

大きい目標の選択操作に対する Fitts の法則の適合性

高田 喜朗[†] (学生員) 梅木良太郎^{††}
 辻野 嘉宏[†] (正員) 都倉 信樹[†] (正員)

On the Fitness of Fitts' Law for Large Targets

Yoshiaki TAKATA[†], Student Member, Ryoutarou UMEKI^{††}, Nonmember,
 Yoshihiro TSUJINO[†], and Nobuki TOKURA[†], Members

[†] 大阪大学基礎工学部情報工学科, 豊中市
 Department of Information and Computer Sciences, Faculty of Engineering
 Science, Osaka Univ., Toyonaka-shi, 560 Japan

^{††} 日立西部ソフトウェア株式会社, 大阪市
 Hitachi Seibu Software, Ltd., 2-4-10, Imabashi, Chuoh-ku, Osaka-shi, 541
 Japan

あらまし マウス等による目標選択操作のモデルとしてよく知られる Fitts の法則が、ウィンドウのような大きい目標に対してどの程度適合するかを調べた。その結果、(1) 目標の中心ではなく辺に近い部分が選択される傾向があること、(2) その選択位置に基づいて Fitts の法則を拡張することで実験結果に対する適合度が上がり、特に同じ条件の試行の結果を平均した場合は十分高い適合度が得られることがわかった。

キーワード ユーザインタフェース, ウィンドウシステム, マウス, 目標選択操作, Fitts の法則

1. まえがき

マウスなどのポイント装置 (pointing device) による目標選択操作とそれに要する時間との関係として、Fitts の法則が知られている [1]。これまでの研究で、文字や文字列などの小さな目標については、Fitts の法則が現実によく適合することが知られている [3]。目標選択操作にかかる時間を T 、目標までの距離を D 、目標の大きさを W としたとき、Fitts の法則は次の式で表される。

$$T = a + b \log_2 \left(\frac{D}{W} + 1 \right).$$

但し a, b は、ポイント装置と操作方式によって決まる定数である。

小さい目標の場合、目標までの距離 D を目標のどの部分までの距離としても大きな違いがなく、これまでは D を目標の中心までの距離としていた。しかし、ウィンドウのような大きい目標の場合、 D をどのようにとるかによって値が大きく異なる。ウィンドウに対する選択操作は、入力フォーカスや重なり状態の変更のために現実によく行われる。

そこで本論文では、ウィンドウのような大きい目標に対する目標選択実験を行い、ユーザの操作の傾向を

表 1 目標ウィンドウの形状と、スタートウィンドウとの中心間距離

Table 1 Sizes of the target windows and distances between the start and target windows.

形状名	横 × 縦 (dots)	中心間距離 (dots)
TL	572 × 336	472, 668, 945
TM	330 × 194	264, 374, 529, 748, 1058
HL	50 × 572	334, 472, 668, 945
HM	50 × 330	264, 374, 529, 748, 1058
WL	572 × 50	334, 472, 668, 945
WM	330 × 50	264, 374, 529, 748, 1058

調べた。そして、その結果を基に目標までの距離 D の新しいモデルを提案する。

2. 実験

実験方法について簡単に述べる。詳しくは [4] を参照されたい。

被験者は、本情報工学科の学生 10 名 (すべて男性) で、全員マウスの操作に慣れている。選択操作は、スタートウィンドウと呼ぶ小さい方形の中でクリックしてから、カーソルを移動させ目標ウィンドウと呼ぶ大きい方形の中でクリックするまでの操作である。

実験条件として、目標ウィンドウの形状と目標ウィンドウとスタートウィンドウの中心間距離を表 1 に示す。目標の方向 (移動方向) は、中心間の方向について、全周囲を 18° ずつ等分した 20 通りとした。以上のすべての組合せ 520 通りの実験条件について、1 人当たり、1 条件につき 10 回の選択操作を行った。

3. 実験結果

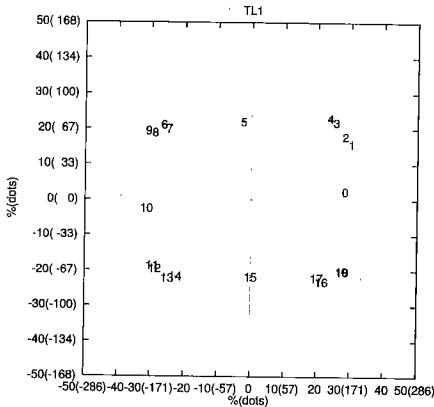
選択操作の際のカーソルの軌跡を観察すると、被験者の選択操作には、

- 出発点が目標の頂点よりも辺に近い場合には、目標の辺をほぼ垂直に横切ってカーソルを移動する、
- 出発点が目標の頂点に近い場合には、目標の頂点の近くを通過してカーソルを移動するという傾向が見られる。そして、選択位置はこの軌跡に沿って広く分布することが観察された。

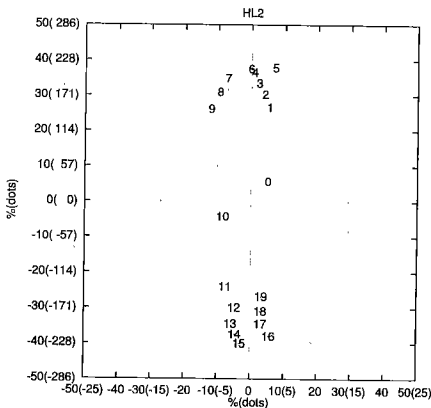
3.1 平均選択位置

520 通りの実験条件ごとに、全被験者の全選択操作 (100 試行) の選択位置の平均を、水平・垂直座標の値をそれぞれ独立に平均して求めた (図 1)。

図は、目標ウィンドウをグラフの外枠の正方形で表し、その内部の平均選択位置を示している。また、番号の位置で各方向に対応する平均選択位置を表している。すなわち、スタートウィンドウの中心が目標ウィンドウの中心から見て水平右側にある場合を 0 とし、



(a) TL型, 中心間距離 668dots



(b) HL型, 中心間距離 668dots

図1 平均選択位置 (一部)
Fig.1 Mean selecting points.

反時計回りの順で 20 通りの方向を表している。

TL, TM 型の平均選択位置は, 目標ウィンドウの辺から短辺の長さの約 30%程度内側の長方形に近い形を形成している。中心間距離が近い場合は, 平均選択位置が作る長方形の辺が凹状に, 距離が遠い場合は長方形の角が丸くなっている。

HL, HM 型の平均選択位置は, 長軸の端が目標ウィンドウの短辺から短辺の長さ (50 dots) 程度内側の非常に細長い円形に近い形を形成している。WL, WM 型の平均選択位置は, それぞれ HL, HM 型の水平・垂直を入れ替えたような形である。

4. 目標までの距離 D の新しいモデル

4.1 モデル

前章で示した平均目標選択位置をもとに, Fitts の法則でいう目標までの距離 D の新しいモデルを考え

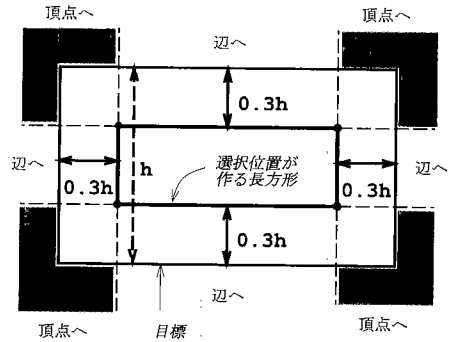


図2 出発点と選択位置の関係
Fig.2 Expected selecting point.

る。目標ウィンドウの形状とカーソルの出発点の位置から D を次のように定める。

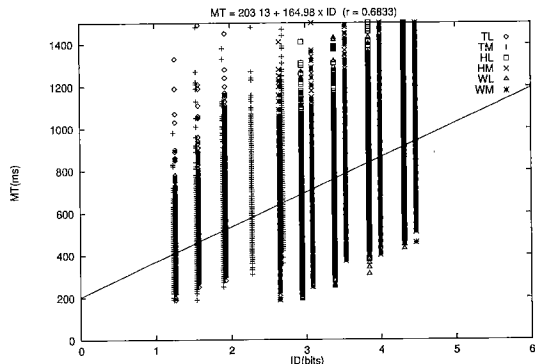
- 目標の短辺の長さの 30%だけ目標ウィンドウの四辺から内側の辺からなる長方形を考える (図 2)。これを選択位置長方形と呼ぶ。
- 出発点から直線距離で最も近い選択位置長方形上の点を, その出発点に対する予想選択位置と呼ぶ。すなわち, 図の網がかかった範囲内に出発点がある場合は選択位置長方形の最も近い頂点, それ以外の場合は最も近い辺に出発点から下ろした垂線の足が予想選択位置である。
- 出発点と予想選択位置の間の距離を D とする。

4.2 適合性の検証

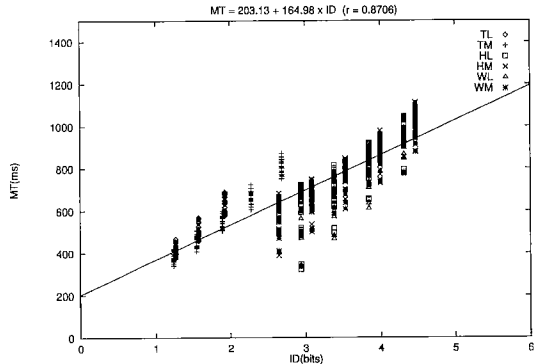
前節で示したモデルが現実に対応するかどうか, 今回の実験データをあてはめて検証する。目標の大きさ W については SMALLER-OF モデル [3] を使用し, 各選択操作について出発点はスタートウィンドウの中央として, 全選択操作 (52,000 試行) (1) と各実験条件 (520 通り) ごとの操作時間の平均 (2) に対し, 困難度 ID と操作時間 T の関係を, 従来のモデルと新しいモデルそれぞれについて求めた (図 3, 図 4)。

Hotelling の t 検定 [2] により両モデルの相関係数を比べると, 有意水準 0.5% で (1), (2) とともに新しいモデルの方が有意に大きいことが言えた (表 2)。すなわち, 新しいモデルの方が従来のモデルより現実により適合していると言える。

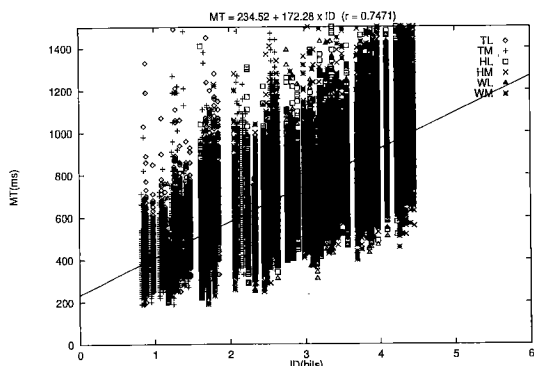
操作時間の分布は, 同じ実験条件・被験者に対しても非常に分散が大きい。つまり, 人間が操作することによるばらつき (ノイズ) が大きい。今回の実験では, 目標が大きいため被験者の自由度が高くよりその傾向が強い。しかし, 実験条件ごとに操作時間を平均



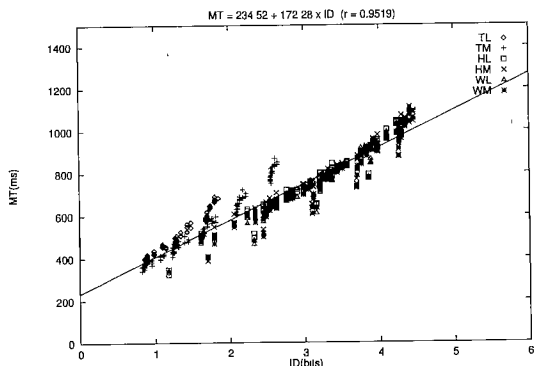
(a) 従来のモデル



(a) 従来のモデル



(b) 新しいモデル



(b) 新しいモデル

図3 困難度 ID と操作時間 T の関係
Fig.3 Operation time T as a function of ID .

図4 困難度 ID と操作時間 T の関係
(実験条件ごとに T を平均)

Fig.4 Mean operation time T as a function of ID .

表2 両モデルの相関係数の比較

Table 2 Difference between correlations of the models.

	r_{new}	r_{old}	$r_{n,o}$	N	t_{d_r}
(1)	0.7471	0.6833	0.9618	52000	80.73
(2)	0.9519	0.8706	0.9618	520	25.86

r_{new} : 新しいモデルでの ID と T の相関,
 r_{old} : 従来のモデルでの ID と T の相関,
 $r_{n,o}$: 両モデルの ID の相関,
 N : 標本数,
 t_{d_r} : Hotelling の式の値.

することでそれらのノイズの影響を抑えることができると考えられる。(2)の場合、新しいモデルではかなり高い相関係数の値が得られた。これは今回のモデルが現実に十分適合することを示していると考えられる。

5. むすび

本論文では、マウスを使用してウィンドウのような大きな目標を選択操作する際の Fitts の法則の適合性について調べ、その結果を基に目標までの距離 D の新しいモデルを示した。今回の実験データに対する適

合度を調べたところ、従来のモデルより有意に相関係数が大きく、適合していることが示せた。

文 献

- [1] P.M. Fitts, "The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement," J. Experimental Psychology, vol.47, no.6, pp.381-391, June 1954.
- [2] J.P. Guilford and B. Fruchter, "Fundamental statistics in psychology and education," 5th ed., p.167, McGraw-Hill, New York, 1974.
- [3] I.S. MacKenzie and W. Buxton, "Extending Fitts' law to two-dimensional tasks," Proc. CHI'92 Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.219-226, May 1992.
- [4] 高田喜朗, 梅木良太郎, 辻野嘉宏, 都倉信樹, "大きい目標の選択操作に対する Fitts の法則の適合性の評価," 情報学ヒューマンインタフェース研報, vol.95, no.70, pp.9-16, June 1995.
- [5] 高松俊朗, "数理統計学入門," pp.144-149, 学術図書, 1977. (平成7年10月27日受付)