

地形・環境解析による地域特性の把握・解明に関する研究（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
宇宙測地研究室	森下 遊

1. はじめに

災害や環境変化に対してレジリエンス（抵抗力，復元力，弾力性）を備えた国土や地域を構築していくためには，その地域が持つ特性を理解し，それを活かした国土保全，環境保全，開発利用を進めていく必要がある．そのため本研究は，地形・土地被覆等から地域の災害特性や環境特性を適切に評価する手法を研究することを目的に，DEM データや既存の地理空間情報，リモートセンシングデータを総合的に活用することにより，地理的地域特性を把握する手法の検討を行うものである．

様々なリモートセンシング技術のうち，合成開口レーダ（SAR）は複数時期に観測された SAR データを解析することで，広域にわたる地表の変位を数 cm の精度で面的に計測することができ，地球表面の変形を監視するための標準的なツールのひとつである．国土地理院は，宇宙航空研究開発機構（JAXA）が2014年5月に打ち上げた「だいち2号」（ALOS-2）の SAR データを用いて全国の地表変位を監視しており，2016年夏の大雨に伴い北海道東部の釧路湿原で最大 2.5m を超える局所的な地表変位が SAR によって検出された．

そこで平成30年度は，この釧路湿原で発生した局所的な地表変位の成因を検討することとした．なお，本稿の内容は藤原ほか（2019）の一部を抜粋したものである．

2. 研究内容

北海道東部の釧路川に沿って存在する釧路湿原では，2016年8月に発生した台風第7号，第11号，第9号の上陸に伴い8月後半に急激に水位が上昇し，特に岩保木水位観測所での水位は8月23日～9月4日の間で4mを複数回超えた（以下「2016年夏季の洪水期」という．）．この2016年夏季の洪水期を挟む期間の SAR 干渉画像では，釧路湿原西部に位置する赤沼の南東部において楕円形の非常に大きな変位が検出された（以下この変位を「赤沼南東変位」という．）．そこで，同地点の異なる期間の複数の SAR 干渉画像を調査することで赤沼南東変位の時間変化を追うとともに，ピクセルオフセット法により衛星視線方向及び衛星進行方向の変位成分を，また2.5次元解析（Fujiwara et al., 2000）により準上下・準東西方向の変位成分を求めることで3次元変位量を推定し，同地域の湿原の特性や周辺状況と併せて，赤沼南東変位の特徴と成因を分析した．

3. 得られた成果

3.1 赤沼南東変位の時間変化

赤沼南東変位地域を含む複数時期の SAR 干渉画像を図-1に示す．図-1(b), (c), (d)から，2016年8月6日～9月5日に長軸が最大1 km 程度の楕円形を呈する最大1mを超える衛星に近づく変位（赤沼南東変位）が発生したことがわかる．また，図-1(a)からは2016年8月6日以前には最大約10 cm 程度の変位が存在したこと，図-1(e)及び(f)からは2016年9月以降に赤沼南東変位地域の北東部で数10 cm を超えるような変位が発生していることがわかる．ここで，図-1(c)及び(f)はそれぞれ東西の別方向から

の観測であるにもかかわらず，変位パターンはほぼ同じであることから，変位の東西成分は十分に小さかったことがわかる．南北成分の変位量は不明であるが，検出感度の低い南北方向の変位で数 10cm を超えるような衛星から遠ざかる変位を説明するためには，相当大的な南北方向の変位を想定しなければならないことから，この赤沼南東変位地域の北東部での衛星から遠ざかる変位は，ほとんど上下成分（沈降成分）のみで構成されていたと考えられる．これらのことから，赤沼南東変位の水平成分は，2016 年 9 月上旬以降は大きな変化はなく，そのまま永久的な変位として残ったと推定される．以上をまとめると，赤沼南東変位地域には，(1) 2016 年 8 月 6 日以前には 10 cm 程度の衛星に近づく変位，(2) 2016 年 8 月 6 日～9 月 5 日に大きな水平成分をもつ変位（赤沼南東変位の発生），(3) 2016 年 9 月 12 日以降の北東部での水位低下によるものと考えられる数 10 cm の上下変位，の 3 段階の変位があったと考えられる．

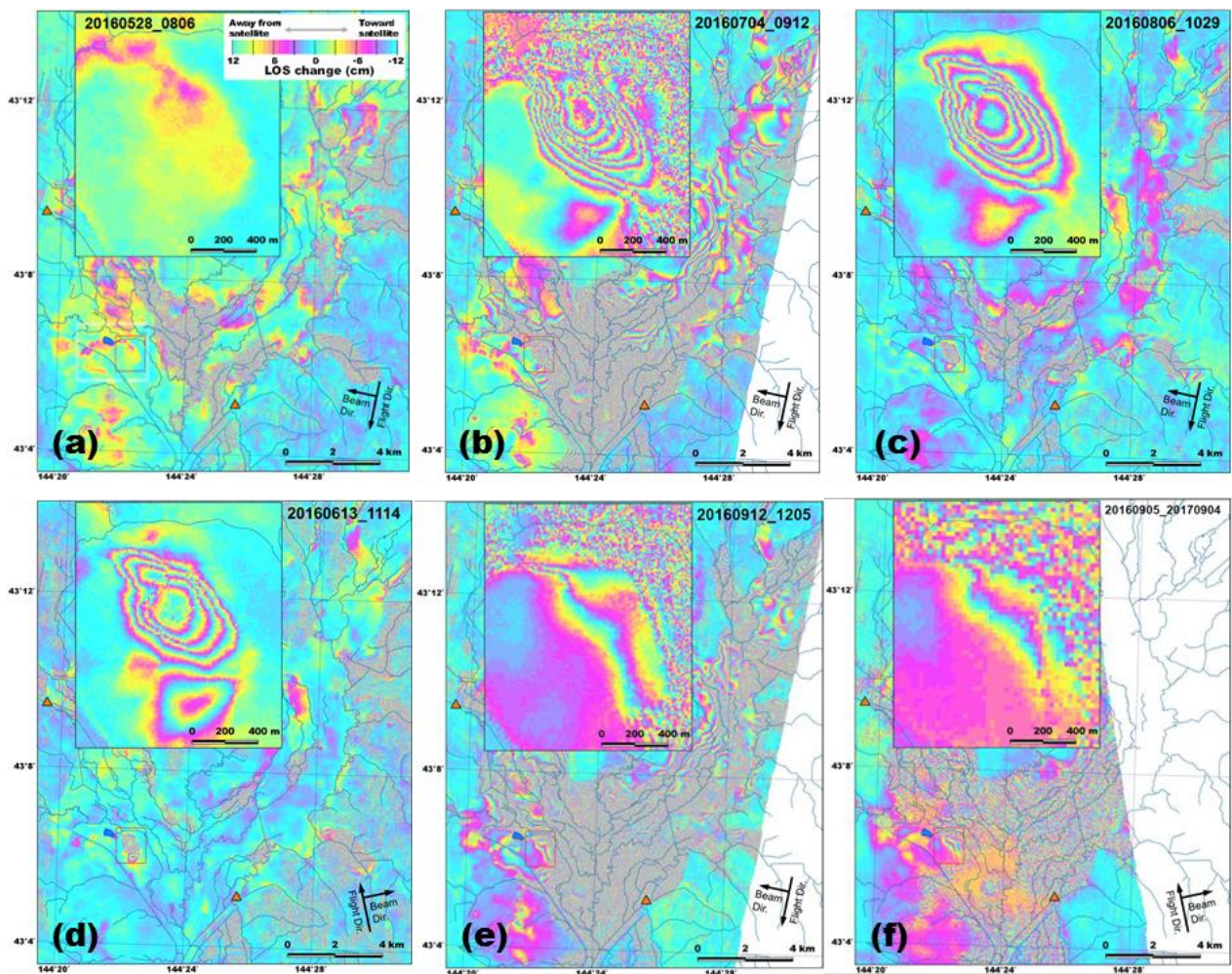


図-1 対象とした釧路湿原の SAR 干渉画像．上図は赤枠内の拡大画像．青線は河川，三角は水位観測所を示す．(b), (c), (d)の上図のそれぞれの 2 つの赤矢印に挟まれた場所は，ほぼ共通に見られる変位の不連続の場所を示す．

3.2 赤沼南東変位の変位量分布

赤沼南東変位の詳細な変位量分布を求めるため，まずピクセルオフセット法により衛星視線方向及び衛星進行方向の変位成分を求め，次に 2.5 次元の解析により準上下方向と準東西方向の変位を求め（図-2），衛星進行方向の変位成分と準東西方向の変位成分とを組み合わせることで水平方向の変位を

求めた (図-3). さらに, 変位がほぼ最大となる場所の変位と地形の東西断面について図-4 に示す. この水平成分は 2016 年夏季の洪水期に生じ, その後も変位がそのまま残った永久的な変位を表しており, 変位量は最大約 2.7m で南南東向きの変位であったことが分かる. 一方, 準上下方向の変位 (図-2) は, 最大 15 cm 程度と水平変位に比べるとはるかに小さく, 2.5 次元解析での誤差を考えると, 議論の対象とすることは難しい.

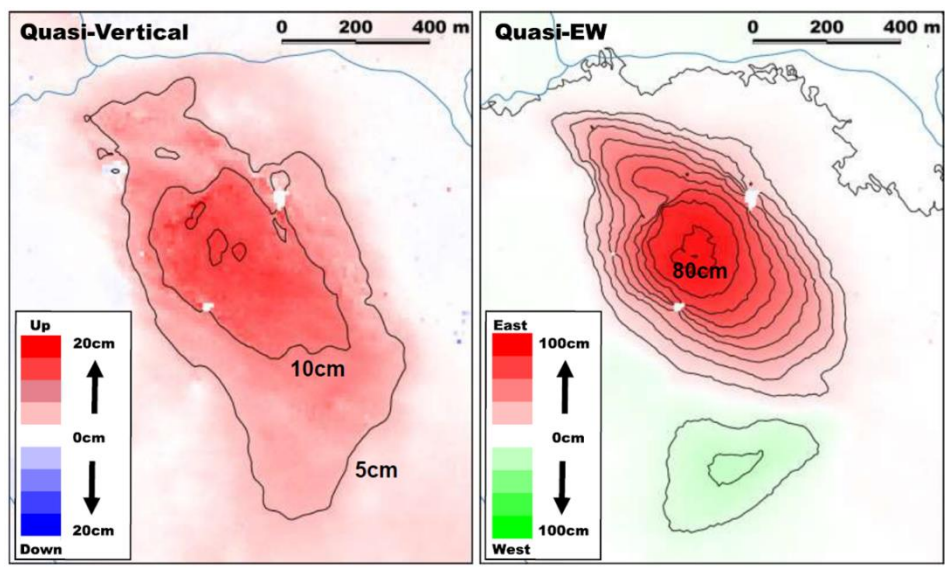


図-2 赤沼南東変位地域の 2.5 次元解析によって得られた準上下方向変位 (左) 及び準東西方向変位 (右)

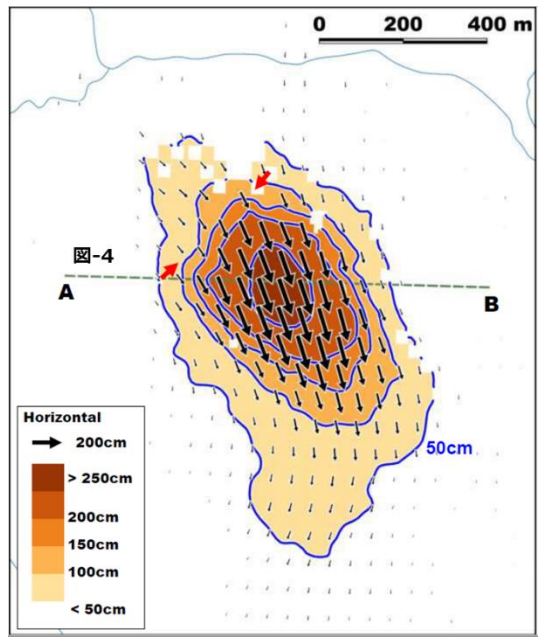


図-3 赤沼南東変位地域の赤沼南東変位の水平方向変位. AB は図-4 での断面の位置を示す. 2 つの赤矢印に挟まれた場所は, 図-1(c)などに見られる変位の不連続の場所を表す.

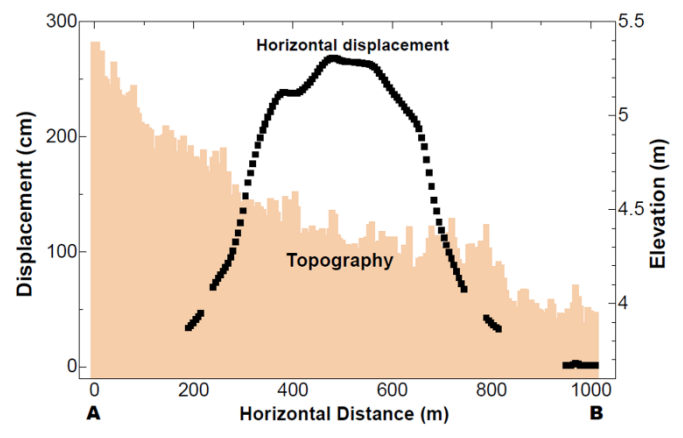


図-4 図-3 の水平変位量と地形 (基盤地図情報の数値標高モデル (5 m メッシュ) を使用) の断面図. 地形の縦横比 (標高/水平距離) は約 400 倍

3.3 赤沼南東変位の特徴と原因の考察

上記の結果等から言える赤沼南東変位の特徴は以下のとおりである。

- (1) 水平成分が卓越しており上下成分が小さい。
- (2) 永久的な変位であり，不可逆的な現象が発生している。
- (3) 2016年8月6日～9月5日の1か月間に発生した。
- (4) 南南東方向に最大約2.7m移動した(図-3)。図-4などの断面から，変位域の中心ほど変位量が大きく，地形と変位には直接の関連は見いだせない。
- (5) 水平に移動した場所はほぼ楕円形をしており，その大きさは50cm以上変位した場所で長軸(北北西-南南東)約1.1km，短軸(東北東-西南西)約0.6kmである。

この大きな水平変位が発生した場所及びそこから赤沼へとつながる領域(赤沼南東変位領域の北西側)では，水平変位発生前に10cm程度の隆起が確認されている(図-1(a))。この隆起域は赤沼の地下から通じる地下水の動きに関連していると考えられ，(1)あらかじめ地下の浅い場所に地下水が流入することで泥炭層がわずかに浮き上がり，(2)その後の大雨による冠水とその流れによって，数mの厚さをもつ泥炭層が広域にわたって浮島状に部分的に浮き上がって水平に移動した，という2段階の過程を経たと推定される。こうした大きな水平変位及び赤沼からつながる隆起は両方とも2014年夏季の大雨時にも小規模ながらも類似した現象が観測されており，赤沼からつながる隆起域(水平変位発生前)が高層湿原に特有の植生であるハンモック地域と一致することから，赤沼南東変位領域は赤沼からつながる地下水の存在によって浮き上がりやすい場所であることが示唆される。

4. 結論

本研究の成果は，湿原内で大きな水平変位が発生したという興味深い現象の発見にとどまらず，湿原内の変位の分布が地下水や植生と深く関連する現象であることを示している。このことは，今後の湿原の環境保護対策等に必要なモニタリングにおいて，衛星SARが特有のデータを提供しうることを示しており，今後も衛星SARの活用が期待される。

謝辞

ALOS-2のデータは，国土地理院とJAXAの間の協定を通じて提供された。ALOS-2の原初データの所有権はJAXAにある。河川の水位データは国土交通省による水文水質データベースを用いた。植生分布データは環境省生物多様性センターの植生調査データを用いた。

参考文献

藤原智，森下遊，中埜貴元，三浦優司，攪上泰亮，村松弘規，宇根寛(2019)：ALOS-2のSARによって捉えられた2016年の大雨による釧路湿原の2.5mを超える地表変位，地学雑誌，印刷中。

Fujiwara, S., T. Nishimura, M. Murakami, H. Nakagawa, M. Tobita and P. A. Rosen(2000): 2.5-D surface deformation of M6.1 earthquake near Mt Iwate detected by SAR interferometry, *Geophysical Research Letters*, 27, 2049-2052.