

荷物取扱作業における上肢負荷軽減技術の開発

前田 大輔, 吉成 哲, 中島 康博, 栗野 晃希

Assistive Technology to Reduce Upper Limb Burden during Manual Handling

Daisuke MAEDA, Satoshi YOSHINARI, Yasuhiro NAKAJIMA, Kouki KUWANO

抄 録

一次産業に多く見られる荷物取扱作業は上肢障害発生事由の約1割を占めるなど、作業員への負担が大きい。本研究では荷物取扱作業における上肢負荷軽減技術の開発を行った。複数の荷物取扱作業を対象とした作業観察の結果から代表事例を抽出し、模擬環境下で上肢の関節角度や筋電位等の生体情報と荷物挙動の計測・分析を行い、手首の剛性を高めるサポートや荷物の安定性確保が軽労化に有効であることを明らかにした。さらに、手首の背屈を補助する負荷軽減ツールを考案し、機能試作を通じて効果を確認した。

キーワード：上肢負担，筋電図，一次産業

Abstract

Manual handling is one of the factors that increase the risk of upper limb disorders. Especially, most of workers in Japanese primary industries still do such operations in high risk. The purpose of this study is to reduce upper limb burden during manual handling in primary industries. We performed work observation and simulated work experiment with biological information and load behavior measurement. As a result, we found out that improving stability of the load and wrist support is effective to reduce the burden. Moreover, we developed the prototype wrist support which assists dorsiflexion, and measured wrist joint angle and EMG during the simulated work with it. The effect of reducing the burden has been confirmed by the measurement data.

KEY-WORDS : Upper limb burden, EMG, Primary industries

1. はじめに

一次産業に多く見られる運搬や積卸し等の荷物取扱作業は作業関連性運動器障害の主な要因の一つであり、上肢障害発生事由の約1割を占める¹⁾。こうした作業は機械による自動化や台車の利用などが推奨される。しかし、農業におけるほ場内での運搬作業や漁業における陸揚げ作業等、一次産業では場所やコストの制約、作業効率の問題などにより機器の導入が難しい場合も多い(図1)。また、労働力の高年齢化・女性化の傾向が顕著(例えば農業では、就業人口227万人のうち、65歳以上は144万人(64%)、女性は114万人(50%)に上る²⁾)であり、作業の軽労化を望む声が多く、荷物取扱作業についても上肢等の負担軽減に向けた取組が必要と考えられる。

本研究では、一次産業における荷物取扱作業を対象に、作業観察と模擬作業時の負荷計測試験を通じて負荷要因を把握するとともに、上肢の負荷軽減手法について検討した。



図1 一次産業における荷物取扱作業の例

事業名：経常研究

課題名：荷物運搬作業における上肢負荷軽減技術の開発

2. 荷物取扱作業における負荷要因の把握

2.1 荷物取扱作業の分類

一次産業における人手による荷物取扱作業について作業観察を行い、取り扱う荷物の重量と作業継続時間の観点から分類を行った(図2)。対象作業は、醸造用ブドウ収穫作業、ジャガイモ播種作業、キャベツ収穫作業、水稻移植作業、ブロッコリー収穫作業、カボチャ収穫作業、ダイコン選別作業、ナガイモ選別作業、菌床シイタケ収穫作業の9作業とした。上記の作業のうち、取扱重量は軽い(1kg前後)が作業継続時間の長い(数時間~1日)低負荷長時間作業と、作業継続時間は短い(10数分~2時間)が取扱重量が比較的重い(10~20kg)中負荷短時間作業の負担が大きいと考えられる。



図2 取扱重量と作業継続時間による作業の分類

2.2 模擬作業による負荷計測試験

対象作業のうち低負荷長時間作業から菌床取扱作業を、中負荷短時間作業からミニコンテナ取扱作業を代表事例として、作業負荷の計測を行った(図3)。計測は模擬環境下で実施し、生体情報(関節角度および筋電位)と荷物挙動(加速度)の記録、部位別主観的負担度【0:何も感じない】~【10:非常にきつい】の聞き取りを行った。

これらの分析により、次の結果が得られた。

- ① 菌床取扱作業では前腕の手根伸筋群および肩の三角筋・僧帽筋で筋活動が大きく、ミニコンテナ取扱作業ではこれらに加えて上腕二頭筋の筋活動も大きかった(図5, 6)
- ② いずれの作業も手根伸筋群の筋活動が特に大きかった(図5, 6)
- ③ 主観評価による負担部位は筋活動の計測結果とおおむね同様の傾向を示した(表1)
- ④ 手根伸筋群の収縮とほぼ同時に手根屈筋群の収縮が見られた(図7)
- ⑤ 荷物の加速度と筋負荷に相関が見られた(図8)



図3 代表事例による作業負荷計測試験
(左: 菌床取扱作業, 右: ミニコンテナ取扱作業)

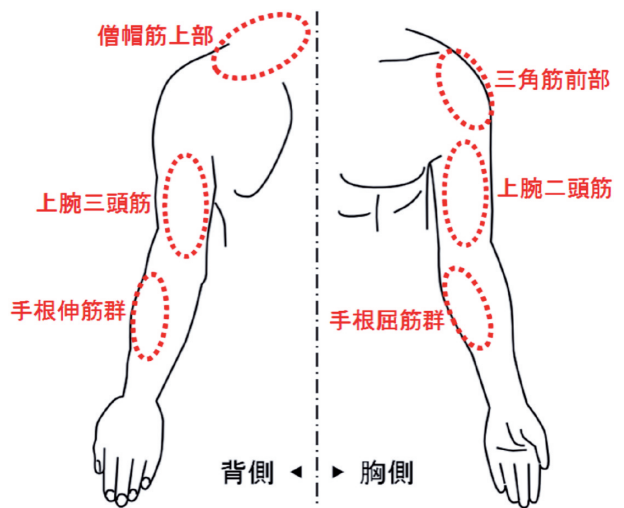


図4 筋電位計測を行った主な筋の配置

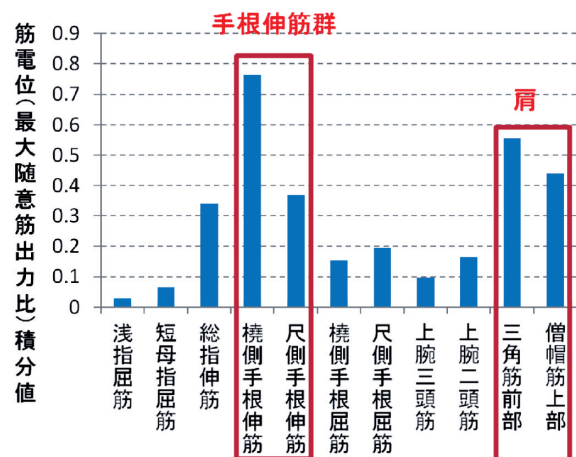


図5 菌床取扱作業における筋電位計測結果

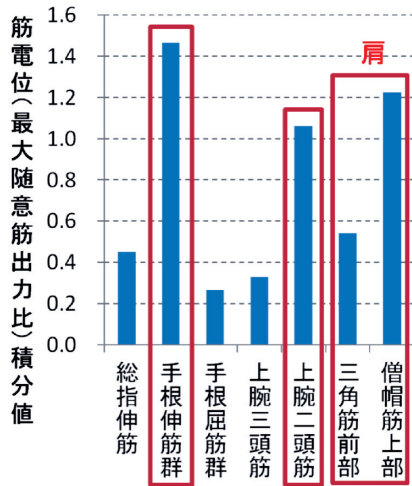


図6 ミニコンテナ取扱作業における筋電位計測結果

表1 主観評価による部位別負担度

	手指	前腕 (手背側)	前腕 (手掌側)	上腕 (背側)	上腕 (胸側)	肩
菌床	7	6	2	4	4	5
ミニコン	5	7	7	4	5	7

※【5：きつい】以上をアンダーバー表示

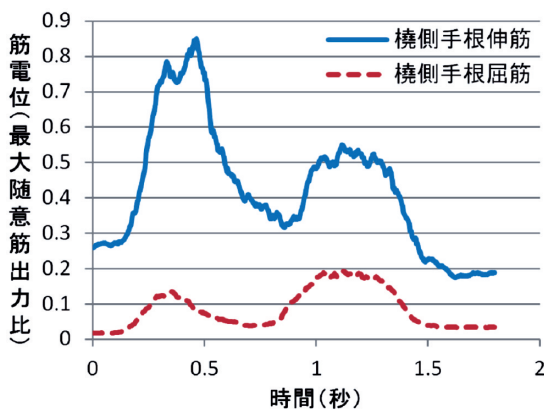


図7 手根伸筋群と手根屈筋群の同時収縮
(菌床取扱作業における例)

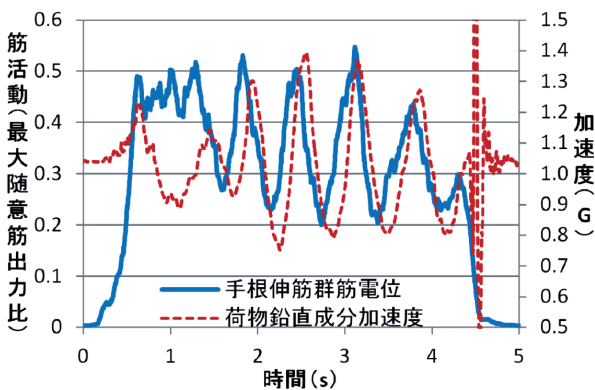


図8 手根伸筋群筋電位と荷物加速度
(ミニコンテナ取扱作業における例)

3. 上肢負荷軽減手法の検討

負荷計測試験において、特に負担の大きかった手根伸筋群は手関節を背屈させる際の主動筋であるため、背屈を補助することで手根伸筋群の負荷を軽減できると考えられる。また、手関節を固定するように手根伸筋群と手根屈筋群が同時に収縮していることから、サポータ等により手関節の剛性を向上させることでも筋負担が軽減されと考えられる。さらに、荷物の加速度が筋負荷に影響しており、荷物の安定性を確保することも軽労化に有効と考えられる。ただし、荷物の安定性は取手形状等の形態に左右されるため、作業内容により個別の検討が必要と考えられる。ここでは手根伸筋群の負荷に注目して負荷軽減手法の検討を行った。

3.1 市販サポータ装着による負荷軽減効果

手関節の剛性向上による負荷軽減効果を確認するため、手関節を固定する市販サポータ(図9)を装着し、模擬作業を行った際の筋電位を計測した。

菌床取扱作業における結果を図10に示す。市販サポータの装着により前腕の筋活動は減少したが、肩の筋活動は増加した。手関節固定による可動域の減少に伴い、肘関節・肩関節に代償動作が発生し、肩の筋負担が増加したと考えられる(図11)。2.2節の結果では、代表事例とした作業において、肩は前腕に次ぐ負担部位であり、負荷の増加は望ましくない。荷物取扱作業の負荷軽減を目的に手関節の固定を行う場合は、代償動作が発生しない作業内容であるか確認が必要である。



図9 市販サポータ(手関節固定タイプ)

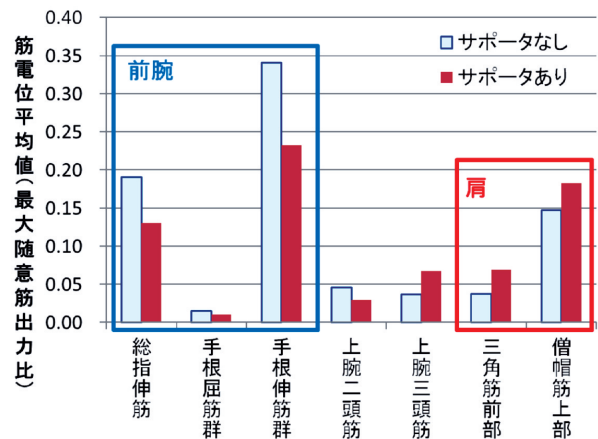
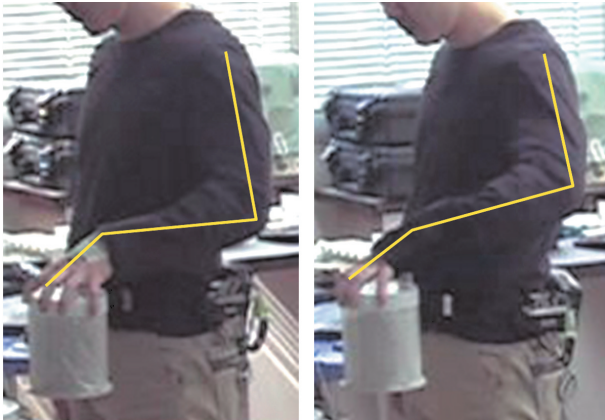


図10 市販サポータ装着による筋活動変化
(菌床取扱作業の例)



サポータなし サポータあり
 図11 市販サポータ装着による代償動作

3.2 上肢負荷軽減ツールの機能試作

手関節の背屈補助による負荷軽減効果を確認するため、ゴムの弾性により背屈を補助する簡易サポータを試作し（図12）、模擬作業による評価試験を行った。菌床取扱作業における手関節角度の計測結果を図13に示す。装着による明らかな代償動作は見られず、作業時の手関節角度が中立位（力を抜いた際の自然な肢位）側に変位した。手首から先を前腕に対して真直ぐにした自然の状態で発揮できる握力を100%とすると、手首から先を左右あるいは上下に屈曲したときに発揮できる握力は60～80%に減少する³⁾。このため、道具の形状を工夫することで手関節の角度を中立位に保ち、負担軽減を図る事例は多く見られる。従って、試作サポータの装着により、中立位に近い、より自然な肢位で作業が可能になることは負担軽減効果が期待できると考えられる。なお、筋活動については、試作サポータの装着による明確な負荷軽減効果は認められなかった。



図12 試作サポータ

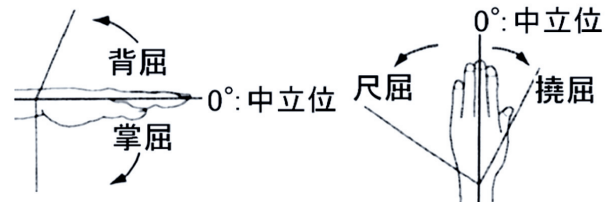
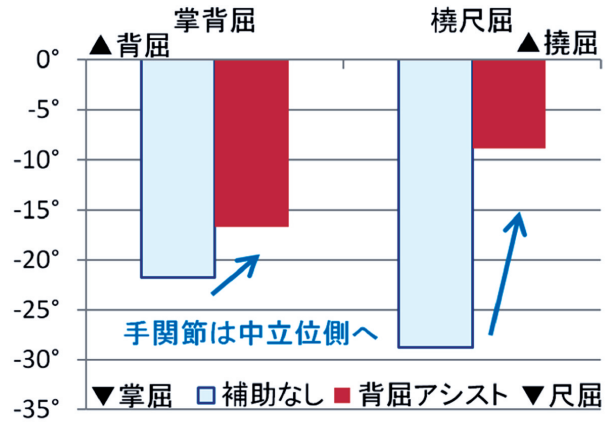


図13 試作サポータの装着による手関節角度の変化
 （菌床取扱作業）

3.3 上肢負荷軽減ツールの改良試作

試作サポータは手首に巻き付けて身体に固定する構成であり、ゴムの張力によるサポータのずれを防止するためには、手首を強く締め付ける必要がある。また、ゴムの張力を調整することができず、適切な補助力を得ることも難しい。そこで、身体への固定位置を上腕部に変更した改良サポータを試作した（図14）。改良サポータは、肘関節がストッパとなるため上腕部を強く締め付ける必要が無い。また、肘関節と手関節の間でゴムの張力を調整することができる。ミニコンテナ取扱模擬作業による改良サポータの評価試験において、手根伸筋群の負荷軽減効果を確認した（図15）。



図14 改良サポータ

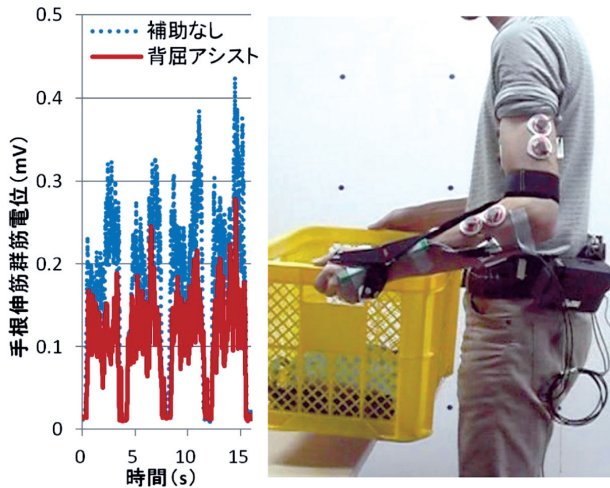


図15 改良サポータの評価試験

4. まとめ

荷物取扱作業において負担の大きい手首の背屈を補助する簡易サポータを試作し、負荷軽減効果を確認した。人手による荷物取扱作業は一次産業のほか、物流業や製造業等、様々な場面でされており、軽労化が実現すれば適用範囲は広いと考えられる。

今後は装着方法や補助力・補助機構の最適化等、実用化に向けた検討を進めていく予定である。

謝辞

本研究で使用した3次元運動撮影解析システムは、公益財団法人JKAの機械工業振興補助事業により整備されました。ここに記して感謝いたします。

引用文献

- 1) 厚生労働省：平成21年度第2回労働基準法施行規則第35条専門検討会資料「上肢障害について」，(2009)
- 2) 農林水産省：農林水産基本データ集，
<http://www.naff.go.jp/j/tokei/sihyo/>，(2015-06-01)
- 3) 横溝克己・小松原明哲：エンジニアのための人間工学—改訂—，日本出版サービス，第2版3刷，231PP，(1995)