

打鍵レベルでの計算機演習室内の操作履歴の解析と 実験データとの比較

西田 知博[†] 大坪 正明[‡] 辻野 嘉宏[‡] 都倉 信樹[†]

[†]大阪大学情報処理教育センター

[‡]大阪大学大学院基礎工学研究科

打鍵間隔などの基礎的な GUI 操作に要する時間に関して、大学 2,3 年生が主に利用する学生演習室内での日常操作履歴と、実験室内で行った実験データを比較し、実験室環境で被験者に与えられる影響の度合いを調べた。その結果、実験室環境の影響は、操作時間が全般的に短くなる形で表れた。全般に、実験室から得たデータは、操作時間の分散が少なく特徴が掴みやすいデータが得られる。しかし、演習室内のデータでも、打鍵間隔の分散は大きくなく、個人間のばらつきも少ない特徴のはっきりしたデータが得られていたことがわかり、実験室内よりも、より実際のユーザの行動を分析できることがわかった。

Analysis of User Operations at Key-stroke Level : Comparison between Students' Computer Room Records and Experimental Data

Tomohiro Nishida[†] Masaaki Ohtsubo[‡] Yoshihiro Tsujino[‡] Nobuki Tokura[†]

t-nisida@rd.ecip.osaka-u.ac.jp

[†]Education Center for Information Processing, Osaka University

[‡]Graduate School of Engineering Science, Osaka University

In order to characterize the influences of observed conditions, we compare the basic GUI operation time, such as keystroke intervals, obtained from some experiments and at the students' computer room where is utilized mainly by sophomores and juniors. The results show the operation time from the experiment is shorter by the influences. On the other hand, we can get more characteristic data from experiments. However, even at the students' computer room, the distribution of key-stroke intervals between students is small and characteristic. Therefore we can analyze more practical users behaviors by utilize at the students' computer room,

1 はじめに

よりよいグラフィカルユーザインターフェース(GUI)の設計・構築のために、ユーザの行動を解析する作業が行われることが多いが、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ると考え、我々は今までに文献[2]を始めとしていくつかの研究を行ってきた。これらの中では、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。その結果、実験室環境の下での被験者の行動は、観測されていることや、動作を反復することなどで、日常に比べ、ある程度の影響をうけることがわかった。

本稿では、その影響の度合を検証するため、文献[2]で紹介した、学生計算機演習室で得たデータと、新たに実験室内で行った実験のデータを、打鍵間隔、打鍵とマウス操作への移行時間についての比較を行う。また、学生計算機演習室で得たデータは、計179名という大人数から得られたデータであるため、その個人差が大きいことが心配される。そこで、この点に関する検証も行った。

2 データの取得方法

2.1 日常操作履歴

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、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日間行われた[2]。この当時の演習室は90台のワークステーション(Sony NWS-3470)によって構成され、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った。また、ワークステーションの画面解像度は横1024×縦768ピクセルで、5台を除きモノクロであった。

履歴を収拾した時期は、期末のレポート提出期限前で、計算機の稼働率は非常に高く、179名から約1Gbytesのデータが収集できた。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。

2.2 実験室内での実験

打鍵レベルにおいて、実験環境が与える影響を調べるために、打鍵間隔、打鍵時からマウス操作までの移行時間、およびマウス操作時から打鍵を開始するまでの移行時間について、前節の方法で得られた操作履歴との比較を行う実験室内の実験(以下ここでは、これを「実験」と呼ぶ)を行った。

実験には、図1のような配置の3つのエディタウィンドウ(横72文字×縦23文字)を用いて行い、被験者に、指定したウィンドウにマウスで移動し、用意した単語を入力してもらうことによって、打鍵レベルの操作時間を測定した。

実験の概要は以下の通りである。

[実験環境]

- ・使用マシンは日常履歴収集と同じ、Sony NWS-3470, NEWS-OS 4.2R + Xウィンドウシステム。ただし、画面解像度は横1280×縦1280ピクセルのものを使用。
- ・被験者は、本学情報科学科の大学院生3名および学部学生2名。このうち4名は、履歴を収集時に演習室を使用していた。

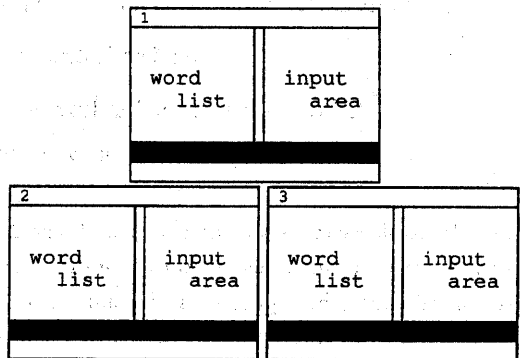


図1: 3つのエディタウィンドウの配置

[実験手順]

- ・画面上には図1のような配置で、1～3の番号がついた3つのエディタ(mule)ウィンドウが用意される。

- ・各エディタウィンドウは中央で左右に2分割されており、各ウィンドウの左側に、図2のような単語のリストが表示される。被験者には右側の領域に単語を入力してもらう。
- ・リストに並んだ各単語の後ろには、次に入力すべきウィンドウの番号が書かれており、次の単語はそのウィンドウで入力してもらう。
- ・同じウィンドウで2つ以上の単語を続けて入力することはなく、かならず、別のウィンドウに移動する。
- ・各ウィンドウの単語リストには、20の単語が用意されており、3つのウィンドウの計60単語を入力することが一試行となる。
- ・単語リストには、文章を入力している場合を想定した漢字2~3文字の熟語からなるリストと、コマンドラインの入力やプログラミングでのキー入力を想定した3文字以上のUNIXコマンドからなるリストの2つを用意し、それぞれを交互に各5回、計10回の試行を行った。

依存 2
 可能性 1
 画面 1
 解除 2
 確認 1
 ...

図 2: 単語リスト

3 結果

ここでは、学生計算機演習室内での日常環境ことを「演習室環境」、実験室内の環境のことを「実験環境」と呼び、それぞれの比較や解析を行う。

3.1 打鍵間隔

打鍵間隔の分布は、図3,4のようになった。演習室環境の結果において、30~40msの分布はグラフでは上部が切れているが、30msで866747、40msで439662という非常に度数の多いものとなっている。この部分について別途、検証した結果、キーリピートを用いた場合の入力間隔が、この30~40msとい

う時間であることがわかった。今回の解析においては、このようなキーリピートを使った打鍵は対象としては除外したいので、以後の解析では40ms以下のデータを除いて考える。

1500msまでの打鍵間隔に関して、平均と最頻値を計算した結果が表1(a)である。これを比較すると、平均値は30msと差は小さいが、最頻値では70msと明確な差が出ていることがわかる。また、打鍵時間の見積りを行っているCardらのキーストロークレベルモデル[1]のパラメータと、今回の最頻値の結果を比較すると、実験の場合はGood typist(110ms)に、日常の場合はAverage skilled typist(200ms)にほぼ相当している。履歴をとってから、2年弱経過しているということで、ある程度の打鍵速度の向上は考えられるが、演習室環境でのデータを2、3年別に集計した場合でも、最頻値は同じ180msであった。したがって、この差は、打鍵速度の向上よりも、実験環境によって与えられた影響が大きいものと考えられる。

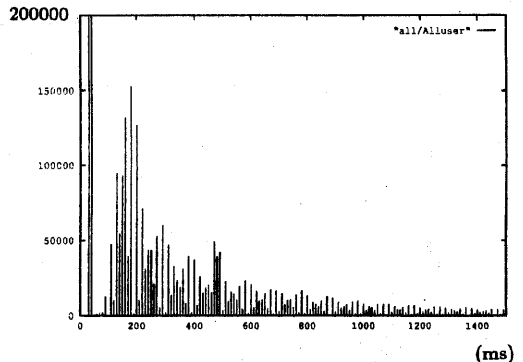


図 3: 全ユーザの打鍵間隔の分布 (演習室環境)

以上のように、数値的には差はあるが、分布の形については、演習室環境の場合も比較的、整ったもので、分布の様子も実験環境と似たものとなっている。ただ、500ms付近に少し高い分布が見られる。これについて調べたところ、カーソルキーがその主たる原因であることがわかった。図5は、演習室環境での打鍵間隔のうち、カーソルキーのみを抜き出したものであるが、他のキーと同じ180msのピーク以外に、480msのところに1つのピークが現われている。これについて、簡単な計測実験を行ったところ、エ

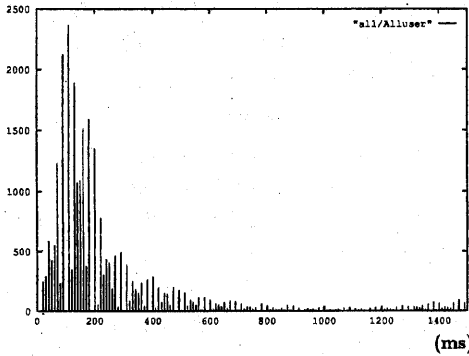


図 4: 全ユーザの打鍵間隔の分布 (実験環境)

データ等の画面において、カーソルキーによって画面をスクロールさせている場面で、そのスクロールの様子を確認している場合の打鍵間隔に相当している。したがってこの 300ms の時間差は、ユーザが画面の書き換えを確認するために要している時間と思われる。

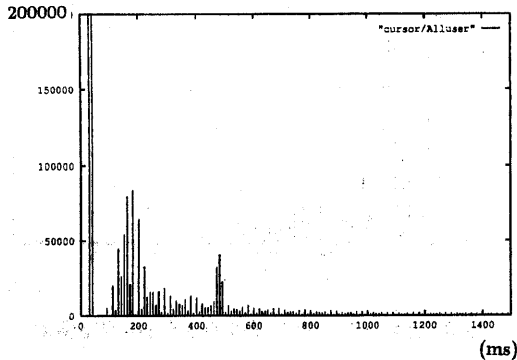


図 5: 演習室環境でのカーソルキー打鍵間隔の分布

次に、ユーザによる個々のデータのばらつきを調べるため、各被験者の平均および最頻値の標準偏差を比較したものが、表 1(b) である。演習室環境のデータでは、ユーザの利用時間によっては必要なデータのサンプル数が少ないものもあって、その影響でデータのばらつきが大きくなる可能性がある。そこで、サンプル数と個人間の標準偏差の関係を調べるために、サンプル数の下限を 5 段階に設定し比較した。

その結果、平均に関しては、演習室環境では 2000 サンプル以上のデータが記録されていたユーザが 98 人居たが、その標準偏差は 64.9ms と小さいものとなった。これに対し、実験では 5 人の被験者で、サンプル数が 5040~6991、データの標準偏差は 26.6ms であることを考えると、演習室環境における標準偏差はさほど大きくはない。また、最頻値に関しては、サンプル数を変えても、標準偏差は少し大きい、ほぼ一定であり、安定したものとなっている。今回は、学生計算機演習室というユーザ層が限定されていた場面であったが、多くのユーザから日常の履歴を集めても、散らばりが少なく、その履歴を解析することによって、対象としているユーザ層の行動を特徴付ける結果を導き出すことが出来ると考えられる。

表 1: 打鍵間隔

(a) 全データの比較

	平均	最頻値
実験環境	232.1	110
演習室環境	266.8	180

(単位は ms)

(b) 個人データの標準偏差

	人数 (人)	標準偏差 (ms)	
		平均値	最頻値
実験	5	26.6	0
演習室 (n ≥ 100)	123	116.6	83.6
演習室 (n ≥ 500)	111	97.3	86.5
演習室 (n ≥ 1000)	106	91.6	86.0
演習室 (n ≥ 2000)	98	64.9	86.6
演習室 (n ≥ 5000)	88	63.8	85.7

(n はサンプル数)

3.2 マウスとキーの間の移行時間

マウスから打鍵への移行時間の分布を図 6, 7に、打鍵からマウスへの移行時間の分布を図 8, 9に示す。これを見てわかる通り、打鍵間隔と異なり、マウスとキーの間の移行間隔に関しては、演習室環境と実験環境で大きな違いが現われている。

ここでは、キーとマウスが同時に操作されているような操作をできるだけ分離して集計するために、マウス操作には「100ピクセル以上移動しているもの」という条件を付けたが、それだけでは完全に分離できておらず、同時に操作されている場合の 0ms 付近のピークと、片方のデバイスから完全に手を離し、もう片方のデバイスに移行している場合のピーク

クの2つができています。マウスと、キーの同時操作に関しては、別途、解析を行っている途中であるが、これ以降の解析では2つのピークの谷間となっている200msを切れ目と考え、これ以上の時間を要しているものを対象として考える。また、上限時間は5000msと置いてここでは解析を進める。

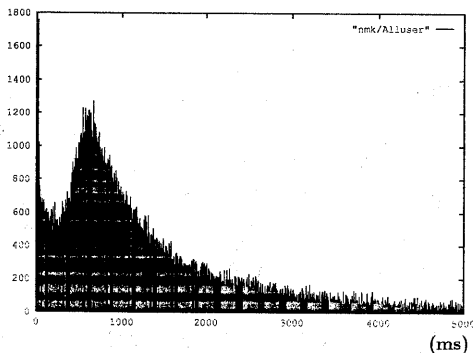


図 6: 全ユーザのマウスから打鍵への移行時間の分布 (演習室環境)

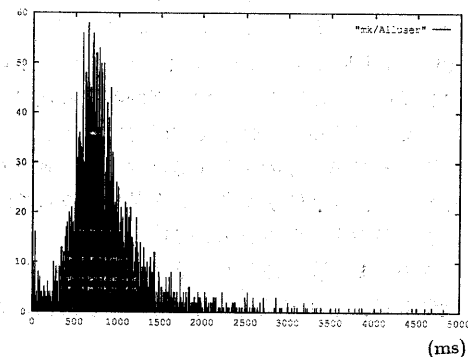


図 7: 全ユーザのマウスから打鍵への移行時間の分布 (実験環境)

(1) マウスから打鍵への移行

演習室環境の分布は整った形ではあるが、操作に対する意識に差が大きく、ピークからの度数の変化が、かなりなだらかで、時間が大きくなっても、度数は急激には減少しない。それに対し、実験環境の分布は、かなりピークに集中しているが、これは、反復

した操作を行い、集中しているために出た結果であると思われる。これは、平均をみても顕著で、400ms以上の大きな差となっている。しかし、最頻値は、演習室環境では670ms、実験では650msとなり、演習室環境においても、高頻度で、意識が集中したと思われる操作では、実験環境とほぼ同じ結果となることがわかる。

なお、これを、キーストロークレベルモデルのパラメータである400msと比べるとその差はかなり大きい。度数分布を見ても、両環境とも400ms付近の度数はあまり高くなく、今回、データを取った2つの環境では、キーストロークレベルモデルのパラメータの一致度は低いと思われる。

表 2: マウスから打鍵への移行時間

マウス→キー		全データ	個人別		
			最小	最大	標準偏差
平均	実験	873.8	784.7	1138.6	130.5
	演習室	1290.8	598.9	1753.4	202.9
最頻値	実験	650	590	780	76.8
	演習室	670	230	1470	162.8

(単位は ms)

(2) 打鍵からマウスへの移行

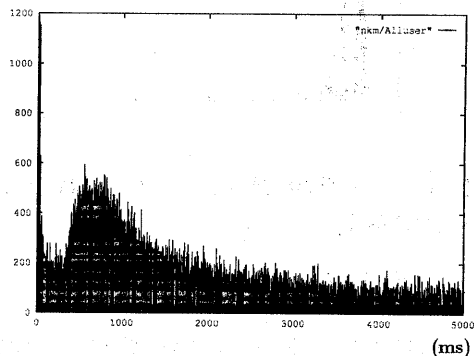


図 8: 全ユーザの打鍵からマウスへの移行時間の分布 (演習室環境)

マウスから打鍵への移行の場合に比べ、実験環境の分布はよりピークに集中している。一方で、演習室環境の分布はピークもはっきりせず、時間の大きなところでも度数はあまり減少しない。平均を見て

も、1300ms 弱の非常に大きな差となっている。また、最頻値は、演習室環境では550ms、実験環境では450msで、平均ほどの大きな差はないが、上記の通り、演習室環境の結果はピークがはっきりしない分布であるため、800ms 付近まで、同じ程度の度数分布が続いている。個人差を見ても、標準偏差は平均、最頻値とも大きく、個別ユーザの移行時間分布を見ても、その差は顕著である。

このように、演習室環境におけるマウスへの移行時間は、かなり特徴を掴みにくいものであることがわかった。この要因としては、マウス操作への移行時は、マウスによって何処に移動するかをまだ決めていない時点でキーボードからの移行を開始するので、思考時間が大きくかかり、このような結果が出ているように思われる。逆に、マウスからキーボードへの移行に関しては、次にどのような文字を打つか、比較的にはっきり決まっているために、分布もはっきりしたものになるのではないかと考えられる。

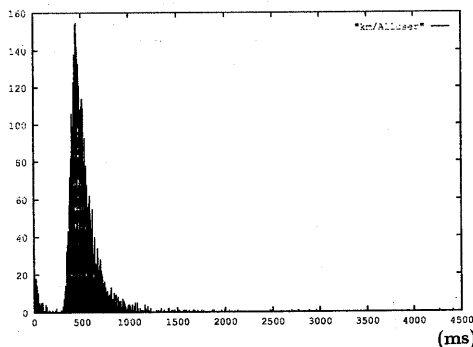


図 9: 全ユーザの打鍵からマウスへの移行時間の分布 (実験環境)

4 まとめ

本研究では、打鍵レベルのユーザ行動に関して、学生計算機演習室で得られたデータと実験室内での実験で得たデータを比較をおこなった。その結果、打鍵間隔は平均値で30ms、最頻値では70ms、実験室内で取ったデータの方が短いという結果であった。今回、演習室での履歴収集はレポート締め切り前という、学生が切迫した時期に収集したものであるため、表れた結果は、日常の中ではかなり集中して操作を行った結果であると考えられる。しかし、それでも

表 3: 打鍵からマウスへの移行時間

キー→マウス		全データ	個人別		
平均	実験 演習室		最小	最大	標準偏差
平均	実験 演習室	524.9 1812.7	454.9 969.1	697.7 2233.3	86.3 248.3
最頻値	実験 演習室	450 550	430 230	590 4250	60.9 432.8

(単位は ms)

実験室での結果とこのような差が出ることは、やはり、反復的に多くの試行を要求したことが影響を与え、この時間差になっていると思われる。打鍵間隔に関しては演習室で得た履歴データは時間の分布的には実験室のものと同大差はなく、しかも、個人間でのばらつきが少ないものであった。したがって、このようなものに関しては、実験室内でデータを集めるよりも、日常の環境でデータを取得し、解析する方が、よりよいユーザの行動理解を進める上で重要であると考えられる。しかし、一方で、打鍵からマウスへの移行時間に関しては、演習室内の結果はピークがはっきりせず、また、時間が経過しても度数があまり減少しないという分布で、非常に特徴を掴みにくい。これは、マウスをどこに移動するかの思考時間が影響していると思われるが、履歴レベルでは切り分けの難しい結果となっている。そこで、こういった場合には、実験室内でのデータが非常に重要となってくる。実験室での結果は対照的にはっきりしたものであったが、このような場合は、実験室での結果をもとに、実験環境が与える影響を加味して解析することが重要になると考えている。

謝辞 快く被験者を引き受けていただいた、大阪大学基礎工学部情報科学科の方々に感謝致します。

参考文献

- [1] Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A.: "The psychology of human-computer Interaction", Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates(1983).
- [2] 西田知博, 森孝弘, 佐藤貴之, 齊藤明紀, 辻野嘉宏, 都倉 信樹: "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).