

プログラム名：オンデマンド即時観測が可能な小型合成開口レーダ衛星システム

PM名：白坂成功

プロジェクト名：SARシステムプロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 28 年度

研究開発課題名

SAR システム電気系の開発

研究開発機関名

東京工業大学

研究開発責任者

廣川二郎

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

目標：研究開発プロジェクト「オンデマンド即時観測を可能にする小型合成開口レーダ衛星システムによる安全安心の実現」の達成のために、SAR システム用展開式平面スロットアレーアンテナにおいて、給電導波路の設計を行う。これらの課題解決のために、モーメント法を用いた電磁界解析により、給電導波路内の各給電素子間での電力量を計算し、各給電素子での反射を抑圧する設計を行う。従来の電磁界シミュレータを用いた設計では、給電導波路内の各給電素子間での電力量を計算することはできず、給電導波路の給電点での反射量の情報だけを用いて設計をしたため狭帯域になってしまっていたが、本手法により広帯域での反射が実現できる。

計画：SAR システム用展開式平面スロットアレーアンテナの給電導波路を設計する。モーメント法を用いた電磁界解析により、給電導波路内の各給電素子間での電力量を計算し、各給電素子での反射を抑圧する設計を行う。平成 29 年 3 月には、中心周波数 9.65GHz、帯域幅 300MHz で給電導波路の反射が-15dB 以下を達成する。設計に 2.5 か月間、試作に 2.5 か月間、特性評価に 2.5 か月間のターンを 2 回繰り返して目標を達成する。1 回目の特性評価結果を踏まえ、2 回目の設計を行う。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

当初計画では、モーメント法を用いた給電導波路の設計を行う予定であったが、アンテナの設計、試作を急ぐため、電磁界解析シミュレータ HFSS を用いた設計を最初に行い、試作、測定を行った。なお、設計に関しては、宇宙科学研究所の協力のもと、東京工業大学が行った。試作、測定に関しては、宇宙科学研究所が行い、東京工業大学も協力した。

モーメント法を用いた給電導波路の設計に関しては、その前段階である解析法の確立までを平成 28 年度に行った。

2-2 成果

給電導波路は放射部である平行平板導波路の中央の下におかれ、複数の給電スロットが直列に切られている。従来の導波路終端からの給電に比較して、広帯域化を実現するとともに周波数変化によるビームシフトをさけるため、給電導波路の中央には τ 分岐を導入した。 τ 分岐の両側にはそれぞれ 15 個の給電スロットが切られている。図 1 に、反射の周波数特性の解析値を示す。従来は、破線で示すように、 τ 分岐において反射抑圧用の誘導性壁を 1 つ用いていたため、中心周波数 9.65GHz では反射はよく抑えられているものの、反射が-15dB 以下の帯域が 100MHz 以下と狭かった。そこで、誘導性壁を 2 つに増やし、反射が落ちる 2 つの周波数を適切に調整することで、反射抑圧の帯域を広げた。さらに、位相の微調整を行った。その結果、実線で示すように、解析値においては、計画である中心周波数 9.65GHz、帯域幅 300MHz で給電導波路の反射が-15dB 以下を達成した。

実際の形状では、給電スロットの両端や誘導性壁の根元での丸みがあったり、放射部の平行平板導波路がハニカム構造層とその上下の接着層の 3 層構造になっており、HFSS を用いた解析では、これらを考慮して解析はできるものの、解析全領域での 3 次元の位置での電磁界が未知数であるため計算

規模が大きく時間がかかる。一方、モーメント法を用いた解析では、給電スロットの両端や誘導性壁の根元での丸みを考慮せず、また放射部の平行平板導波路は等価的な誘電体の1層構造にすることで簡易に解け、給電スロット上の電界と反射抑圧用誘導性壁上の電流だけが未知数となるため計算規模が小さく時間も短くできる。ただし、各給電スロットにおける散乱行列要素の値が概ね等しくなるような形状(スロットや誘導性壁の長さ)の関係を求めておく必要がある。図2に、終端が短絡された給電導波管に切られた14個の給電スロットでの反射の周波数特性の解析値を示す。赤線(MoM)はモーメント法による結果、黒線(FEM)はHFSSによる結果を示す。設計に支障のない程度で概ね一致している。なお、計算時間は、HFSSでは233分であるのに対し、モーメント法では1分と格段に短くなっている。

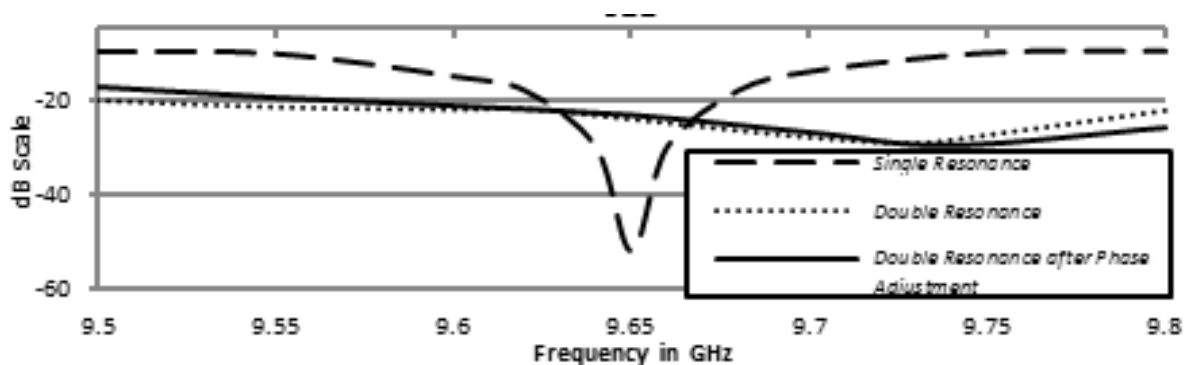


図1 給電スロット30個での反射の周波数特性のHFSSでの解析値

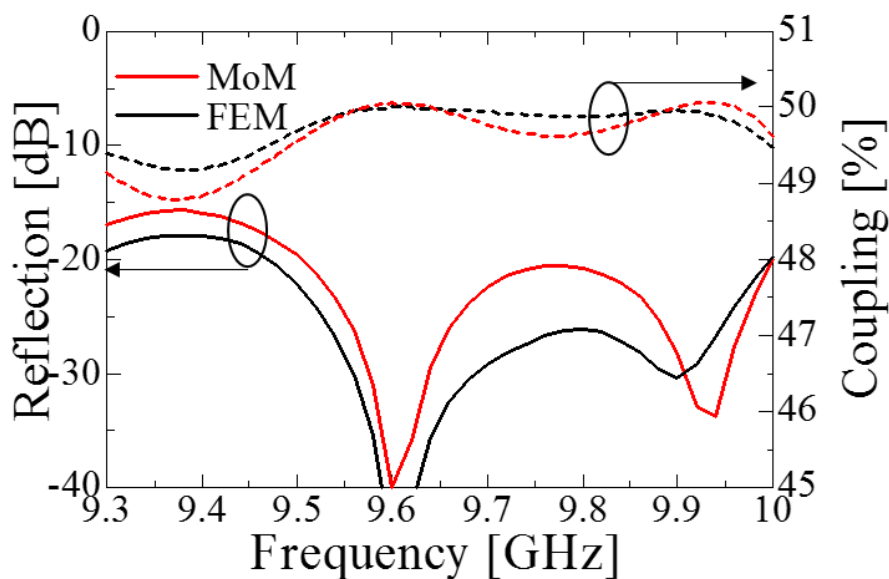


図2 給電スロット14個での反射の周波数特性のモーメント法での解析値

2-3 新たな課題など

平成28年度に確立したモーメント法を用いた解析法による設計を平成29年度に行う予定である。

3. アウトリーチ活動報告

なし