

共同研究成果報告書

平成 27年 4月 20日

研究代表者：

氏名 村上 尚史

所属・職 北海道大学大学院工学研究院・助教

研究題目：Second-Earth Imager for TMT (SEIT) 実現に向けた高コントラスト観測システムの開発

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
SPLINE構築のための特殊プリズムの製作			←									→
SPLINEの室内試験機の構築・性能評価の実施									←			→
京大3.8m望遠鏡SEICA搭載に向けた実機的设计・製作								←				→

(2) 研究の成果の説明

我々は、来るTMT時代に向けた高コントラスト装置SEIT (Second-Earth Imager for TMT) の検討を進めている。SEITとして検討が進められている観測システムは、① 大気揺らぎを補正する極限補償光学、② 恒星光を除去するコロナグラフ、③ コントラストをさらに向上させ、撮像・測光・分光など惑星のキャラクタリゼーションを行うポストプロセス装置を統合したものである。これにより、TMTの圧倒的な解像度を活かし、晩期型星ハビタブルゾーンの地球型惑星探査を目指す。

本経費では、SEIT/TMTのプロトタイプ機である京都大学3.8m望遠鏡SEICAでの高コントラスト観測を目指し、コロナグラフ装置SPLINEの実機製作（デバイス製作）と実証試験を推進した。共同研究計画書に記載の開発項目は大きく分けて、① SPLINE構築のための特殊プリズムの製作、② SPLINEの室内試験機の構築・性能評価、③ 京都大学3.8m望遠鏡SEICA搭載に向けた光学系設計・収差解析、である。

SEICA搭載を目指したコロナグラフ装置SPLINEの室内シミュレータを、図1左に示す。SPLINE (Savart-plate lateral-shearing interferometric nuller for exoplanets) とは、複屈折材による偏光分離素子（サバル板）をベースにした、共通光路ナル干渉型コロナグラフである。SPLINEは、

直交2偏光を分離する「偏光分離部1」、光ビームに横シアを与える「サバール板」、2偏光を再び分離する「偏光分離部2」から構成される。偏光分離部は、くさび状の方解石プリズムペアから構成される。SPLINEは3つの大きな利点があり、それぞれ、(1) 理論上アクロマティックな恒星光除去が可能、(2) 安定した干渉出力が得られる、(3) TMTや京大3.8m望遠鏡のような複雑な望遠鏡瞳に適応可能、である。

平成26年度に、SPLINEでもっとも重要な素子であるサバール板と、偏光分離部1の一部（方解石プリズムb）の作製が完了していた。そこで平成27年度は、残りのプリズム（方解石プリズムaおよび方解石プリズムc×2個）の製作を行った。また、SPLINE構築のためには、光学素子のアライメントを精密に調整する必要がある。そのため、プリズム回転角を微調整する回転ホルダを特注製作した。

我々は、人工光源（波長670nmのレーザー光、およびキセノンランプ）を用いた室内実証試験を実施した。図1右に、得られた画像の一例を示す。画像は、キセノンランプを用いて得られたものであり、中央にNull出力が、その両側に2つのBright出力が得られている。白色光源の波長帯は、分光器による簡易測定により、おおよそ $\Delta\lambda/\lambda_0=0.33$  ( $\lambda_0=600\text{nm}$ ,  $\Delta\lambda=200\text{nm}$ )と推定している。実証試験の結果、現在までのところレーザー光で $1.6\times 10^{-2}$ 、キセノンランプで $1.0\times 10^{-1}$ のコントラストが達成されている。

本経費で開発するSPLINEは、京都大学3.8m望遠鏡の補償光学系（京都大学において開発中）の後段に設置することを計画している。そこで、京都大学3.8m望遠鏡補償光学系とSPLINEとを接続し、光学ベンチ内に収めるための光学系設計、および収差解析を実施した。その結果、SPLINEを光学ベンチ内に構築可能であろうこと、および用いるレンズなどによる光学収差の影響は小さいであろうことが明らかとなった。さらに、偏光解析などをもとに、光学素子に必要なとされるアライメント精度の見積もりも行った。SPLINEを構成する各プリズムについて、XYZ軸に対してアライメント誤差が発生した場合の理論コントラストの解析を進めた。今後は、これらの解析結果をもとに、室内実証試験において現状よりもさらに2-3桁のコントラスト向上を目標とするとともに、SEICA搭載のためのSPINE実機の製作をさらに本格的に進めていきたい。

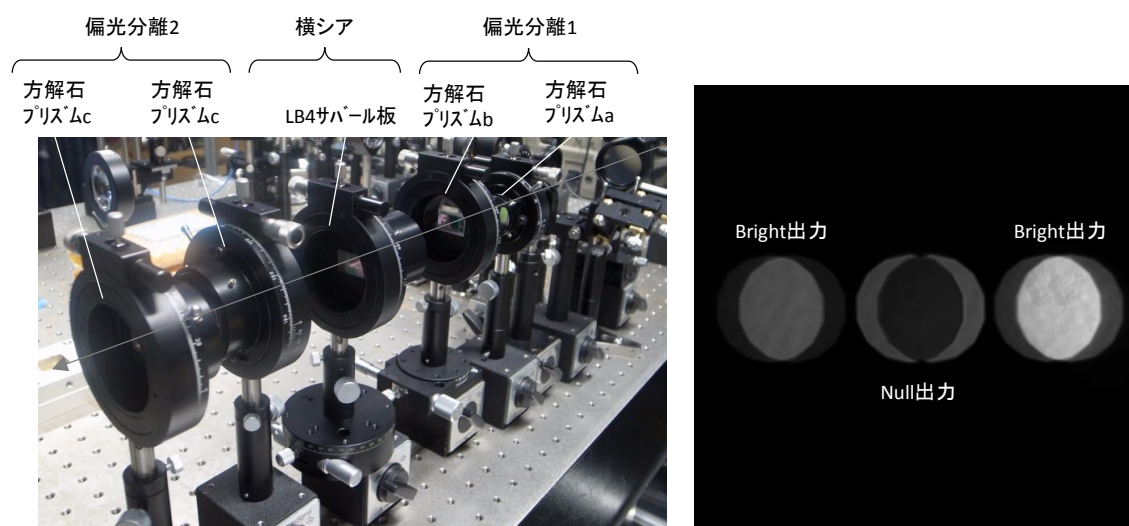


図1: (左) 北海道大学の実験室に構築したSPLINE/SEICAの室内シミュレータと、(右) 白色人工光源で取得した像。

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	0	0	0	
	消耗品費	2,600,000	2,901,580	2,901,580	
	その他の経費	1,160,000	858,420	858,420	
	合計	3,760,000	3,760,000	3,760,000	
収入	研究費の額	3,760,000	3,760,000		
	自己調達額	0	0		
	その他	0	0		
	合計	3,760,000	3,760,000		

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	引取年月日	支払年月日	備考
該当無し								
計								

b 消耗品費

品名	仕様	数量	金額(円)	支払年月日	備考
方解石プリズム1		1	594,000	20151228	
偏光子マウントホルダー-方解石プリズム1用	Φ30*12mm	1	64,800	20160129	
偏光子マウントホルダー-方解石プリズム2用	Φ50*18mm	1	64,800	20160129	
偏光子マウントホルダー-LB4サヴァール板用	Φ50*48mm	1	77,760	20160129	
微調式偏光子ホルダー	PW2-30特注 (φ30×L12mm)	1	52,920	20151228	
微調式偏光子ホルダー	PW2-50特注 (φ50×L18mm)	1	64,800	20151228	
微調式偏光子ホルダー	PW2-50特注 (φ50×	1	68,040	20151228	

	L48mm)				
ホルダー付方解石プリズム5	TD-P14033-S410	2	1,840,320	20160331	
ダイクロイック・レーザービームコンバイナ	#86-393	1	26,146	20160428	
球面アchromaticレンズ	DLB-50-100PM	1	7,754	20160428	
固定式レンズホルダー	LHF-50AS	2	9,936	20160428	
マグネットベース	MB-CB-PB	5	12,420	20160428	
マグネットベース	MB-L65C-M4	3	17,884	20160428	
計			2,901,580		

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
国内旅費	札幌-京都	1	84,620	84,620	2015.7.23	2015.7.25	2015.8.7	
国内旅費 (依頼出張)	大阪-三鷹	1	28,760	28,760	2015.11.25	2015.11.25	2015.12.9	
国内旅費 (依頼出張)	大阪-札幌	1	48,440	48,440	2016.1.25	2016.1.27	2016.2.16	
シアリング干渉計の瞳収差評価等		1式	696,600	696,600	2016.1.25	2016.3.22	2016.4.28	
計				858,420				

(B)収入

種別	摘要	金額(円)	備考
研究費の額	国立天文台	3,760,000	
自己調達額		0	
その他		0	
計		3,760,000	

(注) 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。