

地上型低周波マイクロ波放射計の要： デジタル処理部の開発

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

人工衛星搭載型マイクロ波放射計は地表面や大気などから放射される微弱なマイクロ波を測定する受動型センサで、降水量などの観測を通じて気象・気候分野で重要な役割を担っている。地球観測(受動)を含む電波利用は国際電気通信連合の無線通信部門が定める周波数割り当てに沿って行われている。特に低周波数の利用は放送・通信など多岐にわたり、その電波強度は自然電波に比べて非常に強力である。従来型のマイクロ波放射計は構造上、自然電波と人工電波を区別することなく測定するため、人工電波の混在、通称、人工電波干渉(Radio-Frequency Interference, RFI)により大きな影響を受ける。

本研究では、海氷厚観測の高度化・高精度化を目的として0.5-1.5 GHz帯(以下、低周波数帯)を用いた地上型低周波マイクロ波放射計の研究を進めているが、低周波数帯では電波利用が密集しており、RFIの影響はさらに深刻である。今までに、様々なRFI除去手法が研究されてきたが¹⁾、本研究においても高品質のRFI除去機能は必要不可欠である。

本稿では、本研究においてRFI除去処理を担うデジタル処理部の概要と、その構築の進捗状況を報告する。

■ 活動内容

1. デジタル処理部

デジタル処理部の開発にはRFSoc 4x2ボードを用いた。ボード上には書き換え可能な集積回路FPGAとCPUを統合したZynq Ultrascale+ RFSocデバイスと4系統入力の5 GSPS、14-bitの高速ADCが実装されており、これらにより、1 GHz帯域幅の信号を一括で処理することが可能となる。FPGA上にはFFT処理、積算処理、RFI除去処理を実装した。FFT処理後に信号の電力を計算した後、積算処理を行い、平均電力を算出する。その後、平均電力に対してRFI除去手法を適用し、RFI除去処理を実施する。本研究では、RFI除去手法として周波数間比較法と尖度検出法を用いた。周波数間比較法は電力の周波数分布に対して基準値としきい値を設定してRFI信号を識別する。尖度検出法はRFI信号の混在による自然電波の確率分布の変化(尖度の変化)を利用してRFI信号を検出する。

2. 結果

研究室内で、RFSoc 4x2ボードに簡易ダイポールアンテナを接続して、低周波数帯でのRFI除去処理の機能検証を行った。この時、FFTのサンプル数を1,024に設定し、100

ms分のデータを用いて累積加算を行った。RFI除去はどちらか一方の手法でRFIと識別されれば行った。図1にRFI除去処理前後の平均電力を示す。図1の上図において、両手法により黒枠内の信号がRFI信号であると識別された。図1の下図において、これらのRFI信号は除去されたが、立ち上がり部分は除去できなかった。これより、現時点での両手法のRFI除去性能には限界があると考えられる。

しかしながら、FPGAを用いたRFI除去処理は可能であることが確認できた。

3. 今後の展望

長時間稼働によるRFI除去処理の安定性検証、周波数間比較法と尖度検出法の改良および、新たなRFI除去手法の検討を行う。

4. 波及効果

電波利用は国によって多少異なるため、RFI信号の発生状況も国ごとに異なる。そのため、FPGAを用いることで、必要に応じてRFI除去手法を変更することが可能となる。

また、低周波観測の実現により、海氷厚の測定範囲が拡大され、海氷厚観測による地球温暖化の監視が可能になる。海氷厚以外にもマイクロ波放射計の主要な観測対象である、土壌水分量や海面塩分濃度など様々な水循環観測の高度化にも繋がり、農業分野や海洋分野にも貢献できる。

参考文献

1) J. T. Johnson et al., IEEE J. Sel. Topics Earth Observ. Remote Sens., vol. 14, pp. 4894-4914, 2021.

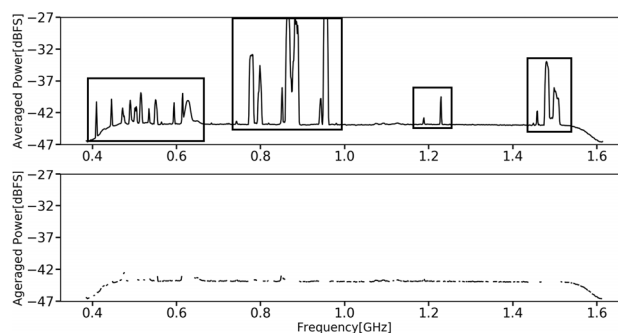


図1 RFI除去処理前後の平均電力。(上図) RFI除去処理前の平均電力。(下図) RFI除去処理後の平均電力

代表発表者 野母 悠矢(のも ゆうや)
所 属 山口大学大学院 創成科学研究科
システムデザイン工学系専攻
問合せ先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1
TEL:0836-85-9005

■キーワード: (1) マイクロ波放射計
(2) RFI
(3) FPGA