

ボタン操作の評価実験

船戸康徳 宮浦慎司 坂本忠明 今宮淳美
山梨大学工学部 電子情報工学科
〒400 山梨県甲府市武田4-3-11

使いやすいコンピュータ環境の提供は、人とコンピュータが共生する上で重要である。本論文では、使いやすさの提供に必要な基礎データの実験分析を述べる。実験は、ダイアログボックスを使って電話をかける状況を利用する。主な結果を以下に示す。

- (1)操作時間は、課題状況で分けた平均値が使える。
- (2)操作の記述には、KLモデルが適する。

Experimental evaluation of button operation

Yasunori Funato Shinji Miyaura Tadaaki Sakamoto Atsumi Imamiya
Department of Electrical Engineering and Computer Science
Yamanashi University
4-3-11 Takeda, Kofu, Yamanashi 400, Japan

Providing of the usable computer environment for users is important from the viewpoint of symbiosis of human and artifact. This paper describes the experiment analysis of basic data for the usability. The experimental task is the telephone operations at the dialogbox on the screen. The main results are as follows:

- (1) Operation time is problem situation and the mean value that was distributed is usable.
- (2) The Key stroke-level model is applicable to the telephone operations.

1. はじめに

ユーザインタフェースの設計にはユーザモデルを最適なかたちで組み込むべきと言われている[14]。

本論文では、ダイアログボックス内のボタン操作に関する実験分析を通して得たユーザモデルの検討を述べる。実験は、実際のプッシュホン電話機のダイヤルパッドを模倣したダイアログボックスを使い与えられた電話番号に電話をかける、もしくは与えられた名前から電話番号を検索して電話をかけるという課題をおこなう。

2. 電話実験

2.1 基本操作実験

この実験の目的は、ユーザの対話動作を検討することである。実験での対話はダイアログボックスを使う。一般に、ダイアログボックス内のボタンがどこにあるかをユーザが把握している場合とそうでない場合の対話状況が考えられる。本実験ではボタン配置を把握している状況において、ボタンを選択する順序が把握できている場合と把握できていない場合の2種類について、電話をかけるという状況での実験データを収集する。

(1)実験環境

被験者は、マウス操作に慣れた右利きの大学生5名である。各被験者には、画面に表示したプッシュホンの電話を使って電話するタスクを与える。その場合、ボタン配置として4種類がある(図1)。これらの各々に対し、被験者は10回の練習後、本実験で48回電話する。課題としての電話番号は、2数の繰り返し(ペア課題、意味綴り)とランダムな番号列(ランダム課題、無意味綴り)を半数ずつランダムに作る。提示には、実験開始とともにコンピュータが電話番号の絵で(6桁)を一度に示す一括提示と、1桁ずつユーザがボタンを押し終えた時点で示す逐次提示がある。

(2)実験手続き

実験者は、被験者にデモンストレーションをしながら実験の説明をする。そのとき、できるだけ早く各課題を終了するように指示する。説明後、

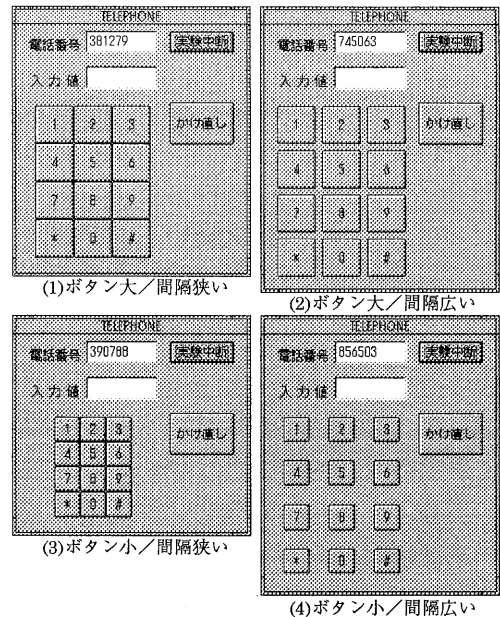


図1 電話ダイアログボックス

被験者は4種類のボタン配置の各々について、一括提示の場合と逐次提示の場合での各々の電話をかける課題を遂行する。

2.2 検索付実験^[4]

検索付基本操作実験でのデータをユーザインタフェースのユーザモデルとして提供するための検討として、KLモデル^[4]の適用を調べる。

(1)実験環境

被験者は、マウス操作および実験環境に慣れた右利きの大学生3人である。この実験では、基本操作実験でのタスクに加え、電話帳(図2)を用いて人名から電話をかけるタスクを被験者に与える。人名を検索する電話帳では、下部にあるキーボードのキーを使った頭文字による検索、およびスクロールバーの操作による検索ができる。2つのタスクはランダムな順番で与える。

(2)実験手続き

実験者は、被験者にデモンストレーションをしながら実験の説明をする。その後、被験者はタスクに応じてダイヤルパッドか電話帳を使い課題を遂行する。

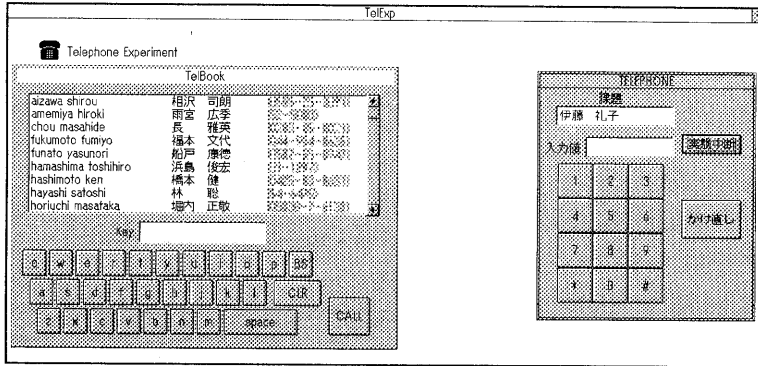


図2 電話帳ダイアログボックス

るボタンまでマウスカーソルを移動させる方向ベクトルを把握、さらにタスク4：実際にマウスを動かす。2桁め以降の番号の入力には、タスク5：既に記憶した番号列を逐次取り出し、タスク6：番号順にマウスを動かしながらボタンを選択していく。

3. 結果と検討

3-1. 基本操作実験

本実験環境において、電話する状況を次に示すタスクの遂行とし、得たデータを初期ルーチン時間と逐次ルーチン時間とに分けた。

被験者は、課題（番号）が提示されると、タスク1：その番号を記憶、タスク2：現在あるマウスカーソルの位置を把握、タスク3：1番目の番号のあ

(1)初期ルーチン時間

初期ルーチンの時間は、被験者および課題状況や提示方法に関わらず大きくばらついている（図3）。

(2)逐次ルーチン時間

被験者の2～6桁めの入力時間を図4に示す。これにより、ボタンを順次押していく時間が一定と考えられる。これを利用し、ボタンを押すまでの時間を、各ボタンごとに集計する。すべての被

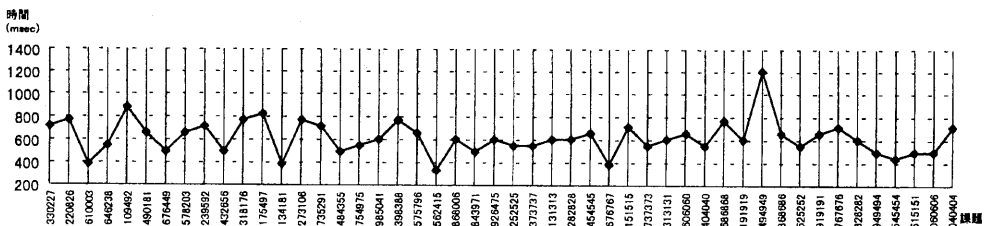


図3 初期ルーチン時間

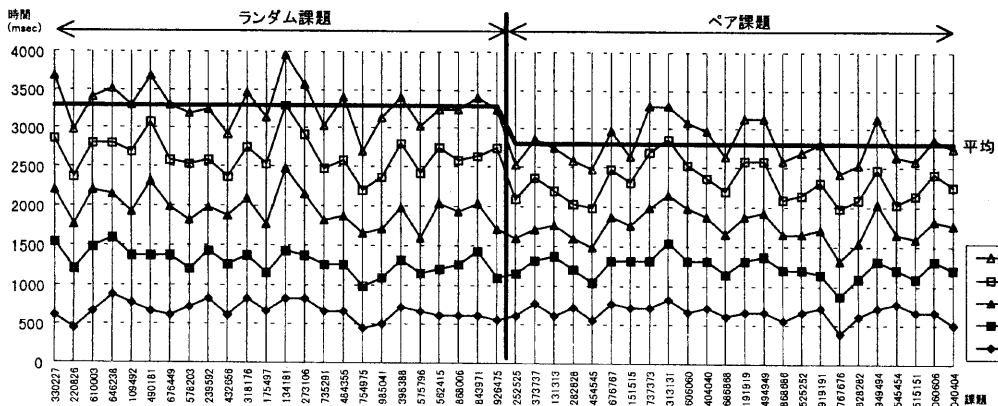


図4 逐次ルーチン時間

験者は、同じ課題（電話番号）を同じ順番で遂行しているため、各ボタンを押した時間が被験者で同じかどうかを検討すればよい。すなわち、乱塊法で分析できる。

●課題内で操作時間が同じか異なるかの検討

課題内での検討として、それぞれの課題について、すべての被験者が同じ時間であるかを有意性（5%）を基準に調べた。その結果を図5に示す。

この結果から、部分提示よりも一括提示の方が全体の操作時間が同じとなりやすいことがわかった。

同じ操作時間とは、人間情報処理モデルで言う知覚系から認知系、運動系へと情報が遷移する時間の和が同じになることを示している。すなわち、被験者のメンタリティとして、情報の遷移系列が合理的に一定化することとなる。被験者のこの合理化としては、実験前の被験者に対する「早く課題を終えること」という教示が関わると考える。そこでは、次の番号の予測のしやすさが、合理化の活性化に影響を及ぼす。

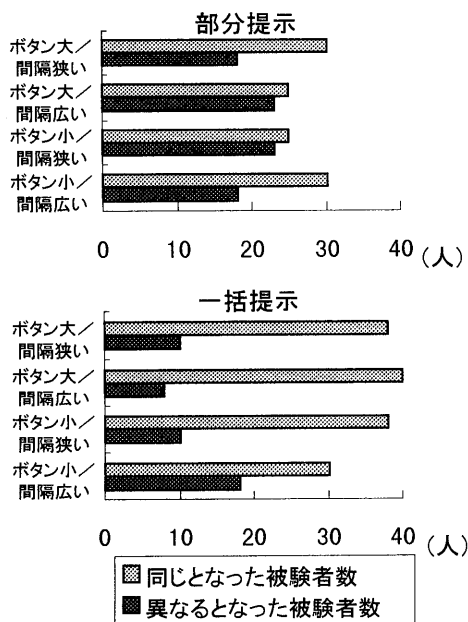


図5 各課題内の検討（自由度 4,16）

次に何が提示されるかがわからない逐次提示より、一括提示の方が予測しやすい。この予測の考え方を前提とすると、一括提示の方が早く終わる結果となる必要がある。

●課題間で操作時間が同じか異なるかの検討

先に述べた課題内で異なる操作時間の課題群についての検討は困難である。そこで、同じとした課題群を、ランダム課題かペア課題か（電話番号の繰り返しの有無）で水準を分けて分析をする。その結果を表1～2に示す。

部分提示に注目する。ペア課題の場合にはすべてにおいて早く操作している。これは、先に述べた電話番号の予測による成果と考えられる。

一括提示に注目すると、「ボタン大/間隔狭い」と「ボタン大/間隔広い」においてはペア課題とランダム課題の両分布の重なりが多いパターンとなっている（有意さ無し）。しかしこのとき、2名の被験者が連続して2度のボタンの掛け間違いを生じたことにより、慎重にボタンの選んでいったことに原因がある。繰り返しのある単純作業で複数の連続ミスを繰り返すと、極めて慎重に操作しようとする認知系が働くと考えられる。

全体的に、一括提示の方が平均 100 msec 程度少ない時間で操作している。部分提示においては、逐次記憶していくために必ず知覚系の経路を通る。一方、一括提示においては、必ずしも知覚系を通る必要がないことと（70 msec 前後の時間短縮）、認知系で処理するためにワーキングメモリ内に記憶からあらかじめ取り出しておくこと（40 msec 程度の認知系の時間短縮）ができるのいずれか、またその両方で説明できる。

本実験において、平均値が 500～700 msec と大きいにも関わらず、標準偏差が 30～60 の範囲にあり、極めて収束性の高い実験データであることがわかる。このことから平均値の使用が可能と考えられる。

ダイアログボックス内のどのボタンを押すかをあらかじめユーザが知っているとした場合、そこで

表1 課題間の検討 (基本統計量)

		ランダム課題	ペア課題	
部分提示	ボタン大 間隔狭い	データ数	18	12
		平均	696 msec	603 msec
		SD	31	44
	ボタン大 間隔広い	データ数	13	12
		平均	671 msec	615 msec
		SD	36	49
	ボタン小 間隔狭い	データ数	17	8
		平均	649 msec	583 msec
		SD	30	52
ボタン小 間隔広い	データ数	16	14	
	平均	734 msec	659 msec	
	SD	40	58	
一括提示	ボタン大 間隔狭い	データ数	15	23
		平均	550 msec	529 msec
		SD	55	66
	ボタン大 間隔広い	データ数	17	23
		平均	542 msec	523 msec
		SD	50	62
	ボタン小 間隔狭い	データ数	16	22
		平均	531 msec	489 msec
		SD	51	64
ボタン小 間隔広い	データ数	11	19	
	平均	628 msec	565 msec	
	SD	50	75	

表2 課題間の検討 (分散分析表)

		平方和	df	平均平方和	F比	
部分提示	ボタン大 間隔狭い	条件	62292	1	62292	43.02**
		誤差	40530	28	1448	
		全体	102822	29		
	ボタン大 間隔広い	条件	19569	1	19569	9.86**
		誤差	45660	23	1985	
		全体	65229	24		
	ボタン小 間隔狭い	条件	23697	1	23697	14.76**
		誤差	36992	23	1606	
		全体	60629	24		
ボタン小 間隔広い	条件	42000	1	42000	16.18**	
	誤差	72696	28	2596		
	全体	114696	29			
一括提示	ボタン大 間隔狭い	条件	4023	1	4023	—
		誤差	145563	36	4043	
		全体	149586	37		
	ボタン大 間隔広い	条件	3529	1	3529	—
		誤差	130912	38	3445	
		全体	134441	39		
	ボタン小 間隔狭い	条件	16358	1	16358	4.47*
		誤差	131728	36	3659	
		全体	148086	37		
ボタン小 間隔広い	条件	27651	1	27651	5.76*	
	誤差	134375	28	4799		
	全体	162026	29			

P*>0.05, P**>0.01

のユーザインタフェースのあり方は、最短時間については、本実験で得た一括提示での平均時間を利用すればよい。一方、ユーザがどのボタンを押すべきかがわからなければ、部分提示での平均時間を利用すればよいと考えられる。どう利用するかは、今後の実験課題として、最短時間がユーザにどう影響するかを心理的側面で検討し、その上で目的別利用方法を導くことが必要であろう。

3-2. 検索付実験

(1) データの信頼性

従来の研究成果と比較し、一致が高ければ、先行研究での実験環境に近いと考える。あわせて、データの信頼性が保証される。そこで、実験から得た結果と従来の研究成果と比較する (表3)。

オペレータ **K** は先行研究と一致している。P については、当実験環境において2つのダイヤルパッドを使っていることから、それに要する時間が半分となり、先行研究の2分の1となった。こ

表3 オペレータの分析結果と先行研究の対比

比較キー	実験結果			先行研究
	出現個数	平均時間 (msec)	標準偏差	時間 (msec)
K	582	230	80	80~1200
P	113	590	190	1100
Ps	241	490	170	—
M	79	790	—	1350

れも一致性が高い。オペレータ **Ps** は先行研究には無いオペレータである。ダイヤルパッドでのポインティング操作であり、狭い範囲での特殊性、さらに出現個数の多さから新たに追加した。オペレータ **M** は全体の時間と出現個数の検討から、先行研究より低い時間となった。被験者のメンタリティに関わる時間なので、被験者の修得してきた心理的、知識的影響と考える。以上、先行研究と一致することから、得たデータの信頼性は保証された。

表4 予測値と観察値の比較

タスク	KLM	予測値 [s]	観察値 [s]	二乗平均誤差 [%]
検索キーを一字入力	PK	0.82	0.92	12
検索キーをクリア	MPK	1.61	1.42	12
CALL する	MPK	1.61	1.84	16
LISTBOX の項目選択	MPK	1.61	1.64	30
キー入力+CALL	Mn(PK)MPK	0.82n+2.40		
	M3(PK)MPK		4.6±0.4	10
	M5(PK)MPK		4.6±0.4	24
	M6(PK)MPK		4.6±0.4	19
キー入力+LISTBOX 指定+CALL	Mn(PK)MMPKPK	0.82n+4.01		
	M2(PK)MMPKPK		4.6±0.4	18
	M3(PK)MMPKPK		4.6±0.4	17
	M4(PK)MMPKPK		4.6±0.4	15
	M5(PK)MMPKPK		4.6±0.4	18
ダイアルパッド (6桁)	M6(PsK)	4.75	4.63	19
ダイアルパッド (10桁)	M10(PsK)	7.39	6.58	4
ダイアルパッド (10桁)	M6(PsK)M4(PsK)	8.18	8.27	11

(2)被験者の操作予測と測定結果

被験者の操作系列を分析し、表3に示した各オペレータを使って得た結果と予測値、実際の測定値、および誤差を表4に示す。全体的に予測と測定値は一致している。したがって、誤差値が低くなった。

ダイアログボックス内のボタンを使ってリストボックス内のリストを検索する。検索にはローマ字を使う。ローマ字では、次に何を入れるかを被験者は予測できる。たとえば、「石田」を検索するには「isida」とアルファベットを入力すればよい。このアルファベットキーはキーボード上に配置され、被験者はそれらがどこにあるかを知っているのである。さらに、電話をかけるという状況において、かける相手特定してから番号を検索し、実際に電話するという自然な状況下でのデータを分析した結果、誤差検討を通してKLMモデルの適用が可能と考えられる。

4. おわりに

本論文では、ユーザインタフェースの設計に必要なユーザモデルをダイアログボックス内のボタン操作について、電話をかけるという自然な状況で得たデータを検討した。その結果、基本操作実験として被験者の課題状況別に分類できた各平均値が使

えること、また検索付実験の一連の被験者の操作時間が操作タスク別にKLMでモデル化できることを示した。

参考文献

- [1] Jakob N.: Usability Engineering, Academic Press, 1993.
- [2] Shneiderman B.著、東基衛、井関治監訳: ユーザインタフェースの設計 (第2版)、日経マゴロウヒル, 1992.
- [3] Archer N.P. & Yuan Y.: Comparing telephone-computer interface designs: Are software simulations as good as hardware prototypes?, Int. J. Human-Computer Studies, Vol.42, pp.169-184, 1995.
- [4] 宮浦慎司: 画面上で電話をかける作業のKL分析、山梨大学工学部電子情報工学科卒業論文、1996-3.
- [5] Card S.K., Moran T.P. & Newell A.: The Keystroke Level Model for User Performance Time with Interactive Systems, Human-Computer Interaction, pp327-345, 1990.