

2023 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	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本プロジェクトでは、生体組織を工学的に応用し、自己成長・自己修復機能等を備えた新規アプリケーションを創出するために、生体組織の設計・創生・制御技術の体系化を目指している。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・制御技術の確立に挑戦する。

今年度は筋収縮モデルを用いた制御系のさらなる深化に取り組んだ。具体的には、昨年度から引き続き、電気刺激を入力、筋収縮力を出力とする筋収縮の順モデルを用い、目標の収縮力が得られるように収束計算によって刺激電圧を最適化する制御系を開発した。特に、刺激電圧の振幅に加え、パルスごとの刺激間隔も最適化の設計変数とすることで、不完全強縮の制御も実現した。また、別のアプローチとして、収縮力を入力、刺激電圧を出力とする筋収縮の逆モデルも導出し、収束計算無しで制御可能なシステムも開発した。その後、摘出したカエルの腓腹筋によって、提案する制御法が適用可能であることを実験的に実証した。

上記モデルベース制御法に加え、モデルベース設計法の開発にも取り組んだ。具体的には骨格筋の長さや幅などの物理形状と、筋収縮モデルのパラメータの関係を、複数の筋肉を対象に実験的に導出した。その際、太さや幅の異なる複数の骨格筋の収縮特性を一括で評価可能な、昨年度開発したライブラリシステムも用いた。得られた物理形状とモデルパラメータの関係をを用い、最大収縮力など、アクチュエータとして必要な設計要件を入力とし、それを満たす骨格筋の形状を算出するモデルベース設計法も開発し、摘出筋と比較して誤差数%での設計精度を得ることができた。今後は、筋疲労モデルも考慮した設計法へと発展させる。また、バイオアクチュエータや筋肉電池など、摘出した骨格筋を用いたアプリケーションを設計し、本プロジェクトで推進するモデルベース開発法の有効性を検証する予定である。