

立教大学学術推進特別重点資金(立教SFR)

個人研究

2019年度研究成果報告書

研究代表者	所属部局・職	氏名
	理学部物理学科・教授	田口 真 印
研究課題	極周回成層圏望遠鏡の高精度姿勢制御及びポインティング技術の開発	
研究期間	2019年度	
研究経費 (1円単位)	(支出金額) 959,972円 / (採択金額) 960,000円	

研究の概要(200~300字で記入、図・グラフは使用しないこと)

惑星大気・プラズマにおける様々な物理・化学過程を研究するために、気球に搭載された望遠鏡によって極域成層圏から惑星を観測するシステム(極周回成層圏望遠鏡:風神(FUJIN))を開発している。FUJINのメリットである紫外領域の観測を利用して、2021年に計画している最初の気球実験では金星大気中に存在する未知の紫外吸収物質を同定することを科学目標に掲げている。本研究では3軸制御によるゴンドラ姿勢制御及び天体捕捉・追尾技術を搭載した実験用ゴンドラを製作し、地上試験によりFUJINの要求性能を達成可能であることを実証する。

キーワード(研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入。)

[惑星大気物理学] [大気化学] [機械制御技術]

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

2021 年に計画している気球実験 (FUJIN-2) では近紫外から可視光領域での金星の分光及び撮像観測を目指している。その実現のために、これまでに望遠鏡、コントロールモーメントジャイロ (CMG)、カメラ等のサブシステムを開発してきた。また、デカップリングモーター (DCP)、光電子増倍管による追尾エラー検出及び二軸可動鏡 (TTM) による補正は FUJIN-1 のシステムを踏襲している。FUJIN-2 実現のために残された技術的課題のうち、2019 年度に解決すべき課題を以下のように設定した。

- a) 望遠鏡のポインティング (ゴンドラ指向 + 望遠鏡経緯台による粗指向) 誤差が、TTM を用いて星像を視野内でシフトできる範囲に対して、十分に小さいことの確認。
- b) 飛翔高度変化時にウィンドシアを通過することにもなう外乱振動に対して、吊り紐のねじれ、ゴンドラ吊り点周りの振子運動を速やかに静定できることの確認。ただし、課題に対応する擾乱源として以下の 6 項目を想定している。

- 1) 気球の鉛直軸周り回転運動
- 2) 吊り紐のねじれ振動
- 3) 気球の浮力中心を支点とする振子運動
- 4) 吊り紐と気球の接続点を支点とする振子運動
- 5) ゴンドラの吊り点を支点とする振子運動
- 6) 日周運動

a) および b) を年度当初はフライトシステムをクレーンによりつり下げた状態で、天体を実際に追尾することで実証することを計画した。その後、具体的な試験内容の検討を進める中で、当初の計画では 3)、4) の評価ができないことから、ポインティングに係る試験は数値シミュレーションと縮小モデルを用いた実験を主とし、実験用ゴンドラを用いた実験ではシミュレーションモデル構築のための基礎データ取得に切り替えた。他方、望遠鏡の光学特性を評価する必要があるため、実験環境が整っている大樹航空宇宙実験場で光学試験と諸特性の計測、JAXA 相模原キャンパスの大気球実験グループの実験室において参考データの取得、シミュレーションおよび縮小モデルによる実験と評価を目標とした。

望遠鏡周りの配線、TTM の位置調整は完了した。分光と撮像が同時にできる分光・撮像ユニットを製作し、地上望遠鏡に接続して試験観測を実施した。

しかし、フライト品を用いた試験用システムの構築において、望遠鏡と CMG、DCP の駆動部で共通して用いているステップモータードライバー回路 (望遠鏡 5 台、CMG 5 台) をシステムに組み込んだ際、複数の回路基板の電源系にシステムティックとみられる異常が発生した。システム組み込み前に机上にて動作確認をした際には現れなかった現象である。本報告書を作成している 2020 年 3 月現在も原因を調査中である。このため、シミュレーションモデル構築のための基礎データ取得と望遠鏡を駆動して天体によって行う光学性能の評価を実施できていない。

一方、シミュレーションモデルと縮小モデルによる実験は順調に進んでおり、大阪大学と大分高専においてそれぞれ縮小モデルを構築し、数値シミュレーションと実験を進めている。これらの研究は、フライト運用の段階ごとに分けて、両校で同時に異なる段階の制御を検討できるように進めている。これらの研究は 2019 年の ISTS にて発表された。

研究成果の概要 (つづき)

※ この(様式 2)に記入の、成果の公表を見合わせる必要がある場合は、その理由及び差し控え期間等を記入した調書(A 4 縦型横書き 1 枚・自由様式)を添付すること。

研究発表 (研究によって得られた研究経過・成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。)

- ①雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)
- ②図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)
- ③シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)
- ④その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

① 雑誌論文

Imai, M., Kouyama, T., Takahashi, Y., Yamazaki, A., Watanabe, S., Yamada, M., et al., Planetary-scale variations in winds and UV brightness at the Venusian cloud top: Periodicity and temporal evolution, *J. Geophys. Res.: Planets.* 124, 2635-2659, <https://doi.org/10.1029/2019JE006065>, 2019.

Lorenz, R. D., M. Sato, 他7名, Constraints on Venus lightning from Akatsuki's first 3 years in orbit, *Geophys. Res. Lett.*, 46, 7955-7961, doi:10.1029/2019GL083311, 2019.

Kouyama, T., M. Taguchi, 他12名, Global structure of thermal tides in the upper cloud layer of Venus revealed by LIR onboard Akatsuki, *Geophys. Res. Lett.*, 46, doi:10.1029/2019GL083820, 2019.

Nakano, T., 他8名, Characteristics Evaluation and Performance Improvement Method of Balloon-Borne Telescope Pointing Control System, *Trans. JSASS. Aerospace Technology Japan*, 17(1), pp51-56, 2019.

Nakano, T., Design of Attitude Control System for Stratospheric Balloon Gondolas by Sliding Mode Control, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 501(1), pp1-8, 2019.

Nakano, T., A Small-scale Ground Test Environment for Evaluating the Azimuthal-control System of Balloon Gondolas, *Proc. 32nd ISTS*, 2019-m-17, 2019.

② 図書

無し

③ シンポジウム・公開講演会等の開催

無し

④ その他

Taguchi, M., et al., Spectroscopic observation of the Venus atmosphere by a circumpolar stratospheric telescope FUJIN, *International Venus Conference 2019*, Niseko, June 2019.

Shirafuji, Y. and M. Taguchi, Spectroscopic and Imaging Observation of the Venus Atmosphere by a Circumpolar Stratospheric Telescope FUJIN-2, 16th Annual Meeting, Asia Oceania Geoscience Society, Singapore, August 2019.

Shirafuji, Y., et al., A circumpolar stratospheric telescope FUJIN-2 aiming at identification of a UV absorber in the Venus atmosphere, *地球電磁気・地球惑星圏学会*、熊本、2019年11月。

Taguchi, M., et al., 極周回成層圏望遠鏡 FUJIN による金星大気観測、大気球シンポジウム、相模原、2019年11月。