

審査の結果の要旨

氏名 ダヌディルジョ ドニー

本論文は、"Fractional Brownian Motion for Accurate Topographic Mapping in Interferometric Synthetic Aperture Radar Imaging (干渉型合成開口レーダ・イメージングにおける高精度地形図作成のための非整数ブラウン運動)"と題し、干渉型合成開口レーダ(interferometric synthetic aperture radar: InSAR)イメージングによって正確な地形図を得るため、非整数ブラウン運動(fractional Brownian motion: fBm)モデルに基づいて、レーダ画像の位置合わせ、地形図の正則化、および位相アンラッピングという3つのプロセスにおける新たな手法をそれぞれ提案し、その有用性を示したものであり、英文で執筆され5章からなる。

近年、高機能の InSAR システムが人工衛星や航空機に搭載され始めている。それによって得られる地形およびその変化情報が、地震や火山噴火などの災害の状況把握や減災、山岳氷河や極地氷山の増減の観測による地球温暖化や水源状況の把握など、社会的に重要な分野での具体的な有効活用が期待されるようになってきた。この期待にこたえるためには、InSAR によって得られる地形情報の一層の高精度化が求められている。本論文は、fBm モデルによってこれを実現しようとするものである。

第1章は"Introduction"であり、背景と従来技術について述べている。

第2章は"Fine coregistration of InSAR images based on fBm model"と題し、SAR 画像の振幅を fBm であると考えerことで SAR 画像の高精度な位置あわせを実現する方法を提案しその性能を評価している。本手法は SAR 画像の局所的な統計量から相対的な位置オフセットを推定するものであり、高速で効率的な手法である。特に SAR 画像の振幅が一様に近いフラクタル性を示す場合に優れた位置合わせ性能を示すことも示される。

第3章は"Topographic map regularization with fBm surface scattering model"と題し、fBm モデルに基づく位相アンラップ後の地形マップの誤り修正方法を提案しその性能を評価している。本手法は、InSAR 干渉画像の正則化法でもある。SAR イメージングの幾何と fBm 地表面を表現するための微小摂動法(small perturbation method: SPM)に基づく散乱モデルとを組み合わせ、複素干渉画像の振幅と位相とを関係付ける InSAR モデルを得ている。このデータモデルに基づく変分法により、振幅画像からスペckルを除去するとともに地形マップから位相雑音を除去する。実験により、複素干渉画像の雑音が抑制され、地形マップの精度が大きく向上することが示される。

第4章は"Skew fBm model for InSAR phase unwrapping"と題し、fBm モデルに基づく InSAR 位相アンラッピング法を提案している。まず、InSAR イメージングにおける絶対位相データを表現するモデルとして傾斜 fBm (skew fBm: sfBm)と名づけた新たなランダムプロセス・モデルを提案している。このモデルは、位相データの非等方性とその勾配の傾斜性を的確に表現する。まず絶対位相から地表の fBm パラメータを推定するための sfBm 推定法を開発して、このモデルの妥当性を検証している。シミュレーションデータおよび実地形データによる実験の結果、sfBm は InSAR イメージングによって得られる位相データのモデル化を適切に行うことが示される。そしてこれらの結果に基づき、fBm モデルによる InSAR 位相アンラッピング法を提案している。本手法は、加法的位相雑音が存在する状況で、最尤の位相値を見出す。これをグローバル最適化問題として扱うことにより、適切な地形を見出す手法を構築し、その有効性を示している。

第5章は、"Conclusion"であり、本研究の成果をまとめている。

以上これを要するに、本論文は InSAR イメージングによって正確な地形図を得るため、レーダ画像の位置合わせ、地形図の正則化、および位相アンラッピングという3つのプロセスで、fBm モデルに基づく3つの手法を提案し、fBm モデルが高精度の地形図を作成するために極めて有効であることを示したものであり、電気電子工学、特にレーダ工学および信号処理工学への貢献が少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。