

# 新テレメトリコマンドシステムの開発

梯 友哉, 飯嶋 一征, 井筒 直樹, 加藤 洋一, 斎藤 芳隆, 佐藤 崇俊, 荘司 泰弘,  
田村 誠, 濱田 要, 福家 英之, 松坂 幸彦, 山田 和彦, 吉田 哲也 (JAXA)

## 概要

大気球実験室では、これまで新テレメトリコマンドシステムの開発を行ってきた。これは、気球実験の大規模化、複雑化に伴い、ユーザーの搭載機器開発にかかる労力が増大している事を鑑み、ユーザーと気球工学側の機器とのインターフェースを広く普及している RS-232C に統一する事で搭載機器の開発を容易にする事を目標としている。

新しいメインシステムの試作モデルを 2011 年に製作したが、天候不順のために 2012 年度まで飛翔実験は行われなかった。今年度、第 1 次実験で初めて B13-01 に搭載されたが、不具合が発生し、その後、原因究明・対策検討を行い、メインシステムを改良製作した。第 2 次実験において、改良したメインシステムの地上検証試験を行い、来年度からの実用化に向けて対策の有効性を確認した。

## 1. 新テレメトリコマンドシステムの開発の背景

これまで使用してきたシステムは既に老朽化しており、部品の枯渇によってシステムの更新が難しくなっていた。また、これまでの気球実験ではコマンド・テレメトリ共に、様々なフォーマットが存在していた。これらはユーザーの様々な要求に気球工学側が応えるかたちで開発されてきたことに起因する。しかし、この様な方法では、ユーザーは設計の初期段階から気球工学側との擦り合わせが必要になり、気球工学側は多様なフォーマットに応じた多くの送受信機器の運用を迫られる事になる。さらに、近来の気球実験では大型気球を用いる実験が主流となり、観測機器も大型化、複雑化し、機器開発にかかる時間やコストが大きくなってきている。

こうした問題を受け、統一された使い易いユーザーインターフェースを持った新しいテレメトリコマンドシステムが必要不可欠になってきた。

新しいシステムに必要な要件として、以下の点があげて開発を行った。

- 軽量・コンパクトな筐体（機器を搭載する際の制約が少ないこと）
- ユーザーインターフェースの RS-232C への統一  
（ユーザーが扱い易いこと、信頼性・メンテナンス性を向上させること）
- 大規模で複雑な観測機器に対応（機器開発の自由度が高いこと）

## 2. 新テレメトリコマンドシステムの概要

新しいシステムには、気球工学の搭載機器として、ゴンドラに搭載され、気球の制御や、テレメトリの集約、コマンドの分配等を行なう「メインシステム」と、気球尾部に搭載され、気球制御の冗長系および気球切り離し後の気球追尾に用いる「サブシステム」がある。

新テレメトリコマンドシステムでは、ユーザーとのインターフェースに RS-232C を用いており、全体のデータの流れは図 1 に示す通りである。新テレメトリコマンドシステムでは、ユーザー用に 3 系統のテレメトリ、コマンドのポートを持っており、最大 3 つの搭載機器をサポートすることができる。

また、メインシステムの主な諸元を表 1 に、外観を図 2 に示す。全体はアルミケースに収納され、旧システムと比較して非常に小型、軽量化されており、ゴンドラへの取り付けが容易になっている。

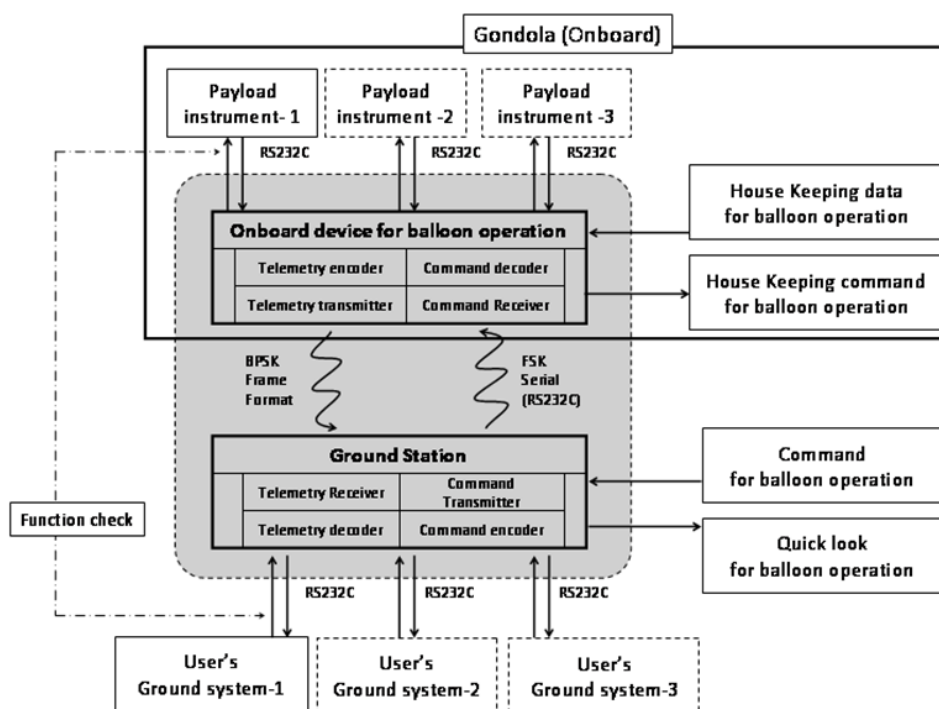


図 1 新テレメトリコマンドシステム（メインシステム）のデータの流れ

表 1 メインシステム諸元

外形寸法	179mm × 96mm × 128mm (コネクタ等の突起物含まず)
重量	約 1.3kg
供給電圧	5.5V 以上, 30V 以下
消費電流最大	500mA
ユーザー インターフェース	コマンド (RS-232C 1200bps) × 3 テレメトリ (RS-232C 57.6kbps) × 3
測位方法	GPS2 台, 測距, 気圧計
テレメトリ	bi-φ (65kbps)



図 2 メインシステム外観

## 2.1. コマンド

コマンドは基本的に全てキャラクターベースのシリアルコマンドである。ユーザーおよび気球工学側のコマンドは、通信速度 1200bps の RS-232C の信号としてコマンド集約機に入力され、1byte 毎に 1byte の気球 ID とチャンネルナンバーの情報、さらに 2byte の CRC 符号が付けられ、4byte のデータとして FSK 変調をかけて送信する。

受信したゴンドラ側では復調の後 CRC 符号による検証を行い、チャンネルナンバーに応じたポートに信号が出力される。この信号は地上でユーザーが出力した信号と同じものとなる。そのため、ユーザーは地上局とゴンドラの間にある気球工学の通信装置を意識する事無く開発を行なう事が出来る。

オプションとして、これまで接点コマンドによる運用を行なっていたユーザーに対して、シリアルコマンドを 32 点のディスクリットコマンドに変換するモジュールを開発している。

また、新しいシステムでは、シリアルコマンドとは別に、トーン信号を用いた接点コマンドを持っている。この接点コマンドはメインのシステムが万が一ハングアップした場合にリセットをかける為のものである。

## 2.2. テレメトリ

テレメトリは気球工学側とユーザーのデータを 1 つのテレメトリとして集約し、65kbps の bi-φ 信号として地上に送信する。ユーザーと気球工学側のインターフェースは 57.6kbps の RS-232C を用いるが、通信の実効速度には bi-φ 信号の通信速度の制限がある。ユーザー用に 3 系統のテレメトリに対応可能であるが、気球工学と全てのユーザーを合わせたデータ量は 65kbps 以内に収める必要がる。

地上の受信局で復調された信号は、ゴンドラでの入力ポートに対応するポートに振り分けられ、それぞれ 57.6kbps の RS-232C で配信される。コマンドと同じく、ユーザーが入力した信号と同じものであるため、気球工学の設備を用いずにユーザーが独自に機器開発を行なう事が出来る。

また、従来通り、NTSC 方式のカラー画像に関しては、別途テレメトリを用意している。NTSC カラー画像信号は bi-φ 信号とは独立した送信機により送信され、地上では NTSC 画像として受信される。そのため、bi-φ 信号と同時に使用することができる。

詳細な仕様はユーザーマニュアルとしてまとめており、大気球実験室の web サイト (<http://www.balloon.isas.jaxa.jp/users/>) で公開している。

### 3. 新テレメトリコマンドシステムの開発

新テレメトリコマンドシステムに関して、サブシステムは既に開発が完了し(山田他 2009, 河田他 2009), 運用が行われている。また, 地上系設備の整備も進んでいる(高田他 2010)。

メインシステムに関しては, 2011 年に試作モデルを製作し(田村他 2011), 2012 年度第 2 次実験より運用を開始する予定であったが, 天候不順により飛翔実験が行なわれなかった。

今年度, 第 1 次実験で初めて B13-01 に搭載されたが, 気球放球のためのスプーラ解放直後に, メインシステムの不具合が発生した。そこで, ブレインストーミングの実施・FTA の作成・有識者を含めた打ち合わせ等を踏まえ, 各種再現試験などを実施し, 原因究明・対策検討が行われた。不具合の原因を, 気球フィルム起因の静電気ならびにメインシステムのグラウンドの不安定性と推定し, メインシステムに対策を施した。主な対策・改良点は以下の点である。

- メインシステムのグラウンドの強化 (回路設計・基板設計の見直し)
- 静電気対策 (バリスタ回路の装入・メカニカルリレーの装入)

改良したメインシステムの地上検証試験として, 改良した「新メインシステム」と, 不具合を起こしたのと同じ仕様の「旧メインシステム」を同時に搭載したゴンドラを用いた試験を 4 回実施した。結果, 4 回の試験共に, 不具合に関する事象について, 「旧メインシステム」での再現, および, 「新メインシステム」で発生しないことを確認し, 改良したメインシステムの設計妥当性を示した。

### 4. まとめと今後の予定

これまでに運用を開始していた気球制御の冗長系となる サブシステム および 地上系に加え, 気球の制御, テレメトリの集約, コマンドの分配等を行なう メインシステムの開発を今年度でほぼ完了した。2011 年度に製作した メインシステム では不具合が発生したが, 静電気という原因に対して対策を施した改良製作を行い, 有効性を確認している。来年度の第 1 次実験から, 新しい メインシステム を含めた, 新テレメトリコマンドシステムの運用を開始する予定である。

### 参考文献

田村啓輔, 他, “新テレメトリコマンドシステムの開発・計画と現状”, 大気球シンポジウム 2011

高田淳史, 他, “新テレメトリコマンドシステムによる気球運用に向けた地上系システムの開発”, 大気球シンポジウム 2010

山田和彦, 他, “新テレメトリコマンドシステムの開発 -現状と将来- ”, 大気球シンポジウム 2009

河田二郎, 他, “新テレメトリコマンドシステムの性能実証試験”, 大気球シンポジウム 2009