

次元変換光コムを用いたスキャンレス・フルフィールド 共焦点顕微鏡の開発 (3) ~ 2次元共焦点イメージの取得 ~

Scanless, Full-field, Confocal Microscopy Based on Dimension Conversion in Optical Frequency Comb (3) ~ Acquisition of a 2D confocal image ~

○ 長谷 栄治^{1,2}、宮本 周治^{1,2}、南川 丈夫^{1,2}、山本 裕紹^{2,3}、安井 武史^{1,2}

(1. 徳島大学、2. JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ、3. 宇都宮大学)

○ Eiji Hase^{1,2}, Shuji Miyamoto^{1,2}, Takeo Minamikawa^{1,2}, Hirotsugu Yamamoto^{2,3}, Takeshi Yasui^{1,2}

(1. Tokushima Univ., 2. JST, ERATO MINOSHIMA Intelligent Optical Synthesizer, 3. Utsunomiya Univ.)

E-mail: hase@femto.me.tokushima-u.ac.jp http://femto.me.tokushima-u.ac.jp/

我々は、レーザースポットの機械的走査が不要な共焦点顕微鏡を実現する手段として、光コム[1]を用いたスキャンレス共焦点顕微鏡の開発を行っている[2-4]。光コムは、多数の狭線幅光周波数モード列が等間隔で櫛の歯状に立ち並んだ超離散マルチスペクトル構造を有しており、これまでは光周波数の物差しとして使われることが多かった。しかしここでは、膨大な数の光チャンネルが離散的に分布し、大量情報を重畳できるキャリア光として利用することを提案する。具体的には、光コムが有する膨大な数の光周波数モードに対して、2次元波長分散素子による波長/2次元平面変換機能を適用する。その結果、光周波数モードと画素を1対1対応させることが可能になり、2次元イメージ情報を光コムのモード分解スペクトルにエンコードできる。デュアル光コム分光法[5]によって取得したモード分解スペクトルから2次元イメージ情報をデコードすることにより、スキャンレスに2次元共焦点イメージを取得することが可能になる。前回の発表では、2次元共焦点イメージの取得に向けて、VIPA (Virtually Imaged Phased Array) [6]と回折格子を組み合わせた2次元波長分散光学系[7]の構築について報告した[4]。今回の発表では、構築した2次元波長分散光学系とデュアル光コム分光法を用いることで、2次元共焦点イメージの取得に成功したので報告する。

図1に実験の概念図を示す。Er ファイバー光コム ($\nu_c = 193$ THz, $\Delta\nu = 1.5$ THz, $f_{rep} = 250$ MHz) から出力されたレーザー光は、VIPA (FSR = 15 GHz, フィネス = 100) と回折格子 (1200 本/mm) から構成される2次元波長分散素子によって、各波長成分が2次元空間に展開された後、対物レンズにより、波長毎に異なる位置に集光されたレインボービームの2次元焦点群をサンプル上に形成する。その結果、サンプルの2次元イメージ情報 (ここでは反射率) が光コムのスペクトルに重畳される。サンプルからの反射光は、2次元波長分散素子の逆伝播により、各波長成分が再び空間的に重ね合わされ、共焦点ピンホールを通過した後、デュアル光コム分光法 ($\Delta f_{rep} = 2666$ Hz) によりそのスペクトルが計測される。

ルが計測される。

図2(a)にモード分解スペクトル波形から再構成したテストチャートの反射イメージ (600 $\mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$, 60 pixel $\times$ 60 pixel) を示す。図2(b)は、サンプル背面に InGaAs カメラを配置し、取得した同一部分の透過イメージを示している。両者の比較から、図2(b)の赤破線領域の構造を反映したイメージが、図2(b)では可視化出来ていると考えられる。また、テストチャートの奥行き位置を対物レンズ焦点位置から 10 μm 変化させたところ、イメージの強度が大きく減少し画像化されなかったため、高い奥行き分解能を有する2次元共焦点イメージが取得できていることが確認出来た。

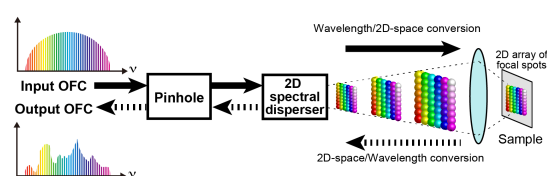


Fig.1. Principle of operation.

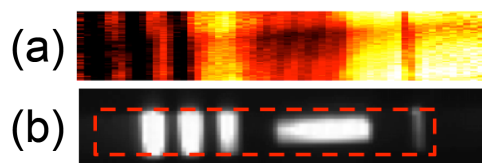


Fig. 2. 2D image of test chart. (a) reflection image decoded from the spectrum and (b) transmission image by InGaAs camera.

- [1] J. Ye *et al.*, "Femtosecond Optical Frequency Comb: Principle, Operation, and Applications", Springer (2005).
- [2] 長谷他、第76回応用物理学会秋季学術講演会、13p-2G-14 (2015).
- [3] 長谷他、第63回応用物理学会春季学術講演会、21a-H116-11 (2015).
- [4] E. Hase *et al.*, CLEO 2016, SW1H.3 (2016).
- [5] I. Coddington *et al.*, Optica **3**, 414 (2016).
- [6] M. Sirasaki *et al.*, Opt. Lett. **21**, 366 (2006).
- [7] S. A. Diddams *et al.*, Nature **445**, 627 (2007).