

グリーンアスパラガス電動収穫ハサミの長さが 作業姿勢へ及ぼす影響

菊池 豊*・坂本隆行**・越智資泰***・田中 亨****・小林 恭*****

* 中央農業総合研究センター（現：労働環境工学研究領域）

** 広島県立総合技術研究所農業技術センター

*** 広島県立総合技術研究所農業技術センター（現：広島県立農業技術大学校）

**** 金星大島工業株式会社

***** 中央農業総合研究センター作業技術研究領域（現：（公）農林水産・食品産業技術振興協会）

抄 録

グリーンアスパラガスの収穫作業では、しゃがみや中腰姿勢をとることが多く、収穫期間が6ヶ月にもわたるためひざや腰等の負担が著しい。それゆえ、身体負担が少ない収穫作業を可能とするため、立ち姿勢で作業できる長い柄を有する電動収穫ハサミを開発した。その基本形の決定後に、本収穫ハサミの柄の適正な長さを明らかにするために、室内実験で柄の長さを8種類変えて模擬作業を行い、被験者の体幹傾斜角を測定するとともに動作を観察した。柄の長さと被験者身長との比率が0.3～0.4程度の時に、体幹傾斜角度が20°以下で、被験者が収穫の際に隣接するアスパラガスを回避する無駄な動作を少なくできることが分かった。ほ場実験で慣行法と試作機による作業を比較した結果、作業姿勢は中腰から立位に改善され、体幹傾斜角度20°以上の割合が95%から6%まで減少した。作業能率は同程度で、心拍数から見た身体負担も軽減された。

1. 緒 言

1.1 研究の背景

わが国では農業就業者の高齢化や農業の担い手不足が深刻な問題となっており、条件整備の一つとして農作業に不慣れな者にも身体負担が少なく、安全で簡単に作業できる機械化作業体系の構築が必要である。

アスパラガスは土地利用型の露地野菜の中では、単価が比較的高く、安定している。また、栽培管理が比較的容易で、収益性も高いことから、広島県では、生産を振興している。しかし、広島県内のアスパラガス栽培面積は2004年の152haから2014年には129haに減少している。特に、グリーンアスパラガスの収穫は、畝から萌芽した若茎を園芸ハサミや鎌を用いて採取するために、しゃがみや中腰姿勢をとることが多く、収穫期間が約6ヶ月間にもわたるため、ひざや腰への負担が著しい。さらに、広島県の栽培の特徴として、露地栽培が主であるため、降雨時やその後の収穫では畝

の奥に萌芽した若茎を採る際に、雨などで茎葉が濡れた状態の母茎群落内へ作業者が潜り込むこともあり極めて不快感が大きい。これらより、収穫作業の身体負担軽減が大きな技術的課題と考えられる。

これらの課題に対し、アスパラガス収穫作業の改善を試みた研究は、座って作業できる収穫台車¹⁾、²⁾、ロボットによる収穫³⁾、栽培ベッド⁴⁾および高施設による栽培⁵⁾などが報告されている。これらの技術により、収穫作業の軽労化が可能となるが、収穫台車では座位では手の届く範囲に制約があること、ロボット収穫では導入に多大のコストを要すること、栽培ベッドおよび高施設ではアスパラガスは多年生作物であるため、既にアスパラガスを栽培しているほ場では導入が難しいなどの課題も残されている。

そこで、本研究では、既存のほ場でも導入できる実用的な技術として、畝面に萌芽した若茎を作業者が立位で収穫できる長い柄を有する電動収穫ハサミを開発

⁶⁾して、収穫作業におけるきつい姿勢を解消することを目的とした。収穫ハサミについて人間工学的観点から改良点を検討し、作業姿勢や主観評価を定量的に調査した結果を報告する。

1.2 収穫ハサミ概要

開発初期のデザインレビューから基本形を決定し、試作したアスパラガス電動収穫ハサミの外観を図1に示す。収穫ハサミは、切刃、ストック部、柄、グリップ、操作スイッチ、安全スイッチ、腕固定バンド、本体(モータ内蔵)、ストック部カバー開閉ひも、充電電池、吊りバンド(オプション)から構成されている。使用方法は、収穫ハサミを腕固定バンドで前腕に固定してグリップと安全スイッチを手で握りこむ。アスパラガスの地際部分に切刃を当てて、操作スイッチを押すことで切刃が閉じ、アスパラガスが切断される。切断された若茎は切刃後方樹脂製ストック部(図1の右側)へ倒れ込み収納される。操作スイッチから指を離すとハサミが開く。若茎をストック部に数本収納した後、ストック部カバー開閉ひもを引いて、ストック部右側面のカバーのフタを開けて若茎を運搬台車に移し替える。試作機の柄が長いので、作業者は立位のまま収穫可能となる。吊りバンドは、任意で首、肩に掛けて試作機の質量を補助的に支持する。全長は120cm、充電電池を除く質量は1.5kg、最大1800本連続収穫可能である¹⁰⁾。

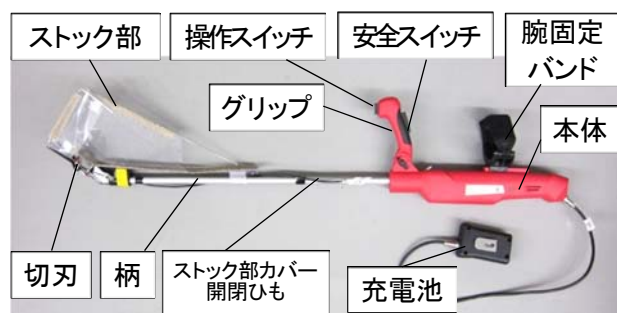


図1 収穫ハサミ試作機概要

2. 実験方法と解析方法

2.1 室内実験

試作したアスパラガス収穫ハサミ(以下、試作機)の適正な柄の長さを明らかにするために、室内で若茎

を収穫する模擬動作を行い、作業姿勢(体幹傾斜角度)を測定した。

試作機はグリップ中心からハサミ蝶番中心までの長さ(以下、柄の長さ)を8種類(50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85cm)とした。なお、試作機全長は、柄の長さに40cmを加えた長さである。模擬ほ場条件は、広島県内の栽培様式を基に、畝高さ20, 35cm, 畝の天板(上底)幅40cm, 畝間160cmとし、模擬若茎を畝天板の中心から0, ±20cm(畝断面の下底端からの奥行きが50, 70, 90cmに相当する)にそれぞれ20本配置した(図2)。被験者は男女2名(被験者A:年齢35歳, 身長173cm, 体重63kg, 被験者B:年齢45歳, 身長154cm, 体重55kg)であった。体幹傾斜角度は、被験者右脇下に傾斜センサーを設置して測定した。なお、体幹傾斜角度は、直立を0°, 前傾側を正(+), 後傾側を負(-)とした。

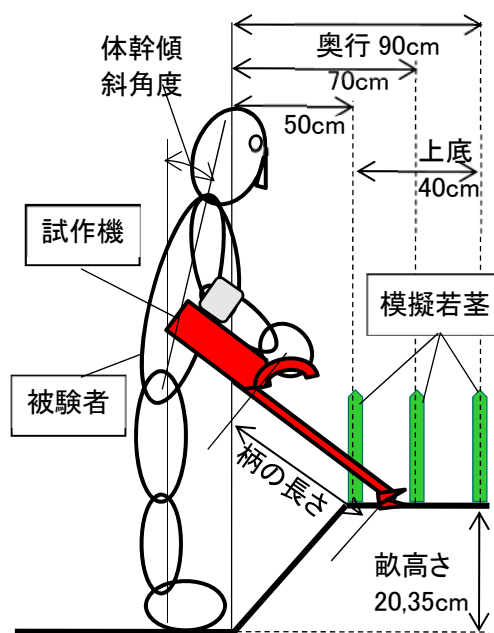


図2 室内実験概要

2.2 ほ場実験

アスパラガスの収穫作業について、試作した電動収穫ハサミによる作業(以下、試作機作業)と、慣行的に使用されている園芸ハサミ(長さ19cm, 質量113g, 図3)による慣行作業(以下、慣行作業)について、作業能率、作業姿勢、心拍数、主観評価を測定しそれぞれ比較した。



図3 園芸ハサミ

ほ場条件は、広島県立総合技術研究所農業技術センター内、3年生のグリーンアスパラガス‘ウェルカム’の露地栽培ほ場を用いた。畝の規格は畝高さ 35cm、畝の天板(上底)幅 40~60cm、下底幅 120cm、畝間 200cm、畝長 32mであった。被験者は男2名(被験者C:年齢 35歳、身長 173cm、体重 63kg、被験者D:年齢 62歳、身長 162cm、体重 55kg)であった。収穫ハサミの柄の長さは、それぞれ、室内実験の結果をもとに各被験者の身長比 0.35 に近い 60, 55cm とした。

作業能率は、作業風景をビデオ撮影し、後に映像を解析した。作業姿勢(体幹傾斜角度)は、被験者右脇下に傾斜センサーを設置して測定した。心拍数は、心拍計ポラール RS800 で測定した。作業後の疲労の主観評価について、被験者から各部の負担感を修正ボルグスケール(0(感じない) - 10(非常に強い))を指標として聞きとった。

3. 結果及び考察

3.1 室内実験

全体的な傾向として、体幹傾斜角度は、柄の長さが短い、若茎までの奥行が長い、畝高さが低い、身長が高い程大きくなった(図4, 5)。体幹傾斜角度は 20° 以上で腰背部の筋負担が大きくなるといわれている⁷⁾。それより小さかったのは、畝高さ 35cm の条件においては、被験者Aでは柄の長さ 65cm 以上、被験者Bでは全ての柄の長さ、畝高さ 20cm の条件においては、被験者Aでは柄の長さ 70cm 以上、被験者Bでは柄の長さで 60cm 以上であった。この時の被験者AおよびBの身長に対する柄の長さの比率(以下、身長比)は、畝

高さ 35cm では、それぞれ 0.38, 0.32、畝高さ 20cm では、それぞれ 0.40, 0.39 であった。

一方、模擬若茎間を移動する際に、試作機が収穫対象外の模擬若茎へ当たらないよう、被験者の体幹を後傾させたり、後退する姿勢が畝高さ 35cm においては、被験者Aでは柄の長さ 75cm 以上、被験者Bの全ての柄の長さで、畝高さ 20cm では、被験者Aの柄の長さ 75cm 以上で、被験者Bの柄の長さ 55cm 以上で観察された、この時の身長比は、畝高さ 35cm では、それぞれ 0.43, 0.32、畝高さ 20cm では、それぞれ 0.43, 0.36 であった。

これらより、体幹傾斜角度が 20° より小さく、かつ、隣接する若茎を回避する無駄な動作が少なくなる柄の長さは、身長比が 0.32~0.43 であると考えられた。

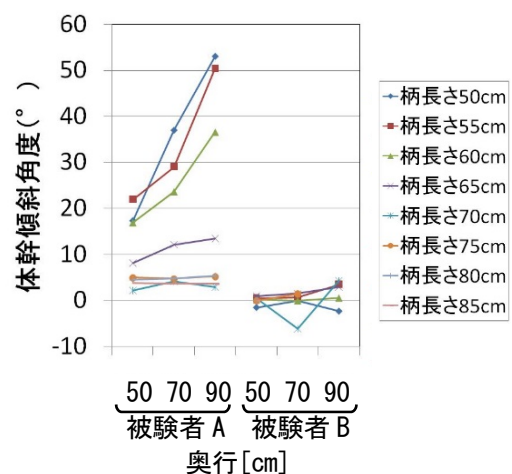


図4 体幹傾斜角度(室内実験, 畝高さ 35cm)

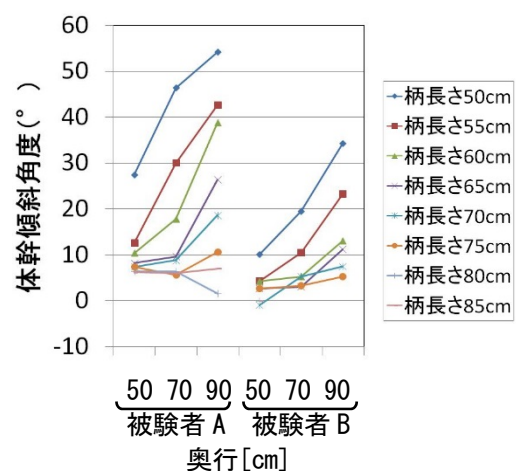


図5 体幹傾斜角度(室内実験, 畝高さ 20cm)

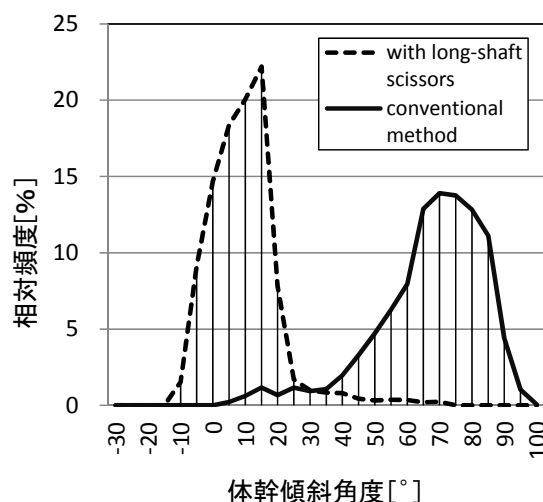


図6 ほ場実験風景（慣行作業，被験者D）



図7 ほ場実験風景（試作機作業，被験者D）

れ15.4%，17.3%，それぞれ軽～中作業，軽作業に相当する⁸⁾，⁹⁾（表2）。疲労の主観評価（修正ボルグスケール）は，慣行作業では腰，背中，ひざやすねに負担が大きかった。試作機作業ではスイッチ操作や試作機の取り回しに使用している右手首や腕への負担がやや大きくなったが，前者よりも全体的に負担が小さかった（図9，10）

図8 体幹傾斜角度と相対頻度
（ほ場実験，被験者D）

3.2 ほ場実験

ほ場実験風景を図6，7に示す。作業姿勢は，慣行作業では中腰や前屈み姿勢が多かった。試作機作業では立位や歩行動作が多く，体幹傾斜角度の平均値は，慣行作業では被験者CおよびDともに65°，試作機作業では，被験者Cが8°，被験者Dが10°であった。さらに，傾斜20°以上の時間割合は，慣行作業では，被験者CおよびDそれぞれ95，97%で，試作機作業では，それぞれ6%，7%であった。傾斜60°以上の時間割合については，被験者CおよびDそれぞれ慣行作業では63%，70%で，試作機作業では1%，0%であり，慣行作業では体幹を深く前屈した姿勢，試作機作業ではほぼ直立姿勢であった（図8，表1）。作業能率は，慣行作業では730～750本/時，試作機作業では710～850本/時と同程度か後者の方がやや高かった。心拍数の増加率は，慣行作業では被験者CおよびDがそれぞれ29.6%，47.0%で，試作機作業では，それぞ

表1 ほ場実験時の体幹傾斜角度

体幹傾斜		試作機	慣行
被験者C	60cm 平均値 [°]	8	65
	20° 以上頻度 [%]	6	95
	60° 以上頻度 [%]	1	63
被験者D	55cm 平均値 [°]	10	65
	20° 以上頻度 [%]	7	97
	60° 以上頻度 [%]	0	70

表2 ほ場実験時の心拍数

心拍数		試作機	慣行
被験者C	平均 [拍/分]	84	100
	増加率 ¹⁾ [%]	15.4	29.6
被験者D	平均 [拍/分]	63	79
	増加率 ¹⁾ [%]	17.3	47.0

※1) 増加率 = (作業時 - 安静時) / 安静時 × 100

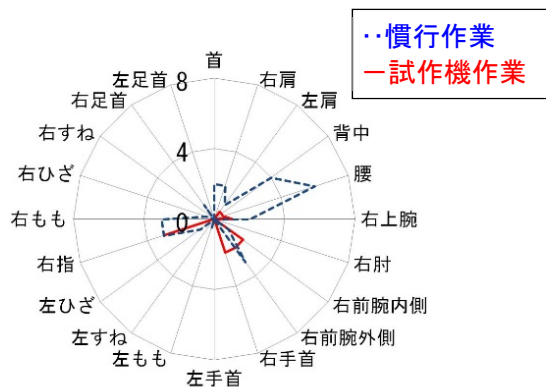


図9 主観評価（被験者C）

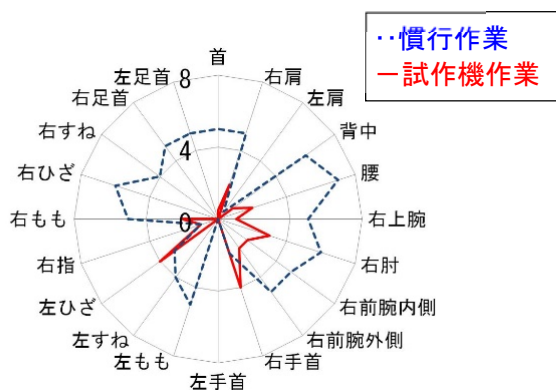


図10 主観評価（被験者D）

摘要

本研究では、グリーンアスパラガス栽培の収穫作業におけるしゃがみ、中腰姿勢による作業者の肉体的負担を軽減するために、立ち姿勢でアスパラガスを収穫できる柄の長い電動収穫ハサミを開発することを目的とした。本報では、本収穫ハサミの適正な柄の長さ、本収穫ハサミの作業姿勢改善効果を体幹傾斜角度や主観評価等定量的に調査し、以下の知見を得た。

1) 畝高さ 20～35cm で天板幅 40cm の時、柄の長さと被験者身長との比率が 0.35～0.40 程度の時に、体幹傾斜角度が 20° 以下かつ隣接する若茎を、回避する動作が少なかった。

2) ほ場における慣行と試作機による作業比較では、作業能率は慣行作業が 730～750 本/時、試作機作業が 710～850 本/時と同程度で、作業姿勢は試作機の利用により中腰から立位に改善され、体幹傾斜角度が 20° 以上の割合が 95% から 6% まで減少した。

3) 心拍数増加率は、慣行が 29.6%、47.0%、試作機が 15.4%、17.3% で、試作機の利用により軽～中作業が軽作業に負担が軽減された。

4) 疲労の主観評価は、慣行作業では腰、背中、ひざやすねに負担が大きく、試作機作業では前者よりも全体的に負担が小さくなった。

5) 開発した収穫ハサミは、平成 24 年 4 月に金星大島工業株式会社から市販されている¹⁰⁾。

謝辞

本研究は、著者が、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構旧中央農業総合研究センター作業技術研究領域で実施したものです。本研究は農林水産省実用技術開発事業「課題番号 21063 アスパラガス収穫作業の「つらい姿勢をゼロ」とする軽労・省力化技術の開発」で実施しました。また、被験者の方を始めご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 片平光彦：アスパラガス収穫台車の開発，機械化農業 12 月号，新農林社，12-15，2004.
- 2) 井出宣弘：電動畝間作業車，農業機械学会誌，63(3)，21-23，2001.
- 3) 田口喜祥，入江直樹，堀江貴雄，片岡正澄，内田善朗，近藤 直：全自動収穫ロボットシステムの開発，長崎県工業技術センター研究報告，38，6-9，2008
- 4) 池内隆夫：暖地ハウス半促成長期どり栽培，農業技術大系野菜編－タマネギ，アスパラガス，農文協，基 267-273，1998.
- 5) 佐野太郎，西本登志，堀川大輔，後藤公美，宍戸拓樹，安川人央，皆巳大輔：アスパラガスの高設栽培の検討，奈良県農業総合センター研究報告，45，10-13，2014.
- 6) 坂本隆行：自然な立ち姿勢でアスパラガス収穫作業を軽労化する技術，機械化農業 12 月号，新農林社，14-18，2011.
- 7) Veikko Louhenvaara, Timo Suurnaakki: OWAS-method, Finnish institute of occupational health, 1992.
- 8) 石川文武，菊池 豊：農業労働の計測・評価ガイド 1 (生研機構版)，生研機構，1-52，2002.

- 9) 石川文武, 菊池 豊: 農業労働の計測・評価ガイドー
2(生研機構版), 生研機構, 1-38, 2003.
- 10) アスパラガス収穫作業の軽労化技術
<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/30/asuparaku.html>, (accessed Jan. 2018.)

Influence of the Length of the Electric Scissors on the Workers' Postures during Harvesting Green Asparagus

Yutaka KIKUCHI*, Takayuki SAKAMOTO, Motoyasu OCHI***,
Toru TANAKA****, Kyo KOBAYASHI*******

* Department of Farm Labor and Environmental Engineering

** Hiroshima Prefectural Technology Research Institute, Agricultural Technology Research Center

*** Hiroshima Prefectural Technology Research Institute, Agricultural Technology Research Center
(Incumbent: Hiroshima Prefectural Agricultural College)

**** Kinboshi Oshima Industry Co. LTD

***** NARO Agricultural Research Center

(Incumbent: Japan Association for Techno-innovation in Agriculture, Forestry and Fisheries)

Abstract

In the conventional harvesting work of green asparagus spears lasts as long as six months. Workers are obliged to have crouching or half sitting postures, which results in significant burden to the knees or the back. In order to realize a harvesting work with less physical burden, we developed an electric powered scissors with a long shaft. To clarify an appropriate length of the shaft, upon fixing the basic form we performed simulation works with eight different lengths of the shaft in the laboratory test, measuring and observing trunk inclination of the subject and his or her behaviors. We as a result found that when the ratio of the shaft length to the height of the subject is about 0.3 to 0.4, the trunk inclination shall be controlled below 20 degrees, which helps the reduction of unnecessary behaviors to avoid the adjacent asparagus stems. In the field tests for the harvesting works in both conventional method and by use of the prototype machinery, we found an improvement of posture from half sitting to standing, ratio of trunk inclination exceeding 20 degrees decreased from 95% to 6% only, while maintaining the work efficiency about the same level and with less physical burden based on the measurement of the heart rate.