

公益財団法人富山第一銀行奨学財団

理事長 野村 充 殿

助成研究成果概要報告書

教育機関名	： 国立大学法人富山大学	助成金額	： 800 千円		
研究代表者	： 渡邊 卓磨	所属	： 学術研究部工学系	職位	： 講師
研究題目	： 円軌道合成開口レーダ画像の差分干渉解析に基づく地盤変動モニタリング技術の研究				

研究概要

本研究課題は、衛星や航空機などのプラットフォームに搭載したレーダで地表面の高分解能な画像を生成する合成開口レーダ（Synthetic Aperture Radar: SAR）を用い、土砂災害の予兆を検知する技術の基礎研究を行う。従来の SAR ではプラットフォームを直線状に飛行させるため、一方向のみからの観測しか行えず、土砂災害の兆候を見逃す可能性があった。そこで、本研究課題では目標地点を中心とした円形状にレーダを移動させ、様々な方向から電波照射を行う円軌道 SAR（図 1）を活用し、さらに、二つの異なる時期の SAR 画像の位相差から変位量を算出する差分干渉解析により、前述の問題点の解決を目指す。

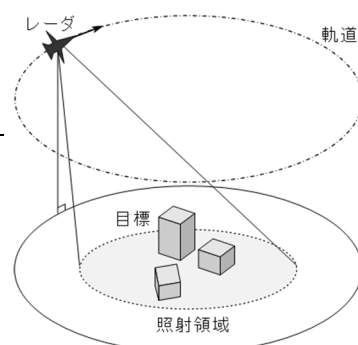


図 1：円軌道 SAR

1. 研究課題の学術的重要性

近年、ドローンが様々な分野で広く用いられるようになっており、従来の衛星搭載 SAR や航空機搭載 SAR で一般的に用いられてきた直線状の飛行軌道による SAR だけでなく、ドローンの機動的、変則的な飛行軌道を生かした SAR 観測が研究されている。このため、本研究課題で取り組む円軌道 SAR は SAR を用いた地球環境観測の分野において学術的重要性が高く、後述の通り波及効果も見込めるものである。

2. 研究課題の独創性

本研究課題は従来の直線軌道 SAR の課題を解決する円軌道 SAR に、地盤変動量を算出する差分干渉解析技術を組み合わせるという点に独創性および革新性がある。

3. 研究課題の波及効果

本研究課題は円軌道 SAR の観測領域内に存在する物体の位置変化を検出するものであるため、その応用先は本研究課題の地盤変動モニタリング以外にも、道路や橋梁などのインフラの劣化に伴う変位の監視や、降雪・除雪状況の把握、火山の噴火兆候の検知など、様々な分野への波及効果が期待される。

4. 研究課題の地域性

土砂災害は斜面のある個所であればどこでも発生する可能性があり、山岳地帯が多く存在する富山県において、本研究課題は地域の防災に貢献するものである。

成果要約

1. 信号処理アルゴリズムの開発

本研究で用いる信号処理アルゴリズム, すなわち円軌道 SAR 画像の再構成手法と差分干渉解析による画像解析手法について検討を行った. 円軌道 SAR では目標を中心とする円軌道状にアンテナを走査することで画像再構成を行う. 本研究ではある特定の方位から見た時の差分干渉解析結果を複数組み合わせることで目標物の二次元的もしくは三次元的な変位をとらえることを目標としているため, 画像再構成は円軌道を複数のサブアパーチャ (小区間) に分割し, 各サブアパーチャで個別に画像再構成を行う方法を採用した. これにより, サブアパーチャに対応する各方位角から見た時の SAR 画像 (サブアパーチャ画像) を再構成することを可能とした. このサブアパーチャ画像は目標の移動前後に対して作成する.

次に, この移動前後のサブアパーチャ画像のペアの位相差を計算し, この位相差から目標の変位量を算出する. これを各方位角に対応するサブアパーチャ画像のペアで実行することで, 各方位角から目標を見た時, 視線方向にどれだけ目標が移動したのかを算出することができる.

2. 計算機シミュレーション

以上で説明した信号処理アルゴリズムを実装し, 点目標を仮定した計算機シミュレーションを行った. 図 2 のように, 二次元平面上に 2 つの点目標を配置し, このうち中心(0,0)にある目標は不動とし, (0.5,0.5) m にある目標は Y 軸方向に 3 mm だけ移動させる状況を仮定した. 図 3 にシミュレーション結果を示し, (a)はサブアパーチャ中心が 315° の場合, (b)はサブアパーチャ中心が 150° の場合の画像再構成結果をそれぞれ示す. サブアパーチャの幅は 10° とした. 図 3 に示すように, 目標を配置した位置に明確な応答が確認できる.

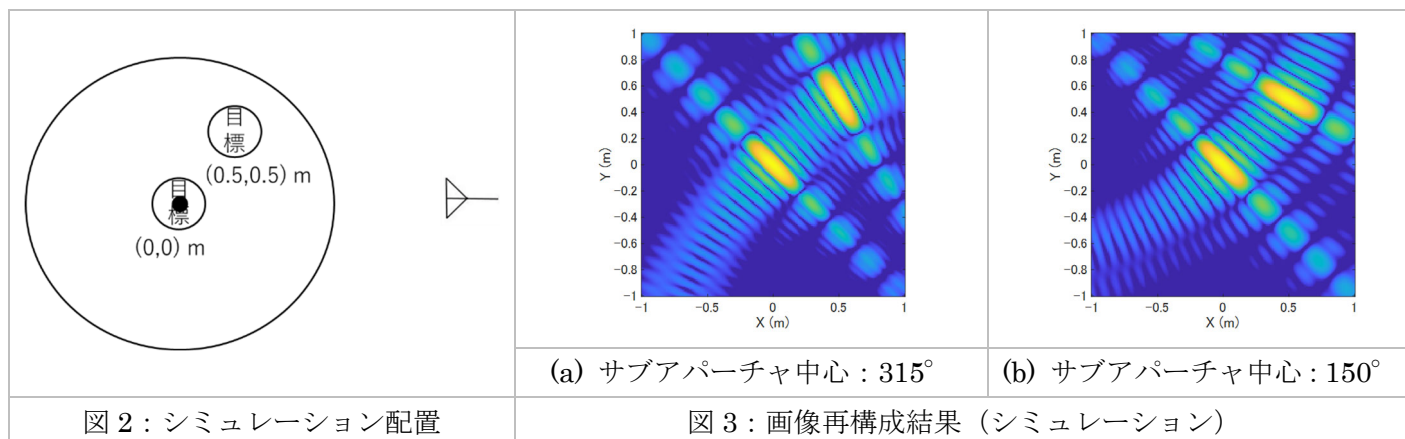
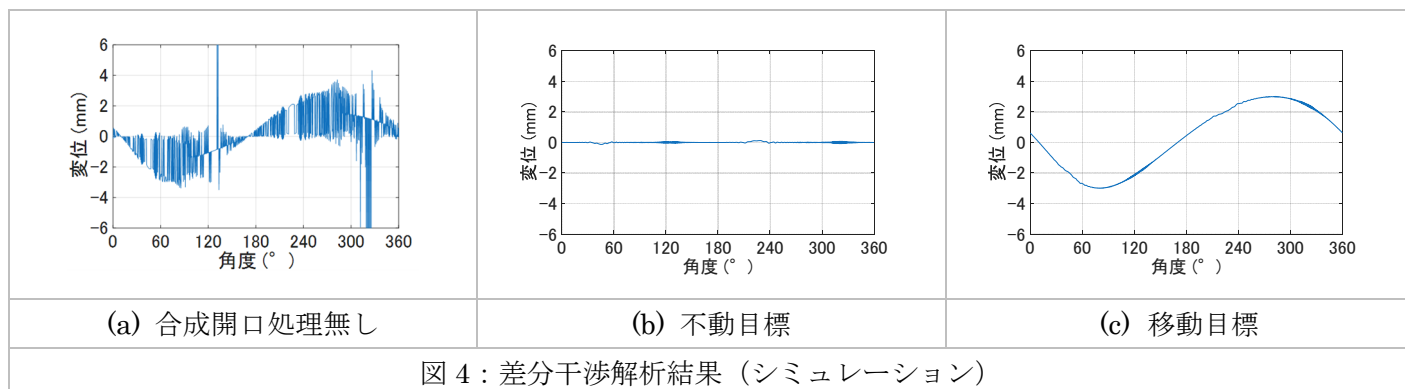


図 4 にシミュレーションにおける差分干渉解析結果を示す. 横軸はレーダの方位角を, 縦軸は変位量を表す. (a)は合成開口処理を行わない場合の変位量の算出結果であり, この場合は不規則な振動が現れ, 正確な変位量の算出が行えていないことがわかる. (b)は不動目標, (c)は移動目標の変位量を, サブアパーチャ画像の差分干渉解析 (本研究の提案手法) から求めた結果を示す. これらの結果から, 不動目標では方位角によらずほぼ変位量が零となっており, また移動目標では最大 3 mm の変位量が得られ, このことから提案手法により両目標の変位量を正しく推定できていることが明らかとなった.



3. 電波暗室内における実験検証

計算機シミュレーションと同様の状況を電波暗室内で再現し、信号処理アルゴリズムの実験検証を行った。図 5 に実験配置を示す。目標には図 6 に示すような金属球を 2 個用い、図 5 上側の目標は不動、下側の目標は X 軸方向に 2 mm 移動させて円軌道 SAR による観測を行った。

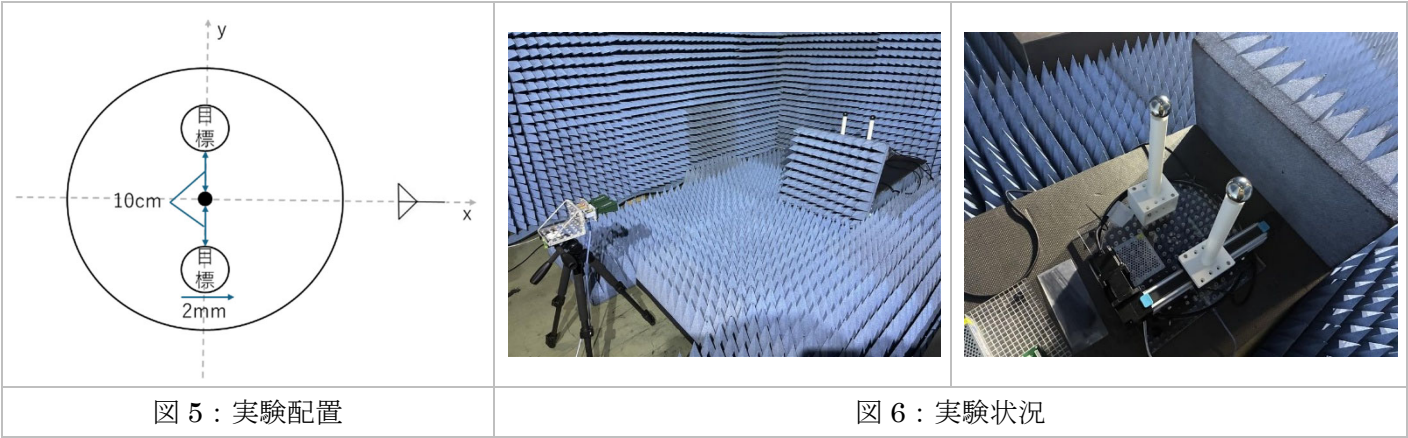
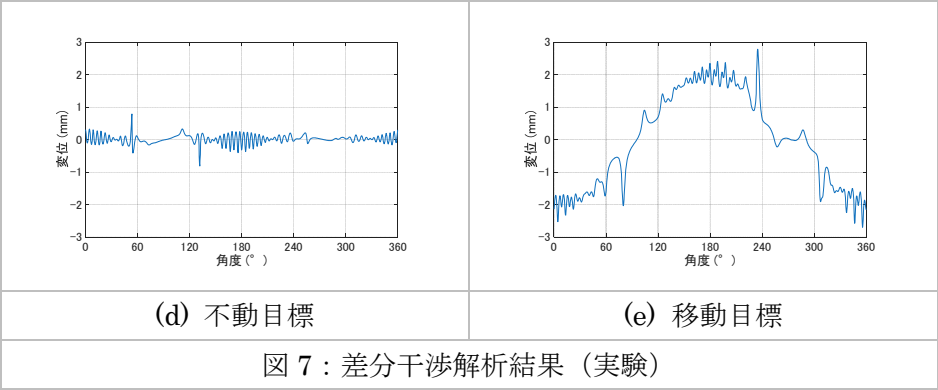


図 7 にサブアパーチャ画像による差分干渉解析結果を示す。2 節のシミュレーションと比較して波形に不規則な変動がみられるが、これは図 2 の配置と比較して図 5 では目標が近接しており、一方の目標の応答が他方の目標に漏れこんだ影響と考えられる。このような変動がみられるものの、図 7(a)の不動目標では変位量 0 付近に波形が位置しており、(b)の移動目標では移動量として設定した 2 mm 程度をピークとした変動が確認できる。以上により、実験においても提案手法の有効性が確認された。今後の課題として、正弦波関数のフィッティングを適用し、このような不規則な変動を平滑化する手法を検討する予定である。



研究成果発表状況	雑誌論文、学会発表、図書、新聞掲載、作成 Web ページ、特許権等の出願・取得状況		
	[1] 竹村直紀, 渡邊卓磨, “MIMO レーダによる目標のトラッキングを活用した三次元逆合成開口画像の生成に関する基礎検討,” IEEE Midland Student Express 2025 Autumn, no. 15, 2025 年 12 月. [2] 小熊達也, 渡邊卓磨, “アンテナ回転式合成開口レーダによる三次元での画像再構成,” IEEE Midland Student Express 2025 Autumn, no. 16, 2025 年 12 月. [3] 村山竜土, 渡邊卓磨, “RTK-GNSS とオドメトリを活用した車両搭載合成開口レーダの検討,” IEEE Midland Student Express 2025 Autumn, no. 17, 2025 年 12 月.		
経費の執行状況	区 分	執行額(円)	備 考
	物品費	673,140	
	旅費	126,860	