

小型衛星搭載用 SAR システムの真空環境下での大電力マイクロ波動作実験

渡邊 宏弥(慶應大), 伊地智 幸一(JAXA), 伊藤 憲男(JAXA), 浦 健二(JAXA),
田中 孝治(JAXA), 齋藤 宏文(JAXA)

X-band High Power Pulse Operation of SAR System under Vacuum Conditions for Small Satellite

Hiroya Watanabe, Koichi Ijichi, Norio Ito, Kenji Ura, Koji Tanaka and Hirofumi Saito

1.はじめに

革新的研究開発推進プログラム(IMPACT)の一つとして、「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」に関する取り組みが、白坂プログラム・マネジャーのもと、行われている。自然災害や人為災害などの緊急事態に際して、いつでもどこでも迅速な対応を行い、被害を最小限に食い止めるためには、「悪天候・夜間対応」「即時性」、および「広域災害対応」「周辺領域同時観測性」が必要である。このIMPACTプログラムでは、オンデマンドで打ち上げ、即時観測が可能な「小型合成開口レーダ」(SAR: Synthetic Aperture Radar)衛星システムの開発を行なっている。図1にその概要を示す。打上げ後、1周回目(90分程度)で観測、2周回目(180分程度)で観測データのダウンリンクを実施することを目指しており、日本全域をカバーし、かつ、SARの分解能は1mを目標としている。打上げにかかわる時間を短くするために、小型固体ロケットの利用が必須のため、SAR衛星の小型軽量化が必要であり、従来方式とは異なる「受動平面展開アンテナ方式」を採用し、100kg級の軽量化と高密度収納性を実現を目指している。本プログラムは三つのプロジェクトから構成され、我々は、JAXA宇宙科学研究所の所内プロジェクトとして、SARシステムの開発を担当している。

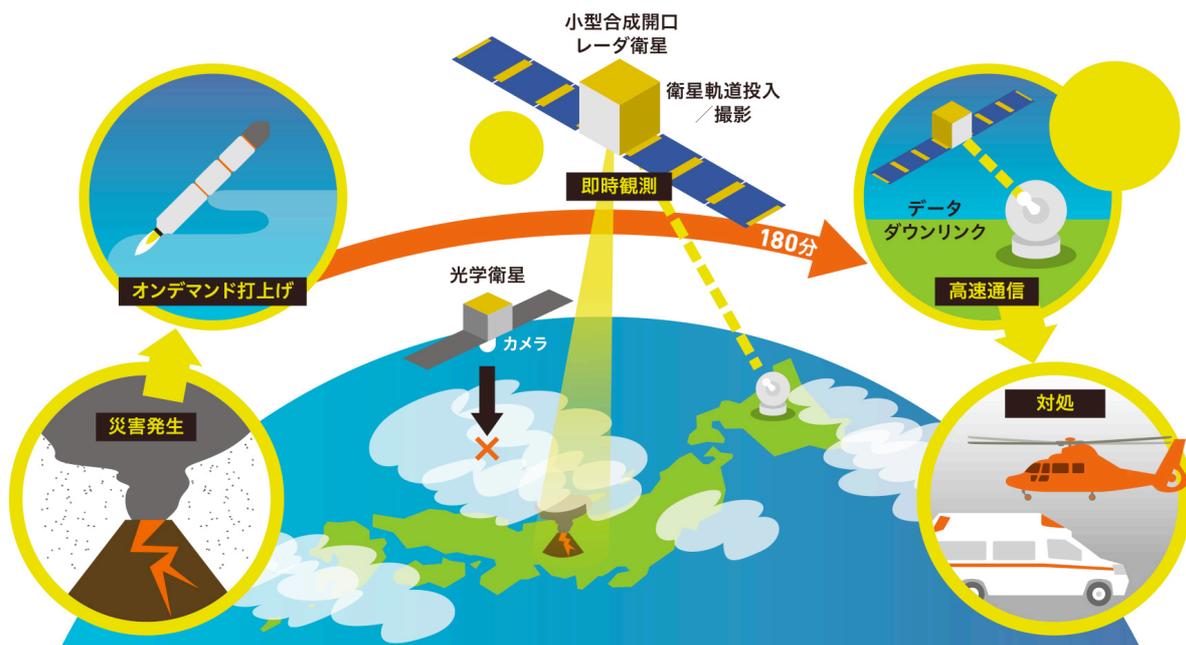


図1 オンデマンド即時観測が可能な小型合成開口レーダ衛星システムの概要
<http://www.ist.go.jp/impact/program/13.html>より

小型衛星に搭載可能な小型 SAR システムとして、4つの課題に取り組んでいる。(1)収納体積が小さく、軽量で低価格な観測アンテナの開発、(2)小型で軽量、低価格なマイクロ波送信機の開発、(3)小型で軽量、低価格な信号発生・処理装置の開発、(4)合成開口レーダシステムで取得された高速で大量な観測データを地上で受信できる受信システムの開発である。(1)の課題に関しては、収納体積が小さく、軽量で低価格な展開式のハニカム構造スロットアレイアンテナを開発している。0.7mx0.7mのアンテナパネルを7枚使用して軌道上でパネル展開により0.7mx4.9mのアンテナを形成する。パネル展開を行なった衛星の概念図を図2に示す。また、(2)の課題に関して、近年技術発展が著しい、窒化ガリウム半導体を用いた高電子移動度トランジスタ(GaN-HEMT)を複数個使用し、これを電力合成する導波管共振器型合成器を開発し、1kW出力を得ることが

できる X 帯大電力パルスマイクロ波アンプ(XPA)を開発している。従来の衛星搭載の高出力マイクロ波増幅器としては、電子管の一種である進行波管増幅器(TWTA)が用いられていたが、高電圧が必要、かつ大型で取り扱いが難しいという欠点があった。XPA の主な仕様を表1に示す。

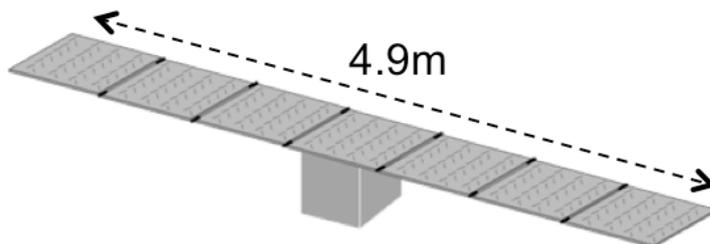


図2 衛星搭載展開型アンテナの概念図

表1 X 帯大電力パルスマイクロ波アンプ(XPA)の主な仕様

項目	仕様値
中心周波数	9.65GHz
帯域	300MHz
繰り返し周波数	3kHz-7kHz
デューティ	25%

小型 SAR システムの全体構成を図3に示す。

小型SARシステム

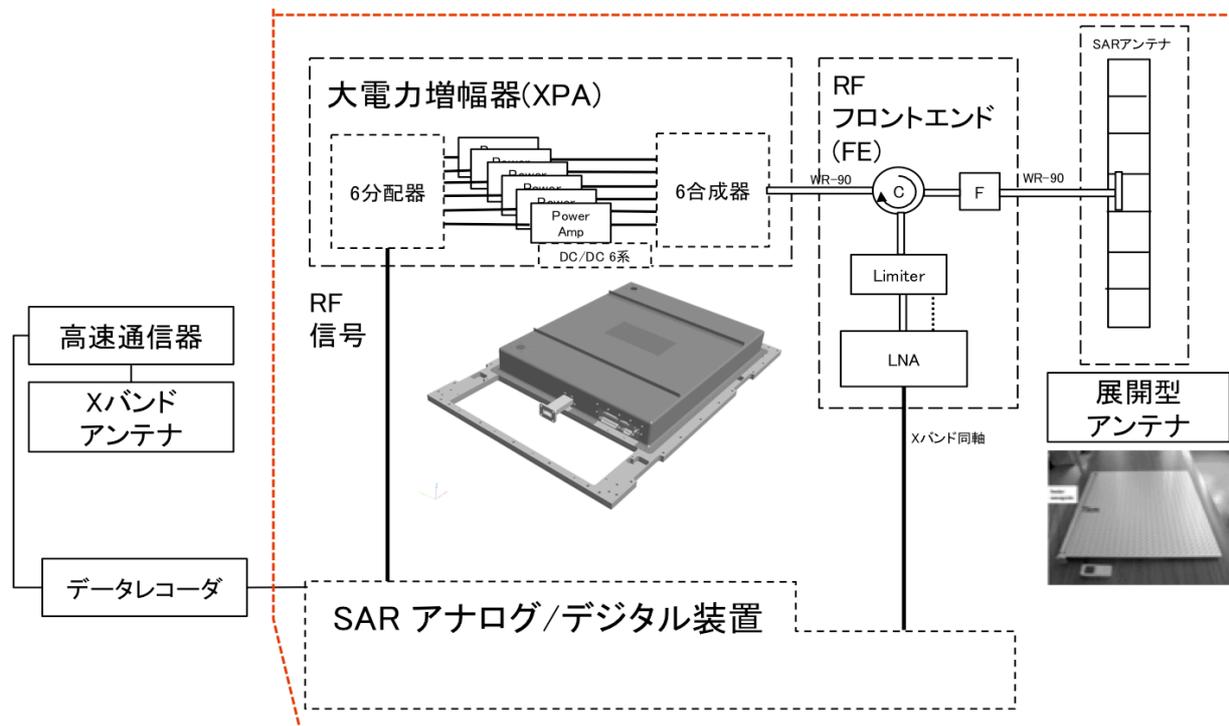


図3 小型 SAR システムの全体構成

今回大型サイエンススペースチャンバを使用した試験の目的は、小型 SAR システムを構成する RF 系統について、XPA からアンテナパネルまでの全系統を真空チャンバ内にて動作させ、アンテナパネルへの入力電力としてフルパワーの2倍までの電力条件でも真空中にて放電等のピーク電力に起因するところの問題が発生しないことを確認することである。また、本 IMPACT プログラムの即応性の実現には、打ち上げ直後の機器内部に残留ガスがある状態で問題なく動作する必要がある。今回の試験では、そのために、真空度を変えた条件での試験も実施する。

2. 試験装置

試験装置の概要を図4に示す。

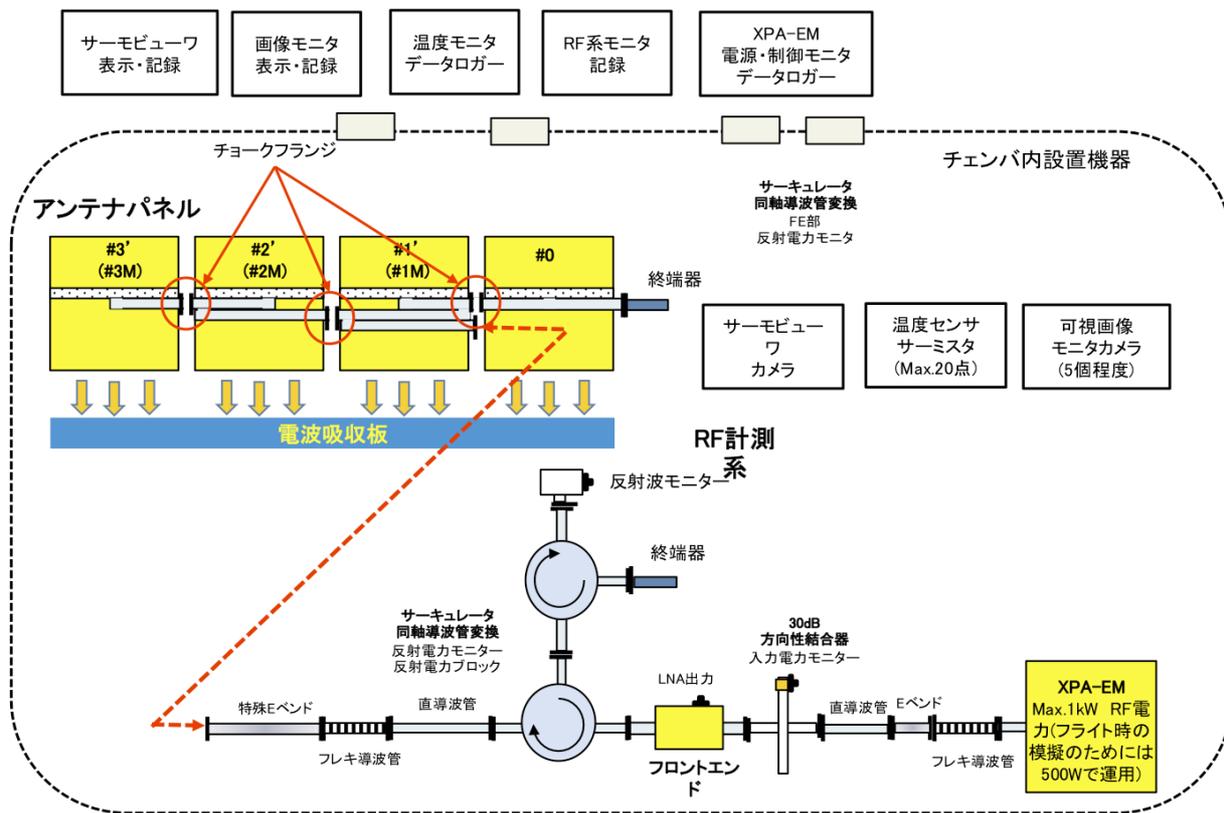
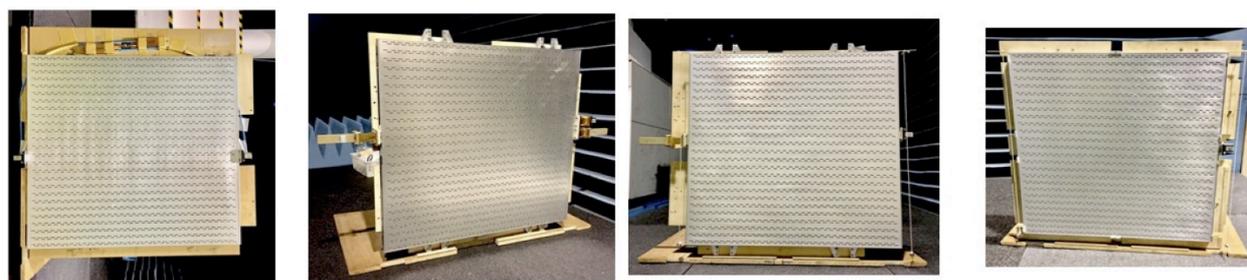


図4 試験装置概要



Panel #0

Panel #1

Panel #2

Panel #3

図5 アンテナパネル

XPA、フロンテンド(FE)、アンテナパネル(4枚:片翼分)を大型スペースチャンバ内に配置し、電気的には軌道上と同様となるように接続する。アンテナは片翼分しか使用しないため、軌道上運用時の最大2倍までのRF電力が供給される。この状態で、放電等の異常が生じないことを確認する。今回使用した4枚のアンテナパネルを図5に示す。4枚連結した長さは2.8 m程度である。

放電の確認は、アンテナからの反射波のモニタ、アンテナに対向する箇所を設置した画像センサ及びサーマルビューワによるモニターを行うとともに、温度センサも数カ所貼り付ける。

アンテナパネルより放射されたマイクロ波はその下に設置した電波吸収材により吸収する。図6

にチャンバ内に設置した XPA、アンテナ、電波吸収帯等およびチャンバ外に設置した電源、計測器等を示す。

XPA および FE は、別途単体にて真空試験を実施し、単体では放電等を生じずに真空中で動作可能であることを確認した。



チャンバ内

チャンバ外に設置した電源および計測機器

図6 チャンバ内外に設置した機器類



図7 放電の様子(高真空条件、1kW 出力)

3. 試験結果および考察

XPA の出力を 100W, 500W, 700W, 1kW に設定して、試験を行なった。また、真空度は、高真空条件では、 1×10^{-3} Pa 以上の真空度で試験を行い、低真空度では、窒素ガスを導入して、 10^{-2} Pa, 10^{-1} Pa の条件で試験を行なった。

100W 出力時は特に変化は見られなかったが、500W 以上の出力で、XPA から一番離れたアンテナパネルで発光が見られた。出力の上昇に伴い、発光の数が増えることがわかった。#3 パネルは、2枚製作したため、両方で試験を行なった。その結果、両方のパネルで発光が観測された。但し、発光の位置は異なっている。発光の様子を図7に示す。真空度を変えても、大きな違いは見られなかった。サーモビューアの観測では、発光の付近の温度上昇は観測されていない。また、試験後、顕微鏡による観察を実施したが、顕著な痕跡は見られなかった。

局所的な放電現象と考えるが、放電開始条件等は今後の課題である。アンテナからの反射波もほとんど変化が確認できなかったため、影響は軽微と考えている。

4. まとめ

大電力放射を行う SAR システムの動作試験を実施した。放電と考えられる現象が確認できた。この、メカニズムは、まだ明らかではなく、今後、詳細な試験により明らかにしたい。