

木星面模様を利用した波面測定実験 合田周平; 渡辺誠; [1]; 大屋真[2] [1] 北海道大学; [2]国立天文台

Abstract

北海道大学では、北海道名寄市に設置した北大1.6mピリカ望遠鏡に搭載するための太陽系惑星観測用大気ゆらぎ補償光学系を開発している。本補償光学系では、木星サイズ程度の視野(50秒 角)に渡り、可視光0.5µmよりも長波長側で0.4秒角程度の分解能の達成をするために、多層共役補償光学系(MCAO)の構成を検討している(渡辺他: 2015年春季天文学会)。従来の天文用の補償光 学系では、波面参照光源として観測対象のごく近傍に恒星や衛星のような点状光源が必要になるので、衛星を利用して惑星の補正を行っている。しかし惑星と衛星の位置が都合の良い配置となる 条件は限られるので、観測時間に制限がかかってしまい補償光学装置を使った惑星のモニター観測は困難である。そこで本補償光学系では惑星本体を波面測定の参照光源とすることで、惑星の 常時高分解能観測を目指している。

木星に関しては、波面測定法として木星模様を利用したCorrelation Tracking法を検討している。そこでピリカ望遠鏡のマルチスペクトル撮像装置MSIで撮像された木星画像を使い木星模様の大きさ とコントラストを調べているが、シーイングサイズ2秒角程度の模様は確認できていない。この結果から、2秒角よりも大きいが比較的コントラストの大きい(RMSコントラスト:1--5%)模様を参照源として 使うことを考えている。よって木星最大の模様である大赤斑(14秒角)が入る視野を確保した、視野18秒角のシャックハルトマン波面センサーを製作した。



モニターが可能なシステムを目指している。

本補償光学系では多層共役補償光学系(MCAO)の構成 を検討しており、補正視野の拡大を試みる。MCAOは、 複数の波面センサーで大気揺らぎの3次元推定を行い、 特定の高度に共役な複数の可変形鏡で補正する。



図1 MCAO [Richard and Markus, 2007]

波面測定(面光源用波面センサ) ・惑星面上で常に波面測定を可能とするために、



図2 1.6 mピリカ望遠鏡

北海道大学·大学院理学研究院·附属天文台 東経 +142:28:58.0, 北緯 +44:22:25.1, 標高 161m



惑星自身を波面参照源とする。 •木星や土星などの場合は、惑星模様を使った Correlation Tracking法を検討している。



図3 ピリカ望遠鏡で撮像された土星・木星

私たちは面光源用波面センサとして、シャックハルトマン型の波面センサを製作した。今回は、 製作した波面センサの概要と、波面センサを使った面光源の波面測定による性能結果を報告 する。



相互相関関数 $C(x,y) = \int_{D_c} I(x_i, y_i) R(x_i + x, y_i + y) dx_i dy_i$ (D_c ...積分領域)



4. 評価

製作した面光源用波面センサの性能評価として、2015年9月1日にピリカ望遠鏡のカセグレン 焦点に波面センサを取り付け、月の模様を使った波面測定を行った。

<u>測定方法</u>

測定1,測定2,測定3の順番で、測定を行った。 面光源を使った波面測定の精度が未知数なので、 月近くの恒星でシーイングを測定し比較する。

測定1:月近くの恒星(3.2等)で波面測定し、シーイングを測る。 測定2:月面模様で波面測定する。 測定3:月近くの恒星(3.2等)で波面測定し、シーイングを測る。

測定1,2,3共に総露出時間は30s,露出時間3ms,FPS200 測定1の20分後に測定2、測定2の30分後に測定3を行った。

<u>解析</u>

測定で得られた波面は20項までのツェルニケ多項式で展開した。 結果はTip-TiltとDefocus成分を除いた、RMS波面誤差[nm]の 時間平均で表す。



図9 カセグレン焦点に 波面センサを取り付け



面光源に対してCorrelation Trackingを使用した時の波面測定誤差は、以下のように 表すことができる。[Thomas et al, 2006]

 $\sigma_{x,corr}^2 = \frac{4\delta^2 \sigma_i^2}{N_{ph}^2} [rad^2]$...(式1)

 $N_{ph}...($ 面光源の)フォトン量 δ ...リファレンスの自己相関のFWHM σ_i^2 ...インプットイメージのノイズ分散

< Reference >

• Richard, D., M. Kasper 2012. Adaptive Optics for Astronomy, A&A, 50, 305-351.

- Thomas, S., T. Fusco., A. Tokovinin., M. Nicolle., V. Michau., G. Rousset 2006. Comparison of centroid computation algorithms in a Shack-Hartmann sensor. MNRAS, 371, 1, 323-336.
- Michau, V., J.-M. Conan., T. Fusco., M. Nicolle., C. Robert., M.-T. Velluet., E. Piganeau 2006.
 Shack-Hartmann Wavefront Sensing with Extended Sources. SPIE, 6303, 63030B-1.
- Poynere, L, A 2003. Scene-based Shack-Hartmann wave-front sensing: analysis and simulation.
 Applied Optics, 42, 29, 5807-5815.
- Rimmele, T, R., J. Marino 2011. Solar Adaptive Optics. LRSP, 8, 2.

また測定2と測定1,測定2と測定3の結果を引くことで、 RMS波面測定誤差[nm]の時間平均を表した。

<u>結果</u>

測定1の時間平均: 510.4nm 測定2の時間平均:425.4nm 測定3の時間平均:448.9nm →波

4nm →波面測定誤差: -85.0nm →波面測定誤差: -23.5nm 9nm

ス1と図10から、波面測定誤差は82.1[nm]と求められたが、 フェ 測定結果と大きく違うことがわかった。 各測定の時間間隔が大きく、シーイングが変動したことが考えられる。

5. 今後の予定

式1の関係式から、面光源の測定誤差には模様のフォトン数、コントラスト、そしてその自己 相関の形が重要であることがわかっている。今後は月の模様で波面測定することで、これら の関係性を観測的に明らかにしていきたい。また11月と12月には、木星模様を使った波面測 定を行い、どの模様を使うとどのくらいの波面測定誤差になるか、評価していきたい。そのた めには、面光源と恒星のスウィッチングを素早く行い、サンプルを増やすことが重要となる。

図10 測定2で測定した月模様 コントラスト: 3.6% 大きさ(縦:5.8" 横:5.5") フォトン数: 1006 (3msで)