

P300から見た自己音声の認識

その他（別言語等） のタイトル	P300 Evoked by Recognition of Speaker's Speech Sound
著者	島田 武, 福盛 貴弘
雑誌名	室蘭工業大学紀要
巻	52
ページ	43-51
発行年	2002-11-30
URL	http://hdl.handle.net/10258/97

P300から見た自己音声の認識

その他（別言語等） のタイトル	P300 Evoked by Recognition of Speaker's Speech Sound
著者	島田 武, 福盛 貴弘
雑誌名	室蘭工業大学紀要
巻	52
ページ	43-51
発行年	2002-11-30
URL	http://hdl.handle.net/10258/97

P300から見た自己音声の認識

島田 武*¹, 福盛 貴弘*²

P300 Evoked by Recognition of Speaker's Speech Sounds

Takeshi SHIMADA and Takahiro FUKUMORI

(論文受理日 平成14年 8 月30日)

Abstract

This paper discusses the distinction of the speech sounds of the speaker and the hearer from the speaker's viewpoint. The behavior of P300 shows that hearing the speaker's speech by himself or herself activates his or her brain greater than his or her hearing the hearer's speech and non-linguistic sounds: the prolonged latency and the larger amplitude of voltage of P300 is typical of the recognition of the speaker's speech; the violation of the Japanese phonotactics influences the reduced amplitude of voltage of P300.

Keywords: P300, Speaker's speech sounds, Hearer's speech sounds, Latency, Phonotactics

1 はじめに

人はどのような場合に意識をして音声を聴くのだろうか。意外なことに「音声を聴く」ということを普段から意識することは少ないと思われる。生まれ落ちてすぐに音声を直接浴び、自分でも話せるようになれば、ほとんど無自覚的に音声を聴き、話している。

それでも時々他人の音声に耳を傾けることがあ

る。たとえばボーリング場や工事現場など周りに騒音が充満してお互いの話し声が聞こえないとき、我々は大声を出して喋り、相手の言うことに耳を傾ける。

あるいは携帯電話の通話状態が非常に悪い時、相手がなんと言っているのか必死に聴き取ろうとする。そのようなとき、我々はまさに音声を認識する事に集中している。

では音声認識の仕方は一様なものなのだろうか。少なくとも音声認識の仕方には、以下の2種類があると思われる。

*1 共通講座

*2 筑波大学大学院/日本学術振興会特別研究員

- (1) 聞こえてきた1種類の音声为谁の音声であるかが同定できる。その際には他の音声との比較は行わない。
- (2) 複数の音声を聞いたとき、個々の音声を比較することによって、それぞれどの人の音声であるかが同定できる。

(1)の例としては、掛かってきた電話に出たとき、「もしもし」という音声から発話者を同定する場合がある。この場合には耳に入ってきた音声と聞き手の頭の中にある話し手の音声に関する情報が照合されている。また(2)の例としては、パーティーなど多数の人間が集まる場所で、聞こえてくる声を頼りに出席者を当てるといった場合が考えられる。この場合には聞こえてくる複数の音声を聞き手がまず異なるものであるということを見出し、その後それぞれが誰の声であるのかということを見分けている。

では聞こえてきた音声が聞き手自身のものか、それとも他人の音声が聞き手自身のものか、自分自身の音声を聞くという行為は通常単独では不可能である。話すという行為に付随して自分の声を聞くことになる。したがって、話すという行為から切り離れた状態で自分の音声を耳にすると違和感を生ずることになる。自分の声を録音したものを聞いたとき、自分の思っている声とは違う声が生ずる人が多い。

ではその音声を自分のものとして認識されていないのだろうか。可能性としては、次の二つが考えられる。

- (3) 本人の音声として認識しない。
- (4) 違和感こそあれ、本人の音声として認識する。

しかしこの違いを直感的に知るのには困難である。

そこで本稿では自己音声と非自己音声の認識について事象関連電位の P300 という成分に基づいて論ずる。この P300 という成分に着目すると音声における自己と非自己の区別がなされているかどうか示すことができる。さらには音声と非音声との区別についても知ることができるのである。以下ではまず脳波について、次に事象関連電位について概観する。

2 脳波

2.1 脳内活動の捉え方

脳内の情報処理過程を探る主要な手段として以下のようなものがある⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。

- (5) 脳電図 (electroencephalogram, EEG) : 脳内の電氣的活動をとらえる
- (6) 脳磁図 (magnetoencephalogram, MEG) : 脳の神経活動により生じる微小磁場を計測する。
- (7) 陽電子放射断層撮影法 (positron emission tomography, PET) : 脳の内部のブドウ糖や酸素の消費量の変化という代謝反応をとらえる。
- (8) 磁気共鳴映像法 (magnetic resonance imaging, MRI), 機能磁気共鳴映像法 (fMRI) : 空間分解能に優れている。
- (9) 光トポグラフィー(optical topography) : 頭皮上から近赤外線を照射し、その反射光を測定して脳内の代謝活動を測定する。

このように脳内の活動を電氣的、磁氣的に捉える方法や、脳内の代謝活動を捉えるものなどがある。この中でもっとも広く使われているものに(1)の脳電図がある。

脳電図は通常は脳波と呼ばれているものを記録したものである。脳波とは脳から生ずる電位変動である。この電位変動は脳内のシナプスが同期して活動する時に発生する電流によって生ずる。

この脳波はその振る舞いによって大きく三つに分類できる。

- (10) α 波, β 波, δ 波, θ 波
- (11) 誘発電位
- (12) 事象関連電位

まずもっとも馴染みのあると思われる(10)の脳波は、生体リズムを反映していて、外界からの刺激の受容や認知に直接には関わらないものと言われる。何かの作業に集中したり、泥酔したりして、意識の水準が変化すると、振幅が変化する。

次に(11)の誘発電位は刺激の受動的な受容に関

わる脳波である。代表的なものは聴性脳幹反応 (ABR)と呼ばれるものがある (図1)。最近では脳死判定の際にも補助的に使用されることがあるので耳にすることが多くなりつつある。

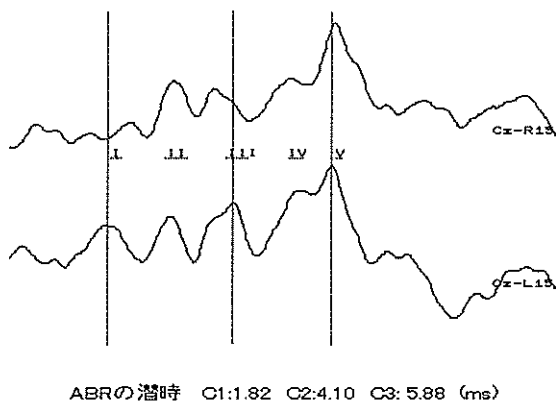


図1：聴性脳幹反応¹⁾

この反応は刺激が入力されてから大体 10ms 後くらいまでに出現する反応で、内耳から脳幹を経由して聴覚野に至るまでの聴覚性伝導路から生じる電位である。この反応は図1に示されており、刺激入力から 10ms の間に6から7個のピークが生ずる。各ピークの生ずる部位も明らかにされており、臨床的に非常に価値の高いものである⁵⁾。

最後に(12)の事象関連電位(ERP)は外界から受容した刺激に対する能動的な反応である。特に内因性成分と呼ばれるものが重要で、その中には P300、N400、CNV と呼ばれる成分がある。そのほか刺激からの時間遅れ (潜時) によって P1、N1、P2、N2、P3 などと呼ばれる成分があるが、この成分の組み合わせによって音声認知を探ることができる。事象関連電位の見方については次節で述べる。

2.2 事象関連電位

2.2.1 事象関連電位の構成

事象関連電位の各成分は、潜時、つまり刺激呈示後、個々の成分が現れるまでの時間によって区別される。潜時は短い順に番号が振られ、陽性成分 (positive component, P) は P1、P2、P3 …、陰性成分(negative component, N)は N1、N2、N3 … のように表される。例として N1 は潜時 90-150ms を目安とする陰性波、P2 は潜時 170-260ms を目安

とする陽性波、N2 は潜時 250-300ms を目安とする陰性波をあらわす。これらは長潜時成分と呼ばれるもので、大脳における高次情報処理過程の結果を反映すると考えられている。次の図2は事象関連電位の一例である。

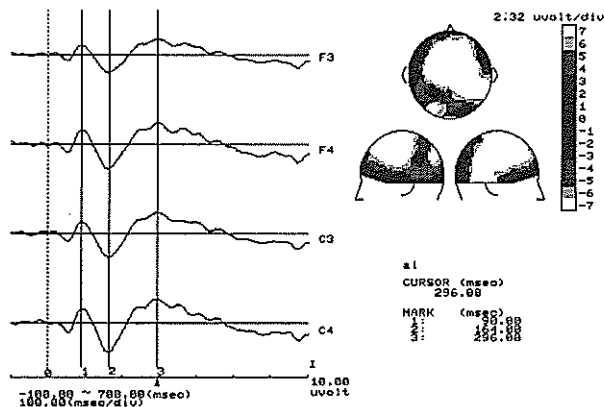


図2：[ai]の事象関連電位

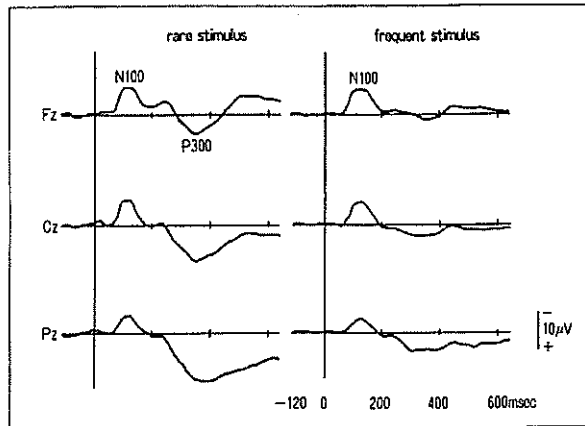
これは被験者に日本語の[ai]という二重母音を聞いてもらったときの反応である。カーソルには前から順に0、1、2、3と番号が振られている。カーソル番号の0は刺激の始まりを示す。カーソル番号の1、2、3はそれぞれ N1、P2、N2 と呼ばれる成分である。このことからすぐに気がつくように、通常は下向きの反応がPつまりプラスの反応として表示され、逆に上向きの反応がNつまりマイナスの反応として表示される。脳波を読みとるときには、このことに注意しなければならない。

事象関連電位には極性や潜時によって P300 や N400 と呼ばれる成分があり、このような成分は特定の認知活動に対応することが知られている。以下ではその中の一つ P300 という成分を見る。この成分を観察することによって自己と非自己の音声の区別ができると思われるからである。

2.2.2 P300

P300 は、複数の異なる刺激 (例：純音とブザー音) を頻度を変えて与えた時、低頻度刺激に注目させると刺激呈示後 300ms 後に出現する陽性電位反応である。この成分はヒトの認知や判断を反映していると考えられている。特に刺激に対して注意を向けたり、複数の刺激の中から特定のものだけを選択させたりすると反応が出現する。例が図3に示されている⁶⁾。

¹⁾ キッセイコムテック社製 EPLYZER に付属していたものを使用した。



Flare: 低頻度刺激(課題)
Frequent: 高頻度刺激

図 3 : P300 の一例

この図の左側が低頻度刺激の反応であり、右側が高頻度刺激の反応である。この両者の違いは、低頻度刺激では、N100 と P300 が主要な構成成分だが、高頻度刺激の場合には N100 と P200 のみが出現する。このことから P300 が出現すればターゲットとなっている刺激を認知していると言えるのである。

そこで本稿では P300 を観察し、自己と非自己の音声の区別を考察したい。

3 実験

3.1 方法

3.1.1 被験者

本実験に協力してくださった被験者は 1 名²⁾、性別は女性、年齢は 25 歳である。

3.1.2 分析資料

刺激音としては[papa]という無意味語を用いた。無意味語を用いたのは、有意味語を用いると音声そのものの認知だけでなく意味の認知に関わる反応が混入することになり、純粋に音声認知を観察することができないためである。この[papa]という無意味語を被験者本人がマイク入力し、A/D 変換によってサンプリングレート 48kHz・ステレオ・16bit の設定で WAV ファイル化したものを用いた。アクセントは平板アクセントである。さらに比較対象として本人録音の[papa]を反転させた

²⁾ 本実験においては被験者は 1 名である。1 名による実験の有効性については、エルゴード性を基にした城生(1997)の見解と城生・福盛(2001)に負うところが大きい⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

[apap]とヘリウムガスを吸ったときのような声に変形させる処理を施した[papa]を作成した。使用したソフトウェアは Syntrium 社製の Cool Edit 2000 である。また非標的刺激としての[papa]を福盛が録音した。録音、処理後の音声は、最終的にそれぞれの刺激がランダムに出現するように配列した。出現回数は以下の通りである。

刺激名	回数
papa-self (本人の papa)	20
apap (本人の papa を 反転させたもの)	20
papa-helium (本人の papa にヘリウム フィルタを施したもの)	20
papa-not-self (他者の papa)	140
計	200

表 1 : 刺激音声の種類と回数

個々の標的刺激の割合は 20%となり、もしその標的を自己音声であると認知していれば、P300 が出現すると考えられる。

3.1.3 実験・解析装置

記録装置は、筑波大学人文学類人文社会学系棟 B613 音声実験室に設置された、NEC 社製 BIOTOP6R12 型生体アンプを NEC 社製 PC9821Xv 型コンピュータに接続した装置を用いた(配置は図 4 を参照)。記録ソフトは、キッセイコムテック社製誘発電位研究用ソフト EPLYZER であり、同コンピュータ上で動作させた。記録の際の設定条件は、サンプリングレート 500Hz、プリトリガー 100msec、記録時間を -100~900msec である。解析も同ソフトで行った。

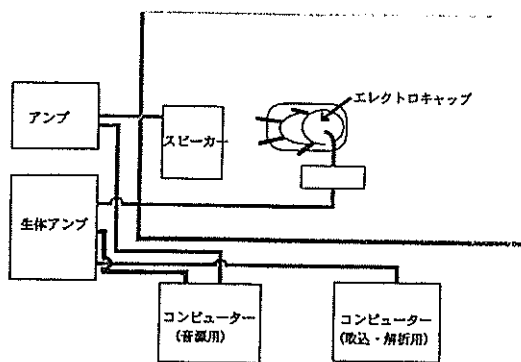


図4：実験装置配置図

電極の配置は国際 10-20 法に基づき、F 3、F 4、C 3、C 4、P 3、P 4、O 1、O 2、F 7、F 8、F z、C z、P z、T 5 の 14 チャンネルを用いた。電極の装着は Electro-Cap International 社製エレクトロキャップ ECI-2 を被験者の頭部にかぶせて行った。

音源装置は IBM 社製 PS/V Model 2408 型コンピュータを使用した。コンピュータのヘッドフォンジャックから、Tecnics 社製プリアンプ Stereo Flat Pre-amplifier Tecnics70A、同社製アンプ Stereo Power Amplifier Tecnics60A を介して同社製 2-way Speaker System SB-6000 に接続し、被験者に刺激音を呈示した。標的刺激の出る確率は 20%、呈示間隔は 2.5 秒に設定した。刺激音の再生音圧は 65dBSL である。

3.1.4 実験・解析の手順

3.1.2 で作成した刺激音声を被験者に聴取してもらい、本人の音声が開こえたと思った回数をカウントしてもらった。

その後記録されたデータから Pz の潜時と電圧を記録した。これは P300 の電圧が最も大きく出るのが Pz であるからである⁽⁶⁾。

3.2 結果

以下に結果を示す。電圧に関しては絶対値を挙げることにする。

刺激名	潜時(msec)	電圧 (μ volt)
papa-self	482	22.4223
apap	488	4.5469
papa-helium	330	7.5889

表 2：P300 の潜時と電圧

表 2 に示されているとおり、papa-self と apap の潜時にはほとんど差がなかったが、papa-helium の潜時は他の二つよりも約 150sec.早かった。また電圧に関しては papa-self が他の二つの刺激よりも圧倒的に大きかった。反転刺激 apap と比較するとおよそ 5 倍、papa-helium と比較してもおよそ 3 倍の大きさとなった。

個々の波形を見ると、papa-self (図 5) では目立った N 波が観察されず、P2 (12.7362 μ volt) に当たる成分と P300 (22.4223 μ volt) に相当する成分が際だっている。そのなかでも P300 が大変大きいことが分かる。

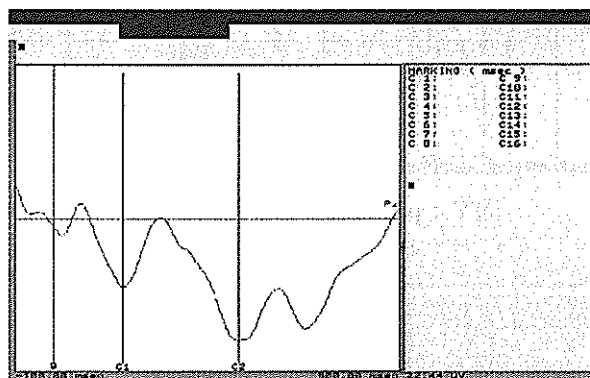


図 5：papa-self の P300 の波形

反転刺激 apap の波形 (図 6) では papa-self と対照的に際だった N2 (8.3814 μ volt) が観察された。しかし P 波が観察されなかったわけではなく、P2 (4.4108 μ volt) と P300 (4.5469 μ volt) に相当する成分も出現していた。

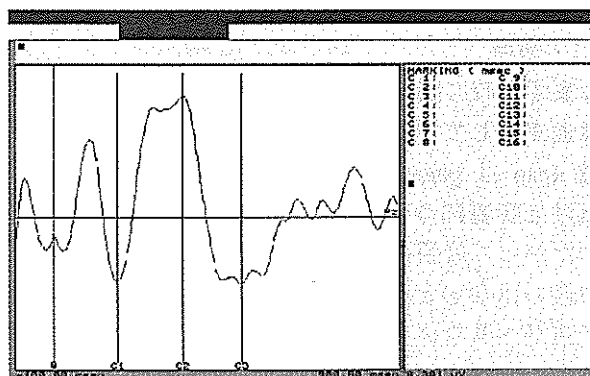


図 6：apap の P300 の波形

図7の papa-helium の波形は全体的に際だった N 波は出現しておらず、この点では papa-self と似ている。ただし P 波の出方も同じというわけではない。最も異なる点は P300 (7.5889 μ volt)の電圧が小さく、その前後にある P2 (14.2331 μ volt)と P4(15.2978 μ volt)の方が電圧が大きいということである。

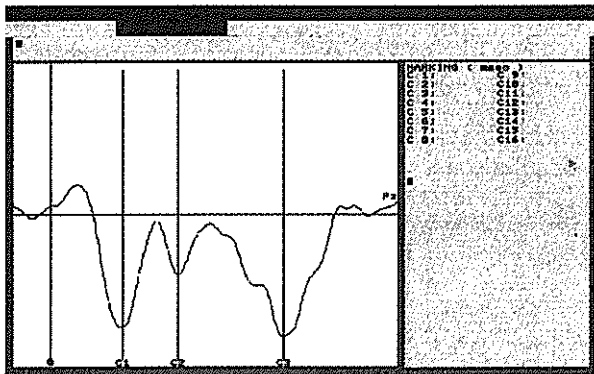


図7 : papa-helium の P300 の波形

4 考察

前節の表2から以下のことが言える。

- (13) 潜時に関しては papa-self と apap が同じ振る舞いをする。
- (14) 電圧の大きさに関しては apap と papa-helium が同じ振る舞いをする。

そこで、ここでの考察は P300 の潜時と電圧の大きさに分けて行う。

4.1 潜時

まず潜時に関して、papa-self と apap を見ると、共通点として浮かぶものに、音質がある。反転刺激 apap は papa-self を音声エディタで反転させただけで音質については何ら変更を加えていない。したがって音質については、このふたつの刺激間に違いはないと言える。一方 papa-helium の方は音声ヘリウムガスを吸ったときの声のようになってしまっており、音質が元の papa-self からかけ離れてしまっている。

これらのことを考えると、(13)のように papa-self と apap が潜時に関して同じ振る舞いをするのは、両方の刺激の音声自己の音声であると認識されているからではないかと思われる。

さらに興味深い事実として、この音質が同じで

あるという特徴を持った刺激によって出現する P300 の潜時は 300msec よりかなり遅れるということがある。このようにある成分の潜時が遅くなる場合の報告が福盛 (2002)にある⁹⁾。この報告によると、非言語音同士 (1000Hz と 2000Hz の純音) の識別の場合よりも言語音同士 (ザ行音とジャ行音) の識別の場合の方が P300 の潜時が遅くなる。このことを考えると潜時が遅くなった papa-self と apap はともに言語音刺激であると認知されている可能性が高いと言える。一方 papa-helium はすでに言語音ではなく非言語音であると認識されていると考えられるのである。

4.2 電圧

次に電圧に関して考察する。電圧の大きさを標準的刺激同士と比較すると、papa-self が圧倒的に大きく、他のふたつの刺激は papa-self の3分の1から5分の1という小ささである。

反転刺激 apap と papa-helium の共通点は、元の刺激に何らかの修正が加えられているということである。反転刺激 apap は母音と子音の配列が日本語では許されない形になっている。また papa-helium は音声に修正が加えられた結果言語音らしくないものになってしまっている。つまりどちらも日本語らしくないという点で共通していると考えられる。

このように考えると、電圧の大きさというのは自己と非自己の音声認識を反映しているというよりも、日本語として認識できるか否かという点を反映しているように思われる。

4.3 まとめ

本実験で得られた P300 の潜時と電圧に対応するものが以下のようにまとめられる。

- (15) 潜時の遅れは刺激が自己の音声であるということを示す。
- (16) 電圧の大きさは刺激音声の日本語らしさに対応する。

(15)が示しているのは潜時の遅れが自己音声認識によるということである。しかし先行研究⁹⁾において P300 は言語音刺激の時に遅れるという報告がある。ということは、本実験の潜時の遅れには音声と非音声の認識と自己と非自己の音声認識の反応が重畳しているとも考えられる。

一方(16)は電圧の大きさは刺激が日本語らしい

かどうかということに関連しているということを示している。けれども apap と papa-helium の電圧が小さくなる個別の理由は異なっている。つまり apap は音素の配列が日本語らしくないので電圧が小さいのだが、papa-helium のほうはそもそも音声として認識できないため、日本語らしさも判定できず、結果的に電圧が小さくなると考えられる。

これらのことを確認するためには、被験者が2種類の他者の音声の識別を行う際に現れる P300 を観察すればよい。この場合には潜時に現れる自己と非自己の識別に関わる反応と電圧に現れる音声と非音声に関わる反応が両方とも除かれていると考えられるからである。

予測としては、刺激が音声なので潜時が非言語音識別の時よりも遅くなる。本実験の被験者の場合は papa-helium の潜時である 330msec よりも遅れるということである。しかし非自己の音声の識別のため自己音声の識別よりは早くなる。ということになる。また電圧に関しては、やはり刺激が音声であるということから、非言語音よりも大きくなる。つまり apap や papa-helium の電圧よりも papa-self の電圧の大きさに近いということが予測できる。

5 実験 2

5.1 方法

実験に関する場所、機材、被験者は 3 節と同様なので省略する。

5.1.1 分析資料

実験 2 で使用された刺激も実験 1 と同様に無意味語[papa]である。これを 2 人の人に発話してもらい録音した。この 2 種類の papa のうち一方を標的刺激、他方を非標的刺激として odd-ball 課題を行った。なお実験 1 との違いは被験者自身の音声が含まれていないことである。なお呈示には IBM 社製 PS/V Model 2408 型コンピュータ上で動作する Winstim というソフトウェアを用いた。

5.2 結果

では実際に波形を見てみよう。

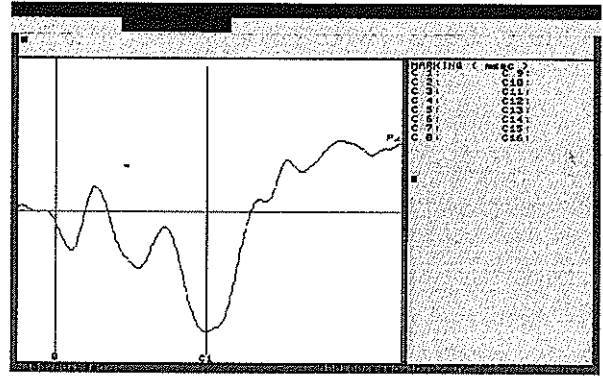


図 8：非自己の音声識別の P300 の波形

図 8 を一見して分かるのは、N 波が目立たず、P 波が際だっているということである。この特徴は papa-self の波形 (図 5) と同様の振る舞いを示している。以下に P300 の潜時と電圧の数値を示す。

刺激名	潜時(msec)	電圧(μ volt)
papa-not-self	394	15.2738

表 3：非自己音声認識の P300 の潜時と電圧

5.3 考察

では具体的な数値を比較するために表 4 を見てみよう。

刺激名	潜時 (msec)	電圧 (μvolt)
papa-self	482	22.4223
apap	488	4.5469
papa-helium	330	7.5889
papa-not-self	394	15.2738

表 4：P300 の潜時と電圧の比較

まず papa-not-self の潜時は 394msec であった。この数値はちょうど papa-helium と papa-self、apap の中間に位置している。これは papa-not-self の刺激が音声であり、かつ非自己のものであるためであると考えられる。もし潜時に影響を与える要因には音声・非音声の区別しかなく、自己・非自己の区別は関与しないとすると、papa-not-self の潜時は papa-self や apap の潜時と同じ程度に遅れることになると考えられるからである。このことから(15)の結論は支持され、音声の認識だけでなく自己音声の認識も潜時を遅らせる要因となると結論できる。

一方電圧の大きさに目を転ざるとやはり papa-self との親和性が見受けられる。およそ 7μ volt 小

さいとはいえ、apap と papa-helium と比較すれば、圧倒的な大きさであると言える³⁾。このことは(16)の日本語らしさと電圧の大きさが関連しているという結論を支持していると考えられる。

6 結語

本稿では P300 を用いて自己音声と非自己の音声の識別について考察してきた。その結果自己の音声を認識するときに現れる P300 は潜時が遅れ、電圧が大きくなるということが判明した。このとき重要なのが、刺激が音声として認識できること、そして日本語の音声として許される形式であることである。

7 展望

通常脳波の潜時の早さは脳の反応の鋭敏さに対応していると言われる。ということは本研究の結果からは、脳は自己の音声よりも非自己の音声に鋭敏であり、また非音声のほうがさらに鋭敏であるという結論が導かれる。これはどのように解釈したらよいのだろうか。

解釈の鍵として考えられるのは、P300 が内因性の電位であり、外界からの刺激に対する能動的な反応である、ということである⁴⁾。もし自己の音声外界からしかやっこないとすれば、P300 の潜時が早くなるのかもしれないが、常に自己の声は内側から発せられる。したがって外界からの刺激に対応するタイプの成分の反応が遅いのも頷ける⁵⁾。

さらに自己を取り巻く音の環境を考えれば、非自己の音声は自己のすぐ近くに存在し、非音声はそのさらに外側にある⁶⁾。つまり自己から遠いも

のほど脳は鋭敏に反応するのだろう。この点についてはさらに検証が必要である。

電圧の大きさに関しては音声に対する反応が顕著であった。音声らしさが減少するとそれだけ電圧も小さくなると考えられる。今回の実験では音声らしさを減少させる方法に2種類あった。1つは物理的にゆがめてしまう方法であり、具体的にはヘリウムフィルタを掛けた音声があがっていた。もう1つは言語学的な変化であり、具体的には単語が子音で終わる[apap]という日本語母語話者にとって許容できない母音子音の並び方であった。わずかな差ではあるが後者の変化の方が電圧が小さかった。仮にこの差が有意なものであれば、分節音の配列というのが日本語らしさを決める大きな要因の1つであり、プロソディーとしての重要性が脳波によって裏付けられることになると考えられる。

今回は被験者一名の反応に基づき、パイロットスタディーとして自己の音声認識を考察したが。今後はさらに被験者数と試行回数を増やして研究を進展させたいと考えている。

謝辞

実験に当たり、実験場所および実験機材をお貸しくださった筑波大学芸・言語学系の城生佰太郎教授に御礼申し上げます。

文献

- (1) Kent and Tjaden, Brain Functions Underlying Speech, *The Handbook of Phonetic Sciences*, ed. by William J. Hardcastle and John Laver, (1997), p220-255.
- (2) 本庄 隆, 脳からみた言語: 脳機能画像による医学的アプローチ, (1997), 中山書店, 東京.
- (3) Sato, Hiroki, Takeuchi Tatsuya, Kuniyoshi, L. Sakai, Temporal Cortex Activation during Speech Recognition: an Optical Topography Study, *Cognition* 73, (1999), pB55-B66.
- (4) 渡邊千春編, 脳誘発電位測定ハンドブック, (1999), NEC メディカルシステムズ研修所, 東京.

³⁾ この差が有意なものかどうかは今後の検討課題である。

⁴⁾ ひょっとすると P300 だけでなく事象関連電位の他の電位にも当てはまるかもしれない。

⁵⁾ 人によっては自己の音声をまるで非自己の音声と認識するように聴く場合もあり得ると思われる。歌手や音声学者などは自己の音声を意識して聴くので、P300 の潜時が他の職種の人よりも早くなるかもしれない。

⁶⁾ 自己の音声は自己に最も近いところにあるというのは自明のことだが、非自己の音声と非音声の距離感には異論があると考えられる。しかし自己との関わりを考えれば、音声と非音声をこのように位置づけることも可能だろう。ヒトが人として存在するときには言語を用いる。言語を用いる際には、Speech Chain⁽¹⁰⁾が仮

定するように必ず話し手と聞き手が存在する。言い換えれば音声には送り手と受け手が存在する。そして自己が話し手の時には音声に伝えるべき内容を込めて音声を発話し、聞き手の時には伝えられるべき内容をくみ取ろうとする。この自己と音声の関わりがあればこそ音声と非音声との間に距離感が生ずるのである。

- (5)丹羽真一, 鶴紀子, 事象関連電位—事象関連電位と神経情報科学の発展—, (1997), 新興医学出版社, 東京.
- (6)NEC 三栄, 誘発電位ポケット知識, (1987), NEC 三栄, 東京.
- (7)城生佰太郎, 実験音声学研究, (1997), 勉誠社, 東京.
- (8)城生佰太郎・福盛貴弘, 行動表現の科学, 日本語行動論, (2001), p53-101, おうふう, 東京.
- (9)福盛貴弘, 言語音の認知と ERP における N1 成分との相関性, 岡山大学言語学論叢, 第9号(2001), p19-34.
- (10)Peter B. Denes and Elliot N. Pinson, The Speech Chain: The Physics and Biology of Spoken Language, (1993²), W H Freeman & Co.

