

科学研究費補助金（特別推進研究）公表用資料
〔事後評価用〕

平成15年度採択分

平成20年 3月31日現在

遠赤外線干渉計を用いた高解像撮像による星形成現象の詳細研究
Advanced Study of the Star-Formation Process by High Resolution
Imaging with Far-Infrared Interferometer

研究代表者

芝井 広 (SHIBAI, Hiroshi)
名古屋大学・大学院理学研究科・教授



研究の概要：宇宙における天体形成過程の解明には、遠赤外線観測が極めて有効である。しかし詳細な研究のために必要な解像度を達成することはきわめて困難であった。我々は世界初の宇宙観測用遠赤外線干渉計を開発して、1秒角の解像度を達成することを目指した。実際のフライトにはいたらなかったが、新しい原理に基づく干渉計が完成させることができた。将来のスペース干渉計の実現へ一歩近づくことができたといえる。

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学

キーワード：遠赤外線、星間塵、星生成、赤外線銀河、気球搭載干渉計望遠鏡

1. 研究開始当初の背景

遠赤外線では日本と米国の赤外線天文衛星が高感度観測を行う。しかし解像度は30秒角どまりであり、星・惑星生成領域の最重要成分である星間塵を詳細に調べることができていない。可視光や電波においては、干渉計によって1000分の1秒角の達成が見込まれるが、遠赤外線においては、今後10年間は10秒角を越える計画がない。

2. 研究の目的

遠赤外線（テラヘルツ波）において世界初の宇宙観測用干渉計を開発し、科学観測用大気球に搭載して、星・惑星生成領域や大規模星生成銀河における、星間塵の分布や温度を詳細に調べ、天体生成現象の物理的解明に寄与する。また、将来の宇宙大赤外線干渉計計画への足がかりとする。

3. 研究の方法

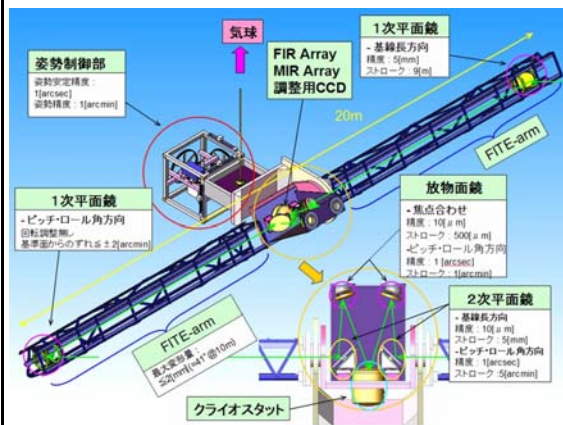
本研究の中心的内容は、世界初の宇宙観測用遠赤外線干渉計を開発することである。このプロジェクトを「FITE」(Far-Infrared Interferometric Telescope Experiment)と名付けて進めてきた。これによって星間塵の熱放射の解像度を従来の30秒角程度から一挙に1秒角程度まで向上させることができる。このシステムを完成させるために、新技術の自主開発はもちろん、既存技術や既存製品を新しい点に応用する努力をするなどができ、多くの知見が得られ、経験が蓄積された。

4. 研究の主な成果

新しい干渉計像再生方式の定式化、原理実証

地上に固定された宇宙観測用干渉計がほとんど Michelson 型であるのと異なり、スペースにおいては Fizeau 型が有利である。しかし従来は Fizeau 型においても像再生のためには「遅延線装置が必須」とされてきた。我々はアレイセンサーの発達を踏まえ、アレイの各ピクセルで光路差が異なる干渉条件になることに気づいた。これを定式化するとともに、FITE の 1/100 モデルを実験室で組上げて原理実証試験を行い成功した (Matsuo et al. 2008)。

「遅延線装置」をスペースで実現することは難しいため、遅延線が不要な本方式は、FITE はもちろん、将来のスペース干渉計においても大変有効な手法である。



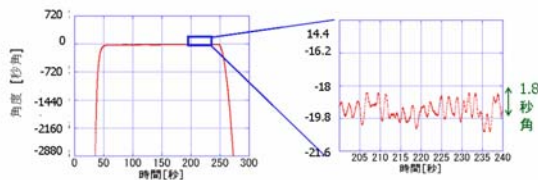
[4. 研究の主な成果 (続き)]

重心懸下の3軸制御システムの開発

科学観測用大気球から吊り下げた望遠鏡装置が外乱により発生する振り子運動を抑制することが、姿勢制御高精度化の鍵である。

そこで望遠鏡装置の重心点において懸下することで振り子運動による姿勢へ擾乱を避け、3軸姿勢制御システムを用いて高精度(1秒角程度)で安定した姿勢を実験室において達成することに成功した。またこれには高精度の姿勢センサーが必要である。市販のリングレーザージャイロ(精度10秒角程度)を高精度化する手法を開発して0.1秒角程度の精度が得られることを実証した。(芝井他、大気球シンポジウム、2007年)

姿勢制御テストゴンドラ



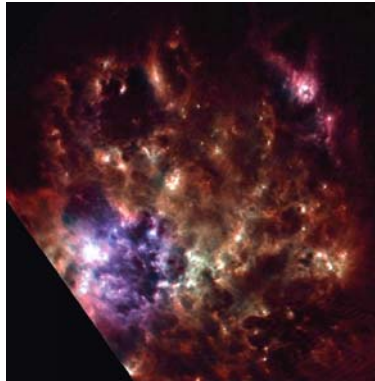
遠赤外線センサーの高性能化

FITE専用の遠赤外線センサーを、赤外線天文衛星「あかり」に搭載されたセンサーをさらに高感度化することで開発、製作した。このために、Ge:Gaチップを収納するキャビティの形状を、電磁波解析ツールを初めて遠赤外線にまで応用して最適化した。圧縮型Ge:Gaセンサーにおいては、感度は10倍以上向上した。圧縮型、非圧縮型ともに、世界最小の二次元遠赤外アレイセンサーの製作技術を確立した。(森下他、日本天文学会、2008)

「あかり」衛星による遠赤外線観測研究推進

関連研究として、わが国初の赤外線天文観測衛星「あかり」(2006年2月打上げ)の遠赤外線センサーを開発し、観測研究をすすめた。「あかり」

は大変高感度の遠赤外線観測ができ、多くの研究成果が得られている。右は大マゼラン雲の遠赤外線像。(Kawada et al. 2007; Shibai et al. 2007)



5. 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

宇宙に干渉計望遠鏡を打ち上げるメリットはきわめて大きい。世界の宇宙機関が開発に努めてきた。目的は「第2の地球の発見」や「宇宙最初の天体の発見」である。本研究は、この最終目標に向かって研究を一步前進させるためのものである。この点は最近、欧米の中心研究者に理解されることとなり、国際研究会などでの招待講演や、共同研究の申し込みが数多く寄せられている。

6. 主な発表論文

(研究代表者は太字、研究分担者には下線)

(1) T. Matsuo, **H. Shibai**, M. Kawada, M. Hattori, I. S. Ohta, H. Matsuo, New High Resolution Imaging Method For Fizeau Interferometer, Publ. Astron. Soc. Jp., 60 (2), 303-314, 2008

(2) H. Murakami, Y. Doi, T. Hirao, H. Kaneda, M. Kawada, S. Matsuura, **H. Shibai**, et al., The Infrared Astronomical Mission AKARI, Publ. Astron. Soc. Jp., 59(SP2), S369-S376, 2007

(3) M. Kawada, Y. Doi, T. Hirao, H. Kaneda, S. Matsuura, **H. Shibai**, et al., The Far-Infrared Surveyor (FIS) for AKARI, Publ. Astron. Soc. Jp., 59(SP2), S389-S400, 2007

(4) W.-S. Jeong, **H. Shibai**, H. Kaneda, Y. Doi, M. Kawada, S. Matsuura, et al., The Far-Infrared Properties of Spatially Resolved AKARI Observations, Publ. Astron. Soc. Jp., 59(SP2), S429-S435, 2007

(5) **H. Shibai**, AKARI (ASTRO-F): Flight performance and preliminary results, Adv. Sp. Res., 40 (5), 595-599, 2007

(6) T. Matsuo, **H. Shibai**, T. Ootsubo, & M. Tamura, Planetary Formation Scenarios Revisited: Core-Accretion versus Disk Instability, Astrophys. J., 662, 1282-1292, 2007

(7) Y. Hibi, **H. Shibai**, M. Kawada, T. Ootsubo, H. Hirashita, Common Correlations between 60, 100, and 140 μm Intensities in the Galactic Plane and Magellanic Clouds, Publ. Astron. Soc. Jp., 58, 509-519, 2006

(8) H. Nagata, **H. Shibai**, H. Hirao, T. Watabe, M. Noda, Y. Hibi, M. Kawada, T. Nakagawa, Cryogenic Capacitive Trans-impedance Amplifier for Astronomical Infrared Detectors, IEEE Transactions on Electron Devices, 51 (2), 270-278, 2004

ホームページ等

http://www-ir.u.phys.nagoya-u.ac.jp/public_html/fite/index.html