

動作に注目した農作業の負担特性評価

前田 大輔, 吉成 哲, 中島 康博, 栗野 晃希
白旗 雅樹*

Motion-based Evaluation of the Agricultural Work Load

Daisuke MAEDA, Satoshi YOSHINARI, Yasuhiro NAKAJIMA, Kouki KUWANO
Masaki SHIRAHATA*

キーワード：農作業，作業負担，作業姿勢，作業動作，部位別負担度

1. はじめに

担い手の高齢化や後継者不足により，農業従事者の減少が続いている。全国の基幹的農業従事者数は平成16年に219万7千人¹⁾であったが，平成26年には167万9千人²⁾と10年間で24%減少している。また，65歳以上の割合は62.8%²⁾にも上る。農業には人手による作業が多く存在するため，労働力が不足する高齢農家では作業の継続が困難となり，作付面積の縮小や廃業につながるケースも少なくない。

こうした状況を背景に，高齢労働者の無理のない就労継続を支援するため，各方面で個別の作業ごとに負担軽減策の検討が行われている。現場においても，キャベツの収穫作業に着目し，腰部の筋力を補助するアシストスーツを試作³⁾するなど，農作業の軽労化に向けた取組を実施してきた。

しかし，農作業には図1に示す前屈姿勢のように共通する姿勢／動作が多く存在するため，個別の作業に着目するのではなく，複数の作業に共通する姿勢や負担部位に注目することで，特に負担の大きい作業の特徴等，優先度の高い労働課題を効率的に把握することができると考えられる。

そこで本研究では，複数の農作業を対象とした作業姿勢／動作と作業負担に関するフィールド調査を行った。ビデオや心拍数，主観的負担度などの情報を記録するとともに，農作業に共通する姿勢／動作の出現頻度と身体部位負担度との関係を分析し，各種作業の負担特性を整理した。



キャベツ収穫

カボチャ収穫

図1 共通姿勢の例（前屈）

2. 農作業負担フィールド調査

2.1 調査対象作業

農作業における作業姿勢／動作と身体部位負担度を記録するフィールド調査を実施した。

調査対象作業はカボチャ収穫作業・積込作業，キャベツ収穫作業，トマト収穫作業・脇芽取り作業，ブロッコリー収穫作業，アスパラ収穫作業，ナシ摘果作業の計6作物8作業とした。カボチャは作業方法の異なる2事例（カボチャ用ヘタ切りハサミを使用する事例，枝切ハサミを使用する事例）を調査対象とし，それ以外の作物については各1事例とした（図2）。被験者は対象作業に従事する農業者とし，被験者数は各事例1名とした。

*道総研 中央農業試験場

*Hokkaido Research Organization Central Agricultural Experiment Station

事業名：職員奨励事業（提案部門：シーズ探索型）

課題名：農作業負担の特性把握に向けた動作別の作業負担評価方法に関する研究



カボチャ（ヘタ切りハサミ使用）左収穫，右積込



カボチャ（枝切りハサミ使用）左収穫，右積込



キャベツ収穫

ブロッコリー収穫



トマト 左収穫，右脇芽取り



アスパラ収穫

ナシ摘果

図2 調査対象作業

2.2 調査方法

作業動作への影響を考慮し、被験者の負担が少ない調査・計測手法を用いた。被験者には胸ベルト式の汎用心拍計を装着させ心拍数を計測した（図3）。その他にビデオによる作業姿勢／動作記録、部位別の主観的負担度（【0：何も感じない】～【10：非常にきつい】）の記録、母指-示指間のつまみ力計測（図4）、ならびに、30秒間に何回椅子からの立ち上がりができるかをカウントするCS-30テスト⁴⁾を実施した。

調査は次の手順で行った。まず、作業開始前に安静座位における心拍数を記録し、続いて主観的負担度記録、つまみ力計測、CS-30テストを実施した。次に、被験者が普段通りの内容・時間で作業する様子をビデオ撮影した（作業姿勢／動作の記録）。作業中に休憩を挟む場合は、休憩時に主観的負担度記録、つまみ力計測、CS-30テストを実施した。さらに、作業終了後、主観的負担度記録、つまみ力計測、CS-30テスト、踏み台昇降運動時（30回/分、4分間、高さ200mm）の心拍数を記録した。また、作業量を明らかにするため、収穫物等の取扱重量を別途記録した。



トランスミッタ

ロガー

図3 汎用心拍計



図4 つまみ力計

3. 作業姿勢／動作の分析

体幹と下肢の関節角度を基準に立位・前屈等の8種類の基本姿勢を定義し（表1）、鉛直下向に対する上腕の角度を基準に上肢の挙上の有無を定義した（表2）。また、足の位置の変化を歩行（移動）の有無として定義した（表3）。

次に、各作業の姿勢／動作を記録したビデオ映像から0.5秒ごとにフレーム画像を切り出し、定義にもとづいて姿勢のコード化を行い、各コードの出現割合を集計した。

さらに、基本姿勢の変化を動作として定義し（表4）、各作業における動作出現頻度と姿勢継続時間を集計した。

表1 基本姿勢の定義

コード	姿勢	鉛直方向に対する 体幹前屈角度	骨盤に対する両肩 ラインの回転角度	伸展位0°からの 膝屈曲角度
0	立位	0° 以上 ~30° 未満	20° 未満	60° 未満 (両膝平均)
1	ひねり	0° 以上 ~30° 未満	20° 以上	60° 未満 (両膝平均)
2	前傾	30° 以上 ~60° 未満	20° 未満	60° 未満 (両膝平均)
3	前屈	60° 以上	20° 未満	90° 未満 (両膝平均)
4	中腰	60° 未満	20° 未満	60° 以上 ~120° 未満 (両膝平均)
5	しゃがみ	0° 以上 ~60° 未満	20° 未満	120° 以上 (両膝平均)
6	椅座位	0° 以上 ~60° 未満	20° 未満	120° 未満 (両膝平均) 椅子等に腰掛ける
7	膝つき	0° 以上 ~60° 未満	20° 未満	90° 以上 (片膝or両膝) 地面に膝をつける(片膝or両膝)

表2 上肢挙上の定義

コード	鉛直下向きに対する上腕の角度
0	0° ~45° (挙上なし)
1	45° ~ (挙上あり)

表3 歩行（移動）の定義

コード	前フレームと比較した足の位置
0	変化なし
1	変化あり

表4 動作の定義

基本姿勢コード		動作
n-1 フレーム	n フレーム	n フレーム
5~7	0~4	立ち上がり動作
1 以外	1	ひねり動作
3 以外	3	前屈動作
5 以外	5	しゃがみ動作
6 以外	6	腰掛け動作
7 以外	7	膝つき動作

4. 各作業の負担特性

作業姿勢／動作の分析結果と主観的負担度の記録をもとに、各作業の負担特性を評価した。図5にカボチャ作業（カボチャ用ヘタ切りハサミを使用する事例）における部位別主観的負担度を、表5に姿勢／動作出現頻度と取扱重量を例示する。収穫作業はカボチャのヘタを切り、集める作業、積込作業は集めたカボチャを連続して鉄コンテナに積み込む作業である。収穫作業の負担度は、上肢よりも下肢の負担が大きかった。また、姿勢／動作は歩行や前屈動作の出現頻度が高かった。歩行や前屈動作の頻度が下肢の負担度に影響したものと思われる。一方、積込作業では上肢の負担度が大きく、取扱重量の多さや上肢の挙上頻度の高さが影響したと思われる。以上のように、各作業の姿勢／動作等の特徴と負担特性について整理した。

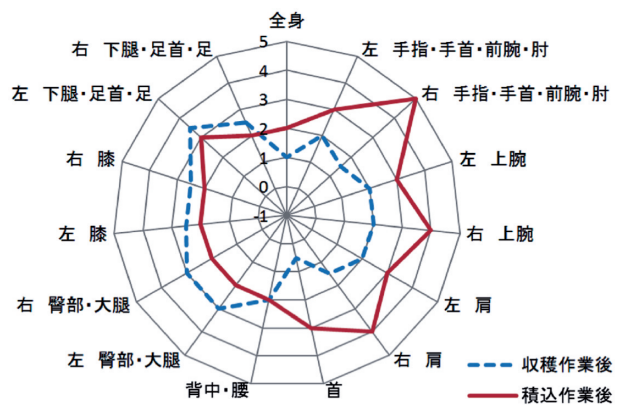


図5 カボチャ作業（ヘタ切りハサミ使用）における主観的負担度（作業前からの増加値）

表5 カボチャ作業（ヘタ切りハサミ使用）における姿勢／動作出現頻度と取扱重量

作業	歩行 (%)	左上肢 挙上 (%)	右上肢 挙上 (%)	前屈 動作 (回/分)	取扱 重量 (kg/分)
収穫	36.8	0.7	0.0	5.0	8.7
積込	14.2	2.9	6.6	1.3	22.8

5. 作業間の負担特性比較

5.1 姿勢／動作の特徴による負担特性の違い

姿勢／動作の特徴が共通する作業について、主観的負担度の平均を求めることで、作業による負担特性の違いを評価した。図6に調査対象全作業の平均主観的負担度を、図7に前屈姿勢の出現頻度が高い（25%以上）作業の平均主観的負担度を、図8に上肢の挙上時間が長い（5秒以上の姿勢継続が20分に1回以上）作業の平均主観的負担度を示す。前屈姿勢の出現頻度が高い作業は背中・腰の負担度が特に大きいことがわかった。さらに、全作業の平均と比較すると、全身各部位の負担度が大きいことから、前屈頻度の高い作業は総合的に負担の大きい作業であると考えられる。また、上肢の挙上時間が長い作業は下肢と比較して上肢・体幹の負担度が大きいことがわかった。以上のように作業姿勢／動作の特徴による負担特性の違いを整理した。

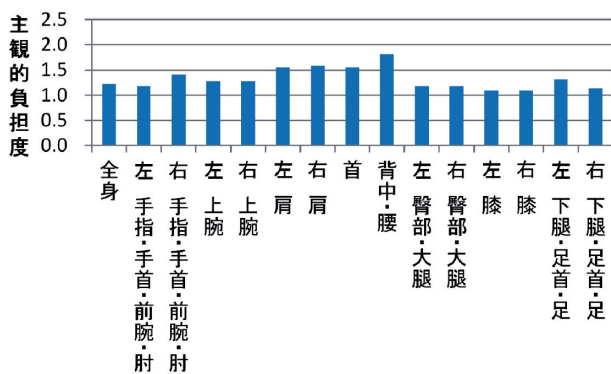


図6 全作業の平均主観的負担度（作業前からの増加値）

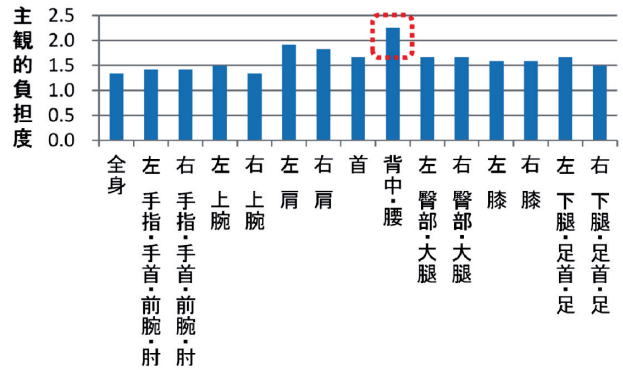


図7 前屈姿勢の頻度が高い作業の平均主観的負担度（作業前からの増加値）

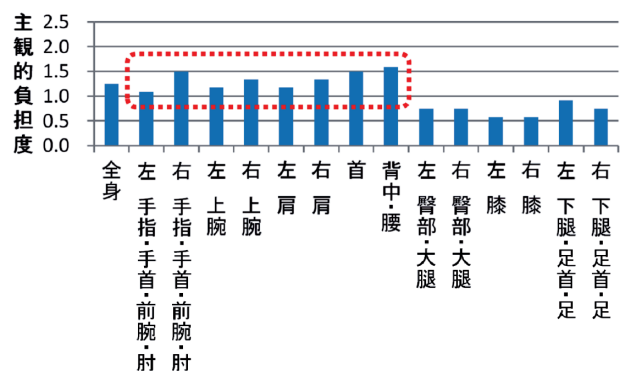


図8 上肢の挙上時間が長い作業の平均主観的負担度（作業前からの増加値）

5.2 心拍データと姿勢／動作分析結果による負担度比較

計測した心拍データと姿勢／動作分析結果をもとに、作業間の負担度の比較を行った。図9にトマト収穫作業における心拍変動のグラフを例示する。コンテナ持ち上げ等の高負荷動作時に心拍数の上昇が見られ、身体負担度がデータに反映されていることを確認できる。ただし、心拍データは個人差が大きいため、次式(1)により踏み台昇降時の心拍に対する作業時の心拍の割合を求め、被験者間の比較に用いた。

$$\frac{HRw - HRr}{HRs - HRr} \times 100 \quad (1)$$

HRw : 作業時の平均心拍数

HRs : 踏み台昇降運動時の最大心拍数

HRr : 安静座位における平均心拍数

図10に(1)式により求めた心拍データと前屈動作の頻度を示す。両者が良く相関していることから、前屈動作の頻度が高い作業は、作業負担の大きい作業であると考えられる。

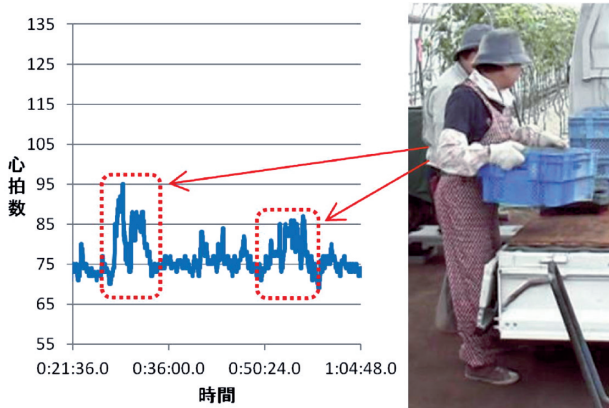


図9 トマト収穫作業における心拍変動

引用文献

- 1) 農林水産省：平成16年農業構造動態調査，(2004)
- 2) 農林水産省：平成26年農業構造動態調査，(2014)
- 3) 前田大輔・吉成哲・中島康博・栗野晃希：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講演論文集，pp.409-410，(2009)
- 4) 中谷敏昭・灘本雅一・三村寛一・伊藤稔：日本人高齢者の下肢筋力を簡便に評価する30秒椅子立ち上がりテストの妥当性，体育学研究，47，pp.451-461，(2002)

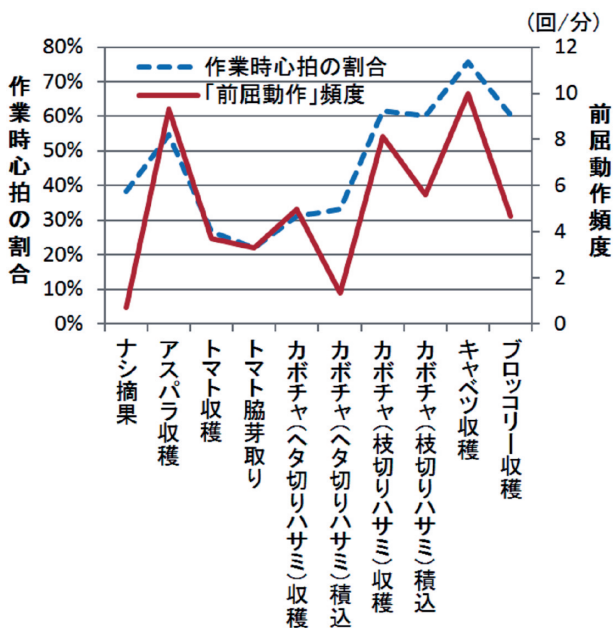


図10 作業時心拍と前屈動作頻度

6. まとめ

農作業を対象に，基本姿勢／動作の出現頻度と部位別負担度との関係进行分析し，各作業の負担特性を明らかにした。今後は調査事例を増やし，さらなる負担特性データの蓄積を図るほか，複数の作業に共通する主要な労働課題等に対し，軽労化用具を開発するなど，負荷軽減策を検討する予定である。

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。また，調査対象作物の生産者の皆様，石狩農業改良普及センターおよび空知農業改良普及センターの関係各位には多大なるご協力をいただきました。ここに記して感謝いたします。