



Title	Development of New Optical Adjustment System for FITE: Far-infrared Interferometric Telescope Experiment
Author(s)	佐々木, 彩奈
Citation	大阪大学, 2020, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/76404
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (佐々木 彩奈)

論文題名

Development of New Optical Adjustment System for FITE: Far-infrared Interferometric Telescope Experiment
(宇宙遠赤外線干渉計FITEのための新しい光学調整システムの開発)

論文内容の要旨

私たちは、気球搭載型遠赤外線干渉望遠鏡FITE (Far-infrared Interferometric Telescope Experiment; FITE) を開発した。FITEは遠赤外線領域で、従来の観測装置にはない高空間分解能の観測の実現を目指している。遠赤外線波長帯は星間ダストの熱放射領域ピークに相当するので、星間ダストが極めて重要な役割を果たしている原始惑星系円盤などの天体について、秒角スケールで撮像を行うことで、各天体の星間ダストの温度分布を明らかにすることができる。最初のフライトでは波長155 μm で基線長6 m、空間分解能5秒角での観測を目指す。スペースで干渉縞を検出するために、FITEは気球フライト前に干渉光学系を高精度で調整する必要があり、重要な技術課題であった。従来は、古典的ハルトマンテストを用いて干渉光学系の調整を行ってきた。しかし、ハルトマンテストによる調整では、各ビームの焦点を一致させることが容易ではなく、現地でのフライト前の調整に数週間時間がかかった。数週間という調整期間は科学観測用大気球の打ち上げ時期を逃すことにつながり、FITEがフライトに至らない要因の一つとなっていた。そこで、新しい干渉光学系調整手法として、シャックハルトマン波面センサーによる調整手法を考案し、装置の開発を行った。この手法により、従来の1ビームの調整だけでなく、2ビーム同時に調整を行うことを可能にした。独立な2ビームを同時解析するため、FITE用の高精度な参照面と波面センサーを製作し、2ビームの設置誤差解析プログラムも作成した。開発した解析プログラムは、撮像した2ビームから各ビームの設置誤差と2ビームの結像性能を算出する。新規開発した装置をFITE実機に組み込み、輸送前後で調整試験を行った結果、遠赤外線波長で干渉縞が得られる要求精度を十分に満たす精度で光学調整を完了した。干渉光学系の調整に要した日数は3日であり、従来の調整手法と比較して格段に効率が良くなった。また、フライト前にFITE干渉光学系が要求精度内に調整を完了したのは初めてである。FITEプロジェクトの結果としては、2018年に実施されたオーストラリア気球実験キャンペーンでは、FITEはフライトレディーまで整ったものの、準備の遅れと天候不良からフライトすることができなかった。今回FITE用に新規開発した干渉光学系調整機構は、気球搭載型であることからリモートでの調整が可能となっている。この遠赤外線の干渉光学系調整技術は、将来のスペース干渉計の光学調整技術につながることが期待できる。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (佐々木 彩奈)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	芝 井 広
	副 査	教 授	佐々木 晶
	副 査	教 授	住 貴 宏
	副 査	教 授	松 本 浩 典
	副 査	准教授	山 中 千 博

論文審査の結果の要旨

申請者らは、科学観測用大気球搭載型の遠赤外線干渉望遠鏡 FITE (Far-infrared Interferometric Telescope Experiment) を開発した。この FITE は、既存あるいは計画中の望遠鏡では最高 10 秒角であった遠赤外線に対する解像度を、1 秒角程度にまで向上させようとする、世界に類を見ない装置である。遠赤外線波長帯は星間ダストの熱放射領域ピークに相当するので、星間ダストが極めて重要な役割を果たしている原始惑星系円盤などの天体について高解像度の観測ができれば、各天体の星間ダストの温度分布を明らかにすることができ、惑星系形成過程の解明につながると期待される。

FITE は、気球による打上前に干渉光学系を高精度で調整する必要があるが、打上可能日が限られていることもあって、打ち上げ前調整の効率化が重要な技術課題であった。従来は、古典的ハルトマンテストを用いて干渉光学系の調整を行ってきたが、ハルトマンテストによる調整では、各ビームの焦点を一致させる作業に手間がかかり、調整完了まで 2 週間以上を要していた。結果的に、気球の打ち上げ時期を逃すことにつながり、2008 年、2010 年とフライトに至らなかった原因の一つであった。

申請者は、シャックハルトマン波面センサーによる新しい調整手法を考案し、装置を開発した。干渉計の 2 ビームを同時測定・解析するために、専用の高精度大口径参照球面と大面積波面センサーを製作し、さらに 2 ビーム同時の Zernike 多項式展開プログラムを開発した。このプログラムは、撮像した 2 ビームから各ビームの設置誤差と結像性能を同時に出力できる。この手法と装置により、従来の 1 ビーム毎の調整ではなく、2 ビーム同時に干渉計の調整を行うことが可能になった。これらの装置を FITE の実機に組み込み、日本から打上基地のある豪州への輸送の前後で調整試験を行った結果、両方に置いて、要求精度を十分に満たす精度で光学調整を完了した。干渉光学系の調整に要した日数は 3 日間であり、従来の調整手法と比較して格段に短期間で調整が完了した。2018 年に実施されたオーストラリア気球実験キャンペーンでは、FITE は打ち上げ可能状態にまで準備できたものの、打ち上げ可能期間内に上層風と地上風の条件が整わなかったため、実験を断念した。早期に次の実験機会を得て再挑戦することが予定されている。

申請者の研究結果は、科学観測用大気球搭載型の遠赤外線干渉計 FITE の鍵となる技術を確認するとともに、宇宙空間の望遠鏡にも応用可能であるため、将来のスペース干渉計の発展への貢献が期待される。したがって申請者の研究は高い価値を有し、博士（理学）の学位を授与するにふさわしいと判断する。