

シャックハルトマンセンサを用いたスティッチング波面計測の精度評価

光科 中野雅晴

Evaluating precision of stitched wavefront measurement using a Shack-Hartmann sensor

Masaharu NAKANO

Keywords : Wavefront measurement, stitching, refractive index distribution, transparent plastics.

キーワード：波面計測、スティッチング、屈折率分布、透明プラスチック。

1 はじめに

これまでに、我々は大型樹脂レンズ内部の屈折率分布の乱れを可視化するシステムを開発してきた¹⁾。本システムでは、測定対象を透過した光の波面の乱れをシャックハルトマンセンサ（以下、波面センサ）で検出する。さらに、測定領域を分割計測して後から繋ぎ合わせるスティッチング計測を用いている。これにより、高い空間分解能で、大きな位相の乱れを測定することができる。しかし、スティッチング計測により測定精度が悪化することが課題であった。本報告では、悪化要因を明らかにして、システムの測定精度と再現性を改善させた結果について報告する。

2 方法

図1に示すように、スティッチング計測では、測定対象を繰り返し移動して測定する。測定精度が低下する要因の一つは、本手法により測定時間が長くなることで測定中に温度変化が生じることにある。温度が変化すると、波面センサ内部でマイクロレンズアレイが撮像素子に対して位置ずれする（図2）。これは、測定基

準が変わることに相当するため、測定精度が悪化する。位置ずれが起こった場合、波面センサではチルト波面が入射したときと同様な測定値が得られる。そこで、チルト波面を測定波面から演算により取り除くことで温度変化が測定精度に及ぼす影響を抑えた。チルト波面は、測定波面をZernike多項式に展開して抽出した。分割数が増加すると測定時間が長くなることから、スティッチングの分割数と測定精度との関係性を評価した。

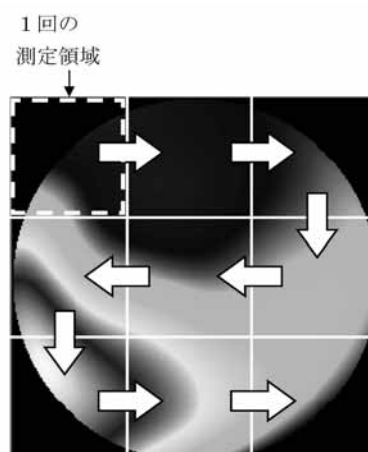


図1 スティッチング計測の概略図

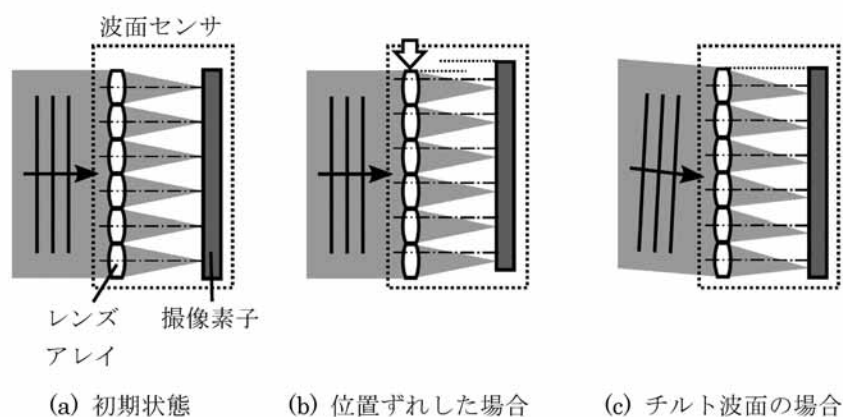


図2 温度変化により発生した位置ずれの影響

初期状態 (a) から波面が変化していなくても、波面センサで検出される信号は (b) と (c) で同じであるため、チルト波面として検出されてしまう。

3 結果および考察

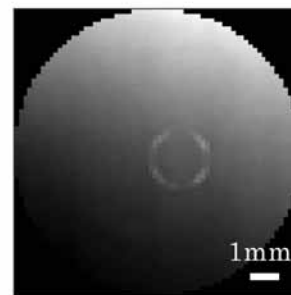
図3に、固定した測定領域を、ステッチングの分割数を変えて繰り返し測定したときの、分割数と測定精度及び再現性との関係を示す。分割数が増加すると測定精度と再現性が低下している。これに対して、温度変化の影響として現れるチルト波面を除去すると、分割数に関係なく測定精度 5 nm を実現し、再現性も改善されることを確認した。これは、厚さが 3 mm 以上あれば、想定するレンズ評価で必要とされる 10^{-4} の屈折率精度で測定できることに相当する。ステッチングを行わずに一括測定した結果との差分が 4 nm 生じているが、測定対象を移動する機構の位置決め誤差が要因の一つである。また、この測定では、同じ空間分解能で評価したため、ステッチング計測の利点が得られなかった。しかし、大面積の測定対象を測定する場合、一括測定では空間分解能が低下し測定精度が悪化するため、ステッチング計測のほうが有利であると考ええる。

4 まとめ

ステッチング計測により悪化した測定精度を、測定波面からチルト波面を除去することで改善した。本システムは大型の樹脂レンズ以外にも、樹脂パネルなどの屈折率分布に大きな乱れが生じやすい透明体製品の試作評価に利用することができる。

参考文献

- 1) 中野雅晴 他：シャックハルトマン波面センサを用いた透明体の均質性評価. 静岡県工業技術研究所報告, 第8号, 57-62 (2016).



測定波面

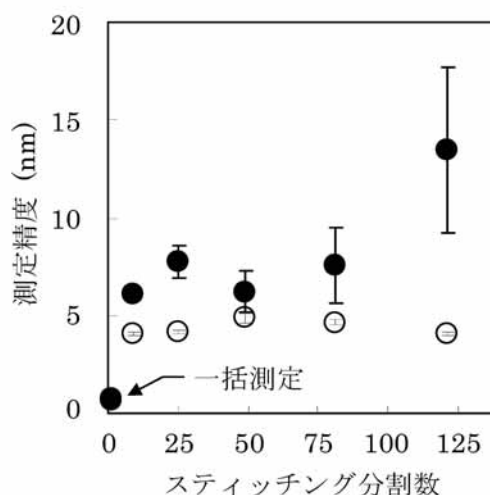


図3 ステッチング計測の測定精度

●：処理なし、○：チルト波面除去。ステッチングを行わずに一括測定した波面とステッチング波面との差分（標準偏差）を、各分割数において5回測定して、平均値を測定精度とした。波面全体を測定するために用いたマイクロレンズの数は、一括測定とステッチング測定で同じにした。測定対象として、炭酸ガスレーザーで円形模様を表面に加工した厚さ 3 mm のアクリル平板を用いた。