

## すばる望遠鏡中間赤外線高分散分光観測装置(IRHS)プロトタイプの光学設計

## Optical design of prototype mid-infrared high-dispersion spectrometer (ProtoIRHS) for Subaru Telescope

# 小林 英臣[1], 平原 靖大[2]

# Hideomi Kobayashi[1], Yasuhiro Hirahara[2]

[1] 名大・環境・地球環境, [2] 名大・理・地球惑星

[1] Earth and Environmental Sci., Nagoya Univ., [2] Earth and Planetary Sci., Nagoya Univ

国立天文台すばる望遠鏡に設置する中間赤外線高分散分光観測装置(IRHS)の光学設計を行った。IRHSは中間赤外線Nバンド(波長8~13 $\mu\text{m}$ )に存在する有機物やケイ酸塩の振動回転スペクトルを波長分解能 $R=200,000$ で分光観測することを目的としており、分散素子にはゲルマニウム単結晶のImmersion Gratingを使用し、魂魄とかつ高性能な分光器を目指している。

性能評価の結果、本研究で設計したIRHSプロトタイプ( $R=50,000$ )の光学系は2時間積算での限界等級が約6等級という高感度の観測が可能な性能を持つことが明らかになった。

中間赤外線Nバンド(波長8~13 $\mu\text{m}$ )には、有機分子の骨格振動やケイ酸塩のSi-O骨格振動などによるスペクトルが豊富に存在する。星形成領域や晩期型星周辺部はこれらの分子の生成場であり、その振動回転スペクトルを回転構造を分離して観測することは、惑星系形成における物質の進化を解明する上で非常に重要である。

中間赤外線高分散分光観測装置(IRHS, 仮称)は、国立天文台すばる望遠鏡第二期観測装置候補の一つである。IRHSはNバンドを波長分解能 $R=200,000$ で分光観測することを目的としており、分散素子にはゲルマニウム単結晶のImmersion Gratingを使用する。しかし、大きさ120 $\times$ 120 $\times$ 270mmのゲルマニウム単結晶の育成及び格子面の超精密加工には困難が予想されるため、先行して1/4サイズで試作して加工上の問題点を明らかにすることになった。この試作Immersion Gratingを用いた波長分解能50,000のEchelle分光器が、プロトタイプIRHSである。

本研究ではプロトタイプIRHS光学系の設計を行った。光学設計を進める際には、レンズを極力使用しない反射光学系とすること、製作・調整の簡単な球面鏡を使用したシンプルな光学系とすることに特に留意した。プロトタイプIRHSは黒体輻射によるノイズを軽減するため、クライオスタット(真空冷却容器)内で35Kまで冷却する必要がある。クライオスタットは容積が小さいほど冷却および真空排気の面で有利であるため、光学系をできる限りコンパクトにする必要がある。詳細に配置を検討した結果、平面鏡で光学系を折り曲げることにより、直径85cmのアルミニウムプレート上に全ての光学素子を収めるすることができた。また、試作機という位置付けであるため、クライオスタットや前置光学系は分解能200,000の実機と可能な限り同一の設計とした。

Echelle分光器では2個の回折格子を分散と次数分離に用いるため、スペクトルは2次元のイメージとなる。当初は1枚のCross Disperserで全波長域の次数分離を行う予定であったが、短波長側で次数間のスペクトル間隔が狭くなりすぎるといった問題が明らかになった。そこで、短波長側と長波長側で2種類のCross Disperserを使い分けるように変更した。2枚のCross Disperserは背面同士を貼り合わされた上で、低温モーターによる回転機構を備えたステージ上に配置される。短波長用4回、長波長用4回の計8回の回折角設定で、8~13 $\mu\text{m}$ の全てのスペクトルエレメントを観測する。

光学系の結像性能を確認するため、光線追跡を行い、スポットダイヤグラムを作成した。スポットサイズは60 $\mu\text{m}$ 程度であり、検出器2pixel(pixel size: 30 $\mu\text{m}$ )上にほとんどの光線が収束している。また、分光器の感度の見積もりを行ったところ、最小スリット幅(0.48mm)、分解能50,000で点光源の天体を約100秒間積分して観測する場合、明るさ6等の天体を $S/N=5$ 程度で観測可能であるという結果となった。さらに数時間程度の積算により検出限界は約8等に達するため、従来は振動回転スペクトルの検出が困難であった暗黒星雲などの暗い天体でも分光観測が可能となる。また、炭素星IRC+10216のような明るい天体では、存在量の少ない不安定分子などのスペクトルの検出も期待できる。

以上の結果より、本研究で設計した光学系は波長分解能50,000で高感度の観測が可能な性能を持っていることが明らかになった。今後はこの設計をもとに光学系部品の製作および組立・調整を行っていく予定である。