

地すべり性干渉縞検出を目的とする差分干渉 SAR 画像に用いる斜面サイズ適応型空間フィルタ A spatial filter adaptive to slope size applied to differential SAR interferograms for landslide detection

草野 駿一^{1*}; 三五 大輔¹; 山之口 勤²; 島田 政信³

KUSANO, Shunichi^{1*}; SANGO, Daisuke¹; YAMANOKUCHI, Tsutomu²; SHIMADA, Masanobu³

¹ 株式会社パスコ, ² 一般財団法人リモート・センシング技術センター, ³ 独立行政法人宇宙航空研究開発機構

¹PASCO corporation, ²Remote Sensing Technology Center of Japan, ³Japan Aerospace Exploration Agency

差分干渉合成開口レーダ(差分干渉 SAR)は、衛星などから地表面を複数回観測することで、各観測間に生じた地表変位を計測する技術である。電波を用いているため、雲や噴煙などがあっても地表面を観測することができる。また、数十キロメートル四方の観測範囲で、最高で数ミリメートルオーダーの地表変位を計測できるため、地表変位の監視(例えば地すべりや地盤沈下、火山の山体膨張などの監視)などに用いられている。

差分干渉 SAR 画像上では、地表変位は干渉縞と呼ばれる特徴的なパターンとして現れる。一方で、地表変位に起因する干渉縞以外に、各観測間での大気中の水蒸気分布の変化による干渉縞がしばしば現れる。この大気に起因する干渉縞は、判読を妨げる要因となるだけでなく、推定する地表変位量の誤差要因となる。そのため、地すべりに起因する干渉縞(地すべり性干渉縞)のような局所的な干渉縞を判読し、高精度な定量的解析を行うためには、大気による干渉縞成分の適切な除去が望まれる。

本研究では、差分干渉 SAR 画像において、地すべり性干渉縞を極力保存した上で、誤差となる大気起因の干渉縞低減を目指した空間フィルタを提案する。提案フィルタは空間周波数でのハイパスフィルタをベースとする。大気に起因する干渉縞は、数百メートルからキロメートルオーダーであり、比較的大きな空間スケールである。一方で、地すべり性干渉縞は地すべり自体の大きさに限定され、日本では数十メートルから数百メートルのスケールとなることが多い。このスケールの違いを利用して、空間周波数を適切に選択したハイパスフィルタを用いることで、地すべり性干渉縞を保存した上で、大気に起因する干渉縞のような大きなスケールの干渉縞のみを効率的に低減できる。

しかし、一般的に地すべり自体の大きさは、その場所ごとに異なる。さらに、地すべりの形状も様々であり、縞は異方性を有する。そのため、未知の地すべりを差分干渉 SAR 画像から検知する際には、フィルタリングのための最大空間周波数を適切に設定することは困難であり、結果を見ながら適宜最大空間周波数を調整する必要がある。そこで提案手法では、斜面のサイズに適応したハイパスフィルタを提案する。地すべりの大きさは斜面のサイズに限定されると仮定し、フィルタリングのしきい値を斜面サイズに限定することで、斜面サイズ以下の干渉縞は適応的に保存され、斜面サイズ以上の大気に起因する干渉縞を低減する。

提案手法の具体的手順は次のとおりである。本研究では、斜面を斜面向きで定義することとした。DEM から算出した斜面方位角画像において、類似する斜面方位角を持つ画素同士をグループ化して同一斜面とみなす。グループ化には領域拡張法を用いた。領域拡張法により推定した斜面領域の二値画像に対して二次元フーリエ変換し、斜面領域のパワースペクトルを計算する。このパワースペクトルを正規化したものを窓関数とし、対応する領域の差分干渉 SAR 画像のスペクトルに乗じることで、斜面サイズに適応したフィルタリングを実現する。フィルタ後のスペクトルを逆フーリエ変換し、フィルタ後の差分干渉 SAR 画像を得る。隣接する斜面に対してこれを繰り返し、得られた斜面ごとのフィルタ後差分干渉 SAR 画像をモザイクして、画像全体にフィルタを施す。提案した手法では、斜面サイズの最大値を設定し、それ以上のサイズの干渉縞を一様にフィルタリングすることとした。

本手法を長野県および山形県の地すべり地帯における差分干渉 SAR 画像に適用し、検証した。画像全体に一様にハイパスフィルタを適用した場合と、提案手法を比較した場合を比較した。画像全体に一様にハイパスフィルタを適用した場合は、フィルタリングする最大空間周波数を大きくするにつれ、大気に起因する干渉縞が十分に低減される一方で、地すべり性干渉縞も大きく低減されるため、最適な最大空間周波数の設定に試行錯誤を要する。それに対し、提案手法では、地すべり性干渉縞を十分に保存したうえで、大気に起因する干渉縞が十分に低減することを確認した。

本手法の、地すべり性干渉縞は斜面サイズに限定されるという仮定は、一般的に成立すると考えられる。本手法は、過剰なフィルタリングを抑制しながら、最大限大気起因の干渉縞を低減する実用的な手法であり、地すべり性干渉縞の判読性向上、変位量の高精度推定に役立つと期待される。

キーワード: 差分干渉 SAR, 地すべり, 空間フィルタ

Keywords: Differential SAR interferometry, landslide, spatial filter