

ハイブリッド画像処理による
縞画像解析

4V-8

森邦彦¹、 中野善明²、 村田和美³

(¹北海道職業訓練短期大学校 ²北海道薬科大学 ³北海道大学)

1. はじめに

物体の形状や変位、その内部の屈折率分布などを精度よく計測する光波干渉法やモアレ計測法では、正弦波状の強度(濃度)分布をもつ縞画像を高精度かつ高速度で解析することが重要となる。今回はレンズ系のデフォーカス処理を用いたハイブリッド(Optical-Digital)画像処理により、干渉縞画像およびモアレ縞画像を解析したので報告する。

2. ハイブリッド処理の原理

縞画像を解析する際、その縞の位置(強度分布のピーク位置など)を検出することが重要となる。縞のピーク位置を検出する場合、従来行われてきた一つの手法として局所閾値法を用いる2値化処理がある。しかし、この方法では小領域の大きさの設定、計算の複雑化、さらに閾値処理を行った出力はピークを持たず、細線化処理を行わなければならないので縞の位置を正確には求められないといった欠点がある。

デフォーカス画像はフォーカス画像の強度分布における局所平均に等しいことが知られている¹⁾。図1の実線は縞画像のフォーカス画像、波線はそのデフォーカス画像のそれぞれの強度分布を示す。ここで、縞のピーク位置を求めるには一つの縞毎に最大値を検出して行けばよく、それはフォーカス画像とデフォーカス画像の強度分布の交点により、縞を一つ毎に分割することにより可能である。すなわち、その交点の間で最大値を検出してピークの位置を求めていく。また、その交点は一般的には縞強度分布の最大勾配位置と考えられ、これを直接利用する場合も考えられる。デフォーカス画像はレンズ系(Optical)により瞬時に得られ、以降の処理(Digital)は非常に簡単なアルゴリズムとなり、全体の処理を高速化することが可能である。

図2に実験系を示す。TVカメラにより縞画像のフォーカス画像とデフォーカス画像を逐次ディスクメモリに入力し、計算機により縞の分布を求めて解析を行う。

3. 干渉縞画像解析への応用

ハイブリッド画像処理を干渉縞画像解析に応用し、透過

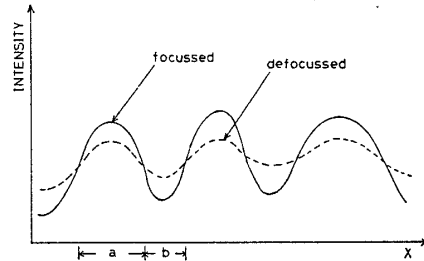


図1 縞画像の強度分布

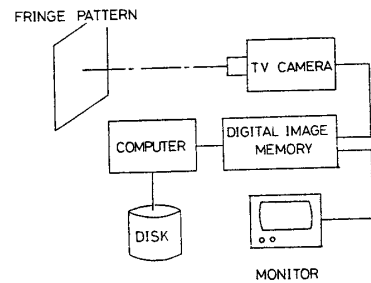


図2 ハイブリッド画像処理実験系

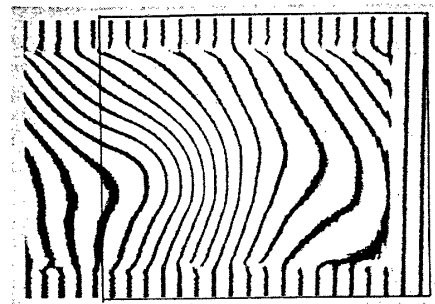


図3 光学ガラス板の干渉縞画像

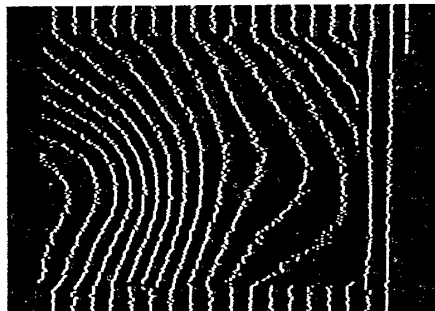


図4 図3のピーク分布

Hybrid image processing for fringe pattern analysis

K.Mori¹, Y.Nakano², K.Murata³

¹Hokkaido Polytechnic College, ²Hokkaido Institute of Pharmaceutical Sciences,

³Hokkaido University

物体の厚み分布を測定した。図3は、光学ガラス板を試料としたMach-Zehnder干渉計による干渉縞である。ここで、参照波をわずかに傾けている(傾角 θ)ため、干渉縞画像には空間周波数成分が含まれたものとなっている。光学ガラス板の屈折率分布が一様に n で、縞のピーク位置を x' 、 y' 、縞次数を m 、使用した光源の波長を λ とすると試料の厚み分布 $d(x', y')$ は

$$d(x', y') = (m\lambda - x' \sin \theta) / (n - 1) \quad \text{----- (1)}$$

と表される。図4は、図3中に示した領域に対してハイブリッド処理を行って得られた干渉縞画像の強度ピーク分布である。図5は図4をもとに上式より光学ガラス板の相対的な厚み分布を求め3次元表示したものである。

4. モアレ縞画像解析への応用

ハイブリッド画像処理をモアレ縞画像解析に応用し、レンズの2次元的な焦点距離分布を測定した。図6はTalbot効果を用いて得られた、2次元的な焦点距離分布もつレンズのモアレ縞画像である。ここで、モアレ縞を得るために使用した2枚の格子のピッチを p 、格子間の傾角を θ 、モアレ縞の傾角を $\alpha(x, y)$ 、使用した光源の波長を λ とすると、焦点距離の分布 $f(x, y)$ は

$$f(x, y) = p^2 / \lambda (\sin \theta \tan \alpha(x, y) + \cos \theta - 1) \quad \text{----- (2)}$$

と表される²⁾。図7は、図6中に示した領域に対してハイブリッド処理を行って得られた最大勾配とピーク分布である。図8は図7をもとに、上式より2次元的な焦点距離分布を求め3次元表示したものである。

5. おわりに

レンズ系のデフォーカスを用いたハイブリッド画像処理により縞画像を容易に、精度よくかつ高速に解析することができる。デフォーカス処理はオプティカル処理であるため、非常に高速に画像の局所平均を得ることができる。また、原画像としてデフォーカス像を用いても処理上不都合が生じないため、ノイズ除去の前処理をかねることができる。

<参考文献>

- 1) J. Tokumitsu, S. Kawata, Y. Ichioka and T. Suzuki:
"Adaptive binarization using hybrid image processing system" Appl. Opt., 17(1978), 2655
- 2) Y. Nakano and K. Murata: "Talbot interferometry for measuring the focal length of lens"
Appl. Opt., 24(1985), 3162

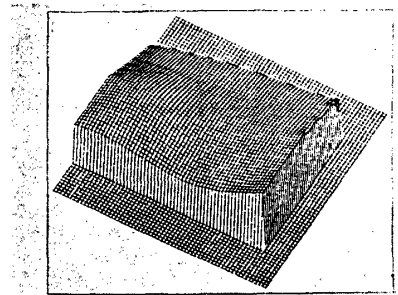


図5 光学ガラス板の相対的厚み分布



図6 Talbot効果を用いたレンズのモアレ縞画像

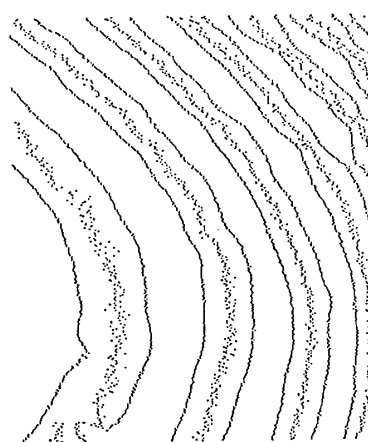


図7 図6の最大勾配とピーク分布

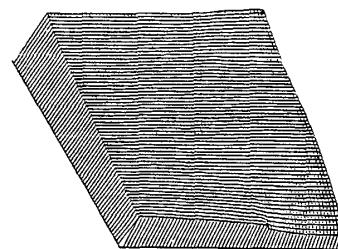


図8 被検レンズの焦点距離分布