

令和元年6月18日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H03216

研究課題名（和文）重度肢体不自由者支援のための適応的ジェスチャインタフェースの研究

研究課題名（英文）Adaptive Gesture Interface for Persons with Sever Motor Dysfunction

研究代表者

依田 育士（Yoda, Ikushi）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員

研究者番号：00358350

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：実際の障害者を、3年間をかけて被験者総数58名、部位総数226カ所までデータ収集を行った。

そして、各部位の動きを認識するモジュールを作成することを目的として、手腕：3種、頭部：3種、脚部：3種、肩：1種に分類を行った。

この分類を基に、9種の認識モジュールに完成させた。それらは、体の部位に依存した7種のモジュール（指の折り曲げ、頭部の左右・上下の動き、大きなウイंक、口・舌、肩の上下・前後、膝の開閉、足踏み）と、部位に依存しない2種のモジュール（カメラ最近接部位の動き、指定領域の微細な動き）から構成される。障害者のジェスチャインタフェースの基盤となる9種の認識アルゴリズムを確立させた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

開発した9種の認識モジュールは、実際のユーザのデータや本人、及び介助者らの意見を十分に収集した上で開発した。このように障害者の実態に基づいて開発されたジェスチャ認識アルゴリズムは世界的にも初めての試みであった。

今後は、実利用可能なソフトウェアとして、実際のユーザへの適応を進める。各個別ユーザへのジェスチャの適合の後に、各ユーザの利用法の適合問題が臨床として大きな課題となる。これら臨床からフィードバックを受けて、さらに認識アルゴリズムの洗練化が進展することが期待される。今後の発展が大きく期待される障害者向けジェスチャインタフェースの基礎を確立したことを確信している。

研究成果の概要（英文）：We have collected 226 gestures of 58 persons with motor dysfunction, and classified voluntary movements based on the body part basically. Concretely, we classified 3 types of gestures for the hands and arms, 3 types of gestures for the head, 3 types of gestures for the legs, and 1 type of gesture for the shoulders. We have developed seven recognition modules depended on body parts and two recognition modules not depended on body parts. The former modules are 1 type of hand module, 3 types of head modules, 2 types of leg modules, and 1 type of shoulder module. The latter modules are two types of recognition modules without region-related models: a closest part recognition module for tracking the area closest to the camera and a fine movement extraction module. We have established the basis recognition modules of the gesture interface for persons with motor dysfunction.

研究分野：画像認識

キーワード：インタフェース 画像認識 ジェスチャインタフェース 福祉工学 重度障害者支援 リハビリテーション工学 リハビリテーション医学

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

痙性や不随意運動により、既存インタフェースを使うことができない重度運動機能障害者らは、パソコンでのメール・WEBの利用が困難だけでなく、携帯電話の操作、各種家電等の操作にも日々不自由な生活を送っている。使用可能なインタフェースが存在しない、または極端に限られ、特別にカスタマイズしたスイッチ形式のインタフェースしか利用できない人々にとっては、簡易にパソコン操作をすることができないだけでなく、緊急時に介助者がいなければ携帯電話すら利用できないという現実がある。介助者などの手助けなしに、パソコン操作や携帯電話、家電操作が自由に出来るような環境を手に入れることは、充実した生活を送る上で本当に重要である。しかし、単純なスイッチしか使えない人々にとって、これらの細かな操作は難しく、経年変化に伴う残存する障害者本人の身体機能の変化に対応してスイッチを調整するコストも大きい。

そこで本研究開発では、既存のインタフェース利用が難しい多数の運動機能障害者に対して、簡易なパソコン操作や携帯電話操作等を実現するジェスチャインタフェースの研究開発を行う。特に、誰でも購入可能になるような低価格でインタフェースを供給することを目的に、市販の距離画像センサを利用した非接触非拘束インタフェースを開発する。このときに最も重要となるのは、多種多様な人々に対して、個々に簡易かつ低コストでカスタマイズする技術を実現することである。そのために、多種多様な障害者の動きを収集し、随意運動ができる体の部位を基に類型化を行い、モジュール化された認識エンジンを開発する。

Natural User Interface (NUI)を謳うジェスチャインタフェースの提供が始まっているが、これらは、本質的にはマウスやキーボードと同じで、ベンダーによって規定された操作方法を利用者に強いるものである。つまり、特に障害者のように、規定された動きが出来ない人にとって入力が楽になるわけでもなく、できない操作が可能になるわけでもない。重要なのは、インタフェース側が利用者の動きに合わせて短期・長期的に適応してくれることである。マンマシン・ジェスチャインタフェースという非常に自由度が高く、標準化が困難である研究開発に対し、重度運動機能障害者という最も必要性の高いユーザを最初のターゲットにし、その意図した動きに適応する技術を開発することで、将来において標準となり得るジェスチャインタフェース作りを目指す。

2. 研究の目的

痙性や不随意運動により、既存の各種スイッチ・視線入力装置等が利用困難な重度障害者を対象として、簡易なジェスチャにより情報機器や携帯電話等を操作可能にするインタフェースの研究を行う。低価格でインタフェースを供給することを目的に、市販の画像距離センサを利用した非接触非拘束インタフェースを開発する。そのために、多種多様な障害者の動きを収集し、随意運動が可能な対象部位を基に類型化を行いながら、モジュール化された認識エンジンを開発する。専門家を交えた臨床実験を繰り返し、実用に耐え得る適応的インタフェースの基本アルゴリズム策定に挑戦する。

3. 研究の方法

多種多様な障害者に対して、低コストで非接触非拘束センサを適合させるために、初年度は個人に適応する学習部分（自動初期設定と日々の変動吸収）の基礎開発に注力する。同時に、障害者の多種多様な動きの3次元情報を今まで同様に継続収集しながら、類型化に基づく部位別基本認識モジュールの完成を目指す。次年度以降は、この認識モジュールを利用して、実ユーザと協同しながら、初期設定とジェスチャの短期・長期変動に対応可能なような適応的インタフェースを開発する。

ユーザデータの収集と長期実験

重度運動機能障害者総計約60名程度までのジェスチャデータを計測して収集する。特に中心的な課題となるのは、初期設定への自動対応、被験者の短期の揺らぎ、並びに長期的な変動に追従できるような適応的なジェスチャ認識システムの基礎を確立することである。そのために、新たな被験者データを収集すると共に、一度データを採取した被験者であっても、通院するタイミングでデータを長期的な収集を行う。さらに、2名の長期協力被験者に関しては、長期利用（3～4ヶ月）を継続的に行い、その期間のデータを収集する。さらに、そのデータを基に、研究室で十分な実験を行った後、再度、3ヶ月程度の長期利用実験を行う。これらを繰り返すことで、各種データを十分に収集すると共に、実験を行いながら適応手法の確認を行う。

モデルを持たないジェスチャ認識

科研開始時点までに正味36名の被験者データを収集したことによって、様々な基本事項が理解できた。その典型例が、モデルを持たないジェスチャ認識であった。研究開始時には、より多くの人に少ない労力でジェスチャ認識を適合させるために、部位を類型化させ、各部位に対応する共通モデルを複数作ることに主眼を置いてきた。しかしながら、実際に多くの被験者が操作のために希望するジェスチャを収集、調査することで、モデルを持たずにジェスチャを認識することの可能性の高さに気付いた。具体的には、手、膝、足先の動きに関しては、対象部位がカメラの最も近くなるように設置すれば、カメラから最も近い部位を追跡するだけで、一

定のバリエーションを持ったジェスチャを設定することができた。

また、同様にモデルを持たないジェスチャ認識として、動きが非常に小さい場合も（ただし不随意運動も少ない）、距離画像で対象部位を精密に特定し、その後の僅かな動きはテクスチャ（グレー画像）のフレーム間差分をベースに安定して抽出する方法が十分有効であることが確認できた。

この2種の方法は始めたばかりであったため、この手法の適用を上げるとともに、アルゴリズムをより深く開発すること。同時に、この手法で対応できる場合は、無理に部位に依存した認識モジュールを開発しないことが考えられた。これは、ジェスチャの分類ともリンクし、より多くの人に、少ないコストで適合できる大きな利点がある。そこで、モデルを持たない手法を適用しながら、分類も行い、その効果を確認しながら、部位依存モジュールアルゴリズムを並行して実施する。

4. 研究成果

実際の障害者を、3年間をかけて被験者総数 58 名、部位総数 226 カ所までデータを継続して収集を行った。そして、これら収集した障害者のジェスチャデータから、各部位の動きを認識するモジュールを作成することを目的として、収集したジェスチャを分類しながら体系化を行った。この体系化では、基本的には同じような動きをまとめ、1つのベースとなるアルゴリズムによって認識可能と考えられるジェスチャの類型に分類した。

本システムは移動を伴わない、屋内静的環境下でのパソコン操作や室内環境制御を主眼とするので、高精度な距離画像が与えられれば、計算負荷が大きい高度な対象モデルや画像特徴を用いることなく、対象部位を精度高く切り出すことが可能である。すなわち、同時に複数のモジュールを稼働させることも、一般のパソコンで可能になる。

表1には、収集した58名のデータから得られた、手腕：3種、頭部：3種、脚部：3種、肩：1種の分類を示した。これらは、基本的にカメラ位置を、被験者の邪魔にならないように、かつ認識するために都合のいい位置に設置しながら、1つのアルゴリズムで認識することを前提とした分類である。

表1 部位に基づき分類されたジェスチャ

手・腕	指の折り曲げ	27
	手の動き	19
	上腕の動き	23
頭部	頭部全体の動き	34
	口（口の開閉、舌の出し入れ）	37
	目（流し目、ウィンク、目の見開き）	32
肩	肩の上下、肩の前後	14
	膝の開閉	7
脚部	足踏み	1
	足先の動き	5
上記以外	現在未分類	27
合計	部位総数	226
	被験者総数	58

(2019/3/31)

収集したデータに対して、各個人に対応する各種パラメータなどは自動・手動で調整し、基本的に1つの認識モジュールでより多くの被験者に対応可能になることを前提として、認識モジュールを部位別に作成した。収集したデータ全てに対応することは不可能であるので、現実的に認識可能なジェスチャで、プログラミング可能な9種の認識モジュールを作成した。それらを表2に示した。

実際に認識モジュールを開発する過程で、各モジュールを統合、分割、廃棄しながら、3年間の歳月をかけて9種のモジュールに収束させた。それらは、体の部位に依存した7種のモジュール（指の折り曲げ、頭部の左右・上下の動き、大きなウィンク、口・舌、肩の上下・前後、膝の開閉、足踏み）と、部位に依存しない2種のモジュール（カメラ最近接部位の動き、指定領域の微細な動き）であった。

特に、手・上腕の振りに関しては、以前は部位別認識モジュールとして開発を行っていたが、手、上腕共に、カメラ最近接部位の動き認識モジュールで効果的に対応可能であったため、部位別モジュールから除外した。同様に、足先の動きは、カメラ最近接部位、微細な動きで対応可能なため、部位依存の認識モジュールは開発しなかった。

これらはカメラの視野内に対象部位が同時に入る場合は、複数のモジュールが並行して動作することを前提に設計された（一般的な Core i7 の Windows PC で無理なく動作可能な計算量を複数ジェスチャが認識可能である）。

表2 マルチジェスチャ認識モジュール一覧

部位	ジェスチャ	モジュール名
手・腕	指の折り曲げ	Finger
	手・上腕の振り	Front object
	指・手の微細な動き	Slight movement
頭部	頭部の左右・上下の動き	Head
	大きなウィンク	Wink
	口・舌	Tongue
肩	肩の上下・前後	Shoulder
	膝の開閉	Knee
脚部	足踏み	Foot
	足先の動き	Front object
		Slight movement
部位依存	カメラ最近接部位の動き	Front object
なし	指定領域の微細な動き	Slight movement

以下、これら9種の認識モジュールの基本的なアルゴリズムに関して概説した。

指ジェスチャ認識モジュール：Finger

1本の指の折り曲げとし、対象とする指に色付きの指サックを着け（指サックは服の色と被らないように赤・緑・紫の三色から選択）、色を基本に指を認識し、角度が一定の閾値を超えたらスイッチオンとする仕様とした。

頭部ジェスチャ認識モジュール：Head

鼻を中心とした顔領域の距離画像から法線方向を求め、その向きを顔の向きとした。

- ・顔の向きのリアルタイム推定
- ・設定する特定の向きに顔を向けたときにスイッチとして動作する仕様とした。

大きなウィンクジェスチャ認識モジュール：Wink

意図した大きなウィンクの認識を行い、生理現象であるまばたきと明らかに違う大きな動きをしたときにスイッチオンとした。

口・舌ジェスチャ認識モジュール：Tongue

単純に大きく口を開けている、あるいは舌を意図して出しているときにスイッチオンとした。

肩ジェスチャ認識モジュール：Shoulder

バストショット画像から肩に相当する領域を検出し、その領域内で上下および前後運動を検知する仕様とした。

膝ジェスチャ認識モジュール：Knee

膝を中心に映るように見下ろすようなカメラ配置とした。ディスプレイの上や、机の端に配置するような事例を収集した。定常状態より膝を閉じる、逆に開くことにより、2Chの入力を可能とした。

足踏みジェスチャ認識モジュール：Foot

机の端にカメラを取り付けて脚部を撮影し、足が平面を踏むジェスチャを検知する仕様とした。

カメラ最近接部位認識モジュール：Front

部位に関するモデルを持たない認識モジュールとして、カメラ最近接部位認識モジュールを開発した。本モジュールでは、あらかじめ指定したROI中でカメラに最近接の部位を探索し、その3次元座標をもとにスイッチのオンオフ判定を行う使用した。具体的な利用可能なのは、手、上腕、膝、足先となる。

微細な動き認識モジュール：Slight

部位に関するモデルを持たない2番目の認識モジュールとして、微細な動き認識モジュールを開発した。随意的に動かせる身体部位が限られている運動機能障害者による使用を主目的とし、対象部位の微細な動きを認識する。様々な被験者の動作可能部位の調査で得られた知見およびニーズを考慮して、最大4部位までの微細な動きを認識可能なモジュールとして実装した。利用時には、初回使用時のみ手動で対象部位を指定し、以降は自動で推定を行うこととした。

これら認識モジュールとしては、今後もユーザが増えることによって、改良の余地は多々残されていると考えられる。しかしながら、実際のユーザのデータや本人、及び介助者らの意見を十分に収集した上で開発したのも事実である。それにより、基本アルゴリズムとして確立させ、同時にスレッド化されたソフトウェアとしての基本実装も終了した。

本科研のプログラムとしては、2019年3月末で終了となったが、実利用はこれからが本番である。つまり、実際の使えるソフトウェアとして、今後、実際のユーザへの適応を進める。また、各個別ユーザへのジェスチャの適合の後に、各ユーザの利用法の適合問題が臨床としては、大きな課題となってくる。これらのジェスチャと利用方法の適合問題からのフィードバックを受けて、さらにアルゴリズムの改良が進展されることが期待される。今後の発展が大きく期待されるジェスチャに認識の基礎が作ることができた基礎研究であったと確信している。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 12 件)

1. Ikushi Yoda, Kazuhiko Ito, and Tsuyoshi Nakayama: “Long-Term Evaluation of a Modular Gesture Interface at Home for Persons with Severe Motor Dysfunction,” *Universal Access in Human-Computer Interaction 2016, Proceedings, Part II, LNCS 9738*, 2016, 102-116.
2. 中山剛、伊藤和幸、依田育士: “重度運動機能障害者向けジェスチャ認識スイッチインタフェースの開発 その2” 第31回リハ工学カンファレンス講演論文集(CD-ROM) Vol.31, 2016, 1-2.
3. 中山剛、伊藤和幸、依田育士: “重度運動機能障害者のための適応的ジェスチャインタフェースに関する研究” LIFE2016講演論文集, 3A1-A04, 2016, 270-271.
4. 中山剛、伊藤和幸、依田育士: “重度運動機能障害者のためのモジュール型ジェスチャインタフェースの基礎的評価” 電子情報通信学会福祉情報工学研究会技術報告, 116, 453, 2017, 57-60
5. Ikushi Yoda, Kazuyuki Itoh, and Tsuyoshi Nakayama: “Modular Gesture Interface for People with Severe Motor Dysfunction: Foot Recognition,” *Studies in Health Technology and Informatics, Harnessing the Power of Technology to Improve Lives*, IOS Press Inc, 242, 2017, 725-732.
6. 中山剛、伊藤和幸、依田育士: “重度運動機能障害者のための適応的ジェスチャインタフェースに関する研究—第2報—” LIFE2017講演論文集(ライフサポート学会), 2E-1-1, 2017, 1-2.
7. 伊藤和幸、中山剛、依田育士: “重度運動機能障害者向けジェスチャ認識スイッチインタフェースの開発 その3” 第32回リハ工学カンファレンス講演論文集(日本リハビリテーション工学協会), 32, 2017, 222-223.
8. 中山剛、伊藤和幸、依田育士: “重度運動機能障害者向けジェスチャ認識スイッチインタフェースに関する研究” 地域ケアリング 2017年7月臨時増刊号(北隆館・ニューサイエンス社) Vol.19, No.7, 2017, 66-67.
9. Ikushi Yoda: “A study of the adaptive gesture interface for the severely physically handicapped,” *Impact*, Vol. 2018, Num. 3, 2018, 41-43.
<https://doi.org/10.21820/23987073>. 2018. 3. 41
10. 粟沢広之、有明悠生、三橋里子、小林庸子: “デュシェンヌ型筋ジストロフィー患者の情報通信機器利用状況と新しいインタフェース導入の検討” 第52回日本作業療法学会抄録, 52, 2018, PL-1F02.
11. 有明悠生、粟沢広之、三橋里子、小林庸子、依田育士、中山剛、伊藤和幸: “筋ジストロフィー患者の家電操作の現状と可能性” 第5回筋ジストロフィー医療研究会抄録, 5, 2018, 65-66.
12. 依田育士、小澤祐樹、中山剛、伊藤和幸、有明悠生、三橋里子、粟沢広之、小林庸子: “重度運動機能障害者のためのモジュール型ジェスチャインタフェースシステムの基本実装” 電子情報通信学会技術研究報告 福祉情報工学, 118巻440号, 2019, 53-58.

[学会発表] (計 14 件)

1. Ikushi Yoda: “Long-Term Evaluation of a Modular Gesture Interface at Home for Persons with Severe Motor Dysfunction,” *HCI International 2016 (国際学会)*, 2106/7/22, The Westin Harbour Castle Hotel, Toronto, Canada.
2. 中山剛: “重度運動機能障害者向けジェスチャ認識スイッチインタフェースの開発 その2” 第31回リハ工学カンファレンス, 2016/08/26, 高知大学、高知市
3. 伊藤和幸: “重度運動機能障害者のための適応的ジェスチャインタフェースに関する研究” LIFE2016, 2016/09/06, 東北大学、仙台市
4. 中山剛: “重度運動機能障害者のためのモジュール型ジェスチャインタフェースの基礎的評価” 電子情報通信学会福祉情報工学研究会, 2017/02/11, 愛媛大学、松山市
5. Ikushi Yoda: “Modular Gesture Interface for People with Severe Motor Dysfunction: Foot Recognition,” *14th AAATE Congress 2017 (国際学会)*, 2017.

6. 中山剛：“重度運動機能障害者のための適応的ジェスチャインタフェースに関する研究－第2報－” LIFE2017, 2017.
7. 伊藤和幸：“重度運動機能障害者向けジェスチャ認識スイッチインタフェースの開発 その3” 第32回リハ工学カンファレンス, 2017.
8. 栗沢広之：“デュシェンヌ型筋ジストロフィー患者の情報通信機器利用状況と新しいインタフェース導入の検討” 第52回日本作業療法学会, 2018.
9. 三橋里子：“筋ジストロフィー患者の家電操作の現状と可能性” 第5回筋ジストロフィー医療研究会, 2018.
10. 伊藤和幸：“重度運動機能障害者を支援するジェスチャ認識インタフェース” 障害者自立支援機器シーズ・ニーズマッチング交流会 2018 (大阪市), 2018.
11. 伊藤和幸：“重度運動機能障害者を支援するジェスチャ認識インタフェース” 障害者自立支援機器シーズ・ニーズマッチング交流会 2018 (福岡市), 2019.
12. 小澤祐樹：“重度運動機能障害者のためのモジュール型ジェスチャインタフェースシステムの基本実装” 信学会 福祉情報工学研究会 (松山市), 2019.
13. 伊藤和幸：“重度運動機能障害者を支援するジェスチャ認識インタフェース” 障害者自立支援機器シーズ・ニーズマッチング交流会 2018 (東京都), 2019.
14. Ikushi Yoda: “Modular Gesture Interface for People with Severe Motor Dysfunction,” CSUN ASSISTIVE TECHNOLOGY CONFERENCE (Anaheim, USA) (March 15, 2019).

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 1 件)

名称：ジェスチャ認識装置、システム及びそのプログラム

発明者：依田育士

権利者：国立研究開発法人産業技術総合研究所

種類：特許

番号：6460862

取得年：2019/01/11

国内外の別：国内

[その他]

ホームページ等

<http://gesture-interface.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：中山 剛

ローマ字氏名：Tsuyoshi Nakayama

所属研究機関名：国立障害者リハビリテーションセンター (研究所)

部局名：研究所 障害工学研究部

職名：研究室長

研究者番号 (8桁)：90370874

研究分担者氏名：飛松 好子

ローマ字氏名：Yoshiko Tobimatsu

所属研究機関名：国立障害者リハビリテーションセンター

部局名：

職名：総長

研究者番号 (8桁)：20172174

研究分担者氏名：小林 庸子

ローマ字氏名：Youko Kobayashi

所属研究機関名：国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター

部局名：身体リハビリテーション部

職名：医長

研究者番号 (8桁)：80425694