

北大惑星用補償光学系の開発 計画の概要



渡辺 誠, 仲本純平, 合田周平(北海道大), 大屋真(国立天文台), 渡部重十(北海道大)
e-mail: mwata@ep.sci.hokudai.ac.jp

1. 概要

北海道大学では、北海道名寄市に設置した北大1.6 m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。しかし、従来の天文用補償光学系では、惑星観測の場合に、波面参照用の明るい点源(恒星)が近傍に存在しない問題と補正視野サイズが惑星視直径より狭い問題がある。本補償光学系では、これらの問題を解消するため、惑星本体を小さな視野絞りを通して波面参照光源とし、かつ、それを複数個用いた、多層共役補償光学系(MCAO)もしくは地表層補償光学系(GLAO)の構成を検討している。

2. 科学的要求と目標性能

科学的要求

- 惑星の大気循環メカニズムの解明には、惑星全球にわたる大気の動きを数時間から数年にわたってモニターすることが不可欠。
- 木星などでは、縞模様や大赤斑などの大規模構造の生成メカニズムの解明に1000kmスケールの積乱雲の観測的な理解が必要とされ、このスケールを分解するには、0.4-0.7 秒角の解像度が必要。
- 大気組成やその高度方向の分布や変化の情報を得るために、多数の波長(例えば、アンモニア吸収バンド552, 645, 790, & 930nm、メタン吸収バンド619, 727, & 889nmなど)で観測することも重要。

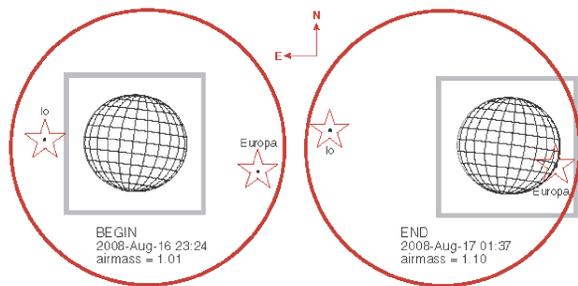
補償光学系の目標性能

可視光0.5 μm より長波長側で、木星視直径程度の視野(50 秒角)に渡り、0.4 秒角の分解能でモニター観測可能なシステムの構築を目標とする。

3. 惑星観測に補償光学系を用いる際の問題点

波面測定参照光源

天文用補償光学系では、通常観測対象のごく近傍に点状の波面参照光源が必要で、惑星のような広がった天体自身を参照光源とすることができない。木星などでは、衛星を参照星とすることが可能であるが、惑星と衛星の位置関係が都合の良い配置となるごく限られた条件の場合(期間)のみに限られてしまう。



左図 ESO/VLTのMADIにて木星の衛星(IoとEuropa)を参照星として利用した例(Wong et al. 2008)。赤丸の直径が2分角。観測開始(Ioの食)から観測終了(Europa)までの時間は2時間13分。

太陽用補償光学系では、太陽表面の黒点や粒状班など高コントラストな模様(5-10%)を用いたCorrelation Trackingによる波面測定法が利用されているが、太陽系惑星(特に木星以外)の表面の模様のコントラストは一般に低く、同様な方式では測定精度が悪化する可能性がある。

レーザーガイド星システムを用いれば、惑星表面上あるいは近傍に人工の参照星を作成可能であるが、これには非常にコストがかかる。

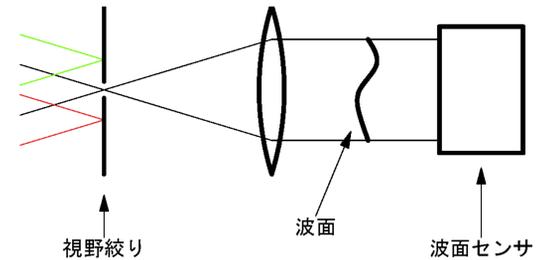
補正可能視野サイズ

波面補正は参照星から離れるにつれて地球大気を通る光路が異なってくるために誤差が大きくなる。波面が同一とみなせる視野サイズ(等位相角)は、近赤外2 μm では4-12 秒角程度、可視光0.5 μm では1-2 秒角程度しかない(シーイングを1.8秒角(名寄での典型値@0.65 μm)、大気ゆらぎの有効高度を4-10kmと仮定した場合)。このため、従来の単一共役型の補償光学系では、木星(視直径30-50秒角)や土星(視直径15-20秒角)に対して補正可能視野が不十分である。

4. 惑星用補償光学系の構成案

波面測定(面光源用波面センサ)

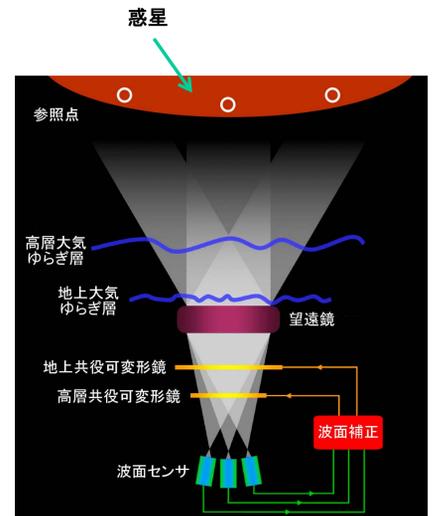
- 惑星像を小さな視野絞りに通すことで、波面参照光源とする(下図)。
- 視野絞りは、等位相角程度(0.5-3秒角)のサイズを想定。
- 波面全体の傾き(ティップティルト)の情報は失われるが、代わりに惑星像の動き(と歪み)を別途測定することでティップティルト情報を取得。



具体的な波面測定法の検討や実験は、講演V243b(仲本)を参照

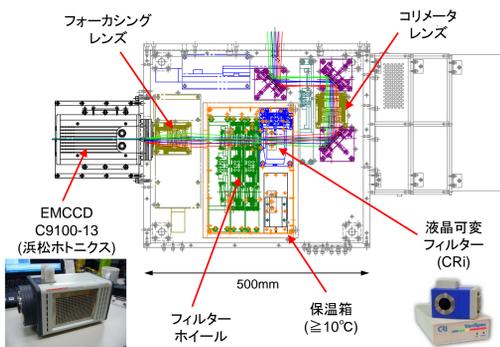
波面補正(多層共役化)

- 複数の面光源用波面センサを用いて惑星像面の複数の視野位置に対する大気ゆらぎを測定し、それを共役高度の異なる複数の可変形鏡によって補正することで補正視野を広げる。
- 初期検討案として36 素子程度の波面センサ3 個と可変面鏡2 個(それぞれ32 素子、140 素子程度)による構成(バンド幅数十Hz)を検討予定。
- システム検討のため、MASS-DIMMを用いた観測サイト(名寄)における大気ゆらぎの高度プロファイルを実測する予定。



5. 補償光学用観測装置

400-1100nm内の任意波長を連続的に選択可能な液晶フィルターを持つ既存の可視光マルチスペクトル撮像装置MSIを利用する。高解像度モード(0.11秒角/ピクセル、視野51x51秒角)のカメラレンズを新規に導入予定。



6. 開発スケジュール

- 25年度 (1) 面光源用波面センサの検討と試験
(2) 観測サイト(名寄)の大気ゆらぎ高度プロファイルの調査
(3) 多層共役補償光学システムの計算機シミュレーション
(4) MSIの高解像度モード対応
- 26年度 (5) システムの全体設計と要素設計
(6) 重要コンポーネントの性能試験、部品製作・ソフトウェア作成
- 27年度 (7) 単一波面センサと単一共役可変形鏡の組合せによる実験室での閉ループ試験と望遠鏡に搭載しての試験観測
- 28年度 (8) 複数波面センサと複数共役可変形鏡の組合せによる実験室での閉ループ試験と望遠鏡に搭載しての試験観測