

## 気球通信システム地上系の刷新

小財 正義, 齋藤 芳隆, 飯嶋 一征, 池田 忠作, 井筒 直樹, 梯 友哉,  
田村 誠, 濱田 要, 福家 英之, 松坂 幸彦, 吉田 哲也 (ISAS/JAXA)

### 1. 概要

大樹航空宇宙実験場の大気球指令管制棟に設置された気球通信システム地上系(以下、地上系システム)は、大気球ゴンドラからのテレメトリ受信、ゴンドラへのコマンド送信、地上系 - ゴンドラ間の測距などの役割を担う。これまで変復調装置やアンテナ制御装置のモニタ・操作の殆どは各機器で独立して行われていたが、その連携と統合による地上系システムの刷新を現在検討している。それにより、危機管理体制の強化や操作性の向上、操作の自動化を期待できる。ここでは地上系システム刷新計画について述べる。

### 2. 現在の気球通信システム地上系

地上系システムは、昭和 46 年以降大気球実験の運用を担った三陸大気球観測所の送受信設備[1,2]を原型としている。その後大樹航空宇宙実験場への移行期間を含む平成 19 年から平成 25 年にかけて、気球実験の大規模化・複雑化へ対応する為に新たな気球搭載機器を開発し、HK 側機器や PI 用インターフェースの統一化が進められた[3-9]。地上系システムも搭載機器の更新と複雑化する PI のニーズに対応するため大幅に更新され[6,10-12]、現在に至っている。

現在の地上系システムの概略図を図 1 に示す。黒矢印はテレメトリ・コマンド信号、赤矢印は各機器のステータス情報、青矢印は制御信号の流れを表す。多くの機器はテレメトリ受信系とコマンド送信系に分けられ、それぞれの機器を複数の PC が制御・モニタしている。

受信アンテナで受信した気球ゴンドラからのテレメトリ信号は Down Converter で中間周波数に変換し、受信機で FM 復調されて bi- $\phi$  信号が取り出される。Bit Synchronizer で自己相関を取って NRZ 信号へ変換し、Frame Formatter で読み取って RS232C 規格で出力する。出力データは DAQ PC がデータベースに記録し、QL PC ではモニタ画面に表示される。各配線の接続関係を制御する Matrix Switch を介して PI 受信系にも送られる。bi- $\phi$  信号もオシロスコープで常時モニタされ、さらに Bit Synchronizer 以降の信号処理のトラブルに備えて、波形レコーダ PC で記録される。

気球ゴンドラへのコマンドは QL PC または押しボタンスイッチからシリアル信号として出力される。さらに Command Encoder でエンコードされ、FSK 変調がかけられる。コマンド送信マネージャは測距装置と各ゴンドラ(メイン、冗長系)用エンコーダからの送信リクエストを整理し、指定された送信機へ FSK 信号を送る。FSK 信号は送信機で FM 変調がかけられ、送信アンテナから送信される。

地上系のもう一つの機能が測距である。決められた周期で気球ゴンドラでは測距ウィン

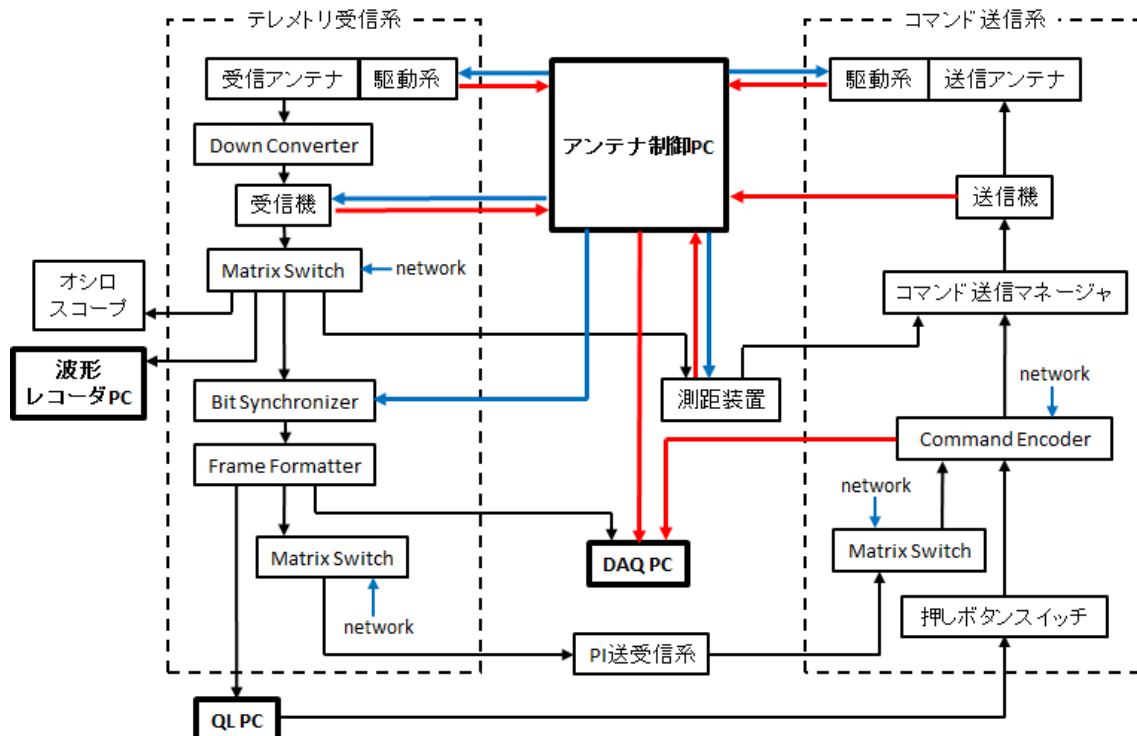


図 1: 現在の地上系システム。黒矢印はテレメトリ・コマンド信号、赤矢印は各機器のステータス情報、青矢印は制御信号の流れを表す。

ドゥが開かれ、その間地上系システムの測距装置から測距信号が送信される。ゴンドラでは、コマンド受信機で復調したのちテレメトリ送信機で変調をかける事で測距信号を折り返し、地上系システムに受信させる。送信した測距信号と受信した信号の位相差から、気球までの距離を測定する事ができる。測距のデータはアンテナ制御 PC が収集し、DAQ PC へ送る。

各機器の制御で最も大きな役割を担うのはアンテナ制御 PC である。この PC はアンテナの方位や追尾方法（電界追尾・GPS 追尾）、受信機の受信周波数などを制御し、それらのステータス情報や受信波スペクトルなどをモニタ画面へ表示する。ステータス情報は DAQ PC へ送られ記録される。さらに測距ウィンドウ終了のタイミングを測距装置から読み取り、Bit Synchronizer にリセットをかけて Bit Synchronizer のロック外れを防ぐ。

また、Matrix Switch と Command Encoder はネットワークを介していずれの PC から制御する事ができる。

### 3. 新たな地上系システム

前章で述べた現行の地上系システムにはいくつか問題点があった。まず、データ収集と制御を担う各 PC 又はソフトウェアが独立しており、直接的には連携していない。気球によって異なるパラメータをそれぞれの PC 又はソフトウェアで設定する必要があり、間違いの起こる危険性があった。

次に、PC 同士だけでなく、Frame Formatter やコマンド送信マネージャも PC に接続されず独立しており、それぞれのパネルに設けられた LED やつまみでモニタ・操作している。

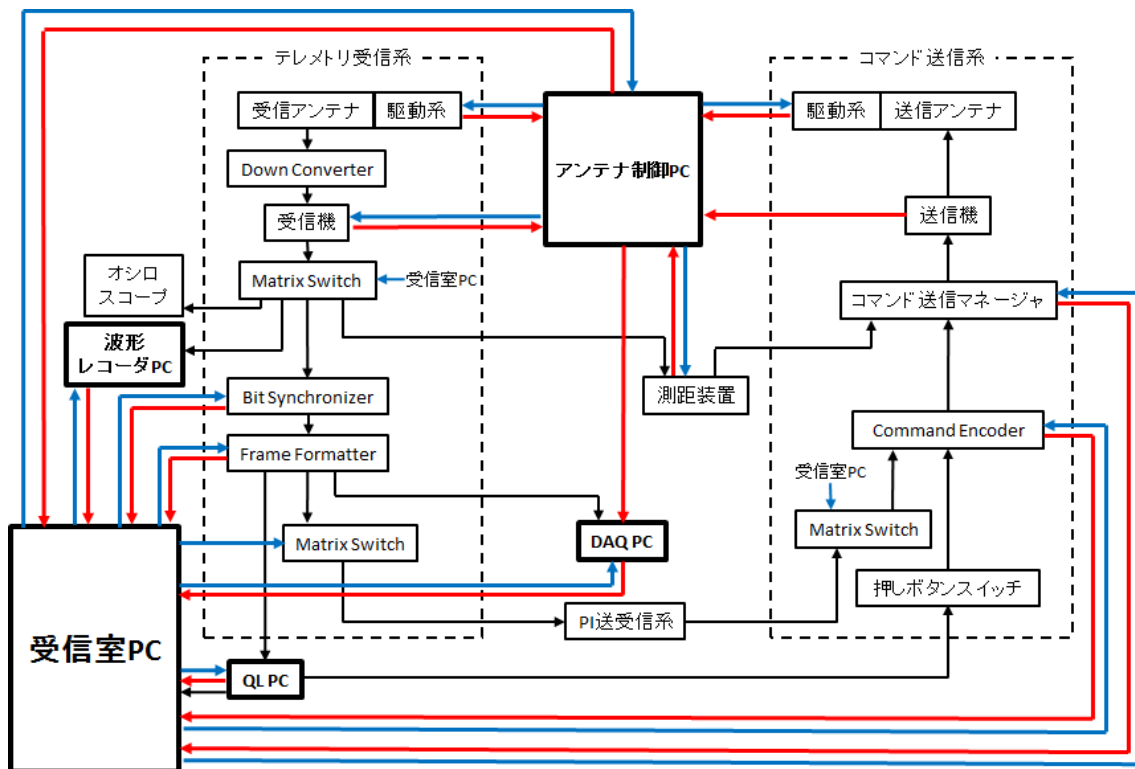


図 2: 刷新後の地上系システム

各 PC や機器間を移動しながらモニタ・操作する必要があり、迅速な対応が難しかった。

これらの問題を解決するため、我々は地上系の刷新を計画している。その概略図を図 2 に示す。現行システムとの大きな違いは、新たに設置された受信室 PC でテレメトリと各ステータス情報を集約し、機器の制御も一括して行う点である。これにより気球ごとのパラメータを一括で設定でき、受信室 PC だけをモニタ・操作すれば良いので操作性も向上する。全ての機器のステータスを一目でチェックでき、トラブルが起こった際も迅速に対応できる。

さらに、以下に述べる様な新機能の追加も可能であり、検討を進めている。

### ① トラブル発生箇所の自動検知機能

例えば QL PC のデータ更新が停止した場合、従来は Frame Formatter、Bit Synchronizer、Matrix Switch、受信機などのデータ処理状況をそれぞれ担当者が確認する必要があり、対応に時間がかかっていた。新地上系システムでは受信室 PC に全てのステータスが集約されるため、新たなソフトウェアの実装によりトラブル発生箇所の自動検知が可能である。データ更新が停止した場合には、受信室 PC でそれを検知し、Frame Formatter から順にステータスを確認させれば問題箇所を自動的に特定できる。

### ② 異なるデータの直接比較

従来の地上系システムでは、ゴンドラのステータスは QL PC、アンテナ方位や受信スペクトルはアンテナ制御 PC、測距データは測距装置等でそれぞれ担当者がモニタしていた。従って例えばテレメトリの受信電波強度が低下した場合、その原因がゴンドラ送信機の不

具合によるものか、受信アンテナが気球を追尾できていない為か、気球までの距離の増大によるものか、迅速な判断が難しかった。新地上系システムではこれらのデータが全て受信室PCへ集約されているので、直接比較する事が可能である。例えば受信電波強度、受信アンテナ方位、ゴンドラ送信機の温度と電源電圧、ゴンドラまでの直距離などの時系列プロットや、互いの相関図をモニタすれば、受信電波強度などに異常な変動があった場合、原因の迅速な特定を期待できる。

#### 4. まとめ

大樹航空宇宙実験場の気球通信システム地上系では、これまで各機器・PCやソフトウェアを個別に操作・モニタする使用となっていた。ここで述べた地上系システムの刷新では、それらの連携を進めて制御機能と情報を集約し、危機管理体制の強化や操作性の向上、操作の自動化の実現を目指している。現在はより詳細な仕様検討や各機器の通信用インターフェースの開発を進めており、来春までに新地上系システムを導入する予定である。

#### 参考文献

1. 西村純, 広沢春任, 三陸大気球観測所施設および設備の概要, 東京大学宇宙航空研究所報告 第9巻 第1号 (B), 121-137 (1973).
2. 西村純 他, 遠距離長時間観測用追尾受信装置, 宇宙科学研究所報告 特集 第20号, 23-41 (1987).
3. 田村啓輔 他, 気球用新テレメトリコマンドシステムの開発, 平成19年度大気球シンポジウム.
4. 山田和彦 他, 気球用新テレコマシステムの開発, 平成20年度大気球シンポジウム.
5. 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～, 平成21年度大気球シンポジウム.
6. 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, 平成21年度大気球シンポジウム.
7. 河田二郎 他, 新しい気球管制冗長系テレメータ・コマンドシステムの開発, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告 大気球研究報告 JAXA-RR-09-007, 1-18 (2010).
8. 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, 平成23年度大気球シンポジウム.
9. 梯友哉 他, 新テレメトリコマンドシステムの開発, 平成25年度大気球シンポジウム.
10. 河田二郎 他, 大樹航空宇宙実験場における観測データ配信システム, 平成20年度大気球シンポジウム.
11. 福家英之 他, 大樹航空宇宙実験場における新しい大気球実験場, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告 JAXA-RR-08-001, 1-34 (2009).
12. 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, 平成22年度大気球シンポジウム.