

論文審査の結果の要旨

氏名 オルビナド マージ パレラ

本論文は、近年高感度 X 線撮像技術として注目されている X 線位相イメージング法において、従来では静的撮影を主としていた利用形態から脱却し、動的撮影を可能とする技術へと高度化することを目的として、ストロボ撮影技術を X 線位相イメージング法に導入・融合させ、周期的な動きを持つ被写体について高い時間分解能を有する高感度撮影を世界で初めて可能とした成果を述べたものであり、全 6 章で構成される。

第 1 章では、X 線位相イメージングに関する現状を簡略に述べ、これまで静的な対象への適用が多かった当該技術を動的な対象へと拡張させる本研究の動機と目的について説明している。

第 2 章では、まず X 線イメージングにおける吸収コントラストおよび位相コントラストの起源について述べている。次に、イメージング実験に使われる X 線源および X 線画像検出器について、実際に研究において使用したものを中心に解説している。

第 3 章では、X 線位相イメージング技術について、従来の方法、すなわち①伝播に伴うフレネル回折に基づく輪郭強調効果を利用する方法、②アナライザ結晶による X 線の屈折を選別する方法、③結晶を使った X 線干渉計を用いる方法、および本研究の主題となる④X 線透過格子を用いて X 線の屈折をモアレ画像としてとらえる方法を解説している。且つ、これまで動的撮影が試みられた X 線位相コントラスト法の例について触れている。ただし、定量的な撮影を実現する方法（位相回復法）を実現しながらの動的撮影の例が少なく、本研究がこれを実現するためのアプローチであることを強調している。

第 4 章において、本論文の主題であるストロボ法に基づく X 線位相イメージングの方法の一つとして、白色シンクロトロン光と高速 X 線画像検出器（CMOS）を用いる方法とその結果について述べている。一定角速度で周回するプラスチック球をテスト試料とし、高エネルギー加速器研究機構放射光実験施設の白色ビームラインにおいて X 線 Talbot 干渉計を構築し、時間分解能 $16 \mu\text{s}$ のストロボ位相イメージング撮影に成功した。同じ道具立てによる直接的な高速位相イメージングでは 0.3ms の時間分解能がこれまで限界であったので、繰り返し現象に限られるが、大幅な進歩がみられた。動的位相画像の位相感度や motion blur などについて、位相イメージングシミュレーションによる比較検討も含めて、詳細な画質評価も行っている。

第 5 章では、もう一つのストロボ法に基づく X 線位相イメージングの実験として、実験室 X 線源と被写体の動きと同期するチョップを利用する方式について述べ、その実験結果を記述している。実験室では、回転対陰極 X 線源を用いて X 線 Talbot-Lau 干渉計を構築し、同じくプラスチック球をテスト試料とし、時間分解能 5ms を実現した。既製

品チョッパを改造して X 線チョッパとし、X 線画像検出器としては CCD を用いたものを使用した。実験室の系ではこれまで数分の撮影時間（時間分解能）を要していたので、初めての動的観察を実現したとあってよい。第 4 章と同様に、動的位相画像の位相感度や motion blur などについて、画質評価を詳細に行っている。本実験成果は、特に実用的装置の開発の観点において、意義は大きいと思われる。

最後に第 6 章において、本研究によって実現された世界発のストロボ式 X 線位相イメージングの成果をまとめ、期待される今後の展開について述べている。

本研究は、百生敦教授（東北大）の指導のもと、矢代航、Patrik Vagovic と共同で進めたものであるが、論文提出者が主体となって推進したものである。X 線 Talbot(-Lau) 干渉計や X 線画像検出器など、所属研究室に既存の機器は活用しつつ、ストロボ撮影に必要なシステムの構築は論文提出者が行った。また、取得されたデータ処理についても、論文提出者が単独で行っており、本成果は論文提出者が主導的に実現させたものであると判断できる。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1,610 字