

第IV部門 アナログ空中写真の SfM 解析による過去地形の復元に関する試み

大阪工業大学大学院工学研究科 学生員 ○中林 明日花
大阪工業大学工学部 正会員 東 良慶

1. 研究の背景と目的

航空機等で空中から地表面を撮影し、地物のあらゆる立体関係を決定する空中写真測量は、国土の変化を記録する方法として多分野で利用されてきた。2000 年代以降は撮影技術や計測装置の発展により、撮影方法や画像が規格化され、空中写真撮影の精度が基準化されるようになった。また、複数の画像データにおいて同一の特徴点を解析し、点群データを算定・作成する Structure from Motion (SfM) ソフトウェアの近年の急速な発展は、個人的な空間分析をも可能にしつつある。

一方、災害の多い日本において、特に水害の減災を考える上で、土地の災害の特徴や特性を把握することは非常に重要である。最近の地形情報は、数値標高モデル (DEM) のデータベースが整備されており、容易に入手が可能であるが、過去の地形データは未整備であり、今後も整備される機運は見られない。

本研究は、国内で広範囲を撮影された空中写真のうち、撮影年代が最も古い米軍撮影のアナログ空中写真を研究対象とした。これらの SfM 解析を実施することにより過去の地形の復元を試みるものである。SfM 解析用ソフトとして Metashape を使用し、大阪市旭区周辺の 1948 年米軍撮影アナログモノクロ空中写真（以下、アナログ写真）と 2017 年国土地理院撮影デジタルカラー空中写真（以下、デジタル写真）から数値表層モデル (DSM) およびオルソモザイク画像を作成し、それらの比較・検討を行った。

2. 空中写真からの DSM 作成

2.1. 事前準備

本研究で用いたアナログ写真およびデジタル写真の諸量を表-1 にまとめて示す。国土地理院「地図・空中写真閲覧サービス」より 400dpi の高画質画像をダウンロードし、アナログ写真については不要部分のトリミングを行った。また、アナログ写真は1行目に3枚、2行目に2枚、計5枚の画像を入手し、デジタル写真は1行目と2行目に5枚、3行目に3枚、計13枚の画像を入手し、これらを SfM 解析に用いた。さらに、地理情報システムの ArcGIS を使用して画像の幾何補正（ジオリファレンス）を行い、位置情報を持たない画像とターゲットデータを重ね合わせることで、Metashape で使用する地上基準点 (GCP) の位置情報を取得した。

2.2. DSM・オルソモザイク画像作成の流れ

Metashape にて以下の手順（解析処理）を行った。
① カメラキャリブレーションの設定

表-1 本研究で用いた空中写真の諸量

	アナログ写真	デジタル写真
縦横画素数 (ピクセル×ピクセル)	3500×3500	5100×4700
総画素数 (万枚)	1225	2397
撮影縮尺 数値写真レベル	15937	10000
1ピクセル当たりの 大きさ (m/ピクセル)	1.01	0.60
撮影範囲 (km×km)	3.53×3.53	3.10×2.82

表-2 解析によって得られた DSM の解像度と点群密度

	解像度 (m/ピクセル)	点群密度 (m ² /点)
アナログ写真	4.2	17.4
デジタル写真	1.2	1.43

- ② 三次元点群モデルの構築
- ③ GCP の追加
- ④ ポイントクラウドの構築
- ⑤ DEM, オルソモザイク構築

アナログ写真は撮影時の情報（位置情報、撮影環境、カメラ情報など）が付加されていないため、手順①で手動にて適切な値を設定する。また手順③では、予め取得した既知点の三次元位置情報を地上基準点として画像に付加していくことで、地理空間座標を三次元点群モデルに与えることができる。手順④において、高密度な点群を生成し、それらのデータから DSM やオルソモザイク画像の取得が可能となる。手順⑤における DEM 構築について、メニュー上は DEM 構築と表記されているが、実際には DSM を取得することができる。

3. 結果と考察

3.1 生成 DSM の差異について

アナログ写真を用いた SfM 解析により得られた広域 DSM データを図-1、デジタル写真を用いた SfM 解析による広域 DSM データを図-2 に示す。これらを比較すると、デジタル写真による DSM は建物の角や道路が明瞭に表示されているのに対し（図-2）、アナログ写真の DSM では建物は確認できるがその境界は明瞭ではない（図-1）。アナログ写真の DSM から任意の建物を拡大

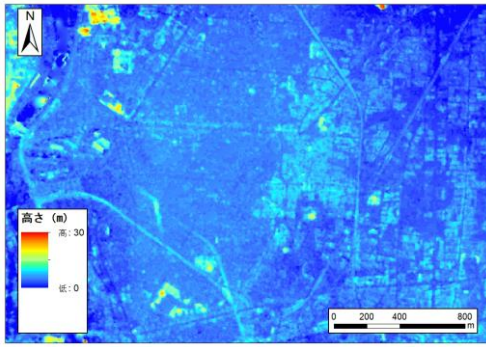


図-1 1 アナログ写真にもとづいた SfM 解析の結果得られた広域 DSM

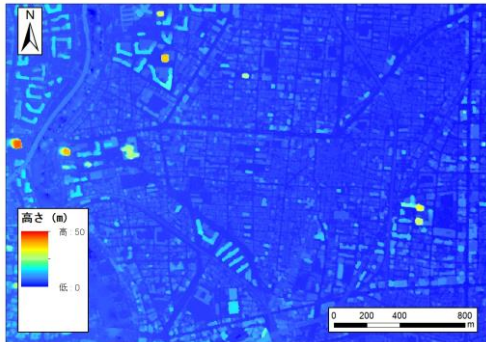


図-2 デジタル写真にもとづいた SfM 解析の結果得られた広域 DSM

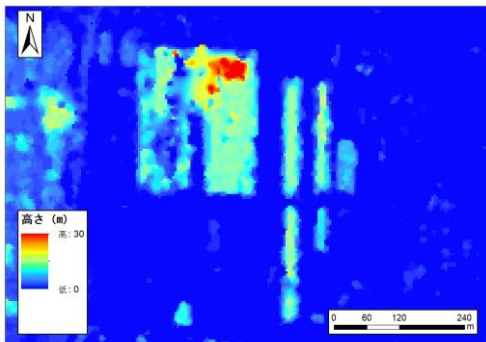


図-3 アナログ写真にもとづいた SfM 解析の結果得られた DSM 内の建物

したものが図-3 である。同図では全体の配置や形状は把握ができるが、詳細な建物の高さはまばらで不明瞭である。

また、SfM 解析によって得られた点群データに基づく DSM の解像度と点群密度を表-2 に示す。この結果、デジタル写真と比較してアナログ写真に基づく解析結果は、解像度は約 3.5 分の 1、点群密度は約 12 分の 1 に低下していることが分かる。

以上より、元画像の解像度に約 1.68 分の 1 の差がある (表-1) のに対し、解析の結果得られる点群データの解像度の差が約 3.5 分の 1 となり、解像度が約 2 分の 1 低下していることから、同じ解像度の画像を用いた場合でも、古いアナログ写真の場合その解析結果の解像度は低下することが推察される。



図-4 アナログ写真にもとづいた SfM 解析の結果得られたオルソモザイク画像 (特徴的な建物部を拡大)



図-5 デジタル写真にもとづいた SfM 解析の結果得られたオルソモザイク画像 (特徴的な地物を拡大)

3.2 生成オルソモザイク画像について

アナログ写真の DSM から読み取れた建物 (図-3) について、オルソモザイク画像でも図-4 に示す。凹凸 (建物) を確認することができた。しかし、デジタル写真のオルソモザイク画像 (図-5) と比較すると、角部・境界部が不鮮明であることから、解析に用いた画像の解像度の差は凹凸の滑らかさに影響が出ることが分かった。

4. 結論と今後の展望

本研究により得られた結論を以下にまとめて示す。

- 1) アナログ写真から SfM 解析により DSM およびオルソモザイク画像を取得することができた。
- 2) 取得した DSM について、大まかな地物の形状を把握することが可能であった。しかし、デジタル写真の解析結果と比較すると、解像度が約 2 分の 1 低下した。よって、同じ解像度の画像を用いた場合でも、古いアナログ写真の場合その解析結果の解像度は低下することが推察される。
- 3) オルソモザイク画像について、使用画像の解像度の差は建物の凹凸の滑らかさに影響が出る。

今後は、古いアナログ空中写真に基づく SfM 解析に関して、その解析結果における解像度・点群密度の向上が望まれる。

参考文献

- 1) 国土地理院, 地図・空中写真閲覧サービス,
<https://mapps.gsi.go.jp/>