

事象関連電位 (ERP) の コミュニケーションエイドへの適用について

川上孝志 井上倫夫* 小林康浩* 大石康正* 中島健二**
鳥取三洋電機(株) *鳥取大学工学部 **鳥取大学医学部

筋萎縮性側索硬化症 (ALS: Amyotrophic Lateral Sclerosis) は、全身の筋肉が次々と麻痺して行く進行性の難病であり、その末期においては、感覚機能だけ残して全身がほとんど動かせなくなる。既存のセンサでは、患者の意志に基づく如何なる動きも検知することが不可能になる。このような場合に対し、与えた事象に対する脳波の計測結果より、これを導く方法を検討中である。ここでは、事象関連電位 (ERP: Event Related brain Potential) の測定とその解析結果から、CA装置への応用の可能性について報告する。

On the use of Event Related Brain Potentials for Communication Aids

Takashi Kawakami Michio Inoue * Yasuhiro Kobayashi *
Yasumasa Oishi * Kenji Nakashima **

Tottori SANYO Electric Co., Ltd.

*Department of Information and Knowledge Engineering, Faculty of Engineering, Tottori University.

**Institute of Neurological Sciences, Faculty of Medicine, Tottori University.

Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS) is a disease presenting symptoms of atony of muscles and taking away the physical abilities, while remaining the intelligent activities. Communication Aid (CA) is an interface between ALS patients and healthy persons. For its practice, keen sensors must be provided to detect feeble signals generated by their remaining activity. In this proposal, ERP is used as the signals from the patients. After introducing ERP, its discription is given to discuss the competence for this application.

1.はじめに

筋萎縮性側索硬化症（ALS: Amyotrophic Lateral Sclerosis）は、全身の筋肉が次々と麻痺して行く進行性の難病であり、その末期においては、感覚機能だけ残して全身の随意筋を殆ど動かせなくなる。このような、思考能力は残存するが、意志表現の手段を喪失した人との間のコミュニケーションを支援する装置（CA: Communication Aid）があれば、介護も容易になる^{[6]~[11]}。問題は、このモノも言えず手話もできない人の意志をどのようにして検出するかにかかる。ともかく、患者の残存機能を活用するしか方法はない。

そのためのセンサーとして、歪みゲージ、筋電位アンプ、光センサなどが実用できた。しかしこれらも確実に動作する位置を選んで患者の身体に装着する必要があるが、病状に応じて検出できる位置や感度も変化するため、いつまでも安定した動作は期待できない。また病状の進行に応じて、センサの種類を適宜選択する必要がある。ところが、症状の進行により既存のセンサでは患者の動きを検出することが不可能になる終末期においても、コミュニケーションを維持するために、患者の感覚刺激とそれに対応した脳波の変動（事象関連電位 ERP: Event Related brain Potential）を計測し、与えた事象に対して患者の YES の意志と見做して CA の入力とすることを試みた^[12]。

そのための方法として、各種のイベント（事象）を与えた場合に、人が反応する知覚刺激と脳波との関係について実測し、その ERP 波形観測結果の分析から得られる現象について、検討を加えたので報告する。

2. CA 装置と ERP

図 1 に CA のシステム構成を示す。CA は患者の意志を医師や看護婦もしくは看護する家族などに伝えることを可能とするもので、患者に残存する機能の一部をセンサで検出し、これを患者の意志として入力装置に伝え、これを増幅して本体装置に導く。基本的な構成は大きく以下の 4 つに分類される。1) 入力装置〔各種センサからの信号

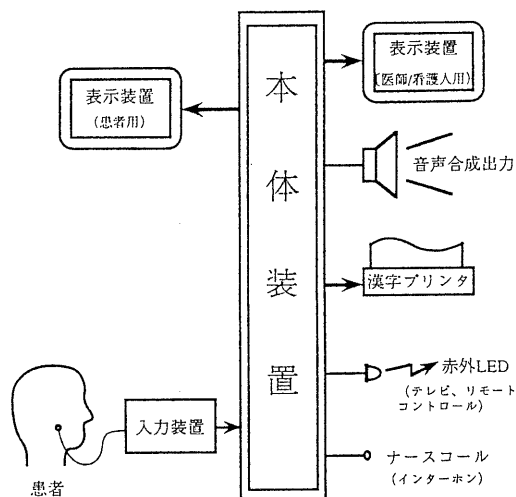


図 1 CA のシステム構成

処理〕、2) 本体処理装置、3) 表示装置〔患者用〕、4) 出力装置〔医師／看護人用表示、音声合成出力、プリンタなど〕である。入力装置は最も重要なインターフェースで、表示装置などの外界から入る情報刺激に対しての患者の意志をセンサで検知し、これを電気信号として入力装置に取り込む。CA はその信号をもとに動作し、患者の意志を外部に出力して周囲の人に伝える。本体処理装置は全体を制御する部分で、ナースコールなどの意志伝達機能、文書作成補助機能、周辺インターフェース制御機能などがある。これらの機能の選択は、表示メニュー方式で行い、すべて 1 回の選択操作で実現できる。

文書作成機能では、日記や手紙の作成、編集、保存、印刷などが可能である。実際の文章の作成に当たっては、一般的に縦横走査法を採用している。この方法は、文章作成に必要な文字類を配置した文字盤を表示装置に表示し、選択マーク（カーソル）を縦横に動かし、文字を選択する方法である。例えば、文字盤は、「あ・い・う・え・お（50音）」順にマトリックス状に配置されており、今、「せ」を選択したい場合は、まず「あ・か・さ

・た・な」順に動くカーソルが「さ」行に来たところで選択操作を行う。「さ」行の選択が確認されると、今度はカーソルが「さ・し・す・せ・そ」順に動いて行くので、「せ」に来たところで選択操作を行う。このように選択操作を2回行うことで1文字を選択することが出来る。患者からの信号がオン・オフのどちらかの選択の場合は、このような手順の繰り返して文章を作成することが出来る。

以上のように、患者は1つのセンサ（選択スイッチ）を使いながらCAを使用するので、センサは非常に重要な部分である。しかし先に述べたように、体をほとんど動かすことが出来なくなってしまった場合、通常今まで考えられてきたセンサでは、患者の意志をピックアップすることは出来なくなってしまう。そこで残された手段として、人間の知覚、即ち脳からの信号を直接脳波として検出し、これを患者の意思表示とすることを試みる。

ERP（Event Related brain Potential）は、外からの刺激に対して、それを認知したり判断するときには発生する脳電位の変化で、正常人の場合、N100、P200、N200、P300の各電位波形変化が観測される。このうち、刺激から潜時300ms前後に現れるP300が、最も有効とする事象に関連する度合いが大きい成分と考えられている。これは、有意な情報を含む刺激（標的的刺激）と、そうでない情報の刺激（非標的的刺激）とを、ある比率で組み合わせると、その有意な情報が現れた時から、潜時250～600msの間に発生する長潜時陽性電位と呼ばれるものである。ある色や形を指定し、今見たものがそれと同じ色や形であるかどうかを、頭の中で照合し判断するときなどに、このP300が脳波に現れてくる。図2にこのモデル波形を示す^{[1]～[5]}。

本報告の目的は、患者の意志を拾い出す方法として、脳からの信号を直接脳波として取り込み、この脳波の特徴から、与えた事象（イベント）に対する患者の意志を類推し、CA装置を機能させることである。

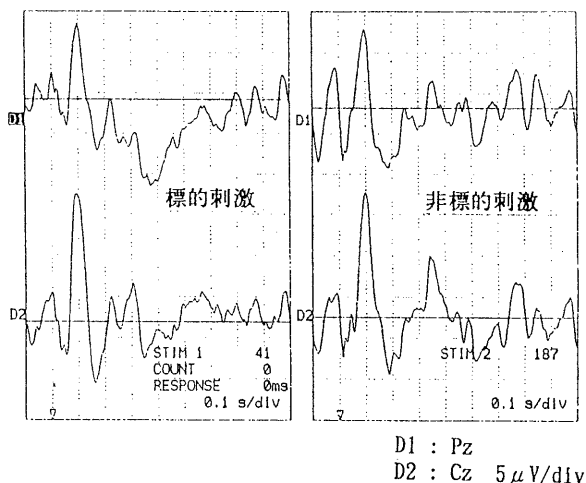


図2 ERPのモデル波形

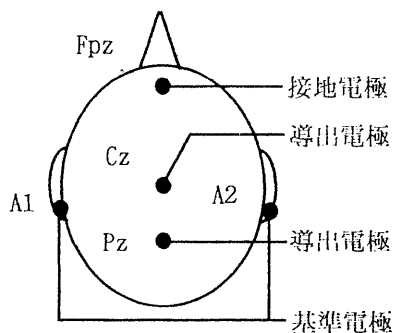


図3 電極の配置

3. ERPの測定

ERPの測定は次のように行う。即ち電極は、接地電極に前額部（Fpz）、導出電極に正中中心部（Cz）及び正中頭頂部（Pz）、基準電極に両耳たぶ（A1、A2）を用いる。これを図3に示す。また測定に当たっては、眼球の運動によって脳波の上に不要な電位が出て来るため、これを検出する目的で、目の周辺に電極を設ける。

計測の方法としては、非標的的刺激と標的的刺激の2種類の刺激をランダムに与え、この標的的刺激の

現れた回数を数えさせる。ある程度、意識的な注意義務を被験者に与えた状態で行う必要がある。そしてこの時、頭皮上から得られる反応波を誘発的加算法により測定する。これは通常の活動脳波に対し事象関連電位の波形振幅は微弱なため、何回かの刺激を与えて加算していく。通常の脳波はランダムに変化するので、時間が経てば相殺されてしまうが、事象関連電位波形は、同じ時間間隔で発生するため、加算平均することで増幅されてくる。

今回は、二つの方法を用いて ERP の記録を行った。始めは、「複数の語句（文字列）から特定の語句を選択する方法」について実験した。図4に示すように、意味のある動作を示す語句を5種類与え、その中から被験者の意図する語句が、指示もしくは表示されたときにその提示回数をカウントしてもらうようにした。これは先の CA 装置のナースコールに対応した機能である。比較的簡単な選択課題であるが、その具体的な指示の方法として、画面上に表示した5種類の語句を、ランダムにブリンクさせる方法と、表示の窓枠の中に5種類の語句を直接表示させる方法を試みた。またこれとは別に、ブリンクする順番を一定とした場合についても計測した。

図5は5種類の語句をランダムにブリンクさせた場合の ERP 波形の測定結果であるが、この波形の観測結果より、上から3番目の「ジュース」に被験者が注目していることが判る。図6は、同じ選択画面にて上から順にサイクリックにブリンクさせた場合の測定結果である。この観測結果だけからでは被験者の選択を特定することは出来ない。即ち、選択する事象としては、少なくとも手順を予測することが容易に出来ないように与える必要がある。

なお、これらの ERP 波形データの測定については、各語ともランダムに計30回ずつ、1回の実験で総計150回ブリンク（もしくは表示）させるようにした。計測時間は、1回の試行に1秒、その時の刺激の継続時間は0.2秒とし、1回の実験に150秒要した。



図4 語句の選択

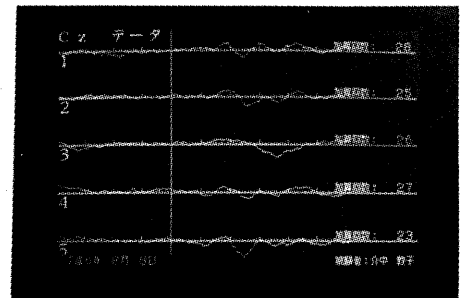


図5 語句選択測定データ（ランダムブリンク）

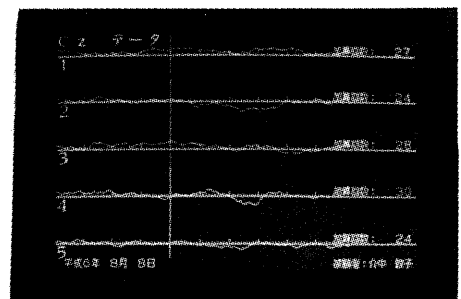


図6 語句選択測定データ（サイクリックブリンク）

次に、「マトリックス状に文字を配置した文字盤から特定の文字を選択する方法」について実験を試みた。図7に示すように、マトリックス状に配置した複数の文字列から、目的とする1文字を拾い出す方法である。CA装置における行方向「あ・か・さ・た・な」と、列方向「あ・い・う・え・お」の情報から、特定の文字を抽出する手順に基づく。今回は5行×5列のマトリックス（AからYまでの計25文字）で検出を試みた。この例では、25種類の文字の中から特定の1文字に対する位置判断が必要となる。事象データの与え方としては、順次このマトリックスの行方向と列方向を、ランダムにブリンクさせる。被験者には、前もって25文字の中からある文字を意図的にピックアップしてもらい、その文字を含む列、もしくは行がブリンクする回数をカウントしてもらうようにした。

結果を図8に示す。2番と6番にP300波形が顕著に観測される。従ってこの結果から被験者は文字「L」を意識していたことが判る。

今回の実験では、試行回数の低減の目的から、ERP波形データは12回の加算平均で抽出させるようにした。各行、各列ともランダムで計12回ずつ、1回の実験で120回試行させた。計測時間は、1回の試行に1秒、その時の刺激の継続時間は0.5

	5	6	7	8	9
0	A	B	C	D	E
1	F	G	H	I	J
2	K	L	M	N	O
3	P	Q	R	S	T
4	U	V	W	X	Y

図7 文字盤

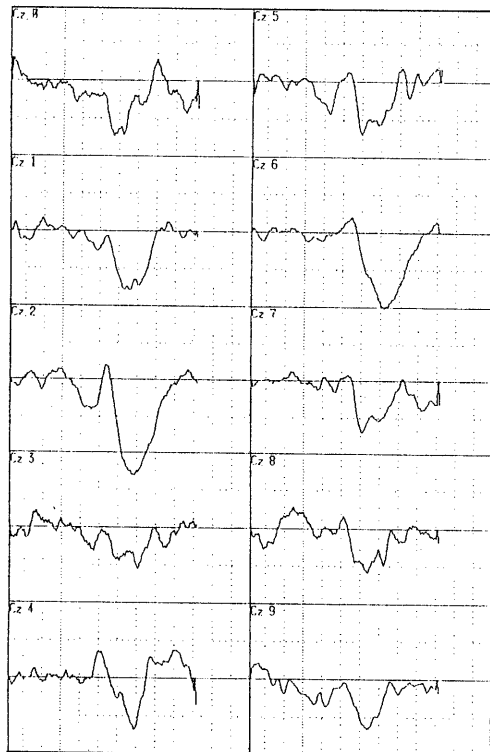


図8 文字選択測定データ

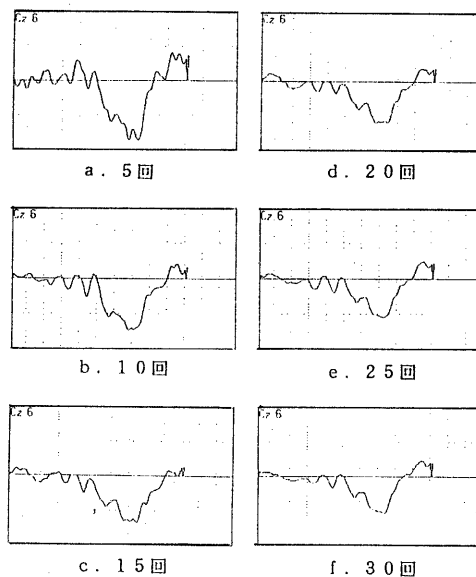


図9 加算回数別の脳波

秒とした。この結果1つの文字の選択に120秒が必要になる。

4. 結果の解析

今回の実験で、「特定語句の選択」に対してはOddball paradigm 課題に基づく30回の加算平均による評価方法を用いた。また次の「マトリックス状に配置した文字選択」の実験では、サンプル数としてそれぞれ12回に減らして加算平均を取り、それによる判定を行った。これは、Oddball paradigm 課題に基づく30回の試行に対し、検出時間の短縮の可能性を検討するため、試行回数を順次減らしてP300の検出を試みた。その結果を図9に示す。10回加算の辺りからP300の存在が顕在化してくる。しかし5回程度の加算結果ではP300以外の波形の影響が相対的に大きく、安定してP300波形を特定することは困難であった。

実験の結果、単純な音や色の判定という条件反射的な課題より、特定の文字や語句の選択という、人の思考領域に一步踏み込んだ課題を設定することで、P300の出現が顕著になると考えられる。そこで、与えるイベントとERP波形との関係を調べることにより、逆にP300成分を示す傾向の高い事象、もしくはその設定の方法を選ぶことも可能になると思われる。

5. おわりに

今回は、CA装置の入力手段と関連した事象を与えてERP波形の検出を試みた。現在、この試行回数を減らして判定時間を短縮する可能性を検討している。ただ問題は、ERPがP300以外にもN100やN200などの事象刺激に関連する波形や、 α 波、各種の雑音成分より構成されている点で、このうち加算平均処理によりランダム波形成分は除去され得るが、単一波形からP300成分を抽出するのはかなり困難である。そこで、ERPを効果的に発生させるための事象の与え方や、ERPの加算平均から得られた波形に対し、フィルタ処理を組み込むこと等により、P300波形を確実に且つ短時間で抽出する方法の検討を進めている。

参考文献

- [1] L. A. Farwell and E. Donchin: "Talking off the top of your head : toward a mental prosthesis utilizing event-related potentials" *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, vol.70, pp. 510-523 (1988)
- [2] N. V. Thakor: "Adapting filtering of evoked potentials" *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 34, No. 1, pp. 6-12 (Jan 1987)
- [3] S. Nishida, M. Nakamura & H. Shibasaki: "Method for single-trial recording of somatosensory evoked potentials" *J. Biomed. Eng.*, vol. 15, pp. 257-263 (May 1993)
- [4] C. A. Vaz, N. V. Thakor: "Adaptive Fourier estimation of time-varying evoked potentials", *IEEE Trans. Biomed. Eng.* vol. 36, No. 4, pp. 448-455 (Apr 1989)
- [5] 斎藤泰彦, 山本卓二: "多変量解析の応用によるERP波形成分の抽出", *脳波と筋電図*, 20(3), pp. 300-209 (1992)
- [6] 小林・井上ほか: "筋萎縮性側索硬化症患者のための意志伝達補助装置" *鳥取大学工学部研究報告*, vol. 17, No. 1, pp. 19-26, (1986)
- [7] 徳永・井上ほか: "筋萎縮性側索硬化症患者のための意志伝達補助装置の一構成法" *電子情報通信学会技術報告*, CAS87-26, pp. 1-8, (1987)
- [8] 井上・小林ほか: "コミュニケーション・エイドのためのかな-漢字変換法について" *情報処理学会研究報告*, ヒューマンインタフェイス 26-1, vol. 89, No. 72, pp. 1-8, (1989)
- [9] 井上・小林ほか: "ALS患者のためのコミュニケーションエイドの文章作成方法について" *情報処理論文誌*, vol. 33, No. 5, pp. 645-651, (1992)
- [10] 加納・井上ほか: "ALS患者のためのCAの入力方法" *情報処理学会研究報告*, ヒューマンインタフェイス 50-8, vol. 93, No. 80, pp. 57-64, (1993)
- [11] 大石・井上ほか: "ALS患者のためのコミュニケーションエイド" *鳥取大学工学部研究報告* vol. 24, No. 1, pp. 57-62, (1993)
- [12] 大石, 井上 ほか: "コミュニケーションエイドのための事象関連電位(ERP)の基礎的検討", *情報処理第48回全国大会講演論文集*, 1-409 (1994)