

## 干渉分光イメージングによる多色物体の分光立体像再生

### Retrieval of spectral components of three-dimensional images for polychromatic object by interferometric imaging spectrometry

○シラウィット ティーラヌタラーノン<sup>1</sup>, 吉森 久<sup>1</sup>

○Sirawit Teeranutrannon<sup>1</sup> and Kyu Yoshimori<sup>1</sup>

Graduate School of Eng., Iwate Univ.<sup>1</sup>

キーワード : Digital holography, Spectroscopy, Fourier transforms, Interferometric imaging

連絡先 : 〒020-8551 盛岡市上田 4-3-5

Tel: 019-621-6485, Fax: 019-621-6485, E-mail: sirawit@ql.cis.iwate-u.ac.jp

## 1. はじめに

特別な光源や結像素子・分散素子を利用せずに、物体から伝搬した光の純粋な干渉計測と計算処理のみによって、多色物体の3次元空間情報と分光情報を同時に取得することができる<sup>1)</sup>。このような画像計測手法<sup>2,3)</sup>を実現するために、われわれは2光波折り畳み干渉計と合成開口処理<sup>4,5)</sup>を利用する方法を提案した。今回、空間的にインコヒーレントで互いに異なる連続スペクトルを有する複数の面光源の再生実験<sup>6,7)</sup>を試みたので報告する。

## 2. 原理

図1に本研究の実験で利用する2光波折り畳み干渉計の概念を示す。測定対象である多色光源分布は、 $x$ - $y$ ステージ上に設置される。光源分布(S)から伝搬した光波は、ビームスプリッター(BS)によって二つの光波に分割される。分割された2光波はエッジの部分に垂直になるように設置された2つのプリズムP及びP'で波面が上下、左右に反転され、BS方向へ反射される。2つのプリズムから反射した2光波はBSによって再び重ね合わされる。このとき、分割された2つの光波が重ね合わされることによって干渉縞

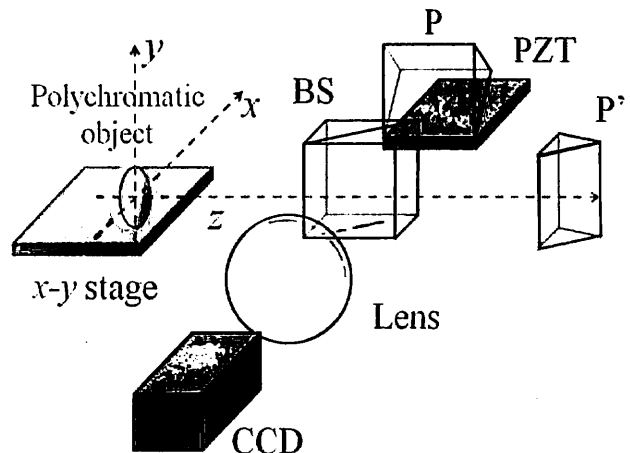


Fig.1 Schematic of the two-wavefront folding interferometer.

が発生する。観測面にあるCCDカメラによって、この干渉縞画像を記録する。このとき、片方のプリズムをピエゾトランスレータ(Piezo Translator:PZT)で移動させることにより、 $z$ 軸方向の光路差 $Z$ が導入される。本実験ではPZTと $x$ - $y$ ステージの3軸を走査することにより、分割2光波の位置関係を変化させ、それぞれの位置における干渉縞を記録していく。そのため、これらのデータセットは、2次元の干渉縞画像が3次元的に配置された5次元インターフェログラムを構成する(図2(a))

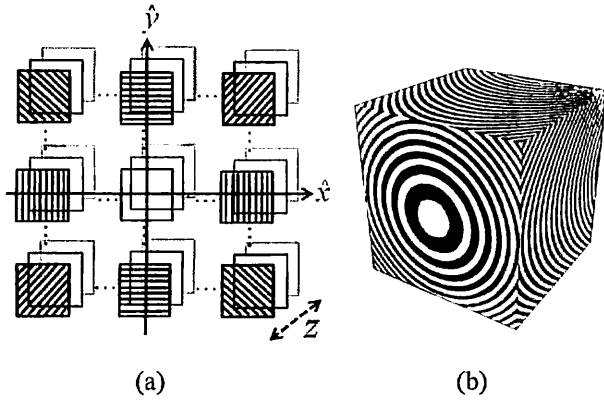


Fig.2. Illustration of the 5-D interferogram(a), the reduced volume (3-D) interferogram(b) for a monochromatic point source

この5次元インターフェログラムに対し、合成開口処理を適用することにより、図2(b)に示すような体積型(3-D)のインターフェログラムが得られる。この体積インターフェログラムから各波長成分毎の複素ホログラムを計算し、これらのホログラムから、各スペクトルチャンネル毎の3次元光源分布情報を得る。

### 3. 実験

本研究では、以上に説明した2軸波面折り畳み干渉計を図1に示すように実際に構築した。まず、インコヒーレント光源としてLED (Light Emitting Diode)を使用し、光路差を導入するためにプリズムPをPZTに載せた。レンズを焦点距離に置き、レンズを透過した光が上下左右反転され CCD に受信され PC でそのデータを取得する。

本実験では、測定対象としてスペクトルの異なる3色LEDとアクリル棒を用いた。アクリル棒を加工し、断面形状の異なる3つの面光源は図3のような大きさと形の光源を作成した。LEDから出る光を、固定したアクリル棒の一方の断面から入射させる。入射光はアクリル棒の中を伝搬し、反対側の断面から射出される。反対側の断面は四角形や三角形のような特殊な形状に加工されており、異なる形状を有する2面光源となる。これらの面光源は、2光波折り畳み干渉計の $x$ - $y$ ステージ上に設置されており、 $x$ 方向と $y$ 方向にそれぞれ1stepあたり $12.9\mu\text{m}$ で

64step動く。更に、プリズムPが設置されたピエゾトランスレータ(PZT)は1stepあたり $0.08\mu\text{m}$ で64step動く。

それぞれの光源をS1, S2とし、それらの波長、距離、形状を以下にまとめる:

S1:赤色LED 中心波長: 630nm,

光源距離: 50mm, 四角断面形状,

S2: 緑色LED 中心波長: 504nm,

光源距離: 61mm, 左側の三角断面形状,

S3: 緑色LED 中心波長: 460nm,

光源距離: 70mm, 右側の三角断面形状,

図4は、実験で得られた体積インターフェログラムから取得した光源のスペクトル形状である。このスペクトルのピークを見てみると、3つの強いピークが得られていることがわかる。この3つの強いピークに対応した波長は、460nm, 504nm, 630nmになる。

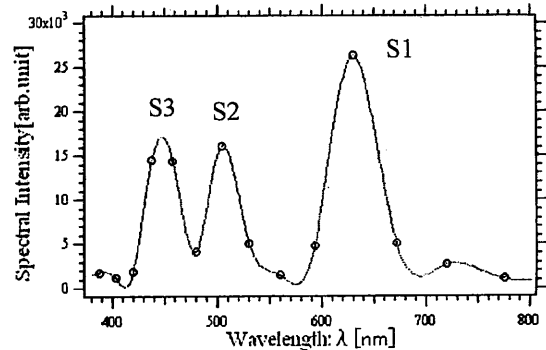


Fig.3. Continuous spectral profile which is obtained by taking Fourier transform of the reduced volume interferogram with respect to Z.

また、3つのスペクトルピークにおける相互スペクトル密度から再生処理を行うことにより、図9に示すようなインフォーガス光源像が得られた。

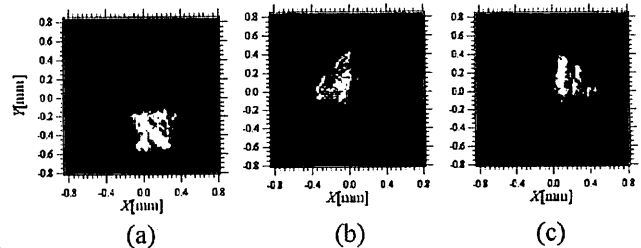


Fig.4. Retrieved spectral images of the three planar light sources: S1(a), S2(b) and S3(c)

ここで、図 4(a)は 50mm の光源距離における再生像であり、図 4(b)は 61mm の光源距離での再生像であり、更に 70mm の光源距離における再生像が図 4(c)である。再生された光源像の大きさは実際の光源の大きさと一致していることが確認された。この結果から、複雑な形状の測定対象として三角形と四角形的光源分布が再生できたと結論される。

このようにして、2 光波折り畳み干渉計と合成開口処理を用いた手法を互いに異なる連続スペクトルを有する複数の面光源に適用することにより、光源のスペクトル情報と 3 次元空間情報を同時かつ独立に取得できることが確認された。

#### 4. おわりに

異なる連続スペクトルを有する空間的にインコヒーレントな 3 面光源を作成し、そのスペクトル情報と 3 次元空間情報の再生に成功した。本実験結果より、2 光波折り畳み干渉計と合成開口処理を用いたデジタル分光ホログラフィーの手法によって、連続スペクトルを有し、かつ空間的広がりを持つ一般の通常物体においても 3 次元空間情報と分光情報を再生できることが結論される。

#### 5. 参考文献

- 1) K. Yoshimori, J. Opt. Soc. Am. A **18** (2001) 765.
- 2) K. Yoshimori, Proc. SPIE **6252**, "Holography 2005," edited by Y. Denisyuk et al., 2006, pp. 625221-1-625221-2.
- 3) M. Sasamoto and K. Yoshimori, Jpn. J. Appl. Phys. **48** (2009) 09LB03.
- 4) K. Yoshimori, "Synthetic aperture coherence multispectral 3-D imaging," Proceedings of International Commission for Optics (ICO), pp. 465-466 (2004).
- 5) Kyu Yoshimori, "Passive digital multispectral holography based on synthesis of coherence function," Proc. SPIE **6252**, 625221-1-625221-4 (2006).
- 6) S. Teeranutrano and K. Yoshimori, "Application of digital holographic three-dimensional imaging spectrometry to a spatially incoherent, polychromatic object," Proceedings of Digital Holography and Three-Dimensional Imaging (DH2011) DWC36, (2011).
- 7) S. Teeranutrano and K. Yoshimori, "Digital holographic three-dimensional imaging spectrometry applied to retrieve spectral components of three-dimensional images for a spatially incoherent, polychromatic object," Proceeding of the International Workshop on Holography and related technologies (IWH2011) P04, (2011).