

(2) 特別研究課題「過去の地形データの作成手法とその活用に関する研究」終了時評価
【審議】

○委員長 続いて、次の議事に移ります。議事(2)特別研究課題「過去の地形データの作成手法とその活用に関する研究」について、本研究の担当の方から説明をお願いいたします。

○笹川地理情報解析研究室長 地理情報解析研究室長の笹川から「過去の地形データの作成手法とその活用に関する研究」の報告をさせていただきます。

研究背景として、人工改変地の把握の重要性ということで、災害が起こったときの脆弱な箇所は人工改変地に集中しており、こういうものの網羅的な把握が必要です。

そして、実際に過去の地形については、1990年代からのデータは存在しておりますが、この前の、特に高度経済成長期に関するデータはなかなかないということで、こういうところを最新の技術を使って効率的に作れないかということが重要になってくるということです。

このSfM-MVSという技術があって、これは写真測量の一つの技術ですが、この技術を用いて、過去の空中写真から当時の地形データを作れないかということで、このSfM-MVS技術を使って研究をしてみたということになります。

ただ、このSfM-MVSの技術には幾つか課題が存在しており、精度がよく分からないとか、設定パラメーターが不明とか、実際にこの技術で作られるDSM（表層高）からDEM（地表面の標高）にするフィルタリング手法が未確立といった課題がありました。この辺をこの特別研究の中でどこまでできるかということで、やってみたということです。

既に研究着手時にも説明していますが、まず研究の目的・アウトプット・アウトカムに対する実施事項ということで、目的として、地形分類のうち、1960年代から1980年代の人工改変地の効率的な把握を可能とするための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します。具体的には、スライド6に書いてある①から③の研究開発を主に実施しております。この①から③の詳細については後ほどまた説明をいたします。

アウトプット目標についてですが、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、その手順書と活用事例集を作成するということになります。

1960年代の地形データを、本手法の活用が適用可能な地域の全て、全国の都市地域のうちの80%程度、これはおよそ8万km²ですが、これを目標に作成して、基礎データとして

公表することを目標に掲げておりましたが、スライド7に出ている④、⑤のとおり、フィルタリングツールを含む様々なツールなども含め、3月末までの公開を予定しております。

また、実際のところは都市地域の97%に対するオルソ画像・DSM・DEMデータに加えて、それ以外、都市地域以外の24万km²に対するデータを、3月末までにホームページ上から公開を予定しております。これについてはまた後ほど、スライド18以降で説明をいたします。

アウトカム目標ですが、従来の調査で把握できていない人工改変地の把握を可能とし、防災・減災のためのリスク把握につなげるということです。

具体的には、⑥として、様々な防災・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しました。地理院の中での業務、あるいは地理院以外での業務で既に活用された事例を中心に、活用事例集を作成して、これも3月末までに公開予定としております。これについても後ほど詳しく説明等をいたします。

まず、研究開発に対する研究の実施事項の①として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の開発です。空中写真は、当時はデジタル画像ではなくてアナログのフィルムですが、地上撮影部以外のこの黒い部分がスキニングされることになります。この黒い部分があると、その後のSfM-MVS処理で精度低下を引き起こすので、こちらの右のところのように、黒いところをクリッピングした画像をこのSfM-MVS処理の入力画像とするということで、こういうものを効率的に作るツールを開発するということになります。

実際にそのクリッピングをするために二つのツールを開発しました。一つは、その指標の位置取得ツールで、これは空中写真の外側にこのような様々なタイプの指標がありますが、これを抽出して、1960年代で多く使われた様々な航空カメラだけではなくて、それ以前のカメラ、あるいはそれ以降の航空カメラに対応して、汎用性のある指標位置の取得ツールを開発しました。

また、この指標の位置の取得情報を用いて、適切にこの黒い範囲を排除する、クリッピングを行うことにできるツールを作りました。

この二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が生成できるようになりました。

一方、このクリッピング画像が効率的に作られるようにはなったのですが、実際にクリッピング画像に対する新たな問題が出てきました。この指標と指標の間の距離は必ず一定なので、基本的にはこの指標間のピクセル数をカウントすると、絶対に一定のところに収

まるはずです。しかし、特に1960年代以前の空中写真は、スライド11の図の青、赤、黒がそれぞれの撮影地区の写真を表しているのですが、黒い地区は指標間のピクセル数が一定の狭い範囲で収まっているのですが、赤い地区あるいは青い地区は結構指標間のピクセル数がばらついています。

正確なところは不明ですが、一つの可能性として、フィルムそのものがそもそも伸び縮みしてしまっているという可能性と、もう一つは、スキャニング時に適切なスキャニングピッチでチューニングされていないというようなことは考えられるかと思います。ただ、いずれにしろ同じカメラを使った同一撮影地区の画像間で、この指標間のピクセル数にばらつきが大きいということなので、高精度にSfM-MVS処理を行う場合に、ちょっと工夫が必要になるであろうということが分かりました。

通常、写真測量の世界では、同じ航空カメラを使っているのであれば、ブロックごとに同じ航空カメラを使う前提でSfM-MVS処理をします。しかし、先ほどのように指標間の距離にばらつきがあるので、同一航空カメラで撮影したものであるということを前提とせずにバンドル標定を行って、カメラパラメーターを1枚ごとに、一番もっともらしいものに推定しました。その際、多くの基準点を設置することでバンドル標定の精度の改善が可能になることが分かりました。基本的には多くのGCPを均等に配置することで、このような問題の緩和をしていくことになります。

このバンドル標定が終わって、では実際にDSMを作ることになった場合、いかにその欠損の少ないDSMを作るかが重要になってくるのですが、こちらの画像は、実際にDSMを作成する前に、SfM-MVS処理で3次元点群というものが生成されるのですが、その点群の生成密度を高くした場合と低くした場合を示したものです。

点群密度を高く作成すると、DSMのセルサイズも良くなるのですが、これは精細な一方で、欠損部分が多くなります。一方、生成密度を低くした場合は、DSMのセルサイズはちょっと落ちるが、欠損は少なくなるというトレードオフの関係が出てきます。

そのため、高密度のもので欠損したところを中密度で埋める、そして中密度でも埋められないものは低密度で埋めるというように、基本的に高密度を優先した上で、生成密度の違う点群から、DSMのグリッドデータを生成するという手法を取りました。これで密度の異なる三つの点群を統合させて、欠損の少ないDSMを作ることが可能になりました。

次に、DSMからDEMへのフィルタリング手法になります。ここでは、特殊なフィルタリング手法を開発しております。スライド15の左側の図ですが、 7×7 のDSMのセルについて一

番真ん中を注目セルとした場合に、その最外周のセルの表層高の値をスキャンします。そして右側の図が、このスキャンした表層高のヒストグラムを描いたものになります。

注目セルがこのAの範囲またはBの範囲のどちらかに落ちた場合は、このヒストグラムの30%分位点の表層高を注目セルの表層高として置き換えるというフィルタリングをしております。

注目セルの表層高がAの範囲に収まっているものについては、注目セルが周囲と比較して著しく低いということなので、マイナス方向のスパイクノイズの除去を狙う意図があります。

そして、注目セルの表層高がBに落ちる場合は、これはプラス方向のスパイクノイズまたは局所地物があるということなので、その表層高除去を狙って、こういうフィルタリングをすることで、局所地物の表層高、例えば大きな木とか、あるいは建物などの表層高を除去するという手法を開発しました。

この手法によって、実際にSfM-MVS由来のDSMからフィルタリングされたDEMとしてはスライド16のようなものが出来上がることになります。

SfM-MVS由来のDSMは、恐らく高層住宅とか川沿いに密度のたくさんの住宅、建物が並んでいますが、フィルタリング後のDEMについては、こういうものが除去されて、地形の大まかな起伏だけを残すということに成功しております。

ただし、この手法については、局所的な地物の表層高を除去することはできるのですが、広域にわたる森林のようなところについては、フィルタリングでは除去されないということなので、こういうところは表層高として残ってしまうということになります。

このフィルタリングDEMの精度検証の結果になります。一番左のAがSfM-MVS由来のDEMで、真ん中のBが、それよりも縮尺の良い写真を使って、作業規程の準則に従って、人間が等高線を図化する、その等高線から発生させたDEMですね。これの差分を取ったものが右側の差分DEMになります。

この差分DEMの統計量ですが、最大値は+25.3m、最小値は-20.43、最頻値としては-10cm、平均としては+5cm、標準偏差2.79mとなりました。

これが大体このフィルタリングをしたDEMの、この横浜地区における精度ということになるかと思います。

なお、参考資料には、この横浜地区だけではなくて、もう少し平らな地区ですが、茨城県の鉾田地区についても示しており、差分DEMの統計量はおおむね同じような結果が出て

います。

そして、アウトプット目標に対する結果ですが、過去の地形データ作成プログラムの構築については、開発した主なツールはこの四つになります。細かいツールはこれ以外にもあるのですが、代表的なものはこの四つになります。こちらについては全て3月末までにホームページ上から公開を予定しております。

次に、手順書及び活用事例集の作成です。過去の地形データの作成手順書としては、ここに書いてある様々な技術的な事項をマニュアル化したものを作成しています。また、過去の地形データの活用事例集については、本研究を通じて地理院内の業務ですとか、あるいは他機関での事例や活用見込みのものについて、得た情報をまとめたものを3月末までにホームページ上から公開いたします。

次に、アウトプット目標2ですが、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について作成することを目標にしていたましたが、実際に作った範囲はおよそ32万km²で、当初の目標の10万km²のうちの80%（8万km²）から大きく広い範囲のデータを作ったということになります。

なお、サンプル地区としては、横浜地区では1940年代から1980年代の各年代の空中写真から時系列データを作成しています。こちらは参考資料に掲載しております。

本日現在、DEMデータを作成中で全部はできていないのですが、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と、非都市地域についてはオルソ画像とDSMをホームページから公開を予定しています。

そして、アウトカムに対する取組ですが、アウトカムの指標として、従来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ということにしておりましたが、盛土・切土されたエリアの本研究での抽出例として、明石市と神戸市の周辺の図を示しています。一定程度の面積を持つ赤と青の箇所が盛土・切土と思われる箇所になります。本抽出の手法については参考資料に記載しております。

いずれにしろ、この結果から、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かと思っております。

そして、アウトカムもう一つのほうですが、実際に防災・減災のためのリスク把握につなげるということで、国土地理院内の取組業務として、活断層調査とか、あるいは地形分類データの整備に、過去のDSMとかオルソ画像を参考資料として使用しています。

また、電子基準点の設置場所に対する地盤調査ということで、設置された場所が過去に

どういう場所だったのか疑義のある電子基準点について、この成果を使って調べました。

また、先ほど岩橋から説明がありましたが、SGDASの推計精度向上に対する事前データへの活用で、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、こういうものが地理院内の業務としてであると。過去にその場所がどうだったかが分かるデータとしては、DEMだけではなくてオルソ画像、DSMは非常に有用であろうと思っております。

また、国土地理院以外に対しては、地方公共団体、札幌市さんへのヒアリングを行っております。盛土規制法に基づく基礎調査を実施する中で、本研究の中で作成されたオルソ画像とDSMを試行的に提供しております。盛土等の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、作業の効率化に寄与したということになります。

また、NEXCO東日本さん、あるいはNEXCO総研さんへのヒアリングを行って、実際に災害時の高速道路調査を行う部署や研究所にオルソ画像とDSMを試験提供しています。

提供期間から本日までに実際の災害がなかったので、実業務では提供データは使用していないのですが、例えば高速道路脇の土地や地形が過去にどうだったかは分かるので、災害が起こったときの土砂崩壊等の要因調査、復旧工事を行う上で有用なデータになり得るというような言葉をいただいております。

また、森林関係の研究者へのヒアリングにおいては、過去のオルソ画像やDSMがあれば、当時の植生状況とか樹木の成長が分かる、これは非常に重要であると。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ということで、人工改変地以外でも、過去のオルソ画像、DSM、DEMの有用性が示唆されたという結果になっております。

まとめです。各研究開発の進捗状況と達成度ですが、説明した①、②、③の①、②は達成、③のフィルタリングについては、局所的な表層高の除去はできたが、広域に森林が続くような箇所については、今後の課題として残ったということで、達成、達成、ほぼ達成としております。

アウトプットとしては、過去の地形データ作成プログラムの構築、過去の地形データ作成手順書/活用事例集の作成、また1960年代の地形データを基礎データとして公表ということで、全て達成としております。

また、アウトカムのほうも達成としております。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ということで、全体を通じて研究開発の目標はおおむね達成できたと思っております。

ます。

成果の公表ですが、スライド27に出しているとおりの、今後の予定も含みますが、3年間の中で研究報告書、発表論文、学会等発表を行いました。

本研究を踏まえた今後の主な取組ですが、まず令和7年度の補正予算で、この事業化の検討ということで、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します。また、次期特別研究への地形データ作成に対する知見継承ということで、特に光学衛星におけるDSMやDEMデータの作成に今回の研究で得た知見を生かし、流れを切らさずに、更なるステップへとつないでいこうということを考えております。

以上で私からの報告を終わります。どうもありがとうございました。

○委員長 ありがとうございました。

続いて、事務局から説明をお願いいたします。

○佐藤技術政策企画官 事務局から説明いたします。

1から8は今説明した内容ですので省略しまして、評価表（案）の9について主なものを読み上げたいと思います。

--- 資料2-2 9. を読み上げ ---

10は先ほど説明したとおりになります。最後、11は空欄になってございますが、後ほど御議論いただきまして、どれか選んでいただきたいと思います。

事務局からの説明は以上になります。

○委員長 ありがとうございました。

それでは、委員bから、まず何かコメントはございますでしょうか。

○委員b ありがとうございます。1960年代との比較ということで、高度経済成長前後の地形変化が分かるということで、大変興味深い内容かと思えます。

写真は1960年代でほぼ全部カバーできるのでしょうか。また縮尺についてはいかがでしょうか。

○笹川地理情報解析研究室長 縮尺については、主に4万分の1の写真を使用しています。当初、都市地域の80%について使用することになっていた1960年代のものに加えて、1970年代前半のものもあります。総じて言うと、1960年代から1970年代前半ぐらいの写真を使っ

てデータを作ったということになります。

○委員b 4万分の1が主に利用されたと。

○笹川地理情報解析研究室長 そうですね、4万分の1がほとんどです。横浜のサンプル地区などは、それよりも良い縮尺のものを使って作りましたが、基本的には4万分の1で全国のデータを作ったということになります。

○委員b ありがとうございます。

○委員長 それでは、先生方から御質問、御意見、コメント等をよろしくお願いいたします。

○委員a ありがとうございます。これもとても有意義な研究だと思います。

2点ほど質問ですが、GCPを取って、カメラのパラメーターを決めていったということですが、GCPはどんな地物で取られたのかなということが1点です。

もう一つが、今御説明いただいたように、主に今回のデータ作成に関しては4万分の1の写真を使っているということだったのですが、今後、ツールも公開してということで、いろいろな使われ方がされてくることが期待されるわけですが、例えば写真縮尺あるいは地上分解能が変わっていく中で、精度が担保できるのかどうかというところを、2点お願いいたします。

○笹川地理情報解析研究室長 まず1点目ですが、地上基準点、GCPとしてどんな地物を取っているかですが、当然、過去の空中写真を使って、過去の空中写真にそのGCPを指針にするということなので、当時のその地物を使わなければいけないと。ただ、実際に当時の測量成果を直接使うということではなくて、見えている場所が、今とそこまで変わらない場所を選択しました。例えば道路の交差点といったものを、今の地理院地図からその座標、緯度経度を取ってきて、高さのほうは今のDEMから決め、当時と変わらない場所にGCPを設置しているというようなところになります。

2点目ですが、4万分の1の写真以外を作業した場合も、基本的な手法は別に特に変わることなく適用できます。

ただし、写真縮尺が変わると、当然ピクセル数が変わるので、フィルタリングのパラメーターを変えないと同じだけの除去能力を得られない可能性があります。写真縮尺に応じて、フィルタリングのセルのどこまで、何×何セルを対象にするのかとか、その辺りは少し検討が必要かなとは思いますが、基本的なロジックは、多分写真縮尺が異なっても適用できると思っております。

○委員a ありがとうございます。

○委員長 それでは、他の先生からいかがでしょうか。

○委員c よろしいですか、すみません。この研究は非常に重要な成果だと思っております。1点伺いたいことは、北海道のカバー率があまりよろしくないというか、それはデータがもともとないということかなと思うのですが、やはり今後、いろいろなデータを活用するとしても、北海道の空いているところを埋めていくということはちょっと難しいような感じなのでしょうか。

○笹川地理情報解析研究室長 北海道の塗られている色が少ないということは、やはりこの時期に空中写真が撮られていないというところが大きな理由となります。

○委員c ありがとうございます。先ほど御説明で、札幌市で活用されたというお話をされていて、去年の3月に盛土マップが新しくなったのですが、それを見ていて、ああ、そういうことだったのだなと思って、そのような活用も非常に進んでいるなと思いますので、非常に重要な結果だと考えております。ありがとうございます。

○委員長 今のお話ですが、北海道の写真で、国土地理院以外が、例えば林野庁などが撮影した写真などは活用できる可能性はあるのでしょうか。

○笹川地理情報解析研究室長 今回は4万分の1の写真を使用するということから始まっていますので、林野庁の写真は存在していましたが縮尺の関係から、今回の特別研究の中では使っていません。

○委員長 写真サイズも違いますしね。そして、それは今後このシステムを使っていけば、そういう写真も取り入れていける可能性はあるということですか。

○笹川地理情報解析研究室長 はい。先ほど説明したとおり、フィルタリングのパラメータの検討は必要ですが、そういうところをクリアできれば、他の縮尺の写真に対しても適用できると思います。

○委員長 ありがとうございます。

○委員d 非常に重要な御研究の成果を御説明いただきまして、どうもありがとうございます。スライド26で、先ほどSGDASのお話を聞いた直後でちょっと気になったところがございまして、国土地理院の業務における活用で、実施見込みのところ、SGDASの液状化推計精度向上のための事前データと書かれていますが、どういうことを想定されての実施見込みなののでしょうか、教えていただけたらと思います。

○笹川地理情報解析研究室長 過去の地形特研での差分DSMを使うと、盛土として認識さ

れていなかったところが実際は盛土だということが分かるので、SGDASの特別研究に活用できるということです。

○委員d どうもありがとうございます。

○委員長 他にいかがでしょうか。

○委員e 大変興味深い研究だと思いました。1点だけお聞きしたいのですが、フィルタリングの推定精度の話の中で、広域の森林部は誤差が大きかったということですが、分かっている原因があれば教えてほしいことと、それからこれを解消する見通しが何かあれば教えてほしいのですが。

○笹川地理情報解析研究室長 空中写真では一番上（樹冠）が見えているということなので、SfM-MVSの処理としては、見えている一番上のところを抽出するということに起因します。そのため、この広域に続く森林部は、原理的にSfM-MVSを使う上では難しいということになります。この3年間の特別研究の中で解決するものではないのですが、一つのアイデアとしては、例えば、今もその当時も変わらない場所であれば、DEMの値を持ってくることができかなとは思いますが、この3年間の特別研究の中では、そこまではやっておりません。

○委員e 分かりました。では、使う側もそういう誤差があるということを分かって使う必要があるということですね。

○笹川地理情報解析研究室長 そうですね、そこは実際にデータを公開する際に、きちんとユーザーに周知できるようにしようと思っております。

○委員e ありがとうございます。

○委員長 ありがとうございます。今の点に関連してですが、日本は森林に覆われているところが多いので、国土の85%、32万km²のオルソ画像/DSM/DEMと書いてありますが、実際にはオルソ画像とDSMは作成しているけれども、DEMの形にはなっていない部分がそれなりに含まれるということになるのですか。

32万km²、国土の85%をカバーできているというお話でしたが、オルソ画像ができて、DSMができるところまでは分かるのですが、DEMには実際に、DSMからDEMまでに落とし込みが十分にはできていない場所もたくさんあるのかという質問です。

○笹川地理情報解析研究室長 そうですね、ここのDEMは、最初のほうに出てきた疑似DEMのことを指していて、広域に続くところについてはDSMのままで、それ以外のところが地盤高に補正したものということになります。

○委員長 分かりました。では、このスラッシュはそういう意味ということですね。

○笹川地理情報解析研究室長 はい、そうです。

○委員長 非常に広い範囲でこういうデータが出ることは重要だと思います。

その他ございますでしょうか。よろしいでしょうか。それでは、ありがとうございました。