

軸方向電場を用いた共焦点イメージングにおけるサイドローブの抑制

Reduction of Side-Lobes in Confocal Imaging using Longitudinal Component

東北大多元研 阪下 良太, °小澤 祐市, 佐藤 俊一

IMRAM, Tohoku Univ., Ryota Sakashita, °Yuichi Kozawa, Shunichi Sato

E-mail: kozawa@tagen.tohoku.ac.jp

はじめに：ビーム横断面において放射状の偏光分布を持つ径偏光ビームを強く集光すると、焦点付近に強い軸方向電場が発生する。また、集光する径偏光ビームが多重リング状の高次径偏光ビームの場合は、従来光よりも微小な集光スポットを形成することから、この特性を応用することで、レーザー走査型蛍光顕微鏡法において空間分解能の向上が可能である。一方で、非線形光学顕微鏡法や散乱光を検出する共焦点レーザー顕微鏡法などでは、その検出光強度は励起（照明）光の焦点での偏光方向に強く依存し、特に軸方向電場を照明光とすると、その偏光特性に起因して検出光強度の低下と結像特性の低下が指摘されている[1]。

これまで我々は、共焦点レーザー顕微鏡光学系において試料からの散乱光シグナルの空間的な偏光分布を制御すると、軸方向電場に起因した散乱光シグナルの検出効率が向上し、焦点における軸方向電場の分布を強く反映したイメージングが可能であることを報告した[2]。これにより、微小集光スポット特性を有する高次径偏光ビームを用いることで、微小散乱体の粒子像サイズは波長のほぼ 1/5 程度となり、極めて高い空間分解能を示した[3]。しかし、本手法では粒子像の周りにサイドローブが発生し、取得画像にアーティファクトが形成されることが課題であった。本講演では、粒子像のサイドローブを効果的に抑制するための光学系の改良を行い、イメージング結果の比較検討を行った結果を報告する。

実験および結果：波長 488 nm のレーザー光を走査ビームとして、微小散乱体(金粒子：公称粒径 100 nm)からの散乱光シグナルを検出するレーザー走査型顕微鏡系(NA=1.4、共焦点ピンホール径 0.4 AU)を構築した。空間位相変調器によりレーザー光に 6 重リング状強度分布を持つ高次径偏光ビームの位相分布を付加した。また、透過液晶型 12 分割波長板を対物レンズ直前に挿入することで、集光ビームは直線偏光から径偏光に変換され、さらに試料からの散乱光も同素子により偏光が変換される。この偏光変換作用により、軸方向電場に起因した散乱光シグナルの検出効率は横方向電場の場合に比べて向上する[2]。しかしながら、数値計算による検討結果から、このようにして得られる粒子像では、径偏光の焦点周囲に形成される横方向電場からのシグナルも僅かに検出され、これがサイドローブ形成の大きな要因となることがわかった。そこで、横方向電場によるサイドローブを抑制し、軸方向電場に起因したシグナルをより選択的に検出するために、直線偏光板を検出側に設置した。実際に取得した孤立金粒子の像について、検出器に直線偏光板を挿入しない場合と挿入した場合での強度プロファイルの変化を図 1 に示す。粒子像の周りに生ずるサイドローブは、直線偏光を挿入することで約 40%減少することがわかった。このときの粒子像の半値全幅は 93 nm と見積もられた。直線偏光板を挿入することによるサイドローブ抑制の原理と実験結果の考察については当日詳細に報告する。

文献：[1] W.T. Tang *et al.*, Opt. Lett. **34**, 2147 (2009). [2] 小澤,佐藤,第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 19p-C1-8, (2014). [3] 阪下,小澤,佐藤, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 14a-B9-8 (2016).

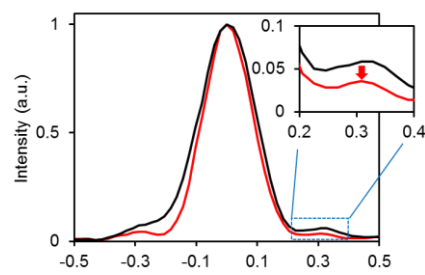


Fig. 1 Intensity profiles of the image of a gold particle with (red line) and without (black line) a linear polarizer.