

共同研究成果報告書

平成 28 年 5 月 6 日

研究代表者：

氏 名 左近 樹

所属・職 東京大学大学院理学系研究科・助教

研究題目：MICHI (Mid-Infrared Camera, High-disperser, and IFU) 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
試験系／測定系の整備		●	●	●	●	●	●					
瞳ミラーの光学設計							●	●	●	●	●	
瞳ミラーの構造設計・加工方法の検討									●	●	●	
瞳ミラーの加工											●	●

(2) 研究の成果の説明

1) 瞳ミラーの製作

[目標]：本年度の主要目標として、最優先で、前年度までに試作したTMT/MICHIの仕様に基づく大型フォーマット (n=11) のスライスミラーに対応する大型フォーマット瞳ミラーの製作を実施する。

[成果]：TMT/MICHIの仕様に基づいて平成26年度に試作した一体型大型フォーマット (n=11) スライスミラー (図左参照) に対応する、瞳ミラーの設計および製作を実施した。まず、別財源を用いて 一体型大型フォーマット瞳ミラーの光学設計を実施 (但し、下記の構造設計結果を光学設計にフィードバックし、イテレーションを実施) した。次に、加工メーカーと加工方法と工作精度の技術的な相談を重ね、本財源を用いて、瞳ミラーの構造設計および加工方法の検討を実施 した。その結果、異なる軸を持つ11個の球面鏡からなる瞳ミラーの構造体のサイズ420mmとなり、当初予定していたNanoform 250Ultraによる加工では対応できず、より大型の加工機Nanoform 700Ultraを必要とする事が判明した。本財源を用いて、Crystal Optics Ltd. のNanoform 700Ultraを用いて一体型大型フォーマット瞳ミラーの加工を完了 し (図右参照)、良好な鏡面加工精度を得た (詳細は、SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation 2016のSakon et al. 2016 [Paper 9912-203]で発表予定)。

2) 疑似スリット像評価システムの整備と赤外線を用いた疑似スリット像／散乱光の評価試験の実施

[目標]：IFU面分光ユニットとして光学系を完成させる為に必要な各素子の設計および製作を完了する。さらに、前年度に製作した非冷却疑似スリット像評価システムを、今回製作するTMT/MICHIの仕様に基づ

づくIFU面分光ユニット用に改造し、実際に赤外線を用いた疑似スリット像／散乱光の評価を行う。  
[成果]：まず、一体型大型フォーマットスライスミラーと一体型大型フォーマット瞳ミラーを用いた、疑似スリット像評価システムの光学系を組み上げる上で、疑似スリット像が結像される位置に赤外線カメラの検出器アレイを配置できるよう、平成27年度の前半にカメラホルダーの製作を実施した。この際、カメラの画像制御の為に、制御用のノートPC (NECパーサプロJ TYPE-VA VJ18) を導入した。一方、1) の瞳ミラーの製作の過程で、瞳ミラーの製作に大型の加工機Nanoform 700Ultraでの加工が必要となる事が判明し、その結果加工時間および加工に必要な経費が肥大化したため、平成27年度予算では、当初予定した、一体型大型フォーマットスライスミラーと一体型大型フォーマット瞳ミラーを用いた、疑似スリット像評価システムの整備の完成まではカバーできなかった。そのため、疑似スリット像測定系構築の為に必要となる他の光学素子の製作および組み上げと赤外線を用いた疑似スリット像／散乱光の評価試験については、次年度以降に、順次別財源を確保することにより実施しするよう計画を変更した。

一方、本来、実観測データ中への散乱光の影響を調査するためには、赤外線を用いた疑似スリット像／散乱光の評価だけでなく、イメージスライサーを(分光系を含めて)装置に組み上げた状態で、試験・評価する必要がある。その最も効果的な手法は、本研究のイメージスライサー開発の最も初期のプロトタイプ装置である茨城大学で開発された中間赤外線面分光装置MIRSISの実験室での駆動試験／調整を行い、さらに国内望遠鏡／国外望遠鏡に実装しデータを取得する事である。まず、平成27年度中には、本経費にて、既存のLinuxマシン3台を、MIRSIS稼動試験用に設定する作業を実施した。平成28年度には、実験室でのMIRSISの駆動試験／調整試験を実施し、国内望遠鏡での実装とデータ取得を実施する予定である。

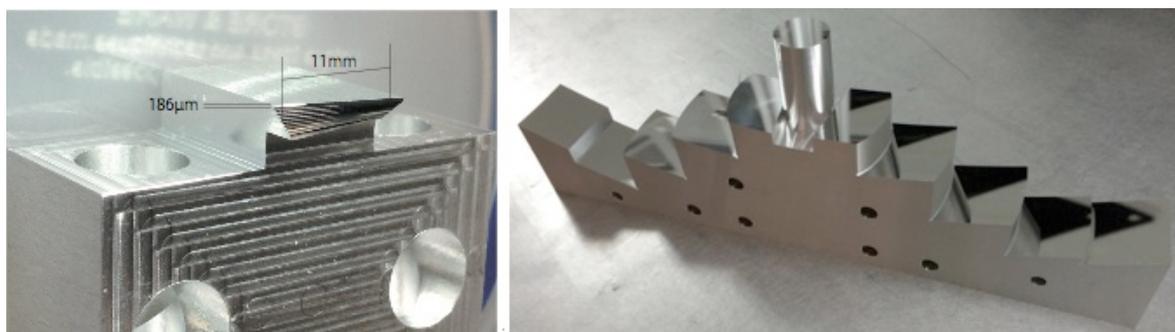


図 (左) 平成 26 年度に NAGASE INTEGREGREX Co. Ltd. の Nanocenter N2C-53-S5N5 で試作した大型フォーマットスライスミラー。(右) 平成 27 年度に Crystal Optics Ltd. の Nanoform 700Ultra を用いて加工した瞳ミラー。

以上のとおり、平成27年度までに実施した研究開発から、TMT/MICHI に搭載可能な大型フォーマットイメージスライサユニットの加工に関する技術成熟度は、平成26年度に製作した大型フォーマットイメージスライサ及び今年度製作した大型フォーマット瞳ミラーを用いた疑似スリット像評価試験を残して、おおよそ当初の目標を達成する事ができた。特に、一体型の加工に基づいて、実際にTMT/MICHIで採用する大型のフォーマットで、各光学素子の試作が完了し、その技術実証が出来た点は、平成23年度以前に、茨城大学で開発された中間赤外線面分光装置MIRSISに採用された積層型の小型イメージスライサから、大きな進捗が得られた。

(共同研究計画書に記載の「研究内容」に沿って、達成状況の具体的な内容等を詳しく記載願います。)

## 使用実績報告書

### 1. 総括表

区分	費目	予算額 (円)	決算額 (円)	研究費の 充当額 (円)	備考
支出	設備備品費	2,051,000	2,160,000	2,160,000	
	消耗品費	205,000	151,286	151,286	
	その他の経費	144,000	88,714	88,714	
	合計	2,400,000	2,400,000	2,400,000	
収入	研究費の額	2,400,000	2,400,000		
	自己調達額	0	0		
	その他	0	0		
	合計	2,400,000	2,400,000		

### 2. 決算費目別内訳

#### (A) 支出

##### a 設備備品費

種別	仕様	数量	単価 (円)	金額 (円)	発注年月日	引取年月日	支払年月日	備考
TMT/MICHI 用イメージ スライ サー瞳ミ ラー加工	別途添付	1	2,160,000	2,160,000	2016. 2. 5	2016. 3. 22	2016. 4. 25	
計				2,160,000				

##### b 消耗品費

種別	仕様	数量	単価 (円)	金額 (円)	支払年月日	備考
制御PC	NECサーバプロJ TYPE-VA VJ18	1	98,500	98,500	2015. 6. 25	
メモリ4GB	Op-ins-0010	1	8,980	8,980	2015. 6. 25	
赤外線カメラホル ダー	赤外線カメラモジ ュールAVIO-C200用 に設計・製作	1	38,880	38,880	2015. 7. 24	
USBメモリ	Lexar J UMPDRIVE P10	1	4,606	4,606	2016. 4. 25	
ファイル	キングダムキング ファイルスーパ ドッチ	1	320	320	2016. 4. 25	
計				151,286		

c その他の経費

種 別	摘 要	数 量	単 価 (円)	金 額 (円)	発注年月日	引取年月日	支払年月日	備 考
設定作業 (ネットワーク作業、セキュリティ作業) 3点		1式	25,920	25,920	2015.09.18	2015.09.24	2015.10.23	
宅急便		1	764	764	2015.06.08	2015.06.08	2015.07.08	
国内旅費	東京-園部	1	31,130	31,130		2016.1.29	2016.1.29	
国内旅費	東京-堅田	1	30,900	30,900		2016.03.31	2016.03.31	
計				88,714				

(B)収入

種 別	摘 要	金 額 (円)	備 考
研究費の額	国立天文台からの振込	2,400,000	
自己調達額		0	
その他		0	
計		2,400,000	

(注) 共同研究の実施に際し、収入を得た場合や取引相手先からの納入遅延金が発生した場合には、収入の欄におけるその他に計上すること。

[参考資料]: 設備備品費における「TMT/MICHI用イメージスライサー瞳ミラー加工」の要求仕様

- 仕様:
- ・瞳ミラーは、それぞれ異なる軸を持つ 11 個の球面鏡からなる。
  - ・各球面鏡の頂点座標、ミラー中心座標は、下記表に指定する。
  - ・各球面鏡の頂点座標、ミラー中心座標の相対加工精度は、50 $\mu$ m 以下を要求する。
  - ・ミラー中心座標と頂点を結ぶミラー軸に対する角度製作精度は、3分角以下を要求する。

Surface#	R(mm)	K	A(mm <sup>-4</sup> )	頂点座標			ミラー中心座標			ミラー中心	
				x(mm)	y(mm)	z(mm)	x(mm)	y(mm)	z(mm)	Alpha	beta
1	594.034	0.24451	-1.797E-10	160.218	88.8323	-439.102	39.1787	<b>190.018</b>	<b>-427.03</b>	15.579	-13.031
2	604.578	0.19118	-1.415E-10	189.864	69.8401	-445.88	40.2086	<b>157.452</b>	<b>-452.442</b>	18.123	-10.254
3	566.799	0.21854	-1.915E-10	174.624	53.1145	-416.604	37.4648	<b>110.599</b>	<b>-431.12</b>	17.654	-8.204
4	524.423	0.33167	-3.531E-10	148.444	36.2147	-385.685	34.3214	<b>67.7517</b>	<b>-401.066</b>	16.056	-5.902
5	492.980	0.56888	-7.047E-10	124.91	18.7812	-363.645	31.9774	<b>31.5892</b>	<b>-377.097</b>	14.229	-3.167
6	434.717	1.09323	-1.811E-09	63.6109	-0.446236	-321.815	27.5096	<b>-0.0654385</b>	<b>-325.327</b>	7.947	0.081
7	490.172	0.62547	-7.848E-10	121.862	-18.7447	-361.705	31.8021	<b>-31.5261</b>	<b>-374.526</b>	13.974	3.192
8	517.727	0.38948	-4.260E-10	141.689	-35.8839	-381.036	33.9383	<b>-66.8821</b>	<b>-394.941</b>	15.547	5.933
9	554.806	0.26685	-2.440E-10	163.084	-51.846	-408.308	36.8421	<b>-107.989</b>	<b>-420.227</b>	16.871	8.205
10	585.767	0.23906	-1.875E-10	171.849	-67.3366	-432.861	39.2737	<b>-151.811</b>	<b>-435.647</b>	16.956	10.242
11	594.625	0.25815	-1.882E-10	156.982	-85.7201	-440.978	39.905	<b>-190.374</b>	<b>-427.339</b>	15.333	12.700

ア