

1. 研究課題名：レーザーガイド補償光学系による遠宇宙の近赤外高解像観測

2. 研究期間：平成14年度～平成18年度

3. 研究代表者：家 正則（国立天文台・光赤外研究部・教授）

4. 研究代表者からの報告

(1) 研究課題の目的及び意義

本特別推進研究は、ハワイ島マウナケア山頂の国立天文台すばる望遠鏡（口径 8.2m）の近赤外線観測の空間解像力を格段に改善して、遠宇宙の銀河を高解像度で観測することを可能にし、銀河の形成・進化の観測的研究に飛躍をもたらすことを目的として構想した。

このため、

①本研究グループが 2000 年に完成させた 36 素子補償光学系の開発経験を活かし、制御素子数を 85 素子に増大させた、より高性能の補償光学系を新たに製作すること。

②明るいガイド星が利用できる天域でしか使えなかった既存の補償光学系の弱点を克服するため、「レーザーガイド星生成システム」を開発し、任意の天体について高解像観測を可能にすること、

③遠宇宙における銀河やクェーサーの観測的研究にこれらを用いて新たな境地を拓くため、準備研究を進めること

を計画した。

補償光学技術は、画像の後処理でなく、光の乱れを実時間で計測して直すことで画質を大幅に改善するインテリジェントな技術である。日米欧でその構想の検討が進められている次世代の 30m 級超大型地上望遠鏡の実現においても、その成否を握る中核技術とみなされている。また本来は天体観測用に開発された光制御技術であるが、網膜診断、眼科医療、レーザー加工、レーザー核融合、光通信など、広い分野にもその応用が可能であり、医学や産業の分野からも注目されている。

(2) 研究成果の概要

①当初構想の 85 素子補償光学系をさらに高機能にした「188 素子補償光学系」を製作した。天体からの光の乱れを毎秒 1000 回測定し、形状可変鏡を高速駆動して乱れを補償し、大気のゆらぎの効果を打ち消す機能を実現するものである。2006 年 10 月に行った試験観測で、このシステムを使わないときに 0.6 秒角になる星像直径が、回折限界に相当するその 10 分の 1 の 0.06 秒角にまで改善され、すばる望遠鏡の空間解像力と感度が格段に向上することを実証した。

②もう一つの「レーザーガイド星生成システム」は、全固体和周波レーザー方式で波長 589nm のナトリウム D2 線で発振する出力 4W のレーザー光源、レーザー光伝送用フォトニック結晶光ファイバー、すばる望遠鏡の先端に取り付けた直径 50cm の送信望遠鏡からなる。2006 年 10 月に行った試験観測により、このレーザービームにより、高度 90km の高層大気中のナトリウム原子が励起発光し、補償光学系で必要となる波面測定に十分な明るさの人工星を任意の方向に作るができることが実証できた。

③この間、本研究グループは赤方偏移 7.0 の世界記録となる最も遠い銀河、つまり宇宙で最も若い昔の時代の銀河をすばる望遠鏡で発見し、宇宙の再電離と銀河形成史の理解を深めた。①と②のシステムを融合した、本格的なレーザーガイド補償光学系による遠宇宙の銀河の高解像観測の見通しが得られたので、このシステムを更に成熟させつつ、銀河形成と進化の観測的研究を進める。

5. 審査部会における所見

A+（期待以上の研究の進展があった）

188 波面制御素子を持つ可変形鏡を開発し、すばる望遠鏡の空間解像度を従来 of 10 倍高める高精度の補償光学系を実現した。また、全固体和周波レーザー・フォトニック結晶光ファイバーを備えた世界最先端のレーザーガイド星生成装置を開発し、観測可能領域を広げることに成功した。これらの世界最高峰の補償光学系を作り上げたことは、今後の赤外線天文学に多大な貢献をもたらす、関連技術は他分野への波及効果も大きい。遠宇宙の観測的研究では、観測史上最遠方の銀河を発見するなど、大きな研究成果を上げている。以上のことから、当初の目標以上の成果を上げていると判断した。