

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |   |
|-------------------|---|
| 題目(和文)            | 多繊維能動構造体とヒト型筋骨格ロボットの研究  |
| Title(English)    |   |
| 著者(和文)            | 車谷駿一  |
| Author(English)   | Shunichi Kurumaya   |
| 出典(和文)            | 学位:博士(工学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第11127号,<br>授与年月日:2019年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:鈴森 康一,中島 求,田中 博人,菅原 雄介,遠藤 玄   |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第11127号,<br>Conferred date:2019/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文  |
| Category(English) | Doctoral Thesis   |
| 種別(和文)            | 審査の要旨   |
| Type(English)     | Exam Summary  |

## 論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号        | 甲第  | 号     | 学位申請者氏名 |     | 車谷 駿一 |     |
|-------------|-----|-------|---------|-----|-------|-----|
|             |     | 氏名    | 職名      |     | 氏名    | 職名  |
| 論文審査<br>審査員 | 主査  | 鈴木 康一 | 教授      | 審査員 | 田中 博人 | 准教授 |
|             | 審査員 | 遠藤 玄  | 准教授     |     |       |     |
|             |     | 中島 求  | 教授      |     |       |     |
|             |     | 菅原 雄介 | 准教授     |     |       |     |

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「多繊維能動構造体とヒト型筋骨格ロボットの研究」と題し、以下の5章からなる。

第1章「序論」では本研究の背景と目的を述べている。すなわち、まず近年のロボティクスにおける筋骨格ロボットの開発の意義を述べた後、ヒトの運動系と類似した構造と特性を有する筋骨格ロボットを実現するためには、柔軟で多様な形態に形成できる人工筋の開発が最も重要な研究課題の一つであると述べ、種々の形式の人工筋とそれを用いた筋骨格ロボットについて従来の研究開発状況を概観し、その特徴と問題点をまとめている。次に、近年開発された細径人工筋に着目し、これを複数組み合わせることにより筋骨格ロボットに適した人工筋が構成できる可能性を指摘し、これを多繊維能動構造体と名づけている。多繊維能動構造体を応用することで、筋肉集積度と冗長度において従来よりも優れた筋骨格ロボットが実現できる可能性を指摘し、本論文の目的は、多繊維能動構造体の特性と設計法を明らかにするとともに、これをヒト型筋骨格ロボットに適用して従来よりもヒトに類似した筋骨格ロボットを実現することであると述べている。

第2章「多繊維化に向けた細径人工筋の特性解明と定式化」では、細径人工筋単体の諸特性を明らかにし、多繊維能動構造体の設計の基礎となる理論特性式を導いている。すなわち、まず本研究で用いる細径人工筋の長手方向の収縮特性を明らかにした後、多繊維能動構造体を設計するには、従来の細径人工筋の研究では注目されてこなかった径方向の膨張変形特性と、湾曲状態での動作時の耐久性が重要な課題になると述べている。次に、長手方向の収縮特性と径方向の膨張変形特性を同時に扱うモデルを立てて理論特性式を導き、実験結果とよく一致することを示している。さらに細径人工筋を湾曲状態で駆動する際の耐久性について実験を行い、代表的な破壊の形態を示して分類するとともにそのメカニズムを明らかにしている。

第3章「多繊維能動構造体の開発と筋繊維干渉メカニズムの解明」では、多繊維能動構造体の具体的な構成方法を提案し、理論と実験の両面から設計パラメータと動作特性の関係を明らかにしている。すなわち、まず、細径人工筋をヒトの筋肉における筋繊維とみなすことにより、ヒトの身体に見られる多様な形状の筋肉が構成できると述べ、紡錘状の筋肉と板状の筋肉をそれぞれ模擬する「並列構造」と「三つ編み構造」の2つの多繊維能動構造体を提案している。次に、提案したそれぞれの多繊維能動構造体について、それらを構成する細径人工筋間の干渉を考慮した幾何学モデルを提案して理論特性式を導いている。適切な設計をすることにより、多繊維能動構造体がそれを構成する細径人工筋単体の収縮率よりも大きな収縮率を持つことを示すと同時に、多繊維能動構造体の収縮特性を決める主要な設計パラメータは、並列構造では細径人工筋の本数とアスペクト比であり、三つ編み構造では編み目の密度であることを示している。次に、各種設計パラメータを変えた多繊維能動構造体を複数試作して実験を行い、提案したモデルと理論特性式の妥当性を示している。

第4章「細径人工筋を用いたヒト型筋骨格ロボットの開発」では、多繊維能動構造体を用いたヒト型筋骨格ロボットの設計手法を示し、従来のヒト型筋骨格ロボットに比べて格段にヒトに類似した特性を実現できることを実証している。具体的には、顎、体幹、下肢の3つの部位に注目して試作と実験を行い、医学的知見に基づく筋収縮駆動により、顎では口の開閉と左右へのすりつぶし動作を、体幹では屈曲・伸展、側屈、回旋動作を、下肢の股関節では屈曲・伸展、内外転、回旋の動作を、膝関節では屈曲・伸展、回旋の動作を、足関節では背屈・底屈、内外返し動作を、足部のアーチ構造ではコンプライアンスとエネルギー散逸率の制御を、それぞれ実現し、従来に比べて格段にヒトに類似した構造と特性を有する筋骨格ロボットを構成できることを実証している。さらに定量的な評価指標として、筋肉の集積度と駆動系の冗長度の再現性に注目して、筋肉の集積度の再現性を示す Muscle Number Ratio と駆動系の冗長度の再現性を示す Redundancy Ratio という2つの評価指標を提案し、これに基づいて評価を行った結果、両者とも従来開発されたヒト型筋骨格ロボットの最高値の約1.5倍の値となると述べている。

第5章「結論」では、本研究で得られた結論を総括するとともに、今後の展望を述べている。

以上を要するに、本論文は多繊維能動構造体の特性と設計法を明らかにするとともに、これをヒト型筋骨格ロボットに適用し、その可能性を実証したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。