

過去の地形データの作成手法とその活用に関する研究

【研究期間】

令和5年4月～令和8年3月（3年間）

【予算】

特別研究経費 21,786千円（令和5年度～令和7年度の総額）

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

笹川 啓

- 自然災害の頻発・激甚化により、国民生活に影響を及ぼす災害リスクは年々増大。
- 災害に対して脆弱な箇所は人工改変地に集中。
- 国土地理院の地形分類データ作成では、人工改変地は機械的な抽出が困難なため、主に実体視で抽出しており、技術者の判読能力によって個人差が生じやすい。
- 国土交通省の大規模盛土造成地マップでは、谷間や山の斜面における宅地用の大規模な盛土地のみを抽出。全ての人工改変地が表示されているわけではない。



平成23年東北地方太平洋沖地震により発生した滑動崩落
(国土交通省資料)



平成23年東北地方太平洋沖地震により発生した液状化
(国土交通省資料)

➡ 人工改変地の詳細かつ網羅的な把握が必要。

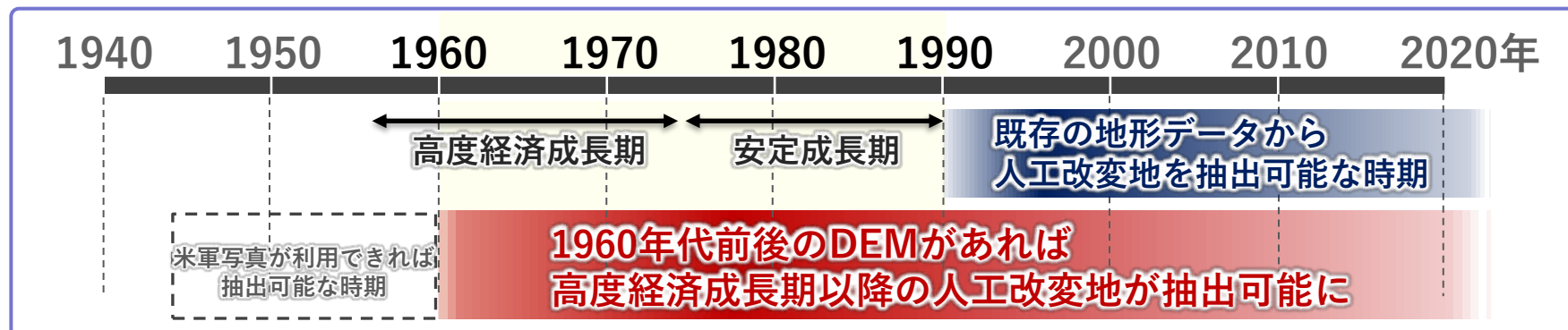
- 効率的な人工改変地の抽出には電算的な情報処理が必要。
⇒ 改変前後の地形データ(DEM)を比較することで人工改変地を抽出

課題

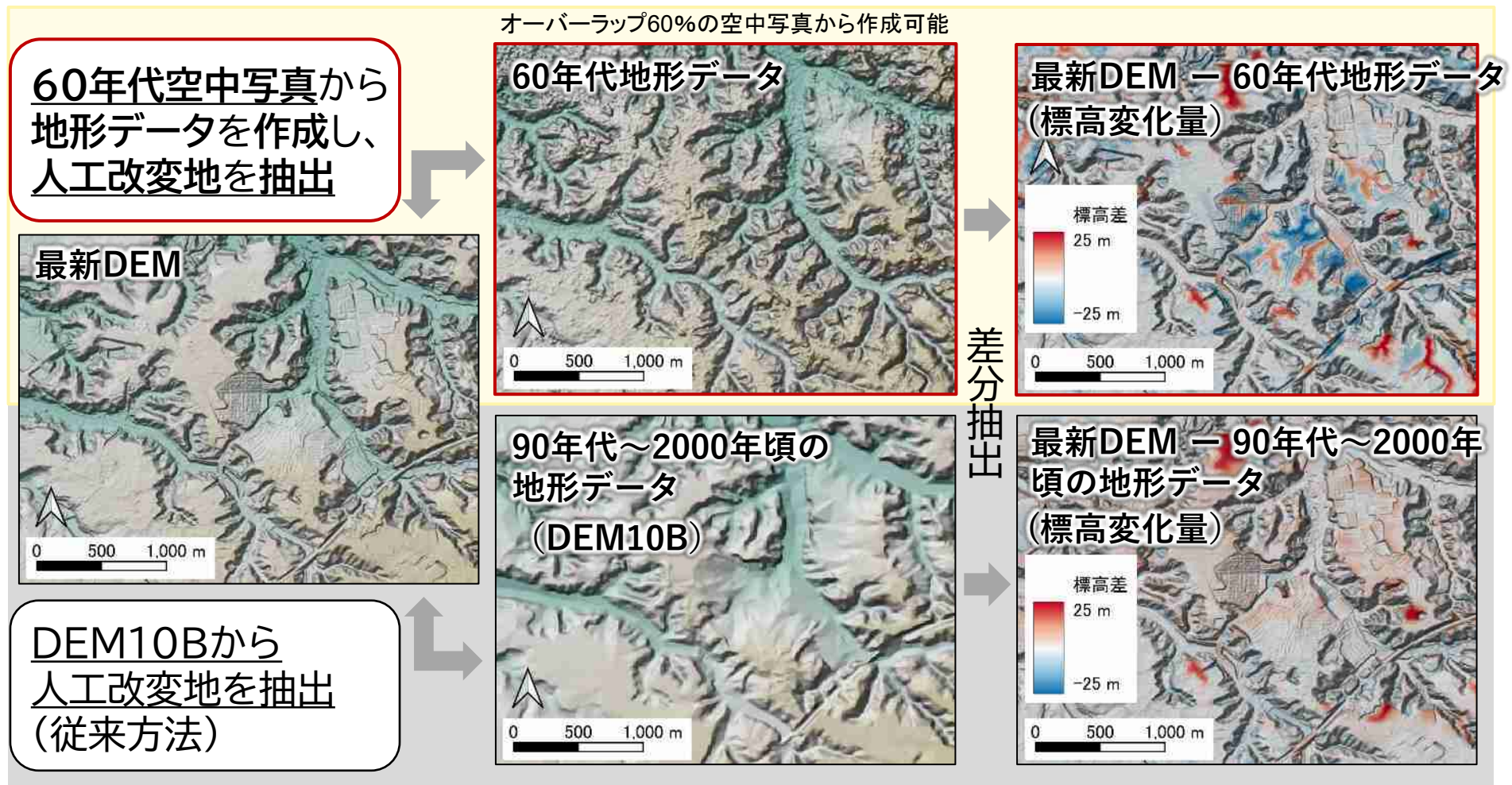
改変前の地形データは、1990～2000年頃の地形を反映した「基盤地図情報10mメッシュ標高データ(DEM10B)」が最古。

- 滑動崩落は、古い年代に低い技術レベルで盛土造成された宅地ほど発生しやすい傾向 (例: 兵庫県南部地震では滑動崩落の7割以上、東北地方太平洋沖地震では同87%が1960～80年代の造成地。国土交通省による調査結果)。
⇒ 土地開発が盛んだった高度経済成長期から安定成長期(1960～80年代)に行われた人工改変地の効率的な抽出は困難な現状。
- DEM10Bは、1/25,000地形図の等高線を基に作成されているため、標高の取得精度が低く(標準偏差5.0m以内)、地形表現力も低い。

⇒ 人工改変地の効率的な把握には、より古い年代の高精度な地形データが必要



- 従来の手法(空中写真測量)では、過去の空中写真を用いたDEMの作成は、高コスト(長谷川, 2007)。
- 近年、**SfM-MVS技術**を用いて過去の空中写真から当時の**地形データ(擬似DEM)**※の作成が**低コスト**で**可能**に(中埜, 2017; 中埜ほか, 2021など)。



※本研究における「地形データ(擬似DEM)」は、SfM-MVS技術で作成したDSMを、フィルタリングでDEMに近づけるよう補正した地形データをいう

課題

SfM-MVS技術を用いた地形データの作成には、いくつかの課題が存在。

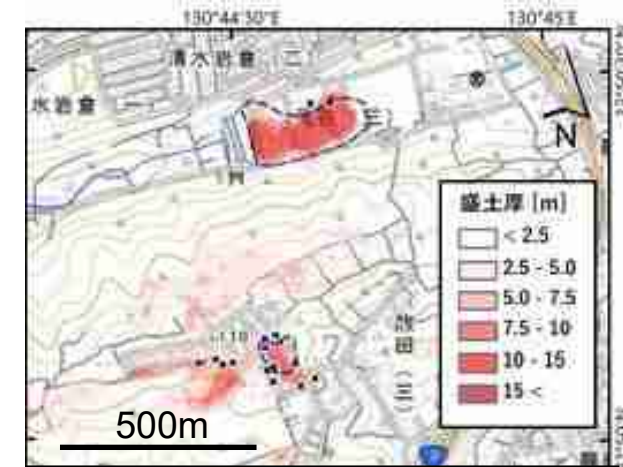
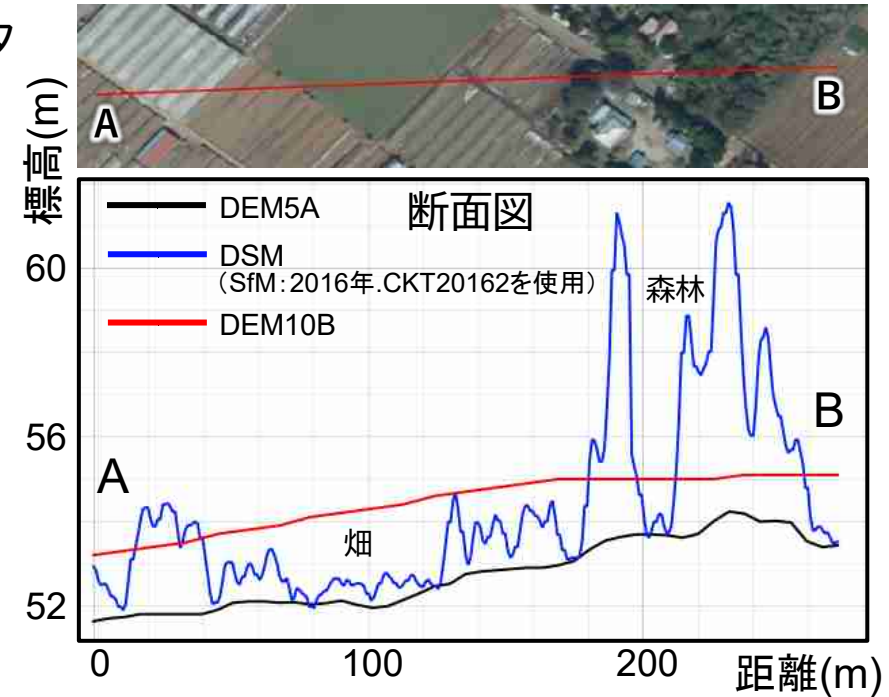
- この手法による精度が不明確。
- SfM処理での効果的な設定パラメータは不明。
- SfM-MVSで地形データを作成するための最適なフィルタリング手法は未確立。
- それらを用いた全国規模の効率的なデータ作成手法は未確立。



これらを解決して、
過去の地形データを広範囲に作成し、公表する。



- 過去の地形データが存在しないことが原因でこれまで進まなかった様々な分野の調査研究を進捗させる契機となり、
社会的・科学的な波及効果は非常に大きい。



SfMを活用した熊本市の盛土分布
(中埜ほか, 2021)

目的

地形分類のうち、1960年代～1980年代の人工改変地の効率的な把握を可能とするため、**過去の地形データの作成方法を確立し、1960年代の地形データを作成**する。

→具体的には主に以下の研究開発を実施。

- ①高精度かつ効率的なSfM-MVS処理を行うための過去の空中写真に対する余白部切り取りツール開発
- ②高精度DSMを効率的に作成するための手法検討
- ③SfM-MVS処理で出力したDSMからDEMへのフィルタリング手法開発とフィルタリングされたDEMの精度検証

①～③の詳細は、9ページ以降で説明

アウトプット目標

- 精度と効率性を両立した過去の地形データ作成プログラムを構築するとともに、手順書及び活用事例集を作成
- 1960年代の地形データを、本研究の手法が適用可能な地域全て(全国の都市地域※のうち80%程度と推定)を目標に作成し、基礎データとして公表
※国土利用計画法に基づく
 - 具体的には主に以下の取組を実施(年度末までの予定を含む)。
 - ④開発したDSM→DEMへのフィルタリングツールを含む様々なツール、過去の地形データの作成手順書・活用事例集を2026年3月末までにHP上から公開を予定。
 - ⑤全国都市地域の97%程度に対する1960年代～1970年代のオルソ画像・DSM・DEMのデータに加えて、それ以外の24万km²に対するオルソ画像・DSMを2026年3月末までにHP上から公開を予定。

④、⑤の詳細は、18ページ以降で説明

アウトカム指標

- 従来の調査で把握できていない人工改変地を把握可能とし、防災・減災のためのリスク把握につなげる。

→具体的には主に以下の取組を実施。

- ⑥3年間の研究期間の中で、防災・減災のためのリスク把握を含む過去の地形データの活用事例及び活用が見込まれる用途を調査。

【地理院業務】

- ・活断層調査や地形分類データ整備(実施済)
- ・電子基準点設置場所に対する地盤調査(実施済)
- ・SGDASの推計精度向上に対する事前データへの活用(見込み)

【非地理院業務】

- ・地方公共団体における盛土規制法に基づく盛土調査(実施済)
- ・NEXCO各社における災害時の高速道路被害に対する要因調査や復旧工事(見込み)

→既に活用された事例を中心に、活用事例集を作成して2026年3月末までに公開予定。

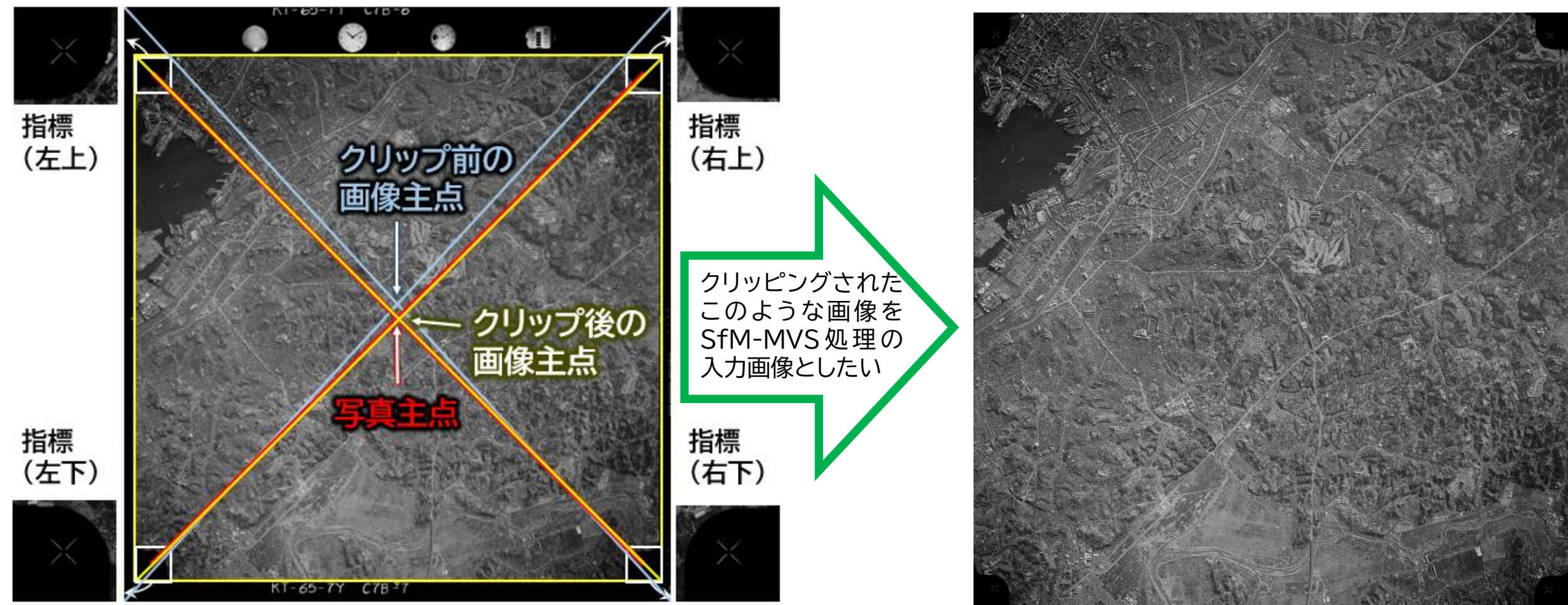
⑥の詳細は、21ページ以降で説明

研究開発に対する実施事項①-1

①高精度かつ効率的なSfM-MVS処理を行うための過去の空中写真に対する余白部切り取りツール開発

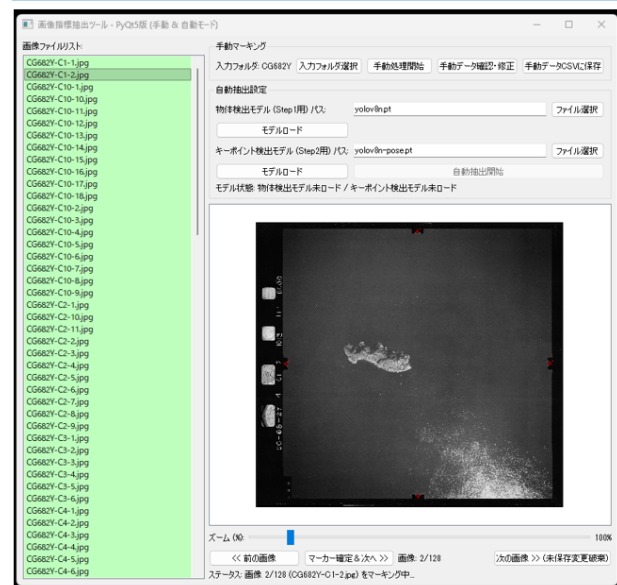
【解決すべき理由】

○余白部や写真傾きがあることで、SfM-MVS処理時の精度低下を引き起こす。



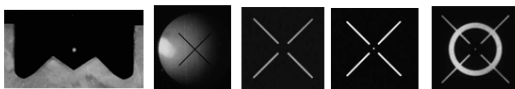
研究開発に対する実施事項①-2

(自動+手動) 空中写真指標位置取得ツール 構築



指標位置の学習モデルを作成
(①物体検出+②キーポイント検出)

- ①: 指標の形状を学習し、指標の概略位置を検知
- ②: 指標の概略位置から指標の中心点を検知



指標の形状ごとに学習モデルを準備

➡ 指標位置 + 主点位置 + 画像の傾きを自動取得

- ・手動でも指標位置を取得可能
- ・指標位置を拡大表示して、確認・修正する機能を追加

➡ 指標位置データ(CSV)を出力

○空中写真クリッピングのための2つのツールを構築

a) 指標位置取得ツール

→ 1960年代で多く使われていた航空カメラのみでなく、それ以前や以降の航空カメラにも対応して、汎用性のあるツールにした。

b) 空中写真クリッピングツール

→ a)の情報をを用いて、適切なクリッピングを行う

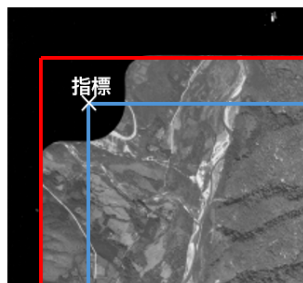
(自動) 空中写真クリップツール 構築



指標位置データ(CSV)を使用して、
空中写真をクリップするツール

(主点を回転軸として写真の傾きを補正し、
主点を中心となるようにクリップ)

指標位置を結んだ矩形よりも外側も含めて
クリップしたい場合は、「クロップ拡大
率(%)」を100%以上の数値を指定。



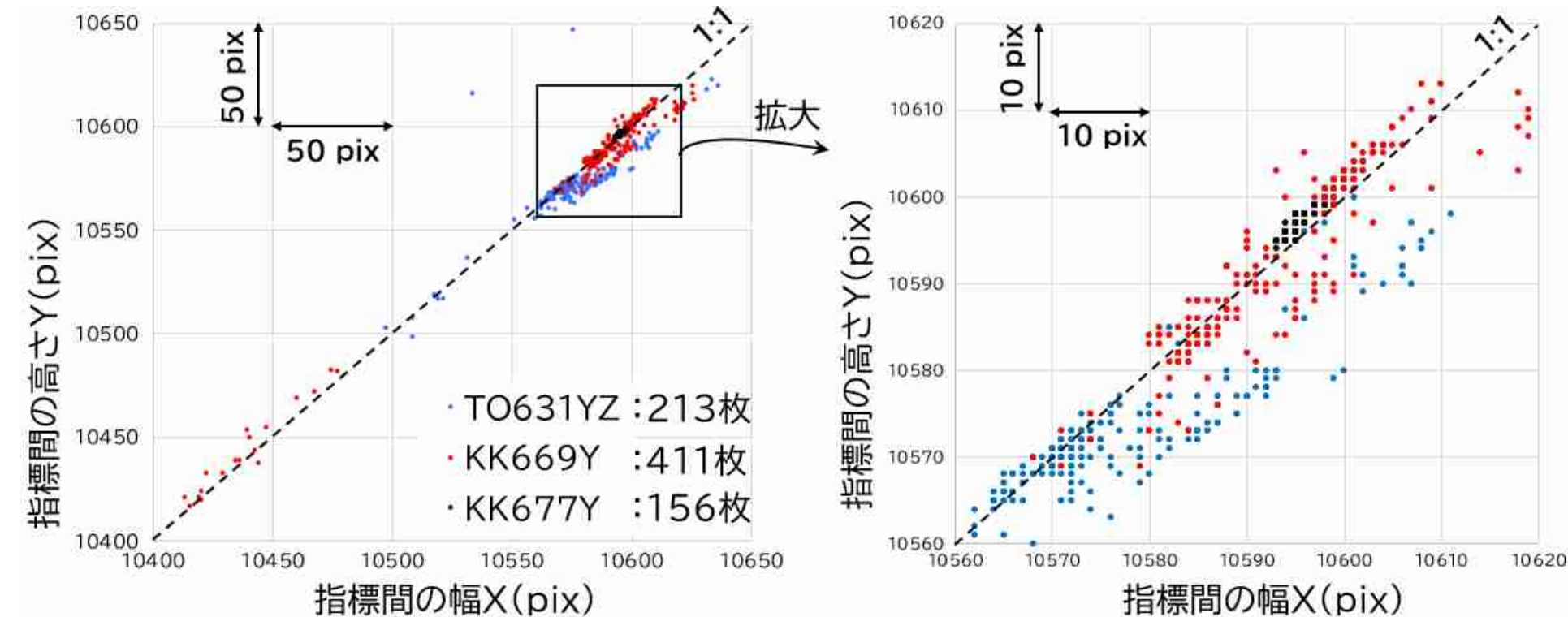
クロップ拡大率
(107.5%)
クロップ拡大率(100%)

この2つのツールによって、効率的に
高精度のSfM-MVS処理を行うための
入力画像を生成できるようになった。

研究開発に対する実施事項①-3

クリッピング画像に対する新たな問題を発見

○1960年代(以前)の空中写真に、指標間の画素数が合わない画像が散見される。



SfM-MVS処理
の精度劣化要
因になる。

同一撮影地区の画像間のバラつきが大きいため、高精度にSfM-MVS処理を行う場合に工夫が必要。

研究開発に対する実施事項②-1

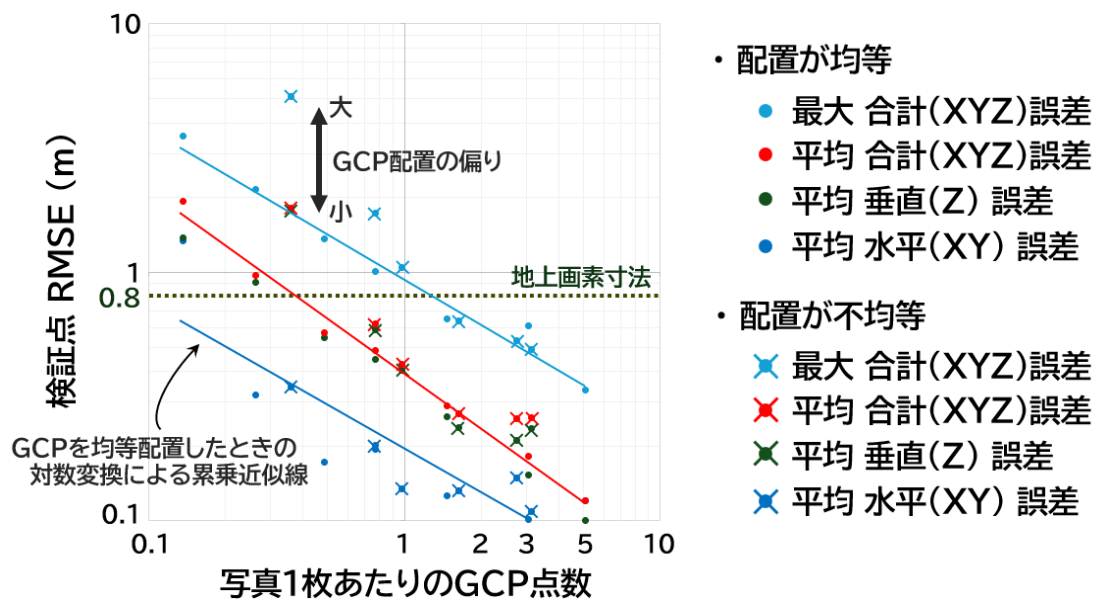
②高精度DSMを効率的に作成するための手法検討

【地上基準点(GCP)設置とカメラパラメータ推定手法】

○指標間の画素数のずれが、バンドル標定精度(DSM)の品質に大きく影響する。

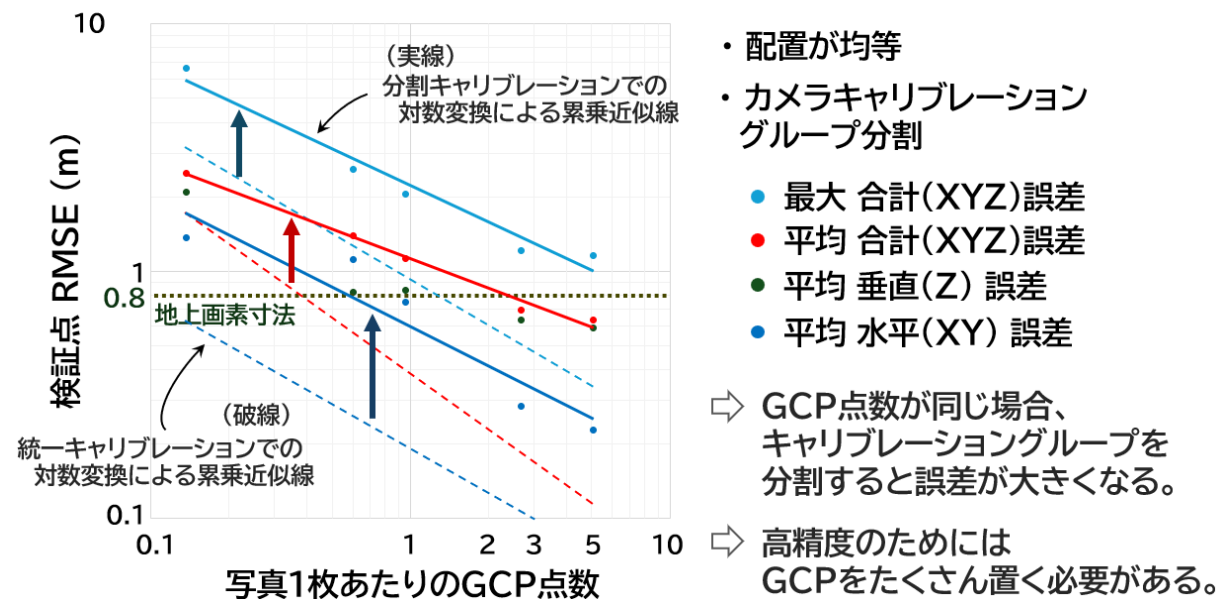
→実際は同じ撮影地区を同一航空カメラで撮影しているが、同一の航空カメラであることを前提とせず、バンドル標定を行い各画像のカメラパラメータを推定する。

標定点(GCP)付与 GCP精度検証



同一航空カメラであることを前提とした場合の検証点残差

標定点(GCP)付与 GCP精度検証

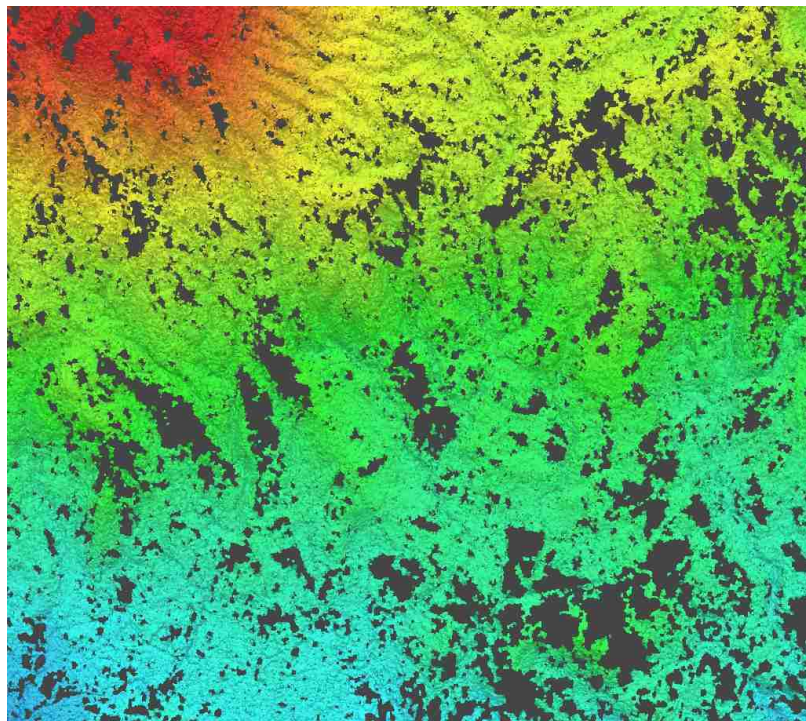


異なる航空カメラであることを前提とした場合の検証点残差

なるべく多くのGCPを均等に設置することで、バンドル標定精度の改善が可能。

【欠損率の少ないDSMの作成手法】

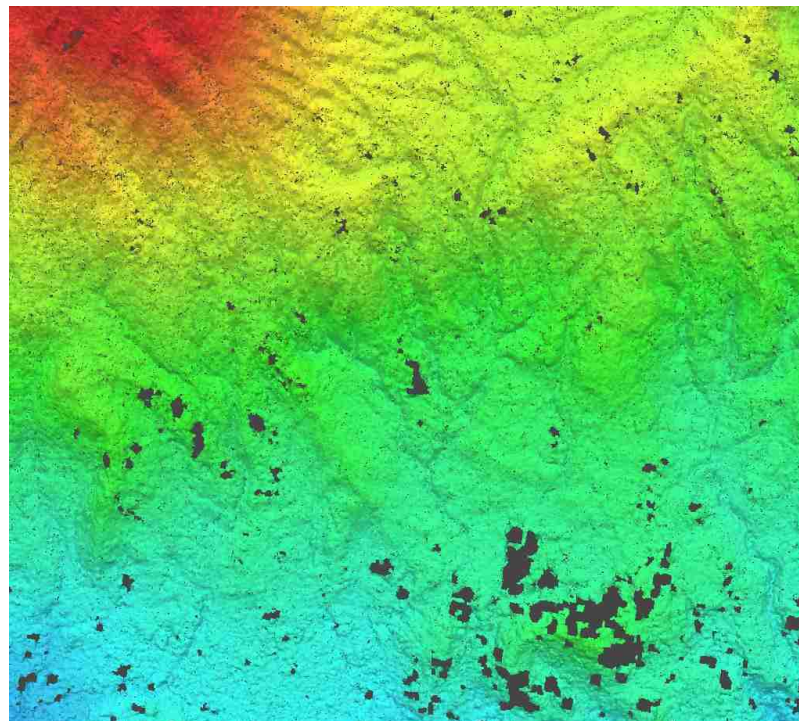
○ SfM-MVS処理で作成される点群(DSMとなる前段階データ)の密度と欠損率はトレードオフの関係。



生成密度： 高

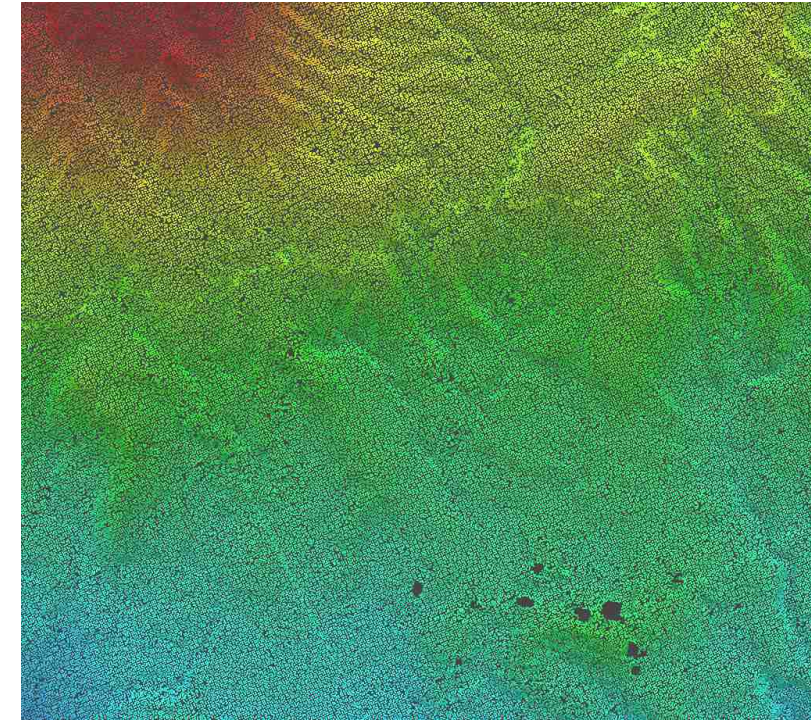
DSMのセルサイズ
1.6m×1.6m

精細だが欠損多い



中

DSMのセルサイズ
3.2m×3.2m

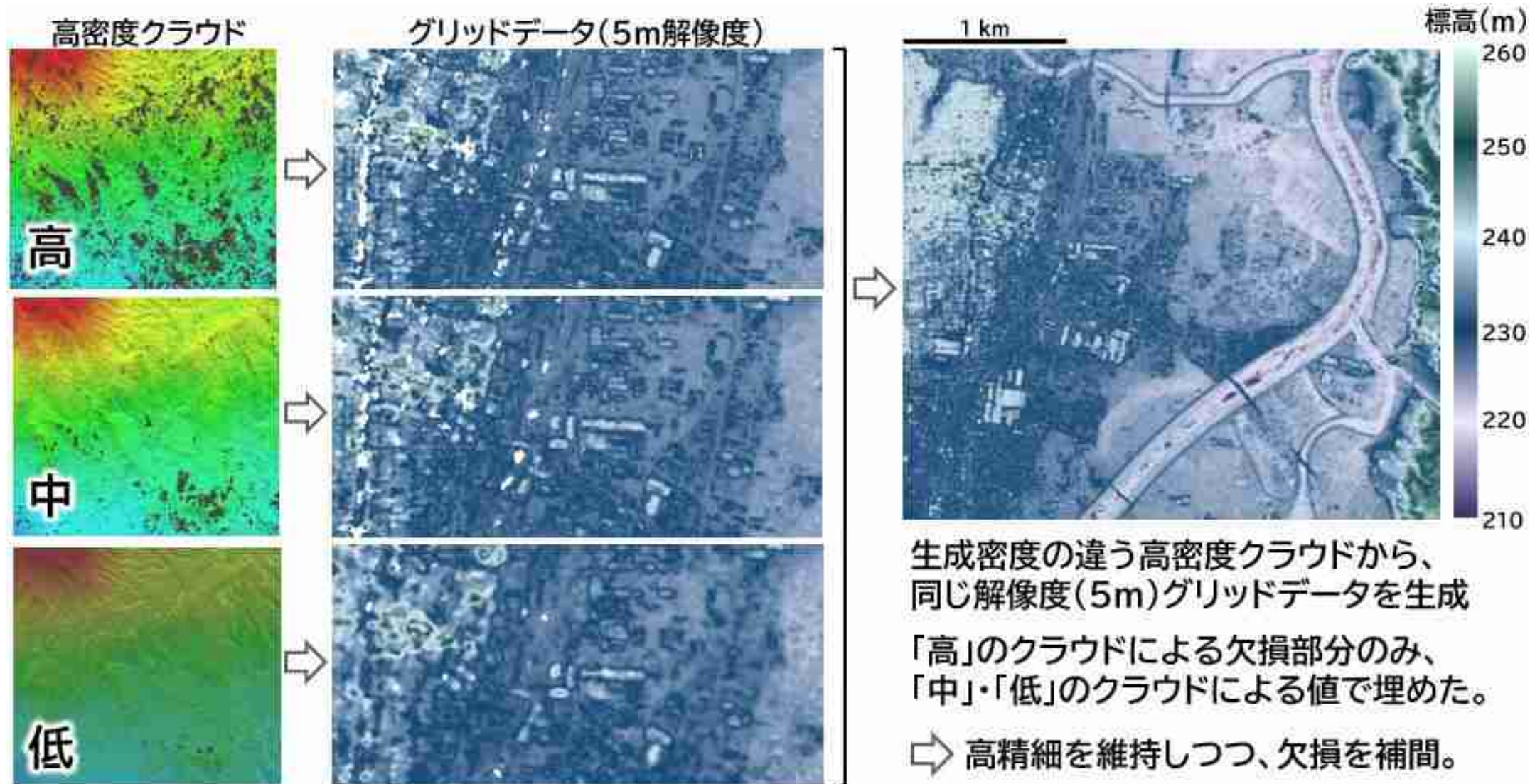


低

DSMのセルサイズ
6.4m×6.4m

粗いが欠損少ない

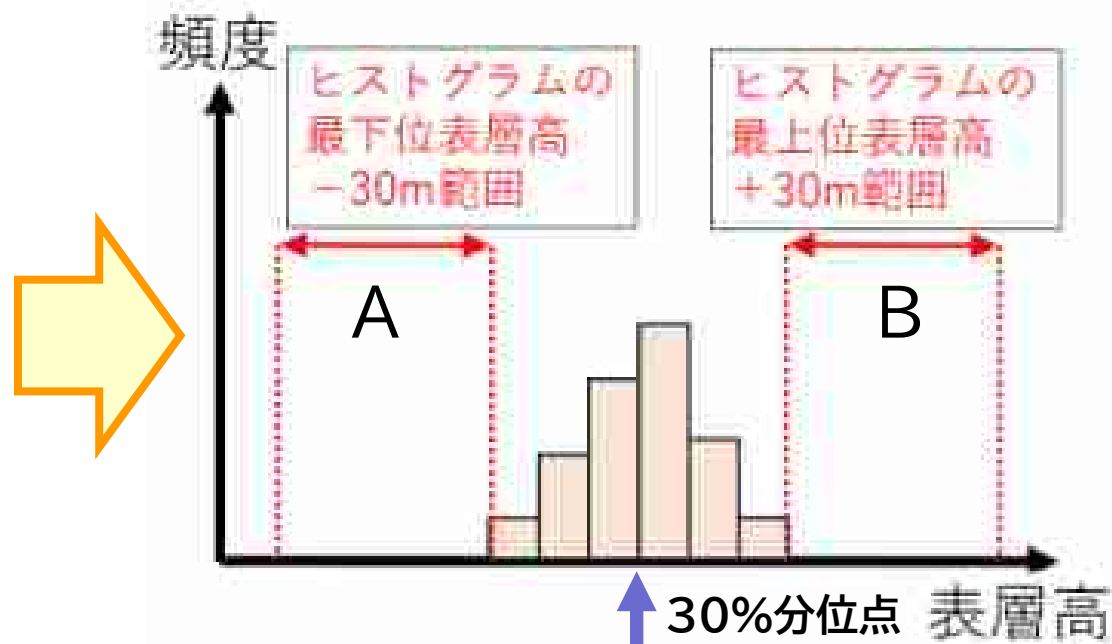
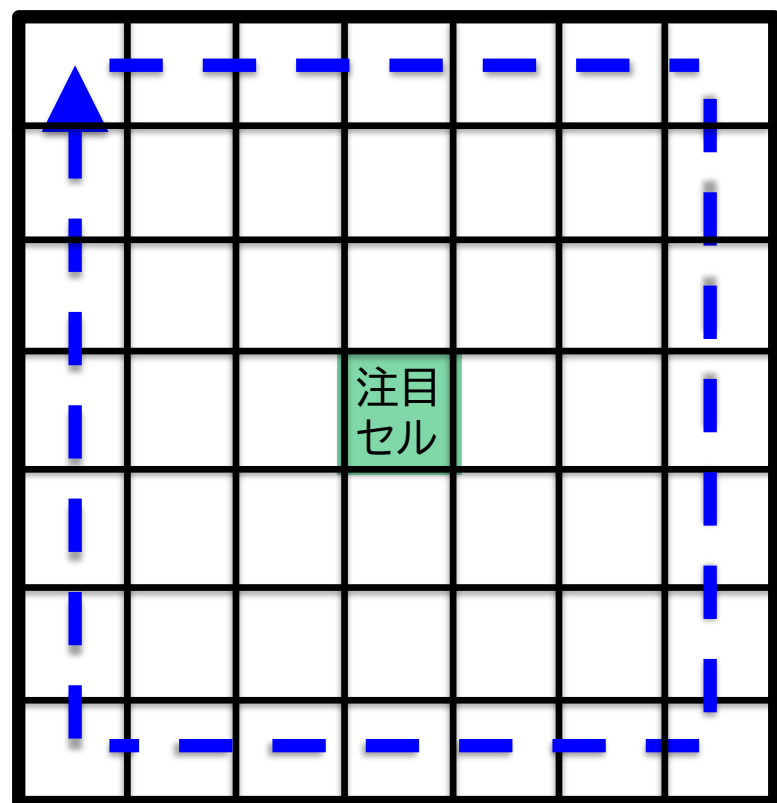
【欠損率の少ないDSMの作成手法】



密度の異なる3つの点群を統合させて、欠損の少ないDSMの生成が可能になった。

研究開発に対する実施事項③-1

③DSMからDEMへのフィルタリング手法開発とフィルタリングされたDEMの精度検証 【DSMからDEMへのフィルタリング手法の概要】



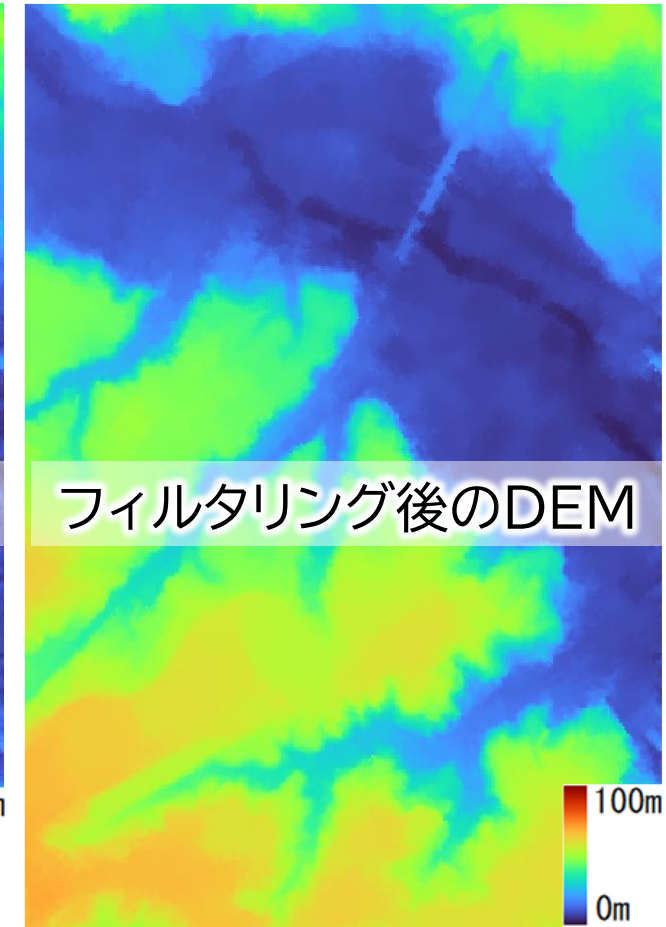
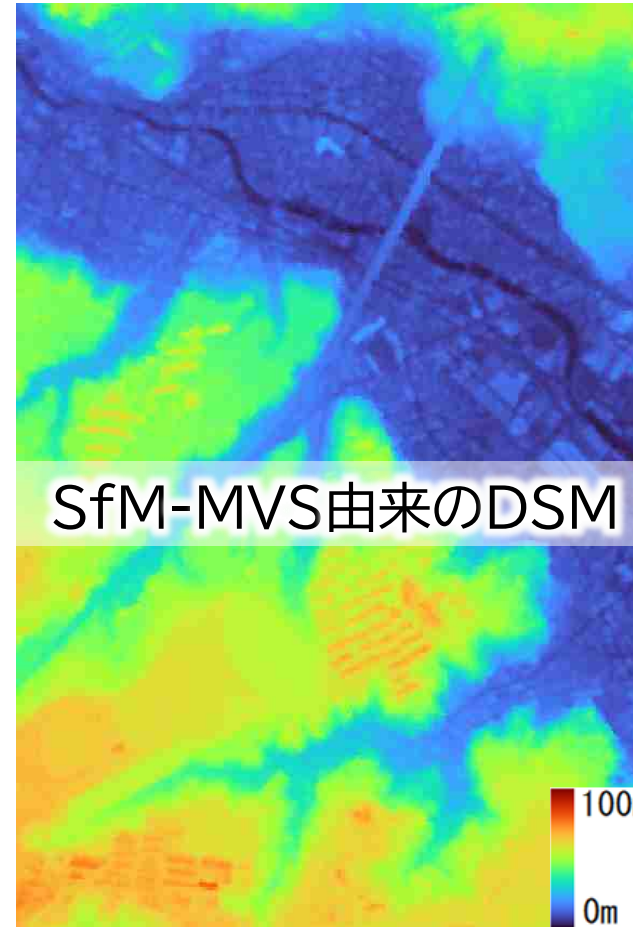
②注目セルの表層高が上記範囲にある場合は、ヒストグラム30%分位点の表層高を注目セルの表層高とする。

- A: 注目セルが周囲と比較して著しく低い
→ マイナス方向のスパイクノイズ除去を狙う意図
- B: 注目セルが周囲と比較して著しく高い
→ プラス方向のスパイクノイズや局所地物表層高の除去を狙う意図

①注目セルを中心とした最外周セルの表層高ヒストグラムを計測
(7×7のセルでの例)

※上記フィルタリング演算について、実際は7×7と3×3のセルで複数回全画素を対象に繰り返し実施。

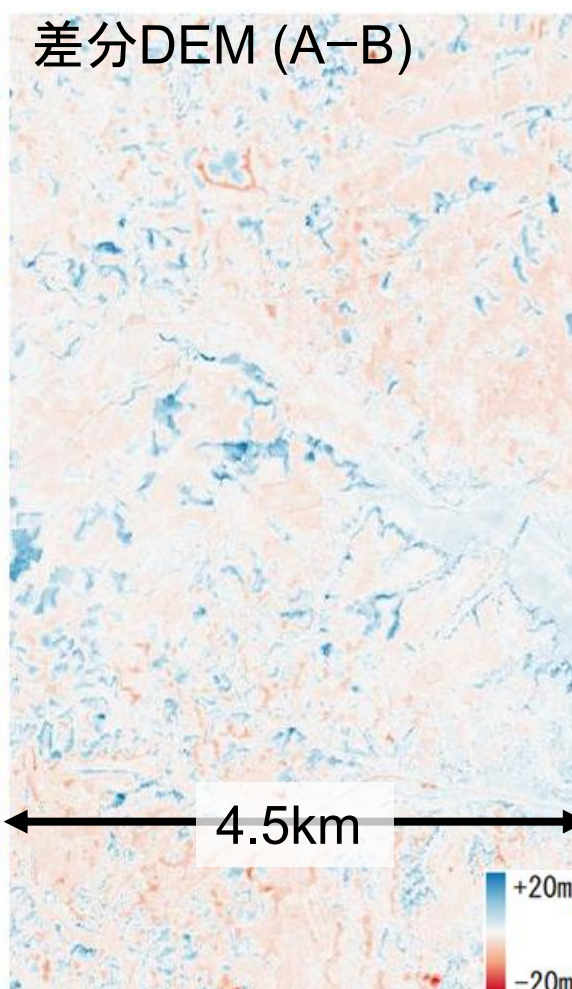
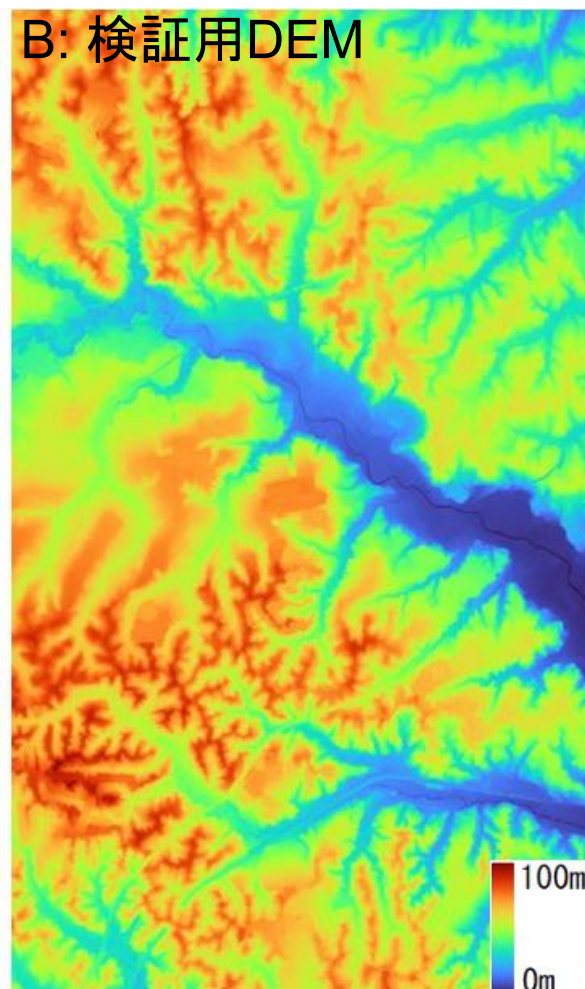
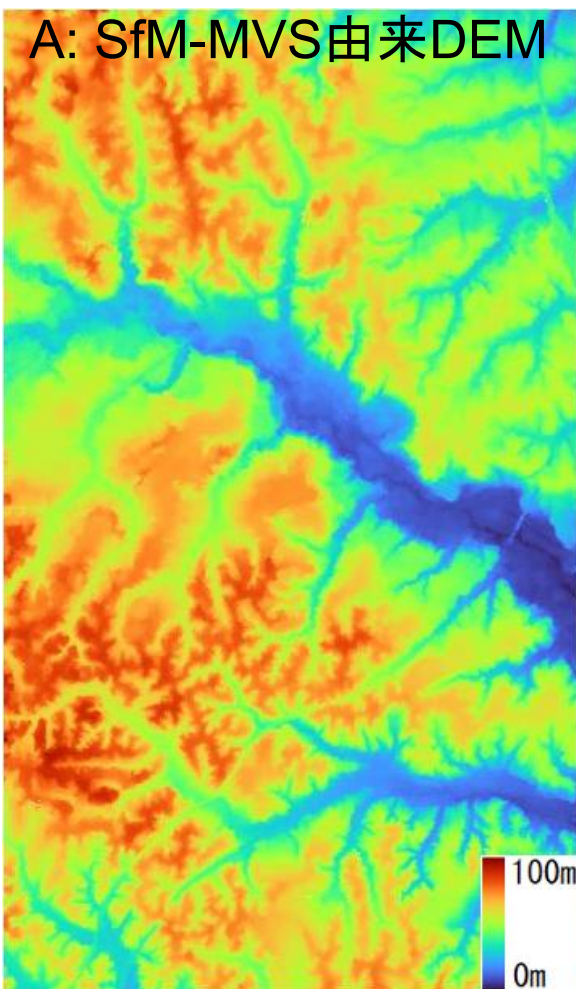
【DSMからDEMフィルタリングに対する結果の1例】



- ①全体の地形傾向は保持される。
- ②局所的に急峻な表層高変化のある場所が平坦になる。(局所的に高い(低い)ものは低く(高く))
→建物等の人工地物による表層高が除去される。
※広域にわたる森林についてはフィルタリングで除去されない。

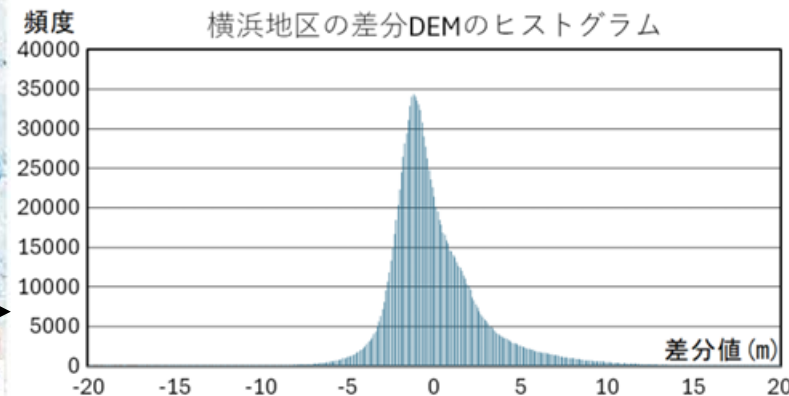
研究開発に対する実施事項③-3

【フィルタリングDEMの精度検証結果（横浜地区）】 ※鉾田地区においても同様の結果が得られている。（参考資料）



差分DEMの統計量

最大値 : 25.36 m
 最小値 : -20.43 m
 最頻値 : -0.10 m
 平均 : 0.05 m
 標準偏差 : 2.79 m



作業規程の準則に従って作成した「手動の等高線データ」から発生させたDEMと比較した較差が、平均で数cm、標準偏差で3m弱程度であった。

アウトプット目標 1

- 精度と効率性を両立した過去の地形データ作成プログラムを構築するとともに、手順書及び活用事例集を作成

○開発した主なツール

- ・空中写真指標位置取得ツール

- 指標位置(4点)、傾き、写真主点の画像座標を取得してcsvデータ生成。

- ・空中写真クリッピングツール

- 上記csvデータを用いて、写真主点が中心になるように地上撮影部分をクリップ。

- ・DSM合成ツール

- 高密度点群によるDSMの欠損セルを、中・低密度点群によるDSMの値で埋める。

- ・DSM→DEMフィルタリングツール

- DSMの建物・樹木(広域森林を除く)を除去するラスタ処理ツール。

これらは全て2026年3月末までにHP上に公開を予定

アウトプット目標 1

- 精度と効率性を両立した過去の地形データ作成プログラムを構築するとともに、手順書及び活用事例集を作成

○過去の地形データ作成手順書

- ・本研究での地形データ作成手法をマニュアル化したもの。
- ・過去の空中写真で必要になる前処理。
- ・SfM-MVS処理における処理の設定やパラメータ等。
→高精度のDSM作成を行うために必要な手順を記載。

☆SfM-MVS処理前の空中写真前処理
☆SfM-MVS処理の単位(ブロック面積)
☆バンドル調整のオプション指定
(レンズディストーションの推定等)
☆高精度DSM作成のための3次元点群
生成パラメータ等

○過去の地形データの活用事例集

- ・過去の地形データを活用した事例をまとめたもの
- ・本研究を通じて、国土地理院内での業務に活用した事例や他機関での事例や活用見込み(可能性)のもの。
→ヒアリング等を実施して得た情報をまとめたものを記載。

これらは全て2026年3月末までにHP上に公開を予定

アウトプット目標2

- 1960年代の地形データを、本研究の手法が適用可能な地域全て(全国の都市地域※のうち80%程度と推定)を目標に作成し、基礎データとして公表

※国土利用計画法に基づく

- ・当初想定(都市地域の約10万km²の80%)を大きく上回る32万km²について、地形データを作成見込み。

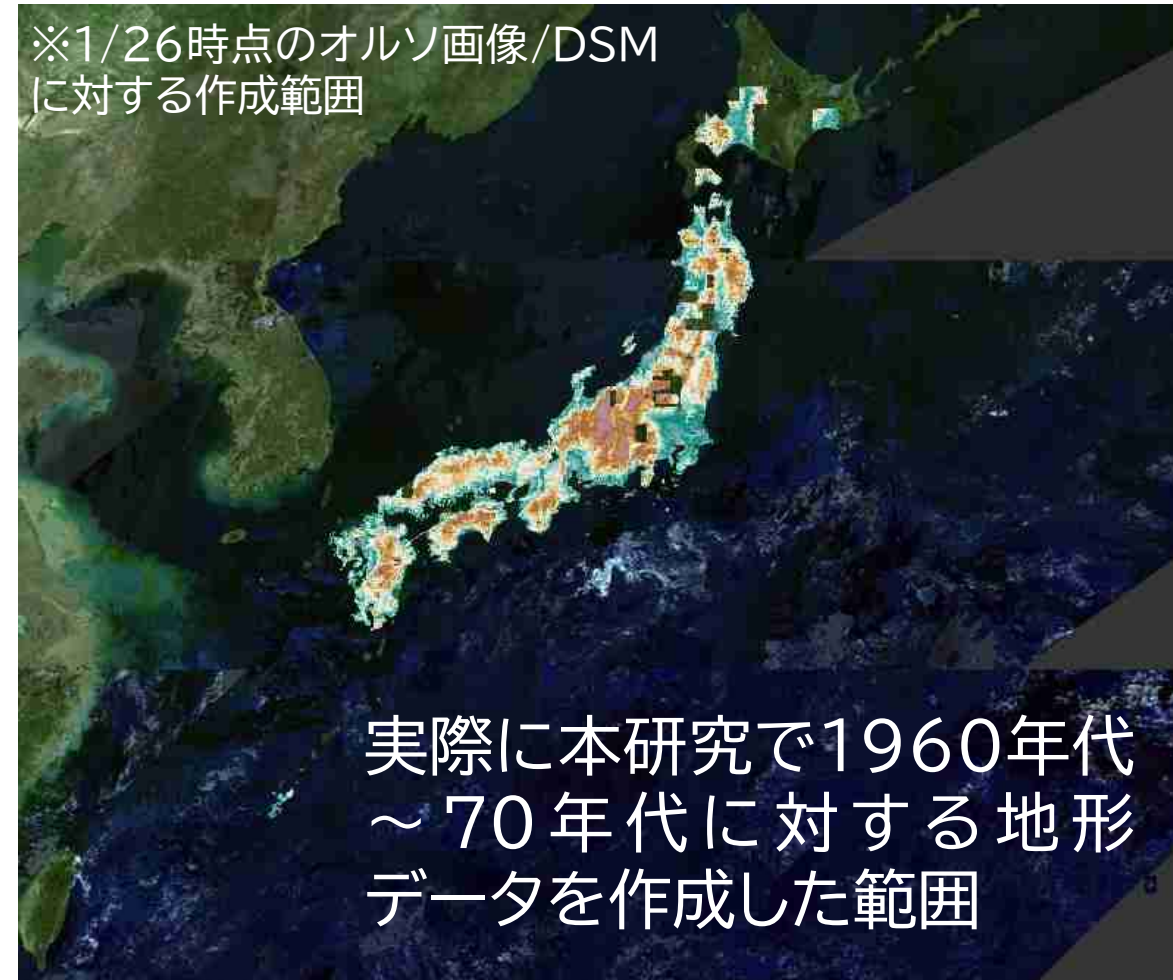
- ・都市地域に限定すると、およそ97%程度について、地形データを作成。

- ・さらに、地形データ(DEM)のみでなく、オルソ画像とDSMについても作成。

- ・サンプルとして、横浜地区では1940年代～80年代の各年代の空中写真から時系列データを作成した。(参考資料)

- ・2/13現在、DEMデータを作成中。3月末までに5m解像度で作成した都市地域のオルソ画像/DSM/DEM及び非都市地域のオルソ画像/DSMを国土地理院HPから公開予定。

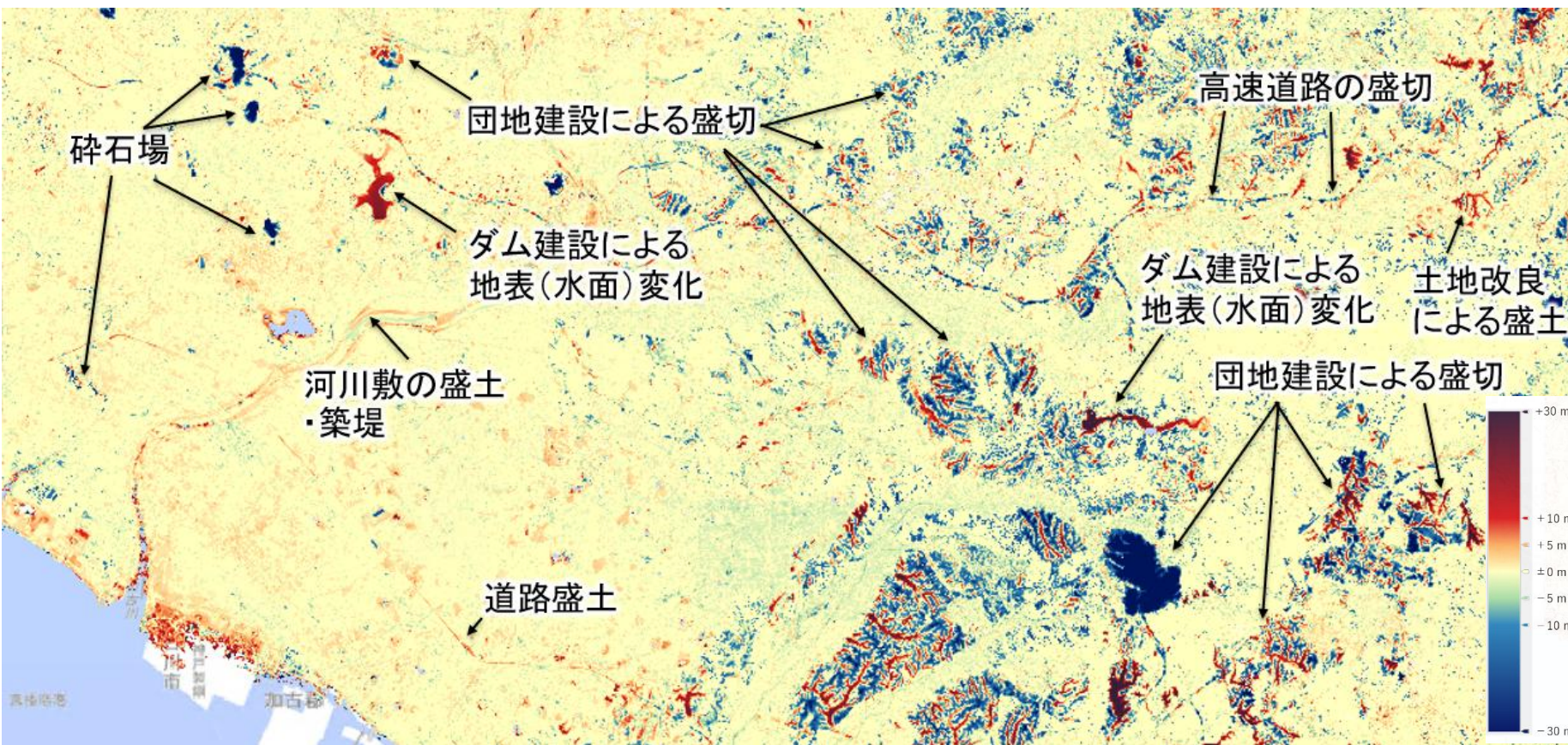
※1/26時点のオルソ画像/DSM
に対する作成範囲



実際に本研究で1960年代
～70年代に対する地形
データを作成した範囲

アウトカム指標

- 従来の調査で把握できていない人工改変地を把握可能とし、防災・減災のためのリスク把握につなげる。
- 本研究における盛土・切土されたエリアの抽出結果例(明石市・神戸市周辺)



・本抽出手法については参考資料を参照。

・一定程度の面積を持つ赤と青の箇所が、盛土(赤)/切土(青)したと思われる箇所。

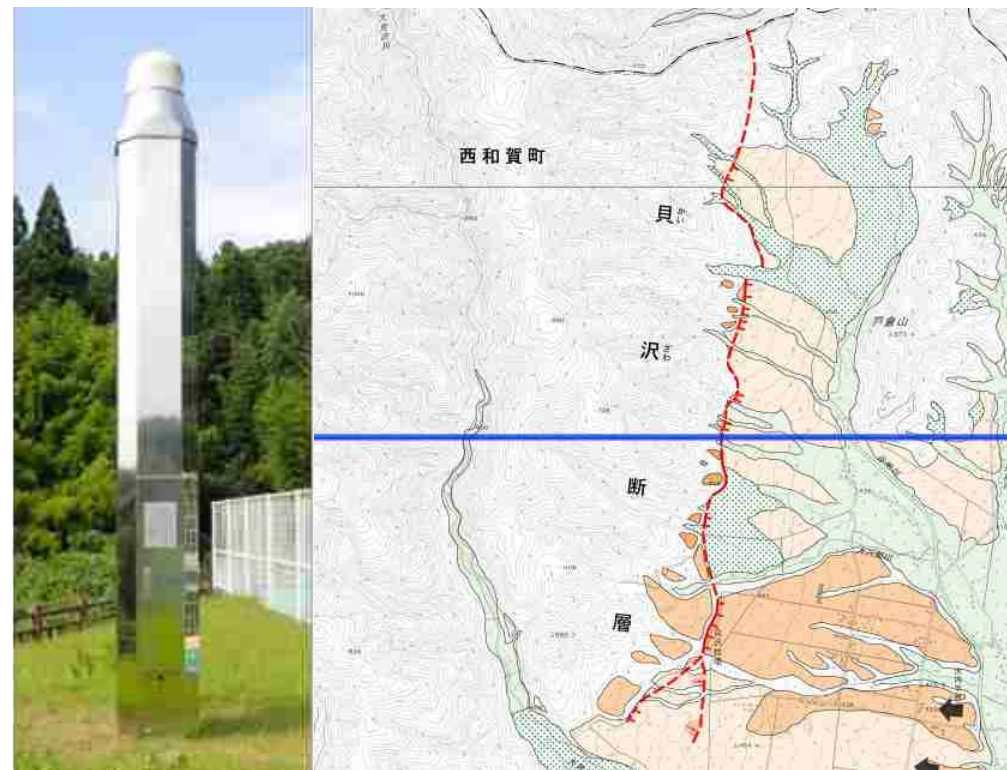
人工改変地の候補箇所に対する効率的なスクリーニングが可能になる。

アウトカム指標

- 従来の調査で把握できていない人工改変地を把握可能とし、防災・減災のためのリスク把握につなげる。

○国土地理院内での取組事項

- ・活断層調査や地形分類データ整備(実施済)
→過去のDSMやオルソ画像を参考資料として使用。
- ・電子基準点設置場所に対する地盤調査(実施済)
→設置された場所が過去どういう場所だったかの調査資料。
- ・SGDASの推計精度向上に対する事前データへの活用(見込み)
→液状化の推計精度向上を目的として、盛土されたと思われる箇所の特定。



過去にその場所がどうだったかが分かるデータとして有用

アウトカム指標

- 従来の調査で把握できていない人工改変地を把握可能とし、防災・減災のためのリスク把握につなげる。

○国土地理院以外に対する取組

・地方公共団体(札幌市)へのヒアリング

- 盛土規制法に基づく基礎調査を実施する中で、本研究のオルソ画像とDSMを試行的に提供。
- 盛土等造成地の抽出作業における過程で、旧地形図の確認に提供データを利用し、作業効率化に寄与した。

・NEXCO東日本/NEXCO総研へのヒアリング

- 災害時の高速道路調査を行う部署やNEXCO研究所に、本研究のオルソ画像とDSMを試験提供。
- 実際の災害がなかったため、実業務では提供データは使用していないが、例えば高速道路脇の土地や地形が過去にどうだったかが分かるので、土砂崩壊等の要因調査や復旧工事を行う上で有用なデータとなり得る。

・森林関係の研究者へのヒアリング

- 過去のオルソ画像やDSMがあれば、当時の植生状況や樹木の成長が分かるので非常に重要。場所によっては当時のCO2吸収量の試算にも使用できる可能性も出てくるかもしれない。

人工改変地以外でも、過去のオルソ画像/DSM/DEMの有用性が示唆

まとめ① 各研究開発の進捗状況と達成度

①高精度かつ効率的なSfM-MVS処理を行うための過去の空中写真に対する余白部切り取りツール開発

- ・空中写真に対する前処理を効率的に行うための2つのツールを開発。
 - ・新たに判明した縦横の画素数比が合わない問題に対しても、②の中で対処可能。
- 効率的かつ高精度に過去の空中写真を用いてSfM-MVS処理できるようになった。



②高精度DSMを効率的に作成するための手法検討

- ・カメラパラメータの推定手法とGCPの設置方法を適切に設定することで、高精度なバンドル調整結果を保持。
 - ・複数の3次元点群を合成することで、欠損がほぼないDSM作成が可能。
- 効率的かつ高精度にDSMを作成できるようになった。



③SfM-MVS処理で出力したDSMからDEMへのフィルタリング手法開発とフィルタリングされたDEMの精度検証

- ・DSMからDEMへのフィルタリング手法の開発。
 - ・精度検証の結果、手動図化による等高線から発生したDEMとの較差は平均数cm, 標準偏差3m弱。
- 広域に森林が続くような箇所以外で、建物や樹木等の局所的に表層高が大きく変化する箇所の影響を除去することが可能になった。



アウトプット

過去の地形データ作成プログラム構築

- ・精度と効率性を追求した各種プログラムやツールを作成。
- 効率的に過去の地形データを作成できるようになった。



過去の地形データ作成手順書/活用事例集の作成

- ・過去の地形データ作成プログラムを活用した過去の地形データ作成手順書を作成中。3月末までに公開予定。
- ・実際に過去の地形データの活用例と活用見込みの例をとりまとめて、3月末までに公開予定。



1960年代の地形データを、本研究の手法が適用可能な地域全て(全国の都市地域※のうち80%程度と推定)を目標に作成し、基礎データとして公表

※国土利用計画法に基づく

- ・当初の想定、都市地域の80%(約8万km²)を上回る全国面積の85%(約32万km²)のデータができる見込み。
- ・都市地域はオルソ画像/DSM/DEM、それ以外の地域はオルソ画像/DSMを3月末までに公開予定。
- ・それ以外の地域のDEMは、作成後にニーズを踏まえて公開を検討。
- ・横浜地区では1940年代～80年代の各年代の時系列サンプルデータを作成。同様に3月末までに公開予定。



アウトカム

従来の調査で把握できていない人工改変地を把握可能とし、防災・減災のためのリスク把握につなげる

- ・人工改変地の把握

実施済 : 盛土や切土の候補箇所を迅速に抽出する手法を開発

- ・国土地理院の業務における活用

実施済 : 活断層調査・地形分類データ整備・電子基準点設置場所の調査

実施見込み: SGDASの液状化推計精度向上のための事前データ

- ・国土地理院以外での業務における活用

実施済 : 地方公共団体における盛土規制法に基づく盛土調査

実施可能性: NEXCO東日本における災害時の高速道路被害に対する要因調査



・研究開発事項/アウトプット/アウトカムの全てについて、当初目標をおおむね達成できたことで、過去の空中写真を用いた人工改変地の把握、及び過去の空中写真によるオルソ画像/DSM/DEMを作成する手法を確立できたと思われる。

全体を通じて、研究開発の目標はおおむね達成できた。

3年間(令和5年度～7年度)の関連研究成果の公表(掲載予定を含む)

1. 研究報告書 3編

・国土地理院 調査研究年報

2. 発表論文 4編

査読有: 2編

・Remote Sensing
・地形

査読無: 2編

・写真測量とリモートセンシング
・JACIC情報

3. 学会等発表 3件

・日本地球惑星科学連合
・日本地形学連合
・日本写真測量学会

4. データやツール公開 (2026年3月末を予定)

・日本全国約32万km²程度に対する1960年代～70年代のオルソ画像・DSM、
及び都市地域9.7万km²のDEM
・過去の地形データを作成するための各種ツール

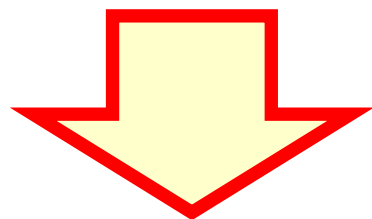
本研究を踏まえた今後の主な取組

令和7年度補正予算での事業化検討

- ・防災・減災対策のための地理空間情報の充実として、応用地理部での地形改変可能性箇所情報の整備検討を実施する。

次期特別研究(衛星特研:令和8年度～11年度)への地形データ作成に対する知見継承

- ・光学衛星におけるDSM/DEMデータ作成について、過去の地形特研で得た高精度なDSM/DEM作成に関する知見を生かす。



本研究の流れを切らさず、次なるステップへとつなぐ

総合経済対策 <危機管理投資・成長投資による強い経済の実現>

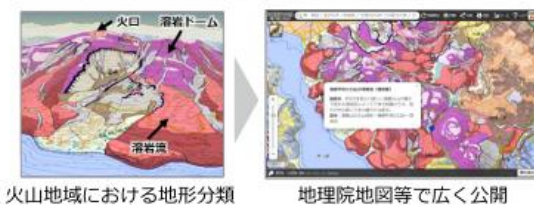
[3, 813百万円]

防災・減災のための地殻変動監視、測位環境及び地理空間情報の充実・強化

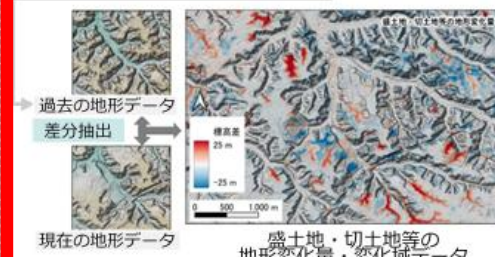
防災・減災対策のための地理空間情報の充実

防災・減災対策に有用な高精度標高データ整備や、未整備の火山地域における地形分類情報の整備、人工改変地に関する情報の効率的な整備手法の検討により、地理空間情報の充実を図り、自然災害リスクを把握できる環境を提供します。

火山地域における地形分類情報の整備



地形改変可能性箇所情報の整備検討



迅速な地殻変動監視と強靱な測位環境の実現による災害対応力の強化

発災時の迅速な被災状況把握や復旧作業に資するため、衛星SARによる地殻変動監視の高度化や、南海トラフ地震等の大規模地震に備えた位置情報インフラの早期復旧計画の策定等を実施します。

海外衛星SARも加えた地殻変動監視の迅速化
地震・火山活動に伴う変動を海外衛星データも活用し、迅速に監視する体制を構築します。



大規模地震における測量・測位基盤の早期復旧検討業務

