

シャックハルトマン波面センサによる光渦の計測
Measurement of optical vortex with Shack-Hartmann wavefront sensor

渡辺響, 皆川裕貴, 荒巻光利

Hibiki WATANABE, Hiroki MINAGAWA, Mitsutoshi ARAMAKI

日大生産工
Nihon Univ.

光渦とは、螺旋状の等位相面をもち、断面内で位相が $2\pi l$ 変化する光波である。現在、我々の研究室では、プラズマの流速を得るためにレーザー吸収分光法を用いている。レーザー吸収分光法は原理上ビームの光軸方向の速度成分にしか感度を持たない。このレーザー吸収分光法の測定方向の制限は、平面波のドップラーシフトが伝播方向に対して平行な運動をする粒子にしか働かないことに起因している。そこで螺旋状の等位相面をもつ光渦を用いることで、測定方向の制限の克服が期待されるため、光渦レーザー吸収分光法(OVLAS)の開発が行われている。OVLASの光学調整では波面の解析が重要である。そこで光の位相構造を算出することができるシャックハルトマン波面センサ(以下、SHWFS)を用いて光渦光学系の調整を行う。また、光渦の波面がOVLASの結果に及ぼす影響を比較検討するためにも用いる。しかし、現在市販されている一般的なSHWFSはガウシアンビームの測定を前提として波面解析を行っているため、波面が螺旋状であり、ビーム断面の位相が方位角方向に変化する光渦を従来のアルゴリズムでは解析することができない。そこでSHWFSで光渦の位相勾配を測定できるようにアルゴリズムを開発し、光渦の波面がOVLASの測定結果にどのような影響があるのか比較検討することが本研究の目的である。本講演では、平面波を用いたアルゴリズムの作成をし、そのアルゴリズムが光渦に適用できるかの試みについて報告する。

SHWFSは、撮像デバイスの前面にマイクロレンズアレイを配置し、レンズによる焦点分布から入射する光の空間分布を得る測定器である。SHWFSの波面計測アルゴリズムをFig.1を用いて示す。SHWFSでは、CMOS素子と、その前方に規定の距離を置いて取り付けられたマイクロレンズアレイで構成されている。各マイクロレンズは開口部に入射される光を集光し、マイクロレンズアレイの開口に空間的に分割し、後の焦点距離に位置するCMOSセンサ上で集光スポットの分布を取得し、座標を得る。

Fig2.は球面波の位相勾配を算出した結果である。(a)は実際に作成したアルゴリズムでの位相勾配を算出した結果で、(b)はSHWFSの既存のアルゴリズムで算出した結果である。作成したプログラムは、SHWFSで測定された光強度のスポットデータから、光強度が最も強いスポットを決定し、そのスポットを中心に格子を作成することによって、他のスポットのずれから局所的な位相勾配を算出し、積分することによって以下の結果となっている。講演では、この作成したプログラムが既存のプログラムから算出された位相勾配とどれほど整合性が取れているか、またこのプログラムで光渦の位相勾配を算出した場合について報告する。

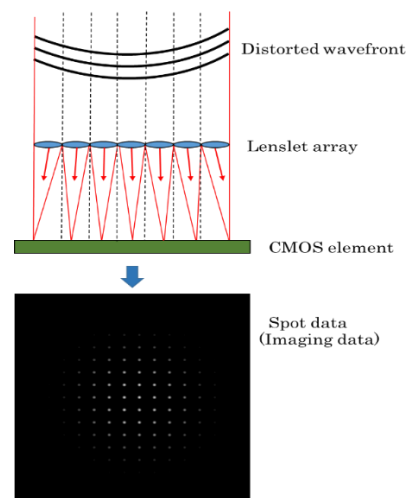


Fig1. Measurement principle of SHWFS

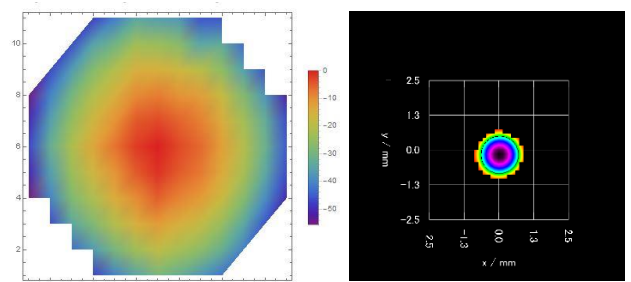


Fig2. (a)The result of calculating the phase gradient with the created algorithm. (b) Phase gradient calculated by existing algorithm