

過去の地形データの作成手法とその活用に関する研究（第3年次）

実施期間	令和5年度～令和7年度
地理地殻活動研究センター	吉田 一希 笹川 啓
地理情報解析研究室	浦 郁子

1. はじめに

高度経済成長期（1956～1972年）から現在にかけて、土地開発、森林の伐採・植栽、農地の荒廃が進んだ。土地開発による造成地では、地震・大雨時における盛土地の崩壊・変状が問題となっている。また、森林・農地変遷の把握は、持続可能な森林経営や生物資源量の計測に重要である。これらの人工改変箇所や環境・土地利用の変遷を網羅的に把握するには、高精度な数値表層モデル（DSM）・数値地形モデル（DTM）を用いた時系列解析が有効である。しかし、現状では1990年代以前の全国的なDSM・DTMは存在しないため、過去との比較により現在の課題や性状を論じる際の障害となってきた。本研究は、SfM-MVS技術を用いて、測量用航空機により撮影された1960年代前後の空中写真から、高精度な過去の地形データを作成するための技術の開発を目的とする。

令和7年度は、昨年度と同様に標定点（GCP）の付与作業とDSMの生成作業を行った。また、同一撮影地区における空中写真のスキャン画像（以下「空中写真」という。）の指標間距離（画像の幅×高さ）のバラつきが、生成するDSMの位置と高さの精度に大きく影響することが分かった。この影響の軽減と作業効率の改善を図るため、空中写真の自動指標位置取得ツールと自動クリッピングツールを構築し、空中写真の大きさ（幅×高さ）を自動で整形する手法を開発した。さらにDSMから擬似DEM（DSMに含まれる小規模な建物・樹木及び異常値を除去したもの）を自動生成するツールを開発した。

2. 研究内容及び得られた成果

2.1 GCP 手動選点・DSM 生成

SfM解析ソフトウェアのMetashape（v.2.1系）を使用し、手動選点によりGCPを取得した。昨年度と同様に地上画素寸法80cm（縮尺1/40,000）の写真を使用した。令和7年度までにDSMの生成が完了した範囲を図-1に示す。

2.2 空中写真指標位置取得ツール構築

空中写真の指標位置を自動/手動で取得し、写真の傾きを自動計算して、指標位置と傾き補正値をCSVデータとして出力するソフトウェアを構築した。この自動処理で使用するための指標位置の学習モデルを作成した。

2.3 クリッピングツール構築

空中写真指標位置取得ツールで出力したCSVデータを用いて、空中写真を自動クリッピングするツールを構築した。このツールにより、空中写真の傾きが補正され、指標同士を結んだ交点（写真主点）が画像の中心となるようにクリッピングされた空中写真が生成される。

2.4 効果的なバンドル調整手法の開発

上記のクリッピング後の空中写真は指標間距離にバラつきがあるため、画像処理ソフトにより指標間距離が同じになるように画像の大きさを幾何補正した。画像が回転しているものは全て同じ向きに変換して保存し、写真のアラインメントによりタイポイントを生成した。指標間距離のバラつきが小さかった空中写真は、歪みが小さいため、GCP の点数が少ない場合（単写真 1 枚当たり 3 点ほど）であってもタイポイントの再投影誤差及び位置誤差が小さくなった。一方、指標間距離のバラつきが大きかった空中写真は、歪みが大きいため、単純に GCP の点数を増やしてもこれらの誤差が小さい値に収束しなかった。そこで、同一航空カメラで撮影したことを前提とせずにバンドル標定を行い、カメラパラメーターを 1 枚ごとに推定した。その際、GCP を単写真 1 枚当たり 9 点ほど配置することでこれらの誤差が小さくなった。

2.5 効果的な DSM 生成手法の開発

上記で最適化したタイポイントから、高密度クラウド点群を生成した。生成する点群密度と点群の欠損率はトレードオフの関係にあり、点群を高密度化すると欠損部分が増加した。そこで、点群密度を「高」、「中」、「低」の 3 条件で点群を生成し、各点群から同じ解像度（5 m）の DSM を生成し、高密度点群由来の欠損セル値を、中・低密度点群由来の値で埋めた。

2.6 DSM から擬似 DEM へのフィルタリング手法の開発

DSM に含まれる建物/樹木（広域なものを除く）やスパイクノイズ（異常値）を高速に除去するツールを開発した。DSM の 7×7 セルの外周の値をスキャンして値の分布領域を求め、7×7 セルの中心セルの値が外周の値の分布領域よりも外れている場合に、外周の値の分布領域における 30% 分位値で中心セルを置換した。ただし、中心セルよりも遠方（例えば 10 セル）で値の差が小さいセルが複数方向（例えば 4 方向）にある場合は、尾根・谷地形とみなして置換せずに保持した。この処理を 10 回繰り返した。同様の処理を 5×5 セル及び 3×3 セルでも行ったものを擬似 DEM とした。

このツールの原型となる初期ツールにより精度検証を行った。検証データとして作業規程の準則に従って手動で生成した横浜地区における 1960 年代の DEM を用意し、初期ツールで生成した 1960 年代の擬似 DEM との差分解析により精度検証を行った。なお、初期ツールでは、尾根・谷地形判定を行わずに、7×7 セルでの処理を 100 回と 3×3 セルでの処理を 100 回により擬似 DEM を生成した。差分 DEM の統計量は、最大値は+25.3 m、最小値は-20.43 m、最頻値は+10 cm、平均値は+5 cm、標準偏差は 2.79 m を示した（笹川・吉田，2025）。このフィルタリング手法は、広範囲にわたる植生に起因する表層高を除去できるものではなく、局所的な建物や樹木の表層高を除去するものであることから、最大値が大きな値を示した。また、マッチング不良による異常値が少数含まれるため最小値が大きいものもあった。しかし、平均値はほぼ 0 m を示したことや、上記の植生除去の不良箇所や異常値があるにもかかわらず標準偏差は 3 m より小さい値を示したことから、ある程度当時の地形を計測できていることが分かった。

3. まとめ

効率的な空中写真の処理手法と DSM の生成手法の開発により、3 年間の特別研究期間における DSM の生成面積は約 32 万 km² となり、当初の目標の 8 万 km² よりも広い範囲のデータを生成することができた。また、擬似 DEM の生成手法を開発したことで、効果的かつ広域な盛土地の抽出が可能になりつつある。本研究で得た知見を生かし、各ツールの改良化や米軍写真を含めた空中写真由来の高精

度な DSM の生成に貢献できるよう研究を進める予定である。

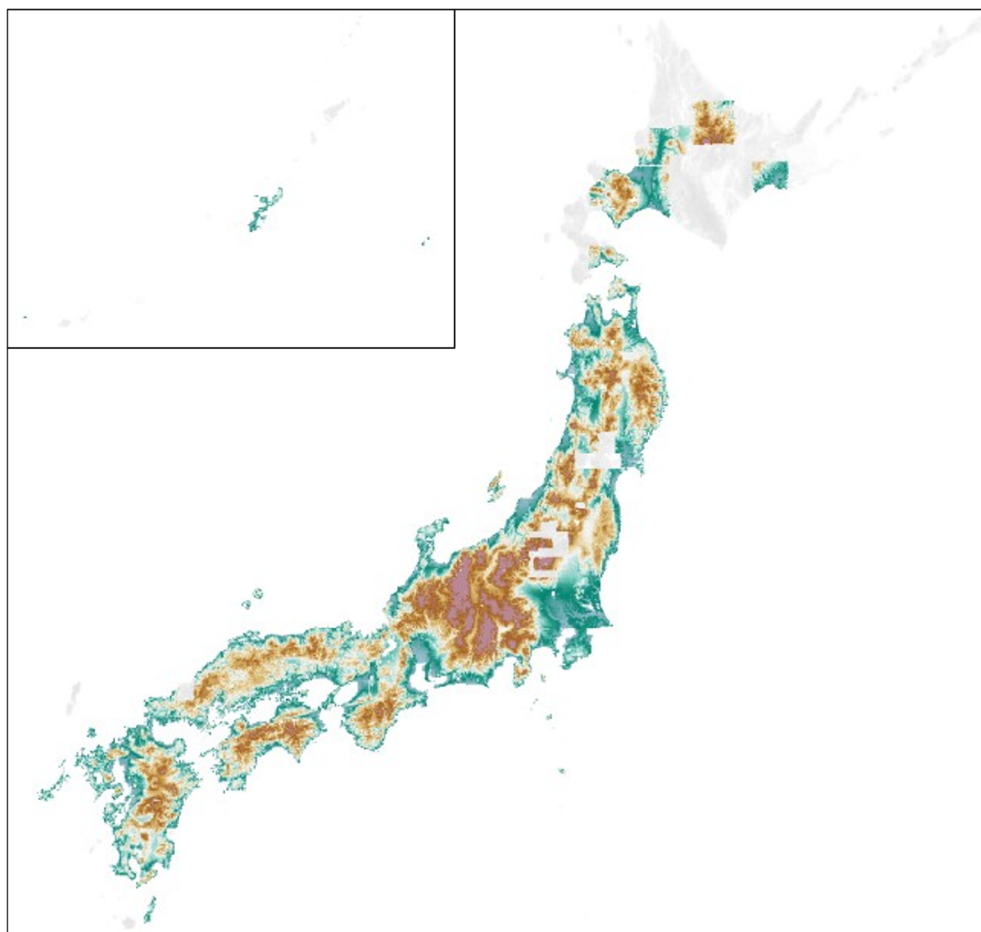


図-1 生成済み DSM 範囲図（カラー部分：DSM 生成済み）

参考文献

笹川啓，吉田一希（2025）：過去の空中写真とSfM/MVS技術を用いた都市域のDSMからDEMへのフィ
ルタリング手法の試行．日本写真測量学会令和7年度秋季学術講演会発表論文集，127-130．