

表 8 Case C の介助頻度

区分	姿勢の変換	健康管理	着替え	排泄	洗面・入浴	移乗	食事	合計 118回
回数	8	49	9	15	7	0	9	
区分	掃除洗濯	外出	代筆・代読	家電操作	電話機操作	PC操作	その他	
回数	0	8	0	0	0	0	12	

表 9 Case C の介助種類と頻度

時間	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	
ヘルパー滞在時間										←————→			
姿勢の変換					1					1		1	
健康管理				1	2			2	3	3	7	5	
着替え									3			1	
排泄									1		1	1	
洗面・入浴									1	1			
移乗													
食事					1		1				1	1	
掃除洗濯										1			
外出													
代筆・代読													
家電操作											1		
電話機操作													
PC操作													
その他									1	2	3		
合計	0	0	0	0	1	0	1	0	6	4	6	3	
時間	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24	
ヘルパー滞在時間		←————→											
姿勢の変換		1			1	1	1				1		
健康管理	2	3	5	4	5	1	1			1	4		
着替え				1			2					2	
排泄	2	1	1		3	1	2	1		1			
洗面・入浴	1	1			1						2		
移乗													
食事	1			1			1	1		1			
掃除洗濯													
外出													
代筆・代読													
家電操作				1	1	2				1	2		
電話機操作													
PC操作													
その他	1		1	1	1						2		
合計	5	2	2	4	6	3	5	2	0	3	8	0	

表 10 福祉機器の重要度と満足度

被験者	福祉機器	重要度	満足度
Case A	電動車いす	5	5
	リフト	5	4
	ベッド	5	3
	シャワーチェア	5	3
	マウススティック	3	3
Case B	リフト	5	4
	介助用車いす	5	3
	エアマット	5	5
	座位保持用ベルト	4	4
Case C	シャワーチェア	4	5
	介助用車いす	5	4
	リフト	5	5
	電動ベッド	5	5
	携帯用吸引機	5	4
	人工呼吸器	5	5
	骨伝導補聴器	5	5
	意思伝達装置(伝の心)	5	5

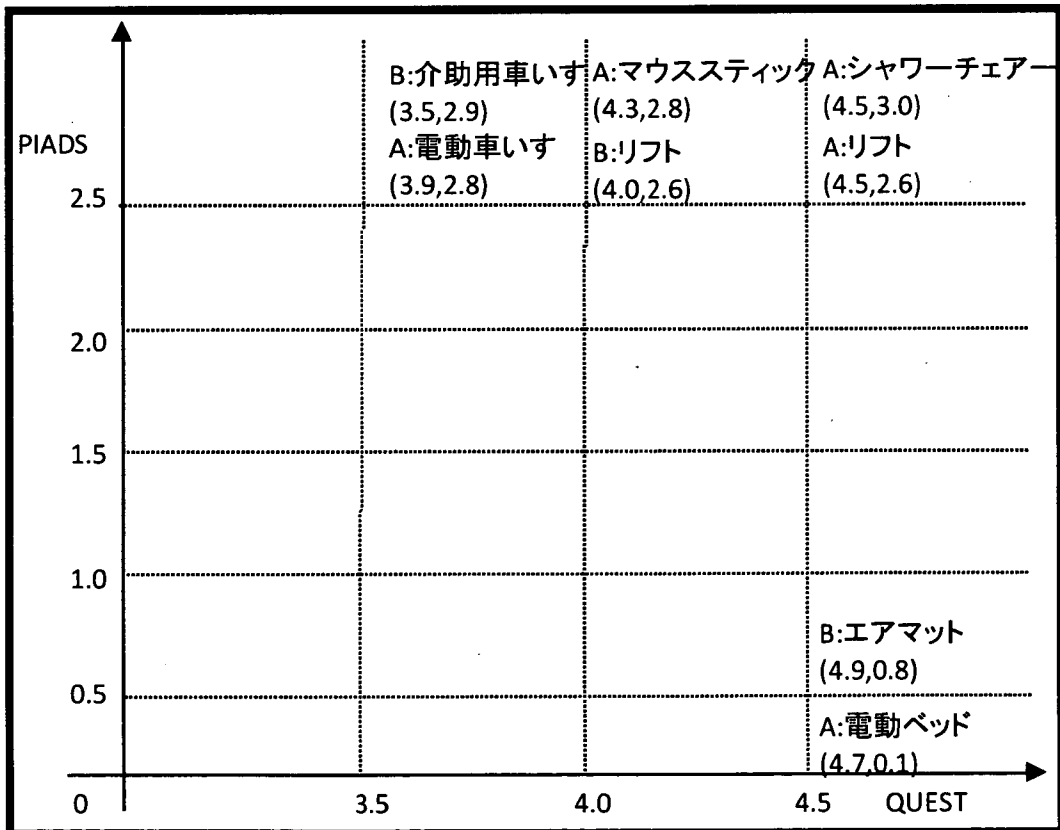


図1 利用福祉機器のQUEST平均スコアとPIADS平均スコア

表 11 利用福祉機器の QUEST2.0 詳細

被験者	福祉機器名 (平均スコア)	平均スコア	用具スコア	サービススコア	もっとも重要だと思う項目			満足度が2以下の項目
Case A	電動車いす	3.9	4.5	2.8	耐久性	簡単に使えるか	有効性	修理サービス(2):業者の対応が遅い
	リフト	4.5	4.8	3.7	安全性	耐久性	簡単に使えるか	なし
	電動ベッド	4.7	4.6	5.0	安全性	耐久性	使い心地の良さ	重さ(2):重すぎる
	シャワーチェア	4.5	4.2	5.0	安全性	耐久性	有効性	なし
	マウスティック	4.3	4.8	3.5	大きさ	重さ	使い心地の良さ	なし
Case B	リフト	4.0	4.3	3.0	使い心地の良さ	有効性		アフターサービス(2):修理に公費が使えず、故障や交換に費用がかかる
	介助用車いす	3.5	3.0	4.5	有効性	修理サービス	アフターサービス	部品の取り付けや調節方法(2):ブレーキがよく壊れる 安全性(2):ブレーキがよく壊れる 耐久性(2):後ろの支柱が折れた
	エアマット	4.9	4.9	5.0	使い心地の良さ	有効性	専門家の助言・指導	なし

表 12 利用福祉機器の PIADS の詳細

被験者	福祉機器	平均スコア	効力感	積極的適応性	自尊心
Case A	電動車いす	2.6	2.8	3.0	2.1
	リフト	2.8	3.0	3.0	2.4
	電動ベッド	0.1	0.0	0.0	0.4
	シャワーチェア	3	3.0	3.0	3.0
	マウスティック	2.8	3.0	2.5	2.6
Case B	リフト	2.6	2.4	3.0	2.5
	介助用車いす	2.9	3.0	3.0	2.8
	エアマット	0.8	0.8	0.5	1.1

表 13 開発希望福祉機器

被験者	開発希望福祉機器
Case A	洋服の脱ぎ着 入浴 大便排泄:失禁の恐怖がある。週のうち2回は大便をする。そのために在宅勤務にする必要がある。できるだけ週に1回がいい。
	読書
Case B	電話機操作:プライバシーの問題があるので。
	パソコンメール操作:プライバシーの問題があるので。
	テレビリモコン操作:介助者が寝ているときに自分でテレビの操作ができるように 電動アシスト車いす:電動アシストがあると介助者が助かる
Case C	なし

表 14 3 被験者の比較

	福祉機器	介助回数	介助時間帯数
Case A			
身体の管理	電動ベッド	5	4
	電動車椅子		
ADL	リフト	30	11
	シャワーチェア		
情報やコミュニケーション	マウスティック	0	0
その他		9	4
Case B			
身体の管理	エアマット	18	11
	リフト		
ADL	介助用車いす	58	18
	シャワーチェア		
情報やコミュニケーション		90	18
その他		19	8
Case C			
身体の管理	電動ベッド		
	携帯用吸引機	57	16
	人工呼吸器		
ADL	介助用車いす	41	16
	リフト		
情報やコミュニケーション	骨伝導補聴器	8	6
	意思伝達装置(伝の心)		
その他		12	8

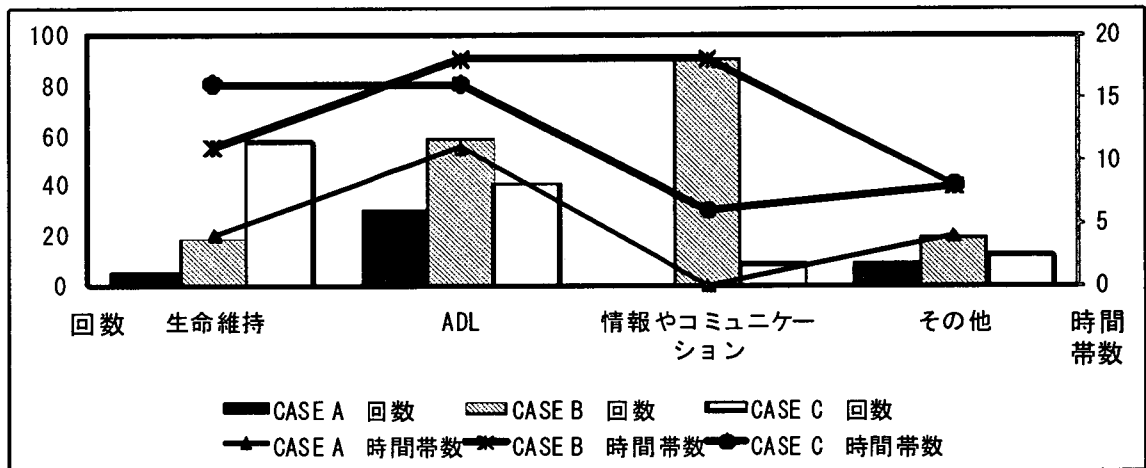


図2 3被験者の介助回数と介助時間帯数

厚生労働科学研究費補助金 (障害保健福祉総合事業)

分担研究報告書

言語(発話)障害のある重度身体障害者による音声認識ソフトの評価

協力研究者 丸岡稔典

国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所 障害福祉研究部流動研究員

研究要旨：本研究では、言語(発話)障害のある重度身体障害者にとって市販音声認識ソフトがどの程度利用可能であり、またソフトにどの程度需要があるかを明らかにする一環として、言語(発話)障害のある重度脳性マヒ者1名に対して市販音声認識ソフトを用いたパソコン操作実験と質問紙による調査を行った。その結果、市販音声認識ソフトは言語(発話)障害のある重度身体障害者の期待を十分に満たすものではないが、ソフトに対する一定の需要が存在する可能性が高いこと、今後のソフトの開発に当たっては認識率の向上をはじめとした性能・使用感の向上とソフトに習熟した専門家や助言者による導入と使用の支援が求められることが明らかとなった。

A. 研究目的

本研究の目的は、言語(発話)障害のある重度身体障害者にとって市販音声認識ソフトがどの程度利用可能であり、またソフトにどの程度需要があるかを明らかにすることにある。

近年、重度脳性マヒ者が二次障害により頸髄損傷を併発する可能性が高いことが指摘されつつある。こうした頸髄損傷の併発した重度脳性マヒ者は、自力でのパソコン操作による文字入力やインターネット利用を行うことが困難になる。従来、この代替手段として、介助者を用いたパソコンを操作による文字入力やインターネット利用がなされてきた。しかし、この手段を用いた場合、文字入力やインターネット利用の際に本人が他人に知られることを望まない私生活上の情報が介助者に知られるという問題が存在する。したがって、何らかの機器の使用による自力でのパソコン操作は、他人に知られることを望まない私生活上の情報を保護した形でのパソコン利用の促進を図る上で重要な課題と考えられる。

本研究では、こうした課題の解決の方法として、言語(発話)障害のある重度身体障害者の音声認識ソフトを用いたパソコン操作を検討した。既存の市販音声認識ソフトは、一般健常者を対象としており、必ずしも言語(発話)障害を有する者を対象とするものとはなっていない。そこで、既存の市販音声認識ソフトを用いた実験により言語(発話)障害のある重度身体障害者の音声認識ソフトの利用可能性を評価し、併せて質問紙を用いた調査によりソフトについての需要を抽出した。

B. 研究方法

本研究では、2007年9月から2008年1月にかけて頸髄損傷を併発している言語(発話)障害のある脳性マヒ者1名に対して(50代、男性)既存の市販音声認識ソフト「Dragon Naturally Speaking」(2005 Select USB版, ニュアンスコミュニケーションズジャパン株式会社)を用いた評価実験を行った。

1. 被験者のプロフィール

被験者は、頸髄損傷を併発している言語(発話)障害のある脳性マヒ者であり、日常生活動作についてはほぼ全面的に介助を必要としており、現在は 24 時間介助者を入れて独居生活をしている。被験者のパソコン使用歴は 17 年程度であり、11 年ほど前より自力でのパソコン操作が困難になり、介助者を用いたパソコン操作を行っている。市販の音声認識ソフトは以前に試したが実用には至らず、現在は使用していない。また、聞き取り調査により自力でのパソコン操作についてニーズがあることが判明している。

2. 実験機材

実験機材として、「Dragon Naturally Speaking」をインストールしたノートパソコン (CPU: 1.60 GHz, Memory: 752MB, OS: Windows XP SP2) とマルチメディア PC ヘッドセットを用い、両機材を USB にて接続した。この音声認識ソフトは以前に被験者が試用したのものより改良が進み、健常者がはっきり発話した音声では 99%以上の認識率を有するとされているものである。

3. 事前の訓練内容

実験前に 6 回、計 10 時間程度、「Dragon Naturally Speaking」とパソコンの調整及び被験者による操作訓練を実施した。

調整内容は、「オーディオセットアップの点検」、「音響モデルの最適化」、「付属トレーニング (エンロール) の実施」、「付属チュートリアルの実施」、「一部単語の登録」である。訓練内容は、「コマンド操作」、「例文を用いた文書入力」、「WEB ブラウザ操作」である。

4. 実験内容

評価実験は、音声入力を用いた文書入力と WEB ブラウザ操作の二つの方法で実施した。加えて、被験者の主観的な音声認識ソフトの評価を質問紙に基づく聞き取り調査により行

った。

(1) 文書入力

被験者に課題文「ある社会がその構成員のいくらかの人々を閉め出すような場合、それは弱くもろい社会なのである」を紙面にて提示し、被験者が Windows 付属のメモ帳にて文書入力を行う入力速度 (入力時間) を、被験者が音声認識ソフトを使用し自力で操作する場合と、被験者が介助者に対して指示と読み上げを行い、介助者が入力する場合の二通りで計測した。加えて、言語(発話)障害のない健常者が 1 時間程度の練習を経たのち、音声認識ソフトを使用し操作する場合の入力速度を計測した。

なお、被験者は音声を用いた自力での入力を実験の実験の前に一回練習している。

(2) WEB ブラウザ操作

「インターネットブラウザを立ち上げ、設定ホームページから「YAHOO JAPAN」の WEB Site を開き、国立身体障害者リハビリテーションセンターの Web Site を検索し、その Web Site を開く」という WEB ブラウザの操作速度を被験者が音声認識ソフト使用し自力で操作する場合と、被験者が介助者に対して指示を行い、介助者が操作する場合の二通りで計測した。加えて、言語(発話)障害のない健常者が 1 時間程度の練習を経た後、音声認識ソフトを使用し、同様に操作する場合の操作速度を計測した。

なお、被験者は音声を用いた自力での操作を実験の実験の前に一回練習している。

(3) 被験者の主観的な音声認識ソフトの評価

質問紙を用いた聞き取りにより音声認識ソフト「Dragon Naturally Speaking」についての被験者の主観的な評価を調査した。質問項目はソフトの満足度を測定する福祉用具満足度スケール (QUEST 第 2 版) とソフトの心

理的効果を測定する福祉機器心理評価スケール(PIADS)及び実際に使用してみたの感想等である。なお、福祉機器心理評価スケール(PIADS)による評価は音声認識ソフトの有無(介助者指示を想定しない場合)と音声認識ソフト使用と介助者指示による違いの二通りで聞いている。

C. 研究結果

1. 文書入力と WEB ブラウザ操作の速度

被験者が音声認識ソフトを使用した場合、被験者が介助者に指示を出した場合、言語(発話)障害のない健常者1名が1時間程度の調整を経て音声認識ソフトを使用した場合の課題文の入力速度(入力に要する時間)、及び被験者が希望する(実使用したいと思える)入力速度は図1に示すとおりである。また、被験者が音声認識ソフトを使用した場合、被験者が介助者に指示出した場合、言語(発話)障害のない健常者1名が1時間程度の調整を経て音声認識ソフトを使用した場合のWEBブラウザの操作速度(操作に要する時間)及び被験者が希望する操作速度は図1に示すとおりである。

被験者が入力・操作する速度は、健常者が入力・操作する速度と比べて3倍以上であり、希望速度と比較しても1.5倍程度の時間がかかることから、現状では音声認識ソフトが当該被験者にとっては実用レベルに達していないと判定される。また、被験者が入力・操作する速度は、被験者が介助者に指示を出した場合と比べて2倍以上であることから、使用したソフトの音声認識技術が、脳性マヒに見られる言語(発話)障害に十分に対応するものとなっていないことと、キーボードやマウスを使わずに、認識率が必ずしも高くなく音声だけですべてを入力・操作するには、ユーザ・インターフェースの設計に課題があることがうかがえる。現状では、音声認識ソフトを用いるより被験者が介助者に指示を出す方

が効率的であるといえる。

2. 被験者の主観的な音声認識ソフトの評価

まず、福祉用具満足度スケール(QUEST第2版)の一部を用いた音声認識ソフト「Dragon Naturally Speaking」の評価は表1に示すとおりである。なお、本研究では、機材を提供しての実験であったため、関連するサービスについては、「専門家の指導・助言」以外は聞いておらず、別途価格について質問している。

「有効性」という性能面に加えて、「部品の取り付け方法や調節方法」、「簡単に使えるか」、「使い心地のよさ」等の使用感について満足度が低くなっている。これらの項目が重要度の高い項目となっていることから、今後の言語(発話)障害のある重度身体障害者向け音声認識ソフトの開発の課題となると考えられる。

さらに、音声認識ソフトを実際に使用してみたの感想としては、「音声認識ソフト使用により介助者を気にせず話せる内容がある」、「適合に詳しい人がいると使いやすくなる」、「音声認識ソフトが自分の言語(発話)障害に正確に対応していない点が不満である」等の意見が挙げられていた。このことから、言語(発話)障害のある重度身体障害者向け音声認識ソフトの開発については技術的な認識率の向上に加えて、使用者の音声認識ソフトへの習熟が認識率と操作性の向上に寄与すると考えられる。音声認識ソフトの使いこなし方に関して十分に習熟した助言者がいることにより、ソフトを使用する際のストレスが軽減されると予測される。

次に、福祉機器心理評価スケール(PIADS)による音声認識ソフト「Dragon Naturally Speaking」の有無及び音声認識ソフト使用と介助者入力の差についての評価は表2、図2に示すとおりである。

音声認識ソフトの使用は被験者にプラスの心理的効果を及ぼしているが、介助者による

入力を考慮すると、効力感と自尊感情はそれほど上昇しないことがわかる。また、介助者入力と音声入力ソフトによる入力の差が、音声入力ソフトの有無の差に比べて高い項目、つまり介助者が入力することにより損なわれている項目として「自信」、「有能性」、「パフォーマンス」、「新しいこと」の4項目が存在した。これは効率性ではなく、「自分がする」ということからくる心理的充実感および介助者を気にしなくてよいという心理的負担感の軽減と関連していると考えられる。

D. 考察

1. 言語(発話)障害のある重度身体障害者による市販音声認識ソフトの評価と開発課題

言語(発話)障害のある重度身体障害者にとって、市販音声認識ソフトの認識率が不十分であるため、入力・操作速度面において十分にその期待を満たすものとはなっていない。特に、介助者に指示を出し、入力・操作する場合と比較するとその能力不足は明らかである。今後の開発課題としては、認識率の向上をはじめとした性能・使用感の向上が求められる。加えて、言語(発話)障害のある重度身体障害者の場合、認識率の悪さは単に物理的な負担感のみではなく、自身の言語的な障害をより顕在化させるという心理的負担感を生じさせていることが推察された。介助者の場合は、本人の言語(発話)障害をより理解する姿勢があるためにこうした心理的負担感があまり生じない可能性がある。この心理的負担感軽減の観点からこうしたソフトに習熟した専門家や助言者による導入と使用の支援が求められていることがうかがえる。

また現状では、音声認識ソフトの開発に加えて、言語(発話)障害のある重度身体障害者の指示に基づきパソコンを操作する介助者を充実するような介助体制の拡充の必要性も示唆される。

2. 言語(発話)障害のある重度身体障害者の音声認識ソフト利用の可能性

音声認識ソフトの使用は、利用者にプラスの心理的効果をもたらしていた。この効果は介助者を使用する場合を考慮すると減少するものの、「自信」、「有能性」、「パフォーマンス」、「新しいこと」の4項目は介助者が入力することにより損なわれるものであることが明らかとなった。このこと及び、「音声認識ソフト使用により介助者を気にせず話せる内容がある」との意見から、「自分がする」ということからくる心理的充実感および介助者を気にしなくてよいという心理的負担感の軽減という点において言語(発話)障害のある重度身体障害者の音声認識ソフトについての潜在需要は存在すると考えられる。したがって、性能および使用感の向上と専門家や助言者による導入と使用の支援がなされれば、言語(発話)障害のある重度身体障害者が音声認識ソフトを利用して、QOLが改善する可能性は存在する。

E. 結論

言語(発話)障害のある重度身体障害者にとって、市販音声認識ソフトはその期待を十分に満たすものではないことが明らかとなった。しかし、「自分がする」ことによる心理的充実感および介助者を気にしなくてよいという心理的負担感の軽減という点から音声認識ソフトへの需要および利用可能性は十分に存在すると考えられる。今後、言語(発話)障害のある重度身体障害者が利用可能な音声認識ソフトの開発と普及に当たっては、認識率の向上をはじめとした性能・使用感の向上と、ソフトに習熟した専門家や助言者による導入と使用の支援が求められる。

F. 研究発表

なし

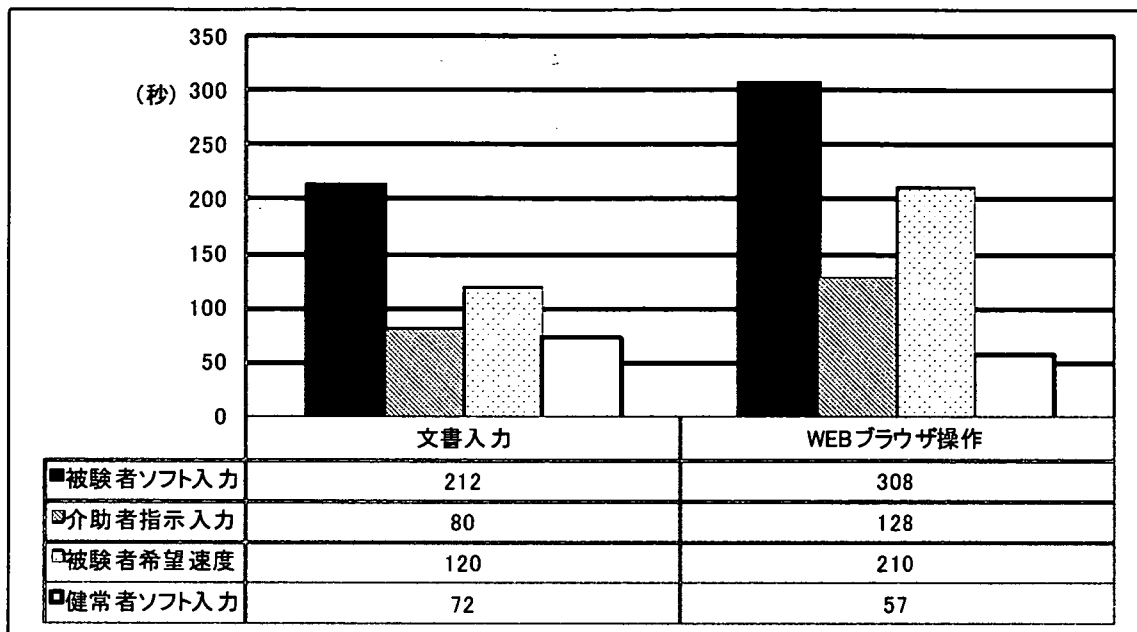


図1 入力・操作速度の比較

表1 音声認識ソフトの QUEST の詳細

	スコア	コメント
(1) 一般的な満足度	2	
(2) 福祉用具満足度スケールを用いた評価		
1) 大きさ	4	もう少しマイクの角度が自由に合わせられれば。
2) 重さ	5	
3) 部品の取り付け方法 や調節方法	2	セットアップの時間は3~4ぐらい。もう少し素早くしてほしい。 自分の声が反映されるようになってほしい
4) 安全性	4	ワイヤレスであればそれに越したことがない。
5) 耐久性	4	引っかかって壊れる場合がある。
6) 簡単に使えるか	1	2に近い1。自分では確実にしゃべっていると感じるが反映されていない。 (介助者：普段は抑揚のある話し方をしているが、この場合は全部同じようなトーンで明瞭に話している。)
7) 使い心地のよさ	1	認識率が悪い。電話（の音声認識の方）がまだまし。
8) 有効性	2	少しは動かせる。
9) 手に入れるまでの手 続きや期間	×	質問せず
10) 修理サービス	×	質問せず
11) 専門家の指導・助 言	3	機械に慣れていない。
12) アフターサービス	×	質問せず
* 価格	3	もう少し安くなればこしたことはない。一万円以下が希望。
(3) 重要度の高い要素		3) 部品の取り付け方法や調節方法, 5) 耐久性, 8) 有効性

表2 音声認識ソフトの PIADS 詳細

	平均スコア	効力感	積極的適応性	自尊心
音声入力ソフトの有無の差	1.3	1.8	1	1
介助者入力と音声入力ソフトによる入力の差	0.3	0.1	1	0.1

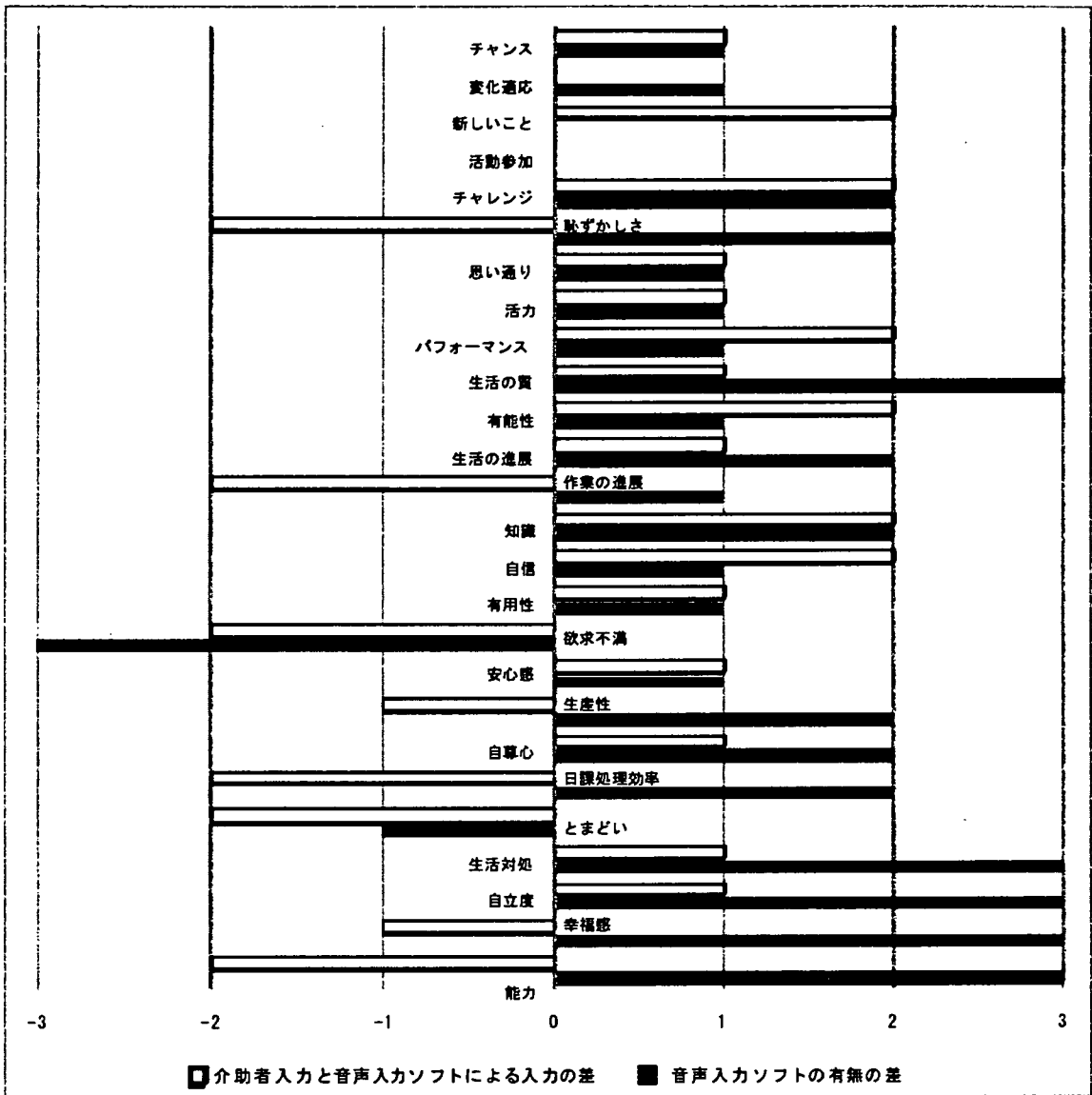


図2 音声認識ソフト使用による心理的効果

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
井上剛伸, 田中久弥, 豊原昂, 小竹元基, 蒲田実	聴覚刺激による事象関連電位を利用した意思伝達装置の開発に関する研究	第20回バイオメカニズム・シンポジウム前刷	1	301-312	2007
小松知章, 中島八十一, 竹内成生, 崎原ことえ, 森浩二, 神作憲司	頸髄損傷者における脳波を用いた非侵襲型 BMI の試み	平成19年電気学会産業応用部門大会論文集	II	II 99-102	2007

聴覚刺激による事象関連電位を利用した意思伝達装置の開発に関する研究

井上剛伸^{1†,3}, 田中久弥², 豊原昂³, 小竹元基³, 鎌田実³

¹国リハ研, ²工学院大学, ³東京大学大学院

要旨 本稿では, ALS (筋萎縮性側索硬化症) を対象とした, BCI (ブレイン・コンピュータ・インターフェース) の開発について述べる. BCI は運動機能が著しく低下した ALS 患者のコミュニケーション手段として期待が大きいにもかかわらず, 技術主導の研究が多く, ニーズとのマッチングが十分ではないのが現状である. 本研究では, ALS 患者を対象としたニーズ調査を行い, 日本語音声聴覚刺激として与えた際に誘発される P300 を検出する BCI のコンセプトを構築した. 本システムは日本語の五十音から, 5 者択一課題により 3 段階で一文字を選択することができる. 健常者および ALS 患者での文字選択実験から, 意思伝達装置としての実用性が示された.

キーワード: ALS, BCI, コミュニケーション, P300, 日本語文字選択

1. はじめに

近年, 身体障害者数の増加と障害の重度化が進んでいる. そのため, より重度の障害者の QOL 向上を目指した取り組みが重要となっている. その中でコミュニケーションの確保は最も重要な課題であり, そのための意思伝達装置の開発が行われている. 重度の筋萎縮性側索硬化症(ALS)患者など, 利用できる運動機能が著しく低下している障害者を対象としたコミュニケーション手段として, Brain-Computer-Interface (BCI) が注目されている¹⁾. BCI は使用者の脳波や脳血流量を計測・解析し, インターフェイスとして活用するため, 運動機能が必要としない点が特徴である.

福祉機器の開発には, 使用者の求める機能の調査・使用者個人に対する適合が欠かせない. しかし, 既存の BCI の研究は技術主導による研究が多く, 実用場面を考慮したものが非常に少ない. 一方, その対象となる ALS 等の患者の状態は重篤であり, BCI の実用化に対する期待は切実なものがある. そこで, 本研究では ALS 患者を使用者として想定し, ニーズ調査を行うことにより, 実用に近い BCI のコンセプトを立案することとした. その

コンセプトに基づき, 解決すべき課題を抽出し, 意思伝達装置の実現に向けた可能性の検討を行った.

2. ALS 患者の生活実態とニーズの調査

2.1 ALS について^{2),3)}

ALS の患者数は全国で約 7000 人と推定されている. ALS は筋肉を動かす運動神経細胞が壊死するために筋力が徐々に弱まる病気である. 進行性の病気であり, やがて呼吸筋を含めた全ての随意筋活動が消失する. この状態を Totally Locked-in State (TLS) という. しかし, 知覚・感覚機能が侵されることは無いとされており, BCI の利用が効果的であると考えられる.

2.2 調査

ALS 患者宅を訪問し, 患者本人および介護者から生活状況やコミュニケーション方法などについて, 半構造化面接による聞き取り調査を行った. 調査時間は 2 時間程度であった. 被検者は 3 名である. 3 名とも気管切開による人工呼吸器を使用していた.

1 名は足の指先や口の周囲, 脛および眼球を動か

すことができる状態であった (a 氏)。脛、または足の親指を使って、光センサやピエゾセンサを用いたスイッチが使用可能であった。口の周囲を動かすことで介護者と意思疎通を行っていたほか、意思伝達装置を使用して PC 操作を行っていた。

2 名は眼球を僅かに動かすことができる状態であった (b 氏, c 氏)。2 名とも以前はスイッチや文字盤を利用していたが、現在では介護者の問いかけに対して、かろうじて眼球を動かすことにより Yes/No を伝達していた。また、市販の脳血流量計測を利用した意思伝達装置「心語り」(エクセル・オブ・メカトロニクス株式会社)の使用を試みていた。

2.3 調査結果

調査結果を次の 5 つの項目に従って整理した。

- 1) ALS 患者の概況
- 2) 生活環境
- 3) 意思伝達の現状について
- 4) 意思伝達装置開発に向けたニーズ
- 5) 意思伝達装置開発に向けて注意すべき点

1) ALS の概況

ALS 患者のうち、BCI のような運動機能を利用しない意思伝達装置を必要としているのは、現時点で 100 人程度と推定できる。また、医療の進歩とともに ALS 患者の寿命が延びていることから、今後その数は増加していくものと推測できる。

ALS の症状として、眼球運動障害がみられにくいとされていたが、ALS 患者の寿命が延びるに連れて眼球も動かしにくくなり MCS (コミュニケーションが極めてとりにくい状態 Minimal Communication State)、TLS (完全な閉じこめ状態 Totally Locked-in State) などの状態に移行する例が報告されていることが分かった。また、眼球運動については縦、横のどちらかにしか動かせないケースもあることが分かった。

2) 生活環境

a 氏は、非常に活動的であり、外出の頻度も多く、ほぼ毎日外出を行っていた。しかし、b 氏、c 氏のような重度の患者は、ベッド上での生活がほとんどである。ただし、週に 1 回程度は外出するよう

にしていた。また、数十分に一度、痰の吸引などの介助が必要である。介助の体制は 24 時間体制がしかれていた。ベッド周辺には、人工呼吸器、吸引機、消毒用品などの医療機器が配置されている。

3) 意思伝達の現状

a 氏のように運動機能が利用できる場合は、顔の動きをつかったコミュニケーション法やスイッチによるコミュニケーションエイドを用いて、速く確実な意思伝達が可能である。また、コミュニケーションの内容も豊富であり、インターネットを通じたやりとりも行っている。運動機能が低下するにつれて、コミュニケーションの量・内容が制限されていく。b 氏、c 氏の場合、眼球のわずかな動きを用いて、対話者の質問に Yes/No で答えるのみであった。その部位も常に動かせるわけではなく、既存の機器「心語り」などを用いた意思伝達に活路を見出そうとしていた。

4) 意思伝達装置開発に向けたニーズ

ニーズは、大きく分けて以下の 7 点にまとめることができた。

- ① 速くて正確な意思判定
- ② 文章による意思表示
- ③ 介助者による判断を可能とする機器
- ④ 訓練などが必要でなく、使用が簡便であること
- ⑤ 使用に際して、痛みや苦痛が伴わないもの
- ⑥ 能動的に信号を発することができる機器
- ⑦ 手術などを必要としないこと

a 氏は現在スイッチ入力による正確かつ早い意思伝達を行っており、それと同等、もしくはそれ以上の速度と正確性を希望していた。b 氏、c 氏は、眼球をかろうじて動かして意思伝達を行っており、正確性、速度ともに十分とは言い難い。BCI の機能に対する要求は控えめであり、既存の機器よりも早く、正確なものという要求であった。

次に必要とされているのは、「Yes/No」ではなく、「文章として表現できる」意思伝達装置である。現状では、対話者が「眠たいか？」など、Yes/No で答えられる質問を投げかけ、それに対して答えるという意思伝達となっている。これは、「心語り」なども同じである。これらを用いて、文章を作成

することは不可能ではない。しかし、文章作成を目的とした装置ではないため、実際に応用するには時間がかかりすぎることが問題となる。

意思伝達装置に100%の正確性が得られない場合、介助者の経験的な知識を活用して、介助者が判断することで、正確性を向上させることも有効である。文字盤などによるコミュニケーションでは、濁音はなくても、想像により単語を理解できるとの意見が得られた。また、「心語り」では、計測データがリアルタイムで表示され、その変化の様子を読み取ることで、介助者が独自に判断する場合があるとのことであった。

使用するには、訓練や練習が必要でないことが求められた。例えば、β波を利用したBCI装置では、特定の周波数領域の脳波を増大させることが必要となる。しかし、脳波を思い通りに変化させることは大変難しく、その方法も確立されていない。したがって、誰もが決められた条件で使える装置が求められている。

また、使用に際して苦痛を感じるものであってはいけない。意思伝達は日常的に行うものであるから、計測機の取り付けは簡便でかつ安全なものが要求されている。

a氏からは、自発的に信号を発したいという要求があった。問いかけや外部刺激による反応の必要なく、必要なときに確実に信号を送ることが求められる。実際、a氏の場合、介助者への聞き取り中にも、ナースコールで会話に割り込む場面が多く見られた。

a氏から、手術などはしたくない、との意見が得られた。手術の負担は、身体的にも精神的にも大きいものがあり、当事者としてはさげたいとのことであった。

5) 装置開発において注意すべき点・問題点

TLS・MCSの患者は、視覚機能が制限されている。仮に眼球運動が可能であっても、焦点が合わせられているか分からない。開眼を続けるとドライアイとなり負担が生じるなどの問題があり、モニターを使用するなど、見えていることが前提とした装置は使用困難である。また、視覚機能を使

いすぎることは、現在動いている目の動きを悪くするのではないかと不安感も語られた。

次に、ベッドや周辺機器の状況から、大掛かりな装置の設置は難しい。また、外出することがある場合も含めて、小型、可能であるならば持ち運びが可能な装置が望ましい。装置の操作に当たっては、電極などの取り付けを含めて簡易なものとする必要がある。

3. BCI意思伝達装置のコンセプト立案

3.1 意思伝達装置への要求機能

ALS患者に対する調査結果を受けて、次のように要求機能を抽出した。

- ① 既存の機器よりも速い意思伝達速度
- ② 日本語の50音を選択できる
- ③ 意思判定の可視化により介助者が判断可能とする
- ④ 訓練などが必要でなく、使用が簡便である
- ⑤ 痛みや苦痛が伴わない
- ⑥ 能動的に信号を発することができる
- ⑦ 運動機能および視覚機能を必要としない
- ⑧ 装置として小さい
- ⑨ 非侵襲である

3.2 脳活動の抽出方法

脳活動の抽出方法として、脳血流量計測、運動準備電位、P300、α波・β波を比較した(表1)。

脳血流量計測を利用する方式はすでに「心語り」として市販されている。しかし、1回のYes/Noの判定に36秒を要し、使用者に遅いという指摘を受けている。実際に、使用者の思考と脳血流量の変化には時間遅れがあり、速い意思伝達装置の達成は難しいと考えられる。また、脳血流量を増減さ

表1 脳活動抽出方法の検討

脳波	自発脳波	α波・β波	能動的/遅い・訓練が必要
	事象関連電位(ERP)	運動準備電位	能動的・早い/検出難
		P300	検出(比較的)易・早い/受動的
血液量	脳血流量変化量(NIRS)	高負荷状態 リラックス状態を判別	装置が小さい・検出しやすい /遅い

せる方法が確立されていない。

運動準備電位は⁴⁾、運動を想起する際に現れるとされているが、測定が難しいため、実生活の中で測定を行い、意思判定を行うのは困難であると考えられる。また、運動機能を消失した障害者が利用できるか疑問が残る。

P300^{5)~9)}は、反応が早く、電位も大きいため測定がしやすいとされている。しかし、外部からの刺激が必要となり、自発的に信号を発することはできない。

α 波を制御する方法に α 波ブロッキングがあるが、瞼の開閉が必要であり、運動機能が必要となる。 β 波を使うものとしては市販品としてMCTOS(株式会社テクノス・ジャパン)が存在する。しかし、自ら脳波をコントロールするのは大変難しく、現にMCTOSの使用を諦めたALS患者も多い。よって、意思伝達装置には不適であると考えた。

以上の点を踏まえて、自発的な信号を発することはできないという欠点があるものの、意思伝達装置にはP300が適当であると判断した。

3.3 開発する装置のコンセプト

以上の検討を基に、次のようにコンセプトを決定した。

- ① 表面電極による脳波計測
- ② 事象関連電位 P300 の利用
- ③ 聴覚刺激による P300 の誘発
- ④ 日本語 5 音の提示による五者択一課題の採用

まず、手術などの身体的・精神的負荷を避けるために、非侵襲を条件とし、表面電極による脳波の計測を利用することとした。

脳活動の抽出方法は、前述の通り P300 を検出することとした。ここで、対象となる重度の ALS 患

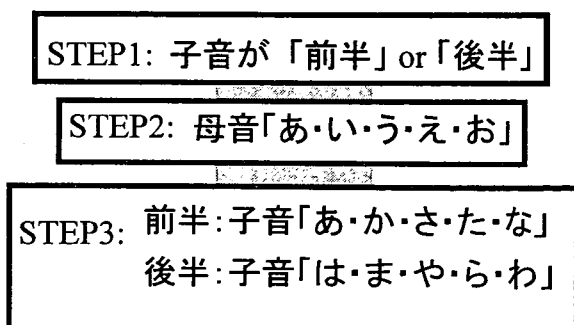


図1 文字選択の流れ

者では、視覚機能を必要としないことが要求機能としてあがったため、P300 誘発のための刺激には聴覚刺激を用いることとした。

また、自ら文章を作成して意思表示を行うことを目指し、日本語の一文字を刺激として使用することとした。さらに、五十音表から一文字を選択するために、図1に示す方法を採用することとした。まず、選択したい文字がア行からナ行(前半)にあるか、ハ行からワ行(後半)にあるかを選択する。次に、母音を選択し、最後に子音を選択する。この方法では、STEP1では二者択一課題、STEP2および3では五者択一課題を実現する必要がある。

システムの概念図を図2に示す。

3.4 装置開発に向けた課題

P300 を誘発する典型的な方法は、オッド・ボール課題である。オッド・ボール課題では、出現比率の違う 2 つの単音刺激を被験者に提示する。出現比率の低い刺激を標的刺激、もう一方を非標的刺激と呼ぶ。被験者は、標的刺激の回数を数えるなど、標的刺激に対して選択的注意を働かせる方法である。

オッド・ボール課題と比較して、開発を行う装置について以下の点を確認する必要がある。

- ① 3 つ以上の刺激から、1 つに対して反応できるか
- ② 日本語音声刺激として誘発可能か
- ③ 刺激を等確率で出現させた場合、誘発可能か

これまでに、日本語単音刺激に対する P300 の誘発に関する報告がなされていないため、以上の課題を確認する実験を行った。

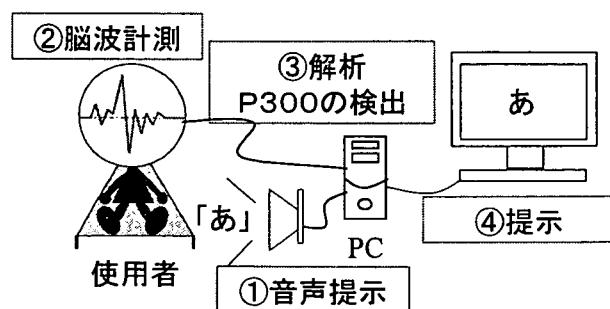


図2 意思伝達システムのコンセプト

4. 日本語聴覚刺激に対する P300 の検出

4.1 実験方法

被験者は、男子大学生1名（被験者 d）である。実験装置は日本光電製脳波計 MEB9100 を使用した。脳波計内で 0.1Hz-50Hz のアナログフィルタ処理を行い、2 万倍に増幅した。脳波計より外部出力した電圧をキーエンス社 NR2000 で記録した。測定部位は国際 10-20 法に基づき、単極導出法で Pz を測定した。また、眼電位を測定し、眼電位が混入したと考えられるデータは解析から除外した。実験には使用環境を想定し、シールドルームではなく、通常の実験室を用いた。日本語音声刺激は、NTT-IT の合成音声プログラム「Fine-voice」¹⁰⁾を用いて作成した。刺激音はヘッドホンを通して与えた。被験者には椅子と足置きを用意し、楽な体勢をとらせ、実験中は目を閉じ、できるだけ眼球を動かさないように指示した。また、指定した刺激に対して刺激の回数を数える計数課題を課した。刺激は 1 秒に 1 回とし、提示する音の組から、ランダムに音が発せられる。標的刺激が 20 回出現するまでを 1 セッションとして実験を行った。

実験条件を表 3 に示す。実験条件(a)から(d)は単音による実験であり、(e)から(g)は日本語音声による実験である。実験条件(a)は標準的な P300 の検査に用いられるオッド・ボール課題である。刺激音は 1kHz と 2kHz を使用し、標的刺激を 2kHz とし 80%の確率で出現するよう設定した。条件(b)は条件(a)と同じ刺激音で、出現確率を 50%としたものである。条件(c)と(d)は 3 音の刺激に対する P300 の誘発に関する実験であり、(c)は標的刺激の出現確率を 20%、非標的刺激の出現確率をそれぞれ 40%としたものである。(d)は 3 つの刺激の出現確率を等しく 33%と設定した。実験条件(e)は日本語の“ア”、

“ウ”、“オ”を刺激音とし、それらの 2 音の組み合わせに対する P300 の誘発を検証した。刺激音の出現確率は、標的刺激が 20%となるように設定した。条件(f)と(g)は、3 音の刺激に関する実験であり、(f)は標的刺激の出現確率を 20%に設定し、(g)は 3 音が等確率となるように設定した。

4.2 評価指標の定義

計測した単一の脳波に対して、刺激発生後 200ms-600ms 区間中の最高値を P300 と想定して抽出した。得られたデータを母集団とし、「標的刺激に対する脳波の最高値の平均と、非標的刺激に対する

$$s_1^2 = \sum (X_i - \bar{X})^2 / (m - 1)$$

$$s_2^2 = \sum (Y_i - \bar{Y})^2 / (n - 1)$$

脳波の最高値の平均値は等しい」という帰無仮説

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{s_1^2}{m} + \frac{s_2^2}{n}}}$$

を棄却する確率として、棄却率を評価指標として

$$v = \frac{(s_1^2/m + s_2^2/n)^2}{\frac{s_1^4/m^2}{m-1} + \frac{s_2^4/n^2}{n-1}}$$

定義した。

t 検定は、母分散が等しいかにより異なる検定方法が用いられる。本研究においては、分散が等しくないとした場合の検定方法であるウェルチの検定を用いた。表 4 の記号を用いると、となり、帰無仮説が正しい場合、は、自由度がに最も近い整数 v^* の自由度の t 分布 $t(v^*)$ に従う。この t 分布が標本の差の確率密度関数を表す分布であり、t 値の範囲内の割合が仮説を棄却できる確率となる。つまり、分布における

表 3 P300 検出実験条件

Condition	Stimulation	Appearance ratio (%) (Target : Non-target)	Subject
(a)	1kHz / 2kHz	20:80	A and B
(b)	1kHz / 2kHz	50:50	A and B
(c)	1kHz / 2kHz / 4kHz	20:40:40	A and B
(d)	1kHz / 2kHz / 4kHz	33:33:33	A and B
(e)	a / u, u / o, a / o	20:80	A
(f)	a / u / o	20:40:40	A
(g)	a / u / o	33:33:33	A

表 4 評価指標定義のための記号

	標的刺激	非標的刺激
解析値 (標本)	X_i	Y_i
刺激の数 (標本数)	m	n
解析値の平均 (標本平均)	\bar{X}	\bar{Y}
解析値の分散 (標本分散)	s_1^2	s_2^2

この値が棄却率を表す。本研究においては、この棄却率を評価指標として用いることとした。

4.3 単音刺激に対する P300 の検出

実験条件(a)における加算平均後の計測結果を図3に示す。どちらの脳波も、刺激発生から約 200ms 後にピークを迎える陰性反応があった。これは N200 と呼ばれる成分で、聴覚刺激を認識していることを示している。標的刺激に対する脳波にのみ、刺激発生から約 450ms 後にピークを迎える陽性反応がある。これが P300 と考えられる。標的刺激と非標的刺激間の棄却率は 99%以上であり、有意に判別できることを確認した。

条件(b)では棄却率が 80%となり、有意な差は認められなかった。したがって、標的刺激と非標的刺激が等確率の場合、P300 は検出しにくいとの結果が得られた。

3音を刺激とした場合の棄却率の結果を表5に示す。標的刺激の出現確率を 20%とした場合(c)、いずれの音に対しても、非標的刺激との棄却率は 99%以上あり、有意な差が見られた。また、それぞれの刺激を等確率で提示した場合(d)は、1kHz, 4kHzの音を標的刺激とした結果は 98%,99%と高い棄却率を示したが、2kHzの音を標的刺激とした場合には、50%未満の棄却率となり、判別が難しいという結果が得られた。実験終了後の被験者への聞き取りから、2kHzの音は他の音と区別しにくかったとの回答が得られ、この点が影響しているものと考えられる。

以上の結果より、刺激音を3音とした場合でも P300 の検出が可能であることが示された。出現確率を等しくした場合も検出は可能であるが、標的

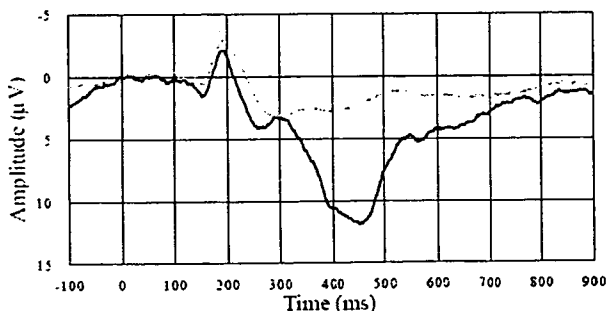


図3 実験条件(a)により得られた P300 波形

表5 3音刺激による実験結果

(実験条件) 出現確率	標的刺激音		
	1kHz	2kHz	4kHz
(c) 20:80:80	99%	99%	99%
(d) 33:33:33	98%	50%以下	99%

表6 日本語音声2音を刺激としたときの実験結果

		非標的刺激		
		ア	ウ	オ
標的 刺激	ア		99%	99%
	ウ	99%		94%
	オ	95%	50%以下	

刺激音が非標的刺激音と区別しにくい場合は P300 の検出は難しく、その点を考慮する必要があることが示された。

4.4 日本語音声刺激に対する P300 の検出

日本語音声2音を刺激として提示した実験条件(e)における、仮説棄却率のデータを表6に示す。“ア”と“ウ”、“ア”と“オ”の組み合わせについては、いずれも95%以上の棄却率を示しており、標的刺激と非標的刺激における脳波データに、有意な差を認めることができた。しかし、“ウ”と“オ”の組み合わせについては、“ウ”を標的刺激とした場合で94%、“オ”を標的刺激とした場合で50%以下という結果となり、判別が難しいという結果が得られた。被験者に対する実験後の聞き取りでは、“ウ”と“オ”は区別がつけにくかったとの指摘があり、この点が原因と考えられる。

以上の結果から、日本語音声を刺激とした場合でも、P300 の検出が可能であることが示された。しかし、標的刺激と非標的刺激が区別しにくい音であった場合には、P300 の検出は困難であり、考慮が必要である。

3音を刺激音とした場合の結果を表7に示す。標的刺激の出現確率が20%の場合(f)、“ア”と“ウ”を標的刺激とした結果は99%と有意な差を示したが、“オ”を標的刺激とした結果は低い棄却率となった。また、各刺激の出現確率を等確率とした場

表7 日本語3音を刺激としたときの実験結果

(実験条件) 出現確率	標的刺激音		
	ア	ウ	オ
(f) 20:80:80	99%	99%	50%以下
(g) 33:33:33	99%	50%以下	50%以下

合(g), “ア”を標的刺激とした場合は高い棄却率を示したが, “ウ”と“オ”を標的刺激とした場合は十分な棄却率が得られなかった. この点に関しても, 刺激に使用した“ウ”と“オ”の区別が付きにくかったことが原因と考えられる.

以上の結果より, 日本語音声3音を刺激として提示した場合も, P300の検出が可能であることが示された. また, 刺激音の出現確率を等しくした場合も, P300の検出の可能性が示された.

4.5 刺激音の特性とP300の検出

4.4項の実験結果より, “ウ”と“オ”の音声の区別が付きにくいことにより, P300の検出が阻害されている点が指摘された. そこで, 刺激音のホルマント分析を行ったところ, 図4のような結果を得た. この結果から, “ウ”と“オ”の第一, 第二ホルマントは近い値を示していることがわかり, 区別しにくい刺激音であったことが示された.

この結果を受けて, “オ”の刺激音を高音の“オ*”として, 実験条件(f)の実験を行った. その結果, 棄却率はすべて99%となり, 判別しやすい刺激音を使用することにより, P300の検出が可能となることが示された.

5. 文字選択への拡張

5.1 文字選択課題への拡張方策

4章の結果を受けて, 日本語聴覚刺激に対するP300による, 文字選択課題の実現可能性を検討した. そのために, 以下に示す点を確認事項として抽出した.

- ① 5文字からの選択可能性の確認
- ② 個別対応に向けた解析手法の確認

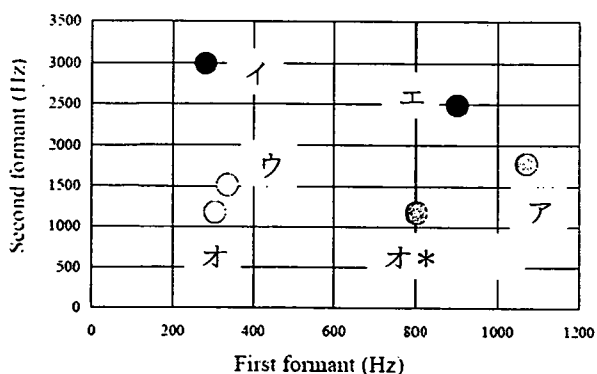


図4 刺激音声のホルマント分析

③ 文字選択の実現

④ ALS患者での検証

①, ②については, “アイウエオ”, “アカサタナ”, “ハマヤラワ”からの五者択一課題実験を実施し, 判定指標, 刺激回数, 解析範囲を変えたときの認識率を検討した. ③については, 被験者に実際に文字を選択させ, 単語を作成する実験を実施した. ④については, ALS患者による文字選択実験を行うことで, 検証を行った.

5.2 計測システムの構築

日本語5音提示による意思判定を評価するため, 計測装置を構築した. ここでは, ALS患者宅での計測を想定し, 小型化を図るとともに, 判別結果をリアルタイムで表示する機能をもつソフトウェアを作成した. 装置は, 皿電極(糊デジテックス研究所 BA-U412), ノート型PC, 脳波計測用小型アンプ(デジテックス研究所 BA1104-E), A/D変換ボード(ナショナルインスツルメンツ DAQ Card 6024E)で構成した. 刺激は「アイウエオ」「アカサタナ」「ハマヤラワ」の3組を準備した. 刺激は1秒に1回, 5音からランダムに発せられ, 全体で100回刺激が提示される. 脳波は1kHz-8kHzのバンドパスフィルタを通して記録する. 眼電位の混入を防ぐために, 計測した脳波の振幅が設定値より大きくなった場合, そのデータは解析から除外する.

計測用ソフトウェアはナショナルインスツルメンツ社LabVIEWを用いて作成した. このソフトウェアでは, 以下の計測条件の設定を行う.

- ・ 刺激の種類
- ・ 刺激の提示回数
- ・ フィルタリング周波数
- ・ データ解析範囲
- ・ 眼電位設定値

また, 脳波の生波形, フィルタ処理後の波形, 5種類の刺激のそれぞれに対する加算平均波形をグラフ表示するとともに, 以下の5種類の判定指標を表示する(図5).

(A) 最高値の有意差検定値: 4章で示した指標と同じである. ある1つの刺激に対する反応の集

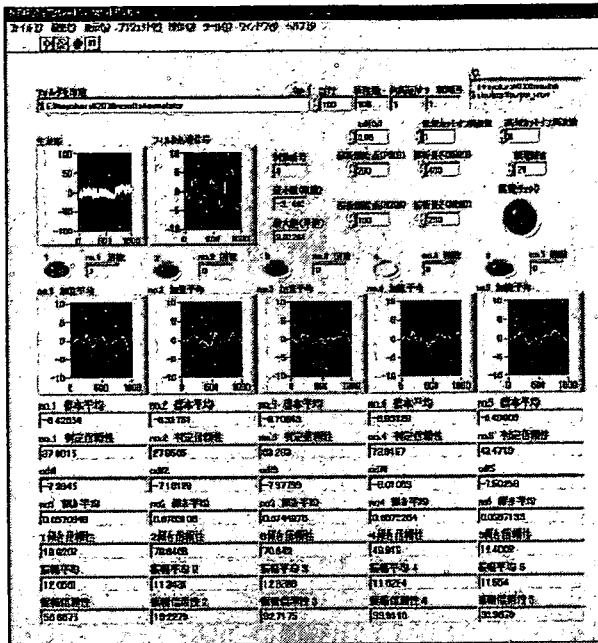


図5 計測ソフトウェアの表示画面

団を、刺激音に対する脳波に対して、指定した解析範囲から最高値を抽出する。得られた最高値を、刺激音種ごとに区分する。各刺激音が標的刺激であったと仮定し、他の4種との有意差検定を行う。有意差が最も大きい、すなわち仮説棄却率も最も高いものが、選択されたものであるとみなす方法である。

(B) 棄却率 95%で推定される最高値：(A)と同様に刺激種ごとに最高値を収集する。それを標本集団と捉え、母集団の平均値を推定する。すなわち、母集団平均 $\mu > x$ を帰無仮説とした検定を行い、95%の仮説棄却率となる x を導く。その推定された平均値 x が最も大きいものが選択されたものと判定する方法である。(A)の方法では、1つの刺激に対する反応と残りの4つの刺激に対する反応を比較することになるが、この方法では各刺激を独立した形で比較することができる。

(C) 最高値の平均値：最高値の取得方法は(A)と同じである。分散を考慮せずに、最高値の平均値を導き、そのまま比較する方法である。平均値が最も大きいものが選択されたものであると判定する。

(D) N200-P300の傾きの有意差検定値：P300に加えて、N200を利用した判定法である。P300の

解析範囲とは別に設定した解析範囲から最低値を抽出する。最高値については(A)と同様に行う。最低値と最大値の振幅、時間差から、傾きを求める。得られる傾きについて、(A)と同様に有意差検定を行う。仮説棄却率が最も大きいものが選択されたものと判定する。

(E) N200-P300の振幅の有意差検定値：(D)と同様に、最大値・最低値を抽出し、振幅を計算する。この振幅の値を(A)と同様に有意差検定を行い、仮説棄却率が最も大きいものが選択されたものと判定する。

5.3 母音選択課題の結果

大学生5名(男性4名、女性1名)の被験者により、「アイウエオ」から一文字を選択する実験を行った。被験者には椅子と足置きを用意し、楽な体勢をとらせ、実験中は目を閉じ、できるだけ眼球を動かさないように指示した。また、指定した刺激に対して刺激の回数を数える計数課題を課した。刺激提示回数は100回とし、「ア」、「イ」、「ウ」、「エ」、「オ」の5種類の刺激がランダムにかつ、それぞれ20%の確率で出現するように設定した。

また、個人に適した意思判定方法を考察するため、意思判定方法(前項(A)~(E))・刺激提示回数(25回、50回、75回、100回)を条件として結果を検討した。結果は、各条件により判定指標を計算し、その値が最も大きいものを選択された文字として判定し、その結果を基に、判定した文字が標的刺激であった確率を、認識率として計算した。解析範囲は200ms-600msとした。

表8に被験者dの認識結果を示す。「ア」から「オ」までを1試行とし、3試行を行った結果である。最も高い認識率を示したものは、(A)最高値の有意差検定値を判定指標とし、刺激回数50回までのデータから解析した場合で、73%であった。N200-P300の傾きを用いた判定方法(D)の認識率は低い値となった。

各被験者の試行を行った回数、行ったすべての試行から算出した認識率の最高値、その認識率を示したときの判定条件を表9に示す。認識率は50%から80%であり、被験者によりばらつきが見られ

表8 アイウエオの選択結果 (被験者 d)

	Judgement condition																			
	(A)				(B)				(C)				(D)				(E)			
Number of trial	25	50	75	100	25	50	75	100	25	50	75	100	25	50	75	100	25	50	75	100
a	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
i	x	○	○	○	x	○	○	○	○	○	○	○	x	x	x	x	x	○	○	○
u	x	x	x	x	x	x	○	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
e	○	○	○	○	○	○	○	x	○	x	○	○	x	x	x	x	○	x	x	○
o	○	○	x	○	x	○	○	○	x	x	x	○	x	x	x	x	x	○	○	○
Accuracy (%)	40	60	40	60	20	60	80	40	40	20	40	60	0	0	0	0	20	60	40	60
a	○	○	○	x	x	○	x	x	○	○	○	○	x	x	x	x	x	○	○	○
i	○	○	x	○	○	○	○	○	○	○	x	○	x	x	x	x	○	○	x	○
u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	○
e	○	○	x	○	x	○	x	x	○	○	○	x	x	○	○	x	○	○	○	x
o	x	○	x	x	○	○	○	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	○	○	x
Accuracy (%)	60	80	60	60	40	60	20	60	80	80	60	60	20	40	20	20	40	80	80	60
a	○	○	○	x	x	○	x	x	○	○	○	x	○	x	x	x	○	○	○	x
i	○	○	x	○	○	○	○	○	○	○	x	○	x	x	x	x	○	○	x	○
u	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
e	x	○	x	○	x	○	○	x	x	x	x	○	x	x	x	x	x	x	x	○
o	○	○	○	○	x	x	x	○	○	○	○	○	x	x	x	x	○	○	○	○
Accuracy (%)	60	80	40	60	20	60	20	20	60	60	40	60	20	0	0	0	60	60	40	60
Total accuracy	53	73	46	60	26	60	40	40	60	53	46	60	13	13	6	6	40	66	53	60

る。最も高い認識率を示した判定条件は、(A)の方法が最も多く、また、最高値を解析対象とする方法(A, B, C)が、すべての被験者において、高い認識率となることが示された。刺激提示回数、50回で最高の認識率を示した被験者が3人いたが、被験者によりばらつきは見られた。50回で最高値を示した被験者では、集中力が持続せず、50回以降で認識率が低下したものと考えられる。

5.4 解析範囲の変更による認識率の変化

解析範囲を変更することによる、認識率への影響を検証するために、P300の潜時を解析した。図6に被験者dの200ms-600msの範囲での電圧の最大値とその潜時のグラフを示す。標的刺激に対する最大電圧値の潜時は、350ms-600msの間に散在し

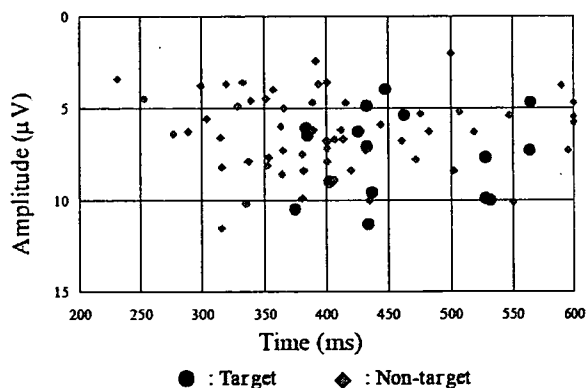


図6 被験者dのP300の潜時

表10 解析範囲の設定による認識率

被験者	解析範囲	認識率	判定指標-提示回数
d	350-600	86%	(A)-50回, (B)-50回 (B)-100回
e	300-500	73%	(B)-75回
f	350-500	80%	(B)-25回
g	350-450	50%	(B)-100回
h	300-500	60%	(A)-75回, (B)-50回 (B)-75回, (B)-100回

ている。これを受けて、解析範囲を350ms-600msに設定し、認識率の計算をやり直した。他の被験者についても同様の手順により、認識率を再計算した。その結果を表10に示す。被験者d,eでは、

表9 アイウエオの選択課題判定結果

被験者	試行	認識率	判定指標-提示回数
d	3回	73%	(A)-50回
e	3回	66%	(A)-100回, (C)-100回
f	1回	80%	(B)-50回
g	2回	50%	(A)-25回, (A)-75回, (B)-75回, (C)-25回 (E)-25回
h	3回	66%	(A)-50回