

カボチャ収穫作業を軽労力化する軸切りはさみの開発

浦池 隆文、伊藤 壮生、泉 巖、前田 大輔、今岡 広一、中西 洋介
森 雅宏*、濱口 竜一*

Development of Stem Cutting Shears to Reduce the Labor of Squash Harvesting

Takafumi URAIKE, Soki ITO, Iwao IZUMI, Daisuke MAEDA,
Koichi IMAOKA, Yohsuke NAKANISHI
Masahiro MORI*, Ryuichi HAMAGUCHI*

抄 録

本道におけるカボチャの生産量は全国一位であり、国内生産量の約半分を占めている。しかし平成24年以降、高齢化や担い手不足などにより、生産量は減少傾向にある。カボチャ栽培は機械化がほとんど進んでおらず、特に収穫作業では、重い果実を持ち上げ、硬い軸を切断するなどの作業が必要であり、作業者にとって大きな負担となっている。そこで本研究では、収穫作業の軽労力化および効率化を図ることでカボチャ生産量の維持・拡大に資することを目的として、新たな軸切りはさみの開発を行った。

開発にあたっては、既存のカボチャ軸切り専用はさみと比べてより軽い力で軸の切断が可能なることに加え、早期かつ低コストに開発を進めるため、市販の刃物を改良することを基本とした。様々な刃物について軸切り作業への適用性を比較したところ、樹脂パイプの切断に用いられる刃物が最適であることがわかった。しかし、そのままでは軸の切り残しが長く、農協への出荷基準を満たせないことなどが課題として挙げられたことから、改善点を整理のうえ新たなはさみの設計・試作を行った。ほ場での実証試験と生体情報計測による身体負荷評価、さらに人間工学にもとづいた形状最適化を進めた結果、十分な切断性能と優れた使用感を備えた新たなカボチャ軸切りはさみを開発した。

キーワード：カボチャ収穫作業、軽労力化、軸切りはさみ、生体情報計測、人間工学

Abstract

Hokkaido is the top producer of squashes in Japan, producing about half of the total. However, production has been declining since 2012 due to an aging population and labor shortages. Squash cultivation has not been mechanized. Harvesting, in particular, requires lifting heavy squash and cutting the hard stem, which is hard work for workers. In this study, we developed new stem-cutting shears to reduce the burden of harvesting squash and improve work efficiency, thereby contributing to the sustainability and expansion of squash production.

In this development, we aimed to create shears that would cut squash stems with less force than existing specialized shears for cutting squash stems. Furthermore, we developed shears, based on improving commercially available products, with the aim of achieving this development quickly and at low cost. When comparing the applicability of various edged tools to stem-cutting work, blades used for cutting plastic pipes were highly rated. However, issues were raised, such as the stems remaining too long and not meeting the shipping standards for agricultural cooperatives. After consideration of improvement points, new shears were designed and prototyped. Their usefulness was confirmed through demonstration tests at farms and an evaluation of the physical load using biometric measurements. By optimizing the shape based on ergonomics, new squash stem-cutting shears with sufficient performance and a high level of usability were developed.

KEY-WORDS : Squash harvesting, Reduce the burden, Stem-cutting Shears, Biometric measurements, Ergonomics

* 浅香工業株式会社、* ASAKA Industrial co., ltd.

事業名：戦略研究

課題名：近未来の社会構造や環境の変化を見据えた力強い食産業の構築
(北海道産農林産物の収穫作業省力化に関する基盤技術の開発)

1. はじめに

本道における令和5年のカボチャ生産量は約74,700トン、作付面積は約6,410ヘクタールとともに全国一位であり、全国の約半分を占めている。しかし平成24年以降は、高齢化の進行や担い手不足などにより、生産量・作付面積が右肩下がり傾向となっている（図1）。カボチャ栽培はほとんど機械化が進んでおらず、特に収穫作業は作業者にとって大きな負担となっている。カボチャ収穫作業においては、果実の軸を切断する刃物として、専用の「カボチャ軸切りはさみ」が広く使用されている。しかし、軸の切断には大きな力が必要であることから、長時間使用時の疲労蓄積などが課題となっている。

そこで本研究では、収穫作業を効率化・軽労力化することでカボチャの生産量を維持・拡大することを目的として、新たな軸切りはさみの開発を行った。開発にあたっては、既存の専用はさみと比べてより軽い力で軸の切断が可能になることに加え、早期かつ低コストに開発を進めるため、市販の刃物を流用もしくは改良することを基本とした。以下、開発の経緯と開発したはさみの特徴について紹介する。

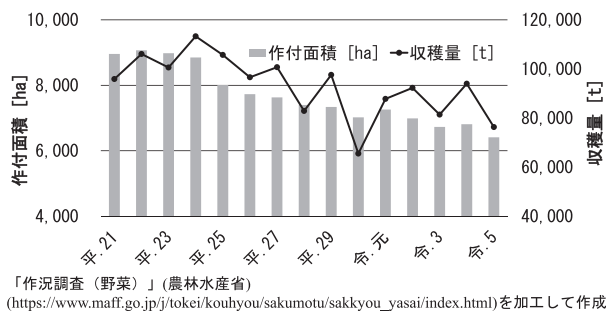


図1 カボチャの生産量と作付面積の推移

2. カボチャ軸切り刃物の検討

専用のはさみと比較して、効率的に軸切断が可能なのはさみに必要となる機能を確認するため、カボチャの軸切り以外の用途を含め、市販されている様々な刃物を用いた軸切り試験を行い、カボチャ軸切り作業への適用性を検証した。

2.1 市販刃物によるカボチャの軸切り

専用はさみのほか、園芸用剪定ばさみ、樹脂・パイプカッター、電動ハサミ、小型チェーンソーなど複数の刃物を用いた軸切り試験を行い、使用感として、①使いやすさ（切れ味・重さ・位置決めしやすさなど）と、②安全性（不安を感じないか）について5段階（5：非常に良い～1：非常に悪い）で評価した。具体的には量販店で容易に入手可能な刃物から軸切りに適用可能と判断した12機種を選定し、工業試験場職員4名（非農業従事者）による評価を行った。専用はさみと、

表1 市販刃物の使いやすさ・安全性評価

専用はさみ

項目 \ 作業者	A	B	C	D	平均
使いやすさ	3	3	3	3	3.00
安全性	4	3	3	3	3.25

剪定ばさみ

項目 \ 作業者	A	B	C	D	平均
使いやすさ	2	5	4	4	3.75
安全性	4	3	3	5	3.75

樹脂・パイプカッター1

項目 \ 作業者	A	B	C	D	平均
使いやすさ	5	5	3	2	3.75
安全性	4	3	3	5	3.75

樹脂・パイプカッター2

項目 \ 作業者	A	B	C	D	平均
使いやすさ	3	4	4	3	3.50
安全性	4	3	3	3	3.25

結果が良好であった上位3機種の評価結果を表1に示す。剪定ばさみと樹脂・パイプカッターの評価が高く、専用はさみを上回る結果であった。これらは円柱・円筒形状で硬質な素材を切断することを目的とした刃物であり、カボチャ軸切り作業への適用が有効であると考えられた。

2.2 市販刃物の軸切断能力

使用感に関して評価の高かった表1の市販刃物について、カボチャの軸に対する切断能力を評価するため切断時間と切断力の測定を行った。切断時間の測定は、軸を残したまま切るから切り離れたカボチャを、片手で把持した状態で行った（図2）。軸径35mm前後のカボチャ3個の軸を切断した際の平均時間を表2に示す。専用はさみと比較して、樹脂・パイプカッター2機種は1/3以下の時間で切断可能であった。剪定ばさみについては専用はさみより切断に時間を要する結果であった。

切断時間の測定結果が良好であった樹脂・パイプカッター2機種と専用はさみについて切断力の測定を行った。切断力の測定は、はさみを治具に固定し、荷重測定用のロードセルをはさみの柄に一方に押し付けることにより行った（図3）。切断時間と同様に、軸径35mm前後のカボチャ3個の軸を切断した際の平均切断力を表3に示す。専用はさみと比較して、樹脂・



図2 軸切断時間測定の様子

表2 軸切断時間測定結果（3個平均）

	専用はさみ	剪定ばさみ	樹脂・パイプカッター1	樹脂・パイプカッター2
時間[s]	2.6	3.8	0.7	0.7
軸径[mm]	37.7	34	32.3	31.7

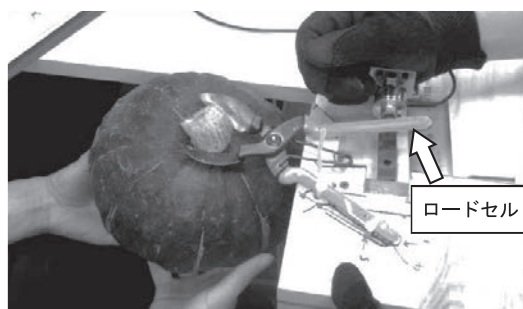


図3 軸切断力測定の様子

表3 軸切断時間測定結果（3個平均）

	専用はさみ	樹脂・パイプ カッター1	樹脂・パイプ カッター2
切断力[kgf]	32.1	12.2	15.8
軸径[mm]	34.3	32.7	35.7

パイプカッターは2機種とも1/2以下の力で切断可能であった。以上より、樹脂・パイプカッターを使用することで、カボチャの軸切り作業を効率的に行うことが可能と考えられた。

2.3 市販刃物の軸切り作業への適用性

切断力が最も小さかった樹脂・パイプカッター1（以下、樹脂カッターと記す）を用いた農業従事者によるカボチャ軸切り作業試験を行い、使用感について聞き取り調査を行うとともに、作業への適用性について検討した。2.1節で実施した、①使いやすさと、②安全性に加え、③力の入れ具合（切断に要する力）について5段階（5：非常に良い～1：非常に悪い）で評価したところ、表4に示す結果となった。20～70歳代の女性7名男性8名による評価は、力の入れ具合・安全性について非常に高い評価であったが、使いやすさについては若干低い評価であり、その理由としては以下が挙げられた。

- ①軸に刃物を当てづらい
- ②柄が掴みにくい
- ③もう少し軸を短く切りたい
- ④使い慣れない

表4 樹脂カッターの使用感評価結果

	使いやすさ	安全性	力の 入れ具合
女性平均	3.0	4.6	4.7
男性平均	4.0	4.6	4.4
全体平均	3.5	4.6	4.5



図4 軸の切り残し

これらは、元来用途の異なる刃物を使用したことに起因する。このうち③に関しては、農協の受け入れ基準として適切な軸の切り残し長さ（図4）の範囲が定められており、基準を満たさない（切り残しが長い）場合は出荷できない。

これまでの検討により、カボチャ軸切り作業において樹脂カッターの切断能力と安全性に問題はないことを確認できた。そこで、主として「使いやすさ」に関する指摘事項を要件として、樹脂カッターをベースとした新たな軸切りはさみを開発することとした。

3. 新たなカボチャ軸切りはさみの開発

3.1 設計要件

2章で行った聞き取り調査のほか、農業改良普及センターなど農業関係者から得られた意見をもとに、以下①～⑤を要件として軸切りはさみの設計・試作を行った。なお、これ以降の詳細設計と試作は、浅香工業株式会社が担当した。

① 小さな切断力

刃を樹脂カッターと同様に薄刃の平刃にすることで、カボチャ専用はさみと比較して小さな切断力で軸切りを行うことを可能とする。

② 短い軸の切り残し長さ

「刃面から下の形状寸法」を小さくすることで軸の切り残し長さを短くする。樹脂カッターでは「刃面から下の形状寸法」が7～10mmであるのに対し、試作はさみでは1mmとする（図5）。

③ 容易な軸の位置決め

切断時に軸を固定しやすいように「軸押さえ」機能を有する構造とする。

④ 安全性の確保

はさみを閉じたときに、刃先が隠れるようカバーを設ける。

⑤ 低コスト

刃を替刃式とすることで低コスト化を図る。

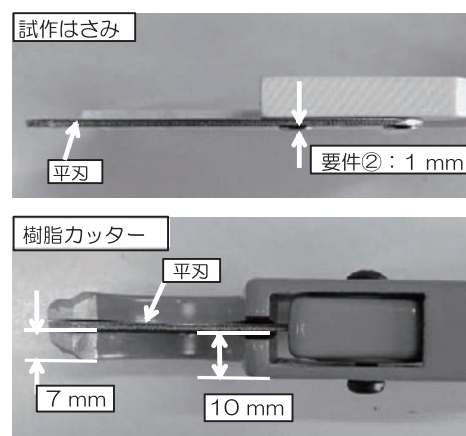


図5 刃面から下の形状寸法

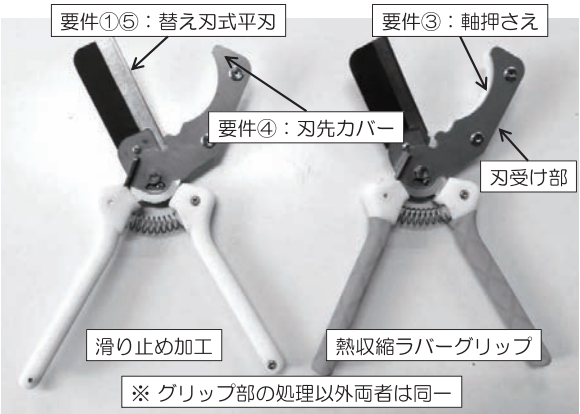


図6 試作したはさみの概観

試作したはさみを図6に示す。カボチャの軸を安定して把持・固定するための「軸押さえ」と、はさみを閉じた際に刃先を隠すことで安全性を確保するための円弧形状の「刃受け部」を有することを特徴としている。また、刃を安価な替え刃式とすることでコストの低減を図るとともに、性能（切れ味）の維持を容易にした。

3.2 ほ場でのテスト使用と使用感に関する聞き取り調査

試作したはさみの農業従事者によるテスト使用を実施し、使用感について聞き取り調査を行った。評価項目は2.3節と同様、①使いやすさ、②安全性、③力の入れ具合とし、5段階（5：非常に良い～1：非常に悪い）で評価を行った。テストの様子を図7に、聞き取り調査結果を表5に示す。各項目とも高い評価が得られ、特に使いやすさに関して樹脂カッ



図7 ほ場でのテストの様子

表5 使用感評価結果

性別	年代	使いやすさ	安全性	力の入れ具合
女	40	4.5	4	4.5
男	20	5	5	5
	30	5	5	5
	30	5	4	5
	40	4	5	5
	70	5	5	4
平均		4.8	4.7	4.8

表6 軸の切り残し長さ（20個平均）

	軸径[mm]	切り残し長さ[mm]
品種1	33.2	6.4
品種2	32.3	8.8

ターの使用感評価で指摘された不都合が解消されていることを確認した。加えて、テスト使用を実施したほ場で栽培されている2品種について、軸の切り残し長さの測定を行った。収穫した果実からランダムに抽出した20個の平均値は表6のようになり、それぞれの品種について農協の受け入れ基準を満たす結果が得られた。以上により、設計・試作と評価を通じて新たに開発したカボチャ軸切りはさみは、優れた使用感と機能性を有することを確認した。一方で評価に表れない感覚的な事項について以下2点が指摘され、さらなる改善に向けた課題として抽出された。

- ① グリップ幅が狭い（握り具合の違和感）
- ② 剛性感（がっちりした感じ）が低い

3.3 生体情報計測による身体負担評価

使用感と性能の評価に加え、開発したはさみを使用することによる軽労力化の効果を把握するため、軸切りの模擬動作試験を実施し、生体情報の計測を行った。カボチャの軸と同等の力で切断することが可能な樹脂パイプを対象として、カボチャ軸切り専用はさみと開発したはさみで切断し、前腕屈筋群および前腕伸筋群の筋電位と、手関節および示指MP関節の関節角度を計測した。試験の様子を図8に、計測箇所を図9に示す。試験は、20～60代の男女8名の被験者（工業試験場職員）を対象に行った。

図10に筋電位の計測結果を示す。グラフ縦軸のMVC比は、最大筋力を発生する際の筋電位（握力測定の要領で事前に計測）に対して、試験中に計測された最大筋電位の割合を示している。またグラフ中の○印は被験者ごとに計測された筋電位の最大値、■印は全被験者の平均値を示す。個人差はあるものの、前腕屈筋群・前腕伸筋群ともに開発したはさみにおいてMVC比が有意に低下、すなわち筋負担が低減することを確認した。



図8 模擬動作試験の様子

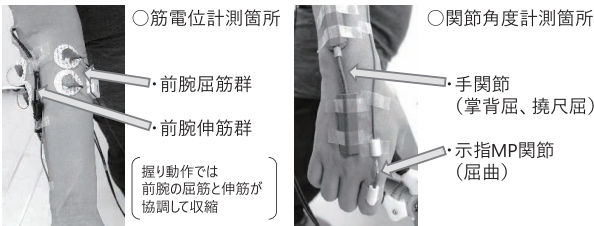


図9 生体情報計測箇所

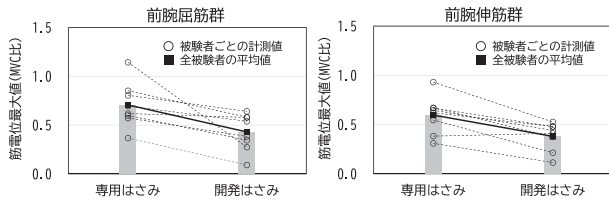


図10 筋電位計測結果

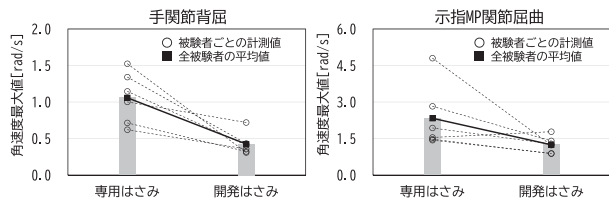


図11 関節角速度計測結果

関節角度から求められる角速度の計測結果を図11に示す。グラフ中の○印は被験者ごとに計測された角速度の最大値、■印は全被験者の平均値を示す。手関節背屈・示指MP関節屈曲ともに、専用はさみではばらつきが大きく、かつ最大値が大きくなっている。ばらつきが大きいことから動作が安定していないこと、最大値が大きいことからグリップを強く握っていることが伺える。

以上、生体情報計測の結果から、開発したはさみは専用はさみと比較して安定かつ楽に軸切り作業を行うことが可能なこと、すなわち軽労力化に効果的であることを確認した。

4. 新たなカボチャ軸切りはさみの実用化へ向けた改良

3章で試作したカボチャ軸切りはさみは十分な性能を有していることを確認したが、グリップ形状を改良することで更なる使用感の向上が見込まれた。そこで、グリップ形状の最適化を図るため人間工学にもとづいた形状評価を行い、これをもとにプロトタイプを製作した。その後、ほ場において収穫シーズンを通した使用テストを行い、製品化へ向けた課題を確認した。

4.1 グリップ形状の最適化

試作したカボチャ軸切りはさみは、3.2節で指摘された「グリップ幅が狭い（握り具合の違和感）」に起因して、握り込んだ際に力が伝わりづらい傾向があった。これを改善するため、人間工学的観点^{1,2)}にもとづいてグリップの基本形状と各部の寸法範囲を規定し、寸法を変化させたグリップモデルを用いた握りやすさの評価を行うことにより、グリップ形状の最適化を図った。

図12にグリップの改良案を示す。試作はさみはグリップが直線状であり、後端に向かってハの字となる形状であった。これに対し改良案ではグリップ中間部の幅を大きくし、グ

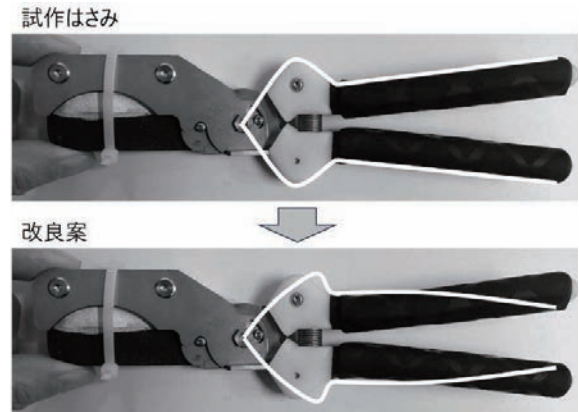


図12 グリップの改良案

リップ後端に向かって幅を狭くした。これにより、最大に開いた状態と最小に閉じた状態での力の入り具合の改善を見込んだ。図13に寸法案を示す。図中の固定寸法L1、L2、W2、W4（試作はさみをベースとした寸法）のほか、L3=35～55、L4=35～75、W1=22～24、W3=35～38、H=14～18として寸法範囲を定めた。

寸法範囲の最大・中間・最小で3パターンのグリップモデルを作製し（図14）、握りやすさに関するアンケート調査を行った。20～60代の男女7名の被験者（工業試験場職員）に対して行ったアンケート調査の結果を図15に示す。平均点が最も高く、自由意見においても否定的な意見が少なかったことから、グリップモデル2の形状を最適な形状とした。

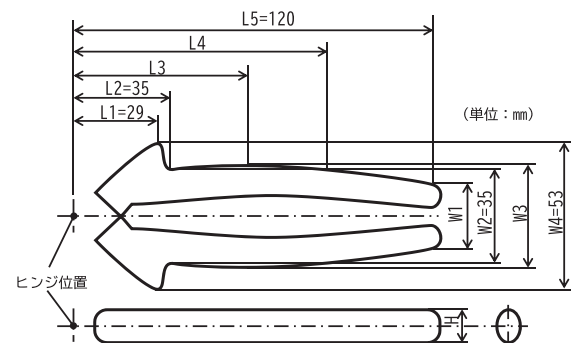


図13 グリップの寸法案



図14 作製したグリップモデル

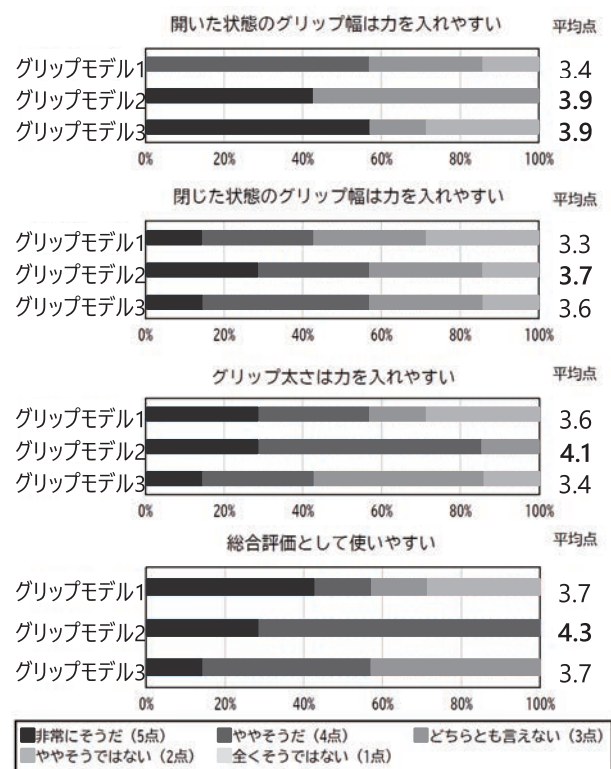


図15 アンケート調査の結果

4.2 プロトタイプの製作と使用テスト

力の入り具合の改善に向けたグリップ形状の検討結果をもとに、図16に示すプロトタイプを設計・製作した。グリップ形状の改良に加え、心材となるステンレスの板厚増加による剛性の向上と、刃部および刃受け部の形状変更による、デザインと重量バランスの改善を図った。

プロトタイプの農業従事者によるテスト使用を実施した結果、以下のような意見が得られた。

① 肯定的な意見

- ・前回から改良されている
- ・頑丈で歪みなどはない
- ・切れ味が良く軸を短く切りすぎることはない
- ・これまで使っていたはさみは1年で使えなくなる。替え刃式のメリットは大きい

肯定的な意見からは、使用感・剛性ともにプロトタイプの設計において考慮した改善点が効果的に反映されたと考えられる。

② 否定的な意見

- ・刃受けにゴミがたまる
- ・女性には少し大きい
- ・刃先を器用に使えない
- ・頂部が陥没している品種では軸の残りが長くなる
- ・軸が根本から変形している場合切りづらい



図16 製作したプロトタイプ

否定的な意見からは、カボチャの品種や形状によっては対応が難しい場合もあるが、はさみの形状にさらなる改善が求められていることが分かった。

5. おわりに

本研究では、カボチャの収穫作業を効率化・軽労力化することを目的とした新たな軸切りはさみの開発を行い、アンケート調査や生体情報計測等によりその有効性を確認した。さらに人間工学的観点をもとにしたグリップ形状の最適化と全体形状の改良により、十分な切断性能と優れた使用感を備えた新たなカボチャ軸切りはさみを開発した。

プロトタイプのテスト使用で指摘された否定的な意見は、開発したはさみの構造・形状（設計コンセプト）が、従来から使用されている専用はさみとは根本的に異なることに起因する。得られた全ての意見を反映したはさみ形状の創出は困難と考えられるが、今後も農業現場からの要望を実現できるよう可能な限りの創意工夫をかさね、製品化と普及に向けた取り組みを進める。なお、本研究成果は、共同研究機関である浅香工業株式会社による製品化を予定している。

参考文献

- 1) 日本産業衛生学会・作業関連性運動器障害研究会編：ワークデザイン第7版，労働科学研究所，pp.170, (2013)
- 2) 勝浦哲夫 他共編：人間工学基準数値数式便覧，技報堂出版，pp.122, (1992)