

平成 30 年 8 月 21 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H03054

研究課題名(和文) 柔軟パラレルメカニズムによる日常装着できる上肢動作支援装置

研究課題名(英文) Wearable Upper limb motion assist device based on compliant parallel mechanism

研究代表者

荒田 純平 (ARATA, Jumpei)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：40377586

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では並列にばねを配置した柔軟パラレルメカニズムを新たに構築し、その有効性を示すことが出来た。提案する機構の利点は、1. 身体に装着した場合、柔軟要素が進退の動作に併せて変形し、沿うように配置されるため小型・軽量に構成できる。2. ばねの持つ柔軟性によって、設計上ばねの剛性を事前に検討することで、過剰な外力を身体にかけず安全に動作できる。3. 同様に柔軟性によって、関節中心の移動など、身体特有の構造への適用でも過剰な負荷をかけることが無い、が挙げられる。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have successfully developed a new compliant-parallel mechanism that has a two springs parallelly located and showed its feasibility. The advantages of presented system are: 1. The proposed mechanism deforms according to the wearer's motion along with the body surface thus not prohibit the user's motion. 2. The intrinsic spring flexibility avoids the excess load to the wearer's limb. 3. The spring flexibility also plays a key role to avoid the excess force even the joint center is moving -which is often a major issue for a rigid mechanism.

研究分野：ロボット工学

キーワード：エグゾスケルトン 機構 日常生活動作 リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

現在、リハビリテーション用ロボットは、広く研究開発されるに至り、効果的な臨床成果が報告されつつある。さらに、この延長上には、日常的に装置を人体へ装着し、その動作を支援することで日常生活動作を支援するための装置開発が試みられている。このような装置は、障害者や高齢者のリハビリテーション効果の向上、さらには自立的な行動を促進する効果が期待され、我が国の医療、国民の安全・安心な生活に大きく寄与すると考えられる。しかしながら、これまでに開発された装置は、軸・ベアリングに代表される従来産業機械技術の転用であるため、そのサイズ・重量・安全性において大きな制限が生じている。よって、人体バイオメカニズムに即した小型・軽量の形状で、人体へ沿うように装着可能で人体動作を阻害せず、安全な動作支援を可能とする新たなアプローチからのメカニズム開発が必要である。その具体的目標として、本研究ではまず、ばねを複合的に応用した柔軟パラレルメカニズムの創発と設計方法論確立を目指す。さらには、これらの成果により、従来から多岐にわたる動作自由度から開発が困難とされている手指を含む上肢の動作支援装置開発を行う。上肢は元来より、衣食住にかかわる日常動作について、大きな比重を占めている。よって、手指を含む上肢の巧緻な動作支援装置の開発によって、これらの問題を抱える障害者、および高齢者の生活の質を飛躍的に向上できる可能性がある。このような装置は、従来のメカニズムに頼った研究開発では不可能であった。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は、ばねを複合的に応用した従来に無い、新たな柔軟メカニズム構築により、人間と機械の協調のための新たな機械要素技術としてブレイクスルーをもたらし、リハビリテーションや障害者補助など、社会へ広く貢献する技術を提供することにある。

3. 研究の方法

本課題では、柔軟なパラレルメカニズムの具体的応用として、上肢の多自由度運動支援を行うためのデバイス開発を行った。具体的には、図1に示すような上肢自由度構成において、別途研究誌を進捗する手指部を除き、肘部、肩部の機構開発を行うこととした。その過程において、共通の問題点を明らかにすることで、課題を抽出し、克服するアプローチを取った。

4. 研究成果

最終的な研究成果として、図2に示す上肢運動支援可能なエグゾスケルトン装置を開発し

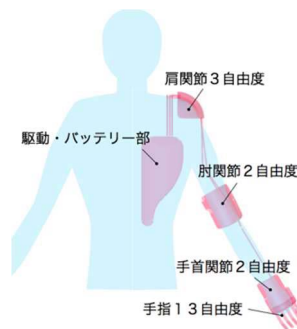


図1 上肢の自由度構成



図2 開発した上肢エグゾスケルトン

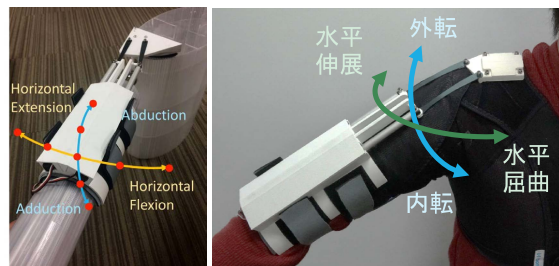


図3 肩部エグゾスケルトン

た。開発した装置は肩部2自由度、肘部2自由度、手首部2自由度、手指部13自由度で、合計19自由度である。それぞれ柔軟メカニズムを活用した機構を実装している。本課題で開発した①肩部、②肘部、③手首部の構成について以下に述べる。

① 肩部

図3に示すとおり、肩部のエグゾスケルトンは、並列にばねを配置し、それぞれを長手方向へ独立して長手方向に直動運動入力することで屈曲・伸展と外転・内転を実現する柔軟メカニズムを構築、実装した。同様の機構は手首にも採用されている。開発した機構は、ばねの持つ柔軟性によって、回転中心が一点に定まらない人体構造であっても無理な負荷をかけることなく動作支援が可能であることを実験的に明らかにした。また、試作機によって、図3右図に示すとおり、人体の動作支

援が可能であることを示した。

② 肘部

人体の肘部運動は、回転中心が一点に固定された比較的単純な構造を有するため、直接的にモータを駆動することにより行う手法を採用した。

③ 手首部

手首部エグゾスケルトン機構は、原理的に肩部に実装された機構と同一とした。また、手首はサイズが肩と比較して小さく、筋肉・脂肪層が薄いため、よりロボットの運動支援による関節への負荷についての配慮が必要と考えられる。よって、人体を模擬した装置と、ロボットとの接合部に力覚センサを設置し、身体に加わり得る最大の力を測定したところ、最大でも 5N 程度であることを明らかとした。この数字は人体が剛体であるという仮定で実験的に得た数値であり、実際は身体への負荷はより小さく、よって柔軟性が高い安全性に有益であることが確認された。より詳しい機構単体に関する評価は〔雑誌論文①〕に詳しい。

これらのことより、本課題では並列にばねを配置した柔軟パラレルメカニズムを新たに構築し、その有効性を示すことが出来た。この提案の有益な点は

1. 身体に装着した場合、柔軟要素が進退の動作に併せて変形し、沿うように配置されるため小型・軽量に構成できる
2. ばねの持つ柔軟性によって、設計上ばねの剛性を事前に検討することで、過剰な外力を身体にかけず安全に動作できる
3. 同様に柔軟性によって、関節中心の移動など、身体特有の構造への適用でも過剰な負荷をかけることが無い

が挙げられる。本課題で得られた成果は、より発展が可能であると実施者は考えており、今後も研究開発を継続する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

- ① Tomohito Higuma、Kazuo Kiguchi、Jumpei Arata、Low-profile Two-degree-of-freedom Wrist Exoskeleton Device using Multiple Spring Blades、IEEE Robotics and Automation Letters, Vol.3(1), pp.305-311, 2018.

〔学会発表〕(計 3 件)

- ① Tomohito Higuma、Kazuo Kiguchi、Jumpei Arata、Low-profile Two-degree-of-freedom Wrist Exoskeleton Device using Multiple Spring Blades、Proc. of Int. Conference on Intelligent Robots

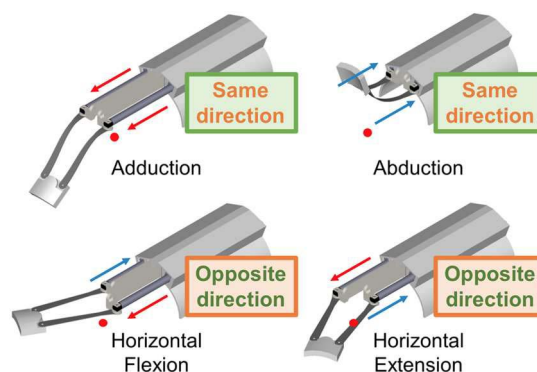


図 4 手首部エグゾスケルトン動作

And Systems (IROS), MoAT13.3, 2017.

- ② Tomohito Higuma、Taiki Yuasa、Jumpei Arata、SMOVE: Hand exoskeleton device for rehabilitation -Overview and its mechanical design-、Proc on International Functional Reconstruction of the Hand (IFRH) 2017, pp.24, 2017.

- ③ 日隈友仁、湯浅太熙、金澤昌範、迎伸孝、橋爪誠、木口量夫、荒田純平、遠隔に動力配置するリハビリ用ハンドエグゾスケルトン装置に関する研究、日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会予稿集, 2P1-P09, 2017.

- ④ 日隈友仁、金澤昌範、木口量夫、荒田純平、ばね要素を複合的に用いた柔軟な手首機構を有する前腕部運動支援装置の開発ー柔軟要素による動作支援機構開発に関する報告ー、日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会予稿集, 2P1-02A2, 2016.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称：並列ばねによる 2 自由度回転機構
発明者：荒田純平、橋爪誠
権利者：九州大学
種類：特許
番号：特願 2016-113880
出願年月日：2016 年 6 月 7 日
国内外の別：国内

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

<http://system.mech.kyushu-u.ac.jp/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒田純平 (ARATA, Jumpei)
九州大学大学院工学研究院機械工学部門・
准教授
研究者番号：40377586

(2) 研究分担者

橋爪誠 (HASHIZUME, Makoto)
九州大学医学研究院・教授
研究者番号：90198664

(3) 研究分担者

木口量夫 (KIGUCHI, Kazuo)
九州大学工学研究院機械工学部門・教授
研究者番号：90269548