南京天光所超衍射极限成像研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/15924.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！

传统光学成像系统的空间/角分辨率受限于阿贝-瑞利衍射极限，而在此限制下，一般通过增大成像系统数值孔径或有效口径来提高空间/角分辨率。然而，成像发展到现阶段，增大数值孔径或有效口径在实现成本及难度上均已是挑战。而超分辨成像技术为获得超衍射极限成像提供了可能。

近日，中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所研究员何晋平团队在超衍射极限成像技术研究方面取得新进展。该团队基于外接孔径调制子系统及深度学习方法，以原光学成像系统的实像面作为输入，不改变原有系统结构，调节位于孔径光阑平面的电动可变光阑，快速采集训练所需的低分辨率（low-resolution，LR）到高分辨率（high-resolution，HR）图像对，并以训练好的深度学习网络将HR图像作为输入，快速外推出超出衍射极限的超分辨率（super-resolution，SR）图像。相关研究结果发表在*Optics Express*上，并申请国家发明专利。至此，该团队基于孔径调制已提出三种新型超分辨成像方法：“孔径调制 + 光强外推”【*Sci. Rep.* 8, 15216(2018)】、“孔径调制 + 图像迭代重构”【*J. Opt.* 23, 015701(2021)】及本工作方法“孔径调制 + 深度学习”。

该方法无须更改原有成像系统结构，只需添加一个可变光阑或孔径调制子系统即可实现调制功能，结构简单且紧凑，造价低。在数据训练方面，相对于常用的“端对端”训练策略，增加一个“标签数据”可以进一步提高深度学习网络的分辨率增强能力和图像保真度。相比迭代式最优化SR算法，基于深度学习的SR方法可以提供训练好的非迭代式重建工具，从而实现快速的分辨率增强，且无须估计点扩散函数（PSF）或对成像过程进行数值建模。

为验证该方法在复杂物体成像方面的能力，研究团队与南京林业大学、上海交通大学合作，开展了生物样品SR成像方面的实验研究工作。图3给出了对玉米种子切片成像的对比结果。与衍射受限的HR输入相比，dpcCARTs-NET的外推SR输出在分辨率和对比度方面均有明显提高，且使用3孔径调制策略训练的dpcCARTs-NET的SR性能优于2孔径调制策略，分辨率增强能力接近1.5倍。外推SR图像提供了更清晰的生物结构信息，有助于进一步剖析样品的生物学信息，如评估淀粉含量。

当前，该团队正在将相关方法应用于大视场天文成像中，有望以较低代价实现超高分辨天文成像，并为将来开展智能天文仪器设计和智能天文数据处理算法研究提供参考。研究工作得到国家自然科学基金青年科学项目、面上项目及重点项目的资助。

图2.稀疏点源目标的超衍射极限成像结果对比。（a）衍射极限下的HR图像、（b）3倍理论SR图像、（c）2孔径训练策略SR外推结果、（d）3孔径训练策略SR外推结果、（e）和（f）为相应的2.2倍和2.7倍SR时的横截线对比图。0.735为Rayleigh criterion下归一化鞍点强度

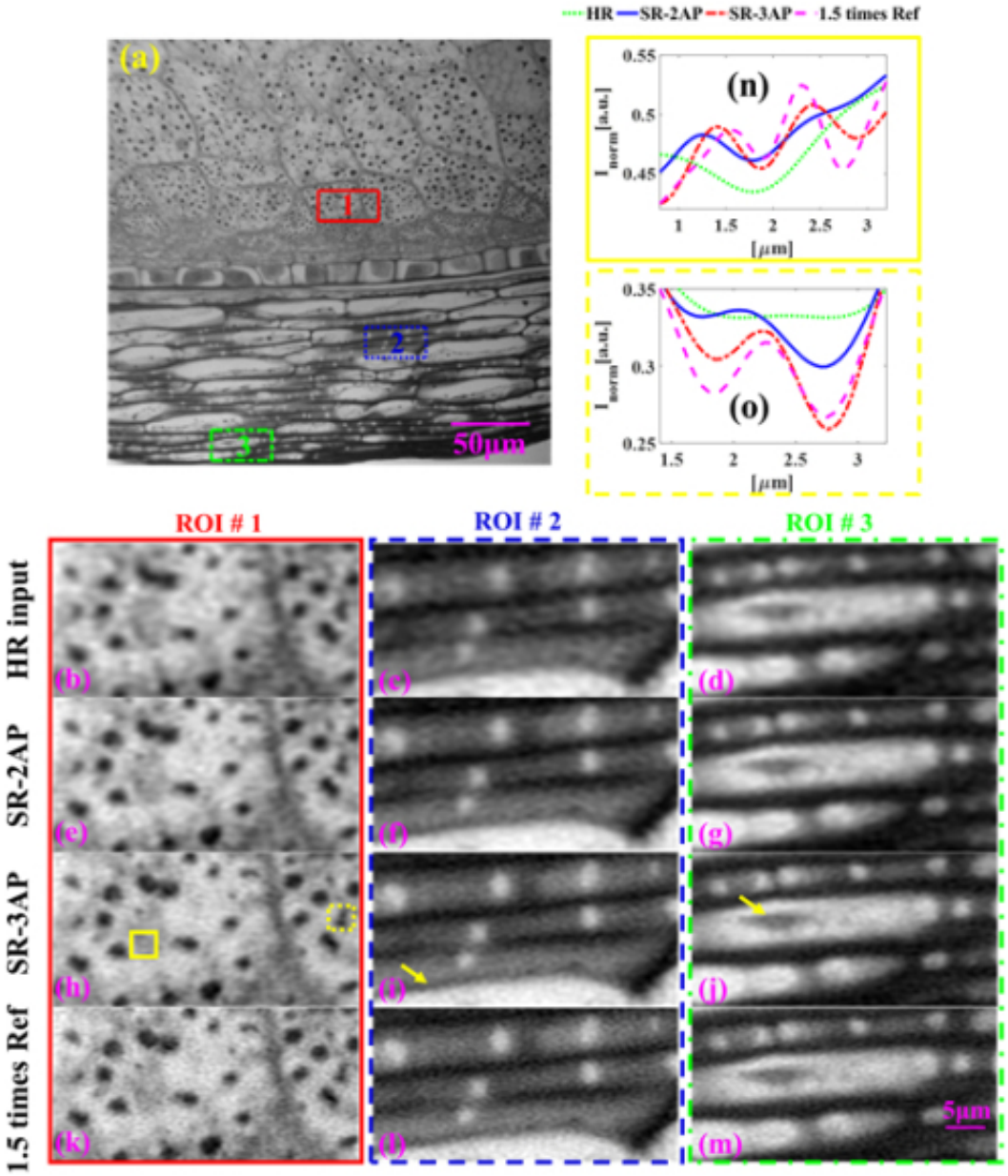

图3.对玉米种子切片成像的对比结果。（a）3孔径训练策略SR外推结果、（b）-（m）不同ROI（range of interest）的成像效果放大对比图。（n）和（o）为两个特征白点和黑点的横截线对比图。（i）和（j）中的黄色箭头指向一些原本模糊的间隙和形状，这些间隙和形状通过训练好的dpcCARTs-NET变得更清晰

研究团队单位：国家天文台南京天文光学技术研究所

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转发