

画像距離センサによる脳性麻痺者インタフェースの開発

Development of Interface for Cerebral Palsy Patient by Image Range Sensor

2021025



研究代表者	(独)産業技術総合研究所 サービス工学研究センター	主任研究員	依 田 育 士
共同研究者	国立障害者リハビリテーション センター研究所 障害工学研究部	室 長	中 山 剛
共同研究者	国立障害者リハビリテーション センター研究所 福祉機器開発部	室 長	伊 藤 和 幸

[研究の目的]

切実にパソコン操作を望んでいるにもかかわらず、特に痙性や不随意運動により、従来の既存インタフェースである各種スイッチ・視線入力装置等が利用困難な脳性麻痺者が存在する。このような重度障害者を対象としたマンマシンインタフェースを安価に実現するために、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開発を目的として研究を行った。

人が見れば理解可能な重度障害者の意図した動きを距離画像センサで読み取り、障害者とその介助者らと協調したアジャイルなシステム開発を通して、人間と機械の調和を促進する基礎研究として行った。

[研究の内容, 成果]

1年間という研究期間を考慮して、既存インタフェースの利用困難な典型的な脳性麻痺者1名を対象として、実働するシステムをユーザの意見を最初から汲んだアジャイルなシステム開発を行い、移動や振動する認識対象に対するロバストなジェスチャ認識の実現を目指した。

また、一般ユーザへの普及を目指し、安価なシステムにするために、既に研究を進めてきたステレオビジョンを利用することで培った距離

画像に関する技術を、屋内限定（直射日光不可）ではあるが近距離で高精度な市販された安価なパターン投影法センサに用いた。

以下に研究開発の手順を示した。

- ・他のユーザの規範になり得る脳性麻痺の典型的なユーザ1名を選定。
- ・具体的な達成目標をパソコン上の文字入力とする。
- ・ジェスチャ認識と意図理解以外の部分は、市販されているPCのオンスクリーンキーボード入力ソフトに接続し、ユーザの希望を取り入れながら開発を行い、安価に入手可能なパーツから構成する。
- ・複数のジェスチャ認識に対応可能にすべく、認識部分をモジュール化する。
- ・距離画像からのジェスチャ認識エンジン、適合格部分の改良に注力する。

1. 対象者のデータ収集

中心対象は脳性麻痺者の指の動きとした。現状の対象者は、特殊に作り込んだ押し込み式のスイッチを中指に装着して利用している。この指の動きを認識ジェスチャの対象とした。また、同時に舌の出し入れ、頭部の左右の振り、膝の開閉という計4種のジェスチャに関しても、計3名の脳性麻痺者らの協力を得て表1に示すようなデータを取得した。これは、1回のデータ

表1 取得データの種類と日数

実験協力者	ジェスチャ	日 数
1	指の動き	42
1	舌の動き	2
2	頭部の左右の振り	27
3	両膝の開閉	19

取得時間は約5分と短くし、その代わりに、日数を増やした。これにより、特に中心対象とした指の動きデータに関しては、日々の変動に対応すべく、重点的に多数のデータを取得した。

2. 各モジュールの認識

2.1 指ジェスチャ認識モジュール

指ジェスチャ認識に関しては、実験協力者が最もやりやすい方法として1本の指の折り曲げとし、対象とする指に色つきの指サック（カラー手袋の指1本部分と同等品）をつけて、以下の仕様とした。

- ・1本の指が曲がった状態か否かの判定
- ・指サックを利用して5本の指のどれでも可能
- ・指サックは赤・緑・青の三色から選択（服と被らない色を選択）

今回の認識実験では、特定1ユーザに対するインタフェースへの利用であるため、ユーザに合わせたパラメータを実験的に構築し、画面表示されているように（図1）、各種パラメータを手動で調整する機能を実装した（長期的には



図1 指ジェスチャ認識モジュールの画面

表2 手動調整可能なパラメータ

設定項目	内 容
Parameter Settings ・ min-depth ・ max-depth ・ hue ・ bright	認識対象とする 距離画像の最小値と最大値の指定 色相と明るさの指定
Hue Hand and Finger	手の彩度の最小値と最大値の指定 使用指サックの色指定
Finger Base	指曲げ判定の閾値の設定
Check	指曲げ時に動作する挙動の指定 (Click, a ボタンを押す, 音を鳴らす)

この部分の自動化、日々の変動への対応を自動化する)。

認識アルゴリズムとしては、指定された距離空間の中で、指を発見し、指位置を基に手を抽出、指と手の関係から指の折り曲げ度合いを計算する。

以下のそのアルゴリズムを示した。

指検出

- ・手が入り得る3D空間を設定
- ・3Dでテクスチャ画像を抽出
- ・テクスチャ画像から指サックと同じ色を抽出
- ・抽出範囲をラベリング
- ・最大ラベルを指と認識

手検出

- ・3Dで抽出された指近傍のテクスチャ画像から肌色領域を抽出
- ・抽出領域内をラベリング
- ・指に最も近いオブジェクトを手と認識

指曲げ判定

- ・指と手のモーメントを計算
- ・モーメントから2軸の角度を計算
- ・指と手の角度の差を計算し、設定閾値を超えたときに指曲げを判定

2.2 頭部ジェスチャ認識モジュール

頭部ジェスチャ認識に関しては、鼻を中心とした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。そして、ユーザの希望する動き方をスイッチとして割り当てる仕様とした。

- ・顔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

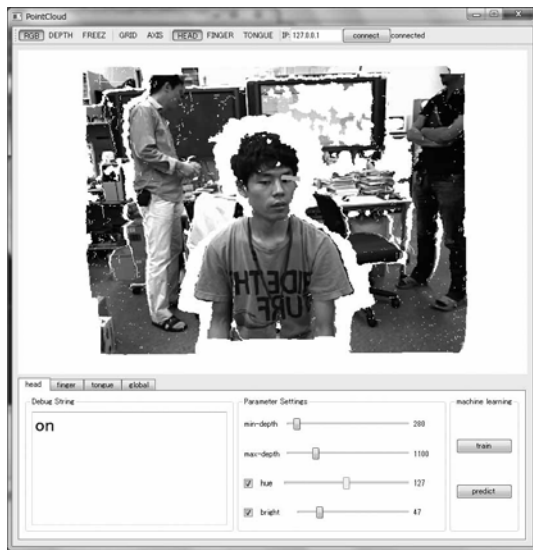


図2 頭部向き認識モジュールの画面

イッチとして動作

- ・右を向いたときにクリックイベントを発生

図2の顔の眉間部分に示されたバーが、顔の法線方向を示す。スイッチが入る法線方向の変化と、動作を記述して使用する。

頭部向き推定のアルゴリズムは、顔のトラッキング、鼻のトラッキング、顔領域の法線の計算の順に実施される。

顔のトラッキング

- ・距離情報を元に頭部の大まかな領域を計算
- ・ラベリングによって、顔のラベルのみ抽出

鼻のトラッキング

- ・抽出された顔画像をズーム、回転、位置に関して正規化
- ・最もカメラへの距離が近い点を鼻とする

顔領域の法線計算

- ・鼻を中心とした領域の距離情報から、顔の法線（向き）を計算

2.3 舌ジェスチャ認識モジュール

舌ジェスチャ認識は、単純に舌を意図して出しているか否かの判断を行い、その舌を出している時間が一定時間を超えたときにスイッチをONとする仕様とした。そして、ユーザの希望する動き方をスイッチとして割り当てる仕様とした。個人の舌の色や照明環境に合わせて色の閾値設定において、個人や照明環境の依存度



図3 膝ジェスチャ認識モジュールの画面

が現在は大さい。

舌ジェスチャ認識のアルゴリズム

- ・頭部認識のアルゴリズムと同様に顔のトラッキングを実施
- ・顔のラベル内のRGB情報をHSV情報に変換
- ・設定した舌のHue閾値によってフィルタリング
- ・ラベリングにより、一定サイズ以上のラベルを舌と認識

2.4 膝ジェスチャ認識モジュール

指、頭部、舌ジェスチャに関しては、全てが同時に実行可能な、カメラ設定であったが、膝（脚部）の認識に関して、膝を中心に映るように、アームを使ってカメラをディスプレイよりも高く設置し、見下ろすような配置とした。

- ・両膝位置をリアルタイム推定
- ・両膝を閉じた時にスイッチとして動作

膝位置推定のアルゴリズムは、膝領域を切り出し、左右の各端側から山登り法による両膝位置を推定する。ここでのユーザは、一定時間以上両膝をつけた場合をスイッチオンとした。

3. 指ジェスチャの認識実験

4つのジェスチャ認識モジュールの同時実装を行ったが、最終的に、指ジェスチャに関して実際のユーザによる詳細な評価実験を実施した。実験方法は、図4に示すようなスクリーン走査型の文字入力ソフトを簡易化した入力インタ



図4 評価用入力課題画面

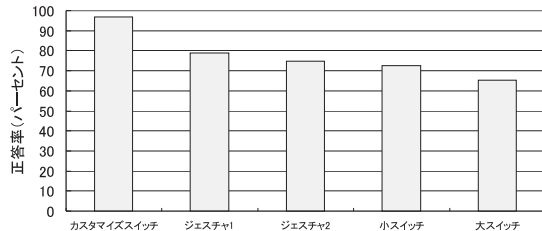


図5 各スイッチの平均正答率

フェースを自作し、利用した。画面上には、5つのボタンが表示され、青色のハイライトボタンが2秒単位で左から右に移動する。赤色に表示されたボタンにハイライトが来たときに、指ジェスチャによるスイッチを入れる実験を実施した。1回の操作で、連続して10回の入力を行う。また、表示される場所は、毎回ランダムに変化させた。

比較実験として、今回のジェスチャインタフェース、本人が現在半年以上使用している作り込んだ指装着型スイッチ、既存のスイッチ（大型と小型）の4種のスイッチに関して全く同条件で、実験を行った。ジェスチャインタフェースとカスタマイズスイッチ、ジェスチャインタフェースと市販スイッチ大小2種の2回に分けて、各スイッチで同じ課題を交互に3回行った。1巡目で正しく押せなかった場合は、2巡目、3巡目と正しいタイミングで押されるまで入力作業を行った。

図5に示したように、平均正答率は、カスタマイズスイッチ > ジェスチャ1回目 > ジェスチャ2回目 > 市販スイッチ小 > 市販スイッチ大という結果になった。

また、図6は、操作時の録画ビデオ画像を目視確認することで、誤入力の原因を手動で分類した。詳細な内訳を見ると、特に2回目のジェスチャインタフェースは、認識能力の向上により改善可能と思われる不随意運動とシステムの

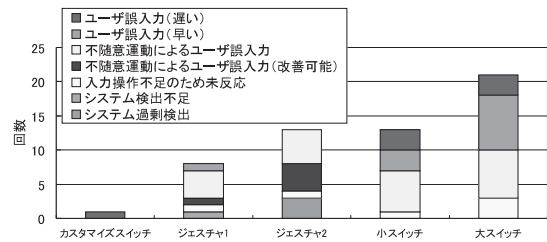


図6 各誤答の回数と原因

検出過剰による誤認識が5割を占めており、個人の動きを学習することで誤認識を半分程度まで削減可能と予測される。また、既存のスイッチは、ユーザの慣れが必要とされることが伺える。

[今後の研究の方向、課題]

本研究においては、1年間という短期間で特定ユーザを対象に、認識部分をモジュール化したシステムを構築し、指ジェスチャ認識に関する基本機能を実証した。また、対象とした認識部位は、指の動作を中心としながらも、頭部の左右の首振り、舌の出し入れ、膝の開閉に対する、計4つの基礎モジュールを作成した。しかしながら、より多くの重度障害者に対応するには、さらに対象部位を増やす必要がある。具体的には、特に上肢、上腕、肩の動きに対する対応モジュールが考えられる。そのために対応する障害者の人数を、各部位に関して、5名程度ずつデータを収集し、それらに対応可能になるように認識モジュールを開発する必要がある。これは、基本的に実験協力者を増やせば可能と考えている。

同時に、ユーザの長期変動に対する対応に関しては、1年以上の長期に渡り、その変動データを収集し、その変動に対応しつつける進化する認識機構の研究開発が望まれ、今後の研究の中心課題となる。

[成果の発表、論文等]

システム論文を今年度夏に論文誌に投稿予定。