

# マテリアル先端リサーチインフラ利用報告書

## ARIM User's Report

[Release : 2025.06.10] [Update : 2025.04.03]

### 課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	24UT1007
利用課題名 Title	静電容量センサを搭載したマイクロピペットと画像情報を併用した単一細胞分取システム
利用した実施機関 Support Institute	東京大学 / Tokyo Univ.
機関外・機関内の利用 External or Internal Use	内部利用 (ARIM事業参画者以外) / Internal Use (by non ARIM members)
ARIM半導体基盤PF 関連課題 Related to ARIM-SETI	指定なし / No Designation
横断技術領域 Cross-Technology Area	加工・デバイスプロセス/Nanofabrication
重要技術領域 Important Technology Area	高度なデバイス機能の発現を可能とするマテリアル/Materials allowing high-level device functions to be performed
キーワード Keywords	ダイシング/ Dicing, MEMS/NEMSデバイス/ MEMS/NEMS device, スパッタリング/ Sputtering, 流路デバイス/ Fluidec Device

### 利用者と利用形態 / User and Support Type

利用者名 (課題申請者) User Name (Project Applicant)	新井 史人
所属名 Affiliation	東京大学大学院工学系研究科 機械工学専攻
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	杉浦 広峻, 天谷 諭, 結城 響
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	太田 悦子, 天谷 諭
利用形態 Support Type	機器利用/Equipment Utilization

### 利用した主な設備 / Equipment Used in This Project

<p>利用した主な設備 Equipment ID &amp; Name</p>	<p>UT-711 : LL式高密度汎用スパッタリング装置 (2018)  UT-906 : ブレードダイサー  UT-704 : 高密度汎用スパッタリング装置  UT-805 : プラズマ表面改質装置</p>
---	---

## 報告書データ / Report

<p>概要 (目的・用途・実施内容) Abstract (Aim, Use Applications and Contents)</p>	<p>本研究では、細胞の位置情報を保持しながら分離を行う手法として、静電容量センサを搭載したマイクロピペットと顕微鏡画像を併用した細胞分取プロセスを提案する。センサー出力と画像データを用いて細胞の検出を行い、さらに細胞移動後の放出にはセンサ出力を活用する。この方法により、観察視野を変更することなく確実に細胞を操作し、画像情報により細胞の位置情報を保持することが可能となる。実験はシロイヌナズナの根細胞を対象に実施した。静電容量型センサ搭載型マイクロピペットを作製し、細胞分離システムに設置した。次に、ピペット先端と植物根細胞の顕微鏡画像を取得し、細胞の吸引・放出時に十分な流量を制御しながらセンサーによる静電容量変化を測定した。</p>
<p>実験 Experimental</p>	<p>本研究では、倒立顕微鏡、3軸マイクロマニピュレータ、静電容量型センサ搭載型マイクロピペット、圧電アクチュエータ搭載ポンプ、およびサンプル固定用チップで構成され、PCによる一元制御が可能である (Fig. 1)。静電容量型センサ搭載型マイクロピペットは3DプリントとMEMS技術を組み合わせたプロセスで制作した。デバイスは、3Dプリントによるマイクロ流路を持つピペット部と、櫛歯型静電容量センサ電極を形成した電極基板部で構成されている (Fig. 2(a))。細胞分取プロセスでは、気泡を介在させる手法を用い、センサ電極上を気泡が通過する際の静電容量変化を利用した。細胞による電極表面の汚染を防止するとともに、細胞の個体差に影響を受けずに高感度に細胞の吸引・放出を検出することが可能となる。まず、顕微鏡画像から対象細胞を決定し、ピペットを接近させる。次に、細胞を吸引し、センサ出力と画像情報で分取を確認する。最後に、細胞回収位置まで搬送し、細胞を排出した際のセンサ出力変化により回収を確認する (Fig. 2(b-1), (b-2), (b-3))。</p>
<p>結果と考察 Results and Discussion</p>	<p>本研究では、静電容量型センサを統合したマイクロピペットを製作し、細胞分取システムに搭載した。ガラス基板上にラインアンドスペース10 μmの櫛歯電極を形成し、その基板上に直接3Dプリントでピペットを造形、さらにガラス管を接続した (Fig. 3)。細胞の吸引・排出は、顕微鏡画像とセンサ出力で確認し、細胞搬送後の吐出はセンサ出力で検出した。提案システムの検証として、気泡通過時の静電容量変化を測定し、細胞吸引・排出時に十分な体積の気泡移動と静電容量変化の検出が可能であることを確認した (Fig. 4)。本研究により、細胞の位置情報を保持しながら確実に分取・回収できる細胞分取システムを提案し、その実現可能性を検証した。</p>
<p>図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="478 1467 909 1769"> </div> <div data-bbox="917 1467 1364 1769"> </div> </div> <p>Fig. 1: Concept illustration of single-cell isolation system using a microsensor-integrated pipette and image data (a). and (b) Photograph of the proposed system.</p>

<p>図・表・数式 2 Figures, Tables and Equations 2</p>	<p>Fig. 2: Schematic image of microsensor-integrated pipette (a) and cell isolation procedure based on capacitance changes (b).</p>
<p>図・表・数式 3 Figures, Tables and Equations 3</p>	<p>Fig. 3: (a) Photo of the sensor electrodes on the glass substrate. (b) Photo of tip of the 3D printed pipette on the glass substrate with sensor electrode. (c) Photo of the pipette with glass tube for system installation. (d) Image of the pipette tip and plant root acquired using an inverted microscope.</p>
<p>図・表・数式 4 Figures, Tables and Equations 4</p>	<p>Fig. 4: Capacitance measurement result during suction and release using the micro-pipette integrated with an electrostatic capacitance sensor.</p>
<p>その他・特記事項 (参考文献・謝辞等) Remarks(References and Acknowledgements)</p>	<p>本研究は、JST【ムーンショット型研究開発事業】 Grant 番号【JPMJMS2033-08】 【JPMJMS2033-11】の支援を受けて行われた。</p>

<b>DOI (論文・プロシーディング)</b> <b>DOI (Publication and Proceedings)</b>	
<b>口頭発表、ポスター発表および、その他の論文[1]</b> <b>Oral Presentations etc.</b>	天谷諭, 安藤大登, TURAN Bilal, 杉浦広峻, 新井史人, マイクロピペット内のバブル検出に基づく単一細胞操作, 日本ロボット学会学術講演会2024年
<b>特許出願件数</b> <b>Number of Patent Applications</b>	1件
<b>特許登録件数</b> <b>Number of Registered Patents</b>	0件