

リモートセンシング技術による効率的被害把握に関する研究（第5年次） 地形・土地被覆情報の防災への活用に関する研究（第5年次）

実施期間	平成26年度～平成30年度
地理地殻活動研究センター	藤原 智
地理情報解析研究室	中埜 貴元

1. はじめに

「リモートセンシング技術による効率的被害把握に関する研究」（以下「リモートセンシング研究」という。）は、人工衛星や航空機等に搭載された光学・マイクロ波センサ等のリモートセンシング技術により取得された情報をもとに、災害状況の早期把握や状況変化のモニタリングを効率的に行うための研究として実施するものである。具体的には、期間内に大災害が発生した場合には必要に応じ、これまでの研究成果を活かした衛星データ（SAR画像や高分解能衛星画像）からの災害状況把握とその特性把握及び災害の危険性を事前に把握するための研究を行う。また、「地形・土地被覆情報の防災への活用に関する研究」（以下「地形・土地被覆研究」という。）は、航空レーザデータや空中写真等とその他の調査手法を組み合わせ、地形解析や土地被覆分類、地形特性の把握等を行い、地形・土地被覆と災害との関連に焦点をあて、国土保全と防災に貢献することを目的としている。

平成30年9月6日に発生した平成30年北海道胆振東部地震では、震源に近い厚真町を中心とする山間地で多数の斜面崩壊が発生するとともに（砂防学会，2018 など）、札幌市清田区周辺の谷埋め盛土造成地では液状化等を起因とする盛土の流動現象が発生し、宅地やインフラに甚大な被害が生じた（地盤工学会・土木学会，2018 など）。この地震に伴い、国土地理院はJAXAの「だいち2号（ALOS-2）」のSARデータを用いたSAR干渉解析を実施したが（国土地理院，2018）、そのSAR干渉画像において札幌市清田区周辺では谷埋め盛土の流動現象及び変動現象を捉えたと考えられる位相変化が検出された。上記のリモートセンシング研究の一環としてこの谷埋め盛土の変動現象を議論するためには、盛土分布とその形状を知る必要があるが、既往の盛土分布図では詳細な分布は明らかにされていなかったため、上記の地形・土地被覆研究の一環として造成前の空中写真からSfM-MVS技術によりDSMを作成し、フィルタリング処理により擬似的なDEMとして用い、造成後のDEMと差分をとることで谷埋め盛土造成地の分布形態を明らかにした。

2. 研究内容

平成30年度は、平成30年北海道胆振東部地震に関連し、（1）空中写真とSfM-MVS技術を用いた擬似DEMの作成による谷埋め盛土造成地の分布形態の解明と、（2）干渉SARにより検出された谷埋め盛土造成地の地表変動と盛土分布との比較を実施した。

上記（1）は札幌市清田区と厚真町の地盤災害発生区域周辺を対象に実施した。造成前のDSM作成にはそれぞれ国土地理院が1960年代と1970年代に撮影した空中写真を用いた。空中写真はいずれも44枚使用した。DSMの生成にはAgisoft社製Metashape Professional（旧PhotoScan）を用い、DSMのフィルタリング処理は中埜（2017）に従い一定領域内の最低値を取得する方法を採用した。SfM処理においては、造成前後で変化のない地点にそれぞれ35点、20点のGCPを配置した。造成後のDEMは基盤地図情報5mDEMを用いたが、札幌市清田区の一部は航空レーザ起源（5A）ではなく、写真測量起源（5B）であった。作成した造成前の擬似DEMと造成後のDEMの差分をとり、盛土・切土分布

図（図-1）を作成した。

上記（2）の地表変動の検出には、JAXA「だいち2号（ALOS-2）」の SAR データを用いて 2018 年 8 月 23 日と 2018 年 9 月 6 日のペアによる SAR 干渉画像を用いた。この SAR 干渉画像において、コヒーレンスが低下したことによる局所的な非干渉領域と、衛星から遠ざかる局所的な位相変化領域を抽出し、（1）で作成した盛土・切土分布図と比較した。なお、厚真町の対象地域では SAR 干渉画像は非干渉領域となっており、盛土の変動は検出できていないため、両者の比較は実施していない。

3. 得られた成果

3.1 谷埋め盛土の分布形態（盛土・切土分布図）

札幌市清田区周辺の盛土・切土分布図を図-1 左に示す。この地域では、複雑に入り組んだ樹枝状の盛土分布図が得られた。地盤被害が大きかった里塚地区では、盛土厚は最大で 15m 程度であった。なお、SfM 処理における GCP の高さ方向の残差の RMSE は約 1.2m であったため、盛土厚にもその程度の誤差が含まれているが、ほとんどの高さ方向の残差は 0.2m 以下であり、一部の箇所を除いて誤差は小さいと考えられる。

厚真町の造成地での盛土・切土分布図を図-1 右に示す。ここでは最大厚が 10m に満たない小規模な盛土が確認できた。SfM 処理における GCP 高さ方向の残差の RMSE は約 0.8m であり、盛土厚にもこの程度の誤差が含まれている。この地点では地表の亀裂等が現地を確認されており（飯場・永井，2018 など）、盛土の滑動的変動に伴う変形が生じたと考えられる。

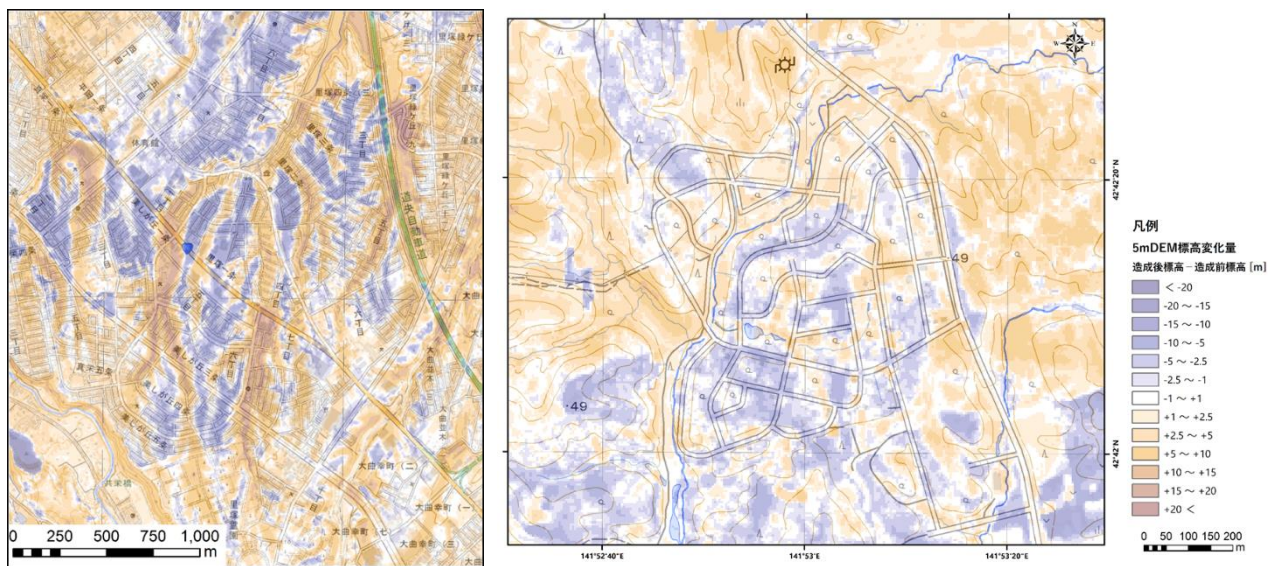


図-1 札幌市清田区周辺の盛土・切土分布図（左）と厚真町の盛土・切土分布図（右）。

宅地以外の周辺に現れている盛土領域は造成前の擬似 DEM の誤差による偽像。

3.2 SAR 干渉画像により検出された変動域及び盛土・切土分布図との比較

2018 年 8 月 23 日と 2018 年 9 月 6 日のペアによる SAR 干渉画像とそこから抽出した局所的な非干渉領域と衛星から遠ざかる位相変化領域を図-2 に示す。局所的な非干渉領域は地盤工学会・土木学会（2018）などで盛土の流動現象が報告された被害の大きい箇所とほぼ一致する。その周辺の宅地では、樹枝状に衛星から遠ざかる位相変化が確認でき、谷埋め盛土に沿って変動が生じた可能性が示唆される。そこで、図-1 の盛土・切土分布図と図-2 で抽出した非干渉領域及び位相変化領域を重畳すると（図

-3), 非干渉領域及び位相変化領域が盛土の領域とよく一致している。株式会社パスコ (2018) によると, 衛星から遠ざかる変動が検出された一部の箇所では, 現地で地表変形が確認されており, 盛土の滑動的変動または圧縮沈下が発生した可能性がある。

4. まとめと今後の課題

平成 30 年北海道胆振東部地震に伴う札幌市清田区及び厚真町の宅地盛土造成地の地盤災害箇所について, 地形・土地被覆研究の一環として空中写真と SfM-MVS 技術を用いて簡易的に盛土・切土分布図を作成するとともに, リモートセンシング研究の一環として干渉 SAR により札幌市清田区で検出された地表変動と盛土分布との関係性を検討した。その結果, 盛土の詳細な分布形態を迅速に把握できたとともに, 干渉 SAR により検出された非干渉領域及び変動領域が盛土の範囲とよく一致しており, 盛土の変動を捉えたものであることが確認できた。ただし, SfM-MVS による擬似 DEM の作成は造成前が山林地であった場合には大きな誤差を含むことになるため, 注意が必要であるとともに, より効果的かつ迅速に行えるフィルタリング処理方法の検討が必要である。

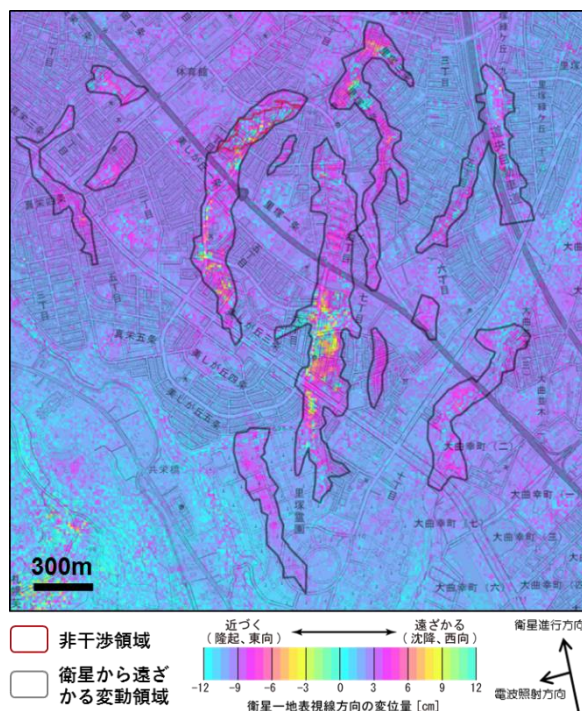


図-2 札幌市清田区周辺の SAR 干渉画像とそこから抽出した非干渉及び位相変化領域

謝辞

ここで使用した「だいち 2 号」のデータの著作権は, 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) にあります。これらのデータは, 「だいち 2 号」に関する国土地理院と JAXA 間の協定に基づき提供されたものです。

参考文献

- 飯場正紀, 永井宏 (2018): 北海道胆振東部地震の被害調査報告書 (速報) 基礎地盤関連, http://saigai.aij.or.jp/saigai_info/20180906_hokkaido/20181001_iburi_EQ_Soil_hokkaidoB.pdf (accessed 28 Feb. 2019).
- 地盤工学会・土木学会 (2018): 北海道胆振東部地震による液状化被害, <http://committees.jsce.or.jp/ee-c2/system/files/%E5%A0%B1%E5%91%8A%E4%BC%9A20180921%E7%9F%B3%E5%B7%9D%E4%BF%AE%E6%AD%A3%E7%89%88.pdf> (accessed 28 Feb. 2019).
- 株式会社パスコ (2018): 2018 年 9 月 平成 30 年北海道胆振東部地震災害一札幌市清田区の現地調査, https://www.pasco.co.jp/disaster_info/20180906/ (accessed 28 Feb. 2019).
- 国土地理院 (2018): だいち 2 号干渉 SAR による解析結果について, 平成 30 年(2018 年)北海道胆振東部地震に関する情報, <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H30-hokkaidoiburi-east-earthquake-index.html#6> (accessed 28 Feb. 2019).
- 中埜貴元 (2017): 宅地盛土の地震時安全性評価の実用化に向けたパラメータ解析と地形復元手法の

開発，科学研究費助成事業研究成果報告書，課題番号 15K16288，<https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-15K16288/15K16288seika.pdf> (accessed 28 Feb. 2019).

砂防学会 (2018)：平成 30 年北海道胆振東部地震土砂災害緊急調査団第一次調査団調査報告，https://jsece.or.jp/branch/hokkaido/common/media/pdf/20180926iburitobu_chosa_houkoku.pdf (accessed 28 Feb. 2019).

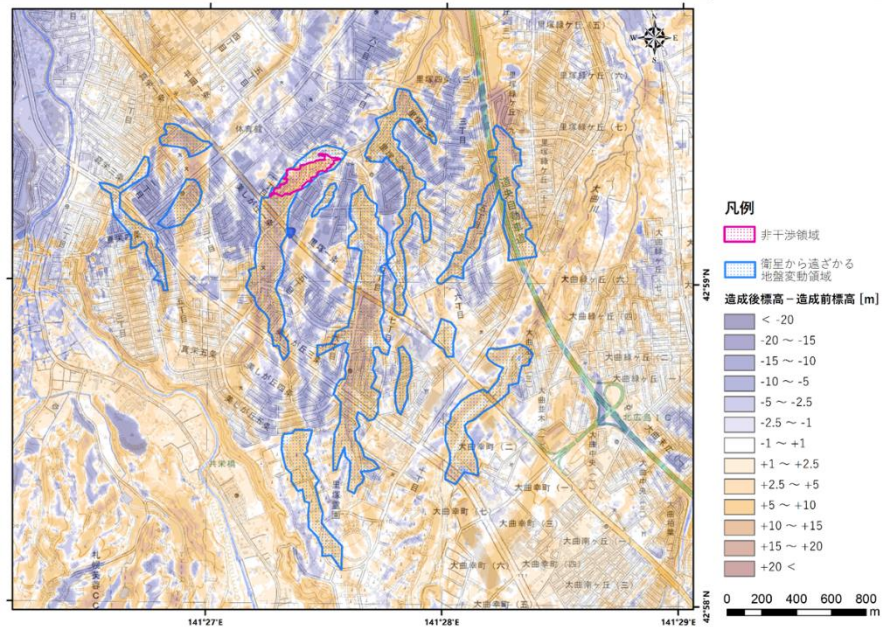


図-3 札幌市清田区周辺の SAR 干渉画像から抽出した非干渉及び位相変化領域と盛土・切土分布図の比較