

## 新テレメトリーコマンドシステムの開発・計画と現状

ISAS/JAXA	:	田村啓輔, 井筒直樹, 飯嶋一征, 加藤洋一, 梯友哉, 齋藤芳隆, 佐藤崇俊, 荘司泰弘, 福家英之, 松坂幸彦, 山田和彦, 吉田哲也
ARD/JAXA	:	水田 栄一
京都大学	:	高田淳史
Univ. Bern	:	河田二郎

### 概要

大気球実験室では、2012年からの本格運用を目指して新しいテレメトリー/コマンドシステムの開発を行なっている。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。これによってユーザーはビットシンクロナイザーのような特別な復調器等を用意する事無く機器開発を進める事が可能となる。

今年度は、ゴンドラに搭載するメインシステムの試作モデルを製作し、実際にB11-05として飛翔用ゴンドラの製作を行なった。天候の不順により飛翔実験は行なわれなかったが、大樹航空宇宙実験場においてコマンドの受信感度試験や噛み合わせ等、来年度からの実用化に向けて必要なテストを行なう事が出来た。このメインシステムは来年度第2次実験から本格的に運用を開始する予定である。

### 1 新テレメトリー/コマンドシステムの開発の背景

近來の気球実験では、大型気球を用いる実験が主流となり、観測機器も大型化、複雑化の一途をたどっている。また、これまで使用して来たシステムが既に老朽化しており、部品の枯渇により更新が難しいという事情もあった。

これまでの気球実験では、コマンド、テレメトリーともに様々なフォーマットが存在していた。それらはユーザーの様々な要求に気球工学側が答える形で開発されてきたからである。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る上、気球工学側は多様なインターフェースに応じた多くの送受信機器の運用を迫られる事になる。そのため、気球実験が大規模化し、機器開発にかかる時間やコストが大きくなってくると統一された使い易いユーザーインターフェースがどうしても不可欠になって来た。

新しいシステムの開発に当たり、ユーザーとのインターフェースについて以下の点を必要な要件とした。

- ユーザーが扱い易い一般的な通信方法を用いる。
- 汎用の規格に統一する事で信頼性とメンテナンス性の向上を図る。
- ユーザーにとって機器開発の自由度が高い。
- 軽量、コンパクトで機器を搭載する際の制約が少ない。

以上から、RS-232Cを気球のユーザーインターフェースとして用いる事にした。RS-232Cは一般に広く普及しており、使用に際して機器の入手が極めて容易であり、取り扱いのノウハウも広く流通しているのでユーザーの開発も容易だと思われる。また、枯れた技術であるので信頼性も高い。

さらに、ユーザーインターフェースをRS-232Cに統一する事により、ユーザーは気球工学の機器を用いる事無く独自でテストを進める事が出来る。これによって、ユーザーの機器開発のハードルを下げる事が出来る。

### 2 新テレメトリー/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テレメトリーの編集やコマンドの分配、気球の制御等を行なうメインシステムと、気球尾部に搭載され、気球制御の冗長系及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 (図 1)。

サブシステムに関しては既に実用化されており (山田他 2009, 河田他 2009)、昨年度から飛翔実験での運用も開始している。また、それに伴って地上系の設備の整備も進んでいる (高田他 2010)。本論文では、主に来年度からの運用を目指して開発行なっているメインシステムについて述べる。

先に述べた様に、新しいテレメトリー / 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 を用いる。全体のデータの流れを図 2 に示す。

新しいシステムではユーザー用に 3 系統のテレメトリー、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できる。以下、コマンド、テレメトリーそれぞれについてデータの流れを述べる。

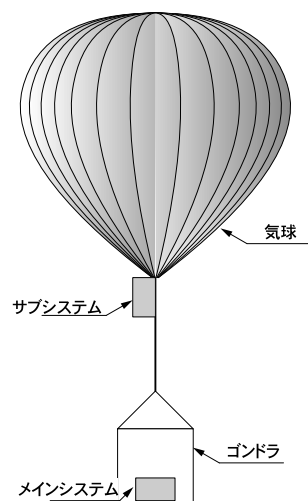


図 1: 新システム配置図

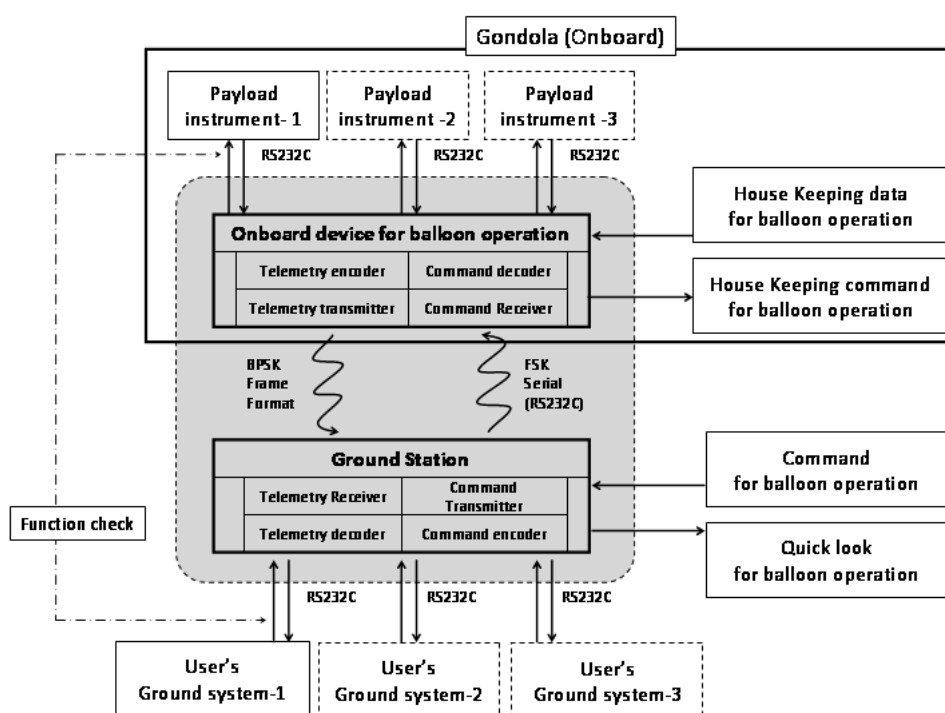


図 2: 新システムでのデータの流れ

## 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となる (気球工学機器リセット用のトーンコマンドを除く)。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が付けられる。さらに 2byte の CRC 符号が付けられ 4byte のデータとなり、これをコマンドとして 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するサポートとして、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。これにより、今までシリアルコマンド

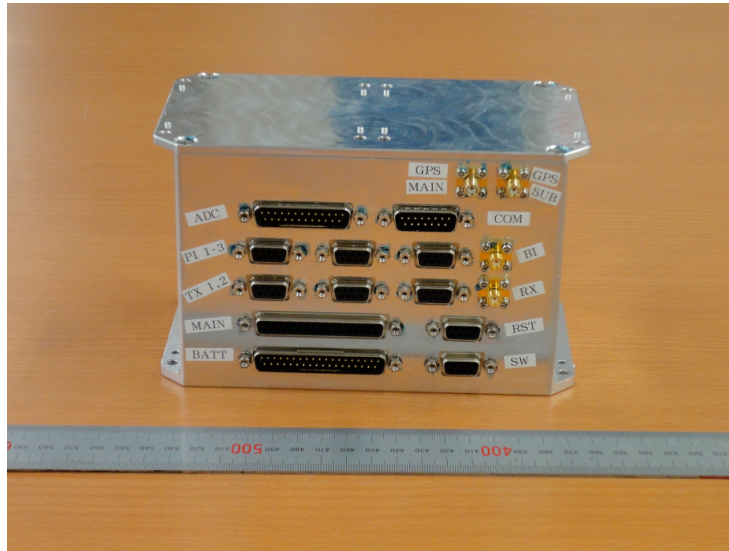


図 3: メインシステム

を使用していなかったユーザーも新たな開発の労力を最小限に止める事が出来る。

また、新しいシステムでは、この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 テレメトリー

テレメトリー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  $bi-\phi$  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  $bi-\phi$  信号の通信速度の制限があり、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ある。

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、ユーザーの希望があれば独自フォーマットのテレメトリーも1波のみ使う事が出来る。その場合、大気球実験室のサポートは  $bi-\phi$  信号か、NRZ(+クロック)によるデータ配信となり、それ以降のデータ収集はユーザー側で行なう事になる。

これ以外にも従来通りNTSC方式の画像に関しては別途テレメトリを用意している。

## 2.3 ユーザーインターフェース

ユーザーインターフェースはRS-232Cを用いるが、コマンドとテレメトリーでは通信速度が異なるので別々の通信となる。また、気球工学側との間にはアイソレーターが導入されるので、ユーザーはその電源(4.5V以上)を供給する必要がある。

これらのコネクタはまとめてユーザーインターフェースボックスとしてユーザーに供与する。

詳細な仕様はユーザーマニュアルとしてまとめて大気球実験室のwebサイト (<http://balloon.isas.jaxa.jp/users/>) で公開している。変更があれば暫時変更して行く予定である。

## 3 新テレメトリー / コマンドシステムの開発

新テレメトリー / コマンドシステムの開発を行ない、サブシステム、地上系に関しては実際の運用も開始した(山田他2009, 河田他2009, 高田他2010)。

今年度は主にメインシステムの開発を行ない、試作モデルの製作と試験まで行なった。

メインシステムの役割は、以下の項目に大別される。

- HK データの収集 (GPS、気圧計、温度計、電源電圧等)
- 測距
- 気球の制御 (バラスト投下、排気弁制御、気球切り離し)
- アクセサリ制御 (トランスポンダー、パイ等)、送信機の切り替え
- テレメトリーの集約、コマンドの分配

我々が製作した試作モデルの写真を図 3 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。

新しいメインシステムの主な諸元を表 1 に示す。

外形寸法	137mm × 87mm × 41mm (コネクタ等の突起物含まず)
重量	約 1.1kg
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 テレメトリー (RS-232C 57.6kbps) × 3
測位方法	GPS2 台、測距、気圧計
テレメトリー	$bi - \phi$ (65kbps)

表 1: メインシステム諸元

製作した試作モデルには、地上試験として、 $-60$  での低温動作試験、真空環境下 ( $< 10Pa$ ) での動作試験、24 時間以上の長時間動作試験を行ない、いずれも正常動作を確認した。さらに、今期の第 2 次実験において飛翔試験を行う為に B11-05 のゴンドラに搭載した。天候の不順により飛翔実験は出来なかったが、地上においてコマンドの受信感度試験を行い、単独で 1000km 以上の到達距離が確保できている事を確認した。

また、メインモジュールとは独立に音声トーンの組み合わせによって動く接点コマンドを搭載し、万が一メインシステムの FPGA がハングアップを起こした際にリセットをかける事が出来る。このリセットコマンドのモジュールは B11-02 にピギーとして搭載し、気球高度において正常に動作し、雑音により誤動作しない事を確認した。

## 4 まとめと今後の予定

気球制御の冗長系となるサブシステム及び地上系の開発は今年度でほぼ終了し、実際の運用を開始した。今年度の気球実験ではサブシステムを使用した代替システムを構築し、気球実験の運用を行なった。

気球の制御、HK データ収集、コマンドの分配、テレメトリーの集約等を行なうメインシステムの開発は試作機の製作とテストが終了し、その結果を元にフライトモデルの製作とテストを今年度から来年度春にかけて行なう。

来年度の気球の運用では第 1 次実験は今年度と同じく代替システムでの運用となるが、2 次実験からはメインシステムを用いた運用を開始する予定となっている。

## 参考文献

- 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