

意味および時制の逸脱に関する脳の言語処理過程研究：事象関連電位 (ERP) による実証研究¹⁾

宮崎 里司
小山真希子

キーワード

脳の言語処理過程・事象関連電位 (ERP)・語彙・テンス・逸脱・言語管理

1. はじめに

外国人日本語学習者は、意味や時制の逸脱に対して、どのように留意、評価をするのであろうか。こうした問題を明らかにするため、これまでの実証研究で援用されてきた内省的方法論では、フォローアップ・インタビューなどが開発され、多岐にわたる詳細なプロセスが明らかになってきた。しかしながら、一方では、「言語管理はほとんど発話の表面には現れてこない」(ネウストプニー 2002) ため、フォローアップ・インタビューで、調査対象者が、どの程度意識化できるかは不確かであるという指摘もある。こうした課題に対し、生理学的見地から、脳内の言語処理過程の観点から解明しようとする試みがなされてきた(平松 1994、中込 1994、城生 1997、今田 2000)。ことばは、無数のニューロンから構成される脳の中で処理されているが、その過程を、言語管理理論の立場から実証する手段として、新たな内省的方法論の展開が求められる。本研究は、こうした問題分析の下、大脳誘発電位の一種で、認知活動に伴って大脳皮質で発生し、脳の情報処理活動における時間的経過を瞬時に捉える点が優れているとされる、事象関連電位 (Event-Related Potentials: ERP)²⁾ に着目した実証研究である。具体的には、日本語学習者と日本語母語話者が行った、語彙とテンスの視覚刺激課題から得られた ERP を検証し、言語処理過程研究への応用の可能性を探った。日本語教育の研究分野では、これまで、カタカナや漢字の表記逸脱を対象とした先行研究がある(宮崎 1999、2000) が、本研究では、語彙の意味と、時制に焦点を当て、言語的逸脱文に対し、どのような ERP が観察されるのかを検証し、かつ、そうした結果が、日本語教育研究に、どのように応用できるのかを考察した。

2. 調査対象者

調査対象者として、早稲田大学別科日本語専修課程に在籍し、韓国語、中国語、広東語を母語とする、中級及び上級レベルの外国人日本語学習者（Foreign Speakers of Japanese: FS）、それぞれ3名ずつ（20代前半から30代前半の女性右利き健常者）と、統制グループである日本語母語話者（Native Speakers of Japanese: NS）4名（20代の大学生で、男女2名ずつの右利き健常者）に協力を依頼した。詳細は以下の通りである。

表1 実験グループ（外国人日本語学習者）

| | 名前 | 性別 | 年齢 | 母語 | 出生地 | 日本語学習歴 | レベル (自己 診断) | 日本滞在歴 | 日本語以外の 外国語学習歴 | 大学での 主専攻 (母国) | 大学での 主専攻 (日本) | 利き手 | 喫煙 習慣 | 両親の出生地 (父/母) |
|---|-----|----|----|-----|-------|--------|--------------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----|----------|-----------------|
| 1 | FS1 | 女性 | 32 | 中国語 | 中国吉林省 | 8年 | 上級 | 2002年4月1日～ | 韓国語・英語 | 法律 | 法律(商法) | 右 | なし | 中国吉林省 |
| 2 | FS2 | 女性 | 24 | 韓国語 | 韓国ソウル | 2年半 | 上級 | 2002年4月～ | 英語・中国語 | 新聞放送学 | | 右 | なし | 韓国ソウル/韓国プサン |
| 3 | FS3 | 女性 | 26 | 中国語 | 中国浙江省 | 4年半 | 上級 | 2002年4月～ | 英語(8年間) | 日本語 | | 右 | なし | 中国浙江省 |
| 4 | FS4 | 女性 | 27 | 広東語 | 香港 | 2年 | 文章5 口語5 読解6 読解7 | 2001年7月～ | 北京語 | 英語・英文学 | | 右 | なし | 香港 |
| 5 | FS5 | 女性 | 31 | 韓国語 | 韓国馬山市 | 1年半 | 文章8 口語6 読解6 | 2002年4月～ | 英語・ フランス語 (1年半) | 映画 | 映画(予定) | 右 | なし | 韓国ソウル |
| 6 | FS6 | 女性 | 22 | 広東語 | 香港 | 3年 | 文章5 口語5 読解6 読解8 | 2002年9月 ～2001年7月 2002年9月～ | 英語 (小学校～高 校) | 日本研究 | 日本語 | 右 | なし | 中国 |

表2 統制グループ（日本語母語話者）

| | 名前 | 性別 | 年齢 | 母語 | 出生地 | 外国語学習歴 | レベル (自己 診断) | 外国滞在歴 | | 大学での 主専攻 (日本) | 大学での 主専攻 (外国) | 利き手 | 喫煙 習慣 | 両親の出生地 (父/母) |
|---|-----|----|----|-----|-------|-----------------|-------------------|----------------------------------|--|---------------------|---------------------|-----|----------|-----------------|
| 1 | NS1 | 女性 | 23 | 日本語 | 日本福井県 | 英語6年 中国語2年 | 初中級 | なし | | 国語学 (日本語学) | | 右 | なし | 福井県 |
| 2 | NS2 | 女性 | 23 | 日本語 | 日本東京都 | 英語7年 ドイツ語2年 | 中級 初級 | ドイツ1ヶ月 ニュージーランド3週間 アメリカ1ヶ月 | | 臨床心理学 | 日本 | 右 | なし | 北海道/東京都 |
| 3 | NS3 | 男性 | 24 | 日本語 | 日本群馬県 | 英語11年 中国語4年 | 中級 | カナダ1年 | | 英語英文 | | 右 | なし | 群馬県 |
| 4 | NS4 | 男性 | 24 | 日本語 | 日本群馬県 | 英語11年 ドイツ語2年 | 中上級 初級 | アメリカ1ヶ月半 | | 商学 (情報・統計) | | 右 | なし | 群馬県 |

3. データ収集の手続き

まず、コントロール（統制）データとして、言語的要素の少ない2種類のイラスト刺激（後ろ向きと正面を向いた猫のイラスト）を用い、実験データとの相違を調べた。コント

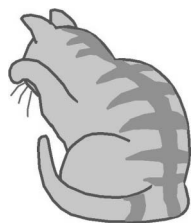


図1-1 高頻度刺激の例

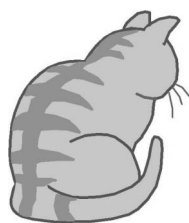


図1-2 低頻度刺激（標的課題）の例

ロールデータの画像刺激の呈示時間は500 ms (0.5秒)で、ある刺激の呈示から次の刺激呈示までのインターバルは2000 ms (2.0秒)に設定した。

調査対象者には、コンピューターの画面上に呈示される画像刺激を見て、低頻度(標的)刺激が表れたら、手元のボタンをクリックするように指示を与えた。実験課題として、P300が明瞭に記録しやすいと言われるオドボール課題を採用した。オドボール課題とは、2種類のカテゴリーに属する複数の視覚刺激をランダムに呈示し、低頻度刺激を標的として注目及び弁別させる方法である。実験では、一文を最後の一文節とそれ以外に分け、それぞれ第二刺激、第一刺激とした。一つの文内で、第一刺激と第二刺激が意味ないしは時制に関して、文法的逸脱が発生していないものを高頻度刺激とし、第一文節と第二文節のつながりが不適切で、逸脱していると認められるものを、低頻度刺激とした。「語彙の課題」では、第二刺激の中で、不適切な語彙を入力し、「テンスの課題」では、同じく第二刺激内で、過去と非過去の誤用による不適切さを産出し、第一刺激と第二刺激によって構成される文全体が、以下のように非文になってしまう例を作成した。なお、課題に使用された語彙がすべて既習語彙であることは、フォローアップ・インタビューによって確認されている。

表3-1

| テンスの課題 | | | |
|--------|------------|---|--------|
| | 第一刺激 | | 第二刺激 |
| 1 | 昨日かいものを | | しました。 |
| | | * | します。 |
| 2 | 母は来年日本に | | きます。 |
| | | * | きました。 |
| 3 | 父は明日海に | | 行きます。 |
| | | * | 行きました。 |
| 4 | 明日は7時に | | おきます。 |
| | | * | おきました。 |
| 5 | 昨日たくさんビールを | | のみました。 |
| | | * | のみます。 |

表3-2

| 語彙の課題 | | | |
|-------|-------------|---|--------|
| | 第一刺激 | | 第二刺激 |
| 1 | 春になると花が | | さきます。 |
| | | * | ふります。 |
| 2 | ジョンさんはネクタイを | | しています。 |
| | | * | きています。 |
| 3 | 東京は人が | | 多いです。 |
| | | * | 大きいです。 |
| 4 | ビールをたくさん | | のみます。 |
| | | * | たべます。 |
| 5 | この本はとても | | 高い。 |
| | | * | いたい。 |

*は非文

文の提示方法について、第一刺激を1500 ms (1.5秒)間呈示し、その後、第二刺激を1000 ms (1.0秒)間呈示するように設定した。第二刺激では第一刺激とのつながりが正しいものと正しくないもののどちらかが現れる。調査対象者には、第一刺激とのつながりが正しくない第二刺激が現れたときだけ、手元のボタンをクリックするように指示した。また、第一刺激から、次の第一刺激までの間隔は5500 ms (5.5秒)に設定した。

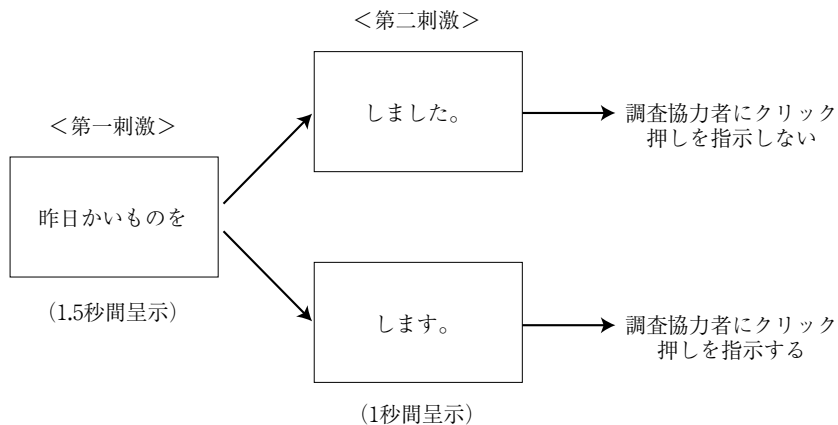


図2

高頻度刺激と低頻度刺激は、それぞれ70%、30%の頻度で呈示された（コントロール課題は、総刺激回数50回、実験課題は同70回）。アーチファクト（目的とする脳波以外のもの）をできる限り除去するため、画像が呈示されている間、調査対象者には瞬きをせず、静止するように指示した。取り込み装置は、メディカルシステム研修所内に設置された、脳誘発電位測定装置（Synax2104）を用い、周波数帯域は、0.05～50 Hz（LFF0.05 Hz、HFF50 Hz）に設定した。電極の取り付けは国際10/20法のCz位置に決められ、同時に、ERPは、眼球運動によるアーチファクトの影響を受けやすいため、測定の信頼性を上げるために、眼球近くの眼窩上縁と呼ばれるEOGの場所にも電極を設置した。ボディーアースはFpz（前頭極部中央）に、基準電極は両耳朶に装着し、刺激呈示装置は、LaVieNXで、Multi Trigger System ver.2.05をWindows 2000上で使用し、各画像刺激を同コンピューターの画面上に呈示した。解析については、メディカルシステム研修所内に設置された脳誘発電位測定装置である、サイナックス2104（Synax2104）を用い、現れた波形を目視し、P300を求めた。

今回の実験課題は、非文を非文と認識する日本語能力があることが前提であるため、実験終了後、日本語学習者には巻末に付した、課題に関する文法判断能力テストを実施し、日本語能力を確認した。その結果、調査対象者全員が問題に対して、正答を示した。

4. 結果と分析

実験の結果、画像刺激については、N100、P200、N200、P300成分が低頻度刺激では全員に出現し、高頻度刺激では日本語母語話者一名を除いて出現した（N100、P200のみ）。オドボール課題では、非標的的刺激に対しては、P300は出現しないとされているが、課題が類似した前向き、後ろ向きの猫のイラストで、注目すべき着目点が顔のみという、比較的難易度の高い判断であったため、低頻度、高頻度とも、同様な認知過程が行われたことにより、P300が出現したと判断できる。フォローアップ・インタビューの結果、低頻度視覚刺激群の時だけ注目し、高頻度視覚刺激群の時なるべく流すよう指示を与えたが、



図3-1 電極装着



図3-2 実験風景

実際に指示通りできたかどうか自信がないと感想を述べた調査対象者がいたことが明らかになった。本来低頻度刺激のみに現れるはずのP300が、今回のように高頻度刺激にも現れることがあったのは、このためであったかもしれない。しかしながら、画像刺激については、日本語学習者ならびに日本語母語話者の間で、低頻度、高頻度刺激とも、潜時に有効な有意差は見出されなかったため、統制課題としての意義があり、基本データとして採用できることが証明された。また、テンスと語彙の課題についても、同様に難易度の高い判断であるため、猫のイラスト刺激はコントロールデータとして適切であることが証明された。

テンスの課題については、日本語学習者では、P300（P300が出現しなかった調査対象者に関してはP200）以降、緩やかな右肩上がりの波形を示しているのに対し（図5-1参照）、日本語母語話者ではP300（P300が出現していない調査対象者に関してはP200）以降に再び顕著な陽性波が現れ、W型の波形を呈していた（図5-2参照）。この傾向は、語彙の課題においても同様であった（図6-1、6-2参照）。ただし、語彙の課題の方が、一定の傾向を示す、比較的整った波形を示していたが、これは、おそらく課題設定によるものと判断される。すなわちテンスの課題は、第一刺激のテンスを記憶し続けることが調査対象者の負担になり、求める波形以外のものが混じっている可能性がある。それに対し、語彙の課題の方は第二刺激が予測しやすかったということが、フォローアップ・インタビューから確認された。ただし、この件に関しては、複雑な語彙を使用した課題において別の傾向が表れることが予想されるなど、単純に語彙とテンスが理由とは言い切れない面もあるため、今後のさらなる検証が不可欠といえる。

日本語母語話者は、常に先を予測しながら文を読んでおり、第二刺激に予測しないものが現れたときには、何らかの認知処理を行い、軌道修正を行っていると考えられる。一度P300などの陽性波が現れた後、日本語学習者では右肩上がりの波形になっているのに対し、日本語母語話者では再び陽性波が現れ、W型の波形となっているのは、日本語母語話者の後半の陽性波が、軌道修正のための認知処理の表れであるかもしれない。



図4-1 波形1 FS3 イラスト課題（低頻度刺激）

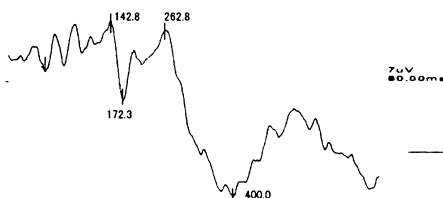


図4-2 波形2 NS4 イラスト課題（低頻度刺激）



図5-1 波形3 FS5 テンス課題（低頻度刺激）

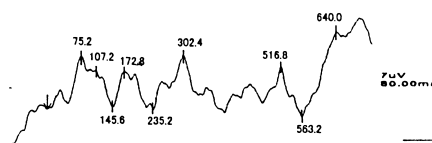


図5-2 波形2 NS1 テンス課題（低頻度刺激）



図6-1 波形5 FS5 語彙課題（低頻度刺激）

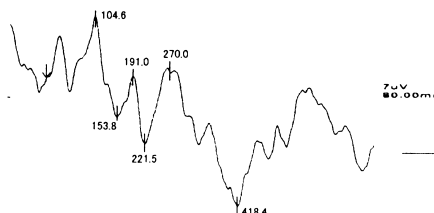


図6-2 波形6 NS3 語彙課題（低頻度刺激）

5. 結語及び今後の課題

日本語母語話者には、第二刺激を予測しながら実験に参加するよう、特に指示したわけではない。それにもかかわらず、常に先を予測していることがERPの波形から推察された。予測することの重要性は寺村（1987）、堀口（1990）などでも指摘されていることであるが、今回脳波実験という方法論によって、研究課題となりうることが示唆された。

また、フォローアップ・インタビューから、テンスの課題は第一刺激の時制を第二刺激まで保持していることが困難であったという報告が得られた。日本語母語話者の中には、慣れてくると第一刺激の「昨日」や「明日」だけ覚えておいて、第二刺激を判断するという調査対象者も確認された。今後課題を考える上で改良すべき点である。それに対し、語彙の課題はテンスの課題のような問題は見られなかった。

なお、今回の実験では、レベルによる ERP の波形の違いは確認できなかった。日本語学習者のレベル別による設定が適切であるかどうか、今後の同様の研究における展開を考える上で注視する必要がある。

注

- 1) 本研究は、NEC メディカルシステムズの岡田保紀氏と渡邊千晴氏に、機器の提供に関して多大なご協力を得た。この場を借りて謝意を述べる。
- 2) 大脳誘発電位の一つとしての事象関連電位は、認知活動に伴って大脳皮質において発生した活動電位の記録であり、医療分野においては、言語障害や痴呆症などの病態把握を目的として使用されている。大脳誘発電位とは、ある刺激が入力された後、一定時間後（これを潜時という）に、その刺激に関連をもって発生する脳波の総称である。

参考文献

- 萩原裕子 1998 『脳にいとむ言語学』、岩波科学ライブラリー 59
- 平松謙一 1994 「脳磁計の言語研究への応用」、『月刊言語』、23-4 大修館、83-88 頁
- 堀口純子 1990 「上級日本語学習者の対話における聞き手としての言語行動」『日本語教育』71 日本語教育学会
- 今田俊明 2000 「仮名・漢字を認知するときの脳活動」、『臨床脳波』、vol.42, no.12, 772-779 頁
- 城生佰太郎 1997 「脳波でとらえた日本語教育第 1 回脳波を考える基礎 その 1」、『月刊日本語』、アルク 10-7, 64-67 頁
- 城生佰太郎 1998a 「脳波でとらえた日本語教育第 7 回語彙論研究への応用の可能性 その 1」、『月刊日本語』アルク 11-1, 62-65 頁
- 城生佰太郎 1998b 「脳波でとらえた日本語教育第 8 回語彙論研究への応用の可能性 その 2」、『月刊日本語』、アルク 11-2, 54-57 頁
- 城生佰太郎 2001 「実験言語学の提案—事象関連電位を用いた言語研究の可能性—」、『日本語学』、20-13, 明治書院、36-46 頁
- Kutas, M. & S. A. Hillyard 1983 Event-related brain potentials to Grammatical errors and semantic anomalies, *Memory and Cognition*, 11, pp.539-550
- 宮崎里司 1999 「日本語学習者の脳の言語処理過程：漢字の表記逸脱刺激による事象関連電位 (ERP) 分析の試み」、『講座日本語教育』、第 35 分冊、早稲田大学日本語研究教育センター、41-51 頁
- 宮崎里司 2000 「外国人日本語学習者のカタカナ表記逸脱に関する言語処理過程：事象関連電位 (ERP) を使った考察」、『講座日本語教育』、第 36 分冊、早稲田大学日本語研究教育センター、41-52 頁
- 中込和幸 1994 「脳における言語処理過程」、『月刊言語』、23-4, 大修館、76-82 頁
- NEC メディカルシステムズ研修所編 1998 『脳波標準テキスト』、NEC、三栄
- ネウストプニー、J.V. 2002 「総論」『言語研究の方法』、くろしお、1-41 頁
- 寺村秀夫 1987 「聴き取りにおける予測能力と文法的知識」『日本語学』6-3

添付資料

脳波実験終了後のテスト

脳波実験終了後の質問

月 日 ()

名前： _____

1. aとbのどちらが正しい文ですか。正しいと思うほうに○をつけてください。

- ① a. 昨日 かいものを しました。 b. 昨日 かいものを します。
② a. 母は 来年 日本に きます。 b. 母は 来年 日本に きました。
③ a. 父は 明日 海に 行きます。 b. 父は 明日 海に 行きました。
④ a. 明日は 7時に おきます。 b. 明日は 7時に おきました。
⑤ a. 昨日 たくさん ビールを のみました。
b. 昨日 たくさん ビールを のみます。
⑥ a. 春になると 花が さきます。 b. 春になると 花が ふります。
⑦ a. ジョンさんは ネクタイを しています。
b. ジョンさんは ネクタイを きています。
⑧ a. 東京は 人が 多いです。 b. 東京は 人が 大きいです。
⑨ a. ビールを たくさん のみます。 b. ビールを たくさん たべます。
⑩ a. この本は とても 高い。 b. この本は とても いたい。

2. 実験中、文の前半があらわれた時、後ろに続くものを、何か想像しましたか。それは実際あらわれた文とちがっていましたか。

例：「昨日 たくさん ビールを」という文が画面にあらわれた時、頭の中で「買いました。」が続くと想像した。でも、実際あらわれたのは「のみました。」だった。