

3次元干渉分光イメージングにおける像再生法

Image retrieval of interferometric 3-D imaging spectroscopy

○小原 正樹, 吉森 久

○Masaki Obara, Kyu Yoshimori

岩手大学大学院 工学研究科

Graduate School of Eng., Iwate Univ.

キーワード : 3次元イメージング(3-D imaging), 合成開口処理(Synthetic aperture technique), 干渉計測(Interferometry), 縦方向コヒーレンス(Longitudinal coherence), 奥行き分解能 (Depth resolution)

連絡先 : 〒020-8551 盛岡市上田 4-3-5 岩手大学 工学部 電気電子・情報システム工学科
吉森研究室 小原 正樹, Tel 019-621-6485, Fax 019-621-6485, E-mail masaki@ql.cis.iwate-u.ac.jp

1. はじめに

われわれは, 特別な光源や結像素子を用いずに, 物体から伝搬した光波の干渉計測と計算処理のみにより測定対象の3次元空間情報と連続スペクトルを同時取得する干渉計測法の研究を行っている¹⁾. この手法に関して, 現在までに測定対象から伝搬した光波の波面形状が記録された球面波型(Spherical type : S-type)体積インターフェログラムからの再生実験を報告している²⁾. また, 上記手法と同等の再生結果が得られ, 高速処理が可能な双曲面型(Hyperbolic type : H-type)体積インターフェログラムからの再生結果や, 回転双曲面型(Slanted Hyperbolic type : SH-type)体積インターフェログラムからの再生結果についても調べた³⁾.

本稿では, H-type 体積インターフェログラムからの再生処理過程をフレネル積分形で表現し, 奥行き分解能について数値解析を行った結果について報告する.

2. 原理

2-1. 2光波折り畳み干渉計

図1に今回の数値計算で想定した2光波折り畳み干渉計の概要を示す.
測定対象である光源から伝搬した光波はビ

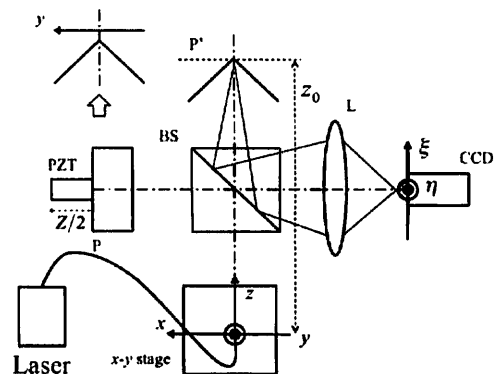


Fig. 1. 2光波折り畳み干渉計

ームスプリッター(BS)により2つの光波に分割され, 片方はプリズムP方向へ, もう一方はP'方向へ伝搬する. 分割された光波は, それぞれのプリズムにより上下, または左右方向に反転反射し, BSにより再び重ね合わされる. そして, 2次元アレイセンサ(CCD)により干渉縞として観測される. CCDはレンズ(L)によってプリズムP'のエッジ部分に焦点を合わせており, プリズムP'のエッジがある平面を仮想的観測面としている. また, ピエゾトランスレータ(PZT)はプリズムP方向に伝搬した光波に光路差Zを導入するものであり, $Z/2=0$ のとき2つのアームの長さは等しい. そして, 2つのプリズムのエッジの位置は初

期状態において光源座標系(x, y, z)と一致しており、プリズムP'のエッジから光源座標系の原点までの光学距離を z_0 とする。次に、光源座標系と測定対象は x - y stage上にあり、 x 軸方向および y 軸方向に移動させることで各ステップにおけるインターフェログラムを逐次取得する。このとき得られるデータは観測面座標系(ξ, η)上で取得された2次元インターフェログラムが x - y stageの移動量 $\hat{x}, \hat{y}$ とPZTにより与えられる光路差 Z を直交座標とする3次元空間に配列される。これにより取得されるインターフェログラムは5次元となる。

2-2. 合成開口処理

2 光波折り畳み干渉計より取得された5次元インターフェログラムに対し、合成開口処理を行う。ここで合成開口処理とは、5次元インターフェログラムに対して一定の選択律に従い画素を抜き出し、再配列することにより3次元の体積インターフェログラムへ次元圧縮を行うものである。合成開口処理の選択律により様々なパターンの体積インターフェログラムが取得されることが知られている^{2), 3)}。図2に合成開口処理により取得される体積インターフェログラムの一例を示す。

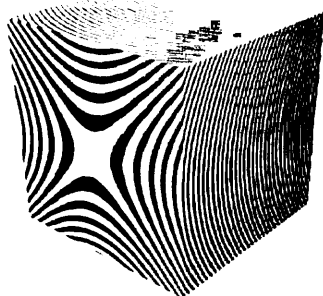


図2. H-type 体積インターフェログラム

2-4. 分光処理および再生処理

合成開口処理により得られた体積インターフェログラムに対し、光路差 Z に関しフーリエ変換することにより、光源のスペクトル形状と分光された各波長チャンネルの相互スペクトル密度が得られる。これらの相互スペクトル密度に適切な再生処理を適応することにより各波長成分の3次元強度分布を得る。

3. 数値計算

図1の干渉計の使用を想定した数値計算の結果を示す。簡単化のため、光源は $\lambda = 640 \text{ nm}$

の赤色点光源とし、光源座標系の原点に設置した。また、光源から観測面までの距離を100mmとした。 x - y stageは1stepあたり $12.9 \mu\text{m}$ とし x 軸方向 y 軸方向にそれぞれ64step移動させる。PZTは1stepを $0.08 \mu\text{m}$ とし64step移動させる。

図3に再生処理を適応した場合の奥行き分解能と数値解析の結果を示す。どちらも光源を設置した100mmの位置においてピークが存在し、両者の間により一致がみられた。

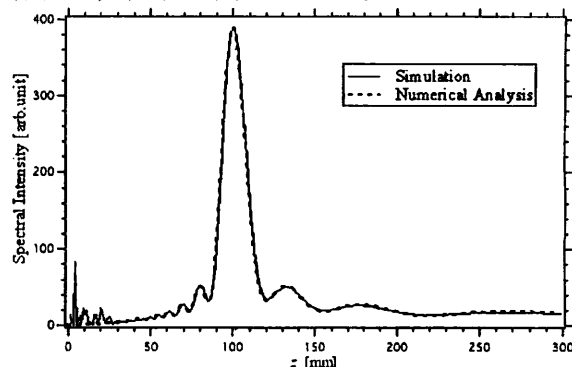


Fig. 3. (実線)再生処理による奥行き分解能 (点線)数値解析による奥行き分解能

4. まとめ

本稿では、2 光波折り畳み干渉計から取得される H-type 体積インターフェログラムからの再生処理過程をフレネル積分形で表現し、奥行き分解能について解析的に評価を行った。その結果、両者の奥行き分解能はよい一致がみられた。

参考文献

- 1) K. Yoshimori: Passive digital multispectral holography based on synthesis of coherence function, Proc. SPIE **6252**, 625221/4 (2006)
- 2) M. Sasamoto and K. Yoshimori: Three-Dimensional Imaging Spectrometry by Fully Passive Interferometry, Opt. Rev., **19**-1 29/33 (2012)
- 3) 小原正樹, 吉森久: 双曲面型合成開口インターフェログラムからの分光立体映像再生, Optics & Photonics Japan 2007 講演予稿集, 90/91 (2007)
- 3) 小原正樹, 吉森久: 双曲面型体積インターフェログラムの計測に基づく3次元干渉分光イメージングの実験的確認, 計測自動制御学会東北支部 45 周年記念学術講演会 1209 (2009)