

論文審査の結果の要旨

氏名 金 宇征

本論文は4章からなる。第1章は、イントロダクションであり、宇宙航空研究開発機構(JAXA)によって2005年打ち上げを目標に開発されている日本初の赤外線天文衛星ASTRO-Fについての概要と期待される性能および成果が記されている。第2章は論文提出者が性能評価を行った赤外線カメラIRCの設計や構造について書かれている。第3章は本研究の主題である、IRCの近赤外線チャンネルの性能評価について、具体的に方法や結果が記述されている。第4章は論文全体のまとめである。また附録として米国の赤外線天文衛星SPITZERや日本のすばる望遠鏡を用いた遠方の銀河の赤外線観測の例を記している。

さて天体からの電磁波は、天体の種類や現象によって重要な波長帯は異なるが、その中において赤外線の波長帯は比較的低温の天体や塵に覆われた天体、あるいは恒星等の光が宇宙膨張による赤方偏移で赤外線領域に入ってくる遠方の天体の観測などにおいてたいへん重要である。しかしながら地上からは地球大気のため、限定された波長域(「大気の窓」)でしか観測できず、また観測できる場合にも、大気の放射等によって雑音が増し、感度の高い観測を行うことが難しい。一方地球大気の外に衛星望遠鏡を打ち上げれば、望遠鏡が比較的小型であっても、天文学の最新かつ重要な成果を出すことが可能である。

ASTRO-Fは、このような背景のもとでJAXA宇宙科学研究本部で開発されてきた日本最初の赤外線衛星であり、口径68.5cmの冷却型望遠鏡を有する。ASTRO-Fは観測装置としては遠赤外線観測装置FISと中間・近赤外線観測装置IRCを搭載する。IRCは近赤外線カメラNIR、中間赤外線装置MIR-SおよびMIR-Lに分けられる。論文提出者はNIRおよびMIR-Sの性能評価を行ったが、これらの装置の覆う波長帯は、例えば遠方の銀河、特に大量の塵を含む爆発的星生成中の銀河や活動銀河核を研究する上でたいへん重要となる。

世界的にみると現在ではNASAが2003年夏に打ち上げた口径85cmのSPITZER宇宙望遠鏡が唯一赤外線での暗い天体の観測を行っており、様々な観測結果が発表されつつある。論文提出者は第一章で、SPITZER望遠鏡で観測された赤外線源をすばる望遠鏡の近赤外線カメラCISCO等で追加観測を行った結果などから、一連の興味深い遠方銀河の正体を解明していく上でSPITZER望遠鏡では観測できない $8\mu\text{m}$ と $24\mu\text{m}$ の間の波長域が鍵となりうることを指摘している。この波長域はASTRO-FのIRCで観測できる波長帯であり、本論文におけるIRCの性能評価の重要性を天文学的見地から裏付けている。

論文提出者はIRCのNIRおよびMIR-Sの光学部分の性能評価を中心的に行った

が、本論文はそのうちの日本初の宇宙仕様二次元近赤外線カメラ NIR における極低温（約 10K）環境下での性能評価の記述が中心となっている。NIR では撮像で 10 項目、分光で 3 項目の評価を行った。

撮像性能の評価においては先ずハルトマンテストと呼ばれる手法を用いて、バンドごとの焦点位置を測定し、設計では予定していなかった色収差が生じていることを見つけ、原因を極低温での Ge と Si の屈折率が約 1/1000 だけ予想と異なっているためであると推定した。幸い望遠鏡と組み合わせた時には光学性能の劣化はほとんど見られない範囲に収まるよう調整できることが分かった。調整後ピンホール等を用い点源の撮像性能を視野全体で調べる検査を行い、様々な視野における像が仕様の範囲に収まることを確認した。カメラの横倍率や歪曲についても仕様を満たしていることを示した。またビームスプリッターにより本来の像と別の位置に 0.7%程度の割合の虚像（ゴースト）が生じていることを見つけ、位置や量を定量化した。またバンドにより、視野が 5-7%、当初設計より狭くなることも示したが、赤外線カメラとしては十分広視野であり問題ないと判定した。また波長感度特性や絶対感度についても評価を行った。さらに分光素子（プリズムおよびグリズム）についても評価をおこなった。こうした一連の評価と調整の段階を経て最終的に NIR は宇宙に打ち上げるのにふさわしい高い性能をもつことを示した。

本論文の主要部分は NIR の光学性能評価であり、特に近赤外線チャンネルの評価について詳細な記述を行っている。項目は多岐に渡り、また低温の装置故の困難も存在したが、工夫によって必要な項目をすべて行っており、ASTRO-F の総合性能評価の重要な部分を担っている。ASTRO-F の赤外線天文学における役割と今後の赤外線天文学の発展に鑑みる時、本論文で評価された総合性能は世界的にみて極めて重要な情報であり、ASTRO-F 打ち上げ後すぐ重要な観測が行えるよう、打ち上げ前に世界に向けて公表されるべきものである。

なお、本論文の中心である第 3 章は、松原英雄氏、和田武彦氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験および評価を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。また論文提出者は ASTRO-F を用いて遠方銀河の研究を進める準備として既存の観測装置を用いての観測研究を進めている。これらは論文提出者が単に観測装置開発者としてではなく、天文学の研究者としての素養が十分であることを示すものである。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。