日本放射光学会学生発表賞を受賞して

極限コヒーレント光科学研究センター　木村研究室　博士１年　　櫻井　快

この度、2023 年 1 月に立命館大学びわこ・くさつキャンパスで開催された第 36 回日本放射光学会年会・放射光化学合同シンポジウムにてポスター発表を行い、学生発表賞を受賞いたしました。この賞は同年会・シンポジウムにて・将来性・独創性のある優秀な発表を行った学生に授与されます。このような名誉ある賞をいただき、大変光栄に思います。受賞対象となった発表タイトルは「軟X線タイコグラフィを利用した細胞内化学状態イメージング技術の開発」です。軟 X 線 XAFS タイコグラフィという高分解能スペクトルイメージング手法と機械学習を組み合わせ、化学状態分布の可視化を行いました。以下で詳細の紹介をします。

タイコグラフィ法は 2010 年代以降急激に研究が発展している顕微イメージング手法です。試料構造からのコヒーレントな回折パターンをもとに、コンピュータ上で再構成計算を行うことで、試料の透過率だけでなく、位相のシフト量も定量的に検出できます。そのため、様々な応用が展開されており、特に理想的な結像光学系を構築することが困難なX線領域の波長域では応用は著しく、これまで微小な集積回路の内部三次元構造の可視化や、ナノ粒子中の化学状態のマッピングなどの成果が報告されています。

化学状態マッピングは様々な波長でタイコグラフィ計測を行い、ハイパースペクトル画像を生成することで実現できます。X 線吸収スペクトルは含有物質の化学状態に依存して変化するため、各ピクセルにおけるスペクトル構造から化学状態のマッピングを行います。本研究では SPring-8 BL07LSU 東京大学物質科学ビームラインにて、木村研究室が独自開発したタイコグラフィ装置[1]を利用しました。この装置は反射型集光素子を活用し、一般に使用されるゾーンプレートと比べ色収差が無いため、多波長での計測を迅速かつ正確に実行可能です。実験ではマウス神経芽細胞腫とラット神経のハイブリット細胞をサンプルとして使用し、窒素吸収端と酸素吸収端の計 205 点のエネルギーでイメージングを行いました。

次に、各ピクセルのスペクトルに対し教師なし学習での分類を行い、化学状態を自動分類するプログラムを開発しました。分類にはニューラルネットワークの一種である変分オートエンコーダーを用いてスペクトルの特徴抽出を行い、抽出した特徴を基に混合ガウスモデルによる分類を実施しました。結果として、細胞内構造に対応するスペクトル分類に成功しました。現在の二次元イメージングでは光軸方向に特徴が平均化されていますが、将来的に三次元計測を導入することで平均化されていないスペクトルが得られ、本分類手法が更に効果を発揮することが期待されます。今後の博士課程の研究では三次元計測の他、再構成アルゴリズムの開発や生細胞計測に向けた装置開発を行い、応用範囲を広げていく計画です。

最後に、細胞サンプルをご提供くださり、データの解釈を議論いただいた物性研究所の井上圭一先生、寶本俊輝様、国立国際医療研究センターの志村まり先生、機械学習での解析方法について助言を下さった吉見一慶先生に深く感謝いたします。また本実験には東京大学浅野キャンパスの武田先端知ビルスーパークリーンルームの半導体プロセス装置を利用しました。施設利用にご協力下さったスタッフの皆様に感謝いたします。

[1] Takashi Kimura et al. Opt. Express, 30, 26220 (2022).