

計算機演習室における GUI 操作履歴の収集と解析

西田 知博[†] 森 孝弘[†] 佐藤 貴之[‡]
齊藤 明紀[†] 辻野 嘉宏[†] 都倉 信樹[†]

[†]大阪大学 基礎工学部

[‡]メルコ・パワー・システムズ (株)

通常、GUI 評価のためのユーザ行動の解析は、統制実験から得られたデータを用いて行われる。しかし、このような条件の下でのユーザの行動は日常時のものとは異なる可能性がある。そこで、実際の計算機を利用しているユーザの日常行動を記録し、解析を行うことは非常に重要なことであるが、過去の研究においての履歴収集は数名規模の環境を対象としたものであった。本研究では学生計算機演習室というネットワークで接続された 90 台の計算機が同時に稼働する環境において履歴の収集を行い、その解析を行った。多数の計算機から同時に履歴を収集することによる負荷の問題が心配されたが、その量は許容範囲であった。また、このデータを用いて目標選択操作に関する統制実験との解析結果の比較を行った。

Recording and Analysis of User Operations at Students' Computer Room

Tomohiro Nishida[†] Takahiro Mori[†] Takayuki Satoh[‡]
Akinori Saitoh[†] Yoshihiro Tsujino[†] Nobuki Tokura[†]
t-nisida@ics.es.osaka-u.ac.jp

[†]Faculty of Engineering Science, Osaka University

[‡]MELCO POWER SYSTEMS CO., LTD

Generally, analyses of user behavior are based on experimental data. However, data obtained from an artificial experimental environment might be distorted from the data in real environment. Therefore, it is important to record ordinary user operations and utilize them for the analysis of user behavior. There are some studies by recording a few users' operation, but no attempt on large number of users. In this study, we show an attempt to record ordinary operation data on X at students' computer room with 90 computers. There was the danger that the logging traffic disturbed the traffic, but we find no problem. Furthermore, we compare this record with the data obtained from experimental environment on target selecting operation and examine the difference between them.

1 はじめに

近年の計算機システムでは、ウィンドウシステムに代表されるグラフィカルユーザインターフェース (GUI) が広く普及し、それを利用することが一般的となってきた。よりよい GUI の設計・構築のためには、ユーザの行動を解析する事が必要不可欠となるが、通常、これらに用いるデータは統制された条件のもと、実験室において取得されたものである。しかし、このような環境で被験者は実験であることを意識するため、日常時とは異なった行動をする可能性が高い。そこで、実際の計算機を利用しているユーザの日常行動を記録し、解析を行うことは非常に重要なことであり、今までにいくつかの研究がなされてきた [1][3]。我々も文献 [5][4] において、UNIX の標準 GUI である、X ウィンドウシステム上でウィンドウマネージャを用いて日常のユーザ行動履歴を取得し、その解析を行っている。

これらの研究において、実際に履歴収集を行った対象は数人規模のものがほとんどである。しかし、小人数の履歴を用いたユーザ行動解析の結果は特定の人物の癖などに強く影響されたものになる可能性もあるので、より正確な解析を行うためには、より多くのユーザの行動記録を収集する必要がある。

そこで、本研究では学生計算機演習室というネットワークで接続された 90 台の計算機が同時に稼働する環境において、実際に履歴の収集を行った結果について報告する。また、ここで得られたデータを用いて、文献 [4] でなされたウィンドウに対する目標選択操作の解析を検証する。

2 履歴収集方法の検討

履歴の収集は本学情報工学科の学生計算機演習室において行った。

この演習室は 90 台のワークステーション

(Sony NWS-3470) と 1 台のファイルサーバ (Sony NWS-5900) によって構成されている。OS は UNIX(NEWS-OS 4.2R) で、GUI はすべて X ウィンドウシステムである。画面解像度は横 1024×縦 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る。

今回の履歴収集において問題となるのは 90 台もの計算機から同時に記録を収集しなければならないことである。

まず、収集した履歴をどのようにして記録するかであるが、X ウィンドウシステム上では、

1. 各計算機のローカルディスクに記録
2. ネットワークファイルシステム (NFS) を用い、定めた計算機のディスク上に記録
3. 履歴収集サーバを用意し、サーバ・クライアント通信によって記録

などの方法が考えられる。

方法 1 では各計算機のディスク容量に注意する必要がある。また、それぞれに散らばって保存された履歴の収集をどのように行うかを考えなければならない。しかし、この方法では履歴記録時にネットワークを用いないので、他の計算機に影響を与えることはない。

方法 2 は特別な仕組みを用意することなく、簡単に、扱い易い形で履歴記録を行うことができる。このため、文献 [5] においてはこの方法を採用した。しかし、この方法では操作履歴がネットワークを経由して送られることになるので、今回のような多人数の履歴収集においては、本来の利用に支障が生じるほどのトラフィックを生じさせる危険性がある。

方法 3 は操作履歴を単に記録するだけでなく、文献 [1] で紹介されているように、打鍵スピードなどの情報をユーザにフィードバックすることが可能になるなど、いろいろな応用が考

えられる。しかし、方法2と同様のネットワークトラフィックの問題を抱えている。

今回は履歴収集により演習室を利用する学生の作業に影響を絶対に与えることのないようにするため、方法1を選択した。各計算機に記録された履歴は利用者の少ない時間帯にファイルサーバ側に移動し、整理を行う。これらはUNIXの機能を用いて、サーバ側から集中的かつ、自動的に行った。

履歴の収集は文献[5]と同様、ウィンドウマネージャを用いて記録を行うこととした。[5]においてはX標準のウィンドウマネージャであるtwmを改造することによって、ユーザ操作の履歴を記録したが、今回の環境ではtwmより派生したウィンドウマネージャfvwmを利用しているユーザが多かったため、同様の改造をfvwmにも施し、履歴の収集を行うこととした。fvwmはtwmから派生しており、ソースコードがtwmと類似しているため、改造作業は比較的容易であった。fvwmはtwmと比べ、数多くの機能が付加されている。中でも大きな拡張点は、デスクトップを実際の画面サイズより大きく設定することが可能で、さらに、そのデスクトップを複数もつことが可能となっている。ユーザは画面上に表示する部分(ビューポイント)を切替えることによって、広大なデスクトップ領域を利用することができる(図1)。

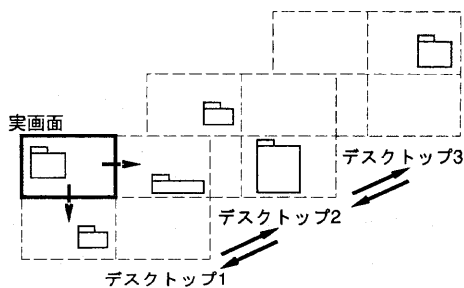


図1: fvwmの仮想デスクトップ機能

3 収集結果

収集期間は1996年1月18日から2月2日までのうち、演習室が使用された11日間の履歴を収集した。それぞれの日に収集した履歴の量は図2の通りである。なお、1月18日は午後からデータの取得を開始したため、データ量が他の日よりも少なくなっている。

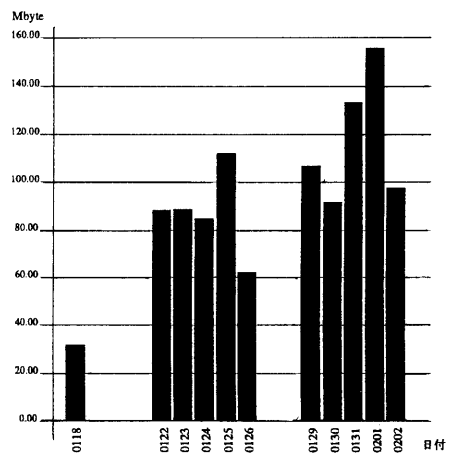


図2: 履歴量の推移

表1に示すように、今回は11日間で179名から約1Gbyteのデータを収集した。この期間、演習室を主に利用するユーザは学部2、3年の学生(計176名)で、このうち、今回のシステムによって148名(84%)の履歴を収集できた。twmとfvwmの利用者比率は約1:3とfvwmの利用者がかなり多く、今回の履歴収集にはfvwmの改造が不可欠であったことは明らかである。なお、この期間は課題締め切り前であったため、演習室は普段よりもかなり活発に利用されており、ほぼ24時間切れ目なく計算機が利用されている日もあった(図3,4参照)。

表 1: 履歴収集の結果

	twm	fvwm	計
ユーザ数 (人)	50	135	179*
ログイン数 (のべ回)	443	1,246	1,689
使用時間 (のべ時間)	933	2,985	3,918
履歴量 (KBytes)	338,834	715,159	1,053,993

(*注)twm と fvwm の双方を利用しているユーザがいるため

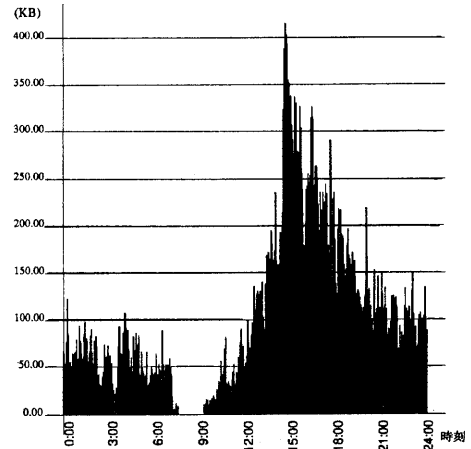


図 4: 1月31日の履歴量の推移

4 考察

4.1 履歴量

単一の計算機において記録される履歴の量は日常作業に影響を及ぼさないことが、文献 [5] によって示されているが、これが 90 台という規模になると、どのような結果になるかは事前には判断できなかった。

そこで今回は、2節で述べたように、ネットワークへ多大のトラフィック負荷をかけ、本来の計算機演習に影響を及ぼさないように、操作履歴を一旦、それぞれの計算機のローカルディスクに記録した後、利用者の少ない時間にそれを収集する方法を取った。

しかし、操作時にリアルタイムにネットワークを介して記録を行うことは、数々の利点があるため、今後の履歴収集を進めるためには、履歴量の解析が非常に重要である。そこで、今回取得した履歴より全計算機において記録された履歴の総量を 1 分間毎に集計し、履歴量の推移 (図 4) および分布 (図 5) を調べた。

その結果、1 分間の履歴量は最大でも 405 Kbyte であり、200 Kbyte/分 を越えるような

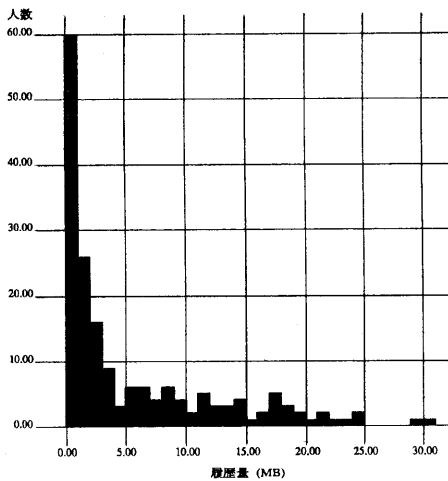


図 3: 各個人の履歴量の分布

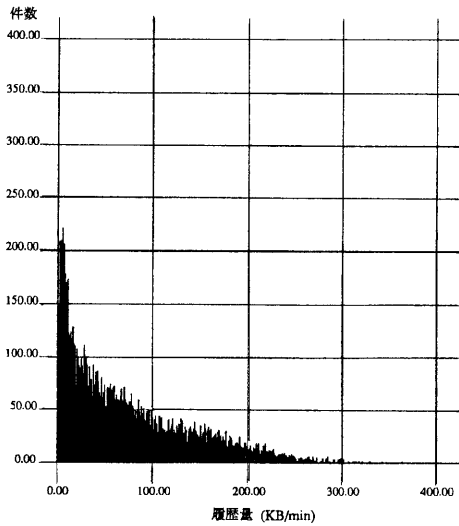


図 5: 1分あたりの総履歴量の分布

ものも 676 件に過ぎなかった。このことより、今回のような 100 台弱程度の規模であれば、操作履歴をリアルタイムにネットワーク経由で記録しても、トラフィックの増加は許容範囲内で留まることがわかった。

4.2 ウィンドウの選択位置

ユーザの行動を解析する場合、必要なデータを確実かつ大量に取得する必要があるため、これらのデータは条件を統制した実験室内で得られることが多い。しかし、1節でも述べたように、統制実験におけるユーザの行動は、実験に臨んでいるという心理的要因が影響するため、日常の行動を正確に反映していない可能性がある。

一方で、日常の操作履歴にはさまざまな行動データが入り雑じり、目的の行動を解析するためには長期間にわたり、多くのデータを収集する必要がある。

このように両方式には一長一短があるが、実験環境と日常環境のデータを比較し、これらの相違点を分析すれば、実験環境で得られたデー

タを正確にユーザの行動解析に利用できると考えられる。

文献 [4] において、我々は日常の操作履歴の中のキーボードフォーカス操作に着目し、ウィンドウの選択操作の解析を行い、文献 [6] の統制実験より得られたデータとの間にどのような差異があるかを調べた。その結果として、統制実験においては、動作を早く終了しようという傾向があらわれ、選択位置は中心よりもかなり辺に近い場所となるという結果となった。また、日常環境においては、選択位置が水平方向に非対象であるという結果も得られた。

しかし、この結果は 6 名の日常操作履歴を解析したものであるため、特定の人物の癖に影響され、日常環境における一般的な傾向を示すものではない可能性が否定できなかった。しかし、今回は 179 名からの日常操作履歴が収集できたので、これを用い同様の解析をし、検証を行った。

文献 [6] の統制実験では、目標選択操作の各試行において、始点条件を選択するウィンドウの中心を基準とした 20 方向にわけ、設定している。しかし当然のことながら、日常環境においてはこのような条件設定はなされていないので、図 6 のように統制実験の操作開始位置を中心に前後 9 度の範囲に操作始点が入るものを、それぞれ比較対象として扱う。また、日常環境においては目標となるウィンドウの大きさはさまざまであるため、選択位置は目標ウィンドウの幅、高さに対する比率で考える。

図 7 は、各始点条件毎の目標選択位置の平均を示したものである。図 7(B)(C) を見てわかるように、日常環境における選択位置は非常に類似した結果となった。このことより、文献 [4] での結果は、6 名のみの日常操作履歴を解析したものであったが、特定の人物の癖などに大きく影響されたものではなく、X ウィンドウシステムを利用するユーザの一般的な操作傾向を示す結果であったと考えられる。

また、表 2(a) は目標ウィンドウの中心を基準として上 (下) からの操作を開始した場合に、操作がウィンドウの上 (下) の辺から垂直方向に何%内側で操作が終了したかの平均を示したものである。また表 2(b) は左右で分類した場合の操作終了位置の平均を同様に計算したものである。

これより、水平方向に関しては、文献 [4] と今回の結果はほぼ同じで、右側からの選択操作がより中心に近くなることがわかった。

水平方向に関しては上からの選択が文献 [4] に比べても、かなり中心に近い位置となっていることがわかるが、統制実験と比べて中心に近い位置で選択しているという傾向に変わりはない。また、下からの選択は文献 [4] と比べて逆に中心から離れた位置となっている。これは、文献 [4] で得られた下方からの選択データが少なく、正しい特徴を分析できなかったためだと考えられる。

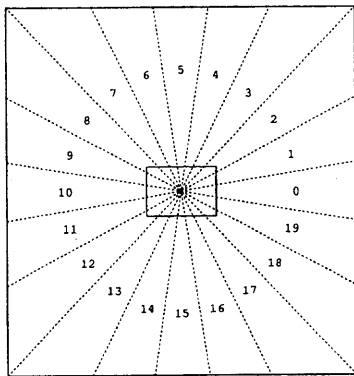
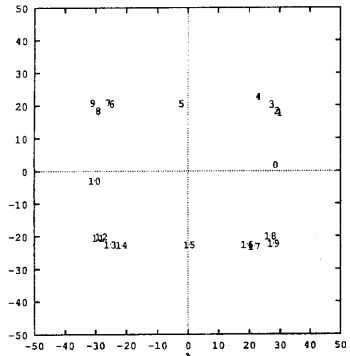


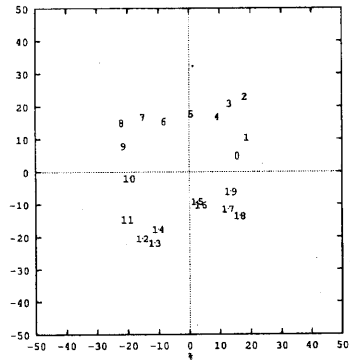
図 6: 選択角度による分類

4.3 fvwmm における仮想画面の利用

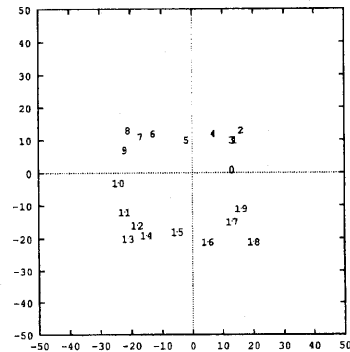
2節で述べたように、fvwmm は仮想的な実際の画面より大きなデスクトップ空間をもつことができる。このような機能をもつウィンドウマネー



(A) 統制実験



(B) 日常環境 (文献 [4])



(C) 日常環境 (今回)

図 7: ウィンドウの平均選択位置

表 2: ウィンドウの辺からの平均移動距離

(a) 垂直方向		
	上から	下から
統制実験	29.84%	28.25%
日常環境 (文献 [4])	35.59%	39.15%
日常環境 (今回)	42.25%	34.73%

高さに対する割合

(b) 水平方向		
	左から	右から
統制実験	22.73%	24.13%
日常環境 (文献 [4])	31.67%	36.77%
日常環境 (今回)	30.30%	36.03%

幅に対する割合

ジャは多く存在するが、実際にこれらが積極的に利用されているかは非常に興味深い事項である。そこで、ここでは fvwmm を利用したユーザの操作履歴を解析することによって、この機能がどれくらいの頻度で使われているかを解析した (表 3)。

この結果、fvwmm のユーザの 8 割が仮想画面機能を利用し、しかも、この機能を利用しているユーザは、およそ 4 分に 1 回というかなり頻繁な割合で、画面切替を行い、積極的にこの機能を利用していることがわかった。

これは、画面の解像度が 1024×768 ピクセルと比較的狭いものであったことが影響していることも考えられるが、詳細な解析のためには、今後、仮想画面に対してどのようにウィンドウを配置しているかなど、さらなる解析を行う必要がある。

5 まとめ

本研究では学生計算機演習という多数のユーザが同時に計算機を使用する環境において操作

表 3: fvwmm の仮想画面利用状況

fvwmm 利用者	135 名
仮想画面利用者	108 名
利用率	80%

仮想画面利用者に関して

画面切替回数	35,856 回
のべ利用時間	2,449 時間
のべログイン数	662 回
画面切替え率	0.24 回/分 54.2 回/ログイン

履歴の記録とそのデータの解析を行った。

11 日間の履歴記録によって、計 179 人から約 1Gbyte のデータが収集できた。多数の計算機から同時に履歴を収集するため、その負荷の問題が心配されたが、履歴量の解析においては 1 分間あたり最大でも合計 400Kbyte 余りであり、ネットワーク経由で履歴の記録を行ってもそのトラフィックは許容範囲に収まることわかった。

また、文献 [4] で行った、統制実験環境と日常環境での目標選択操作に関する比較、解析の追試を行った。文献 [4] で得られたデータは小人数の環境で収集されたものであったが、他人数のデータからも同様の操作傾向がみられ、X ウィンドウシステムを利用するユーザの一般的な操作傾向を示す結果であったことが検証された。

今回は実質 2 週間という単期間の履歴収集であったため、本格的な解析を行うための十分なデータを収集するには至らなかったが、4 月より、履歴の収集を再開している。計算機演習室のシステムは本年度より新しい機種 (IBM PC AT 互換機, OS:BSD/OS, GUI:accelated X(X11R6)) に変更されたが、ウィンドウマネージャを再コン

パイルするだけで作業は終了し、システムの変更に対してもスムーズな移行が行えた。

参考文献

- [1] 赤池英夫, 角田博保: "X-Window 上の利用者行動分析システム", 情報処理学会論文誌, Vol.33, No.5, pp.736-745(1992).
- [2] 池本浩幸: "操作履歴を用いた GUI の操作性評価", 第 10 回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, pp.447-454(1994).
- [3] 来住伸子: "ネットワーク環境におけるユーザー操作記録の解析手法", 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告 47-2, pp.7-14(1993).
- [4] 森孝弘, 西田知博, 高田喜朗, 梅木良太郎, 齊藤明紀, 辻野嘉宏, 都倉信樹: "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).
- [5] 西田知博, 森慎太郎, 森孝弘, 齊藤明紀, 辻野嘉宏, 都倉 信樹: "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).
- [6] 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", 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告 61-2, pp.9-16(1995).