

# 小型合成開口レーダー衛星の送信機および周辺のハードウェア開発

渡邊宏弥<sup>(1)</sup>, 齋藤宏文<sup>(2)</sup>, 富木淳史<sup>(2)</sup>, 三田 信<sup>(2)</sup>, 友田 孝久<sup>(3)</sup>, 金子智喜<sup>(4)</sup>

(1) 東京大学 (2)JAXA (3)TOCOM (4)日本大学

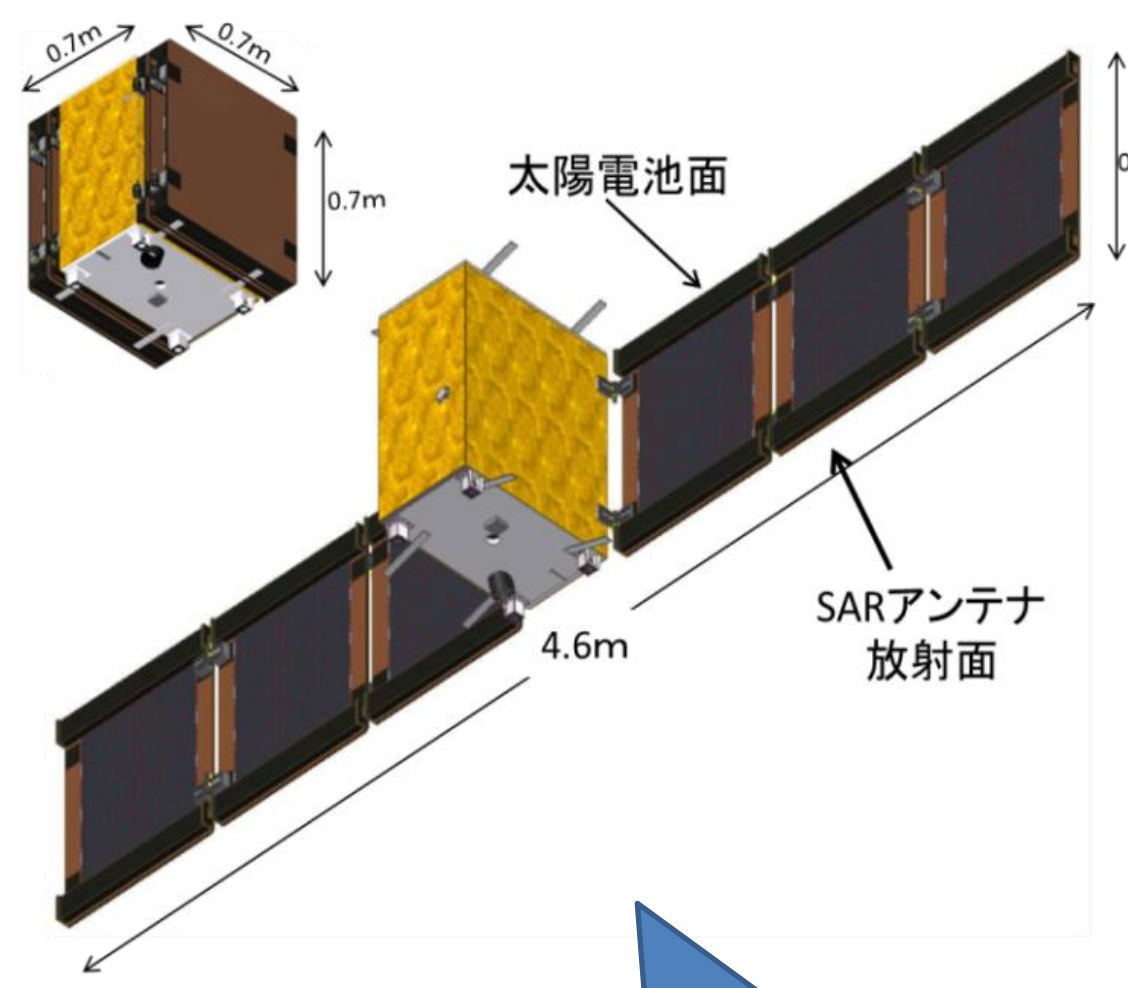


MicroXSAR

## New Challenge of Small Satellite

- All solid state (GaN-HEMT), robust, small and high power X band transmitter for SAR
- High peak output and high radiation hardness power supply system
- Robust GaN LNA

## 100kg級小型衛星で実現する合成開口レーダー



30\*70\*70cm程度の筐体に  
全衛星システムが入る  
そのうち1面を送信機が使用

### SAR地球観測の現状

- 合成開口レーダー (Synthetic Aperture Radar, SAR)
- 数m以上の大型アンテナ、大電力を必要とし、SAR搭載衛星はほとんどが重量1tであった

### MicroXSARの狙い

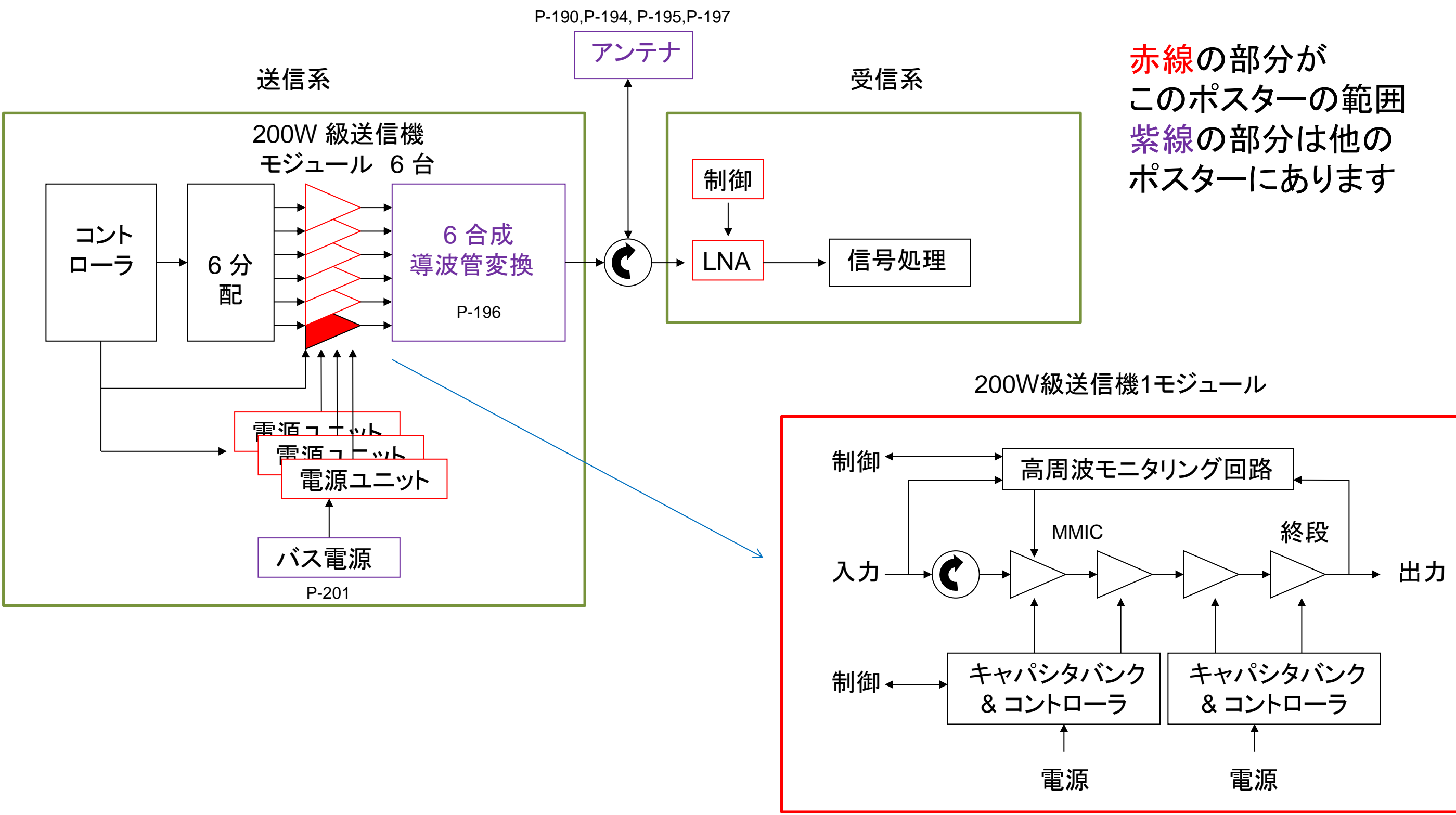
- 分解能10-3mのSARを100kg級小型衛星に搭載する
- 難易度は上昇するが小型高性能化が可能なXバンドを観測周波数に採用 (ALOS-2のLバンドの8倍の周波数)

### システム目標

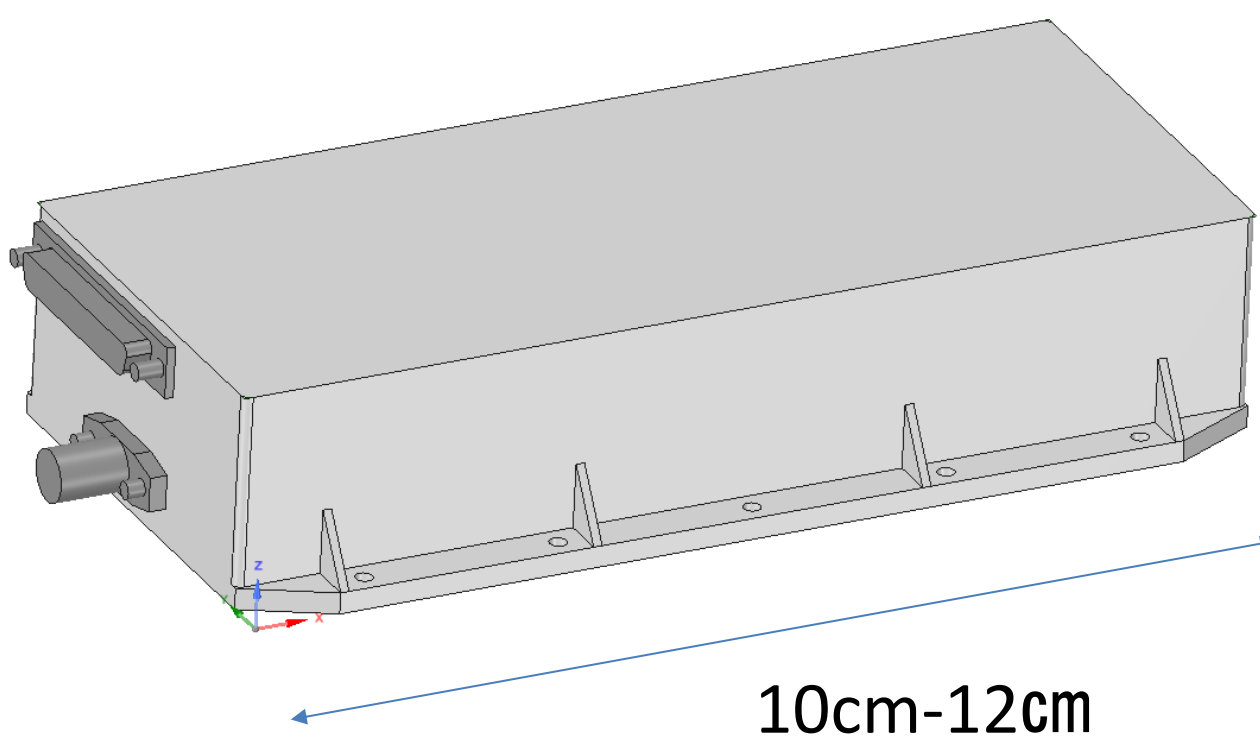
- ロケット収納サイズ 0.7m×0.7m×0.7m
- 衛星質量100kg
- 筐体の1面に全送信回路を実装
- 2020年FM完成目標

## Xバンドに挑む：開発中の1000W級高出力パルス送受信機システム

- Xバンド(9GHz帯)は周波数が高く、従来は小型高出力化が難しかった
- 最新GaN-HEMT(窒化ガリウム高電子移動度トランジスタ)を採用
- 新規技術を投入し完全固体化の小型SSPAを設計することで克服する
- 6台使用し電力合成を行う



## Xバンド 200W級 小型送信機モジュール: 開発中



- 全段完全固体化(SSPA)による小型化
- 国内メーカーと協力し最新窒化ガリウム(GaN)トランジスタ使用
- 民生用の最新高性能導電性高分子固体電解コンデンサを用いたピーク負荷対応回路を開発
- 高信頼かつ低熱抵抗を実現する実装をベンチャー企業と協力して開発中
- 高周波制御を行うモニタリング回路等を設計中

### モジュールの完成予想図

2階建て構成で1階に高周波系、2階にコントロール & キャパシタバンク回路



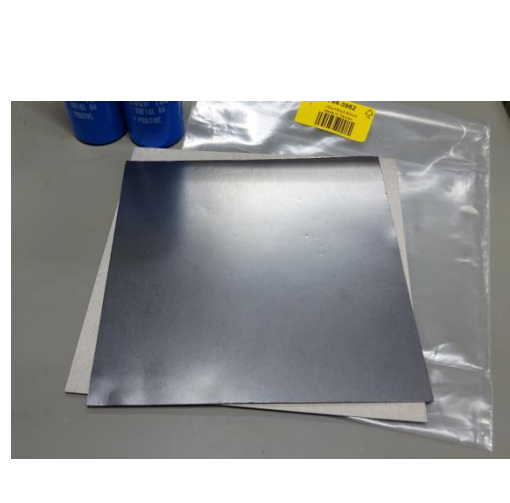
200W級世界最高出力\*  
GaN-HEMTトランジスタ



低損失高信頼  
高周波コネクタ



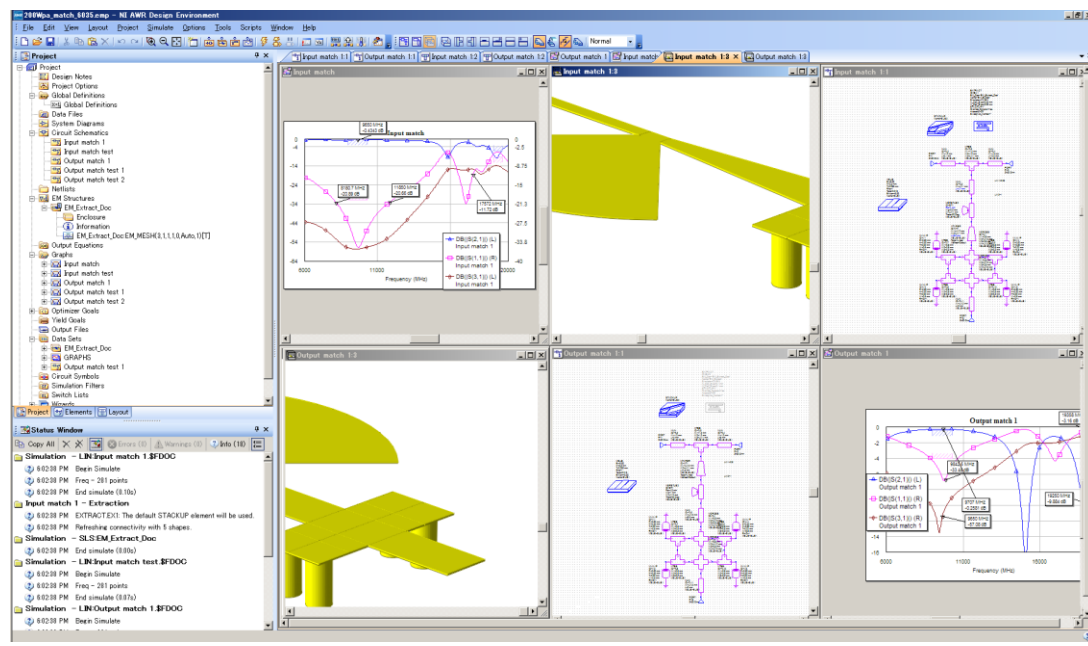
ECOSORB  
電波吸収シート



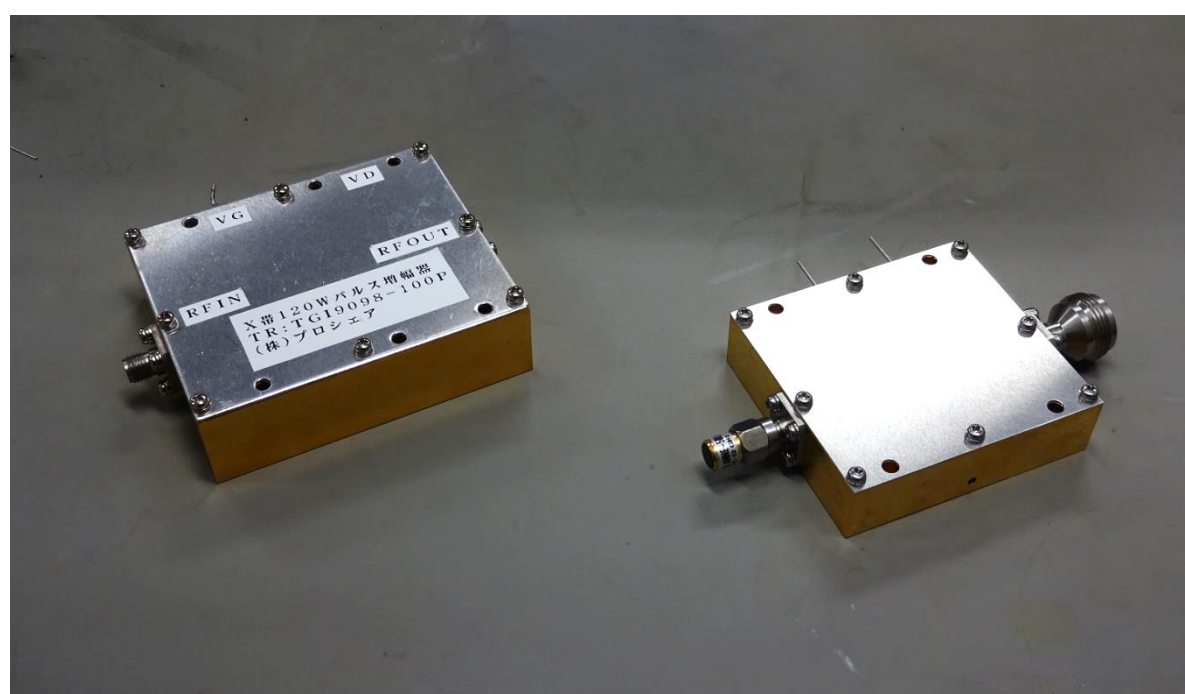
高熱伝導  
PGSグラファイトシート

\*2016年1月時点

## 送信機モジュール: Xバンド 200W級 SSPAの試作



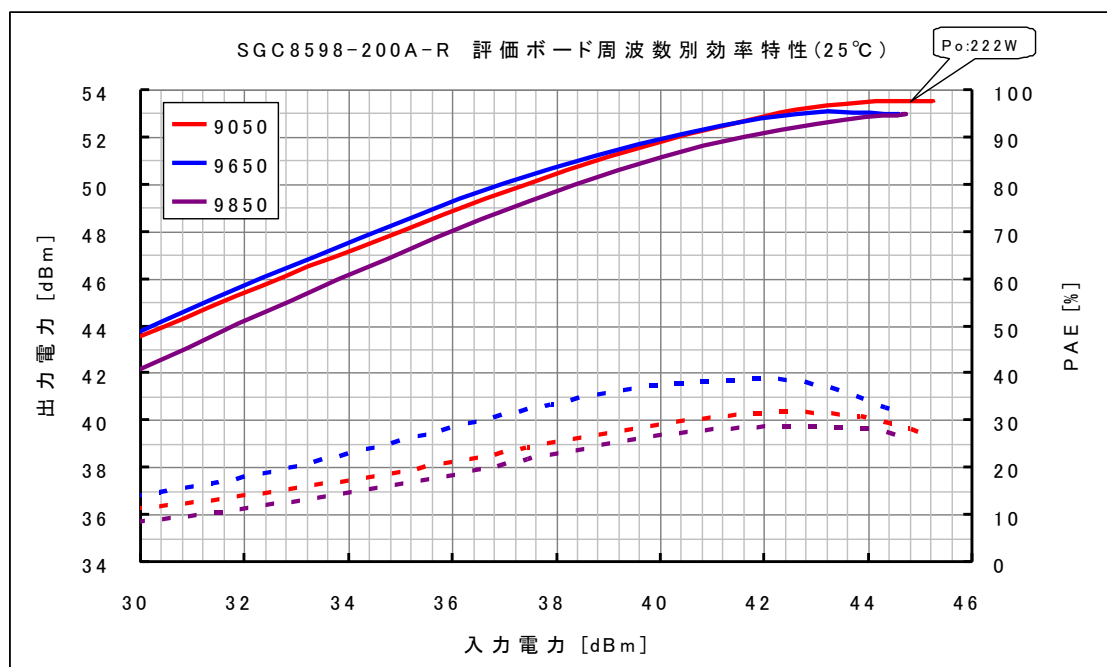
3次元EM(電磁界)シミュレータ



### SSPAの試作

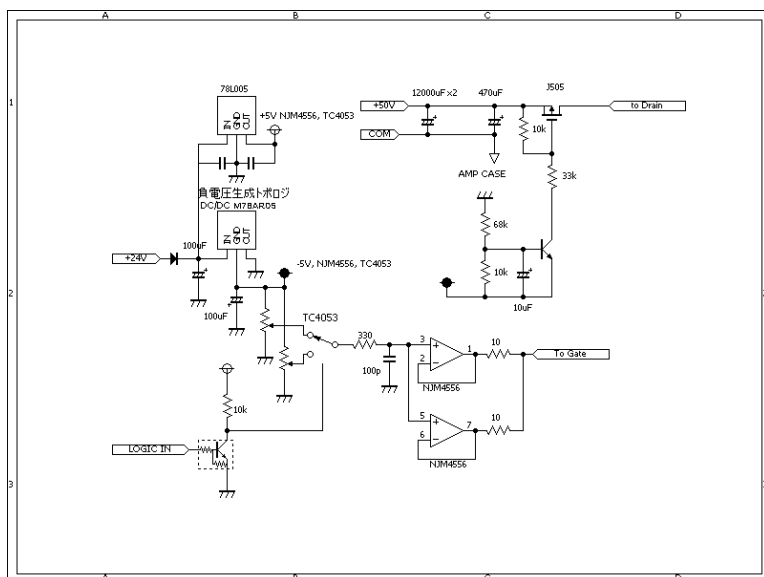
左: 第1世代、右: 第2世代  
出力が2倍に増え、サイズが半分になった

- 最新窒化ガリウム(GaN)トランジスタで固体化
- 安定度・性能を実現するため分布定数回路に最新の知見を適用
- 3次元EM(電磁界)シミュレータを活用
- loss-tangentが低く熱伝導率が良い高性能テフロン基板を採用
- 挿入損失0.25dB以下、反射率-33dB以下を比帯域33%以上で実現する広帯域低損失給電回路を設計
- 最終的に実力値250W出力を予定



高周波系、最終段の試作、ES品での評価結果  
最適化の劣る状態で目標値200W出力をクリア

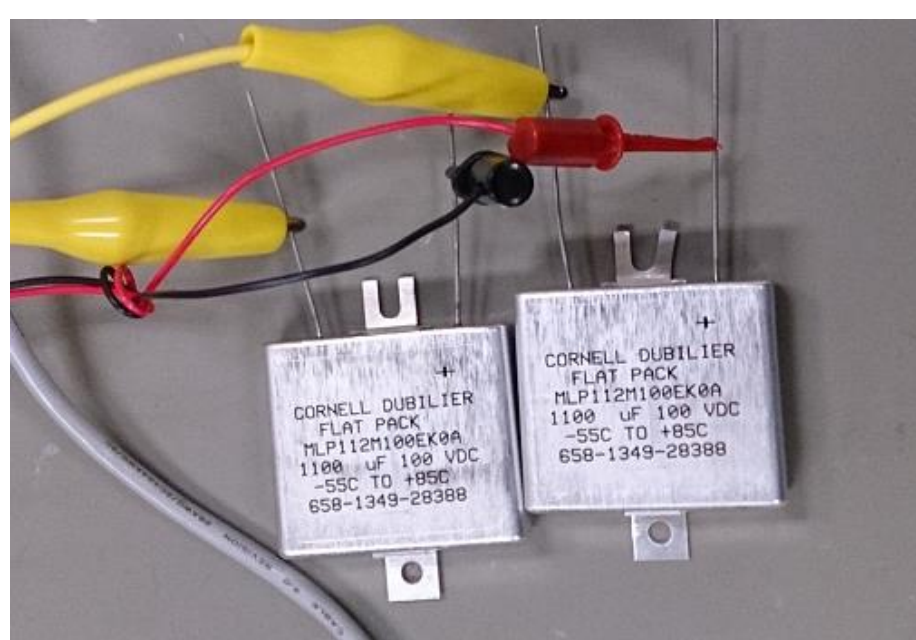
## 送信機モジュール: キャパシタバンク & コントローラの設計



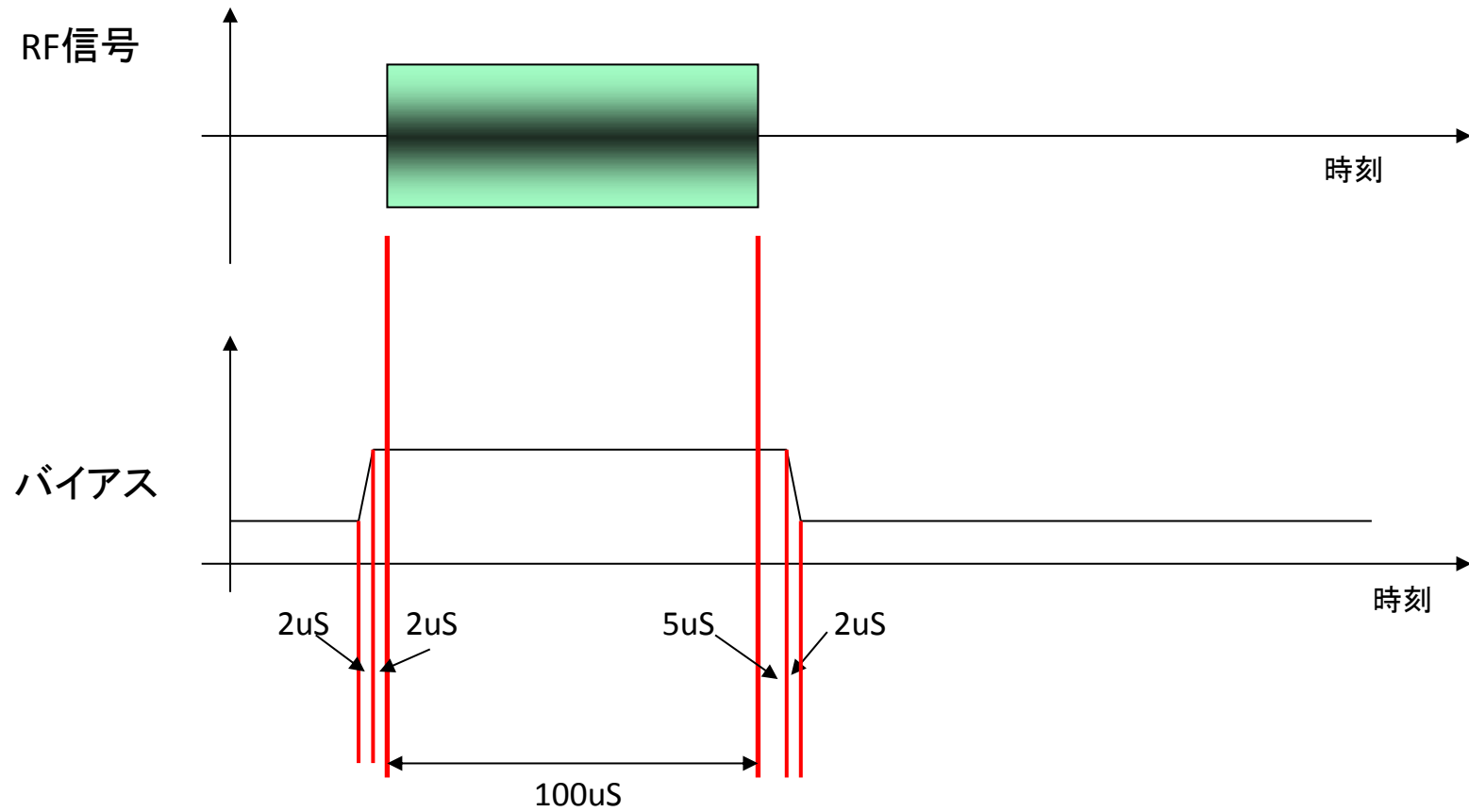
### 試作中のコントロール回路の一部概略



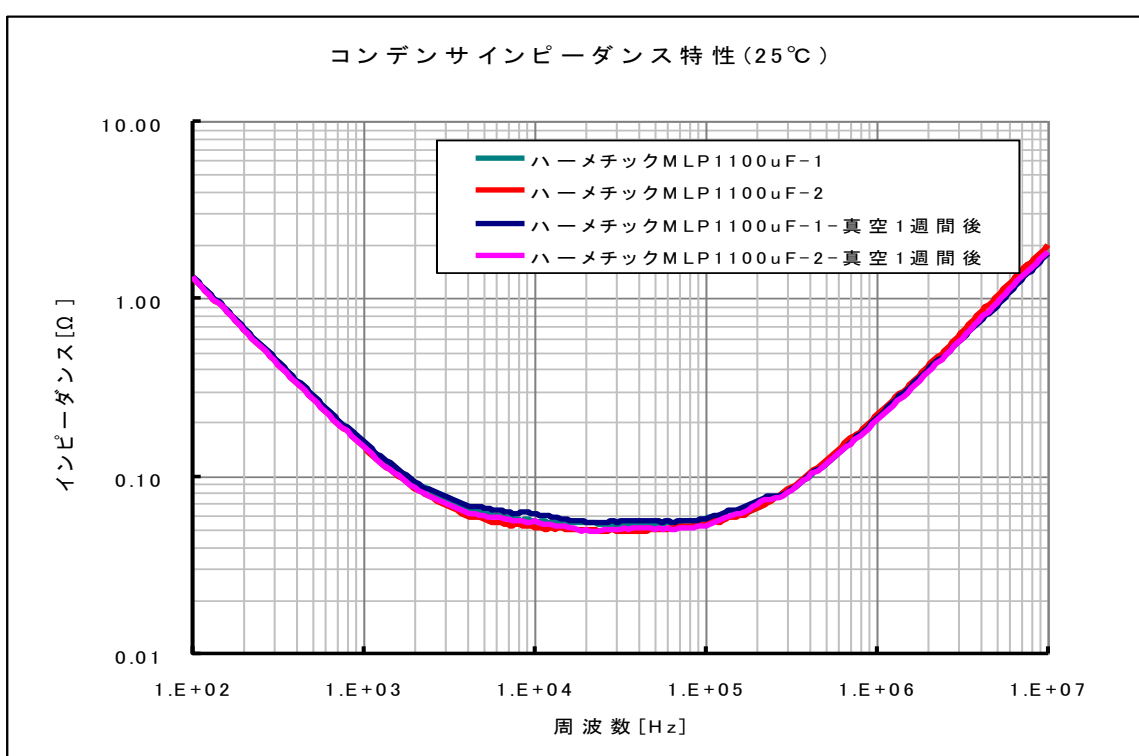
### 小型高性能 導電性高分子固体電解コンデンサ



高信頼化  
ハーメチック電解キャパシタ

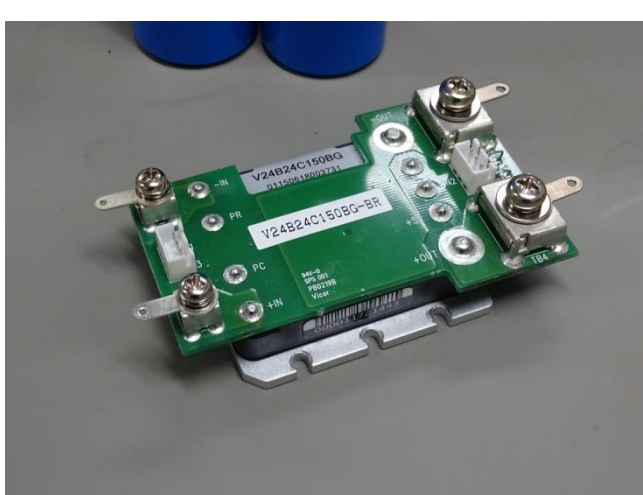


### 通電タイミングの検討

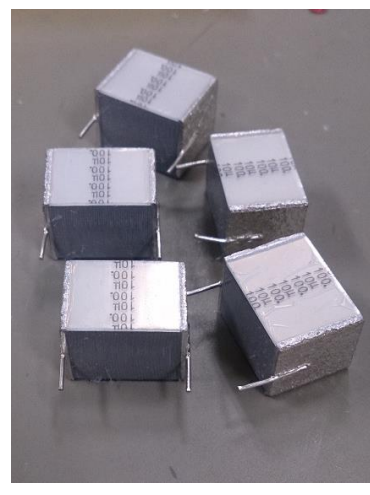


キャパシタを真空状態で試験しても  
性能に変動は見受けられなかった

## 高出力ピーク負荷対応電源ユニット



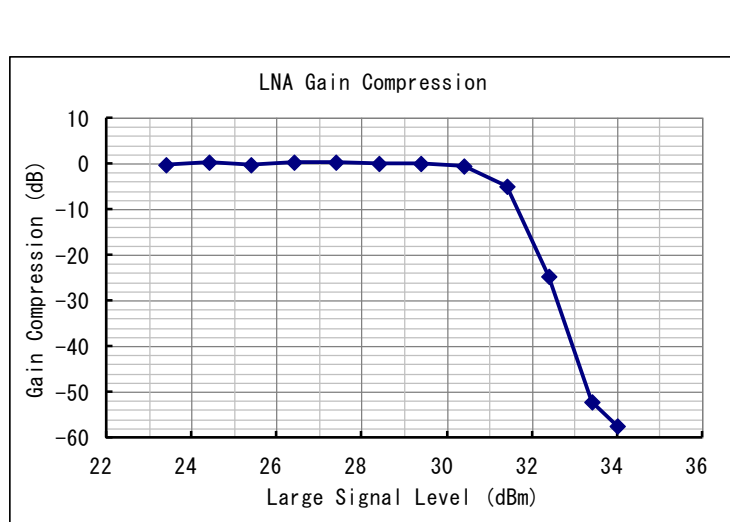
放射線耐性が低いオプトデバイスを含まない高信頼モジュール



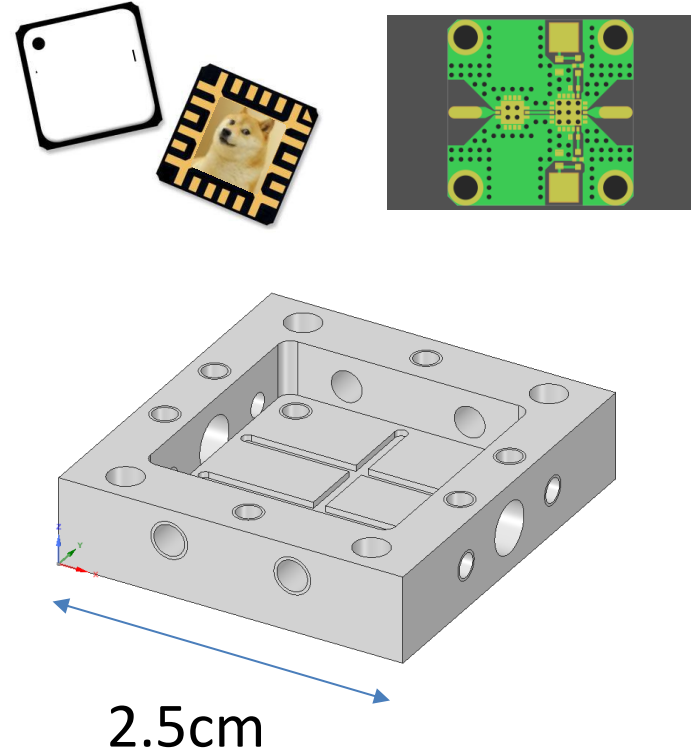
国内メーカー製  
高性能メタライズド  
コンデンサ

- 各種モジュール、部品の評価中
- コントロール、フィルタ回路を設計実装して評価を行う
- Radiation Hardnessに関する評価

## Xバンド レーダー波受信用LNA(ローノイズアンプ)



従来型高電力対応LNA  
ゲイン抑圧が発生



- レーダーに最適化したLNAを新規設計
- 窒化ガリウムトランジスタ使用
- 通電タイミングの制御を行うことでゲイン抑圧を減らし広範囲の電力に対応させる
- 導波管とのインターフェースを考えた小型設計
- 観測ウィンドウを広げるために周期毎のリカバリタイムを最小に抑え込む回路設計