

K-030

簡易脳波計を利用した文字走査入力 of 検討

A Scanning Communication Aid Based on Simple Electroencephalograph Sensor

畑 諒輔†
Ryosuke Hata森 大毅†
Hiroki Mori

1. はじめに

ALS(筋萎縮性側索硬化症) と呼ばれる病気がある。これは、進行性の難病であり、運動神経が徐々に侵され機能しなくなる病気である。病状が進行すると、一切の随意運動が行えなくなる完全 Locked-in 状態に陥ることもある。ALS 患者が受ける影響として、思考能力や感覚器官は正常に働くが、運動機能の低下により他者とのコミュニケーションを取ることが難しくなることが挙げられる。そのため、随意運動を必要としないコミュニケーション装置の開発が必要である。

本研究は、随意運動を必要としない脳波を利用した文字入力装置を安価な脳波計により実現することを目指す。

2. 脳波を利用した文字走査入力

文字走査入力 [1](図 1) では、五十音表上のカーソルが列方向に自動で移動する。そして、入力したい列にカーソルが移動したときにスイッチ操作を行うことで目的列を選択する。その後、カーソルは行方向に移動し、目的文字で再びスイッチ操作をすることで目的の文字を選択する。この操作を繰り返し行うことで、文章を入力していく。

これに対して、本研究ではスイッチ操作のかわりに、目的列、目的文字にカーソルが停留している間脳波を変化させることで文字を入力する。カーソルはユーザの意志とは関係なく最左列から最右列まで走査し続ける。カーソルが目的文字で停留している期間をターゲット回答期間と呼び、それ以外の文字で停留している期間を非ターゲット回答期間と呼ぶ。ターゲット回答期間と非ターゲット回答期間での脳波の特徴をモデル化することで目的の文字を推定する。1 回の走査で、それぞれの回答期間における脳波の特徴量 (3.1 で説明) が得られる。これらを全て束ねたベクトルで脳波の変化をモデル化する。今回は、文字走査入力のカーソルは列方向のみに移動することとした。これより、1 回の走査につき 11 回答期間の特徴量が得られる (式 (1))。

$$\mathbf{p} = [p_{\text{あ}}, p_{\text{か}}, p_{\text{さ}}, \dots, p_{\text{わ}}] \quad (1)$$

特徴ベクトル \mathbf{p} の分布は、多次元ガウス分布でモデル化する (式 (2))。

$$P(\mathbf{p}|C) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\Sigma|^{\frac{1}{2}}} \exp\left(-\frac{1}{2}(\mathbf{p} - \boldsymbol{\mu})' \Sigma^{-1} (\mathbf{p} - \boldsymbol{\mu})\right) \quad (2)$$

ただし、 n は次元数、 $\boldsymbol{\mu}$ は平均ベクトル、 Σ は共分散行列であり今回は対角成分のみ用いた。

脳波の特徴ベクトルの系列 $\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3, \dots, \mathbf{p}_N$ が与えられたとき、目的の文字は式 (3) の対数事後確率を最大にする文字 C

†宇都宮大学大学院 工学研究科 電気電子システム工学専攻

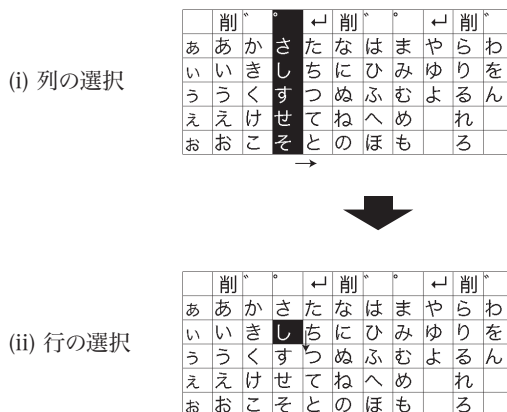


図 1: 文字走査入力 [1]

表 1: 参加者ごとの文字入力実験の正解率 (%) (開閉眼)

	#1	#2	#3
正解率	76	90	90

を求めることで推定する。

$$\log P(C|\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3, \dots, \mathbf{p}_N) = \sum_{t=1}^N \log P(\mathbf{p}_t|C) + \text{const.} \quad (3)$$

3. 文字入力実験

3.1. 開閉眼を利用した文字入力実験

随意運動を必要としない文字入力の予備的検討として、眼の開閉によって容易に制御できる 波 (8~13Hz) を利用した文字入力の精度を検証した。

各列でのカーソルの停留時間は 5 秒間とした。ターゲット回答期間では閉眼を行うことで 波を増加させ、非ターゲット回答期間では開眼を行うことで 波を減少させた。脳波計は、NeuroSky 社製「B3-Band」を用いた。実験参加者は健常者の大学院生 3 名である。入力文字は「あかさたなはまやらわ」の 11 文字である。この実験を、参加者ごとに 10 回行った。分析条件は、分析窓長 2 秒、フレームシフト 0.5 秒とした。実験に用いた特徴量は、波帯域のエネルギーを用いた。各参加者ごとの交差検定により文字入力の精度を評価した。

各参加者ごとの文字入力の正解率を表 1 に示す。参加者のうち最も高い平均正解率は 90% であり、高い精度で文字入力が可能であることがわかった。

このことから、ユーザにより文字入力の精度は異なるが、波が文字入力のトリガーに有効であることが確認できる。

表 2: 参加者ごとの文字入力実験の正解率 (%) (精神活動) **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$

脳波	#1	#2	#3
波	9	16**	19**
波	15*	18**	12
波& 波	10	14	15*

3.2. 精神活動による文字入力実験

完全 Locked-in 状態の ALS 患者も利用できる随意運動を必要としないコミュニケーション装置の開発のためには、開閉眼を利用せずに脳波を制御することが求められる。そこで、精神活動による脳波の制御を試みた。本実験で着目した脳波は、波と波である。精神活動を行うことにより波帯域のエネルギーが減少し、波帯域のエネルギーが増加することが知られている。そのために、ターゲット回答期間で波は減少、波は増加し、非ターゲット回答期間では波は増加、波は減少すると考えられる。そこで、精神活動を用いて文字入力を行い、精度を検証した。本実験では波、波、波と波を同時に分析した場合での3種類の分析を行った。

実験参加者は、3.1と同じ健常者の大学院生3名である。文字入力中は、常に閉眼状態とする。ただし、入力すべき文字の確認のため、必要に応じて眼を開くことを許可した。文字入力は、ターゲット回答期間で精神活動をさせ、非ターゲット回答期間では何も考えないようにさせた。実験参加者には、減算タスクを課した。具体的には、100から3の倍数を連続して引き続けるといったタスクである。特徴量には、波帯域(8~13Hz)と波帯域(13~30Hz)のエネルギーをそれぞれ利用した。分析条件、入力文字は3.1の実験条件と同様である。

参加者ごとの文字入力の正解率を表2に示す。最も高い正解率は、波を利用した場合で19%、波を利用した場合で18%、波と波を利用した場合で15%であった。

実験参加者のうち#1、#2は波を利用した場合に高い精度が得られ、#3は波を利用した場合に高い精度が得られた。どの参加者であっても、文字入力の精度は低い結果となったが、カイ二乗検定の結果、それぞれの実験参加者の最大の正解率は、ランダムに文字を選択した場合に期待される正解率に比べて有意に高いことがわかった。3.1の結果に比べると、本実験ではターゲット回答期間と非ターゲット回答期間がはっきりと分離するような脳波の変化を得ることが出来なかったと考えられる。図2、図3に#2の開閉眼と精神活動でのターゲット回答期間と非ターゲット回答期間の波帯域のエネルギーの分布を示す。図を確認すると、精神活動時のターゲット回答期間と非ターゲット回答期間では開閉眼を利用した時に比べて、分布がはっきりと分離できていないことがわかる。このことから、今後は随意運動を必要とせずにターゲット回答期間と非ターゲット回答期間が分離させる方法の検討を行っていく必要があると考える。

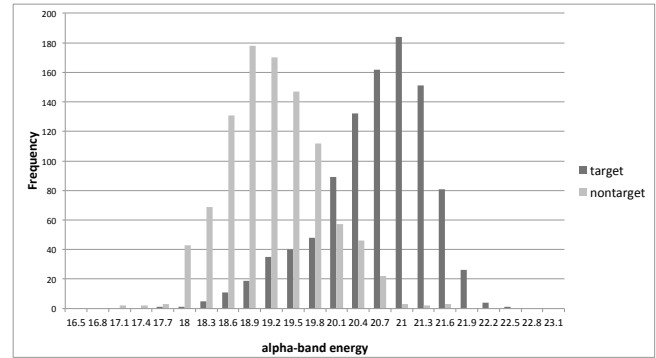


図 2: 開閉眼により制御した波帯域のエネルギーの分布

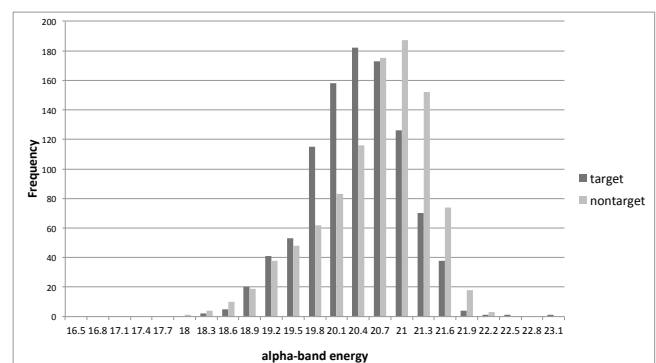


図 3: 精神活動により制御した波帯域のエネルギーの分布

4. おわりに

脳波と文字走査入力を用いたコミュニケーション装置の実現を目指した検討を行った。予備的検討として、開閉眼により波を制御し文字入力実験を行った結果、90%の高い精度で文字を入力することができた。

随意運動を用いない精神活動による文字入力の場合では、実験参加者により15%から19%の正解率であり、十分な精度を得られなかった。今後は、ターゲット回答期間と非ターゲット回答期間の分布がはっきりと分離できる方法の検討を行うことで文字入力の精度の向上を目指す。

参考文献

- [1] 森大毅, 粕谷英樹, “走査型文字入力における自動誤り訂正方式,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, pp.41-46, 2004.
- [2] S. Inoue, Y. Akiyama, Y. Izumi and S. Nishijima, “The Development of BCI Using Alpha Waves for Controlling the Robot Arm”, IEICE Trans. Commun, Vol.E91-B, No.7, pp. 2125–2132, JULY, 2008.