

深層生体模倣ロボティクス

	研究代表者	東京工業大学・工学院・教授 鈴木 康一 (すずもり こういち)	研究者番号:00333451
	研究課題情報	課題番号: 23H05445 キーワード: バイオメカニクス、生体模倣、ロボティクス、ソフトロボティクス、動物学	研究期間: 2023年度~2025年度

なぜこの研究を行おうと思ったのか (研究の背景・目的)

● 研究の全体像

ロボット研究の大きなモチベーションの一つに生体模倣がある。これまで数多くの研究開発が行われてきたが、ロボティクスはいまだに機械仕掛けの動きや機能から脱することができていない。その最大の原因は、これまでのロボティクスが、生き物の身体を単純な機械部品の集合体におき換えてとらえ、その外観の動きのみを模倣してきたことにある。

本研究では、ロボットの身体を多様な柔軟組織が相互に癒着した連続体としてとらえ、人工筋肉、ソフトロボット学、動物学・整形外科学のこれまでの我々の成果をベースにして、身体内部の組織を模倣する(深層模倣)。既に我々は、イヌとウマの脚の解剖と再現を通じ、外からは見えない身体内部構造の模倣によって、設計者が予期しない機能や従来の工学や動物学では理解しがたい現象が発現することを見出している。

本研究では、ソフトロボット学と動物学の協働により、動物身体内部の柔軟組織の力学と運動を紐解き、精度と剛性を目指した従来のロボティクスとは対極にある、あいまいな柔軟組織の設計論を明らかにし、ロボティクスの新しい一領域を切り拓く。



図1 研究全体のイメージ図

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

本研究では、主にイヌとウマを対象に生き物の身体内部の柔軟組織の特性、動作メカニズムを明らかにし、それに基づいて、前脚、後脚、体幹(主に背骨周辺)の本格的な深層生体模倣を行う。それらを用いて実験・観察を進めることで、(1)身体内部の柔軟組織の特性を利用した運動メカニズムの解明と知的動作の発現、ならびに、(2)ロボティクス・動物学・整形外科学におけるこれまでの定説を覆す多くの新しい発見を目指している。

図2に本研究の大まかな流れを実施年度とともに示す。本文に記す番号は図の番号に対応する。

① 動物屍解剖(2023~2024年度): ロボット研究者と動物研究者が共同で主にイヌとウマの脚と体幹の解剖を行う。具体的には、筋肉や骨格とその周辺の柔軟組織(筋膜や脂肪組織)との癒着状態、境界、柔軟組織の力学特性の分布状況に着目し、組織配置および分布する組織の力学パラメータのマッピングを行うとともに、そこに潜んでいる駆動メカニズムを探し出す。

② 生きた動物の柔軟組織の変形と力学の解明(2023~2024年度): イヌやウマの脚や体幹が動くとき、周囲の柔軟組織が体内でどのように変形し、それに伴って筋肉がどのように走行するか、を明らかにする。生きたイヌやウマを実際に動かし、モーションキャプチャーやフォースプレートのほか、X線装置、CT、MRIを用いて体内の柔軟組織の挙動を観察し、柔軟組織の力学と形態を明らかにする。従来の筋骨格モデルでは、筋肉は起止停止間を直線状に縮むとされているが、実際は筋肉の径方向への膨らみと周りの組織の拘束により湾曲して走行する。この状況を明らかにする。

③ 深層生体模倣ロボットの各種パーツの創造(2024~2025年度): ①と②の結果に基づき、我々が既に保有する「柔軟材料とその成形」と「人工筋肉」の2つの技術を用いて、脚及び体幹の模倣を行う。新学術領域「ソフトロボット学」の研究成果として、異方性や粘弾性を含む様々な特性を持つ柔軟材料の開発や人工筋肉や骨格との複合成形等、柔軟組織の模倣技術を既に確立している。本研究では、これらを統合した新たな複合3Dプリントシステムを用いて深層生体模倣を行う。

④ 評価(2024~2025年度): 試作した深層生体模倣ロボットパーツを用いて評価実験を行う。具体的な内容として、(a)実際の動物の表層/深層における動作/変形挙動との比較、(b)「筋肉の逆作用現象」の確認と解明、(c)「柔軟組織による関節の運動」の発現と解明(支配的な筋肉の特定と発現条件・メカニズムの解明)、(d)「多関節体幹の安定性問題」の解明、(e)「回転プレが誘発する生き物らしさ」現象の再現と解明、(f) その他、従来の動物学やロボティクスの理解と反する現象の発見と解明、を行う。

図3にこれらを統合した深層生体模倣ロボットのイメージを示す。

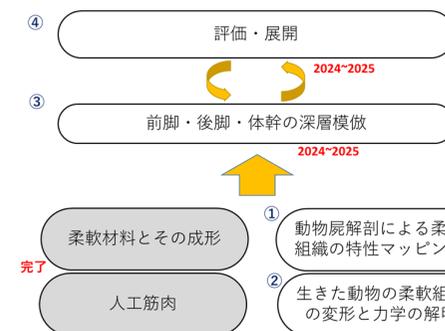


図2 研究の進め方

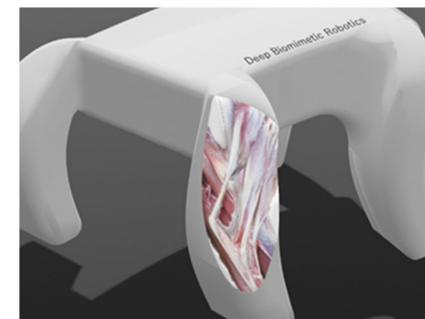


図3 深層生体模倣ロボットのイメージ