

B12-03「気球搭載望遠鏡による惑星大気観測」実験経過報告

田口 真(立教大学理学部)・山元夢摘(立教大学大学院理学研究科)

吉田和哉・坂本祐二・中野壽彦(東北大学大学院工学研究科)

荘司泰弘(宇宙科学研究所大気球実験室)

高橋幸弘・渡辺 誠・濱本 昂・仲本純平・今井正堯(北海道大学大学院理学研究院)

1. 目的

我々は望遠鏡による光学観測を通じて惑星大気・プラズマの研究している。しかし、国内外の大型望遠鏡はマシントimeが限られる上に、シーイングや天候不良のため望遠鏡性能を最大限に引き出した観測は困難な状況である。そこで高度 30 km 以上の成層圏では、大気が安定しているうえに大気密度が地上の 1/100 以下になるため、地上と比較してシーイングが格段に向上することに着目した。口径 200 mm クラスの小望遠鏡でも回折限界の角度分解能が達成できれば、地上の大口径望遠鏡に引けをとらない空間分解能の実現が期待される。さらに、極域成層圏では天体を 24 時間以上にわたって連続に観測可能なウィンドウが存在する。このようなメリットを生かし、極域成層圏に光学望遠鏡を浮遊させ、惑星表面の連続観測によって惑星大気・プラズマの物理を研究することを目的とする。本プロジェクト及びゴンドラの愛称として、気球実験の実施において最も重要な気象条件である風の神様にあやかって「風神(FUJIN)」と命名した。

2012 年度、北海道大樹航空宇宙実験場における第二次気球実験でシステム性能を確認するためのフライトを予定していたが、上空風の状態が放球に適さなかったため、実験は見送られた。本稿では、新規に改良を加えた点を中心に「風神」システムの概要及び今後の計画を報告する。

2. 気球搭載望遠鏡システム

図1に 2012 年度第二次気球実験の際に、大樹航空宇宙実験場の放球台上に設置された気球望遠鏡装置の全体写真を示す。図2にブロックダイアグラムを示す。

ゴンドラはアルミ引き抜き材を組み上げた直方体が基本形である。その上段に姿勢制御用コントロールモーメントジャイロ、PC 等を納めた気密容器を、下段に望遠鏡を配置する。望遠鏡を下に配置する理由は電力消費や太陽直達光による発熱によるシーイングの悪化を避けるためである。ゴンドラはよりもどし機構を介して気球と接続される。よりもどし機構の上下間の電気的接続のためにスリプリングを備えている。

ゴンドラは特定の側面を常に太陽方向に向けて姿勢を安定化する。太陽電池パネルは常に太陽を向く側面に取り付けられ、望遠鏡に直接太陽光があたらないように日除けの役割もする。日陰中の動作に必要な電力はリチウムイオン電池から供給する。太陽電池がなくても、バッテリーのみで約6時間の動作が可能である。電源系には着水前に電源を遮断するためのスイッチを備える。また、電源ラインはすべて防水処置がされている。

ゴンドラ方位角はコントロールモーメントジャイロとよりもどし機構により $\sim 0.5^\circ$ の精度で制御される。ゴンドラ方位角はサンセンサー及び GA(地磁気)センサーで知る。速度制御のため、ジャイロを搭載する。中緯度での実験は姿勢検知用として地磁気センサーのみで可能だが、将来の極域での実験では地磁気センサーは精度が悪くなるため、代わりにサンセンサーを使う。そのための予備実験として大樹町での実験でも日照中はサンセンサーを使う。ゴンドラの姿勢及び望遠鏡の経緯台はオンボード FPGA で制御され、望遠鏡視野内($\sim 0.028^\circ$)に目標天体をとらえる。望遠鏡視野に天体をとらえるためにスターセンサーを備える。

スターセンサーの視野は 2.4°とする。望遠鏡は高度角 0~70°の範囲の天体を視野に入れられる。天体の太陽離角(方位角方向)が 25°以上であれば、太陽光は太陽電池パネルに遮られて望遠鏡に直接当たらない。それ以下の場合でも太陽光が直接望遠鏡開口部に入射しないように、フードを備える。望遠鏡視野内での目標天体の追尾誤差は光学系の途中に配置した2軸可動ミラーマウントでリアルタイム補正される。

光学系は市販の口径 300 mm シュミットカセグレン望遠鏡(MEADE 社製)を用いる。合焦機構はモータで遠隔操作可能である。カセグレン焦点手前で光路を波長によって3つに分ける。波長 450 nm 以下及び波長 750 nm 以上の光はそれぞれ個別のデジタル CCD ビデオカメラでビデオ撮像される。波長 550~630 nm の光は4分割アノード付位置検出光電子増倍管に導かれ、そこから出力される天体の位置検出信号を2軸可動ミラーマウント制御に用いる。2軸可動ミラーマウント及び光電子増倍管は高電圧を使用するため1気圧封じとする。

2軸ミラーマウント、光電子増倍管へ供給する高圧電圧、望遠鏡焦点調節機構は FPGA によって制御される。

ビデオ信号はアナログ信号化されてリアルタイムで地上に降ろされると同時に搭載 SD メモリーに記録される。DC/DC コンバータ、2軸可動ミラーマウント用電源、プリアンプは1気圧封じ容器に収納される。気密容器は成層圏気圧下での動作を保証すると同時に、着水時に内蔵する電子機器を浸水から守る。

発泡スチロールフロートが着水後の浮力を発生する。発泡スチロールフロートは着水時の緩衝材も兼ねる。



図1. フライトレディー状態の気球搭載望遠鏡システム。2012年8月。

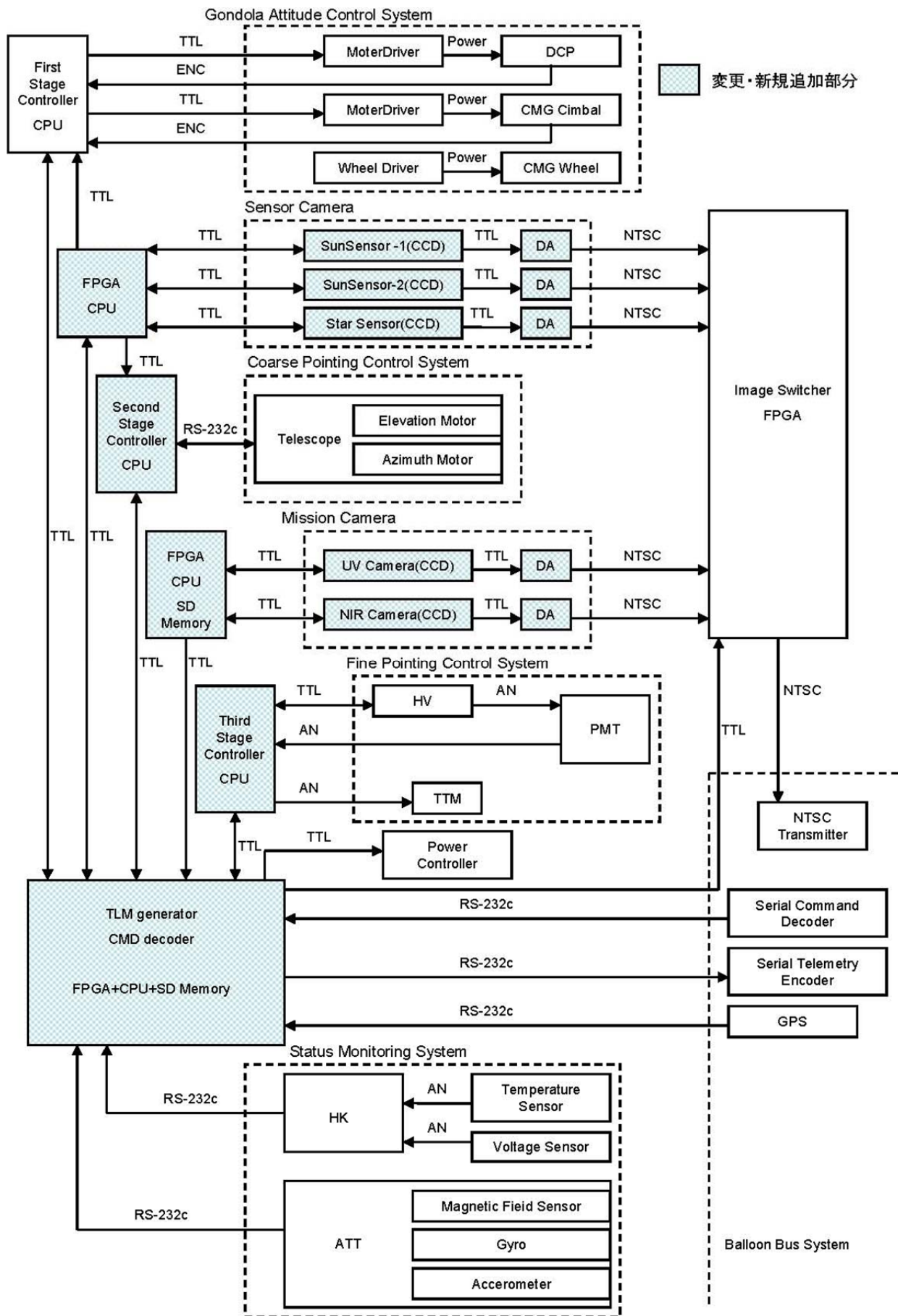


図2. 気球搭載望遠鏡システムブロック図。

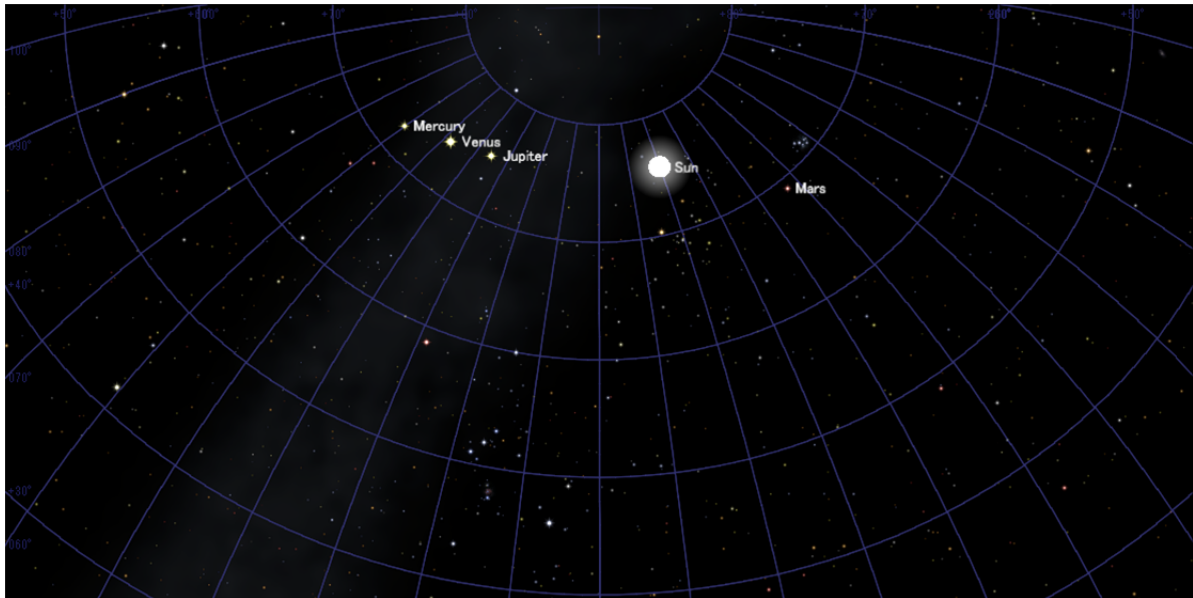


図3. 2013年6月1日12:00:00JSTにおける太陽、惑星の位置関係。左右の中心線が子午線。図の上端中心が天頂。高度角線、方位角線は 10° 毎に描いてある。

3. 実験経過

PI班は2012年6月中に大樹航空宇宙実験場において、実験準備作業を行った。7月19日より再び大樹町に入り、最終調整を行った。8月3日にゴンドラを放球台へ移動し、最終噛合試験ですべて正常であることを確認した。その後、8月中旬まで地上及び高層気象が放球に適する日を待ったが、条件が整わず、実験を見送ることとした。

4. 今後の計画

2013年度は、惑星観測の条件があまり良くないが、大樹町における第一次実験で金星及びオプションで木星と水星をターゲットとした実験を計画している(図3)。2012年度の実験でゴンドラの準備は整ったが、より高いレベルでの実験を目指すために、スターセンサーの視野の変更やCCDカメラアナログ出力の階調増などいくつか細かい改修を施す。

2014年度以降、「風神2」として、北極での本格的実験を計画している。2011年度の予算で、新しいカセグレン式望遠鏡を製作した。口径は400mm、合成Fは30~40の可変である。経緯台は逆さフォーク式で、ナスミス焦点2カ所を備える。早ければ2014年4~5月にスウェーデン・キルナのESRANGEにおいて本格的な長時間連続惑星観測を計画している。