

実験環境との比較によるマウスの日常操作履歴の解析

大坪 正明 西田 知博 辻野 嘉宏 都倉 信樹

ohtsubo@ics.es.osaka-u.ac.jp

大阪大学大学院基礎工学研究科

GUIを設計・評価する際、ユーザの行動を分析することは非常に重要である。通常これらの分析は、実験で得られたデータをもとにおこなわれることが多いが、被験者は実験の場では緊張することもあり、日常時の行動とは異なる可能性がある。そこで、本研究では、目標選択操作に影響を与える要因を調べるために、日常良く行われるウインドウ選択操作に注目し、日常の操作履歴を収集・分析した。さらに対照実験を行い、実験で得られた結果と日常操作の分析結果を比較したところ、目標の認識方法に違いがあることを示唆する特徴を見つけた。

Analysis of Ordinary Mouse Operations Based on Comparative Experiment

Masaaki Ohtsubo Tomohiro Nishida Yoshihiro Tsujino Nobuki Tokura

Graduate School of Engineering Science,Osaka University

It is important to analyze the user behaviors on developing or evaluating GUI environment. We usually use experimental data to analyze them. But subjects under observed condition may feel some strain, then there is a possibility that the data from an experimental environment are distorted from the data in ordinary environment. In this study, we collect and analyze ordinary operation data regarded as usual window selecting operations to investigate factors affecting target selecting operation. Furthermore we compare the experimental data with the ordinary data about target selecting operation. We find their features to indicate the difference of recognizing target between experimental ones and ordinary ones.

1 はじめに

よりよい GUI の設計・評価のためにはそれを利用する人間の行動を分析することが不可欠であり、その基本的な操作の 1 つである、ウインドウなどの目標を選択する操作に関してもさまざまな研究が行われてきている [1][2]. 通常、これらの研究は、設定された環境で、被験者が実験者側の指示のもとに行って得られた実験結果を分析することによっておこなわれている。

しかし、実験時の被験者は、実験に臨んでいることを意識するため、日常とは異なった行動をとる可能性がある。そこで、我々の研究室では、日常時の操作に関する分析を行なうために、X Window System において、ウインドウマネージャを用いて、日常操作履歴をイベントという形で取得するシステムを作成 [3] し、位置や時間について、日常時の目標選択操作と実験時の操作を比較した [4]. その結果、日常時の操作と実験時の操作には異なる特徴が見られた。

だが、[4] で比較された両操作には、時間の制約の有無など、実験と日常という環境面以外にも操作に影響を及ぼすと考えられる要因がいくつか見受けられたため、本研究ではそれらの要因を取り除いた上で、再度、日常時の操作と実験時の操作を比較する。

2 過去の研究

この節では、選択位置に関する研究 [4] の結果を簡潔にまとめる。

2.1 過去の研究結果

[4] では、選択位置 (ウインドウのような大きな目標を選択する時、どのあたりをクリックするのか) を調べるにあたり、選択操作開始時のマウスポインタの移動開始位置が、目標の中心に対してどの角度にあるかということによって、目標選択操作を 20 種類 (各 18 度) に分割している。例えば、図 1 のような操作は選択角度 0 と分類される。その選択角度分類ごとの平均選択位置をウインドウの大きさに対する割合 (パーセント) に正規化し、プロットしたものが図 2 であり、これより実験環境と日常環境では、選択位置が大きく異なることがわかる。

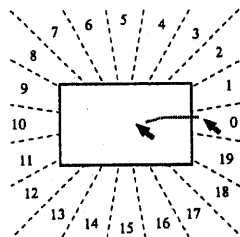
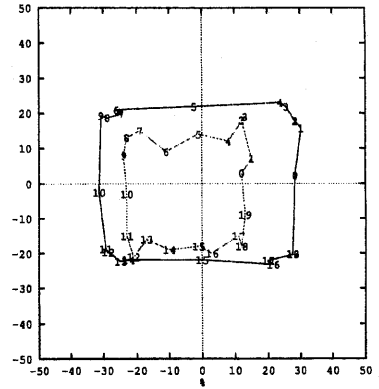


図 1: 選択角度による分類



(実験:実線, 外側 日常:点線, 内側)

図 2: 平均選択位置

2.2 実験環境と日常の相違点

実験の場において被験者が緊張することや、実験で行う操作は反復的かつ非日常的な操作であることを考えると、日常時の選択位置との間に違いが見られても不思議ではない。しかし、[4] の研究では、実験と日常という環境面以外に、操作に影響を及ぼしたと考えられる要因がいくつか見受けられる。

1. 目標物 (ウインドウ) の大きさ・形
実験で用いたウインドウは実験者が決めたもので日常とは異なる可能性がある。
2. 操作手順の違い
実験ではマウス操作のみを繰り返すのに対し、日常ではマウス操作に加えてキー入力を行っており、操作に違いが見られる。
3. 時間の制約
実験時は“なるべく早く操作して下さい”という指示を行っており、これが被験者にとって心理的影響を与える可能性がある。
4. 少人数の操作履歴
個人の癖が分析結果に影響することが考えられる。

以下 3 節で、要因 1,4 の影響を除外するために、[5] で得られた大人数の操作履歴を用いて、日常においてユーザはどのようなサイズ・形のウインドウを用いているのかを解析する。さらに 4 節では、要因 2,3 の影響を除外するために、時間の制約を設けず、マウス操作に加えてキー入力を必要とする目標選択操作の実験方法について述べる。

3 日常操作履歴の解析

3.1 履歴の概要

今回の解析では、本情報工学科演習室において、1996年1月18日から2月2日までのうち、開室していた11日間の利用者の操作履歴(表1)を利用した[5]。これらの履歴が収集された計算機演習室は、90台のワークステーション(Sony NWS-3470)によって構成されていた。OSはUNIX(NEWS-OS 4.2R)であり、ウインドウシステムはX Window Systemである。画面解像度は、幅1024×高さ768ピクセルで、基本的にはモノクロであるが、5台のみがカラーディスプレイを備えていた。

表1: 収集した操作履歴

ユーザ数	179人
ログイン回数	1689回
使用時間	3918時間
履歴量	1,053,993(KByte)

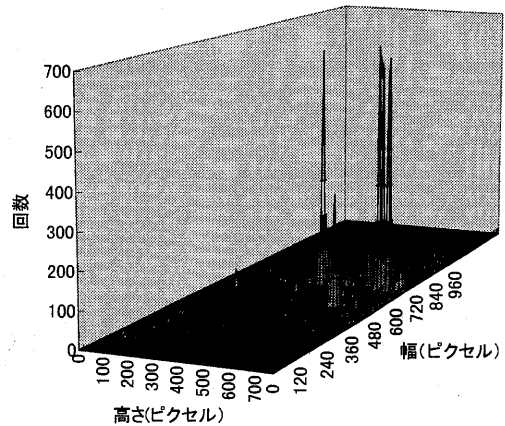


図3: 被選択回数のサイズによる分布

3.2 サイズによる分類

収集した履歴の中から8835個のウインドウ選択操作(マウスポインタをウインドウ内に入れて、キー入力を行う操作)に関するデータが得られた。このデータから、どのようなサイズのウインドウがよく選択されるのかを調べるために、高さ、幅それぞれ80ピクセル毎に分類して、各サイズのウインドウの被選択回数を集計した。ここでは紙面の都合上、集計結果ではなく直観的にわかりやすい三次元的に示したものを図3に示す。

図3を見ると2ヶ所に高い山があることがわかる。一番高い山を形成しているのは、高さ、幅ともに700ピクセル前後のサイズであり、NEWS-OS上のX Window Systemの標準ターミナルであるxtermのウインドウであるとするならば、デフォルトの14ポイントフォントで90字×45行のサイズである。二番目に高い山を形成しているのは、高さ450ピクセル前後、幅700ピクセル前後であり、同様にxtermのウインドウであるとするならば、90字×30行のサイズである。

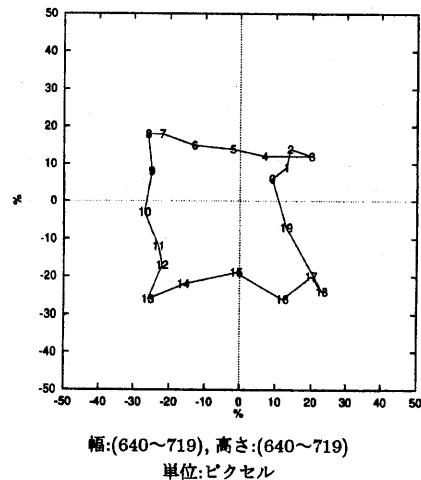


図4: 平均選択位置

3.3 選択位置

被選択回数が最も多いウインドウサイズについて、選択角度ごとの平均選択位置をプロットしたものを図4に示す。

図4から、日常環境における平均選択位置について、以下のことがわかる。

- 上下方向からの操作による選択位置は、左右方向からのものと比べると、ウインドウのより中心付近を選択している
- 目標を右から選択する操作の方が、目標を左から選択する操作に比べてより中心付近を選択している

4 実験

本節では、前節で得られた、よく使われているサイズのウインドウを目標として設定した目標選択操作の実験について述べる。

4.1 準備

操作手順の違い(要因2)から、マウスを使う手の動かし方が変わり、そのことが、選択位置に影響を与えるのではないかと考え、本実験では以下のようマウス操作に条件を設けた。

条件 A:手首を固定して、そこを支点に動かす。
 条件 B:肘を固定して、そこを支点に動かす。
 条件 C:腕全体を動かす。

マウス操作条件 A,B,C から得られる平均選択位置を比べることによって、マウスを使う手の動かし方が目標選択操作に、どのようにまたどれくらい影響するかがわかる。これから、日常での選択位置と過去の研究で行われた実験での選択位置についてもより詳しく分析できると考えた。

4.2 実験環境

データを収集した計算機演習室となるべく等しい環境で行なってもらうために、以下のような環境を設定する。

4.2.1 計算機システム

本実験では、計算機システム Sony NWS-3470, 幅 1024 × 高さ 768 ピクセルの白黒ディスプレイを用いる。また、ポインティング装置も演習室と同じものを使用する。

4.2.2 実験条件

前節で述べたように、ユーザが日常使用しているウインドウサイズの被選択回数を調べた。その中で被選択回数が 1 番多いものは幅 640~719, 高さ 640~719 ピクセル, 2 番目に多いものは幅 640~719, 高さ 400~479 ピクセルであった。これらの範囲の代表として以下に示した幅, 高さとも中央値のサイズのウインドウ Small, Large を本実験で使用する。

- Small:(幅, 高さ)=(680,440)
- Large:(幅, 高さ)=(680,680)

また本実験では、“素早く操作する必要はない”ことを被験者に述べ、時間的なプレッシャを与えないようにした。

4.2.3 被験者

日常の操作履歴を収集した当時の計算機演習室の主なユーザは、本学科 2,3 年生でマウス操作に十分慣れていた。また今回の実験の被験者は、本学科都倉研究室の学生 9 名で、全員マウスの操作に慣れている。

4.2.4 実験内容

1 試行の選択操作の手順を次に示す。

1. システムが画面にウインドウを表示し、マウスポインタを初期位置に設定する (図 5(a)).
2. 被験者がマウスポインタをウインドウ内に入れる (図 5(b)).

3. 被験者が“ls”等の日常使うコマンドを入力する (図 5(c)).
4. システムがビーブ音を鳴らし、試行終了を告げる (図 5(d)).

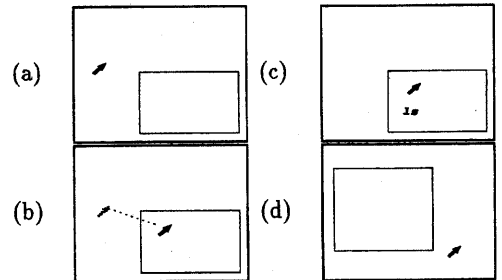


図 5: 目標選択操作

1 回分の操作で、ウインドウ Small, Large それぞれについて、各選択角度からの目標選択操作のデータを 5 回づつ収集するために、(2 種類のウインドウ) × (20 種類の選択角度) × 5 = 200 試行を 1 回分の操作とした。3 通りのマウス操作を各被験者に行ってもらうので、全部で 600 試行である。

実験結果に順序の影響が出ないように、被験者グループを X, Y, Z の 3 つに分け、表 2 のような順序で実験を行なってもらうことにした。

表 2: 実験順序

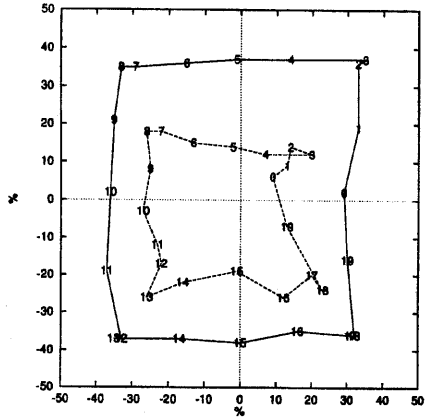
被験者グループ	1 回目	2 回目	3 回目
X	条件 A	条件 B	条件 C
Y	条件 C	条件 A	条件 B
Z	条件 B	条件 C	条件 A

4.2.5 実験用システム

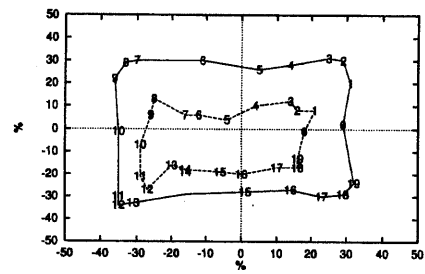
このシステムでは、奇数回目の試行時にウインドウ Small を、偶数回目の試行時にウインドウ Large を表示し、ウインドウの位置に合わせて、選択角度 0~19 が同一回数現れるように、ポインタを初期位置にセットするようになっている。また、ウインドウの位置や選択角度に関しては、ランダムな順序で表示されるようになっている。

5 実験結果

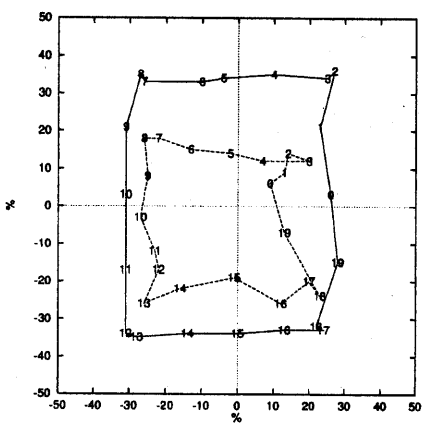
実験結果から得られた各選択角度ごとの平均選択位置をプロットしたものと、同一サイズのウインドウの日常での平均選択位置 (2 節で述べた日常操作履歴から取得) とを重ね合わせたものを、(3 種類のマウス操作) × (2 種類のウインドウ) = 6 通りそれぞれについて図 6 に示す。



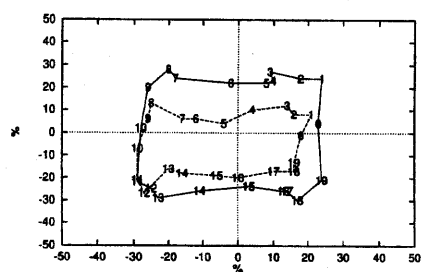
(Large, マウス操作条件 A)



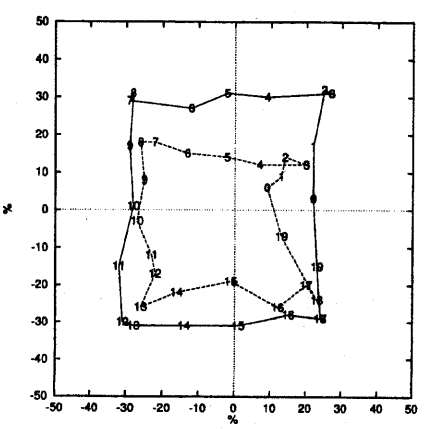
(Small, マウス操作条件 A)



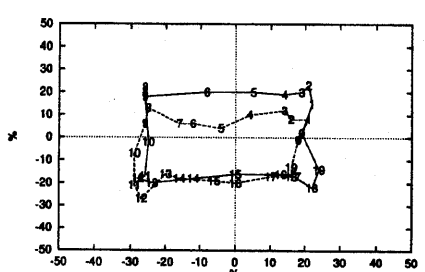
(Large, マウス操作条件 B)



(Small, マウス操作条件 B)



(Large, マウス操作条件 C)



(Small, マウス操作条件 C)

(実験結果:実線 日常の履歴:点線)

図 6: 平均選択位置

5.1 実験と日常の選択位置による比較

図6より、実験環境での操作の方が、ウインドウの縁により近い部分を選択していることがわかる。また、これと同様の結果が過去の研究 [4] においても得られている。

この違いを分析するために、選択角度3~7の目標選択操作の平均選択位置を上からの平均選択位置とし、選択角度13~17の目標選択操作の平均選択位置を下からの平均選択位置と定めて、平均選択位置からウインドウの縁までの距離に関して調べたものが表3である。これを見ると、日常環境では、ウインドウサイズが大きくなると、この距離も長くなっているのに対して、実験環境では、ウインドウサイズが異なっても、距離がほぼ等しいことがわかる。

この結果、日常では、ユーザは目標の選択を確実にに行おうとするので、ウインドウの大きさを意識し、ウインドウが小さければ少ない移動距離に抑え、ウインドウが大きくなればそれにつれて移動距離も長くなるという結果が得られたと考えられる。これに対して、実験時の被験者は反復して操作を行うため、1回の目標選択操作をより少ない労力で実行したいと考えていると思われる。そのため、選択操作開始時のマウスポインタ位置から最も近いウインドウの縁を意識して、できるだけ短い距離で操作を停止しようと考え、ウインドウの縁から選択位置までの距離がウインドウサイズに影響されずに、一定になるのではないかと考えられる。

表3: 上(下)からの平均選択位置と上(下)縁の距離

マウス操作	ウインドウ [単位:ピクセル]	
	Small	Large
条件 A	94.8(88.1)	95.2(88.3)
条件 B	117.8(102.6)	113.0(105.5)
条件 C	136.6(141.0)	141.0(132.5)
日常	190.2(140.2)	245.2(181.8)

5.2 条件 A,B,C の選択位置による比較

図6より、3通りのマウス操作の中では、条件C(腕全体を使う操作)の選択位置が最も日常のものに近いことがわかる。また、過去の研究 [4] より、実験環境における選択位置は左右からの操作、上下からの操作についてはほぼ対称であるという結果が得られており、これに一番近いのは、条件A(手首のみでの操作)の選択位置である。このことから、日常での目標選択操作は腕全体で行っている可能性が高いこと、さらにマウス操作のみを反復する目標選択操作は、手首のみで行う傾向になっていた可能性が高いことが考えられる。

また平均選択位置からウインドウの縁までの距離については、条件 A(手首のみでの操作)<条件 B(肘から先での操作)<条件 C(腕全体を使う操作)という関係が見られる。この結果から、手首だけで操作するよりも腕全体で操作する方が、マウスを大きく動かす傾向があると考えられる。

6 まとめ

本研究では、GUIの基本操作である目標選択操作の中でも特に日常よく行われる大きな目標(ウインドウ)への選択操作に影響を与える要因を調べるために、選択位置を解析してきた。これらの解析結果から、日常時のユーザは、目標選択操作を確実にを行うためにウインドウ全体を意識した操作を行っていること、またそれに対して、実験時の被験者は、ウインドウ全体ではなく、選択操作開始時のマウスポインタの位置から最も近いウインドウの縁を意識した操作を行っていることが分かった。これは、実験作業を完了することが目的である被験者が、1回の目標選択操作を、より少ない労力で処理したいと考えているためだと思われる。被験者が最も少ない労力で済ますためには、ウインドウの縁までマウスポインタを移動させればよいので、ウインドウの縁から選択位置までの距離というのは、被験者が、動かしているマウスを静止させようとするのにかかる制動距離とみなすことができる。

また、過去の研究 [4] での目標選択操作の実験結果は、手首のみで行う操作に似ていた。このことから、キー入力を行わないマウス操作のみでの目標選択操作を反復して行っていると、手首しか使わないようになってしまうことがわかった。

今後は、各個人で目標選択操作にどのような違いがあるのかを調べてみたいと考えている。

参考文献

- [1] MacKenzie,I.S.,Buxton,W.: "Extending Fitts'law to two-dimensional Tasks",Proceedings of the CHI'92 Conference on Human Factors in Computing Systems,pp219-226(May 1992).
- [2] Kabbash,P.,MacKenzie,I.S.,and Buxton,W.: "Human Performance Using Computer Input Devices in the Preferred and Non-Preferred Hands",INTERCHI'93 Conference Proceedings,pp474-481(1993).
- [3] 西田知博ほか:"GUIにおける実操作履歴の取得とその意図分析",情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告 60-4,pp.25-32(1995-05).
- [4] 森孝弘ほか:"実験環境と実使用環境における目標選択動作の比較",情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告 61-3,pp.17-24(1995-07).
- [5] 西田知博ほか:"計算機演習室における GUI 操作履歴の収集と解析",情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告 66-2,pp.7-14(1996-05).