

惑星光の直接観測に向けた光渦マスクによる高強度光の除去 Removal of High Intensity Light by Optical Vortex Mask for direct observation of Planetary Light

1190056 河邊 智弘 (光制御・ネットワーク研究室)
(指導教員 小林 弘和 准教授)

1. 研究背景・目的

恒星の周りを公転する新たな惑星の発見は、主にトランジット法やドップラー法などの間接的に光を検出することで達成されてきたが惑星自身の詳細な分析は難しい。惑星からの反射光を直接的に検出することができれば、反射スペクトルなどを用いて生命の有無や大気成分など詳細な分析が可能となる。しかし、恒星の光強度は惑星からの反射光強度のおよそ 10^7 倍もあるため、図1に示すように惑星光は恒星光に隠れ観測できない。本研究ではこの問題を解決する方法としてステラーコロナグラフの一つである光渦コロナグラフ[1,2]を用いて、高強度の恒星光を取り除き、弱強度の惑星光を観測することを目的とする。

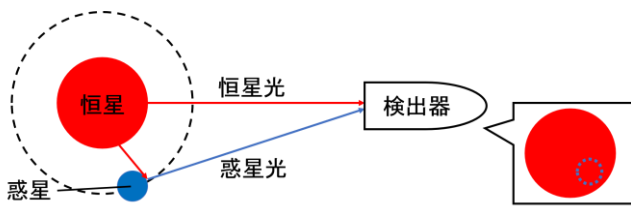


図1. 恒星光に隠れる惑星光

2. 光渦コロナグラフ

通常ステラーコロナグラフは望遠鏡の焦点面に光を遮るマスクを置き、回折光、散乱光を遮るためにしぼりを置くことで恒星光を減光するが、完全に除去することはできない。光渦コロナグラフは、図2に示すようにマスク部分を光渦マスクに変更することで、方位角に沿って 4π の位相差を光波に与える。恒星光が光渦マスクの中心を通れば干渉による打ち消し合いが起こることで中心強度が0となる。その中心強度0の部分に惑星光を通過させることで恒星光を除去し、惑星光を観測することができる。

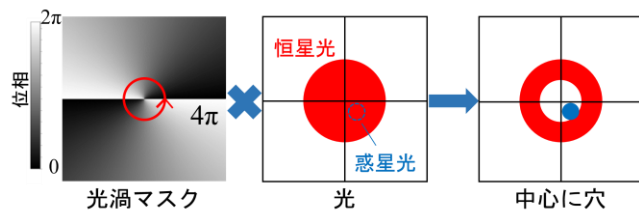


図2. 光渦マスク

3. 実験構成・結果

図3に光渦コロナグラフの実験系を示す。高強度の恒星光を波長 $\lambda=636.5\text{nm}$ の赤色LD1、弱強度の惑星光を波長 $\lambda=635\text{nm}$ の赤色LD2とし、赤色LD2の光は微小角度をつける。偏光ビームスプリッタの異なる方向からそれぞれの光波を照射し、レンズ1で平行光として偏光板を通過させることで強度差をつけた。光渦リターダ(対応波長 $\lambda=633\text{nm}$)をマスクとして用いて赤色LD1の光渦を生成し、赤色LD1の除去を行った。このとき赤色LD2は微小角度をつけ照射しているため、光渦マスク上での距離差となり光渦マスクの影響をほとんど受けない。生成した光渦の光強度が0となる部分のみしぼり2で抽出し、赤色LD2を通過させイメージセンサで観測した。

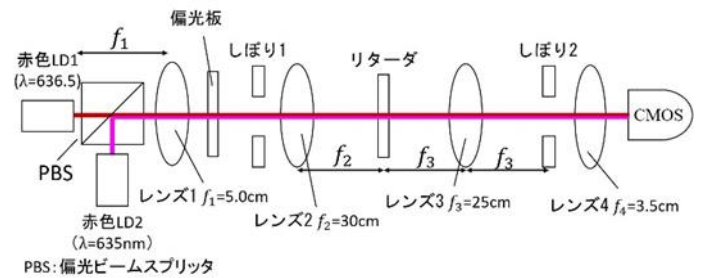
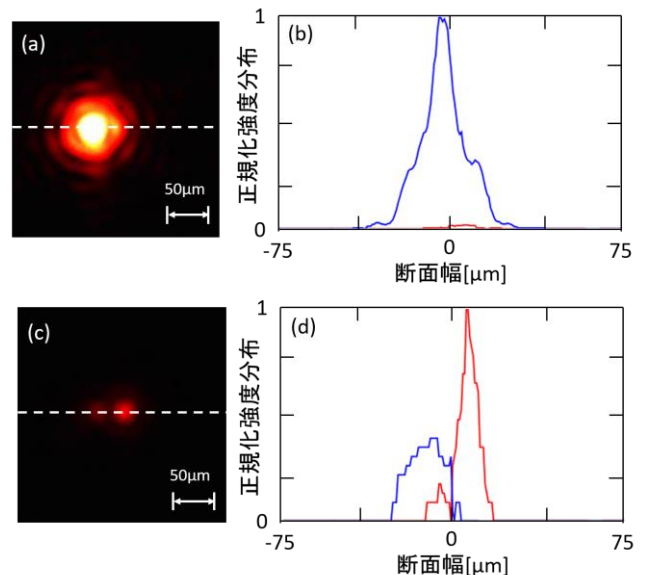


図3. 実験系 (PBS:偏光ビームスプリッタ)

図4に実験結果を示す。光渦リターダを外して観測すると図4(a),(b)に示すように赤色LD1の強度 I_1 と赤色LD2の強度 I_2 の比が $I_2/I_1 = 0.017$ と赤色LD2を観測することができない。しかし、リターダを挿入すると図4(c),(d)に示すように赤色LD1の光強度が弱くなり特に弱くなった部分では、 $I_2/I_1 = 2.6$ となり赤色LD2を観測することができた。



4. まとめと今後の予定

図4. 結果(a),(b)リターダなし (c),(d)リターダあり

赤色LD1をリターダに通過させることで部分的に弱めることができ、赤色LD2を観測できた。部分的でしか除去できなかった理由として、しぼりで抽出する大きさよりも、リターダ通過後の光強度0の部分の直径が小さかったためと考えられる。今後の予定として、実際の恒星光、惑星光はLDのような光ではないため、光源をLEDに変えるなどして高強度の光の除去および弱強度の観測を行う。

5. 参考文献

[1] 村上尚史, "「第二の地球」 発見を目指す光渦コロナグラフ (特集 広がりを見せる光渦)." *O plus E: Optics · Electronics* 37.4 (2015): 289-293.
[2] Lee, Jae Hoon, et al. "Experimental verification of an optical vortex coronagraph." *Physical review letters* 97.5 (2006): 053901.