

日本ードイツ 国際共同研究「オプティクス・フォトンクス」 2020 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	超解像 X 線位相イメージングの開発
研究課題名（英文）	Development of hyper-resolution X-ray phase imaging
日本側研究代表者氏名	百生 敦
所属・役職	東北大学多元物質科学研究所・教授
研究期間	2018 年 10 月 1 日～ 2022 年 3 月 31 日

## 1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
百生 敦	東北大学・多元物質科学研究所・教授	全体取り纏め、格子設計、X 線実験
呉 彦霖	東北大学・多元物質科学研究所・助教	X 線実験、ソフト、装置維持
池松 克昌	東北大学・多元物質科学研究所・講師	X 線実験、ソフト、装置維持
川上 博己	浜松ホトニクス株式会社・電子管技術部・主任部員	装置との摺合わせ、X 線源開発
岡田 知幸	浜松ホトニクス株式会社・電子管第 5 製造部・グループ長	X 線源開発
古木 裕記	浜松ホトニクス株式会社・電子管第 5 製造部	X 線源開発
服部 真也	浜松ホトニクス株式会社・電子管技術部	X 線源開発
水野 圭三	浜松ホトニクス株式会社・電子管第 5 製造部・専任部員	X 線源開発
早川 理志	浜松ホトニクス株式会社・電子管第 5 製造部・部員	X 線源開発

鈴木 直伸	浜松ホトニクス株式会社・電子管第5製造部・専任部員	X線源開発
-------	---------------------------	-------

## 2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

東北大において立ち上げた超解像X線位相イメージング装置に、ドイツ側で試作した三角位相格子（周期  $8\mu\text{m}$ ）を搭載させ、超解像X線位相イメージングの原理実証を行う。また、追って試作される三角位相格子（周期  $6\mu\text{m}$ 、 $5.5\mu\text{m}$ ）が送付されれば、それに基づく光学配置に装置を調整し、超解像X線位相イメージングのパフォーマンスの違いを調べる。これらの実験を通じ、X線格子製作へのフィードバックを行い、且つ、X線源の仕様変更（ターゲット材料の変更など）の可否を判断する。以上を繰り返すことに拠り、超解像X線位相イメージング装置を応用可能装置へと整備し、高分子材料（CFRP など）を用いた測定を開始する。なお、静的な測定のみならず、応力試験中の in situ 撮影を可能とならしめるため、小型引張試験機が装置の試料位置に設置できるようにする。

## 3. 日本側研究チームの実施概要

高分子材料などの軽元素からなる物体のX線撮影に有効なX線位相イメージング技術に超解像コンセプトを融合させ、空間分解能  $1\mu\text{m}$ ・撮影視野  $5\text{mm}$  の超解像X線位相イメージングの開発を行っている。このために使うX線位相格子として三角位相格子を搭載させるが、その製作を相手側（ドイツ KIT）が斜め露光X線リソグラフィによる矩形格子によって行った。これを東北大で立ち上げた超解像X線位相イメージング装置に設置し、格子評価と超解像コンセプトの原理実証に取り組んだ。まず、三角位相格子からニードルビームアレイが生成されていることを確認し、X線画像検出器直前に配置したX線吸収格子を通してモアレ画像が生成することを確認した。すなわち、ベースとなるX線 Talbot 干渉計が機能し、試料による屈折画像（微分位相像）を取得できることを確認した。超解像は、さらに、試料をニードルビームアレイを横切るようにサブ周期でスキャンしてこれを繰り返すことにより実現する。この手続きによる画像再構成には成功した。ただし、測定が長時間に及び、その間のドリフトの影響と思われるアーチファクトが発生し、確実な超解像コンセプトの原理実証にはさらなる精密実験を必要としている。対策のひとつとして、撮影の短時間化のために、マイクロフォーカスX線源の Mo ターゲットの最適化を進めている。また、空間分解能において決定的に重要であるニードルビームのサイズの最適化を行うため、現状周期  $8\mu\text{m}$  に対して新たに周期  $3\mu\text{m}$  の三角位相格子を用いた光学設計と格子製作も進めている。今後は、丁寧な原理実証を示したうえで、早々に高分子材料への応用実験を開始する。