

事象関連電位(ERP)を用いた 音節、モーラの認知に関する考察*

桐越 舞[†]・福盛 貴弘^{††}

キーワード：音節、モーラ、事象関連電位、電圧

1 序

音節に対して、音韻論的音節については個別言語の中でそれぞれある程度の説明ができてきているものの、音声学的音節については今なお音声学的根拠が明らかではない。音声学的音節をめぐる代表的な説としては、以下の5説がある。

- (1)イエスペルセンによるソノリティ説(Jespersen 1913²)：聞こえのオーダーによって言語音を8段階に分類し、その聴覚的な評価尺度に基づいて音声学的音節を画定しようとする説。
- (2)ソシュールによる声道の開き(aperture)説(Saussure 1916,1968)：調音時の声道の開きを7段階に分類し、さらに音節は外破音で始まって内破音で終わるとし、内破音から外破音に移るところを音節境界とする説。
- (3)グラモンによる漸弱・漸強音説(Grammont 1933,1965⁸)：カイモグラフによる喉頭曲線から、喉頭緊張の増大が見られるものを漸強音、喉頭緊

*本稿は、平成20年度科学研究費補助金(課題番号：20652028)の交付を受けて行われた、「誘発脳波を用いた音節境界の画定に関する実験音声学的研究」(代表者:城生佰太郎)における研究成果の一部を公にしたものである。

[†]筑波大学大学院人文社会科学部研究科一貫制博士課程

^{††}大東文化大学外国語学部

張の減衰がみられるものを漸弱音とし、漸弱音から漸強音に移るところを音節境界とする説。

(4)ステツツオンによる胸搏(chest pulse)説(Stetson 1951²):呼吸運動における肋間筋の働きに注目して、内肋間筋によって開始された呼息運動が、外肋間筋によって吸息運動に転じるまでの 1 周期を音節境界とみなす説。

(5)マルンベリによるわたり音説(Malmberg 1955):サウンドスペクトログラム上での過渡的中間音の特徴を類型化して音声学的音節を画定しようとする説。

(2)~(5)は、調音音声学、生理音声学、音響音声学に基づいた方法でアプローチしたものであるが、いずれも問題を抱えており、今なお音声学的音節の音声学的根拠は不明のままである。また、(1)については、聴覚音声学による考え方で音節画定が試みられているが、主観的な方法にとどまっていたところに問題が残る。

このような中、城生(1997)では、モーラの認知に関して、また、同(2007)では、音声学的音節に関して、音節とモーラそれぞれの情報処理過程を明らかにすべく聴覚音声学の立場から事象関連電位を用いた脳波実験を行っているが、N1、P2 の潜時のピーク・パタンや N2 のトポグラフィの濃淡差からのアプローチが中心であった。そこで今回は、音声情報処理について比較的単純な物理量の変化に対応していると仮定できる N1-P2 成分の電圧の数値で音節、モーラの聴覚情報処理に関連する特徴が得られるのではないだろうかという仮説をたて、それについて考察していく。

2 目的

現代日本語における無意味語、2 モーラ 2 音節語、3 モーラ 3 音節語、3 モーラ 2 音節語を聴覚刺激とした脳波実験を行い、それぞれの ERP 成分の特徴を探る。その上で、3 モーラ 2 音節語がモーラと音節のどちらによって聴覚情報処理が行われていると示唆されうるのかを検討する。

3 方法

3.1 被験者

本実験では大東文化大学の大学生 6 名(男性 1 名、女性 5 名)に被験者としてご協力いただき、5 名のデータを有効なものとして解析対象とした。解析を行った被験者の概要は以下のとおりである(氏名はイニシャル、敬称略)。

氏名	言語形成地 ¹	性別	年齢	利き手
KY	埼玉県	女性	21 歳	右利き
KM	埼玉県	女性	20 歳	右利き
OY	群馬県	女性	21 歳	右利き
IK	神奈川県	女性	20 歳	右利き
HY	埼玉県	女性	21 歳	右利き

3.2 実験器材

本実験は筑波大学人文社会学系棟 B613 音声実験室に設置されている器材を使用して行った。実験における器材の配置図および説明は以下のとおりである。

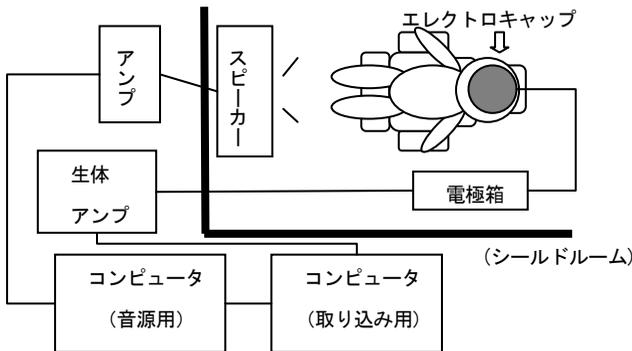


図 1：本実験における装置配置図

¹ 言語形成期(5~13 歳頃)を過ごした場所を指す。

増幅器(生体アンプ): NEC 社製 BIOTOP 6R12 型生体アンプを、低域遮断フィルタ 0.5Hz、高域遮断フィルタ 60Hz、感度 50 μ V/fs に設定した。

加算器(取り込み用ソフト): キッセイコムテック社製 EPLYZER II。上記の生体アンプからコンピュータに搭載した CONTEC 社製 AD12-16U(PCI)E 型 A/D 変換ボードを介して取り込みを行った。標準化 500Hz、プレトリガ -100msec.、取り込み時間-100~3000msec.、加算回数は各 40 回に設定した。

電極の配置: 国際 10-20 法²に基づく配置に従った F3、F4、C3、C4、P3、P4、O1、O2、F7、F8、T5、T6、Fz、Cz の 14 チャンネルを選択した(図 2)。電極の装着には Electro-Cap International 社製エレクトロキャップ EI-L を使用し、同エレクトロキャップ³を被せた上で同社製の electro-gel を注入した。

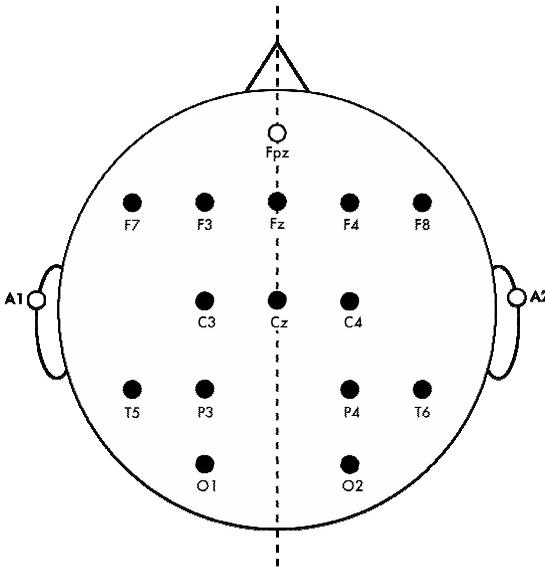


図 2: 本実験における電極配置図

²モンリオール大学の Jasper 氏によって提唱され、国際脳波学会が標準方式として推奨している電極配置法。鼻根~後頭結節と左右両耳介前点(あるいは外耳孔)間を 10%および 20%で分割した位置に電極を装着するというもの(Jasper 1958)。

³電極を頭皮上の正しい位置に固定できるよう、あらかじめ定位置に電極が取り付けられた伸縮性のある帽子。

基準電極：耳朶、両側耳朶法。

ボディアース：Fpz。

トリガ：矩形波によるデジタルトリガ。刺激発生用コンピュータから直接収録用のコンピュータに送られた。

刺激発生装置（実験用ソフトウェア）：Cedrus 社製 SuperLab Pro ver.2.0.4 を Dell 社製 PC 上にて実行。同コンピュータのヘッドフォンジャックから Technics 社製 Stereo Flat Preamplifier 70A 型プリアンプ、同社製 Stereo Power Amplifier 60A 型パワーアンプを介して、同社製 2-way Speaker System SB6000 型スピーカーに接続し、刺激音を発生させた。なお、再生音圧の設定は、被験者の耳元位置で 65dBSL⁴とした（騒音計はリオン社製・型式 NL-14 を使用）。

3.3 刺激音

本実験では、現代日本語における無意味語/papa, papapa, paRpa, paNpa, paQpa/を刺激音とし、アクセントは頭高型で統一したものを使用した(以下、音素をあらわす記号“/”は省略する)。いずれも日本語母語話者の男性(JH氏、東京方言話者)による自然発話を、デジタル・レコーダー(Marantz 社製 PM660)を用いてサンプリングレート 44100Hz・量子化 16bit・モノラルで録音した。

刺激音の時間長および各音節の開始時間(子音の破裂の瞬間を指す)は以下の表 1-1 のとおりである。また、杉スピーチアナライザを用いて計測した刺激音の基本周波数曲線と、その始点、頂点(変化点)、終点の数値、および時間長を図 3-1~3-5 に示す。なお、図 3-1~3-5 に示した時間長は、同器材を用いて表示された部分の基本周波数曲線のみを計測したものである。

⁴デシベル表示には SPL(sound pressure level)と SL(sensation level)の 2 種類がある。成人男性の聞き取ることのできる最も小さい音と言われている 0.00002Pa を 0Hz として、物理的に規定した SPL に対し、SL はヒトの感覚を基準としたレベルで、被験者の最小可聴域をもとにして(城生 2005:458、中村 2001:34)。

表 1 : 刺激音の時間長(msec.)

全体の時間長	283		407			
刺激音	pa	pa	pa	pa	pa	
各音節の開始時間	0	166	0	142	310	
全体の時間長	369		365		425	
刺激音	paR	pa	paN	pa	paQ	pa
各音節の開始時間	0	285	0	274	0	315

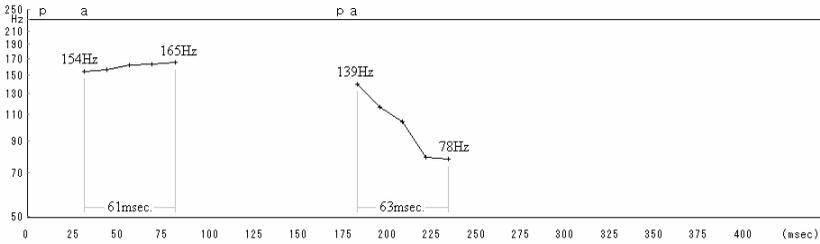


図 3-1 : 基本周波数曲線(papa)

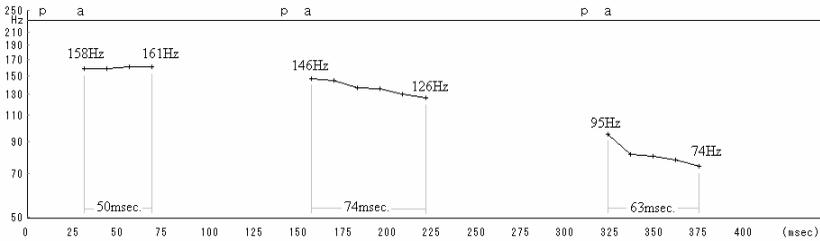


図 3-2 : 基本周波数曲線(papapa)

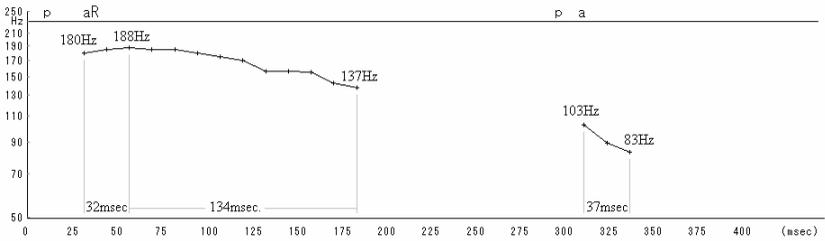


図 3-3：基本周波数曲線(paRpa)

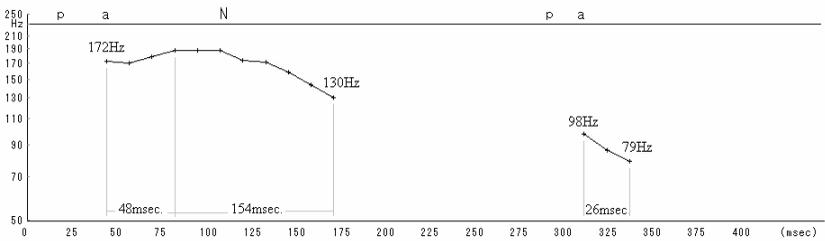


図 3-4：基本周波数曲線(paNpa)

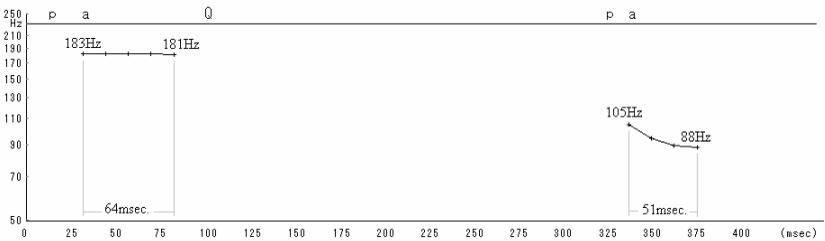


図 3-5：基本周波数曲線(paQpa)

3.4 実験手順

まず被験者に音声実験室に設置されたシールドルーム内の安楽椅子に着席してもらい、エレクトロキャップを装着した。エレクトロ・ゲルを電極部に注入してから電極の状態を確認し、被験者に「これからスピーカーから音声が出てくるので、音のかたまりを意識しながら聞いてください」と指示をした。また、実験中は半眼かつ口を半開きにして、体を動かさずにリラックスした状態を保つように伝えた。その後、シールドルーム

内の照明を消し、同内の窓のカーテンを 10cm 程度開けた状態で実験を開始し、被験者の前方に配置したスピーカーから刺激音を流した。なお、刺激音はフリーフィールド⁵の状態でも聴取してもらった。刺激音の聴取によって導出された波形は、エレクトロキャップ→生体アンプ→コンピュータの経路で取り込み、記録した。

実験は計 5 回試行した。前述の状態を指示した被験者に対し、papa→papapa→paRpa→paNpa→paQpa の順で同一刺激を 3000msec.の間隔で 40 回提示し、1 試行とした。その際、波形収録時間はトリガから 2000msec.に設定して収録した。各試行の間には被験者の状態の確認や休憩などの目的で小休止をはさんだ。

3.5 解析方法

刺激開始後 50msec.以降に出現する長潜時成分の中で、P1-N1-P2 成分は情報処理過程で刺激探知に相当する(丹羽他 1997: 51-53)。N1 については、城生(1997)ではアクセントの弁別、福盛(2002)や高・福盛(2003)においては分節音の弁別に対応していることが示されている。これらの実験結果から、長潜時成分における P1-N1-P2 成分の刺激探知とは、音声情報処理については比較的単純な物理量の変化に対応していると仮定できる。

今回の実験で用いた刺激音において、N1 と P2 が出現する 100~200msec. 近傍にあたる持続時間長で、種々の変化点が観察できる。まず、アクセントにおける下がり目があらわれるのはこの範囲内である。図 3 に刺激音の基本周波数曲線を示し、全てを一括したものを図 4 に示す。図 4 から分かるように、特殊拍を含む paRpa、paNpa、paQpa の基本周波数曲線は papapa と類似しており、papa とは明らかに異なる。こういった点から、基本周波数の変化に基づいて音節あるいはモーラ境界の聴覚情報処理をしているのであれば、paRpa、paNpa、paQpa の 3 つの刺激音では papapa と類似した ERP パターンが出現すると仮定できる。一方で、持続時間長について検討してみると、軽音節のみで構成される papa と papapa では 2 回目の pa は約 130~170msec. で出現する(表 1)。それに対し、paRpa、paNpa、paQpa の 2 回目

⁵ヘッドフォンを用いず、スピーカから流れる音声を両耳で聴取すること。

の pa は papapa の 3 回目の pa と開始時間がおよそ一致している。よって、全体のゲシタルトから境界の聴覚情報処理をしているのであれば、3 モーラの papapa と類似した ERP パタンが出現すると仮定できる。しかし、100～200msec.近傍で全体のゲシタルトでなく時間軸に従って、paR、paN、paQ を 1 音節として捉えるか、2 モーラとして捉えるかの処理をしているのであれば、N1 および P2 のあたりで何らかの ERP パタンの差異が抽出されるはずである。

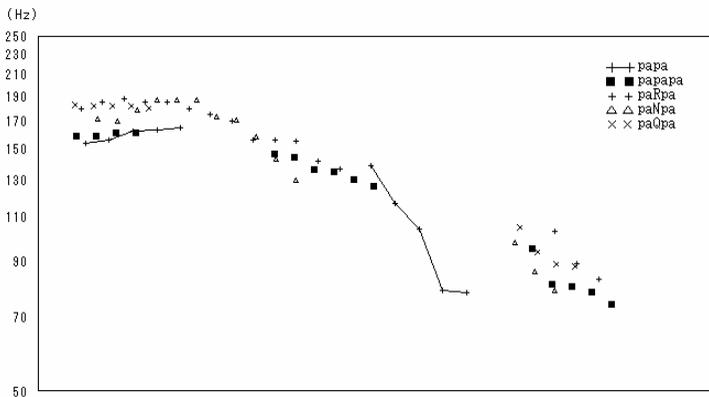


図 4：刺激音の基本周波数曲線

そこで、本実験では、刺激探知に相当する P1-N1-P2 成分の中で電圧が相対的に大きくあらわれる N1-P2 成分に注目し、音節あるいはモーラの境界処理が関与することによってこの成分の電圧に影響を及ぼしているという仮説をたて、それに基づき解析処理を行うことにする。

再加算編集および解析にはキッセイコムテック社製ソフトウェア EPLYZER II を用いた。波形目視によって 0～400msec.前後までの間において優位にみられる成分波 N1、P2、N2 のピーク潜時を測定した⁶。また、先述の仮定に基づき、N1、P2 成分についてピーク潜時を含む波形の線と基

⁶各ピークには極性ごとに早いものから順に番号を振り、陽性波では P1、P2、P3、陰性波では N1、N2、N3 という形で示してある。なお、P1 は電圧が小さく、被験者によって捉えにくいので、今回は除外した。

線とで囲まれた部分における電圧の総量(面積)を測定し、刺激ごとの対応関係の検討を行った。電極部位については、他の部位と比べて優位な反応が出ていると判断した F3、F4、C3、C4、P3、P4 を測定した。なお、筋電・瞬目などのアーチファクトについては波形目視の段階で除去を行った。

4 実験結果

4.1 ピーク潜時・ピーク電圧の結果

有効であった 5 名のデータについて、結果は以下のとおりである。優位な反応が見られた F3・F4・C3・C4・P3・P4 の計測値のみを表 2-1～2-5 に示す。また、波形の一例を図 3 に示す。

表 2-1：被験者 KY のピーク潜時・ピーク電圧

		成分	潜時 (msec.)	電圧(μ V)					
				F3	F4	C3	C4	P3	P4
KY	papa	N1	124	3.91	2.13	6.05	2.25	3.92	2.49
		P2	182	-5.42	-4.76	-10.89	-8.52	-8.32	-6.93
	papapa	N1	112	2.95	3.77	5.14	6.34	2.95	3.19
		P2	174	-3.44	-2.53	-5.37	-4.18	-4.11	-3.50
	paRpa	N1	118	6.66	6.81	7.54	5.56	4.20	3.66
		P2	162	-4.70	-4.60	-6.96	-7.57	-5.16	-5.01
	paNpa	N1	110	5.39	5.14	8.48	6.79	5.87	5.37
		P2	194	-5.22	-4.32	-3.61	-4.62	-1.91	-1.73
	paQpa	N1	136	3.45	3.18	3.54	3.90	3.14	2.51
		P2	180	-7.94	-7.15	-10.66	-9.07	-8.79	-9.96

表 2-2：被験者 KM のピーク潜時・ピーク電圧

		成分	潜時 (msec.)	電圧(μ V)					
				F3	F4	C3	C4	P3	P4
KM	papa	N1	108	5.84	4.38	7.75	7.57	5.18	5.85
		P2	192	-7.31	-8.46	-9.27	-10.09	-8.07	-7.95
	papapa	N1	108	4.75	4.36	6.37	6.69	4.82	5.44
		P2	200	-5.42	-6.08	-7.30	-6.86	-5.77	-4.74
	paRpa	N1	116	4.45	3.32	6.00	6.48	5.15	5.18
		P2	204	-5.00	-5.27	-6.46	-5.60	-5.18	-4.92
	paNpa	N1	120	4.69	4.44	4.83	5.80	3.87	5.19
		P2	200	-4.59	-4.35	-6.66	-6.69	-5.28	-4.83
	paQpa	N1	114	7.03	5.57	8.70	8.24	6.78	6.66
		P2	194	-5.59	-6.28	-6.30	-6.70	-4.81	-4.71

表 2-3：被験者 OY のピーク潜時・ピーク電圧

		成分	潜時 (msec.)	電圧(μV)					
				F3	F4	C3	C4	P3	P4
OY	papa	N1	128	10.20	10.92	10.02	11.73	7.15	7.78
		P2	194	0.07	-1.82	-2.44	-3.26	-1.62	-2.05
	papapa	N1	122	7.94	8.76	8.74	8.96	5.14	4.28
		P2	210	2.19	-0.52	-1.82	-0.52	-6.53	-4.87
	paRpa	N1	114	7.79	9.08	8.98	9.94	3.93	4.94
		P2	192	-2.53	-3.80	-3.50	-5.34	-3.27	-3.10
	paNpa	N1	118	6.02	6.92	7.76	7.36	5.73	6.67
		P2	206	-0.62	-1.85	-1.99	-3.14	-0.89	-1.85
	paQpa	N1	124	9.86	10.86	10.85	10.47	6.30	6.65
		P2	210	1.90	0.85	-0.98	-1.27	-3.12	-3.53

表 2-4：被験者 IK のピーク潜時・ピーク電圧

		成分	潜時 (msec.)	電圧(μV)					
				F3	F4	C3	C4	P3	P4
IK	papa	N1	130	4.56	4.58	7.91	6.75	8.12	6.53
		P2	210	-4.35	-4.84	-8.68	-7.82	-9.39	-9.86
	papapa	N1	110	3.49	1.73	4.20	3.61	5.73	5.55
		P2	216	-4.79	-4.63	-7.18	-5.29	-5.86	-4.53
	paRpa	N1	118	2.93	1.89	5.22	4.98	7.22	5.40
		P2	206	-5.88	-6.51	-8.23	-7.35	-6.38	-6.11
	paNpa	N1	126	3.19	2.76	4.94	5.45	5.20	6.46
		P2	226	-2.56	-3.01	-3.10	-3.08	-5.28	-4.64
	paQpa	N1	116	2.81	2.75	5.11	4.75	5.47	6.25
		P2	192	-2.97	-4.28	-4.46	-5.48	-2.91	-2.57

表 2-5：被験者 HY のピーク潜時・ピーク電圧

		成分	潜時 (msec.)	電圧(μV)					
				F3	F4	C3	C4	P3	P4
HY	papa	N1	126	5.18	3.63	6.03	4.84	4.77	5.49
		P2	186	-4.73	-5.13	-6.33	-5.83	-2.34	-2.29
	papapa	N1	138	3.06	3.35	5.03	5.92	5.39	5.72
		P2	210	-1.46	-3.26	-2.73	-3.84	-3.06	-1.99
	paRpa	N1	130	3.68	7.61	6.43	8.12	5.68	6.14
		P2	184	-2.84	-1.33	-2.64	-1.08	-0.22	0.31
	paNpa	N1	138	5.06	2.94	4.44	4.01	2.66	2.24
		P2	182	-2.67	-3.2	-3.74	-2.7	-0.43	-1.07
	paQpa	N1	128	1.87	4.16	4.49	5.57	4.21	4.26
		P2	190	-5.35	-2.96	-5.82	-2.32	-3.38	-2.69

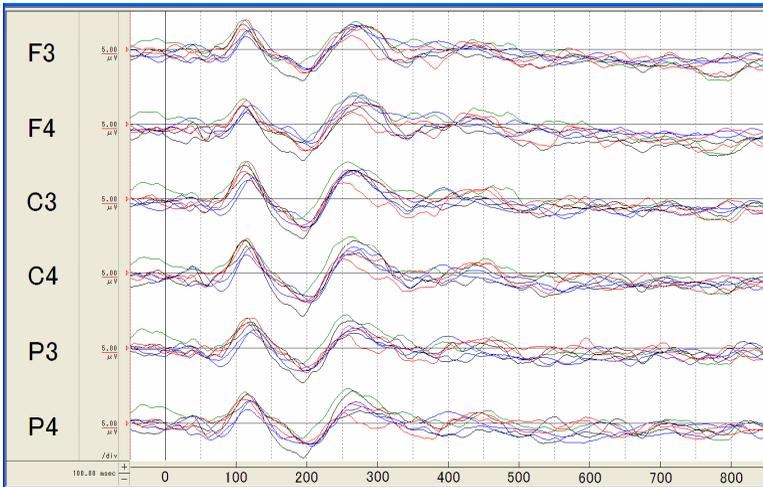


図 5 : 波形の一例

4.2 面積

有効であった 5 名のデータについて、結果は以下のとおりである。優位な反応が見られた F3・F4・C3・C4・P3・P4 を総合した N1、P2 の計測値のみを表 3 に示す。なお、N2 については、ピーク潜時を含む波形の線と基線が交わらないものが多くみられたため、分析対象から除外している。

表 3 : 各被験者の面積(μV)

		N1	P2			N1	P2
KY	papa	1019.61	1882.66	IK	papa	1796.67	2541.57
	papapa	1110.40	1274.57		papapa	1049.52	1834.56
	paRpa	1390.98	2073.17		paRpa	872.86	3273.60
	paNpa	1547.80	828.32		paNpa	894.00	1654.52
	paQpa	455.94	2397.75		paQpa	1278.22	1459.49
KM	papa	1262.39	2957.50	HY	papa	1590.71	1987.66
	papapa	1115.21	1721.82		papapa	1513.42	966.68
	paRpa	1042.43	1676.28		paRpa	2096.53	455.07
	paNpa	887.16	1895.35		paNpa	789.17	981.48
	paQpa	1476.66	1531.52		paQpa	904.50	1587.89
OY	papa	2904.89	413.63				
	papapa	2563.16	736.17				
	paRpa	2341.90	1221.92				
	paNpa	2554.30	341.96				
	paQpa	3256.54	389.64				

5 考察

本実験では、刺激探知に相当する P1-N1-P2 成分の中で電圧が相対的に大きくあらわれる N1-P2 成分に注目し、音節あるいはモーラの境界処理が関与することによってこの成分の電圧に影響を及ぼしているという仮説をたて、それに基づき考察を行うことにする。具体的には、papa と papapa の電圧差における差異を明らかにした上で、その特徴が paRpa、paNpa、paQpa においてどちらにより近いものになっているのかを検討する。

まず、papa と papapa の差異であるが、表 2-1~2-5 のピーク電圧を比べると papa の方が papapa に対して電圧値が大きい傾向がみてとれるが、すべての電極部位についていえることではなく、これをもって papa と papapa の明確な差異であるとは言い難い。そこで、ピーク電圧でなく面積につい

て検討してみるが(表 3)、papa と papapa、または N1、P2 の対応関係をみても、双方の差異を示す結果は得られない。しかし、N1、P2 の面積の和についてみると、被験者すべてにおいて $papa > papapa$ という対応関係が示されることがわかる(表 4)。これが音節あるいはモーラの境界処理に關与する特徴と仮定し、paRpa、paNpa、paQpa が音節とモーラのどちらに近い処理を行っているのかを検討する。

各被験者の papa と papapa における電圧総量を示す面積(N1+P2)の相加平均値を 0 とした場合、+なら papa、-なら papapa に近い聴覚情報処理を行っているとは判断する基準において、paRpa、paNpa、paQpa がそれぞれどちらに寄っているのかを線グラフにまとめたものを図 6-1 に、それを簡略化したものを図 6-2 に示す。パターン別にみると、KM、HY が paRpa、paNpa、paQpa のすべてを papapa に近い聴覚情報処理を行っており、KY、OY、IK は統一されておらずゆれがみられる。具体的には、後者 3 名は全員が paRpa において papa に近い聴覚情報処理を、paNpa において papapa に近い聴覚情報処理を行っており、paQpa についてはゆれがみられることが確認された。つまり、本実験の結果を見る限り、個人によってどちらで認知されているかが違うということがわかるが、それだけでなく、同一被験者において音節、モーラのどちらでも認知しているという可能性も示唆される。

一方で、以上の結果について、先にあげた「基本周波数の変化に基づいて音節あるいはモーラ境界の聴覚情報処理をしているのであれば、paRpa、paNpa、paQpa の 3 つの刺激音は papapa と類似した ERP パターンが出現する」という仮定をあてはめると、paRpa、paNpa、paQpa のすべてにおいて papapa に近い聴覚情報処理を行っていた KM と HY では説明がつくが、ゆれがみられた KY、OY、IK では矛盾が生じる。これは、基本周波数の変化のみに基づいて境界特定を行っているのではないということを示しているものと思われる。この点に関しては福盛(2001)においても、

高さおよび音圧の違い、すなわち周波数変調・振幅変調に対しては、P3 成分におけるピーク潜時の遅速差からある程度傾向を析出できそうな見通しが立つ…(中略)…高さの変化とモーラとの対応は、城生佰太郎(1997:246-282)で、モーラの識別に高さの変化が關与していること

が示唆されている。この所見に加える形で、この節での実験から、音圧の変化も音のまとまりの識別に関与している

という所見がなされている。加えて、音節あるいはモーラの境界処理が関与すると思われる成分も単一ではないとも予測される。福盛(2001)において、高さの変化に関する聴覚情報処理がされている成分を P3 におけるピーク潜時としていたが、本実験では、基本周波数の変化が観察される 100~200msec.近傍にあたる N1 と P2 に焦点をあてて分析を試みた。音節あるいはモーラ境界の特定に関わる要素は単一ではなく、また、P3 におけるピーク潜時や N1-P2 における電圧だけでなく、今回の分析ではわからないその他の(複数の)要因がからんでいると考えられる。

さらに、各試行後に「刺激音をいくつかのまとまりとしてとらえて聞いていたか」と各被験者にアンケートをとったところ、刺激探知の傾向とアウトプットが一致しない場合があった。図 7 にインプットからアウトプットまでの聴覚情報処理過程モデルを提示したが、今回考察したのは刺激探知に相当する N1-P2 成分であり、刺激探知からアウトプットされる間の高次機能において何らかの活動が起こった結果、インプットとアウトプットが同じ場合もあれば、違ったものになる場合もあるという状況になることが考えられる。これは高次機能の働きが影響を及ぼしていると考えられると同時に、いわゆる内省の不確定さを示したものともいえる。

表 4 : 各被験者の面積 N1+P2(μV)

	papa	papapa	paRpa	paNpa	paQpa
KY	2902.27	2384.97	3454.13	2376.13	2853.68
KM	4219.89	2837.01	2718.70	2782.51	3008.18
OY	3318.52	3299.34	3563.82	2896.24	3646.19
IK	4338.24	2884.06	4146.45	2548.52	2737.72
HY	3578.37	2480.09	2551.60	1770.64	2492.39

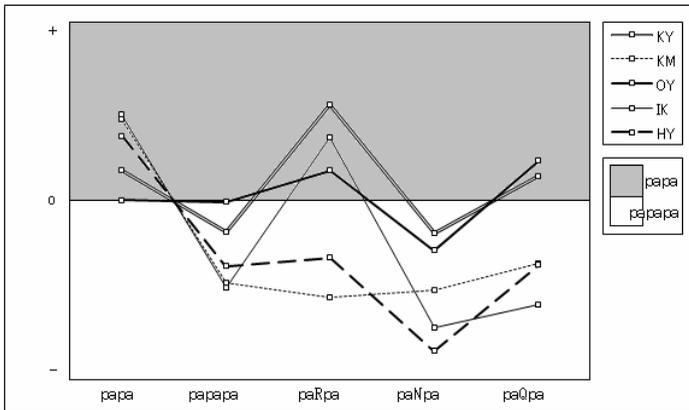


図 6-1 : 各被験者の面積 N1+P2(相対値)

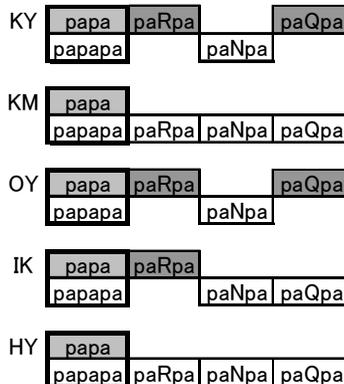


図 6-2 : 各被験者の面積 N1+P2 のパターン

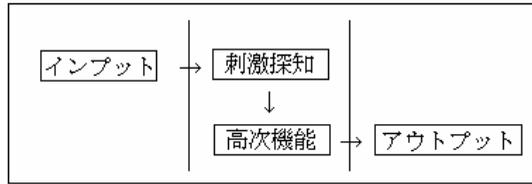


図 7: インプットからアウトプットまでの
聴覚情報処理過程モデル

6 結語

本実験では、刺激探知に相当する P1-N1-P2 成分の中で電圧が相対的に大きくあらわれる N1-P2 成分に注目し、音節あるいはモーラの境界処理が関与することによってこの成分の電圧に影響を及ぼしているという仮説をたて、それに基づき解析処理を行った。その結果、以下のことが示唆される。

- (1) N1、P2 の面積の和についてみると、被験者すべてにおいて $papa > papapa$ という対応関係が示された。
- (2) 3 モーラ 2 音節語 ($paRpa$ 、 $paNpa$ 、 $paQpa$) における聴覚情報処理は、 $papapa$ と類似した ERP パタンが出現する傾向にあったが、 $papa$ と類似したのみみられた。音節あるいはモーラの境界処理がどちらかに統一されているわけではなく、同一個人内でもゆれがある例が観察された。
- (3) 今回観察されたゆれは、基本周波数の変化のみに基づいて境界特定を行っているのではないということを示しているものと思われ、今回の分析ではわからないその他の(複数の)要因がからんでいると考えられる。
- (4) 刺激探知からアウトプットされる間の高次機能において何らかの活動が起こり、インプットとアウトプットが同一のものにならない場合があると仮定されるが、この高次機能について今回の分析では言及できない。

音節あるいはモーラ境界を特定する要素は、調音音声学、生理音声学、音響音声学に基づいた方法でアプローチされてきたが、音響特徴や弁別素

性だけでは根拠が不明であった。そこで聴覚音声学による実験音声学的方法を用いて基本周波数曲線の特徴から聴覚情報処理の要素を仮定し実験を行った。その結果、電圧の点からわずかではあったが境界確定に刺激開始後の 100~200msec. 近傍にみられる基本周波数曲線の変化が関係しているという可能性を示唆するにいたった。ただし、先に述べたように、境界確定の要素は決して基本周波数曲線のみではなく、音圧やその他複数の要素が絡み合っ生じるものであると思われる。今後も聴覚音声学の立場からのアプローチを重ねることで少しずつ要素を析出していくことで、音声学的音節の真相に近づいていけるのではないだろうか。

【参考文献】

- Firth, J. R. (1948) 'Sounds and prosodies'. *Transactions of the Philological Society* 47.1: 127-152.
- 福盛貴弘 (2001) 「モーラと実験音声学」 城生佰太郎編『コンピュータ音声学』おうふう
- 福盛貴弘 (2002) 「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』9 : 19-34.
- Grammont, M. (1933, 1965⁸) *Traité de Phonétique*. Paris: Delagrave.
- Jasper, H.H. (1958) 'The ten twenty electrode system of the international federation'. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 10: 371-375.
- Jespersen, J.O.H. (1904, 1913²): *Lehrbuch der Phonetik*. Leipzig: B.G. Teubner.
- 城生佰太郎 (1997) 『実験音声学研究』 勉誠社
- 城生佰太郎 (2005) 『日本音声学研究 一実験音声学研究方法論考一』 勉誠出版
- 城生佰太郎 (2007) 「モーラの正体再考:ERP を用いた実験音声学的研究」『文藝言語研究 言語篇』52 : 23-36.
- 高慧禎・福盛貴弘 (2003) 「脳波実験を用いた韓国語の閉鎖子音/pa, p'a, pha/ に関する一考察」『言語学論叢』22 : 19-38.
- Malmberg, B. (1955) 'The phonetic bases of syllable division'. *Studia Linguistica* 9: 80-87.

中村健太郎 (2001) 『音のしくみ』 ナツメ社

丹羽真一・鶴紀子 (1997) 『事象関連電位 事象関連電位と神経情報科学の
発展』 新興医学出版社

Saussure, F.de (1916, 1968) *Cours de linguistique générale*, Payot, Paris.

Stetson, R.H. (1928, 1951²) *Motor phonetics: A study of speech movements in
action*. Oberlin, Ohio: Oberlin College.

ERP experiment on the cognition of speech sounds:

Investigating nervous activity corresponding to syllable and mora

Mai KIRIKOSHI & Takahiro FUKUMORI

We conducted brain wave experiment on the cognition of Syllable and Mora.

In these experiments, Japanese subjects heard a set of Japanese natural speech sounds: /papa/, /papapa/, /paRpa/, /paNpa/, and /paQpa/. ERP (Event-Related Potentials) were recorded during the experiments, and were then analyzed.

The results were as follows:

- (1) When subjects listened to the phrases with /papa/ and /papapa/, the sum of the area of N1 and P2 for /papa/ tended to be larger than that for /papapa/.
- (2) When subjects listened to the phrases with /paRpa/, /paNpa/, and /paQpa/, ERP patterns tended to resemble those for /papapa/. However, some exceptional patterns were also found, which resembled those for /papa/. Causes for such exceptional patterns were not clear in this analysis.

Doctoral Program in Literature and Linguistics
University of Tsukuba
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8571, Japan
E-mail: mkiri6pp@yahoo.co.jp

Faculty of Foreign Languages
Daito Bunka University
1-9-1 Takashimadaira, Itabashi, Tokyo 175-8571, Japan
E-mail: ICG01649@nifty.com