

「計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の
開発と応用」

平成 28 年度採択研究代表者

H28 年度 実績報告書

村上 恭和

九州大学大学院工学研究院

教授

AI と大規模画像処理による電子顕微鏡法の技術革新

§ 1. 研究実施体制

(1) 村上グループ

- ① 研究代表者：村上 恭和（九州大学 大学院工学研究院、教授）
- ② 研究項目
 - (1) ホログラム取得の自動化
 - ・300 kV 汎用型ホログラフィー電頭の機能整備（平成 28 年度実施項目）
 - (2) 単粒子解析の概念に基づく位相情報の積算・平均化
 - ・ホログラム収集・解析に対する手法設計（平成 28 年度実施項目）
 - (3) 電磁場解析に供する試料調製
 - ・微粒子を主体とする化合物試料の調製（平成 28 年度実施項目）

(2) 品田グループ

- ① 主たる共同研究者：品田 博之（日立製作所 研究開発グループ 基礎研究センタ、
主管研究長）
- ② 研究項目
 - (1) ホログラム取得の自動化
 - ・1.2 MV 原子分解能ホログラフィー電頭の機能整備（平成 28 年度実施項目）
 - (2) AI を駆使した画像データ認識・処理技術の開発
 - ・微粒子を想定した電頭画像認識・分類技術の開発（平成 28 年度実施項目）
 - ・位相再生像の評価選別技術の開発（平成 28 年度実施項目）
 - ～当該年度は 1.2 MV 原子分解能ホログラフィー電頭のノイズ源評価、
記録媒体の特性評価、画像評価等を中前グループと実施。

(3) 中前グループ

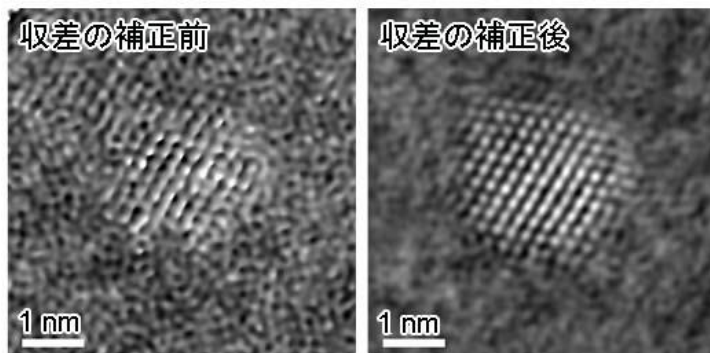
- ① 主たる共同研究者：中前 幸治（大阪大学 大学院情報科学研究科、教授）
- ② 研究項目
 - (1) AI を駆使した画像データ認識・処理技術の開発
 - ・位相再生像の評価選別技術の開発（平成 28 年度実施項目）
 - (2) 統計数理的技術を用いた位相情報抽出の高度化
 - ・ホログラムの雑音低減技術の開発（平成 28 年度実施項目）
 - ・ホログラムにおける情報欠損の回復技術の開発（平成 28 年度実施項目）

§ 2. 研究実施の概要

本研究は、これまで独自の発展を遂げてきた電子顕微鏡技術と情報科学の融合を通して、物質が示す電場や磁場の分布を微視的に観測できる“電子線ホログラフィー”の感度を飛躍的に高めることを目的とする。例えば電荷の移動・蓄積を誘発する異種物質(例:純金属と酸化物)の接合界面は、基礎科学に加えて触媒やエレクトロニクス素子など各種工業技術に関わる重要な研究対象である。この界面電荷を例に挙げれば、本研究は少量の電子を個数単位で計測できる高感度な技術の開発を目指している。その研究戦略として、本研究ではタンパク質やウイルスの構造解析で成果を収めている単粒子解析の手法、即ち膨大な画像データの収集とグルーピング・平均積算化による正確な情報抽出の概念を電子線ホログラフィーに導入する。一方、本研究が注目する触媒等の微粒子は、タンパク質やウイルスと異なり形態・サイズの分散が大きく、既存の単粒子解析プロトコルをそのまま適用することはできない。そのような複雑な微粒子試料の解析に取り組むうえで、本研究は人工知能(AI)の画像認識技術を活用する。さらに統計数理的手法による電子線ホログラム(物質の電磁場情報を含む干渉パターン)個々の像質改善にも取り組み、情報科学技術を多面的に駆使した研究を展開する。

初年度は、電子線ホログラムの大規模データ収集と解析に対する要素技術開発を中心に研究を進めた。主要な成果として、1000点超のホログラムを想定した自動データ収集システムの基本設計を行うとともに、ホログラフィー電子顕微鏡のレンズの収差やフォーカスズレの効果、あるいは視野ドリフト等に起因する像ボケ

の効果を画像演算的に除去できる技術の開発(ソフトウェア開発)を行った。挿入図は、本ソフトウェアを通した一連の位相ノイズ低減と収差効果の除去により、白金微粒子の静電ポテンシャル分布(白金の原子配列に対応する電位の分布)が鮮明化された実例を示す。関連する研究成果は論文投稿済みで[1]、今後大規模画像解析への展開を進める予定である。



挿入図) 画像演算による位相ノイズ低減と収差補正の効果：1.2 MV 原子分解能ホログラフィー電頭で観測した白金微粒子の電位分布像。

本質的に雑音の多い電子線ホログラムの像質改善についても、重要な基盤技術の整備を行った。本研究では、電子源ショット雑音や CCD カメラの雑音などホログラフィー電子顕微鏡の諸特性を実測した上で、信号と雑音の空間的・周波数的特性の差異(独立性)を考慮した“ウェーブレット隠れマルコフモデル”に基づく独自の雑音低減を試みた。像質が不十分なホログラムに同技術を適用したところ、汎用的なメディアンフィルタを凌ぐ効果的な雑音低減が確認されている[2]。弛緩法のアルゴリズムを用いた干渉縞欠損の修復と合わせ、研究成果は応用物理学会で報告しており、今後論文発表を行う運びである。

AI を用いた微粒子画像の処理についても、本年度は疑似試料を用いた特徴量抽出とグルーピ

ングに関わる基礎評価を実施している。微粒子の形状や観察方位、さらには画像における雑音の有無を考慮しながら、効果的な特徴量抽出手法の選定を進め、次年度から取り組む実試料(酸化鉄微粒子等)の解析に向けた技術基盤を整備している。なお微粒子に対する電子線ホログラフィーの実験・解析では、注目する試料の電磁場情報と、試料支持膜など周辺物質に由来するバックグラウンドとしての電磁場情報を分離する必要がある。本研究では暗視野電子線ホログラフィーという特殊技術を駆使して、注目する試料の情報を選択的に収集し得る技術の整備開発を行っている[3]。今後の実試料解析への活用が期待される。

—本節における引用—

- [1] Tanigaki et al., submitted.
- [2] 御堂他、第 64 回応用物理学会春季学術講演会 (2017) 14p-424-8.
- [3] Murakami et al., Appl. Phys. Lett., 109 (2016) 193102.