

審査の結果の要旨

氏名 VERTU STANISLAS GUILLAUME

近年のバイオ医療科学での必要性により、空間解像度及び3次元画像の再構成精度の向上を目的として、顕微鏡技術が急速に発展している。3次元イメージング分野では、低コントラストの透明生体試料を染色せずにイメージングすることが課題となる中、位相物体の正確な3次元イメージングが可能な方法として、回折トモグラフィー顕微鏡法が近年注目されている。回折マイクロトモグラフィーは、他の顕微鏡技術と比べて、3次元空間周波数領域をマッピングすることによって、試料の複素屈折率の3次元分布を計測することができる利点を有する。最近の研究で、試料への照射方向を変化させることによって周波数マッピングが実現されているが、計測される周波数に強い異方性を生じ、光軸に沿った情報が失われる問題点が指摘されている。この異方性によって、試料の効率的な3次元再構成が難しくなる。

Stanislas Vertuは試料を光軸に対して垂直方向に回転させて、周波数マッピングを行うことを提案した。試料を回転させた回折マイクロトモグラフィーによって屈折率を再構成したのは、本研究が初めてである。この方法によって、試料の周波数マッピングは凡そ等方的になることが確認されたが、今度は回転軸付近の情報が失われることが観察された。そこで、異なる構造や大きさの物体を用いたシミュレーションを行うことで、試料の再構成に対して、失われた情報が及ぼす影響を定量的に評価した。その結果、主な効果として、回転軸に垂直の対象表面がぼやけ、物体が10ミクロンより小さい場合は、再構成されたイメージに変形が生じることが明らかになった。また、生体細胞を模擬した膜状の物体に関しては、膜が回転軸方向に僅かに伸びる効果が観察された。照射を変化させる方法に比べて、試料を回転する方法の方が優れた3次元等方性が得られることがわかった。

上述の理論解析結果に基づいて、試料回転が可能なトモグラフィー顕微鏡をデザインし、製作した。また、明視野透過型顕微鏡を改良し、像面に記録する位相シフトホログラムを発生させるMach-Zehnder干渉計を構築した。これらを用いて、周波数空間の曲率を考慮して計測した空間周波数を投影し、逆フーリエ変換を行うことによって、半透明物体の複素屈折率分布を再構成した。大きさ10ミクロン程度の花粉粒子とガラス玉に関して計測を行ったところ、凡そ等方的な解像度の3次元再構成に成功し、照射方向を変化させる方法と比較して、大幅な改善が認められた。

Stanislas Vertuは主要な国際学会で4回発表し、2編の学会プロシーディングスを発表している。また、査読付き雑誌に論文を一編投稿済みである。

以上のことから、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。