

中間赤外線高分散分光観測装置（IRHS）の構造設計：クライオスタット及び駆動系の開発

Design Review of Mechanical Construction for IRHS: Design of Cryostat and Cryogenic Actuators

所 仁志[1], 平原 靖大[2]

Hitoshi Tokoro[1], Yasuhiro Hirahara[2]

[1] 名大・環境, [2] 名大・理・地球惑星

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

中間赤外線高分散分光観測装置（IRHS）の熱・構造設計について詳細な検討を行なった。IRHS は中間赤外線領域の分光観測を目的としているので、装置自身の熱輻射を無視することができない。そのため、分光器全体をクライオスタットに格納し、光学系を 30K 以下、検出器を 4K 以下まで冷却する。それぞれの目標温度を確保するため、このクライオスタットは 30K・80K プレーットの 2 段構造とし、それらの支持には GFRP 材を採用した。また、光学系調整のための駆動機構を制御する 30K 以下で使用可能なステッピングモータを開発し、それをを用いた駆動機構を設計した。

現在、我々は有機物の多様な骨格振動や Si-O 骨格振動に伴う遷移が現れる重要なバンドである中間赤外線領域（波長 8~13 μm ）において高分解能な分光（波長分解能 200,000）が可能な中間赤外線高分散分光観測装置 IRHS（Infrared High-resolution Spectrometer）を開発中である。IRHS は分光素子にゲルマニウム単結晶の Immersion grating を用いた前例のない冷却 Echelle 分光器である。現時点では、波長分解能 50,000 を実現する大きさ 30mm \times 72mm の Immersion grating の開発に成功している。この Immersion grating を用いた IRHS プロトタイプ分光器の熱・構造設計及び駆動系開発について報告する。

中間赤外線領域においては、装置自身の放射する熱輻射が無視できないため、全ての光学・機械部品を 30K 程度以下、検出器を 4K 程度以下まで冷却する必要がある。このため、分光器全体をクライオスタットに格納し、2 台の GM 冷凍機で冷却する。内部は直径 850mm の 30K・80K プレーットの 2 段構造となっており、30K プレーット上に光学系を設置する。それらの支持には熱伝導率が極めて低く強度の優れた GFRP 材を採用し、熱収縮によってプレートがずれる事を防ぐように配置した。各プレートにはそれぞれ 30K シールド・80K シールドが取り付けられており、輻射侵入熱を防いでいる。検出器部については、30K プレーットからシールドを設置することにより輻射侵入熱を防ぎ、支持材にサーマルアンカーを取り付けることにより伝導侵入熱を防ぐようにした。また、冷却時間短縮のため液体窒素による予冷ができるように各プレートの裏側に導入管を設置した。

Echelle 分光器の調整のため、4 つの光学素子（スリット、リオストップピュア用レンズ、クロスディスペルザ、レデューサ）に真空低温下での回転・焦点調節機構を取り付ける必要があり、これらの安定性は観測データの信頼性に直接影響する。30K の低温環境においては、熱収縮による歪み・潤滑材の機能低下から、常温用のステッピングモータや駆動機構は正常動作が期待できない。一方、市販の低温用モータは一般に高価格でサイズ・トルク・ステップ角において制約が大きい。そこで、市販のステッピングモータの軸受を MoS₂ スパッタリング軸受と交換する事により真空低温用へと改造した。次に、このモータを用いたクロスディスペルザ回転機構を設計した。この機構は長波長・短波長用の 2 枚のクロスディスペルザの切り替え及びスペクトルフォーマットを 8 回に分けて積算するために必要である。回転の最小分解能を 0.1°とするためにウォームギヤを採用し、ウォーム軸・ホイール軸の軸受にはモータの軸受と同じ MoS₂ スパッタリング軸受を使用した。また、材質による熱収縮率の違いからクロスディスペルザに無理な力が加わらないように、これをリン青銅の板バネで固定した。