

K-49

## 単一試行事象関連脳電位を用いたコミュニケーションエイド

## Communication Aid using ERP on the Single Trial

寺田 尚美† 野澤 昭雄† 田中 久弥‡ 井出 英人†

Naomi Terada Akio Nozawa Hisaya Tanaka Hideto Ide

## 1. はじめに

厚生労働省の調査によると、在宅の要介護者数 124 万 3 千人のうち、35 万 6 千人が寝たきり者である。また寝たきりの経年に伴って、介護者との意思疎通が低下することが報告されている。筋萎縮性側索硬化症 (Amyotrophic Lateral Sclerosis: ALS) や筋ジストロフィー症 (Muscular dystrophy: MD) の患者は、発話や四肢体動による意図伝達手段が奪われており、残存機能を利用した意思伝達補助装置 (Communication Aid: CA) と呼ばれる機器を使わざるを得ない。症状が進行し残存機能が全く無くなると、生体信号のみがコミュニケーションの手がかりとなる。

本研究では、生体信号の 1 つである脳波に注目して、事象関連脳電位 (Event Related Potential: ERP) を用いた CA の開発を目指している。目標とする CA は、ディスプレイに一定周期で表示されるアイテムの中から希望するアイテムを選ぶという課題を利用者に課し、その選択時に特異的に発現する ERP を分析することによって意図検知を行うものであり、身体の動作を全く必要としない。CA がリアルタイムの意図検知を行うためには、ERP の単一試行解析を行う必要がある。ERP の解析方法には、一般に加算平均法が用いられるが、これは背景脳波に対する ERP の解析度を向上させる利点がある。しかし加算平均法を CA に適用すると、システムは何度もアイテムを呈示し、被験者はその都度アイテムを選択しなければならない。ERP を 1 回または少数回で解析する手法 (単一試行解析法) を用いることができれば、介護者、要介護者にとって理想的な CA を実現することができる。単一試行解析法では自発脳波と誘発脳波が混在した信号を扱うが、このような信号から誘発脳波である ERP を判読することは自発脳波の電位が ERP よりも大きいことなどを理由に解析が困難とされている。本稿ではアイテム呈示と同期して計測される脳波からリアルタイムに特徴量解析を行い、重回帰分析法による ERP の誘発判定法を研究したので報告する。

## 2. ERP の誘発判定モデル

## 2.1 ERP について

ERP とは、ある刺激やそれに伴う課題を被験者に課したときに、心理状態や精神作業の負荷によって生じる誘発電位の総称であり、予期、注意、知覚、意思決定などの心理過程と対応した大脳活動を反映しているものである。

本研究では、この ERP において、特に N100 と P300 の 2 つの成分に注目し、ERP の誘発判定を行う。N100 は選択的注意、P300 は認知や判断といった心理過程に対応して発現するとされている。今回行う実験では、複数のアイテ

ムの中から希望するアイテムを選択し、それに伴って発現する ERP を解析することによって意思伝達を行うことを目的とする。

## 2.2 誘発判定式の作製

サンプリングした脳波データをスムージング処理して得られた波形に対して、図 1 に示す 4 つの特徴量を ERP の特徴量として用いる。

Vp: P300 電位に相当する潜時 250~600ms 間の陽性電位の最大値

Sp: N100 電位 (潜時 50~250ms 間の陰性電位) を基準とした 250~600ms の積分値

dV: Vp と N100 電位の差

dV/ds: Vp と N100 電位を結んだ傾き

これらの特徴量は標的刺激 (Target) と非標的刺激 (Non-target) の間に統計的に有意差が確認され、ERP の誘発判定に有用な特徴量であると言える。<sup>1)</sup>

この 4 つの特徴量を説明変数、Target または Non-target (1, -1) を目的変数として線形結合式で判定モデルを構成する。その際、係数  $a_1, a_2, a_3, a_4$  と定数項  $d$  は重回帰分析モデルを行い決定する。判定式は式(1)で表される。

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + d \quad (1)$$

この判定式の  $y$  の値が正ならば ERP 成分が誘発されていると判定され、 $y$  の値が負ならば ERP 成分が誘発されていないと判定される。ここで  $x_1, x_2, x_3, x_4$  はそれぞれ Vp, Sp, dV, dV/ds である。Target を呈示し、且つ判定式  $y$  の値が正の時、被験者の意図が実験者に伝達されたとする。また Non-target を呈示し、且つ  $y$  の値が負の時、被験者はそのアイテムを選択する意図がないということが実験者に伝達されたとする。この判定方法によって誘発判定実験を行う時、Target を呈示した時に  $y$  の値が正、

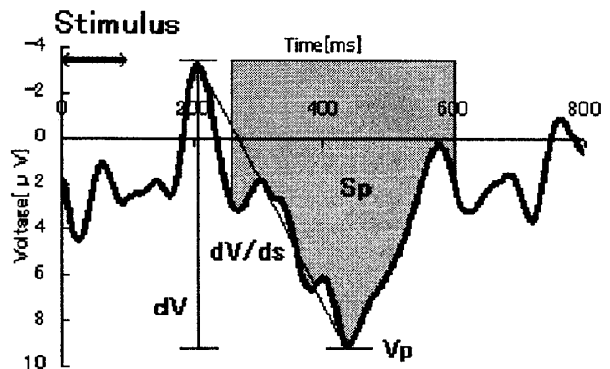


図 1. ERP における 4 つの特徴量  
Fig1. Four features on ERP

† 青山学院大学, 東京都  
Aoyama Gakuin University, Setagaya-ku,  
157-8572 Japan

‡ 広島市立大学, 広島県

また **Non-target** を呈示した時に  $y$  の値が負である場合を正しく判定したとする。また正しく判定した割合を正判定率と呼ぶこととする。

### 3. 実験方法

電極配置には、国際 10-20 法を用い、探査電極を正中中心部 Cz、基準電極を耳の裏 A+, 接地電極を前額部 Fpz とし測定する。また眼球運動により脳波上に不要な電位が混入するため、目の上下に電極を配置し、眼球運動が認められた場合はその脳波データを除外する。

被験者には視覚刺激として 5 種類の単語をランダムに呈示し、そのうち 1 種類を **Target**、その他の 4 種類の単語を **Non-target** とする。つまり **Target** の呈示頻度は約 20% となる。被験者に意識的な注意義務を与えるために、**Target** が呈示されたときのみカウントするという課題を与える。

被験者の正面にディスプレイを配置し、白色の方形図内 (400×300pixel) に 400ms 周期で単語をランダムに呈示する。視覚刺激となる単語は「TV」、「はなす」、「食事」、「CALL」、「パソコン」の 5 種類とする。「TV」を **Target** として計数課題を与える。呈示されている間は方形図内を単語毎に異なる色で着色する。呈示時間は 100ms とし、刺激開始から 1500ms の脳波データを 1ms 周期でサンプリングする。

本研究では、リアルタイムに意図検知を行うことができる CA の作製を目標としている。そのため、単語呈示と同期して脳波を計測し、ERP の誘発判定を行うシステムを構築する必要がある。

そこで予備実験を行い、得られたデータを用いて 2.2 で述べた誘発判定式を予め作製しておき、解析システムに組み込むことでリアルタイムに誘発判定を行うことを可能にした。この時、ERP の潜時や電位は被験者によって多少のばらつきがあるため、被験者ごとに誘発判定式を作製して判定を行う。

構築した実験システムの概略図を図 2 に示す。単一試行波形をリアルタイムに解析するために、脳波測定と同時に ERP の誘発判定を行う実験システムである。先に述べたディスプレイでの単語呈示及び脳波データのサンプリングとファイルへの書き込みを、周期的に実行するように PC で制御する。

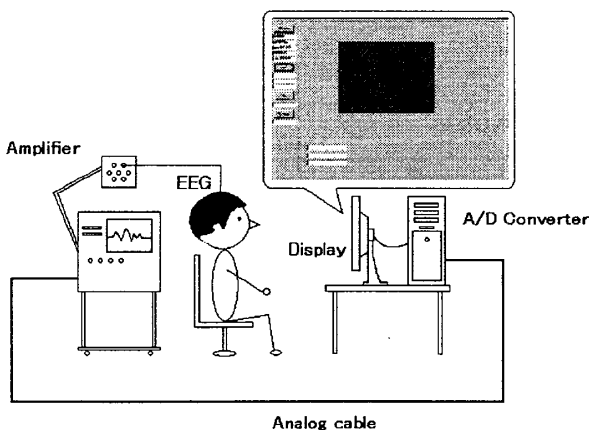


図 2. 実験システムの概略図

Fig2. Outline figure of the experiment system

1 回の単語呈示を 1 試行とし、1)~5) を 400ms 周期で繰り返す。

- 1) ディスプレイに単語を呈示する
- 2) 脳波計からデータを転送しサンプリングする
- 3) スムージング処理をし、特徴量を算出する
- 4) 誘発判定式に特徴量の値を代入
- 5) 判定結果をディスプレイに表示する

このシステムを用いることによって、個々の試行においてリアルタイムに誘発判定を行うことが可能となる。

### 4. 判定結果および考察

誘発判定実験によって得られた結果を表 1 に示す。被験者は健康成人 4 名 (被験者 A, C, D は 23~25 歳男性, 被験者 B は 24 歳女性) である。

この結果から、4 人の被験者に共通して、**Target** の正判定率が **Non-target** と比較して高くなっていることが分かった。これは、**Target** 呈示時のみでなく、**Non-target** 呈示時にも ERP が誘発された試行があったことを示している。単一試行解析においては、**Non-target** 呈示時にも ERP が誘発される場合があり、一般的に加算平均波形の解析に用いられる P300 電位や面積だけで正判定率を向上させることは難しい。しかし今回提案した 4 つの特徴量を用いた解析方法によって、単一試行波形においても正判定率を比較的向上させることができたと考えられる。さらに、**Target** 呈示時では被験者全員において 60.0% 以上、うち 2 人は 80.0% 以上の正判定率が得られ、**Non-target** 呈示時では 2 人の被験者において 60.0% 以上の正判定率が得られた。加算平均波形を用いた誘発判定における正判定率 (60% 以上) を上回った結果も多く、今回行った単一試行解析による誘発判定において高い正判定率が得られたと言える。

表 1. 視覚刺激(5 種類)における正判定率

Table1. Discrimination rate in visual stimuli (5 items)

	A	B	C	D
Target	88.9%	90.0%	64.7%	75.0%
Non-target	66.0%	45.5%	58.0%	61.1%

### 5. まとめ

単一試行解析において、高い正判定率が得られ、提案した 4 つの特徴量を用いた判定方法が有効であることを確認した。またリアルタイムに解析するシステムを構築し、この解析法をコミュニケーションエイドに応用できることを確認した。今後は、正判定率をより向上させるために、新たな単語の呈示方法を検討していく予定である。

### 文献

- 1) 寺田尚美, 倉木健介, 田中久弥, 井出英人: 単一試行事象関連脳電位 P300 の解析法とコミュニケーションエイドへの応用, 平成 13 年電気学会全国大会 [313-099]
- 2) 井上倫夫, 中島健二, 加納尚之: ハールウェーブレットによる P300 の検出, 医用電子と生体工学 38-1,57/66(2000)
- 3) 河本雅樹, 村山伸樹: 文字画像刺激による視覚事象関連電位に関する研究, 医用電子と生体工学 39-1,9/14(2001)