

平成23年度国立天文台共同開発研究成果報告書

研究者 又は 研究代表者	氏 名	(ふりがな) むら かみ なお し 村 上 尚 史
	所属研究機関 部局・職	北海道大学 大学院工学研究院・助教 電話 011 (706) 6720
研究テーマ	ハビタブル系外地球型惑星の直接撮像に向けた新コロナグラフシステムの開発	
研究実績	本研究課題は、太陽系外惑星（特に、地球型惑星）を直接撮像するための観測システムの構築を目指し、北大で開発中のコロナグラフシミュレータを発展させることを目的とする。これまでに開発してきたコロナグラフ光学系は、光学素子の欠陥などに起因した恒星モデルの残留ノイズにより、その性能が制限されてきた。H23年度の開発項目として、より高い性能のフォトニック結晶焦点面マスクの設計と製作、偏光観測モードの検討、白色光源での実証実験を計画した。 H23年度は、これまでに開発してきたコロナグラフ光学系を改良し、偏光観測が可能な観測システムを提案した（別紙図1，学会発表[1,2]）。これにより、無偏光とみなせる残留ノイズを強力に低減でき、コントラストをさらに向上させることに成功した（図2）。 また別のアプローチとして、8分割マスク法と角度差分撮像法の組合せた観測モードを新たに提案した。これまで開発してきた8分割マスク法は、主星の周りに、惑星を検出することができない「死角」が存在するという欠点があった。角度差分法と組み合わせることにより、残留スペックルノイズを低減できるだけでなく、死角をなくすることが可能となる。本手法の実証実験を行った結果、主星から角距離$5\lambda/D$の位置で10^{-8}レベルの極めて高いコントラストを達成した（発表[3]）。 また、焦点面コロナグラフマスクとして、フォトニック結晶技術を用いて、新たに4次光渦マスクの開発を行なった（図3）。これは、以前に製作した2次光渦マスクに比べて、恒星が点光源とみなせない状況でも高いコントラストが期待できる。H23年度は、開発した新マスクの動作テストを実施し、コロナグラフマスクとして動作することを確認した。 上述の実証実験は、天体モデル光としてレーザ光源を使用した。残りの項目である、より天体光に近い白色光源での実証実験は、上記開発項目が一通り成果を挙げた後、H24年度中盤頃からの実施を計画している。 本課題に関連して、以下の3件の学会発表を行なった。 [1] 村上尚史 他「Speckle decorrelationを利用した高コントラスト偏光観測法の提案」、日本天文学会2011年秋季年会 V34b [2] 濱口翔喜 他「2チャンネル型光渦コロナグラフの実証実験」日本天文学会2011年秋季年会 V30a [3] 押山史佳 他「8分割位相マスクコロナグラフを用いた角度差分撮像モードの検討」日本天文学会2011年春季年会 W23a	
研究の活用	本実績により、来るスペースコロナグラフ時代に向けて、我が国独自の観測コンセプトを提案できると期待している。本課題で開発中の観測システム（フォトニック結晶焦点面マスク＋偏光観測モード＋角度差分法）により、高コントラスト且つ高効率の惑星探査が可能となる。本課題の成果を受け、国内外の研究機関と広く協力関係を構築し、地球型惑星検出に必要な10^{-10}のコントラスト実証や、偏光を用いた惑星のキャラクタリゼーションに関する議論などについて取り組んでいく。	

注1) 研究成果報告書の公開にあたり支障を生ずるおそれがある場合は、当該部分とその理由を明記すること。

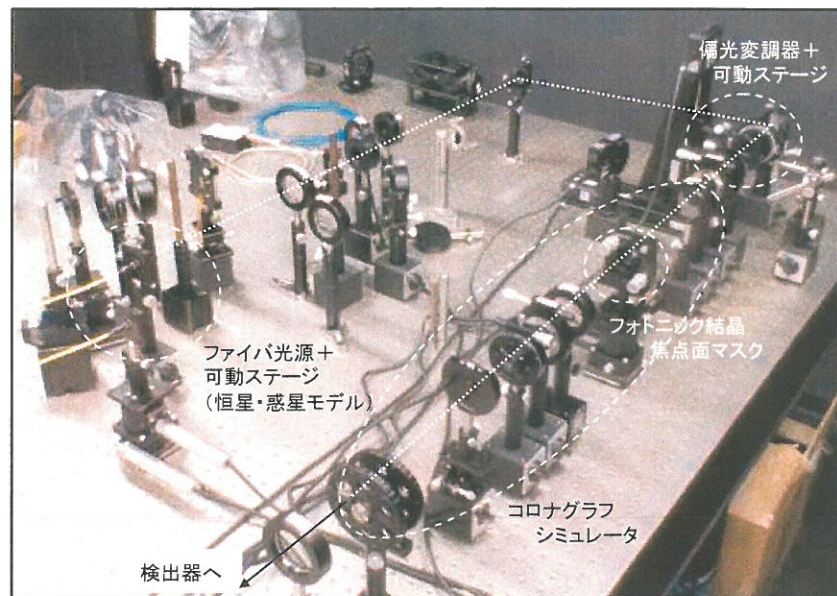


図1: 北大に構築した高コントラスト観測システムシミュレータ。

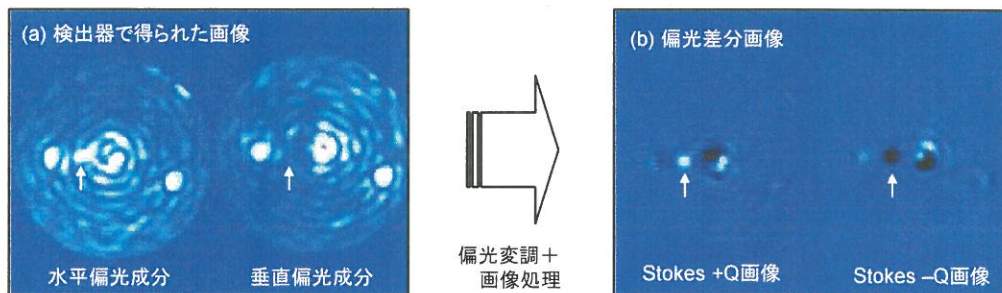


図2: 2次光渦マスク/偏光観測モードの実証実験。開発した観測システムにより、天体モデルの水平・垂直偏光成分のコロナグラフ像を同時に得ることができる。しかしながら、恒星モデルの残留ノイズにより、惑星モデル像は埋もれてしまう。偏光差分処理を施すことにより、矢印位置の惑星モデル像は、正負のスポットとして検出される(それぞれ、Stokes/パラメータ +Qと-Q成分に対応する)。

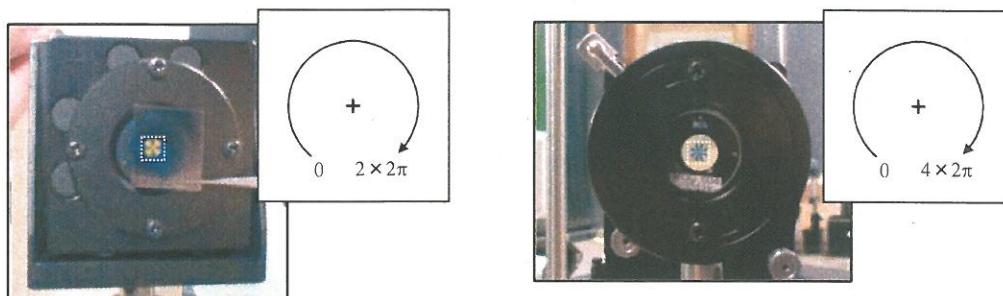


図3: 以前に製作した2次光渦マスク(別予算)と、今回新たに開発した(離散化)4次光渦マスク。2枚の偏光板にマスクを挟んで撮影。点線で囲った領域に、光渦の次数に応じた特徴的な強度パターンが観察されている。