

# ポインティング手法の評価実験における 速さと正確さへのバイアスが評価結果に与える影響

木下 大樹<sup>1</sup> 大場 洋介<sup>1</sup> 富張 瑠斗<sup>1</sup> 山中 祥太<sup>2</sup> 宮下 芳明<sup>1</sup>

**概要:** 多くのポインティング手法の評価実験ではできるだけ速く正確にタスクを行うように指示される。速さと正確さはトレードオフの関係にあるため、それぞれにどれだけの重みを置くかは参加者にゆだねられてしまう。例えば、エラーしにくいポインティング手法を提案して評価実験をする場合、正確さに重きを置く参加者が多いと、従来手法との差が出ない可能性がある。本稿では、速さと正確さに対するバイアスがポインティング手法の評価結果へ与える影響を調査した。ニュートラル、速さ重視、正確さ重視の3種類のバイアスでポインティングタスクを行う実験を、十字カーソルとバブルカーソルの2種類のカーソルで実施した。結果、バイアスとカーソルの間に交互作用がみられ、バイアスが正確さ重視になることでカーソル間のエラー率の差が小さくなることがわかった。このことから、速さと正確さに対するバイアスが評価結果に影響を与える可能性が示唆された。一方で、正確さ重視においてもバブルカーソルの方が十字カーソルよりも有意にエラー率が低く、バブルカーソルはバイアスによらず有効な手法であると示された。ポインティング手法の評価実験において、複数のバイアスを条件に含めてタスクを行うことで、多彩な状況（たとえば、ユーザが確実にエラーをせずにボタンを選択したい状況）を考慮した評価が行えると考えられる。

## 1. はじめに

多くのポインティング手法の評価実験において、参加者はできるだけ速く正確にタスクを行うように指示される。しかし、ポインティング操作において、速さと正確さにはトレードオフの関係が成り立っており、最善の速さと最善の正確さの両立はできないことがわかっている [1, 2]。そのため、「できるだけ速く正確に」という指示の解釈は参加者によってさまざまであり、エラーしない範囲で少し急ぐ参加者もいれば、10%程度のエラーをする前提で操作する参加者もいる。したがって、すべての参加者に速く正確にタスクを行うように指示しても、それぞれにどれだけの重みを置くかは参加者にゆだねられてしまう。また、同じ参加者が速さと正確さのバランスを保とうとしても、2セッションのタスクを行うとバランスはセッション間で変化することがわかっている [3]。この参加者やセッションごとに速さと正確さにかかる重みが異なる問題は、ポインティング手法を提案する研究において、実験の結果や結論に影響を及ぼす可能性があると考えられる。例えば、エラーしにくいポインティング手法を提案して従来手法との比較実験をする場合、正確さに重きを置く参加者が多いと、従来

手法とエラー率に差が出ない可能性がある。

また、実験においてできるだけ速く正確にタスクを行うようにという指示は、「ユーザは速くアプリケーションの起動やコマンド選択などをしたいはずだが、操作ミスはしたくないはずである」という前提に基づいている。しかし、実際には、ユーザがどの程度エラーを嫌うかは状況に依存する。エラーのリカバリー操作に長時間かかる場合、慎重さが増すことがわかっている [4]。例えば、ブラウザで意図しないハイパーリンクをクリックした場合、前のページへ戻る操作が必要になるためユーザは慎重になる。これと同様に、周辺にあるハイパーリンクがターゲットに近いほど、ユーザは時間をかけて操作することが知られている [5, 6]。以上の先行研究から、速さと正確さのバランスを取ることが唯一の現実的な状況だとは限らず、意図的にバランスを変化させたタスクでポインティング手法を評価することにより新たな知見が得られると考えた。

本稿では、速さと正確さに対するバイアスがポインティング手法の評価結果へ与える影響を調査した。比較するポインティング手法として十字カーソルとバブルカーソルの2種類のカーソルを用いた。様々な条件のもとでポインティング実験を行い、ニュートラル（できるだけ速く正確に）、速さ重視、正確さ重視の3種類のバイアスがポインティング手法の評価に与える影響を調査した。

<sup>1</sup> 明治大学

<sup>2</sup> ヤフー株式会社

本稿の貢献は次の通りである。

- ポインティング手法を比較する際に、速さと正確さへのバイアスにより結論が変わる可能性を明らかにした。
- 速さと正確さへのバイアスにより、ユーザが慎重に操作するときや急いで操作するときを考慮した評価ができることを実験的に示した。

## 2. 関連研究

### 2.1 フィッツの法則

GUI (Graphical User Interface) 上におけるポインティング動作の操作時間  $MT$  は、ポインティング開始地点からターゲットまでの距離  $A$  とターゲット幅  $W$  を用いて、フィッツの法則 [7] により予測できる (式 1)。

$$MT = a + b \log_2 \left( \frac{A}{W} + 1 \right) \quad (1)$$

式 1 の  $a, b$  は実験によって決定される定数である。  $a$  は一次関数の切片であり、ポインティングを始める前の知覚や運動準備にかかる時間と解釈されることが多い。  $b$  は一次関数の傾きであり、難易度あたりの操作時間の増加量をあらわす。また、対数項は難易度指標  $ID$  と呼ばれ、タスクの難易度を示す。したがって、ターゲットまでの距離が離れるかターゲット幅が小さくなると  $ID$  が大きくなるため、タスクの難易度が上昇して操作時間が長くなることがわかる。

速さと正確さのバランスが取れたポインティングではエラー率が 4% 程度になることが知られている [8]。エラー率が 4% から離れている場合には、Crossman の事後解析が用いられる [9]。フィッツの法則の  $W$  を有効ターゲット幅  $W_e$  に置き換えてモデルの適合度が分析される [10]。  $W_e$  はクリック座標の標準偏差  $SD_{x,y}$  (式 2) から算出される (式 3)。  $W_e$  を用いて算出された  $ID$  は  $ID_e$  と表記される (式 4)。

$$SD_{x,y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sqrt{(x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2})^2}{N - 1}} \quad (2)$$

$$W_e = \sqrt{2\pi e} \times SD_{x,y} \quad (3)$$

$$ID_e = a + b \log_2 \left( \frac{A}{W_e} + 1 \right) \quad (4)$$

### 2.2 バブルカーソル

バブルカーソル [11] は、Grossman らによって提案された、選択領域が拡張されたポインティング手法である。選択領域を最も近くの選択可能なオブジェクトを常に含むように変形させることで、ターゲットをミスなく高速に選択可

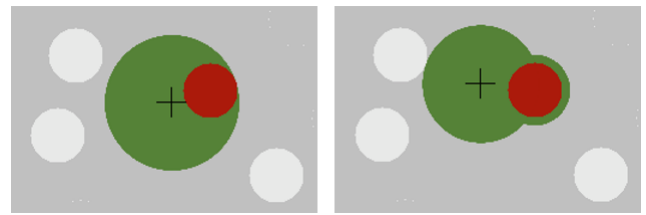


図 1 バブルカーソル。緑色の領域に入っているオブジェクトが選択される。他のオブジェクトとの距離によって、単純な円形の拡張 (左) と最も近くのオブジェクトを泡のように包み込む変形 (右) のどちらかが行われる。

能である (図 1)。バブルカーソルは多くのポインティング研究で、手法間の比較をする際に使用されている [12–15]。いずれの実験でもバブルカーソルのポインティング性能は高く、Grossman ら [11] の実験結果と同様の性能を示している。そこで、本稿ではポインティング手法の比較対象としてバブルカーソルを使用した。

### 2.3 ユーザが主観的に変化させた速さと正確さの影響

MacKenzie らは、速さと正確さのバイアスがスループット (実験に用いた装置や手法でポインティング操作をどの程度速く完了できるかを示す値、 $TP$ ) へ与える影響を調査した [1]。スループットの算出方法は 2 つ知られており、一方はフィッツの法則における  $b$  の逆数 ( $1/b$ ) であり [16] (式 5)、もう一方は式 6 による算出方法である [7]。単位はどちらもビット毎秒 ( $bits/s$ ) である。実験の結果、速さと正確さのバイアスにより、操作時間には有意な差がみられたが、スループットには有意な差がみられず、スループットはバイアスによらず一定であることがわかった。

$$TP = \frac{1}{b} \quad (5)$$

$$TP = \frac{ID}{MT} \quad (6)$$

Guiard らは、1 pixel のターゲットを用いて、5 つのバイアス (最高速度、速さ重視、速度と精度のバランス、精度重視、最高精度) で実験を行った [2]。クリック座標を分析し、操作時間と精度にトレードオフの関係が成り立っていることを示した。結果、バイアスが正確さによるにつれて操作時間は線形に増加し、クリック座標の広がり是非線形に減少した。さらに、この関係を定式化し、操作時間と精度のトレードオフ関係はべき乗則に従うことを示した。

### 2.4 外的要因による速さと正確さのバイアス

実際の GUI 上でユーザは、常に速く正確にポインティングをおこなっているわけではなく、速さと正確さのバランスは状況によって変化すると考えられる。例えば、ブラウザで意図しないハイパーリンクをクリックした場合のように、ペナルティ時間が発生する状況では、ユーザは正

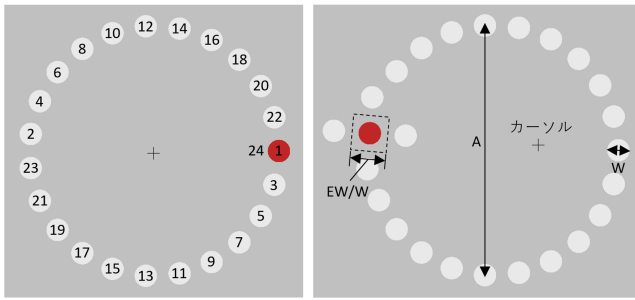


図 2 ターゲットの選択順序 (左) と実験条件 ( $A$ ,  $W$ ,  $EW/W$ ) の詳細 (右).

確さに重きをおいて操作するかもしれない。Yamanaka らは、ポインティングタスクにおいてエラーした場合にペナルティ時間が課される実験により、ペナルティ時間が無い場合はそれ以外の場合とユーザの行動が変化することを示した [4].

また、Yamanaka は、同じ参加者が時間をあけて 2 セッションのポインティングタスクをする実験を行った [3]. 結果、セッション間で操作時間とエラー率が変化していることがわかった。これは、同一人物であっても、速さや正確さに置く重みが常に一定ではないということを示している。

### 3. 実験

#### 3.1 機材

デスクトップ PC (Intel Core i9-12900KF, GeForce RTX 3070 Ti, 32.00 GB RAM, Windows 10 Home) に、ディスプレイ (ASUS, VZ249HR, 23.8 inches, 1920×1080 pixels) とマウス (Logicool G300s, 800 dpi) を接続して使用した。実験システムは Unity で実装され、フルスクリーンで表示された。ディスプレイは 60 Hz で更新された。

#### 3.2 参加者

参加者は情報系の大学生・大学院生 12 名 (男性 10 名, 女性 2 名, 平均年齢 20.6 歳, 標準偏差 1.11 歳) であった。11 名が右利き, 1 名が左利きであった。全員が普段右手でマウスを使用していると回答したため, 実験ではすべての参加者が右手でマウスを操作した。

#### 3.3 タスク

ISO 9241-9 [17] を参考に, 円周上に並んだ円形ターゲットを選択するタスクを設計した (図 2 左)。図 2 内の数字はターゲットの選択順序を示す。参加者は, 最も右に位置するターゲットを選択することでタスクを開始した。選択するターゲットは赤色で表示され, 直前に選択したターゲットから最も遠いターゲットを次に選択するターゲットとした。再び最も右に位置するターゲットを選択するまでを 1 セットとした。直前のターゲットを選択してから次のターゲットを選択するまでを 1 試行としたため, 1 セット内で

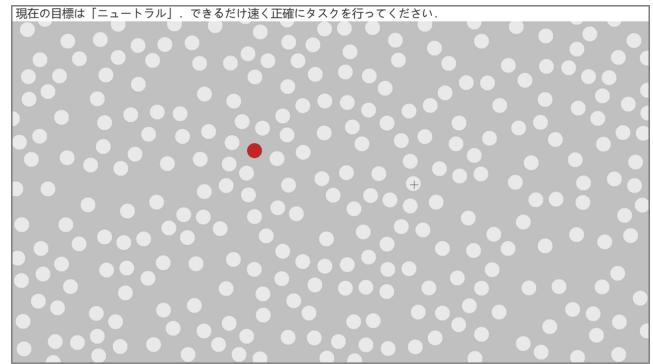


図 3 実験システムの実行画面。赤く提示されている円が現在のターゲット, 白い円は非ターゲットである。

23 試行が行われた。クリック時には, ターゲット選択の成否に対応した音のフィードバックが提示された。次の試行が始まる条件は現在のターゲットの選択に成功することとした。したがって, ターゲットの選択に失敗してエラーとなった場合, 成功するまで現在のターゲットを選択しなおす必要があった。

#### 3.4 デザイン

画面表示に関わる実験条件を図 2 右に示す。ターゲットまでの距離  $A$  は, 図 2 における最も遠いターゲットとの距離とし, 400, 770 pixels (110, 211 mm) の 2 条件とした。ターゲット幅  $W$  は, 円形のターゲットの直径とし, 8, 24, 70 pixels (2.20, 6.60, 19.2 mm) の 3 条件とした。バブルカーソルは最も近くのオブジェクトを選択する手法であるため, オブジェクト間の距離が選択のしやすさに影響を与える。バブルカーソルでターゲットを選択できる幅を有効ターゲット幅  $EW$  とし, ターゲット幅  $W$  との比 ( $EW/W$ ) を 1.33, 2, 3 の 3 条件とした。各条件の設定において,  $A$ ,  $W$  は先行研究 [11] と, 式 1 における  $ID$  が同程度になるように設定した。 $EW/W$  は先行研究 [11] の条件を参考に設定した。

速さと正確さのバイアスを調整するため, 「ニュートラル」, 「速さ重視」, 「正確さ重視」の 3 つのバイアスをタスク実行における目標として設定した。各バイアスは, 参加者に次のように説明された。

- ニュートラル: できるだけ速く正確にタスクを行ってください。
- 速さ重視: エラーは気にせずできるだけ速くタスクを行ってください。ただし, ターゲットを狙わずに適当にクリックする行為はしないでください。
- 正確さ重視: エラーしないことを目標にタスクを行ってください。エラーを回避するためであればターゲットの選択に時間をかけて構いません。ただし, 意味もなく必要以上に時間をかける行為はしないでください。

バイアス	ニュートラル		速さ重視		正確さ重視	
	十字	バブル	十字	バブル	十字	バブル
内容	練習1セット 本番1ブロック	練習1セット 本番1ブロック	練習1セット 本番1ブロック	練習1セット 本番1ブロック	練習1セット 本番1ブロック	練習1セット 本番1ブロック

図 4 バイアスとカーソルの順序の一例. ニュートラルは最初に固定であった. 異なるバイアスでも, バイアス内のカーソル順序は同じであった. したがって, バイアスとカーソルの順序は  $2 \times 2 = 4$  通りであった.

カーソルは, 十字カーソルとバブルカーソルの 2 種類を用いた. 十字カーソルは, 十字の形をしたカーソルであり, クリックすると十字の交点にあるオブジェクトが選択される. バブルカーソルは, カーソルに最も近いオブジェクトを常に選択できるように選択領域が拡張されるカーソルである (2.2 節, 図 1). 十字カーソルを中心とする選択領域 (緑色の円) が表示され, クリックすると選択領域内にあるオブジェクトが選択される.

先行研究 [12] と同様に, 画面全体に一定の密度で非ターゲットとしてターゲットと同じ  $W$  の白い円が配置された (図 3). 非ターゲットの配置によって結果に差が発生することを考慮し, 両カーソルでのタスク実行時に非ターゲットが表示された.

### 3.5 手順

参加者は, バイアスごとに 2 種類のカーソルでタスクを行った. バイアスとカーソルの順序を図 4 に示す. ニュートラルは最初に固定であった. 異なるバイアスでも, バイアス内のカーソル順序は同じであった. したがって, バイアスとカーソルの順序は  $2 \times 2 = 4$  通りであった. 参加者は 4 つの順序を均等に割り振られた. 参加者は, 実験の説明を受けたあと, バイアスとカーソルの組み合わせごとに練習試行, 本番試行の順にタスクを行った. 練習試行は 1 セット ( $A = 500$  pixels,  $W = 45$  pixels,  $EW/W = 1.6$ ), 本番試行は 1 ブロック = 2 ( $A$ )  $\times$  3 ( $W$ )  $\times$  3 ( $EW/W$ )  $\times$  1 セットであった. ブロック内での条件の提示順序はランダムであった. 参加者 1 名あたり 3 (バイアス)  $\times$  2 (カーソル)  $\times$  2 ( $A$ )  $\times$  3 ( $W$ )  $\times$  3 ( $EW/W$ )  $\times$  23 (試行) = 2484 試行のデータが収集された. 1 名あたり約 60 分を要した. 参加者は, 実験終了後にタスクに対する自由記述のアンケートに回答した.

## 4. 結果

29808 回の試行が計測された. 移動距離が  $A/2$  以下, またはクリック座標がターゲットの中心から  $W$  の 2 倍以上の距離である試行を外れ値とし [1, 18], 53 試行がデータから除外された. エラーは 2115 試行 (7.11%) であった. 分

表 1 エラー率の分散分析の結果.

Factors	DF	DFDen	F	p	$\eta_p^2$
A	1	11	10.0	< 0.01	0.477
W	2	22	81.9	< 0.001	0.882
EW/W	2	22	22.4	< 0.001	0.670
カーソル	1	11	37.2	< 0.001	0.772
バイアス	2	22	46.7	< 0.001	0.809
A $\times$ W	2	22	4.62	< 0.05	0.266
A $\times$ EW/W	2	22	4.66	< 0.05	0.298
A $\times$ カーソル	1	11	0.0282	0.870	0.00256
A $\times$ バイアス	2	22	0.914	0.416	0.0767
W $\times$ EW/W	4	44	2.07	0.101	0.159
W $\times$ カーソル	2	22	23.0	< 0.001	0.677
W $\times$ バイアス	4	44	42.9	< 0.001	0.796
EW/W $\times$ カーソル	2	22	28.6	< 0.001	0.722
EW/W $\times$ バイアス	4	44	14.5	< 0.001	0.568
カーソル $\times$ バイアス	2	22	7.07	< 0.01	0.391
A $\times$ W $\times$ EW/W	4	44	0.219	0.926	0.0195
A $\times$ W $\times$ カーソル	2	22	3.50	0.05	0.241
A $\times$ W $\times$ バイアス	4	44	0.839	0.508	0.0709
A $\times$ EW/W $\times$ カーソル	2	22	0.141	0.870	0.0126
A $\times$ EW/W $\times$ バイアス	4	44	1.07	0.382	0.0888
A $\times$ カーソル $\times$ バイアス	2	22	0.289	0.752	0.0256
W $\times$ EW/W $\times$ カーソル	4	44	1.92	0.124	0.149
W $\times$ EW/W $\times$ バイアス	8	88	0.861	0.553	0.0726
W $\times$ カーソル $\times$ バイアス	4	44	3.98	< 0.01	0.266
EW/W $\times$ カーソル $\times$ バイアス	4	44	10.4	< 0.001	0.487
A $\times$ W $\times$ EW/W $\times$ カーソル	4	44	2.17	0.088	0.165
A $\times$ W $\times$ EW/W $\times$ バイアス	8	88	0.506	0.849	0.0440
A $\times$ W $\times$ カーソル $\times$ バイアス	4	44	0.359	0.837	0.0316
A $\times$ EW/W $\times$ カーソル $\times$ バイアス	4	44	0.267	0.898	0.0237
W $\times$ EW/W $\times$ カーソル $\times$ バイアス	8	88	0.886	0.532	0.0745
A $\times$ W $\times$ EW/W $\times$ カーソル $\times$ バイアス	8	88	0.579	0.793	0.0500

析には繰り返しのある分散分析, 多重比較には Bonferroni の手法を用いた. 独立変数は  $A$ ,  $W$ ,  $EW/W$ , カーソル, バイアス, 従属変数はエラー率  $ER$ , 操作時間  $MT$  であった. グラフ中のエラーバーは標準誤差を示し, \*\*\*, \*\*, \* はそれぞれ,  $p < 0.001$ ,  $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$  を示す. 分析には IBM SPSS Statistics 27 を使用した.

### 4.1 エラー率

各条件におけるエラー率  $ER$  を図 5, 分散分析の結果を表 1 に示す. 平均エラー率は, 参加者ごとのエラー率を全参加者で平均した値である.

### 4.2 操作時間

各条件における平均操作時間  $MT$  を図 6 に示す. 平均操作時間は, 参加者ごとのエラー試行を除いた平均操作時間

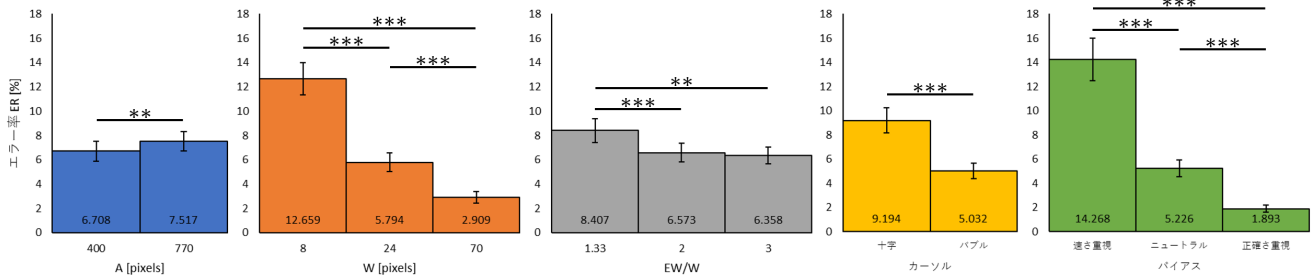


図 5 平均エラー率に対する各条件の影響

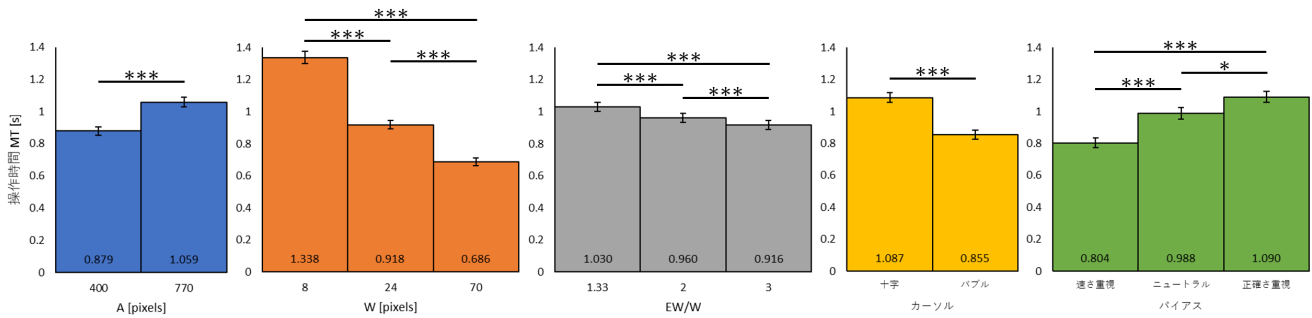


図 6 平均操作時間に対する各条件の影響

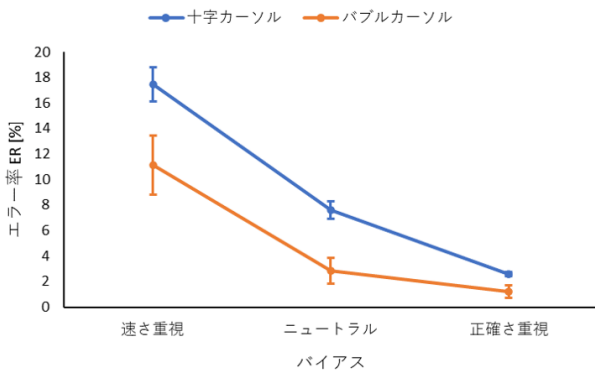


図 7 平均エラー率におけるバイアス × カーソルの交互作用. 各バイアスではカーソル間のエラー率に有意な差がみられた.

を全参加者で平均した値である. 主効果がみられたのは,  $A$  ( $F_{1,11} = 382, p < 0.001$ ),  $W$  ( $F_{2,22} = 642, p < 0.001$ ),  $EW/W$  ( $F_{2,22} = 208, p < 0.001$ ), カーソル ( $F_{1,11} = 240, p < 0.001$ ), バイアス ( $F_{2,22} = 43.9, p < 0.001$ ) であった.

#### 4.3 フィッツの法則への適合

18 点 ( $2A \times 3W \times 3EW/W$ ) を用いた各カーソルにおけるフィッツの法則への適合度を図 8 に示す. バブルカーソルでは, フィッツの法則における  $W$  を  $W \times EW/W$  とし  $ID_e$  の算出した. エラー率が 4% から離れていたため  $ID_e$  を用いた適合度の確認も行った. どの条件においても  $R > 0.90$  であり, フィッツの法則に高く適合した.

## 5. 議論

### 5.1 エラー率

十字カーソルと比べてバブルカーソルのエラー率が有意に低く, 先行研究 [11] と一致する結果であった. 速さ重視のタスクにおいて高いエラー率が観測された. 参加者が指示通りに速さに重きを置いたため, 速さと正確さのトレードオフによりエラー率が増加したと考えられる. 正確さ重視のタスクでは「エラーしないことを目標にタスクを行う」ことを指示したにも関わらずエラー率は約 1.9% であった. 本実験と同様に, 3 つのバイアスを用いて実験を行った先行研究 [1] において, 正確さ重視のタスクのエラー率は 0.28% であった. 先行研究と比較してエラー率が高くなった要因として, タスク難易度の違いが考えられる. 本実験の最小  $W$  は 8 pixels であるが, 先行研究において  $W$  は 25 pixels のみであった. アンケートで「 $W$  が小さいものがとてもやりづらかった」, 「 $W$  が小さく十字カーソルの場合は  $EW/W$  に関係なく難しいと感じた」など,  $W$  が最小の条件でターゲット選択が難しかったという意見があった.

### 5.2 操作時間

ターゲットまでの距離  $A$  が大きくなるほど, ターゲット幅  $W$  が小さくなるほど操作時間が増加している. これは, ターゲットとの距離が離れるかターゲット幅が小さくなると  $ID$  が大きくなるため, タスクの難易度が上昇して操作時間が長くなるというフィッツの法則に従う結果である. カーソルにおいては, 十字カーソルと比べてバブルカーソ



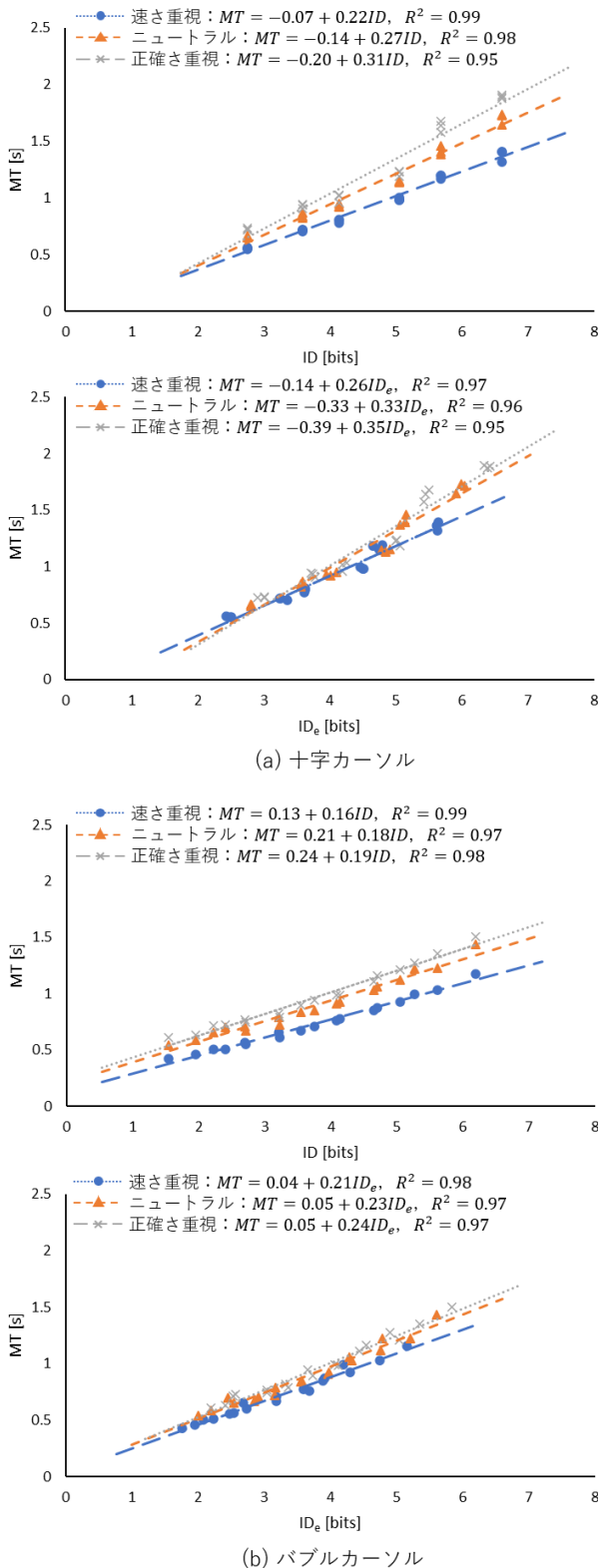


図 8 各カーソルのモデル適合度

ルの操作時間が有意に短く、先行研究 [11] と一致する結果であった。正確さ重視のタスクにおいてニュートラルより有意に長い操作時間が観測された。参加者が指示通りに正確さに重きを置いたため、速さと正確さのトレードオフにより操作時間が増加したと考えられる。

### 5.3 フィッツの法則への適合

すべてのカーソルとバイアスの組み合わせにおいて、 $ID$ 、 $ID_e$  のどちらを用いた場合も適合度が高かった。 $ID$  による適合度が高いことから、速さや正確さへのバイアスがある状態の操作時間も、フィッツの法則により予測できると考えられる。一方で、 $ID$  による適合はエラー率を考慮していないため、ポインティング手法の性能を比較する場合は有効ターゲット幅  $W_e$  により  $W$  を補正した  $ID_e$  での分析が適切であると考えられる。

### 5.4 カーソル間の比較

エラー率においてバイアス × カーソルに交互作用がみられ (図 7)、バイアスが正確さ重視になることでカーソル間のエラー率の差が小さくなった。一方で、各バイアス内で 2 種類のカーソルのエラー率を比較すると、いずれのバイアスでもバブルカーソルの方が十字カーソルと比べて有意にエラー率が低かった。このことから、バブルカーソルはユーザが急いでいたり、慎重になっていたりした場合も有効なポインティング手法であるということが示された。また、バイアスに関わらずカーソル間に有意な差があるという結果は、先行研究 [11] の評価実験において参加者が速さや正確さ寄りであったとして評価結果が変わらないことを示していると考えられる。

## 6. 制約・展望

### 6.1 比較対象とするカーソル

本稿で比較対象のカーソルとして用いたバブルカーソルは、いずれのバイアスにおいても十字カーソルより有意にエラー率が低く、バイアスに依存せず有効なポインティング手法であることが示された。一方で、バイアス × カーソルに交互作用により速さ重視、ニュートラルと比較して正確さ重視でカーソル間のエラー率の差が小さくなったことで、カーソル間のエラー率に有意差がみられなくなる可能性も示唆された。今後、他のポインティング手法でもバイアスによる影響が同様の結果をもたらすのか調査していきたいと考えている。

### 6.2 ターゲット幅 $W$ の影響

本実験ではバブルカーソルを提案した Grossman らの実験 [11] を参考に実験条件を設定した。しかし、バイアスを変化させる実験では、 $A$ 、 $W$  が固定であることが多く、広い  $ID$  により実験されることは少ない。本実験のアンケートでも正確さ重視のタスクで 8 pixels のターゲットの選択が困難であるという意見があったように、バイアスを用いた実験に適するターゲット幅の範囲があると考えられる。そのため、バイアスとターゲット幅の関係についても調査していきたい。

### 6.3 実験環境と実環境の差

本稿では、実験説明による速さ正確さのバイアスを用いて、参加者が速さや正確さ寄りである状況を再現して実験を行った。しかし、参加者が自らの意思で急いで操作したりエラーを回避したりする状況と、実験条件として速さや正確さを意識して操作する状況は正確には同じ状況ではない可能性があると考えられる。そのため、山中の行った実験 [3] のように、目標という形でバイアスを提示しなくても参加者の速さや正確さのバランスを調整できるような実験デザインの考案を行いたい。

## 7. 結論

多くのポインティング手法の評価実験ではできるだけ速く正確にタスクを行うように指示される。しかし、速さと正確さにそれぞれどれだけの重みを置くかは参加者にゆだねられてしまうという問題がある。本稿では、速さと正確さに対するバイアスがポインティング手法の評価結果へ与える影響を調査するために、ニュートラル（できるだけ速く正確に）、速さ重視、正確さ重視の3種類のバイアスを用いて実験を行った。結果、バイアス×カーソルに交互作用がみられ、バイアスが正確さ重視になることでカーソル間のエラー率の差が小さくなることがわかった。このことから、速さと正確さに対するバイアスが評価結果に影響を与える可能性が示唆された。一方で、正確さ重視内で比較しても、バブルカーソルの方が十字カーソルよりもエラー率が低かった。このことから、本実験で比較対象として使用したバブルカーソルは、ユーザが急いでいたり、慎重になっていたりした場合でも有効なポインティング手法であることが示された。

## 参考文献

- [1] MacKenzie, I. S. and Isokoski, P.: Fitts' Throughput and the Speed-Accuracy Tradeoff, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '08, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 1633-1636, DOI: 10.1145/1357054.1357308 (2008).
- [2] Guiard, Y., Olafsdottir, H. B. and Perrault, S. T.: Fitt's Law as an Explicit Time/Error Trade-Off, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 1619-1628, DOI: 10.1145/1978942.1979179 (2011).
- [3] Yamanaka, S.: Test-Retest Reliability on Movement Times and Error Rates in Target Pointing, *Designing Interactive Systems Conference*, DIS '22, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 178-188, DOI: 10.1145/3532106.3533450 (2022).
- [4] Yamanaka, S., Yokota, K. and Komatsu, T.: Time-Penalty Impact on Effective Index of Difficulty and Throughputs in Pointing Tasks, *Human-Computer Interaction - INTERACT 2021* (Ardito, C., Lanzilotti, R., Malizia, A., Petrie, H., Piccinno, A., Desolda, G. and Inkpen, K., eds.), Cham, Springer International Publishing, pp. 100-121 (2021).
- [5] Yamanaka, S.: Effect of Gaps with Penal Distractors Imposing Time Penalty in Touch-Pointing Tasks, *Proceedings of the 20th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '18, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 1-11, DOI: 10.1145/3229434.3229435 (2018).
- [6] Yamanaka, S.: Risk Effects of Surrounding Distractors Imposing Time Penalty in Touch-Pointing Tasks, *Proceedings of the 2018 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces*, ISS '18, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 129-135, DOI: 10.1145/3279778.3279781 (2018).
- [7] Fitts, P. M.: 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, DOI: 10.1037/h0055392 (1954).
- [8] Soukoreff, R. W. and MacKenzie, I. S.: Towards a standard for pointing device evaluation, perspectives on 27 years of Fitts' law research in HCI, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 61, No. 6, pp. 751-789, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2004.09.001> (2004).
- [9] Crossman, E. R. F. W. and Goodeve, P. J.: Feedback Control of Hand-Movement and Fitts' Law, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, Vol. 35, No. 2, pp. 251-278, DOI: 10.1080/14640748308402133 (1983).
- [10] Wobbrock, J. O., Shinohara, K. and Jansen, A.: The Effects of Task Dimensionality, Endpoint Deviation, Throughput Calculation, and Experiment Design on Pointing Measures and Models, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 1639-1648, DOI: 10.1145/1978942.1979181 (2011).
- [11] Grossman, T. and Balakrishnan, R.: The Bubble Cursor: Enhancing Target Acquisition by Dynamic Resizing of the Cursor's Activation Area, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '05, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 281-290, DOI: 10.1145/1054972.1055012 (2005).
- [12] Chapuis, O., Labrune, J.-B. and Pietriga, E.: DynaSpot: Speed-Dependent Area Cursor, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '09, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 1391-1400, DOI: 10.1145/1518701.1518911 (2009).
- [13] Findlater, L., Zhang, J., Froehlich, J. E. and Moffatt, K.: Differences in Crowdsourced vs. Lab-based Mobile and Desktop Input Performance Data, *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '17, New York, NY, USA, ACM, pp. 6813-6824, DOI: 10.1145/3025453.3025820 (2017).
- [14] Komarov, S., Reinecke, K. and Gajos, K. Z.: Crowdsourcing Performance Evaluations of User Interfaces, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 207-216, DOI: 10.1145/2470654.2470684 (2013).
- [15] Su, X., Au, O. K.-C. and Lau, R. W.: The Implicit Fan Cursor: A Velocity Dependent Area Cursor, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, New York, NY, USA, As-

- sociation for Computing Machinery, pp. 753–762, DOI: 10.1145/2556288.2557095 (2014).
- [16] CARD, S. K., ENGLISH, W. K. and BURR, B. J.: Evaluation of Mouse, Rate-Controlled Isometric Joystick, Step Keys, and Text Keys for Text Selection on a CRT, *Ergonomics*, Vol. 21, No. 8, pp. 601–613, DOI: 10.1080/00140137808931762 (1978).
- [17] ISO: ISO 9241-9. International standard: ergonomic requirements for office work with visual display terminals(VDTs)–Part 9:requirements for non-keyboard input devices, International Organization for Standardization. (2000).
- [18] Wobbrock, J. O., Cutrell, E., Harada, S. and MacKenzie, I. S.: An Error Model for Pointing Based on Fitts’ Law, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '08, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 1613–1622, DOI: 10.1145/1357054.1357306 (2008).