受動的 CV 音節聴取と事象関連電位

——定位性陰性成分 (N2) の検討——

兵庫医科大学 稲 森 里 江 子¹

近畿大学 阿 部 博 香

兵庫医科大学 小 西 賢 三・沖 田 庸 嵩

The N2 component of event-related potentials to CV syllables in a task-free situation

Rieko Inamori (*Department of Science of Behavior, Faculty of Medicine, Hyogo College of Medicine, Nishinomiya, Hyogo 663*), Hiroka Abe (*Department of Otolaryngology, Kinki University School of Medicine, Minamikawachi-gun, Osaka 589*), Kenzo Konishi and Tsunetaka Okita (*Department of Science of Behavior, Faculty of Medicine, Hyogo College of Medicine, Nishinomiya, Hyogo 663*)

Event-related potentials (ERPs) were recorded while subjects simply listened to sequences of consonant-vowel (CV) syllables. Each sequence was presented in random order and consisted of two kinds of CV syllables—90% ('frequent') and 10% ('rare deviant'), respectively. The features separating these two syllables were varied in phoneme (consonant and/or vowel) or intensity in different runs. In all eight conditions, a fronto-centrally dominant, negative wave peaking around 200 ms (N2) was observed for the deviants. The shorter latency N2 was found for the separating features of vowels or intensities but not for consonants. The results were interpreted as showing that N2 reflects a covert orienting response to rare deviants and that its latency can serve as an index for identifying the separating feature. Observation of N2 in the task-free situation suggested that it might be a useful tool for assessing linguistic discriminability in a clinical setting.

Key words: auditory event-related potentials, N2 component, orienting response, consonant-vowel syllables, linguistic discriminability.

不意に刺激(変化)が生じると、生体には定位反応が現われる。実験的には、例えばある刺激(高頻度刺激)を反復呈示しつつ時おり不意に異なった刺激(低頻度逸脱刺激)を与える。こうした事態で頭皮上から事象関連電位(ERP)を記録すると、低頻度逸脱刺激に対して陰性波(N2)が観察される。この陰性波は不意の刺激変化に対する定位反応のERP表出とみなされている(Näätänen & Gaillard, 1983; Rohrbaugh, 1984)。

低頻度刺激のそれまで操作されてきた逸脱次元は、純音の高さや強度という非言語音の物理特性に関わるものであったが、Lawson & Gaillard (1981)はその範囲を言語音の音韻特徴にまで拡大し、定位性陰性波の性質を更に検討した。即ち彼らはある子音-母音(consonant-vowel: CV)音節を連続呈示中、不意にまれに他の音節を与えた事態での定位性N2の発現を調べ、さらに系

列毎に組み合わせる音節を変えていくつかの弁別難易度を設定し、音節間弁別度が定位性N2に与える影響を検討した。その結果、音節間の弁別が容易な程、換言すれば高頻度反復刺激に比べ低頻度刺激の逸脱度が大きい程、N2振幅は増大し潜時は短縮するというCV音節弁別性とこの定位性成分との対応性を報告した。

上記の結果は逸脱刺激検出という積極的課題遂行を要する事態で得られたが、定位反応は被験者の意図した注意方向に関係なく不意の刺激変化に対して受動的に生ずるという性質からすると、特にそうした課題遂行の必要性はないと思われる。従って本実験ではあえてCV音節をただ聴取するだけの受動的事態を設定し、定位性N2に関してLawson & Gaillard (1981)の報告と同様の結果を得るか検討した。また、CV音節弁別度に対応する定位性N2がこの種の受動的事態でも記録可能となれば、言語理解・応答面で何らかの制約のある言語機能障害者の音韻弁別能力を他覚的に検査しうる新しい方法として、将来有用となろう。現行の音節弁別検査は、検査者の教示の理解や検査への積極的参加を被験者に求

¹ 本研究を進めるにあたり、御協力頂きました兵庫医科大学行動学教室松永一郎教授、稲森義雄助手、同病院リハビリテーション部言語治療士田中春美氏に深く感謝いたします。

めており、こうした障害者には検査の実施そのものに困難をきたした。

そこで本実験では、受動的 CV 音節聴取事態を設け、下記の諸点を中心に定位性 N2 の発現様相を調べた。(1) 受動的傾聴条件下でも低頻度逸脱刺激に対して N2 が出現するか、(2) N2 波が出現した場合、Lawson & Gaillard (1981) と同様に、対比呈示した 2 種の CV 音節間の音韻特性差に応じた差異を波形上に認め得るか、(3) その N2 波は言語音の強度面でのみ逸脱する低頻度刺激に惹起された ERP と相違する点があるか。脳波は正中線上 3 部位および左右側頭上の計 5 箇所から記録し、CV 音節傾聴時の N2 波の頭皮上分布を求め上記項目を検討した。Lawson & Gaillard (1981) は中心部 (Cz) 導出 ERP のみの報告であり、その分布が定かでない。

方 法

被験者 聴力正常な成人 16 名 (男 7 名, 女 9 名)。年齢は 20—32 歳 (平均 22.7 歳) であった。

刺激 本実験では Lawson & Gaillard (1981) の方法に準じ、8 種類の CV 音節を 800 ms 一定 ISI でヘッドホンを介し両耳呈示した。音韻変化条件 (条件 1—7) で使用される各刺激系列は 2 種類の CV 音節から成り、一方は常に /ta/ (約 40 dB SL)、他方は /da/, /pa/, /ba/, /ga/, /ha/, /te/, /ge/ (すべて約 40 dB SL) のうちの 1 音節であった。これら 7 種の組み合わせのうち、条件 1—5 は子音部が変化 (子音部変化条件) し、条件 6 と 7 は共に母音部が変化 (母音部変化条件) した。強度変化条件 (条件 8) では、/ta/ に対する刺激として単に強度の異なる /TA/ (約 50 dB SL) を用いた。これら 8 種の系列は、いずれの音節を高頻度 ($p=.9$) 呈示するかにより、さらに 2 種の系列 (A, B) に分けられ、合計 16 種類となった。Fig. 1 に示したように A 系列では /ta/ 音節が高頻度刺激、それと対をなす音節が低頻度刺激、

これとは逆に B 系列では /ta/ 音節が低頻度刺激となった。1 系列中の総音節刺激数は 225 で、2 種の CV 音節配列は無作為であった。

使用した刺激音は女性による 8 種類の CV 音節で、5.6 KHz のローパスフィルタを通したのち 14 KHz のサンプリング周波数で A/D 変換し、一旦電算機に格納した。波形整形後、これらを D/A 変換し、5.6 KHz のローパスフィルタを通しステレオデッキの 1 チャンネルに、また別チャンネルには各刺激音の始点から 100 ms 先行するトリガーパルスを録音した。各刺激の持続時間は約 200 ms であった。

手続き 被験者は遮音箱内の安楽椅子に座り、1.5 m 前方の凝視点を眺め 2 種類の音節から成る 1 系列を聞くよう教示を受けた。彼らには刺激呈示中に特定の課題遂行を一切要求せず、各系列終了後、単に刺激を聞いていたことを確認するため呈示音節が何であったかを尋ねた。合計 32 系列 (2A/B 系列 $\times$ 8 音節対 $\times$ 2 回反復) から成る実験を 2 日間にわたり各被験者に実施した。8 種類の音節対の呈示順は被験者間でカウンターバランスした。1 実験系列の所要時間は約 3 分で系列間には約 2 分の休憩をはさみ、実験は延べ約 5 時間にわたった。

記録と分析 脳波は正中線上の 3 部位、前頭 (Fz)、中心 (Cz)、頭頂 (Pz) および左右側頭部 (W_L: C3 と T5 の中間点, W_R: C4 と T6 の中間点) の合計 5 箇所から両耳夾結合 (A₁+A₂) を基準電極として、銀塩化銀電極を用い単極誘導した。その脳波は生体現象増幅器 (フィルタ特性 0.08—30 Hz) で増幅後、データレコーダに収録した。同時にまばたき等によるアーチファクト混入を防ぐため、左眼窩上下から垂直眼球電図 (EOG) を監視した。ERP はすべての音節対に共通する /ta/ 音節に惹起された反応を加算処理して求め、超小型電算機で分析した。Fig. 1 に例示の通り、A 呈示系列の ta/da 音節対の場合、/ta/ は刺激総数の 90% すなわち約 200 回呈示されたが、このうち /da/ の直前にある約 20 刺激に対する ERP のみが加算処理の対象となった。一方、この音節対の B 呈示系列では、約 20 個の低頻度刺激 /ta/ 音節に惹起された ERP はすべて加算対象となった。実験では同じ刺激系列を 2 回反復したため、各波形は 40 回加算で算出された。分析期間は刺激生起前 100 ms から 678 ms 間、サンプル間隔は 6 ms であった。

各 ERP において刺激前 100 ms の平均電位を基線に、N1, P2, N2, P3 各成分の基線-頂点振幅および頂点潜時を測定した。N1 は刺激開始後 100—200 ms, P2 は 150—250 ms, N2 は 200—300 ms, P3 は 300—450 ms (ただし ta/TA 対の強度変化条件では N1 は刺激開始後 50—200 ms, N2 は 200—350 ms) の各潜時帯における最大陰性方向への振れまたは陽性方向への振れと定め、測定した。さらに低頻度刺激に対する ERP

Fig. 1. The two stimulus sequences (A, B) and the stimulus configuration for averaging. In the sequence A /ta/ is a frequent stimulus and it is a rare stimulus in the sequence B. The evoking stimulus is /ta/ for both sequences.

から高頻度刺激の ERP を減じた差波形の陰性頂点振幅およびその潜時を、刺激後 100—400 ms 間で測定した。また上記の全波形に関して、N1, N2, P3 各成分に対応する3つの潜時帯、150—200 ms, 200—250 ms, 300—400 ms での平均電位を算出した。

これらの全測定に対し、条件別（音韻変化条件と強度変化条件）および導出部位別（正中線上と左右側頭上）に、次の要領で分散分析を施行した。N1, P2 および各潜時帯の平均電位については3要因（呈示頻度×条件×部位）で、また N2, P3 差波形および差波形における平均電位は2要因（条件×部位）で分析を行った。N2 と P3 に関しては、低頻度刺激にのみ出現したため呈示頻度要因を除外して処理した。

結 果

Fig. 2 は反復呈示された CV 音節刺激の子音部（条件 1—5）または母音部（条件 6, 7）あるいはその強度（条件 8）が時おり変化する条件下で得られた被験者間総平均 ERP 波形である。これらすべての波形は物理的に同一な /ta/ 音節に惹起された反応にもかかわらず、高頻度呈示時（点線）と低頻度呈示時（実線）の ERP 間には、条件によって発現様相は異なるものの明らかな波形差が存在した。

Fig. 2. Grand average ERPs elicited by rare /ta/ (solid line) and frequent /ta/ (dotted line) for eight conditions at midline scalp sites.

正中線上 ERP

音韻変化条件（条件 1—7）高頻度呈示時の /ta/ に対する ERP は、すべての条件と導出部位に共通して、主要な聴覚誘発成分である N1（平均潜時 126 ms）と P2（平均潜時 203 ms）で主に構成されている。他方、子音部変化条件 1—5 における低頻度 /ta/ に惹起された ERP には、N1, P2 成分に加えて刺激後 237 ms に頂点をもち顕著な陰性電位（N2）およびそれに後続する頂点潜時 358 ms の陽性電位（P3）が発達している。母音部変化条件ではそうした N2 頂点がみられず、代わりに N1 頂点振幅の著しい増大とその下降脚の陰性方向への変位が認められる。分散分析の結果、N1 振幅に呈示頻度と条件の主効果が有意に出現し ($F_{(1,15)}=14.3$, $F_{(6,90)}=3.3$, いずれも $p<.01$)、呈示頻度と条件の交互作用も認められた ($F_{(6,90)}=4.1$, $p<.01$)。さらに呈示頻度別の分析で低頻度時の条件効果が有意 ($F_{(6,90)}=4.7$, $p<.01$) であったことから、母音部変化条件の低頻度 /ta/ に対する顕著な N1 振幅増大を確認した。また、子音部変化条件の低頻度 /ta/ に対する明瞭な N2 頂点の出現は、低頻度時にのみ認められた N2 振幅の条件効果が確認された ($F_{(6,90)}=7.4$, $p<.01$)。P2 に関しては、高頻度 /ta/ に比べて低頻度 /ta/ に対する P2 振幅の陰性変位を反映して、振幅の呈示頻度主効果が有意であった ($F_{(1,15)}=38.6$, $p<.01$)。ただし条件 4 では両頻度間の ERP 差が極端に僅少であった（呈示頻度×条

Fig. 3. The difference waves based on grand averages shown in Fig. 2 for the eight conditions at midline scalp sites.

Table 1
Mean peak amplitudes (and SE's) of N1, P2, N2 and P3 (in μV)
for the eight conditions

Condition		Scalp site				
		Fz	Cz	Pz	W _L	W _R
Frequent						
N1	1 ta/da	-3.1 (.5)	-2.9 (.4)	-2.5 (.4)	-2.7 (.4)	-2.2 (.3)
	2 ta/pa	-2.6 (.4)	-2.4 (.5)	-2.1 (.4)	-2.3 (.3)	-1.9 (.3)
	3 ta/ba	-3.4 (.5)	-3.5 (.5)	-3.0 (.4)	-2.3 (.3)	-2.1 (.3)
	4 ta/ga	-4.2 (.5)	-4.1 (.5)	-3.6 (.5)	-3.2 (.5)	-2.5 (.4)
	5 ta/ha	-1.7 (.6)	-2.1 (.5)	-2.2 (.5)	-2.4 (.4)	-1.7 (.4)
	6 ta/te	-2.7 (.6)	-3.0 (.5)	-2.8 (.4)	-2.6 (.3)	-1.9 (.3)
	7 ta/ge	-3.6 (.6)	-3.2 (.7)	-2.7 (.6)	-2.6 (.5)	-2.2 (.5)
	8 ta/TA	-3.6 (.5)	-4.2 (.6)	-3.6 (.5)	-2.8 (.3)	-2.3 (.5)
P2	1 ta/da	2.4 (.6)	3.0 (.7)	2.4 (.5)	1.4 (.5)	1.2 (.3)
	2 ta/pa	2.8 (.5)	3.0 (.4)	2.7 (.4)	1.9 (.3)	1.6 (.3)
	3 ta/ba	2.6 (.6)	2.8 (.5)	2.4 (.4)	1.8 (.3)	1.9 (.4)
	4 ta/ga	1.3 (.6)	2.0 (.5)	1.5 (.6)	1.2 (.4)	1.3 (.6)
	5 ta/ha	3.7 (.7)	3.6 (.6)	2.7 (.5)	1.9 (.4)	1.9 (.4)
	6 ta/te	2.5 (.6)	2.8 (.6)	2.0 (.5)	1.6 (.3)	1.8 (.3)
	7 ta/ge	2.4 (.5)	2.9 (.5)	2.4 (.3)	2.0 (.4)	1.8 (.3)
	8 ta/TA	2.3 (.7)	2.7 (.8)	2.2 (.6)	1.4 (.5)	1.5 (.4)
Rare						
N1	1 ta/da	-4.2 (.4)	-3.7 (.4)	-3.1 (.4)	-2.9 (.3)	-2.5 (.4)
	2 ta/pa	-3.1 (.4)	-2.8 (.5)	-2.4 (.4)	-2.3 (.3)	-2.6 (.3)
	3 ta/ba	-4.3 (.5)	-4.0 (.4)	-3.3 (.3)	-3.2 (.4)	-2.8 (.4)
	4 ta/ga	-3.2 (.5)	-3.1 (.3)	-2.8 (.3)	-2.4 (.3)	-2.0 (.3)
	5 ta/ha	-3.7 (.4)	-3.7 (.4)	-3.4 (.4)	-3.1 (.3)	-2.7 (.3)
	6 ta/te	-5.0 (.7)	-5.1 (.6)	-4.1 (.5)	-3.8 (.4)	-3.0 (.3)
	7 ta/ge	-5.5 (.5)	-4.8 (.4)	-3.7 (.3)	-3.5 (.4)	-3.1 (.4)
	8 ta/TA	-4.0 (.6)	-4.1 (.6)	-3.3 (.5)	-3.8 (.4)	-3.1 (.4)
P2	1 ta/da	-.7 (.6)	.3 (.6)	.3 (.5)	-.1 (.3)	-.3 (.4)
	2 ta/pa	.4 (.4)	1.2 (.4)	.9 (.4)	.3 (.3)	.3 (.3)
	3 ta/ba	-.7 (.6)	.5 (.5)	.5 (.4)	-.2 (.5)	.1 (.4)
	4 ta/ga	.7 (.6)	1.3 (.6)	1.0 (.4)	.3 (.4)	.7 (.3)
	5 ta/ha	.4 (.7)	.6 (.6)	.6 (.6)	.4 (.4)	.1 (.4)
	6 ta/te	1.1 (.6)	1.0 (.7)	.8 (.6)	-.1 (.6)	.6 (.5)
	7 ta/ge	1.1 (.8)	2.9 (.8)	2.4 (.6)	1.1 (.6)	.8 (.5)
	8 ta/TA	.6 (.5)	1.9 (.6)	2.2 (.5)	.7 (.5)	.7 (.4)
N2	1 ta/da	-4.0 (.4)	-3.1 (.5)	-2.7 (.4)	-3.0 (.4)	-2.7 (.4)
	2 ta/pa	-4.4 (.4)	-3.2 (.5)	-2.8 (.5)	-2.8 (.4)	-2.5 (.4)
	3 ta/ba	-3.9 (.5)	-2.9 (.4)	-2.7 (.4)	-2.8 (.4)	-2.5 (.4)
	4 ta/ga	-2.6 (.6)	-1.8 (.6)	-2.0 (.4)	-2.2 (.4)	-1.9 (.4)
	5 ta/ha	-4.0 (.7)	-3.8 (.7)	-3.5 (.6)	-2.9 (.6)	-2.8 (.4)
	6 ta/te	—	—	—	—	—
	7 ta/ge	—	—	—	—	—
	8 ta/TA	-3.4 (.6)	-2.5 (.7)	-1.8 (.5)	-2.5 (.5)	-2.1 (.4)
P3	1 ta/da	1.7 (.5)	2.7 (.5)	2.7 (.5)	2.9 (.4)	2.6 (.4)
	2 ta/pa	.9 (.5)	2.4 (.6)	2.4 (.5)	2.6 (.5)	2.2 (.4)
	3 ta/ba	2.9 (.6)	3.8 (.7)	3.5 (.6)	3.3 (.5)	3.1 (.6)
	4 ta/ga	1.9 (.8)	2.9 (.6)	2.6 (.5)	2.8 (.5)	2.8 (.5)
	5 ta/ha	2.3 (.6)	3.1 (.9)	3.0 (.9)	3.0 (.8)	3.1 (.7)
	6 ta/te	2.7 (.7)	2.8 (.7)	2.7 (.7)	2.9 (.6)	3.0 (.5)
	7 ta/ge	2.5 (.6)	3.7 (.7)	3.6 (.8)	3.8 (.6)	3.4 (.7)
	8 ta/TA	2.2 (.7)	4.2 (.8)	4.8 (.7)	2.7 (.4)	4.4 (.5)

Table 2
Midline scalp distribution of mean negative peak amplitudes (and SE's) of the difference waves (in μV) for the eight conditions

Condition	Scalp site		
	Fz	Cz	Pz
1 ta/da	-5.2 (.5)	-5.0 (.6)	-4.4 (.6)
2 ta/pa	-5.7 (.4)	-4.7 (.3)	-4.5 (.4)
3 ta/ba	-5.2 (.7)	-4.8 (.6)	-4.4 (.5)
4 ta/ga	-3.2 (.6)	-3.4 (.7)	-3.3 (.6)
5 ta/ha	-6.2 (.4)	-6.0 (.4)	-5.4 (.6)
6 ta/te	-4.5 (.5)	-5.0 (.5)	-4.3 (.6)
7 ta/ge	-4.6 (.7)	-4.0 (.5)	-3.4 (.4)
8 ta/TA	-4.4 (.6)	-4.2 (.7)	-3.5 (.9)

件 : $F_{(6,90)}=3.3$, $p<.01$).

Fig. 2 と Table 1 に示されるように, N1 振幅は全般的には前頭・中心部で大きい(部位の主効果: $F_{(2,30)}=8.3$, $p<.01$), 条件 5 (ta/ha) および条件 6 (ta/te) では正中線上 3 部位にほぼ均等に分布した(条件×部位: $F_{(12,180)}=3.3$, $p<.01$). さらに, 低頻度呈示 /ta/ に惹起された N1 の振幅は高頻度呈示時に比較し前頭部で大きい(呈示頻度×部位: $F_{(2,30)}=3.7$, $p<.05$). 子音部変化条件下の低頻度 /ta/ にのみ明瞭に観察された N2 振幅も, 低頻度呈示下の N1 振幅と同様に前頭部最大に分布した(部位の主効果: $F_{(2,30)}=8.6$, $p<.01$).

N1 振幅の増大, P2 振幅の減衰および N2 波の出現として条件により異なって観察された低頻度呈示効果は, Fig. 3 に示した低頻度刺激 ERP より高頻度刺激 ERP を減じた差波形では全条件との緩徐な陰性電位の発達として同様に現われた. さらにその陰性電位は, 低頻度刺激に対する ERP の N1 と N2 振幅に認められたように前頭部最大に分布した (Table 2 参照) (振幅における部位の主効果: $F_{(2,30)}=4.5$, $p<.05$). 条件 4 (ta/ga) ではその振幅が小さい(条件の主効果: $F_{(6,90)}=3.0$, $p<.05$). 陰性電位の発達経過をみると, 刺激後 100—200 ms 間で立ち上がり², 子音部変化の条件 1—5 では約 230 ms で, 母音部変化条件 6, 7 では約 180 ms で頂点に達した (Table 3 参照). 頂点潜時で有意な条件主効果が得られたので ($F_{(6,90)}=3.0$, $p<.05$), 陰性電位が最も顕著な前頭部の頂点潜時についてニューマン・クルーズ法で多重比較を行ったところ, 条件 7 と条件 1, 2, 3, 4, 5 ($p<.01$ ただし条件 4 は $p<.05$), 条

² 差波形の立ち上がり潜時は, Hansen & Hillyard (1980) に従い最大陰性頂点振幅の 25% に達した時点として測定した.

Table 3
Mean negative peak latencies (and SE's) of the difference waves (in ms) at Fz

Condition		Mean (SE)
1	ta/da	240.4 (17.5)
2	ta/pa	263.6 (10.8)
3	ta/ba	228.4 (9.5)
4	ta/ga	223.9 (13.1)
5	ta/ha	230.3 (17.4)
6	ta/te	193.5 (19.6)
7	ta/ge	173.6 (7.8)

件 6 と条件 1, 2, 5 (順に $p<.05$, $p<.01$, $p<.05$) および条件 2 と条件 4 ($p<.05$) との間に有意差が認められた. 条件効果は前頭部における陰性電位の立ち上がり潜時に関する分散分析でも認められ ($F_{(6,105)}=3.3$, $p<.01$), その後の多重比較では条件 7 と条件 1, 2, 4 (順に $p<.05$, $p<.01$, $p<.01$), 条件 6 と条件 2, 4 (それぞれ $p<.01$, $p<.05$) および条件 2 と条件 3, 5 (それぞれ $p<.01$, $p<.05$) 間に有意な差があった. こうして, 子音部変化に比べ, 母音部変化条件では差波形にみられる陰性電位が早く発達することを支持した. また, 子音部変化条件間にも差波形の立ち上がりにおける条件差があった.

一方, 差波形頂点振幅についても条件の主効果が有意であったので ($F_{(6,90)}=3.0$, $p<.05$), 条件差を同法で検討したところ, 振幅が際立って小さい条件 4 と条件 1, 2, 3, 5 間 (順に $p<.01$, $p<.01$, $p<.05$, $p<.01$) および条件 5 と条件 6, 7 との間 (ともに $p<.05$) に, 有意差が認められた. しかしこれらの振幅測定では, 前述の潜時と異なり母音部/子音部変化という条件差に対応した差異が認められなかった.

N2 に後続し, 低頻度呈示 /ta/ に対してのみ明瞭に出現した P3 の分布は, 中心頭頂部で優勢であった(振幅における部位の主効果: $F_{(2,30)}=5.3$, $p<.05$).

平均電位に関する分散分析の結果は, 条件の主効果が 3 区間とも有意とならなかった点を除き, 上記各頂点振幅の統計結果と同じであった. なお, 区間 200—250 ms と 300—400 ms の平均電位の 3 要因分散分析の結果, 両区間とも呈示頻度的主効果が有意であった ($F_{(1,15)}=48.4$, $F_{(1,15)}=12.9$, 共に $p<.01$) ことから, 上記区間には高頻度刺激に対し低頻度刺激に相対的な陰性変位とそれに続く陽性移行の出現が確かめられ, Fig. 2 で低頻度刺激に対してのみ出現を認めた N2 および P3 の視察を統計的に支持した.

強度変化条件 (条件 8) Fig. 2 の最下段は, 強度変化条件の /ta/ 音節 (40 dB SL) に対する総平均 ERP 波

形である。高頻度/低頻度各呈示時の波形は、それぞれ子音変化の条件 1—5 で観察された ERP 波形に類似している。高頻度刺激の ERP が主として N1 (平均潜時 116 ms) と P2 (平均潜時 193 ms) の 2 成分で構成されたのに対し、低頻度呈示時 ERP には前頭部に明瞭に P2 の減衰 (P2 振幅における呈示頻度×部位の交互作用: $F_{(2,30)}=22.7, p<.01$) と潜時 270 ms の陰性頂点 (N2) がみられる。N2 振幅に有意な部位の主効果を認めた ($F_{(2,30)}=28.5, p<.01$)。しかし、後続する頂点潜時 389 ms をもつ陽性電位 (P3) は頭頂部優勢な分布を示した (部位の主効果: $F_{(2,30)}=35.7, p<.01$)。これより、呈示頻度にかかわらず正中線上 3 部位に広く分布した N1 に比べ、P2 は低頻度 /ta/ に対して前頭部における減衰が大きくなり、次いで低頻度時にのみ出現した N2 も、前頭部優位な分布をもつことを確認した。P2 と N2 にみられた呈示頻度効果は、先の音韻変化条件と同様、Fig. 3 に示す差波形では前頭部優勢な、立ち上がり約 190 ms、頂点潜時約 230 ms をもつ陰性電位として観察された (部位の主効果: 差波形の頂点振幅には認められず同波形の 150—249 ms 間の平均電位において確認した。区間 150—199 ms, $F_{(2,30)}=3.4, p<.05$; 区間 200—249 ms, $F_{(2,30)}=19.0, p<.01$)。平均電位の分散分析結果は、上述の差波形を除く各頂点振幅と同様の傾向を示した。また、区間 200—250 ms と 300—400 ms に関しては、それぞれ呈示頻度の主効果が有意であり ($F_{(1,15)}=25.6, F_{(1,15)}=15.8$, 共に $p<.01$)、音韻変化条件と同じく低頻度刺激によってのみ惹起される N2 および P3 を確認した。

左右側頭上 ERP

音韻変化条件および強度変化条件で得た各測度に関して左右差を検討した結果、N1 振幅が両条件とも左側頭部 (W_L) のほうに大きく出現した (Table 1 参照) (音韻変化条件で $F_{(1,15)}=9.2, p<.01$; 強度変化条件で $F_{(1,15)}=5.5, p<.05$)。その他の測度には左右差が認められなかった。

考 察

被験者に特定課題を与えず、単に CV 音節に傾聴させるという従来にはない受動的事態においても、顕著な呈示頻度効果を波形上に観察した。低頻度逸脱刺激に対する ERP の形状は、N2 頂点の発達という Lawson & Gaillard (1981) と同様の波形が出現した条件 1—5 (子音部変化条件) と、N2 波出現に代わり N1 の著しい振幅増大を示した条件 6, 7 (母音部変化条件) の 2 通りに大別されたが、これらの陰性波の頭皮上分布に差はみられず、共に前頭部最大に広範にわたった。さらに、呈示頻度効果は、高低両頻度刺激間の差波形で一層明瞭となり、子音部/母音部変化条件にかかわらず、全般的には

前頭部優勢な陰性の振れとそれに続く中心部優位な陽性の振れとから成る二相性波形を示した。この差波形において子音部変化と母音部変化条件間の相違は、陰性相の頂点潜時が前者では 230 ms と後者の 180 ms より約 50 ms 程度遅れた点である。これは子音部変化条件の差波形陰性頂点が N1 波より明らかに遅れて生じたのに対し、母音部変化条件では、それより早く N1 波の下降脚に重畳する時間帯に生じたことを示す。すなわち、低頻度刺激の子音部変化と母音部変化は N2 波出現と N1 増大という異なる効果をもたらしたが、頭皮上分布と発達形状からは、それらの効果が、同一発生源をもち同一の心的過程を反映する陰性電位の出現潜時の差異による効果であったと考えられる。以上の結果から、明らかに本実験の受動的聴取事態下でも、条件による見かけ上の波形の相違はあるものの、低頻度逸脱刺激に対して定位性 N2 が出現することが示されたと言える。

本実験で認めた定位性 N2 の潜時と音韻特性差との対応性は Lawson & Gaillard (1981) の結果と同様であり、本実験の母音部変化条件 7 (ta/ga) に相当する条件 (ke/ba) は他の全条件に比べ有意な潜時短縮を示した。また彼らの波形 (Lawson & Gaillard, 1981, Fig. 1) を見る限り、2 種の母音部変化条件 (ke/ba, ke/ka) は共に子音部変化の 2 条件 (ke/ta, ke/be) に比べ、高低両頻度 ERP 間の分岐点が早く、かつ P2 頂点振幅も減衰傾向を示した。こうした波形上の条件差は、われわれの得た結果と同じく、母音部変化条件における定位性 N2 のより早い発達に起因すると思われる。他方、本実験において定位性 N2 の振幅上に子音/母音音韻特性差による効果は見られなかった。また Lawson & Gaillard (1981) は音節間の子音部音韻特性、例えば有声性 (有声/無声)、調音様式 (破裂/摩擦)、調音場所 (両唇、歯茎、口蓋) 等の差異数の多少で弁別難易度を規定し、それと ERP 測度との関連を報告したが本実験ではそうした対応性は観察されなかった。むしろ /t/, /d/, /b/, /g/, /h/ といった子音部変化にかかわる諸音韻特性差ではなく、/a/, /e/ という母音部変化の音韻特性差が N2 発達潜時で差異をもたらしたことから、母音変化は子音変化に比べ早い時点で知覚されると示唆するに留まる。

定位性 N2 波は上記のような音韻部変化との対応性をみせたが、他方言語音の強度面でのみ逸脱する低頻度刺激に対しても、それと同様の形状、分布をもって惹起された。また左右導出部位差に関して、音韻変化と強度変化との間に差が認められなかった。これらの結果より、反復背景刺激から逸脱した低頻度刺激に対する前頭中心部優勢な陰性電位は、音韻、強度といった刺激変化素因にかかわらず惹起される電位であり、刺激変化への一般的な定位反応を反映するようである。

最近 Näätänen 一派は定位性 N2 の振れに関する一

連の報告の中で (Näätänen & Gaillard, 1983; Sams, Alho, & Näätänen, 1983, 1984), N2 時間帯には 2 種の陰性成分が存在し, それらが N2 の振れ全体に影響を及ぼすと提言した。第 1 の成分 (ミスマッチ陰性電位, 或いは N2a と呼ばれる) は, 物理的刺激逸脱に対する自動的な知覚前レベルにおける神経モデルとの不一致を反映し, 反復同一刺激群中に何らかの刺激変化があれば注意の方向に影響されず生起する。他方, N2a に重畳する形で現われる第 2 の成分 (N2b) は, 注意が払われている刺激入力中の逸脱刺激によって惹起され, 被験者が積極的に維持する心的イメージとしての刺激類型との不一致を反映する。N2a の頭皮上分布は刺激様相に特有であり, 聴覚刺激は前頭または前頭中心部優勢であるのに対し, N2b は刺激様相にかかわらず中心部あるいは中心-頭頂部優位に分布する。N2b には前頭-中心部最大に分布する陽性電位 (P3a), さらに後頭に分布する (P3b とは異なる) 緩徐な陽性電位が通常後続し, N2b-P3a 複合波を形成するが, N2a はそうした陽性波を伴わない。

本実験で観察された音韻部変化に対する定位性 N2 が Näätänen ら (Näätänen & Gaillard, 1983; Sams et al., 1983, 1984) の分類する N2b を含むことは, それに後続して前頭から頭頂にかけて広汎に分布する陽性波が出現したことからうかがえる。これは N2b が被験者に低頻度逸脱刺激の検出といった課題遂行を要請しない受動的状態, 単に刺激系列を傾聴するような条件でも出現することを示唆している。また, ここで観察された N2 波が中心-頭頂部優勢な N2b より前頭部に分布したことは, N2a も含むことを示している。強度変化条件で記録された N2 波は音韻変化条件とその頭皮上分布で差異がみられず, この定位性 N2 も N2a と N2b によって構成されるようである。しかしその N2 に後続する陽性波は明らかに頭頂部最大に分布し, P3b (Squires, Squires, & Hillyard, 1975) を含んでいる。強度変化時にのみなぜ P3b がこのように顕著に出現したのか今のところ定かでない。

先に注目したように, 定位性 N2 が受動的傾聴状態で記録されたことにより, 今後この ERP 成分の臨床応用が期待できる。従来, 知覚・認知機能の検査測定として P3b 波といった内因性の長潜時 ERP 成分の利用が試みられてきたが, そのひとつの大きな問題点は, そうした ERP 成分が標的検出といった課題を被験者自身が十分に理解した上で遂行した場合に限って出現することである。例えば, 標的/非標的の刺激の弁別知覚ができる人でも, 課題を理解していない場合あるいは課題

遂行に注意が向けられていない状態では P3b が明瞭に観察されない。従って, P3b の出現がない場合にもそれが弁別能力の低下に起因するとは断定できなかった。一方, 本実験で用いた事態は, N2 波の記録に際し, そうした被験者の積極的課題参加を要請しない。被験者はただ刺激系列を傾聴するだけでよい。この事態では低頻度/高頻度刺激間の弁別知覚が成立しておれば, 低頻度逸脱刺激に定位性 N2 が惹起されるであろう。したがってもし定位性 N2 がみられない場合, それは刺激間弁別ができていないと判定されうる。従来の検査法では把握しきれなかった語音知覚能力を他覚的に捉える指標として, 定位性 N2 の応用の具体化が今後の課題となろう。

引用文献

- Hansen, J. C., & Hillyard, S. A. 1980 Endogenous brain potentials associated with selective auditory attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **49**, 277-290.
- Lawson, E. A., & Gaillard, A. W. K. 1981 Mismatch negativity in a phonetic discrimination task. *Biological Psychology*, **13**, 281-288.
- Näätänen, R., & Gaillard, A. W. K. 1983 The orienting reflex and the N2 deflection of the event-related potential (ERP). In A. W. K. Gaillard & W. Ritter (Eds.), *Tutorials in ERP research: endogenous components*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company. Pp. 119-141.
- Rohrbaugh, J. W. 1984 The orienting reflex: performance and central nervous system manifestations. In R. Parasuraman & D. R. Davies (Eds.), *Varieties of attention*. Orlando: Academic Press. Pp. 323-373.
- Sams, M., Alho, K., & Näätänen, R. 1983 Sequential effects on the ERP in discriminating two stimuli. *Biological Psychology*, **17**, 41-58.
- Sams, M., Alho, K., & Näätänen, R. 1984 Short-term habituation and dishabituation of the mismatch negativity of the ERP. *Psychophysiology*, **21**, 434-441.
- Squires, N. K., Squires, K. C., & Hillyard, S. A. 1975 Two varieties of long-latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **38**, 387-401.