

自然科学研究機構

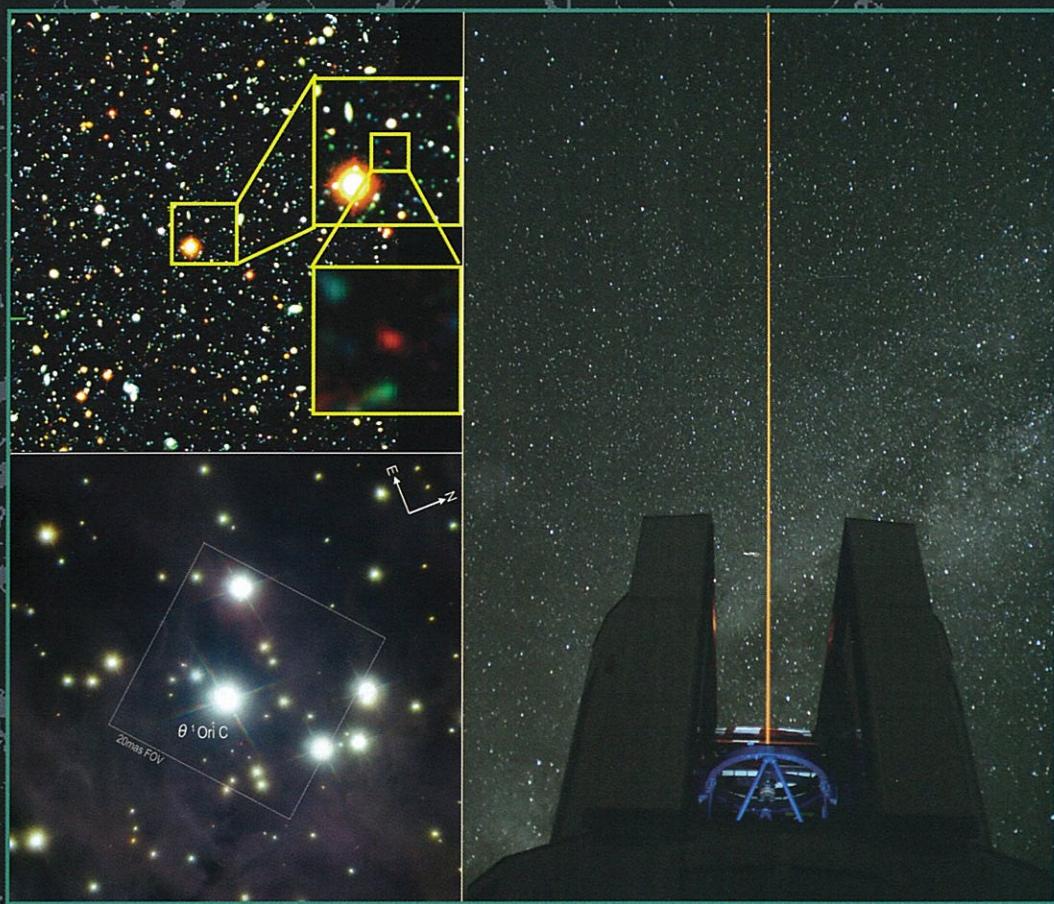


国立天文台ニュース

National Astronomical Observatory of Japan

2007年3月1日 No.164

すばる望遠鏡 最遠の銀河の観測～宇宙史の暗黒時代に迫る～ レーザーガイド補償光学系ファーストライト



- 天文台メモワール
- 「ふたご座流星群を眺めよう」キャンペーン報告
- 曆計算室サイト「こよみモバイルサービス」スタート!
- 「イーハトーブ宇宙展」報告
- 宇宙教育「東北地区リーダーズセミナー」報告
- 寄付された方々への感謝状贈呈式

2007

3

研究 トピックス TOPICS

レーザーガイド補償光学系 ファーストライ

高見英樹(ハワイ観測所)



●補償光学系 (AO)

ハワイ、マウナケア山頂にそばる望遠鏡は世界最大級の鏡の口径 (8m) と、恵まれた観測環境によって、素晴らしい成果を上げつつあります。それでも地上から宇宙を観測するときの問題として、途中の空気の揺らぎ(かけろう)によって、光の波が乱され、星からの光が1点に結ばないということがあります。そばるでは、これによって解像度が望遠鏡本来の性能よりも10倍以上悪くなっています。

しかし、補償光学系 (Adaptive Optics:AO) という技術によって、それが解決されるようになってきました。これは、高速で表面の形を変えることができる特殊な鏡(可変形鏡)を通して観測をし、光の波の乱れ、すなわち波面のデコボコ、を打ち消してシャープな像をむすぶ最新の技術です。そのために、観測したい天体の近くにあるガイド星を使って光波面の揺らぎを測定し、それをもとに揺らぎの変化に追随するように可変形鏡を毎秒1000回以上の速度で制御します。

●そばるレーザーガイド AO

国立天文台は2000年から第一世代AO(鏡の制御点数36素子)をカセグレン焦点で稼動させ、成果を上げてきました。そしてより高性能のAOとして、2002年度から科学研究費特別推進研究の補助を得てレーザーガイドAO開発をおこないました。これは、素子数を今のAOの36素子から188素子に増やし、より正確に波面を補正し、大幅な性能向上を狙ったもので

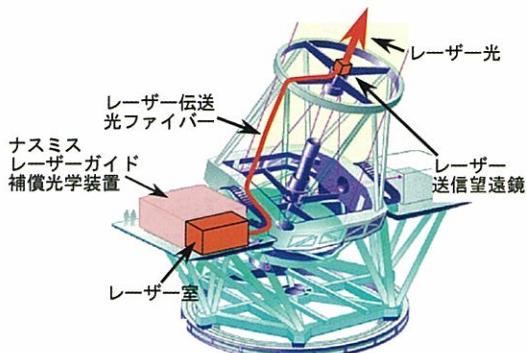


図1 レーザーガイド星AOの概念図。AOの設置場所は、姿勢が安定しスペースに余裕のある赤外ナスマス焦点です。レーザー送信望遠鏡は、副鏡の上部に取り付けている。レーザーはナスマス台のレーザー室に設置し、光ファイバーを使って送信望遠鏡に光を導く。

す。それに加えて、レーザーガイド星という新技術を導入しました。これは、空にレーザーを打ち上げて人工的なガイド星を作り、どんな方向の天体でもAOを使って観測できるようにするものです。地球の上空90kmの高さには、ナトリウム原子の層があって、そこにナトリウムランプと同じ波長589nmのレーザーを照射すると、この原子を励起して光らせることができます。これで人工の星を作るわけです。そうすると、これまで自然の星を使った場合におおよそ1%くらいの割合の天体しかAOを使った高性能の観測ができなかったのが、ほぼ任意の天体での観測が可能になります。とくにこれまで近くに明るい星がほとんど無かった系外銀河の観測には極めて有効な手段です(図1、図2)。

今回は、アメリカ人、フランス人などを含む国際的なチームを作り、ハワイで装置を開発するというそばるでは初めての試みでした。AOの本体は2006年8月に初めての波面補正を実験室で行なった後、直ちに山頂に運び始め、マウナケア山頂のそばる望遠鏡ナスマス焦点に設置・調整を行い、2006年10月8日の試験観測を行なうという、厳しいスケジュールでしたが、グループのメンバーの努力によって、天候にも恵まれ無事初日に初観測に成功しました。その性能は、素晴らしいもので、平均より少し悪いシーリング条件(波長2.2ミクロンで0.6秒角)でしたが、波長1.03ミクロンから2.2ミクロンにわたって0.06秒角という極めて高い解像度が得られました(図3、図4)。



図2 ナスマス焦点に設置したAO(左、黒い箱)とナスマス用に改造した観測装置IRCS(右、灰色)。レーザー室(3m × 5m)が背後にあります。

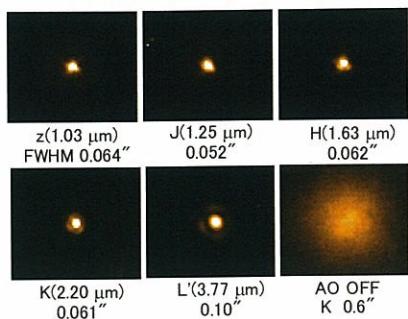


図3 初観測でのAO補正星像。このときのシーリングはKバンドで0.6"ですばるの平均より少し悪い。K、L'バンドでは回折限界分解能で、より波長の短いzバンドでも極めて高い空間分解能が達成されました。36素子の現行AOでは0.3"のシーリングという好条件でも、ここまでの補正性能は得られていません。

AOシステムは非常に高速に可変形鏡の200点近い素子を1ミクロンより高い精度で制御するという複雑なシステムなので、実際の星で補正ができるまでは大変心配でした。実際、最初にとった像は、あまり良い像には見えなくてドキッとしたのですが、ピントを合わせていくにつれて良くなり、最終的には極めてシャープな像であることが確認されてほっとしました。

AO本体の試験観測に引き続いて10月12日にレーザーを上空へ照射し、人工的にガイド星を作ることに成功しました。レーザーの出力4Wで、これを使うと10~11等星相当のガイド星を作ることができます。4Wというといたることが無いように思えますが、このレーザーの強度はレーザーポインターの数千倍に相当します。この波長を出す高出力レーザーの既製品はなく、レーザーそのものが、プロジェクトの重要な開発要素でした。我々は理化学研究所のレーザーグループと共同で開発を行い、世界でも最高品質の全固体方式レーザーを実現しました。他分野との共同研究というのはお互いの目標がなかなか一致しないことが多いですが、今回は非常に素晴らしい共同開発ができました。レーザーは赤外ナスミス台に設置し、その光をフォトニック結晶ファイバーという新技術光ファイバーですばる副鏡上部に設置した送信望遠鏡から出射します。

このような高出力のレーザー光は、周辺の天文台、近くを通る航空機、さらに人工衛星にも影響を与えることが問題になりました。そのために、マウナケアの天文台共同で「レーザー交通整理システム」というものを作り運用しています。特に山の近くを飛ぶ航空機に関しては、ドーム外に人がでて、飛行機を見つけたらレーザーのシャッターを閉じるスイッチを押すようにしています。とても寒いので1時間ごとの交代の体制です。また、人工衛星については米軍

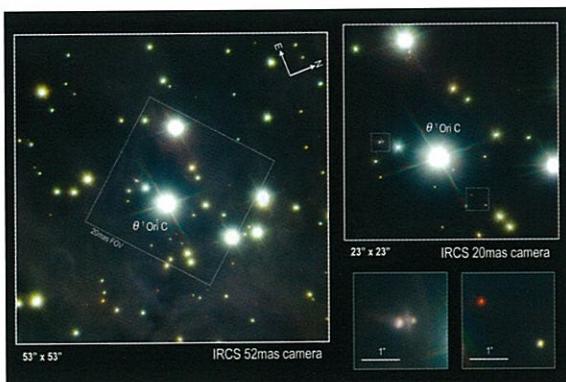


図4 AO + IRCSで観測したオリオン星雲トラペジウム領域のJ、H、Kバンド合成画像。

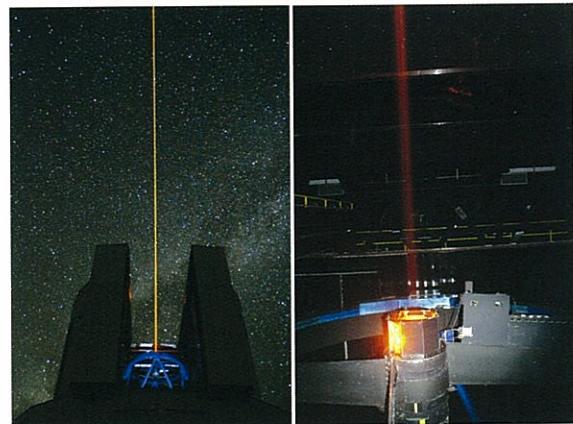


図5 鏡の副鏡上部に設置したレーザー送信望遠鏡（右）からの初照射実験。

の衛星に当たって（そんなことはまずないので）センサーが壊れてしまうといけないので、事前に米軍に、それもファックスで、打つ方向を知らせて許可をとるという面倒なことをしています。

AOの初観測、レーザーガイド星照射が終わって喜んでいるところに、10月15日にハワイで大きな地震がありました。今は復帰していますが、望遠鏡、AOにも影響がありました。地震の前に観測ができたのは本当に幸運でした。

●観測装置と今後

レーザーガイドAOの高性能を利用する観測装置も準備が進んでいます。まず、これまでカセグレン焦点でAOを使って観測してきたIRCSという赤外撮像分光器をナスミス焦点用に改造しました。その他、太陽系外惑星検出を目的とした新規開発のコロナグラフ観測装置、HiCIAOが開発されつつあり、2007年中の観測開始を目標としています。それ以外にも、京都大学3次元可視分光器もナスミス焦点用に改造中です。これからは、これらの装置を使って、系外銀河の観測、系外惑星の探査などが本格的にすすめられるようになるでしょう。

今後は、システムの調整・改良・新しい機能の追加を行ない、レーザーガイド星と組み合わせた試験を進め、共同利用へ供するべく努力中です。