

氏名	岩田 和大
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第4953号
学位授与の日付	平成26年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	伸／縮 McKibben 型人工筋の複合による形状適応メカニズム
論文審査委員	教授 鈴木康一 教授 五福明夫 教授 渡辺桂吾 准教授 神田岳文

学位論文内容の要旨

林業や災害救助活動では不定形かつ重い物体を扱う必要がある。従来、重量物を把持するためのシステムには油圧シリンダとリンク機構が用いられてきたが、形状適応性が低いため、不定形物の把持には不向きである。そこで近年、形状適応性を持つ把持機構の開発が盛んに進められている。

本研究では油圧シリンダに替わる高出力人工筋肉を開発し、リンク機構を用いず、不定形物把持が可能なメカニズムを構築することを目的としている。筋肉のみで構成された骨格と関節を持たない柔軟な把持機構を実現するため、象の鼻と蛸の足の構造に着目した。これらの生体構造は伸長する人工筋が圧縮荷重、収縮する人工筋が引張荷重を受け持つ構造とすることで高い剛性を実現している。

はじめに、非線形有限要素法(FEM)解析を用いて把持機構に適した伸／縮動作が可能な複数の McKibben 型人工筋の設計を行った。一般に McKibben 型人工筋は軸方向に収縮するように設計されているが、平衡角以上の編組角に着目し、この角度を適切に決めることで、発生力と膨張量、変位量を任意に設定できる収縮型と伸長型の人工筋を製作できることを発見した。これにより製作した人工筋の駆動特性を用いて把持メカニズムの挙動解析を行った。

象の鼻のような索状メカニズムの筋肉配置で解析を行うにはモデル化が困難であり解析時間も長くなる。そこで、解析と実験により人工筋肉の非軸方向における力学特性を求めた。また、異方性弾性を用いることで発生力や変位が同等の簡素な解析モデルを製作し、これらを筋肉配置の解析に適用する。これによりソフトメカニズムの構造最適化が容易となり、発生力と湾曲量に優れる柔軟な把持機構の設計が可能となった。解析結果を基に1本の収縮型人工筋の周りを5本の伸長型人工筋が覆う構造の高出力な象の鼻を模した形状適応メカニズムを製作した。任意の伸長型人工筋を駆動させることで全方向への湾曲と高い柔軟性を実現した。また、簡易 FEM モデルを用いることで多数の McKibben 型人工筋が複合したメカニズムの定量的な設計が容易に行える設計手法を確立した。

論文審査結果の要旨

林業や災害救助の現場では不定形の重量物の取り扱いが求められる。従来、重量物を取り扱うシステムには油圧シリンダとリンク機構が用いられてきたが、形状適応性が低いため不定形物の取り扱いには必ずしも向いていない。

本研究では、油圧シリンダに代る高出力 **McKibben** 型人工筋を開発し、骨格や関節を持たず筋肉のみで構成される形状適応メカニズムに適用している。象の鼻と蛸の足の構造において、その断面内に圧縮荷重と引張り荷重を受け持つ部分がそれぞれあることに着目し、伸長人工筋と収縮人工筋を複合することで、大きな可搬力を実現しうるメカニズムを提案した。

はじめに、有限要素法(FEM)解析に基づき、特性の異なる複数の **McKibben** 型人工筋の設計を行った。スリーブの編組角、スリーブ材料、ゴム材料、端末形状を工夫し、発生力、膨張量、変位量を任意に設定して設計できることを示した。これにより、従来に比べて 13~50 倍の最大印加圧力を持つ収縮型と伸長型の人工筋を実現した。

複数の人工筋を複合したメカニズムを設計するには、**McKibben** 型人工筋の非軸特性の解明と、計算負荷の小さい FEM モデルが必要となる。本研究では、まず解析と実験により人工筋の非軸方向の力学特性を明らかにした。また、異方性弾性シェル要素を用いた簡素 FEM モデルを提案し、これらを人工筋配置の設計に適用した。これにより人工筋複合メカニズムの最適構造設計が容易に行えるようになり、発生力と湾曲量に優れるメカニズムの設計が可能となった。

これら結果を基に象の鼻を模した形状適応メカニズムを製作し、良好に動作することを実験で実証した。

このように、本研究は、伸／縮 **McKibben** 型人工筋と、それらを複合して構成される形状適応メカニズムについて、その設計、製作法を具体的に示すとともに、その特性を理論と実験の両面から明らかにした。この成果は従来にない人工筋複合メカニズムの実現を可能にするものである。

本学位審査委員会は、学位論文の内容ならびに参考論文等を総合的に判断し、博士(工学)の学位に値するものと判断する。