

(別紙様式)

平成 28 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: InSARによる永久凍土地域の地盤変動モニターに向けた電離層補正手法の確立
研究期間: 平成 28 年度～平成 28 年度

共同研究員	氏名	所属・職名
研究代表者	古屋正人	北海道大学 大学院 理学研究院・教授
研究分担者(拠点外)	岩花剛	University of Alaska Fairbanks・Research Associate
研究分担者(拠点内)	姫松裕志	北海道大学大学院理学院・大学院生(D1)
	ウスマン ムハマド	北海道大学大学院理学院・大学院生(D1)
	鈴木貴斗	北海道大学大学院理学院・大学院生(M2)

【研究の内容】

近年, 合成開口レーダー干渉法(Interferometric Synthetic Aperture Radar,以下 InSAR)により, 永久凍土の融解に伴う地盤変動(年間数 cm の変化)の検出が報告されつつあり, 永久凍土の広域の時空間的変動の把握にむけて注目されている. 特に, 日本の衛星「だいち 1/2号」で採用されている L バンド(波長 23cm)のマイクロ波は, 時間的な相関劣化が少ない点で有望視されている. しかしながら, L バンドは極域に顕著な電離層擾乱への感度も高いため, 微小な地盤変動の検出のためには電離層効果を補正する手法が不可欠である. Gomba et al (2016)は, 衛星 SAR の送信パルスがもつ有限の周波数幅を分割して, 事実上の複数搬送波を数値的に実現する手法を提示した(帯域分割法と呼ぶ). しかし, 数値的に実装する具体的手順が不明で, 補正手法は流通して来なかった.

筆者らは, 帯域分割法のためには SAR の Single Look Complex(SLC)画像データのレンジ方向にバンドパスフィルターをかけることに加えて, バンドパスフィルター適用後のデータに周波数シフトに対応した位相変化をレンジ方向の時間軸上で掛け算するステップ(Demodulation)が必要であることを明示的に述べた(古屋, 2016; Furuya et al., 2016, 2017);この点が Gomba et al. (2016)には記載されていなかった.

図 1 に, 電離層補正に成功した一例を示した. これはロシアのヤマル半島周辺の ALOS2 データに基づく干渉画像で, 垂直基線長-102 m である. ASTER GDEM に基づいて地形縞は除去してある. もととの SLC の中心周波数と帯域幅は, それぞれ 1.2365GHz と 24.9MHz である. これを高周波側と低周波側で中心周波数が 1.2455GHz と 1.2283GHz になるようにバンドパスフィルターをかけた後, もとの中心周波数との差に相当する位相差をレンジ方向にかけて新しい中心周波数が 1.2455GHz と 1.2283GHz の SLC を 2 枚作成した. 新しい帯域幅は 8MHz である. 高周波側と低周波側についてそれぞれ新たに作成した差分干渉画像が図 1(a)と(b)である. 図 1 の高周波側と低周波側に見えてい

る干渉縞は一見よく似ているが、この画像に基づいて Gomba et al.(2016)の式(13)を適用して得られた電離層の効果を反映する分散性成分とそれ以外の地盤変動や対流圏遅延を含む非分散性成分を、図 1(c)と図1(d)にそれぞれ示した。これらを比較すると明らかなように、図1 (a)(b)で見えた干渉縞のほとんどが電離層起源であることが分かる。おそらくは F 層起源の擾乱であろう。

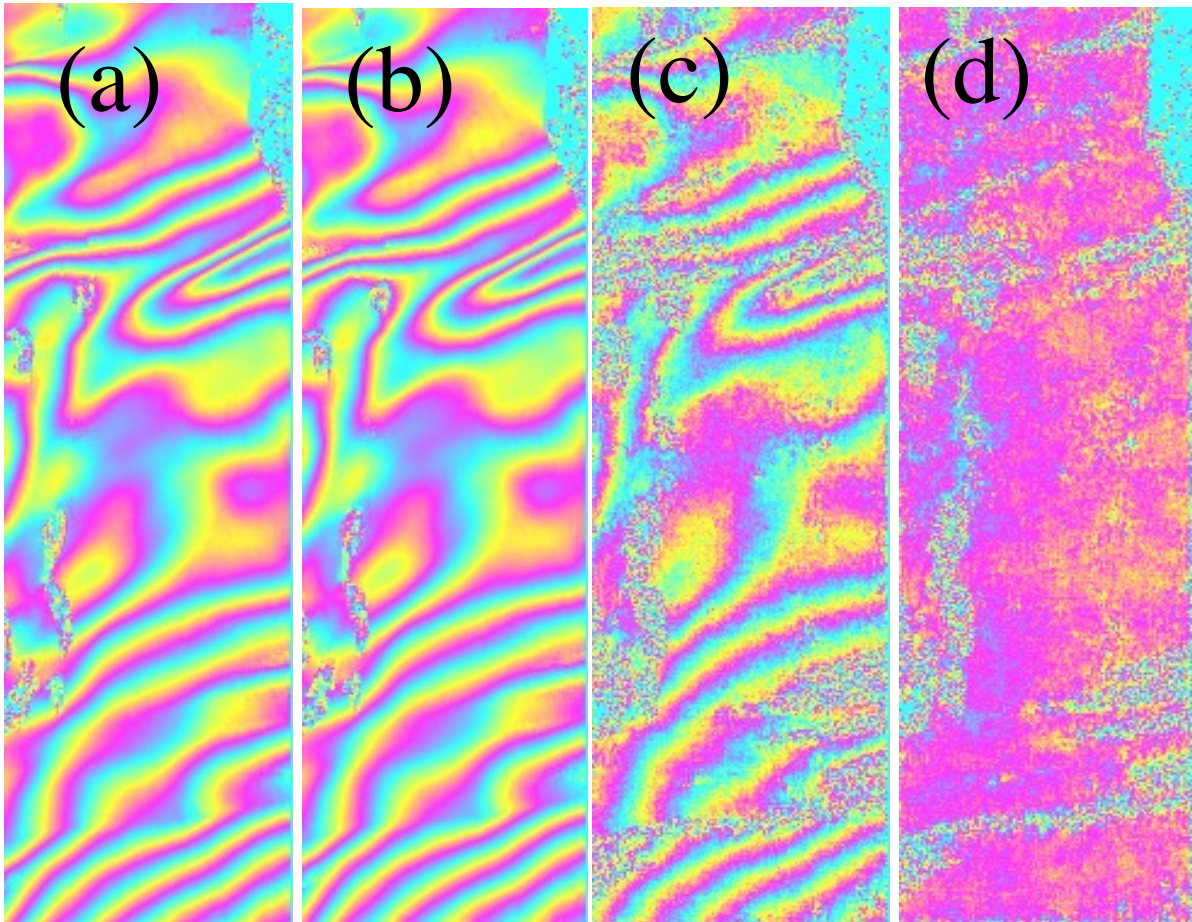


図 1 : 2015 年 8 月 17 日と 2015 年 9 月 14 日の ALOS2 データに基づく西シベリア，ヤマル半島における干渉画像。 (a)高周波側の干渉画像， (b)低周波側の干渉画像， (c)帯域分割法を(a)と(b)に適用して得られた(c)分散性成分と(d)非分散性成分。

これで電離層補正手法は確立したであろうか？ 多くの電離層擾乱は前述の Gomba et al.(2016)の式(13)を用いて補正できると思われるが、これだけでは不十分な事例も挙げておく。図2に示したのは、Maeda et al. (2016)が初めて検出した Sporadic-E と呼ばれる電離圏 E 層の擾乱に伴う干渉縞を前述の手法で、(a)高周波側と(b)低周波側の InSAR 画像を作成し、(c)分散性成分と(d)非分散性成分に分けたものである。図2(c)のように分散性成分が得られることは想定通りであるが、図2(d)にも(c)と同じ場所に位相の異常が現れている。分散性成分は「自由電子」の効果であるので、当初図2(c)で捉えているものは「正電荷イオン」が非分散性成分として見えているのではとも考えたが、電離層物理学的には「正電荷イオン」が電離層で局在して存在することは起こりえないという。では何が現れているのだろうか？ 現在のところ、Sporadic-E のような電子数の急変域がある場で発生する波線の「曲がり」の効果である可能性が高いと考えており、この場合、波線が直線であることが仮定されてい

る Gomba et al.(2016)の式は使えない. この効果は GNSS 測位においては高次(3次)の効果と呼ばれているが, InSAR では二時期の差として変位場を検出するため,いずれか一方の時期に異常な現象が起きていれば GNSS のように高次の“微笑”な効果とは見なせない可能性がある.

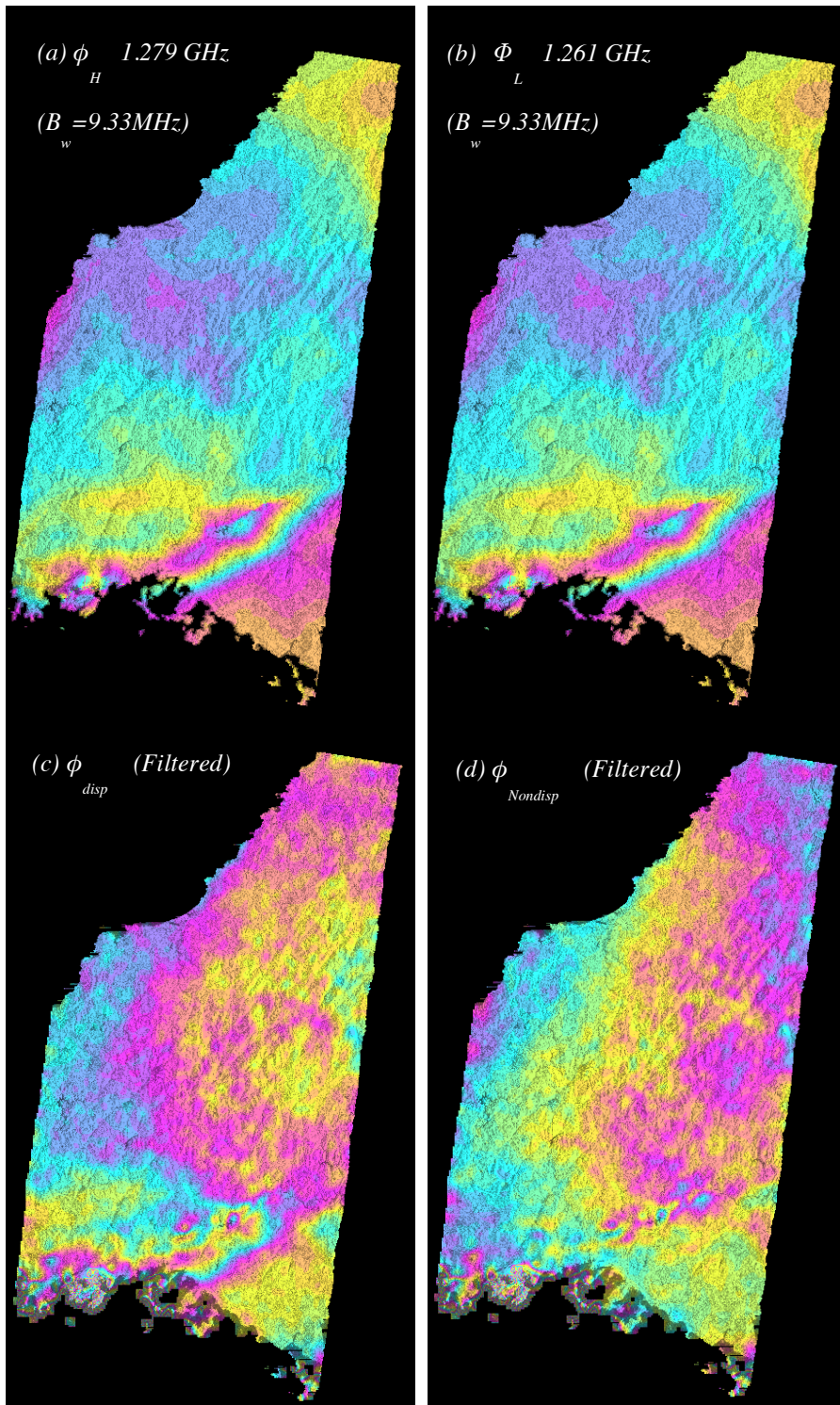


図 2 : 2009 年 3 月 28 日と 2009 年 6 月 28 日の ALOS データに基づく広島・鳥取における干渉画像. (a)高周波側の干渉画像, (b)低周波側の干渉画像, (c)帯域分割法を(a)と(b)に適用して得られた(c)分散性成分と(d)非分散性成分.

【研究発表】

- 1) 古屋正人,ドミニクドラオ. 2016. L-band InSAR における電離層シグナル抽出のための Split-Band 法の手順. 日本測地学会第126回講演会, 2016年10月20日, 岩手県奥州市 奥州市文化会館.
- 2) Muhammad Usman, and Masato Furuya. 2016. Inter-annual modulation of summer speed-up at the Eastern Karakorum glaciers detected by ALOS 1/2 data, AGU Fall Meeting, 2016年12月12日, サンフランシスコ, Moscone Center.
- 3) Masato Furuya, Takato Suzuki, and Dominique Derauw, 2016. A step-by-step recipe of band-splitting technique for isolation of ionospheric signal in L-band InSAR data. AGU Fall Meeting, 2016年12月15日, サンフランシスコ, Moscone Center.
- 4) Takato Suzuki, Jun Maeda, Masato Furuya, and Kosuke Heki, 2016. Detection of the mid-latitude Sporadic-E signal using GNSS/TEC and ALOS2 InSAR data, AGU Fall Meeting, 2016年12月15日, サンフランシスコ, Moscone Center.
- 5) Masato Furuya, Takato Suzuki, and Youhei Kinoshita, 2017. Dispersive and Non-dispersive Components in the L-band InSAR Data Associated with Sporadic-E and Heavy Rain Episodes (invited), 2nd GEOlab-RISH Joint workshop on GNSS and SAR technologies for Atmospheric Sensing, 2017年3月6日, 京都府宇治市 おうぼくプラザ.