

細胞内空間階層構造のコヒーレントイメージング

中迫雅由

慶應義塾大学理工学部物理、理化学研究所播磨研究所基盤研究部

Imaging of hierarchical structures in cells by utilizing coherent X-rays

Masayoshi Nakasako

Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Keio University

RIKEN, Harima Institute, Advanced Photon Technology Division

<Synopsis>

X-ray free electron laser will provide a novel tool for the structural studies of non-crystalline biological particles. The completely coherent and highly brilliant XFEL beam may enable to record scattering patterns at high spatial resolution better than the Nyquist frequencies of the samples. The utilization of phase-retrieval algorithm can provide the electron density distribution within samples. Toward the utilization of XFEL in biological field, we are developing an apparatus specified for micro to sub-micrometer samples.

近年、蛍光蛋白質などの利用で、特定生体分子の細胞内動態を光学顕微鏡観察することが可能となっている。また、放射光X線を用いて、高度に純化可能な蛋白質の姿を、特殊な結晶環境下ではあるものの、高い解像度で可視化できるようになっている。しかし、生物細胞には、まだまだ人類が踏み込めていない未知の階層構造が多数存在している。生命の営みを、物理や化学の言葉で深く理解するためには、個々の生体分子に注目しながらも、細胞や構造体全体を見通すような実験研究が必要とされている。ミクロンからサブミクロンの細胞内構造体をナノメートルの解像度で明らかにできれば、次世代生物学に大きな発展をもたらすだけでなく、将来のナノテクノロジーの模範を多数見出すことが期待される。

このような背景下、X線自由電子レーザー(XFEL)のバイオサイエンス分野利用では、百ナノメートル程度の巨大超分子複合体やミクロンサイズの細胞内小器官や細胞のように、結晶化が絶望的または原理的に不可能な生体非晶物体の立体構造を、ナノメートル分解能で可視化する生体単粒子立体構造解析に大きな期待が寄せられているところである。この解析では、入射X線に対して様々な配向にある生体非晶粒子の三次元スペックル散乱パターンを網羅的に収集し、オーバーサンプリング法と位相回復アルゴリズムを用いて像回復するものとされている。

我々は、XFELを用いた生体単粒子立体構造解析実験を現実のものとするため、生体粒子を操作してXFEL照射野に効率的に導入することを可能とする生体単粒子解析用クライオ試料固定照射装置の開発を行っている。本装置は、これまでに広く利用されてきた電子顕微鏡による構造観察での試料作製技術や操作技術を広く取り入れており、生体試料のみならず、原理的に結晶化が困難なナノ材料の構造研究にも応用が可能である。また、生体試料の高干渉性X線イメージング実験や、実機測定を想定したシミュレーションを実施し、XFEL完成とともに迅速な実験と解析が可能ないように準備を整えているところである。