

パワーアシスト型福祉用箸の開発に関する研究

澤島 秀成^{*1)}, 島 悠太^{*2)}

Development of Power Assisted Chopsticks for Disabled person.

SAWASHIMA Hidenari^{*1)} SHIMA Yuta^{*2)}

福祉用箸は、手の把持力がある程度残っている人の自助具としては非常に有効である。しかし、把持力が極端に低い人や巧緻性に問題のある人は、福祉用箸だけでは円滑な食事作業が行えない場合がある。

本研究では、不自由なく機能する体の部位からの情報や操作をもとに、福祉用箸の制御を実現し、手の不自由な人の自律的な食事作業を支援するためのパワーアシスト型の電動福祉用箸のプロトタイプ開発を行う。

1. 緒言

現在、病気や怪我、高齢などにより手の動きが不自由な人が食事を行うための自助具として、福祉用箸がある。福祉用箸には様々なタイプがあり、通常の2本の箸を治具で繋ぐだけのものから、手の形に合わせて一体型としたものまである。しかし、それらの福祉用箸は、手の把持力がある程度残っている人の自助具としては有効であるが、把持力が極端に低い人や巧緻性に問題のある人の場合、あるいは、食べ物の種類（大きさ、固さ、長さ等）によっては、円滑な食事作業が行えないことがある。

一方、食事介護を受けている利用者は、本来、自分自身の好みに合わせた食べ方（好きなものを、好きな順、好きな分量、好きなペース）で食べたいと感じている。そのことから、把持力が極端に弱い人などにおいても、自分の好みに合わせて食べられるような自助具が求められている。

本研究では、正常に機能する体の部位からの情報や操作をもとに、福祉用箸の制御を実現し、手の不自由な人の自律的な食事作業を支援するためのパワーアシスト型の電動福祉用箸の考案、設計およびプロトタイプ開発を行った。

2. システム設計

2.1 使用した福祉用箸

福祉用箸には様々なタイプのものがあるが、本研究では、モータの取り付け場所などを考慮して、図1に示すような、二本の箸がプラスチック支持部により一体化されたものを使用した。

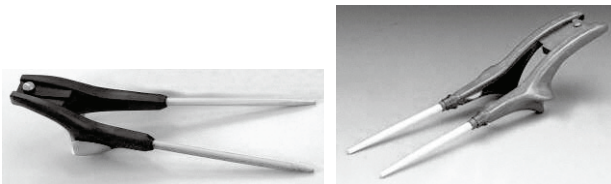


図1 使用した福祉用箸

2.2 モータ仕様の検討

電動福祉用箸を設計するにあたっては、使用するモータの規格を決めるために、福祉用箸を通常使用する場合の把持力を把握する必要がある。本研究では、図2に示す力量計測装置の軽量ピンチ力計測を利用して、やや強く食材を保持する場合の力加減を計測した。

その結果、福祉用箸の使用時におけるトルクは3.5-15.9N・cm (0.36-1.62kgf・cm)であった。健康者が固い食材などを切る場合は、さらに強いトルクを要することも考えられるが、安全性やモータの大きさ、重量を考慮して、モータ仕様としては最大トルク 14.7-17.6N・cm (1.5-1.8kgf・cm)とした。また、モータとしては、マイコンによりその角度制御が可能なサーボモータを使用した。



図2 福祉用箸の把持力計測

2.3 センサ・入力デバイスおよびマイコンの検討

箸を制御するには様々なセンサの利用が考えられるが、本研究では、表1に示すように8種類のセンサについて予備実験を通じて検討した。

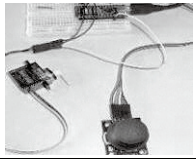
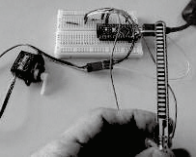
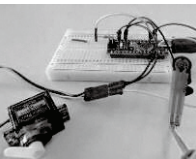

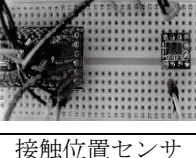
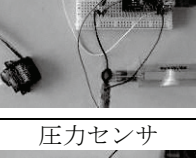
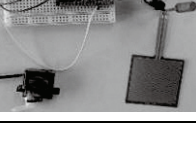
各センサにおいては、それぞれ利点・欠点が考えられたが、箸の制御については、センサからの情報を処理し、モータを制御するマイコン側のプログラムで、ある程度細やかな制御の実装が可能である。そのことから、福祉用箸に用いるセンサとしては、ユーザの操作性や装着性に重点を置く必要がある。

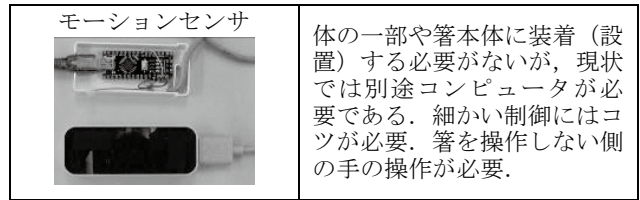
本研究では、操作性を考慮してジョイスティック、また、

^{*1)}機械・計測・ITグループ（現 機械・計測・エネルギーグループ）、^{*2)}機械・計測・ITグループ（現 IoT推進グループ）

装着性を考慮して加速度センサ、モーションセンサについて、ハードウェアおよびプログラム実装によるプロトタイプ開発を行った。なお、ジョイスティックについては、利用者が直接操作する場合（以下、ユーザ操作）と、介護者が食事介護を行う場合にも利用できるように、操作部の無線化を図り、遠隔で箸を操作できるもの（以下、遠隔操作）についても実装を行った。

表1 各種センサおよび検討結果

センサ名（概略図）	検討結果
ジョイスティック 	箸とは別に卓上などに設置する必要がある。操作性は良く、また、細かい制御も可能。
曲げセンサ 	体の一部や箸本体に装着が可能である。適切な場所に装着（設置）することで、細かい制御も可能。
ボタン 	ON/OFF のみで操作感が良い。細かい制御が不可能であり、強弱のモード設定など新たな仕組みが必要。
筋電センサ 	装着に手間がかかる。操作および制御も難しい。センサが高価。
加速度センサ 	体の一部や箸本体に装着が可能である。適切な場所に装着（設置）することで、細かい制御も可能。
接触位置センサ 	箸とは別に卓上などに設置する必要がある。適切な場所に装着（設置）することで、細かい制御も可能。
圧力センサ 	センサの大きさや形状にもよるが、体の一部や箸本体に装着が可能である。適切な場所に装着（設置）することで、細かい制御も可能。



センサ情報の処理およびモータ制御については、プログラミング実装の容易性および可搬性を考慮して、オープンソースハードウェアのワンボードマイコンを使用した。

2.4 機構設計

福祉用箸にモータを装着する場合、箸を繋ぐ蝶番に直接モータの駆動部を取り付けることも可能であるが、食材によっては、その把持力を制御することは難しい。そのことから、本研究では、モータは、蝶番に直接設置するのではなく、箸の把持部に取り付け、モータの駆動部と箸の間に、糸あるいはパネを介することによって、箸を制御することとした。また、作製した電動福祉用箸のプロトタイプの評価については、安全性を考慮して、筆者自らが食事を用いて実施した。

3. 課題解決のための実装

3.1 ジョイスティック（ユーザ操作）による実装

図3にジョイスティックによる電動福祉用箸のプロトタイプを示す。ジョイスティックは、スティックを倒す方向（X-Y方向）や傾き角度で、箸の閉じる角度（力加減）を自由に調節できるようにプログラム実装した。利き手以外の手や、肘、足などで制御が可能となり、実際の食事においても問題なく使用することが出来た。

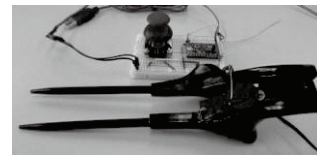


図3 ジョイスティックによる電動福祉用箸（ユーザ操作）

3.2 ジョイスティック（遠隔操作）による実装

図4に無線による遠隔操作で、ジョイスティックを使用した電動福祉用箸のプロトタイプを示す。無線モジュールを追加したことからサイズは大きくなったが、このことにより、介護者が手を取って被介護者の箸操作を介護することなく、横や対面から開閉操作をするだけで介護が可能となる。また、そのことにより、被介護者自身が、食べたい順番に食べることが出来るようになる。

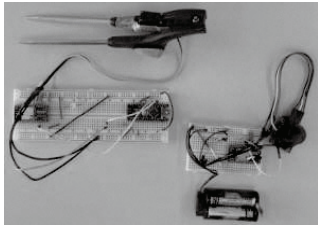


図4 ジョイスティックによる電動福祉用箸(遠隔操作)

3.3 加速度センサによる実装

図5に加速度センサによる電動福祉用箸のプロトタイプを示す。加速度センサは、箸操作をする手や他の部位により、その傾きを通じて箸を制御する方法と、箸の後端にセンサを設置し、箸の角度のみで箸を操作する方法のどちらも可能であるが、後者の方が箸の操作性が良いことから、後者でプロトタイプを作製した。

また、箸の角度による制御については、まず、予備実験

として、加速度センサを箸後端に取り付け、食材をつまむ、運ぶ、口の中で箸を開放する角度を計測した。計測データは、図6に示すように、データマイニング手法であるJ48アルゴリズムの決定木分析により、加速度センサのXYZ方向の値と動作の関係を決定した。また、その結果に加速度センサ装着角度の補正を行い、表2に示すようにマイコンのプログラムに実装した。その結果、実際の食事においても自然に動作することが可能となった。

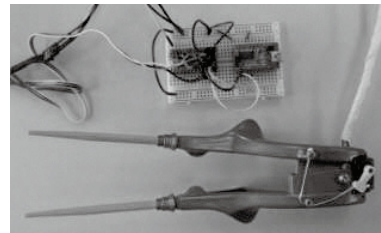


図5 加速度センサによる電動福祉用箸

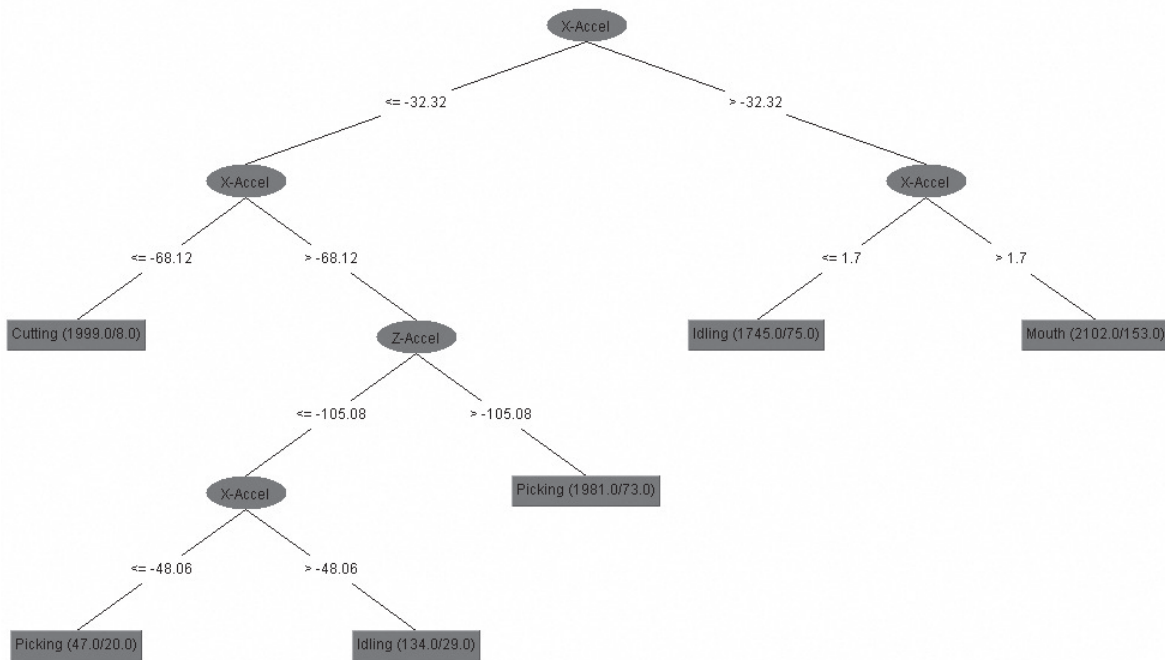


図6 加速度センサの値によるモータの制御

表2 プログラム実装の一部

```

...
if (acc_angle_x <= 58) {
  if (acc_angle_x <= 22) { //cutting
    delay(200);
    while (val <= 160) {
      val = val + 3;
      myservo.write(val); // sets servo position
      delay(50);
    }
    if (shock > 150) {
      val = 0;
      myservo.write(val); // sets servo position
    }
  } else if (acc_angle_z <= -105) {
    if (acc_angle_x <= 48) { //picking up
      delay(200);
    }
  }
}
    
```

```

while (val <= 150) {
  val = val + 5;
  myservo.write(val); // sets servo position
  delay(50);
}
if (shock > 150) {
  val = 0;
  myservo.write(val); // sets servo position
}
} else {
  delay(200);
  while (val <= 150) {
    val = val + 5;
    myservo.write(val); // sets servo position
    delay(50);
  }
}
    
```

```

if (shock > 150) {
  val = 0;
  myservo.write(val);    // sets servo position
}
} else {
  if (acc_angle_x > 91.7) { //release
    delay(1300);
    val = 0;
    myservo.write(val);    // sets servo position
  }
}
...

```

3.4 モーションセンサによる実装

図7にモーションセンサによる電動福祉用箸のプロトタイプを示す。モーションセンサとしては、LeapMotionを使用した。LeapMotionは、指の動きや手の形を把握してその情報を提供するためのセンサである。データ処理には、コンピュータ端末が必要であるが、センサの前に手をかざして、決められた動作や角度により操作でき、体や箸にセンサを装着する必要がないことが最大のメリットである。今回の実装では、箸を操作している手とは別の手で、その手の角度を認識することにより、箸の操作を行うようにした。

その結果、実際の食事で使用するには、若干の慣れが必要であるが、楽しく操作して食事を行うことが可能となった。

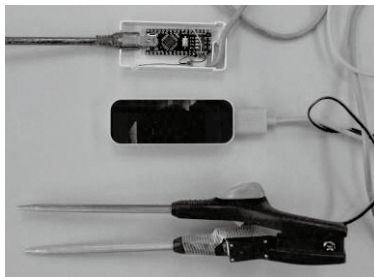


図7 モーションセンサによる電動福祉用箸

3.5 プロトタイプ実装のまとめ

作製したパワーアシスト型の電動福祉用箸の評価結果をまとめると表3のようになる。

それぞれ利点・欠点が存在するが、いずれも動作としては実用性が高いことが分かった。

表3 電動福祉用箸の実装結果

使用センサ	利点	欠点	評価結果
ジョイスティック (ユーザ操作)	<ul style="list-style-type: none"> 体の一部や利き手以外の手で制御が可能。 細やかな制御にも対応可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 細やかな操作には若干コツがいる。 	<ul style="list-style-type: none"> 実用に耐える

ジョイスティック (遠隔操作)	<ul style="list-style-type: none"> 使用者だけでなく介護者が遠隔で操作。 	<ul style="list-style-type: none"> 食べる人の動作や意思に合わせて操作する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 介護用として実用に耐える
加速度センサ	<ul style="list-style-type: none"> 箸の角度だけで制御でき、操作部が不要。 操作が容易 	<ul style="list-style-type: none"> 細やかな操作には若干コツがいる。 	<ul style="list-style-type: none"> 実用に耐える
モーションセンサ	<ul style="list-style-type: none"> 操作部を体に接触させる必要がない。 	<ul style="list-style-type: none"> パソコンが必要。 細やかな操作が難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> 応用性はあるが、制御は難しい

4. 結言

本研究では、正常に機能する体の部位からの情報や操作をもとに、福祉用箸の制御を実現し、手の不自由な人の自律的な食事作業を支援するためのパワーアシスト型の電動福祉用箸の考案、設計およびプロトタイプ開発を行った。

その結果、健常者が操作して使う範囲では、実用に耐えるプロトタイプの作製が可能となった。

今後の課題としては、特に安全性を考慮した後、実際に手の不自由な人の操作による実証実験を通じて、今回開発したプロトタイプの改良を行い、さらに実用性を向上させていく必要がある。

参考文献

- 1) 澤島秀成, 中川博敬, 山岡俊樹: 福祉用箸の利用特性に関する比較検討, 平成 19 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp.51-54, 2007
- 2) 堀尾強, 河村洋二郎: 箸についての人間工学的解析, No.29 特別号, 304-305, 1993
- 3) 平川裕一, 上谷英史, 他 2 名: 普通箸および自助具箸使用中における手指動作の分析, No.18(1), 43-49, 2015
- 4) 高橋尚子, 常川早紀, 他 6 名: 普通箸を使用した操作方法について, 弘前大学医学部保健学科作業療法学専攻卒業論文集 No.10, 1-7, 2014
- 5) 阿部佑己, 小志戸前奈菜, 他 6 名: 普通箸の操作訓練に用いる物品の重さの違いが操作方法に及ぼす影響, 弘前大学医学部保健学科作業療法学専攻卒業論文集 No.10, 8-13, 2014
- 6) 常川早紀, 阿部佑己, 他 6 名: 普通箸の操作獲得を目指した自助具と訓練方法の考案, 弘前大学医学部保健学科作業療法学専攻卒業論文集 No.10, 20-27, 2014
- 7) 手嶋教之: 食事支援マニピュレータとその要素技術, 日本ロボット学会誌, Vol.14, No.5, pp.624-627, 1996