

# 農作業軽労化支援技術に関する研究

吉成 哲, 前田 大輔, 中島 康博, 桑野 晃希, 中村 勝男

## Development of Assistive Technology to Reduce Physical Burden of Agricultural Workers

Satoshi YOSHINARI, Daisuke MAEDA, Yasuhiro NAKAJIMA,  
Kouki KUWANO, Katsuo NAKAMURA

### 抄 録

農作業においては、収穫作業時の前かがみ姿勢や重量物運搬等の負担の大きな作業が多い。そこで、負担の軽減化を目的として農作業時の生体情報計測による現状分析を行い、作業上の注意点等を抽出した。あわせて、負担の大きな作業の一部を補助する作業支援用具を試作開発し、用具使用時に腰部筋活動が減少することを確認した。

キーワード：腰部負担, EMG, 受動要素, 農作業

### Abstract

Farmers and farm workers face some of the highest risks of work-related musculoskeletal injury caused by forward bending posture of the crop work or the heavy weight transportation. Therefore we performed biomechanical assessment for identifying risk factors involved in agricultural manual work. In this study, we developed the prototype personal weight transfer device, which reduce loads on the spine under simulated stooped postures. Moreover, we compared EMG value reduction effects by experiment.

KEY-WORDS : low back load, EMG, passive element, agricultural work

## 1. はじめに

農家の高齢化・女性化が進む一方で、使用上の制約や費用の点から作業の機械化が難しい作物があり、人手による作業が少なからず残っている(図1)。特に、重量野菜の収穫作業における前かがみ姿勢、出荷作業の荷運び等は健康維持の観点から問題が多い。その一方で農家の高齢化・女性化は着実に進み、平成27年には65歳以上が6割を占めると見込まれている。現在でも、労働力の中心をなす高齢者の体力では作業が難しくなることが引退や離農の大きな要因となっており、農作業の軽労化支援技術が求められている。たとえば空知農業改良普及センター空知南西部支所の調査によると、キャベ

ツ栽培農家においては、収穫期と植え付け期が重なる7～8月の労働負荷が高く、だるさやねむけ等の自覚症状が出るとともに、特に疲労度が高い部位として腰や下肢があげられている。

そこで本研究では、ほ場における生体情報の計測により農作業時の身体負荷を分析し、作業上の注意点等を抽出するとともに、負担の大きな作業の一部を担う筋力補助の機能確認用アシストスーツを用いてアシスト方式の検討を行った。

## 2. ほ場での生体情報計測

農作業時の身体負荷を定量化するため、キャベツの収穫、

事業名：一般試験研究

課題名：農作業軽労化支援技術に関する研究



図1 キャベツの収穫作業

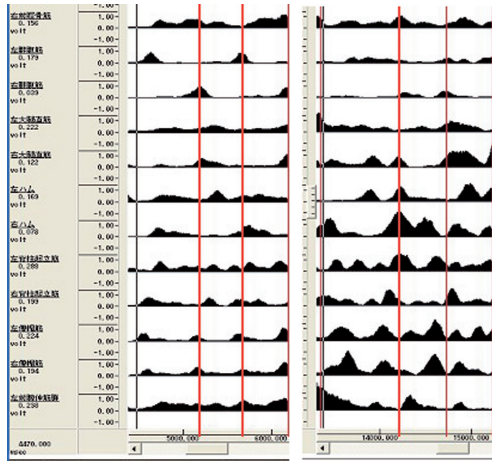


図2 歩行中の筋電位波形 (左: 整地 右: ほ場内)

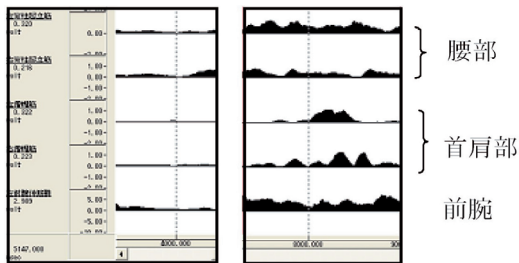


図3 農作業中の筋電位波形抜粋 (左: 立位静止 右: 収穫時)

キャベツ箱の運搬、ならびに歩行の際にビデオカメラによる動作記録と筋電位の計測を行った。図2に歩行中の筋電位波形を示すが、ほ場内では整地歩行と比べ、計測した全ての筋で筋活動の増加が見られた。中でも前脛骨筋〔脛部〕と僧帽筋〔首肩部〕が1.5倍以上増加しており、足場の悪いほ場内でバランスを維持したり、前かがみになりがちな歩行姿勢が影響しているものと思われる。

図3は農作業中の筋電位波形のうち、顕著に増加している脊柱起立筋〔腰部〕、僧帽筋〔首肩部〕、前腕伸筋群を抜粋したものである。深い前屈姿勢から体幹を引き起こす動作の繰り返し、キャベツ収穫のための上肢動作、キャベツを片手で掴む動作等によるものと思われる。

### 3. バランス能力の計測

ほ場においては、うまくバランスを取りながら作業することが重要であるので農業従事者のバランス能力計測を行った(図4)。タクトイルセンサを用いて足圧分布を計測した結果、踵を0つま先を100としたときの重心位置は42%程度(7名平均)と中心よりやや踵寄りの傾向となった。

次に、ほ場を想定しクッションや様々な斜面の上での重心動揺軌跡を計測した。その結果、クッション上では通常床と比べ重心動揺が増加すること、素足のバランスは他に比べ良いことがわかった。その他の場合は環境による差異よりも個人差が大きく現れたので事例を図5に示す。農作業においては、水田用長靴などを使用することが多いが、長靴内で足部がずれないように保持を確実にするとともに、地面の情報を足底に伝達することが重要と思われる。足部バランスの向上は、バランストレーニングや靴中敷き等の補助具使用により改善が期待できる。



図4 直立位の重心位置計測

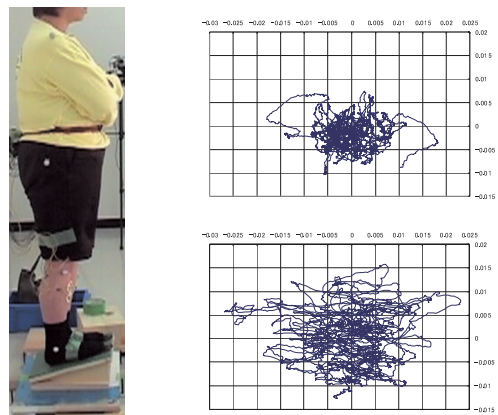


図5 後傾面上での重心動揺計測 (右上: バランス良い例 右下: バランス悪い例)

### 4. コルセット装着の影響

農業従事者は腰や膝の疼痛を呈することも多く、腰部装具の使用者も珍しくない。特にコルセットは、腰椎を固定するとともに腰椎にかかる負担も和らげるため、筋活動の軽減も

期待できる。そこで、収穫動作とキャベツ箱運搬動作について模擬作業を行い、筋電位を計測した(図6)。

その結果、収穫動作についてはコルセット装着により、脊柱起立筋〔腰部〕の活動量は減少傾向となった(図7)。%MVCは最大随意筋出力比を示す。キャベツ箱運搬動作についても、箱を持ち上げるために屈む動作では減少傾向を示したが、持ち上げる動作では逆に増加傾向となった(図8)。このことから、コルセットは身体の動きを制限することで患部を守るのが目的であり、農作業中に無理に動こうとすると逆に筋活動が増加する場合もあるため、負担の大きな作業の一部を担う筋力補助の用途には向かないことがわかった。

### 5. 機能確認用アシストスーツ

従来のアシストスーツは、人間の力以上の大きな補助力を出すものが多いが、モーターやバッテリー等の部品制約から装置自体がコンパクトになりにくい。また、収穫作業のように速度が速い動作や長時間姿勢を保持するような作業が混在し、耐候性も要求される農作業環境に適したものは少ない。そこで、作業負担の全てを担うのではなく、負担の大きな局面で必要最低限の補助を行う、軽労化を主目的としたアシストスーツの機能試作を行った。



図6 模擬収穫作業(コルセット装着)

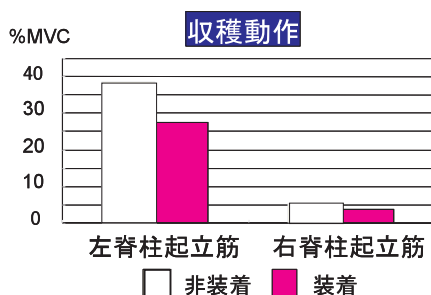


図7 収穫作業時の筋電位比較

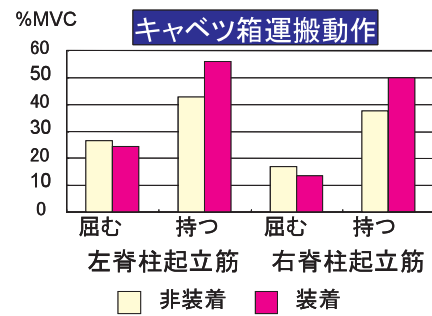


図8 キャベツ箱運搬作業時の筋電位比較

#### 5.1 平ゴムバンドタイプ

つなぎ服にゴムバンドを固定するループを設け、平ゴムバンドを身体背面任意の位置に付け替え可能な構成とした<sup>1)</sup>。深い前屈姿勢から体幹を引き起こす動作において脊柱起立筋の筋電位が15%減少した。配置の最適化や適正張力の設定などにより特性向上が期待できる。

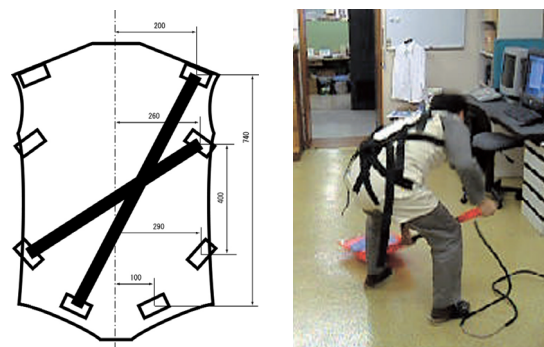


図9 平ゴムバンドタイプアシストスーツ

#### 5.2 フレーム付ゴムタイプ

背面に背負うパイプフレームとフレーム後方下端に連結するゴムにより構成され、前屈姿勢時にゴムの張力が働き、腰部の筋力を補助する。図10に製作した機能確認用アシストスーツと比較試験用のおもりアシストを示す。アシスト力発生源としてゴム(0.085kgf/cm)を2本使用しており、90°前屈した場合にアシスト力が3.8kgf発生するよう設定している。

5kgの砂袋を持ち前屈角60°で静止状態を保つ試験において、アシストスーツ着用時、脊柱起立筋の筋電位はアシスト無しと比べて17%減少した。比較用おもりアシストにおいては、おもり5kg時に27%減少した。一方、前脛骨筋の筋電位は多少増加しており、膝に装着しているゴム連結膝パッド部の最適化が必要と思われる。



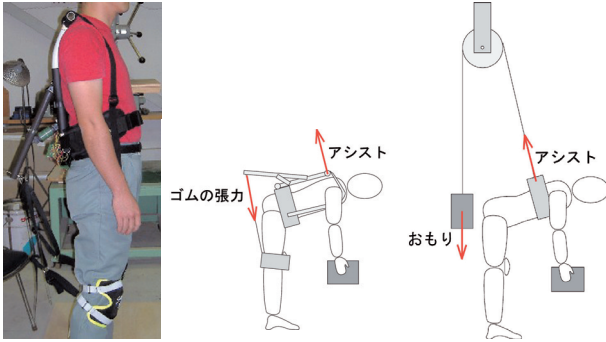


図10 フレーム付ゴムタイプアシストスーツ  
(左：装着姿 中央：構成 右：比較用おもりアシスト)



図12 キャベツ収穫作業における着用試験

### 5.3 弾性板タイプ

つなぎ服に弾性板を固定するループを設け、弾性板を身体背面任意の位置に付け替え可能な構成とした<sup>2)</sup>。

前屈姿勢におけるL5/S1回りのモーメントの釣り合いを考える。上半身の重量をW、上半身の重心からL5/S1までの水平距離をDとし、弾性板によるアシストを行った場合の筋張力をFm、FmのモーメントアームをDm、アシスト力をFa、FaのモーメントアームをDaとすると、モーメントの釣り合い式は、 $DW - DmFm - DaFa = 0$ となる。弾性板は前屈運動に対し受動的にアシスト力を発揮するため、前屈角度が深くなるにつれてアシスト力も大きくなる(図11)。使用する弾性板は、軽量で強度と弾性に優れたFRPを用いて製作した。

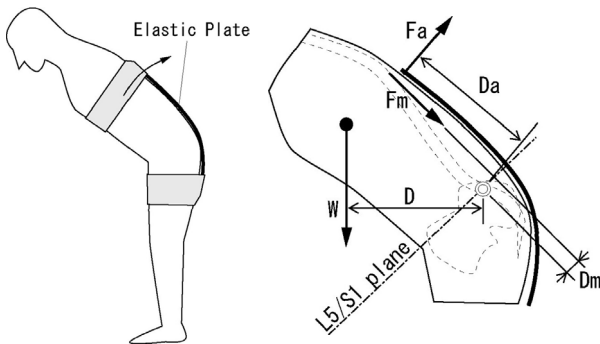


図11 弾性板タイプアシストスーツ

試作したアシストスーツ検証のため、ほ場におけるキャベツ収穫作業に用いて着用試験を行った。キャベツ1個の刈り取り動作では、脊柱起立筋の筋電位が23%減少した。キャベツ箱の持ち上げ動作では、筋電位が16%減少した。アンケートによる主観評価からは、前屈姿勢から体幹を引き起こす動作において負担が軽減するとの評価が得られた。また、キャベツ刈り取り開始から箱詰め終了までに要する時間は、アシストの有無による影響を受けなかった。

## 6. おわりに

キャベツ生産の主な担い手である農業女性の作業時生体情報計測を行い、不安定なほ場における重量物運搬歩行やバランス、キャベツ収穫時の手、肩、腰の負担等の労働特性を把握した。その結果から腰部の筋力補助と下肢の安定性確保が負担軽減に有効と考え、機能確認用のアシストスーツを3タイプ製作し、どの方式も一定の効果があることを確認した。今後は最適なアシスト量と着用負担感の少なさを両立するための改良を加え、完成度向上と実用化に向けた検討を進めていく。また、本研究にて取り組んだ軽労化支援技術は、対象とした農作業をはじめ、立ち姿勢や前屈み姿勢を取る様々な分野への応用が期待できるため、幅広い分野のニーズへ対応していく予定である。

## 謝辞

本研究を実施するにあたり、南幌町キャベツ栽培農家女性の皆様および空知農業改良普及センター空知南西部支所など、関係各位に多大なるご協力を頂きました。また、東京大学先端科学技術研究センター人間情報工学分野の田中敏明特任教授には大変有用な助言をいただきました。ここに心より感謝申し上げます。

また、本研究で使用した3次元動作撮影解析システムは、競輪補助事業により整備されました。記して感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 吉成哲・中島康博ほか：運動負担予測技術の開発と製品への応用、平成15～16年度重点領域特別研究報告書、pp.51-52, (2005)
- 2) 前田大輔・吉成哲ほか：農作業軽労化支援技術の開発、日本機械学会第21回バイオエンジニアリング講演会論文集、pp.409-410, (2009)