

研究代表者：

氏名 本原 顕太郎

所属・職 東京大学・理学系研究科・准教授

研究題目：TMT時代を見据えた、イメージスライサー型近赤外面分光ユニットの要素技術開発

## 1. 研究の実績

## (1) 研究の実施日程

研究項目	実 施 日 程											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
コンパクトなIFU光学系の基礎設計						●	●	●				
超精密加工技術を用いたIFUミラー製作技術開発					●	●	●	●	●	●	●	●

## (2) 研究の成果の説明

本研究では、TMTの第2期観測装置構想であるTMT-AGE (PI: 東北大 秋山) に用いることを想定しつつ、イメージスライサー型面分光の要素技術開発以下のように行った。

**[ I ] コンパクトな IFU 光学系の基礎設計**

光学設計ソフトウェア ZEMAX を新たに購入し、TMT-AGE チームと連携をとり IFU 部分の光学設計をおこなった。パラメータとして低空間分解能(スライス幅0.15秒角, 視野3平方秒角)と高空間分解能(低空間分解能(スライス幅0.05秒角, 視野1平方秒角)のそれぞれで概念設計をおこなった。とくに、視野の中央、上限端のスライスミラーに対応する3チャンネル分を ZEMAX で光線追跡し、各チャンネルからの分光器への射出光が収束光とすることができることを確かめた。

達成度としては IFU 部分の feasibility を議論するための概念設計にとどまった。これは TMT-AGE の分光器パラメータが年末～年度末に掛けて流動的な状況にあったため、その方向性によって大きな影響を受ける IFU 部の詳細検討は分光器パラメータ決定後に行うことにしたためである。今後は TMT-AGE で検討が進められている分光器の光学解に対して、IFU の全チャンネルを取り入れた詳細な光線追跡を行う予定である。

## 【II】超精密加工技術を用いた IFU ミラー製作技術開発

イメージライザー型 IFU の心臓部であるスライスミラー、瞳ミラー、スリットミラーアレイをアルミ合金からの超精密切削一体加工で製作するための技術開発を行った。

### (1) 低温環境下における最適な鏡材選定のための測定系の構築と評価：

ミラーアレイを目標精度で加工できたとしても、実際の使用温度環境下(~80K)では鏡材(e.g. アルミニウム合金)とメッキ(e.g. 無電解ニッケルりん)の熱膨張係数の差異に起因する鏡面形状歪みが生じる恐れがある。この現象は IFU の結像性能を大きく悪化させる要因となるため、定量的な評価を行い最適な鏡材を見出すことが重要である。今年度は低温下で形状歪みを測定できるシステムを構築し、定量的な評価をおこなった。評価対象として RSP 社製の特殊アルミニウム材を含む種々の合金を購入し、それらに NiP めっきを厚さ 100 $\mu\text{m}$  施し鏡面加工したものを使用した。常温(300K)と冷却下(80K)でそれぞれ、形状を評価したところ、通常の A5052 では最大で 350 nm P-V 程度、常温から歪み量が確認された。一方、特殊アルミニウム合金 RSA443 の形状測定では A5052 のような大局的な歪みは認められず、外縁部で最大 100 nm P-V の変形のみみられた程度であった。これは要求精度程度であり、四辺の局所的な範囲のみであることから十分許容できるものと判断した。一連の測定の結果として、近赤外装置のように低温環境下で使用される鏡材には RSA443 が最適であるという結論を得た。

### (2) 超精密加工にスライスミラー加工：

イメージライザー型 IFU に必要な光学素子は複雑な形状を有したミラーアレイとなっており、これらを近赤外域で求められる精度(表面粗さ 10 nm rms 以下、形状誤差 100 nm PV 以下)で製作することは非常にチャレンジングな課題となっている。そこで今年度はすべての基礎となるスライスミラーの製作に重点を置き、そのための超精密切削加工技術の蓄積、すなわち試作、評価と加工方法の最適化をおこなった。スライスミラーの加工手法を他のミラーアレイ(瞳ミラー、スリットミラー)の加工にもそのまま適用できる設計にすることで後者の加工に関してはより短い開発期間で製作が

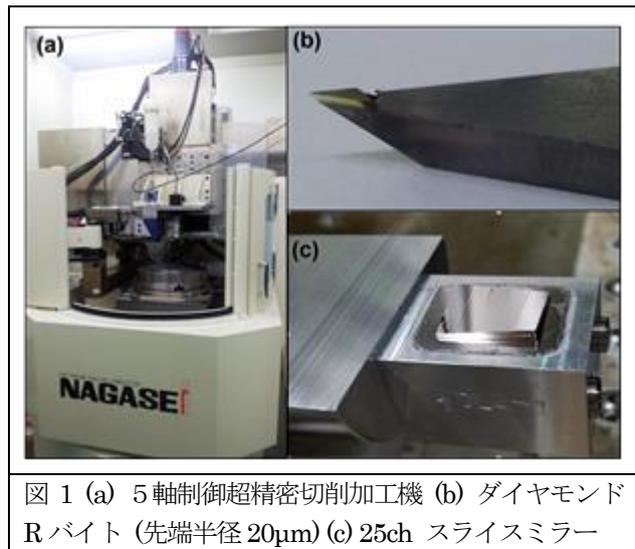


図 1 (a) 5 軸制御超精密切削加工機 (b) ダイヤモンド R バイト (先端半径 20 $\mu\text{m}$ ) (c) 25ch スライスミラー

可能となる。加工は理化学研究所の先端光学素子開発チームと密に連携をとっておこなった。当該チームの有する 5 軸制御超精密切削加工機を使用し(図 1a)、加工機の多自由度の運動を制御するための加工コードを設計した。工具は先端形状が半径 20 $\mu\text{m}$  の極細 R バイトを特注し(図 1b)、シェーパー加工による鏡面仕上げ加工をおこなった。表面粗さ測定の結果、要求精度の < 10 nm rms を十分満たす 5 nm rms という値が得られた。また形状誤差についてはワーストケースで要求精度の 2 倍近い値となった。これはダイヤモンドバイトによる切削痕が支配的な要因であることがわかっており、修正研磨あるいは工具アライメントの精度向上によって解決する見込みである。最終的な成果として、25 反射面をもつスライスミラーを製作した(図 1c)