



IRES²プロジェクト研究 細胞治療のための 自律型マイクロ・ナノシステムの開発



豊橋技術科学大学 次世代半導体・センサ科学研究所（機械工学系兼務）

永井 萌土

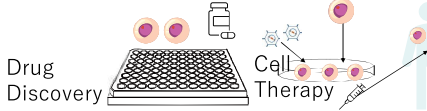


研究概要

マイクロ・ナノ領域の作業をハイスループットに達成

当研究室では、マイクロ・ナノ領域の作業のスケールアップに取り組んでいます。特に単一細胞を大量に加工することが求められる「細胞治療」や「創薬」に向けた研究開発を行っています。マイクロ・ナノデバイス、メカトロニクス、情報科学の力を総合し、自律化させることで、ハイスループットな細胞加工処理を実現します。

Final Target



Topics

- ① 3D Printer
- ② Cell Screening
- ③ Optoporation
- ④ Algal Cell Therapy

Machine Learning

- ・ 深層学習（物体検出）
- ・ 大規模言語モデル，ペイズ最適化

Mechatronics

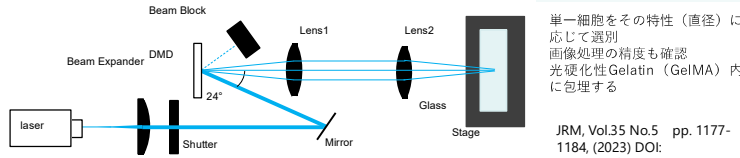
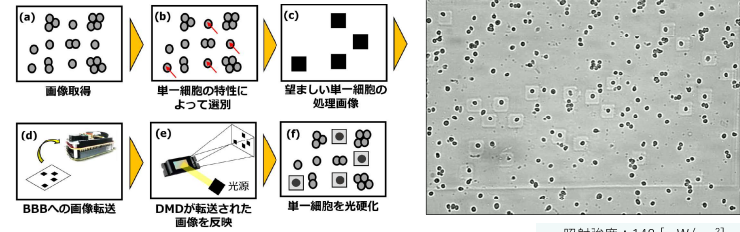
- ・ ロボット，電動顕微鏡，空圧
- ・ レーザー，MEMSミラー

Micro-nano Fluidics

- ・ 物質移動 微小流体工学
- ・ エネルギー移動 光，電気

光照射単一細胞スクリーニング

望みの性質を有する細胞をバイオインクへの多点光照射により抽出する



・ 照射強度：148 [mW/cm²]
・ 硬化時間：13 [s]

単一細胞をその特性（直径）に応じて選別画像処理の精度も確認
光硬化性Gelatin (GelMA) 内に包埋する

JRM, Vol.35 No.5 pp. 1177-1184, (2023) DOI: 10.20965/jrm.2023.

光穿孔での細胞への物質導入・死滅

ナノ秒パルス光と吸収体を利用して超並列的に”細胞を加工する”

CMOS Camera, Imaging Lens, Notch Filter, Objective Lens, Sample Stage, Functionalized Nanoparticles, Laser Pulse, Convex Lens, Dichroic Mirror, Mirror, Observation Light

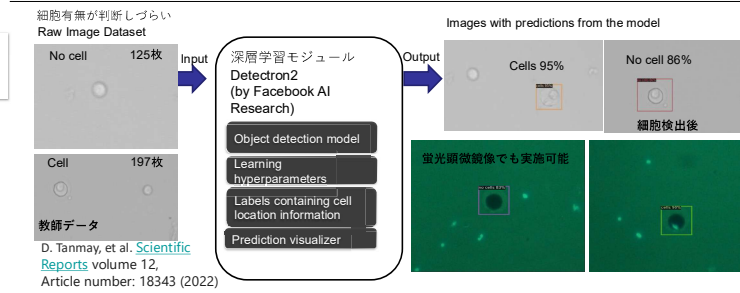
デバイス上でHeLa細胞(接着細胞)を培養・接着させ、導入溶液を滴下

ナノ秒パルスレーザーとカラーレズトを利用した細胞内デリバリの原理

レーザー照射により衝撃波が発生 せん断力により穿孔が発生 周囲の分子が導入

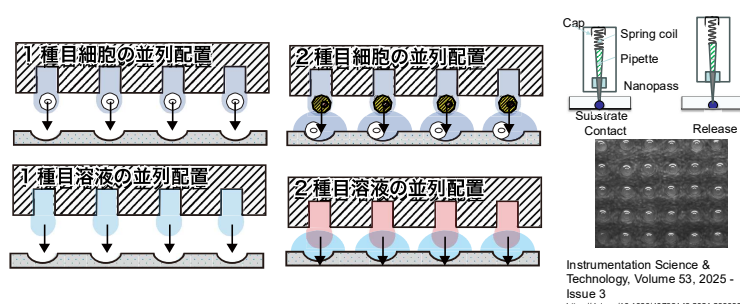
高品質な細胞内デリバリ技術として開発 再生医療，細胞治療に適用する

深層学習を利用して、望みの細胞を学習させ、細胞位置を推定する



溶液単一細胞操作ピペットアレイ

単一細胞とnLの溶液を利用し、細胞や試薬のペアを形成する



藻類を用いた細胞治療

微生物の機能を用いて”賢いロボットとして活用する”

Euglena, Accumulation by light irradiation, Move light to transport Euglena, The structure actuated by Euglena

走光性（光刺激に反応して光の強い方向へ向かうまたは避ける）を持つ微細藻類を利用

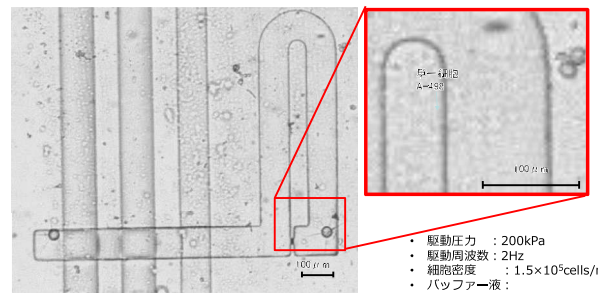
高密度の微細藻類を構造体に衝突させて輸送する

実現するには？
・ 微細藻類を集積し、構造体の両側で密度差を発生させ、衝突回数の差を生じさせる
・ 集積した微細藻類の構造体方向への輸送

○SU-8可動構造体の作製，構造体の厚みの改善が課題，光照射との統合が必要
○ミドリムシが構造体に及ぼす影響の調査 自発的な遊泳により，ミドリムシが構造体を1.8°回転させた

多点多照射システムを利用
走光性微細藻類の集積及び輸送技術を確立
微小構造運搬システムとしての利用，ドラッグデリバリー，光合成による治療を目指す

Sensors and Actuators A: Physical Volume 387, 1 June 2025, 116414



ポンプ統合型ピペットの構造

- ・ 駆動圧力：200kPa
- ・ 駆動周波数：2Hz
- ・ 細胞密度：1.5×10⁶cells/mL
- ・ バッファ液：MEM(MEM+10%FBS+1%Pen-Strep)
- ・ 細胞直径：15μm

nagai@me.tut.ac.jp

技術を究め、技術を創る
国立大学法人 豊橋技術科学大学

