

## ベクトル光束を用いた差引イメージングにおける 集光光束の最適化と高空間分解能化

### Optimization of Focused Beams and Enhancement of Spatial Resolution of Subtraction Imaging using Vector Beams

東北大多元研 ○吉田実生, 小澤祐市, 佐藤俊一

IMRAM, Tohoku Univ., ○Mio Yoshida, Yuichi Kozawa, Shunichi Sato

E-mail: mio.yoshida.p8@dc.tohoku.ac.jp

#### はじめに

通常の共焦点レーザー走査型顕微鏡 (CLSM) の空間分解能は, 光の回折効果により 200 nm 程度が限界とされている. この限界を超える超解像技術が近年精力的に開発されているが, 光学系の調整が複雑なことや画像の取得に長時間を要することなどから, より簡便で効果的なイメージング技術が求められている. 近年, スポット状の点像分布関数 (PSF) により得られた画像と, ドーナツ状 PSF により得られた画像の差引演算を行うことにより空間分解能を簡便に向上させる差引イメージング法が提案されている [1]. しかしながら本手法では, 差引に用いる 2 種類の PSF 形状の差異によって, 差引く割合を大きくすると負のサイドローブが発生し, 取得画像にアーティファクトが発生するなどの課題が残されている. 我々のグループは, 軸対称な偏光分布をもつベクトル光束 (径偏光および方位偏光光束) の集光特性に着目し, 両者の重ね合わせによって形成される台形状の強度プロファイルを有するフラットトップ状 PSF と, 多重リング状の強度分布を有する高次方位偏光 Laguerre-Gauss 光束 (AP-LG $p_l$  光束,  $p$  は次数) によるドーナツ状 PSF による差引を提案し, 負のサイドローブ発生を抑制しつつ空間分解能が大幅に向上することを示した [2, 3]. 今回は, 高い空間分解能の維持, 信号強度の向上およびサイドローブの発生抑制を目的として, 差引イメージングにおける最適な光束の組合せの検討を行った結果について報告する.

#### 実験結果

波長 488 nm のレーザー光を開口数 1.45 の油浸対物レンズで集光し, 共焦点ピンホールが 0.5 Airy unit の条件における差引イメージングのシミュレーションを行った. 中央に僅かな

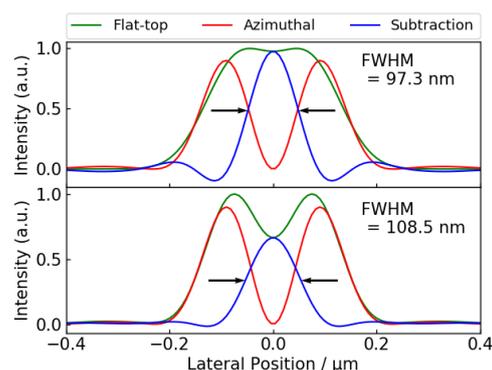


Fig 1: PSF profiles produced by the subtraction using (a) a modified flat-top PSF and an AP-LG $_{11}$  beam, and (b) a modified flat-top PSF and an AP-LG $_{21}$  beam.

窪みを形成したフラットトップ状 PSF(modified flat-top PSF) から二重リング状の高次方位偏光光束 (AP-LG $_{11}$ ) による PSF を差引いた場合, 得られる PSF のサイドローブ強度は中央のピーク強度に対して 10%程度となるが, PSF サイズは 97.3 nm(半値全幅)となった (Fig. 1(a)). またこの時のピーク強度は, 前回報告した手法 [3] と比べ, 約 1.6 倍に増大することが分かった. 一方, 二重リング状の高次径偏光および方位偏光光束の重ね合わせによるフラットトップ PSF から三重リング状の方位偏光光束 (AP-LG $_{21}$ ) を差引いた場合, PSF サイズは 108.5 nm となるが, サイドローブ強度が約 2.5%まで抑制された (Fig.1(b)). これらの詳細な特性および実際に CLSM にこれらの PSF を適用した結果については, 当日報告する.

#### 参考文献

- [1] H.Dehez et al., Opt. Express. 21, 15912 (2013).
- [2] S. Segawa, et al., Opt. Lett. 39, 3118 (2014).
- [3] 松永 他: 第 63 回応用物理学会春季学術講演会 19p-H116-1(2016)