

アクセントの認知に関する実験言語学的研究¹⁾

城 生 佰太郎

【キーワード】：実験言語学，脳波，事象関連電位，アクセント，認知科学

【要 旨】：脳神経科学を援用した言語研究は，今日の認知科学にとってはもちろんのこと，言語学にとっても大きな関心事であろう。しかし，いわゆる言語学を専門とする人たちは，一般に「脳波実験」という方法を用いて自ら対象を直接観察して事実を確かめることをしない。そこで，脳波のうちでも最も高度な技術を要すると言われる事象関連電位（ERP）を用いた実験を行ない，アクセント事象の認知に関する結果の一部を紹介し，あわせて将来における実験言語学的研究のあり方を模索する。

1. 脳はブラックボックスか？

小稿は，城生佰太郎（1994-b）に続くその後の実験言語学における発展を文字化したものである。まず，前稿でも指摘したことだが，脳をブラックボックスに見たてて，例えば郡司隆男（1995：136）のように，

脳そのものはブラックボックスとして，言語形態と言語内容という入出力の対応だけを調べることしかできない

といった甚だペシミスティックな見解に立つのが，いわゆる理論研究に従事している人たちの一般的な姿のようである。ここから，理論言語学者たちにとっての脳への関心は，専ら入力された言語形態に即した言語内容を出力するといった一種の計算プログラムを想定しこれを追究するといった，計算モデル論的レベルに置かれてきたということは否めない。

もちろん，これまでに数多くの研究成果が挙げられているところから，この方法論にもそれなりのメリットはある。しかしながら，MITのステイーヴン・

ピンカーがいみじくも Pinker (1994) において指摘しているように、ややもすれば、研究者が脳の中を勝手に想像してシンボルを読み取り、果てはまことしやかな意味づけまでもして、脳という計算装置をつついて知的結論をムリヤリ引き出してしまう……などということにもなりかねないという危険性が、この方法論には常に内在しているということもまた事実である。

また、脳に関する実験研究というと、多くの理論言語学者たちは、すぐに解剖学的方法論を意味するものと信じ込んでいるようだが、事實は異なる。最近では電気生理学的手法を中心とする、いわゆる非侵襲的な方法による実験研究が可能になっているからにはほかならない。従って、まだまだブラックボックス的部分を多く残しているとはいうものの、一部に関しては確実に脳における認知活動が定量的な手法によって検証されるようになってきているという現実を直視するならば、脳そのものをターゲットとした実験研究も、言語学にとっては相応の必要性があるものと考ええる。特に、来世紀の言語研究へとつながる新たなテーマとしては、大いに模索する価値があるものと確信する次第である。

2. 事象関連電位を用いた脳波実験

一口に脳波といっても、病院で取る α 波や β 波などのように、もっぱら安静時における脳の状態を記録するものから、聴性脳幹反応 (ABR)、体性感覚誘発電位 (SEP)、視覚誘発電位 (VEP)、事象関連電位 (ERP) など、一般に誘発電位と呼ばれる、覚醒時における脳のアクティブな活動を記録するものまで、多種多様である。従って、自明のことだが、言語現象に関する研究に利用されるのはこれらのうちの誘発電位であり、わけでも脳の高次機能を反映するとされている事象関連電位にあることは、いうまでもない。

ところで、脳にあっては、外界からなんらかの刺激が与えられると、神経細胞がこれに反応して電流を放射する。このような状況で記録される電位は、先に述べた α 波や β 波などのように安静状態のもとで記録される電位とは区別して、一般に「誘発電位」(evoked potential) と呼ばれている。

誘発電位には大きく分けて、(1)脳の感覚情報処理では最も基本となる刺激関連電位 (stimulus-related potential) と、(2)与えられた刺激が自分自身にとってどのような意味を持っているのかを認識する、いわゆる高次の認識機能を反映するとされる事象関連電位 (event-related potential, ERP) とがある。

前者の場合、例えば聴覚に関する ABR などでは、音刺激からわずか10ms

という短時間の間に6～7個の電位が発生する。しかし後者にあつては、例えば聴覚に関するERPなどの場合、第一次聴覚野でいったん刺激を受けとめた後、認知活動に入って生じるために、刺激音が入力されてからこれに対する反応が出力されるまでの間の「潜時」は、当然のことながら長くなる。また、その発生部位も第一次聴覚野とは違って、一般には数カ所に分散している。

従つて、これをよりどころとした脳波解析に際しては、刺激音が入力されてからこれに対する反応として最初に出力される波形ピークまでを見る「ピーク潜時 (Peak Latency, PL)」と、複数の波形間におけるピークとピークとの間隔を見る「ピーク間潜時 (Interpeak Latency, IPL)」²⁾、および波形そのものの振幅の大小が大きな意味を持つ²⁾。

3. アクセントの認知に関する実験

3.1. 目的

音声学的レベルにおけるアクセント現象は、伝統的には、(1)高低、(2)強弱、(3)長短、などに分類されてきた。しかしながら、これらの観察結果はいずれも主として、口唇から放射された後の音響音声学的階段のみを対象としたものであり、それらの受容・認知に関わる側面からの実験的観察は、従来ほとんど皆無に等しい状態にあつた。

従つて、音声情報処理におけるもうひとつの重要な側面である受容・認知の観点から、アクセントの音声学的事象を実験によって確認することを試みたいと思う。ただし、言語学や音声学の分野では先行研究が無きに等しい現状を鑑みて、まずは最も内省のよくきく母語日本語を資料として選ぶことにした。

3.2. 方法論

ERPを用いた実験方法には、資料として文字などを利用する視覚刺激による方法もあるが、本実験においては聴覚刺激を用いて、被験者が脳内で聴覚情報処理をどのように行なっているのかを探ることとする。従つて、被験者にはあらかじめ課題の内容を十分に説明したうえでシールド・ルーム内に座らせ、スピーカーから流れてくる自然言語音をいわゆるフリーフィールドで聴取してもらい、その結果をコンピュータを用いて解析した。なお、刺激音はおよそ2秒の断続音とし、パソコン内のサウンドブラスター上にて録音・編集したものをを用いた。また、再生条件は65dBSLに統一してある³⁾。

取り込み関係の装置には、日本光電社製 wide band bio pre amplifier YS-1020型生体アンプを核とする一連の増幅器に、NECのPC-9821ce型パーソナル・コンピュータを接続した。また、情報処理にはキッセイコムテック社製の誘発電位研究用ソフトEP-WORKSおよびEEGマッピング研究用プログラムATAMAPを用いた。これらすべての装置は、東京医科歯科大学難治疾患研究所内にある菊池吉晃博士の実験室に設置されている⁴⁾。

コンピュータ処理上不可欠な加算回数に関しては、暫定的に50回としておいた⁵⁾。また、頭皮上に分散して配置する電極に関しては、おおよそ図1に示した要領に従って国際10-20法に則り、F3、F4、F7、F8、C3、C4、T5、T6、P3、P4、O1、O2の12チャンネルを設定した⁶⁾。ただし、結果的にはO1、O2は利用価値がなかったため、後のデータ解析の段階では捨象した。なお、図1からも明らかなように、奇数は左脳、偶数は右脳を示す。ちなみに、A1、A2は耳朶で取った基準電極である。

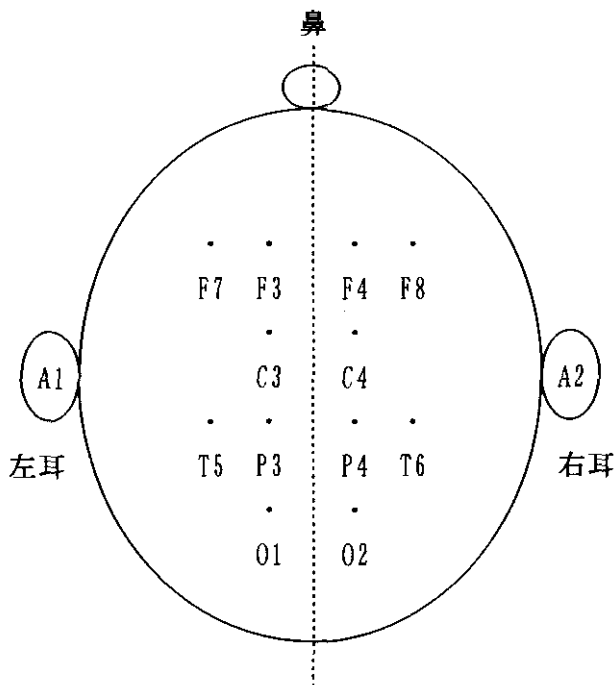


図1 電極配置図

資料に関しては、次の表1に示す10種の音節表を用いた。まず、刺激音を器械による合成音とせず肉声による自然言語音としたところと、単位をモーラレベルではなしに音節レベルに設定してあるところに、試行錯誤による工夫の跡がある。また、資料は紙数がかさむことをおそれて、3音節刺激音を省略してあるが、結果は大局から見て他の条件のものとはほとんど変わらない。

(1) 単音節刺激音

- 1-1 トラー
1-2 ↓ラー

(2) 2音節刺激音

- 2-1 「バ」バ
2-2 」バ「バ
2-3 トラー」ラ
2-4 ↓ラー「ラ
2-5 トター」ター
2-6 ↓ター「ター

(3) 4音節刺激音

- 4-1 「タ」タ」タ」タ
4-2 」タ「タ「タ「タ

表1 刺激音リスト

被験者は、東京方言およびこれに準ずる方言圏の話者から総勢7名を選んで実験に臨んだ。ただし、本稿に用いたデータはそのうちから以下に示す4件である。

- (1) 1-1, 1-2…武田真弓, 横浜市, 女性, 21
(2) 2-1, 2-2…三枝優子, 千葉県, 女性, 22
(3) 2-3, 2-4…城生佰太郎, 東京都, 男性, 48
(4) 2-5, 2-6, 4-1, 4-2…岩出まゆ, 東京都, 女性, 21

なお、アラビア数字は表1の刺激音を、また氏名の後に記された地域名は、被験者が主として言語形成期を過ごしたところを、さらに年齢は実験を行なった時点でのそれを示している。異なる被験者による、しかも種々雑多な刺激音

に対する反応が同一のボタンを示すことを明らかにすることによって、アクセント現象に対する反応の再現性が保証されるものとする。

3.3. 実験結果

3.3.1. 単音節におけるピーク潜時

以下に、表1に掲げた資料番号1-1および1-2のピーク潜時を、図2、3に元データ、表2に数値でそれぞれ示す。なお、後者における単位はms(ミリセカンド)である。

		N 1	P 2	N 2
1-1	↑ラー	118	184	286
1-2	↓ラー	211	328	394

表2

ここで、脳波データの読み方を簡単に述べておくと、波形の中央部を横断するかたちで左から右へと走っているのが基線(basic line)である。脳波のデータでは、一般に基線よりも上に出ている極性を陰性極(negative polarity, N)、逆に下へ出ているものを陽性極(positive polarity, P)と呼ぶ習慣があるので、例えばN1というのは刺激音入力後にはじめて立ち上がった陰性波という意味であり、P2というのは刺激音入力後に二番目に立ち上がった陽性波という意味である。

ごく一般的な平均値でいうと、刺激音が入力された後に立ち上がるERP成分としてのピーク潜時は、およそ次の値をめやすとして生じるものとされている。

P 1 : 40~70 (ms)

N 1 : 90~150

P 2 : 170~260

N 2 : 250~300

P 3 : 250~500

ところで、先に示した表2の値をこれと比べると、N1、P2、N2などのピーク潜時に、一部で幾分遅れが生じていることがわかる。その理由は、おそ

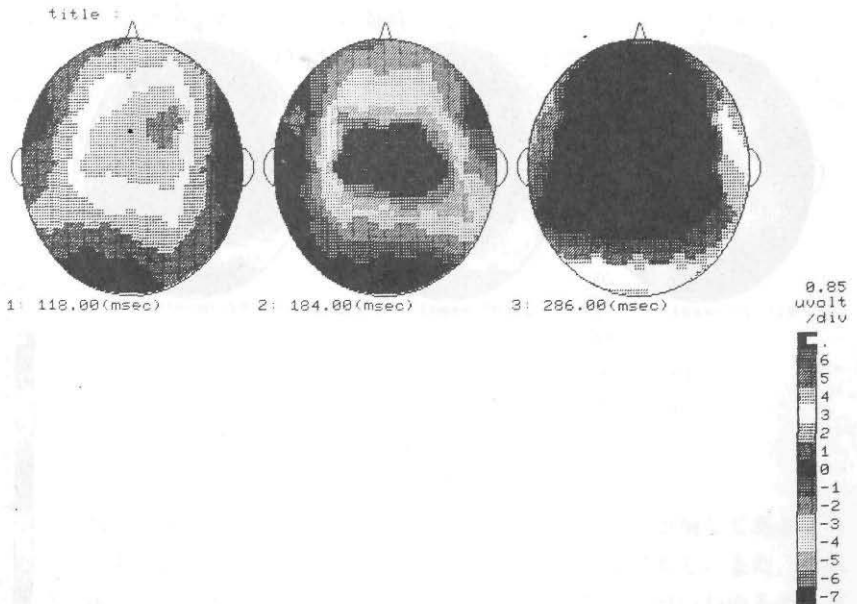
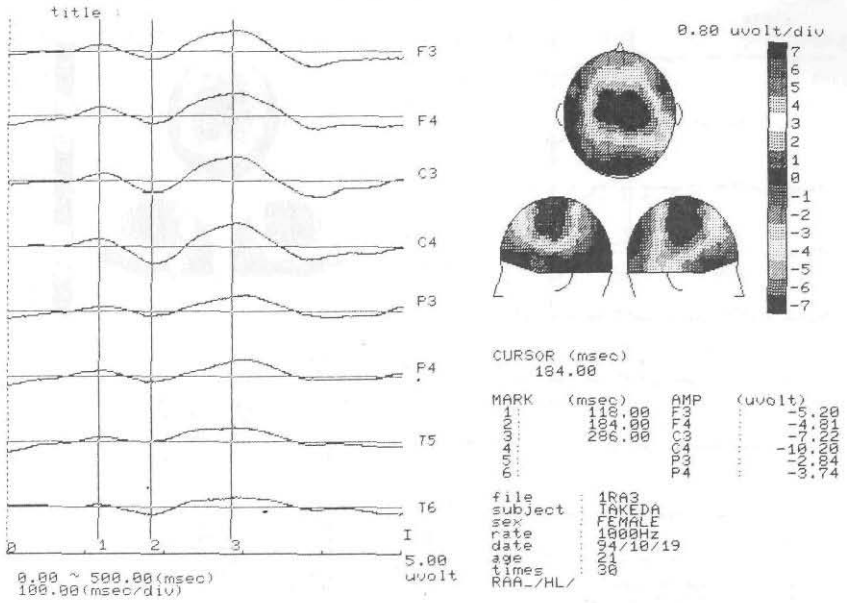


図2 [↑ラー]

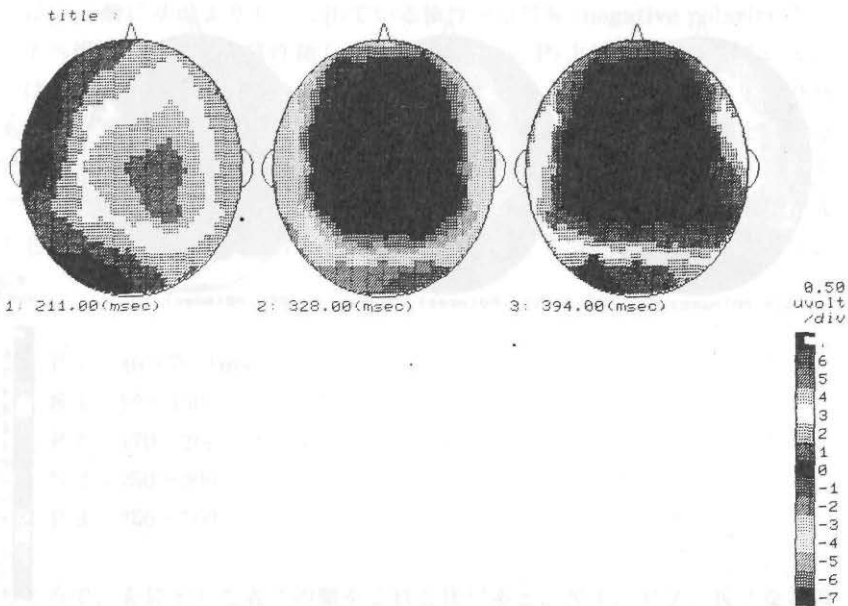
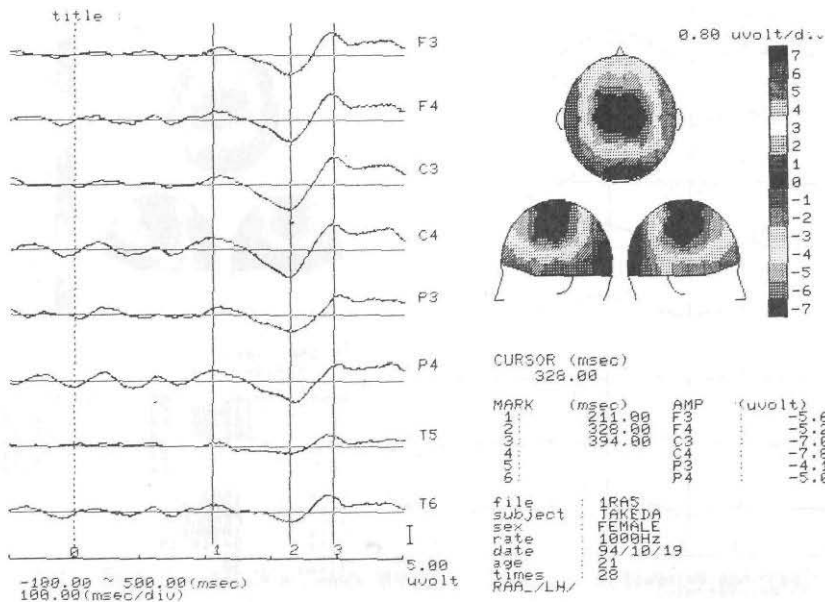


図3 [トラー]

らく主として医学や心理学の分野でなされている先行研究が、純音などを中心としたもので、肉声による自然言語音を直接攻めた例が僅少であることに起因するものではないかと思われる。

従って、本実験から読み取るべき最も重要な情報は、高くはじまって後に降下する1-1のタイプの方が、低くはじまって後に上昇する1-2のタイプよりもピーク潜時が短いという、相対的な差異として立証されている厳然たる事実にある。このことは、脳波の解析に関する先行研究の成果から解釈すると、前者の方が後者よりもいっそう、大脳における高次機能というレベルにおいては脳が活性化されている証拠とみなすことができる。つまり、これを卑近な表現に改めれば、

高くはじまって降下するタイプの音調を、脳のレベルでは最も鮮明に受けとめている

ということにはほかならない。

3.3.2. 2音節におけるピーク潜時

以下に、表1に掲げた資料番号2-1~2-6までの合計6種類の刺激音に対応するピーク潜時を、図4~9に元データ、表3に数値でそれぞれ示す。なお、後者における単位はmsである。

		N 1	P 2	N 2	P 3
2-1	「バ」バ	132	216	308	432
2-2	」バ「バ	146	230	336	434
2-3	トラー」ラ	101	182	297	549
2-4	トラー「ラ	122	196	327	490
2-5	トター」ター	90	200	296	480
2-6	トター「ター	144	222	296	444

表3

1音節刺激音との大きな違いは、城生佰太郎（近刊）でも指摘してあるように、ピーク潜時のパターンとして新たにP3が加わることである。また、これも同書に譲るが、これまでに示したすべての実験パラダイムがいわゆるモーラのレベルを尊重せず、もっぱら音節レベルに依拠して組み立てられているということ

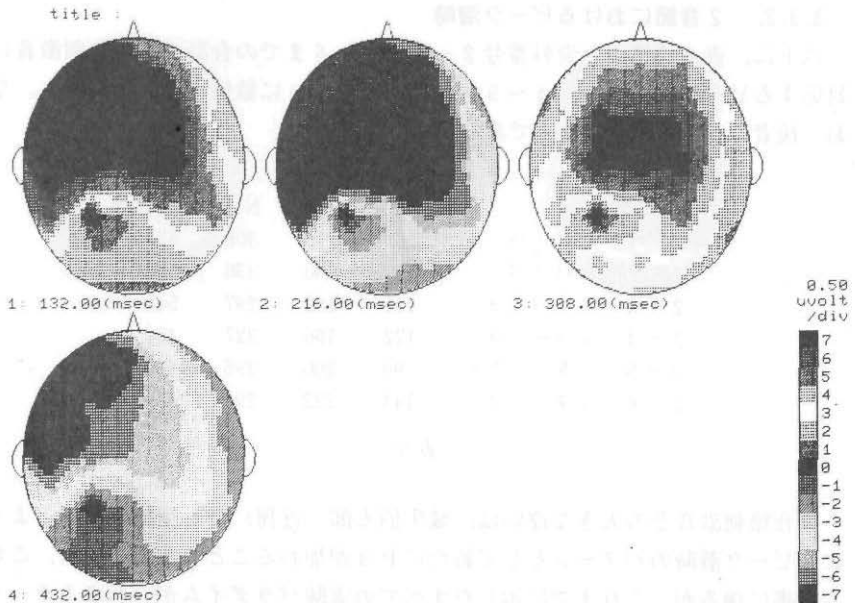
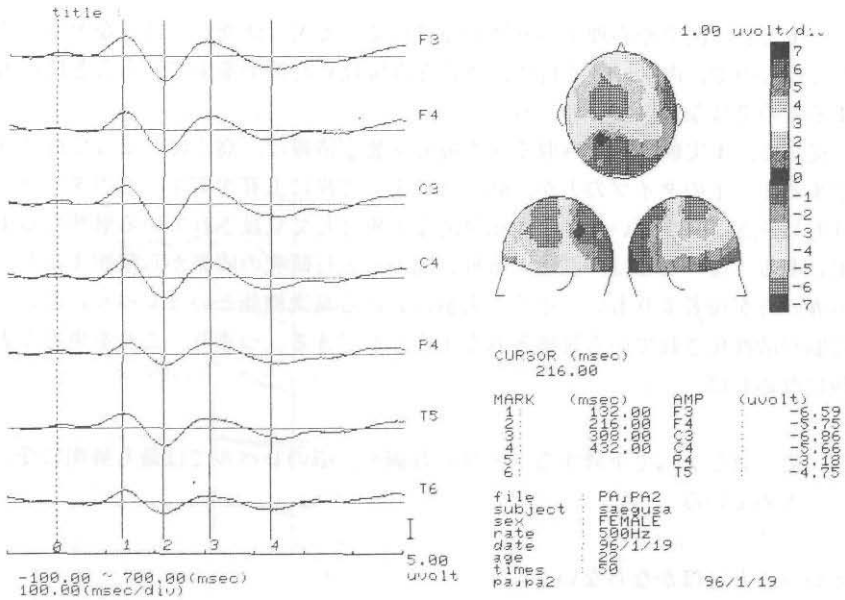


図 4 [[パ] [バ]

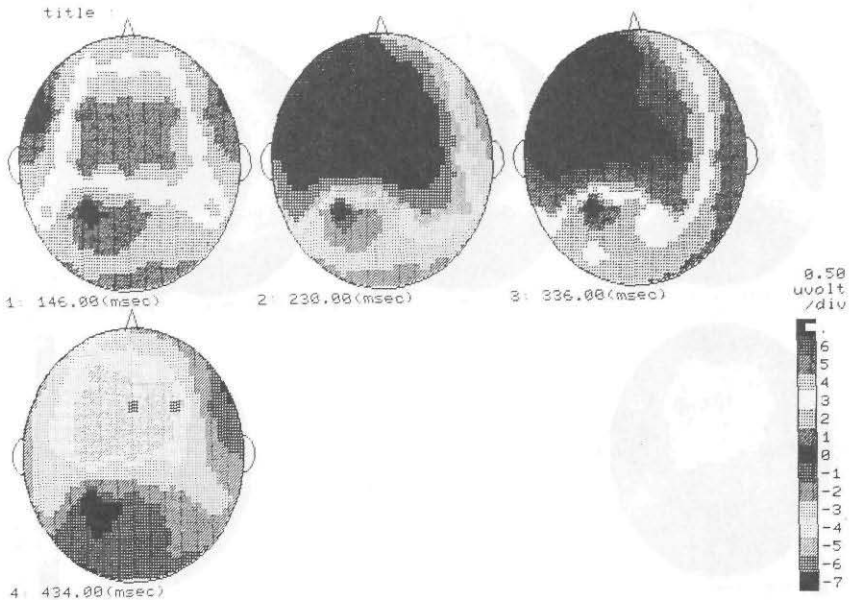
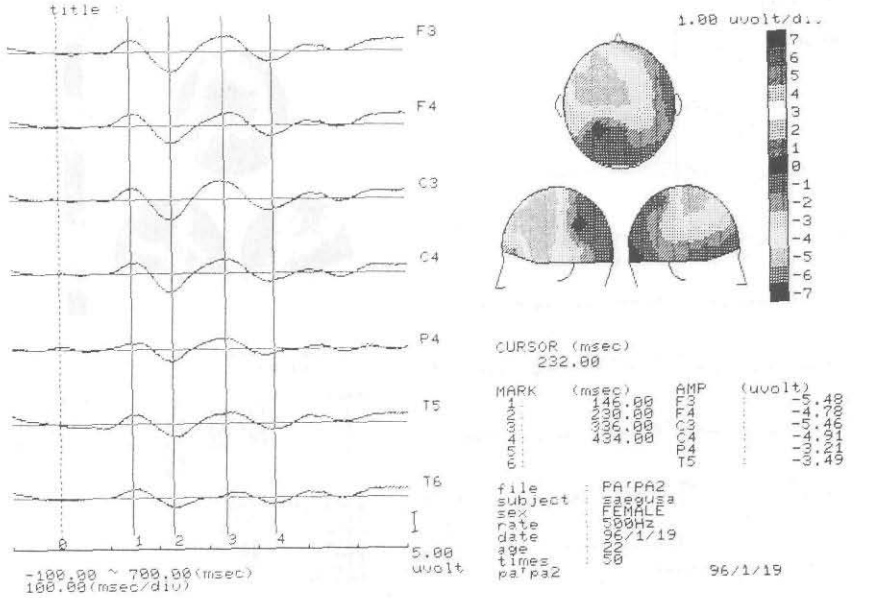


図5 [L'P'P']

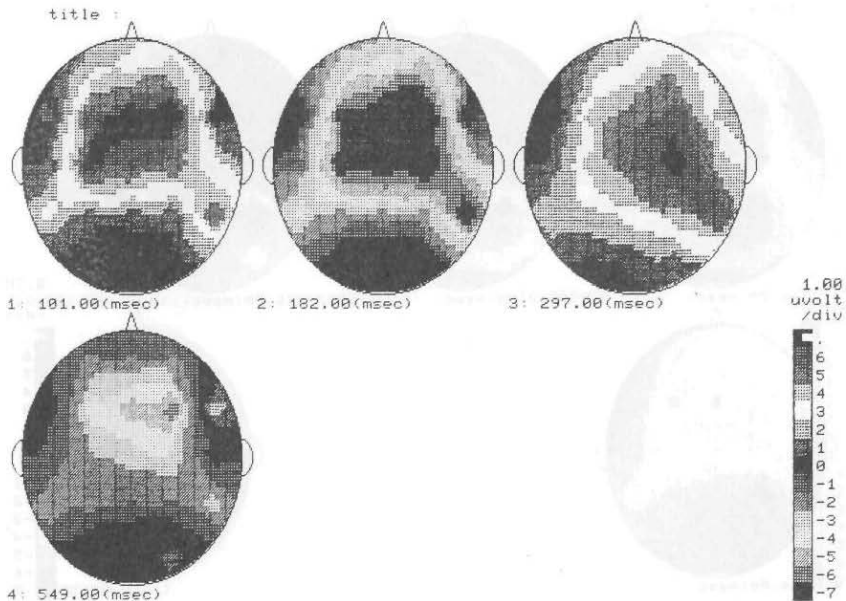
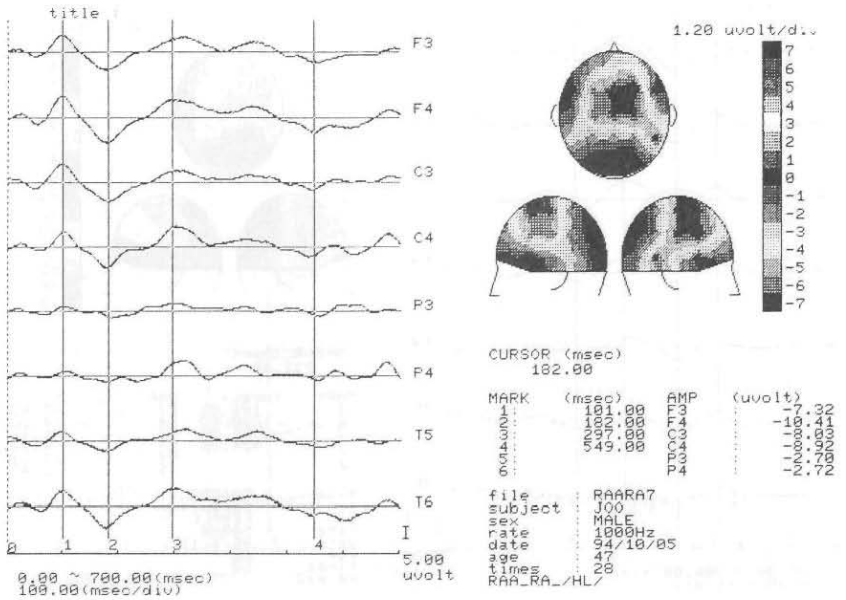


図6 [トラー]ラ

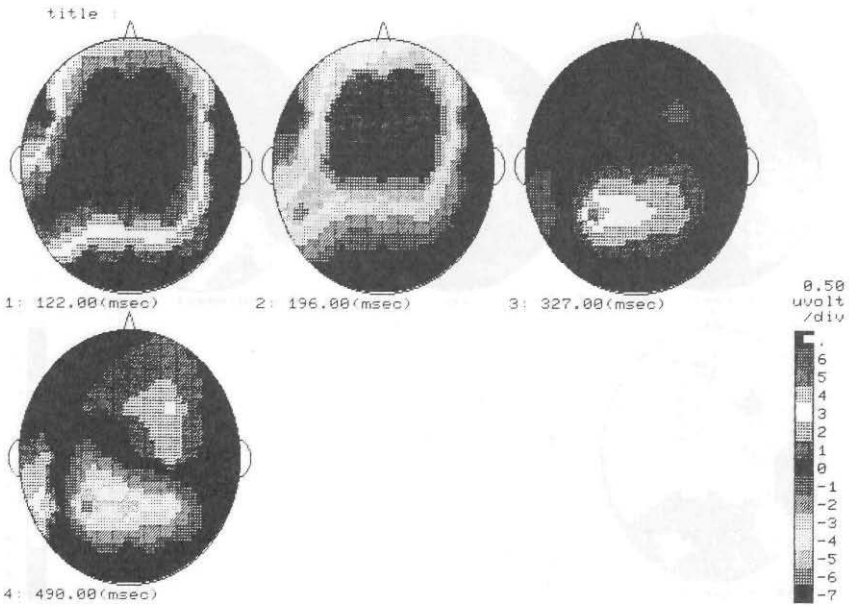
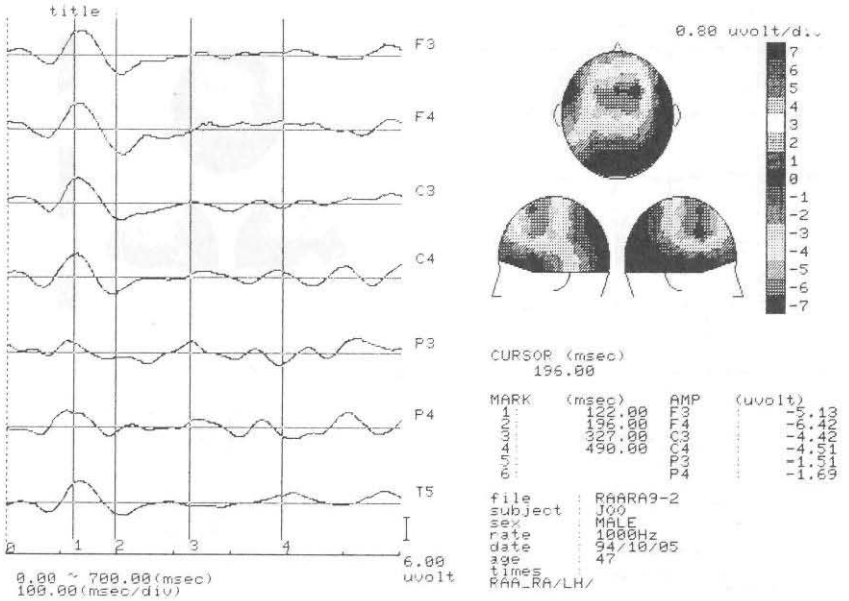


図7 [r]ラー「ラ」

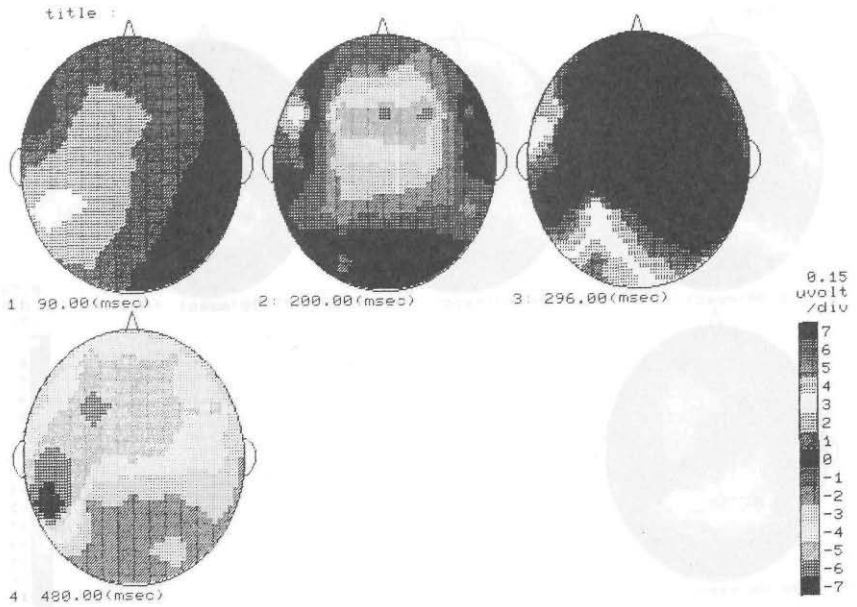
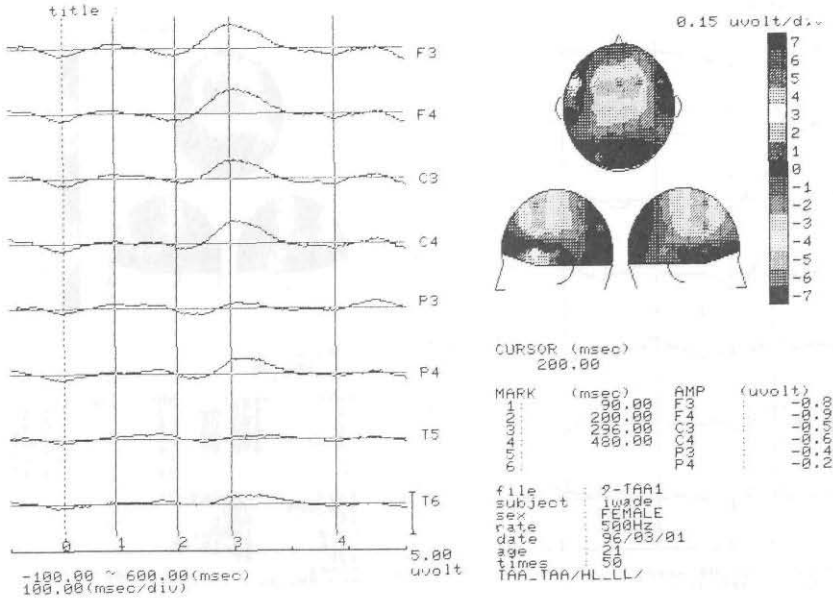


図 8 [トター-ター]

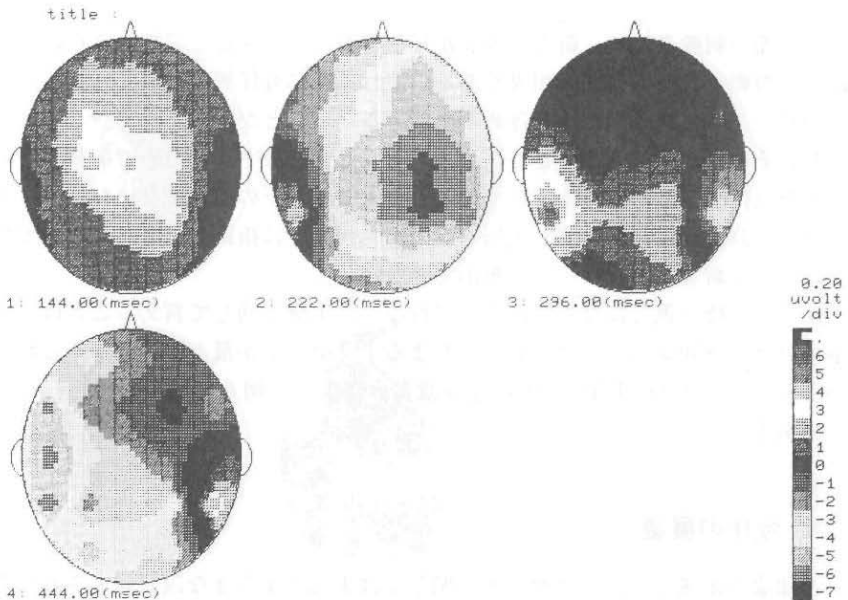
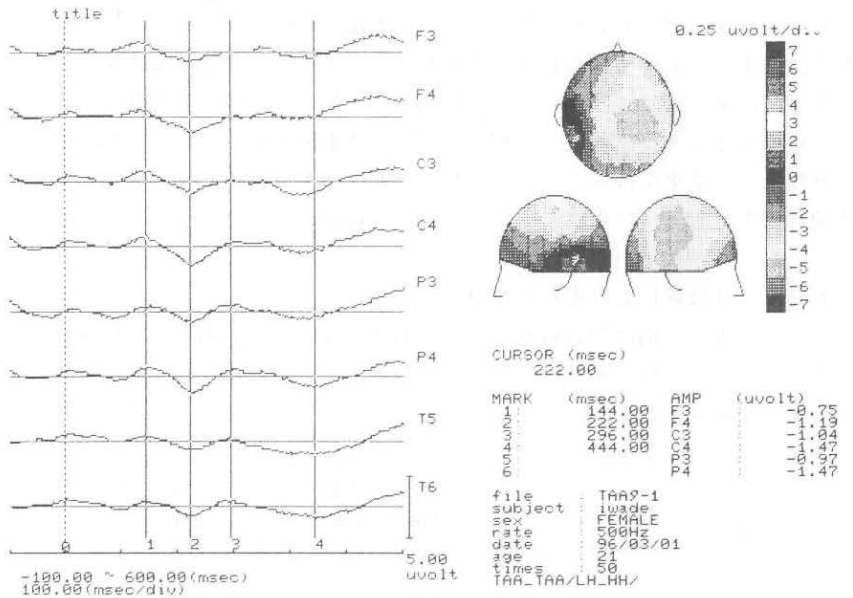


図9 [トター「ター」]

にも、実は深い理由があるのだが、それは本稿の目的とするところから外れるので、いずれも前掲書をあわせてご参照頂くことを切に希望する次第である。

さて、結果はほぼ先に述べた1音節刺激音と同じで、高くはじまるタイプの方が低く始まるタイプと比べて相対的にピーク潜時が短いという、動かしがたい歴然とした結果を得ることに成功している。つまり、ここでも前節において指摘した事実が裏づけられているということにはかならない。

3.3.3. 4音節におけるピーク潜時

以下に、表1に掲げた資料番号4-1および4-2の刺激音に対応するピーク潜時を、図10~11に元データ、表4に数値でそれぞれ示す。なお、後者における単位はmsである。

		N 1	P 2	N 2	P 3	N 3
4-1	「タ」 ₁ 「タ」 ₂ 「タ」 ₃ 「タ」 ₄	308	418	528	624	664
4-2	「タ」 ₁ 「タ」 ₂ 「タ」 ₃ 「タ」 ₄	334	460	548	718	784

表4

4音節の刺激音では、新たにN3がピーク潜時パターンとして加わる点に、前節までの刺激音との大きな相違がある。それ以外にも仔細に眺めてみると、全てのピーク潜時成分にかなり遅れが出ていることが観察される。これは、刺激音それ自身の規模が大きくなり、呈示時間が延長されたためであり、このような点に前項との単純比較をすることにおける若干の問題がないわけではないが、それにもかかわらず、大局としてはこれまでに指摘してきた事実に矛盾するような新事実はなにひとつ析出できない。

従って、繰り返しになるが、ここで行なった実験を通して言えることは、大脳における認知レベルでは、高くはじまるアクセントが最も鮮明に捉えられているということが、ERPを用いた脳波実験によって明らかにされたということである。

4. 今後の展望

音韻論の領域でも、アクセントに関しては実にさまざまな説が発表されてきた。それらのうちから、例えば日本語学、国語学の分野では東京型のアクセン

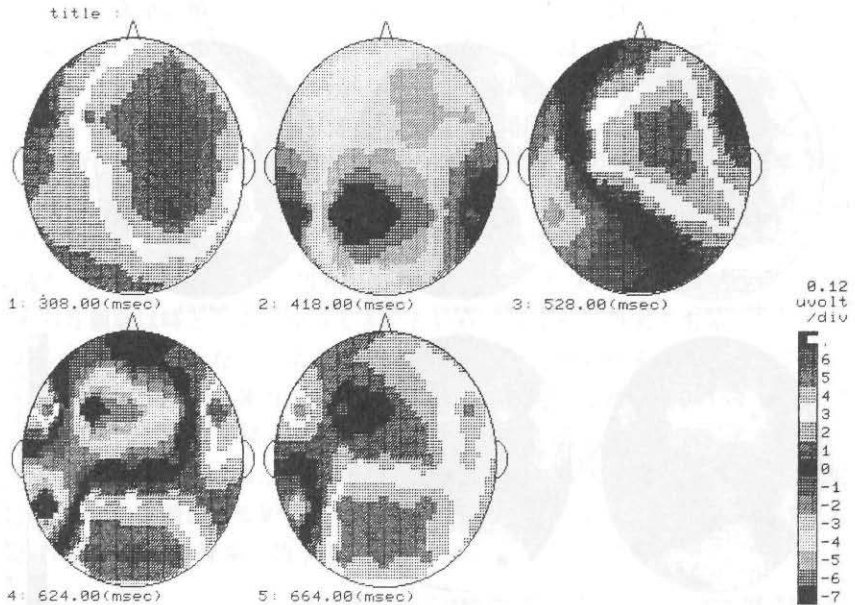
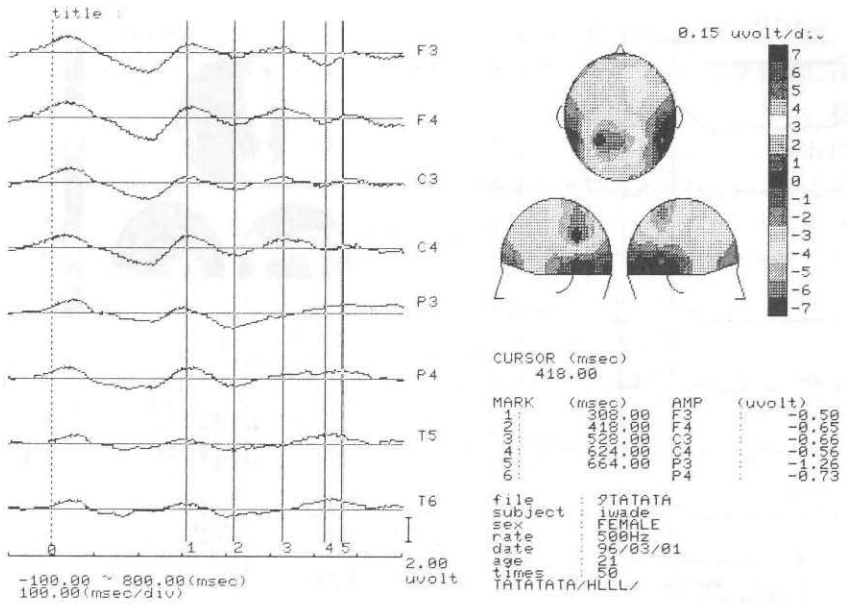


図10 [[タ [タ [タ [タ]

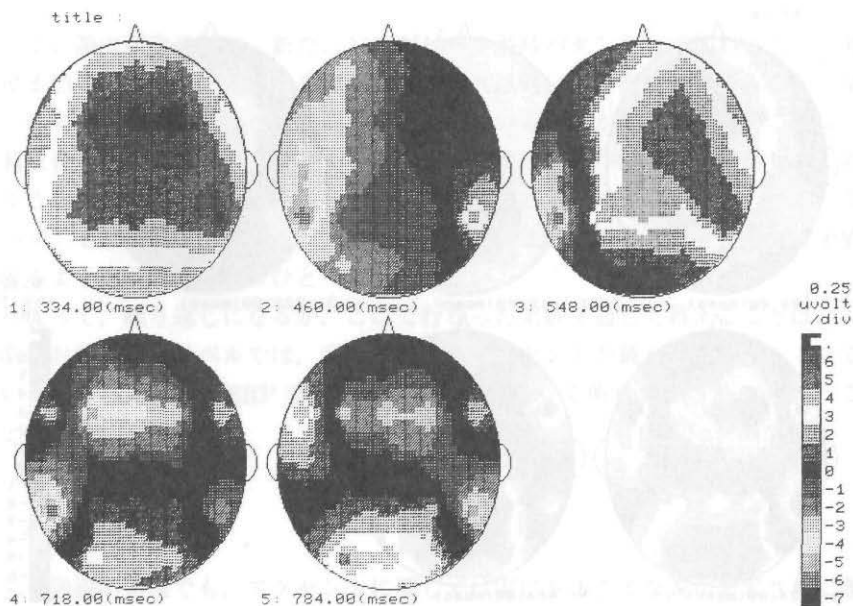
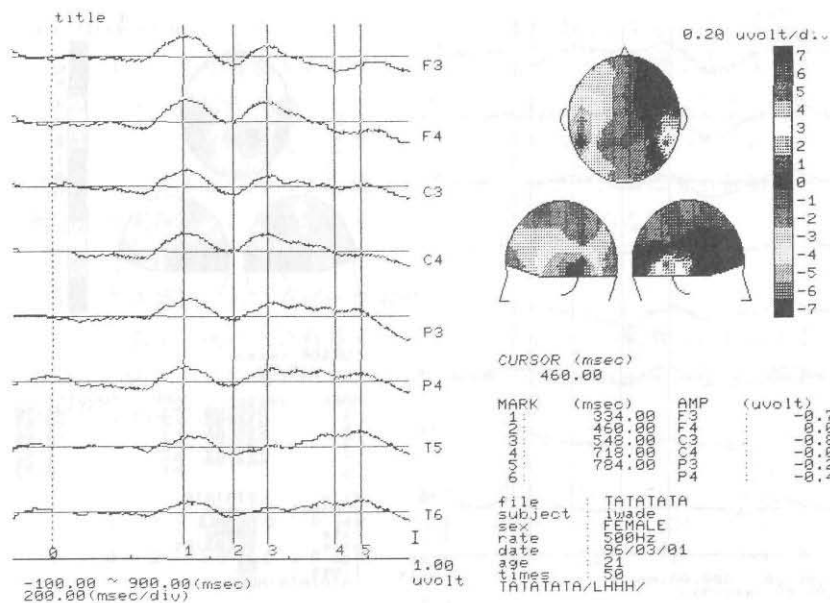


図11 [「タ」 「タ」 「タ」 「タ」 「タ」]

トに対して服部四郎氏の「アクセント核」説、金田一春彦氏らの「タキ」説、などが広く一般に受け入れられているが、いずれもアクセントの下降動態に注目している点は、一致した見解である。つまり、東京型のアクセントでは、特にその下がりめが重要だということにはかならない。このことは、別言すれば高いところから降るという点が最も重要だと指摘しているようなもので、ここで展開した事象関連電位を用いた脳波実験の結果に照らして、きわめてリーズナブルな見解だと思われる。

また、別の次元からもう一例を加えれば、東京型アクセントにおける地名の問題がある。古く、金田一春彦氏によって指摘されているように、例えば3音節の場合、シブヤ（渋谷）、ヨヨギ（代々木）、ナカノ（中野）……など、東京生え抜きの話者が平板型で発音するものは、多く地方から上京してきた人たちによって頭高型で発音される傾向にあることが知られている。この現象なども、東京に同化してゆくうちに平板型へと移行するというその言語変化の背景には、脳内言語認知における前述のメカニズムが関与していることが、十分に考えることなのではあるまいか。すなわち、習熟度が低いうちは脳へのインパクトが強いために、鮮烈な印象としてこれを受けとめるがゆえに頭高型に発音されるが、次第に慣れ親しんでくるにつれて、脳はそれほどアクティブにはこの現象を受けとめなくなってしまう、ということにはかならない。

以上はほんの一例にすぎないが、感性にすぐれた言語学者たちが、長い年月をかけて到達した仮説には、それ相応の真理が宿っているものと思われる。しかしながら、従来はあえて正面切って脳神経科学的手法を援用し、これを立証しようとはしなかった。また、もっと始末の悪い例としては、せっかく有坂秀世のような天才的着想の持ち主が現れても、これを単に「メンタリスティックな見方」という理由によって排斥してしまうといった実にもったいないことを、従来の音韻論は時として行なってきたというのもまた、事実であった。

しかし、小稿で行なったような実験の援用は、これら従来の音韻論で手が届かなかった次元からの強力な実証的裏づけを可能ならしめるものであり、単に音声学的研究レベルを高めるだけでなく、言語学におけるさまざまな分野にとっても裨益するところが大きいものと確信する。事実、恐らくは城生佰太郎(1990)以来の拙論による影響を全く受けていないと思われる、郡司隆男(1995: 169-170)のような理論言語学者にも、

「実験言語学」の確立とともに、「言語工学」の確立も、来世紀に向かっ

での言語研究の大きな課題であろう。…中略…前者に対して「実験言語学」、後者に対して「言語工学」の確立を期待しておく…

といった指摘があることは、ひとつの救いのように思われる。従って、今後はますます認知と受容に関する側面に特に焦点を合わせた、ERP などによる脳波実験を中心とした実証的な方法論を旨とする「実験言語学」⁷⁾の方法が、真に根付いてゆくことを願って止まない。

【註】

- 1) 小稿は、1996年5月12日に小学館プロダクション東京支社研修室において行なわれた、国際コミュニケーション英語研究所主催の第7回 IRICE 講演会における講演内容を骨子として成立したものである。当日は体調がすぐれなかったために、十分に意を尽くした講演ができなかったため、この機会にその欠を補っておきたい。
- 2) ただし、本実験の目的に照らして試行錯誤を行なった結果、IPLと振幅の大小は主要な成分とは認められなかったため、以下においてはPLを中心に分析を進める。
- 3) 具体的には、オーディオ・メーターを実験室内に持ち込んで、そのつど再生音圧を測定した。なお、SLとあるのは sensitive level の略である。
- 4) この機会に、部外者である筆者に対し懇切丁寧な脳波に関する指導を授けるのみならず、大切な機材を借与して下さった東京医科歯科大学の菊池吉見博士に、喪心より感謝の意を表しておきたい。また、実験に際しては、助手をつとめてくれた筑波大学大学院の島田武氏、ならびに被験者を快く引き受けてくれた東京学芸大学大学院の三枝優子、筑波大学人文学類の岩出まゆ、フェリス女子大学の武田真弓の諸氏にも、感謝の意を表しておきたい。
- 5) 加算平均という手法は、入力された情報から不要なノイズを除去して、必要な情報だけを増幅するための手法で、脳波の世界では目的の違いに応じて、実に多種多様である。例えば聴性脳幹反応 (ABR) では一般に500-1000回、頭頂部緩反応 (SVR) では50-100回、随伴陰性変動 (CNV) では10-30回が推奨されている。言語の認知にもっとも関わりの深いP300では、多くの場合20-30回が推奨されているようだが、本実験においては入念に50回を試みておいた。
- 6) マッピングソフトによる図2~11では、ここに示した10ポイントの入力信号を「補完法」と呼ばれる数学的方法によってあたかも全地点から万遍なく信号が入力されたかのように表現している。したがって、マッピングにおける情報は、あくまでもめやす的なものであって、精度の高いものではない。
- 7) 全くの偶然から、つい最近になって石綿敏雄氏も「実験言語学」という名称を使用しておられることを知った。しかし、同氏のもは統計処理を中心とする計算言語学的色彩の濃いものであって、筆者の提案するものとは著しく内容を異にする。ちなみに、筆者の提案は、城生侖太郎 (1990: 158) 以来一貫して

主張している独自の見解である。

【参考文献】

- 郡司隆男（1995）「言語学的方法」，岩波講座認知科学第1巻，『認知科学の基礎』，pp. 127-170，岩波書店
- 城生佰太郎（1990）『言語学は科学である』，情報センター出版局
- （1994-a）「実験言語学の提唱」，『言語』第23巻8号，pp. 84-89. 大修館
- （1994-b）「認知科学と実験言語学」，『文藝・言語研究言語篇』第26号，pp. 31-42，筑波大学文芸・言語学系
- （近刊）『実験音声学研究』，創拓社
- Pinker, Steven（1994）：*The Language Instinct*, William Morrow and Company.
（椋田直子訳『言語を生み出す本能』（上）（下），NHK ブックス，1995）