

(別紙様式10)

平成 30 年度 北極域研究共同推進拠点 共同研究等報告書

申請区分: 萌芽的異分野連携共同研究 共同推進研究

産学官連携フィージビリティ・スタディ

共同研究集会

産学官連携課題設定集会

研究課題名: 東シベリア平原の森林火災に伴う地盤変動の時空間変化の検出とモデリング

研究期間: 平成 30 年度～ 平成 30 年度

共同研究員	氏名	所属・職名	専門分野	
研究代表者	古屋正人	北海道大学大学院理学研究院・教授	測地学・地球物理学	
研究分担者 (拠点外)	岩花剛	北海道大学 北極域研究センター 海外研究員(アラスカ大学)	Geocryology	
研究分担者 (拠点内)	柳谷一輝	北海道大学大学院理学院・大学院生(M2)	測地学・地球物理学	
	黒田知樹	北海道大学大学院理学院・大学院生(M1)	測地学・地球物理学	
研究協力者 (注 2)	阿部隆博	JAXA/EORC・招聘研究員	測地学・地球物理学	

(注 2)本共同研究に参画された方(招へい者等)

【研究の内容】

(1) 2014 年 7 月のバタガイ森林火災跡の地盤変動の時空間変化を, L-band の ALOS2 と C-band の Sentinel-1 の合成開口レーダー干渉法(Interferometric SAR/InSAR)によって検出した. シベリア域の森林火災に伴う地盤変動の初の検出事例であり, 森林火災後 4 年目まで調べた先行研究事例もない. アラスカ域では冬期は積雪の影響のため凍上のシグナルは検出されてこなかったが, 後述のようにバタガイ周辺では明瞭な凍上シグナルを見いだすことができた. また二つの独立な SAR 衛星を用いたことによって地上測器によらないデータの検証が出来た意義もある.

それぞれの衛星と運用周波数の特徴を生かすために L-band の ALOS2 による InSAR では低周波数による干渉性の良さを利用して 2018 年までの長期的な変化を(図1), 一方 C-band の Sentinel-1 による InSAR では観測頻度(時間分解能)の高さを利用して, 季節的な変動の詳細を明らかにすることができた(図 3). また, 後者においては ALOS2 と Sentinel-1 の整合性も確認した(図 2). これらの成果は分担者の柳谷一輝君の修士論文の一部で, 欧文査読誌への投稿準備中である.

長期的変化:図1aは2016年7月30日以降、図1bは2016年12月17日以降、図1cは2017年7月29日以降のほぼ一年間の衛星視線方向の累積変位を示す:2014年から2015年は火災前後の植生の激変による干渉性の劣化とALOS2の運用周波数の変更のため、変位データが得られない。図1aが最も変位量が大きく、最大12cm、翌年の図1cは明らかに小さい。また図1bでは殆ど振幅が0に近い。この三期間の変位量の違いに森林火災後の4年間の地下表層部の凍土を含む水文環境の変化が反映されている。

沈降をもたらす要因には、(1)表層の「活動層」中の空隙を占めていた氷の融解、(2)「活動層」よりも深部にある氷塊(excess ice/massive ice)の融解の二つがあり、前者は可逆的な季節変化をもたらすが、後者は不可逆的で凍土域に特有のサモカルスト地形の要因になる[Lin et al., 2014, 2015]。このモデルに基づくと、凍上は「活動層」で起こる現象である。図1の三期間の推移を解釈する上で図1bの一年間がほぼ振幅0であることは重要である。12月は後述のように凍上がほぼ終了しており、図1bでは2017年夏季の沈降(変位+)と2018年への冬季の凍上(変位-)が相殺していると考えられる。つまりこの一年間では氷塊の融解は少なく、終了している可能性もある。しかし図1cから明らかなように、火災跡地は周囲に比べて依然として沈降量が大きく、「活動層」が火災後に深くなった状態はまだ続いている。

短期的(季節)変化:2017年にはSentinel-1衛星が頻繁に当該地域を撮像していたため、短期的な変位を追跡できたうえ、ALOS2のInSARとの比較も可能になった。図2に一例を示す。図2は秋以降の凍上を示し、火災跡地が周囲に比べて大きく隆起していることが分かる。従来、冬季は積雪で干渉性が劣化するためデータが示されてこなかったが、本研究地域では可能であることが実証された。

図2右のSentinel-1の累積値は、図3の①から⑤の5枚で積算である。11月中には殆ど凍上が終了していることが分かる。一方、Meteoblue社から近隣地域の気象データを購入し、Stefan関数による

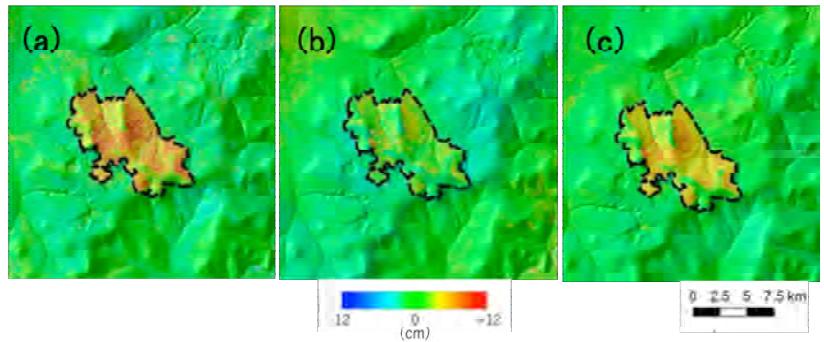


図1:ALOS2による1年間の累積変位量(但し衛星視線方向)。(a)2016年7月30日-2017年7月29日、(b)2016年12月17日-2017年12月2日、(c)2017年7月29日-2018年7月28日。

沈降と凍上の季節変化を計算すると、気温が下がる限り、凍上が続いてしまう。土壤水分の季節収

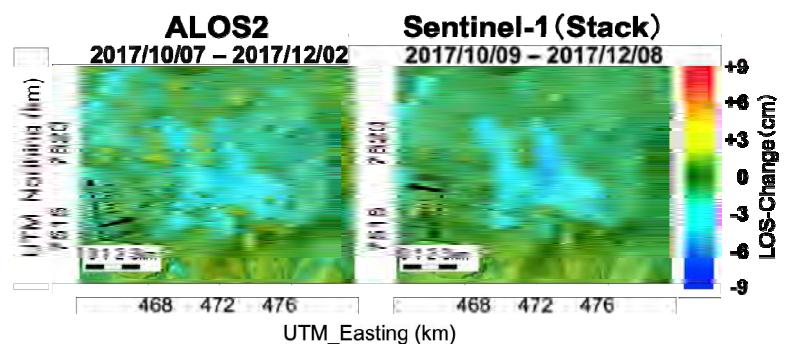


図2:(左)2017年10月7日から同年12月2日までのALOS2による衛星視線方向(Line-of-sight)の変化。(右)2017年10月9日から同年12月8日までのSentinel-1によるLOS変化の累積値。

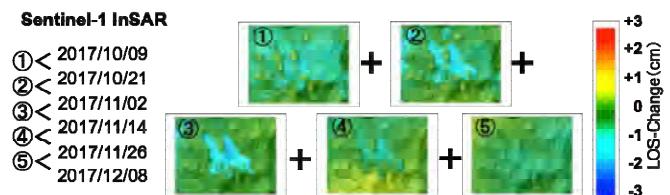


図3:図2右のSentinel-1の累積値は①から⑤で示した5枚のInSAR画像を積算したものである。11月には凍上がほぼ終了していることが分かる。

支から考えると、夏季に沈降した分しか凍上しないはずであり、凍上量は活動層の厚さを制約する重要な観測量であることが分かる。

(2) 本共同研究に関連する活動

日程(月 日)	日数 A	活動内容	場所	共同研究員・研究協力 者の参加者名	参加者数 B	延人数 A × B
2018.11.2	1	研究打合せ、 会合	札幌	岩花剛、柳谷一輝、阿 部隆博	3	3
2018.12.12	1	出張、研究打合 わせ	ワシ ントン DC	古屋正人、岩花剛、柳 谷一輝(AGU)	3	3
2019.1.22	1	出張、研究打合 わせ	東京	古屋正人、岩花剛 (JAXA ワークショップ にて)	2	2

【研究論文や著書等】

著者名、発行年、論文タイトル、掲載誌名、巻・号、ページ、DOI	査読の 有無	IF	分野 (注3)
柳谷一輝(2019), 東シベリア・バタガイ周辺における森林火災に伴う永久凍土の融解沈下と凍上量の時空間変化, 北海道大学理学院自然史科学専攻修士論文			①

(注3) 分野: ① 環境&地球科学 ② 人文社会系 ③ 工学 ④ 基礎生命科学 ⑤ 化学
⑥ 材料科学 ⑦ 物理学 ⑧ 計算機&数学 ⑨ 臨床医学

【研究発表】

発表年月日	発表者名	発表タイトル	発表学会等名称	発表地	招待 講演 (○)
2018.4.12	古屋正人(北大理 学研究院), 柳谷 一輝(北大理学 院), 岩花剛(アラス カ大学)	SAR と現地観測による 森林火災後の地盤変 動と表層環境変化の検 出	第1回 JCAR 北極域研究計 画ワークショ ップ	極地研究 所、立川	
2018.5.24	柳谷一輝(北大理 学院)、古屋正人 (北大理学研究院)	InSAR による東シベリア 永久凍土地帯における 森林火災後地盤変動の 検出	日本地球惑星 科学連合 2018 年大会	幕張メッセ、 千葉	
2018.9.10	柳谷一輝(北大理 学院)、古屋正人	InSAR による東シベリア 永久凍土の森林火災後	雪氷研究大会 2018、(誌上開	北海道科学 大学、札幌	

	(北大理学研究院)	地盤変動の検出	催)		
2018.9.19	古屋正人(北大理学研究院)、安成哲平(北大工学院)、早坂洋史(北大北極域センター)	北極域の森林火災:要因の特定と予測および大気圏・生物圏・永久凍土・自然災害・地域社会経済への影響評価	第2回 JCAR 北極域研究計画ワークショッピング	極地研究所、立川	
2018.10.16	柳谷一輝(北大理学院)、古屋正人(北大理学研究院)	InSARによる東シベリア永久凍土の森林火災後地盤変動の検出	日本測地学会 第130回講演会	高知県立県民文化ホール、高知	
2018.11.17	柳谷一輝(北大理学院)、古屋正人(北大理学研究院)	InSARによる東シベリア永久凍土の森林火災後地盤変動の検出	永久凍土の変動とそのモニタリングに関する研究集会	国立極地研究所、東京	
2018.12.12	柳谷一輝(北大理学院)、古屋正人(北大理学研究院)	Post-wildfire ground deformation in Eastern Siberian permafrost areas detected by InSAR	AGU Fall Meeting 2018	Washington, D. C., U.S.A.	
2019.1.22	古屋正人(北海道大学理学研究院), 柳谷一輝(北海道大学理学院)	Mapping Ground Deformation Associated with Permafrost Degradation in the Arctic	The Joint PI Meeting of JAXA Earth Observation Missions	TKP 東京駅 日本橋カンファレンスセンター	
2019.1.23	岩花剛(アラスカ大学)	Evaluation of permafrost degradation after a tundra wildfire using L-band SAR data	The Joint PI Meeting of JAXA Earth Observation Missions	TKP 東京駅 日本橋カンファレンスセンター	

【本共同研究の発展】

本共同研究の成果に基づいて、(1)平成31年度の北極域研究共同推進拠点共同推進研究に加え、(2)の科研費に申請中である。また、シベリア域での現地観測も含めたロシアとの国際共同研究をJSPS二国間研究やBelmont Forumへ申請する予定である。

- (1) 2019年度: 北極域研究共同推進拠点研究者コミュニティ支援事業 共同推進研究「東シベリアの森林火災跡地の現地調査とInSARによる地盤変動の時空間変化検出」(代表者: 古屋正人)
- (2) 2019年度-2021年度: 基盤研究(C)「永久凍土地帯における森林火災後の地盤変動: 時空間変化の検出とモデリング」(代表者: 古屋正人)