

共同研究成果報告書

平成28年3月31日

研究代表者：

氏名 秋山 正幸

所属・職 理学研究科 准教授

研究題目： TMT-AGE: TMT-Analyzer for Galaxies in the Early universe

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
多天体補償光学系実証		←										→
広視野補償光学系光学設計		←										→
多天体面分光器光学設計									←			→
小型可変形鏡の開発		←										→

(2) 研究の成果の説明

ここでは今年度の共同研究成果に絞って報告し、平成24年度から平成27年度にわたる検討によるまとめを補足資料として添付する。

1. 多天体補償光学系実証試験と性能評価

我々はトモグラフィー大気揺らぎ推定法に基づく多天体補償光学において、特に広視野を実現することをめざし、複タイムステップトモグラフィー法を提案している。複タイムステップトモグラフィー法を次世代 30m 望遠鏡に用いた場合の多天体補償光学の性能評価を行った。今年度は特に解析的な計算による性能評価を行い、計算機シミュレーションで得られる性能評価とコンシステントな評価が得られた。複タイムステップトモグラフィー法を用いれば、直径 10 分角という広視野の補正においても良い補償性能が得られることが分かった。以上の成果を取りまとめて JOSAA にて査読論文として報告した。

計算機上でのシミュレーションだけではなく、すばる望遠鏡の持込み装置である多天体補償光学の実証装置 RAVEN のキャリブレーションユニットを用いて、すばる望遠鏡の多天体補償光学を想定した光学系でのシミュレーションを行った。複タイムステップトモグラフィー法を用いた場合の古典的トモグラフィー法に対する性能向上は、光学シミュレーション結果と計算機上でのシミュレーション結

果でコンシステントな結果が得られた。さらにすばる望遠鏡を用いた実際の天体による試験観測を2015年6月に行い、トモグラフィ補償光学が機能することを実証した。複タイムステップトモグラフィ法を制御計算機に実装して性能評価試験を行ったが、実際の天体の観測においては古典的トモグラフィ法に比べて複タイムステップトモグラフィ法による性能向上は見られなかった。波面センサーデータのオフラインでの解析結果はドームシーイングなど風の流れによる移動とは異なるパターンを持つ大気揺らぎが複タイムステップトモグラフィ法ではうまく扱えていないことが示唆された。この点は今後改善が必要となる。これらの結果は大野良人の博士論文および山崎公大の修士論文として取りまとめた。

大気位相板を購入し、次世代 30m 望遠鏡の広視野補償光学の光学シミュレーションを行うための光学系を実験室に組み上げて、波面測定の実験を行った。次世代 30m 望遠鏡のトモグラフィ補償光学の実験システムとして今後立ち上げを進める。

2. 広視野補償光学系の光学設計と機械設計

多天体補償光学の前置補償光学として、視野内で共通の大気揺らぎ成分を補償する前置補償光学系の光学設計を行った。視野 10 分角の要求を満たし、かつ補償光学系として機能させるために、可変形鏡位置での瞳像のボケが十分に小さい光学系が要求される。我々はコリメータに非球面反射鏡 1 枚、カメラに非球面反射鏡 3 枚を用いた光学系を設計し、視野内で共通の大気揺らぎ成分を補償することが出来る補償光学系の光学設計の解を得た。この結果は高田大樹の修士論文として取りまとめた。注意が必要なのはこの光学系では焦点面の F 比が F3.5 と明るく、このまま多天体補償光学の前置補償光学として用いるには難しい点がある。

多天体補償光学の核となるのは焦点面に置いて多天体の像をピックアップする天体ピックアップアーム機構である。今年度はピックアップアーム機構のモックアップの設計と試作を行い、天体のピックアップアームに必要な光学アライメント機構について検討を行った。

3. 多天体面分光器の光学設計とイメージスライサーの開発

多天体面分光器に用いる分光器の光学設計について、昨年度までの検討からパラメータを変更し、高空間分解能モードに付随した大 F 比（入射 F24、出射 F7.5）に特化した分光器について要求されるパラメータを最適化して、光学設計を行った。この結果、低空間分解能モードと同居することを考えた昨年度の設計では 4 枚 8 面のレンズのカメラ系と 9 枚 18 面のレンズのコリメータ系が必要とされていたが、高空間分解能モードのみに特化した場合には 2 枚 4 面のレンズのカメラ系と 5 枚 10 面のレンズのコリメータ系で十分な性能が得られることが判明した。低空間分解能モードと高空間分解能モードは別の光学系で実現する方が良いことが示唆された。

イメージスライサーについては製作手法の確立を進めた。アルミニウム合金を切削加工し、面精度や面粗さの測定を行った。シェーバー加工とエンドミル加工による加工の比較を行った。最終的には切削の後、エンドミル加工で 3nm r. m. s. の良好な表面粗さを達成した。

4. 小型多素子可変形鏡の開発

小型多素子で大ストロークを実現する MEMS 可変形鏡の開発を進めた。今年度はこれまでの設計から改良し、メンブレンミラーをポスト構造で支える可変形鏡の試作を行った。構造を成立させる製作プロセスは確立した。次のステップとしては小素子数の可変形鏡の試作を行い、ストロークの大きさなど測定を進める予定である。

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	3,500,000	2,206,792	2,206,792	
	消耗品費	160,000	1,204,808	1,204,808	
	その他の経費	0	248,400	248,400	
	合計	3,660,000	3,660,000	3,660,000	
収入	研究費の額	3,660,000	3,660,000		
	自己調達額	0	0		
	その他	0	0		
	合計	3,660,000	3,660,000		

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
光学装置	光移動部装置「内外エレクトロニクス(樹製)」	1	1,499,591	1,499,591	27.10.15	28.1.27	28.2.25	
光学部品	位相板 PRP-100-TOH (輸入消費税含む)	1	707,201	707,201	27.10.27	28.2.1	28.1.27	位相板 655,201円 輸入消費税 52,000円
計				2,206,792				

b 消耗品費

種別	仕様	数量	単価 (円)	金額 (円)	支払年月日	備考
光学部品	1/2inch Variable Zoom Lens tube SM05V05	4	4,016	16,062	27.9.25	内税単価調整
光学部品	1/2inch Diameter Lens tube 0.30 inches long SM05L03	4	1,895	7,580	27.9.25	
光学部品	1/2 retaining ring SM05RR	4	562	2,248	27.9.25	
光学部品	SM05 to SM1 Adapter SM1A6	4	2,633	10,532	27.9.25	
光学部品	Adapter, External C-Mount Threads	4	2,633	10,532	27.9.25	
電子計算機	デスクトップパソコン MAS-i7WX	1	494,640	494,640	27.9.25	
光学部品	PAC095 Visible Achromatic Doublet Lens 76.2mm Diameter, 250mm EFL, 400 - 700 nm	1	56,327	56,327	27.9.25	
光学部品	PAC024 Visible Achromatic Doublet Lens 12.7mm Diameter, 31.8mm EFL, 400 - 700 nm	4	16,929	67,716	27.9.25	
光学部品	FiberHead 支持板	5	8,640	43,200	27.9.25	
光学部品	Asterism1 支持板	1	21,600	21,600	27.9.25	
光学部品	TS アクロマティックレンズ [®] 50x100 VIS 0°	1	18,954	18,954	27.9.25	
光学部品	レンズホルダー M6 & U1/4 76.2MM	1	7,776	7,776	27.9.25	
光学部品	レンズホルダー M6 & U1/4 50MM (T1=18MM)	1	4,536	4,536	27.9.25	
光学部品	TS ポスト用カラー	20	1,404	28,080	27.9.25	
電子基盤	アナログ入出力ボード [®] PEX-340416	1	59,724	59,724	27.10.23	
光学部品	キネマティックミラーホルダー用傾斜ミラーアダプタ MHG-30KAD	3	10,260	30,780	27.11.25	
光学部品	キネマティックミラーホルダー (ノミロック) MHG-MP30-NL	5	8,208	41,040	27.11.25	
光学部品	XY 軸ネジ [®] 送りステーシ [®] TAS-24302	1	22,572	22,572	27.11.25	
光学部品	送りねじ (短リード) XY軸アリ式ステージ B08-2	1	26,622	26,622	27.11.25	
光学部品	送りねじ (短リード) X軸アリ式ステージ B08-1	1	13,311	13,311	27.11.25	
光学部品	Z 軸ブラケット A47-1N	1	2,754	2,754	27.11.25	

光学部品	T S λ/8 楕円型平面ミラー EN-AL 26.97X38.15	3	9,828	29,484	27.11.25	
光学部品	T S マウント変換アダプター Sメス-Cオス	2	6,318	12,636	27.11.25	
光学部品	T S Sマウント 単レンズホルダー 12.5-12.7MM	2	10,260	20,520	27.11.25	
光学部品	T S Sマウント アクロマート レンズホルダー 12.5-12.7MM	4	10,260	41,040	27.11.25	
光学部品	RetainningRing M23.2X0.75 (送料含む)	5	1,547	7,735	27.12.25	
光学部品	Adapter Ring C-mount M23.2X0.75 (送料含む)	5	2,212	11,057	27.12.25	内税単価調整
記録装置	アパーチャ HDD HDCL-UT4.0KC	2	20,800	41,600	27.12.25	
光学部品	ダブテイル式オプティカルレル 304.8MM	1	16,740	16,740	28.3.25	
光学部品	ダブテイルレル用ベンチキャリア 50.8MM	1	11,124	11,124	28.3.25	
光学部品	Stackable lens tube for 2" optic-usable depth 1" SM2L10	1	4,037	4,037	28.3.25	
光学部品	Metric 60mm Slip Plate Positioner SPT2/M	1	8,677	8,677	28.3.25	
光学部品	50um MOUNTED PINHOLE P50S	1	9,266	9,266	28.3.25	
光学部品	Mounting Base, 25mm×75mm× 10mm BA1/M	3	786	2,358	28.3.25	
通信部品	LAN ケーブル SANWA KB-FL6E-30LB	1	1,029	1,029	28.3.25	
研究成果記録用品	三菱化学 DVD-R DHR47JPP10	1	802	802	28.3.25	
研究成果記録用品	三菱化学 DVD-R DHR47JP20V1	1	100	100	28.3.25	
研究成果整理用品	COOP Wクリップ 豆 CO-クリ-36N	1	17	17	28.3.25	
計				1,204,808		

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
光学設計	TMT多天体補償光学装置「長スリット大F比近赤外線分光器光学系検討」	1	248,400	248,400	28.1.28	28.3.8	28.3.25	
計				248,400				

(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	3,660,000	
自己調達額		0	
そ の 他		0	
計		3,660,000	

(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。