

【助成 40-13】

機動的レーダリモートセンシングの実現に向けた小型無人機搭載合成開口レーダの開発

代表研究者 室蘭工業大学 大学院工学研究科 助教 泉 佑太

共同研究者 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター 教授 Josaphat Tetuko Sri Sumantyo

〔研究の概要〕

合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar: SAR) は能動的にマイクロ波を送信・受信することで地球の情報を得る環境リモートセンシング技術の一つである。SAR は一般的に人工衛星に搭載され、宇宙から地球の広範囲を計測するが、希望する時間、場所での観測が困難、さらに、橋梁の床板裏やトンネル内部などは観測できないといった課題がある。こうした課題を解決するため、本研究では SAR を小型無人機 (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) であるドローンに搭載した、ドローン搭載型 SAR の開発を目的とする。これにより、機動的かつ準リアルタイムで広域 SAR 観測を可能とする計測技術を目指す。最終的にターゲットに関する形状や散乱状態を計測できる多偏波観測が可能なシステムを開発し、災害観測、圃場観測、積雪深観測等への応用を目指す。

〔研究経過および成果〕

1. システムの開発

本研究では、自動車周囲の障害物検知などのオートクルーズ用途として低コスト化や市販化が進む 24GHz 帯準ミリ波レーダモジュールをベースとしたシステム試作機を開発した。使用するレーダモジュールは障害物の角度推定のため、MIMO (Multi-Input Multi-Output) 型となっている。この MIMO 型におけるマルチチャネルの利点を生かし、送信、受信それぞれに二つのアンテナを実装し、多偏波システムとする。

また、デザイン、制作したアンテナは 4×2 のマイクロストリップパッチアレイアンテナとなっており、測定の結果 S11 の値が -10dB を下回ることを確認できている。図1に開発したシステムを示す。

通常、SAR の画像化アルゴリズムではプラットフォームの直線軌道を仮定しているが、ドローンをプラットフォームとして利用する場合、軌道は非線形となるた

め、正しく画像がフォーカスしないといった課題がある。この軌道誤差を補正するため二機の GNSS 受信機による RTK (Real Time Kinematics: RTK) 測位データをレーダの送受信と同時に取得する。レーダ散乱信号に紐づいたプラットフォームの位置データを利用することで、軌道誤差を修正し画像を生成する。

レーダや GNSS 受信機は Raspberry Pi4 に接続されており、遠隔でデータの送受信を制御することができる。レーダ本体、バッテリー、Raspberry Pi4 は 3D プリンターで制作した治具によりドローンに固定されている。

3. テストベッドによる評価

理想的な環境下でレーダシステムの性能を評価するため、地上実験用テストベッドを開発した。図2に開発した地上システムを示す。テストベッドはレーダとアンテナポジションを同期したシステムとなっており、理想的な軌道である直線軌道を保ちつつ移動しながら

散乱波計測を行うことができる。

開発したテストベッドによる地上計測実験を電波暗室内にて実施した。反射体の画像生成によるデータの評価、偏波データの評価が実験の目的である。そのため、ターゲットとして散乱メカニズムが既知である校正用反射体(三面コーナリフレクタ(CR), 二面コーナリフレクタ, 金属板, 金属棒)を採用した。図3 (b)は三面 CR をレーダから6m先に設置し、計測を行った際の生成 SAR 画像である。比較のため、図3 (a)に反射体が無い状態で取得した画像を示す。図3 (a)と(b)を比較すると、レーダ設置箇所から6mの地点にCRが点として現れていることがわかる。実験では全ての偏波データを取得したが、現状偏波校正を適用できておらず偏波データの評価を達成できていない。

4. フライトテスト

開発したドローン搭載 SAR システムの動作検証のため、屋外にてフライトテストを実施した(技適取得済みのアンテナ一体型レーダを使用)。実験では地面に設置した三面 CR のイメージングを試みた。実験では、レーダ、GNSS 受信機共に正しくデータを取得することができた。しかし、本論文執筆時点でデータ処理を終えておらず SAR 画像は生成できていない。

5. 今後の展望

GNSS のデータを用いた軌道誤差補正イメージングアルゴリズムの開発・適用、偏波データに対する偏波校正手法や散乱分解手法の適用が今後の課題となる。また、今後は偏波 SAR としての活用に留まらず、干渉計測によるインフラの振動計測や地滑り計測に応用するなど、さらなる展開を目指す。



図1 開発したドローン SAR システム

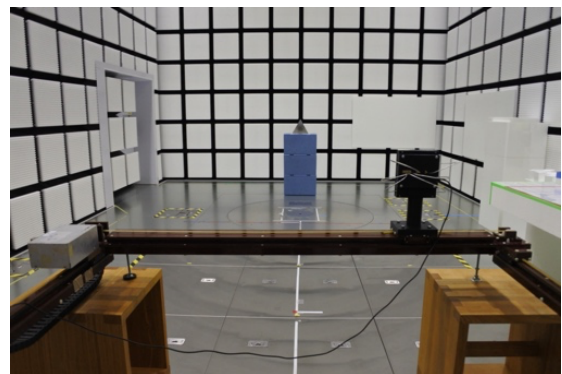


図2 テストベッドによる地上実験

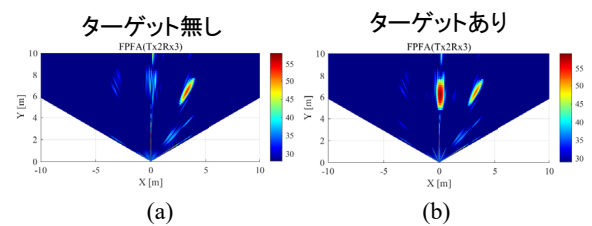


図3 CR イメージング結果。(a) CR 無し。(b)CR あり。



図4 ドローン搭載 SAR フライトテスト