

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 : 2026.02.26] [Update : 2026.02.26]

課題データ / Project Data

課題番号 Project Issue Number	23UT0186
利用課題名 Title	細胞外小胞の形状観察
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	計測・分析 / Advanced Characterization
重要技術領域 Important Technology Area	次世代バイオマテリアル / Next-generation biomaterials 次世代ナノスケールマテリアル / Next-generation nanoscale materials
キーワード Keywords	微粒子 / Fine particles, 電子顕微鏡 / Electronic microscope, ナノ粒子 / Nanoparticles

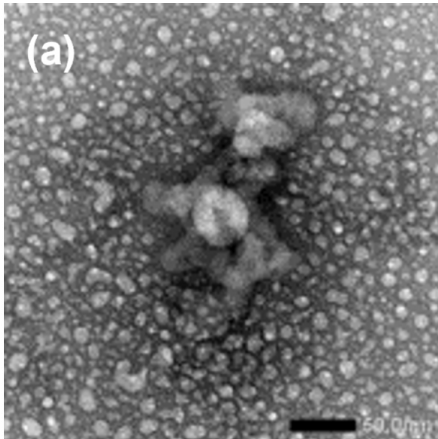
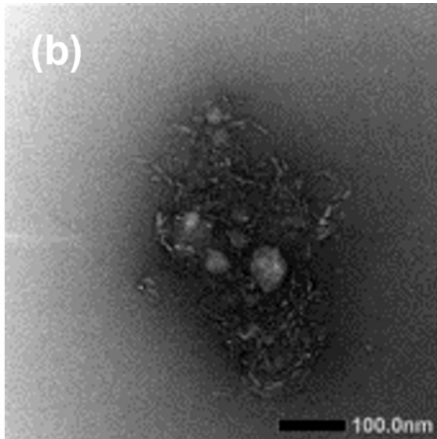
利用者と利用形態 / User and Support Type

利用者名（課題申請者） User Name (Project Applicant)	倉持 宏実
所属名 Affiliation	東京大学 大学院工学系研究科
共同利用者氏名 Names of Collaborators Excluding Supporters in the Hub and Spoke Institutes	山本啓介, 樋田健斗
ARIM実施機関支援担当者 Names of Supporters in the Hub and Spoke Institutes	寺西亮佑
利用形態 Support Type	技術補助 / Technical Assistance

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

利用した主な設備 Equipment ID & Name	UT-011 : 有機材料ハイコントラスト透過型電子顕微鏡
---------------------------------	-------------------------------

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>ナノ粒子トラッキング解析 (NTA) は、細胞外小胞 (EV) の特性評価に不可欠な技術であり、サイズ分布と濃度に関する情報が得られる。ただし、アインシュタイン・ストークス方程式は粒子が球形であることを前提としているため、多様性に富む生体ナノ粒子試料の場合、球形でない粒子に対して解析結果に不正確さが生じる可能性がある。これまでに我々は、NTAの測定方法を変更することなく、深層学習を組み合わせた新しい解析アプローチを開発し、金ナノ粒子の形状推定に成功した。今回はこの方法を多様性に富む EV サンプルに適用した。</p>
<p>実験 Experimental</p>	<p>金ナノ球、金ナノロッドをNTAシステムを用いて散乱光を暗視野観察し、連続画像を記録した。個々のナノ粒子の散乱光の重心を追跡して時系列 2D 座標を取得し、軌跡ベクトルに換算して深層学習用の訓練データセットを作成した。同様に乳癌細胞SkBr3の細胞培養上清から超遠心分離及び密度勾配分画で精製したEVのNTA測定を行い、各粒子の粒子径と時系列2次元座標データを取得した。また、各分画のEV懸濁液をHEPESで100倍に希釈し、リンタングステン酸(2% aq.)で染色し、TEM観察を行った。</p>
<p>結果と考察 Results and Discussion</p>	<p>粒径20 nmごとにグループ分けしたEVについて、作成したデータセットを用い、1D畳み込みニューラルネットワークをベースとしたモデルで形状予測を行った。特に、粒径が小さな領域では非球形粒子が多く含まれることが明らかになった。そこで、各分画のEVの形状およびサイズについて、TEM観察により確認を行った(Fig.1)。このアプローチにより、これまでNTAから抽出できなかったデータを取得し、ナノ粒子の多面的な特性評価の実現に近づくことと期待される。</p>
<p>図・表・数式 1 Figures, Tables and Equations 1</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Fig.1 SkBr3細胞由来のEVのSEM像。(a)分画2+3, (b)分画4-6</p>
<p>その他・特記事項 (参考文献・謝辞等) Remarks(References and Acknowledgements)</p>	

成果発表・成果利用 / Publication and Patents

<p>DOI (論文・プロシーディング) [1] DOI (Publication and Proceedings)</p>	<p>Hiroaki Fukuda, Analysis of Brownian motion trajectories of non-spherical nanoparticles using deep learning, <i>APL Machine Learning</i>, 1, (2023). DOI: 10.1063/5.0160979</p>
<p>口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[1] Oral Presentations etc.</p>	<p>K. Yamamoto, H. Fukuda, H. Kuramochi, Y. Shibuta, T. Ichiki, "Application of deep learning for analyzing scattering patterns from nanoparticles measured by nanoparticle tracking analysis", MNC2023, 札幌, 2023.11.15</p>
<p>口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[2] Oral Presentations etc.</p>	<p>K. Yamamoto, H. Fukuda, H. Kuramochi, Y. Shibuta, T. Ichiki, "Deep learning analysis of scattered light intensity for shape classification of nanoparticles measured by nano tracking analysis", The 2023 MRS Fall Meeting & Exhibit, Boston, USA, 2023.11.29</p>

口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[3] Oral Presentations etc.	T. Ichiki, H. Fukuda, Y. Shibuta, H. Kuramochi, "Deep learning complements NTA data to provide more complete nanoparticle characterization", ISEV2023, Washington, USA, 2023.5.21
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[4] Oral Presentations etc.	一木隆範, 福田尋晃, 山本啓介, 瀬尾尚宏, 澁田靖, 倉持宏実, "ナノ粒子トラッキング法とディープラーニング解析を複合したナノ粒子の特性評価", 第10回日本細胞外小胞学会学術集会, 札幌, 2023.10.24
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[5] Oral Presentations etc.	T. Ichiki, C. Mizoi, K. Toyoda, N. Seo, The 13th International Society for Extracellular Vesicles Annual Meeting (ISEV2024), Melbourne, Australia, 2024/5/9
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[6] Oral Presentations etc.	K. Yamamoto, H. Kuramochi, T. Ichiki, The 41st International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-41), Chiba, 2024/6/26
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[7] Oral Presentations etc.	K. Toyoda, C. Mizoi, N. Seo, T. Ichiki, The 41st International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-41), Chiba, 2024/6/26
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[8] Oral Presentations etc.	山本啓介, 倉持宏実, 福田尋晃, 澁田靖, 一木隆範, 第40回日本DDS学会学術集会, つくば, 2024/7/11
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[9] Oral Presentations etc.	T. Ichiki(招待講演), 2024 International Forum on Advanced Health Engineering, Shenzhen, China, 2024/7/14
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[10] Oral Presentations etc.	山本啓介, 倉持宏実, 澁田靖, 一木隆範, 2024年第85回応用物理学会秋季学術講演会, 新潟, 2024/9/17
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[11] Oral Presentations etc.	樋田健斗, 溝井千春, 瀬尾尚宏, 一木隆範, 2024年第85回応用物理学会秋季学術講演会, 新潟, 2024/9/18
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[12] Oral Presentations etc.	樋田健斗, 瀬尾尚宏, 一木隆範, 2025年 第72回応用物理学会春季学術講演会, 千葉, 2025/3/15
口頭発表、ポスター発表 および、その他の論文[13] Oral Presentations etc.	山本啓介, 倉持宏実, 澁田靖, 一木隆範, 2025年 第72回応用物理学会春季学術講演会, 千葉, 2025/3/17
特許出願件数 Number of Patent Applications	0件
特許登録件数 Number of Registered Patents	0件