

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 12 日現在

機関番号：50101
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2011～2012
課題番号：23700677
研究課題名（和文） 力覚提示を行う箸型食事用自助器具の開発
研究課題名（英文） Development of a chopsticks-type self-help device in which haptic interface embedded.
研究代表者
中村 尚彦 (NAKAMURA TAKAHIKO)
函館工業高等専門学校・機械工学科・准教授
研究者番号：30435383

研究成果の概要（和文）：

本研究では、手指の運動機能に障がいを持つ方を対象とした箸型食事用自助器具の開発を目的とする。これまで開発した箸型自助器具では、一口大の食品や麺類のような細長い食品に対して有効性を示してきた。本研究期間では、切り分ける必要のある大きな食品にも対応する箸型食事用自助器具 3 号機を開発した。健常者による安全確認実験を経た後、手指の不自由な本校卒業生による検証実験により、一口大の食品から麺類、切り分けて一口大にする食品まで有効性を確認した。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study is to develop a chopsticks-typed self-help device for meal. Chopsticks-type self-help device for a meal is a self-help device in order to help a person with trouble in a hand to have a meal with chopsticks. We have developed the device, which can help users to snare a bite-sized food and noodle-like food, and, experimental results have shown validities of the device. In this research period, we develop a novel Chopsticks-type self-help device for a meal, which can also help users to cut foods into bite-sized pieces. Safeness of the device is shown through experiments with physically unimpaired volunteers and validities of the device are shown through experiments with graduate of our college who has difficulty in voluntary movement of his hands.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：ロボット工学

科研費の分科・細目：人間医工学、リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：自助具、福祉ロボット

1. 研究開始当初の背景

身体の運動機能に障害をもつ人が自立した生活を送るにあたり、自助器具は必要不可欠なものである。しかし、運動機能の障害や残存機能は人それぞれ千差万別であるため、市販の自助器具と残存機能がうまく適合しない人が多数存在しているのが現状である。一方、食事用自助器具として手指をある程度自在に動かせる人を対象にしたものが安価

に市販されている。しかし、手指の随意運動が困難な人を対象とした食事用自助器具は大掛かりなものであり、また、高価でもある。さらに、箸を使用して食事をしたいという日本人独自の願望をかなえてくれるような自助器具は、要望が多いにも関わらず、これまでまったく報告されていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、手指の随意運動が困難な人を対象とした箸型食事用自助器具の開発を行う。本研究で開発する食事用自助器具は、使用者の手に装着して使用することを前提とし、使用者の意図に基づき操作されるもので、使用者の残存機能に基づく随意運動を操作入力とし、モータによって箸の開閉を行い摂食動作支援を実現するものである。

この実現のため申請者らがこれまで行ってきた研究によると、箸で摂食する食品というのは、その大きさから以下の3群に大別することが可能である。

A. 肉団子や漬物のような、最初から一口大の食品

B. 麺類のような、次々に口に送り込んで摂食する食品

C. 湯豆腐や焼き魚のような、箸で一口大にしてから摂食する食品

健常者の操作する箸はこれらの食品全てに対応している。箸と同様に、これらの全ての食品に対応可能な箸型食事用自助器具の開発が、本研究の最終目標である。

これまで本研究では、段階的にこれらの実現を目指してきた。まず、つまむだけで摂食可能な食品群 A に対応可能な箸型食事用自助器具を開発し、その後、難易度が高いと予想される食品群 B に対応可能な箸型食事用自助器具を開発した。

これまでの研究で、使用者の残存機能に基づく随意運動を操作入力とすること、および、モータによって箸の開閉動作を行うことが本研究の使用者の摂食動作の支援に有効であることは確認されている。また、実際に障害のある使用者により、開発された箸型食事用自助器具2号機が食品群Aおよび食品群Bの摂食動作支援に有効であることが確認されている。これらの成果を踏まえて現在は、C群のような箸で一口大にしてから摂食する食品の摂食動作支援の実現が目標である。

箸で食品を一口大に切り分ける際、健常者は箸先に作用する食品からの反力に応じて、箸を操作する力を調整している。そこで、本研究で開発する食事用自助器具でも同様に、箸先に作用する食品からの反力を操作入力部に抵抗力として提示する必要がある。

以上を踏まえ、本研究期間では以下の項目を満たす食事用箸型自助器具の開発を目的とする。

(1) 使用者の残存機能に基づく随意運動を操作入力とし、モータによって箸の開閉を行い摂食動作支援を実現する

(2) 使用者の手に装着して使用

(3) 健常者が箸で摂食する全ての食品に対応可能なように、箸先に作用する食品からの反力を操作入力部に抵抗力として提示

3. 研究の方法

本研究では手指の随意運動が困難な方の一例として、手関節の背屈のみが可能な障がい者が箸で食事が行えるようになるための自助器具の開発を行う。本研究で開発する食事用自助器具は、使用者の手に装着して使用することを前提とし、使用者の意図をさまざまなセンサで読み取り、そのセンサ情報に基づき箸の開閉を行うものである。

先述した目的の達成に当たり、以下の項目の実現が必要となる。

(1) 操作入力となる随意運動の選定

(2) 選定した随意運動計測機構の考案と計測用センサの選定

(3) 箸開閉機構の考案とアクチュエータの選定

(4) 箸先の食品把持反力計測機構の考案

(5) 箸先に作用する食品からの反力を操作入力部に抵抗力として提示する機構の考案

(6) 上記(2)～(4)の機構を搭載した箸型自助器具の設計開発

(7) 各種センサ用回路の製作

(8) アクチュエータ制御用回路の製作

(9) 制御アルゴリズムの考案と実装

(10) 健常者による安全性の確認実験

(11) 手指の随意運動が困難な方による評価実験

(1) および(2)について、操作入力には、随意運動が可能で箸先にもっとも近い関節が適していることがこれまでの実績から示されている。本研究の場合、背屈が可能な手関節の角度を操作入力とするのが適しており、その計測には従来の実績を考慮してポテンシオメータを用いることとした。

(3)について、使用者の動作を伝達して箸の開閉を行うことも検討した。しかし、筋持久力的に1回の食事における全ての箸の開閉動作を補助動力なしに手関節の動作だけで行うことは困難であると判断し、モータによって箸の開閉を行うこととした。箸の開閉角度を制御する必要が予測できていたため、ステッピングモータやサーボモータの使用も検討したが、大きさや重量を考慮し、DCモータを使用することとした。

(4)について、今回の目的を達成するために、箸先の食品把持反力のうち、箸のどの方向に作用する力を計測する必要があるかを判断する必要がある。そのため、6軸力センサを埋め込んだ箸を作成し、食事中に箸に作用する力を計測した。その際、箸の軸方向および垂直な方向に作用する力が同じタイミングで計測されたため、箸型自助器具では全方向の反力ではなく一方向の反力のみを計測することで目的達成に十分であることが明らかとなった。小型の感圧センサ(本申請による研究費で購入)を使用する。その際、効果的な取り付け位置や方法について十分

な検討が必要となる。特に力学的な観点からだけではなく、衛生上の問題からも検討が必要となるため、十分な議論が必要となることが予想される。

(5) について、開発当初、食品把持反力提示用のアクチュエータも DC モータの使用を想定していた。しかし、実際の使用状況を考慮し、電磁クラッチを使用することとした。

(6) について、これまでの検証実験の結果から、自助器具の重量が重要であることがわかっている。食事を満足に終わるまで扱える自助器具の重量は約 550g であり、それを超えてしまうと、その重量による疲労により長時間使用することができない。如何に軽量に実現するかが最大の検討項目である。申請者が使用している CAD ソフトでは、部材の材質を指定することで、重量を計算することが可能である。そのため、設計段階で詳細な CAD モデルを作製し十分に検討しながら実機の製作に取り掛かることで、時間の節約を試みる。

(7) および (8) について、開発する自助器具は、その性質上、コンパクトな必要がある。そのため、自助器具用の電子回路もコンパクトに設計する必要がある。本研究では、本自助器具用の基板を制作することで電子回路のコンパクト化を図る。また、制作には電子基板用 CAD を用いて設計を行うことで、コストや時間の節約を図る。

(9) について、センサやアクチュエータの制御には実時間の AD 変換および DA 変換が必要となる。AD 変換技術は当研究室でも既に確立された技術であり特に問題はないと思われる。また、制御アルゴリズムとして、基本的には手関節の角度と箸の開閉角度が 1 対 1 に対応するような制御アルゴリズムを構築する。ただし、箸先で食品を把持した際には、箸が閉じにくくなるように制御する必要がある。そのため、箸先の反力に応じて、手関節の屈曲しやすさが変化するような制御アルゴリズムを構築する。

(10) について、本自助器具は手指の随意運動が困難な方を対象に開発されているが、安全性の観点から、まず、健常者に検証していただくこととする。その際、一口大の食品、麺類、切り分けて一口大にする食品を準備し実際に食事をしていただき、操作性や安全性、重量や大きさについても検証していただく。

(11) について、実際に手指の随意運動が困難な本校卒業生に、一口大の食品、麺類、切り分けて一口大にする食品を準備し実際に食事をしていただき、操作性や安全性、重量や大きさについても検証していただく。その際の評価項目は、福祉用具満足度評価「QUEST」に従い評価していただく。

4. 研究成果

(1) 箸型自助器具

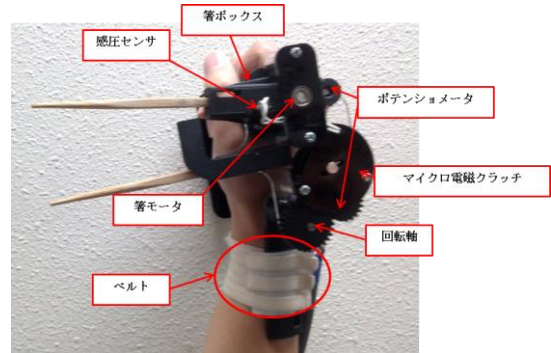


図1 箸型食事用自助器具

図1に開発した箸型食事用自助器具を示す。開発された箸型食事用自助器具は、使用者の右手(利き手)に装着し、ベルトにより固定して使用するものである。重量は 300g であり、目標の 550g よりも大幅な軽量化に成功している。箸モータにより箸の開閉を行い、食品の把持を行う。箸モータとして、食品の切り分けには 70[N・mm]以上のトルクが必要なことが実験から明らかであったため、本自助器具では 1441[N・mm]のトルクを出力可能なモータを使用している。箸先の食品把持反力計測用に感圧センサを箸ボックスに内蔵している。また、箸の開閉角度および手関節の屈曲角度はポテンショメータで計測し、マイクロ電磁クラッチにより手関節の屈曲しやすさを調節することで操作者に把持反力を伝達する仕組みとなっている。

(2) 制御アルゴリズム

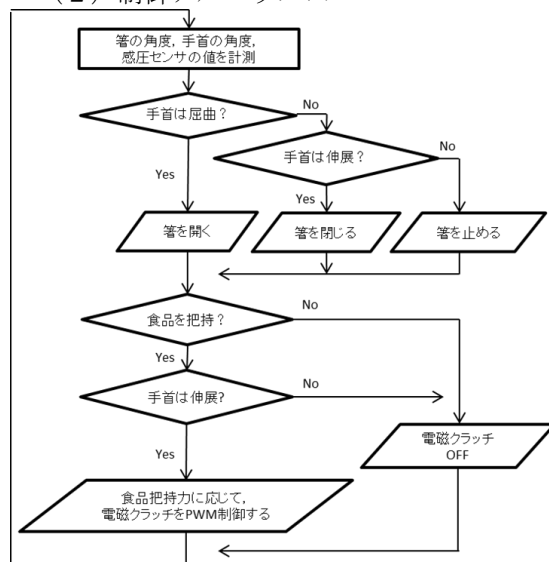


図2 制御用フローチャート

図2に制御用フローチャートを示す。手関節の屈曲角度と箸の開閉角度は 1 対 1 に対応するよう制御されている。まず、箸の開閉角

度、手関節の屈曲角度、箸先の食品把持反力を計測する。箸の角度に対して手関節が屈曲していれば箸を開き、箸の角度に対して手関節が伸展していれば箸を閉じる。また、箸の角度に対して手関節の角度が適切な場合は箸の動作を止める。

次に食品把持反力を操作入力である手関節に伝達する。感圧センサにて食品の把持が確認され、かつ、手関節が伸展していた場合、電磁クラッチに電流を流し粘性を増加させることで手関節の伸展しやすさを調節する。

この制御により、健常者が箸で食品を把持した際に指先で感じることができると同様に、本自助器具で食品把持反力を感じることができる。

(3) 検証実験



図3 手指の随意運動が困難な方による検証実験

実際に手指の随意運動が困難な本校卒業生に、一口大の食品、麺類、切り分けて一口大にする食品を準備し実際に食事をしていただき、操作性や安全性、重量や大きさについても検証していただいた。図3に実験中におでんの大根を切り分けて食事して頂いた食事風景を示す。

図3からも明らかのように、本自助器具は手指の随意運動が困難な方でも適切に箸を操作し、一口大の食品、麺類、切り分けて一口大にする食品に対して食事の支援を行うに十分な性能を有していることが示された。以下、福祉用具満足度評価「QUEST」に従い評価していただいた結果を図4に示す。

今回は1日のみの測定により、耐久性を行うには判断が出来ないという理由から耐久性の評価は行わなかった。また、1人で手首をしっかり固定することが難しかったので調節のしやすさはやや満足という評価を頂いた。手と接触する機構部分が気になったので安全性にやや満足という評価を頂いた。また、1人で取り付けができるように手首のベルト部分に輪の形状を取り付ける必要があ

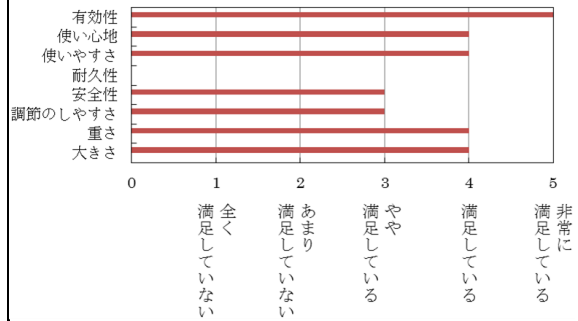


図4 福祉用具満足度評価の結果

り、機構で手を痛めることを解消する必要があることが分かった。

(4) 結論

研究の結果、一口大に切り分ける必要がある食品に対応できるようになり、対応できる食品の種類が増え、更に扱いやすくなった。また、健常者と手指の肢体不自由者に「QUEST」による福祉用具満足度評価をして頂き、得られた感想から手首固定機構の固定力の更なる強化と手首の内外点の自由度に対応できる機構の改良により、扱いやすさが向上するのではないかと考えられた。手指の随意運動が困難な方の食事実験から、1人でも固定が出来るようなベルト機構と手を痛めない機構の改良をする必要がある。今後は、これまでの成果で得られた改良点から、更に扱いやすくするための箸型食事支援ロボットを開発するとともに、より良い測定関係の実験を行い、あらたな改良点を見つけていく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

竹内 岳、中村 尚彦、食事用箸型自助器具の使いやすさ向上に関する研究、函館工業高等専門学校紀要、査読有、47巻、2013、31-36 DOI: なし

〔学会発表〕(計5件)

①中村 尚彦、竹内 岳、浜 克己、食事用箸型自助器具の継続使用に関する評価、日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会'12、2012年05月27日～2012

年05月29日、アクトシティ浜松(静岡県)

②中村尚彦、上村卓也、澤谷知輝、浜克己、動作計測に基づく食事用箸型自助器具の設計、日本ロボット学会 第30回記念学術講演会、2012年09月17日～2012年09月20日、札幌コンベンションセンター(北海道)

③澤谷 知輝、上村 卓也、中村 尚彦、竹内 岳、浜克己、箸型食事支援ロボットの開発-食品把持反力提示システムの提案-、第13回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会、2012年12月18日～2012年12月20日、福岡国際会議場(福岡県)

④澤谷 知輝、竹内 岳、中村 尚彦、浜 克己、
桶谷 濟、食事用箸型自助器具の評価、第 12
回 公益社団法人 計測自動制御学会システ
ムインテグレーション部門 講演会、平成 23
年 12 月 23 日、京都大学 吉田キャンパス(京
都府)

⑤竹内 岳、中村 尚彦、桶谷 濟、浜 克己、
澤谷 知輝、食事用箸型自助器具の使いやす
さ向上に関する研究、第 12 回 公益社団法人
計測自動制御学会システムインテグレーシ
ョン部門 講演会、平成 23 年 12 月 23 日、京
都大学 吉田キャンパス (京都府)

6. 研究組織

(1)研究代表者

中村 尚彦 (NAKAMURA TAKAHIKO)
函館工業高等専門学校・機械工学科・准教
授
研究者番号：30435383