

SfM-MVS 技術を活用した効率的な人工改変地形分布の把握と評価

鈴木 俊範 (復建調査設計株式会社)
中埜 貴元 (国土交通省国土地理院)

1. はじめに

近年、人工改変地形における自然災害の頻発化を受け、令和5年5月26日に宅地造成及び特定盛土等規制法が施行されるなど、人工改変地に対する防災意識の高まりがみられる。このような背景を受け、盛土・切土の分布の正確かつ効率的な把握が求められており、その把握手法として空中写真測量により作成した地形データを用いる手法や空中写真の実体視判読による手法があるが、これらの手法は時間及びコスト、熟練技術を要することが課題となっている^{1), 2)}。そこで、中埜ほか (2021)³⁾ などでの手法を参考に、SfM-MVS (Structure from Motion-Multi View Stereo) 技術を用いてDSM (Digital Surface Model) を生成し、そのDSM (以下「SfM生成DSM」または「DSM」という。) を用いた人工改変地形の分布推定とその有用性の評価を行い、人工改変地形分布推定業務の効率化について検討を行った。

2. 作業概要

2.1 作業内容

人工改変地形の分布を推定するためには、地形改変前後の標高データ (Digital Elevation Model: DEM) が必要である。本検討では、地形改変前のDEMを1961年撮影の空中写真を用いたSfM生成DSMとし、地形改変後のDEMを2007年整備の基盤地図情報数値標高モデル (DEM5A) 及び1979年撮影の空中写真を用いたSfM生成DSMとした。地形改変後のDEMとして1979年当時のSfM生成DSMを用いたのは、後述の既往の盛土・切土分布図との比較を可能

とするため、かつ、地形改変後の標高データとしてSfM生成DSMを用いた場合の影響を確認するためである。

これらの地形改変前後のDEMの差分解析により、盛土・切土分布図を作成し、従来の空中写真の実体視判読により作成された既往の盛土・切土分布図 (土地条件図) や空中写真判読により新たに作成した盛土・切土分布図と平面及び断面形状等を比較することで、両者の相違点や作業の効率性等を含めた有用性の評価を行った。

2.2 対象箇所、使用ソフト及びデータ

人工改変地形の規模等の条件から対象範囲は、大阪府羽曳野市内の約3km²とした (図1)。また使用したソフト及びデータは表1のとおりである。



図1 対象範囲オルソ画像

表1 使用ソフト・データ

使用ソフト	Metashape Professional QGIS
使用データ	地理院地図
	空中写真測量成果 撮影縮尺1/10,000 (1961年: 15枚、1979年: 15枚)
	2万5千分の1土地条件図 (1981年刊行)
	基盤地図情報数値標高モデル (DEM5A 2009年刊行)

表2 1961年空中写真を用いたSfM生成DSMの位置精度検証結果。左：基準点残差、右：検証点誤差。

個数	X残差 (m)	Y残差 (m)	Z残差 (m)	XY残差 (m)	個数	X誤差 (m)	Y誤差 (m)	Z誤差 (m)	XY誤差 (m)
9	0.15	0.11	0.08	0.19	21	0.82	0.86	0.73	1.18

表3 1979年空中写真を用いたSfM生成DSMの位置精度検証結果。左：基準点残差、右：検証点誤差。

個数	X残差 (m)	Y残差 (m)	Z残差 (m)	XY残差 (m)	個数	X誤差 (m)	Y誤差 (m)	Z誤差 (m)	XY誤差 (m)
11	0.19	0.20	0.05	0.27	25	0.72	1.08	0.89	1.30

3. SfM生成DSMによる人工改変地形の抽出と評価

3.1 SfMによるDSMの生成

地形改変前の空中写真(1961年)及び地形改変後の空中写真(1979年)を用いて、SfM処理によりDSMを生成した。同処理における地上基準点(GCP)は地理院地図と空中写真を比較し、経年変化していないと思われる交差点等とし、その座標値及び標高値を地理院地図から取得した。これらのGCPから標定点(基準点)を選定し、他の点は検証点とした。各空中写真を用いたSfM処理における基準点残差及び検証点誤差はそれぞれ表2、表3のとおりである。

3.2 実体視判読による盛土・切土分布図の作成

本地域の既存の土地条件図は、1979年の空中写真を基に作成され、1981年に刊行されたものであり(図2)、判読の際に基図として使用した地形図の位置ズレや判読結果の移写ズレ等により精度に不安があった。そのため抽出した盛土・切土の分布の比較対象として、空中写真

判読や旧版地形図などの資料を基に、新規に盛土・切土分布図を作成した(図3)。

3.3 盛土・切土分布図の作成及び使用データによる影響評価

DEM5A(2007年刊行)と地形改変前(1961年)のSfM生成DSMをQGISにより差分解析し、盛土・切土の分布図を作成した(図4)。また、DSMデータの特性上存在する樹木や家屋のデータが、推定される盛土・切土の分布にどのように影響するかを比較するため、地形改変後(1979年)のDSMと地形改変前(1961年)のDSMでも差分解析を行い、盛土・切土分布図を作成した(図5)。なお、盛土・切土の基準は国土地理院の土地条件図の作成要領に従い、差分値が±2m以上の範囲とした。

図4、図5において黄色枠で示した対象範囲において、推定した盛土・切土の分布は、1979年以降に改変があった範囲北西部(「学園前」の注記付近)を除き、明確な差はみられなかった。

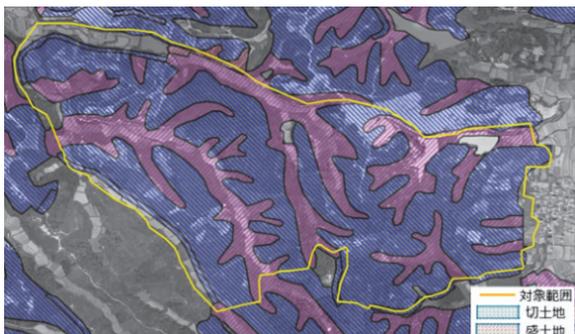


図2 既存土地条件図による盛土・切土分布図

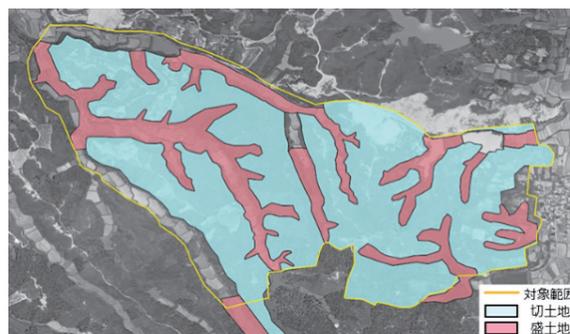


図3 独自判読による盛土・切土分布図

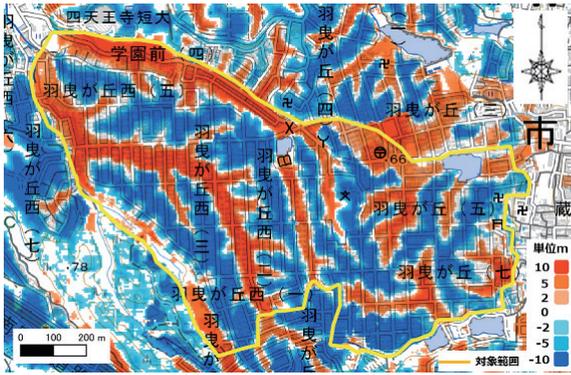


図4 DEM5A-DSM (1961年) 盛土・切土分布

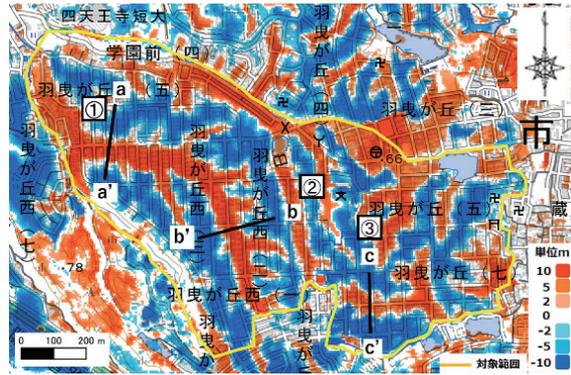


図5 DSM (1979年)-DSM (1961年) 盛土・切土分布

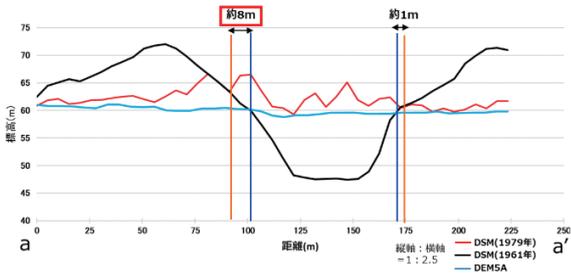


図6 SfM生成DSM (1961年、1979年)とDEM5Aの地形断面①

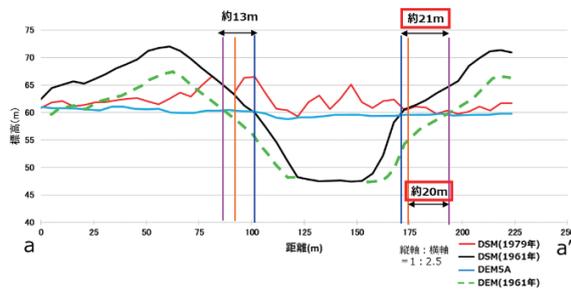


図7 図6に仮定の改変前DEM断面を追記した断面図

分布への影響をさらに検討するため、任意の箇所で作断面を(図5)、断面上の盛土・切土境界の比較を行った。断面①(a-a':図6)において、DEM5AとSfM生成DSM(1961年)から推定された盛土・切土の境界位置(青色線)と2時期のSfM生成DSMから推定された盛土・切土の境界位置(橙色線)の差は、約8m見られた。ここで、地形改変前のSfM生成DSM(1961年)は、データの特性上樹木等を含んだデータであるため、樹木等が盛土・切土の分布にどのように影響するかを、仮定の下に検討した。

地形改変前のSfM生成DSM(1961年)において、樹高約5mの樹木が山地斜面を覆っていると仮定し、想定される地面の位置を断面図に破線で追記した(図7)。この断面図において、2時期のSfM生成DSMから推定した盛土・切土の境界位置(橙色線)は、仮定に基づく本来の盛土・切土境界位置と推測される位置(桃色線)から最大で約20m程度、谷側に位置した。また、地形改変前のSfM生成DSM(1961年)と

DEM5Aから推定した盛土・切土の境界位置(青色線)は、仮定に基づく本来の盛土・切土境界と推測される位置(桃色線)から最大で約21m程度、谷側に位置した。このことからSfM生成DSMを使用して盛土分布を抽出することで盛土範囲を過小評価する可能性が示唆された。

3.4 SfM生成DSMを用いて推定した盛土・切土分布の有用性評価

空中写真判読による盛土・切土分布とSfM生成DSMを用いて推定した盛土・切土分布を比較すると、両データの盛土・切土分布は概ね整合していることが確認できた(図8)。また、SfM生成DSMを用いた盛土・切土分布図では、空中写真判読では判読漏れとなっていた長さ約30m、幅約15m程度の盛土も取得することができていた(図9)。3.3でSfM生成DSMより推定した盛土・切土分布は、主に建物や樹木等のデータが残存することから、盛土・切土境界線の水平位置に誤差を生む可能性があることを示

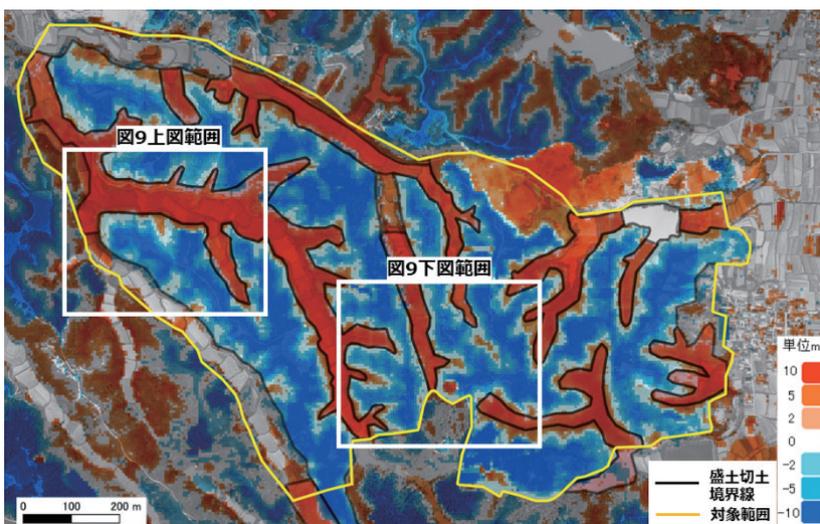


図8 独自判読による盛土・切土境界線とSfM生成DSMを用いた盛土・切土分布図の比較

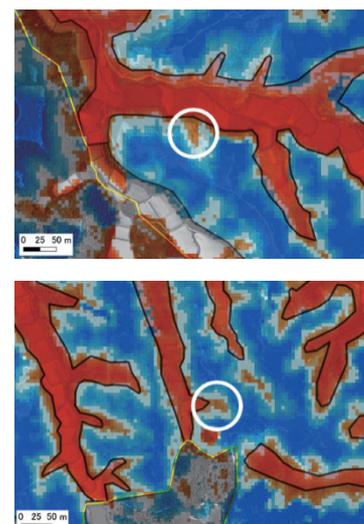


図9 判読漏れ盛土の取得例

した。しかし、土地条件図の縮尺は1/25,000で、許容誤差が図上で0.7mm（実寸で17.5m）であることから、今回推定された盛土・切土の分布は土地条件図の要求精度を概ね満たしており、SfM生成DSMによる人工改変地形の分布推定の有用性は高いといえる。特に小規模の盛土などの抽出は空中写真判読よりも容易であることから、空中写真判読によって作成された盛土・切土の分布の点検には有効であると考えられる。

4. まとめと今後の課題

SfMにより生成した地形改変前後（1961年、1979年）のDSMやDEM5Aを用いて2種類の盛土・切土分布を推定し、両者の違いを断面図で検討するとともに、空中写真判読による盛土・切土分布図と比較することで、その有用性を評価した。その結果、SfM生成DSMより推定した盛土・切土分布は、樹木等のデータによる誤差が含まれるものの、縮尺1/25,000レベルの要求精度を概ね満たしており、有用性が高いことが分かった。ただし、各データの断面図の比較検討から、SfM生成DSMを用いて盛土・切土分布を推定すると、盛土範囲を過小評価してしまう可能性があることが示唆された。SfM生成DSMから盛土・切土を抽出する手法は、経験・

能力にそれほど依存することなく作業時間の短縮が見込める手法であるといえる。一方で、GCPの取得に要した時間は作業時間全体の7割を占めているため、GCP取得の作業をより効率化することが望ましく、その効率化手法を確立できれば、さらなる作業時間の短縮が期待できる。

残された課題となる、SfM生成DSMを用いた盛土・切土分布に生じる盛土範囲の過小評価の改善のためには、高精度かつ効率的なフィルタリング技術が必要であり、今後の研究の進展が期待される。

■謝辞

本検討は、国土地理院交流研究員受入れ制度に伴い、著者（鈴木）が（公財）日本測量調査技術協会より交流研究員として派遣され、取り組んだ研究の成果の一部として紹介させていただきました。ここに深く感謝の意を表します。

■参考文献

- 1) 中埜 貴元 (2016)：宅地盛土形状把握のための旧地形データの効率的作成手法の検討，2016年日本地理学会秋季学術大会発表要旨集。

- 2) 中埜 貴元, 川又 基人 (2017) : 宅地盛土形状把握のための旧地形データの効率的作成手法の検討 (その2), 2017年日本地理学会春季学術大会発表要旨集.
- 3) 中埜 貴元, 藤原 智, 小林 知勝 (2021) : 干渉SARとSfM-MVS技術による地震に伴う谷埋め盛土造成地の変動の検出と評価, 自然災害科学, 40, S08, 45-66.

■執筆者

鈴木 俊範 (すずき としのり)
復建調査設計株式会社
空間情報部 情報技術課



共著者

中埜 貴元 (なかの たかゆき)
国土交通省国土地理院 応用地理部
地理調査課