

# ラジアルシアリング干渉計アルゴリズムで正方形開口に対処

標準的な波面計測干渉計は、計測される波面と収差のない参照ビームを結合することで動作する。2つのビームが干渉し、テスト波面の形状についての情報を提供する干渉縞を生成する(フィゾー干渉計が、その簡便さから最も一般的な構成になっている)。この方法の感度は非常に高いが、1つ問題がある。干渉ビームが必要になるため、そのような干渉計は光ビームのどこかに置くだけでその点での波面を計測することはできない。

参照ビームを必要としないで波面を計測できる干渉計法、非干渉計法がある。非干渉計法アプローチは、よく知られたシャックハルトマン波面センサ(SHWFS)で、適応型オプティクスに使用されている。しかし干渉計法アプローチと異なり、SHWFSは比較的少ない数の離散点でしか波面をサンプリングしない。

参照波面なしでテスト波面を直接受け入れることができる干渉計のタイプは、せん断干渉計である。この場合、テスト波面は、それ自身の位置ズレ複写と干渉する。位置ズレ複写とは、並進(横方向せん断)か、複写サイズの変更(放射状せん断)のいずれかである。

四川大と中国工程物理研究院のレーザー核融合研究グループは、いわゆる環状ラジアルシアリング干渉計(CRSI)を使ってレーザーシステムのビーム波面を無作為抽出検査したいと考えており、ルジャンドル多項式に基づいて、干渉計のための波面再構成アルゴリズムを開発した<sup>(1)</sup>。そのシステムは、過渡パルスを高速かつ正確に診断するこ

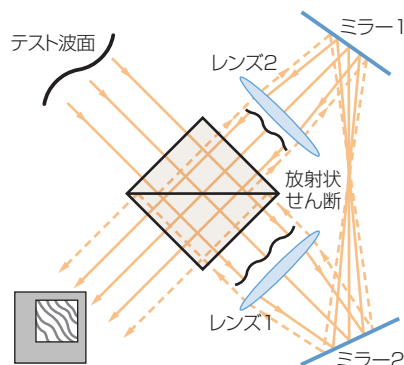


図1 正方形開口の環状ラジアルシアリング干渉計(CRSI)は、計測する波面を再構成するために、ルジャンドル多項式ベースのアルゴリズムを使うことから利益を得ている。

とができる。

## 正方形開口のためのルジャンドル多項式

CRSIでは、光路が三角形になっているため、光は干渉計を通して両方向に周回する(図1)。放射状せん断は、集束レンズを非対称に配置することで得られる(実質的にケプラー望遠鏡)。横方向せん断も存在する。波面再構成にはソフトウェアアルゴリズムを使う。

多くのレーザー核融合システムの開口が円というよりむしろ方形であるので、中国の研究グループは他のタイプではなくルジャンドル多項式を使用することを選択した。xとyベースのルジャンドル多項式は長方形に対して直交しているが、例えばゼルニケ多項式はそうっていない。正規直交ルジャンドル多項式のある低次の項は、ピストン、xおよびyチルト、xおよびyデフォーカス、xおよびyプライマリコマなど、一般的な収差に直接関係している。研

究者の狙いは、正確ではあるが遅い、旧来の反復非多項式アルゴリズムに対して、新しいアルゴリズムをテストすることだった。

研究チームのアルゴリズムを数値的にテストするために、ランダム係数を持つルジャンドル多項式の6次(28項)で構成される任意の波面を生成した。モデルのCRSIは、放射状と横方向(xとyの両方)のせん断の両方を持っていた。生成した波面と再構成した波面との間で、山から谷間での残余誤差は極めて小さく、10~14nmオーダーであった。

次に研究チームは、実際のCRSIについてアルゴリズムを実験的にテストした。テストでは、ビームスプリッタキューブをわずかに傾斜させて周波数干渉縞を作った。CRSIの入力面に十字マークを挿入し、干渉縞に沿ってCCDカメラに撮像した。追加された横方向のせん断はyが約15ピクセル、xが-1ピクセルだった。4mm厚の標準窓ガラスの干渉写真を撮り、それから窓ガラスのない干渉縞を取り去ってシステムエラーを除去した。その新しいアルゴリズムで波面を再構成したが、それは旧来の正確ではあるが遅いアルゴリズムの波面と同じであった。

今後、研究グループは、可能な限り小型のせん断を使用しながら(これはノイズを減らす)、多項式の項数をできるだけ増やす(これはノイズ増になるが)ことを計画している。

(John Wallace)

## 参考文献

(1) E. Kewei et al., Opt. Express (2015); doi:10.1364/OE.23.020267.

LFWJ