

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 29 日現在

機関番号：25201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650360

研究課題名(和文) ALS患者のための脳波(ERP)を用いた意思伝達支援

研究課題名(英文) Support of communication for ALS patient utilizing brain wave(ERP)

研究代表者

加納 尚之(KANO, Naoyuki)

島根県立大学・看護学部・教授

研究者番号：90177551

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：意思伝達能力を損なったALS患者のために、視覚刺激や聴覚刺激に対して現れる脳波(事象関連電位：ERP)を検出することによって、患者が注意を傾けている刺激を特定することができる。そして、これを意思情報として利用することによって意思伝達が可能となる。具体的には、刺激を家電製品のイラストなどにした場合は、所望の家電製品の電源を投入することができる。また、5指を刺激とした場合は、装置を介してではあるが、所望の指を動かすことができる。患者は自分の意思で家電製品のスイッチを投入し、指を動かすことが可能になり、生きる希望を見出した。

研究成果の概要(英文)：Amyotrophic Lateral Sclerosis(ALS) patients are unable to successfully communicate their desires, although their mental capacity is the same as non-affected persons. Thus, the author put emphasis on Event-Related Potential(ERP) which is the measured brain response. ERP is elicited for the target visual and auditory stimuli. Stimuli on which ALS patient is focusing can be specified by detecting ERP as an indicator of their desires. It becomes possible for ALS patient to switch on household electrical appliance and on the device which can move patient's finger by detecting ERP. ALS patients get their hope.

研究分野：人間医工学 リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：ALS ERP CA 目標刺激

1. 研究開始当初の背景

ALS は進行性の難病であり、患者は世界で約 35 万人、日本で約 7 千人いると言われていいる。徐々に運動神経が壊れていくことによって、しゃべることも手足を動かすこともできず、末期には表情すら失ってしまい、周囲との意思疎通ができなくなってしまう。しかし、知覚障害や感覚障害はないことから、自分の衰えゆく有様をつぶさに見ながら死んでいく。本人や家族の苦痛は計り知れない。また患者との意思疎通ができないことは、医療や看護においても甚大な支障をきたす。病状の初期にはメカニカルなスイッチが有効であるが、末期になると脳波以外に利用手立てはない。

2. 研究の目的

(1) 意思伝達能力を損なった ALS 患者のために、脳波を利用して、「心で念じるだけ」で意思伝達ができ、また、身の周りの家電製品などを制御できるシステムの開発を行う。これにより、ALS 患者の「生活の質」が著しく向上し、医療福祉に多大な貢献をすることができる。

(2) 本システムを使用して、患者が動かしたい指を特定し、製作した装置でその指を動かす。たとえ、外部の装置によるものであっても、患者が動かしたいと思っている指を動かすことができれば、患者に多大な感動や希望を与えることができる。

3. 研究の方法

(1) 脳波

脳波の成分で、視覚刺激や聴覚刺激に対して現れる事象関連電位(ERP)に注目している。中でも P300 と P200 と N200 が有効である。P300 は被験者がまれに出現する感覚刺激に注意を傾け、それを認知・識別し、一定の課題を遂行する際に、刺激の約 300ms 後に中心・頭頂部のほぼ正中線上を中心として、広い範囲に誘発される陽性電位である。P200 はまれな刺激に対して、刺激後約 200ms にみられる陽性電位である。また、N200 は刺激提示より約 200ms 後にみられる陰性電位であり、被験者の選択的注意機能を示す成分である。したがって P300 と P200 と N200 を検出することによって、被験者が注意を傾けている刺激を特定することができ、これを患者の意思情報として利用することによって意思伝達が可能となる。

(2) 事象関連電位 (P300,P200,N200) の検出

Fig.1 に示す実験システムを開発し、ALS 患者に対して目標項目特定実験を行った。具体的には、5 つの項目を刺激として提示し、患者はその中の 1 つを目標刺激として意識を集中する。そして同時に脳波を測定する。項目だけではなく、写真やイラストなどの画像

や、「あ」「い」「う」「え」「お」や、その音声も刺激として用いる。また、患者に対し「親指」、「人差指」、「中指」、「薬指」、「小指」などの項目を用いて刺激を行い、患者は動かしたい指を「動け」と念じる。そして所望の指を特定し、外部の装置によりその指を動かす。患者に感動や希望を与えることにより更なる精度の向上を目指した。

次に、P200, N200, P300 を検出するための基本的なアルゴリズムについて概略を述べる。

①フィルタ処理 ハールウェーブレット時間関数を用いてフィルタ処理を行う。このフィルタは位相シフトがないため、潜時を正確に捉えることができる。

②加算平均処理 ランダムな変動成分を除去するために、刺激ごとに加算平均処理を行う。

③平均減算処理 目標刺激と非目標刺激のそれぞれに対応する脳波の共通成分を除去するために、全平均波形を減ずる平均減算処理を行う。

④台形時間窓関数による波形の切り出し処理 台形時間窓関数を用いて、P200, N200, P300 が存在する部分の波形を切り出す。

P200, N200, P300 の成分を正確に検出するためには、台形時間窓関数の位置と幅、およびフィルタ処理における中心周波数などの個人差を考慮しなければならない。

(3) 目標刺激特定実験

ALS 患者は 60 歳代の男性で、発症後 14 年が経過している。寝たきりではあるが、眼球運動、表情筋、嚥下機能は保たれている。また、人工呼吸器を装着しているが発語が可能であり、わずかに動く口元で入力センサを操作しコンピュータを使用している。なお、患者へのインフォームドコンセントを実施し、病院の倫理審査委員会の承認も得た上で本実験を行っている。本実験の刺激カテゴリ

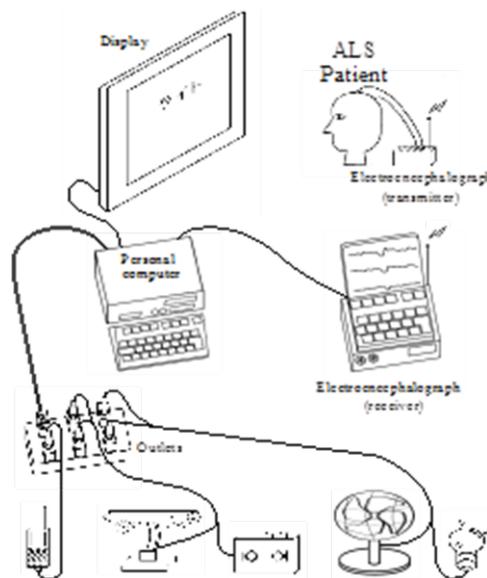


Fig.1. Experimental setup

は、「項目」「写真」「イラスト」「文字」「音声」「文字と音声」の6種類であり、それぞれには5つの刺激項目がある。

① 項目と写真とイラスト刺激による実験
患者の前に設置したディスプレイに刺激を提示する。「項目」刺激は、「ライト」「かぜ」「携帯電話充電」「MUSIC」「裸電球」の5つの刺激項目からなる。Fig.2(a)は「写真」刺激、同図(b)は「イラスト」刺激であり、それぞれ5つの刺激項目からなる。患者には各カテゴリごとに5つの刺激項目の中から、ランダムに1つつつディスプレイに提示する。実験は各刺激カテゴリにつき50回ずつ行った。刺激の提示間隔は700ms、提示時間は300msである。1回の実験において1刺激項目の提示回数は約20回であり、合計100回刺激を提示する。目標刺激として特定されれば、対応する家電製品のスイッチがONとなる。実験は被験者に意識的な注意義務を与える必要があるため、目標刺激が提示されたとき、その出現回数をカウントするという課題を与えた。目標刺激は実験前に、5つの刺激項目の中から順番に指示した。目標刺激として特定した刺激は、ディスプレイに提示すると同時に、対応する家電製品のスイッチをONすることによって患者に知らしめた。正答であれば、患者に喜びを与えることができ、これを励みに、集中して実験に取り組むことができる。

② 文字と音声刺激による実験 「あ」「い」「う」「え」「お」の「文字」「音声」「文字と音声」を刺激とする実験を行った。実験システムは、Fig.1に示している家電製品を取り外し、特定した目標刺激はディスプレイに表示した。他は①と同様である。

③ 5指を刺激とした実験 「親指」「人差し指」「中指」「薬指」「小指」の中から1項目をランダムにディスプレイ上に提示し、患者はその中の1つを目標刺激として意識し、その指を動かそうとイメージする。目標刺激として特定すれば、その指は装置を使って、わずかに上下に連続して動かした。他は①と同様である。

Light Fan Cellphone-charge Music Electric-bulb



(a) Pictures



(b) Illustrations

Fig.2. Stimuli

Table 1. Number of correct judgment in 50 experiments.

(a) Stimulus of word(Japanese)

Stimuli	P200	N200	P300
ライト	3	7	10
かぜ	4	8	10
携帯電話電	1	9	9
MUSIC	4	10	10
裸電球	4	8	10
Total	16	42	49

(b) Stimulus of picture

Stimuli	P200	N200	P300
	2	9	10
	2	9	10
	3	8	10
	1	10	10
	4	7	10
Total	12	43	50

(c) Stimulus of illustration

Stimuli	P200	N200	P300
	1	10	10
	1	10	10
	2	10	9
	2	9	9
	2	9	10
Total	8	48	48

(d) Stimulus of character(Japanese)

Stimuli	P200	N200	P300
あ	3	6	10
い	3	10	10
う	4	7	9
え	1	7	10
お	4	9	10
Total	15	39	49

(e) Stimulus of voice(Japanese)

Stimuli	P200	N200	P300
あ	2	9	10
い	7	7	10
う	3	2	6
え	0	7	8
お	5	6	8
Total	17	31	42

(f) Stimulus of character & voice(Japanese)

Stimuli	P200	N200	P300
あ	5	9	10
い	1	10	10
う	3	10	10
え	4	8	10
お	0	6	9
Total	13	43	49

Table2 Rate of correct judgment in two case of feedback of specified stimulus to ALS Patient

Feedback Method	P200 [%]	N200 [%]	P300 [%]
Display	16	86	96
Display & Moving the finger	20	94	100

4. 研究成果

(1) 項目と写真とイラスト刺激による実験結果 各刺激カテゴリに対して行った 50 回の実験の正答数と、その内訳を Table1(a)-(c) に示す。P200 については、各刺激カテゴリにおいて正答数が少ないので、目標刺激の特定には不適である。N200 では「イラスト」において 48 が最高、P300 では「写真」において全ての実験で正答であった。P300 については、「イラスト」刺激で N200 と同数であつが、他の刺激においては N200 と比べ多くの正答を得た。

(2) 文字と音声刺激による実験結果 各刺激カテゴリについて行った 50 回の実験での正答数を Table1(d)-(f) に示す。いずれの刺激においても、P300 において最多の正答数を示している。特に「文字」刺激と「文字と音声」刺激での正答数は 49 であり、多くの正答を示した。「音声」刺激では 42 とそれほど高くはなかった。患者は、音声の「う」と「お」の区別ができない、また「文字と音声」刺激実験については、「音声」はわかり難いので、文字に頼っていたと話していた。N200 では、「文字」が 39、「音声」が 31 であるが、両

方を刺激とした「文字と音声」では 43 であり増加した。

Table1(a)-(f)全体として、音声以外の刺激カテゴリの刺激項目においては、P300 の方が N200 よりばらつきが少なく安定している。ただし、音声を刺激とするカテゴリにおいては、他の実験と比べて正答数は少なく、各刺激項目においてもばらつきがあった。音声に関する刺激については、その長さの違いから認識時間が異なるために、明確なピークが現れ難い。音声を含む刺激については、さらなる研究が必要である。

(3) 5 指を刺激とした実験の結果

Table2 に正答率を示す。特に P300 においては 100%という極めて高い正答率を得ることができた。患者は自力で指を動かすことはできないが、本システムを使うことによって、自分の意思で指を動かすことができた。患者は「感動した」と言っていた。この感動が、患者の集中力を高めたと考えている。

(4) 国内外におけるインパクト

ALS 患者は世界で約 35 万人、日本で約 7 千人いると言われている。末期になると知覚機能や感覚機能は正常であるにもかかわらず、周囲との意思の疎通が全くできなくなってしまう。末期になると脳波以外に利用手立てはない。本研究において、「心で念じる」だけで意思表示をし、所望の家電製品の電源を投入し、所望の指を動かすことができたことは、日本のみならず、世界中の ALS 患者にとってこの上ない喜びである。

(5) 今後の展望

今後は、「5 指を刺激とした実験」を発展させ、ALS 患者のリハビリテーションを実現したい。ALS 患者は脳から指などへの信号伝達ができないが、このリハビリテーションを繰り返すことにより、指から脳への信号伝達経路が開拓され、外部の装置に頼ることなく、自力で指を動かすことができるのではないかと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

加納 尚之、ALS 患者のための事象関連電位を利用した目標刺激の特定、電気学会論文誌 C (電子・情報システム部門誌)、査読有、Vol.134,No.12,2014,1847-1854, DOI:10.1541/ieejjeiss.134.1847

〔学会発表〕(計 2 件)

① 加納 尚之、脳波(ERP)を利用した ALS 患者の目標刺激特定実験 —リハビリ実験の試み—、平成 26 年電気学会全国大会、平成 26 年 3 月 20 日、愛媛大学

② 加納 尚之、ALS 患者のための脳波(ERP)を利用した目標刺激特定実験、平成 25 年電気学会全国大会、平成 25 年 3 月 22 日、名古屋大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加納 尚之 (KANO, Naoyuki)
島根県立大学・看護学部・教授
研究者番号：90177551