

生体ゆらぎに学んだ人工筋肉システムの開発

～厄介者のノイズを工学的に活用する方法～

工学研究科 電気物性工学専攻

◎M2 出口 誠大、助教 藤谷 海斗、教授 堀田 育志

キーワード

人工筋肉、生体ゆらぎ、階層構造、ノイズ



研究概要

本研究では、生体筋肉のように柔軟で頑強な人工筋肉アクチュエータの実現を目的としている。そこで、生体筋肉の構造と動きに着目し、それらを模倣したハードウェアの設計と、運動ニューロンの制御機構、さらに生体システムに見られる「ゆらぎ」現象を組み合わせたマッキベン型人工筋肉システムの開発を進めている。

生体筋肉は、図1に示すように、ミクロなレベルでアクチンとミオシンというタンパク質からなるサルコメアが動くことで収縮しており、複数のサルコメアが連なった筋原線維、さらにそれらが束ねられた筋線維や筋束の収縮によって、大きな力を生み出す構造になっている。これらの筋線維は、1本の運動ニューロンにより制御されており、ニューロンの発火頻度に応じて収縮の強さや速さが調整されている。また、生体の運動には「ゆらぎ」と呼ばれる微細な揺動が常に存在していることが知られている。近年の研究で、アクチンとミオシンの動きには熱によるゆらぎが活用されていることが明らかとなり、このゆらぎは筋肉システムの機能において重要で有益であるとされている。

これらの知見を踏まえ、本研究では、サルコメアに相当する短いマッキベン型人工筋肉（図2）を連結し、筋原線維の構造を再現した人工筋肉と、ノイズによってゆらいだ発振を行う特殊な発振器を用いた運動ニューロン制御を組み合わせた、ノイズ環境下でも発火頻度を調整して筋原線維を動作させるシステム（図3）を開発した。実際の筋肉の構造を再現することで、収縮部位が分散し、それに伴って柔軟性と頑強性が向上すると考えられる。

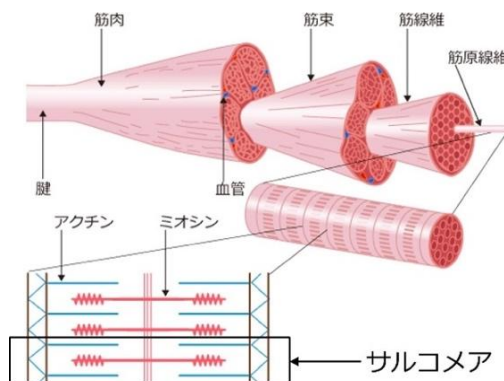


図1 筋肉の構造



図2 マッキベン型人工筋肉



図3 実験装置

アピールポイント

本研究では、短いマッキベン型人工筋肉を直列に接続し、収縮時にも非収縮部が残る構造を採用することで、アクチュエータの柔軟性と高出力を両立しています。さらに、動作部位を分散させることで、一部の人工筋肉が故障しても、他の非動作部位がその機能を補完し、全体としての出力が維持される、頑強なシステムとなっています。将来的には、構成要素のエネルギースケールを小さくすることで、熱ノイズを積極的に活用できる可能性があり、従来の電子デバイスにおいて熱ノイズに打ち勝つために必要だったエネルギーの削減が期待されます。生体に見られる複雑性や冗長性をあえて取り入れることで、より生体筋に近い特性の人工筋肉が実現され、特に人と接するロボティクスにおいて、新たな価値をもたらすと考えています。