

「物質現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術」  
平成16年度採択研究代表者

並河 一道

(東京学芸大学教育学部 教授)

## 「高いコヒーレンスをもつ軟X線レーザーを利用した新固体分光法の構築」

### 1. 研究実施の概要

プラズマ軟X線レーザーは、数ピコ秒のパルス幅、狭い波長幅 ( $\Delta\lambda/\lambda \sim 10^{-4}$ )、高い空間コヒーレンスをもつ光源として知られており、その1パルスの中には、軟X線領域の汎用光源とみなされている放射光を1秒間積算しただけ多数の光子が含まれている。この研究は、関西原研光量子科学研究センターのプラズマ軟X線レーザーを利用して、この分野に研究実績を持つ研究代表者が中心となって、プラズマ軟X線レーザーおよび放射光の専門家、誘電体および高温超伝導体の物性研究者、指導的立場の物性理論家からなる研究チームを組織して、他では実現できない固体の軟X線分光法を開発しようとするものである。

その1つは軟X線スペckルによる極めて短い緩和時間をもつナノスケールの動的ゆらぎを調べる実験手段と解析手法を開発し、ペロブスカイト型誘電体などに現れる動的分極の本質を把握しようとするものである。2つ目は軟X線の非線形吸収による内殻2ホール形成とそれとともなう蛍光X線の発光を調べる実験手段と解析手法を開発し、銅酸化物高温超伝導体の反強磁性ゆらぎなど1ホールでは見えない電子状態に関する知見を得ようとするものである。

本年度は2回のチームミーティングを開き、各研究グループが実施した研究内容を議論し、協力関係を確認してきた。本年度の各研究グループの実施した研究内容は以下の通り。

#### (1) 並河 (光量子) 研究グループ (軟X線レーザーグループ)

時間相関分光実験について計測の境界条件と実験装置の概要を明確にし、2ホール生成分光実験については強相関係物質のNiOと銅酸化物高温超伝導体 $\text{Ba}_2\text{Ca}_3\text{Cu}_4\text{O}_{8.2}\text{F}_{1.8}$ の予備的測定を行った。これらの準備にもとづき、実験装置を設計し発注し、関西原研光量子科学研究センターにX線スペckル時間相関計測装置および原子内殻2ホール生成分光装置を設置した。

#### (2) 水木研究グループ (放射光グループ)

原研ビームラインBL22XUにおけるスペckル時間相関分光法については実験準備を完了した。量子常誘電体については放射光X線照射による誘電率の増大現象を観測した。この実験の結果、全体としての構造相転移をともしない局所的な分極クラスターの発現の可能性が指摘された。このような分極クラスターの存在は、特に、松下 (三) グループで作

成されたPZN-PTについて、軟X線レーザーグループが観察した相転移付近のスペックルの挙動を説明するものとして示唆的である

(3) 圓山研究グループ (放射光グループ)

XLD分光による強相関係物質の $\text{LaMnF}_3$ などについて実験を行い、軌道秩序の観察に対するXLD分光の有効性を示した。このことは、軟X線レーザーグループとは別な視点で強相関係物質の電子状態を明らかにしていく可能性を示したものとして評価される。

(4) 那須、松下 (栄) 研究グループ (理論グループ)

那須研究グループは、軟X線レーザーグループの実験に対応し2ホール生成分光の研究を行い、2ホール生成分光が包含する新たな解釈の可能性を見出した。松下 (栄) 研究グループは、ペロブスカイト型酸化物誘電体の相転移の研究を行い、逐次相転移を説明する現象論的統一理論を構築し、 $\text{BaTiO}_3$ やリラクサーの相転移へ適用できることを示した。

(5) 渡辺、松下 (三) 研究グループ (試料グループ)

それぞれ試料作製技術を確立しており、H17年度は、各研究グループの測定装置および測定手法の開発の状況に対応して必要な仕様の試料を作製して提供できる。

## 2. 研究実施体制

### 並河 (学芸大) 研究グループ

- ① 研究分担グループ長：並河 一道 (東京学芸大学教育学部、教授)
- ② 研究項目：研究総括

### 並河 (光量子) 研究グループ

- ① 研究分担グループ長：並河 一道 (日本原子力研究所光量子科学研究センター、第一種客員研究員)
- ② 研究項目：X線瞬間スペックル時間相関計測装置および原子内殻2ホール生成分光装置の開発

### 水木研究グループ

- ① 研究分担グループ長：水木 純一郎 (日本原子力研究所放射光科学研究センター、センター長)
- ② 研究項目：放射光X線スペックルの時間相関分光実験

### 圓山研究グループ

- ① 研究分担グループ長：圓山 裕 (広島大学大学院理学研究科、教授)
- ② 研究項目：内殻1ホール励起による誘電体および銅酸化物高温超伝導体のX線2色性分光実験

那須研究グループ

- ① 研究分担グループ長：那須 奎一郎（高エネルギー加速器研究機構、教授）
- ② 研究項目：強相関係物質の内殻2ホール分光法に関わる分析

松下（栄）研究グループ

- ① 研究分担グループ長：松下 栄子（岐阜大学工学部、教授）
- ② 研究項目：X線瞬間スペックル時間相関分光法の誘電体および高温超伝導体の相転に関わる特性の分析

渡辺研究グループ

- ① 研究分担グループ長：渡辺 恒夫（東京理科大学基礎工学部、教授）
- ② 研究項目：銅酸化物高温超伝導体の育成と原子内殻2ホール分光法およびX線瞬間スペックル時間相関分光法による物性の研究

松下（三）研究グループ

- ① 研究分担グループ長：松下 三芳（JFEミネラル（株）、部長）
- ② 研究項目：誘電体リラクサー試料の育成と原子内殻2ホール分光法およびX線瞬間スペックル時間相関分光法による物性の研究

3. 主な研究成果の発表

(1) 論文（原著論文）発表

- Qui Yu and K. Nasu: “Photogeneration of charged ferroelectric domains in quantum dielectric  $\text{SrTiO}_3$ ”, J. Luminescence, 112, 271-274 (2005)