観上も特徴のある土地被覆であったと推察される。従って迅速測図原図における文字の景観情報は、当時の環境復元にとって極めて貴重な情報を内包していると言える。

米軍空中写真は、位置精度も良く極めて細かい土地被覆分類が可能である。広葉樹、針葉樹、竹林の区分は可能であったが、白黒で画像も鮮明ではないことから、落葉広葉樹林と常緑広葉樹林の区別や、アカマツ林とスギ・ヒノキ植林の区別が困難である。

現存植生図では 1 ha 以下のパッチは取得していないため、米軍空中写真ではより細かな土地被覆分類が可能で、実際には変化していないものも変化として捉えてしまう要因となっている。

4.6 土地被覆変化把握についてのまとめ

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変化を概ね捉えることが出来た。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。一部考えにくい土地被覆の変化が一定以上の面積で認められたが、大半は現存植生図の位置精度が悪いためポリゴンデータの位置ズレに起因するものと考えられる。

迅速測図原図は谷地等で測量の大きな誤りが散見され、樹種レベルでの植生の境界が不明な部分が多いという欠点はあるが、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、明治初期の景観を復元するのに大変貴重な資料である。

現存植生図は位置精度が最も悪かったが、全国土を GIS データ化しており、簡便かつ確実に利用できるデータである。現在環境省では 1/25,000 現存植生図の整備を進めており、今後はより詳細でかつ現況を反映した植生情報を使用することにより、今回と同様の検討をより正確に行うことが可能となる。

5. まとめ

国土保全の視点での時系列地理情報の利活用としては、2 時期の地形図・空中写真を用いて新旧地形データ (DEM) を作成し、その差分から人工改変地の抽出を行った。その結果、造成地の切土・盛土地の存在とその規模を定量的に評価する手法を提示できた。特に地形図による比較よりも空中写真による比較の方が、より詳細で定量的な評価が可能であることを示した。この成果については、国土交通省のガイドラインの中でも反映されている。

環境保全視点での利活用としては、位置精度・分類項目の違う時系列地理情報を活用して、多摩丘陵の明治初期以降の土地被覆変化を概ね捉えることが出来た。一部考えにくい土地被覆の変化が一定以上の面積で認められたが、大半は現存植生図の位置精度が悪いためポリゴンデータの位置ズレに起因する。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。

参考文献

- 小荒井衛・長谷川裕之 (2008): 宅地防災対策への時系列地理情報の利活用, 地学教育と科学運動, 58・59 合併号, 51-58.
- 小荒井衛・長谷川裕之・杉村尚・吉田剛司 (2006): 国土変遷アーカイブデータを活用した多摩丘陵での植生遷移の把握, 地理情報システム学会講演論文集, 15, 361-366.
- 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, 23 (1), 21-31.
- 長谷川裕之・小荒井衛・佐野滋樹・山本尚 (2006): 旧版地図・航空写真による地形変化 (盛土・切土) の把握, 日本写真測量学会平成 18 年度年次学術講演会発表論文集, 245-248.
- 長谷川裕之・小白井亮一・佐藤浩・飯泉章子 (2005a): 米軍撮影空中写真のカラー化とその評価, 写真測量とリモートセンシング, 44-3, 23-36.
- 長谷川裕之・吉田幸子・小白井亮一 (2005b): 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.