

PRESS RELEASE

2026 年 8 月 17 日

デバイスの回転だけで複雑な免疫分析を自動化 ～大量生産を可能にするデバイス作製手法で検査をより身近に～

<概要>

豊橋技術科学大学（研究代表者 機械工学専攻 2 年 金井悠輔）と兵庫県立大学の共同研究チームは、医療診断のゴールドスタンダードである「サンドイッチ ELISA（酵素結合免疫吸着測定法）」を全自動化する、革新的な遠心マイクロ流体デバイスを開発しました。本デバイスは、遠心力を利用し、一定の速度で回転させる（定常回転）だけで、検査に必要な複数の試薬を自律的に順序よく送液・制御できるシステムです。これにより、特殊な大型装置を使うことなく、様々な場所に持ち運べるコンパクトな検査機器（POCT：臨床現場即時検査）の実現が期待されます。さらに、マイクロ流路特有の極めて厳しい加工精度の壁を、独自の「流路抵抗実測に基づいた金型（モールド）最適化技術」によって打破しました。これにより、厳密な微細加工精度を必要とせず射出成型などの大量生産手法を適用できるようになり、検査チップの製造コストを劇的に削減することが可能となります。

<詳細>

昨今、高齢化社会における慢性疾患の増加やパンデミックへの対策として、医療現場や在宅、遠隔地において、その場で簡単に短時間で結果が得られるポータブルな検査装置が強く求められています。しかし、高い特異性と感度を持つ「サンドイッチ ELISA」は、試薬の注入や洗浄の工程が非常に煩雑であり、これらを自動化した従来の装置は大規模かつ高額で、普及の妨げとなっていました。

本研究チームが開発したマイクロ流体デバイスは、流路の長さや構造（CLOCK 回路）を工夫することで試薬の注入タイミングを精密に自律制御しています。一般に、このようなマイクロ流路では、わずか 0.48 マイクロメートル（1mm の 2000 分 1 以下）の加工誤差でも試薬制御の致命的なエラーに繋がるため、実験室レベルでの作製や大量生産は極めて困難とされていました。そこで本研究では、あらかじめ試作したチップから内部の流路抵抗を精密に実測し、そのデータに基づいて金型（モールド）のチャンバー（貯水槽）容量を微調整（リフロー処理）する新たな手法を提案しました。このアプローチにより、デバイス自体に要求される厳密な加工精度を緩和でき、将来的に射出成型を用いた安価な大量生産への道が拓かれました。

さらに、本研究では反応結果の分析にリアルタイム画像解析技術を導入しました。従来の検査では、反応後に進行を止める試薬を追加して分析を行っていましたが、本デバイスでは回転中の色変化を画像として捉え続けることで、検査を止めることなく反応の時間変化をダイナミックに追跡できます。

これらの技術革新により、従来の手作業では数時間を要していたサンドイッチ ELISA の全工程（試薬操作から検出まで）を、操作開始から約 20 分という驚異的な短さに短縮する

ことに成功しました。また、画像解析の最適化によって、検査対象が高濃度であっても事前の希釈作業を行うことなく、幅広い濃度範囲（広いダイナミックレンジ）で正確に定量分析できる可能性も実証しました。

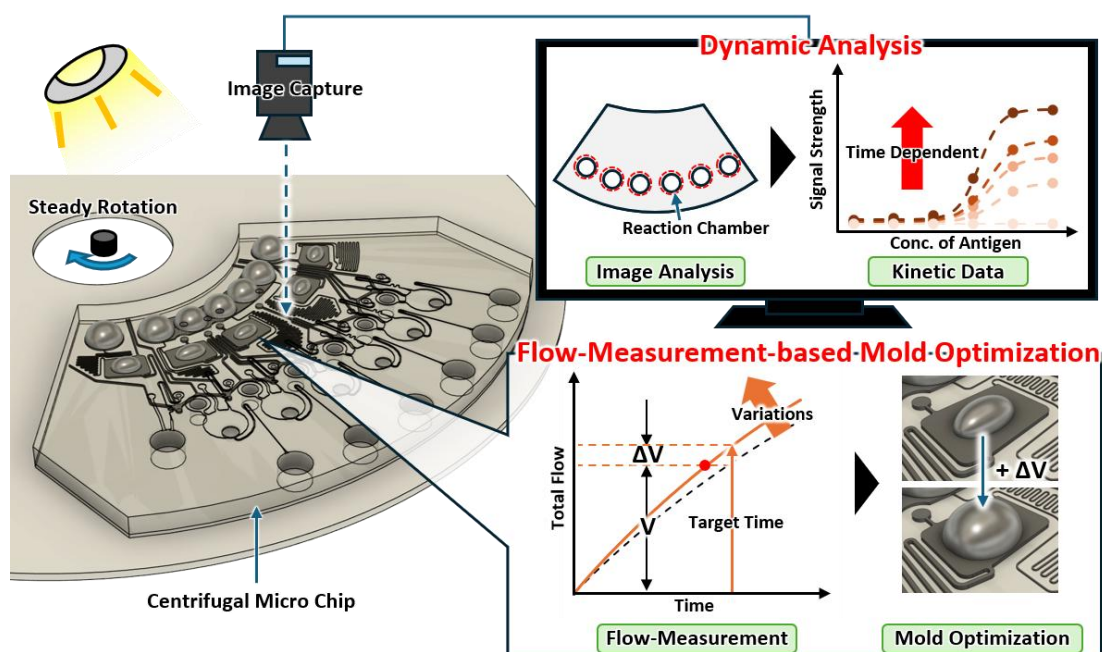


図1 本研究の概要図. 作製したチップはCDに貼り付け、装置で回転させる（左図）. 回転しているチップをカメラで撮影し、画像解析からリアルタイムの分析を行う（右図上段）. 本研究ではあらかじめ作成したチップで流路抵抗を測定し、モールドのチャンバー容量を調整することで、精密な試薬制御を実現する（右図下段）.

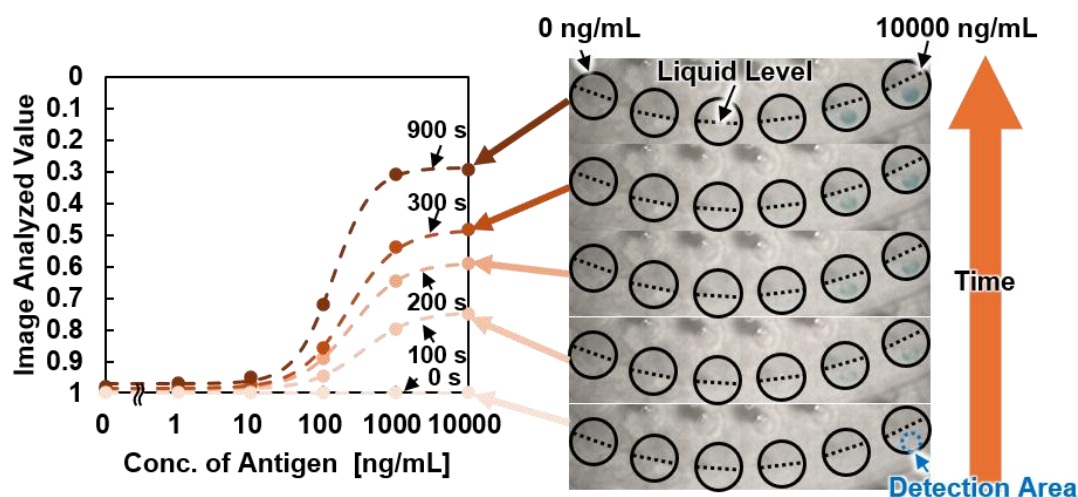


図2 サンドイッチ ELISA デバイスで動的分析を行った結果. 物質の濃度を測定する検量線の時間変化（左図）. 各秒数の発色量の変化（右図）.

<意義と展望>

微細加工の限界を克服し、大量生産を可能にするこの革新的なデバイス作製手法は、サンドイッチ ELISA だけでなく、既存の様々なバイオ・医療検査デバイスにも広く適用可能です。微細流路分野における大きな波及効果が期待されます。また、画像解析を用いた自律的な検査システムは、分析プロセスの短縮や試薬操作の手間を省くだけでなく、高額な専用センサーを不要にするため装置の大幅な低コスト化につながり、非専門医や一般の人でも簡単に扱える検査環境を提供します。今後は、検査前の検体（血液など）の準備や前処理工程もすべて同一のマイクロ流体デバイス上で完結できるようさらなる研究を進め、POCT の完全な社会実装を目指します。

<論文情報>

Yusuke Kanai, Moeto Nagai, Takayuki Shibata, Yoshiaki Ukita and Shunya Okamoto (2026). Fully Automated Multi-Sample Sandwich ELISA Device with Flow-Measurement-based Mold Optimization for Practical Applications. Sensors and Actuators B: Chemical. 2026. 464. 140146.
10.1016/j.snb.2026.140146

【問い合わせ先】

国立大学法人 豊橋技術科学大学
総務課 広報・地域連携室 広報係
TEL: 0532-44-6506
Email: kouho@office.tut.ac.jp

兵庫県公立大学法人 兵庫県立大学
姫路工学キャンパス 経営部 総務課
TEL: 079-266-1661
Email: soumu_kougaku@ofc.u-hyogo.ac.jp

