T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	空圧人工筋肉を用いた能動布に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	平光立拓
Author(English)	Tatsuhiro Hiramitsu
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11124号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:鈴森 康一,松永 三郎,塚越 秀行,中西 洋喜,遠藤 玄
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11124号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	機械 系 機械 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名： Student's Name	平光 立拓	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	鈴森 康一
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	遠藤 玄

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本研究は，「人工筋肉を用いた能動布」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について述べた．従来の機械システムは多くの部品から構築されており，その設計・製造のためのコストが，機械の普及の障害となっている．少数の種類の部材の組み合わせからなる機械システムについて概観した後，特徴的な例として紐と人工筋肉を絡ませることで製作する布状の構造物：「能動布」を取り上げ，生産性の視点からその工学的な意義を議論した．空圧人工筋肉を用いた能動布の設計法を明らかにするために，構成方法の提案し，変形特性を理論と実験の両面から明らかにするとともに，可搬性に優れた能動布を実現するための空気配管を必要としない柔軟な人工筋肉の実現可能性を示すことを本研究の目的とする．

第 2 章「空圧人工筋肉を用いた平面状能動布の変形解析」では，平坦な織布状の能動布を対象とし，能動布の構成法を分類・整理するとともに，その動作原理と変形特性を明らかにした．平面状能動布の代表的な編織パターンとして，平織・綾織・朱子織と呼ばれる三種の織組織に分類し，その変形を人工筋肉と索状弾性体のそれぞれの走行方向における湾曲変形成分の組み合わせで表した．また，二つの湾曲変形成分によって，能動布の変形を平型・山型・谷型・鞍型の四種類に分類した．それぞれの湾曲変形成分について，交錯した索体の幾何学的変形モデルを構築し，3D スキャナを用いた変形測定の結果と比較した結果，提案したモデルが比較的固い索状弾性体を用いた場合と，朱子織組織を採用した場合において一致することを示した．また，緯糸種類の異なる三種の平織能動布を対象とし，人工筋肉の膨張が引き起こす能動布の緯糸方向の収縮の力学特性を実験的に評価した．この実験から，人工筋肉の配置が同様であっても，交錯させる索状弾性体が異なることで，能動布の力学的特性が大きく変化することを確認した．

第 3 章「空圧人工筋肉の螺旋走行からなる円筒状能動布への展開」では，立体的な筋走行を含む能動布として，人工筋肉を三次元螺旋状に走行させた円筒構造を取り上げ，具体的な構成法を示した後，その変形を解析するための手法を提示した．対象とする円筒構造を平織の能動布を螺旋状に巻いたものとして近似し，その経糸・緯糸の走行方向に基づいた拡大収縮変換を行うことによって，円筒状能動布の軸方向への伸縮，径方向への膨張/収縮，軸周りの捻転の各動作を得る解析方法を示した．実際に空圧人工筋肉の走行角度の異なる二種類の円筒構造を試作して行った実験では，円筒構造の径方向・軸方向の駆動傾向について，両者ともに理論特性と実験結果が平均二乗誤差 7%以内で一致することを確認した．

第 4 章「配管を必要としない柔軟空圧人工筋肉の実現」では，携帯性に富み，多自由度動作が可能な能動布の実現を目指し，コンプレッサや空気配管を必要としない柔軟人工筋肉の実現可能性について述べた．先行研究で提案された水の電気分解/合成反応を空圧アクチュエータ内部で起こす駆動方式：「気液変換駆動」を取り上げ，能動布に応用するために必要な柔軟性の確保との両立を図った．McKibben 型人工筋肉と比較して約 10 分の 1 の圧力域で駆動可能なプラスチックフィルム製人工筋肉：バッグスアクチュエータの構造に着目し，小さな短冊状に形成したイオン交換樹脂を複数連節させることを提案するとともに，機能確認のための試作と実験を行った．駆動実験では，発生気体の分離膜の有無による二種類の試作機を用意し，本駆動方式による十分な動作が可能であること，適切な発生気体の分離膜によって駆動/復帰の両方向の動作が繰り返し行えることを示した．これにより，能動布に適用可能な，配管を必要とせず柔軟な構造の空圧人工筋肉の実現可能性を実証した．

第 5 章「結論」では，本研究で得られた結果を総括し，今後の課題と展望について述べた．

以上を要するに，本論文は，細径人工筋肉を編織することによって製作される布状の能動構造物：能動布の構成を提案するとともに，その基本的な変形原理を実験的・幾何学的に検証した．

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	機械 系 機械 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of （ 工学 ）
学生氏名： Student's Name	平光 立拓	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	鈴森 康一
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	遠藤 玄

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

This thesis proposed a novel style mechanism consisting of woven pneumatic artificial muscles and strings. Finally, it clarified characteristics of the proposed mechanisms through various experiments.

In the first chapter, it referred to reducing of the diversity of components of mechanical systems. It discussed requirements of the proposed woven mechanisms.

In the second chapter, it proposed textile-like mechanisms with three foundation weave structure, and clarified relationship between woven structure and deformation forms. The deformation form of the textile-like mechanism is changed by woven structure and string used as wefts. Textile-like mechanisms bend and contract along the warp direction and the weft direction by contraction and expanding of thin McKibben muscles.

In the third chapter, it proposed cylindrical structure with helical muscles running as a complex form of woven mechanism. It proposed simple geometric model by linear transformation of side shape.

In the fourth chapter, it proposed the air hose less pneumatic artificial muscle. It is driven by built-in air pressure source using reversible chemical reaction of water. It is confirmed that the hose less system works with only electric wires.

As a counter measure to bulky of pneumatic systems concerned with multiple degrees of freedom of

In the fifth chapter, it summarized the results obtained in this research and described future work and prospects.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).