二画面切り替え型インタフェースによる 日本語 P 300 speller の性能改善†

山本 裕也*・吉川 大弘*・古橋 武*

近年、使用者の思考のみで機械の制御や他者とのコミュニケーションを可能にする Brain-Computer Interface (BCI) の研究が盛んに行われている。その中でも文字入力型 BCI として、特徴的な脳波（事象関連電位）の一種である P 300 を用いた P 300 speller が考案されている。日本語 P 300 speller においては、主に一画面のみの行列型インタフェースが用いられるが、選択可能な文字の候補が多いために、入力時間の増加や精度の低下といった問題を引き起こしている可能性がある。本論文ではこれらの問題を解決するため、二画面行列型インタフェースを考案し、性能の比較検討を行う。

キーワード：BCI, P 300 speller, 2 画面インタフェース, 入力時間, Utility

1. はじめに

近年、人間の活動時に生じる脳信号を計測することで、四肢を用いることなくコンピュータなどの外部機器の操作を可能とする Brain-Computer Interface (BCI) の研究が盛んに行われている [1][2]。このような BCI は、筋委縮性側索硬化症 (ALS) 患者 [3] などの、脳活動は正常であるが、体に重度の四肢麻痺を抱え意思疎通が困難な人のための、コミュニケーションツールとして発展が期待されている。BCI の一つに、事象関連電位 (ERP) の一種である P 300 を特徴量に用いることで、ユーザの意思により文字入力が可能な P 300 speller [4] が存在する。P 300 はオドボール課題 [5] のように、出現頻度の異なる二種類以上の刺激呈示を使用者に与えた際に、低頻度の刺激にのみ意識を向けることで、低頻度刺激の呈示から約 300 ms 後に誘発される陽性の電位である。P 300 speller では、様々な形態のインタフェースが考案されているが、本論文においては、図 1, 図 2 のような、行列型に文字が配置されているインタフェースを対象とする。行列型インタフェースにおいては、各行および各列が 1 つずつランダムに点灯することで、視覚的な刺激を使用者に呈示する。使用者は選択したい文字に対して意識を向けることで、選択したい文字が含まれる行や

列の点灯時に P 300 が誘発される。この P 300 を捉えることにより、使用者の選択したい文字が特定され、文字入力が可能となる。なお、本論文ではすべての行と列が 1 度ずつ点灯することを 1 シーケンスと呼ぶ。

Farwell らによって開発された P 300 speller のインタフェースは、図 1 に示すアルファベットが表示された英字インタフェースであり、従来は日本語入力においても、このインタフェースを用いたローマ字入力が行われていた。しかし、実際の ALS 患者らによる臨床実験において、ローマ字入力では日本語を直感的に

図 1 英語入力インタフェース

図 2 日本語入力インタフェース

† Improvement of performance of Japanese P 300 speller by switching second display
Yuya YAMAMOTO, Tomohiro YOSHIKAWA and Takeshi FURUHASHI

* 名古屋大学
Nagoya University

入力できないため、一文字一文字に若干の思考時間が必要であり、これに伴い文字入力の正答率が低下する結果となった。そこで、英字インタフェースに代わり、ひらがな（50音）が6×10の行列型に配置された、図2に示す日本語入力インタフェースを用いることとする。しかし、一方でひらがな表示においては、アルファベットに対して候補となる文字数が増加するため、英字のインタフェース（6×6行列型）よりも選択肢が多く必要となる。その際、この行列サイズの増加により、1シーケンスあたりの点灯時間が長くなる、文字間隔が狭くなるなどの要因により、入力時間の増加、正答率の低下といった問題が生じる[6]と考えられる。そこで本論文では、これらの要因を排除することによる入力時間の短縮および正答率の向上を目的として、新しい日本語入力インタフェースの提案を行う。提案するインタフェースでは、＜次＞および＜戻＞のコマンドを入力することにより、ひらがなの前半と後半とを切り替えて文字の入力を行う。実験において従来インタフェースとの比較を行い、提案インタフェースにより2文字の入力性能が向上することを示す。

2. 提案インタフェース

2.1 二画面インタフェース

従来の日本語入力においては、図2のように、1つの画面に50音および記号の選択肢が表示された、6×10の行列型インタフェースが用いられてきた[7]。しかし、このインタフェースでは、ひらがな表示による行列サイズの増加が原因で、いくつかの問題点が生じる。一つは、1シーケンスあたりの点灯数の増加である。またその他にも、画面に表示される文字数が増加することで、文字同士の間隔が狭くなり、使用者が本来入力したいターゲットの周辺の文字に対して誤入力頻度が増加することが考えられる。

そこで本論文では、図3のように、1つの画面を二分割することで、1画面に表示される行列サイズを6×5と小さくし、文字間隔を広くとったインタフェースを提案する。このインタフェースでは、使用者には「あ～な行」を表示した図3の右側の画面が最初（文字の入力ごと）に表示されており、＜次＞や＜戻＞コマンドを入力することにより画面の切り替えを行うことができる。なお、図3の右側の画面を第一画面、左側の画面を第二画面とし、インタフェースに表示されている、ひらがなや記号のひとつひとつを1コマンドと呼ぶ。また本論文では、図2の従来の日本語インタフェースを1matrix、図3の提案インタフェースを2matricesと呼ぶ。

表1に、1matrixと2matricesの特徴の比較を示す。

図3 提案インタフェース

表1 インタフェース間の比較

	1matrix	2matrices
文字間隔	狭い (1画面に10列)	広い (1画面に5列)
点灯数 (1seqあたり)	16点灯 (6行+10列)	11点灯 (6行+5列)
行列の画面移動	不要	必要

1つの画面に表示される文字数は、1matrixと比較して2matricesが少なくなるため、文字間隔が広くなり、ターゲット周辺文字への誤入力確率が低くなると期待できる。一方で、2matricesにおいては、二画面目にある文字を入力する場合には、＜次＞の画面移動のコマンドとターゲット文字の2度の入力を成功させる必要があるため、2コマンド分の入力時間が必要であることや、正答率が低下する（正答率が90%のとき、二画面目の文字に対する正答率は81%（0.9×0.9）となる）ことが考えられる。

2.2 文章入力時間の算出

Google日本語コーパス[8]におけるuni-gramのデータより、一般に文字の出現頻度は、「あ～な行」のある第一画面と、「は～わ行」のある第二画面で7:3と算出された。そこでここでは、この出現頻度に基づき、各インタフェースにおける文章入力時間の算出方法について述べる。

本論文では、 n 文字の文章を完全に正しく入力した際の入力時間として、1matrixにおける入力時間を式(1)により、また2matricesにおいては式(2)により算出する[9]。なお文章の入力にあたり、“BS”を用いることにより、誤判別されてしまった文字を消去し、再度正しい文字の入力を行うことで完全な文章の入力を行うことを想定する。また、入力時間の算出にあたっては、“BS”を入力する際の時間も考慮し、式(2)については＜次＞や＜戻＞を入力する際の時間も考慮する。

$$T_1 = \frac{a_1 \cdot s \cdot n}{2p - 1} \quad (1)$$

$$T_2 = \frac{a_2 \cdot s \cdot 0.7n}{2p-1} + 2 \frac{a_2 \cdot s \cdot 0.3n}{2p-1}$$

$$= 1.3 \frac{a_2 \cdot s \cdot n}{2p-1} \quad (2)$$

T_1 , T_2 はそれぞれのインタフェースにおける全文字の入力時間を示している. 式(1), 式(2)において, p は判別正答率, n は入力文字数, s は刺激呈示間隔, a_1 は 1 matrix での, a_2 は 2 matrices での平均点灯数を表している. また, 式(2)における右辺第一項は第一画面に配置された文字の入力時間を, 第二項は第二画面に配置された文字の入力時間を表している. 第一項および第二項における 0.7 および 0.3 は, 各画面に配置された文字の出現頻度を表しており, 第二項の係数 2 は第二画面における文字の入力を行う際に, <次>と「ターゲット文字」の 2 つのコマンドの入力が行われることを表している. ここで式(1)および(2)から, 2 matrices における入力時間は

$$T_2 = 1.3 \cdot \frac{a_2}{a_1} \cdot T_1 \quad (3)$$

と表される. この時, どちらのインタフェースにおいても同程度のシーケンス数で文字入力が可能であると仮定すると,

$$a_1 = \frac{16}{11} \cdot a_2 \quad (4)$$

となる. よって, 2 matrices における入力時間の期待値は,

$$T_2 = 0.89 T_1 \quad (5)$$

として求められる. このように, 2 matrices における入力時間は, 1 matrix に対して 0.89 倍となることが期待され, 2 matrices を用いることにより入力時間の短縮が可能となると考えられる.

3. 実験

本論文では, 1 matrix および 2 matrices のインタフェースについて, オフライン実験を行い, 正答率および入力時間の比較, 検討を行った.

3.1 使用データ

本実験には, 健康な 22~24 歳の右利き男性 4 名 (Sub 1~Sub 4) の, P 300 speller 使用時の脳波データを用いた. 各被験者には, 実験の主旨および実験方法について, 十分説明を行った上で実験参加の同意を得た. 計測には, デジテックス研究所製の Polymate AP 216 を用い, 図 4 に示す国際 10-20 法[10]に従っ

図4 使用電極

た 5 電極 (Fz, Cz, Pz, O1, O2), および基準電極として A 2 (耳) に電極を配置し, サンプリング周波数 100 Hz で計測した.

刺激呈示間隔を 400 ms (点灯時間を 200 ms, 消灯時間を 200 ms) とし, 図 2 および 図 3 の 2 種類の日本語インタフェースにより文字の入力を行った. 各被験者がそれぞれのインタフェースにおいて, 指定された 40 文字分の入力を行い, 得られた脳波データのうち, ターゲット点灯時の脳波データには 'P 300 データ', 非ターゲット点灯時の脳波データには 'non-P 300 データ' のラベル付けを行った. この際, 被験者のうち 2 人は 1 matrix→2 matrices の順に, 残りの 2 人に対しては 2 matrices→1 matrix の順にデータの計測を行い, カウンターバランスをとった. 各インタフェースにおいて, 1 文字の入力に対し, それぞれ 10 シーケンス分の点灯を行った.

3.2 実験方法

本実験では, 文字入力時の正答率および 1 文字あたりの入力時間を算出する. 事前学習には, 各インタフェースにおける 12 文字分の脳波データを用いた. 1 matrix における学習データは, P 300 データが 240 点灯分, non-P 300 データが 1680 点灯分あり, 2 matrices については, P 300 データが 240 点灯分, non-P 300 データが 1080 点灯分で構成されている. すなわち, 事前学習の計測時間は, 1 matrix の方が 2 matrices よりも長い. この事前学習用データに対し Stepwise Linear Discriminant Analysis (SWLDA)[11] を適用し, 学習を行った. 文字入力を行うテストセッションでは, 学習に用いたもの以外の脳波データから, ターゲット点灯時には 'P 300 データ' を, 非ターゲット点灯時には 'non-P 300 データ' をランダムに選択し, 用いた. 上述の 12 文字分の事前学習と 10 文字の文字入力を行うテストセッションを 1 試行として, 各被験者について, 毎回異なる事前学習データおよびテストデータを

用いて、これを100試行を行った。また、文字判別の手法としてはRB-ARQ [12] を用いた。

3.3 Reliability-Based Automatic Repeat reQuest (RB-ARQ)

RB-ARQとは、刺激の呈示回数を、受信データの信頼度をもとに動的に決定する刺激呈示手法である。図5にRB-ARQのフローを示す。これは、画面上のすべて文字について、それぞれがターゲットであると思われる確率(事後確率)を随時算出し、その中で時刻 T での最大の値である最大事後確率 λ_T が、あらかじめ設定した閾値 λ を越えるまで刺激をランダムに呈示し、その後、 λ_T が閾値を越える、あるいは点灯刺激数が最大点灯刺激数に達したときに、最大事後確率を持つ文字をターゲットとして判別する手法である。

時間 t におけるEEGデータから抽出された特徴ベクトルを x_t とし、時刻 T におけるEEGデータの集合を $X_T = \{x_t | t = 1, 2, \dots, T\}$ とすると、事後確率は式(6)で表せる。

$$P(k|X_T) = \frac{P(k) \prod_t p(x_t|k)}{\sum_{l \in K} P(l) \prod_t p(x_t|l)} \quad (6)$$

ここで、 K はとり得るラベルの集合であり、 $k \in K$ となる。また、 $P(k)$ はラベル k に属する事前確率(判別開始前にターゲットとなり得るとと思われる確率)で、点灯開始前は全ラベルに対して等しく設定されている。事後確率は、事前確率と、 x があるラベル $k \in K$ に属する尤度を用いて求められる。また、この事後確率 $P(k|X_T)$ を用い、時刻 T における最大事後確率 λ_T は式(7)のように表わされる。

$$\lambda_T = \max_k P(k|X_T) \quad (7)$$

図5 RB-ARQのフローチャート

ここで最大事後確率は、判別正答率と等しくなることが期待され、データの信頼度と捉えることができる。RB-ARQでは、このデータの信頼度の閾値を λ として設定し、ユーザーは $\lambda_T > \lambda$ となるまで同じ思考想起を続ける。このRB-ARQを、P 300 spellerに適用する際の尤度の算出方法について、以下に詳細を述べる。

P 300 spellerでは、各行・列におけるP 300の出現の有無に対する判別を行い、P 300が発生した行・列を特定することによって文字判別を行う。 r ($\in \{1, \dots, i\}$) 行のインターフェースにおいて、 r 行目だけにP 300が出現した確率 $P(r|X_R)$ は、排他性を考慮して以下のように表される。

$$P(r|X_R) = \frac{P(y^r = 1|x_R^r) \prod_{r' \neq r} P(y^r = 0|x_R^{r'})}{\sum_{s \neq r} (P(y^r = 1|x_R^s) \prod_{s' \neq s} P(y^r = 0|x_R^{s'}))} \quad (8)$$

ただし、 r ($\in \{1, \dots, i\}$) 行目点灯時に得られるEEGデータを x_R^r とし、 $X_R = \{x_R^1, x_R^2, \dots, x_R^i\}$ とする。この式において、 r 行目にP 300が出現した事後確率 $P(y^r = 1|x_R^r)$ 、および出現しなかった事後確率 $P(y^r = 0|x_R^r)$ は学習データから推定される尤度である。同様に、 c 列目点灯時に得られる x_C^c からは、 c 列目だけにP300が出現した確率 $P(c|X_C)$ ($X_C = \{x_C^1, x_C^2, \dots, x_C^j\}$) が得られる。これらの事後確率を用いて、行および列を以下のように推定することができる。

$$\begin{aligned} (\hat{u}_r, \hat{u}_c) &= \arg \max_{r,c} P(r,c|X_R, X_C) \\ &= \arg \max_r P(r|X_R), \arg \max_c P(c|X_C) \end{aligned} \quad (9)$$

ただし、 $\hat{u}_r, \hat{u}_c$ はそれぞれ推定された行および列を表す。 t 点灯目に得られる行に関するEEGデータの集合 X_R を X_R^t 、 T 点灯目における X_R^t の集合を $X_{RT} = \{X_R^t | t = 1, 2, \dots, T\}$ とそれぞれ定義する。同様に列に関しても X_C^t 、 X_{CT} を定義すると、 (X_{RT}, X_{CT}) の信頼度 λ_T は式(7)と同様に、

$$\lambda_T = \max_{r,c} P(r,c|X_{RT}, X_{CT}) \quad (10)$$

となる。これは行および列に関する信頼度 $\lambda_{RT} = \max_r P(r|X_{RT})$ 、 $\lambda_{CT} = \max_c P(c|X_{CT})$ の積と等しいので、

$$\begin{aligned} \lambda_T &= \lambda_{RT} \times \lambda_{CT} \\ &= \max_r P(r|X_{RT}) \times \max_c P(c|X_{CT}) \end{aligned} \quad (11)$$

となる。本実験においては、閾値が0.95と0.90の2通りの場合について検証した。また、RB-ARQにおいて、1文字あたりの最大点灯刺激数は10シーケンスとした。

4. 結果と考察

表2に、RB-ARQにおける閾値が0.95の場合で

表2 正答率および入力時間 (閾値: 0.95)

	1matrix		2matrices	
	正答率	入力時間 [秒]	正答率	入力時間 [秒]
Sub1	0.94	17.5	0.95	16.0
Sub2	0.94	15.9	0.93	15.7
Sub3	0.90	50.6	0.88	50.7
Sub4	0.93	19.5	0.93	14.8

の, 4 人の被験者のそれぞれのインタフェースでの正答率および入力時間の結果を示す。正答率は, 1000 文字の入力のうち正しく入力できた文字の割合を示したものであり, 入力時間は 1 文字を入力する際にかかる時間の平均値を示したものである。入力時間は式(1), 式(2)において $n=1$ として算出した。表2より, それぞれの被験者について, インタフェース間で正答率に差がないことがわかる。これは, RB-ARQ を用いていることで, 判別率に差がある場合には, 正答率ではなく判別時間の短縮という形で差が表われるためである。

一般的に P 300 は, オドボール課題における低頻度刺激に対してのみ注意を向けることで発現し, 低頻度刺激と高頻度刺激の出現率の差が大きいほど, P 300 が強調されて発現することが知られている [13]。本研究においても, ユーザーの注目文字を含む列の表示頻度は, 1 matrix が 2 matrices よりも低くなることで, P 300 強調が起こる可能性がある。そこで P 300 強調の有無を確認するために, 図7(a)~(d)に, (a)Sub1~(d)Sub4の加算平均波形を示す。Sub1, Sub2, および Sub4 については, P 300 と nonP 300 の波形に差が見られ, また 1 matrix と 2 matrices 間では P 300 振幅や頂点潜時に差はほとんど現れていないことがわかる。一方で Sub3 については, 特に 2 matrices において高周波のノイズ成分が認められ, また 1 matrix と 2 matrices のどちらにおいても, P 300 と nonP 300 の波形の差が極めて小さいという特徴があった。行に関しては, 1 matrix と 2 matrices とでターゲットの表示頻度が同じであることもあり, いずれの被験者においても, ターゲット文字を含む列の表示頻度の違いに伴う, P 300 検知確度の差はほとんどみられないことがわかる。したがって, この表示頻度の違いが, 正答率および入力時間に与える影響は小さいと考えられる。

また表3は, 各被験者における入力時間の実験値 T_1 (1 matrix), T_1 より算出した 2 matrices における入力時間の期待値である $0.89T_1$, および実験値 T_2 (2 matrices) の比較を表している。この表より, Sub2, Sub3 については, 実験値 T_2 が期待値 $0.89T_1$ よりわずかに長くなっていることがわかる。これは, 以下の

表3 期待値と実験値の比較 (閾値: 0.95)

	実験値 T_1 (1matrix)[秒]	理論値 $0.89T_1$ [秒]	実験値 T_2 (2matrices)[秒]
Sub1	17.5	15.6	16.0
Sub2	15.9	14.2	15.7
Sub3	50.6	45.0	50.7
Sub4	19.5	17.3	14.8

二つの理由によるものだと考えられる。一つは, 図7による加算平均波形からは, 大きな差異は確認できなかったが, 先に述べた, 1 matrix でのターゲット表示頻度が, 2 matrices のものよりも小さいことによる P 300 強調が起こっていたこと, もう一つは, 1 matrix が 2 matrices と比較して, 1 シーケンスあたりの行/列数 (実際は列数) が多いことで, 式(8)で示した「P 300 が出現しなかった事後確率 $P(y^c=0|x_k^c)$ (実際には $P(y^c=0|x_k^c)$)」の情報が多くなっていたことによると考えられる。これにより, 2.2 節で述べた, どちらのインタフェースにおいても同程度のシーケンス数で文字入力が可能であるという仮定が成立せず, 理論値との差が生じたと考えられる。ただし, ほとんどの被験者で実験値 T_1 (1 matrix) よりも実験値 T_2 (2 matrices) が小さくなるという結果が得られた。

表4に, 閾値が 0.90 の場合における, それぞれのインタフェースでの各被験者の正答率および入力時間の結果を示す。こちらについても閾値が 0.95 の場合と同様に, それぞれの被験者について, インタフェース間で正答率に差がないことがわかる。また, ほとんどの被験者で実験値 T_1 (1 matrix) よりも実験値 T_2 (2 matrices) が小さくなった。Sub3 については, いずれの閾値の場合でも, 他の被験者と同程度の正答率を得るために, より多くの入力時間が必要であった。これは図7(c)に示した通り, Sub3 における P 300 の発現が弱く, P 300 データと nonP 300 データの差分が他の被験者よりも小さかったことに起因すると考えられる。

上記で求めた正答率と入力時間はトレードオフの関係にあるため, この両者を同時に評価する評価指標として, Utility [9] の算出を行った。Utility は, 誤判

表4 正答率および入力時間 (閾値: 0.90)

	1matrix		2matrices		$0.89T_1$ [秒]
	正答率	入力時間 [秒]	正答率	入力時間 [秒]	
Sub1	0.92	16.3	0.90	15.5	14.5
Sub2	0.88	15.6	0.88	15.5	13.9
Sub3	0.85	49.0	0.83	51.0	43.6
Sub4	0.87	19.5	0.90	14.3	17.3

図6 各インタフェースにおける Utility

(a) Sub 1

(b) Sub 2

(c) Sub 3

(d) Sub 4

図7 加算平均波形

別により誤った文字が入力された際に, “BS” によりその文字を消去し, 完全に正しい文章を入力する場合の情報伝達速度を表している. なお, Utility は, “BS” を文字候補の一つとし, 入力によりどのような文字の情報が見られるかを利用した相互情報量であるため, 2 matrices における<次>や<戻>は情報を持つ文字候補として扱わない. Utility は以下の式により算出される.

$$\text{Utility} = \frac{(2p-1)\log_2(N-1)}{d} \quad (12)$$

ただし p は判別正答率, N は選択できる候補数 (本実験では 1 matrix: $N=56$, 2 matrices: $N=54$), d は 1 文字を入力するのに要した平均時間である. 図 6(a) は, 閾値が 0.95 の場合, 図 6(b) は閾値が 0.90 の場合の, 各被験者におけるそれぞれのインタフェースでの Utility を表している.

図より, 閾値がいずれの場合においても, ほとんどの被験者に対して, 2 matrices により Utility の向上が確認できた. この結果に対して, 繰り返しのある 2 元配置分散分析を行ったところ, インタフェースの違いに対して Utility に統計的有意差があるという結果が得られた. それぞれの p 値は, 閾値が 0.95 の場合: p 値 $= 3.89 \times 10^{-9} < 6.25 \times 10^{-3}$ ($= 0.05/8$), 閾値が 0.90 の場合: p 値 $= 2.93 \times 10^{-6} < 7.14 \times 10^{-3}$ ($= 0.05/7$) であった. (ホルム法により多重比較を考慮した. 本論文では分散分析および t 検定により計 10 回の検定を実施したため, 最も p 値の小さいものの有意水準は $0.05/10 = 0.005$ となり, それ以降は p 値の大小関係により有意水準は変化する.) また, 各々の場合における効果量 [14] は $d = 0.23$ (閾値 0.95) および $d = 0.21$ (閾値 0.90) であることから, インタフェースの違いによる Utility への効果が確認された. さらに各被験者内での効果を確認するため, 各閾値において, 各被験者について対応のある t 検定を行ったところ, Sub 1 および Sub 4 について有意差がみられた. それぞれの p 値は, 閾値が 0.95 の場合においては, Sub 1: p 値 $= 5.53 \times 10^{-3} < 8.33 \times 10^{-3}$ ($= 0.05/6$), Sub 4: p 値 $= 2.91 \times 10^{-13} < 0.005$ ($= 0.05/10$), 閾値が 0.90 の場合については, Sub 4: p 値 $= 6.37 \times 10^{-11} < 0.0055$ ($= 0.05/9$) であった. また, Sub 2, Sub 3 については, 有意差はみられなかった. これらの結果から, 被験者による個人差は少なからず存在するものの, 2 matrices を用いることで, 事前学習の量を削減しながらも, 正答率を保ち, 1 文字あたりの入力時間が 1 matrix と同等あるいはそれ以上の性能を持つ文字入力が可能であることが確認できた.

5. まとめ

本論文では, P 300 speller において, ユーザの負担軽減を目的として, 従来の日本語インタフェースを二つの画面に分割した二画面入力インタフェースを提案した. 実験の結果, 2 matrices を用いることにより, 文字入力の総合指標である Utility が向上することを示した. 今後の課題として, 2 matrices での文字間隔や文字の大きさの違いが及ぼす, 正答率への影響に関する検討, および二画面入力におけるユーザの心理的負担に対する検討が挙げられる.

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] K. Tatsuhiko and Y. Kiyoyuki, “Current studies on brain-computer-interface (bci),” *The Bulletin of School of High-Technology for Human Welfare, Tokai Univ.*, 2011.
- [3] D. Kaub-Wittermer, N. Steinbuchel, M. Wasner, G. Laier-Groeneveld, and G. Borasio, “Quality of life and psychosocial issues in ventilated patients with amyotrophic lateral sclerosis and their caregivers,” *Journal of pain and symptom management*, vol. 26, no. 4, pp. 890–896, 2003.
- [4] L. 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] S. Debener, S. Makeig, A. Delorme, and A. Engel, “What is novel in the novelty oddball paradigm? functional significance of the novelty 3 event-related potentials revealed by independent component analysis,” *Cognitive Brain Research*, vol. 22, no. 3, pp. 309–321, 2005.
- [6] M. Salvaris and F. Sepulveda, “Visual modifications on the p 300 speller bci paradigm,” *Journal of neural engineering*, vol. 6, no. 4, p. 046011, 2009.
- [7] E. Samizo, T. Yoshikawa, and T. Furuhashi, “A study on application of rb-arq considering probability of occurrence and transition probability for p 300 speller,” in *Foundations of Augmented Cognition*, pp. 727–733, Springer, 2013.
- [8] T. Kudo and H. Kazawa, “大規模日本語 n-gram データの公開,” <http://googlejapan.blogspot.jp/2007/11/ngram.html>.
- [9] B. Dal Seno, M. Matteucci, and L. Mainardi, “The utility metric: a novel method to assess the overall performance of discrete brain computer interfaces,” *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 18, no. 1, pp. 20–28, 2010.

- [10] H. H. Jasper, "The ten-twenty electrode system of the international federation," *Current Studies on Brain-Computer-Interface(BCI)*, vol. 10, no. 2, pp. 371–375, 1958.
- [11] D. J. Krusienski, E. W. Sellers, S. Bayoudh, F. Cabbestaing, D. J. McFarland, T. M. Vaughan, and J. R. Wolpaw, "A comparison of classification techniques for the p300 speller," *Journal of Neural Engineering*, vol. 3, no. 4, pp. 299–305, 2006.
- [12] H. Takahashi, T. Yoshikawa, and T. Furuhashi, "A study on application of reliability based automatic repeat request to brain computer interfaces," *Advances in Neuro-Information Processing*, pp. 1013–1020, 2009.
- [13] C. J. Gonsalvez, E. Gordon, S. Grayson, R. J. Barry, I. Lazzaro, and H. Bahramali, "Is the target-to-target interval a critical determinant of p3 amplitude?," *Psychophysiology*, vol. 36, no. 5, pp. 643–654, 1999.
- [14] A. Mizumoto and O. Takeuchi, "Basics and considerations for reporting effects sizes in research papers," *The bulletin of The Kansai English Language Education Society*, 2008.

(2015 年 7 月 23 日 受付)

(2015 年 10 月 5 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
吉川 大弘
TEL : 052-789-3167 FAX : 052-789-3166
E-mail : yoshikawa@cse.nagoya-u.ac.jp

— 著 者 紹 介 —

やまもと ゆうや 山本 裕也 [非会員]

2014 年名古屋大学工学部電気・情報工学科卒。2014 年同大学大学院工学研究科計算理工学専攻入学，現在に至る。主として，ニューロエンジニアリングに関する研究に従事。

ふるはし たけし 古橋 武 [正会員]

1985 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。2004 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。1996 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。

よしかわ ともしひろ 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バ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）。IEEE，情報処理学会，人工知能学会，日本知能情報ファジィ学会，進化計算学会各会員。

Improvement of performance of Japanese P 300 speller by switching second display

by

Yuya YAMAMOTO, Tomohiro YOSHIKAWA and Takeshi FURUHASHI

Abstract :

Recently, Brain-Computer Interface (BCI) which allows a user to control external devices or to communicate with other people just by his/her thought has been studied. P 300 speller is one of the BCI system for inputting letters which uses P 300 as the feature quantity. One matrix interface is usually used for Japanese P 300 speller. However, this interface has many characters on the display, and it may cause the increase of input time and the decrease of accuracy. In this paper, we propose a new interface which has two matrices in Japanese P 300 speller to improve the performance of P 300 speller and shows the comparison results between the conventional interface and the proposed one.

Keywords : BCI, P 300 speller, 2 matrices interface, input time, Utility

Contact Address : **Tomohiro YOSHIKAWA**

Nagoya University

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, 464-8603, JAPAN

TEL : 052-789-3167

FAX : 052-789-3166

E-mail : yoshikawa@cse.nagoya-u.ac.jp