

2021年度国立天文台共同開発研究成果報告書

2022年 4月 17日

国立天文台長 殿

研究代表者	氏名	(ふりがな) たかはし じゅん 高橋 隼
	所属・職	兵庫県立大学 天文科学センター 特任助教
研究課題名	高速位相変調を用いた偏光撮像装置の開発	
研究実績	<p>本研究では、「高速位相変調」という技法を用いて高精度の偏光測定を実現し、なおかつ撮像機能を持つ可視光観測装置 Polarimeter for Optical Precise Observations (POPO) を開発する。主眼とする科学課題は、「月面地球照の観測によるホモキラリティ円偏光の測定」である。地球照の円偏光観測を実現するには、10 ppm 程度の検出精度が必要である。</p> <p>3年間の開発計画のうち、2021年度は1年次に相当する。1年次の目標は、先行装置の再現、すなわち、「直線偏光のみ測定可能」(円偏光測定機能は未実装)で「撮像機能なし」(光電子増倍管による瞳測光)の段階の装置を開発することであった。</p> <p>計画に基づき光学系やアタッチメント等の付属部品を設計・製作し、第一段階のPOPOを組み上げた。2021年9月に、POPOを兵庫県立大学2mなゆた望遠鏡のカセグレン焦点に搭載し、ファーストライトを達成した。試験観測の主な対象は、トワイライトスカイ、金星、無偏光標準星、強偏光標準星である。非常に強く偏光するトワイライトスカイや金星の観測では、液晶位相変調器による 200 Hz の変調と同期して受光強度が変化する様子が観測された。これは、液晶分子の配列が変わることで入射直線偏光の方位角が回転し、ウォラストンプリズムで分離抽出された、ある方位の直線偏光の強度が変化することを表している。つまり、高速位相変調を用いた偏光測定原理が機能していると言える。</p> <p>Rバンド4.3等の無偏光標準星を約10分間連続観測したところ、直線偏光を表すストークスパラメータ Q/I または U/I の標準誤差(測定点数=約6万)は約20 ppm であった。1時間の観測をすれば、標準誤差は10 ppm を切る計算になる。これは、非撮像の直線偏光度測定精度としては、モデルとする高速位相変調型装置と同等である。</p> <p>また、実機開発や試験観測と並行して、2年次以降の撮像化に向け、高速カメラの機種選定を慎重に行った。手元資金で入手できる可能性のある、4社のCMOSカメラまたはEM-CCDカメラを比較検討し、最適な機種を選定した。デモ機を望遠鏡に取り付け、おおよその感度、読み出し速度、操作性を確認した上で、カメラを入手した。</p> <p>さらに、POPOが完成した暁に実現可能となる、地球照観測以外の科学課題を検討した。特に、高時間分解能というPOPOの特徴を活かした科学課題に着目した。検討結果を OISTER 将来構想 White Paper の一項目としてまとめた(高橋, 前原, 他, 2021)。ブラックホール X線連星や太陽系天体による恒星食を観測対象として提案している。</p> <p>光学系アライメントや背景光成分の除去方法など、いくつかの要改善点も明らかになったが、1年次の開発は概して順調に進捗していると言える。</p>	
研究の活用	<p>本研究で開発中のPOPOが完成した暁には、POPOは西はりま天文台の2mなゆた望遠鏡に搭載され、「月面地球照の観測によるホモキラリティ円偏光の測定」に活用される。この観測研究は、確実性の高い生命痕跡(バイオシグネチャ)を開拓し、その実現可能性を検討するために重要である。また、POPOは2mなゆた望遠鏡の共同利用観測や光赤外天文学大学間連携に供され、広く研究者が利用できるようになる予定である。POPOの持つ「高い検出精度」「撮像性能」「高い時間分解能」という特徴を活かして、多様な研究への応用が考えられる。</p>	

注) 報告書の公開にあたり支障がある場合は、当該部分とその理由を明記してください。

【お願い】

研究期間終了後の2年後に、関連開発の進捗及び波及効果についてアンケートを実施いたしますので、その際はご協力ください。

国立天文台共同開発研究 報告書(別紙)

氏名 高橋 隼	所属 兵庫県立大学 天文科学センター	研究課題名 高速位相変調を用いた偏光撮像装置 の開発	ID 2101-0106
------------	--------------------------	----------------------------------	-----------------

回答日: 2022年 4月 17日

1 欧文論文(査読あり)

記述不要	著者(DOIが付与されていれば記述不要)	出版年	論文名	雑誌名	巻(※1)	ページもしくはID (DOIが付与されてい れば記述不要)	DOI	調査年度	備考

2 和文論文(査読あり)

筆頭著者名 ローマ字表記	著者(DOIが付与されていれば記入不要)	出版年	論文名	雑誌名	巻(※1)	ページもしくはID (DOIが付与されてい れば記述不要)	DOI (付与されている場合)	調査年度	備考

3 国内・国際会議講演、学会発表等

記述不要	講演者	年	講演名	会議等名	開催場所・開催日	招待講演(※2)	調査年度	備考
	高橋隼	2021	高速位相変調を用いた偏光観測装置の開発	2021年度なゆたユー ザーズ ミーティング	(オンライン, 2021年8月21日)			
	高橋隼	2021	月食・月面地球照の偏光観測	第12回光 赤外線天文学大 学間連携ワークショップ	(オンライン, 2021年11月24-26日)			

4 修士/博士論文

記述不要	著者	学位授 与年度	論文名	学位授与大学	言語	取得学位	DOI (付与されている場合)	調査年度	備考

5 その他

<p><査読なし文献> i) 高速偏光観測で拓くフロンティア, 高橋隼, 前原裕之, 野上大作, 川端弘治, IN「光赤外線 天文学大学間連携OISTERで拓く新しい天文学 2021」, 2021, https://drive.google.com/file/d/116mtVxuFKEQL5tStwHhrJLOVI15pT89b/view ii) Frontiers Explored by Fast Polarimetry, Takahashi, Maehara, Nogami, Kawabata, IN “Future Frontier of Astrophysics and Astronomy by OISTER”, 2022 (iの英語版、現在校正中)</p>
--

(※1)巻がない場合は省略可。また、号の記載が必要な場合は巻の後ろに括弧で記載する。(例:57(12))
 (※2)招待講演の場合には「*」を記載する。