

相関を利用した Shack-Hartmann 波面センサの開発: サブ画素位置推定

Correlation-based Shack-Hartmann wavefront sensing: algorithm and simulation

三菱電機 (株) 情報技術総合研究所¹, 鎌倉製作所²

○ 遠藤 貴雄¹, 三輪 佳史¹, 安藤 俊行¹, 板倉 成孝², 藤井 康隆²

Information Technology R&D Center¹, Kamakura Works², Mitsubishi Electric Corporation

○ Takao Endo¹, Yoshichika Miwa¹, Toshiyuki Ando¹, Shigetaka Itakura², and Yasutaka Fujii²

E-mail: Endo.Takao@aj.MitsubishiElectric.co.jp

1 非点光源の相関を利用した波面センサ

光の波面や光学系の収差を評価する計測器の一つとして, Shack-Hartmann 波面センサがある [1]。これは参照光源から非検体を通過した波面をレンズレットアレイで分割し, 受光装置で集光位置を検出する。集光位置は部分開口の平均的な波面傾斜を意味するので, その積分から全体の波面が求められる。通常, 参照光源には点光源を用いるが, 本論では, 広がりをもつ非点光源を参照する波面センサ [2, 3], 特にサブ画素精度の位置推定処理について議論する。

2 サブ画素位置推定処理

試作した波面センサの取得画像を図 1(a) 左に示す。非点光源の模擬に, 解像力チャートやスライド画像を用意し, 非検体の透過波面を波面センサで計測する。本検討ではスライド画像は地上の写真 (図ではガスタンク) とした。図 1(a) 左はレンズレットアレイで 10×10 に分割されているため, 光学系の中心遮蔽がある場合を想定し, 中心から 4×2 の位置の像 I_{Ref} を基準 (図 1a 左下) とし, それぞれの相対変位を相関演算にて求める。結果, 図 1(a) 右に示すように, 相対位置を表す相関関数が配列状に得られる。相関関数に異方性がなければ, 従来の点光源と同様に重心位置から波面を求められる。透過波面に既知の傾斜を付加した結果, 相関関数のピークから $1/69$ [pixel r.m.s], 重心位置から $1/55$ [pixel r.m.s] の精度で相対位置を求めることができた (図 1b 参照)。前者は Zernike mode 21 項を $4/100$ [λ r.m.s] の精度で求められることに相当する。

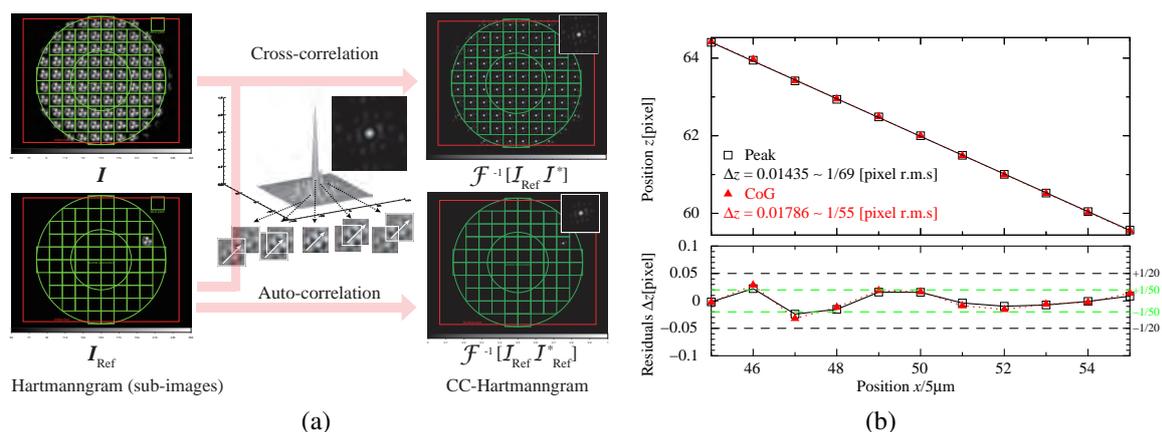


Fig. 1: (a): Cross-correlation results, (b) Estimated sub-image positions and residuals.

参考文献

- [1] Tyson, R.: Principles of adaptive optics, Fourth edition, CRC press (2015).
- [2] 遠藤 他, 第 63 回 宇宙科学技術連合講演会講演集, 1P11 (2019).
- [3] Sidick, E.: Imaging and Applied Optics, CPDP1 (2011).