

氏 名 盛 真唯子

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4131号

学位授与の日付 平成22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 高収縮力 McKibben 型人工筋の開発と不定形重量物用ハンドへの応用

論文審査委員 教授 鈴森 康一 教授 則次 俊郎 教授 五福 明夫

学位論文内容の要旨

従来の McKibben 型人工筋を応用し、従来と比較して格段に大きな発生力を持つ新しい人工筋を開発した。これを不定形の長尺重量物を扱うパワーハンドへ適用し、新しい把持機構を実現すると共に、その有用性を示した。開発した人工筋には、高い発生力のために水圧駆動を採用し、従来より高圧印加の必要性から、新たな封止手法を確立した。この手法によって試作した人工筋の実験・評価を行ない、アクチュエータ質量や耐圧とアクチュエータ仕様との関係を示した。従来人工筋より高圧印加に適合したスリーブ繊維の重要性を実証し、高収縮力人工筋のためのスリーブ繊維材質について検討し、高強度繊維である PBO 繊維の有効性を示した。また、スリーブ繊維の螺旋角度、スリーブを構成する繊維束の太さ、打ち数(アクチュエータ周方向の繊維束数)のスリーブの仕様を決定する3つのパラメータについて考察し、これらのパラメータがアクチュエータ仕様に及ぼす影響について明確にし、これらを考慮したスリーブ設計指標を確立した。これを適用した試作スリーブを用いた人工筋の加圧試験、評価を実施し、高収縮力人工筋に最適なスリーブを実現し、アクチュエータ外径と各パラメータとの関係を明らかにした。なお、スリーブの試作には最大 96 打ちのスリーブを製作できる大型の製紐機を導入し、多様な仕様のスリーブ製作に対応可能とした。開発した人工筋は、最大 4MPa の圧力印加が可能であり、最大 28kN の発生力を発揮する。4 つのパラメータ、FDV(Force density per volume)、FDM(Force density per mass)、EDV(Energy density per volume)、EDM(Energy density per mass)を用いた評価手法によって、従来直動アクチュエータ性能との比較・評価を行った。開発した高収縮力人工筋のすべてのパラメータが従来の直動アクチュエータの値と比較して 1.7 倍から 84 倍の値であることを示した。さらに、高収縮力人工筋の高い発生力と柔軟性を生かし、把持対象物形状に倣い動作可能な新たな把持機構の提案、その重要性と可能性を示した。このハンドは、人工筋の収縮動作によって生じる屈曲動作によって把持動作を行なう。また、高発生力な流体アクチュエータ用の水圧駆動システムの検討を行い、高圧低流量ポンプと低圧大流量ポンプを切り替えることで、高圧大流量を発揮するシステムを考案し、パワーハンド用に適用した。パワーハンドの把持力と対象物形状への適応性検証試験を行ない、その有効性を確認した。

以上のように、本研究は、従来に比べて格段に大きな力密度を有する柔軟なアクチュエータを実現し、これを把持機構へ応用して、その有用性を実証したものである。

論文審査結果の要旨

本論文は、従来と比較して格段に大きな発生力を持つ新しい **McKibben** 型人工筋を開発し、これを不定形の長尺重量物を扱うパワーハンドへ適用して新しい把持機構を実現し、その有用性を実証したものである。

人工筋の開発では、①各種の評価パラメータに基づいて従来のアクチュエータの力密度評価を行った後、水圧駆動の人工筋の設計、開発に着手し、②新たな封止手法を確立するとともに、③PBO 繊維を用い、スリーブ編組角、打ち数、持ち数を最適化した高圧対応スリーブを開発した。この結果、4MPaの圧力印加を可能とし、28kNの発生力を発揮する人工筋(外径 40mm)を実現した。これは、FDV(Force density per volume)、FDM(Force density per mass)、EDV(Energy density per volume)、EDM(Energy density per mass)といったアクチュエータの評価パラメータにおいて、従来の直動アクチュエータの値と比較して1.7倍から84倍の値を示している。

次に、この人工筋をパワーハンドに適用した。開発した人工筋の高い発生力と柔軟性を生かし、把持対象物形状に倣い動作可能な新たな把持機構を提案し、その重要性和可能性を実験で示した。この際、高圧から大流量領域まで広い動作領域での動作を実現するために、高圧低流量ポンプと低圧大流量ポンプを切り替え制御する水圧制御システムを開発した。パワーハンドの把持力と対象物形状への適応性検証試験を行ない、その有効性を確認した。

以上のように、本論文は、従来に比べて格段に大きな力密度を有する柔軟なアクチュエータを実現し、これを把持機構へ応用して、その有用性を実証したものである。これは、レスキュー作業、林業等の分野における不定形重量物の取り扱い用ロボットの実現に新たな道を開く研究成果といえる。これは、岡山大学大学院自然科学研究科における博士論文の認定基準を満たしており、博士(工学)の学位論文として認められる。