

すばる望遠鏡を高性能にしている 2つの工夫

国立天文台ハワイ観測所の「すばる望遠鏡」には、いくつかの優れた観測装置が設置されていて、素晴らしい成果を挙げつつある。ここでは望遠鏡本体の高性能化に役立っている2つの工夫、**能動光学** と **補償光学** について説明する。（「能動光学」と「補償光学」を合せて、「補正光学」と呼ぶ場合がある）

1. すばる望遠鏡の概略

大型光学赤外線望遠鏡（「愛称すばる望遠鏡」）はハワイ島のマウナ・ケア山山頂（標高 4,205m）に設置されている。建設総額400億円、ファースライト（初観測）は 1999 年 1 月 29 日。現在約10種の観測装置が活躍している。主な仕様は、次の通りである。

主反射鏡

有効直径	8. 2m
厚さ	20cm
重さ	22. 8トン
材質	超低熱膨張ガラス
研磨精度	平均誤差0. 014ミクロン
焦点距離	15m

望遠鏡本体

形式	経緯台式反射望遠鏡
基本光学系	リッチークレチアン方式
焦点	4箇所 主焦点、カセグレン焦点、 ナスミス焦点（2箇所）

総合星像分解能 0.2 秒角（補正光学なしの場合）



スバル望遠鏡の構造

2. 望遠鏡の性能を決めるもの

望遠鏡は主鏡の直径が大きいほど多くの光を集めることができ、遠くの星を見ることが出来る。また直径が大きいほど分解能（接近した2つの点を識別できる能力）が向上する。それでは直径を大きくすれば、いくらでも性能が向上するかというと、そうは行かない。その理由は2つある。

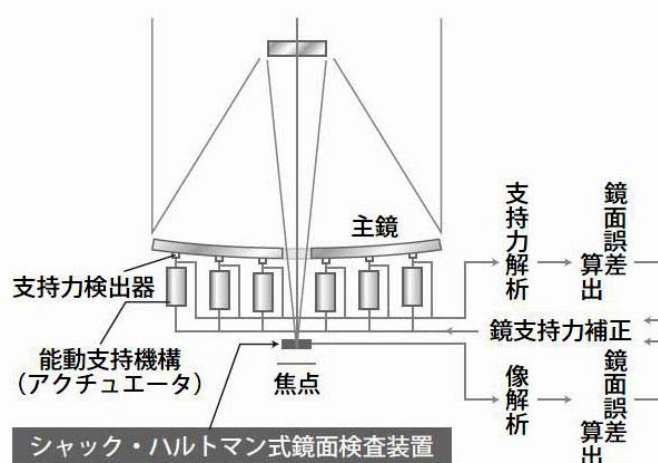
- ① 望遠鏡の主鏡の直径が大きくなると、折角正確に放物面に磨いた鏡が、自分の重さで歪んでしまう。そのため、像が正しく結ばれない。
 - ② 真空中なら星からの光は直進するが、地上の望遠鏡は大気を通して観測するので、大気の揺らぎのため、像がぼやける。（シーイングと呼ばれる）
- ①を解決する方法が、「能動光学」と呼ばれる技術であり、②を解決する方法が、「補償光学」と呼ばれる技術である。

因みに、宇宙空間を飛行する人工衛星では、重力と遠心力がバランスして見かけ上は重力が働かないので、①の問題がない。また人工衛星から星を観測すると大気がないので、②の問題も生じない。ハッブル宇宙望遠鏡（高度600 kmを飛行する人工衛星に搭載された直径2. 4mの望遠鏡）が珍重されてきたのは、この理由による。

3. 能動光学とは何か

すばる望遠鏡の能動光学の基本原則を右に示す。直径8.2mの主鏡の裏側に261個の支持力検出器と能動支持機構(アクチュエータ)が付いている。焦点面に設置された「シャック・ハルトマン式鏡面検査装置」と支持力検出器から得られた信号は、コンピュータで処理されて能動支持機構を動作させる。

この結果、望遠鏡を傾けた時に重力によって生じた主鏡のひずみが能動的に修正され、主鏡の形が正確に放物面に保たれる。重力による主鏡の変形はゆっくりと生じるので、この修正は1秒に1回行なわれる。



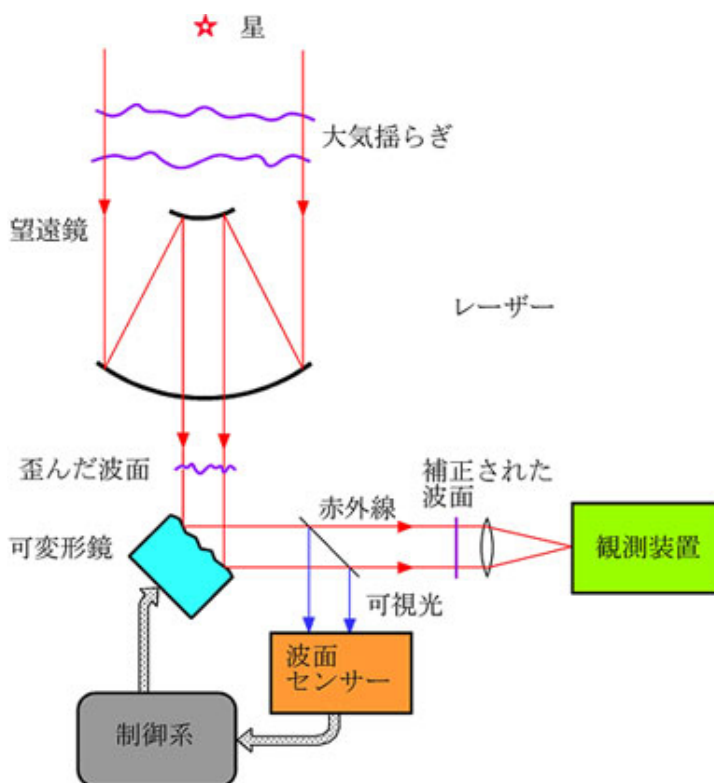
能動光学の基本原則

4. 補償光学とは何か

すばる望遠鏡の補償光学の基本原則を右に示す。観測する星と望遠鏡の間にある大気の揺らぎのために、望遠鏡に入る光の波面は歪んでいる。この歪みを波面センサーで検出し、制御系(コンピュータ)で処理して、可変形鏡を動かすことにより、大気揺らぎの補正された光を観測装置に送り出すことができる。

波面センサーは、視野の中に入るガイド星(恒星)の光を188分割して検出する。可変形鏡は、直径130mmの鏡で、電圧で変形する188個の圧電素子で動かされる。大気の揺らぎは高速で起こるので、この修正は1秒間に1000回行なわれる。

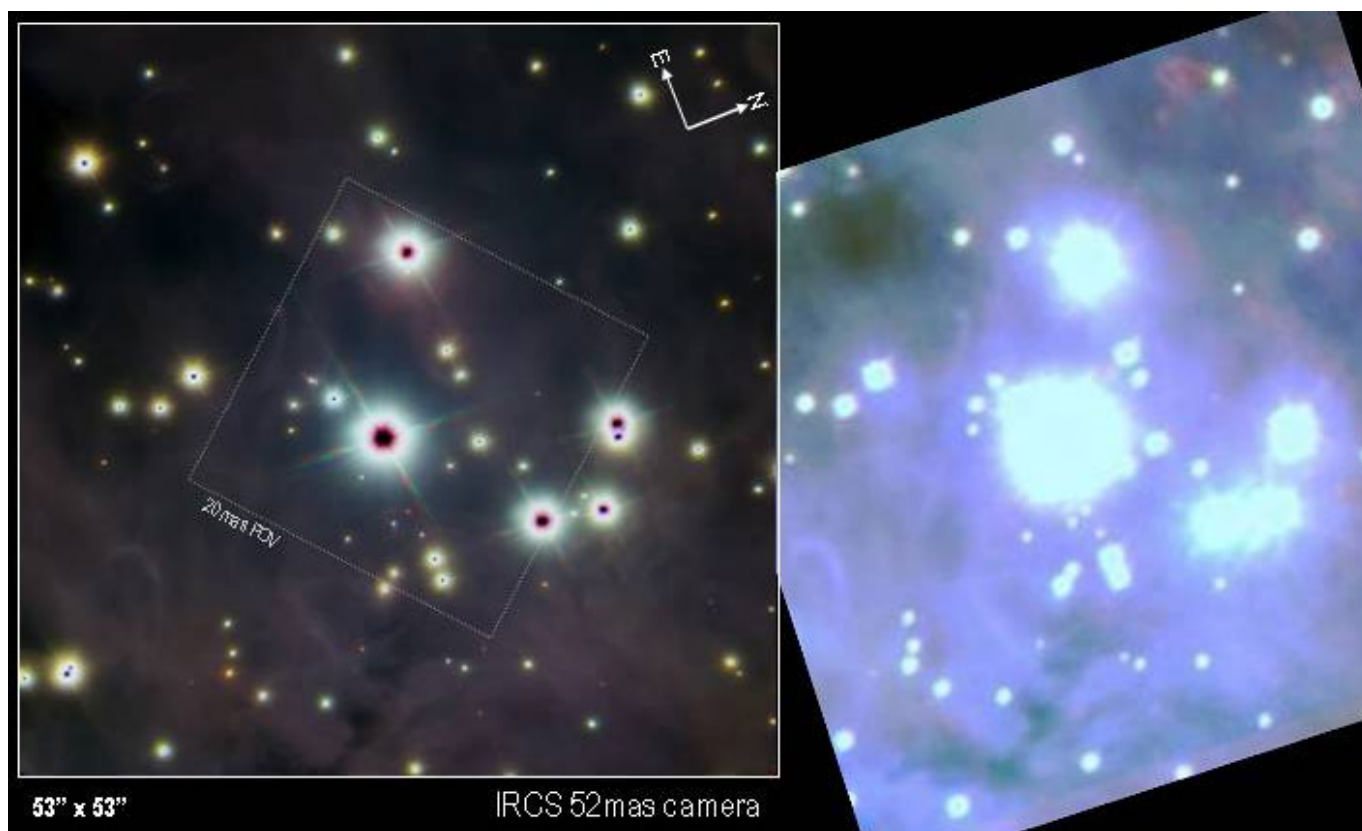
補償光学がないとき分解能が0.6秒角であったものが、補償光学を使用することにより0.06秒角に向上したという。



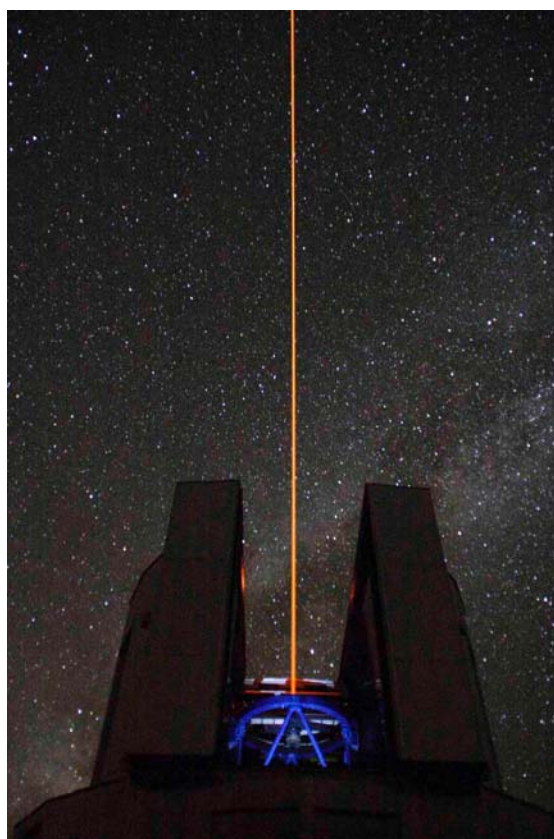
補償光学の基本原則

ドームの外部の乱流を含んだ空気を持ち込まずに、内部の熱を効果的に排出する円筒型のドームの採用と相まって、分解能の高い観測を可能にしている。

視野の中にガイド星があるのは全天のわずか1%である。視野の中にガイド星がない場合には、ガイド星による補償光学が使えない。そこで、地上からレーザー光を発射し、高度90kmの上層大気中のナトリウム層を照射励起して光らせて人工星(レーザーガイド星)を生成することも実験されている。



(左)補償光学装置を通し近赤外分光撮影装置で得られた、オリオン座大星雲中のトラペジウム(分解能0.06秒角)
 (右)ファーストライト(1999年)のとき、補償光学装置なしで近赤外カメラから得られた同じ位置の画像(分解能0.6秒角)



レーザーガイド星生成用レーザービームの初照射時の画像。背景は天の川

画像については国立天文台に掲載許可を申請中