

文章入力速度向上を目的とした P300 speller に対する 入力文字予測システムの実装とその検討†

継岡 恭子*・高橋 弘武*・吉川 大弘*・古橋 武*

Brain-Computer Interface (BCI) とは、脳信号を解析して思考判別を行い、その情報を元に脳からの指令をコンピュータに伝えることで外部機器を制御するシステムである。BCIを用いることで、筋萎縮性側索硬化症患者などの重度障害者が、思考するだけで車椅子制御や他者との意思疎通を行うことが出来るようになり、また、健常者に対しても、アミューズメント用としての応用が期待されている。脳活動の計測には、計測機器が非侵襲・安価であるため最も現実的な脳波 (Electroencephalogram: EEG) が BCI に多く用いられている。Farwell が開発した P300 speller は、脳波から得られる事象関連電位の一種である P300 を特微量として用い、ユーザが選択した文字を判別・入力する BCI の一つである。この P300 speller では、インターフェイスのマトリクス上に文字や記号が配置されており、ランダムに 1 行または 1 列ずつ点灯と消灯が繰り返される。その際、ユーザが選択した文字を含む行または列の点灯により誘発される P300 を用いて文字判別を行うが、P300 は SN 比が悪く、一般に加算平均を行うことで判別精度を向上させている。その結果一文字入力あたり数十秒を必要とし、長文を入力する場合のユーザの疲労が懸念される。一方、携帯電話などに用いられている入力文字予測は、少ないキー操作で文字入力を可能にする機能であり、これを P300 speller に適用することで入力速度の向上が期待できる。本論文において、P300 speller に文字入力の予測変換システムを実装し、日本語文章入力における入力速度の向上性能について検討を行ったところ、シミュレーションでの実験では判別率 100% で 41%、判別率 80% で 48% 文字判別回数を削減することができた。また、実際の脳波を用いた実験では、被験者全体の平均で 21%、最大で 33% 文章入力における所要時間を削減することができ、これによりシステムの有用性が確認できた。

キーワード：BCI, P300 speller, インターフェイス, 予測入力

1. はじめに

Brain-Computer Interface (BCI) は、脳信号を解析して思考判別を行い、その情報を基に外部機器を制御するシステムである [1]。思考するだけで機械の制御や他者との意思疎通を可能にするものであり、運動機能障害を持つ患者はもちろん、アミューズメント用として健常者に対しても、その応用が期待されている。他者とのコミュニケーションや意思の伝達を目的とした文字入力型 BCI としては、 γ 帯域とよばれる脳波の特定の周波数帯域を利用したもの [2]、事象関連同期/脱調を用いて判別可能な運動想起タスクを文字入力に応用したもの [3]、事象関連電位である P300 を利用した P300 speller [4] などが報告されている。これらの中でも特に、P300 speller は最も有名であり、BCI 開発用の汎用プラットフォームである BCI2000 [5] に搭載

されている。しかし、我が国における BCI 研究、特に文字入力を目的とした BCI 研究は立ち遅れており、平仮名入力インターフェイスを用いた P300 speller に関する研究 [6] として一部報告はあるものの、日本語入力システムとして完結したものはこれまで報告されていない。そこで本研究では、日本語入力を目的とした P300 speller の開発を行う。

P300 speller では、ユーザの意図する文字の点灯により誘発される“P300”とよばれる事象関連電位を捉えることで文字入力が可能となる。しかし P300 は SN 比が悪く、P300 speller では一般に、加算平均を行うことで判別精度を向上させている。そのため、単位文字入力あたり数十秒を必要とする。これに対し筆者らはこれまで、最大事後確率を用いた信頼度に基づく自動再送要求手法 (Reliability-based Automatic Repeat reQuest: RB-ARQ) を提案し、さらに RB-ARQ に選択的自動再送要求の考えを導入し、改良した信頼度に基づく選択的自動再送要求手法 (Reliability-based Selective-Repeat Automatic Repeat reQuest: RB-SR-ARQ) により、P300 speller などにおいて、BCI の入力速度の低下を抑えつつ、判別正答率の改善が行えるこ

† A Study on Implementation of Predictive Text to P300 Speller for Improving Spelling Speed
Kyoko TSUGIOKA, Hiromu TAKAHASHI, Tomohiro YOSHIKAWA and Takeshi FURUHASHI

* 名古屋大学
Nagoya University

とを示してきた[7][8]。一方、携帯電話などの文字入力においては、入力速度向上のため、予測変換機能を備えているものが多い。そこで本論文では、この予測変換機能をP300 Spellerに実装することで、文字入力及び文章作成速度の向上を図る。

2. 提案システム

2.1 概要

本論文で提案するシステムを図1に示す。提案システムでは、P300 spellerを用いて入力された文字(列)を予測変換エンジンに送り、予測変換エンジンは変換候補を返す。ユーザは呈示された変換候補を選択することも、新たに文字を入力することも可能である。ユーザの意図する文字列を、入力の早い段階において、変換候補として出現させることで、入力速度の向上が可能となる。

2.2 実装したシステム

P300 spellerはBCI2000に搭載されているものを、インターフェイス部はP300 spellerでは最もポピュラーな6×6行列(図2)を用いた。本システムでは、ローマ字入力により日本語入力を行う。予測変換エンジンとしては、POBox[9]やPrime[10]等が有名であるが、これらは専用のサーバを必要とする。そこで本システムでは、Web APIであるため専用サーバを構築する必要がない、Social IME[11]の予測変換APIを使用した。[11]では、Social IMEの予測変換機能を使用することで、従来の入力方法と比較して、入力時間を平均21%削減可能であることが報告されている。また、P300 spellerとSocial IMEとの仲介を行い、変換候補の表示や入力中の文字列を表示させるためのコンソールアプリケーションを作成した。このコンソールアプリケーションは、P300 spellerを用いて入力されたアルファベットを順に記録し、可能であれば逐次かな変換を行う。また、Social IMEの予測変換APIにより取得した変換候補は、最大5つ表示するようにした。実装したシステムの全体図を図3に示す。

次に、図2に示すP300 spellerインターフェイス上で、各文字を入力した際のコンソールアプリケーションの動作を図4のコンソールアプリケーションでの表示例を用いて説明する。

- 「A」～「Z」が入力された場合、それを未確定文字列(まだ変換を行っていない文字列)に追加し、未確定文字列から予測される変換候補を最大5つ表示する。「現在の文字列」では、確定(変換)済みの文字列の後に未確定文字列が追加されていく。(図中(1))

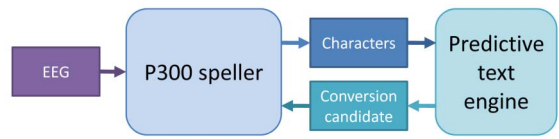


図1 提案システムにおける予測変換イメージ

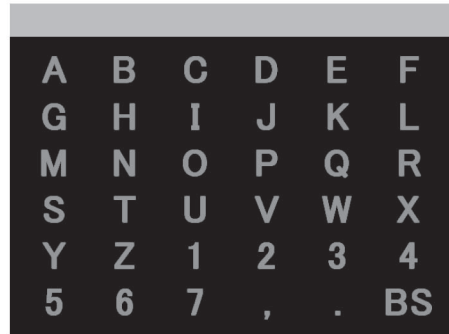


図2 P300 Spellerのインターフェイス

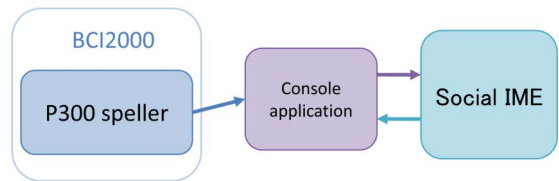


図3 実装したシステムの全体図

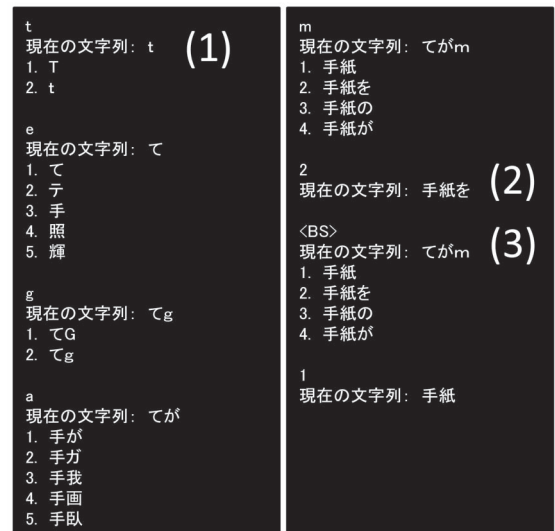


図4 コンソールアプリケーションでの表示例

- 変換候補が表示されているときに、「1」～「5」が入力された場合、番号に対応した候補に文字(列)を変換し、未確定文字列を空にする。また、「6」で

ひらがな変換, 「7」でカタカナ変換を行う. 「1」～「7」は, 変換とともに未確定文字列の確定を行う役割を持つ. (図中(2))

- 「,」は読点, 「.」は句点を入力する.
- 「BS」はバックスペース機能で, かな変換前(ローマ字)の未確定文字列の最後尾の文字の削除を行う. ただし, 変換後(「1」～「7」選択後)に「BS」を選択した場合, 直前の変換(確定)を取り消す. (図中(3))

3. 実験

ここでは, P300 spellerに予測変換機能を搭載することで, 入力速度がどの程度向上するかについて検証した. P300 spellerを含めBCIの性能は一般的に, 個人差よる違いが大きく, また同じ被験者であっても, その時の体調等の影響を受けることで結果にばらつきが生じる. これらの影響を最小限に抑えるため, 初めにシミュレーションによる実験を行った. その後実際のEEGデータによる実験を行い, 提案手法の実用性を検証した.

3.1 シミュレーション実験

BCI2000に実装されているP300 spellerは, 脳波による文字入力以外に, 開発者向けの機能としてマウスクリックによる文字入力が行えるため, 本節ではこの機能を用いて検討を行う. ただし, 脳波による入力実験を想定し, 20%の確率でクリックした文字と違う文字を入力するように設定した. また本実験では, Social IMEの評価実験に用いられた文章の一部(下記文章)を入力した.

「突然のお手紙失礼いたします。私は現在、就職活動をしております名古屋大学大学院工学研究科の鈴木と申します。」(52文字)

単位文字あたりのシーケンス(全ての行および列が一回ずつ点灯する単位)数を5とした. これにより, 単位文字あたり十数秒必要であるとした場合, 文章入力時間は1～2時間程度となる. 本実験では, 前述の通り文字選択(図2)の誤り確率を20%としたときの文章入力を, (I)予測変換ありと(II)予測変換なしでそれぞれ10回, エラー選択なし(誤り確率0%)での文章入力を(III)予測変換ありと(IV)予測変換なしでそれぞれ6回行った. なお, 予測変換を用いない場合は, その時入力されている文字数以上の文字数の変換候補を選択せずに, 変換したい分の文字を完全に入力し終えてから変換した. すなわち, 予測変換なしの場合は, 漢字変換としてシステムを用いた.

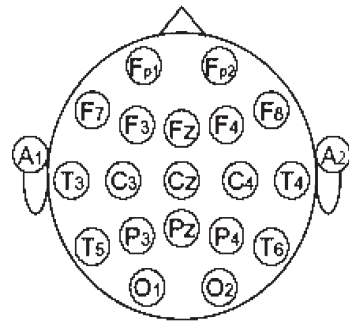


図5 電極配置

3.2 EEGデータによる実験

国際10-20法[12]に従い, 図5中の5電極(Fz, Cz, Pz, O1, O2), および基準電極として左耳朶A1, 右耳朶A2に電極をそれぞれ貼付し, 脳波を計測した. 計測器には(株)デジテックス研究所製のPolymate AP216を用いた. 被験者は(a)～(f)の6人, サンプリング周波数100Hzにより計測を行った. 脳波データにハイパスフィルタを適用した後, 線形判別分析により文字判別を行った. 脳波データの前処理及び判別方法は[8]を参照されたい. 後述のように, 一文字あたりの入力時間を最大約20sとし, また, 文字入力を終えてから, 次の文字入力が始まるまでの時間は, 変換候補を選ぶ場合の思考時間を考慮して6sとした. テストデータでは, ローマ字入力による日本語入力及び漢字変換による文章入力をタスクとし, 以下の4手法を用いて実験を行った.

- (手法1)RB-ARQ予測変換無し
- (手法2)RB-ARQ予測変換有り
- (手法3)RB-SR-ARQ予測変換無し
- (手法4)RB-SR-ARQ予測変換有り

(手法2)及び(手法4)の「予測変換有り」は, 変換候補が現れた時点で予測変換を行い, (手法1)及び(手法3)の「予測変換無し」は, 変換したい分の文字を完全に入力し終えてから変換をするというものである. (手法1)及び(手法2)のRB-ARQとは, 最大事後確率で表される文字判別率の期待値を基準に, 入力時間を動的に決定する手法である. また(手法3)及び(手法4)のRB-SR-ARQとは, RB-ARQと同様に入力時間を動的に決定するとともに, 事後確率を基準に行及び列(図2)を選択的に点灯させる手法である. RB-ARQ及びRB-SR-ARQの詳細については, [8]を参照されたい. テストデータ用の文字入力実験として, 予測変換機能を使わない場合, 入力数に差がないような下記の4文章を用いた.

- (i) 暑中お見舞い申し上げます。
- (ii) 猛暑が続いておりますが、
- (iii) 皆様のご健康を
- (iv) お祈りいたしております。

これらの文章は、Social IMEの評価実験[11]に用いられた文章を参考に作成した。1文章を1セッションとし、4文章に対し上記4手法をランダムに割り当て、(i)～(iv)の順番でテストを2回繰り返し、合計8セッション行った。つまり、各手法につき2セッション行った。

4. 結果と考察

4.1 シミュレーション実験

図6、7に、それぞれ(I)～(IV)各実験での文章入力にかかった時間とクリックを行った回数の、平均と標準偏差を示す。(III)、(IV)各実験の平均を用いて計算を行ったところ、エラー選択がない場合、予測変換を用いることで、用いない場合よりクリック数・所要時間も約41%減少することがわかった。また(I)、(II)のエラー選択がある場合では、約48%減少することがわかった。

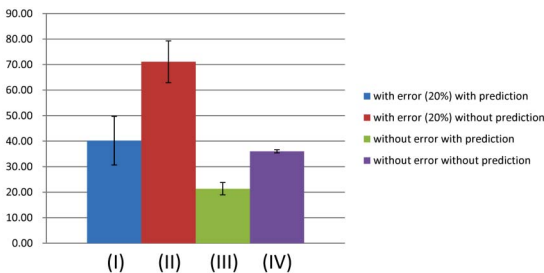


図6 所要時間(分)

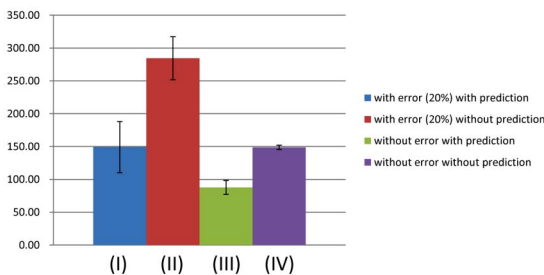


図7 クリック数

4.2 EEGデータによる実験

表1に、各被験者の文章入力における、アルファベット一文字入力に対する平均判別正答率、平均判別回数ならびに平均所要時間と、後述する、Utility[13]の平均値を手法ごとに示す。なお、平均判別正答率は式(1)、平均判別回数は式(2)で定義される。

$$\text{正答率} = \frac{\text{正しく文字が判別された回数}}{\text{文字判別を行った回数}} \quad (1)$$

$$\text{平均判別回数} = \frac{\text{文字判別を行った回数}}{\text{予測変換なしでの入力に必要な最小文字数}} \quad (2)$$

式(2)において、例えば(i)の文章を入力時に、「shocx (BS)h3mousu (BS)ia1」と実際に入力した場合、入力文字数(判別回数)=17が分子に、予測なしの場合に必要な最小文字数での入力「shochuomimailmouisiagemasu.1」の入力文字数=28が分母にあたる。また式(2)の値が小さいほど、少ない文字判別回数で文章を入力できたことになる。予測変換を用いることで、用いないときよりも平均判別回数の値が小さくなることが期待される。

また、Utilityの計算には以下の式(3)を用いる。

$$U = \frac{(2P - 1) \log_2(N - 1)}{d} \quad (3)$$

ただし、 N は判別クラス数(選択可能な文字の種類を示す。本実験では $N=36$)、 P は判別正答率、 d は一文字あたりの入力時間である。Utilityは、誤判別文字を消去する機能であるバックスペースが文字候補の一つにあることを想定したときに、完璧な文字入力を行う場合の情報伝達速度を示している。ただし P が0.5以下の場合、 $U=0$ となる。詳細については[13]を参照されたい。

なお、UtilityはP300 speller自体の性能指標であり、予測変換の仕様が直接影響するものではない。しかし、呈示される予測候補を確認し、選択することで、P300 spellerにおけるタスク(意図する文字の点灯回数の計数)への影響が懸念されるため、本実験ではUtilityも併せて確認した。各被験者、各手法における平均判別回数を図8に、一文字入力に対する平均所要時間を図9に示す。また図10にRB-ARQとRB-SR-ARQのそれぞれの場合のUtilityを、図11に予測変換を行った場合と行わなかった場合のそれぞれのUtilityを示す。図8より、被験者全体の平均で31%、特に被験者(b)では最大61%の判別回数の減少が見られた。また、有意水準1%のもとで反復測定二元配置分散分析(repeated-measured two-way ANOVA)を行った結

表1 判別正答率, 平均判別回数, 平均所要時間, Utilityの比較

	判別正答率 [%]				平均判別回数 [回]				平均所要時間 [秒]				Utility [bps]			
	RB-ARQ		RB-SR-ARQ		RB-ARQ		RB-SR-ARQ		RB-ARQ		RB-SR-ARQ		RB-ARQ		RB-SR-ARQ	
prediction	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes	no	yes
(a)	82.50	86.11	76.18	84.09	1.59	1.04	1.74	1.63	30.42	20.80	26.64	26.31	0.21	0.25	0.22	0.28
(b)	96.88	100	80.60	91.12	1.24	0.49	1.89	0.78	10.52	7.10	11.37	7.98	1.09	1.21	0.93	1.12
(c)	68.71	62.82	68.44	65.06	3.26	2.66	3.65	2.41	35.75	29.19	26.35	19.39	0.21	0.15	0.34	0.26
(d)	100	96.43	89.04	92.86	1.11	0.53	1.08	0.95	13.55	9.08	12.49	10.00	0.67	0.66	0.57	0.96
(e)	81.42	72.99	83.02	77.80	1.80	1.35	1.68	1.08	14.92	11.54	12.16	9.44	0.58	0.69	0.81	0.70
(f)	76.49	78.25	74.84	66.09	2.20	1.26	2.49	2.16	18.12	12.69	14.89	14.01	0.45	0.51	0.65	0.41

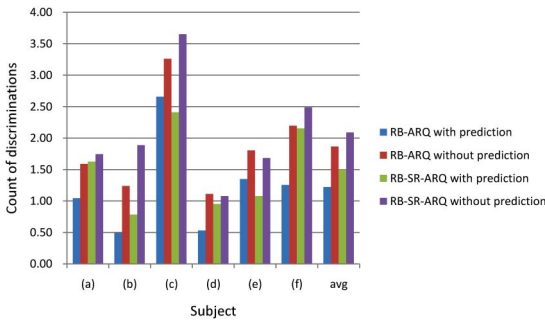


図8 一文字に対する文字判別の平均回数

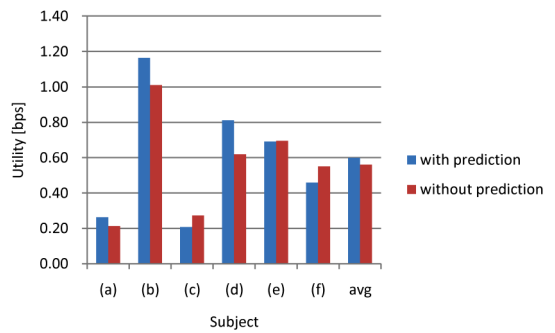


図11 Utility(予測変換での比較)

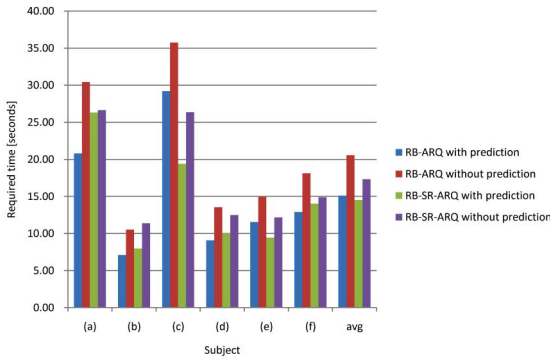


図9 一文字に対する文字判別の平均所要時間(秒)

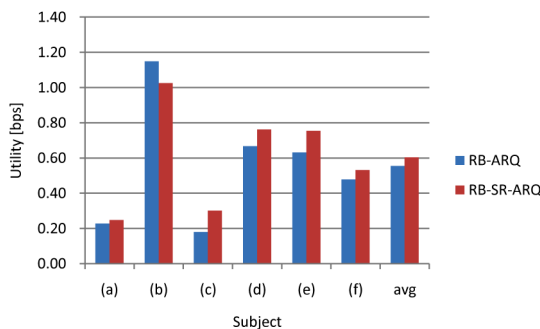


図10 Utility(RB-ARQとRB-SR-SRQでの比較)

果, 平均文字判別回数の予測変換の有無による有意差があり, 平均文字判別回数は予測変換を用いることによって減少することがわかった. また図9において, 文章入力の所要時間に関しても, 被験者全体の平均で21%, 特に被験者(d)では最大33%の減少が確認できた.

図10より, Utilityに関しては, (b)を除く5人の被験者に対してはRB-SR-ARQを用いたほうがUtilityが高くなることがわかる. また図11において, 予測変換の有無によるUtilityの値の違いには有意差は見られなかった.

4.3 考察

提案システムにより, 入力速度の向上が可能となり, 被験者の疲労を軽減する効果が期待できる. 一方, 今回使用したSocial IMEは, 表示される変換候補の質の一部偏りがあり, 未確定文字列に文字を多く追加入力しないと表示されない候補もあった. そのためこのSocial IMEに学習機能を実装することで, これらの予測変換性能の向上が図れると思われる. また今回の実験では, 変換候補の最大表示数(本システムでは最大5)が少ないと感じられた. 表示する変換候補の数を増やすには, 現在6×6の行列で行っている文字入力のインターフェイスにおける行列数を増やすこと

で、変換候補の選択番号の数を増やすという方法が考えられる。しかし、候補数が増えることにより、行列の点灯時間や、候補選択のための思考に必要な試行間の休憩時間が増加するおそれがあるため、それについても検討していく必要がある。

5. まとめ

P300 spellerは、思考のみで文字入力を可能とするBCIアプリケーションである。本論文では、携帯電話などでよく用いられる予測変換機能をP300 spellerに実装し、文字入力速度の向上を図った。実験により、予測変換機能を実装することで、文章入力の速度が向上することが確認できた。入力する文章量が多くなることで、この効果はさらに期待できると思われる。今後の課題としては、Social IMEにおける学習機能の追加と、入力インターフェイスの改良が挙げられる。

6. 謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費(基盤研究(C), No.22500200)の補助を得て遂行された。

参考文献

- [1] J.R. Wolpaw, N. Birbaumer, D.J. McFarland, G. Pfurtscheller, and T.M. Vaughan. Brain-Computer interfaces for communication and control. *Clinical Neurophysiology*, Vol.113, No.6, pp.767-791, 2002.
- [2] キヤノン株式会社. 脳波による文字入力方法, および装置. 特開2004-236682, 2004.
- [3] B. Blankertz, M. Krauledat, G. Dorn-hege, J. Williamson, R. Murray-Smith, and K.R. Muller. A note on brain actuated spelling with the Berlin brain-computer interface. In *Proceedings of the 4th international conference on Universal access in human-computer interaction : ambient interaction*, UAHCI'07, pp.759-768, Berlin, Heidelberg, 2007. Springer-Verlag.
- [4] L.A. Farwell and E. Donchin. Talking off the top of your head : toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, Vol.70, No.6, pp.510-523, 1988.
- [5] G. Schalk, D. McFarland, T. Hinterberger, N. Birbaumer, and J. Wolpaw. BCI2000 : A General-Purpose Brain-Computer Interface (BCI) System. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol.51, No.6, pp.1034-1043, 2004.
- [6] K. Takano, T. Komatsu, N. Hata, Y. Nakajima, and K. Kansaku. Visual stimuli for the P300 brain-computer interface : A comparison of white/gray and green/blue flicker matrices. *Clinical Neurophysiology*, Vol.120, No.8, pp.1562-1566, 2009.
- [7] H. Takahashi, T. Yoshikawa, and T. Furuhashi. A Study on Application of Reliability Based Automatic Repeat Request to Brain Computer Interfaces. In *Advances in Neuro-Information Processing*, pp.1013-1020. Springer-Verlag, 2009.
- [8] 金田佑介, 高橋弘武, 吉川大弘, 古橋武. 信頼度に基づく選択的自動再送要求手法のp300 spellerへの適用とオンライン実験による性能評価. 信学技報, Vol.110, No.461, pp.35-40, 2011.
- [9] T. Masui. POBox : An Efficient Text Input Method for Handheld and Ubiquitous Computers. In *Proceedings of the International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, HUC'99, pp.289-300. Springer-Verlag, 1999.
- [10] H. Komatsu, S. Takabayashi, and T. Masui. Corpus-based Predictive Text Input. In *Proceedings of the Third International Conference on Active Media Technology*, pp.75-80. IEEE Press, 2005.
- [11] 奥野陽, 萩原将文. インターネットを用いた日本語入力システム (日本語処理・文法). 情報処理学会研究報告, 自然言語処理研究会報告, No.36, pp.1-6, 2009.
- [12] H.H. Jasper. The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, No.10, pp.371-375, 1958.
- [13] B. Dal Seno, M. Matteucci, and L.T. Mainardi. The Utility Metric : A Novel Method to Assess the Overall Performance of Discrete Brain-Computer Interfaces. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, Vol.18, No.1, pp.20-28, 2010. (2011年5月31日 受付)
(2011年10月12日 採録)

[問い合わせ先]

〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町
名古屋大学大学院 工学研究科 計算理工学専攻
継岡 恭子
TEL : 052-789-2793
E-mail : tsugioka@cmlpx.cse.nagoya-u.ac.jp

著者紹介

つぎおか きょうこ
継岡 恭子 [非会員]

2010年名津大学コンピュータ理工学部卒業。現在、名古屋大学大学院工学研究科博士前期課程在学、MC2、ブレインコンピュータインターフェイスに関する研究に従事。

たかはし ひろむ
高橋 弘武 [学生会員]

2009年名古屋大学大学院工学研究科博士前期課程修了。現在、名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程在学、日本学術振興会特別研究員DC3、神経科学・工学に関心があり、ブレインコンピュータインターフェイスに関する研究に従事。IEEE、電子情報通信学会、計測自動制御学会、日本知能情報ファジィ学会会員。

よしかわ ともひろ
吉川 大弘 [正会員]

1997年名古屋大学大学院博士課程修了、同年カリフォルニア大学パークレー校ソフトコンピューティング研究所客員研究員。1998年三重大学工学部助手。2005年名古屋大学大学院工学研究科COE特任准教授。2006年10月同研究科准教授。現在に至る。主としてソフトコンピューティングとその応用に関する研究に従事。博士（工学）

ふるはし たけし
古橋 武 [正会員]

昭和60年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程電気系専攻修了。工学博士。平成16年名古屋大学大学院工学研究科計算理工学専攻教授。現在に至る。ソフトコンピューティング、感性工学に関する研究に従事。平成8年日本ファジィ学会論文賞受賞。IEEE、日本知能情報ファジィ学会、電気学会等の会員。

**A Study on Implementation of Predictive Text to P300 Speller for
Improving Spelling Speed
by
Kyoko TSUGIOKA, Hiromu TAKAHASHI, Tomohiro YOSHIKAWA
and Takeshi FURUHASHI**

Abstract :

Brain-Computer Interfaces (BCIs) are promising technologies that control computers by thoughts, and they are used to restore control and communication for severely paralyzed people such as those with amyotrophic lateral sclerosis (ALS). Moreover, BCIs can be appealed to healthy people as well. The P300 speller is one of the BCI applications, which uses the P300 : an feature of electroencephalogram (EEG), and it allows users to select letters just by thoughts. The P300 speller presents the user with a matrix containing letters and numbers. The user attends to a character to be communicated and the rows and columns of the matrix are briefly intensified randomly. The intensification of the attended character is served as a rare event in an oddball sequence and it elicits a P300 response. The P300 speller detects the character with the elicited P300 response. However, due to the low signal-to-noise ratio of the P300, signal averaging is often performed, which improves the spelling accuracy but degrades the spelling speed. Predictive text, implemented in the most mobile phones, enables users to spell with fewer key presses; thus, it could improve the spelling speed of the P300 speller. This paper implements a predictive text to the P300 speller, and examines how much the spelling speed for Japanese text is improved. In result, the input time was reduced 21% on an average, 33% at the maximum in the experiments using EEG and the usability of the proposed system was confirmed.

Keywords : BCI, P300 speller, Interface, Predictive text

Contact Address : **Kyoko TSUGIOKA**

*Department of Computational Science and Engineering, Graduate School of Engineering,
Nagoya University
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, 464-8603, JAPAN
TEL : 052-789-2793
E-mail : tsugioka@cplx.cse.nagoya-u.ac.jp*