

走査法文字入力における付加文字盤使用の効果 —入力文字数およびメンタルワークロードの比較—

東 真子¹ 樋口 宜男¹ 奥 英久² 河合 俊宏³ 中山 剛⁴

1 立命館大学情報理工学部 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

2 神戸学院大学総合リハビリテーション学部 〒651-2180 神戸市西区伊川谷町有瀬 518

3 埼玉県総合リハビリテーションセンター 〒362-8567 上尾市西貝塚 148-1

4 国立身体障害者リハビリテーションセンター 〒359-8555 埼玉県所沢市並木 4 丁目 1 番地

E-mail: 1 bfit@it.ritsumeai.ac.jp 2 oku.1949.hidehisa@leto.eonet.ne.jp

3 kawaitoshihiro@email-pobox.office.ne.jp 4 nakayama@rehab.or.jp

あらまし 重度肢体不自由者が意思を伝達する場合、1つだけのスイッチを用いて走査法と呼ばれる方式で文字を入力することが必要となる場合がある。仮名文字の連鎖確率を考慮し、確率の高い仮名文字を最初の列（以下、付加文字盤という）に表示すれば文字入力速度が向上できるが、付加文字盤と50音表の両方を確認しなければならないため、メンタルワークロードが増大する。このとき、50音表の背景色を変えて当該文字が付加文字盤に含まれることを示すことにより、付加文字盤使用時のメンタルワークロードを軽減する効果が期待される。そこで、入力文字数、使用時のメンタルワークロード、利用者の使いやすさに関するアンケート結果の3つの指標を用いて、背景色の異なる付加文字盤付き文字盤の有効性を示した。

キーワード 重度肢体不自由者、走査法、入力速度、メンタルワークロード、利用者アンケート

Effect of Additional Letters with Higher Probability in a Selection Table for Scanning

—From the Viewpoint of Efficiency and Mental Workload—

Masako AZUMA¹ Norio HIGUCHI¹ Hidehisa OKU² Toshihiro KAWAI³
and Tsuyoshi NAKAYAMA⁴

1 College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1-1-1, Nojihigashi, Kusatsu, Shiga, 525-8577 Japan

2 Faculty of Rehabilitation, Kobe Gakuin University 518 Arise, Ikawadani-cho, Nishi-ku, Kobe, 651-2180 Japan

3 Saitama Rehabilitation Center 148-1, Nishikaiduka, Ageo, Saitama, 362-8567 Japan

4 National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities 4-1, Namiki, Tokorozawa, Saitama, 359-8555 Japan

E-mail: 1 bfit@it.ritsumeai.ac.jp 2 oku.1949.hidehisa@leto.eonet.ne.jp

3 kawaitoshihiro@email-pobox.office.ne.jp 4 nakayama@rehab.or.jp

Abstract In the case of the persons with severe physical disabilities, scanning method, which can be controlled with only one switch, is necessary to input letters to express his/her thoughts. Though the input speed of kana letters is improved by the addition of the row of letters used with higher probability with the consideration of preceding letter, users' mental workload increases, because he/she has to watch both additional row and the original letter table. As it is expected that users' mental workload decreases by using different background colors for letters included in additional row, we have indicated its effectiveness by using three indices, that is, input speed, mental workload and users' preference.

Keyword Person with severe physical disabilities, Scanning method, Selection speed, Mental workload, Users' preference

1. はじめに

ALS（筋萎縮性側索硬化症）や重度のCP（脳性まひ）などの重度肢体不自由者の場合、発声ができず、かつ随意的に動かせる身体部位が1ヶ所だけという場合が

ある。このような重度肢体不自由者が、本人の意思を単語または文にして表現したいときには走査法を用いることが一般的である[1]が、走査法で単語や文を入力しようとする場合、当該行・当該文字に到達するまで

待たなければならず、1文字1文字を入力するのに非常に多くの時間を要する。

走査法における入力時間を短縮するために筆者らは入力される仮名文字列の統計的性質を利用して、先行する仮名文字毎に後続する仮名文字の出現頻度を計算し、出現確率が高い複数の仮名文字を50音表の最初の列より前に置くことによって、出現確率が高い後続仮名文字は50音表中の通常的位置で選択するより短時間で選択できる方法を提案した[2]。ここで、50音表の最初の行より前に置かれた行を「付加文字盤」と呼ぶことにする。

付加文字盤を用いることにより、統計的に連鎖する確率が高い仮名文字は短時間で入力が可能となるが、利用者にとっては、入力したい文字が付加文字盤に含まれるか否かをその都度確認する必要が生じ、より多くの知的判断を強いられることになる。そこで、筆者らは、50音表中の各文字の背景色のうち、付加文字盤に含まれている文字の背景色のみを他と変えることによって、50音表を見ただけでその仮名文字が付加文字盤に含まれることがすぐに分かる特殊な付加文字盤付き文字盤を用いることを考案した。

本報告では、背景色が異なる付加文字盤付き文字盤を利用した走査法文字入力の優位性を、(1) 入力速度、(2) メンタルワークロード、(3) 利用者のアンケート結果の3つの観点から比較したので、その結果を報告する。

2. 走査法の基本原理と付加文字盤の導入

2.1. 走査法の基本原理

走査法（正確には自動走査法）は、モニタ上にオンスクリーンキーボードが呈示され、その各キーの上をカーソルが自動的に走査しながら移動していき、利用者がスイッチやセンサを作動させると、カーソル位置のキーが選択されるようになっている[1]。

原理的には日本語50音表上の「あ」から「ん」まで順次カーソルを移動させても良いが、非常に時間がかかることと、日本語の場合には図1に示すように2次元に配列することが一般的であることから、通常まず列（ア⇒カ⇒サ⇒…）を選択し、選択された列内で行（例えば、サ⇒シ⇒ス⇒…）を選択する「2段階選択」を用いる。

例えば「の」を選択する場合、「の」が含まれる「な」の列にカーソルが移動するのを待たなければならぬため、列の選択に5ステップ、さらに「な」が含まれる列内で、「の」までカーソルが移動するのを待たなければならぬため、行の選択に5ステップ、計10ステップを要する。



図1. 通常の走査法文字入力用文字盤

2.2. 付加文字盤の導入

前述した通り、日本語で使われる仮名文字の連鎖には統計的な偏りがあるため、先行する仮名文字を指定した場合、後続する確率が高い仮名文字を予測することは可能である。そこで、図2に示す通り、それらの出現頻度の高い仮名文字を50音表の最初の列より前に配置することが可能である。このような方法を用いれば、次に入力する仮名文字が付加文字盤に含まれていた場合、選択までのステップ数が大幅に削減される可能性がある[2]。例えば「の」を選択したい場合、列選択には1ステップ、行選択には5ステップで、計6ステップとなっており、付加文字盤なしの10ステップに比べて、4ステップ分待ち時間が減少されることが分かる。

ただし、ここで注意しなければならないこととして、50音表の最初の列より前に付加文字盤が付加されているため、付加文字盤に含まれていない文字については、列を選択するまでに一律に1ステップ待ち時間が長くなっている。

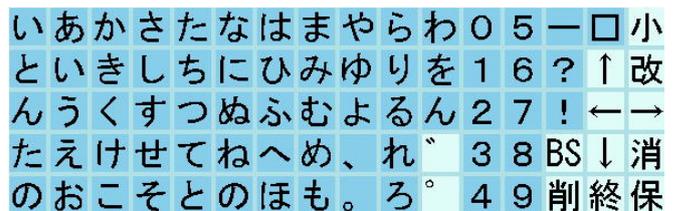


図2. 同じ背景色を持つ付加文字盤付き文字盤

仮名文字連鎖の統計的な性質を有効に活用しているため、図2に示す付加文字盤付き文字盤を用いた場合、列選択および行選択に要するステップ数が減少することが期待されるが、いま入力したい文字が付加文字盤に含まれているか否かをその都度確認しなければならず、より多くの知的判断を要する。通常、走査法文字入力では、選択したい文字の位置を確認してから、走査開始を指示するため、入力したい文字が付加文字盤に含まれるか否かの判断時間は走査開始の指示を遅らせる結果を招くと共に、付加文字盤と50音表を見比べなければならず、疲労の原因となることが考えられる。

そこで、図3に示すように付加文字盤に含まれる文字は、付加文字盤、50音表とも背景色を他と変えることにより、瞬時に付加文字盤に含まれる文字であることが分かるようにした。



図3. 異なる背景色を持つ付加文字盤付き文字盤

3. メンタルワークロードの計測

走査法文字入力を用いた場合のメンタルワークロードをNASA-TLX (NASA TaskLoad index) [3]を用いて計測した。NASA-TLXでは

- ・知的・知覚的要求：

どの程度の知的、知覚的活動（考える、決める、計算する、記憶する、見る、など）を必要とするか。課題がやさしいか難しいか、単純か複雑か、正確さが求められるかおおよそでよいか。
- ・身体的要求：

どの程度の身体的活動（押す、引く、回す、制御する、動き回るなど）を必要とするか。作業がラクかキツイか、ゆっくりできるかキビキビやらなければならないか、休み休みできるか働きづめか。
- ・タイムプレッシャー：

仕事のペースや課題が発生する頻度のために感じる時間的切迫感がどの程度か、ペースはゆっくりとして余裕があるものか、それとも速くて余裕のないものか。
- ・作業成績：

作業指示者（または作業員自身）によって設定された課題の目標をどの程度達成できたか。目標の達成に関して自分の作業成績にどの程度満足しているか。
- ・努力：

作業成績のレベルを達成・維持するために、精神的・身体的にどの程度一生懸命に作業しなければならないか。
- ・フラストレーション：

作業中に、不安感、落胆、イライラ、ストレス、悩みをどの程度感じるか、あるいは逆に安心感、満足感、充足感、楽しさ、リラックスをどの程度感じるか。

の6項目を用いるが、これらの評価値を図4に示すスライドの位置決めにより入力した。

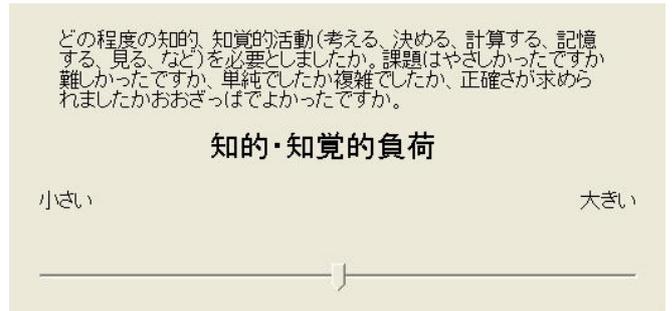


図4. メンタルワークロード評価値入力画面

NASA-TLXではそれぞれの評価値を全体的な評価値に換算する方法が複数提案されているが、ここでは

- ・WWL得点：

加重平均作業負荷得点, mean Weighted WorkLoad score. 作業員にメンタルワークロードのそれぞれの尺度の重要度を判断してもらい、重要度の高いものから、5, 4, 3, 2, 1, 0の重みを付けて求めた加重平均。
 - ・AWWL得点[4]：

適応加重平均作業負荷得点, Adaptive mean Weighted WorkLoad score. それぞれの尺度の評価値の大きい順に 6, 5, 4, 3, 2, 1の重みを付けて求めた加重平均。
- の2つの方法を採用した。なお、WWL得点算出時に使用する重要度の順序付けは被験者に各尺度を一对で提示し、重要と思われる方を被験者が選ぶという方法を用いた。

4. 3種類の文字盤の比較評価

4.1. 評価項目と被験者

本報告では、

- ・付加文字盤のない通常の文字盤

(図1参照、以下では「タイプA」と呼ぶ)
 - ・同色の背景色を持つ付加文字盤付きの文字盤

(図2参照、以下では「タイプB」と呼ぶ)
 - ・異なる背景色を持つ付加文字盤付きの文字盤

(図3参照、以下では「タイプC」と呼ぶ)
- を対象に、
- ・入力速度：

20分間に仮名文字何文字入力できるか
 - ・メンタルワークロード：

NASA-TLXのWWL得点およびAWWL得点
 - ・被験者による使いやすさの判断：

使いやすかった順番に関する被験者のアンケート結果を測定した。
- 被験者は通常の視覚および上肢の運動機能を有す

る 20 代～50 代の男女 18 名で、毎回 3 種類の文字盤を使って、まず 20 分間、仮名文字の入力作業を行い、その直後にその文字盤を使ったときのメンタルワークロードを測定した。ただし、被験者はいずれも通常の上肢の運動機能を有するため、スイッチとしてはマウスの左ボタンを使用した。

- 3 種類の文字盤の使用順序によって、
- ・タイプ A ⇒ タイプ B ⇒ タイプ C
 - ・タイプ A ⇒ タイプ C ⇒ タイプ B
 - ・タイプ B ⇒ タイプ A ⇒ タイプ C
 - ・タイプ B ⇒ タイプ C ⇒ タイプ A
 - ・タイプ C ⇒ タイプ A ⇒ タイプ B
 - ・タイプ C ⇒ タイプ B ⇒ タイプ A

の 6 通りがあるため、被験者 18 名を 6 つのグループに分け、同一の被験者には毎回同じ順序で 3 種類の文字盤を使用してもらい、毎回の測定結果を相互に比較できるようにした。

3 種類の文字盤を使用した入力速度とメンタルワークロードの測定には合計 1 時間強の時間を要するが、日を改めてこの実験を都合 3 回を行い、初回は練習とし、2 回目・3 回目の測定結果を集計した。

また、使いやすさの順序付けのために、3 回すべての実験が完了したときにアンケートを行った。アンケートは 3 回目終了後のみに行ったが、これは 1 回目・2 回目終了時に質問すると以後の実験に影響が出る可能性があったためである。

なお、入力する仮名文字の内容についてはあらかじめ仮名文字で表記された入力用原稿 9 枚を用意し、文字盤の使用順序に関係なく、常に同じ順序で入力作業に用いた。このため、いずれの入力文についても 1/3 ずつの被験者がそれぞれの文字盤で入力しており、入力文の内容が測定結果に影響しないように配慮した。

4.2. 入力速度の比較結果

まず、20 分間に入力した仮名文字数 2 回分の平均値を表 1 に示す。タイプ B およびタイプ C を用いたときの入力仮名文字数はタイプ A のそれに比べて平均値で 2.6 文字と 6.5 文字それぞれ多く、付加文字盤を使用することで入力速度が向上していることが分かる。特にタイプ C ではその効果が顕著である。

4.3. メンタルワークロードの比較結果

次にメンタルワークロードの WWL 得点および AWWL 得点の実験結果を表 2 および表 3 に示す。いずれの計算方式でもタイプ A に比べてタイプ B はメンタルワークロードが高く、逆にタイプ C はメンタルワークロードが低くなっている。同色の背景色を持つ付加文字盤を用いた場合、付加文字盤と 50 音表の両方を見なければならないためにメンタルワークロードが増大するが、異なる背景色を持つ付加文字盤を用いた場合

には両方を見比べる必要がなく、そのためにメンタルワークロードが減少したものと考えられる。ただし、メンタルワークロードは個人差が非常に大きく、有意差が出るほどの大きな違いは現れなかった。

4.4. 利用者アンケートの比較結果

最後に使いやすさに関する利用者アンケートの結果を表 4 に示す。このアンケートでは 3 種類の文字盤に対して使いやすかった順に番号を付けるよう被験者に依頼した。その結果、タイプ C は 1 位だけでも 9 名、1～2 位では 18 名中 15 名が使いやすいと回答している。これに対して、タイプ B を 1 位に選んだ被験者は 2 名のみで、3 位に選んだ被験者も 8 名いた。

表 1. 20 分間に入力した仮名文字数

使用順序	タイプ A	タイプ B	タイプ C
A ⇒ B ⇒ C	126.5	132.0	120.5
	173.0	192.5	197.0
	155.5	155.0	174.0
A ⇒ C ⇒ B	174.0	178.0	168.5
	162.5	180.5	175.0
	178.5	193.5	192.0
B ⇒ A ⇒ C	181.0	162.5	175.5
	156.0	150.5	166.0
	185.5	172.5	182.5
B ⇒ C ⇒ A	167.5	157.5	168.0
	145.5	156.5	168.5
	185.5	189.0	192.0
C ⇒ A ⇒ B	169.0	167.0	169.0
	174.5	174.5	175.0
	186.5	197.5	189.0
C ⇒ B ⇒ A	162.0	153.0	151.0
	126.5	146.5	165.0
	156.5	154.0	154.5
平均値	164.8	167.4	171.3
標準偏差	18.2	18.5	17.8

表 2. メンタルワークロードの WWL 得点

使用順序	タイプ A	タイプ B	タイプ C
A ⇒ B ⇒ C	83.0	89.7	91.5
	63.2	65.2	68.6
	65.7	60.8	64.3
A ⇒ C ⇒ B	61.1	68.7	54.3
	67.5	64.9	55.7
	44.5	63.1	52.2
B ⇒ A ⇒ C	62.8	64.6	59.9
	55.6	65.8	61.7
	66.5	71.0	59.7
B ⇒ C ⇒ A	71.8	71.2	73.5
	70.7	64.4	75.8
	33.3	41.7	46.3
C ⇒ A ⇒ B	80.3	76.9	69.7
	39.0	37.0	44.6
	73.7	69.5	65.0
C ⇒ B ⇒ A	73.9	73.1	64.3
	68.5	57.9	58.5
	61.6	62.4	66.4
平均値	63.5	64.9	62.9
標準偏差	13.3	11.7	11.1

表 3. メンタルワークロードの AWWL 得点

使用順序	タイプ A	タイプ B	タイプ C
A ⇒ B ⇒ C	93.3	91.4	88.3
	63.3	64.7	67.0
	62.9	59.9	61.5
A ⇒ C ⇒ B	62.6	84.7	72.6
	68.0	64.1	55.1
	46.6	64.2	52.7
B ⇒ A ⇒ C	62.4	62.5	59.1
	55.0	63.4	61.8
	71.8	72.0	63.0
B ⇒ C ⇒ A	69.9	68.0	72.2
	73.4	72.8	82.4
	29.3	38.3	41.0
C ⇒ A ⇒ B	77.5	75.5	68.1
	43.4	41.9	51.0
	68.3	65.2	62.6
C ⇒ B ⇒ A	78.1	76.7	66.8
	72.3	62.4	58.6
	62.2	61.5	66.6
平均値	64.5	66.1	63.9
標準偏差	14.4	12.7	11.1

表 4. 利用者アンケートに基づく使いやすさの順番

順位	タイプ A	タイプ B	タイプ C
1 位	7 名	2 名	9 名
2 位	4 名	8 名	6 名
3 位	7 名	8 名	3 名

5. まとめ

本報告では重度肢体不自由者の走査法文字入力方式の改良を目指して、通常の 50 音配列の文字盤、仮名文字連鎖の統計的な性質を用いて高い確率で次に現れる仮名文字 5 文字を 50 音表の最初の列より前に配置した付加文字盤付き文字盤、さらに付加文字盤に含まれる文字を背景色の違いで示した付加文字盤付き文字盤の 3 種類を対象に、入力速度、メンタルワークロード、使いやすさに関するアンケート結果の 3 つの観点から比較を行った。その結果、入力速度では付加文字盤を付けた文字盤の方が付加文字盤なしの文字盤に比べて単位時間当たりの入力仮名文字数が多く、特に背景色によって付加文字盤に含まれる文字を示したタイプの文字盤ではかなり大幅な入力速度の向上が見られた。一方、メンタルワークロードでは背景色で区別しないタイプの付加文字盤付き文字盤ではメンタルワークロードの WWL 得点、AWWL 得点がいずれも増大したのに対して、異なる文字背景色を用いたものでは同じ背景色を持つ付加文字盤付き文字盤はおろか、付加文字盤なしの文字盤よりもメンタルワークロードの WWL 得点、AWWL 得点が減少した。このことから、文字背景色の違いによって付加文字盤に含まれることを表すタイプの付加文字盤付き文字盤では高い入力速度と少ない心的負担が実現できることが明らかになっ

た。このことは被験者のアンケート結果にも現れており、文字背景色で付加文字盤に含まれていることを示すタイプの付加文字盤付き文字盤を最も使いやすいと答えた被験者が多かった。

しかしながら、今回被験者毎の入力文字数およびメンタルワークロード・スコアの差が大きく、3 種類の文字盤の間で有意な差を検出することはできなかった。被験者の使いやすさに関するアンケート結果からも文字背景色を用いて付加文字盤に含まれていることを表すタイプの付加文字盤付き文字盤が優れていることは明らかであり、メンタルワークロードの測定方法の検討も含め、今後さらに研究を進めていく予定である。

謝 辞

3 種類の文字盤を用いた走査法仮名入力方式の実験に協力頂いた立命館大学情報バリアフリー研究室の学生諸君に深く感謝する。

なお、本研究は科学研究費補助金『特定領域研究』「障害者・高齢者のコミュニケーション機能に関する基礎的研究」(略称 情報福祉の基礎)の中の「コミュニケーション支援のための肢体不自由者の身体特性に関する研究」(課題番号 16091104) で実施したものである。

文 献

- [1] e-AT 協議会監修, "こころ Web," (3-2) 走査法(スキキャン法) でコンピュータを操作したい場合, <http://www.kokoroweb.org/chap03/kkr03d02.html>.
- [2] 奥英久, 高見正利, 黒田大治郎, 他, "意思伝達装置の文字選択効率改善に関する研究—高使用頻度文字を追加した付加文字盤の効果について—," 神戸学院大学総合リハビリテーション研究 (ISSN1880-781X), Vol.1, No.1, pp.113-122, 2006.
- [3] 芳賀繁著, "日本語版 NASA-TLX の開発," メンタルワークロードの理論と測定, pp.77-95, 日本出版サービス, 東京, 2001.
- [4] 三宅晋司, 神代雅晴, "メンタルワークロードの主観的評価法," 人間工学, vol.29, no.6, pp.399-408, Dec.1993.