

IRHS 用スリットタレットの製作

石川秀蔵

教育・研究技術支援室 装置開発技術系

概要

IRHS(Infrared High-resolution Spectrograph) は、電波観測では原理的に観測が不可能な、永久双極子モーメントを持たない分子の気相における振動回転スペクトルの観測を可能にする中間赤外線高分散分光観測装置である。今回、IRHS の 30K 低温ステージで使用されるスリットタレット (回転式スリット) を製作した。

これは、従来の固定式スリットから、複数のスリットを使用できるように回転式に改造したものである。装置は 30K の低温下で使用するため、材料の収縮等による動作不良を生じないような構造とした。また、すでに設置されている他の光学部品との干渉を避けるため、3次元 CAD を用いて効率的に設計を行なった。

以下に製作した IRHS 用スリットタレットについて構造、3次元 CAD による設計、組立後の機能試験結果について報告する。

1 装置の概要

はじめに IRHS の概要を示す。図 1 に IRHS の全体、図 2 に光学系 30K 低温ステージ、図 3 に従来の固定スリットと設置スペースを示す。

本体の大きさ $\phi 1000 \times H1000$

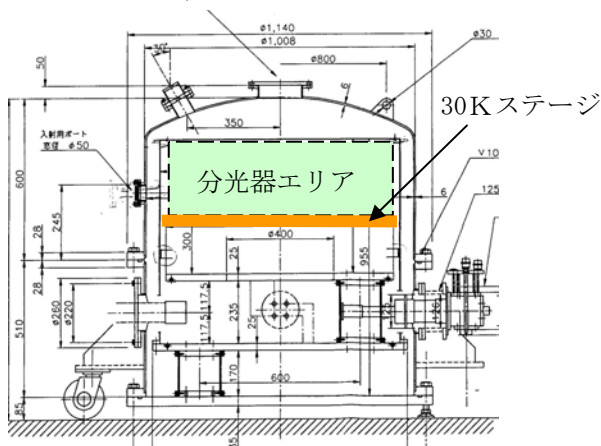


図 1. IRHS の概要

固定スリット

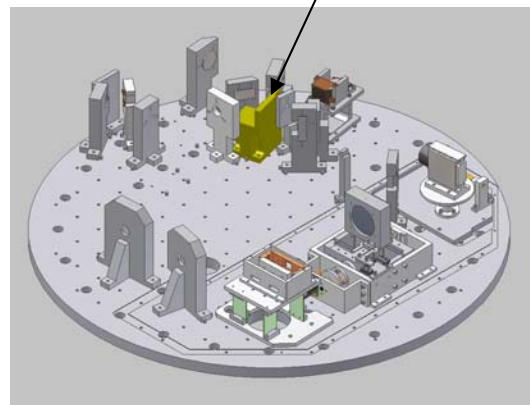
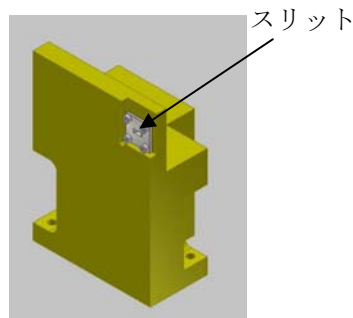


図 2. 光学系 30K ステージ



固定スリット

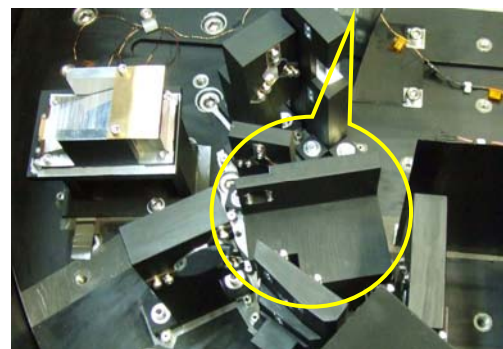


図 3. 固定スリットと設置スペース

今回製作したスリットタレットは、従来設置されていた固定スリットのスペースに置き換えるものである。次にスリットタレットの概要を図4に示す。基本構造は、これまで IRHS において使用されているレンズタレット（回転式レンズ交換装置）を参考にした。スリットホイールは、モータ駆動で回転し、固定ローラーで位置決めされる。回転と固定の切り替えは、モータ軸に取り付けられたウォームギアが軸上をコイルバネのバランスでスライドすることにより行なわれる。必要とされるスリットの位置決め精度は0.1mmである。

今回使用したモータの軸受け及び回転軸支持用軸受けは、真空低温用軸受けと交換して装置に組み込んだ。この方法は名古屋大学理学部物理Z研が開発したものであり、30Kにおける動作が実証されている。

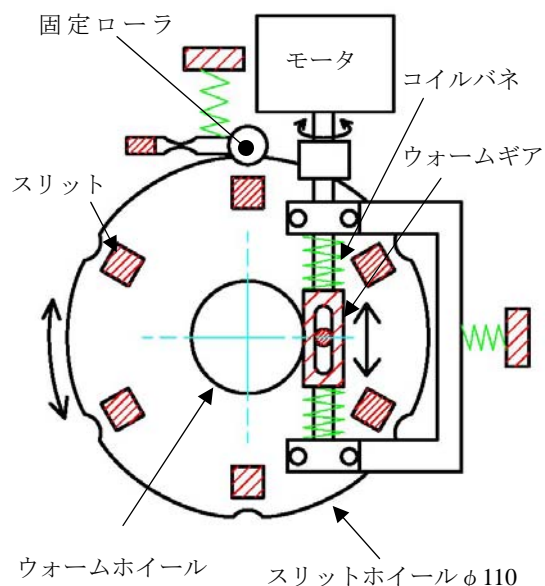


図4. スリットタレットの概要

2 装置の設計

装置は30Kの低温下で使用するため、材料の収縮等による動作不良を生じないように、

- 1) 波バネを用いて回転軸用軸受けの押し付け力を一定にする
- 2) 板バネを用いてウォームホイールとウォームギアの押し付け力を一定にする

等の設計を行なった。3次元CADにより設計した駆動部を図5に示す。今回、すでに設置されている固定式スリットと同一の光軸上に回転スリットを配置し、さらに他の光学部品との干渉を避ける必要があった。このような条件に対して3次元CADを使用し、設計を効率的に進めることが出来た。図6に設計した装置全体を、図7に光路（赤色で表示）および30K低温ステージ上に配置した状況をそれぞれ示す。

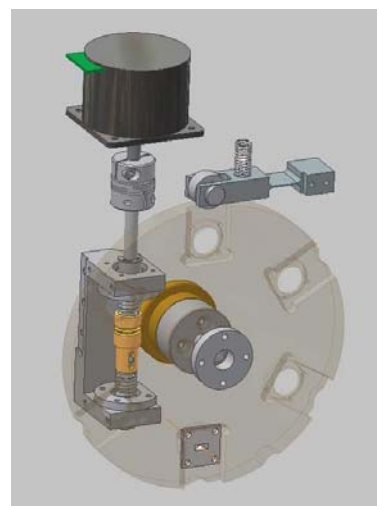


図5. 3次元CADにより設計した駆動部

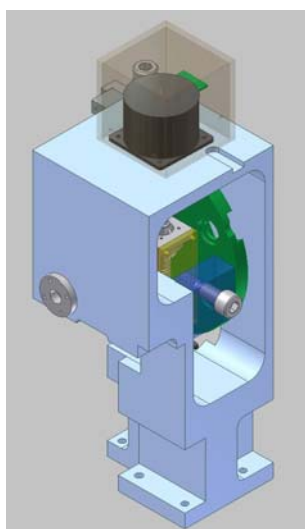


図6. 装置全体

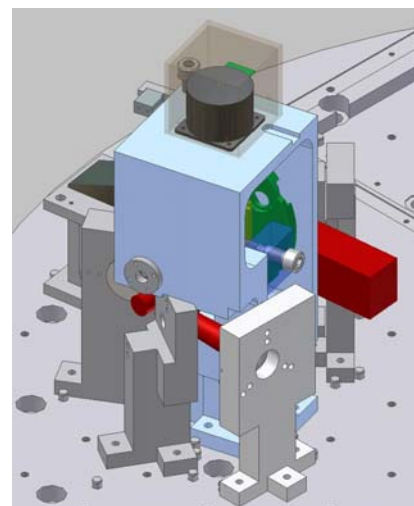
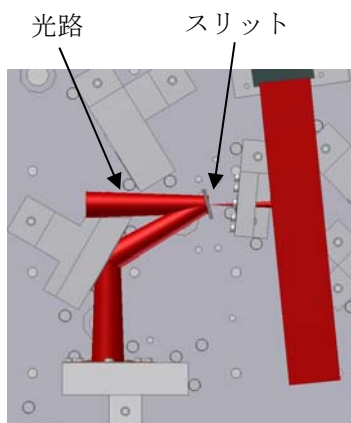


図7. 光路と低温ステージ上の配置

3 組立調整と機能試験

製作した装置を図8に示す。仮組立てを行なった後、手でウォームギア軸を回転させ、スリットホイールが回転と固定を円滑に行なうように固定ローラー及びウォームギア軸の押し付け力を調整した。調整後、図9に示すようにスリットホイールを固定する際の再現性について、ダイヤルゲージを用いて測定した。



図8. 製作した装置

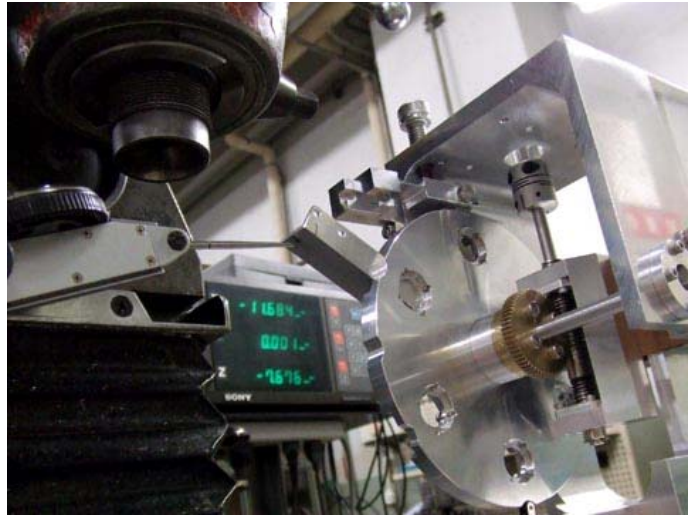


図9. スリットホイールの停止位置測定

測定結果を表1に示す。これにより、ローラー押し付け力が100～300gであればスリットホイールの停止位置決め精度は0.1mm以下であることが分かった。

表1. スリットホイールの停止位置測定結果

ローラの押付け力 (gr)	ダイヤルゲージの読み 3回平均 (mm)
50	0.143
100	0.354
200	0.354
300	0.357
バネ定数 : 50gr/mm	

さらに、ローラー押さえバネの荷重とホイールの必要回転トルク及びホイールに設けた円弧状の切欠き部からの脱出回転トルクを測定した。その結果とモータートルクおよび安全率を表2に示す。

以上の試験結果から、ローラー押さえバネの荷重を300gに設定すれば、位置決め精度が0.1mm以下となり、かつモーター駆動トルクも安全率が6以上となることが分かった。今回の試験は常温であるが、先に述べた低温時における熱収縮低減機構とモーター駆動力の余裕から、30K低温時においても十分な性能を発揮するものと考えられる。

表 2. ホイールの回転トルク測定結果とモータートルクの安全率

ローラーの押付け力 (gr)	ホイールの 回転トルク (gcm)	円弧切り欠きからの脱出回転トルク (gcm) (ウォーム軸換算)
100	640	80
200	960	80
300	1120	80
モータートルク	30kgcm	500gcm
安全率	26 以上	6 以上
ウォームホイールの減速比：60		

現在、スリットタレットは IRHS に組み込むため、図 10 のように反射防止の黒色処理を行い、図 11 に示すレーザー光による光学試験を行っている。



図 10. 反射防止の黒色処理をした装置

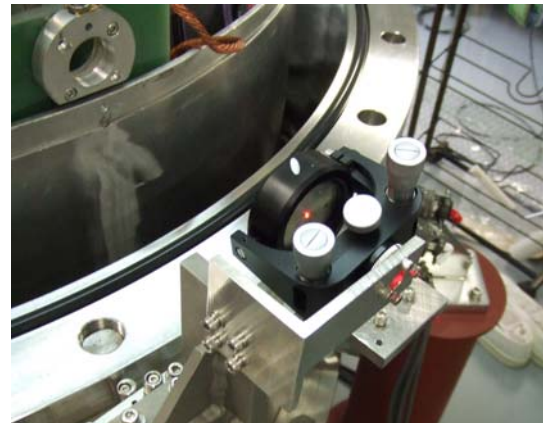


図 11. レーザー光による光学試験

4 まとめ

30K 低温ステージにおいて駆動する回転スリット（スリットタレット）を設計・製作し、常温下での位置決め精度 0.1mm を確認した。完成したスリットタレットは現在、IRHS の 30K 冷却光学定盤の所定の位置に設置が完了し、He-Ne レーザー光源による常温での光軸調整を終了した。引き続き、最終的に低温試験を行う予定である。分光器に配置する部品には多くの制約があり、それぞれの干渉を避けるための設計ツールとして 3次元 CAD が非常に有効であることが分かった。