

**研究種目：基盤研究（S）**  
**研究期間：2007～2011**  
**課題番号： 19104004**  
**研究課題名（和文）レーザーガイド補償光学系による銀河形成史の解明**  
**研究課題名（英文）Laser guide star adaptive optics studies of the formation history of galaxies**  
**研究代表者**  
**家 正則（IYE MASANORI）**  
**国立天文台・光赤外研究部・教授**  
**研究者番号： 30111446**

研究代表者の専門分野： 数物系科学  
 科研費の分科・細目： 天文学・天文学  
 キーワード： 補償光学、回折限界、レーザー人工星、原始銀河、宇宙再電離

### 1. 研究計画の概要

大気ゆらぎを測り、光波面擾乱を実時間補償して、本来の空間分解能を達成する技術を「補償光学」と呼ぶ。

本研究グループは平成14～18年度の特別推進研究「レーザーガイド補償光学系による遠宇宙の近赤外線高解像観測（研究代表者：家正則）」により、

- (1) 188素子補償光学系、および
- (2) レーザーガイド星生成システム

を開発し、平成18年10月に行った試験観測で、世界トップレベルの補正性能と当初目標を上回るレーザー出力を達成した。

本基盤研究（S）では、これらのシステムをすばる望遠鏡に実装して統合し、共同利用装置として完成させ、129億光年かなたの銀河やクェーサーなどの高解像観測を行い、宇宙の暗黒時代の終焉期における銀河形成史を観測的に解明することを目的としている。

### 2. 研究の進捗状況

上記研究遂行のため、以下の補助光学系を追加開発した。

- (1) 低次波面センサー、
- (2) ビームスプリッター、
- (3) ビームスプリッター交換機構、
- (4) 大気色分散補正光学系、
- (5) 低次波面センサガイド星捕捉光学系
- (6) 高次波面センサー制御光学系、
- (7) 校正用光源

いずれも既製品は無く、本グループが新規設計して制作した(Hayano et al 2008)。

自然ガイド星を用いた観測については、

すばる望遠鏡の共同利用観測装置A0188として完成し、平成20年9月より世界中の天文学者にその使用を公開した。

レーザーガイド星生成システムについては、レーザー送信望遠鏡等の光学調整を進め、高度90kmの上空で11等星相当の明るさで発光する人工星を、所望の観測位置に発生させるシステムを完成した。最終総合試験と本研究目的の観測は2010年秋から開始できる予定である。

装置開発に平行して以下の観測的研究を進めた。すばる深探査領域等の系統的な観測から、赤方偏移5.7、6.6、7.0の遠方銀河を多数発見し、その個数密度の変化から、宇宙の再電離時期を特定する研究を進めた(Iye 2008; Ota et al. 2008)。赤方偏移が分光観測で測定された遠方銀河の上位十三位までは本研究グループの発見で独占している。さらに遠方（赤方偏移7.3）の銀河候補を数例発見し、確認分光観測を進めている。また、極めて大きく広がったライマン $\alpha$ 輝線銀河を発見した(Ouchi et al. 2009)。

本研究分担者の早野が参画した共同利用研究成果として、太陽類似のG型星GJ758を補償光学装置で像を絞り、人工日食を起こしてその周辺の暗い天体を撮影する手法を用いて、初めて太陽系外惑星GJ758BとCの撮影に成功した。この発見はTime誌が選んだ2009年の科学上の十大発見の一つに選ばれた成果である。

### 3. 現在までの達成度

③ やや遅れている。

レーザーガイド星生成システムと188素子補償光学系を、すばる望遠鏡へ実装し統合システムとして完成するのに必要な補助光学系の製作が当初計画より若干遅れているものの、平成22年度中には、レーザーガイド星補償光学系を用いた試験観測で本研究計画で目指した観測に着手できる見通しである。また、実際の観測のための準備観測や予備検討は順調に進めており、論文成果も出ている。これら研究成果に対して、3つの学術賞が授与されており、研究としての達成度は高いと自負している。

#### 4. 今後の研究の推進方策

これまでに製作したコンポーネントの最終調整、組合せ試験などを経て、188素子レーザーガイド星補償光学系の総合試験、および総合試験観測を進め、2010年度末から共同利用観測を開始する。

2010年秋からのレーザーガイド星補償光学装置を駆使した観測開始に向けて、装置開発者グループに与えられる保証時間20夜相当分の、執行計画を定めるため、本研究分担者、連携研究者などを軸にサイエンス検討会をこれまで二度開催してきたが、2010年5月に第三回検討会を開催し、観測計画について検討を深める予定である。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

- ①Ota, K, Iye, M., Kashikawa, N. 他,  
"Reionization & galaxy evolution probed by  $z=7$  Ly $\alpha$  emitters", ApJ, 677, 12-26 (2008) 査読有
- ②Hayano, Y., Takami, H., Iye, M. ;  
"Current status of the laser guide star adaptive optics system for Subaru Telescope", SPIE. 7015, 1-8 (2008) 査読無
- ③Ito, M., Hayano, Y....Takami, H....Iye, M. ;  
"High-power laser beam transfer through optical relay fibers for a laser guide adaptive optics system", PASJ, 61, 763-768, (2009) 査読有
- ④McGrath, E.,...Iye, M.; "Morphologies and Color Gradients of Luminous Evolved Galaxies at  $z \sim 1.5$ ", ApJ, 682, 303-318, (2008) 査読有
- ⑤Iye, M., "High redshift galaxy surveys", SPIE(総会招待講演), 7016, 1-10 (2008) 査読無

- ⑥Ouchi, M.,...Kashikawa, N....Iye, M. 他,  
"Discovery of a Giant Ly $\alpha$  Emitter Near the Reionization Epoch", ApJ, 696, 1165-1175 (2009) 査読有

[学会発表] (計0件)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

[その他]

[学術受賞] (計3件)

- 仁科記念賞受賞(2008年12月5日): 家正則  
「すばる望遠鏡による初期宇宙の探査」
- 井上学術賞受賞(2010年2月4日): 柏川伸成  
「すばる深宇宙探査計画による銀河形成史の研究」
- 文部科学大臣表彰(2010年4月13日): 家正則、高見英樹、早野裕、「望遠鏡の視力を高めるレーザーガイド星補償光学系の研究」

[解説記事]

- 家正則, 宇宙の夜明けに迫るー最果ての銀河探査ー, パリティ 23, 11, 4-14, (2008)

[新聞報道]

- 宇宙は近くなった 最古銀河とらえた技術、読売新聞、2009年10月23日
- すばる望遠鏡10年 遠方宇宙研究世界をリード、読売新聞、2009年9月6日

[ホームページ等]

- <http://optik2.mtk.nao.ac.jp/~iye/>