

国土変遷アーカイブを用いた盛切改変地の抽出

国土地理院 地理地殻活動研究センター
地理情報解析研究室 主任研究官 長谷川 裕之

1. はじめに

国土変遷アーカイブの一部として整備されつつある、終戦直後から撮影されている空中写真、および地形図（都市計画図）を利用して、人工的に盛土・切土された改変地を抽出する研究を行った。

2. 対象地域

研究対象地域は、多摩丘陵北部の1.3km四方とした。高度経済成長期以前は、この地域の中央を流れる乞田川沿いの低地には水田が広がっていた。一段高い段丘上は主に畑地として利用されており、丘陵は薪などを取るためのいわゆる里山として利用されていた。現在では、都市化が著しく進んでおり、丘陵端の急傾斜部以外の、低地および丘陵の大部分が宅地となっている。

3. 利用データ

3.1. 空中写真

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）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）の米軍写真M389-No. 106, 107（以下旧時期写真）を利用した。米軍写真は、1946年～1948年にかけて、GHQ/SCAPが日本の全域を撮影した写真である。縮尺1/40,000の米軍写真（約6万6千枚）は日本全域を、縮尺1/10,000の米軍写真（約7万2千枚）は主要都市や主要道路・鉄道沿線を撮影している。

3.2. 地形図

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）「桜ヶ丘」、「連光寺」、「永山」、「聖ヶ丘」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）「中河原」、「乞田」、「百草」、「堰場」を利用した。

3.3. GPS 計測点

各利用データの位置精度を検証するために、全ての利用データ上で確認できる点を検証点（水平位置検証点：17点、高さ検証点：9点）として選定し、GPSにより検証点の座標を計測した。各検証点では、複数回のGPSによる観測を行い、観測間の差が小さいことを確認している。

4. 利用データごとの位置精度の比較

4.1. 地形図の位置精度

地形図から地形データを取得する場合、地形図へ測地座標付与、等高線のベクトル化が必要となる。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。アフィン変換の誤差は、最大約4.4ピクセル、最小約0.4ピクセル（スキャン解像度400dpi）であった。

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 0.445m)、旧時期地形図で平均 2.370m(標準偏差 1.418m)のずれが確認された。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。従って、今回使用した旧時期地形図のような古い地形図を地形データの取得に利用するためには、地形図が作業に必要な精度を満たしているかの確認が必須であると考えられる。

4.2. 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、公共測量作業規定に基づき、空中三角測量を行った。

旧時期写真として利用した米軍写真の場合、その内部パラメータは不明であり、そのままでは通常の内部標定手法を利用できない。このため、内部パラメータ（焦点距離、画角）の推定を行った。はじめに、旧時期写真の四辺の中央にある突起部から画郭に向かう直線と、画郭との交点を指標位置と定義して、本研究に利用した写真を含む同一コースの旧時期写真（7 枚）の指標間距離を測定した。この結果、上下方向、左右方向の指標間距離の平均はそれぞれ 22.564cm、22.494cm となった。標準偏差はいずれの方向においても 0.005cm であった。次に、得られた指標間距離、および旧時期地形図から取得した基準点を用いて空中三角測量を行い、焦点距離の推定を行った。

この結果、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は 151.7mm となった。レンズ歪みに関しては、投影中心からの距離と交会残差の関係が明瞭でなかったため、補正を行わなかった。

新時期写真、旧時期写真の空中三角測量結果を表-1 に示す。新時期写真の交会残差は公共測量作業規程の制限値 (10 μm) 以下であるが、旧時期写真の交会残差は制限値以上である。また、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水平位置精度 2m、高さ精度 20cm 程度であり、新時期空中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。

5. 地形データの作成と比較

各利用データから、地形データを作成した。はじめに、各利用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）をハードブレイクラインとして TIN モデルを作成した。そして、TIN モデルの内挿により地形データを作成した。各地形データから作成した陰影図を図-1 に示す。

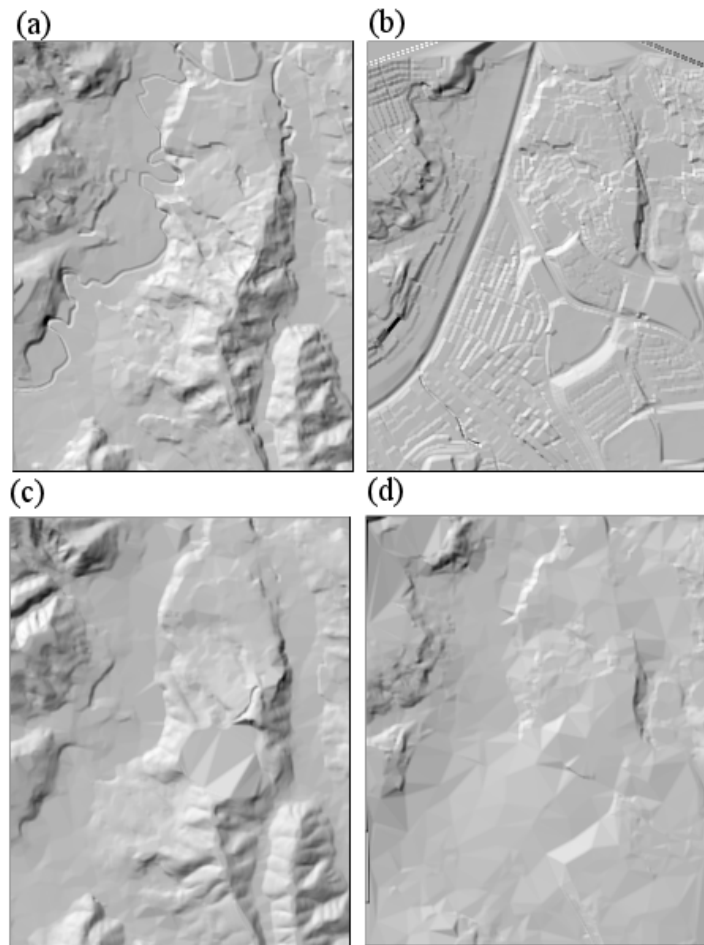
表-1 空中三角測量結果。上：旧時期写真標定結果。
下：新時期写真標定結果

	検証点残差(m)				交会残差(μm)		σ0(μm)
	X	Y	XY	Z	x	y	
標準偏差	1.523	0.972	1.807	0.191	14.7	23.8	27.9
最大値	3.372	1.388	3.646	0.283	257.1	96.7	

	検証点残差(m)				交会残差(μm)		σ0(μm)
	X	Y	XY	Z	x	y	
標準偏差	0.143	0.154	0.210	0.073	6.8	6.5	9.5
最大値	-0.353	0.317	0.474	0.182	24.1	17.8	

旧時期地形図から作成した陰影図（図 c）と旧時期写真から作成した陰影図（図 a）を比較すると、図(a)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(c)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、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中と表示されており、等高線が取得できなかったためである。

新時期地形図から作成した陰影図（図 d）と新時期写真から作成した陰影図（図 b）を比較すると、図(b)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(d)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、宅地造成された箇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。



図－1 作成された地形データ。(a)旧時期写真 (b)新時期写真 (c)旧時期地形図 (d)新時期地形図から取得した地形特徴データをそれぞれ基にした。

6. 改変地形データの作成と比較

新旧時期地形図を用いた地形データの差分から改変地形データ（地形図）を、また新旧時期写真を用いた地形データの差分から改変地形データ（写真）を、それぞれ作成した（図－2）。両者を比較すると、改変地形データ（地形図）では河川改修に伴う流路の変更箇所が盛土として認識されていない。また、河川沿いの低地など緩傾斜な箇所では、等高線のみでは地形表現が不十分なため、全面が盛土として認識されている。また、丘陵部では、小さな谷を盛土した箇所が表現されていない。

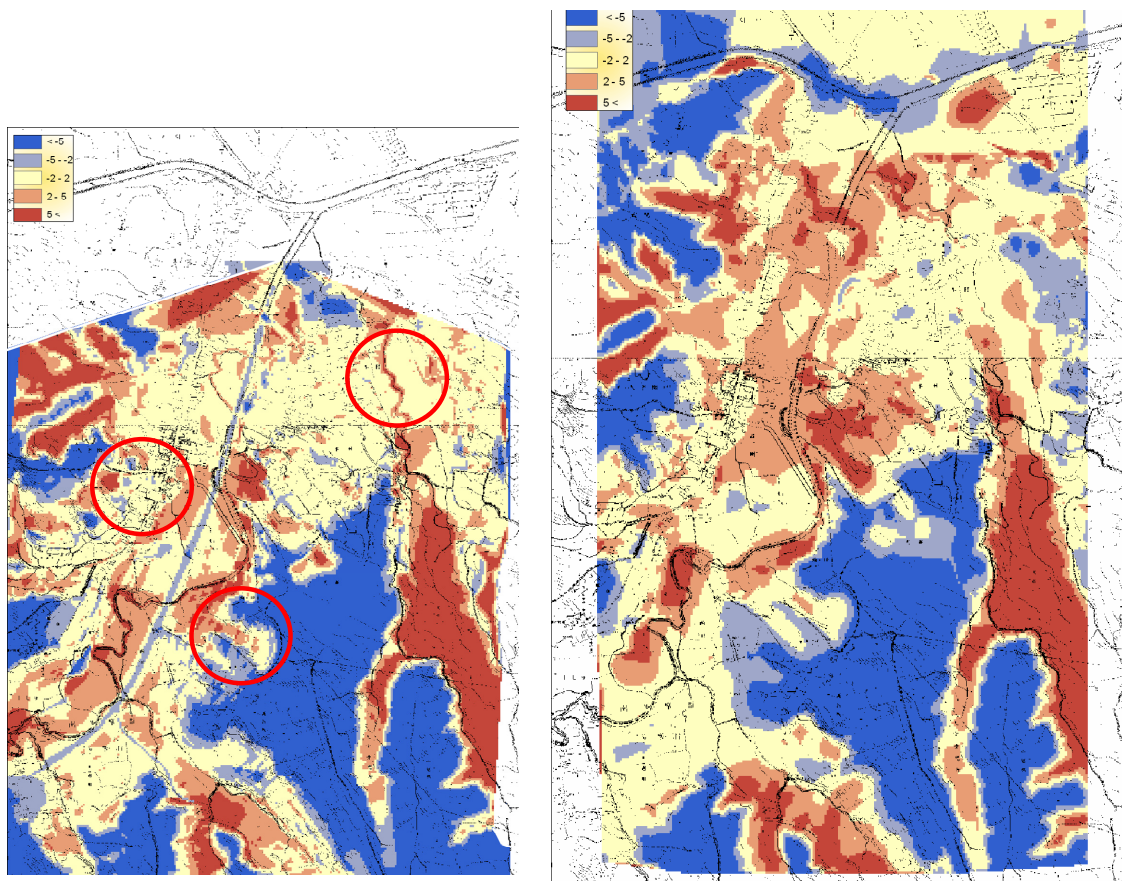
一方、改変地形データ（写真）では小さな盛土、切土も認識されており、住宅一軒ごとの地形改変も把握可能であると考えられる。しかし、空中写真からの地形データ・改変地

形データの作成は人員、費用がかかる。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。

7. まとめ

地形図・空中写真を用いて地形データを作成し、新旧地形データの差分から人工改変地の抽出を行った。この結果、地形図を用いた場合、大規模な人工改変地は抽出できた。しかし、小規模な人工改変地の抽出は難しかった。一方、航空写真を用いた場合、高さ 1-2m、大きさ 5m 四方程度の小規模な人工改変地が抽出可能であることが確かめられた。

今後の研究としては、今回は保存状況のよい米軍写真から地形データから作成したが、保存状態の悪い米軍写真を利用した際の地形データ精度や、米軍写真の標定に必要な基準点を地形図ではなく現代の航空写真から取得した際の地形データ作成精度について検証を行う予定である。更に、地形データをどのような基準で取得すれば作業効率および精度の高いデータが作成できるか検討する予定である。



図ー2 改変地形データ。(左) 新旧時期写真から作成。(右) 新旧時期地形図から作成。赤丸部は両者の差が顕著な地域。