

10 個のキーを用いた視線とボタン操作による文字入力手法の検討

立崎雄大¹ 中村喜宏¹

概要: 近年、筋萎縮性側索硬化症 (ALS) 患者数は増加傾向にある。現在、患者は 50 音盤を用いてコミュニケーションをとる場合が多いが、視線の移動距離や目の疲労が大きく入力速度が遅いと考えられる。そこで、以前に我々は 2 つの子音を割り当てたキーを横一列に 5 個配置し、視線ストロークとボタン操作により子音・母音を連続して選択し、ワンストロークで文字入力を行う方式の検討を行ったが、入力速度の面で良好な結果が得られなかった。そこで本研究では、10 個のキーを用いた視線とボタン操作による文字入力方式を提案した。提案方式では、子音を割り当てたキーを 2 行 5 列に 10 個配置し、入力する文字の子音が割り当てられたキー上に視線を移動しボタンを押すと、子音が選択されると同時に、同じ行の 5 つのキーに選択された子音のあ段からお段の文字が表示される。次に目的の文字が表示されたキー上に視線を移動してボタンを離すことで入力される方式である。実験により、提案方式と 5 つのキーを用いた方式および、50 音盤の入力性能の比較を行った。その結果、文字入力速度、誤り率ともに提案方式が最も良好な結果であった。

キーワード: 視線入力, キー配置, インターフェイス

A Study of Character Input Method Using 10 Keys by Eye Movement and Button Operation

YUUDAI TACHIZAKI^{†1} YOSHIHIRO NAKAMURA^{†1}

Abstract: The number of patients with amyotrophic lateral sclerosis (ALS) has been on the rise in recent years. Currently, patients often use a Japanese syllable board to communicate, but we believe that the eye movement distance and eye fatigue will slow down the input speed. To solve this problem, we previously investigated a method in which five keys with two consonants are placed in a horizontal row, and the user selects consonants and vowels in succession by eye strokes and button operation, and inputs text with one stroke. In this study, we proposed a character input method using eye movement and button operation with 10 keys. In the proposed system, ten keys with consonants assigned to them are arranged in two rows and five columns. When the user looks at the key with the consonant assigned to the character he wants to input and presses a button, the consonant is selected and the character corresponding to the selected consonant is displayed on the five keys in the same row. Therefore, we compared the performance of the proposed method with that of a method using five keys and a method using a Japanese syllable board as a result, the proposed method was found to be the best in terms of character input speed and error rate.

Keywords: Gaze input, key layout, interface

1. はじめに

筋萎縮性側索硬化症 (以下 ALS) 患者数は年々増加傾向にある[1]。ALS は眼球運動に必要な筋肉は侵されづらく、声が出なくなったとしても、眼球運動で意思の疎通を図ることができる。また、ALS では、視覚、聴覚、嗅覚等の知覚神経も侵されづらい[2]。そのため、重度障がい者の方々は、コミュニケーションを行う際、50 音盤を用いて介護者のサポートの元、意思疎通を行う手法[3]や、アイトラッキング機器による意思伝達を行っている。

近年、アイトラッキング機器の開発が進み、安価に機器を購入することができるようになった。また、県によっては障がい者の方の IT 活用を支援する取り組みも出てきている[4]。アイトラッキング機器は重度障がい者用意思伝達装置にも利用されている[5]。その多くは 50 音の文字盤の文字を注視し、注視時間や瞬き、スイッチ[6]で文字を決定するものとなっている。50 音盤を用いての視線入力では、

文字盤のサイズが大きく、視線による移動距離が長くなるため、眼球への疲労や入力速度の増加が考えられた。そこで、2 つの子音を割り当てたキーを横一列に配置し、視線によるキー間の移動およびキー外への移動によりワンストロークで入力を行う 5 つのキーを用いた視線による文字入力手法の検討[7]を行ない、50 音の文字盤との比較を行ったが、入力速度は小さくなっていたが、誤り率で大きな差は見られなかった。その理由として、入力を行う際に、キー外へ視線を外した際に、視線が斜め移動してしまい、他キーの入力判定となってしまうことがあったからである。そこで本研究では、入力範囲を狭め、キー内だけに収めることで、入力時の誤りを軽減するキー配置を提案する。

本研究で提案する入力方式 (以下 10 キー) では、2 行 5 列に計 10 個のキーを配置した。各キーには子音を割り当て、任意の子音上に視線を移動させ、ボタンを押すと押した子音に対応する母音が展開され、入力したい母音上に視線を移動し、ボタンを離すことで入力を行う。この入力方式では、50 音すべてを画面上に配置することなく 10 個のキーで 50 音を入力することができ、かつ、キー 1 個当たりの大

¹ 日本大学生産工学研究科
Graduate School of Industrial Technology, Nihon University
Narashino, Chiba 275-8575, Japan

大きさを大きくすることで、視線の移動距離及び、文字入力の際の誤りを少なくすることができると予想される。前回研究の5つのキーを用いた文字入力手法及び、50音盤での文字入力速度（CPM）と修正済み誤り率（Cerr）を算出し比較を行った。また、実験後に、各入力手法における疲労度、使用してのストレス、使いやすさ、各入力手法におけるキーの大きさに関する評価、実験中のアイトラッキングの精度、各手法における誤りの原因、キーサイズに関するアンケートを行ってもらった。

2. 関連研究

これまでに視線による文字入力に関する研究は、数多く行われている。

2.1 視線によるフリック動作を用いた文字入力

フリック動作を用いた研究に村田ら[8]の実験がある。スマートフォンに搭載されているようなフリック式の文字入力盤である。1.5秒以上、入力したい文字の子音キーを注視することによって、子音キーを中心に上下左右に母音が展開され、入力したい文字の方向へ2cm移動させることによって文字を入力させることができる。また、「あ」などの子音を入力するには、子音キーの上で1秒以上注視することで入力が可能となる。キーサイズは21mmと小さいが、スマートフォンのフリック入力に慣れていないと、入力が難しく、隣接しているキーが最大4個となっていて、視線の位置と表示されているポインタにズレが生じてきた場合、誤入力が発生する可能性が考えられる。

2.2 視線インタフェースを用いた文字入力システムの開発

この提案方式では、英語入力のキーと、日本語入力のキーの切り替えを行うことができる。岸川ら[9]によって開発されたこの方式は、左右に円のキーが配置されていて、右円には子音、左円には中心から外にかけて使用頻度の高いアルファベット順に配置されているが、文字盤が複雑なため、入力したい文字を入力する際に、探す手間が生じ入力速度が遅くなるという問題点がある。

3. 提案方式

本研究で提案する入力方式では、2行5列に計10個のキーを配置し、それぞれに「あ～わ」の子音を配置した（図1に示す）。入力したい文字の子音が割り当てられたキー上に、視線を移動させ、ボタンを押すことで、選択された子音に対応する、「あ」段から「お」段の文字が、キーに表示される（図2に示す）。目的の文字が表示されたキー上に視線を移動させ、ボタンを離すことで、入力したい文字が入力される。小文字入力を行う場合は、小文字にしたい文字を入力後、わ行内の「小」キーを入力することで小文字を入力することができる（図3に示す）。濁点及び半濁点の入力はわ行内の「゛」、「゜」を入力することができる（図4に示す）。

あ	か	さ	た	な
は	ま	や	ら	わ

図1 キー配置

Figure 1 key layout

あ	い	う	え	お
は	ひ	ふ	へ	ほ

図2 キー展開後の配置

Figure 2 Placement after key expansion.

さ	し	す	せ	そ
や	゛	ゆ	゜	よ

図3 濁点・半濁点入力画面

Figure 3 Voiced sound semi-voiced sound mark input screen.

な	に	ぬ	ね	の
わ	ゝ	を	小	ん

図4 小文字入力画面

Figure 4 Lower case letters input screen.

提案方式では、視線の検出を行うために、Tobii社の「Tobii Eye Tracker5」（以下tobii）を用いた。Tbiiを取り付ける位置は、PCの画面下部に取り付けた。検出された視線をマウスカーソルで制御を行うため、Gal Sontらによって開発された「Click2Speak」[10]を用いた。

入力画面の大きさは、提案方式、5キー、50音盤の入力画面の横幅サイズは横幅236mmとなっている。提案方式のキーサイズは高さ43mm、キー1個当たりの大きさは、横幅約47mm、高さ約21mmとなっている。5キーも大きさは同じ大きさとしている。50音盤のキーサイズは、高さ102mm、1個当たりキーサイズは、横幅約24mm、高さ20mmとなっている。使用するPCの画面サイズは横幅29.5mm、高さ16.5cmである。

4. 実験方法

本研究の実験では、20～60代の男性女性5名に協力して

もらった。

実験は椅子に座った状態で、画面から 40cm~60 cmほど離れてもらった状態(図 5)で、キャリブレーションを行った。本実験におけるキャリブレーションとは、視線入力精度を上げるために実験協力者の目の幾何学的特徴を取得するプロセス[11]のことである。その後、キャリブレーションが正確に行えていて、視線入力を行えるかどうかを確認した後、5文字5単語を入力してもらい、休憩が必要であれば取ってもらう。また、視線の位置と、表示されているマウスポインタの位置にズレが生じていた場合、再度キャリブレーションを行い、調整を行う。これを1セッションとし、5日間5セッション行ってもらい、5セッション行ってもらった後、アンケートに答えてもらい、実験終了とした。

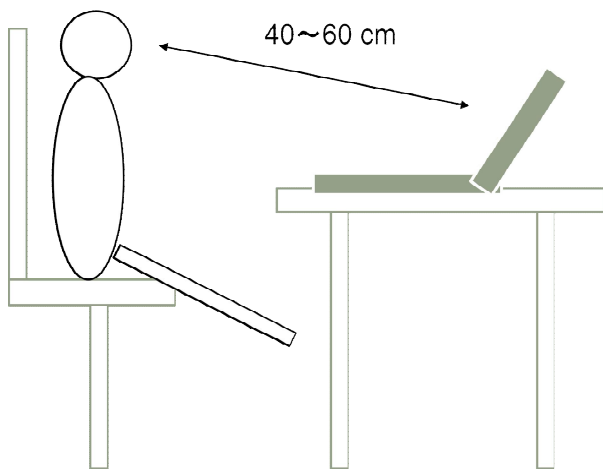


図 5 実験の様子

Figure 5 The experiment.

出現する単語は、国立国語研究所の現代日本語書き言葉均衡コーパス(BC-CWJ)の頻度リスト[12]から単語を抽出して用いた。濁点、半濁点は1文字として判定を行っている。

アンケートでは

- A 10 キーの疲労度
- B 10 キーのストレス
- C 10 キーの使いやすさ
- D 5 キーの疲労度
- E 5 キーのストレス
- F 5 キーの使いやすさ
- G 50 音盤の疲労度
- H 50 音盤のストレス
- I 50 音盤の使いやすさ
- J 10 キーの大きさ
- K 5 キーの大きさ
- L 50 音盤の大きさ
- M アイトラッキングの精度
- N 主な誤りの原因

O 各キーに対する感想

以上の 15 項目について答えてもらった。A~M までは 5 段階で評価を行ってもらい、N、O に関しては記述にて回答をしてもらった。

実験後、各キーの 1 分間に何文字入力できるか、を示す文字入力速度(以下 CPM)と、修正済み誤り率(以下 Cerr)を算出した。

5. 実験結果

本実験により得られた結果から 1 セクション毎の入力時間、誤り回数、入力文字数から、1 セクション毎の CPM 及び Cerr を算出した。本研究における入力時間とは、1 単語目の出題ワードが出た時にスタートし、5 単語目の最後の文字を打ち終わった時までの時間である。

5.1 10 キー

実験から得られた 10 キーの CPM 及び、Cerr を以下の図 6、図 7 に示す。

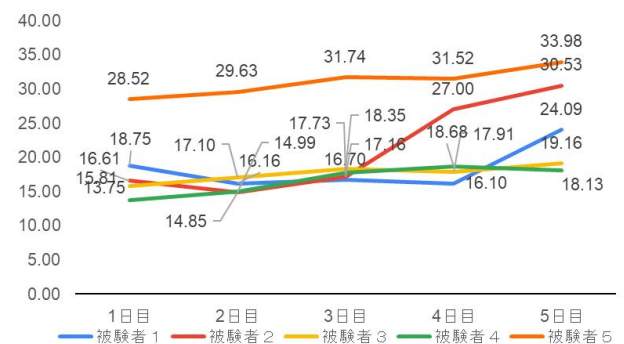


図 6 10 キーの CPM

Figure 6 CPM of 10-key.

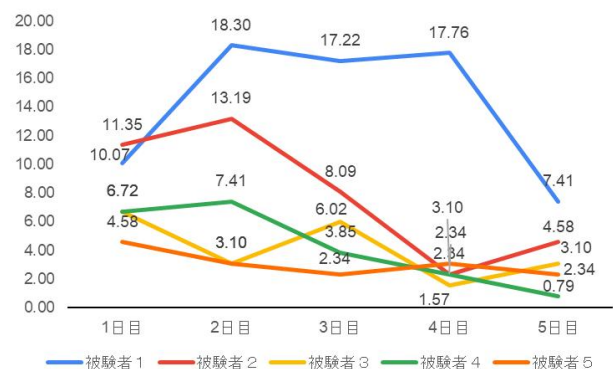


図 7 10 キーの Cerr[%]

Figure 7 Cerr of 10 Key.

10 キーの入力実験では、実験日数の経過により、CPM は日数を追うごとに大きくなり、被験者 5 が 5 日目で 1 分間に約 34 文字の入力が可能となっている。

Cerr では、被験者 2 が 1 日目と 5 日目の間で 6.77%減少することができた。しかし、被験者 1 では、1 日目と 2 日

目の実験で 8.23%の増加が確認できた。その後の実験では、Cerr の減少が確認できたが、4 日目に 0.54%の増加が見られ、最終日には 7.41%まで減少した。被験者 1 に関しては、キャリブレーションの精度が悪かったことが原因であると考えられる。

5.2 5 キー

実験から得られた 5 キーの CPM 及び Cerr を以下の図 8、図 9 に示す。

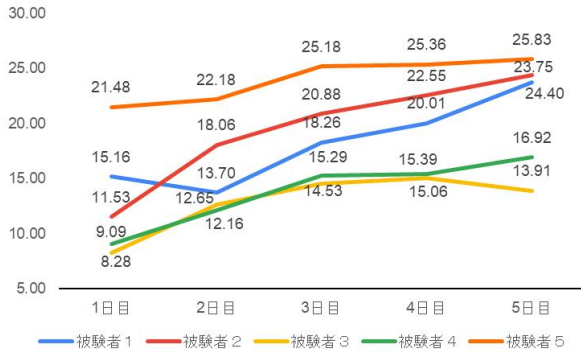


図 8 5 キーの CPM
 Figure 8 CPM of 5 keys.

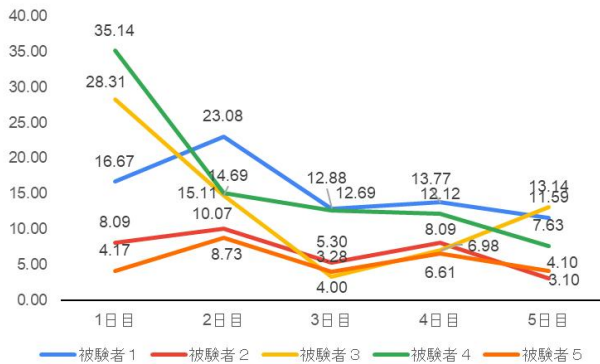


図 9 5 キーの Cerr[%]
 Figure 9 Cerr with 5 keys.

5 キーでは、CPM は 1 日目と、5 日目で CPM の増加が確認できた。被験者 5 が 5 日目で 1 分間に最大 25.83 文字の入力が可能となっている。

Cerr では最小 3.10%となり、被験者 4 が 1 日目と 5 日目で 27.51%減少することができた。しかし、被験者 1 の 2 日目では Cerr が 6.41%増加したが、5 日目には減少することができた。

5.3 50 音盤

実験から得られた 50 音盤の CPM 及び、Cerr を以下の図 10、図 11 に示す。

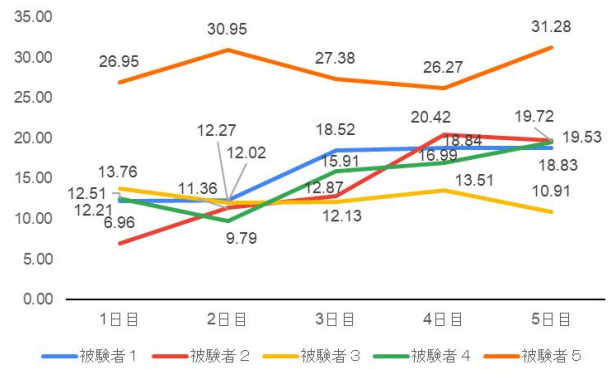


図 10 50 音盤の CPM

Figure 10 CPM of a Japanese syllabary board.

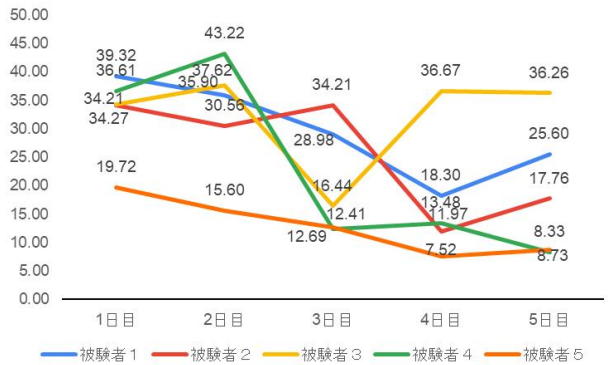


図 11 50 音盤の Cerr[%]

Figure 11 Cerr on a Japanese syllabary keyboard.

50 音盤の入力実験では、CPM の減少が見られず、1 日毎に数値の増減が見られる人が多くいた。1 分間に最大 31.28 文字の入力が可能となった。しかし、被験者 3 は、実験初日と 5 日目では CPM の数値が小さくなってしまった。

Cerr では、最小 8.33%となり被験者 3 では、3 日目に Cerr が大きく減少したものの、4 日目で数値が上がり、5 日目では数値が 1 日目よりも大きくなってしまった。

5.4 比較

10 キー、5 キー及び、50 音盤での 5 日目の平均 CPM と平均 Cerr の実験結果で片側 t 検定を行ったところ、CPM では 10 キーと 5 キーで $p=0.02$ 、10 キーと 50 音盤で $p=0.03$ 、キーと 50 音盤で、0.34 となり、5 キーと 50 音盤以外では有意差が認められた。Cerr では 10 キーと 5 キーで $p=0.04$ 、10 キーと 50 音盤で $p=0.01$ 、キーと 50 音盤で、 $p=0.02$ となり、全てにおいて有意差が認められた。

全体の平均値で比較を行った。CPM と Cerr の比較図を以下の図 12、図 13 に示す。

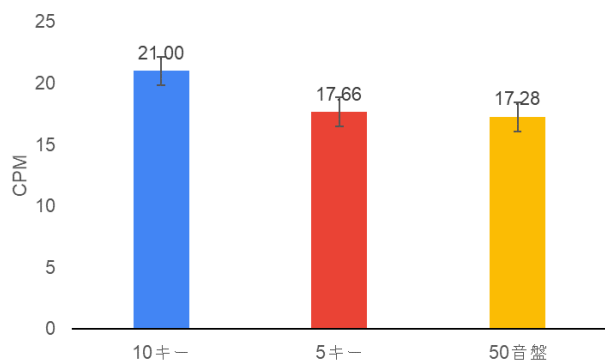


図 12 平均 CPM の比較
 Figure 12 Comparison of average CPM.

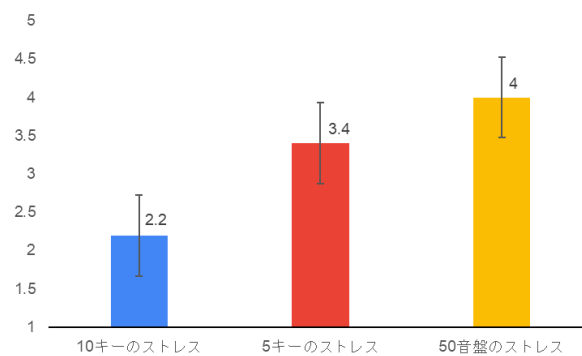


図 15 各キーのストレス
 Figure 15 Stress on each key.

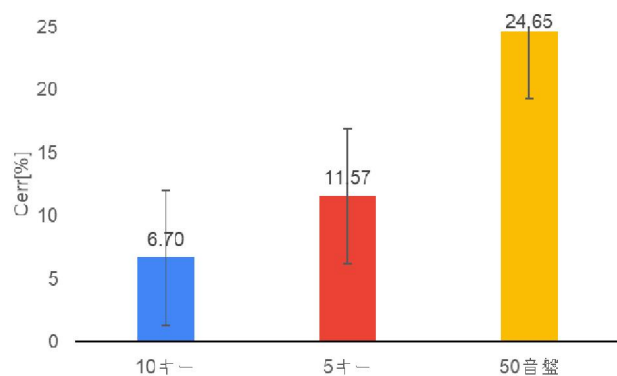


図 13 平均 Cerr[%]の比較
 Figure 13 Comparison of average Cerr.

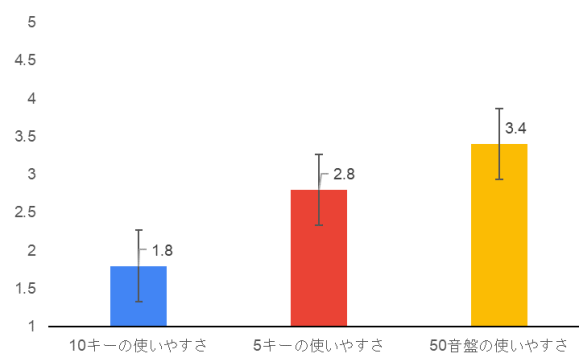


図 16 各キーの使いやすさ
 Figure 16 Ease of use of each key.

CPM では 5 キーが 17.66, 50 音盤では 17.28 とあまり変わらない結果となったが, 10 キーは 21.00 と 2 つの方式を上回る結果となった。

Cerr は, 50 音盤が 1 番大きく 24.65% となった。10 キーは 2 つのキーを大きく下回り, 6.70% の修正済み誤り率となった。

5.5 アンケート結果

アンケートによって得られた 5 段階の評価を平均したグラフを以下の図 14, 15, 16, 17 に示す。

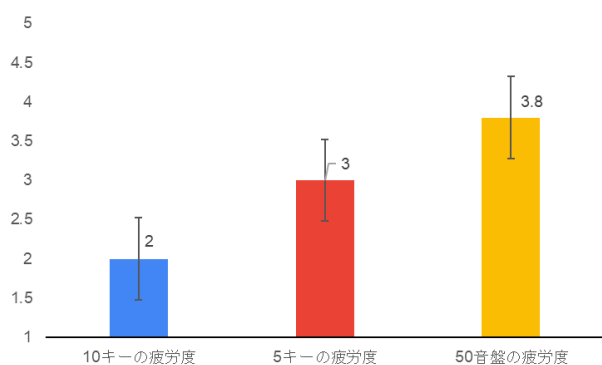


図 14 各キーの疲労度
 Figure 14 Fatigue level for each key.

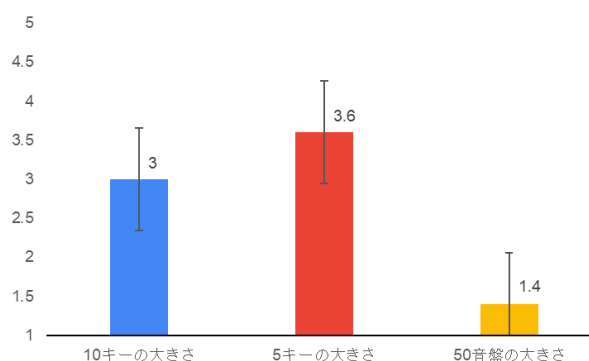


図 17 各キーの大きさ
 Figure 17 Size of each key.

このグラフでは, 疲労度, ストレス, 使いやすさの数値が小さいほど, 良好な結果となっている。大きさに関しては, 数値が小さいほどキーサイズが小さいことを表している。アイトラッキングの精度は, 実験中にトラッキングされている視線の位置と, 実際に見ている位置のズレに関する設問となっていて, 数値が小さいほどズレが少なくなっている。10 キーに関しては, 疲労度, ストレスなく入力できていることが分かる。5 キーは疲労度, ストレス, 使いやすさが普通であることが分かった。50 音盤は使いやすさ

は普通であるが、使用しているの疲労度、ストレスはやや感じているということが分かった。キーサイズは 50 音盤の場合、画面上にあ～わを並べているため、キーサイズが小さいという結果が得られた。また、10 キーと 5 キーではキー全体のサイズは同じであるが、5 キーの方が大きく感じているということが分かった。アイトラッキングの精度に関しては、キャリブレーションがうまくいかない人や、実験中に視線とカーソルの位置がズレてきてしまう人がいたためか、良い精度とまではいかなかった。

主な誤りの原因は、10 キーで多く挙げられているのは、キー入力の際、子音選択をした後に、母音を選択する際、視線の動きにカーソルが追い付いておらず、入力を行ったときに別の文字を入力してしまうことがある。という答えが多かった。5 キーでは、視線を上下に移動させて入力を行うときに、出題単語を見ようとして、ほかのキーの境界を越えてしまい、別の文字を入力してしまう。という答えが多かった。また、10 キー、5 キーともに、濁点と半濁点の配置の記憶違いによるミスがあったという答えもあった。50 音盤では、キー1 個が小さいため、視線がブレたり、出題単語を見ようとして別の文字を入力してしまうという答えが多かった。

最後に、キーに対する感想に答えてもらった。10 キーでは、色分けされて見やすい、ちょうどいいなどがあったが、キーをもう少し縦長にしたら入力しやすくなるという意見もあった。5 キーでは、視線を上下に動かすことは私生活であまりないので、疲れる。といった意見が多く見られた。50 音盤は、キー全体が大きく見やすいが、キー1 個が小さく入力し辛い。キーが大きすぎて探すのが大変という意見もあった。

6. 考察

本実験より、10 キーの平均 CPM と、平均 Cerr が他の手法よりも良好な結果を得ることができた。その理由として、50 音盤よりも縦に小さいキーであるため、移動距離が少なく、また、5 キーでは、視線の上下運動により、文字の選択を行っていたが、10 キーでは、キー内での入力に収めているため、他の手法よりも良好な結果が得られたと考える。10 キーの CPM が最大 33.98 という結果を得ることができた。被験者 1, 2 においては 3 日目、4 日目から数値の増加が確認できた。ほかの被験者も緩やかに数値が増加しているので、実験日数を伸ばすことで習熟が進み、より入力性能が向上できるようになるのではないかと考える。また、Cerr は最小 0.79% となっている。実験日の途中で数値が増加している人も確認できる。しかし、被験者 2 と被験者 4 が 2 日目から数値が減少しているのが確認できるので、Cerr も実験日数を伸ばすことでさらに数値を下げるができるのではないかと考える。被験者 1 は Cerr で 2 日目に急増し、4 日目から急減していることがわかった。被験者 1

はアンケートにてアイトラッキングの精度がやや悪いと答えているので、その影響があったのではないかと考えられる。

10 キーは、5 キーと 50 音盤より、優れていることが分かった。しかし、どの手法の実験においても、4 日目と 5 日目で、Cerr の増加が見られた。これは、実験最終日のため、眼球疲労が蓄積してしまい、誤り率が上がったのではないかと考えられる。

7. おわりに

本研究では、10 個のキーを用いた視線とボタン操作による文字入力方式の検討を行った。今回の結果から、提案方式の平均 CPM が 21.00 文字、平均 Cerr が 6.70% と、入力速度と誤り率において優れた結果を得られたと考える。また、アンケートの 10 キーの使いやすさの項目でも、ほかのキーの使いやすさと比較して、使いやすいと答えた人が多く見られた。しかし、改善点も見られた。まずは、キーサイズである。アンケートでも書かれていたが、5 キーと同じキーサイズにしているため、キー1 個の形が長方形になっているので、長方形ではなく、正方形に近づけた方が、CPM と Cerr をさらに改善できたのではないかと考える。また、アンケートで、濁点・半濁点のキー配置の記憶違いによる誤りがあったと書かれていたので、配置の分かりやすいキー表記を考える必要がある。

謝辞 本研究を進めるにあたって、多大なるご協力いただいた皆様に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] “患者に関する ASL データ|JALSA”
https://alsjapan.org/system-data_about_als/
- [2] “ALS では現れにくい 4 つの症状-SANOFI”
<https://www.sanofi-als.jp/public/als-about/about-04>
- [3] “視線入力について|神奈川県ホームページ”
<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/m8u/tomoikitec1sisen.html>,
- [4] “田辺製薬. Vo6 ALS によるコミュニケーション障害”
https://als-station.jp/recent_situation_06.html, (参照 2018-12-02).
- [5] 下り 藤菜穂子:2 章 重度障がい者のための視線入力インターフェイス, 映像情報メディア学会誌 Vol.69, No.6, pp.530~534 (2015)”
- [6] “ダブル技研株式会社|miyasukuEyeConSW とは”
<http://www.j-d.co.jp/welfare/miyasuku.html>
- [7] 立崎 雄大, 中村 喜宏:5 つのキーを用いた視線入力方式の検討, ヒューマンコンピュータインタラクション学会
- [8] 村田 朋来, 盛川 浩志, 小宮山 撰: 視線によるフリック動作を利用した文字入力. FIT2017 (第 16 回情報科学技術フォーラム), J-029, p403-406.
- [9] 岸川 真, 緒方 公一:視線インタフェースを用いた文字入力システムの開発. 2019 年度 電気・情報関係学会九州支部連合大会 07-1A-14.p85.
- [10] “Click2Speak”
<https://www.click2speak.net/>
- [11] “Tobii pro|キャリブレーションの仕組み”
<https://www.tobii.com/ja/service-support/learning-center/eye-tr>

- acking-essentials/what-happens-during-the-eye-tracker-calibration/
[12] 国立国語研究所コーパス開発センター:「現代日本語書き言葉
均衡コーパス」語彙表短単位語彙表データ(オンライン),
入手先
http://pj.ninjal.ac.jp/corpus_center/bccwj/freq-list.html