体積リマッピング顕微鏡法による高速 3D イメージング

High-speed 3D imaging using voxel re-mapping microscopy

東大理，°三上 秀治，佐藤 研，豊島 有，飯野 雄一，合田 圭介
School of Sci., Univ. of Tokyo
°Hideharu Mikami, Ken Sato, Yu Toyoshima, Yuichi Iino, and Keisuke Goda
E-mail: mikami@chem.s.u-tokyo.ac.jp

ライトシート顕微鏡は 3 次元蛍光撮像の手法のひとつであり、生体試料の構造全体を捉える方法として生命科学において広く用いられている。しかし本手法は多量の 3 次元データを取得するために撮像速度が制限され、特に生体の高速なダイナミクスを観察するのは困難であった。我々はライトシート顕微鏡法よりも 10 倍以上の高速化が可能な体積リマッピング顕微鏡法を提案・実証する。本方法では、CMOS カメラの単一フレームの読み出し時に、異なる深度位置における複数の 2D 画像を同時に取得することで、ボリュームレートの大幅な向上が可能となる[図 1(a)]。具体的には、深度位置の走査時に、イメージセンサー上の光学像をガルバノスキャナー等で同時に走査し、複数の 2D 画像を読み出しライン方向に配置させる。ここで、読み出しライン方向のピクセルをすべて使用し、読み出しラインと垂直な方向のデータ取得領域を必要最小限に抑えることで、最も効率的なデータ読み出しが可能となる。例えば、一般的な sCMOS カメラ（例えば HAMAMATSU ORCA-Flash 4.0）を想定すると、およそ 200×200×10 ボクセルで 1,000 ボリューム/秒の世界最高速のボリュームレートを達成可能である。さらに、複数のフレームを使用した 3D 画像の取得も可能である。このとき、各フレームには、深度方向にわずかにシフトした位置にある複数の 2D 画像が含まれるようにする。この画像取得シーケンスにより、カメラの読み出し速度によって決定される最大ボリュームレートを維持しながら、3 次元方向のボクセル数を柔軟に調整可能となる。提案方式の原理検証として、Yellow Cameleon 2.60 を発現した線虫(*Caenorhabditis elegans*)の神経の 3D 画像を 60 ボリューム/秒で取得し、本方式の適用によりボリュームレートが約 10 倍に向上されることを実証した[図 1(b)]。

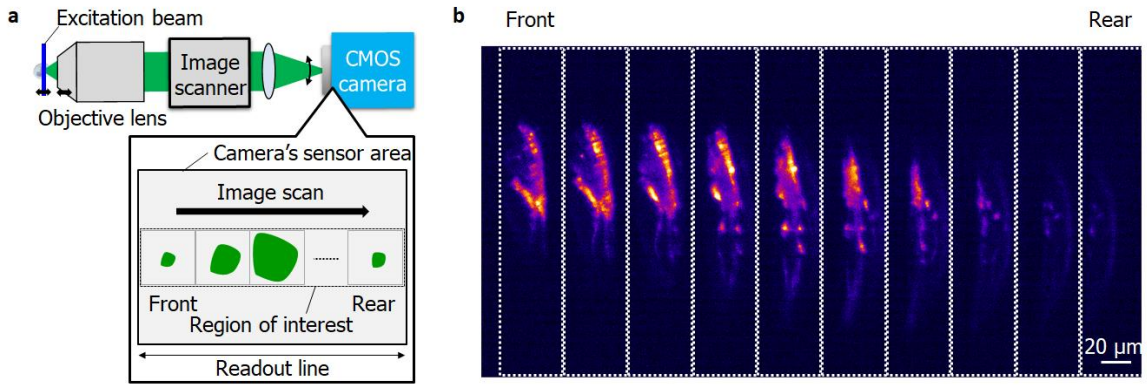

Fig. 1 Voxel re-mapping microscopy. (a) Principles. (b) Volumetric image of neurons of *Caenorhabditis elegans* that express Yellow Cameleon 2.60.

© 2020年 応用物理学会