

非接触ユーザインタフェースによる機器操作支援の提案

澤島 秀成^{*1)}

Proposal for a Non-Contact Interface to Support Equipment Operation

SAWASHIMA Hidenari^{*1)}

ものづくりの現場では、作業者が手を離せない状況や濡れたり汚れたりした手の状態の中で、さらに機器の操作をしなければならないケースが生じた場合、一旦作業を中断しなければならない。このような作業の中断の積み重ねは、企業における生産性や働く環境の悪化を招く恐れがある。

本研究では、ハンドサインなどの手のジェスチャを用いて、非接触で機器が操作できるユーザインタフェースのプロトタイプ開発を行った。

1. 緒言

ものづくり企業の生産現場では、人手不足が深刻になっている。また、そのことから企業における自動化・省力化を進めることは今や不可欠となっている。

生産現場において機器の操作などを行う場合、作業員がいつもその操作に適した状態にあるわけではない。例えば、ある機器のスイッチを押す・回すだけの操作を行うのに、手袋を外したり、手を洗いに行ったりして、作業を一旦中断しなければならないケースがある。また、機器の操作に移動や体勢の変更が必要な場合も多い。

そのような場合、操作部に接触することがなく、また、多少距離があってもそれらの機器を操作できれば、生産現場での無駄な動作を省くことができると考えられる。

また、介護施設などにおける食事介護では、介護者がスプーンなどで被介護者の口に食材を運んで食事支援を行うことが多い。被介護者にとっては、和食などをスプーンで食べるのは快適でない上、自分のペースや好みの順番で食事をしたいという要望もある。現状では、福祉用箸などの自助具であっても一定の握持力やピンチ力がないと食材を把持することができず、自律的な食事を行うには依然ハードルが高い。そこでは新たな福祉用箸や食事支援の方法が求められている。

本研究では、ハンドサインなどの手のジェスチャを活用した非接触で機器が操作できるユーザインタフェース（システム）について、企業での生産現場や福祉用箸による食事支援への適用を目的にそのプロトタイプ開発を行った。

2. システム設計

2.1 非接触ユーザインタフェースについて

手のジェスチャは株式や卸売の市場に限らず、日常生活の中で広く意思伝達的手段として用いられてきた。これま

で、手のジェスチャを用いたユーザインタフェースとしては、手に曲げセンサ²⁾や磁気センサ³⁾、あるいはモーションキャプチャシステムを利用したもの⁴⁾が考えられてきた。しかしこれらは、手にセンサやマーカを装着したり、使用前にキャリブレーション（校正）を行う必要があったりしたことから、実際のものづくりの現場などでの活用は困難であった。

また、手のジェスチャを非接触で検出するための赤外線カメラやレーダセンサ⁵⁾を使って、デジタルサイネージやPCの画面操作に使用されることはあったが、生産現場などの機器の操作に対する適用事例はほとんど見られない。加えて、食事介護における福祉用箸での適用についても筆者が行った検証^{6),7)}以外には見当たらない。

一方で、近年はAI技術が進歩したことから、特別な装置を用いなくても市販のWEBカメラやスマートフォンを用いて人体の骨格推定が可能となってきた。Carnegie Mellon大学が開発したOpenPoseやGoogle社のMediaPipeなどはオープンソースとして一般公開されており、誰もが自由にシステム開発の中で活用することができる。特に、MediaPipeについては、手のランドマーク推定に特化した機能を有しており、また商用利用も可能であることから、本研究ではMediaPipeのランドマーク推定を活用したプログラムによる非接触ユーザインタフェースの実現を行った。

2.2 プロトタイプ設計

生産現場における機器の遠隔操作については、図1に示すハンドサインによる数値コードを組み合わせてコマンド（命令）とし、そのコマンドに合わせて機器を制御するシステムとして設計とした。

例えば、ハンドサインで

- ・ [2]-[4]-[O.K.] → ファンを回す
- ・ [4]-[2]-[O.K.] → ファンを止める
- ・ [1]-[3]-[O.K.] → ロボットの運転を開始する

^{*1)} デジタル技術支援科（現：機械・電気・情報グループ）

等、あらかじめ決められた数値コードをハンドサインで入力し、[0.K.]サインで入力内容を確定し、コマンドをシステムに送信する方式とした。

意味	0	1	2	3	4	5	O.K.	了解
ハンドサイン								

図 1 ハンドサイン

これは単純なハンドサイン（例えば、[1]ならファンを回すなど）のみで機器操作が出来てしまうと、作業中の意図しない入力により機器等が誤動作してしまうことを防ぐ必要があるからである。

また、ハンドサインで入力したものはシステムにディスプレイをつないでいる場合は、画面に表示して利用者が画像と文字で入力状態を確認できるようにした。また、入力間違いや変更があった場合には、入力をクリアするためのハンドサインとして[0]を用いるようにし、機器操作のコマンド中には[0]を用いないようにした。

一方、福祉用箸の操作については、以前開発したパワーアシスト型福祉用箸²⁾をベースに使用し、図2のように親指と人差し指の距離Lを正規化して1から100の数値として計測し、その距離で福祉用箸のサーボモータの角度を制御する仕組みとした。

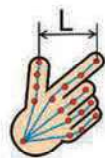


図 2 指の間隔

システム環境については表1に示すとおりである。ハンドサイン入力部と操作される機器あるいは福祉用箸の間はWi-Fiによる無線通信を活用した。

表 1 システム環境

ハードウェア	・ハンドサイン入力側 WEBカメラ:HD720P, Logicoool 社製 マイコン: RaspberryPi4 ・機器・ロボット(福祉用箸)側 ESP32-C3 マイコン(ファン・福祉用箸) ロボット: RaspberryPi3(Ubuntu OS)
ソフトウェア	・プログラム開発環境: Python 3.12.0 MediaPipe(骨格推定モデル) TensorFlow(機械学習モデル)

これらにより片手でWEBカメラに向かってハンドサインやジェスチャを示すだけでシステムが作業指示を解釈し、遠隔に設置された機器や福祉用箸を操作できるシステムとした。

3. システム実装

3.1 ハンドサインの学習

図1で示したハンドサインについては、各サインについて手袋等を着用せず素手で、様々なカメラ角度や距離による画像100枚以上の画像を取得し、TensorFlowのニューラルネットワークモデルにDropout層を追加してシステムに学習させた。その結果、モデルの正解率(Accuracy)は98%以上となった。

3.2 機器等の遠隔操作

機器操作については、食品製造業で手袋を着用し、製造作業中に空調ファンや製造支援ロボットを操作するケースを想定した。図3の機器操作イメージに示すようにハンドサインでファンの回転・停止やロボットの運転を容易に制御できることが確認できた。また、ハンドサインの認識率についてもモデルの正解率と同様、高い認識率を体感することが出来た。

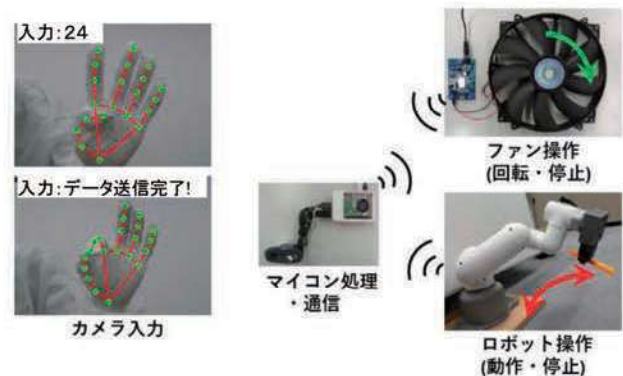


図 3 ハンドサインによる機器操作イメージ

3.3 福祉用箸の操作

福祉用箸の操作については、図4に示すように、手のジェスチャにより福祉用箸の間隔を調整して食材をつかむ作業を支援することが可能となった。

また、本システムを用いた場合は、他者による食事介護の側面支援だけでなく、使用者自らが、箸を固定した手と反対の手で開閉を制御することも可能となることが分かった。筆者は実際にこのシステムを用いて利き手とは別の手に箸を固定し、利き手で操作しながら難なく食事を行うことができた。



図 4 福祉用箸の操作イメージ

4. 結言

ハンドサインについて AI 学習させ、WEB カメラに向かってコマンド操作することにより、センサの体への装着やキャリブレーションなどの作業を行うことなく、非接触で機器の操作を可能とするシステムのプロトタイプを作製した。また、福祉用箸の操作についても手のジェスチャにより開閉操作を可能とした。どちらも筆者が操作した範囲では問題なく操作でき、システムの現場での活用の可能性が示唆された。

今回は、システム設計およびプロトタイプ実装にとどまったが、今後、必要に応じて現場での運用をさらに進めるための実証実験を通じてその有用性を確認していきたい。

謝辞

本研究は、2025 年度日本人間工学会関西支部大会⁴⁾で発表した論文に一部加筆・修正したものである。

参考文献

- 1) 西本渉, 北園優希, ハンドジェスチャを用いた 3D ユーザインタフェースの提案, 平成 29 年電気・情報関係学会九州支部連合大会, pp.189-190 (2017)
- 2) 澤島秀成, パワーアシスト型福祉用箸のプロトタイプ開発, 日本人間工学会関西支部大会講演論文集, pp102-103(2018)
- 3) 澤島秀成, 島悠太, パワーアシスト型福祉用箸の開発に関する研究, 奈良県産業振興総合センター研究報告 No.43, pp1-4 (2017)
- 4) 澤島秀成, 非接触ユーザインタフェースによる作業・介護支援の提案, 2025 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集, 5B-8(2025)