

# 月・L点ミッションに向けた小型トランスポンダの開発

Development of Compact Transponder for Lunar and Lagrange point missions

●平原大地, 小林雄太, 富木敦史, 戸田知朗, 川崎繁男, 齋藤宏文 (宇宙航空研究開発機構)

## 目的

本研究開発グループでは、将来の月惑星探査ミッション(38万km)、ラグランジュポイント(約150万km)での望遠鏡ミッションに向け、要求される通信性能(受信、感度、ビットレート、スリープレート)や重量・大きさを満す次世代小型Sバンドトランスポンダを開発している。これらが、将来トランスポンダに技術提供、さらにEM品そのものが、COT部品や耐放射線FPGAを活用することで、ISAS小規模ミッション、大学等の超小型衛星ミッションに低コストなFM 品開発を提供する。

## 経緯

月・L点付近では、同じカテゴリ-A(200万km未満)の近地球ミッションに比べ、より高感度で軽量化されたトランスポンダが求められる。ALOS-2、ASTRO-Hなどの近地球衛星(3.6万km未満)に向けて設計されたトランスポンダはS-bandで多機能であるが、静止衛星以遠の遠距離通信を想定していない。さらに、月惑星探査のSELENEで用いられていた従来のアナログ式トランスポンダは、設計も古く既に生産中止となっている。そのため、将来の月・L点ミッションに対応したSバンドトランスポンダの開発が必要とされている。図1に示すのは性能は異なるが単純に重量-消費電力を比較したものであり、国際競争の中でも本開発品は小型といえる。図2に外観、図3に内部構成を示す。通信性能は表1、表2、表3、表4に示すように月・L点付近で十分な能力になるよう仕様を定めている。

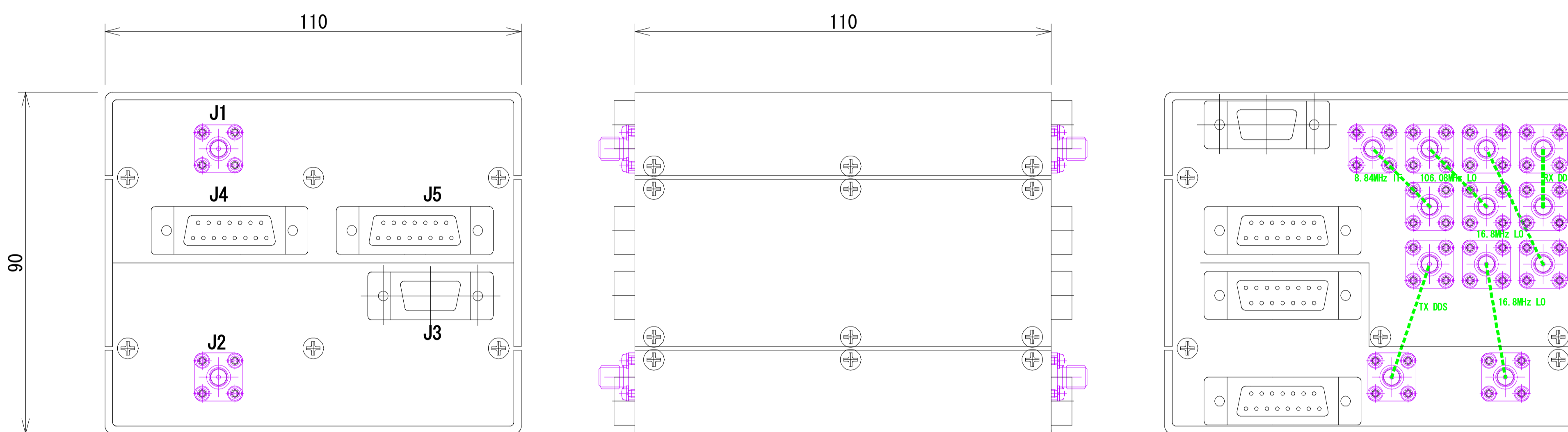


図2 Sバンドトランスポンダ外観.

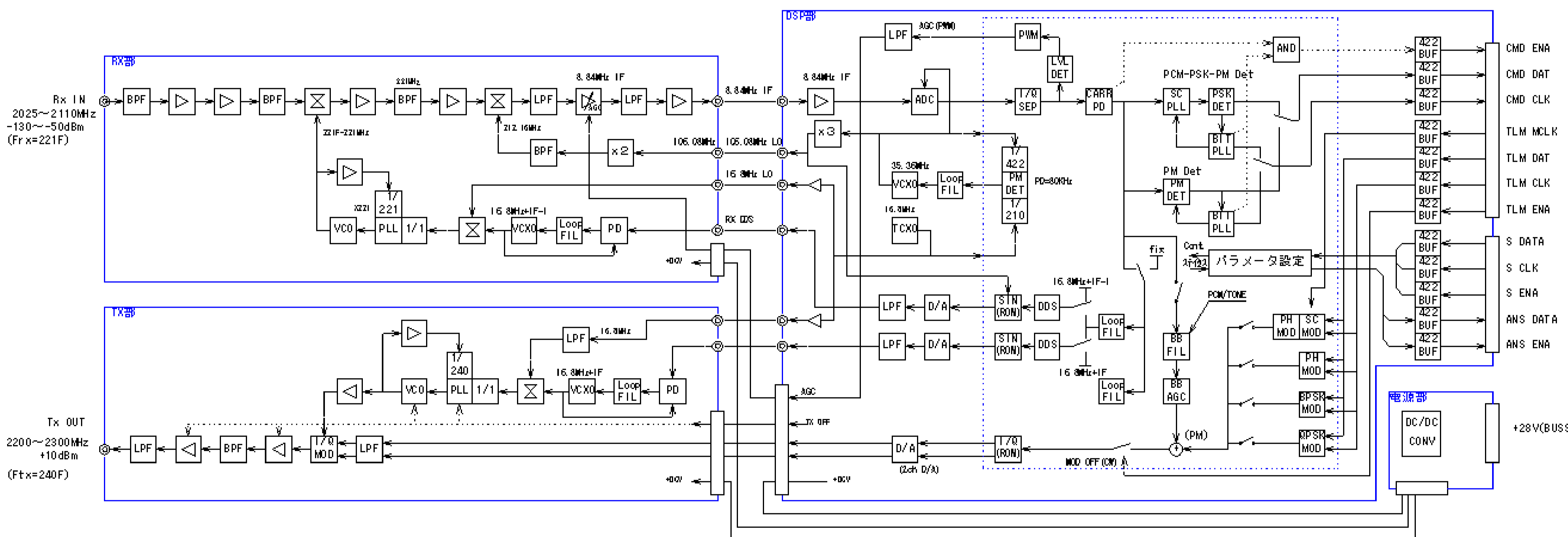


図3 Sバンドトランスポンダ内部構成.

低コスト化のため宇宙用の高信頼性部品を使用せず、民生品レベルの宇宙利用可能部品を活用。バンドパスフィルタ(BPF)にSAWフィルタを使用することで小型化し、高周波PLL ICにはINDEXで使用実績のある部品を用いて開発コストを下げている。送信部のI/Q MODにてIQ変調と周波数変換を同時に行うことで、デジタル処理部での消費電力を低減。エンジニアモデルでは、FPGAに民生品であるアルテラ社のEP2C8Q208C8を用いて低コスト化(フライトモデルではアクテル社のアンチフェーズ型のFPGAに交換)。回路構成は小型化、軽量化のために発振器の数が減るように設計。各設定周波数を基準周波数の定数倍からわずかにずらすことで、スプリアスやビートの増加を防いでいる。

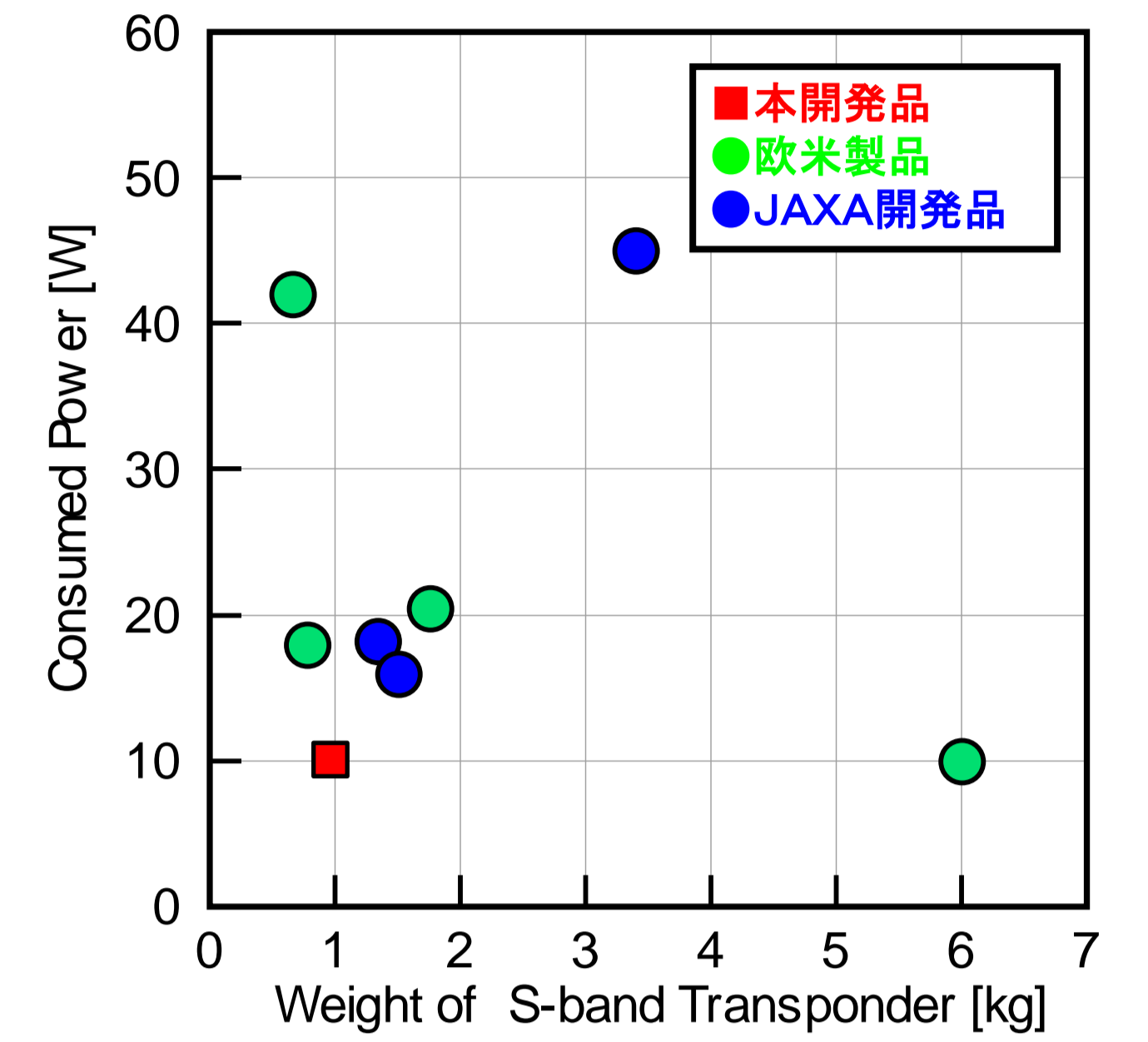


図1 Sバンドトランスポンダ各種の重量-消費電力単純比較

表1 Sバンドトランスポンダ各種諸元

項目	設計値
質量	1kg 以下
外形寸法	110×110×90 mm <sup>3</sup>
電源電圧	+28V
消費電力	10W 以下
動作温度範囲	-10℃ ~ +60℃

表2 受信性能

項目	設計値
受信搬送波周波数	2025 ~ 2110MHz
受信感度	-130dBm ~ -50 dBm
搬送波追尾周波数範囲	±100kHz
雑音指数	2dB 以下
復調方式①	PCM(NRZ-L)-PSK/PM 副搬送波周波数 16kHz 15.625bps, 125bps, 1kpbs, 2kbps, 4kbps
復調方式②	PCM(Biφ-L)-PM 8kbps ~ 256kbps

表3 送信性能

項目	設計値
出力搬送波周波数	2200 ~ 2290MHz
出力	10dBm ± 2dB
変調方式①	PCM(NRZ-L)-PSK/PM 8bps ~ 32kbps 副搬送波周波数 32kHz, 64kHz, 128kHz 変調指数 0.3 ~ 1.4rad
変調方式②	PCM(Biφ-L)-PM 8bps ~ 256kbps
変調方式③	BPSK 32kbps ~ 1024kbps
変調方式④	QPSK 64kbps ~ 2048bps

表4 測距性能

項目	設計値
測距方式	折り返し測距
変調方式	PSK-PM
中継帯域幅	2MHz 帯域(両側)

## 月周回ミッションにおけるおおよその能力

是非、SELENEシリーズや大学等の小規模月ミッションに検討下さい

	Uplink	Downlink
GN局11m	256kbps	2kbps
USC34m	256kbps	32kbps
UDSC64m	256kbps	256kbps

## ラグランジュ点ミッションにおけるおおよその能力

ハロー軌道最遠点で下記のパフォーマンス

	Uplink	Downlink
GN局11m	1kbps	100bps
USC34m	256kbps	2kbps
UDSC64m	256kbps	16kbps

※搭載側アンテナを利得0dBiのLGAとして計算

## 今後の予定

平成22年度にて、EM品の試作を完了させる。正常な動作を確認でき次第、環境試験や適合性試験を実施する。平成23年度から小規模ミッションのためのFM品試作に向けて部品選定および宇宙環境試験を検討している。研究開発によるMMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit)化でさらなる小型化を目指す。平成24年度までに宇宙科学研究本部内外の小規模ミッションに提案する。