

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：

小型合成開口レーダシステムの開発

研究開発機関名：

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

研究開発責任者

齋藤 宏文

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

以下の各課題の目標と計画を示す。

(1) アンテナ：展開式ハニカム構造スロットアレイアンテナ、及び、展開ヒンジ部でのマイクロ波給電にチョークフランジを用いた非接触導波管対向給電法を用いた試作機を作成する。数回の試作を経て、片翼アンテナ（エンジニアリングモデル EM、4 枚構成）の製作に着手する。

(2) 高出力マイクロ波送信機：GaN 半導体による固体高周波増幅器モジュールと電力合成器を開発し、EM の製作に着手する。

(3) 信号発生・処理装置：小型で低価格な装置を信号発生・処理装置の開発に着手する。

(4) 地上受信システム：既存の小型受信アンテナ局をベースに、X 帯偏波多重受信システムへの改修に着手する。

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

(1) アンテナ：1 枚パネルアンテナの試作を 2 回行った上で、EM 片翼（4 枚パネル構成）の製作に着手した。フロントエンド部の EM の製作は完了した。

(2) 高出力マイクロ波送信機：1 モジュールの試作と計測を完了し、EM 装置の製作に着手した。

(3) 信号発生・処理装置：航空機搭載装置をベースに、衛星搭載化できるかの検討を行った。

(4) 地上受信システム：既存の小型受信アンテナ局を X 帯偏波多重受信システムへ改修する方針を定めた。アンテナの 1 次放射ホーンアンテナの設計に着手した。

2-2 成果

(1) アンテナ：EM 片翼（4 枚パネル）のアンテナパネルの製造が完了した。図 1 にその 4 枚のアンテナの写真を示す。1 パネルは 70 cm x 70 cm の大きさであり、# 0 は構体上に固定され、パネル # 1, 2, 3 は展開パネルを構成し、片翼展開時は 2.8 m x 0.7 m である。

(両翼では 4.9 m x 0.7 m である)。パネル 1 枚毎のアンテナ特性について、東工大で近傍界計測、宇宙研で 16 m の距離での遠方界計測を実施し、ほぼ設計通りの結果を得た。給電回路が 2 連であるパネル # 0, # 3 の反射率がやや大きい。

アンテナパネルを支持するサポートパネルを含めた熱歪設計を実施した。パネル 1 枚の熱真空試験を実施して、熱解析数学モデルとの対比を実施した。大気中でアンテナパネル表裏に温度差を与えた状態で、アンテナ表面形状を光学的に計測する熱歪試験を実施して、熱歪解析数学モデルとの対比を実施した。この両者を結合して、軌道上でのアンテナ部の温度予測と熱歪の予測解析を実施した。その結果では、レーダ使用波長の 1/30 に相当する 1mm rms の面精度を軌道上で得られる見通しを得た。

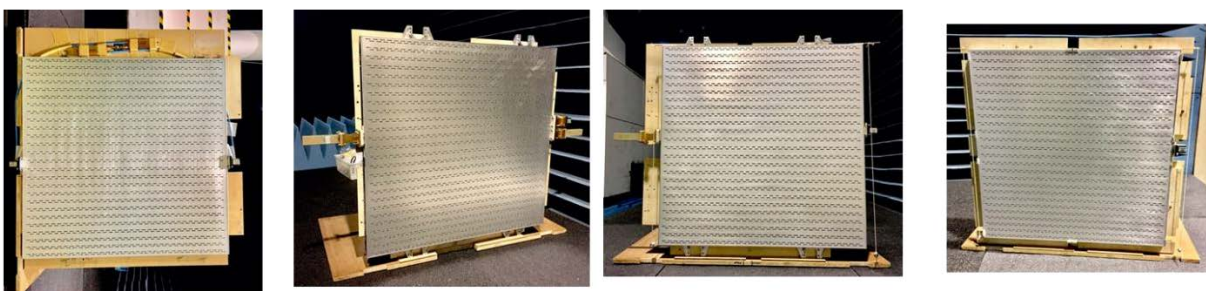
アンテナ部が打ち上げ時の機械環境に耐えられるかを試験する振動試験を、模擬構体とアンテナ機械モデルを用いて実施し、大きな問題がないことを確認した。図 2 にその配置を示す。

(2) 高出力マイクロ波送信機：国産の GaN 半導体増幅器の 1 モジュールの試作を行い、その特性を確認した。半導体増幅デバイスが、高温時に 9.8GHz の周波数で出力が低下する性能であることが判明した。増幅器 6 モジュールの詳細設計、熱実装検討を実施した。その 6 モジュールを空間合成する導波管共振器合成器を 6 回試作し、EM 製造の方法を決定した。

(3) 信号生成・処理装置：航空機搭載装置をベースに衛星搭載品を開発することが可能であるか検討を行った。航空機搭載装置では強制空冷による熱的制御を行っており、一部の部品の熱実装を変更する必要がある。機械環境に対しては、航空機搭載装置では重量体積のかさばる機械ダンパーを用いている。一部に、内部構造が不明なハイブリッドICやケース入り部品を使用しているため、衛星搭載品に転用する場合に問題が残ることが判明した。

(4) 地上受信システム：既存の10mアンテナをX帯偏波多重受信に改造するために、改修方針を決定した。1次放射ホーンアンテナの設計を開始した。偏波多重を行うポラライザの設計、極低温冷凍機に低雑音増幅器を設置する配置設計を実施した。

EM#0, 1, 2, 3アンテナパネル 片翼展開全長2.8m



EM Panel #0
構体上

EM Panel #1
展開翼部

EM Panel #2
展開翼部

EM Panel #3
展開翼部

図1 設計製造した合成開口レーダ展開アンテナパネル4枚

2-3 新たな課題など

(1) アンテナ：給電回路が2連であるパネル#0, #3の反射率がやや大きい。アンテナハニカム部の接着剤の誘電体効果のモデル化誤差であることがわかっている。設計見直しを行い、パネル要素試作を行って、フライトモデルに取り入れる。従来から知られていた、アンテナ構造部の接着部の強度、アンテナ裏面に設置する薄膜太陽電池シートの実装と打ち上げ振動時の機械環境耐性、アンテナ面の熱歪の問題などを解決していく。

(2) 高出力マイクロ波送信機：使用している国産GaN半導体増幅デバイスが、9.8GHz、高温時に出力が低下する性能であるため、運用条件で問題を回避する方針である。H29年度初頭に発売される最新鋭デバイスではこの問題は解決される見通しであり、今後の計画に取り入れる。

(3) 信号発生、処理装置：航空機搭載装置を衛星用に改修していく方法は、従来の衛星メーカーの開発社内体制では効率的に進められないことが判明してきている。今後の量産事業化を踏まえて対策を検討する必要がある。

(4) 地上受信システム：特になし



図2 模擬構体とアンテナ機械モデルの打ち上げ振動試験

3. アウトリーチ活動報告

2016年7月29, 30日に行われた宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所一般公開（宇宙科学研究所主催、参加者総数約1万人）にて、「夜でも曇でも地表が見れる小型レーダ衛星」という展示実演を実施した。小型衛星搭載レーダの開発の展示をおこない、展開式レーダアンテナの展開試験の実演を両日で20回程度行った。盛況であった。パンフレット800部を配布した。