

補償光学のための tip-tilt 鏡及び可変形鏡の試作

Image stabilizer and deformable mirror for adaptive optics

○高遠徳尚、山口一郎、早野 裕*、家 正則*、西川 淳**

Naruhsa Takato, Ichiro Yamaguchi, Yutaka Hayano*, Masanori Iye* and Jun Nishikawa**

理化学研究所、国立天文台*、通信総合研究所**

We have been developing an adaptive optics to compensate distorted wavefront in real time for astronomical use. Performances of the developed image stabilizer and deformable mirror are reported.

1. 補償光学

天体などからの光が大気中を伝搬すると、大気の屈折率のゆらぎ（主に温度ゆらぎ）によって、その波面が乱される。例えば口径 8 m の望遠鏡の分解能は回折限界の 1/10 以下になってしまふ。補償光学はこのような乱された波面を、実時間で元の正しい波面に直すシステムである。

我々は図 1 のような装置を試作中である。シャック・ハルトマン法などの波面測定器により参照光源（星など）からの波面を測定し、その情報をもとに参照光が平面波になるように tip-tilt 鏡（TM）・可変形鏡（DM）を駆動する。ここでは tip-tilt 鏡だけを使って、実際の星の像を補償した結果と、試作した可変形鏡の特性について述べる。

2. イメージ・スタビライザによる天体像の補償

大気による波面誤差のうち、波面の傾き（tip-tilt）成分が最も大きい。そのため望遠鏡の口径が大気のコヒーレント長に比べてあまり大きくなない場合には、この成分を補償しただけでも像の改善が期待できる。そこで、ピエゾ・アクチュエータで傾きが変えられる鏡を使ったイメージ・スタビライザを製作し、口径 1.9 m の望遠鏡（国立天文台・岡山）に取り付けて実際の星の像を補償する実験を行った。波面センサには 4 分割フォトダイオードを使い、その差信号を制御に用いた。図 2 に補償前と補償後の星像の radial profile を示す。半値幅で 7.6 %、ピーク値で 1.4 倍に改善されている。また図 3 は 4 分割フォトダイオードの差信号のパワースペクトルで、約 150 Hz まで補償できていることがわかる。

3. 可変形鏡の試作

波面誤差の高次の項を補償するための鏡として、可変形鏡を試作した（図 4）。直径 55 mm、厚さ 0.5 mm の合成石英製の鏡を 37 本のピエゾ・アクチュエータで押し引きして、任意の形状にする事ができるものである。薄鏡とアクチュエータとは磁石によって取り付けられており、薄鏡をアクチュエータから取り外すことが可能である。図 5 にアクチュエータに電圧をかける前の薄鏡そのものの干渉縞と、平面になるようにアクチュエータを動かした場合の干渉縞を示す。表面高低の $p - v$ 値および $r m s$ 値は、補正をかける前の 3.1λ 、 0.7λ がそれぞれ 0.44λ 、 0.08λ に改善されている ($\lambda = 0.63\mu m$)。点像の中心強度を与える Strehl ratio は 0.0 から 0.8 に改善されている。

まだ静的な特性を評価している段階だが、今後は動的な特性も調べて上記の tip-tilt 鏡と波面セ

ンサと組み合わせて、補償光学系を組んでいく予定である。

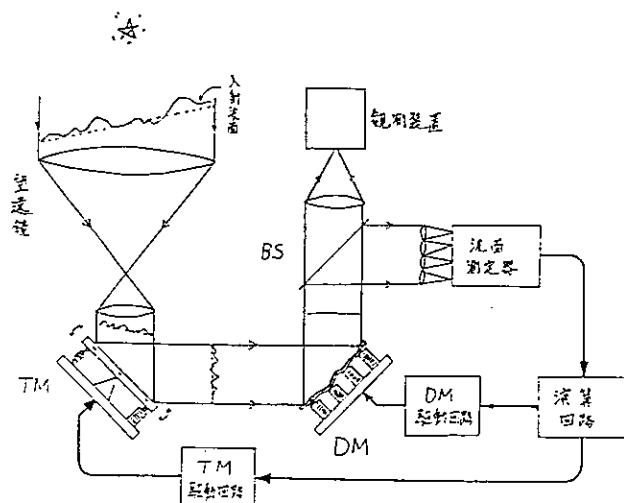


図1 補償光学系の概念図

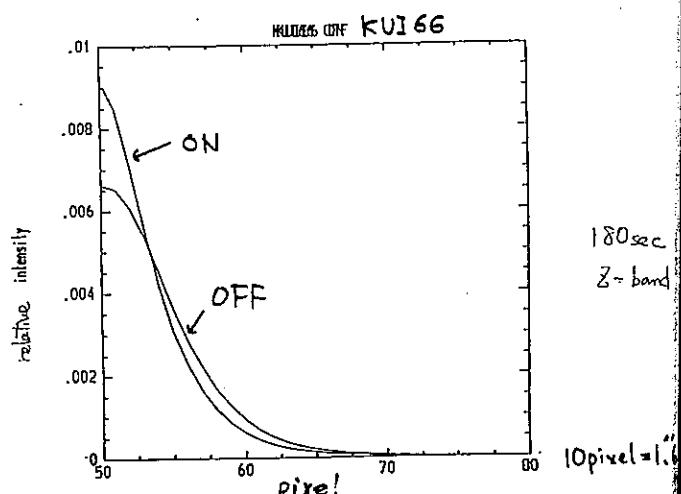


図2 イメージ・スタビライザによる星像の改善

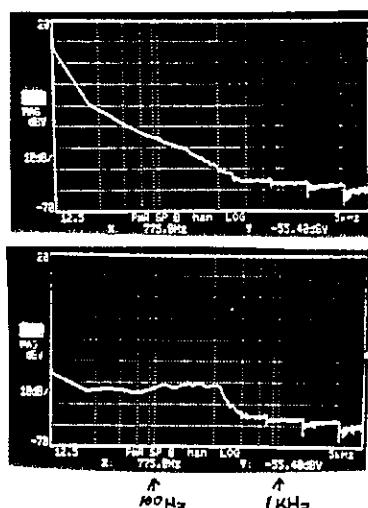


図3 イメージ・スタビライザの周波数特性
(上：補償前 下：補償後)

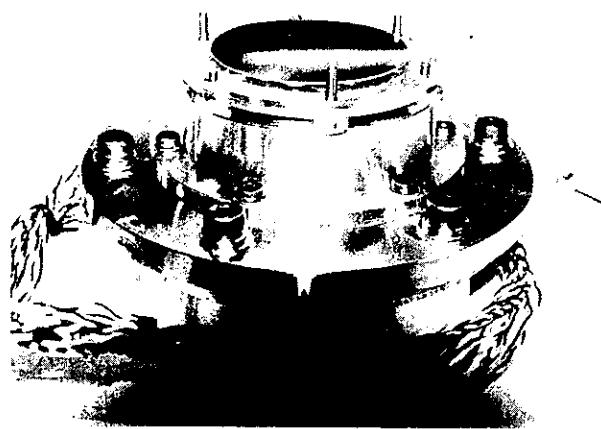


図4 可変形鏡の外観

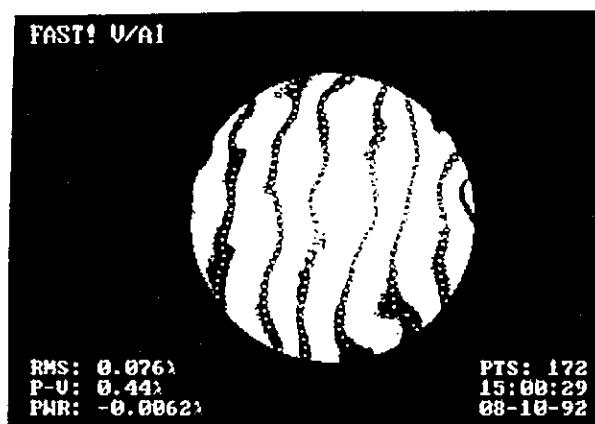
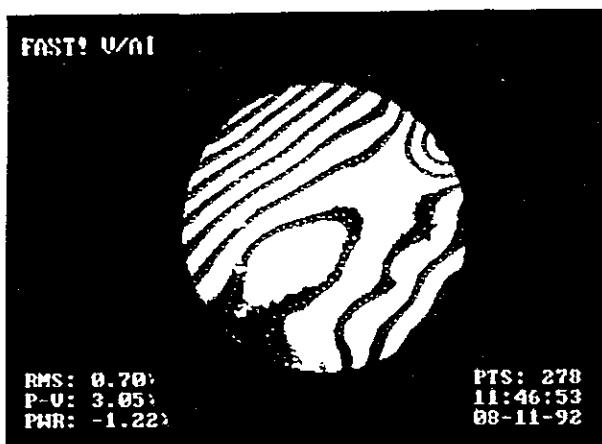


図5 薄鏡の鏡面精度の改善
(左：補正前 右：補正後)