

# 肢体不自由者のキーボード操作特性に関する研究

飯 田 英 樹・奥 英 久\*

岡山理科大学大学院工学研究科修士課程電子工学専攻

\*岡山理科大学工学部情報工学科

(1996年10月7日 受理)

## 1. 緒 言

肢体不自由者においては書字・発語が困難な場合があり、その結果から生じる社会生活上でのハンデキャップを軽減するために、パーソナルコンピュータ（以下、パソコン）がコミュニケーション補助や就労支援を目的として、近年使用されるようになってきている。一方、肢体不自由者がパソコンを使用するには、標準的な入力装置であるキーボード（以下、標準キーボード）を的確に操作できることが必要となる。この問題に対して、種々の補助装置やシステムが開発されている<sup>1)</sup>。また、1990年には、通産省と日本電子工業振興協会により「情報処理機器アクセシビリティ指針」が策定され、公布されている<sup>2)</sup>。これは、肢体・視覚・聴覚の各障害を有する障害者がコンピュータを使用する場合のハンディキャップを軽減するための機能的な事項を必須・重要・推奨の3段階でガイドラインとして示したものである。この中で肢体不自由者に関する項では、キーボードを何とか操作できる場合と、操作できない場合の代替キーボードに関する内容が記載されている。キーボードを何とか使用できる場合には、キーボード形状の変更と目的のキーだけを押下するための穴あきカバー（キーガード）の使用、及び各種時間パラメータの変更機能が示されている。これらは、これまでに行われてきた数々の研究と臨床経験から示された事項を明文化したものであるが、実際にはキーガードがどのような肢体不自由者に有効であり、時間パラメータをどのように設定すれば最適化できるかについては十分な研究が行われていない。後者の問題点について、宮崎らは、脳性麻痺による肢体不自由者を対象とした評価実験を行い、キー押下における有効時間（後述）・無効時間（後述）を適切に設定することにより、誤押下が減少することを示している<sup>3)4)</sup>。

筆者らは、肢体不自由者のキーボード操作における上記2点の問題の中で、キーボードの形状とキーガードの使用が操作効率に与える影響について着目し、その最適設定を行うための研究を行っている。これまでの研究では、形状を変更したキーボード（以下、特殊キーボード）を標準キーボードの代わりに使用することで肢体不自由者の操作性が向上することを実験的に確認した<sup>5)6)</sup>。今回の研究では、疾患内容の異なる肢体不自由者を対象として特殊キーボードを適用した場合の効果について評価実験を行い、その有効性について

検討した。

## 2. 計測方法

本研究では、肢体不自由者が同一文字をそれぞれ標準キーボードと特殊キーボードで入力する場合の操作時間を計測し、両者の値に差があるかどうかを統計的に検討することにより有効性を評価することにした。

### 2.1 計測システム

計測システムの構成を図1に示す。キーボードには、実験内容に応じて、標準キーボードと特殊キーボードを使用する。キーを押下すると、キーボードから出力されるキーコードの直列信号（以下、キー信号）は、分岐回路を介して、被験者が操作対象とするパソコン（以下、ターゲットパソコン）と計測用パソコンに入力される。計測用パソコンには、外部キーボード接続端子を有するラップトップ型パソコンを使用した。計測用パソコンでは、計測開始に先立ち、入力されるキー信号から押下キーの種類・キー押下時間・キー押下間隔時間などの時間データを記録するプログラムを実行しておく。時間計測における基準時間は、筆者らの以前の研究<sup>5)</sup>により、健常者の平均押下時間が100mS程度であることが示されているので、精度をその1/10として10mSとし、このための基準時間パルスをパルスカウンタコントロール基板(㈱インタフェース製、AZI-6012)を使用して発生させた。これらのインタフェース計測プログラムはC言語で開発した。キー押下時間等の操作時間を計測する方法としては、前述した方式以外にターゲットパソコンの主記憶に常駐する方式

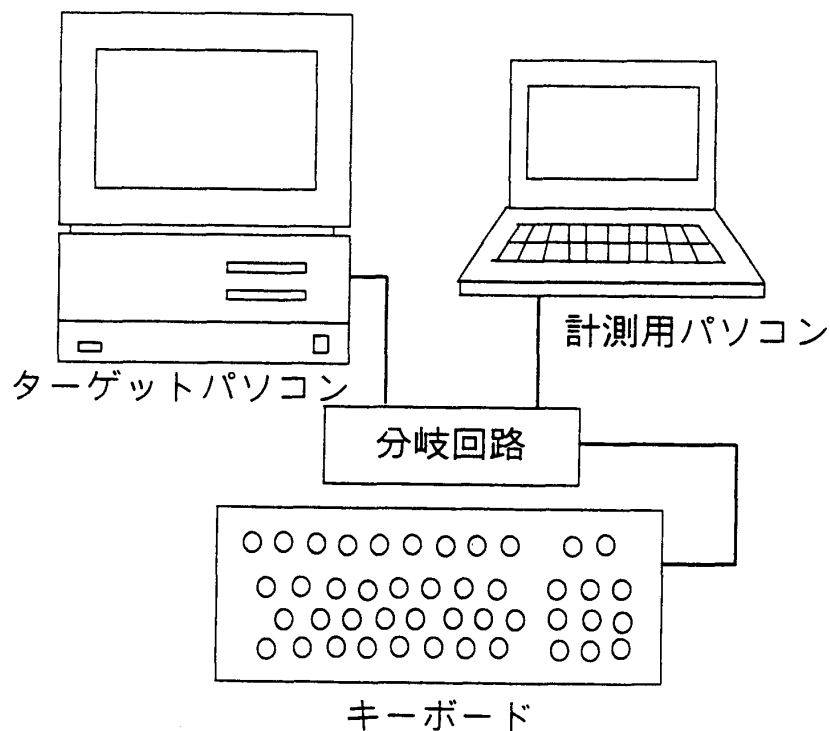


図1 計測システム

のものが開発されているが<sup>7)8)</sup>，実験で使用するソフトウェアによっては主記憶上での使用メモリ領域が重複することによる動作不能が生じる可能性があるため，本研究では上記のようなハードウェアによる方式を用いた。

## 2.2 使用した特殊キーボード

本特殊キーボードは，PC-9801とIBM-PC（OADG<sup>9)</sup>規格に準拠した互換機を含む）の両者で利用できるが，その他の特徴を以下に示す。

### 2.2.1 形状面の特徴

本実験では，山陽電子工業株式会社が試作開発した特殊キーボードを使用した。これは，標準キーボードとはほぼ同一形状を標準型として，それより大型を3種類，小型を4種類，計8種類から構成されている。各特殊キーボードの形状面での特徴としては，標準キーボードよりもキートップとキー盤面の高さの差が少なく，それぞれ厚みの異なるキーガードが準備されている。大型と標準型の特殊キーボードでは，各キートップの形状を大きくして押下しやすくするとともに，各キーの間隔を広くして二重押下の発生可能性を少なくしている。一方，小型キーボードでは，手指以外にスティック（先端を丸くした細い円柱で手指・口・頭などで保持）の使用を考慮して，キートップの形状を小さくするとともに基本的にキーガードの使用を前提としている。これらの内容を表1に示す。

### 2.2.2 キーボード操作における時間パラメータ

一般にキーボードを操作する場合の時間パラメータは図2のように示される。今回使用した特殊キーボードでは，有効時間（キーを押下してから有効になるまでの時間で図2のt1），無効時間（キーを離してから次のキーが有効になるまでの時間で図2のt4），キーリピート開始時間（連続したキー入力として処理を開始するまでの時間で図2のt2），キーリピート間隔時間（キーリピートによる文字連続発生の間隔時間で図2のt3）を任意に設定できる。さらに，SHIFTキーやCTRLキーなど特殊キーを他の文字キーと同時に押下する必要がある場合には，例えばSHIFTキーを押下した後に文字キーを押下するといったように，同時押下を順次押下に変更できる。

## 2.3 計測内容

時間計測は，特殊キーボード用として山陽電子工業株式会社が予め作成したプログラム（以下，テスト・プログラム）と，筆者が新たに作成した時間測定プログラムを使用した。

### 2.3.1 テスト・プログラム

このプログラムでは，25個の単語をターゲットパソコンのモニタ画面上にランダムに表

表1 特殊キーボードリスト

形式	4 S	3 S	2 S	1 S	M	1 L	2 L	3 L
	(小型	←			中型		→	大型)

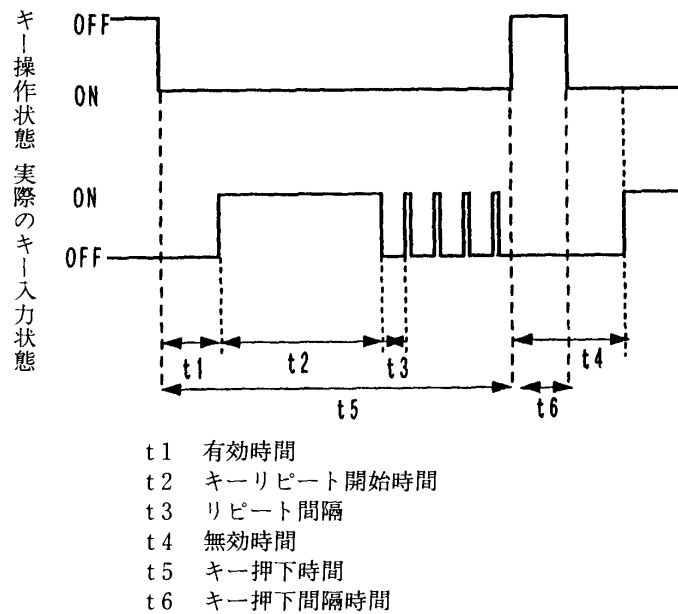


図2 タイミングチャート

試験文字列設定ファイルを指定して下さい

ANK1. CHR  
KANA1. CHR

<<<< ↑↓:ファイル選択 CR:決定 ECS:中断 >>>>

図3 テスト・プログラムの入力選択

Test No. 1		Test String: MOTION			
No.	文字	-Make-	-Break-	間隔(ms)	ON時間(ms)
1	M	2046	2074	0	280
2	O	2129	2151	830	220
3	T	2256	2278	1270	220
4	I	2318	2339	620	210
5	O	2357	2378	390	210
6	N	2462	2476	1050	140

Test No. 2		Test String: SLIDE			
No.	文字	-Make-	-Break-	間隔(ms)	ON時間(ms)
1	S	3203	3224	0	210
2	L	3279	3298	760	190
3	I	3358	3377	790	190
4	D	3475	3493	1170	180
5	E	3514	3538	390	240

図4 テスト・プログラムの記録内容例

示し、それと同じ文字をキーボードで入力させる。入力する文字の種類は、被験者の経験によりカナかアルファベットかのいずれかを選択できる(図3)。各入力時には、キー押下時間(t5)、キー押下間隔時間(t6)、入力文字(誤入力を含む)が、提示終了後に自動的にファイルに記録される。図4はその出力結果例である。ただしこのプログラムでは、上記設定以外の自由なキー操作の計測ができないため下記のプログラムを作成した。

### 2.3.2 時間測定プログラム

このプログラムは、キー押下時間(t5)、キー押下間隔時間(t6)、Capsキー等のロック機能を有するものを除く特殊キー、その他の入力キーの記録機能を有している。図5はその出力結果例である。また、キー入力時のロックキーの状態も保存され、前のキーを離す前に次のキーを押すといった二重押下におけるキー押下時間も計測が可能である。計測結果は、テスト・プログラムと同様にファイルとして記録される。また、時間測定プログラ



肢体不自由者を対象とし、後述する予備実験の結果から本研究の目的に適すると考えられる者を最終的な被験者とした。予備実験を含めた評価実験は、同センターの作業療法訓練室内に図1のシステムを設置して行った。図7は、その模様を示したものである。

### 3.2 計測手順

#### 3.2.1 第一次予備実験

標準キーボードを何とか操作できるがハンディキャップがあると作業療法士が判断した入院中の肢体不自由者16名により第一次の予備実験を行った。この予備実験は本研究の目的が標準キーボードと特殊キーボードの操作性の比較であることから、標準キーボードよりも特殊キーボードの操作が客観的に判断して効率的であること、キー操作時間に影響を与えるキー配置を記憶していることを必要条件として有する被験者の絞り込みを行うためである。

第一次予備実験では、被験者ごとに、複数の特殊キーボードを試験的に操作させ、最適と考えられる特殊キーボードを一機種選定させた。次に、被験者ごとに、選定した標準キーボードと特殊キーボードを使用して、テスト・プログラムと実験プログラムによりキーボード操作データを計測した。このキーボード操作では、スティックを日常生活で常用している被験者についてはスティックによる操作を行わせた。

#### 3.2.2 第二次予備実験

第一次予備実験の結果から、前述のように標準キーボードよりも特殊キーボードの操作時間が下回っており、キーボードの文字配列を記憶していることを必要条件として、頸髄



図7 キーボード評価実験

損傷者3名、脳血管患者3名を被験者として選定した。

第二次予備実験では、第一次予備実験で使用した特殊キーボードの客観的な最適性を検証することを目的とした。すなわち、第一次予備実験で使用した特殊キーボードを基本として、その上下の大きさの特殊キーボードを使用し、テスト・プログラムによる同様の評価実験を行った。ここでは、それぞれの特殊キーボードにおいて厚みの異なる2種類のキーガードをそれぞれ付け替えて実施した。スティックの併用についても、第一次予備実験と同様に実施した。

### 3.3 本 実 験

2回の予備実験の結果から、最終的に6名の被験者を選定した。表2は、これらの被験者のプロフィールと使用したキーボードの種類などを示したものである。本実験の手順を以下に示す。

#### (I) 特殊キーボードの計測

- (1) テスト・プログラム (キーガード有り)
- (2) テスト・プログラム (キーガード無し)
- (3) 時間測定プログラム (キーガード有り)
- (4) 時間測定プログラム (キーガード無し)

#### (II) 標準キーボードの計測

- (5) 時間測定プログラム

### 3.4 計 測 結 果

被験者ごとのスキルの差によりキーボード操作での巧緻性が異なるため、得られたデータをそのまま比較することは意味を成さない。そこで、各被験者において、標準キーボードの操作データ（キーの平均押下時間、平均押下間隔時間）を1として、他の操作データを正規化した。図8～図13はその結果を示したグラフで、図8～図10が頸髄損傷者、図11～図13が脳血管障害者である。各図それぞれ左から3つずつ、テスト・プログラムでキーガード有り、テスト・プログラムでキーガード無し、時間測定でキーガード有り、時間測定でキーガード無しを示している。表3は、キーガードを付けない特殊キーボードと標準キーボード間の、平均キー押下時間と平均キー押下間隔時間の有意差検定を行った結果である。表4は、特殊キーボードのキーガードの有無における、キー押下時間と平均キー押下間隔

表2 被験者と使用したキーボード

被験者 No.	性別	年齢	障 害	利き腕	操 作 方 法	キーボード	キーガード
1	男	21	頸髄損傷 (C <sub>6</sub> )	右	右 (スティック)	1 S	2.0 mm
2	男	19	頸髄損傷 (C <sub>5</sub> )	右	右	M	3.0 mm
3	男	27	頸髄損傷 (C <sub>5</sub> )	左	左 (スティック)	M	5.0 mm
4	男	40	脳梗塞	右	右	1 L	7.5 mm
5	男	26	クモ膜下出血	右	右	2 L	6.0 mm
6	男	65	脳梗塞	右	左	M	3.0 mm

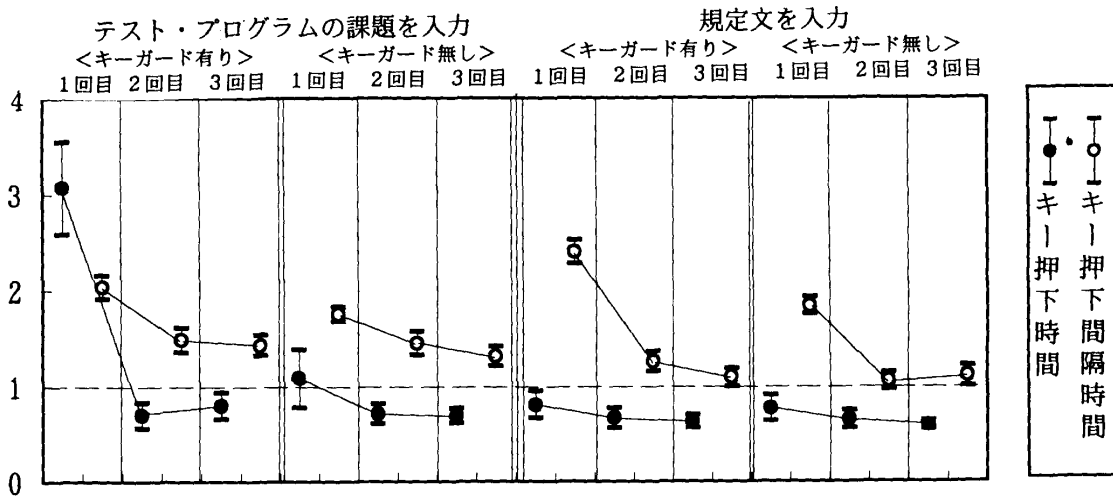


図8 操作時間の条件別比較 (被験者1)

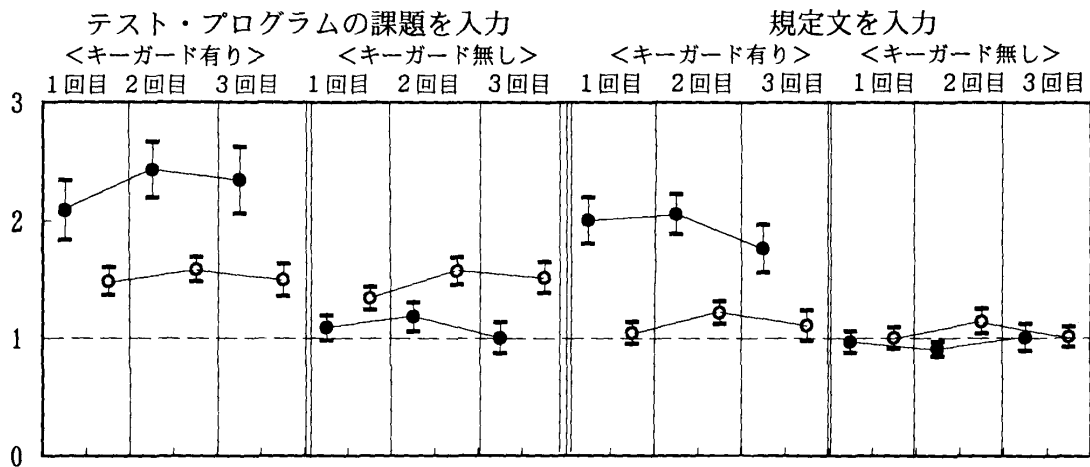


図9 操作時間の条件別比較 (被験者2)

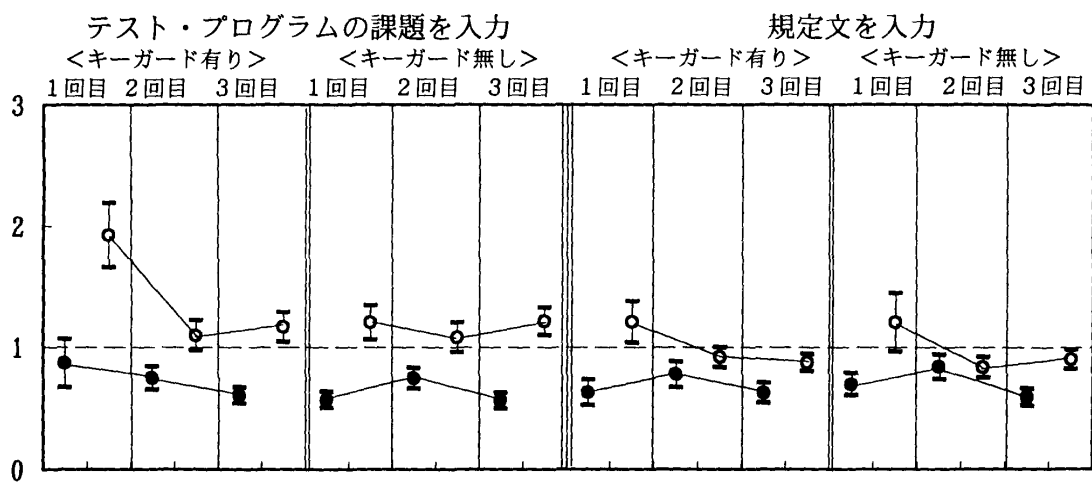


図10 操作時間の条件別比較 (被験者3)



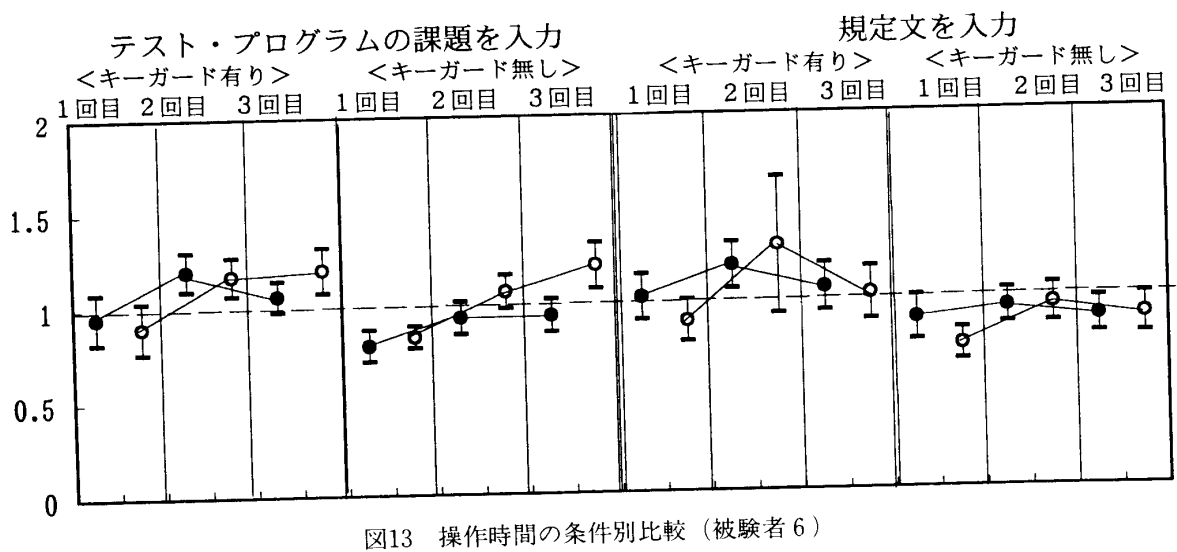
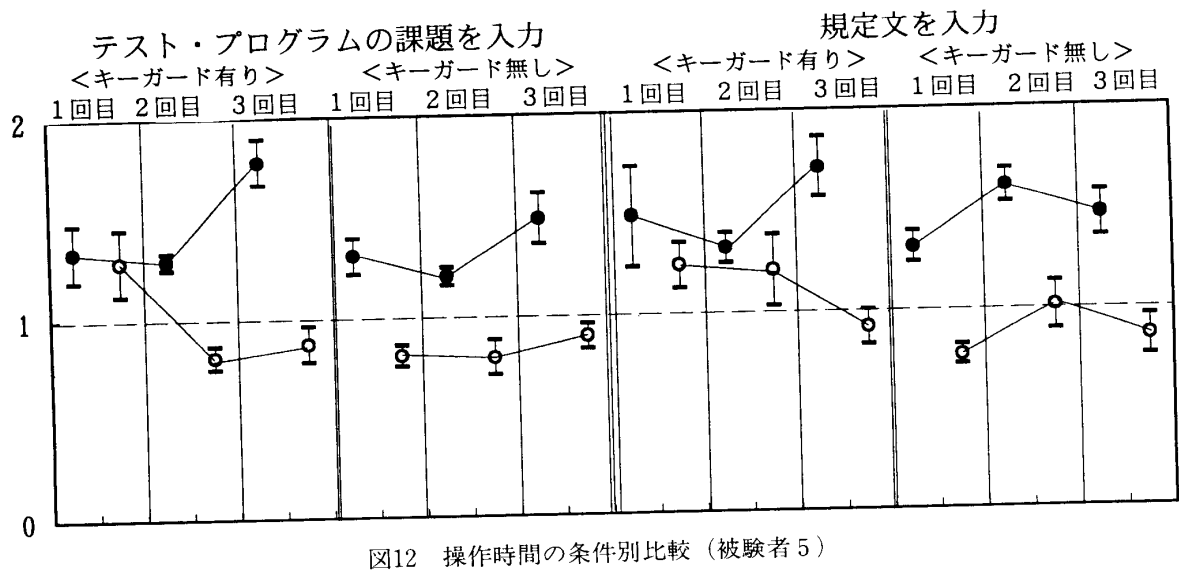
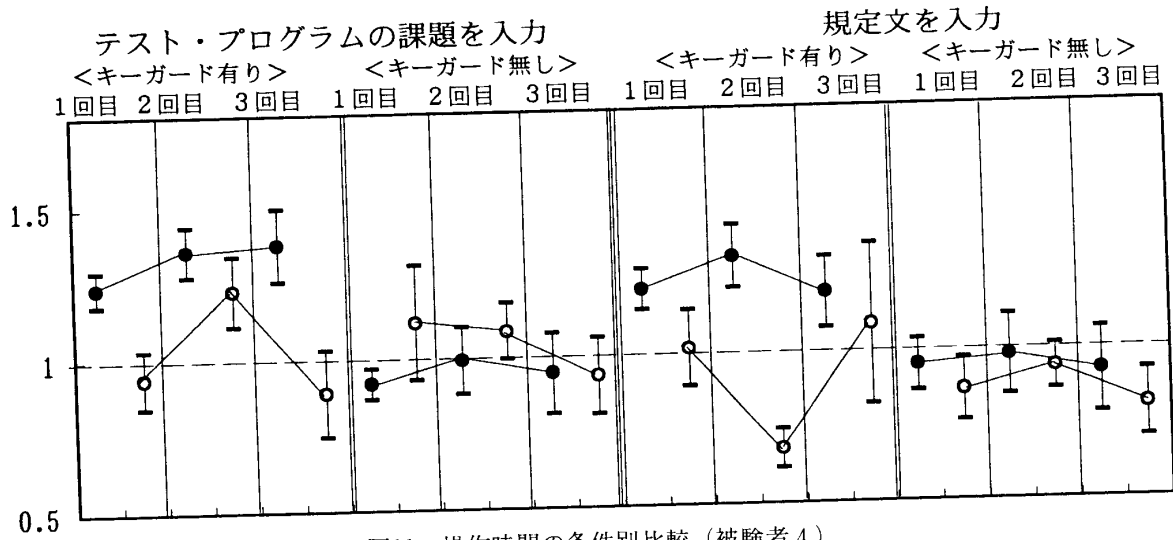


表3 有意差検定の結果（特殊キーボード（キーガード無し）と標準キーボード）

被験者 No.			特殊キーボード		標準キーボード		計算結果	t 分析 ( $\alpha = 0.05$ )
			平均値(mS)	標準偏差	平均値(mS)	標準偏差		
1	1 回目	押下時間	56	33	73	20	5.194	1.972
		間隔時間	999	840	545	819	4.561	1.972
	2 回目	押下時間	41	17	63	15	11.78	1.972
		間隔時間	732	530	698	530	0.547	1.972
	3 回目	押下時間	38	11	65	21	12.94	1.972
		間隔時間	764	702	693	574	0.894	1.972
2	1 回目	押下時間	79	22	82	21	1.12	1.972
		間隔時間	763	594	766	578	0.04	1.972
	2 回目	押下時間	82	19	91	26	3.188	1.972
		間隔時間	792	586	694	501	1.464	1.972
	3 回目	押下時間	88	24	88	18	0	1.972
		間隔時間	713	414	708	419	0.094	1.972
3	1 回目	押下時間	94	24	135	28	10.7	1.972
		間隔時間	1998	2580	1662	1140	1.15	1.972
	2 回目	押下時間	83	25	99	26	4.396	1.972
		間隔時間	1484	1179	1777	1419	1.562	1.972
	3 回目	押下時間	84	24	142	35	13.46	1.972
		間隔時間	1493	1143	1657	1444	0.872	1.972
4	1 回目	押下時間	168	30	178	46	1.451	1.977
		間隔時間	3547	2867	4121	3691	0.978	1.977
	2 回目	押下時間	172	35	177	34	0.792	1.98
		間隔時間	3041	2909	3269	4992	0.306	1.98
	3 回目	押下時間	157	27	171	26	2.82	1.982
		間隔時間	2475	1570	3070	1933	1.788	1.982
5	1 回目	押下時間	253	36	194	61	6.329	1.98
		間隔時間	3090	2482	4041	6899	0.973	1.98
	2 回目	押下時間	342	59	213	91	9.011	1.98
		間隔時間	4012	3983	3997	4338	0.019	1.98
	3 回目	押下時間	238	39	163	42	11.6	1.975
		間隔時間	2913	3230	3417	4102	0.838	1.975
6	1 回目	押下時間	129	25	144	25	3.697	1.975
		間隔時間	913	727	1210	1015	2.05	1.975
	2 回目	押下時間	117	19	123	24	1.731	1.975
		間隔時間	1004	733	1043	835	0.308	1.975
	3 回目	押下時間	121	19	135	23	4.155	1.975
		間隔時間	805	527	890	568	0.965	1.975

時間の有意差検定（t 検定）を行った結果である。標準キーボードとキーガード付き特殊キーボードの比較については、ほとんどの場合において、キーガード付き特殊キーボードの数値がキーガード無し特殊キーボードの数値を上回ったため、省略した。

## 4. 考 察

### 4.1 頸髄損傷者

#### 4.1.1 スティックによる操作

スティックを使用している頸髄損傷者は被験者1と被験者3であり、いずれも、標準キーボードよりも特殊キーボードの方が、キー押下時間が有意に減少した（危険率5%）。特殊キーボードのキーガードの有無については、1名が初回のみ有意に短くなっただけで、

表4 有意差検定の結果（特殊キーボードにおけるキーガードの有無）

被験者No.			キーガード有り		キーガード無し		計算結果	t 分析 ( $\alpha = 0.05$ )
			平均値(mS)	標準偏差	平均値(mS)	標準偏差		
1	1回目	押下時間	59	36	56	33	0.758	1.972
		間隔時間	1305	1302	999	840	2.398	1.972
	2回目	押下時間	42	18	41	17	0.468	1.972
		間隔時間	875	640	732	530	1.994	1.972
	3回目	押下時間	41	18	38	11	1.627	1.972
		間隔時間	755	630	764	702	0.11	1.972
2	1回目	押下時間	164	46	79	22	18.54	1.972
		間隔時間	798	574	763	594	0.468	1.972
	2回目	押下時間	187	54	82	19	20.67	1.972
		間隔時間	842	576	792	586	0.705	1.972
	3回目	押下時間	155	41	88	24	15.76	1.972
		間隔時間	782	600	713	414	1.054	1.972
3	1回目	押下時間	85	23	94	24	2.302	1.976
		間隔時間	2006	1481	1998	2580	0.021	1.976
	2回目	押下時間	77	27	83	25	1.604	1.972
		間隔時間	1634	1155	1484	1179	0.89	1.972
	3回目	押下時間	89	28	84	24	1.333	1.972
		間隔時間	1446	963	1493	1143	0.306	1.972
4	1回目	押下時間	215	23	168	30	9.421	1.98
		間隔時間	4171	3392	3547	2867	1.063	1.98
	2回目	押下時間	232	25	172	35	10.29	1.98
		間隔時間	2214	2269	3041	2909	1.646	1.98
	3回目	押下時間	203	23	157	27	9.891	1.98
		間隔時間	3322	3827	2475	1570	1.536	1.98
5	1回目	押下時間	287	119	253	36	2.068	1.98
		間隔時間	4982	6020	3090	2482	2.182	1.98
	2回目	押下時間	280	63	342	59	5.914	1.977
		間隔時間	4796	7040	4012	3983	0.76	1.977
	3回目	押下時間	279	48	238	39	5.269	1.98
		間隔時間	3107	2608	2913	3230	0.362	1.98
6	1回目	押下時間	148	25	129	25	4.574	1.977
		間隔時間	1090	946	913	727	1.257	1.977
	2回目	押下時間	146	26	117	19	7.953	1.976
		間隔時間	1347	2635	1004	733	1.1	1.976
	3回目	押下時間	144	25	121	19	6.468	1.976
		間隔時間	918	679	805	527	1.153	1.976

他の試行では有意差は認められなかった（危険率5％）。

キー押下間隔時間については、被験者1が初回のみ標準キーボードの方が有意に短い、他の試行において有意差は認められなかった（危険率5％）。これは、使用した特殊キーボードが1 S型とM型のため、標準キーボードとキー形状ならびにキーの間隔が殆ど変わらなかったためと考えられる。

#### 4.1.2 手による操作

被験者2のみがスティックを使用しなかったが、上肢とりわけ手指の筋力低下により、健常者と同様に操作することが不可能なため、図14に示すように、小指の第二関節で入力を行った。このような操作形態のため、特殊キーボードにおけるキーガードの有無による比較では、キーガードの無い方が有意にキー押下時間の短いことが示された（危険率5％）。

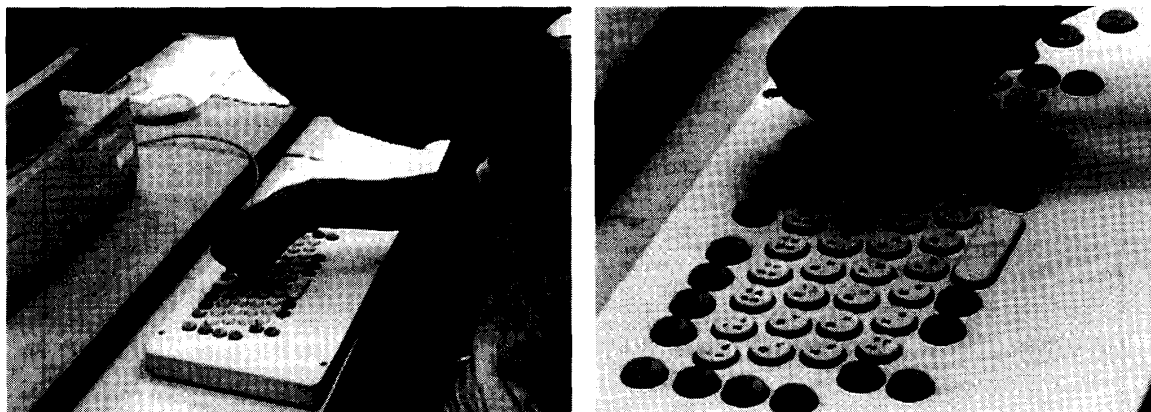


図14 被験者2のキー入力

この被験者が使用したキーガードは3 mm厚であったが、予備実験2における試行では5 mm厚のキーガードで指が奥まで届かず入力できなかった。このように、指の関節でキー押下を行うという特殊な操作形態では、キーガードの効果は少なく、逆に指の関節で目的のキーを押下するためにはキーガードが障害になるものと考えられる。一方前項ではスティックの使用で標準キーボードよりも特殊キーボードの方が操作性が高くなることが示されたが、このことから、手指での操作を希望する頸髄損傷者においてもスティックの利用を考慮することにより操作性が向上する可能性があると考えられる。

#### 4.2 脳血管障害者

今回被験者とした脳血管障害者の発症内容は脳梗塞・クモ膜下出血と異なるが、キーボードの操作においては、麻痺していない側の手指を使用した。脳の障害部位の相違により、被験者4と被験者5が右利きで右で操作したのに対して、被験者6は右利きであるが左手で操作を行った。

非利き手で操作した被験者6では、特殊キーボードと標準キーボードのキー押下時間において、両者間に有意差が認められた（危険率5%）。一方、特殊キーボードにおいては、キーガードの有無に有意な差があるとは言えなかった（危険率5%）。

利き手で操作した被験者4と被験者6では、特殊キーボードと標準キーボードのキー押下時間において、ほとんど有意差が認められず、逆に被験者5ではすべての試行において特殊キーボードの方が有意であるとの結果が認められた（危険率5%）。

以上を総合すると、脳血管障害者では、脳の損傷部位により生じる手指の障害が利き手側か非利き手側かにより、キーボードの操作性が大きく影響されるものと考えられる。そして、非利き手で操作を行わなければならない場合には、特殊キーボードは有効に利用できる可能性があると考えられる。

### 5. 結 言

本研究では、パソコンのキーボード操作が困難な肢体不自由者のハンディキャップを軽

減するためのキーボードの形状とキーガードに関し、頸髄損傷者および脳血管障害者を被験者として、肢体不自由者用に設計された特殊キーボードと標準キーボードの操作性について評価実験を行い、以下の結論を得た。

- 1) スティックでキー押下を行う頸髄損傷者では、特殊キーボードを使用することによりキー押下時間を有意に短縮できる。
- 2) 筋力が低下し指の関節で操作する頸髄損傷者では、キーガードが他の指関節に接触するため、キーガードの無いキーボードが操作しやすく、今回の実験では標準キーボードと特殊キーボードとの差異は認められなかった。
- 3) 脳血管障害者では、麻痺側が利き手と非利き手により操作性が異なった。
  - ・利き手で操作する脳血管障害者では特殊キーボードと標準キーボードにおける操作性の差は認められず、試行において標準キーボードに有意差が認められる場合もあった（危険率5%）。
  - ・非利き手で操作する場合には、特殊キーボードと標準キーボードのキー押下時間において、両者間に有意差が認められた（危険率5%）。一方、特殊キーボードにおいては、キーガードの有無に有意な差があるとは言えなかった。

手で操作した頸髄損傷者では、他の頸髄損傷者の実験結果から、スティックを使用することにより操作性が向上すると予測される。本人の希望とは別に、臨床の場における適切な訓練・学習プログラムが必要と考えられる。一方、脳血管障害者では、キーボードを操作する手が利き手であれば標準キーボードで十分な操作性が得られると予測される。しかし、非利き手による操作の場合には、将来的には標準キーボードの操作が可能となるにしても、利き手交換など訓練過程において特殊キーボードが有効と考えられる。これらの検証については、臨床の場において医療従事者でも簡単に設定と実験が可能なシステムの開発とともに、今後の課題である。

## 謝 辞

本研究で使用した特殊キーボードは、(財)日本障害者雇用促進協会による障害者就労支援技術開発委員会（委員長：伊福部達，北海道大学教授）上肢障害専門部会（委員長：奥 英久，岡山理科大学教授）により研究開発され，山陽電子工業株式会社（岡山市）により製作されたものである。本実験での使用許諾に深謝する。また，実験においては，兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所・坊岡正之主査，兵庫県立総合リハビリテーションセンター中央病院・中村春基主任作業療法士及び山田美幸作業療法士に助言と協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 安藤 忠，他：こころリソースブック1993-94年版，こころリソースブック編集会，1994

- 2) (財)日本規格協会：アクセシビリティ標準化調査報告書, pp91, 1995
- 3) 宮崎康子, 他：脳性麻痺者のキー入力確定時間に関する検討, 第10回リハ工学カンファレンス講演論文集, 245-248, 1995
- 4) 宮崎康子, 他：脳性麻痺者のキーボード操作に関する実験, 第9回リハ工学カンファレンス講演論文集, 441-445, 1994
- 5) 奥 英久, 他：キーボードの操作特性に関する研究, 第9回リハ工学カンファレンス講演論文集, 437-440, 1994
- 6) 飯田英樹, 他：キーボードの操作特性に関する研究(その2：キーガードと特殊キーボードに関する検討), 第11回リハ工学カンファレンス講演論文集, 449-452, 1996
- 7) 大倉本広, 他：時間情報を付加した打鍵データの収集記録法, 労働科学(Vol. 27, No. 2), 73-80, 1991
- 8) 森川治：応答時間の制御・計測を可能にする MS-DOS 常駐システム, 人間工学 (Vol. 31, No. 3), 243-252, 1995
- 9) PC オープン・アーキテクチャー推進協議会：OADG CATALOG, 385-410, 1993

# Evaluation on the accessibility of specially designed keyboards for the physically disabled

Hideki IIDA and Hidehisa OKU\*

*Graduate School of Engineering,*

*\*Department of Information and Computer Engineering,*

*Faculty of Engineering,*

*Okayama University of Science,*

*Ridai-cho, Okayama 700, Japan*

(Received October 7, 1996)

Accessibility of computers is the essential in today's Information Society. Some of physically disabled persons have difficulties to use computers, because they can not operate normal keyboards prepared as a general input device. Eight types of specially designed keyboard for physically disabled persons have been experimentally developed to compensate their physical disabilities. Result of clinical testing of these keyboards, applied to three cervical cord injured (CCI) clients and three cerebral vascular accidents (CVA) clients, indicates following items.

- (1) The special keyboards are significantly more effective, for CCI clients who use sticks to operate a keyboard, than normal keyboards.
- (2) There is not significant difference, between the special keyboards and normal keyboards, for CCI clients who operate each keyboard by their own hands or fingers without any assistive devices.
- (3) The special keyboards are significantly more effective, for CVA clients who use their non-right hands or fingers for operating, than normal keyboards.
- (4) There is not significant difference, between the special keyboards and normal keyboards, for CVA clients who operate each keyboard by their right hands.