

X線タイコグラフィによる 三次元微細構造イメージング

東北大学 国際放射光イノベーション・スマート研究センター
高橋幸生

1. はじめに

X線は高い透過力を有することから、物体の内部を可視化するプローブとして広く用いられている。例えば、空港における手荷物検査や健康診断における胸部X線写真のように投影像から物体の内部を二次元的に透かして見たり、計算機断層撮影（Computer Tomography: CT）を組み合わせたX線CTにより三次元的に可視化する。また、X線はオンストロームオーダーの波長を有する電磁波であることから、レーリーの基準からも分かるように、原理的に、X線波長程度の高い空間分解能を有する顕微鏡を構築できる。しかしながら、X線領域では開口数の大きなレンズを作製することが技術的に難しく、顕微鏡の空間分解能が大きく制限されている。本稿で述べるX線タイコグラフィは、X線顕微鏡におけるレンズ作製の問題を回避して、空間分解能を飛躍的に向上させるコヒーレントX線回折イメージング（Coherent X-ray Diffractive Imaging: CXDI）の一手法である。CXDIは、コヒーレントX線を試料に照射した際に観測される回折強度パターンに計算機上で位相回復計算を実行することで試料像を再構成する。1999年にMiaoら¹⁾がCXDIの実証実験に成功して以来、その計測・解析技術は飛躍的に進展し、物質科学・生命科学分野をはじめとする様々な分野への応用研究が多数報告されている。Miaoら¹⁾が実証した手法は、現在、平面波照明に基づくCXDIとして分類される。X線タイコグラフィ（正確には、位相回復計算に基づくX線タイコグラフィ）は、2007年にRodenburgら²⁾によって実証された。X線タイコグラフィは平面波照明CXDIでは観察の難しい“拡がった試料”の観察が可能であることから、様々な実試料観察への展開が比較的容易である。本稿では、X線タイコグラフィの原理について述べた後、X線タイコグラフィによる三次元イメージングの技術的な進展とその応用研究について紹介する。

2. X線タイコグラフィの原理

図1にX線タイコグラフィの概念図を示す。X線タイコグラフィでは、照明領域が重複する走査間隔で試料を二次元走査し、走査点毎に取得した回折強度パターンのデータセットに対して反復的位相

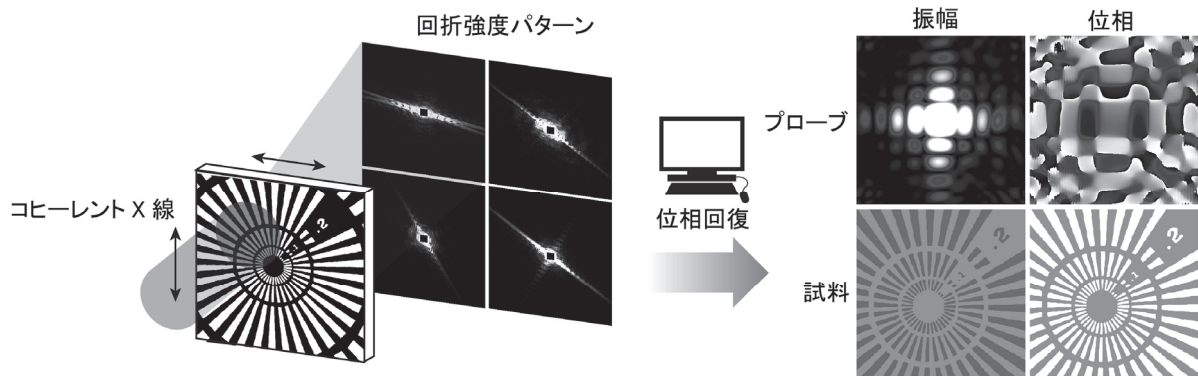


図1 X線タイコグラフィの概念図