



HOKKAIDO UNIVERSITY

# 北海道大学惑星観測用補償光学系の開発



渡辺 誠, 合田周平, 仲本純平(北海道大), 大屋真(国立天文台)  
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も狭い問題がある。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、**多数の異なる波長**(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

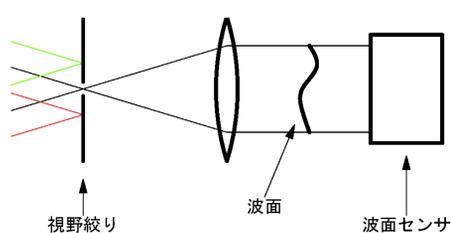
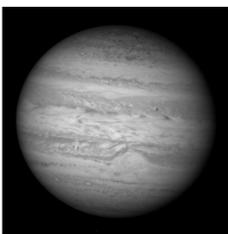
可視光0.5 $\mu$ mより長波長側で、木星視直径程度の視野(**50 秒角**)に渡り、**0.4 秒角**の分解能でモニター観測可能なシステムの構築を目標とする。

## 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)

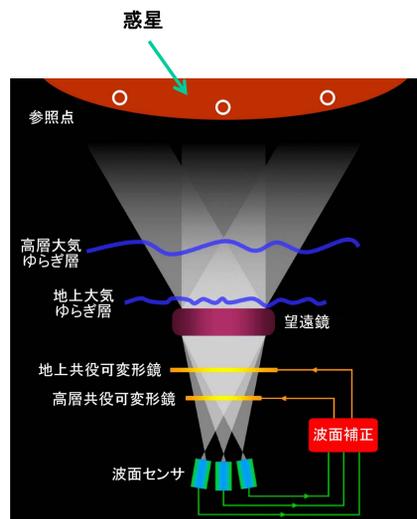
- 惑星像を小さな視野絞りに通すことで、波面参照光源とする(下図右)。
- 視野絞りは、等位相角程度(0.5-3秒角)のサイズを想定。
- 木星、土星など模様のある惑星に対しては、シャックハルトマン方式にて縞模様を使ったCorrelation Trackingを検討中。
- 金星など模様のほとんどない惑星の場合は、曲率方式による低次のゆらぎの測定を検討中。この場合、波面全体の傾き(ティップティルト)の情報が取得できないため、代わりに惑星像の動き(と歪み)を別途測定することでティップティルト情報を取得する。

右図 HST/WFC3による763nmでの木星画像(視直径20秒角)



### 波面補正(多層共役化)

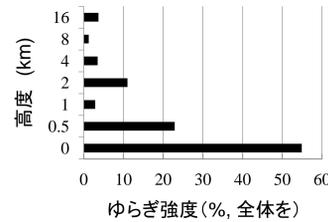
- 複数の面光源用波面センサを用いて惑星像面の複数の視野位置に対する大気ゆらぎを測定し、それを共役高度の異なる複数の可変形鏡によって補正することで補正視野を広げる。
- 初期検討案として36素子程度の波面センサ3個と可変面鏡2個(それぞれ32素子、140素子程度)による構成(バンド幅数十Hz)を検討予定。
- システム検討のため、MASS-DIMMを用いた観測サイト(名寄)における大気ゆらぎの高度プロファイルを実測する。



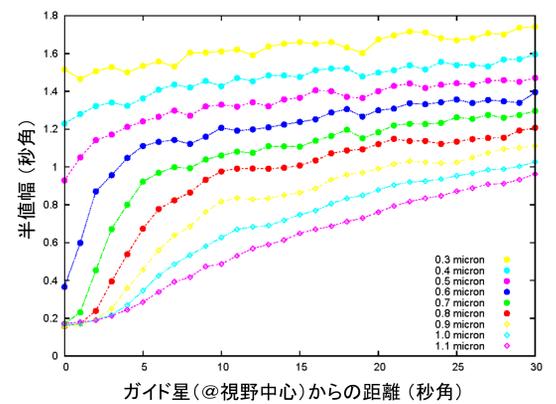
## 4. 性能シミュレーション例

補償光学系の設計パラメータを決定するために、AOシミュレーションソフトウェアyao (Rigaut & Dam 2013)を用いて、計算機シミュレーションを行っている。以下にシミュレーション結果の一例を示す。

大気ゆらぎパラメータ  
MASS-DIMMIによる望遠鏡サイト(名寄)の実測値(平均値)を使用。  
シーイング : 1.9秒角(0.5 $\mu$ m)  
ゆらぎ高度分布: 下図

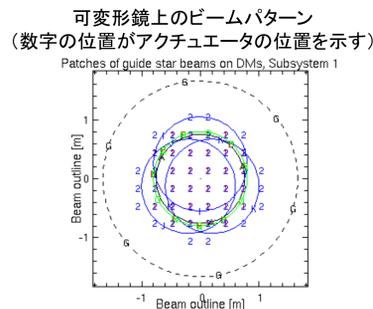


可変形鏡1枚、波面センサ1台のみの場合



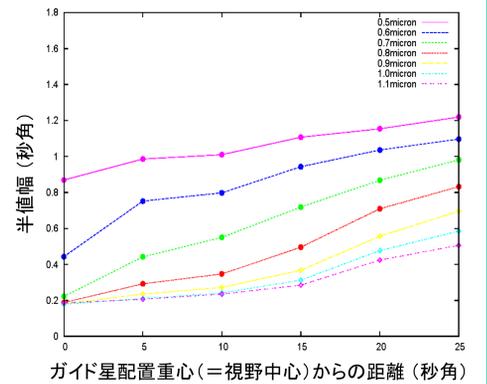
補償光学系パラメータ(MCAO)

- 可変形鏡: 6x6素子(高度0kmに共役) 12x12素子(高度2.6kmに共役)
- 波面センサ: シャックハルトマン方式
- ガイド星: 3個、それぞれ4.9等級(点源) 正三角形配置(一辺 = 34秒角)



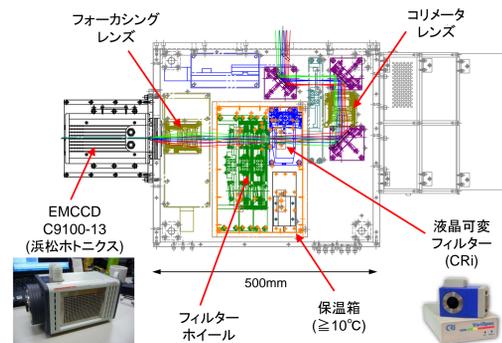
MCAO構成

可変形鏡2枚、波面センサ3台の場合



## 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