

K-45

瞬目・眼球運動を用いた意図伝達代行システム

Communication Substitution System using the Blink and Eye Movement

内藤 敦[†] 野澤 昭雄[†] 田中 久弥^{††} 井出 英人[†]
 Atsushi Naito Akio Nozawa Hisaya Tanaka Hideto Ide

1. はじめに

ALS (筋萎縮性側索硬化症: Amyotrophic Lateral Sclerosis) は、全身の筋肉が徐々に萎縮していく進行性の難病であり、これらの患者は運動障害をかかえているだけでなく、情報弱者でもある。

本研究は、肢体不自由者のコミュニケーションを支援するための生体信号を用いた CA (意図伝達支援装置: Communication Aid) の開発を目的としている。これは、指で行っている文字入力を EOG (眼球電位図: Electrooculogram) が代行するシステムであり、被験者が実験者に意図を伝える手助けを行うものである。また、応用例としてメールクライアントを作成し、文字入力システムで作成した文章を指定したアドレスへ送信できるようにした。

文字入力システムは、瞬目時に発現する活動電位や上下左右の眼球運動時に発現する EOG をリアルタイムで解析し、5 値の意図情報に変換する。眼球運動により仮想キーボード上のカーソルを 4 方向に移動させ、瞬目によりカーソル位置の文字を選択する。これにより意図する文字を入力する。本論では、文字入力システムとして瞬目と眼球運動による文字入力実験を別々に行い、健常者における実験結果と考察を述べる。

2. 瞬目を用いた文字入力実験

< 2.1 > 瞬目

瞬目は、周期性瞬目・反射性瞬目 (以上をまとめて不随意性瞬目と呼ぶ)・随意性瞬目の 3 種類に分類される。本研究では、随意性瞬目を 1 値 (ON or OFF) の入力情報とするために、まず最適な電極配置を探索した。図 2 の 5 個の電極の組み合わせで、被験者に随意性瞬目と不随意性瞬目を行わせた。その結果、随意性瞬目と不随意性瞬目の違いが最も顕著に現れ且つ眼球運動の影響を最も受けにくい左眼上 (X1) と左のこめかみ (X4) の組み合わせを使用することとした。

< 2.2 > 眼疲労度の測定

使用者にとってより使いやすいシステムの作成を目指すために、被験者には実験の前後に眼疲労度調査のためのアンケートを記入させた。項目は疲労度・まぶたの状態・眼の乾燥感・まぶしさ・身体状況の 5 項目、10 段階評価とし、実験前後の相対値を用い眼疲労の定量化を試みた。これは、point が高い程、疲労を感じたことを示す。

< 2.3 > 文字入力実験

被験者は 22, 23 歳の健常成人男性及び女性 5 名 (被験者 A, B, C, D, E) で、室内に高さを調節出来る椅子を設置し、ディスプレイからの距離を約 60cm, 眼の高さは

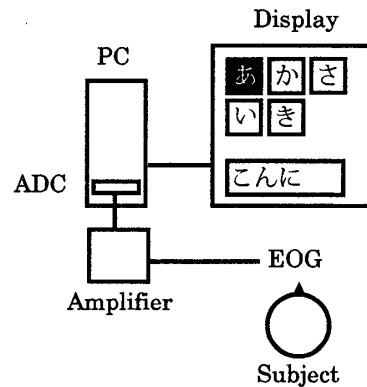


図 1 文字入力システム
 Fig.1. Character entry system

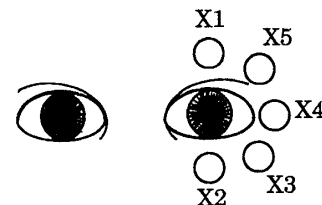


図 2 電極配置 (瞬目)
 Fig.2. electrode system (blinking)

ディスプレイからの距離を約 60cm, 眼の高さはディスプレイからの仰角を 20~30 度となるように安静安楽開眼状態で着席させた。

作成した仮想キーボードは、まず横方向に走査線が移動し、随意性瞬目による入力で縦方向に走査線の移動が変わる。2 度目の随意性瞬目による入力で縦横の走査線が交差したところの文字が入力される。その後、走査線はホームポジションに移動し、横方向の移動が再び開始する。

実験は、ディスプレイ上の走査線の移動する速度を変化させ、入力する文字列は『おはよう こんにちは こんにちは ありがとうございます さようなら』とした。結果を表 1 に示す。なお、各被験者には文字入力システムの取り扱い方を十分に説明し、予備実験を被験者毎に 10 分程度行っている。

意図伝達の定義を、走査線が入力したい文字上にあり且つ随意性瞬目を検知した場合と定義し、意図伝達率を式 (1) のように定義する。

$$\text{意図伝達率} [\%] = \frac{\text{意図伝達回数} [\text{回}]}{\text{全入力回数} [\text{回}]} \times 100 \quad \dots (1)$$

< 2.4 > 結果と考察

全被験者の平均意図伝達率は、走査線の移動速度に関係なく 90% 以上、全被験者中最良の意図伝達率は 100% であった。また、文字入力速度は最速で 6.3 char/min (走査線移動速度 1sec 時) であり、走査線移動速度が速くなるにつれ文字入力速度も増加した。随意性瞬目の入力検

[†] 青山学院大学理工学部, 東京都
 Aoyama Gakuin University, Setagaya-ku, 157-8572
 Japan

^{††} 広島市立大学情報科学部, 広島県

知率はほぼ 100%であるため、誤入力の原因は、被験者が入力のタイミングを失うことが主な原因であり、その要因に眼疲労などが挙げられる。

3. 眼球運動を用いた文字入力実験

<3.1> 眼球運動

人の眼には、角膜と網膜の間に常に一定の電位差(角膜網膜電位: corneo-retinal potential)がある。それを眼周囲の皮膚に装着した電極により、この電位を導出する EOG 法を用いた。電極配置は、EOG 法に基づき利き眼に装着した(図 3)。水平方向運動と垂直方向運動の測定を行い、上下左右の 4 値を入力情報とした。眼球運動方向の判別は、水平方向と垂直方向を別々に行う。眼球偏位角度と発生電位の関係を調べた結果、垂直方向運動時には、眼球偏位角度が上に大きくなるにつれ、電位が+に大きくなり、眼球偏位角度が下に大きくなるにつれ、電位が-に大きくなった(図 4 (i))。水平方向運動でも同様の結果(図 4 (ii))で、それぞれ比例の関係であった。そこで、各方向で眼球偏位角度が 30 度の電位を閾値とし、EOG が一定時間以上閾値を超えた時に、随意眼球運動を検知したとする。

<3.2> 文字入力実験

被験者は 22, 23 歳の健常成人男性及び女性 3 名(被験者 A, B, C)で、ディスプレイから約 60cm の位置に椅子を設置し、安静安楽開眼状態で着席させた。被験者は、眼球運動のみにより仮想キーボード上のカーソルを上下左右に 1 つずつ移動させ、5 秒間の静止でカーソル位置の文字を入力する。その後、カーソルはホームポジションへ戻る。入力する文字列は『こんにちは あけましておめでとう』とした。結果を表 2 に示す。なお、各被験者には文字入力システムの取り扱い方を十分に説明し、予備実験を被験者毎に数回行っている。

意図伝達の定義を、随意眼球運動を検知し且つ意図した方向にカーソルが移動した場合と定義し、意図伝達率を式(2)のように定義する。

$$\text{意図伝達率} [\%] = \frac{\text{意図伝達回数} [\text{回}]}{\text{全入力回数} [\text{回}]} \times 100 \quad \dots (2)$$

<3.4> 結果と考察

全被験者の意図伝達率は 80%を越え、最良で 89%であった。また、文字入力速度は全被験者の平均 4.9 char/min, 最速で 6.3 char/min であった。意図伝達率の低下の原因として、各方向の運動に筋電位などのアーティファクトが混入され、誤って 2 方向の同時検出が行われたことなどが考えられる。

4. まとめ

健常者のワープロ未経験者が 10 時間練習した後のキーボード文字入力速度は 24-33 char/min であることから、これらの文字入力システムは、指によるキーボード入力と比較して 1/7 程度のパフォーマンスである。これは、肢体不自由者向けの CA としては、実用の範囲内にあると考えられる。

瞬目を用いた文字入力の場合、意図伝達率を低下させている原因は、走査線の移動がシステムに同期したものであるということが考えられる。これは、被験者のストレスや眼疲労などを招き、結果として文字入力速度の低下につながっていると考えられる。

しかし、これら 2 つのシステムを合わせることで、被験者が随意にカーソルの移動を行うことができ、文字入力速度の向上と、誤入力時の復帰が可能になることによるストレスの低下などにもつながると考えられる。

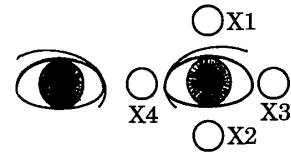
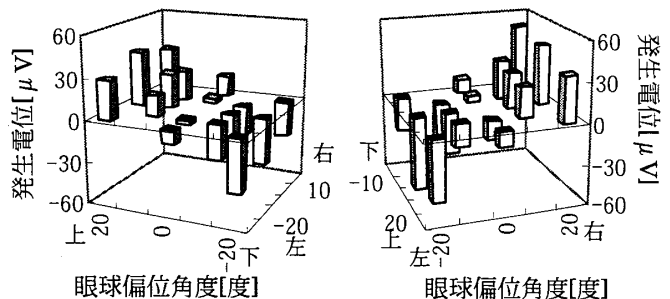


図 3 電極配置 (眼球運動)
Fig.3. electrode system (eye movement)



(i) 電極 X1-X2 (ii) 電極 X3-X4
図 4 眼球偏位角度と発生電位の関係

Fig.4. The relation between eye movement angle and potential

表 1 瞬目を用いた文字入力実験の結果 (全被験者平均)
Table1 Results of character entry experiment using the blink (average of 5 subjects)

走査線移動速度 sec / line	意図伝達率 %	文字入力速度 char / min	眼疲労度 point
1.0	96	6.0	4.4
1.5	98	4.4	2.6
2.0	94	3.2	3.4
3.0	92	2.3	4.4

表 2 眼球運動を用いた文字入力実験の結果
Table2 Results of character entry experiment using the eye movement

被験者	効き眼	意図伝達率 %	文字入力速度 char / min
A	右	89	3.6
B	右	84	4.9
C	左	86	6.3

参考文献

- [1] 井出英人他, 生体情報工学, 森北出版, 1986.
- [2] 田中久弥他, “単一試行の運動関連脳電位解析による意図伝達システム,” Vol.1-C22, pp780/785(2002).
- [3] 苧阪, 古賀, 中溝, 眼球運動の実験心理学, 名古屋大学出版会.
- [4] 苧阪, 心理学研究法 3, 東京大学出版会, 1973.