

2022 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	土方 亘
研究機関名	国立大学法人 東京工業大学
所属部署名	工学院機械系
役職名	准教授
研究課題名	生体組織を設計し、操るモデルベース開発法の創発
研究実施期間	2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

研究成果の概要

生体組織は従来の工業用素材とは異なり、自己修復機能等を備えた人類未踏の新規素材であり、工学的に応用できれば医用福祉分野で技術のパラダイムシフトが期待できる。一方、そのためには生体組織の設計・創生・制御技術を体系化する必要があると考えており、本研究では特に骨格筋を用いたバイオアクチュエータを対象とし、筋収縮モデルを用いた骨格筋の設計・制御技術の創出に挑戦する。

今年度は摘出筋肉の収縮機能を維持するための灌流システムを構築した。また、このシステムを応用し、長さや質量の異なる最大6個の摘出筋を同時に灌流可能とするライブラリシステムを提案・設計・試作した。本ライブラリシステムは、剛性が既知のばねに骨格筋を接続可能な構成となっており、電気刺激による筋収縮をハイスピードカメラで撮影し、画像処理することで、全ての骨格筋の動的な収縮量と収縮力を一括で計測可能である。本システムを用いることで、筋収縮モデルのモデルパラメータと、骨格筋の長さ・太さなどの物理的パラメータの関係を少ない実験回数で求めることができ、生体組織のモデルベース開発手法における基本ツールとなることが期待できる。

更に、筋収縮モデルを用いたモデルベース制御にも取り組んだ。今年度は、刺激電圧の振幅を設計変数、筋収縮力の目標値と筋収縮モデルの出力の差の二乗和を評価関数とする最適化問題をオフラインで解き、事前に骨格筋に与える刺激電圧を求めることで、骨格筋の収縮を制御した。その結果、途中で収縮力が変化する二段階のステップ状の目標値入力に対して、灌流状態の摘出筋の収縮力を制御可能であることを実験的に実証した。さらに、1分程度の連続刺激と休憩を交互に与えた長時間刺激の収縮波形をもとに、骨格筋の疲労モデルを構築した。本モデルは筋肉の疲労と回復を表現可能であり、今後、筋疲労を考慮したバイオアクチュエータの設計や制御に応用予定である。