

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 (8) ～共焦点/位相接続による深さダイナミックレンジの拡大～

Scan-less, Full-field, Confocal Microscopy Based on Dimensional Conversion in Optical Frequency Comb (8) ～ Extended dynamic range of depth by confocal-to-phase connection～

徳島大院¹, 徳島大 pLED², JST ERATO 美濃島 IOS³, 宇都宮大⁴

津田 卓哉^{1,3}, 〇水野 孝彦^{2,3*}, 長谷 栄治^{2,3}, 南川 丈夫¹⁻³, 山本 裕紹^{3,4}, 安井 武史¹⁻³

Grad. Sch. Tokushima Univ.¹, pLED, Tokushima Univ.², JST ERATO Minoshima ISO³,
Utsunomiya Univ.⁴

T. Tsuda^{1,3}, 〇T. Mizuno^{2,3*}, E. Hase^{2,3}, T. Minamikawa¹⁻³, H. Yamamoto^{3,4}, and T. Yasui¹⁻³

E-mail: mizuno.takahiko@tokushima-u.ac.jp <https://femto.me.tokushima-u.ac.jp/>

共焦点顕微鏡(CLM; confocal laser scanning microscope)[1]は、高コントラストな深さ分解画像が取得可能なため、非接触表面形状測定やバイオイメージングの分野で広く使われている。しかし、CLMは点計測に基づいているため、画像取得には共焦点ピンホールと共役な光学配置を維持しながら焦点位置を機械的に走査する必要がある。これにより環境外乱への脆弱性やモーションブラー等、画像取得の困難さを招いていた。このようなロバスト性を確保するために、我々はデュアル光コム分光と2次元スペクトルエンコーディング(2D-SE)を融合したデュアルコム共焦点顕微鏡[2,3]を提案している。これは光コムが有する膨大な数のコム・モード群を、独立した多数の画素情報キャリアとして用いるものである。2D-SEによって各モードを2D展開し、1モードと試料上の1点を1対1対応させることで、光コムの各モードに2Dイメージ情報を重畳する。重畳された2Dイメージは、デュアル光コム分光に基づいて各モードをスペクトル分解することで画像再構成でき、振幅画像と位相差画像として取得できる。このとき、2D-SEによって画像情報がスペクトル波形に重畳されるため、共焦点ピンホールを組み込むことですべての画素に一括して共焦点性を付与することができる。フレームレートはデュアル光コム分光の干渉波形取得速度に制限されており、1000 frame/s以上の高速イメージングが可能である。これまでの取組みでは、共軸位相基準と光増幅器を併用することで1560nmにおいて繰返し精度0.8 rad. (高さ精度99 nm)の良好な位相画像取得を達成している[3]。しかし、共焦点深度内において位相折り返しがあり、位相折り返し数決定の不確定性を残している。そのため、波長を超える位相測定は困難であった。今回、共焦点振幅プロファイルと同時に取得し、位相測定結果と共に参照することで、深さダイナミックレンジの拡大を図った。図1(a)に、概念を示す。測定した位相は位相折り返し数の不確定性を有するが、振幅プロファイルは単峰であるため、反射面位置を一意に決定できる。このとき反射面位置は振幅プロファイルのピーク付近で位相0となる位置と測定できる。図1(b)は、金ミラーをz軸走査により得られた1画素における振幅と位相の測定結果を示す。この場合、反射位置は0.48 μm と測定された。当日は、深さ測定方法の詳細をイメージング結果と共に示す。

本研究は、JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ (JPMJER1304), 科研費・基盤研究(A) 19H00871 および中谷医工計測技術振興財団の助成を受けて行われた。

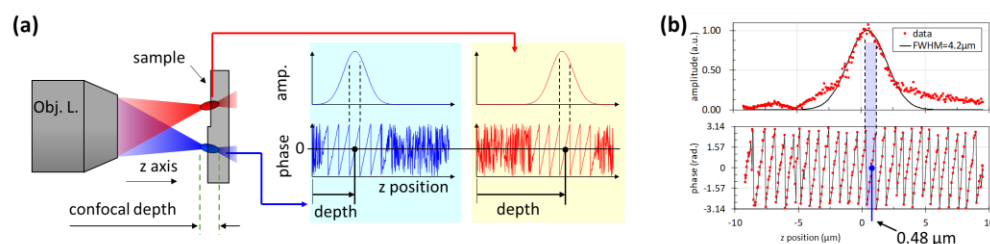


Fig. 1 (a) concept of wide-range z position measurement using amplitude and phase. (b) Experimental result of Au mirror.

【参考文献】 [1] C. J. Sheppard, "Confocal laser scanning microscopy" (BIOS Scientific Publishers, Oxford, 1997). [2] E. Hase, et. al., Optica 5,634-643 (2018). [3] 津田他, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 20a-E205-9 (2019).