

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500152

研究課題名(和文) 2次元GUI操作時のハンドジェスチャの操作特性に関する研究

研究課題名(英文) A Study on the Characteristics of the Operation of Two-dimensional GUI Using Hand Gesture.

研究代表者

辛島 光彦 (Karashima, Mitsuhiro)

東海大学・情報通信学部・教授

研究者番号：90264936

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、健常若年者、高齢者、脳性麻痺者のジェスチャによるGUI操作の特性について、基礎的、定量的な資料を得るとともに、高齢者、脳性麻痺者への配慮事項を明らかにした。ポインティング操作とドラッグ操作に焦点を当て、その操作特性を実験を通じて検討したところ、健常若年者、高齢者、脳性麻痺者を問わず、各操作時間は、マウス操作同様フィッツの法則に適合するものの、健常若年者と高齢者ではターゲットサイズの影響をあまり受けないことが示唆された。また高齢者、脳性麻痺者は健常若年者に比して操作時間が長くなり、脳性麻痺者は麻痺のタイプによってはジェスチャ操作自体が困難であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This research clarified the characteristics of the operation of two-dimensional GUI using hand gesture by the young, the elderly and cerebral palsy (CP) patients and revealed the points of concern for the elderly and the CP patients. This research focused on the pointing and the drag-and-drop operation using hand gestures and the characteristics of these operations by the young, the elderly and the CP patients were discussed through the experiments. Regardless of the participant's property, the results of the experiments revealed that the operation time of the pointing and the drag-and-drop followed Fitts's law even though the goodness of fit was not high, and that the target size hardly influenced the operation time in the case of the young and the elderly. The experiments also revealed that the operation time by the elderly and the CP patients was longer than by the young people and that some CP patients found it difficult to do the hand gesture itself according to type of CP.

研究分野：人間工学

キーワード：ハンドジェスチャ

1. 研究開始当初の背景

従来のパーソナルコンピュータ(PC)におけるGUIの操作はマウスによる操作が主流であった。近年ではタブレットPCの普及に伴いタッチパネルを用いたユーザの指によるGUI操作も一般的になりつつある。これらのマウスやタッチパネルを用いたGUIの操作の際の操作特性については多くの知見が得られている。

特にマウス操作については、クリック操作に要する時間が距離に比例しターゲットのサイズに反比例するという実空間の人間の動作特性を表したフィッツの法則を修正したモデルに適合することが明らかにされている(MacKenzie(1992))。またマウスによるドラッグ操作は、前述のフィッツの法則の修正モデルを更に修正することにより、フィッツの法則に適合することが示唆されている(辛島(2008))。さらに脳性麻痺患者のマウス操作についても検討され、その特性が明らかにされている(西口(2008, 2009))。タッチパネルを用いた指によるGUI操作についても、ターゲットの形状と操作性の関係(岩瀬(2003))、利き手が否かが操作性に与える影響(高橋(2009))、加齢の影響(駒崎(2004))、画面遮蔽がタッチパネル操作に与える影響(西村(2011))など様々な観点からの操作性の検討がなされている。

一方ジェスチャ操作については、その入力デバイスが一部のゲーム機器を除いて普及していないこともあり、ジェスチャ操作を実現するための入力デバイスの研究(塚田(2002), Liu(2004))やジェスチャの抽出方法に関する研究(山内(2001), Just(2009))やジェスチャ入力を前提としたジェスチャそのもの研究(三原(2002))は見られるものの、GUI操作時の操作特性に着目した研究は数少ない(前野(2007), 長谷川(2011))。従来の研究においてはジェスチャの特性として巧緻動作の困難性や個人差等が研究者の主観に基づき指摘されているが、十分な知見に基づいたものではない。さらにジェスチャ操作に関してはマウスやタッチパネル操作に関する研究とは異なり、障害者や高齢者といった情報機器操作に関して弱者となり得る属性のユーザに対して配慮についてはほとんどなされていない。

2. 研究の目的

現在ジェスチャ操作の黎明期にあり、様々なジェスチャによる操作法が提案されている。そのため代表的なジェスチャ操作の操作法が確立していない状況にある。そこで本研究ではあらゆるジェスチャによる2次元GUI操作の基礎となるポインティング操作とドラッグ・アンド・ドロップ操作(ドラッグ操作)に焦点を当て、GUI操作時のジェスチャの操作特性について実験を通じて基礎的、定量的な資料を得ることを目的とした。加えて高齢者、障害者(脳性麻痺者)の持つジェ

スチャによるGUI操作の特性についても検討し、高齢者、脳性麻痺者のジェスチャによるGUI操作における配慮事項を明らかにすることも目的とした。

3. 研究の方法

本研究ではあらゆるジェスチャによる2次元GUI操作の基礎となるポインティング操作とドラッグ操作に焦点を当て、健常者、高齢者、脳性麻痺者のGUI操作時のジェスチャの操作特性に関する基礎的、定量的な資料を、以下に示す3つの実験を通じて得ることとした。また得られた基礎資料を基に高齢者、脳性麻痺者のジェスチャによるGUI操作における配慮事項についても検討を行った。

(1) Kinect を用いた健常若年者のジェスチャによる2次元GUI操作実験

健常若年者にジェスチャによるポインティング操作を行わせ、その際の操作パフォーマンス及操作方法について検討した。

被験者

利き手が右手の19歳~24歳の健常若年者27名。

実験作業

ISO 9241-411 Annex B(JIS Z 8519 附属書B)を基にしたカーソルの移動操作課題を実験作業課題とした。図1に示すように円周上に等間隔に配置された15点のターゲットのうち、赤色に点灯したターゲットを番号順にポインティングする作業(多方向のタッピング作業)を行わせた。各困難度IDでこの課題を2周することとした。なおジェスチャでは従来のマウスやタッチパネルなどにおけるクリックに相当する操作が困難なため、2秒間の静止時間(dwell time)の判定によってポインティングを行うウェイティング法を採用した。

ターゲットサイズ $W(\text{px})$ と移動距離 $D(\text{px})$ (円の大きさ)は、表1に示すようにそれぞれ3通りずつ用意し、(1)式に基づく合計9パターンの困難度IDについて検討した。

$$ID = \log_2 \left(\frac{D}{W} + 1 \right) \quad (1)$$

IDの実験順序は順序効果に配慮し、ラテン方格法を用いて被験者間でカウンターバランスをとった。

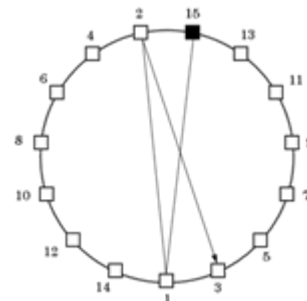


図1. 実験作業(多方向タッピング作業)

表 1. (W,D)の組み合わせとID

W(px)	D(px)	ID
60	400	2.94
60	700	3.66
60	1000	4.14
45	400	3.31
45	700	4.05
45	1000	4.54
30	400	3.84
30	700	4.60
30	1000	5.10

実験環境

実験では、大型ディスプレイ (58inch, 1920px × 1080px, Panasonic 製 TH-58PF12) の正面から視距離 2m の位置で、被験者は立位のまま、右手を動かすことでカーソルの移動操作を行った。

また、カーソルを操作する右手のモーションキャプチャには、Microsoft 社製 XBOX360 Kinect センサーを使用した。

測定項目

ターゲットが点灯してから、そのターゲット内にカーソルを移動させ、2 秒間静止した時点までの時間から、静止時間を差し引いた時間をポインティング操作時間 MT (msec) として測定した。なお、実験により得られたデータについては、(W,D) 毎に有意水準 0.05 でスミルノフ・グラブス検定により異常値を除去した。

(2) 3次元リアルタイムモーションキャプチャシステムを用いた健常若年者と高年齢者のジェスチャによる2次元 GUI 操作実験

健常若年者と高年齢者にジェスチャによるポインティング操作とドラッグ操作を行わせ、その際の操作パフォーマンス及操作方法について検討した。

被験者

利き手が右手の 20 歳 ~ 23 歳の健常若年者 9 名。

利き手が右手の 60 歳 ~ 79 歳の健常高年齢者 30 名。

実験作業

ポインティング操作及びドラッグ操作とも、ISO 9241-411 Annex B (JIS Z 8519 附属書 B) を基にしたカーソルの移動操作課題を実験作業課題とし、実験(1)と同様に、9 パターンの困難度 ID について、それぞれこの課題を 2 周する多方向タッピング作業を行わせた。

なおドラッグ操作においてもポインティング操作同様、ジェスチャでは従来のマウスやタッチパネルなどにおけるドラッグ操作に相当する操作が困難なため、ポインティング操作に用いたウェイティング法による 2 秒間の静止時間 (dwell time) の判定をドラッグ操作作用に拡張し、1 秒間の静止時間によってオブジェクトを保持し、2 秒間の静止時間によ

ってオブジェクトを放すという方法を採用した。

実験環境

実験では、大型ディスプレイ (58inch, 1920px × 1080px, Panasonic 製 TH-58PF12) の正面から視距離 2m の位置で、被験者は視線が大型ディスプレイの中心にくるよう高さに調節された椅子に座り、右手を動かすことでカーソルの移動操作を行った。

また、カーソルを操作する右手のモーションキャプチャには、ノビテック製 VENUS 3D モーションキャプチャシステムを使用した。

測定項目

ターゲットが点灯してから、そのターゲット内にカーソルを移動させ、2 秒間静止した時点までの時間から、静止時間を差し引いた時間をポインティング操作時間 MT (msec) とし、オブジェクトとターゲットが同時に点灯してから、1 秒間静止することでオブジェクトを保持し、ターゲットの位置にオブジェクトを移動させ、2 秒間静止した時点までの時間から、オブジェクトを保持するための判定に要した 1 秒の静止時間とオブジェクトを放すための判定に用いた 2 秒の静止時間を差し引いた時間をドラッグ操作時間 MT (msec) とした。なお、実験により得られたデータについては、(W,D) 毎に有意水準 0.05 でスミルノフ・グラブス検定により異常値を除去した。

(3) 3次元リアルタイムモーションキャプチャシステムを用いた脳性麻痺者のジェスチャによる2次元 GUI 操作実験

被験者

日常的に PC 操作を行う実用手が右手である障害等級 1 級の脳性麻痺者 6 名 (24 歳 ~ 53 歳, 男性 5 名・女性 1 名, 痙直型 1 名・アテトーゼ型 3 名・混合型 1 名・手に軽い麻痺のみ 1 名)。

実験作業

実験(2)と全く同様の実験作業を用いた。

実験環境

実験(2)と同様の実験環境を用いたが、脳性麻痺者は、日常的に車いすを利用しており、車いすを降りることが困難であったため、車いすを利用したまま、右手を動かすことでカーソルの移動操作を行った。なお実験(2)の被験者と同様の操作感が得られるように、実験(2)の全被験者の座面高の平均と車いすの標準的な前座高の差分だけ実験システムによって構築した腕の操作域の仮想平面を下げる調整を施した。

測定項目

実験(2)と同様の測定項目を用いた。

4. 研究成果

(1) Kinect を用いた健常若年者のジェスチャによる2次元 GUI 操作実験

表 1 に示す困難度 ID とポインティング操作時間 MT の関係を図 2 に示す。

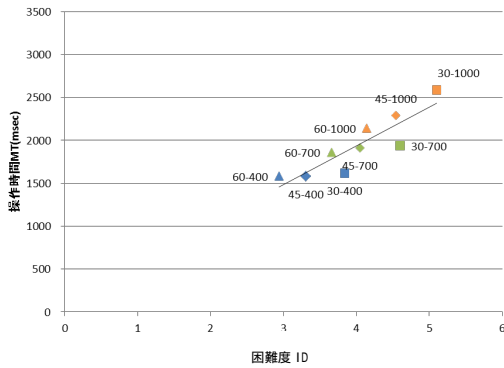


図2. ポインティング操作時間と回帰直線
IDとMTの関係について、実験により得られたデータを用いて回帰分析を行なうと、
 $MT = 135.96 + 450.07 \times ID$ (2)
と回帰式が求められ、寄与率は0.771(p<0.01)であった。このことから、ジェスチャによるポインティング操作にフィッツの法則(2次元版)を適用できるとみなされる。しかし従来のマウスによるポインティング操作と比較し寄与率が低いことも示唆された。さらに同一移動距離(D)におけるターゲットサイズ(W)の変化に伴うIDの変化に対してMTの変化が小さく、MTは、ターゲットサイズ(W)から受ける影響が少ないことも示唆された。

この実験により得られたジェスチャによるポインティング操作の特性が実験環境に依存した特性ではないことを確認するために、同一の課題を利き手が右手で19歳~24歳の健常若年者27人に、マウス(Logicool製, Wireless Mouse M305, 1000dpi)を用いて行わせた。得られたデータに対して同様にIDとMTの関係について回帰分析を行なうと、
 $MT = 358.18 + 145.74 \times ID$ (3)
と回帰式が求められ、寄与率は0.977(p<0.01)であった。このことから、実験結果が実験環境に依存したのではなく、ジェスチャによるポインティング操作の特性であることが示唆された。

(2) 3次元リアルタイムモーションキャプチャシステムを用いた健常若年者と高齢者のジェスチャによる2次元GUI操作実験

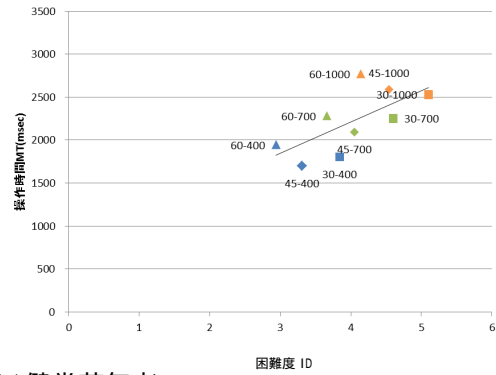
健常若年者, 高齢者の困難度IDとポインティング操作時間MTの関係を図3に, ドラッグ操作時間MTとの関係を図4に示す。

IDとMTの関係について、実験により得られたデータを用いて、健常若年者, 高齢者それぞれについて回帰分析を行なうと、ポインティング操作については、

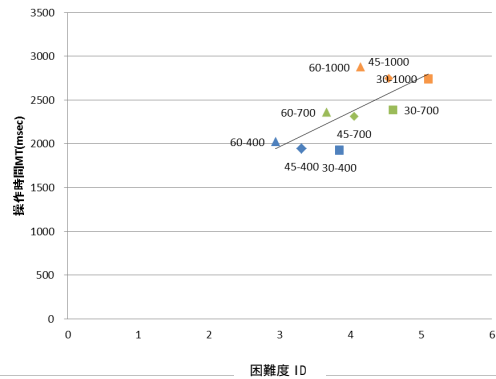
$$MT = 745.25 + 366.53 \times ID \quad (4)$$

$$MT = 787.24 + 393.65 \times ID \quad (5)$$

が求められ、寄与率はそれぞれ0.451(p<0.05), 0.540(p<0.05)であった。このことから、ジェスチャによるポインティング操作にフィッツの法則(2次元版)を適用できるとみなされるが、実験(1)の結果同様

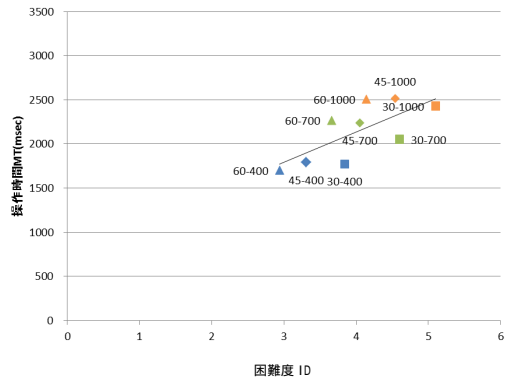


(a) 健常若年者

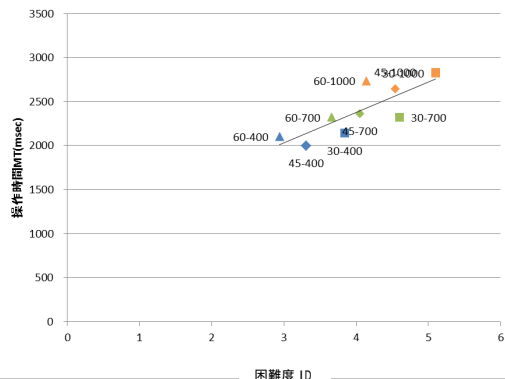


(b) 高齢者

図3. ポインティング操作時間と回帰直線



(a) 健常若年者



(b) 高齢者

図4. ドラッグ操作時間と回帰直線

従来のマウスによるポインティング操作と比較し寄与率が低いことも示唆された。さらに実験(1)と同様に、同一移動距離(D)にお

けるターゲットサイズ (W) の変化に伴う ID の変化に対して MT の変化が小さく、MT は、ターゲットサイズ (W) から受ける影響が少ないことも示唆された。

またドラッグ操作については、

$$MT = 759.4 + 343.9 \times ID \quad (6)$$

$$MT = 984.79 + 348.07 \times ID \quad (7)$$

が求められ、寄与率はそれぞれ 0.508 ($p < 0.05$), 0.643 ($p < 0.01$)であった。このことからジェスチャによるドラッグ操作にもフィッツの法則(2次元版)を適用できると見なされる。しかしポインティング操作同様、従来のマウスによるポインティング操作と比較し寄与率が低いことも示唆された。さらに実験(1)と同様に、同一移動距離 (D) におけるターゲットサイズ (W) の変化に伴う ID の変化に対して MT の変化が小さく、MT は、ターゲットサイズ (W) から受ける影響が少ないことも示唆された。

また、ポインティング操作時間とドラッグ操作時間について、健常若年者と高齢者の属性と困難度 ID の 2 要因に対する 2 元配置分散分析を施したところ、ポインティング操作時間については、属性間 ($F(1, 8) = 53.14$, $p < 0.01$) と ID 間 ($F(8, 8) = 136.20$, $p < 0.01$) にそれぞれ有意な差が見られた。ドラッグ操作時間についても属性間 ($F(1, 8) = 32.96$, $p < 0.01$) と ID 間 ($F(8, 8) = 22.80$, $p < 0.01$) にそれぞれ有意な差が見られた。これらのことから高齢者では健常若年者に比して、ジェスチャによるポインティング、ドラッグの各操作において操作時間が長くなる傾向にあることが示唆された。

これらのことが示しているように、本研究において対象とした困難度 ID の範囲においては、高齢者のポインティング、ドラッグ操作は、健常若年者と比較して時間を要するため、高齢者をユーザとするジェスチャによる 2 次元 GUI 操作のためのインタフェース設計における配慮事項として、両操作に対して制約時間を設定する場合や両操作を含む一連の操作に制約時間を設定する場合には、ある程度の余裕時間の確保が必要であると考えられる。

(3) 3次元リアルタイムモーションキャプチャシステムを用いた脳性麻痺者のジェスチャによる 2次元 GUI 操作実験

脳性麻痺者の困難度 ID とポインティング操作時間 MT の関係を図 5 に、ドラッグ操作時間 MT との関係を図 6 に示す。

ID と MT の関係について、実験により得られたデータを用いて、回帰分析を行なうと、ポインティング、ドラッグ操作それぞれについて、

$$MT = -1567.2 + 1359.8 \times ID \quad (8)$$

$$MT = 169.98 + 886.64 \times ID \quad (9)$$

が求められ、寄与率はそれぞれ

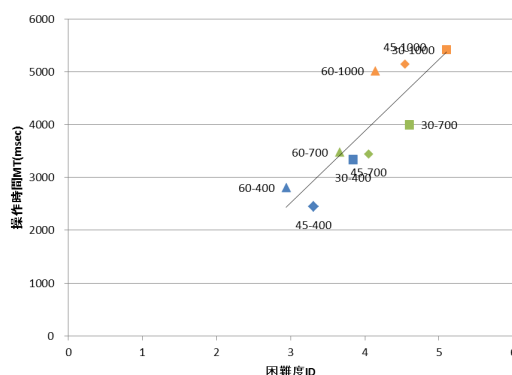


図 5. ポインティング操作時間と回帰直線

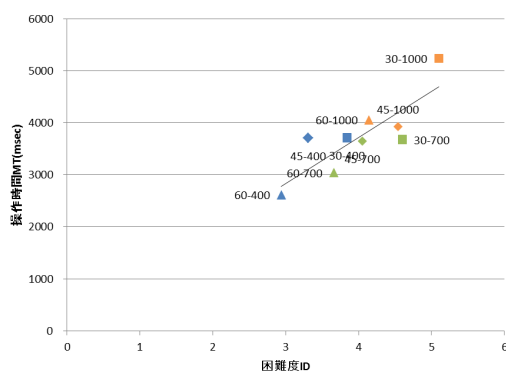


図 6. ドラッグ操作時間と回帰直線

0.735 ($p < 0.01$), 0.687 ($p < 0.01$)であった。このことから脳性麻痺者ではポインティング操作、ドラッグ操作ともフィッツの法則(2次元版)を適用できると見なされる。実験(2)の健常若年者、高齢者同様、従来のマウスによるポインティング操作と比較し寄与率が低いことも示唆されたが、健常若年者、高齢年齢者と比して、回帰直線の ID の係数が大きく、MT は、ターゲットサイズ (W) から受ける影響を受けており、健常若年者や高齢者とは異なる傾向を示した。

ポインティング操作時間とドラッグ操作時間について、脳性麻痺者と実験(2)の健常若年者、および脳性麻痺者と高齢者の属性と困難度 ID の 2 要因に対する 2 元配置分散分析を施したところ、ポインティング操作時間については、両属性間で有意な差が見られた ($F(1, 8) = 45.78$ (脳性麻痺者 - 健常若年者), $F(1, 8) = 38.36$ (脳性麻痺者 - 高齢者), $p < 0.01$)。また ID 間でも有意な差が見られた ($F(8, 8) = 3.59$ (脳性麻痺者 - 健常若年者), $F(1, 8) = 3.62$ (脳性麻痺者 - 高齢者), $p < 0.05$)。ドラッグ操作時間についても両属性間で有意な差が見られた ($F(1, 8) = 62.98$ (脳性麻痺者 - 健常若年者), $F(1, 8) = 54.39$ (脳性麻痺者 - 高齢者), $p < 0.01$)。一方 ID 間では有意な差は見られなかった ($F(8, 8) = 2.44$ (脳性麻痺者 - 健常若年者), $F(1, 8) = 2.99$ (脳性麻痺者 - 高齢者), $p > 0.05$)。

これらのことから健常若年者、高齢者に比して、脳性麻痺者はジェスチャによるポイ

ンティング、ドラッグの各操作において操作時間が長くなる傾向にあることが示唆された。また図3~6や式(4)~(9)のIDの係数に表れているように、ポインティング、ドラッグの両操作とも、脳性麻痺者では、健常若年者、高齢者に比して、困難度の増加に対して操作時間 MT の増加率が高くなる傾向が示唆された。以上のことより、脳性麻痺者では、ジェスチャによるポインティング、ドラッグの両操作において、操作時間、操作時間の変化の様相とも健常若年者、高齢者とは異なることが示唆された。この脳性麻痺者と健常若年者、高齢者との操作時間の相違は麻痺による影響が大きいと考えられる。ところで本実験では脳性麻痺の被験者には、痙直型、アトローゼ型、混合型が混在している。そこで麻痺のタイプ毎に、操作の様相についてのインタビュー結果および観察記録結果を検討し、脳性麻痺者のジェスチャによる操作特性について更なる検討を加えた。

アトローゼ型の麻痺は意志と一致しない動作や姿勢の変化を伴うが、このタイプの被験者は、本実験におけるポインティングのためのウェイトングの判定について、「腕を静止させる操作が困難である」と訴えている。一方、痙直型の麻痺は手足が硬直してしまうという特性を持つが、このタイプの被験者は、ポインティングのためのウェイトングの判定について、「違和感なく操作できる。」通常のマウスによる操作よりも便利に思う。」と述べている。また観察記録からは操作中に連続した腕の静止動作が困難なアトローゼ型の被験者においては、左手で右腕を抑えることでカーソルを静止させる被験者や、1回の移動動作を分割し、作業中にたびたび腕を止めて小休止を設ける被験者の存在が示された。これらのことから脳性麻痺のタイプによってジェスチャによるポインティング、ドラッグ操作が困難であることが示唆された。

これらのことが示しているように、脳性麻痺者のジェスチャによるポインティング、ドラッグ操作は、必ずしも有効であるとは言えず、麻痺のタイプによっては困難な操作であることから、脳性麻痺者をユーザとするジェスチャによる2次元GUI操作のためのインタフェース設計における配慮事項として、ユーザの麻痺のタイプを把握した上でのジェスチャによる2次元GUI操作の導入の可否についての検討が必要であると考えられる。

(4)まとめ

本研究では、健常若年者、高齢者、脳性麻痺者のジェスチャによるGUI操作の特性について、基礎的、定量的な資料を得るとともに、高齢者、脳性麻痺者のジェスチャによるGUI操作における配慮事項を明らかにした。ポインティング操作とドラッグ操作に焦点を当て、その操作特性を実験を通じて検討したところ、健常若年者、高齢者、脳性麻痺者を問わず、各操作時間は、マウスによるポ

インティング操作同様、フィッツの法則に適合するものの、健常若年者、高齢者の場合はターゲットサイズの影響をあまり受けないことが示唆された。

また高齢者、脳性麻痺者は健常若年者に比して操作時間が長くなり、脳性麻痺者は麻痺のタイプによってはジェスチャによるポインティング、ドラッグ操作が困難であることが示唆された。

これらの実験結果から、高齢者をユーザとするジェスチャによる2次元GUIのインタフェース設計における配慮事項として、ジェスチャ操作に対して制約時間を設定する場合の程度の余裕時間の確保の必要性を指摘した。また脳性麻痺者をユーザとするジェスチャによる2次元GUIのインタフェース設計における配慮事項として、ユーザの麻痺のタイプに基づくジェスチャによる2次元GUI導入の可否の検討の必要性を指摘した。

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)

〔学会発表〕(計 3件)

森山雄大, 辛島光彦, 西口宏美, ハンドジェスチャを用いた2次元GUIの操作性に関する研究-ポインティング操作に対するFitts'sの法則の適用について-, 一般社団法人日本人間工学会関東支部第43回大会, 2013年12月7日, 首都大学東京日野キャンパス(東京都日野市)

森山雄大, 辛島光彦, 西口宏美, ハンドジェスチャを用いた2次元GUIの操作性に関する研究-ポインティング操作における若年者と高齢者の比較-, 一般社団法人日本人間工学会第55回大会 2014年6月6日, 神戸国際会議場(兵庫県神戸市)

Yudai Moriyama, Mitsuhiko Karashima and Hiromi Nishiguchi, A Study on the Characteristics of Two-dimensional GUI Using Hand Gestures by Young and Elderly People -Does Fitts's Law apply to the pointing and the drag-and-drop tasks?-, The 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics(AHFE2014), 2014年7月21日, Krakow(Poland)

6. 研究組織

(1)研究代表者

辛島 光彦(Karashima Mitsuhiko)
東海大学・情報通信学部・教授
研究者番号: 90264936