

新しい光ビームで顕微鏡分解能の限界を破る

東北大学多元物質科学研究所 佐藤俊一

光学顕微鏡の空間分解能は、いわゆる回折限界によって制限されている。結像型の顕微鏡における分解能に対して、1874年に Abbe によって $0.5\lambda/NA$ (λ : 光の波長、NA: レンズの開口数) という式が導かれた。これは光に限らず、電子などの物質波においても有効である。一方、光の小さなスポットを走査することによって像を得る走査型顕微鏡においては、スポット径が分解能に大きく影響する。平面波を円形レンズで集光するといわゆる Airy disk が形成され、そのスポット径は $0.51\lambda/NA$ となり、上記の Abbe の式とほぼ一致する。よって、顕微鏡の分解能は、一般に波長のほぼ半分であるとされている。

ところが、光の回折限界による最小スポット径は、入射する光の偏光、位相、強度の空間分布に大きく依存し、 $0.5\lambda/NA$ よりもさらに小さな光スポットを形成できることが、最近のベクトルビームの研究によって明らかにされている。本講演では、光ビームの偏光、位相、強度分布を自在に駆使したベクトルビームによって形成される微小スポットの特徴、特に、高次径偏光ビームや、中空ビームを併用した差引法、さらにはスーパーオシレーションによる極微小スポット形成と、これらの超解像顕微鏡への応用例について紹介する。

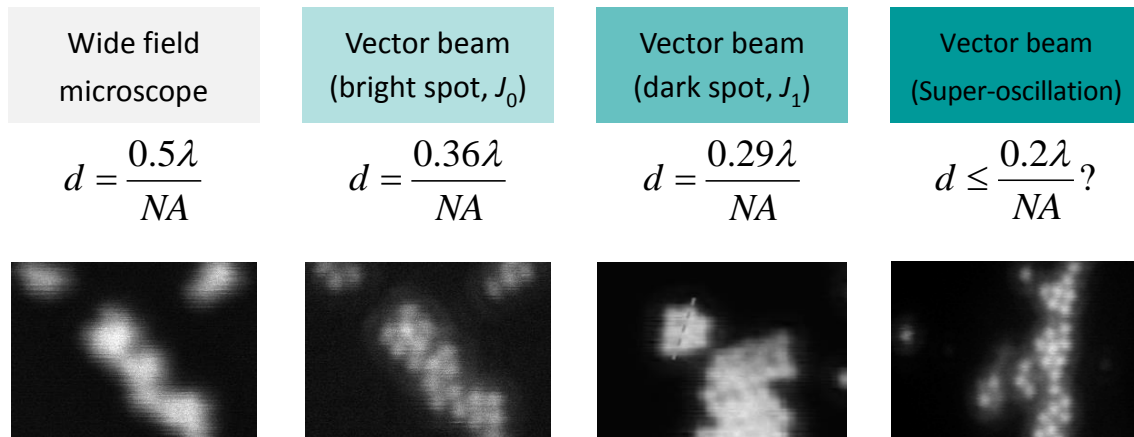


図1 さまざまなベクトルビームによって形成される微小スポットの径と、それらを用いて得られた直径 170nm の凝集した蛍光ビーズの像。右に行くに従って、スポット径が小さくなる。スーパーオシレーションではひとつひとつの蛍光ビーズが鮮明に見える。