

「虎藤鏡」、 “究極の対物レンズ” が実現

東京工業大学は、高い開口数でありながらすべての収差を補正した対物鏡「虎藤鏡＝TORA-FUJI mirror」の設計に成功した。虎藤鏡では、一つ前の世代の対物鏡で達成した1.耐環境性能、2.高開口数、3.完全な色消しを維持しながら、新たに4.全ての単色収差に対する補正を加えることにより、5.広視野を確保し、究極の性能が実現している。虎藤鏡の製作は難航していたが、試作と再設計を繰り返すことで完成に近づいている。

同研究グループは2017年、クライオ蛍光顕微鏡を開発し、色素1分子の三次元位置を1nmの精度で決定することに成功した。この顕微鏡の視野は数ミクロンと細胞のサイズよりも1桁小さいため、生体系への応用が困難であった。そこで、当時修士課程学生だった虎谷泰靖が新しい対物鏡の設計に取り組んだ。その結果、優れた光学性能を維持したまま、視野を面積比で600倍に広げることで、生物系の観察に適した「虎藤鏡」の設計に成功した。この成功の鍵は、対物レンズの設計では非主流の反射光学系を用いたことによる。

研究成果は2019年7月15日に米国物理学協会誌「Applied Physics Letters」のオンライン速報版で公開された。

図1は歴代のクライオ対物鏡の写真である。初代のクライオ対物鏡（キム鏡、2005年）から数えて、虎藤鏡は九代目になる。ここまで14年かかった。

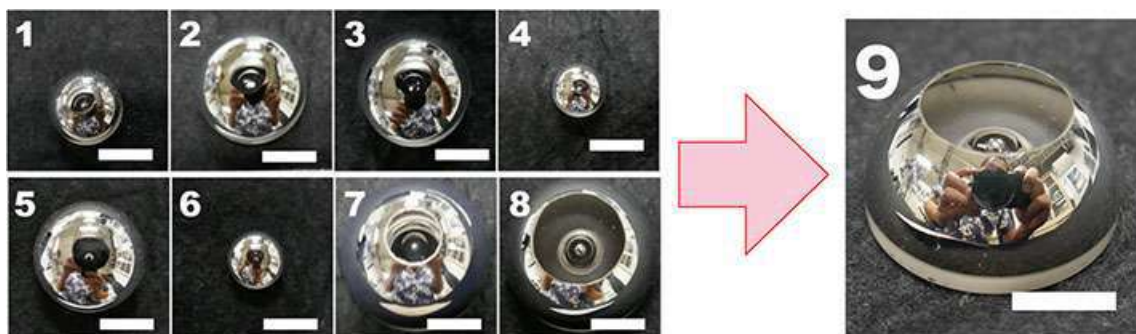


図1 歴代のクライオ対物鏡の写真。左上の数字が世代数を表している。それぞれのクライオ対物鏡は、開発した学生、研究者の名前から1.キム鏡、2.藤原キム鏡Ⅰ、3.藤原キム鏡Ⅱ、4.藤原鏡、5.藤原蛍石鏡Ⅰ、6.藤原蛍石鏡Ⅱ、7.藤原非球面鏡、8.稲川鏡、9.虎藤鏡と呼ばれる。スケールバーは15mm。

虎藤鏡の光学配置を図2に示す。虎藤鏡は球面鏡と非球面鏡からなる反射型の対物レンズ

である。球面鏡と非球面鏡を1個の石英ガラスの表面にアルミをコートすることで一体成形しているため、1.優れた耐環境性能（極低温から室温までの広い温度領域および強磁場での使用）と2.完全な色消し性能を実現している。さらに、非球面鏡を用いることで設計の幅が広がり、3.高開口数を維持しながら、4.全ての単色収差を補正し、5.広視野を確保している。

一世代前の稲川鏡では4と5が課題として残っていた。同研究グループは設計を一からやり直し、1~5までのすべての要件を満たす虎藤鏡の設計に成功した。虎藤鏡は非球面と球面を用いた複雑な構造であるのに加えて研磨公差が厳しく、製作は難航していたが、試作と再設計を繰り返すことで完成に近づいている。

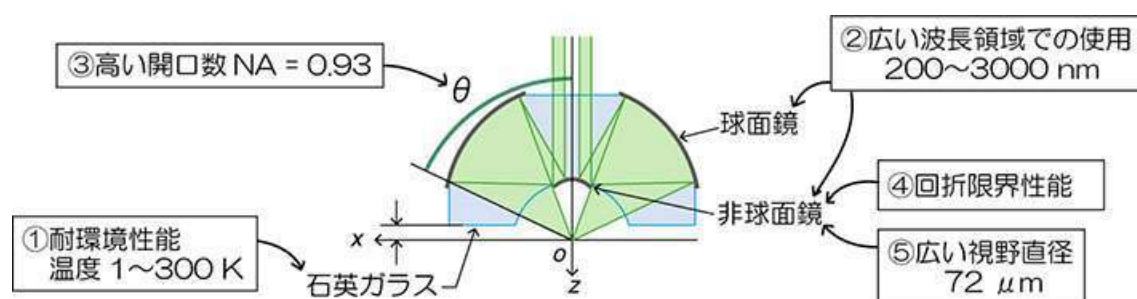


図 2. 虎藤鏡の光学配置と 5 つの特長

近い将来、この虎藤鏡によって、前人未踏の生命現象の分子レベル可視化が実現すると考えている。ここから得られるナノレベル空間情報は、これまで人類が蓄積してきた膨大な生命科学の情報をつなげる役割をされると考えられる。そこから、生物に対する理解が一気に進み、多くの生命の謎が解けてくるはずである。

日文新聞发布全文 <https://www.titech.ac.jp/news/2019/044648.html> )

文：JST 客观日本编辑部翻译整理