
EDF-RIM：扩展景深随机照明显微镜，实现超分辨率投影成像

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31901.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

EDF-RIM：扩展景深随机照明显微镜，实现超分辨率投影成像。 研究背景

荧光成像是一种利用荧光标记技术来观察和分析生物样本的技术，在生物医学研究和临床诊断中具有重要意义。荧光显微镜是荧光成像过程中不可或缺的工具，并不断向着对更大体积生物样本的高分辨率成像发展。

但是，同时提高时空分辨率和实现对更大体积三维（3D）样本成像面临两个主要挑战：首先，光学相差的存在会影响大视场的分辨率；其次，对大体积样本成像需连续获取多个平面，导致成像速度很慢。

随机照明显微镜（Random Illumination Microscope，简称RIM）的优点之一在于其对光学像差的不敏感性，能够实现比标准显微镜高约两倍的横向分辨率，同时在轴向上也提供了较强的层析能力。RIM能够在保持高时空分辨率的同时，对更厚的样本进行成像。

扩展景深（Extended Depth of Field，简称EDF）成像技术可以在沿光轴方向压缩信息但不损害图像解释的情况下，通过光学投影加快对大体积样本的成像速度。为实现更大样品的高分辨率成像提供了一种潜在的解决方案。

近日，艾克斯 - 马赛大学Loïc LeGoff教授的研究团队在此领域取得突破性进展，团队将超分辨率的随机照明显微镜（RIM）与快速成像的扩展景深（EDF）技术相结合，开发了EDF-RIM技术，实现了对更大体积三维（3D）样本的高时空分辨率成像。该技术有效地去除了EDF成像中存在的背景噪声，将反卷积EDF宽场显微镜的分辨率提高了1.7倍。此外，团队还通过对组织样本的拓扑结构的多次成像来补偿EDF中轴向丢失的信息。

该工作以Extended-depth of field random illumination microscopy, EDF-RIM, provides super-resolved projective imaging为题，发表在国际光学顶尖期刊《Light: Science Applications》。

创新研究

研究团队将随机照明显微镜（RIM）与扩展景深（EDF）技术相结合，开发了一种EDF-RIM系统（如图1）。在该系统当中，团队采用散斑照明方式，并结合点扩散函数（PSF），使用可变形聚合物的电调透镜（ETL）快速扫描成像平面，进行成像检测。

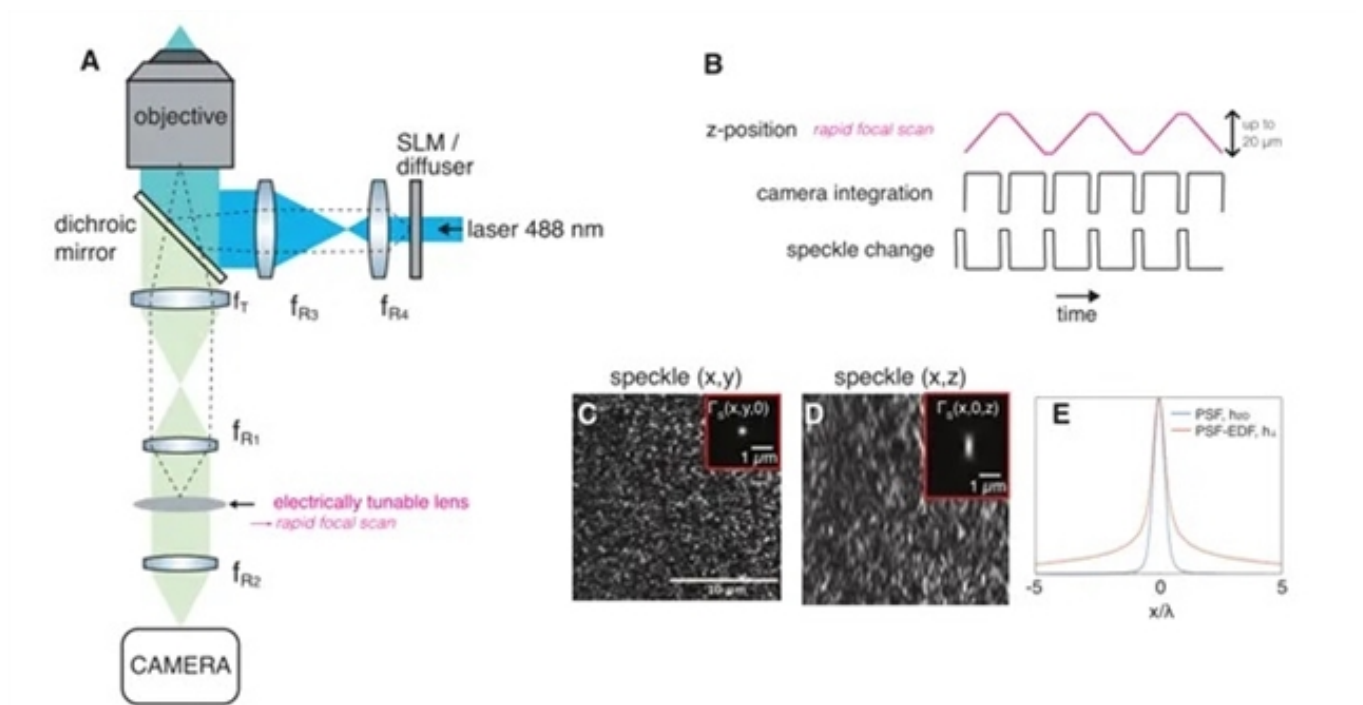


图1. EDF-RIM系统

在进行生物组织成像的应用中，团队首先对约5 μm 厚的人工培养的肌动蛋白细胞骨架（Phalloidin-alexa488）进行荧光成像（如图2），比较了在相同视场和相同光子预算下，EDF-RIM、标准EDF-宽视场和Wiener反卷积的EDF-宽视场的成像结果。结果表明，在成像的对比度和分辨率方面，EDF-RIM、Wiener反卷积的EDF-宽视场，均优于标准EDF-宽视场成像；且EDF-RIM明显优于反卷积方案，分辨率提高了近1.7倍。

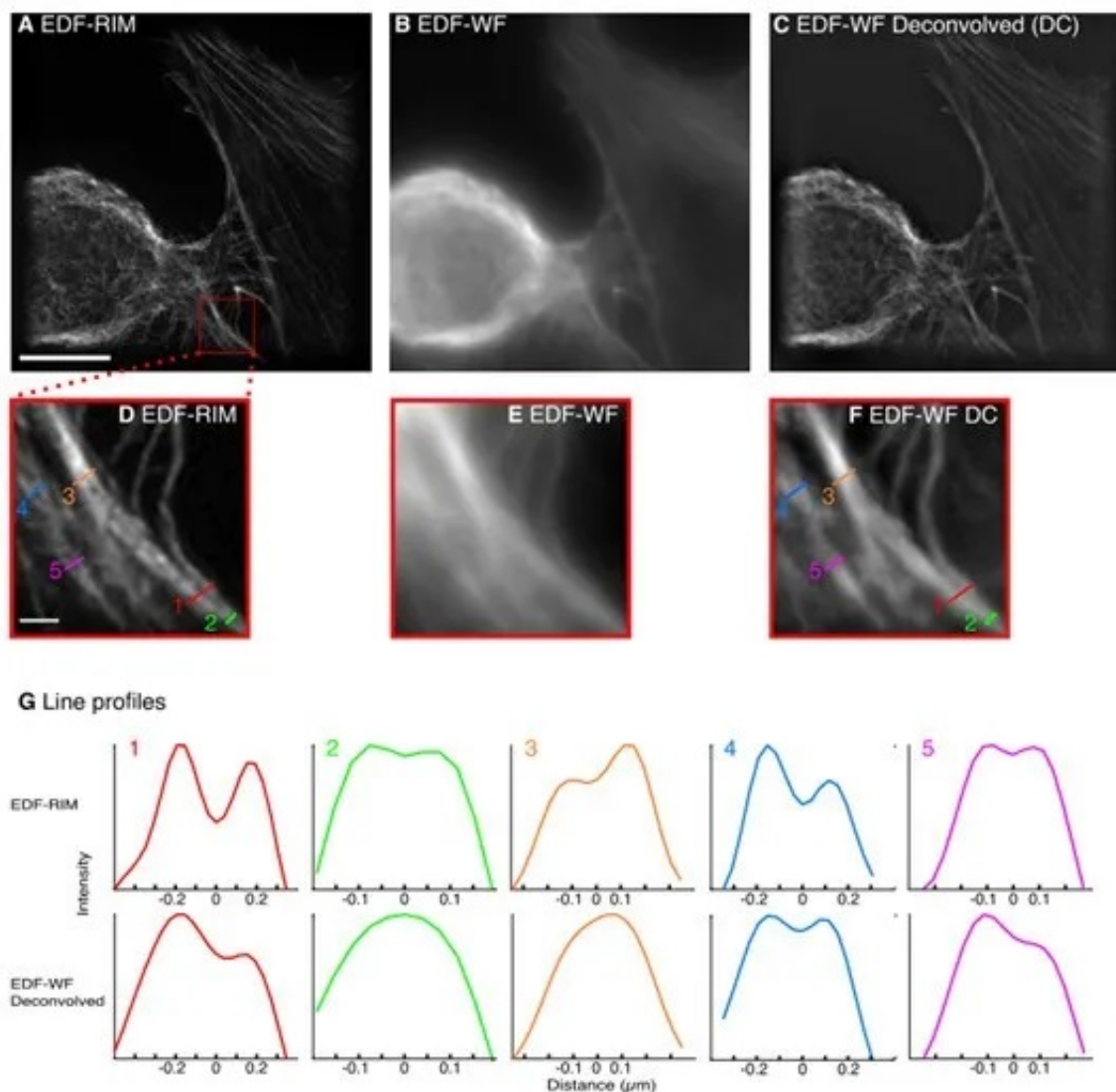


图2. EDF-RIM与EDF-Widefield的比较

此外，研究团队进一步将EDF-RIM与2D-RIM进行比较，进一步评估了EDF-RIM在组织成像中的有效性（如图3）。团队使用近6 μm 厚度的小鼠肠道上皮细胞进行成像，EDF-RIM的分辨率与2D-RIM相当。EDF-RIM沿光轴进行投影，仅单次成像便可直接捕获约6 μm 深的结构（图3A），而传统2D-RIM中捕获相同的结构需要对14个不同深度平面进行成像。这意味着EDF-RIM相比于2D-RIM，在光剂量和采集时间方面均减少了14倍，将时间分辨率提高了10倍以上。

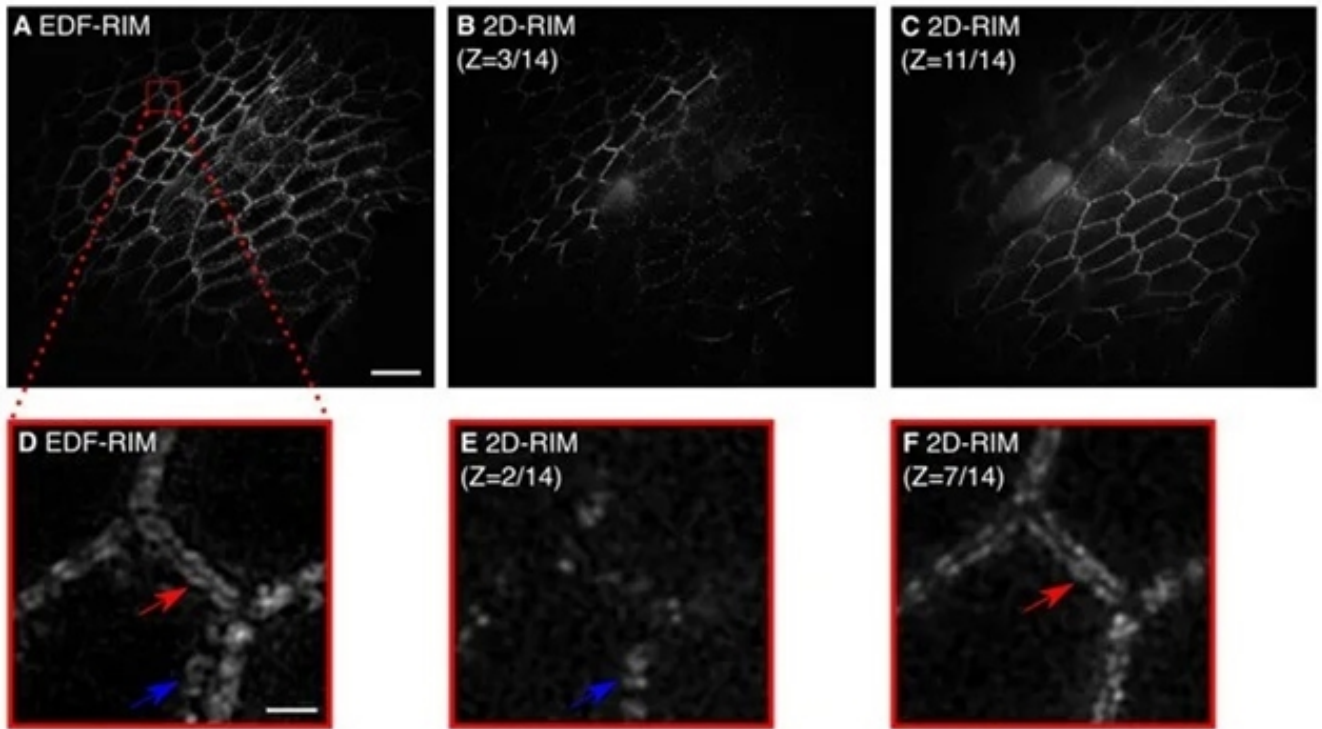


图3. EDF-RIM与2D-RIM的比较

在EDF成像中，与生物组织拓扑结构有关的信息会有一定程度的丢失。为解决此问题，团队使用散斑照明方式对样品体积进行多平面扫描，用来提取其拓扑结构数据，并进行表面重建，最终将EDF-RIM超分辨率图像投影到该拓扑结构上，最终获得荧光信号的3D渲染。图4E、F分别为小鸡的神经管和小鼠肠上皮细胞最终的渲染结果。

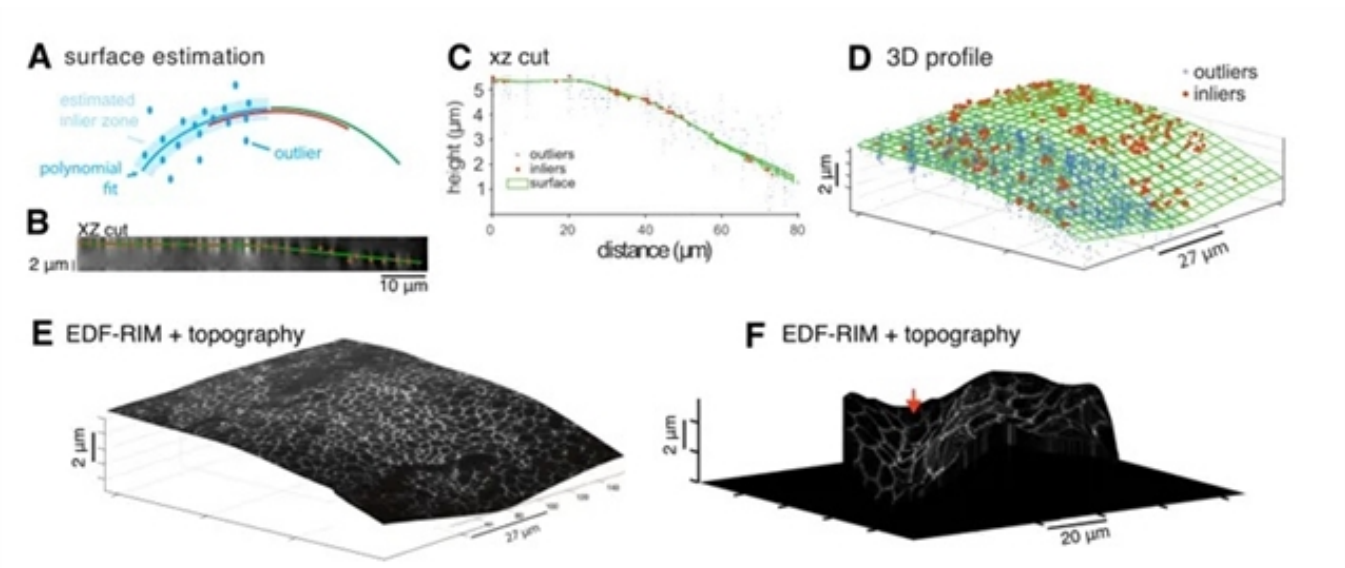


图4. EDF-RIM及拓扑结构重建结果

总结展望

研究团队通过结合随机照明显微镜（RIM）超分辨率技术与扩展景深（EDF）投影快速成像技术，并使用散斑照明获取3D结构，开发了一种高时空分辨率的宽视场显微镜系统。

未来，该显微系统中的照明系统可以采用高空间频率的贝塞尔光束进行改进，实现真正的z方向上不变的照明，尤其在处理非表面分布的样本时，能够进一步改善图像的反演过程，提高空间分辨率。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-024-01612-0>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：Loïc LeGoff 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发