

大型ディスプレイにおけるハンドジェスチャによるポインティング 操作に関する研究

-ポインティング操作への Fitts の法則の適用について-

松山 周平^{*1}, 辛島 光彦^{*2}

A Study on Characteristics of Hand Gesture Pointing Operation on Large Monitor -Application of Fitts' Law to Hand Gesture Pointing Operation-

by

Shuhei MATSUYAMA^{*1} and Mitsuhiko KARASHIMA^{*2}

(received on Sep. 27, 2019 & accepted on Nov. 15, 2019)

あらまし

本論文は、大型ディスプレイにおけるハンドジェスチャによるポインティング操作に2次元GUIに拡張されたFittsの法則を、マウスと同程度に適用できる条件を実験を通じて検討した。ジェスチャ操作の実操作距離を変化させた実験の結果、小型ディスプレイでは小さい実操作距離でジェスチャ操作にも拡張Fittsの法則をマウスと同程度に適用できる可能性が示唆された。しかし大型ディスプレイでは同様の実操作距離で位置決め操作が困難となり、拡張Fittsの法則を適用できないことが示唆された。これらの実験結果及び従来の研究から、大型ディスプレイにおけるジェスチャ操作に拡張Fittsの法則をマウスと同程度に適用できる条件を見出すことは困難であることが示唆された。

Abstract

This research focused on the conditions that the expanded Fitts' law could be applied to the hand gesture pointing operation on the large monitor through two experiments. The results revealed that the short control length of the hand gesture led to the high application of Fitts' law to the hand gesture on the small monitor. On the large monitor, however, this control length did not lead to the application of Fitts' law to the hand gesture. It was suggested that there were few conditions that the expanded Fitts' law could be applied to the hand gesture on the large monitor.

キーワード: ハンドジェスチャ, 2次元GUI, ポインティング操作時間, Fittsの法則

Keywords: Hand Gesture, Two-Dimensional GUI, Pointing Operation Time, Fitts' Law

1. はじめに

近年、2次元GUI(Graphical User Interface)の新しい操作方法として、身振り、手振りに代表される3次元空間におけるハンドジェスチャによる操作方法が提案されている。ハンドジェスチャによる操作は身体的な動きを伴い、直感的な操作ができることやデバイスを持たずに離れた位置から操作ができることから、大型ディスプレイとの相性が良いといった利点が挙げられている¹⁾。従来研究においては、マウスによる操作についてポインターをターゲットに移動させクリックする操作(ポインティング操作)に要する時間とポインティング操作の困難度IDとの関係へFittsの法則²⁾を2次元GUIに拡張した回帰モデル(拡張Fittsの法則)

を適用できることが明らかにされている³⁾。また、ノートパソコンの小型ディスプレイにおけるハンドジェスチャによるポインティング操作(ジェスチャ操作)についても、マウスによるポインティング操作(マウス操作)と同様に操作時間と困難度IDの関係に拡張Fittsの法則を適用できることが明らかにされている⁴⁾。しかしながら、大型ディスプレイ(58inch)上におけるジェスチャ操作については、マウス操作と比較し、操作時間と困難度IDの関係には必ずしも拡張Fittsの法則を適用できるとはいえず、操作時間がターゲットサイズから受ける影響が少ないことが示唆されている¹⁾。

そこで本研究では、大型ディスプレイのようにディスプレイ範囲が広範な場合のジェスチャ操作に要する時間と困難度IDとの関係に拡張Fittsの法則を適用できる条件について実験を通じて検討した。

2. ジェスチャ操作と拡張Fittsの法則

MacKenzie(1992)は、2次元GUIにおけるマウス操作において、ターゲットサイズ W とポインター移動距離 D のとき、ポインティング操作の困難度IDはFittsの法則を拡張する形で式(1)のように表され、マウス操

*1 情報通信学研究科情報通信学専攻 修士課程
Graduate School of Information and
Telecommunication Engineering, Course of
Information and Telecommunication
Engineering, Master's Program

*2 情報通信学部経営システム工学科 教授
School of Information and Telecommunication
Engineering, Department of Management
Systems Engineering, Professor

作に要する時間 MT はデータより導き出される回帰式 (2) のように表され、0.8 以上の高い寄与率で適用できることを示している。

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

$$MT = a + b \times ID \quad (a, b \text{ は定数}) \quad (2)$$

ジェスチャ操作については、Burunoら(2015)⁴⁾の研究では、ノートパソコンの小型ディスプレイにおける操作時間と困難度 ID の関係には、マウス同様に寄与率 0.857~0.984 で拡張 Fitts の法則を適用できることが示されている。また大型ディスプレイ (50inch) を用いているが、ディスプレイ上のカーソルの移動距離を 0.1, 0.2m としており小型ディスプレイの場合の操作条件と同様になっている中村ら(2016)⁵⁾の研究では、ジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID の関係に寄与率 0.83 で拡張 Fitts の法則を適用できることが示唆されている。一方 19inch のディスプレイを視距離 2m 程度で用いた Pinoら(2013)⁶⁾の研究では、ジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID の関係に寄与率 0.510 で拡張 Fitts の法則を必ずしも適用できるとはみなせないことが示唆されている。また森山ら(2015)¹⁾の研究でも、視距離 2m で大型ディスプレイ (58inch) 上におけるジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID の関係に寄与率 0.424 で拡張 Fitts の法則を必ずしも適用できるとはみなせないことが示唆されている。このように従来の研究においては、ノートパソコンのディスプレイのような小型ディスプレイのディスプレイ範囲におけるジェスチャ操作については操作時間と困難度 ID の関係に拡張 Fitts の法則を適用できるのに対して、大型ディスプレイのようにディスプレイ範囲が広範で視距離が長くなると、ジェスチャ操作の時間と困難度 ID の関係に拡張 Fitts の法則を必ずしも適用できるとはみなせないことが示唆されている。

この大型ディスプレイ上におけるジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID の関係に拡張 Fitts の法則を必ずしも適用できるとはみなせない原因を明らかにするために、Matsuyamaら(2017)⁷⁾は、大型ディスプレイにおけるジェスチャ操作とマウス操作について実験を通じて比較検討したところ、両者のポインターの速度波形の様相に明らかな相違を見出している。ジェスチャ操作におけるポインターの速度波形の様相は、朝日ら(2008)のマウス操作の速度波形の様相に関する研究⁸⁾におけるポインターの移動量に対する操作量の比 (以下 CD 比) が 1 と大きい際の特徴と酷似し、最高速度の出現時刻が遅くなり、再加速が見られない傾向が示唆されている。この結果を踏まえ Matsuyamaら(2017)⁷⁾は、従来ジェスチャ操作においては CD 比=1 としていることが一般的であることから、CD 比=1 の場合と、朝日ら(2008)⁸⁾がマウスに適切とした CD 比=0.125 とした場合の大型ディスプレイにおけるジェスチャ操作に要する時間について比較検討し、Fig.1 に示すように CD 比=0.125 の場合の方が CD 比=1 の場合と比較し、操作時間と困難度 ID の関係に拡張 Fitts の法則を適用できることを示唆している。しかし適用できる程度を表す回帰式の寄与率は依然マウス操作と比較すると十分ではないことも示唆している。このこ

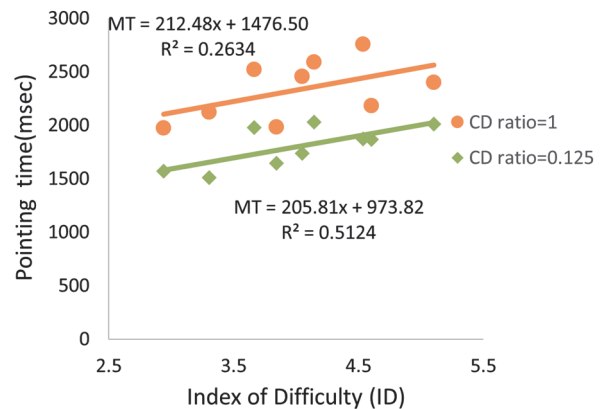


Fig.1 Relation between ID and Pointing time

とからジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID の関係に拡張 Fitts の法則を必ずしも適用できるとはみなせない原因は、CD 比だけに帰着することはできず、十分に解明されているとは言えない。

ノートパソコンのディスプレイのような小型ディスプレイと大型ディスプレイにおけるジェスチャ操作を比較すると、一般的にディスプレイまでの視距離は 3H (H はディスプレイ縦幅) が標準的であり、両視距離においては、ディスプレイ縦横比が同一ならば、同様の視角を維持することは可能となる。その意味では視覚的には小型ディスプレイと大型ディスプレイでは視距離以外に相違が生じることを避けることはある程度可能であると考えられる。一方両者において同一の CD 比を用いた場合には、ジェスチャ操作の操作量 (実操作距離) は視距離が大きいほど大きくなることから、実操作距離は視距離により決定されるとみなすことができる。このように小型ディスプレイと大型ディスプレイのジェスチャ操作に影響を与える可能性がある要因として視距離の相違による実操作距離の相違の影響が挙げられる。

3. 実験

3.1 実験概要

前述のように小型ディスプレイと大型ディスプレイのジェスチャ操作に影響を与える可能性がある要因として視距離の相違による実操作距離の相違の影響が挙げられる。そこで実操作距離として①従来の大型ディスプレイの実操作距離 (0.213 ~ 0.513m (CD 比=1)), ②小型ディスプレイの実操作距離 (0.053 ~ 0.133m (CD 比=1)), 加えて朝日(2008)⁸⁾の示した適切な CD 比の範囲 (0.125 ~ 0.25) を用いた③小型ディスプレイにおける実操作距離 (0.0133 ~ 0.333m (CD 比=0.25)) を取り上げ、3 者のジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID の関係について、拡張 Fitts の法則を適用できる程度を比較検討した。

3.2 被験者

利き手が右手の 20~24 歳の健常大学生 23 名を被験者とした。被験者には実験の目的、方法およびデータの処理方法に関する説明を実験前に行い、実験の参加

への同意を得た。本実験は東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の審査を受け、承認された(承認番号 16187(2017))。

3.3 実験作業

ISO/TS 9241-411⁹⁾を基とした多方向タッピング操作課題を実験作業とした。被験者には Fig.2 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に番号順にポインターを移動していくことによりポインティングする作業(多方向のタッピング作業)を、後述の困難度 ID 毎に 2 周してもらった。

なおジェスチャ操作ではマウスにおけるクリックに相当する操作が困難なため、ポインターをターゲット上に 2sec の静止させること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。視覚的フィードバックとして次のターゲットが点灯することによりクリックが完了したことを被験者が認識できるようにした。

また被験者のジェスチャ操作は、右手に反射マーカを装着させ、反射マーカの位置座標を赤外線カメラを用いたシステム(ノビテック製 VENUS 3D モーションキャプチャシステム)により 10msec のサンプリング間隔で計測し、ディスプレイ面と平行な面上の反射マーカの 2 次元の位置座標とディスプレイ内のポインターの位置座標を自作のソフトウェアによって連動させることにより実現した。

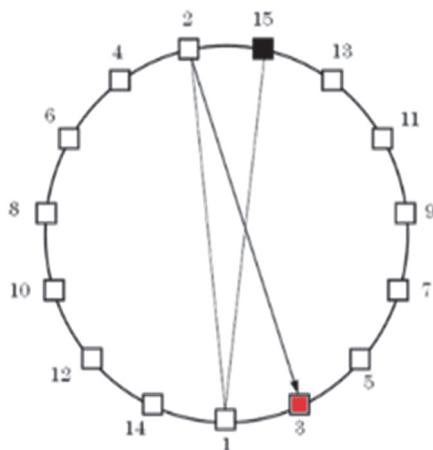


Fig.2 Experimental task

3.4 実験条件

本実験では 3 種の実操作距離条件(① 0.213 ~ 0.513m(CD 比=1), ② 0.053 ~ 0.133m(CD 比=1), ③ 0.0133 ~ 0.0333m(CD 比=0.25))を用意した。

①の実操作距離の場合は大型ディスプレイを想定していることから、視距離(VD)を 2m とした。Table1 に示すように、ターゲットサイズ(W px)とポインター移動距離(D px)を 3 通りずつ用意し、拡張 Fitts の法則に基づく式(1)から 9 パターンの困難度 ID を求めた。

また②の実操作距離の場合は、小型ディスプレイの実操作距離を想定していることから、視距離を 0.5m

とした。ターゲットサイズ(W' px), ポインター移動距離(D' px)は、Fig.3 に示すように Table1 のそれぞれの ID における視角(ターゲットサイズ θ , ポインター移動距離 ϕ)と同一とするためには、Table1 の各(W,D)に対して(W/4, D/4)としなければならないことから Table2 を用意した。③の実操作距離の場合は、①に対して実操作距離と CD 比の両者の変更を検討することから、②と同様に視距離 0.5m とし、Table2 を用いた。

Table 1 Patterns of Index of Difficulty

W(px)	D(px)	ID
48	320	2.939
48	560	3.663
48	800	4.143
36	320	3.306
36	560	4.049
36	800	4.537
24	320	3.841
24	560	4.605
24	800	5.102

Table 2 Patterns of Index of Difficulty

W'(px)	D'(px)	ID
12	80	2.939
12	140	3.663
12	200	4.143
9	80	3.306
9	140	4.049
9	200	4.537
6	80	3.841
6	140	4.605
6	200	5.102

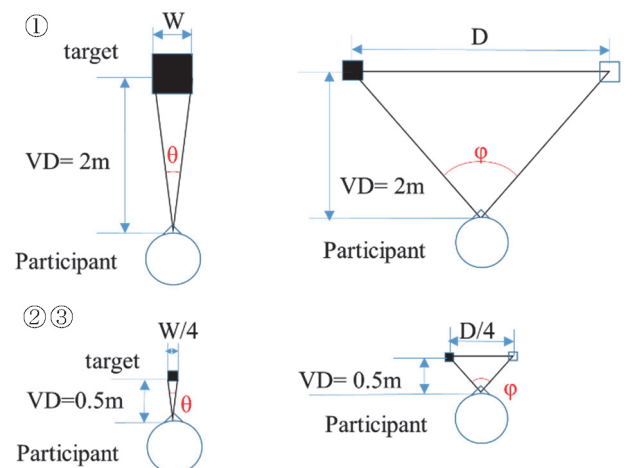


Fig.3 Relationship between visual distance and (W,D)

3.5 実験手順

本実験では前述の通り 3 種の実操作距離条件を用意したが、23 名の被験者中 12 名には①及び②の実操作距離について、11 名には①及び③の実操作距離について実験作業を行わせた。各被験者の 2 実操作距離の実施順序は順序効果を考慮し極力カウンターバランスをとるように配慮した。またそれぞれの実操作距離における 9 パターンの ID の実施順序についても順序効果を考慮し極力カウンターバランスをとるように配慮した。

被験者にはそれぞれの実操作距離条件において、ジェスチャ操作の練習として ID の最も高いパターンで実験作業を行わせた。その後 9 パターンの ID について実験作業を行わせた。腕や肩の疲労に配慮し各パターンの作業が終了するごとに 2 分間の休憩を設けた。

また実操作距離条件間においても疲労に配慮し 10 分間の休憩を設けた。

3.6 実験環境

①の実操作距離においては Fig.4 に示すように大型ディスプレイ(58inch, 1920px×1080px, Panasonic 製 TH-58PF12)を用いた視距離 2m のレイアウトで実験を行い, ②③の実操作距離においては視距離のみを 0.5 m に変更した同様のレイアウトで実験を行った。

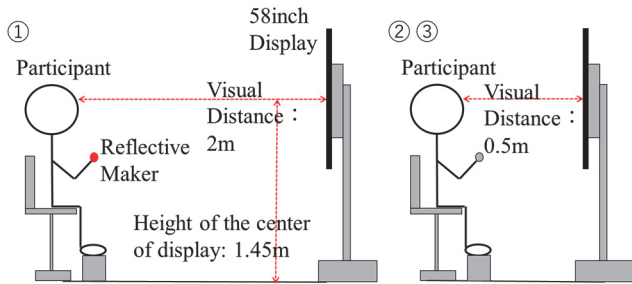


Fig.4 Experimental layout

3.7 測定項目

ターゲットが赤色に点灯してから, 被験者がそのターゲット内にポインターを移動させ, 2 秒間静止した時点までの時間から, 静止時間を引いた時間をジェスチャ操作に要する時間 MT(msec)として測定した。得られたデータは, ID 毎に有意水準 0.05 でスミルノフ・グラブス検定を行い, 異常値を除去した。また, 本実験において操作特性に関する指標については, Kopper らの遠距離からのポインティングについての研究¹⁰⁾や森山ら(2015)の研究¹⁾と同様に全ての被験者の平均値を用いて議論することとした。

4. 実験結果

4.1 実操作距離条件①及び②の比較

Fig.5 に実操作距離条件①(0.213~0.513m, CD 比=1)と実操作距離条件②(0.053~0.133m, CD 比=1)の場合のジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID の関係を示す。さらに①, ②における操作時間と困難度 ID の関係について回帰分析を行った結果として単回帰式を式(3),(4)にそれぞれ示す。

$$MT = 282.01 \times ID + 1041.25 \quad (3)$$

$$MT = 167.82 \times ID + 591.50 \quad (4)$$

またそれぞれの寄与率は 0.444, 0.653 であった。実操作距離条件①の場合は式(3)の ID の係数は有意でなく ($p>0.05$), 寄与率も森山ら(2015)¹⁾の研究と同様であり操作時間と困難度 ID の関係に拡張 Fitts の法則を適用できるとはみなせなかった。一方実操作距離条件②の場合は式(4)の ID の係数は有意であり ($p<0.01$), 寄与率も前述の Matsuyama ら(2017)の研究⁷⁾の場合よりも高く, 拡張 Fitts の法則を適用できる可能性が有意に示された。このことからディスプレイのジェスチャ操作においては, CD 比=1 で同一であっても実操作距離が短い場合に拡張 Fitts の法則を適用しやすくなるこ

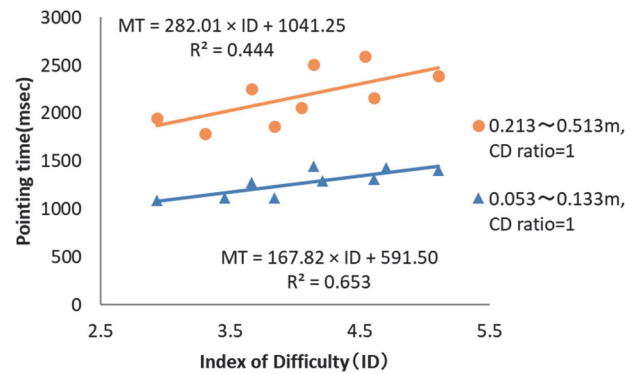


Fig.5 Relation between ID and Pointing time

とが示唆された。

4.2 実操作距離条件①及び③の比較

Fig.6 に実操作距離条件①(0.213~0.513m, CD 比=1)と実操作距離条件③(0.0133~0.0333m, CD 比=0.25)の場合のジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID の関係を示す。さらに①, ③における操作時間と困難度 ID の関係について回帰分析を行った結果として単回帰式を式(5),(6)にそれぞれ示す。

$$MT = 254.12 \times ID + 1055.80 \quad (5)$$

$$MT = 272.42 \times ID + 442.88 \quad (6)$$

またそれぞれの寄与率は 0.464, 0.802 であった。実操作距離条件①の場合は式(5)の ID の係数は有意であったが ($p<0.05$), 寄与率は森山ら(2015)¹⁾の研究や式(3)と同様でありジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID の関係に拡張 Fitts の法則を必ずしも適用できるとはみなせなかった。一方実操作距離条件③の場合は式(6)の ID の係数は有意であり ($p<0.01$), 寄与率も Matsuyama ら(2017)の研究⁷⁾の場合よりも高く, 拡張 Fitts の法則を適用できる可能性が有意に示された。さらに実操作距離条件②の場合よりも寄与率が高いことも示唆された。このことはディスプレイのジェスチャ操作においては, CD 比をマウスに適切な範囲の 0.25 とすることにより, 実操作距離条件②よりもさらに実操作距離を短くした場合に拡張 Fitts の法則を適用しやすく, 寄与率も 0.8 以上でマウスと同程度に適用できる可能性が示唆された。

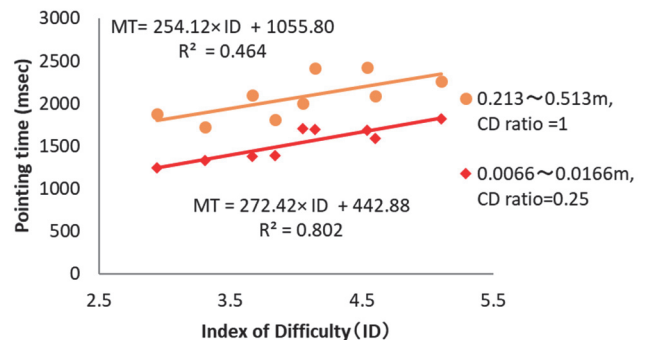


Fig.6 Relation between ID and Pointing time

5. 考察

実験結果より実操作距離条件①～③のジェスチャ操作においては、大型ディスプレイの視角条件を保った小型ディスプレイにおける CD 比をマウスに適切な 0.25 とし、視距離を短くすることにより実操作距離を最も短くした実操作距離条件③の場合に、操作時間と困難度 ID の関係に Fitts の法則をマウスと同程度に適用できることが示唆された。大型ディスプレイと小型ディスプレイの視角条件は同一に保たれていることから、この実験結果より大型ディスプレイにおいても、実操作距離を実操作距離条件③と同様に短くすることが、操作時間と困難度 ID の関係に拡張 Fitts の法則を適用するために有効な条件であると期待される。

しかし、本実験における実操作距離条件②、③は小型ディスプレイを用いた場合の視角条件を大型ディスプレイと同一に保っているが、視環境としては、視距離が異なり当然のことながら全く同一なわけではない。そのため小型ディスプレイにおける拡張 Fitts の法則を適用できるように有効な条件が大型ディスプレイにおいても有効であることが保証されるわけではない。そこで適用条件の妥当性を検証するためには、大型ディスプレイでの有効性を確認する必要がある。実操作距離を実操作距離条件③と同様に定めた条件の大型ディスプレイでの有効性を実験を通じて検討することとした。

5.1 追加実験

(1) 実験概要

前述の実操作距離条件①と同様の視環境となる大型ディスプレイにおいて、実操作距離条件③と同様の実操作距離 0.0133～0.0333m となるように CD 比を定めた上で、前述の実操作距離条件①と同様の実験環境において、3.3 節の実験作業を行わせた結果から、前述の実操作距離条件③と同様の実操作距離においては、ジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID との関係に拡張 Fitts の法則を適用できるか否かを検討する。

(2) 被験者

3.2 節とは異なる利き手が右手の 20～27 歳の健康学生 9 名を被験者とした。

(3) 実験作業

被験者には 3.3 節の実験作業を全く同様のジェスチャ操作の方法で行わせた。

(4) 実験条件

大型ディスプレイにおいて、前述の実操作距離条件③と同様の実操作距離 0.0133～0.0333m となるように CD 比を 0.064 と定めた上で、Table1 に示す 9 パターンの困難度 ID について被験者にジェスチャ操作を行わせた。

(5) 実験手順

被験者には実験前にジェスチャ操作の練習として ID の最も高いパターンで実験作業を行わせた。また 9 パターンの実施順序については順序効果を考慮しカウンターバランスをとった。

(6) 実験環境

Fig.4 の左図に示す前述の実操作距離条件①と同様

の実験環境を用いた。

(7) 測定項目

3.7 節の測定項目と同様にジェスチャ操作に要する時間を測定するとともに、操作時間に関する指標については、全ての被験者の平均値を用いて議論することとした。

(8) 実験結果

Fig.7 にジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID の関係を示す。さらに操作時間と困難度 ID の関係について回帰分析を行った結果として単回帰式を式(7)に示す。

$$MT = 149.63 \times ID + 2344.86 \quad (7)$$

また寄与率は 0.084 であった。式(7)の ID の係数は有意ではなく ($p > 0.05$)、寄与率も明らかに小さく、拡張 Fitts の法則を明らかに適用できないことが示された。このことは小型ディスプレイにおいて拡張 Fitts の法則を適用できた実操作距離条件③と同様の実移動距離 0.0133～0.0333m となるように CD 比を 0.064 に定めた条件では、大型ディスプレイにおいて操作時間と困難度 ID の関係に拡張 Fitts の法則を適用するためには有効ではなく、CD 比=1 である実操作距離条件①の場合や CD 比=0.125 である Matsuyama ら(2017)⁷⁾の実験結果と比較しても、拡張 Fitts の法則を全く適用できないことが示唆された。

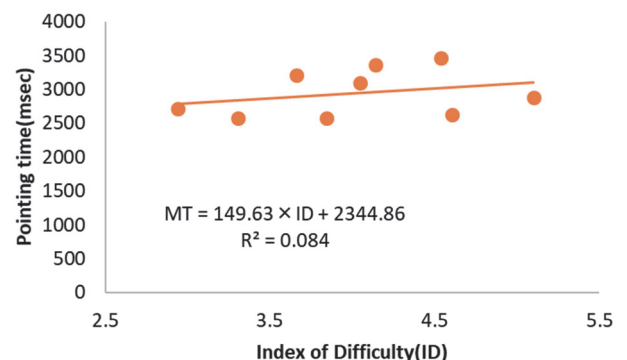


Fig.7 Relation between ID and Pointing time

(9) 実験考察

大型ディスプレイにおいては実移動距離 0.0133～0.0333m となるように CD 比を 0.064 に定めた条件では、拡張 Fitts の法則を適用できないことが示唆された。被験者群は異なるものの Fig.1, 5, 6, 7 の大型ディスプレイにおけるジェスチャ操作に要する時間を比較すると、例えば困難度 ID が一番小さい場合 ($ID=2.939$) では CD 比=1 では 2000msec 程度、CD 比=0.125 では 1500msec 程度であるのに対して、CD 比=0.064 では 2500msec 程度と時間を要した。CD 比=0.064 の際に時間を要してしまう可能性は、CD 比が小さい場合、実操作距離に対するポインターの移動距離が大きくなるため、ポインターをターゲットに合わせるための位置決め操作が困難となり、操作に時間を要する可能性が考えられる。そこで被験者は異なるものの、困難度 ID が一番小さい場合の前述の実操作距離条件①(CD 比=1)の場合のポインターの移動速度の様相と CD 比=0.064 の場合の移動速度の様相を比較して

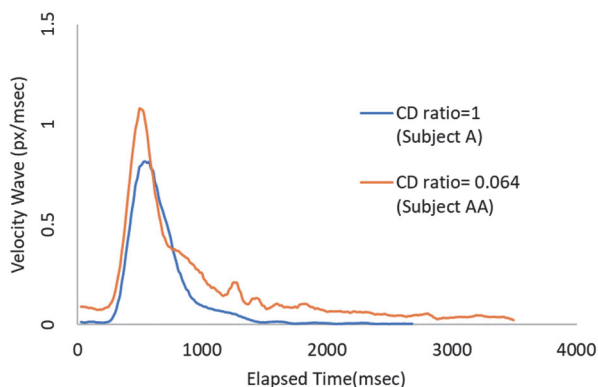


Fig.8 Velocity wave forms of the hand gesture at CD ratio = 1 and CD ratio = 0.064 (ID=2.939)

みる。Fig.8の例は、特定の被験者のFig.2の実験作業における29回のジェスチャ操作の際のポインターの移動速度の様相を平均化したものである。Fig.8に示すように、CD比=0.064の場合は、CD比=1の場合と比較し、移動操作相¹⁾では最大速度が大きくなる傾向を示し、位置決め操作相¹⁾の時間が長くなる傾向が示された。このことは、速度波形の様相からも、CD比=0.064の場合には本実験における最もターゲットサイズが大きい場合ですら位置決め操作が困難であるために位置決め操作に時間を要し、結果的にジェスチャ操作に要する時間が長くなることを示唆している。これらのことから小型ディスプレイにおいて拡張Fittsの法則を適用できた実操作距離条件③と同様の実移動距離0.0133~0.0333mとなるようCD比を0.064に定めた条件では、位置決め操作が困難となるため、位置決め操作に時間を要し、結果として大型ディスプレイにおいては、操作時間と困難度IDの関係に拡張Fittsの法則を適用できないと考えられる。

5.2 全体考察

本研究の実験結果からは、小型ディスプレイに相当する視距離0.5mの視環境においては、特にCD比をマウスに適切とされている範囲(0.125~0.25)の0.25とした場合に、ジェスチャ操作に要する時間と困難度IDの関係について回帰分析を行った際の寄与率は0.8以上でマウスと同程度となることが示された。このことから従来の研究と同様に小型ディスプレイに相当する視距離0.5mの視環境においては、ジェスチャ操作に要する時間と困難度IDの関係に拡張Fittsの法則をマウスと同程度に適用できることが確認された。

一方大型ディスプレイに相当する視距離2mの視環境においては、ジェスチャ操作に要する時間と困難度IDの関係について回帰分析を行った際の寄与率は、本研究の実験結果ではCD比=1の場合は0.444, 0.464, 森山ら(2015)¹⁾の場合と同様にマウスの場合と比較し必ずしも高い値とは言えず、操作時間と困難度IDの関係に拡張Fittsの法則をマウスと同程度に適用できないことが確認された。またMatsuyamaら(2017)⁷⁾の研究では、CD比をマウスに適切とされている範囲中の0.125とした場合でも寄与率は0.5124であり、ジェ

スチャ操作に要する時間と困難度IDの関係に拡張Fittsの法則をマウスの場合と同程度に適用できないことが示唆されている。さらに本研究では、大型ディスプレイと小型ディスプレイの視角条件は同一に保たれていることから、小型ディスプレイにおけるジェスチャ操作に要する時間と困難度IDの関係に拡張Fittsの法則を適用できると確認された実操作距離が、大型ディスプレイにおいても有効な条件であると期待されたため、その実操作距離となるようにCD比を0.064とした場合の大型ディスプレイにおけるジェスチャ操作に要する時間と困難度IDの関係について回帰分析を行ったところ、その寄与率は僅か0.084となり、拡張Fittsの法則を全く適用できないことが示唆された。これは実操作距離を小さくしたことによりCD比が小さすぎるためにわずかな操作距離により、ポインターが大きく移動するために、位置決め操作が困難となり位置決め操作に時間を要したためであると推察された。以上のことから大型ディスプレイに相当する視距離2mの視環境においては、CD比を1からマウスに適切とされている範囲に小さくしてもジェスチャ操作に要する時間と困難度IDの関係に拡張Fittsの法則を適用できる程度はマウスほどには高くならず、さらにCD比を小さくすると、位置決め操作が困難となることから、全く拡張Fittsの法則を適用できないことが示唆され、拡張Fittsの法則をマウスと同程度に適用できる条件を見出すことは困難であると考えられる。

そこで森山ら(2015)¹⁾の提案したFittsの法則の困難度IDからWの影響を取り除いた式(8)、Table 3のような困難度ID_{NEW}を用いて、本研究の実験で得られたCD比=1の場合のジェスチャ操作に要する時間と困難度ID_{NEW}の関係について回帰分析を行った結果として単回帰式を式(9)、(10)にそれぞれ示す。

Table 3 Patterns of New Index of Difficulty

D(px)	ID _{NEW}
320	8.322
560	9.129
800	9.644

$$ID_{NEW} = \log_2 D \quad (8)$$

$$MT = 467.34 \times ID_{NEW} - 2045.83 \quad (9)$$

$$MT = 414.05 \times ID_{NEW} - 1662.09 \quad (10)$$

それぞれの寄与率は0.893, 0.903(p<0.01)であり、森山ら(2015)¹⁾の実験結果と同様、高い寄与率が得られた。このことから大型ディスプレイにおけるジェスチャ操作に要する時間はターゲットサイズWの影響を組み込まず、ポインターの移動距離Dのみで説明され、拡張Fittsの法則よりもID_{NEW}が有効である可能性が期待される。しかし回帰分析に用いたジェスチャ操作に要する時間のデータはそれぞれ9個あるもののID_{NEW}は3種しかない。このことからこれらの寄与率をもってID_{NEW}が有効であるとは結論付けられない。

今後 3 種の D ではなく様々な(W,D)におけるジェスチャ操作に要する時間を収集し、ID_{NEW}の有効性を検討していく予定である。

6. まとめ

本研究では、大型ディスプレイのように視距離がありディスプレイ範囲が広範な場合のジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID との関係に拡張 Fitts の法則を適用できる条件について実験を通じて検討した。大型及び小型ディスプレイを用いてジェスチャ操作の実操作距離を変化させた実験の結果、大型ディスプレイにおいては、ジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID の関係に拡張 Fitts の法則を適用できる程度はマウスほどには高くないことが確認された。一方、小型ディスプレイにおいては実操作距離を小さくすることによりジェスチャ操作へも拡張 Fitts の法則をマウスと同程度に適用できる可能性が確認された。しかしこの小型ディスプレイで拡張 Fitts の法則をマウスと同程度に適用可能とした小さい実操作距離では、大型ディスプレイにおいては位置決め操作が困難となり、拡張 Fitts の法則を適用できないことが示唆された。これらの実験結果及び従来の研究から大型ディスプレイにおけるジェスチャ操作に拡張 Fitts の法則をマウスと同程度に適用できる条件を見出すことは困難であると考えられた。

また森山ら(2015)¹⁾の提案した Fitts の法則の困難度 ID から W の影響を取り除いた困難度 ID_{NEW}を用いて、ジェスチャ操作に要する時間と困難度 ID_{NEW}の関係について検討した結果、操作時間はターゲットサイズ W の影響を組み込まず、ポインターの移動距離 D のみで説明され、拡張 Fitts の法則よりも ID_{NEW} が有効である可能性が期待された。

参考文献

1) 森山雄大, 西口宏美, 辛島光彦, ハンドジェスチャを用いた 2 次元 GUI 操作時の操作特性に関する研究—若年

者のポインティング操作における Fitts の法則の適用に関する考察—, 東海大学紀要 情報通信学部, vol.8, No.1, pp.1-7, 2015

- 2) P. M. Fitts : The Information Capacity of the Human Motor System in Controlling the Amplitude of Movement., Journal of Experimental Psychology, Vol.47, No.6, pp.381-391, 1954.
- 3) I. S. MacKenzie, B. William, Extending Fitts' law to two-dimensional tasks., Proceedings of the ACM CHI 1992 Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.219-226, 1992
- 4) R. A. Burno, B. Wu, R. Dohertya, H. Colett, R. Elnaggar, Applying Fitts' law to gesture based computer interactions., Procedia Manufacturing, Vol.3, pp.4342-4349, 2015
- 5) 中村隼大, 石橋圭太, 岩永光一「タスクに求められる巧緻性がインタフェースの操作性に与える影響」-タッチ操作と空中ジェスチャ操作の比較-, 日本人間工学会関東支部第 46 回大会講演集, pp.98-99, 2016
- 6) A. Pino, E.Tzemis, N. Ioannou, G. Kouroupetroglou, Using Kinect for 2D and 3D Pointing Tasks. -Performance Evaluation-, Human-Computer Interaction, Part IV, pp. 358-367, 2013
- 7) S. Matsuyama, M. Karashima, A Study on Characteristics of Hand Gesture Pointing Operation versus Mouse Pointing Operation. - A Comparison of Velocity Waves of Operation Time between Mouse Pointing and Hand Gesture Pointing with Two kinds of Control-Display Ratio -, HCI International 2017- Posters' Extended Abstracts. Proceedings, Part I, pp.170-176, 2017
- 8) 朝日元生, 高嶋和毅, 築谷喬之, 北村喜文, 岸野文郎, マウスポインティング時の C-D 比が運動特性に与える影響, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.12, pp.3879-3889, 2008
- 9) ISO/TS 9241-411, Ergonomics of Human-system interaction-Part411; Evaluation meth-ods for the design of physical input device, 2012
- 10) R. Kopper, D. A. Bowman, M. G. Silva, R. P. McMahan, A human motor behavior model for distal pointing tasks., Int. J. Human-Computer Studies Vol.68, pp.603-615, 2010.
- 11) 西口宏美, マウス操作時における D/C 比がポインティング操作時間に占める位置決め操作時間に与える影響, 人間工学, Vol.51, No.4, pp.241-247, 2015