

課題番号 94

ソフトロボティクス技術の導入による 細胞への機械刺激印加システム

[1] 組織

代表者：清水 正宏

(大阪大学大学院基礎工学研究科)

対応者：松本 健

(東北大学加齢医学研究所)

研究費：物件費 150,000 円

[2] 研究経過

本研究の目的は、ロボット技術を導入することにより、筋分化へ影響を及ぼす機械刺激のデザインと観察技術を確立することである。生物は、自己の運動が機械的な刺激を作り出し、それに細胞が生理学的また物理学的に応答して、形態と機能が、同時発生的に改良される。そこで研究は、細胞が物理的に環境と相互作用する機械刺激応答に注目し、筋分化に関わる機械刺激を柔軟にデザイン可能な生体-機械システムを開発する。特に、ソフトロボティクスの概念、技術を導入し、先端的なシステムの構築を試みる。ソフトロボティクスは、力学的な柔軟性を有することが大きな特徴である。一方で、生物を知的なロボティックシステムであるという立場で眺めると、その身体は力学的な柔軟性のみならず、時々刻々と自己改変を繰り返すことでシステム全体を作り替えるといった柔軟性（すなわち、成長）を有していることに気づく。細胞をソフトロボットとして理解することでシステム化し、従来の手法では不可能だった細胞生物学、分子生物学への新たな発見を期待する。これによって、生物・ロボットのインタフェース学を推進した。

近年、重要性が認識されているメカノバイオロジーにおいては、生物学的技術に加え、ロボット工学的な技術が必要不可欠である。ソフトロボティクス技術の導入が、細胞生物学、分子生物学的な基礎理解を推し進めるとともに、そこで得た知見が、生体素材を扱うための新しいロボット工学技術につながる応用が期待される。将来的に、サイボーグ型再生医療へ向けた革新的医療機器の開発が期待される。

研究打ち合わせ等の開催状況は次の通りである。基

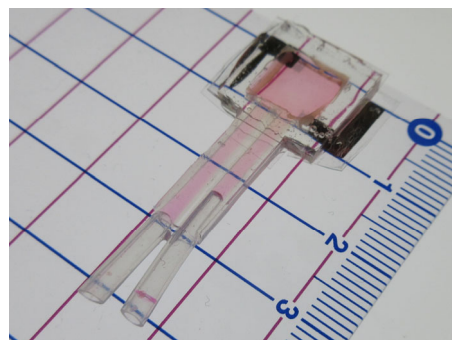


図 細胞触覚センサ

礎理解のためのメカノバイオロジー（加齢研担当教員宮坂、途中から松本に変更）、バイオソフトロボットの開発（申請者 清水）といった役割分担にて推進した。新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、大阪大学から東北大学への出張を伴う共同研究を実施することはできなかった。一方で、E-mail, Zoom によってオンラインでの議論を繰り返し行い、研究を推進した。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度、当初は共焦点顕微鏡のステージ上で、筋細胞を繰り返し伸展しながら、タイムラプス観察を可能とするシステムを開発する予定であった。東北大学加齢研における予備的な検証が終わり、要求仕様を決めていたが、新型コロナウイルスの感染拡大により、東北大学現地でのそれ以後の調整が難しくなったことから、研究内容を変更した。

機械刺激印加に応答して細胞内にカルシウムイオンが流入することを利用して触覚センサの開発を行った。上図に開発したセンサを示す。このセンサは、有機電極 PEDOT:PSS、金をインクジェット技術によりプリントした PDMS 薄膜にマウス由来筋芽細胞株 C2C12 を培養するチャンバを構成することでつくられる。PDMS 薄膜の裏側から印加された機械刺激を受容した筋細胞膜のイオン交換により発生する細胞外電位を計測することで、触覚センサとして利用することができる。

(3-2) 波及効果と発展性など

本共同研究におけるソフトロボティクス技術によって、細胞への機械刺激を印加するシステムを細胞触覚センサとして構成することができた。本システムは、ロボットハンドに実装可能なように設計されており、本共同研究の成果によって、今後の機械実装が期待される。

[4] 成果資料

(1) Masahiro Shimizu, Toshinori Fujie, Takuya Umedachi, Shunsuke Shigaki, Hiroki Kawashima, Masato Saito, Hirono Ohashi, Koh Hosoda: "Self-Healing Cell Tactile Sensor by Ultraflexible Printed Electrodes", in Proc. of 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 8932-8938, 2020.