

共同研究契約報告書

平成29年4月20日

平成28年6月7日付「TMT-AGE：すばる望遠鏡でのレーザートモグラフィー推定の実証」
研究代表者：東北大学大学院理学研究科・教授・秋山 正幸

上記共同研究契約について、下記のとおり報告いたします。

住 所： 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6番3号
名 称： 国立大学法人東北大学大学院理学研究科
代表者： 研究科長 寺田 眞浩 印

記

1. 成果報告書（別紙のとおり）
2. 使用実績報告書（別紙のとおり）

以上

成 果 報 告 書

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
高次波面センサー仕様検討			←————→									
高次波面センサー光学設計					←————→							
高次波面センサー機械設計										←————→		
低次波面センサー仕様検討											←————→	

(2) 研究の成果の説明

本研究はTMT第2期装置として提案している多天体補償光学による多天体面分光器TMT-AGEについて、4年間の計画によって、その核となるレーザーガイド星による大気揺らぎトモグラフィ測定を実験室での補償光学シミュレーションとすばる望遠鏡での実際の観測によって実証することを目的としている。特にカナダ・ビクトリア大学と共同で行った自然ガイド星を用いたトモグラフィ補償光学実証のRAVENプロジェクトを発展させ、レーザーガイド星によるトモグラフィ補償光学を実証することが主要目的である。今年度はマイクロレンズアレイを用いた高次波面センサーの光学設計と機械設計を固め、1台分の試作に向けて光学部品及び機械部品の購入を行った。また低次波面センサーについても自然ガイド星の数密度から要求される仕様について検討を行った。

本研究においてレーザーガイド星を用いたトモグラフィ測定に用いるマイクロレンズを用いたシャックハルトマン型高次波面センサーに要求される仕様を検討した結果、高次波面センサーの光学・機械設計ではレーザーガイド星自体のふらつきをリアルタイムに補正するTip-Tilt補正機構およびナトリウム層の高さの変動に伴って起こるレーザーガイド星までの距離の変動による焦点位置の変化をリアルタイムに補正する焦点補正機構が必要であることを確認した。特に、仕様の検討の結果、トモグラフィ補償光学として開ループでの補償光学系の制御を行う場合には、マイクロレンズに入る瞳像の歪みや焦点位置変化に伴う拡大率変化を小さく抑える必要性があり、光学設計において厳しい精度が要求されることが判明した。

仕様検討の結果を受けて、光学設計を進めた。図 1 に設計結果を示す。レーザーガイド星の高度変化による瞳径の変化を抑えるため、瞳径を固定するレンズを光学設計の中に組み込んだ。また、レーザーガイド星の高度変化による焦点位置の変化を補正するためのトロンボーンミラーを組み込み、高度が 90km から無限遠に変化しても対応できる光学設計とした。またTip-Tilt補正機構としてオフナーリレーを用いた光学系で瞳面を作り、Tip-Tilt鏡を組み込んだ。光学設計はすばる望遠鏡赤外ナスマス焦点での試験観測を想定し、すばる望遠鏡の光学パラメータに基づいて行った。特に、マイクロレンズアレイはすばる望遠鏡の瞳像を

25x25に分割する形でその仕様を設定し、その前におく縮小光学系はこのパラメータに合わせて設計を行った。光学設計の結果に基づいて機械設計をすすめ、市販のホルダーなどを活用した機械系での設計を完了した。今回は実証試験を想定し、すばる望遠鏡のパラメータにより設計を行ったが、同様の設計を行うことによってTMTを想定した概念設計へと発展させることが可能である。

計画書の時点では市販カタログ品のレンズを用いて安価に光学系を組み、今年度経費で高次波面センサーと低次波面センサーをそれぞれ1台ずつ試作することを計画していたが、仕様の再検討の結果、瞳像の歪みに対する要求が厳しく、光学設計の結果、オフナーリレー光学系、コリメータレンズ、瞳径固定レンズにおいて、それぞれ特注での製作が必要であることが判明し、光学系の作成に期間と予算が必要となった。そのため、今年度は特に厳しい仕様が要求される高次波面センサーの試作に集中することとし、必要になる光学素子の製作と物品の購入を行った。組み上げでの調整と単体での性能の評価は来年度に進める予定である。

最後に低次波面センサーの仕様について検討を進めた。来年度は仕様の検討結果に基づいて光学設計と機械設計を進め、試作を行うことを予定している。

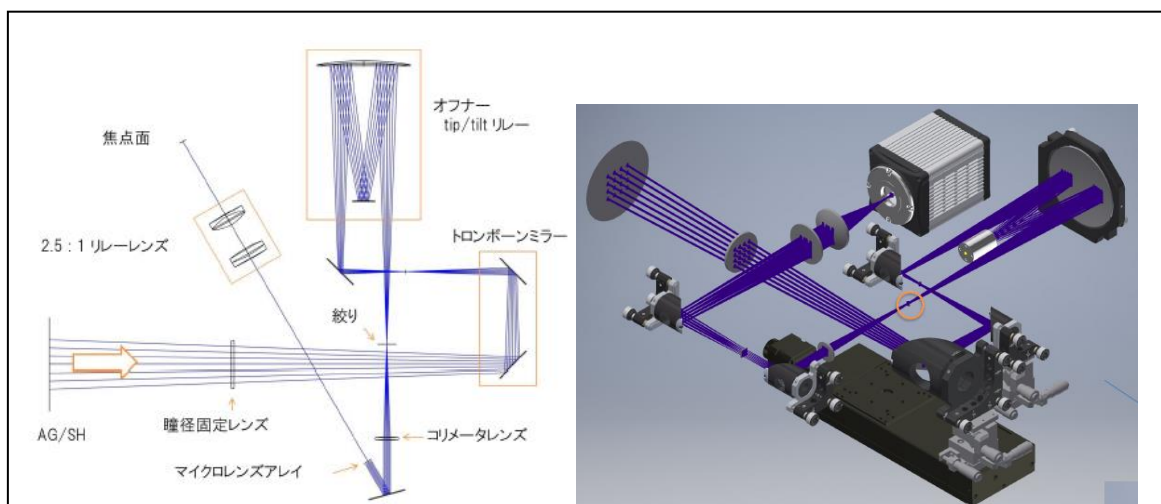


図1：高次波面センサーの光学設計(左)と機械設計(右)の結果。この設計に従って物品の購入を進め、来年度は光学調整から波面計測の実験を行う予定である。

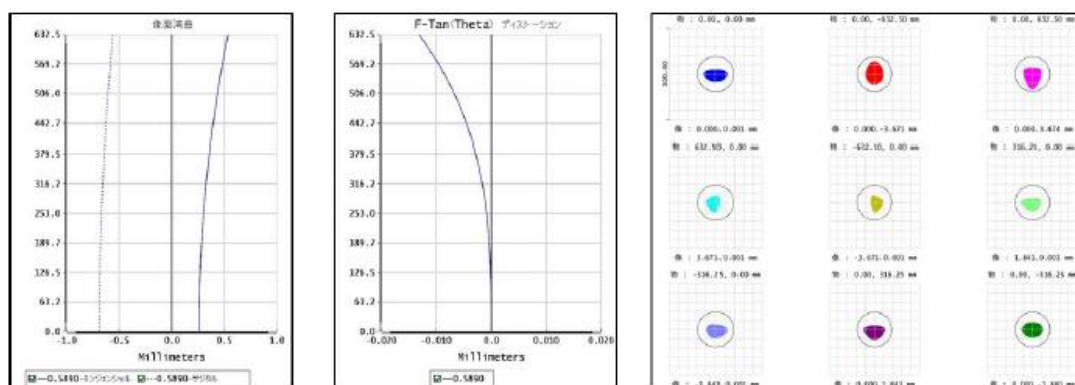


図2：マイクロレンズアレイ上の瞳像の像面湾曲、歪み、瞳上の点光源の作る像の点像関数を示す。トモグラフィ補償光学に必要な仕様を満たす光学設計が得られた。

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	2,600,000	588,600	588,600	
	消耗品費	1,100,000	3,112,236	3,111,400	
	その他の経費	0	0	0	
	合計	3,700,000	3,700,836	3,700,000	
収入	研究費の額	3,700,000	3,700,000		
	自己調達額	0	836		
	その他	0	0		
	合計	3,700,000	3,700,836		

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	検収年月日	支払年月日	備考
光学部品	オフナー 凹面ミラ ー	1	588,600	588,600	H29. 1. 30	H29. 3. 22	H29. 4. 25	平凹球面 レンズ
計				588,600				

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	TSキネマティックマウント2点 ねじ	1	16,740	16,740	H28.9.23	
光学部品	CagePlateMountingBracket	10	1,793	17,930	H28.9.23	
光学部品	High Precision Translationg Lens Mount for 1" Optics	3	22,548	67,644	H28.9.23	
光学部品	Metric SM1 Right Angle Kinematic Mirror Mount w/CBORES 30mm	2	18,664	37,328	H28.9.23	
光学部品	25.4mm Broadband Dielectric Elliptical Mirror, -E02	2	12,258	24,516	H28.9.23	
光学部品	25.4mm NP 50:50 Beamsplitter Cube 400-700nm	2	27,077	54,154	H28.9.23	
光学部品	25.4mm 10:90 Beamsplitter Cube 400-700nm	1	27,610	27,610	H28.9.23	
光学部品	Breadboard Lifting Handles(set of 2)	4	1,907	7,628	H28.9.23	
光学部品	1.00 SM1 Lens Tube, 5 Pack	1	9,030	9,030	H28.9.23	
映像機器	PHILIPS 27 インチワイド液晶 ディスプレイ	1	23,760	23,760	H28.11.25	
光学部品	Aspheric Lens	1	60,288	60,288	H29.3.24	
光学部品	25.4mm Broadband Dielectric Elliptical Mirror, -E02	4	12,505	50,020	H29.3.24	
光学部品	50.8mm Broadband Dielectric Elliptical Mirror, -E02	1	25,209	25,209	H29.3.24	
光学部品	45° Mount for 1" Elliptical Mirror	4	15,472	61,888	H29.3.24	
光学部品	45° Mount for 2" Elliptical Mirror	1	18,940	18,940	H29.3.24	
光学部品	Differential Kinematic 1" Optic Mount	4	19,608	78,432	H29.3.24	
光学部品	Lockable Kinematic 2" Optic Mount	1	20,807	20,807	H29.3.24	
光学部品	Kinematic Rotatio Mirror Mount For 1" Diameter Optics	1	31,612	31,612	H29.3.24	
光学部品	SM2 Lens Tube 2" Long Extension	1	4,035	4,035	H29.3.24	
光学部品	SM2 Series Slim Slip Ring	1	3,934	3,934	H29.3.24	
光学部品	Lockable Kinematic 4" Optic Mount	1	32,811	32,811	H29.3.24	

光学部品	Adjustable Lens Mount	1	27,476	27,476	H29.3.24	
光学部品	High Precision Translating Lens Mount for 1 inch Ø	1	19,207	19,207	H29.3.24	
光学部品	Motorized Long Travel Rail/Re Circ Bearing Stage	1	274,229	274,229	H29.3.24	
光学部品	Mounted Zero Aperture Iris, 12.0mm max. Aper.	2	8,237	16,474	H29.3.24	
光学部品	6283-001 Rev E, Breadboard 600mm x 600mm x 12.7mm	1	78,402	78,402	H29.3.24	
光学部品	回転ステージ (すり合わせタイプ) B43-38N	1	25,272	25,272	H29.3.24	
光学部品	アリ式ゴニオステージ B54-40LN	3	33,966	101,898	H29.3.24	
光学部品	薄型 XY 軸リニアボールガイド (SS) ステージ BSS23-40C	3	33,966	101,898	H29.3.24	
光学部品	X 軸リニアボールガイド (SS) ステージ BSS16-40C	2	16,983	33,966	H29.3.24	
光学部品	X 軸リニアボールガイド (SS) ステージ BSS16-40CR	2	16,983	33,966	H29.3.24	
光学部品	水平面 Z 軸クロスローラガイド ステージ (高剛性) B33-40KGA	4	34,884	139,536	H29.3.24	
光学部品	ベースプレート A21-7	6	3,213	19,278	H29.3.24	
光学部品	ベースプレート A24-3	3	3,213	9,639	H29.3.24	
光学部品	回転ステージ用微動クランプネジ B43-38N	1	2,160	2,160	H29.3.24	
光学部品	正方形マイクロレンズアレイ	1	87,750	87,750	H29.3.24	
光学部品	TS ステンレス製マウントポスト M4 63.5MM	3	1,512	4,536	H29.3.24	
光学部品	瞳径固定レンズ	1	475,200	475,200	H29.4.25	両凸球面レンズ
光学部品	コリメーター	1	237,600	237,600	H29.4.25	両凸球面レンズ
光学部品	リレーレンズ	1	483,840	483,840	H29.4.25	両凸球面レンズ
光学部品	オフナー凸面ミラー	1	264,600	264,600	H29.4.25	平凸球面レンズ
研究成果、資料整理用品	キングファイル	1	993	993	H29.4.25	836 円 自己充当
計				3,112,236		

c その他の経費

種 別	摘 要	数 量	単 価 (円)	金 額 (円)	発注年月日	検収年月日	支払年月日	備考
該当なし								
計								

(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	3,700,000	
自 己 調 達 額		836	
そ の 他		0	
計		3,700,836	

(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。

成 果 報 告 書

1. 研究の実績

(1) 研究の実施日程

(日程の書き方について特に指定はしませんが、例のように解りやすく記述願います)

【例1】

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
〇〇設計 (装置本体) (グリズム)									←→	→		
〇〇試験						↔			←→	→		
											←→	→

【例2】

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
〇〇設計 (装置本体) (グリズム)						○	●	●	●	○		
〇〇試験										●	●	●

(2) 研究の成果の説明

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。

【ポイント】今年度行うとして記述した事柄を、どのように行い、その目標が達成されたかどうか。

また、達成されなかった場合、その理由等を解りやすく記入してください（分量はこのページに収まるくらいを想定していますが、必要に応じて図を含んで1ページまで追加できます）。

【例】期待される研究成果として計画書に3つ挙げていたならば、その3つについて、1) 目標・その成果、2) 目標・その成果、3) 目標・その成果…というような書き方

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)	執行が無い費目には、必ず 「0」を記入してください。
支出	設備備品費	0	0	0	
	消耗品費	100,000	120,000	100,000	
	その他の経費	250,000	250,000	250,000	
	合計	850,000	870,000	850,000	
収入	研究費の額	850,000	850,000		
	自己調達額	0	20,000		
	その他	0	0		
	合計	850,000	870,000		

2. 決算費目別内訳

(A) 支出

a 設備備品費

品名	仕様	数量	単価 (円)	金額 (円)	発注年月日	検収年月日	支払年月日	備考
該当なし								
計								

b 消耗品費

種別	仕様	数量	単価 (円)	金額 (円)	支払年月日	備考
端子	LEMO-JJ-F	10	XX, X00	XXX, 000	YY. MM. DD	
真空部品		5	XX, 000	XX, 000	YY. MM. DD	
計				120, 000		

c その他の経費

種別	摘要	数量	単価 (円)	金額 (円)	発注年月日	検収年月日	支払年月日	備考
国内旅費	三鷹-〇〇	1	XX, 000	XX, 000	YY. MM. DD	YY. MM. DD	YY. MM. DD	
外国旅費	成田-〇〇	1	XX, 000	XX, 000	YY. MM. DD	YY. MM. DD	YY. MM. DD	
消費税相当	外国旅費の			XX, 000			YY. MM. DD	外国旅費 X, XXX円×

額	8%							0.08
計				250,000				

消費税相当額の根拠となる
計算式を備考欄に記入願
います。

(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	850,000	
自 己 調 達 額		20,000	
そ の 他		0	
計		870,000	

(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。