

スキャンレス光コム顕微鏡

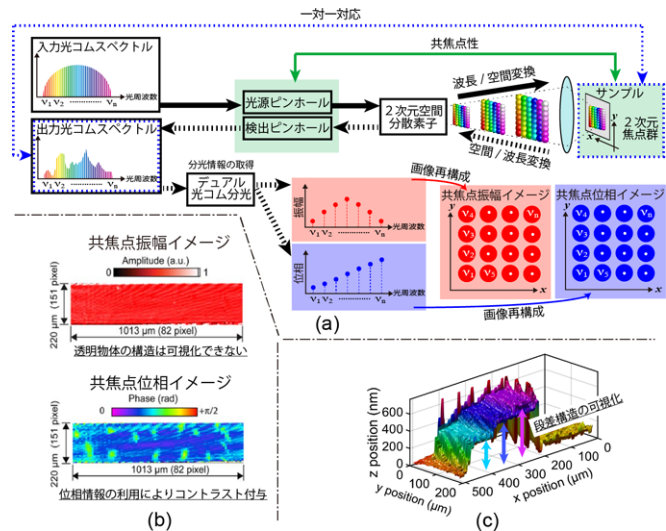
光コムを用いたスキャンレス共焦点位相イメージング

Scan-Less Confocal Phase Imaging Based on Dual-Comb Microscopy

[E. Hase, T. Minamikawa, T. Mizuno, K. Sato, Y. Nakajima, A. Asahara, K. Minoshima, Y. Mizutani, T. Iwata, H. Yamamoto and T. Yasui: Optica, 5 (2018) 634]

共焦点レーザー顕微鏡 (confocal laser microscope; CLM)¹⁾ は、共焦点効果による深さ分解能と迷光除去能力を持ち、三次元イメージングを可能にすることから、バイオイメージングや非接触表面形状測定分野で広く用いられている。最近では、従来 CLM で必須であった機械的なレーザー走査機構を不要とすることで、高速性・外乱ロバスト性が付与されたスキャンレス CLM^{2, 3)} の開発が進んでいる。しかしながら、これらの CLM は光強度の計測に基づいたイメージコントラストを用いて画像化しており、測定対象は反射・吸収・散乱・蛍光といった特性をもつ物質に限られる。

われわれはスキャンレス CLM の光源として光コムに着目し、これまで「光周波数の物差し」として用いられてきた光コムを「圧倒的多数の離散チャンネルを有する光強度と光位相のキャリア」と見なすことで、新しい概念に基づく CLM の開発を行った。図(a) に示すように、波長/空間変換によってイメージ画素情報を光コムの振幅・位相スペクトルにエンコードした後、共焦点ピンホールを通過した成分をデュアルコム分光法⁴⁾ によってデコードすれば、イメージ画素とコム・モードを一対一対応させることが可能となり、スキャンレスに共焦点イメージを取得できる。光コムを利用することによる最大のブレークスルーは、位相スペクトルから共焦点位相イメージが再構成で



(a) スキャンレス光コム顕微鏡の概念図. (b) NIH3T3 細胞の共焦点振幅および位相イメージング. 細胞のような透明物体の共焦点位相イメージでは、共焦点振幅イメージにおいてコントラストが得られなかった構造が可視化されている. (c) 共焦点位相イメージから三次元再構成した階段状テストチャートの測定結果. テストチャートがもつ、数百から数十ナノメートルの段差構造が可視化されている.

きる点である。これにより、スキャンレス CLM において、光位相に基づいた新たなイメージコントラストが付与されることになり、非蛍光透明物体や反射物体がもつ屈折率・光学的厚さ・幾何学的形状といった情報を高精度に可視化することが可能となる。構築した装置を用いて、細胞のイメージング (図(b)) や、階段状構造をもったテストチャートの三次元構造 (図(c)) の可視化に成功したことから、本手法は培養過程における生きた細胞の三次元イメージングや、半導体製造における三次元表面形状計測などへの応用が期待できる。

研究者

(*は本稿執筆者を示す)

長谷栄治^{*, 1, 2, 3)}, 南川丈夫^{2, 3)},
水野孝彦^{2, 3)}, 佐藤克也²⁾,
中嶋善晶^{3, 4)}, 浅原彰文^{3, 4)},
美濃島薫^{3, 4)}, 水谷康弘^{3, 5)},
岩田哲郎^{2, 3)}, 山本裕紹^{3, 6)},
安井武史^{2, 3)}

¹ 高輝度光科学研究センター

² 徳島大学

³ JST, ERATO

⁴ 電気通信大学

⁵ 大阪大学

⁶ 宇都宮大学

* hase@spring8.or.jp

文献

- 1) P. Davidovits *et al.*: Nature, **244** (1973) 366.
- 2) G. J. Tearney *et al.*: Opt. Lett., **27** (2002) 412.
- 3) K. Goda *et al.*: Nature, **458** (2009) 1145.
- 4) I. Coddington *et al.*: Optica, **3** (2016) 414.