

高次径偏光ビームのスーパーオシレーション集光

Super-Oscillatory Focusing of Higher-Order Radially Polarized Beams

東北大多元研 ○小澤 祐市, 松永 大地, 佐藤 俊一

IMRAM, Tohoku Univ., °Yuichi Kozawa, Daichi Matsunaga, and Shunichi Sato

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

はじめに：レーザー光の横断面において光軸を中心に半径方向に放射状の偏光分布を持つ径偏光ビームは、強く集光すると軸方向電場が効率的に発生する特異な集光特性を発現することが知られている。我々はこれまで、多重リング状の強度分布を持つ高次径偏光ビームを強く集光した場合、その集光スポットが直線・円偏光ビームよりも3割程度小さくなることを見出し[1]、レーザー顕微鏡に応用することで空間分解能を向上することに成功した[2]。今回、数値計算に基づいて高次径偏光ビームの集光特性をさらに詳細に検討した結果、レンズに入射する径偏光ビームのビーム径を制御すると、焦点中心に局所的に任意サイズの微小スポットを形成するスーパーオシレーション特性[3]が発現し、この特性を用いれば、さらに微小な集光スポットを形成可能であることが明らかになったので、その詳細を報告する。

計算結果および考察：高次径偏光 Laguerre-Gauss (RP-LG)ビームを開口数 1.4 (媒質の屈折率 $n = 1.52$)のレンズで集光すると仮定した。RP-LG ビームのビームサイズを特徴付けるガウスビーム半径 w とレンズの瞳半径 R の比として $\beta_0 = R/w$ を定義する[1]。6重リング状強度分布を有する RP-LG₅₁ ビームの強い集光では、 $\beta_0 = 3.67$ の時、焦点には最も強く軸方向電場が発生し、集光スポットサイズの半値全幅は 0.49λ (ただし $\lambda = \lambda_0 / n$, λ_0 は真空中での波長)となる。 β_0 の値をこの条件から小さくすると、集光スポットの光軸上での強度が弱くなり、相対的に周囲に強いサイドローブを形成することがわかった。一例として図 1(a)に $\beta_0 = 3.05$ の場合の焦点での強度分布を示す。

この時に形成される中心スポットのサイズは 0.36λ となり、同条件で円偏光ガウスビームを集光した場合[図 1(b)]のスポットサイズである 0.66λ に比べて約 45%小さくなることわかった[図 1(c)]。スーパーオシレーション現象は強いサイドローブを伴いながら局所的に微小なスポットを形成することを特徴としており[3]、RP-LG ビームの集光においてもこのスーパーオシレーションが生じていることを示唆している。共焦点レーザー顕微鏡では、共焦点ピンホールによりサイドローブの効果を抑制できるため[2]、この極めて微小な集光スポットを共焦点レーザー顕微鏡に応用すれば、さらなる高分解能化が期待される。

参考文献：

- 1) Y. Kozawa and S. Sato, J. Opt. Soc. Am. A **24**, 1793 (2007).
- 2) Y. Kozawa *et al.*, Opt. Express **19**, 15947 (2011).
- 3) E. T. F. Rogers *et al.*, J. Opt. **15**, 094008 (2013).

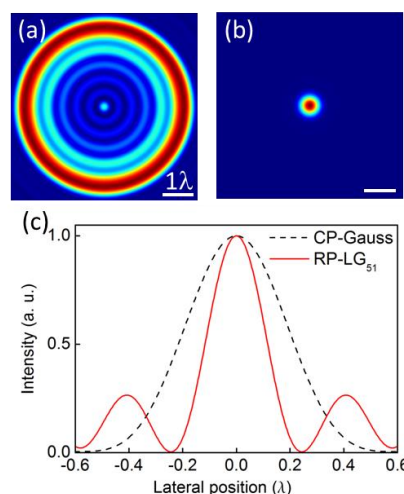


Fig. 1 Calculated intensity distributions at the focus of (a) an RP-LG₅₁ beam and (b) a circularly polarized (CP) Gaussian beam under the super-oscillation condition. The normalized intensity profiles of the center focal spots for (a) and (b) are shown in (c).