

GUI環境でのバブルカーソルの実用的評価

重 森 晴 樹[†] 入 江 健 一[†] 倉 本 到[†]
 渋 谷 雄[†] 辻 野 嘉 宏[†]

GUI環境におけるオブジェクト選択の時間短縮を目的とした手法であるバブルカーソルは、オブジェクトの間隔が広いほど選択時間を短縮できることが知られている。しかし、オブジェクトが密に配置される場合が多い一般のGUI環境におけるバブルカーソルの評価は行われていない。そこで本研究では、オブジェクトがタイル状に配置された実験環境においてバブルカーソルの実用的性能評価を行った。その結果、このような状況ではバブルカーソルでのオブジェクト選択時間は通常のカーソルよりも長くなる場合があることが分かった。

A Practical Evaluation for Bubble Cursor on GUI Environment

HARUKI SHIGEMORI,[†] KEN-ICHI IRIE,[†] ITARU KURAMOTO,[†]
 YU SHIBUYA[†] and YOSHIHIRO TSUJINO[†]

There are many studies for reducing the time of object selection, which is one of the most fundamental tasks in GUI environment. Among them, it is known that the Bubble Cursor proposed by Grossman, et al. can reduce the selection time. However, it is not clear whether the Bubble Cursor is also effective in actual GUI environments. This paper focuses on the practical evaluation of the Bubble Cursor in the actual GUI environments. As an experimental result, it is found that the time for selecting the closely tile-arranged objects using the Bubble Cursor is longer than using the conventional cursor.

1. はじめに

GUI環境において、ポインティング操作は最も基本的な操作であり、そのポインティング性能が作業効率に与える影響は大きい。そのため、Grossmanらはさらなるポインティング性能の向上を目的としてバブルカーソルを提案した¹⁾。このカーソルは、最も近いオブジェクトのみを取り込むように動的に半径が変化する円形のエリアカーソル²⁾である。Grossmanらは、円形のオブジェクトを配置した実験環境においてバブルカーソルの性能を評価し、オブジェクトの間隔が広いほどターゲット選択時間が短く、エラーが少ないことを示した。

しかし、バブルカーソルはオブジェクトの間隔が狭くなるほどターゲット選択時間が長くなり、エラーが多くなる傾向がある。また、一般のGUI環境では、オブジェクトの間隔がまったく存在しない配置が多

されているため、その傾向はより顕著に現れ、バブルカーソルが有効に働かない可能性がある。また、オブジェクトの形状も四角形である場合が多い。

そこで本論文では、オブジェクトどうしが接触している場合も含め、密に配置された四角形のオブジェクト群を用いて、従来のポイントカーソルとバブルカーソルのポインティング性能を比較する。

2. バブルカーソル

バブルカーソルの半径 R は、オブジェクトの形状によらず、次の式により決定される(図1(a), (b))。

$$R = \min(\text{ConD}, \text{IntD}) \quad (1)$$

ConD は最も近いオブジェクトの包含距離(あるオブジェクトがバブルカーソルに内接する円の半径)、 IntD は2番目に近いオブジェクトの接触距離(あるオブジェクトがバブルカーソルに外接する円の半径)である。

バブルカーソルのオブジェクト選択時間は、オブジェクトまでの距離とオブジェクトの実効幅(Effective Width)に依存する。実効幅は、視覚空間ではなく

[†] 京都工芸繊維大学
 Kyoto Institute of Technology

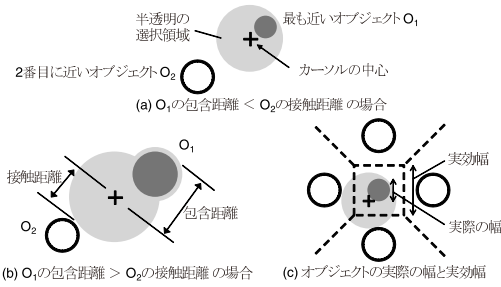


図 1 バブルカーソル
Fig. 1 The Bubble Cursor.

運動空間でのオブジェクトの大きさである (図 1(c)).

3. 実験計画

本実験では、GUI 環境でよく見られる四角形のオブジェクトをタイル状に配置した条件において、ポイントカーソルとバブルカーソルのポインティング性能を比較評価する。

図 2 に示すとおり、実験全体にわたり、黒い背景の上に、28 個の四角形オブジェクト (Microsoft Office Excel 2003 のファイルアイコンを使用) が 7 行 4 列のタイル状に配置される。また、その右方向に 5 つのオブジェクトが十字に配置され、中央のオブジェクトがすべてのタスクの起点となる。

被験者が次に選択するオブジェクトは、赤い枠で囲まれて示される。図 2 のオブジェクト T_1 に向かうカーソルの移動経路の例のように、1 つのタスクは、起点のオブジェクトの選択から始まり、タイル状配置のオブジェクトのうちの 1 つ (以下、ターゲット) の選択で終わる。このターゲットの選択に成功すると、オブジェクトの実効幅、および起点オブジェクトからターゲットまでの距離が次のタスクのものに更新される。以後同様に、被験者は起点オブジェクトとターゲットの選択を繰り返す。なお、起点オブジェクトあるいはターゲットの選択に成功するとチャイム音が鳴り、失敗するとブザー音が鳴る。一度でもターゲットの選択に失敗した場合、そのタスクをエラーとして扱う。

3.1 設計

この実験を被験者の対応がある 3 元配置反復測定分散分析法で分析するものとして設計する。独立変数は次の 3 つである。

- カーソルの種類 CT (Cursor Type): ポイントカーソル, バブルカーソルの 2 種類
- 図 2 のタスクの起点オブジェクトから、タイル状オブジェクト群の中で最も近いオブジェクト T_{base} までの距離 A_{base} : 256, 512, 768 pixel の 3 種類

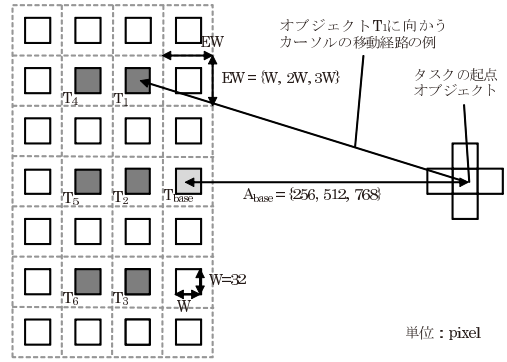


図 2 実験のオブジェクト配置
Fig. 2 Object placement for experiment.

- オブジェクトの実効幅 EW : $W, 2W, 3W$ pixel の 3 種類。ただし、 W はオブジェクトの幅と高さであり、実験では、Windows XP の典型的なファイルアイコンの大きさである 32 pixel とした。
- ターゲットの位置は図 2 で示される 6 つのオブジェクト $T_1 \sim T_6$ のいずれかの位置であり、1 セットは無作為な順序で実施される 54 回 ($3(A_{base}) \times 3(EW) \times 6(T_i)$) のタスクからなる。

従属変数は、ターゲット選択時間 ST (Selection Time; タスクの起点オブジェクトを選択した時刻と、ターゲットを選択した時刻の差)、およびエラー率 E である。

本実験は途中で休憩することができないため疲れた被験者が手を止めてしまい、正しいターゲット選択時間を得られない可能性がある。そこで、まずエラーのタスクを取り除いたうえで、成功したタスクのターゲット選択時間の平均にその標準偏差の 3 倍を加えた時間より早く終了したタスクを有効タスクとし、残りを無効タスクとしてターゲット選択時間の評価から取り除いた。また、測定される各条件について、有効タスク数を T 、エラー数を N とし、エラー率 E を次式で定義した。

$$E = \frac{N}{T + N} \times 100 (\%) \tag{2}$$

3.2 手順

実験開始時に、被験者はできるだけ素早く正確にターゲットの選択を行うように指示される。そして、被験者は指示された種類のカーソルに慣れるための練習として、まばらに配置されたオブジェクト群の中から 1 つのターゲットを選択する操作を繰り返し行う。この練習は被験者自身がそのカーソルの操作に慣れたと自覚できるまで繰り返される。その後、2 セット分のタスクを、セット間に数分の休憩を挟んで行う。同

様に、もう一方のカーソルの練習をした後、2セット分のタスクを行う。全タスク終了後にアンケートに回答する。

3.3 使用機器等

Pentium 4 (3.4 GHz) CPU を有し Windows XP が動作するデスクトップ型 PC、解像度 1,280 × 1,024 pixel の 17 インチ液晶ディスプレイ、スピーカ、およびマウスを使用する。マウスの Control-Display 比は 1/2 で固定する。

3.4 カーソル

バブルカーソルは、カーソルエリアを不透明度 40% (0%で完全に透明)、明度 50%の白い円で描画し、中央の十字マークを線の幅が 1 pixel で長さが 26 pixel の交差する 2 本の白い直線で描画する。なお、比較のためポイントカーソルも同じ十字マークを使用する。

3.5 被験者

被験者は、色覚異常がなく、マウスの操作に習熟した 20 代の大学生および大学院生の男性 8 人である。全員が利き手である右手でマウスを操作する。なお、順序効果を排除するため、被験者らはカーソルの使用順序が異なる 2 つのグループに 4 人ずつ割り当てる。

3.6 アンケート

アンケートは以下の 2 問からなる。

- 問 1 カーソルに慣れるまで練習をしてもらいましたが、バブルカーソルの操作の習得は容易でしたか。
問 2 カーソルに慣れるまで練習をした後、両カーソルでのポインティングは容易でしたか。

両問とも、1 を容易、7 を困難とする 7 段階評価で回答させ、その理由も記述させる。

4. 実験結果

4.1 エラー率とターゲット選択時間の分析

実験全体で 1,728 回のタスクが実行され、有効タスクは 1,616 回、無効タスクは 19 回、エラーは 93 回であり、有効タスクのターゲット選択時間の平均は 0.945 秒 (標準偏差 0.171) であった。

まず、エラー率 E の分散分析では、 A_{base} の主効果が有意 ($F_{2,126} = 3.894, p < .05$) であり、カーソルの移動距離が長いほどエラー率は高くなった。また、 CT の主効果と $CT \times EW$ の交互作用が有意 (それぞれ $F_{1,126} = 5.868, p < .05; F_{2,126} = 4.737, p < .05$) であり、単純主効果検定の結果、バブルカーソルのエラー率は、 $EW = 2W (= 64)$ および $EW = 3W (= 96)$ のときポイントカーソルよりも有意 (それぞれ $p < .05; p < .01$) に低く、 $EW = W (= 32)$ のとき平均値はポイントカーソルよりも高い有意差

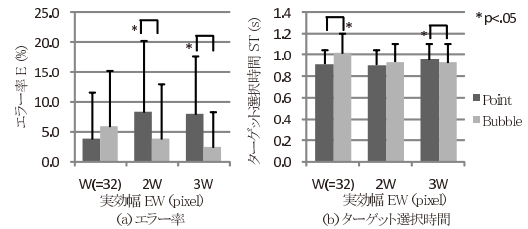


図 3 EW ごとのエラー率とターゲット選択時間

Fig. 3 Error rate and target selection time for each EW.

表 1 アンケート結果

Table 1 Results of questionnaire.

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H
問 1	2	2	1	1	2	1	2	1
問 2	Point	2	4	2	4	5	5	2
	Bubble	4	4	1	5	2	4	3

1: 容易 ~ 7: 困難

($p = .276, ns$) はなかった (図 3(a)). その他の有意な主効果と交互作用はなかった。なお、すべての無効タスクがバブルカーソル使用時であり、そのうち 14 個が $EW = W (= 32)$ の条件のタスクだった。そこで、無効タスクを正常なポインティング操作に失敗したタスクと考え、広義のエラーとしてターゲット選択失敗のエラーに加えると、 $EW = W (= 32)$ のときバブルカーソルの広義のエラー率はポイントカーソルよりも有意 ($p < .01$) に高くなった。

次に、ターゲット選択時間の分散分析では、 A_{base} の主効果が有意 ($F_{2,738} = 173.952, p < .001$) であり、カーソルの移動距離が長いほどターゲット選択時間は長くなった。また、 CT および EW の主効果と $CT \times EW$ の交互作用が有意 (それぞれ $F_{1,738} = 11.507, p < .01; F_{2,738} = 7.350, p < .01; F_{2,738} = 17.778, p < .001$) であり、単純主効果検定の結果、バブルカーソルのターゲット選択時間は、 $EW = W (= 32)$ のときポイントカーソルよりも有意 ($p < .001$) に長く、 $EW = 3W (= 96)$ のときポイントカーソルよりも有意 ($p < .05$) に短かった (図 3(b)). その他の有意な主効果と交互作用はなかった。

これらの結果と、実際の GUI 環境ではオブジェクトが隣接する ($EW = W$) 場合が多いことから、バブルカーソルによるターゲット選択の速さと精度はポイントカーソルよりも劣る場合が頻出すると推測される。

4.2 アンケート結果の分析

結果を表 1 に示す。まず、問 1 の結果から、バブルカーソルの操作の習得が被験者全員にとって容易であったことが分かる。一方、問 2 では評価が分かれた。回答には「オブジェクト密度が低いとき、オブジェク

トを正確に狙わなくてもよいいため選択が非常に容易だった」、「オブジェクト密集時に非常に操作しにくい」という理由が多く見られ、どの密度のときの性能を重視したかによって評価が分かれたといえる。これらの回答は、実環境での作業効率低下の推測をさらに支えるものとなっている。

5. おわりに

本研究では、バブルカーソルの実用的な性能を明らかにするために、ポイントカーソルとバブルカーソルのポインティング性能を比較評価した。その結果、密に配置された四角形のオブジェクトを用いた場合には、バブルカーソルのターゲット選択時間はポイントカーソルよりも有意に長かった。実環境では密な配置が頻出するため、これは作業効率を低下させる原因となりうる。したがって、今後一般の GUI 環境にバブルカーソルを適用するためには、より詳細な分析に基づいた改良が必要である。

参考文献

- 1) Grossman, T. and Balakrishnan, R.: The Bubble Cursor: Enhancing target acquisition by dynamic resizing of the cursor's activation area, *Proc. CHI 2005 Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp.281-290 (2005).
- 2) Kabbash, P. and Buxton, W.: The "Prince" Technique: Fitts' Law and Selection Using Area Cursors, *Proc. CHI 1995 Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp.273-279 (1995).

(平成 19 年 6 月 28 日受付)

(平成 19 年 9 月 3 日採録)



重森 晴樹 (正会員)

高校卒業以後、京都市交通局在職中。社会人学生として 2004 年京都工芸繊維大学電子情報工学科卒業。2006 年同大学大学院工芸科学研究科電子情報工学専攻博士前期課程修了。同大学院設計工学専攻博士後期課程在学中。コンピュータを用いた受講支援、ポインティングタスク支援の研究に興味を持つ。



入江 健一

2006 年京都工芸繊維大学電子情報工学科卒業。同大学大学院工芸科学研究科在学中。ポインティングタスク支援の研究に興味を持つ。



倉本 到 (正会員)

2001 年大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系博士後期課程修了。博士 (工学)。同年より京都工芸繊維大学工芸学部電子情報工学科助手、2007 年同大学大学院工芸科学研究科助教。計算機上での協調作業、エンタテインメントコンピューティングの研究に従事。ヒューマンインタフェース学会会員。



渋谷 雄 (正会員)

1990 年大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻博士後期課程修了。工学博士。同年より京都工芸繊維大学工芸学部電子情報工学科助手、同講師、同助教を経て、2007 年同大学情報科学センター教授。1997~1998 年ドイツ、カッセル大学客員研究員。ヒューマンインタフェース、人間情報技術の研究に従事。電子情報通信学会、ヒューマンインタフェース学会、システム制御情報学会、日本人間工学会、ACM 各会員。



辻野 嘉宏 (正会員)

1979 年大阪大学基礎工学部情報工学科卒業。1984 年同大学大学院博士課程修了。工学博士。同年大阪大学基礎工学部助手。同大学講師、助教授を経て、1999 年より京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科教授。計算機言語、並行処理記述、HCI、ソフトウェア工学に関する研究に従事。IEEE-CS、ACM、電子情報通信学会、日本ソフトウェア科学会、ヒューマンインタフェース学会各会員。