

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：32613

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00762

研究課題名(和文) 神経難病者のニーズ調査に基づく自立住環境支援スイッチの研究

研究課題名(英文) Study on self-sustaining living environment support switch based on needs survey of neurological disorder

研究代表者

田中 久弥 (Hisaya, Tanaka)

工学院大学・情報学部(情報工学部)・教授

研究者番号：80296384

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はALS者の住環境におけるスイッチの一つであるBCIの問題を解決した。ALS者と作業療法士を対象としたニーズ調査を行い、(1)文字入力効率の向上、(2)利用姿勢に合わせた電極配置の検討を行った。(1)文字入力精度を高く維持しつつ文字入力時間を短縮する手法を考案した。実験とシミュレーションの結果、入力時間は1文字当たり、最良で81.6(sec/char)から21.1(sec/char)に短縮され、60.5秒改善された。(2)後頭部に電極を配置できない生活姿勢において負荷の少ない電極配置を検討した。その結果、電極数8から1個まで正答率100%を維持することができた。

研究成果の概要(英文)：This research solved the problem of Brain-Computer Interface (BCI) which is one of switches in the living environment of ALS people. Needs survey was conducted for ALS persons and occupational therapists, (1) improvement of character input efficiency, and (2) electrode arrangement according to usage attitude.

(1) We devised a method to shorten character input time while maintaining high character input accuracy. As a result of experiment and simulation, the input time was shortened from 81.6 (sec / char) to 21.1 (sec / char) at best for 1 character, improved by 60.5 seconds.

(2) Electrode placement with less load in life posture where electrode could not be placed in the back of the head was studied. As a result of statistically determining the optimal electrode placement method for ALS patients and conducting experiments, it was possible to maintain 100% correct answer rate from 8 to 1 electrode.

研究分野：生体情報学

キーワード：神経難病 ALS 脳波 BCI

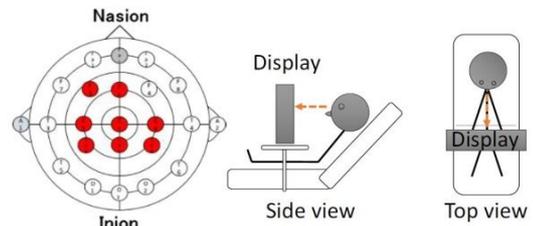
1. 研究開始当初の背景

一般的にコミュニケーションは発話や筆記などによって行われる。しかし、筋萎縮性側索硬化症 (ALS: Amyotrophic Lateral Sclerosis)をはじめとする脊髄小脳変性症などの神経難病は筋肉が徐々に萎縮していくことから発話や筆記、ボディーランゲージなどによるコミュニケーションが困難となる。コミュニケーションが困難になることは、患者のストレスにもなり、生活の質 (QOL: Quality Of Life)の低下に繋がる。そこで、このような患者がコミュニケーションを取る手段として意思伝達補助装置 (CA: Communication Aid)が研究開発されている。微弱な筋肉運動をセンシングすることで文字入力を行う方法などがあり、伝の心やレッツ・チャットなど既に実用化されている。しかし、ALS 患者の場合、全身の筋肉が麻痺するため。残存運動機能を利用する継続的な CA は利用が困難である。一方で、脳活動は正常であり、運動機能に頼る必要がないことから、脳波などの生体信号を利用した CA が新たなコミュニケーション手段として期待されている。そのため、脳波を利用して意思伝達や機器の操作を可能とする BCI (Brain Computer Interface)の研究が盛んに行われている。とりわけ文字入力を目的とした BCI として事象関連電位 P300 を利用した P300 Speller が代表的である。

P300 Speller に関して、ALS 者への BCI 適応を目的として ALS 者のニーズに基づき、電極数の削減などの検証を行ってきた。しかし、先行研究において ALS 者への BCI 適応実験を行った際、文字入力速度が遅いという課題が挙げられた。文字入力時間が長くなるにつれ利用者に注意・集中の負荷がかかる。すなわち応答時間が短縮されると利用者の負担が減ると共に、より円滑なコミュニケーションを行えると考えられる。文字入力時間を短くする方法として文字入力時間を決定するパラメータである刺激回数 (脳波計測データ数)の縮減が挙げられる。Jessica らの先行研究では、刺激回数が多いほど入力精度が上がるということが報告されている。これは加算平均を行うことでノイズが減り、加算平均回数が多いほど他の文字と判別できるためである。しかし、刺激回数を増やすと文字入力時間が長くなるという問題が挙がる。一方で刺激回数を減らすと回数が大きいときと比べ、文字入力精度が低下する。

2. 研究の目的

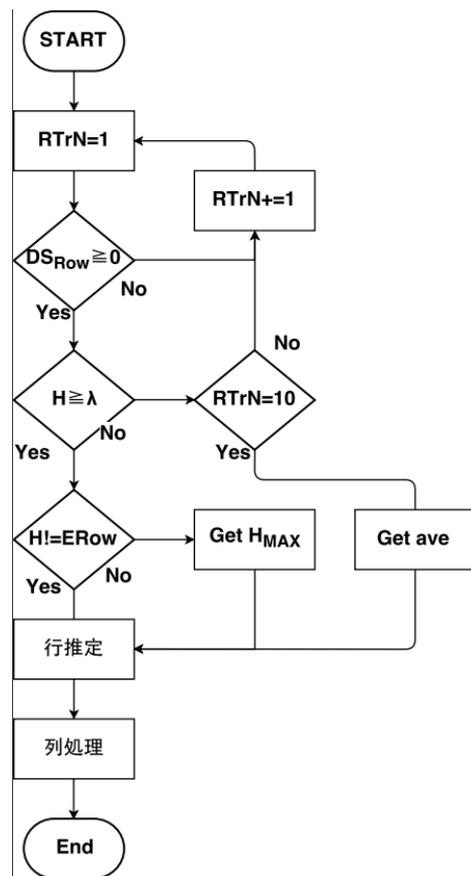
これまでに文字入力時間を短縮するための研究が行われており、文字入力時間短縮の可能性が示されている。そこで、BCI 操作における刺激回数を短縮できる新たな入力文字推定手法を確立することで、入力精度を高く維持しつつ、入力時間を更に短縮させることが可能だと考えた。そこで本研究では、文字入力型 BCI の文字入力精度を高く維持し



つつ文字入力時間を短縮することを目的とし、入力文字推定における判別得点を用いた文字推定手法を提案し、従来手法である加算平均法と比較して文字入力精度を保ちつつ文字入力時間の増加が少ないことを示す。

3. 研究の方法

P300 Speller は P300 反応が最も強く判別された行と列をそれぞれ検知することで文字を推定する。判別得点 (DS: Discriminant score) が最大になる行と列を検出している。ここで行の判別得点は DS_{Row} 、列の判別得点は DS_{Col} とする。判別得点の正負は P300 成分の有無を表している。ここで、P300 は SN 比が小さいため、指定された刺激回数分の脳波データの加算平均が行われている (従来手法)。加算平均を行うことにより、背景脳波が減弱し、判別率は高くなるが、その分文字入力時間が長くなる。また、指定された回数分刺激を行わなければならない。そのため、利用者の集中力の低下や眼球運動の疲れなど、利用者への負担が増大する。そこで、判別得点の特徴を利用して、指定回数分刺激を行わなくてもある一定回数の P300 成分が得られたら刺激を停止する文字推定方法を提

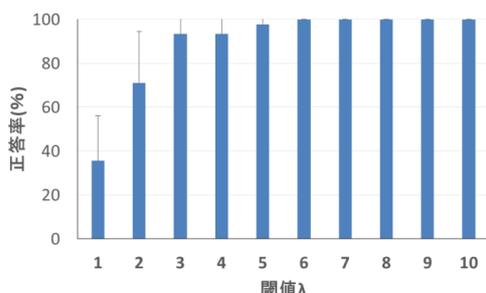


案することにより、判別率を高く保ちつつ入力時間の短縮が期待でき、利用者への負担も軽減できると考えた。

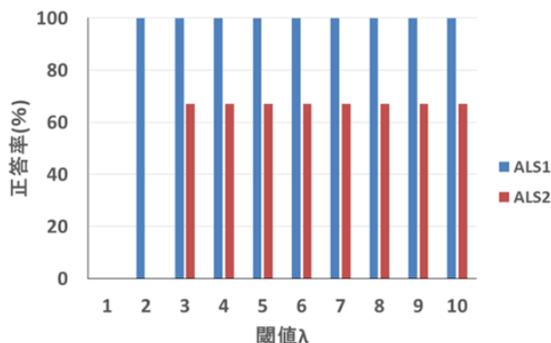
DS_Row は行刺激時の判別得点、DS_Col は列刺激時の判別得点である。本研究では行および列の P300 成分が 0 以上であった場合、つまり P300 成分有りだった場合の数(Hit 数 H とする)を各行各列シミュレーターで計測し、指定回数(閾値 とする)P300 成分ありに到達した時、刺激を停止し、文字推定を行う。閾値 の値は本実験では刺激回数 10 回であったため、1~10 とし、シミュレーションによって決定した。また、行と列の処理は独立に行った。閾値 に到達した H が各行(ERow)で同値だった場合、H の中の各行で加算平均を行い、最大の判別得点の行を推定行とした。また、閾値 に到達しなかった場合、従来通りの指定刺激回数分(10 回)加算平均を行い、最大の判別得点の行を推定行とした。次に列においても同様に処理を行い、列の推定を行う。推定された行と列の交点が推定文字とされ、入力される。

4. 研究成果

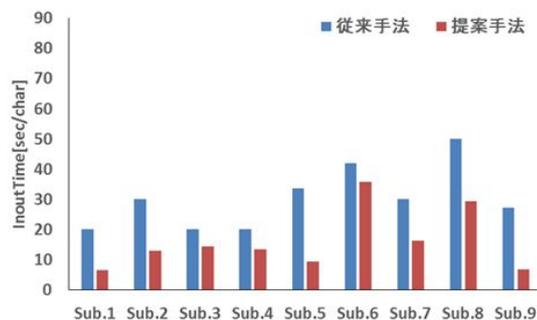
4.1 閾値 に対する正答率 健常者 9 名の閾値に対する平均文字入力正答率の結果を下図に示す。縦軸が文字入力正答率、横軸が閾値 である。 が 1 の値の時、正答率 36%であったのに対し、 が 3 の値の時、正答率は 93%となり、 の値が 6 以上の時、正答率は 100%となった。ALS1 と ALS2 の閾値に



対する文字入力正答率の結果を下図に示す。ALS 者 1 は、 が 1 の値の時、正答率 0%であったのに対し、 が 2 以上の値で正答率 100%を達成した。他方 ALS 者 2 は、 が 1, 2 の値の時、正答率 0%であったのに対し、 が 3 以上の値で正答率 67%であった。いずれの被験者も閾値 の値を大きくすることで、正答率が向上した。

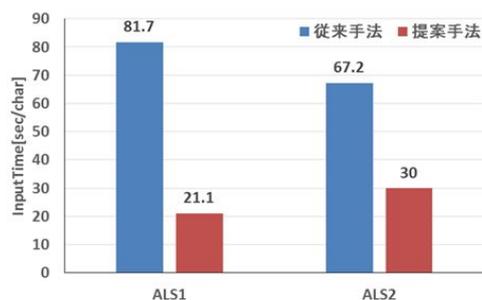


4.2 刺激回数と文字入力時間 健常者における従来手法と提案手法の各被験者の文字入力時間を下図に示す。刺激回数は 1 文



字あたりの平均刺激回数とした。InputTime[sec/chr]は 1 文字あたりの平均入力時間である。結果から、いずれの被験者の場合も従来手法と比較して文字入力正答率を下げることなく行列ともに、少ない刺激回数で文字を推定できていることが確認でき、最大で約 7 刺激分の削減であった。このことより、平均文字入力時間も減り、最大で 33.6sec から 9.4sec に短縮され、約 24 秒短縮した。また、被験者 9 人の平均で約 14 秒短縮した。

ALS 患者における文字入力時間を下図に示す。結果から、ALS 患者においても文字入力精度を保ちつつ、文字入力正答率を下げることなく、少ない刺激回数で文字を推定できていることが確認できた。



本研究では、文字入力型 BCI の文字入力精度を高く維持及び文字入力速度の向上を目的とし、文字推定における判別得点を刺激中に評価し、刺激を中断することにより、BCI 操作における刺激回数を削減する方法を提案した。その結果、全被験者において従来手法である加算平均法と比較して文字入力精度を保ちつつ文字入力時間を短縮することができた。最大では、81.7(sec/char)から 21.1(sec/5char)となり、60.6 (sec)短縮された。このことにより、利用者の集中力の低下や眼球運動の疲れなど、利用者への負担が軽減され、文字入力型 BCI においても円滑なコミュニケーションを行うことが期待できる。今後の課題としては、オンライン処理への実装や動的な閾値 の決定手法の検討などが挙げられる

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

北村 翔太、田中 久弥、ALS 患者における意思伝達支援装置の入力時間改善、査読有、電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌) IEEJ Transactions on -Electronics, Information and Systems Vol.138 No.6 pp.641-647

DOI: 10.1541/ieejieiss.138.641

Yuki Ijichi, Hisaya Tanaka, Electrodes arrangement on brain-computer interface for the ALS's posture, 査読有, Proc. Of The 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics.

DOI: 10.1109/SMC.2016.7844975

Yuma Koizumi, Yuki Ijichi, Hisaya Tanaka, Ayumi Otera, Kayoko Takahashi, Michinari Fukuda and Noriyoshi Asai: "Effective Approach to Character Input for Novice BCI Users", Proc. Of 10th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies, pp.91-93, 2015.

DOI: 10.1109/APSITT.2015.7217083

〔学会発表〕(計 6 件)

北村翔太、田中久弥、BCI 文字推定法の改善による文字入力時間の削減、第 151 回ヒューマンインタフェース学会研究会 (SIG-ACI-20), Vol.19, No.11, pp.37-42(2017)

北村翔太、田中久弥、P300 Speller における刺激提示時間と刺激回数の検討、電子情報通信学会, Vol.114, No.104, pp.11-16 (2016)

Shota Kitamura, Hisaya Tanaka: "The effects of the stimulus onset asynchrony and stimulus number of times on P300 Speller performance", Applied Human Factors and Ergonomics 2016, 2143(2016)

伊地知悠紀、田中久弥、ALS 者の姿勢を考慮した Brain-Computer Interface の電極数と配置の検討、第 129 回ヒューマンインタフェース学会研究会 (SIG-ACI-16), 2015-12.

小泉佑磨、伊地知悠紀、田中久弥、大寺 亜由美、高橋香代子、福田倫也、浅井 憲義: "ALS 者の利用を想定した BCI システムの文字入力評価", ヒューマンインタフェースシンポジウム 2015, 3422, ヒューマンインタフェース学会, 2015-9.

Yuki Ijichi, Hisaya Tanaka: "Study of Electrode Number and Placement for BCI based on Classification Rate of P300", Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences, 2714, 2015-7.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<https://er-web.sc.kogakuin.ac.jp/Profiles/6/0000527/profile.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 久弥 (TANAKA, Hisaya)

工学院大学・情報学部・教授

研究者番号: 80296384