

## デジタル分光ホログラフィーによる

### 分光立体光源像の初期画像解析

### Analysis of spectral 3-D image obtained

### by Digital Spectral Holography

○笹本 益民, 萩原 由香里, 吉森 久

○Masumi Sasamoto, Yukari Hagihara and Kyu Yosimori

岩手大学大学院 工学研究科 情報システム工学

Graduate School of Engineering, Iwate University

**キーワード:**3D イメージング (3-D imaging) , 分光イメージング(spectral imaging),

干渉計測(interferometry), 合成開口処理(synthetic aperture technique)

連絡先:〒020-8551 盛岡市上田 4-3-5 岩手大学 工学部 情報システム工学科 吉森研究室

吉森 久, Tel: 019-621-6485, FAX: 019-621-6485, E-mail: yosimori@ql.cis.iwate-u.ac.jp

#### 1. はじめに

われわれは光の干渉計測と計算機処理のみを用いることによって、光源の 3 次元情報と分光情報を同時取得する研究を行っている。そしてそれについて、2 光波折り畳み干渉計と合成開口処理を用いて、光源の結像特性を測定する手法を提案し、検討を行ってきた。この手法については、計算機によるシミュレーションでは成功していたが、実験的には未確認なものであった。

本報告では、この提案手法による実験的検証を行い、その結果について報告する。

#### 2. 2 光波折り畳み干渉計

まず本実験で使用する 2 光波折り畳み干渉計について説明する。図 1 は 2 光波折

り畳み干渉計の概略図である。光源は He-Ne レーザー (波長  $\lambda=633\text{nm}$ ) を使用し、その射出光をファイバーで導いて単色点光源とし、これを  $x-y$  stage 上に設置する。光源から射出した光波は BS によって分割され、それぞれ光波は直角プリズム P, P'に入射する。プリズム P, P'のエッジの角度はそれぞれ 90 度反転している。それによって入射光波は上下、左右に反転、反射され、再び BS によって重ね合わされる。重ね合わされた光波は干渉縞を形成し、レンズ L を介して CCD によって記録される。

また、片方のプリズム P には Piezo Transducer(PZT)を組み合わせることで、光路差  $\Delta z$  を導入することができる。実験系を動作させる際には、 $x-y$  stage を

開始位置まで移動し，そこから一定間隔でステージを移動させ，それに合わせて CCD でインターフェログラムを取り込む。

一定のステップ数でステージを動作させた後，PZT を 1 ステップ移動させる。そして再び  $x$ - $y$  stage を動作させるという手順を繰り返す。これらの手順を指定したステップ分繰り返し，そのステップの総数分のインターフェログラムを取得する。このインターフェログラムは 3 次元的に配列され，2 次元（画像） $\times$ 3 次元（配列）より，5 次元を成すこととなる。この配列されたインターフェログラムを多次元インターフェログラムと呼ぶ。

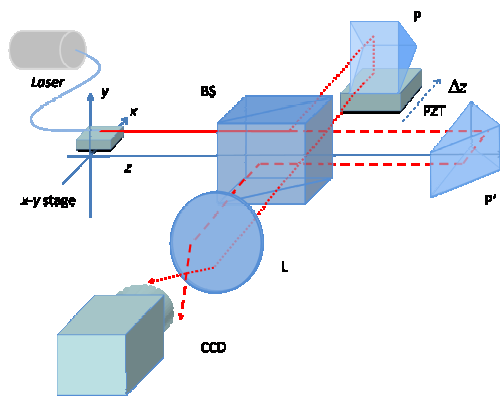


図 1.2 光波折り畳み干渉計

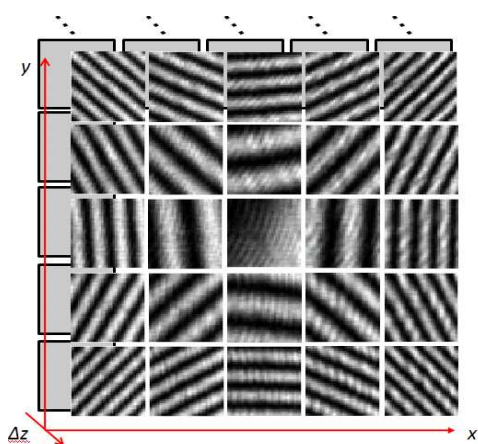


図 2.5 次元インターフェログラム

### 3. 合成開口処理

実験により取得された多次元インターフェログラムに対し，合成開口処理を行う。合成開口処理とは，取得されたインターフェログラムから，空間コヒーレンス測定概念に一致する条件の下に，画素を選択，再配列することにより，次元の圧縮を行うものである。

今回の実験で得られるインターフェログラムは 5 次元であり，これに合成開口処理を行うことによって次元圧縮を行い，3 次元の体積インターフェログラムを得ることができる。

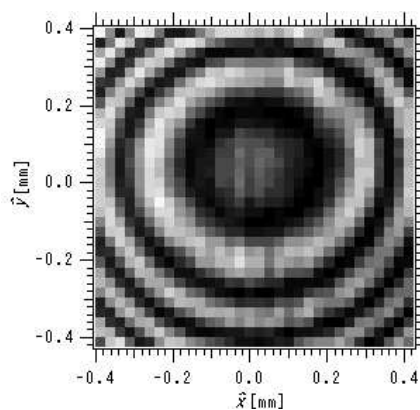


図 3. 体積インターフェログラム (1枚目)

### 4. 分光処理, 再生処理

合成開口処理によって得られた体積インターフェログラムに対して， $\Delta z$  に関しフーリエ変換することにより 分光処理を行う。

そして，体積インターフェログラムに波数を指定してフーリエ変換を行い，相互スペクトル密度を得る。得られた相互スペクトル密度に対し，波数と距離  $z$  を指定してフレネル変換を行うことにより，光源の 3 次元情報と分光情報の再生を行うことができる。

## 5. 実験結果

今回の実験条件は以下のとおりである.

- ・光源: He-Ne レーザー (波長 633nm)
- ・ $x,y$  の移動距離 : 12.9 $\mu\text{m}$
- ・ $\Delta z$  : 0.080 $\mu\text{m}$
- ・ステップ数( $x,y,z$ ) : 32 $\times$ 32 $\times$ 64
- ・ビニング: 2 $\times$ 2
- ・光源位置:  $x=0, y=0, z=75\text{mm}$

### 5-1.分光情報

図 4 は実験で得られた体積インターフェログラムに対し、フーリエ変換を行うことにより得られたスペクトルである.

図 5 は実験と同条件でシミュレーションした際のスペクトルである.

実験とシミュレーションの結果を比較すると、シミュレーションでは赤の波数に対応する位置に正しくピークが存在している.

対して実験データでは、多少のノイズはあるもののこちらも正しくピークが存在しているため、概ね分光に関しては成功したといえる.

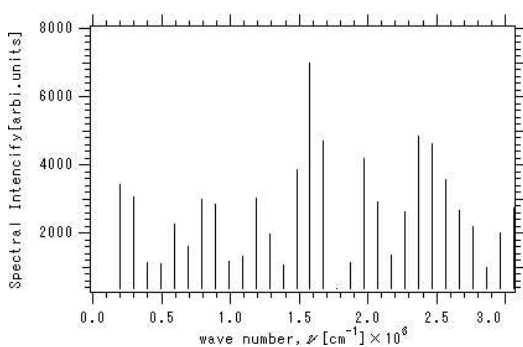


図 4. 実験データのスペクトル.

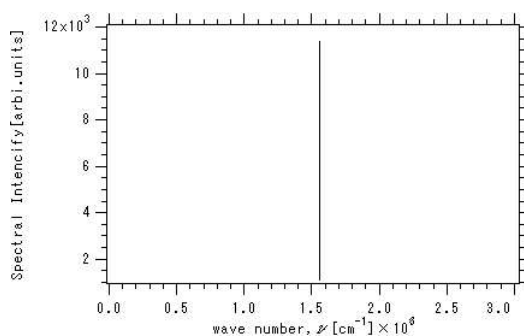


図 5. シミュレーションのスペクトル

### 5-2.3 次元情報

図 6 は、波長  $\lambda=633\text{nm}$ , 距離  $z=75\text{mm}$  で指定したときの光源再生像である. 点がややスプリットしているものの、実験で設定した光源の位置に対して概ねよい一致を得ていることが分かる. 図 7, 図 8, 図 9 はそれぞれ  $x,y,z$  における分解能である.

$x,y$  に関しては光源位置に鋭いピークが得られている.  $z$  に関しては設定した距離 75mm の位置にピークが概ね一致している.

これらのことから、3次元情報についても正しく再生することが出来た.

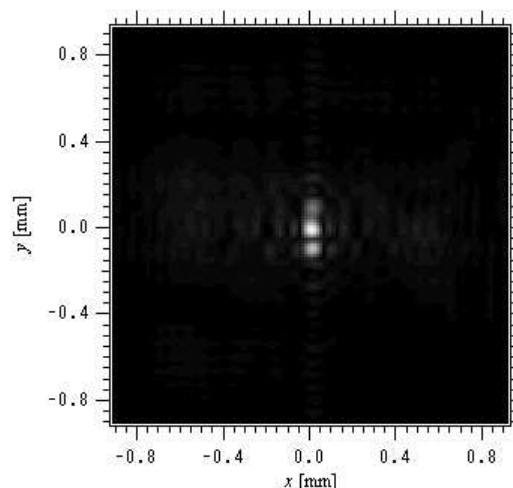


図 6. 波長  $\lambda=633\text{nm}$ , 距離  $z=75\text{mm}$  における光源再生像.

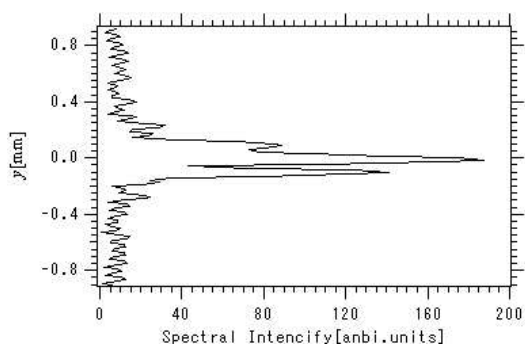


図 7.  $x=0$  のラインにおける分解能.

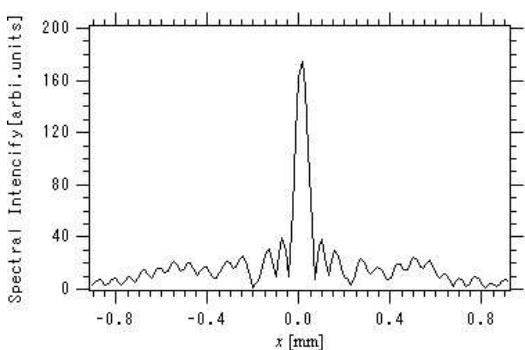


図 8.  $y=0$  のラインにおける分解能.

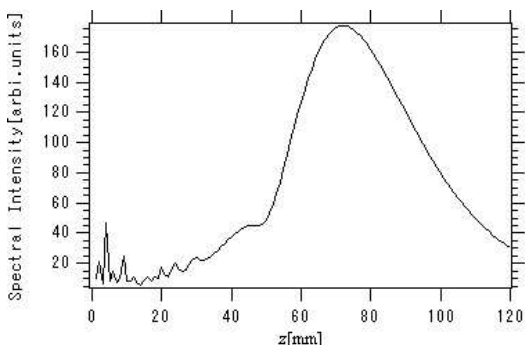


図 9.  $x=0, y=0$  の位置における距離  $z$  の分解能.

## 6. まとめ

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についての実験的検証を行った。その結果、単色点光源における分光立体像の再生に成功し、提案手法が実験的に可能であることが確認された。

現状での主な問題点として実験の長時間化が挙げられる。 $x$ - $y$  stage を用いての走査に加え、PZT のステップ分繰り返されるため、実験時間が現状で 4 日以上かかる。そのため、温度変化や振動などが実験データに影響を与えていると思われる。

今後は、実験系の安定化と高速化を図るため、実験系動作の再検討や、ステージ、PZT の精度の向上が必要である。

それらの点を改良すると共に、今後は測定対象物体も単色点光源から多色点光源への適用を検討していく予定である。

## ・謝辞

本研究の一部は、光科学技術研究振興財団の平成 13 年から 14 年の研究助成事業および文部科学省の科学研究費補助金 (15360024) により助成され行われました。ここに感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) Kyu Yosimori, Passive digital multispectral holography based on synthesis of coherence function : Proc. of SPIE Holography 2005 **6252**(2005) pp.625221-1-62522-4
- 2) Masumi Sasamoto, First retrieval experiment of 3-D Image and Spectrum by wave-front folding interferometry and synthetic aperture technique : 第 55 回応用物理学会 2008 28p-ZW-5