

研究結果の概要

研究課題名（課題番号）：炭素繊維バネ搭載ロボット装具による労働者の腰痛防止のための
医工連携研究（190401）

研究代表者 小野寺宏

研究実施期間：令和1年 7月1日から令和2年3月31日まで
（3）年計画の（1）年目

研究の目的：

荷物の上げ下ろし作業支援のための炭素繊維強化プラスチック(CFRP)バネを搭載した下肢用装具ロボットを開発する。令和1年度は、CFRP バネ搭載下肢装具を設計製作し荷物の持ち上げ実験を行い、フォースプレート、光学式3次元動作解析装置、ビデオ画像のディープラーニングを用いた運動力学解析を行うとともに装着者が装具ロボットの性能を評価するためのアンケートを制作する。令和2年度は1年度モデルを改良し労働現場でのテスト用モデルを制作する。令和3年度は実用モデルを制作し腰痛予防・軽減効果を評価する。腰痛対策には重量物作業時の姿勢が重要であるため腰痛防止のための正しい挙上方法と姿勢についての作業マニュアルを作成し労働安全（腰痛予防）に寄与する（重量物作業時の腰痛防止マニュアルとして労働安全行政に提言）。

※ 労災補償行政の課題との関連性

労働者の腰痛予防・軽減対策としては可能な限り重量物を持ち上げる作業を減らすことが最重要である。15kgを超える重量物の日常的な上げ下ろし作業は機械が担うことが望ましい。15kgを超える重量物を人間がやむを得ず空間保持・移動させざるを得ない業種においては従来型のモーター駆動型装具ロボットが担うことになる。このように本研究において実用化を目指す無動力 CFRP 装具ロボット（15kg以下の重量物での作業）と従来型のモーター搭載型ロボットとは効率的に役割分担できると考える。腰痛は荷物持ち上げ型の労働で頻発しており労働補償行政のなかで解決すべき重要項目となっている。重量物を日常的に扱う労働環境において労働者は脊椎の障害（椎体変形、圧迫骨折、椎間板損傷）に起因する疾患および疼痛に悩まされ離職や生活の質の低下など社会的にも大きな損失が生じる。本研究では、多くの労働者が負担感なく短時間で脱着が可能で安全な装具ロボットを目指しており労働補償行政に貢献できると信じる。

研究方法：

炭素繊維板バネ搭載下肢用ロボットの装着による腰痛予防・軽減効果を評価して実用性能を有する装具ロボットを開発する。令和1年度は市販の汎用装具を改造して炭素繊維バネで下肢と靴部を連結し種々のバネ強度およびバネのレイアウトを検討した。重量物持ち上げ開始時（しゃがみこみ）に CFRP バネが屈曲し重量物持ち上げ時に CFRP バネがエネルギーを解放して元位置に復することで持ち上げ作業を無動力で支援することができる。本

装具ロボットの支援効果の判定には、モーションキャプチャーによる運動学的解析ならびに装着者の官能試験（アンケート）を使用する。官能試験項目については整形外科医・リハビリテーション医・神経内科医が検討のうえ作成した。

研究結果：

装具ロボットには大きな力が加わるため装具の安全性を最優先し、令和1年度は既存の下肢用アルミ製装具を改造して CFRP バネを搭載し装具ロボットを制作した。被検者がロボット性能を評価するためのアンケート項目を決定した。装着者全員が重量物挙上時の支援効果を実感し、モーションキャプチャー解析でも足関節および膝関節における支援効果を認めた。被験者の体格・性別により装具ロボットサイズが異なるため令和1年モデルは調整個所の多いロボットとなった。必然的にフィッティングに数分を要し、想定労働環境である医療介護の現場から簡単に短時間で装着するロボットが必須であるとの声があがった。また炭素繊維バネと足との接続部に関してバネと床が接触すると床に傷がつく等の意見が出された。バネ強度に関しては被験者により好みが大きく分かれた。強いバネを好む者、弱いバネを好む者とはバネ強度の差は2倍にも達した。これには荷物挙上姿勢の差も関与しており、ウエイトリフティング選手の演技等も参考にしつつ腰痛防止効果のある効率的な重量物挙上法（持ち上げ姿勢）を明らかにして令和3年度完成予定の腰痛予防教育マニュアルに反映させたい。

結論：

労働現場で装着可能な無動力装具ロボットの実用化を目指し、軽量かつ装着が容易で装着違和感の少ない、重量物作業支援型装具ロボット試作機を制作した。装着実験の結果、重量物持ち上げ時の支援効果が確認できた。令和1年度の成果をもとに令和2年度モデルは、介護業向けロボットと荷物運搬業向けロボットに分離設計して機構の簡素化・軽量化と脱着時間短縮を図る。

今後の展望：

本研究申請時には労働負荷軽減用 CFRP バネ定数をコンピュータ制御により可変にすることを想定していたが令和1年度の研究の結果、バネ定数を可変にしなくても十分な労働支援効果が得られることが明らかになった。この結果、一切の電子部品やバッテリーが不要となり、水濡れ環境さらには水中での労働にも本ロボットシステムを活用できることとなった。消毒薬でロボット全体を殺菌することも可能であり、食品業界や製薬業界などロボットの清潔性が重視される労働環境においても本ロボットの活用が期待される。