

相関ピーク検出法によるホログラフィック Shack-Hartmann 波面センサーの
ダイナミックレンジ拡大
Dynamic Range Expansion on Holographic Shack-Hartmann Wavefront Sensor
by Correlation Peak Detection

和歌山大システム工 ○ 最田 裕介, 野村 孝徳

Wakayama Univ. ○ Yusuke Saita and Takanori Nomura

E-mail: saita@sys.wakayama-u.ac.jp

イメージングの場面において、観測者と観測対象までの空間を満たす媒質に起因する波面収差が高解像な像の取得の妨げとなる。このような場面では補償光学システムが重要な役割を果たしている。補償光学システムは外乱となる波面収差を計測し、計測結果をフィードバックすることにより外乱を打ち消すように波面を補正するものである。これを構成する波面計測装置に Shack-Hartmann 波面センサー (SHWFS) が主に用いられている。SHWFS はマイクロレンズアレイと撮像素子を組み合わせた単純な構造であり、干渉計などに比べて振動などの外乱に強い波面計測装置である。また、物理的なマイクロレンズアレイの代わりにレンズの位相分布パターンを用いてこれを実現することも可能である [1]。

SHWFS は単一マイクロレンズに入射した波面の傾き、すなわち位相勾配に応じて変動したスポット像を撮像素子で取得し、その基準位置からの変位量から被計測波面の局所位相勾配を算出する。このとき、単一マイクロレンズに対応する撮像素子上の領域である検出域内にスポット像が収まる場合のみ正しく位相勾配を算出することができる。このため、計測可能な位相勾配のダイナミックレンジは検出域の大きさに依存して制限される。これは隣接する検出域にスポット像が及んでしまうと他のスポット像との区別がつかなくなり、正しい変位量検出ができないためである。我々はこれまでにレンズによるスポット像ではなく、ホログラムの再生像パターンを撮像素子で取得することによりダイナミックレンジを拡大する手法を提案してきた [2]。本手法をホログラフィック Shack-Hartmann 波面センサー (H-SHWFS) と呼ぶ。

H-SHWFS は Fig. 1 に示すように、一般的な SHWFS のマイクロレンズアレイの代わりにマイクロホログラムアレイを表示した位相変調型の空間

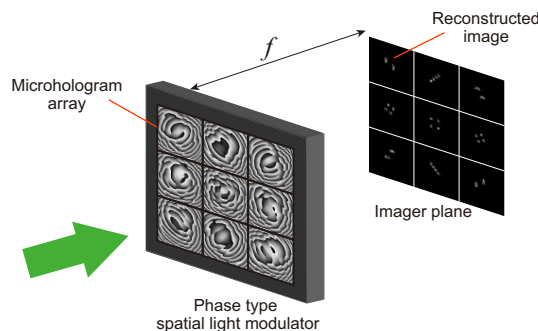


Fig. 1 Schematic diagram of H-SHWFS.

光変調器 (P-SLM) を配置した構造である。マイクロホログラムアレイは独立した各パターンを基に作製された位相型ホログラムをアレイ状に配置したものであり、各マイクロホログラムに光波が入射すると、再生距離 f だけ離れた面に配置された撮像素子上の各検出域ごとに再生像パターンが再生される。これらの再生像も被測定波面の位相勾配に応じて変動するため、基準位置からのパターンの変位量を求めることにより位相勾配を算出できる。マイクロホログラムアレイは Fig. 2 に示すように 3×3 の領域で異なるパターンが再生されるように設計する。取得された再生画像は単一パターンのみを含む 9 枚のテンプレート画像群とそれぞれ相互相関演算によるパターンマッチングをおこなうことにより相関マップ群を得る。これらはテンプレート画像と同一のパターンの位置には強い相関ピークが発生し、異なるパターンでは相関値が低いものとなる。この相関ピークの基準位置からの変位量を求めることにより位相勾配が算出できる。本手法では、理想的には注目するパターン以外の位置にはピークがあらわれないため、検出域を隣接領域にまで拡大する、すなわちダイナミックレンジが拡大する。しかし、実際には注目パターンの他の位置にもある程度相関値が存在する。これは計測誤差の要因となり得るため、各パターンは相互の類似度が低いものを用いる必要がある。ここでは本手法に適したパターンについて検討する。

参考文献

- [1] J. Rha, M. K. Giles, Proc. SPIE **4493**, 80 (2002).
- [2] 最田裕介, 野村孝徳, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, 18p-PA2-10 (2014).

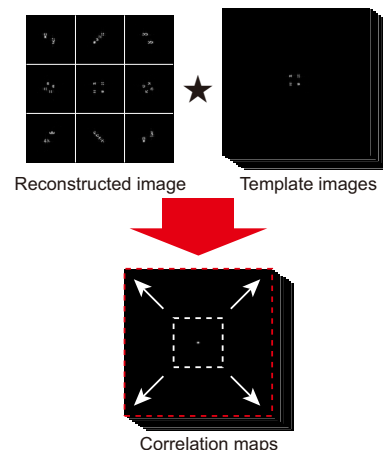


Fig. 2 Principle of correlation peak detection method.