

モーラの正体再考¹

—— ERP を用いた実験音声学的研究 ——

城 生 佰太郎

【キーワード】脳波, ERP(事象関連電位), 実験音声学, 日本語, モーラ

1. はじめに

筆者は、城生佰太郎(1997:246-282)において、音韻論で仮構されているモーラに、某(なにがし)かの形で対応する電気生理学的現象を見つけることを目的とした実験をおこなった。しかしながら、当時は暗中模索の状態にあったので、とりあえずは潜時のピーク・パタンに注目した解析のみに留まった。したがって、より核心的な部分である N₁, P₂, N₂, P₃に特化したピーク潜時と電圧分布を精査したいと思っていたのだが、その後モンゴル語の母音調和をはじめとするさまざまな現象と対峙してしまったため、しばらくこの課題からは遠ざかっていた。幸い、このたび大学院の授業で再びこのテーマと取り組む機会が得られたので、旧稿とは異なる切り口から再度検討を行い、さらなる一歩を踏み出したいと考える。

2. 目的

本稿の目的は、音韻論で仮構されている日本語におけるモーラに対応する何らかの電気生理学的現象の一斑を、脳波計を用いた ERP(事象関連電位)によって捉えることである。

¹ 本実験は、筑波大学大学院人文社会科学研究所文芸・言語専攻、2006年度開講の「実験音声学研究」(担当:城生佰太郎)の授業内で行われたものである。この場を借りて、実験と討論に参加した、池田潤(助教授)、二ノ宮崇司、盧嘉、伊藤直子、丸島歩、半田達郎、大橋瑤子(紀子)、堰口紀子(日本語教師)、任星(明海大学大学院)の諸氏(職階、身分などは2006年度現在による)、および被験者となってくださった6名の諸氏に感謝の意を表する。特に、任星氏には被験者のお世話をいただいた。なお、同実験については、丸島歩(2006)も併せて参照していただければ幸甚である。

3. 方法・手順

3.1. 収録手順

被験者を、シールドルーム内の安楽椅子に座らせ、国際10-20法に基づくエレクトロ・キャップ(Electro-Cap International 社製, ECI-2)を装着し、半眼に開眼するよう指示した。実験はノーマルによる silent repetition²により、各刺激音の提示間隔は2999~3000msec³とした。また、加算回数は35回、再生音圧は65dB⁴ (音圧計:リオン社製・型式 NL-14)である。なお、半眼の状態を保ちやすいという被験者の申し出により、被験者前方の窓のカーテンを少し開け、外部の照明を落とした。

3.2. 収録機器

取り込みに使用した機器は、電極箱(NEC ELECTRODE BOX/TYPE 6R12-2)、生体アンプ(NEC BIOTOP 6R12-2)である。収録ソフトは、EPLYZER2.1 (キッセイコムテック社)、OSはNEC 98対応のMS-DOS6.1(機種はPC98xv20)を使用した。

3.3. 刺激音発生装置

刺激音発生に使用した器材は、PC(IBM Vision PS/V Model 2408)、スピーカー(松下電器産業社製/Technics Linear Phase Speaker System)、アンプ類(松下電器産業社製 Technics Stereo Cassette Deck/RS-678U, Technics Stereo Flat Preamplifier/SU-9070, Technics Stereo Universal Frequency Equalizer/SH-9010E, Technics Peak/Average Meter Unit/SH-9020M, Technics Stereo Power Amplifier/SE-9060)である。ソフトは、榊氏作製の私家版 Winstim である。

² 刺激音を、指たたきしたり復唱したりせず、頭の中だけで繰り返すこと。

³ 榊氏作製の私家版ソフトの制約による。

⁴ デシベル表示には物理的に規定したレベルを基準とした SPL(sound pressure level)と、ヒトの感覚を基準とする SL(sensitive level)がある(城生2005:458)。

3.4. 被験者情報⁵

3.4.1. 日本語母語話者

HI, 女性, 22歳, 右利き。言語形成期は横浜で過ごした。

NY, 女性, 35歳, 右利き。言語形成期は名古屋で, 19~33歳は, 兵庫県宝塚で過ごした。自宅では, 摂津方言を使用。

3.4.2. 中国語母語話者

KF, 女性, 26歳, 右利き。言語形成期は中華人民共和国吉林省長春市で過ごした。

LZ, 男性, 31歳, 右利き。言語形成期は中華人民共和国吉林省長春市で過ごした。

3.4.3. 韓国語母語話者

CY, 女性, 28歳, 右利き。言語形成期は大韓民国のソウルで過ごした。

LJ, 男性, 36歳, 右利き。言語形成期は大韓民国のソウルで過ごした。

3.5. 刺激音

刺激音は, 日本語自然言語音の /tata/, /tarta/, /tanta/, /taqta/, /tatata/⁶ を平板型と頭高型のアクセント型⁷で調音した。したがって, 刺激音は全部で10種類である。

調音を行なったのは TH 氏, 男性, 22歳。言語形成期は東京都世田谷区で過ごしている。

刺激音の時間長は表3.1の通り(単位は ms.)。

⁵ 被験者名はイニシャルのみとし, 敬称を省略する。

⁶ 心理学的研究では, 多くの場合刺激音には合成音声を用いられるが, 実験音声学では自然言語音を用いる。理由は, 城生(2005:303)を参照。また, 刺激音の音種としては最も脳が鋭敏に反応する子音であることがわかっている/p/(林・寛1989)と, 最も安定した母音/a/(城生1997)を本来用いるべきであるが, 頭高型の/pa^hpa/ が有意味語の「パパ」と紛らわしいため, 本課題の目的に照らしてここでは/t/と/a/を用いた。なお, 音素表記を用いるのは, 本実験で扱うのが音韻論的な単位であるモーラであることによる。また, 頭に0をつけた/0tata.../などは平板型を, 1をつけた/1tata.../などは頭高型を, それぞれ示す。

⁷ 起伏式には頭高型のほかに中高型と尾高型があるが, 城生(1997)などの先行研究によって, もっとも脳が鋭敏に反応するとされる頭高型を用いた。

表3.1

OtaRta:584	OtaNta:588	OtaQta:587	Otata:454	Otatata:586
1taRta:483	1taNta:517	1taQta:553	1tata:501	1tatata:575

3.6. 解析装置

解析ソフトは ATAMAP(キッセイコムテック社), OS は NEC 98対応の MS-DOS 6.1(機種は PC98-xv20・PC9821-Nr166)を使用した。

3.7. 解析方法

被験者の瞬目などによるアーチファクトが発生したため, 取り込みソフト EPLYZER を用いて RAW データ再加算を行なった。

次に, 解析ソフト ATAMAP の波形とトポグラフィーを摺り合わせ, ソフト搭載のマーキング機能で陰性波・陽性波で最も色濃くトポグラフィーが反応したところにカーソルを立てた。

3.8. データ処理方法

ピーク潜時(PL)⁸と, トポグラフィー上で読み取れる電圧の相対差をもとに情報処理を行い, 結果を求めた。なお, これ以外に一般論としては, ピーク間潜時(IPL)⁹が用いられるが, 本稿ではその代わりに N₁と P₂に特化した相加平均値を用いた。また, data 処理を行う際の基本的姿勢としては, 以下の3点を基調とした。

(1) N₁, P₂潜時の関係を重視

聴覚皮質における生理的反応として, 聴いていれば必ず出現すると言われる N₁, P₂をベアーとして観察することを重視し, その評価方法の一環として, N₁と P₂の相加平均値を取った。なお, 本課題では, 母音・子音の音種とプロソディー(ピッチの変化点, 音節境界)の一部が, このあたりで処理されている可能性が高い。

⁸ Peak Latency の略。

⁹ 各ピーク潜時間の時間長のこと。Internal Peak Latency の略。

(2) N₁, P₂, N₂, P₃の相対的な電圧差に注目

潜時と同じくらい重要な電圧に関して、N₁, P₂, N₂, P₃の相対的な電圧差に注目した解析を行った。中でも、N₂は注意を傾けると電圧が増大することが指摘されている¹⁰。すなわち、音種の違いを超えて認知されるピッチの変化点、母音と子音の境界などの「聴き分け」に対応する神経活動の一斑が反映されている可能性が高い¹¹。したがって、本課題の目的とする「モーラ」性の認知と最も高い相関を示すことが期待されるが、それ以外にも母語と非母語との違いの一斑を反映している可能性を含む。

なお、電圧の強弱差は、いわゆる「頭高型アクセント」と「平板型アクセント」をペアとして並べ、それぞれにおける電圧分布の優位性を目視によるトポグラフィーの濃淡分布で判断し、これを二項対立によって評価した。

(3) P₃の潜時と相対的な電圧差にも注目

予備実験で、日本語を母語としない被験者に P₃が比較的良く出ているところから、「モーラ性」を含む新奇性、および母語と非母語との違いの一斑を示す可能性などを視野に入れ、電圧・潜時の双方から比較検討した。

4. 結果

以下に、日本語、中国語、韓国語の順に、N₁, P₂ピーク潜時・同、相加平均値・N₁, P₂, N₂, P₃の相対電圧(二項対立による評価)を示す(表4-1~4-6, および図4-1~6)。

¹⁰ 事象関連電位(ERP)のうち、N₂成分波は城生(1998:57)にあるように、脳神経科学における先行研究によって、「attention と高い相関があり、特に注意が傾けられると振幅が増大化する」ことが指摘されている。したがって、ここでの実験課題に照らすと、(1)音節数、(2)母語と非母語の差、などを見るのに有効な ERP 成分であることが窺知される。

¹¹ ここで言う「聴き分け」とは、FM 成分波および AM 成分波に対する聴覚情報処理系の認知反応を意味する。すなわち、「全か無かの法則」に照らして、ある一定の閾値をこえてピッチおよび音圧変動が生じた場合に生じる聴覚系におけるリアクションを指しており、言語学で言うところの「音韻的対立」とは次元が異なる点に留意されたい。つまり、ピッチ変動といわゆる「モーラ性」とは、必ずしも截然とは分離できないことを含意する。なお、城生(1997:258ff)も参照のこと。

表4-1 日本語 HI (単位 ms.以下全て同じ)

HI

	N ₁	P ₂	相加平均	N ₁	P ₂	N ₂	P ₃
0TAATA	124	184	154	+	+	+	-
1TAATA	124	188	156	-	-	-	+
0TANTA	130	192	161	-	-	+	+
1TANTA	122	192	155	+	+	-	-
0TAQTA	124	192	158	+	+	+	+
1TAQTA	128	188	158	-	-	-	-
0TATA	132	188	160	+	-	+	+
1TATA	124	184	154	-	+	-	-
0TATATA	138	226	182	-	-	-	-
1TATATA	154	226	190	+	+	+	+

表4-2 日本語 NY

NY

	N ₁	P ₂	相加平均	N ₁	P ₂	N ₂	P ₃
0TAATA	120	198	159	+	+	+	+
1TAATA	116	186	151	-	-	-	-
0TANTA	108	184	146	-	+	+	+
1TANTA	120	194	157	+	-	-	-
0TAQTA	124	192	158	-	-	+	-
1TAQTA	120	192	156	+	+	-	+
0TATA	112	210	161	-	-	+	+
1TATA	114	188	151	+	+	-	-
0TATATA	124	210	167	+	-	-	+
1TATATA	120	212	166	-	+	+	-

表4-3 中国語 KF

KF

	N ₁	P ₂	相加平均	N ₁	P ₂	N ₂	P ₃
0TAATA	124	200	162	+	+	-	-
1TAATA	136	216	176	-	-	+	+
0TANTA	106	200	153	+	+	-	-
1TANTA	120	202	161	-	-	+	+
0TAQTA	124	200	162	-	+	-	-
1TAQTA	128	216	172	+	-	+	+
0TATA	136	204	170	-	-	-	-
1TATA	122	200	161	+	+	+	+
0TATATA	130	200	165	-	-	-	+
1TATATA	160	232	196	+	+	+	-

表4-4 中国語 LZ

LZ

	N ₁	P ₂	相加平均	N ₁	P ₂	N ₂	P ₃
0TAATA	132	194	163	+	-	-	-
1TAATA	154	220	187	-	+	+	+
0TANTA	136	212	174	+	-	-	-
1TANTA	128	234	181	-	+	+	+
0TAQTA	130	212	171	+	-	+	+
1TAQTA	160	220	190	-	+	-	-
0TATA	140	208	174	+	-	-	-
1TATA	116	186	151	-	+	+	+
0TATATA	144	216	180	-	-	-	-
1TATATA	172	228	200	+	+	+	+

表4-5 韓国語 CY

CY

	N ₁	P ₂	相加平均	N ₁	P ₂	N ₂	P ₃
0TAATA	114	180	147	+	-	-	-
1TAATA	112	194	153	-	+	+	+
0TANTA	112	194	153	+	+	-	-
1TANTA	114	186	150	-	-	+	+
0TAQTA	120	186	153	-	+	+	+
1TAQTA	128	202	165	+	-	-	-
0TATA	128	192	160	-	+	+	+
1TATA	114	188	151	+	-	-	-
0TATATA	132	196	164	-	+	-	-
1TATATA	130	204	167	+	-	+	+

表4-6 韓国語 LJ

LJ

	N ₁	P ₂	相加平均	N ₁	P ₂	N ₂	P ₃
0TAATA	130	188	159	+	+	+	+
1TAATA	122	192	157	-	-	-	-
0TANTA	122	188	155	-	-	-	+
1TANTA	122	184	153	+	+	+	-
0TAQTA	128	196	162	-	-	-	+
1TAQTA	128	196	162	+	+	+	-
0TATA	128	202	165	-	-	-	-
1TATA	124	192	158	+	+	+	+
0TATATA	138	234	186	-	-	-	-
1TATATA	154	216	185	+	+	+	+

次に、統計ソフトを用いて、「多項式曲線(1次多項式)へのあてはめ」による時系列プロット図によって、N₁とP₂の相加平均値を示す(図4-1~6)。

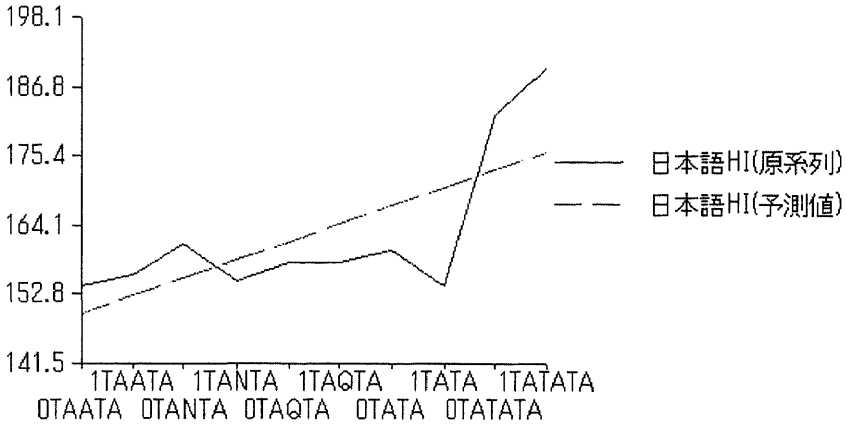


図4-1 日本語 HI

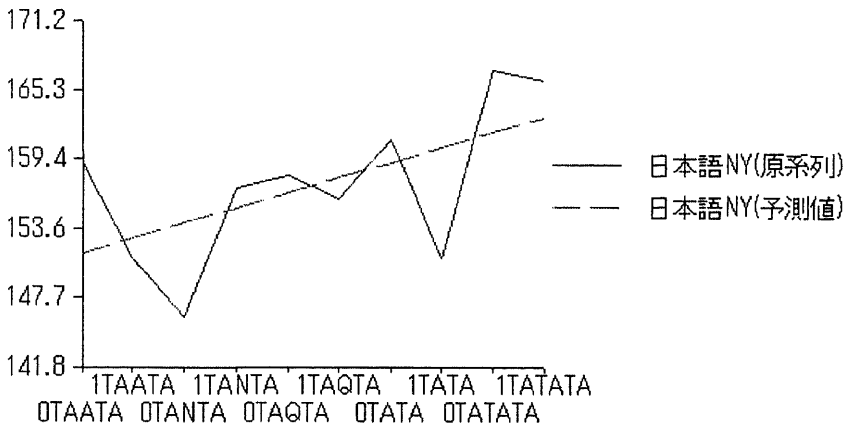


図4-2 日本語 NY

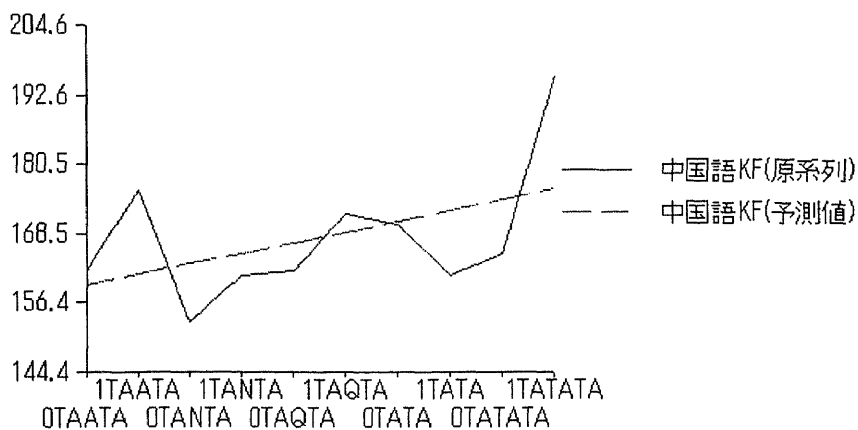


図4-3 中国語 KF

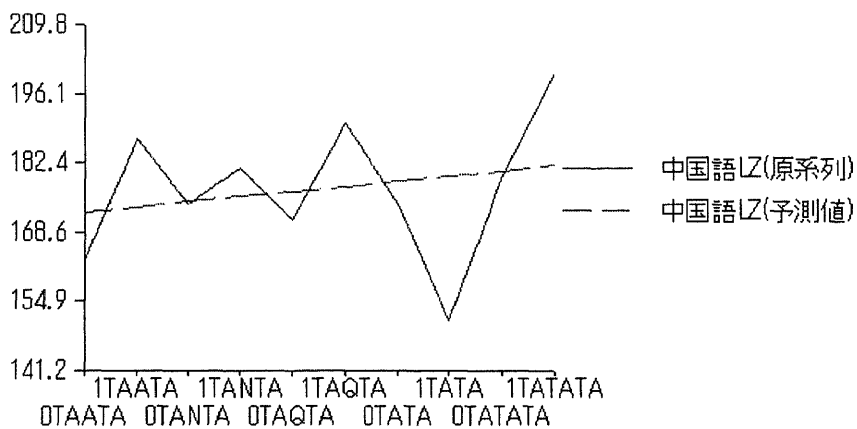


図4-4 中国語 LZ

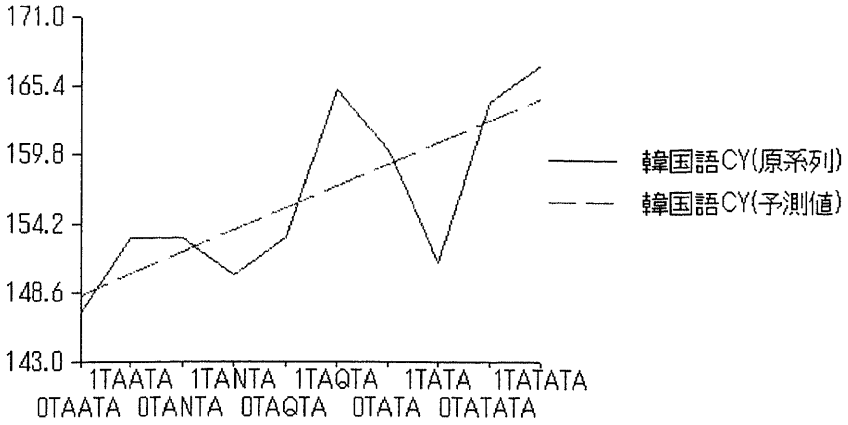


図4-5 韓国語 CY

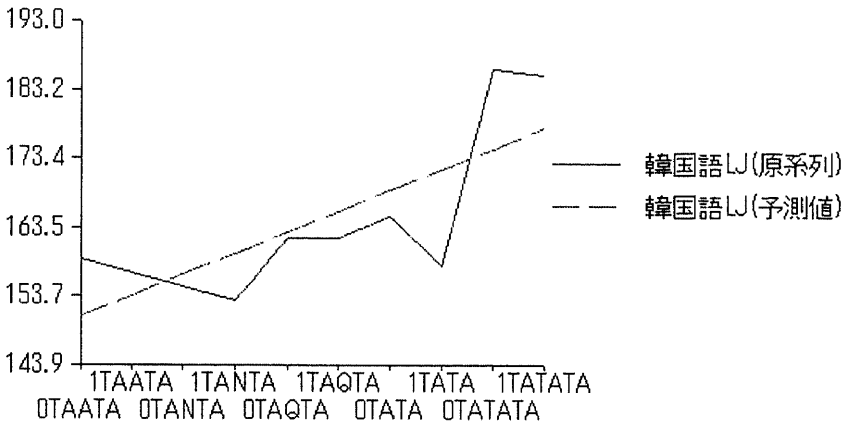


図4-6 韓国語 LJ

5. 所見

以上の実験結果に基づき、次の所見を述べておく。

5.1. 日本語

(1)表4-1, 2における N_1 , P_2 の相加平均値から、3音節の「TATATA」とそれ以外との間には、明瞭な差異が確認された。特に、この点は図4-1~2に顕著に現れており、時系列プロット図において3音節のみが極端に右上がりになっている。また、トポグラフィーに依拠した情報処理に基づく N_2 に着目すると、安定して平板型(OTATATA)が[+]で評価されるのに対し、頭高型(1TATATA)は[-]で評価されているが、3音節の「TATATA」のみにこの関係の逆転が見られる。

以上のピーク潜時および電圧分布から、結論として N_1 , P_2 レベルでは、3音節のみに他とは異なる脳神経レベルにおける activityが見出されたことが示唆される。なお、韓国語母語話者、中国語母語話者の N_2 には、日本語とは異なるパターンが見られたが、それに関しては後述する。

(2) IP_3 は、総じてきわめて電圧が低いという特徴が見られた。そこで、上に述べた(1)の特徴と合わせて、このことは日本語母語話者が、習熟度も高く日常的な言語音である日本語刺激音に対して、特段の違和感や新奇性を認知しなかった結果であることが示唆される。

5.2. 中国語

(1)図4-3~4によって、日本語ほど顕著な右上がりとはなっていないが、相対的に3音節のみがピーク潜時の点で、他とは異なる特徴を示している。また、 P_2 に注目すると、「TATA」を除き平板型よりも頭高型のほうが相対的にピーク潜時が遅れているところから、これが「頭高型アクセント」と「平板型アクセント」との聴き分けを反映している可能性が示唆される。このあたりに、高さアクセントを持つ中国語母語話者ならではの特徴の一斑が反映されているのではないかと考える。

次に、 N_1 - P_3 の電圧分布を見るとLZ氏における N_1 , KF氏における P_3 に、5.1の日本語で指摘したのと同様、3音節「TATATA」のみに[+][-]の関係が他とは逆転するという現象が析出された¹²。したがって、これらの点を根拠として中国語母語話者にとっても、3音節に他とは異なる脳神経レベルに

おける activity が見られることが示唆される。

(2)N₂の電圧は、日本語と比べると高い。ただし、韓国語との間に顕著な差はなかった。さらに、P₃も韓国語と同様、比較的高電圧で記録されていた。

以上の点から、中国語母語話者においても、①3音節とそれ以外は明瞭に区別されていること、②しかも、高さの差異という情報に関しては安定した情報処理を行っていること、の2点が窺知されるので、いわゆる「モーラ」の分析に際しては、中国語母語話者は母音・子音よりも、ピッチの変化点を重視してこれを行っている蓋然性が示唆される。

5.3. 韓国語

(1)図4-5, 6によって、日本語とほぼ同等に時系列プロットにおいて右上がりの傾きが顕著である。したがって、3音節を他とは異なる音として捉えていることが示唆される。しかしながら、表4-5~6で明らかなように、アクセントの型の違いに一貫して対応するような相対的電圧差は、見出されなかった。

したがって、韓国語母語話者には3音節に特化した潜時における結果は見られるものの、日本語の「頭高型アクセント」と「平板型アクセント」との聴き分けは、必ずしも十分には行われていなかったことが示唆される。つまり、一般論として「モーラ性」という現象を音声学的には、①母音と子音の変化点、②プロソディーにおける変化点、の2面性を併せ持つものと見ることが出来るが、韓国語母語話者は日本語母語話者とはかなり異なる方略で、—— 具体的には、前述の②を欠損して①のみに依存した方法で—— 認知している蓋然性が示唆される。

(2)N₂に関しては、総じて日本語母語話者に比べて電圧が高い。また、P₃も日本語母語話者に比べて総じて高電圧になっている。したがって、この2点の攪り合わせによって、入力音声に対する違和感がこのような形として具現化したことが示唆される。

¹² ちなみに、個体差がある以上、LZ氏とKF氏がまったく同じ方略によって外国語である日本の言語音を認知する必然性はないので、ここに見られるような結果があったとしても、特段理不尽なことではない。

6. 結語

以上の所見をまとめると、日本語における「モーラ性」は、中国語母語話者および韓国語母語話者それぞれによって、互いに異なる方略で聴覚情報処理がなされている蓋然性のあることが示唆された。つまりは、異なる母語話者間における音声情報処理は、決して一様ではないことが明らかにされたということである。別言すれば、本稿における指摘は、とかく一般性の高い原理にしか眼を向けていない、演繹的方法に依拠する仮説検証型の言語研究にとっては、目新しいものであろう。

次に、聴覚情報処理系におけるピッチの激変点というパラメータの重要性に鑑みて、言語学(音韻論)に対しては、ピッチを切り離れたモーラ論は単に議論を扱いやすくするための便法でしかなく、真理解明への寄与貢献からは却って遠ざかる結果を招きかねないという点での警鐘を鳴らしておく¹³。

また、日本語教育にこの結果を援用するならば、「音節かモーラか？」という問いかけに対しては、あえてピッチと分節音を分離する「モーラ」を押し付けず、両者の関係を「渾然一体をなす総体として認知把握すること」を可能ならしめる、より一般性の高い単位としての「音節」を採択するほうが理にかなっているということが示唆されたことになる。

【文献】

- 岩田誠(1996)『脳とことば』, 共立出版
 城生佰太郎(1997)『実験音声学研究』(平成9年度科学研究費補助金による助成出版), 勉誠社
 ——(1998)『日本語音声科学』, サン・エデュケーショナル
 ——(2005)『日本音声学研究——実験音声学方法論考——』(平成16年度科学研究費補助金による助成出版), 勉誠出版。
 林・寛(1989)「音素・音節検出実験に基づく音声知覚の基本単位の検討」『日本音響学会講演論文集』3-2-1:355-356。
 丸島歩(2006)「モーラ課題に関する基礎実験」『言語学論叢』第25号, pp. 41-58. 筑波大学一般・応用言語学研究室

¹³ 筆者は、モーラ論には文字としての「カナ」がその根底にあり、これが音声そのものの観察にとっては大きな障壁となっていると考えている。なお、文字と認知との関係を論じた先行研究に岩田誠(1996)がある。