

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月31日現在

機関番号：23201

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500512

研究課題名（和文） 重度障害者のための自律動作する目入力方式による意思伝達装置の開発

研究課題名（英文） Development of Eye Input Type of Communication Device Automatically Controlled by Face Detection for Severely Disabled People

研究代表者

中村 清実 (NAKAMURA KIYOMI)

富山県立大学・工学部知能デザイン工学科・教授

研究者番号：20143860

研究成果の概要（和文）：本研究では、カメラ映像から得られる顔の位置やサイズを用いてカメラの位置やズーム倍率を制御する手法と、顔の向きやスケール変化に依存しない目検出法を搭載した重度障害者のための自律動作型意思伝達装置を開発した。また、眼球運動と瞬きによるカーソル制御法を開発した。カメラ制御および目検出については、顔の位置や向き、スケールが変化した場合でも、性能が低下しないことが示された。また、カーソル制御法の操作性評価より、個人ごとにパラメータを調整することで操作性が向上することを示した。

研究成果の概要（英文）：In this study, the eye input type of communication device automatically controlled with the face information was developed. The eye detection method installed in this system was robust to the facial pose and scale variations. In addition, the cursor control method using eye movement and blink was developed. The accuracy of the camera control and eye detection was high even if the position, pose and scale of the face in the image captured by the camera were changed. The parameter setting for individual improved the operational performance of the eye input device.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

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：画像認識、生体工学、ユーザインタフェース、医療・福祉、リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

筋萎縮性側索硬化症（ALS）や脊髄損傷などの重度障害者は、マウスやキーボード等の接触型入力装置を使用することが困難なため、周囲の人々と十分な情報交換を行える環境にはなく、情報通信技術の恩恵を受けてい

るとはいいがたい。また、重度障害者は家族や介護士とコミュニケーションを行うことが非常に困難であり、ストレス過多の状態におかれている。これらのことから、ALS患者や難病支援センターからは、意思疎通が可能となる実用的な装置の提供が強く望まれて

いる。そこで、われわれはこれまで、重度障害者が通常のパソコン操作を行うために目でマウス操作ができる目入力装置を開発し、さらに、家族や介護士とパソコンを使用してコミュニケーションを行うことができる遠隔介護支援システムを開発してきた。本システムは、障害者が使用するクライアント PC（意思伝達装置）と介護士等が使用するサーバ PC で構成されており、LAN に接続されている。障害者はクライアント PC にインストールされているクライアントアプリケーションソフトを使用して、家族や介護士が離れた場所においてもコミュニケーションを行うことができる。

これまでに開発してきた遠隔介護支援システムの意思伝達装置は、障害者のそばにクライアント PC を設置し、カメラを所定の位置に取り付けて使用していた。また、意思伝達装置を使用する際には、障害者の顔を撮像できるようにカメラの向きを手動で設定し、周辺の光環境に合わせて目検出を行うための各種パラメータを設定する必要があった。特に、目検出パラメータの設定には専門的知識が要求されるため、専門知識を有さない一般の人が使える状況にはなっていないという問題があった。

2. 研究の目的

研究背景で述べたように、意思伝達装置を使用する前にカメラの位置合わせを行わなければならない問題に対応するために、カメラで取得した画像中から得られる顔位置情報を用いて、カメラの位置および向き制御を自動で行う自律動作型意思伝達装置を開発する。

従来の目検出法では、周辺の光環境や顔の向き、画像中における顔のサイズに応じて各種パラメータの値を変更する必要があった。本研究では、これらの変化が生じた場合でも、パラメータの値を変更せずに高い精度で目を検出できる手法の開発を行う。

本システムは、手足を動かすことや頭部動作ができない重度障害者を対象としている。そこで、眼球運動と瞬きのみによりカーソルを操作できる手法を開発し、その操作性評価を行う。

3. 研究の方法

(1) 自律移動ロボットを用いた自律動作型意思伝達装置の設計・製作

ユーザの位置や距離、顔向きに対応して、カメラの位置や向き、ズーム倍率を自動で調整できる自律動作型意思伝達装置を、以下の条件を満たすように設計・製作する。

- 水平・垂直方向にカメラの位置制御ができる
- カメラの向き（パン・チルト）を制御でき

る

- カメラレンズのズーム制御ができる
- 装置の重量が 5kg 以下

(2) 顔および目検出による自律制御アルゴリズムの開発

カメラから取得した画像より顔領域を検出し、顔位置情報を利用してカメラの位置制御を行うアルゴリズムを開発する。まず、Haar-like 特徴量とカスケード型の識別器による顔検出法を用いて顔領域を特定し、顔中心が画像中心になるようにカメラを移動させる。その際、顔検出により得られた画像上における顔の横幅（単位は pixel）と人体寸法データベースから求められる平均的な顔幅（単位は mm）の関係から、2 次元移動ステージの移動量を算出している。位置合わせが終了した後、目検出が可能な顔幅になるように、カメラのズーム制御を行う。ズーム倍率は、顔検出により得られた画像上での顔幅と人体寸法データベースから求まる平均的な顔幅より算出する。

(3) パーティクルフィルタとエッジ特徴を用いた目検出法の開発

本研究で開発する自律動作型意思伝達装置に、パーティクルフィルタとエッジ特徴を用いた目検出法を実装する。この目検出法は、目の輪郭位置を画素値の勾配方向により推定するものであり、このエッジ特徴量をパーティクルフィルタの尤度として用いることにより顔の向きやスケール変化に影響されず高い目検出率を得ることができる。本手法を目入力装置に用いる条件として、目検出の処理速度が 15fps 以上とする。また、顔画像データベースを用いて、実装した目検出アルゴリズムの目検出精度評価を行う。評価実験では、100 人以上の顔画像を用いて、顔の回転角 roll (-30° ~ $+30^{\circ}$)、yaw (-30° ~ $+30^{\circ}$)、pitch (-30° ~ $+30^{\circ}$) をそれぞれ虹彩直径 21~41pixels にスケール変化させて目検出率を求める。

(4) 自律動作型意思伝達装置のユーザビリティ（操作性）評価

本システムの入力装置として、眼球運動と瞬きを用いたカーソル制御法を開発し、その操作性評価を行った。クリック操作の評価実験では、画面中央に配置した“Start”ボタンを中心として 8 方向に数字が書かれたボタンを配置し、順にクリックしてもらう。カーソル操作のための設定パラメータを被験者で同一のものを使用した場合（統一パラメータ）と、個人ごとに変更した場合（個人パラメータ）について、クリックに要する時間を計測する。

4. 研究成果

(1) 自律移動ロボットを用いた自律動作型意思伝達装置の設計・製作

意思伝達装置に使用するカメラの位置合わせを自律的に行うために、PC制御が可能な電動アクチュエータを用いて2次元移動ステージを製作した。2次元移動ステージは、水平および垂直方向に対してカメラの位置合わせを行うことができ、水平・垂直軸ともに動作範囲は200mm、移動速度は最大で100mm/secである。また、本システムで使用するカメラは、重量が2kg以下であり、パン・チルト・ズーム・フォーカスをPCから制御できるものを選定した。本装置で使用した2次元移動ステージとカメラを合わせた重量は約3.8kgであり、目標としていた5kg以下の条件をクリアした。

(2) 顔および目検出による自律制御アルゴリズムの開発

本研究で開発したカメラ制御法を評価するために、カメラ画像中における顔の初期位置を変化させて、カメラの位置制御およびズーム制御の実験を行った。実験結果より、位置制御の成功率は94.1%、ズーム制御成功率は93.0%となり、精度よく位置制御およびズーム制御が行えることが示された。

また、ユーザの位置変動が小さい場合を想定して、2次元移動ステージによるカメラ位置制御の代わりに、パン・チルト機能を使ってカメラの向きを制御する方法についても同様の評価を行った。カメラで取得した映像の任意の位置に被験者を配置して実験を行った結果、すべての位置において95%以上の割合で所定の制御が行えることを確認した。

(3) パーティクルフィルタとエッジ特徴を用いた目検出法の開発

顔の向きやスケール変化に対する目検出法の精度評価を300名の顔画像を用いて行った。実験では、Roll(-30°~30°)、Yaw(-30°~30°)、Pitch(-15°~15°)の回転(顔の向き)変化、および虹彩直径が21~41pixelsとなるスケール変化に対して目検出率を求めた。顔のRoll、Yaw、およびPitch回転変化に対する両目検出率はスケール変化にほとんど影響されず、いずれの回転変化においても90%程度(Roll:87.7、Yaw:91.1、Pitch:89.2)であった(図1)。また、スケール変化に対する両目検出率の標準偏差は、いずれの回転変化に対しても2.6%以下であっ

た。これらの結果より、本手法が顔の向きやスケール変化に頑健であることを示した。

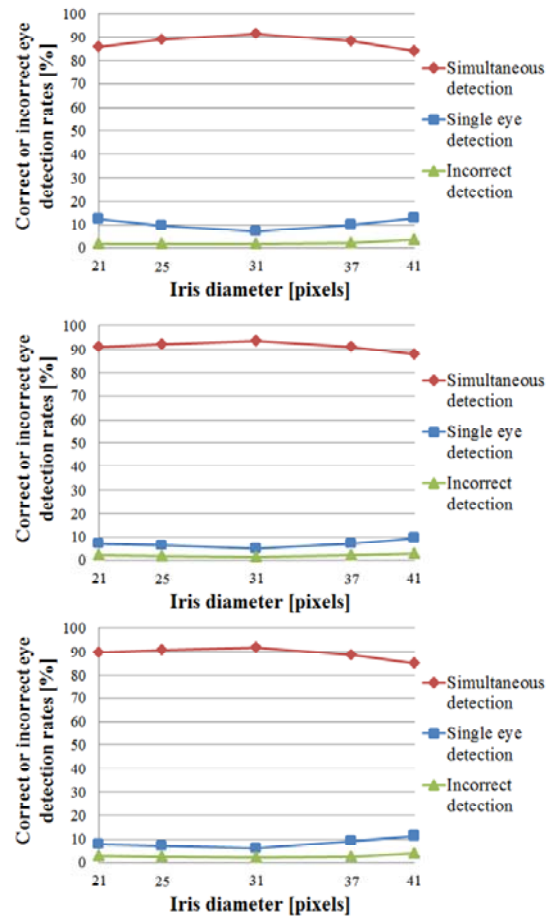


図1 スケール変化に対する目検出率と誤検出率 ((a) Roll、(b)Yaw、(c)Pitch)

(4) 自律動作型意思伝達装置のユーザビリティ(操作性)評価

本入力装置の操作性評価では、健常者を被験者として5名で実験を行った。また、カーソル制御に用いるパラメータを同一のものを使用した場合(統一パラメータ)と、個人ごとに調整した場合(個人パラメータ)でクリックに要する時間を計測した。実験の結果、統一パラメータではクリックに要する時間が、訓練5日後に平均として約11.6秒であったが、個人パラメータではクリックに要する時間が訓練3日後に平均として約8.9秒となり、2.7秒短縮された(図2)。これは、個人パラメータを使用することにより操作性が向上することを示している。

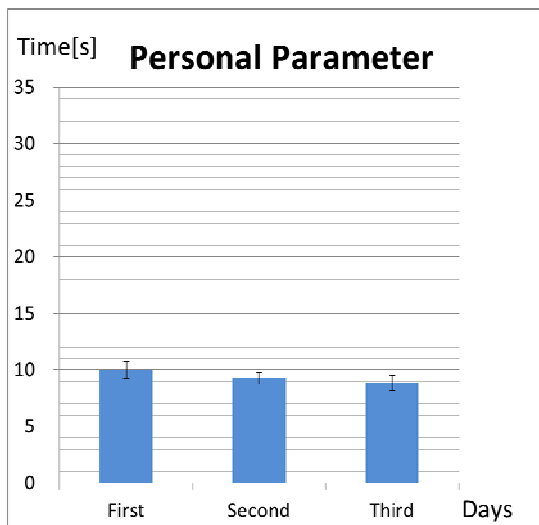
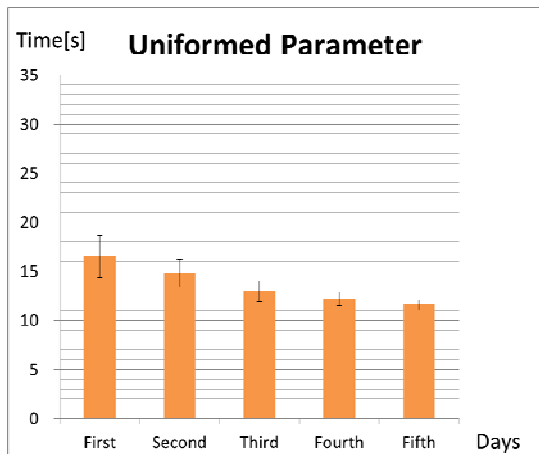


図 2 カーソル移動およびクリックに要する時間（上段：統一パラメータ、下段：個人パラメータ）

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 7 件）

- ① H. Takano, M. Asano, and K. Nakamura, Real-time eye detection method robust to facial pose variations using gradient directional features and particle filter, Journal of International Council on Electrical Engineering, 査読有, Vol.3, No.2, 2013, pp.103-110
- ② Y. Oyabu, H. Takano, and K. Nakamura, Development of the eye input device using eye movement obtained by measuring the center position of the pupil, Proc. 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 査読有, 2012,

pp. 2942-2946

- ③ 浅野誠之、高野博史、中村清実、顔の向きに頑健なパーティクルフィルタとエッジ方向特徴量を用いた目検出法、第 10 回情報科学技術フォーラム、査読有、第 3 分冊、2011、pp.31-36
- ④ M. Asano, H. Takano, and K. Nakamura, Eye detection method robust to facial pose changes for eye input device, Proc. 2011 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 査読有, 2011, pp. 602-607
- ⑤ M. Asano, H. Takano, and K. Nakamura, Eye detection method using particle filter and gradient directional features for eye input device, International Journal of Intelligent Computing in Medical Sciences and Image Processing, 査読有, Vol.4, 2011, pp.139-153
- ⑥ M. Asano, H. Takano, and K. Nakamura, Iris detection method using particle filter and edge directional features, Proc. World Automation Congress 2010, 査読有, 2010, pp.1-6
- ⑦ 浅野誠之、高野博史、中村清実、目入力装置のための顔の回転変化に頑健な黒目検出法、第 9 回情報科学技術フォーラム、査読有、第 3 分冊、2010、pp.71-75

〔学会発表〕（計 12 件）

- ① 大藪勇希、高野博史、中村清実、瞳孔の相対的な位置計測を用いた重度障害者向け目入力装置の開発、平成 24 年度生体医工学会北陸支部大会、2012 年 12 月 1 日、福井市地域交流プラザ
- ② 小塩達也、浅野誠之、高野博史、中村清実、勾配方向特徴量とパーティクルフィルタを用いた顔の向きやスケール変化に頑健な目検出法、第 11 回情報科学技術フォーラム (FIT2012)、2012 年 9 月 5 日、法政大
- ③ 小塩達也、浅野誠之、高野博史、中村清実、パーティクルフィルタと勾配方向特徴量による顔の向きやスケール変化に頑健な目検出法の開発、平成 24 年度電気関係学会北陸支部連合大会、2012 年 9 月 2 日、富山県立大
- ④ 大藪勇希、高野博史、中村清実、目蓋による隠れを考慮した瞳孔検出による重度障害者向け目入力装置の開発、平成 24 年度電気関係学会北陸支部連合大会、2012 年 9 月 1 日、富山県立大
- ⑤ 住田知規、高野博史、中村清実、重度障害者向け目入力装置の顔情報を用いたカメラパラメータ設定、平成 24 年度電

気関係学会北陸支部連合大会、2012年9月1日、富山県立大

- ⑥ 高野博史、浅野誠之、中村清実、パーティクルフィルタと勾配方向特微量を用いた目検出法の顔の向きやスケール変化に対する性能評価、第15回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2012)、2012年8月6日、福岡国際会議場
- ⑦ 浅野誠之、高野博史、中村清実、エッジ方向特微量とパーティクルフィルタを用いた目検出法の顔向きに対する性能評価、平成23年度電気関係学会北陸支部連合大会、2011年9月17日、福井大
- ⑧ 住田知規、高野博史、中村清実、重度障害者向け目入力装置用の顔情報を用いたカメラ制御、平成23年度電気関係学会北陸支部連合大会、2011年9月17日、福井大
- ⑨ 住田知規、高野博史、中村清実、重度障害者用目入力装置のための2次元移動ステージを用いたカメラ制御、平成23年度電気学会電子・情報・システム部門大会、2011年9月7日、富山大
- ⑩ 浅野誠之、高野博史、中村清実、パーティクルフィルタとエッジ方向特微量を用いた顔の向きに頑健な目検出法、第14回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2011)、2011年7月22日、金沢市文化ホール
- ⑪ 浅野誠之、高野博史、中村清実、顔の回転変化にロバストな虹彩検出法、平成22年度電気関係学会北陸支部連合大会、2010年9月11日、福井高専
- ⑫ 浅野誠之、高野博史、中村清実、エッジ方向特微量とパーティクルフィルタを用いた虹彩検出、第13回画像の認識・理解シンポジウム、2010年7月29日、釧路市観光国際交流センター

[その他]

ホームページ等

<http://www.neu.pu-toyama.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中村 清実 (NAKAMURA KIYOMI)

富山県立大学・工学部知能デザイン工学科・教授

研究者番号：20143860

(2) 研究分担者

高野 博史 (TAKANO HIRONOBU)

富山県立大学・工学部知能デザイン工学科・講師

研究者番号：40363874

(3) 連携研究者 ()

研究者番号：