

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。

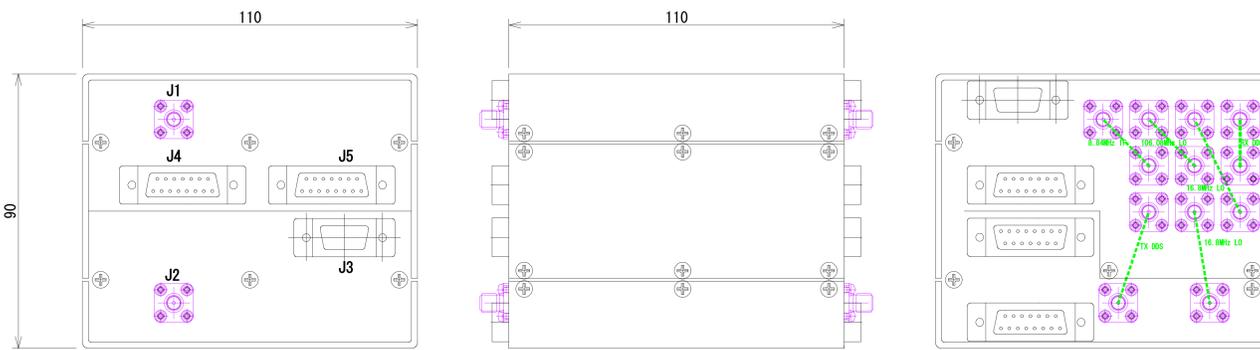


図2 Sバンドトランスポンダ外観.

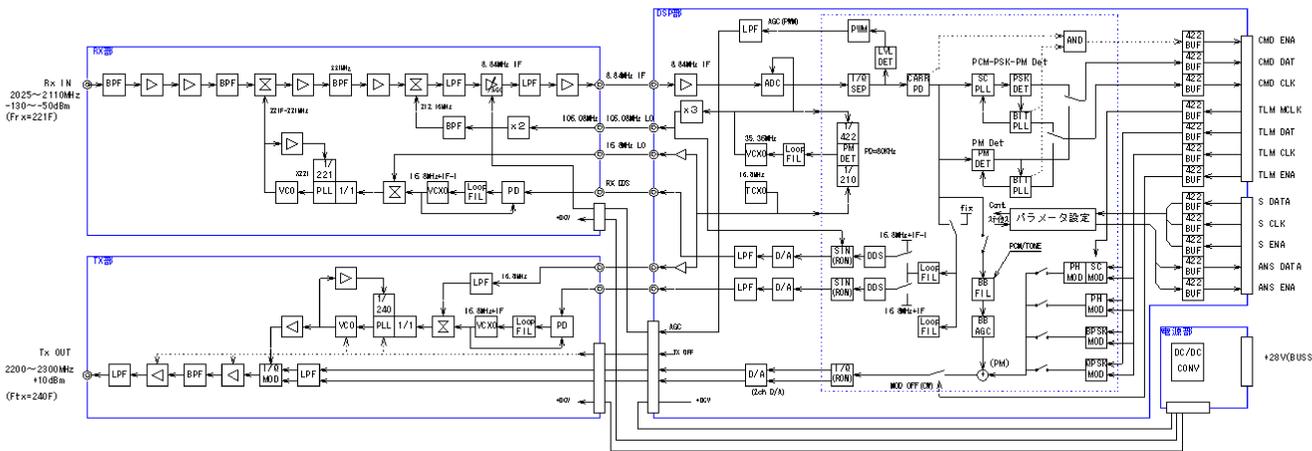


図3 Sバンドトランスポンダ内部構成.

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。

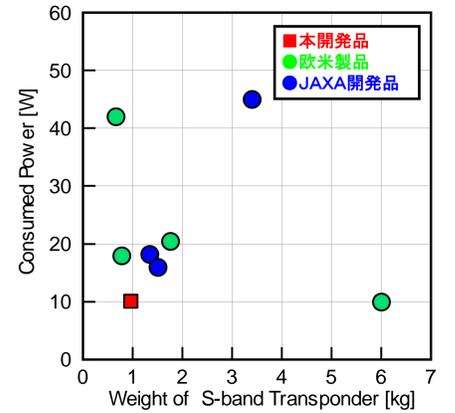


図1 Sバンドトランスポンダ各種の重量-消費電力単純比較

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 ³
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。