

令和 6 年 4 月 25 日

公益信託 NEXCO 関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金  
受託者 三菱UFJ 信託銀行株式会社 宛

## 研究概要書

研究課題：衛星 SAR 画像を用いた高速道路周辺の地滑りの早期検出のための  
シミュレータの開発

研究代表者：京都大学大学院工学研究科 教授 須崎 純一

### 1. 研究の目的

高速道路周辺の山地では小規模のものも含めると土砂災害が多発しており、佐賀県武雄ジャンクション周辺のように一年以上高速道路の営業に支障を及ぼす事例も発生している。そのため、広域にわたり高速道路周辺に存在する山地の変動を安価に監視する手法が求められている。衛星合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar: SAR) 解析では 10 枚以上の SAR 画像を必要とすることが標準的である。変動解析上は山地の傾斜の向きが重要で、高価な衛星画像を購入する前に有意な解析が可能か把握することが望まれている。本研究では、衛星 SAR 画像を疑似的に再現するシミュレータを構築し、任意の高速道路周辺において山地を中心とした地形の地盤変動を検知可能か確認する手法を構築することを目的とした。

### 2. SAR 画像シミュレータの開発

山間部などの植生に覆われた土地の観測に適する L バンドの SAR として、JAXA の運用する ALOS-2/PARSAR-2 での観測を想定してシミュレータを開発した。本シミュレータは反射波の強度と位相情報を複素数データとして格納した Single Look Complex (SLC) 画像の作成を行った。本シミュレータでは任意の地物における後方散乱係数を推定し、そこから逆算して強度成分を算出した。現段階で強度画像の作成ができるのは裸地のみであり、後方散乱係数の決定には Integral Equation Method (IEM) モデル<sup>[1]</sup>を用いた。位相成分は、レーダと地表面上の散乱体との距離 (スラントレンジ) を用いて、 $-\pi$  から  $\pi$  の間に変換されている。

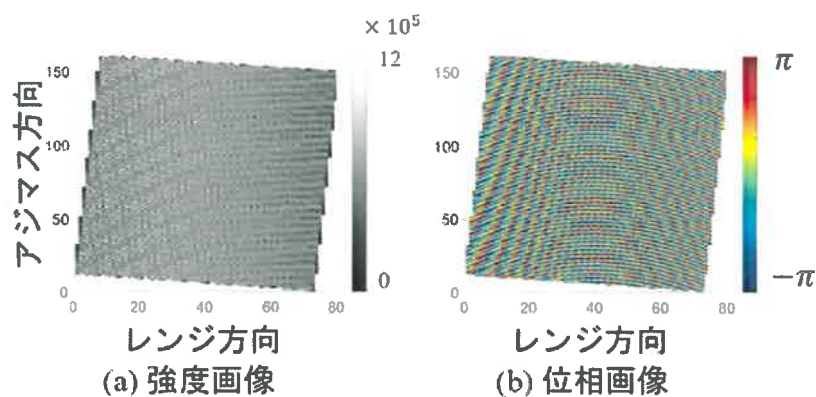


図-1 シミュレーション画像例

### 3. シミュレータの応用事例

時系列 SAR 画像を用いた解析では衛星と地上を結ぶ視線方向での一次元変動は分かるものの、

単独では三次元変動は把握できない。全国に約 1,300 点存在する電子基準点の観測データを例に、Global Navigation Satellite System (GNSS) と SAR を併用することで三次元地盤変動を面的に推定できる。一方で、離散的で少数の GNSS データを面的に広がる SAR 画像解析結果と統合するためには GNSS データの内挿が必要になる。この内挿における精度が全体の変動推定に大きく影響するため、内挿精度の低い要素を取り除く必要が指摘されている<sup>[2]</sup>。本研究では、上昇軌道 SAR 画像と GNSS データ、下降軌道 SAR 画像と GNSS データ、それぞれの組み合わせから算出した三次元地盤変動推定速度同士の差分  $d$  をとることで、GNSS 内挿誤差を検出する手法を提案した。長方形平面（東西 2.5 km × 南北 3 km）を仮定したシミュレーション結果を示す。図 2(b)と(c)を見比べると、東西方向の推定変動速度の差分が大きい箇所は鉛直方向の GNSS 内挿誤差が大きい箇所と一致し、鉛直方向の推定変動速度の差分が大きい点は東西方向の GNSS 内挿誤差が生じている点である。本手法にて東西、鉛直方向の GNSS 内挿誤差を検出可能であることが示された。

このように本研究で開発された SAR 画像シミュレータは、三次元地盤変動解析をより高精度に実施する上で有用であることが示された。

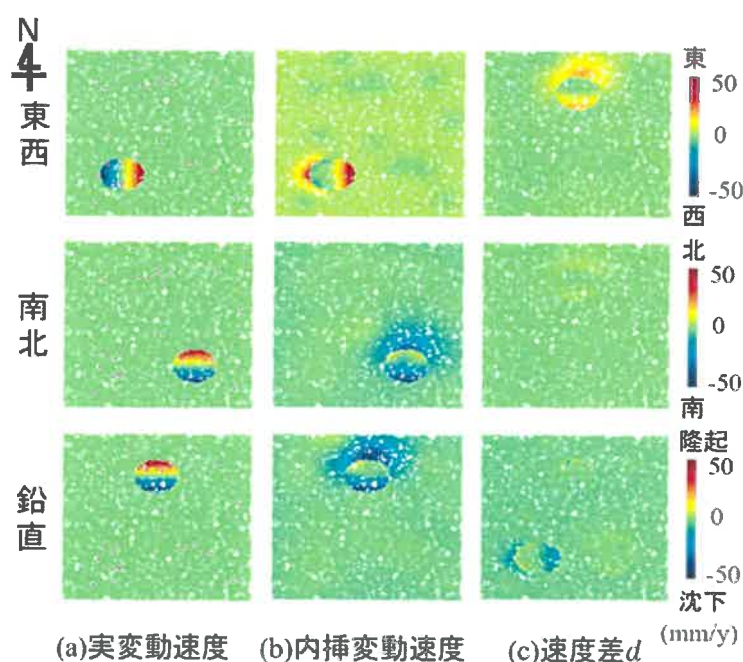


図-2 シミュレーション画像例

#### 参考文献

- [1] Fung, A.K., Li, Z., Chen, K.S.: Backscattering from a randomly rough dielectric surface, *IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing*, Vol. 30, No. 2, pp. 356-369, 1992.
- [2] 日下部貴也, 須崎純一: 時系列 SAR 画像と少数の GNSS 測量データによる三次元地盤変動解析, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol. 77, No. 1, pp. 49-58, 2021.