

2025 年度 傾斜的研究費（全学分）科研費チャレンジ 研究報告書

※本学 HP での公表を前提に記入してください。

【研究費区分】：（※①科研費チャレンジ（A）②科研費チャレンジ（B）から該当するものを記入してください）

【所属】：システムデザイン学部 機械システム工学科

【氏名】：角田 直人

【氏名フリガナ】：カクタ ナオト

【職】：教授

【研究課題名】：近赤外化学イメージング法を用いた反応拡散ダイナミクスの定量的解析

【研究実績の概要（400 字程度で記入。図，グラフ等の使用も可。）】

本研究は、近赤外分光イメージング法を用いてマイクロ流路内の全成分の濃度分布および温度分布を測定し、最適化手法により拡散係数と生成/消費率の空間分布を同時推定することを目的としている。その達成に向けた主要な取り組みの一つが、反応ごとの高精度な濃度推定モデルの構築である。回帰モデルにおいては波長選択が極めて重要となるため、PLS（部分的最小二乗回帰）をベースとした CARS アルゴリズムを導入し、限定された波長数（3～8 波長）であっても予測精度を大幅に向上させられることを実証した。さらに、ここで得られた分布情報を基に、事前情報と物理的な制約条件を組み込んだ正則化法ベースの目的関数を最小化することでパラメータの最適化を行った。その結果、推定された拡散係数と生成/消費率は、化学量論的にも物質輸送論的にも極めて合理的な値を示し、本アプローチの妥当性が証明された。このような空間的・速度論的なパラメータの同時推定は世界初の試みであり、反応拡散系の現象解明に向けた新たな基盤技術を提供する重要な意義を有する。なお、本研究に関する 2025 年度の学会発表・論文リストを末尾に添付する。

（※研究の全体の目的・意義に照らし、どのように達成されたかも含め記載すること。）

【本支援を用いた研究基盤整備の達成状況について】

- ・当該研究の核となる「近赤外分光イメージングシステム」の高度化、および実験遂行のために本助成金を重点的に投入した。特にレンズやフィルター等の光学系を最適化したことで、反応界面における空間分解能を従来比で約 2 倍に向上させ、微細な熱物質移動を捉える強固な測定基盤を確立した。
- ・実験補助者の雇用（人件費の活用）により、各種水溶液の調製および赤外吸収スペクトルデータの取得を大幅に効率化した。これにより、本研究の第一ステップとして掲げた「反応拡散分析用スペクトルデータベース」の構築を加速させ、基盤データの拡充において大きな進展を得た。
- ・国内外の学会等における積極的な成果発表を行い、専門研究者との有益な討論を通じて研究内容のさらなるブラッシュアップを図った。同時に、本研究が提案する世界初の同時推定手法について、学术界における認知拡大を進めることができた。
- ・以上のとおり、本助成によってハード・ソフト・人的環境のすべてにおいて着実に研究を進展させた。

この確かな研究基盤と予備実績を最大限に活かし、2026 年度科研費・基盤研究 (A) への申請に向けて、研究方法の具体性や実証データを大幅に強化・精緻化した内容へと改訂を完了した。

【外部資金への応募状況】

- ・ 2026 年度科研費・基盤研究 (A) に申請したが、不採択であった。なお、研究題目は「多成分濃度画像に基づく溶液反応拡散の空間的・速度論的解明」とした。
- ・ 同内容で、2026 年度三菱財団自然科学研究助成に申請した (2026 年 6 月に採否決定)。
- ・ 研究内容が異なるが、2026 年度科研費・挑戦的研究 (開拓) にも申請したが (研究題目「水蒸気可視化による水面蒸発の分析」)、不採択であった。

【研究分担額】

なし

【発表リスト】

学術雑誌論文

- ・ Naoto Kakuta, Takato Uema, Gia Ginelle Carandang, Near-infrared imaging of interfacial instability between aqueous acid and base solutions, Journal of Visualization, online, 2026.

<https://doi.org/10.1007/s12650-026-01132-6>

- ・ Abdul Fattah bin Farid Nasir, Yuina Abe, Naoto Kakuta, Near-infrared imaging of buoyancy plumes in diluted ionic solutions during electrodeposition on electrode surfaces, Measurement Science and Technology 37, 075301, 2026.
- ・ Abdul Fattah bin Farid Nasir, Yuina Abe, Naoto Kakuta, Near-infrared microscopic imaging of electrolyte flow dynamics during uniform electrodeposition, Journal of Advanced Research in Micro and Nano Engineering 37, 128–139, 2025.

国際会議講演論文

- ・ Abdul Fattah bin Farid Nasir, Yuina Abe, Naoto Kakuta, The influence of magnetic fields on the behavior of natural convection induced by charging reactions, The 35th International Symposium on Transport Phenomena, P00246, 2025.9.
- ・ Koma Matsunaga, Abdul Fattah bin Farid Nasir, Yuina Abe, Naoto Kakuta, Wavelength selection and regression model for simultaneous measurement of concentration and temperature in acid-base reactions, The 35th International Symposium on Transport Phenomena, P00140, 2025.9.
- ・ Abdul Fattah bin Farid Nasir, Yuina Abe, Naoto Kakuta, Buoyancy plumes of diluted ionic solution produced on electrode surfaces, The 21st International Symposium on Flow Visualization, 1237, 2025.6.
- ・ Koma Matsunaga, Abdul Fattah bin Farid Nasir, Yuina Abe, Naoto Kakuta, Chemometrics modeling and near-infrared imaging of aqueous acid–base reactions in microfluidic channels, The 21st International Symposium on Flow Visualization, 1226, 2025.6.

国内会議講演論文

- ・ Ridwan Abdurrahman, 松長巧真, 阿部結奈, 角田直人, A preliminary study on simultaneous estimation of

diffusion coefficients and source terms for acid-base reactions, 日本機械学会関東支部第 32 期総会・講演会, GS0602, 2026.3.

・和泉あずる, 阿部結奈, 角田直人, 近赤外分光法に基づく酸塩基反応時の濃度予測モデル構築方法の比較, 日本機械学会関東学生会第 65 回関東学生員卒業研究講演会, 343, 2026.3.

・角田直人, Ridwan Abdurrahman, 松長巧真, Abdul Fattah bin Farid Nasir, 阿部結奈, 反応拡散パラメータの空間分布推定のための濃度データと最適化手法の検討, 熱工学コンファレンス 2025, C44, 2025.10.

・松長巧真, Abdul Fattah bin Farid Nasir, 阿部結奈, 角田直人, 近赤外光を用いた酸塩基中和反応の濃度推定に関する制約付き最小化問題, 日本機械学会 2025 年度年次大会, J053p-07, 2025.9.

以上