

# CNV による両耳聴能力の研究

東 博 二

近畿大学医学部耳鼻咽喉科学教室

Binaural hearing in CNV

Hiroji Azuma

Department of Otolaryngology, Kinki University School of Medicine,  
Osaka, Japan

## ABSTRACT

Binaural hearing contributes to enhancement of monaural hearing functions when both ears are simultaneously at work. Contingent negative variation (CNV) is an event related to potentials and can be used for objective audiometry by the use as an auditory stimulant. Binaural summation and binaural fusion which represent the binaural integration capability, using CNV were examined.

The subjects consisted of five healthy adults having no difference in audiometric CNV thresholds between the left and right ears. A clicking sound for stimulation, audiometry CNV threshold were measured. When the stimulation was presented monaurally and binaurally, there was a threshold difference of 5.3 dB. Thus, the binaural summation was verified by CNV.

Filtered speech sound audiometry was carried out to choose speech sounds to be used for determining CNV. Bisyllabic words chosen were "BENI", "BASU", "HIZA" and "YAMA" all of the frequency of 1,700 Hz, and "BUSHI" of the frequency of 1,200 Hz. These filtered speech sounds were used for the measurement of CNV. CNV appeared in all the tests when the stimulation was presented bilaterally and simultaneously. This shows that the binaural fusion was proved by CNV.

The present findings suggested that although there are some problems in clinical appreciation, CNV can be useful in the evaluation of the binaural fusion and diagnosis of central auditory disorders.

**Key words :** binaural hearing, binaural fusion, binaural summation, CNV, CNV threshold

## 緒 言

両耳聴現象とは、本来聴覚系は左右独立して

機能をもつが、両耳が同時に作用するとき単耳のみによる機能を向上させ、両耳特有の機能を営むことである<sup>1-3</sup>。太田<sup>1</sup>はこの両耳聴現象

が、中枢性聴覚障害の診断に有用であると報告している。しかし、この検査は自覚的検査であり、両耳聴効果を他覚的に検出した報告はない。

CNV (contingent negative variation) は事象関連電位の1つで、2つの感覚刺激である警告刺激、命令刺激を与え、これを指令として動作、認識させる時、脳波上この間に生じる陰性電位変動である<sup>5-7</sup>。CNV に聴覚刺激を用い、CNV の有無を指標とし他覚的聴力検査として利用できることが報告されている<sup>8-13</sup>。1972年 Burian ら<sup>9</sup> が、失語症の検査に、1974年 Prevec ら<sup>11</sup> は、聴力検査として利用している。佐藤<sup>14-16</sup>、後藤ら<sup>17</sup> は、刺激に語音、文等を用い、CNV の臨床的応用、大脳の文章認知能力を検討している。

そこで、我々はこの CNV を用いて他覚的に、両耳合成能を検出することを計画した。すなわち、両耳合成能である両耳加重現象、両耳融合現象につき、click 音閾値の加重、フィルタ語音の両耳聴による融合を指標として解明しようと試みて、興味ある成績を得たので報告する。

## 研究方法と結果

1. CNV について：2つの感覚刺激すなわち警告刺激となる  $S_1$  と、さらに命令刺激となる  $S_2$  を与えて、「 $S_1$  の後  $S_2$  がある。 $S_2$  があつたら出来るだけ早くスイッチを押すように」と命じておくと、 $S_1$ - $S_2$  間に脳波上、緩徐な陰性電位変動がみられる。これを CNV と言う。CNV は  $S_1$  に対する認識の結果、 $S_2$  の出現を予期することにより発生する。別名 expectancy wave とも呼ばれる。警告刺激  $S_1$ 、命令刺激  $S_2$  は感覚刺激であれば何でもよいと言われている<sup>5-7</sup>。

実験 I では Prevec 法<sup>5,11,12</sup> に準じて、警告刺激  $S_1$  (以下、 $S_1$ ) に 1 kHz filtered click 音、命令刺激  $S_2$  (以下、 $S_2$ ) には光刺激を使用した。また実験 II-2 では Burian 法<sup>5,8-10</sup> に準じて、 $S_1$  に2種類の刺激を用いた。警告刺激  $S_{1a}$ ,  $S_{1b}$  (以下、 $S_{1a}$ ,  $S_{1b}$ ) としてフィルタ語音、 $S_2$  には実験 I と同じ光刺激を用いた。尚  $S_2$  は  $S_{1b}$  の刺激の時には与えなかった。

2. 実験装置：CNV 測定のためのブロックダイアグラムを Figure 1 に示した。

実験 I では Figure 1 のブロックダイアグラ

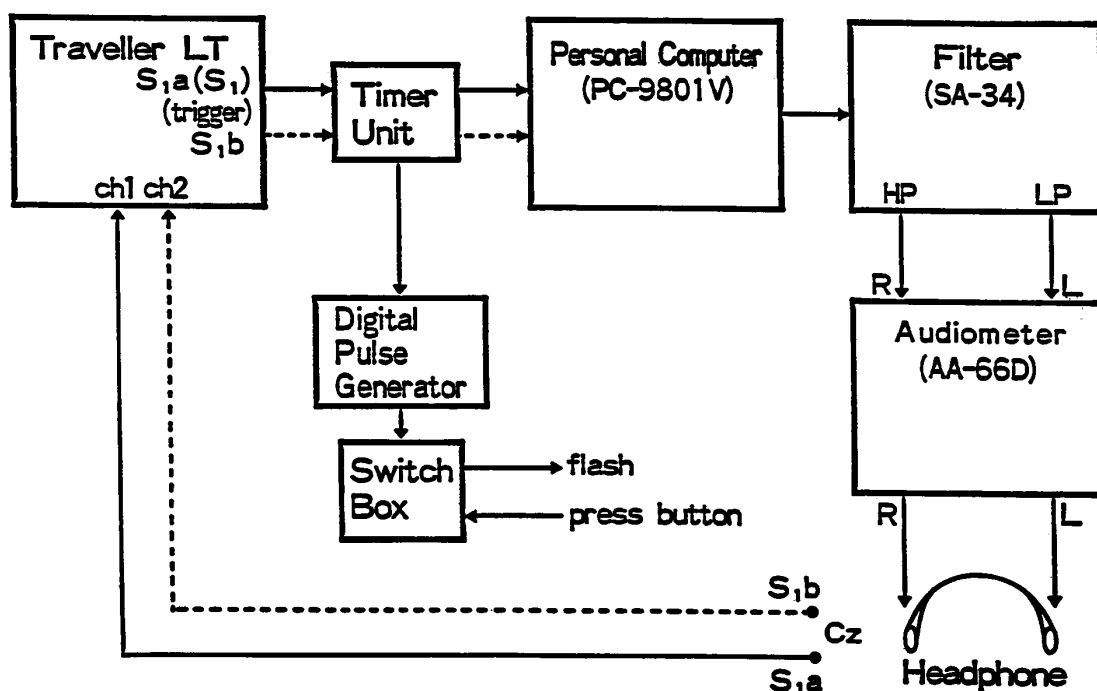


Fig. 1 Block diagram for recording CNV

ムにある Bio-Logic 社の Traveller LT から直接 click 音を発生させ、 $S_1$  としてヘッドホンから刺激を与えた。 $S_2$  は Traveller LT の信号を Digital Pulse Generator により delay をかけ光刺激として与えた。 $S_2$  後スイッチを押すと光刺激は消えるようにセットした。

実験 II-2 では Figure 1 に示すとおりである。Traveller LT から2種類の刺激の trigger より personal computer の入力ボードに信号を送り ALVIC 社の音声ボード PV-301 より語音を再生させた。再生させた語音を電気的音響フィルタ (RION 社 SA-34) によりフィルタ語音 (filtered speech sound, FSS) とし、ヘッドホンにて聴取させた。このフィルタ語音を  $S_{1a}$ ,  $S_{1b}$  とした。 $S_2$  の光刺激には、実験 I, II-2 とも、眼球運動の影響を少なくし、視線固定に有利な発光ダイオードを用いた<sup>18</sup>。発光ダイオードは被検者より眼前約 1 m の位置に置いた。

電極と皮膚の抵抗を 5 キロオーム以下とした。電極の位置は CNV の最大振幅から得られる天頂部 Cz を関電極とした。不関電極を両耳垂とし、接地電極を前額部とした。記録は両側同時誘導とした。

被検者には次のように指示した。実験 I では、「ヘッドホンより音が聞こえ、数秒後に目の前のボードが光った時、すぐにスイッチボタンを押して消して下さい。音が聞こえなくても、ボードが光ることがあります。」実験 II-2 では、「ヘッドホンから聞こえる語音の意味が理解でき、数秒後にボードが光った時すぐにボタンを押して光を消して下さい。語音の意味が理解できても光らない場合もあります。」

### 3. 実験 I CNV による両耳加重現象の検討

a. 目的：同一刺激の両側同時聴取による可聴閾値の両耳加重現象を CNV を用いて検討する。

b. 対象：健康成人 (23~30歳) で、CNV により測定した単耳可聴閾値 (以下、CNV 閾値) の左右差のない 5 名とした。但し、左右差

が 2 dB 以下の場合は日を改めて再度測定し左右差がなければ対象に含めた。

c. 方法：左右耳それぞれの単耳聴 CNV 閾値を下降法で 2 dB step にて測定し、両耳聴で同様に 2 dB step 下降法で両耳聴 CNV 閾値を測定した。また再現性を考慮し、日を改めて各被検者に 4 回ずつ施行した。また 4 回目測定の際に、左右のチャンネルの刺激音を電氣的に mix した音 (以下、両チャンネル Mix 音) についても測定した。両耳チャンネル Mix 音とは刺激器より発生させた左右チャンネルの信号を電氣的に合わせて一つにしたものである。

測定条件：CNV パラダイムを Figure 2 に示した。示した波形は今回測定した症例のうちの代表例で、原波形を 1 回スムージング (3 点スムージング) したものである。 $S_1$  後約 400 msec から CNV,  $S_2$  後に P300, P650 が認められている。

$S_1$  には、瞬目反射の影響を少なくするために 1 kHz filtered click 音を用いた。

$S_1$ - $S_2$  間 (ISI) は 1 秒,  $S_1$ - $S_1$  間 (ITI) は 3~16 秒とし、 $S_1$  をランダムに発生させた。

解析はベースライン設定のために、-500 msec からとした。CNV 出現後、後期陽性電位 (LPC) の出現を考え  $S_1$  後 1,000 msec, すなわち -500~2,000 msec で解析した。加算回数は 15 回とした。

d. 結果：Table 1 は被検者 5 例の単耳刺激 CNV 閾値から両耳刺激 CNV 閾値を引いた値、すなわち両耳聴で良くなった量を示している。被検者 5 例 4 回分の結果で、それぞれの被

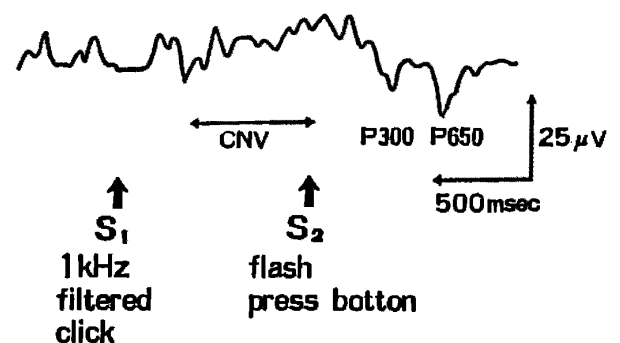


Fig. 2 Paradigm of CNV stimulation by 1 kHz filtered click

**Table 1** Threshold difference of CNV between monaural and binaural stimulus

subjects	first trial	second trial	third trial	forth trial	mean	MIX
A	4	4	4	4	4.0	4
B	6	2	6	6	5.0	4
C	6	6	4	4	5.0	4
D	6	10	4	4	6.0	6
E	6	4	10	6	6.5	6

(dB)

検者の平均値を示した。各被検者では単耳両耳間の差が最も小さい例で4.0 dB, 最も大きい例では6.5 dBであった。また各被検者ごとの単耳両耳間の差をみると, 被検者Aでは4回とも4 dBで変動がなく, 被検者D, Eではいずれも4~10 dBと6.0 dBの変動がみられた。被検者5例4回分20回の単耳両耳差をみると, 2 dBが1回, 10 dBが2回みられたが, 他は4ないし6 dBで, 再現性も認められた。被検者5例4回分の平均は5.3 dBであった。また, 両耳刺激の閾値下降の平均値と両チャンネル Mix音刺激の閾値下降を比較すると, 被検者A, Dで4 dBと同じであったが, 被検者B, Cでは1 dB, 被検者Eでは0.5 dB 両耳刺激の方が閾値下降が小さく, 両耳刺激による閾値下降より大きな値は得られなかった。両チャンネル Mix

音刺激による CNV 閾値の下降は被検者5例の平均で4.8 dBであり, 両耳刺激による CNV 閾値の下降の平均より0.5 dB小さかったが有意の差とは言えない。

#### 4. 実験 II CNV による両耳融合現象の検討

##### a. 実験 II-1 刺激音の選択

1) 目的: CNV を利用して両耳融合能を検討するにあたり刺激に適した語音を選ぶ。

2) 対象: 健康成人(25~35歳)で聴力正常な20名とした。

3) 方法: 語音聴力検査と同業に, ヘッドホンより電気的フィルタを通して作ったフィルタ語音を聞かせ, 聞こえた通りに紙に書くように指示した。使用したフィルタの周波数は1,200 Hz high-pass filter (以下, 1,200 HP) および low-pass filter (以下, 1,200 LP), 1,700 Hz high-pass filter (以下, 1,700 HP) および low-pass filter (以下, 1,700 LP) とした。

使用した単語は, 補聴器適合評価用 CD (TY-89) の成人用2音節単語(50個)である。

以下の手順でフィルタ語音検査を施行した。

- ① 右耳に1,700 HPのフィルタ語音を聴取させる。
- ② 左耳に1,700 LPのフィルタ語音を聴取させる。

**Table 2** Rate of detection of FSS (N=20)

words	percentage of correct answer			percentage of correct answer		
	L-LP*	R-HP*	Binaural*	L-LP**	R-HP**	Binaural**
"BENI"	10	30	60	10	20	70
"BASU"	25	45	45	25	40	45
"BUSHI"	45	30	45	55	15	40
"NIJI"	55	45	40	50	60	25
"HIZA"	25	55	35	65	55	25

FSS: filtered speech sound

L-LP\* or L-LP\*\*: speech sound filtered at lower than 1200Hz\* or lower than 1700Hz\*\* on the left side.

R-HP\* or R-HP\*\*: speech sound filtered at higher than 1200Hz\* or higher than 1700Hz\*\* on the right side.

Binaural\* or Binaural\*\*: rate of correct answer in binaural hearing with L-LP\* and R-HP\* or L-LP\*\* and R-HP\*\* at the same time. This experiment was performed in the ears wrong answers were made in both L-LP\* and R-HP\* or L-LP\*\* and R-HP\*\*.

③ 両耳同時に①, ②のフィルタ語音を与えて聴取させる。

①, ②の条件下で誤答したが③の条件下では正しい応答をした語音を選び検査語音とした。すなわち一側刺激では単語が理解できず, 両側同時刺激で理解できる単語を選んだ。コントロールのために①②③すべてに正答した単語も選んだ。

4) 結果: それぞれの単語で①, ②を誤り, ③が正しかった単語, すなわち右側 HP および左側 LP では誤り, 両側同時では正しく答えた人数の比率 (以下, 単耳誤答両耳正答率) を各単語ごとに算定し, その率の高い5つを Table 2 に示した。また, 単耳それぞれの正答率も示した。1,200 Hz, 1,700 Hz のいずれのフィルタについても単耳誤答両耳正答率の良い順位は同じで, 最もその率の高い単語は「べに」, 次いで「ばす」, 「おし」, 「にじ」, 「ひぎ」の順であった。

「べに」では 1,700 Hz フィルタでの単耳誤答両耳正答率が 70%, 1,200 Hz では 60% で, 1,700 Hz の方がやや高値を示した。Table 2 の結果より, 1,700 Hz の「べに」「ばす」「ひぎ」, および 1,200 Hz の「おし」と, コントロールのために単耳刺激ですべて正答であった「やま」の5つの単語を CNV の刺激語音に使用することにした。

#### b. 実験 II-2 両耳融合現象の CNV

1) 目的: 両耳合成能をフィルタ語音による

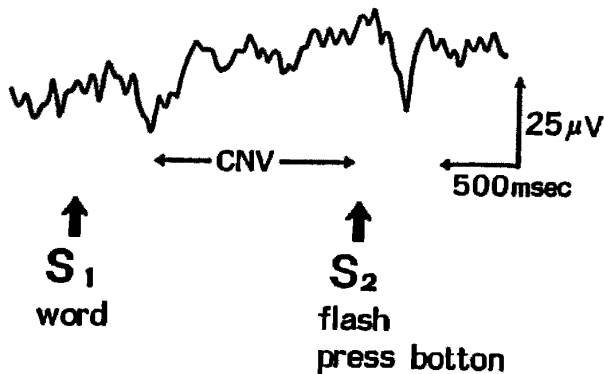


Fig. 3 Paradigm of CNV stimulation by FSS as  $S_1$  ( $S_{1a}$ ,  $S_{1b}$ )  
FSS: filtered speech sound

CNV を用いて検討すること。

2) 対象: 実験 I と同じ 5 例とした。

3) 方法: CNV の実験パラダイムを Figure 3 に示した。

パラダイム (Figure 3) に示した波形は今回測定したもので, 3点スムージングしたものである。 $S_1$  ( $S_{1a}$  または  $S_{1b}$ ) のフィルタ語音の刺激時間は約 400 msec である。 $S_1$  後約 800 msec から CNV が出現し,  $S_2$  後解消している。

$S_1$ - $S_2$  間 (ISI) を 2,000 msec とし,  $S_{1a}$ - $S_{1a}$ ,  $S_{1b}$ - $S_{1b}$  間 (ITI) を 5~25 sec とし, ランダムに刺激した。加算回数は10回とした。解析時間は -500 msec からとし, 後期陽性電位の出現を考え 3,500 msec までとした。

$S_{1a}$  は両耳同時刺激のフィルタ語音とし,  $S_{1b}$  は単耳刺激のフィルタ語音とした。 $S_{1a}$ ,  $S_{1b}$  を以下のように決めた。

#### Group 1

$S_{1a}$ : 左耳 LP 語音, 右耳 HP 語音の同時刺激

$S_{1b}$ : 左耳 LP 語音刺激

#### Group 2

$S_{1a}$ : Group 1 と同じ刺激

$S_{1b}$ : 右耳 HP 語音刺激

#### Group 3

$S_{1a}$ : 左耳 HP 語音, LP 語音同時刺激 (両チャンネル Mix 音)

$S_{1b}$ : 左耳 LP 語音刺激

#### Group 4

$S_{1a}$ : 右耳 HP 語音, LP 語音同時刺激 (両チャンネル Mix 音)

$S_{1b}$ : 右耳 HP 語音刺激

#### Group 5 (Group 1 の左右入れ替え)

$S_{1a}$ : 左耳 HP 語音, 右耳 LP 語音同時刺激

$S_{1b}$ : 右耳 LP 語音刺激

#### Group 6 (Group 2 の左右の入れ替え)

$S_{1a}$ : Group 5 と同じ刺激

$S_{1b}$ : 左耳 HP 語音刺激

上記の手順で検査語音別に日を改めて測定し

た。

4) 結果

フィルタ語音別に被検者A B C D Eの結果をTable 3-6に示した。記録は両側同時誘導であるが、一側誘導でもCNVが出現したならば、そのCNVの出現を(+)(±)(-)として判定した。すなわち、(+)は一側でもCNVが出現したものの、(-)はCNVの出現しなかったもの、(±)は一側でもS<sub>1</sub>刺激時のCNVと同様の波形の立ち上がりのあったものとした。各フィルタ語音検査の正、誤を○、×で表した。

実験II-1で得られた各フィルタ語音の正答率をそのフィルタ語音明瞭度(discrimination of filtered speech sound, DFSS)とした。

フィルタ語音明瞭度は各表の上に示した。

「べに」(Table 3)では、S<sub>1b</sub>刺激すなわち単耳刺激では、group 1~6の施行ですべてCNVは(-)であり、フィルタ語音検査結果と一致していた。Figure 4にgroup 1, 2における、「べに」の波形を示した。最上段は右HP語音、左LP語音の両耳同時刺激の波形で、約800 msecからCNVが出現している。最下段は右耳に両チャンネルMix語音を与えた時の波形である。同様にCNVが出現している。左LP語音、右HP語音による単耳刺激ではCNVは出現しなかった。

コントロールとして用いた「やま」では、S<sub>1b</sub>刺激ではgroup 1~6の施行でCNVは

Table 3 Detection of CNV and discrimination of with FSS "BENI"

subjects	S <sub>1</sub>	groups						FSS discrimination		
		1	2	3	4	5	6	L-LP	R-HP	L-LP R-HP
A	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
	S <sub>1b</sub>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	×	×	○
B	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
	S <sub>1b</sub>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	×	×	○
C	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
	S <sub>1b</sub>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	×	×	○
D	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
	S <sub>1b</sub>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	×	×	○
E	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
	S <sub>1b</sub>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	×	×	○

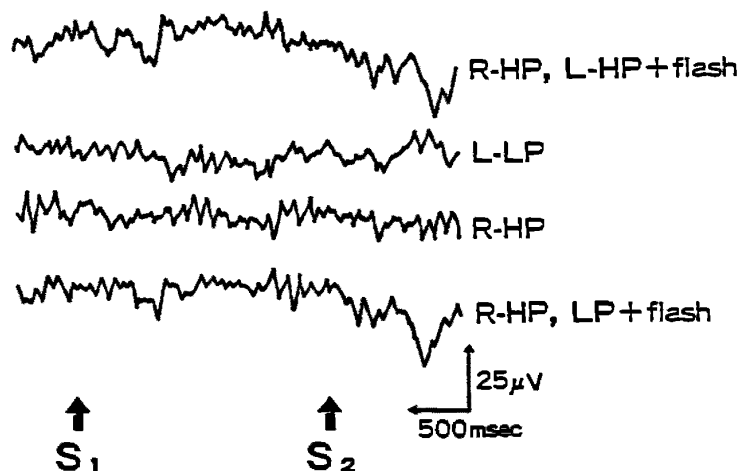


Fig. 4 CNV wave stimulated by FSS "BENI"  
FSS: filtered speech sound

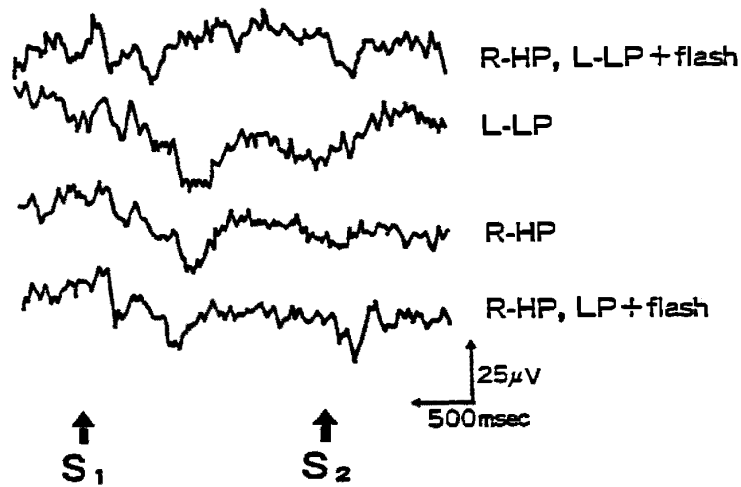


Fig. 5 CNV wave stimulate by FSS "YAMA"  
FSS: filtered speech sound

Table 4 Detection of CNV and discrimination of FSS "BASU"

subjects	S <sub>i</sub>	groups						FSS discrimination		
		1	2	3	4	5	6	L-LP	R-HP	L-LP R-HP
A	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
	S <sub>1b</sub>	(-)	(-)	(±)	(-)	(±)	(-)	×	×	○
B	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
	S <sub>1b</sub>	(-)	(±)	(-)	(-)	(-)	(-)	×	○	○
C	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
	S <sub>1b</sub>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	×	×	○
D	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
	S <sub>1b</sub>	(-)	(±)	(-)	(±)	(±)	(±)	×	×	○
E	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)			
	S <sub>1b</sub>	(-)	(±)	(-)	(-)	(±)	(±)	×	×	○

すべて(±)であった。フィルタ語音検査では単耳刺激はすべて○であった。Figure 5 に group 1, 2 における「やま」の波形を示した。最上段は両耳刺激、最下段は右耳の両チャンネル Mix 語音刺激の波形で、どちらも CNV が出現している。単耳刺激すなわち左 LP 語音、右 HP 語音刺激で、両耳刺激と同様の立ち上がりのある波形を示している。

「ばす」(Table 4) では、S<sub>1b</sub> 刺激において CNV(±) は30施行中11回、CNV(-) は19回であった。フィルタ語音検査では○は単耳聴10施行中1回だけであった。

「ひざ」(Table 5) では、S<sub>1b</sub> 刺激において CNV(±) は30施行中24回、(-) は 6 回であっ

た。フィルタ語音検査では○は単耳聴10施行中6回、×は4回であった。

1,200 Hz フィルタ語音の「ぶし」(Table 6) では、S<sub>1b</sub> 刺激において CNV(±) は30施行中12回、(-) は18回であった。フィルタ語音検査では○は単耳聴10施行中2回、×は8回であった。

単耳刺激における、group 1~6 の各フィルタ語音と CNV の出現の関係を Table 7 に示した。それぞれのフィルタ語音明瞭度も示した。明瞭度が低いフィルタ語音では CNV は(-) が多く、明瞭度が高くなるにつれて CNV は(±) が多くなる傾向がみられた。明瞭度が10%、20%の「べに」では CNV はすべて(-)で、明瞭

**Table 5** Detection of CNV and discrimination of FSS “HIZA”

subjects	S <sub>1</sub>	groups						FSS discrimination		
		1	2	3	4	5	6	L-LP	R-HP	L-LP R-HP
A	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	×	×	○
	S <sub>1b</sub>	(±)	(-)	(±)	(-)	(±)	(-)	○	○	○
B	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	○	○	○
	S <sub>1b</sub>	(±)	(±)	(±)	(±)	(±)	(±)	○	○	○
C	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	○	○	○
	S <sub>1b</sub>	(±)	(±)	(±)	(±)	(±)	(±)	○	○	○
D	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	×	×	○
	S <sub>1b</sub>	(±)	(-)	(±)	(-)	(±)	(-)	○	○	○
E	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	○	○	○
	S <sub>1b</sub>	(±)	(±)	(±)	(±)	(±)	(±)	○	○	○

**Table 6** Detection of CNV and discrimination of FSS “BUSHI”

subjects	S <sub>1</sub>	groups						FSS discrimination		
		1	2	3	4	5	6	L-LP	R-HP	L-LP R-HP
A	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	×	×	○
	S <sub>1b</sub>	(±)	(-)	(±)	(-)	(±)	(-)	○	○	○
B	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	×	×	○
	S <sub>1b</sub>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	○	×	○
C	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	○	×	○
	S <sub>1b</sub>	(±)	(-)	(±)	(-)	(±)	(-)	×	×	○
D	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	○	×	○
	S <sub>1b</sub>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	○	×	○
E	S <sub>1a</sub>	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	○	×	○
	S <sub>1b</sub>	(±)	(±)	(±)	(±)	(±)	(±)	○	×	○

**Table 7** CNV stimulating by FSS as S<sub>1</sub> (S<sub>1a</sub>, S<sub>1b</sub>)

words	BENI		BASU		BUSHI		HIZA		YAMA	
	LP**	HP**	LP**	HP**	LP*	HP*	LP**	HP**	LP**	HP**
filter DFSS	10	20	25	40	45	30	65	55	100	100
CNV(±)	0	0	5	6	9	3	15	9	15	15
CNV(-)	15	15	10	9	6	12	0	6	0	0

\* 1200Hz filter

\*\* 1700Hz filter

度100%の「やま」ではすべて(±)であった。

group 1~6の結果をもとに、CNVの出現とフィルタ語音検査結果の組合せより、そのフィルタ語音の語音認知度 (perception of filtered speech sound, PFSS) を〔1〕から〔5〕の5段階に分けた (Table 8)。各フィルタ語音に於け

る語音認知度の数 (15施行中) を Table 9 に示した。両耳刺激では語音認知度はすべて〔1〕であった。単耳刺激において HP 語音, LP 語音を含め語音認知度別にフィルタ語音明瞭度の平均を求めると、語音認知度〔2〕では最も高く 79.8%であった。語音認知度〔3〕では42.7%



**Table 8** Grading of PFSS in the present experiments

grade	CNV	FSS discrimination
(1)	(+)	○
(2)	(±)	○
(3)	(±)	×
(4)	(-)	○
(5)	(-)	×

[4]では40.0%, [5]では26.5%であった。フィルタ語音明瞭度10%, 20%でのフィルタ語音では語音認知度はすべて[5]であり, 明瞭度100%では語音認知度はすべて[2]であった。すなわちフィルタ語音明瞭度が高くなるにつれて, 語音認知度は高くなる傾向がみられた。

Table 10 に全フィルタ語音の group 別の CNV の出現数を示した。この結果より group

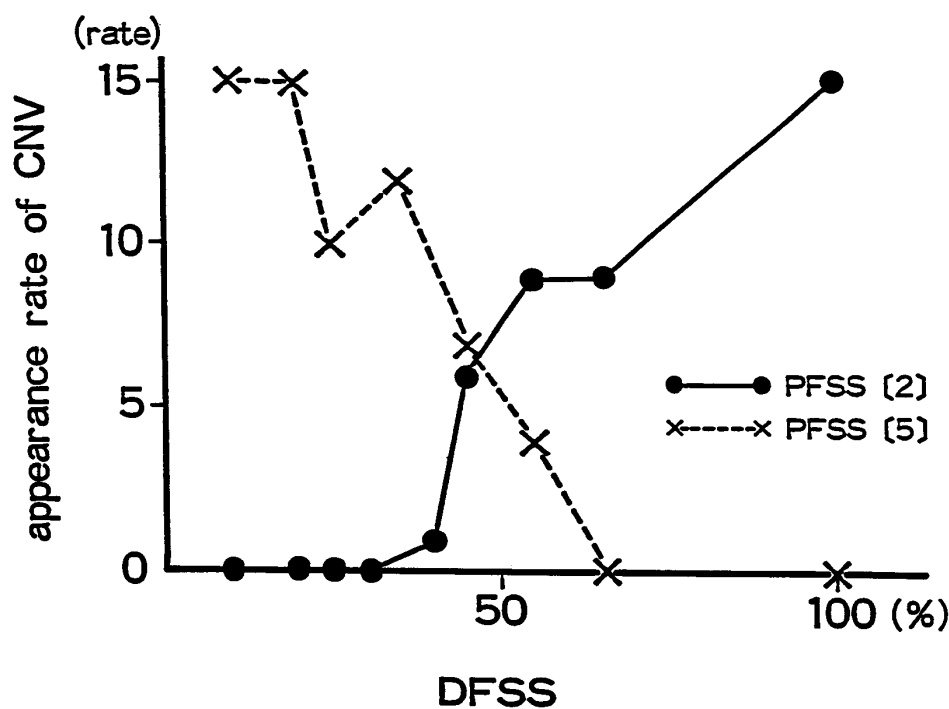
**Table 9** PFSS and detection of CNV

grade of PFSS	"BENI"		"BASU"		"BUSHI"		"HIZA"		"YAMA"	
	LP** (10)	HP** (20)	LP** (25)	HP** (40)	LP* (45)	HP* (30)	LP** (65)	HP** (55)	LP** (100)	HP** (100)
(1) (binaural)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
(2) (monaural)	0	0	0	1	6	0	9	9	15	15
(3) (monaural)	0	0	5	5	3	3	6	0	0	0
(4) (monaural)	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
(5) (monaural)	15	15	10	7	6	12	0	4	0	0

\* 1200Hz

\*\* 1700Hz

PFSS: perception of filtered speech sound



**Fig. 6** DFSS and PFSS  
 DFSS: discrimination of filtered speech sound  
 PFSS: perception of filtered speech sound

**Table 10** Detection of CNV in 6 groups

Detection of CNV	groups					
	1	2	3	4	5	6
CNV(±)	19	17	19	15	21	16
CNV(-)	6	8	6	10	4	9

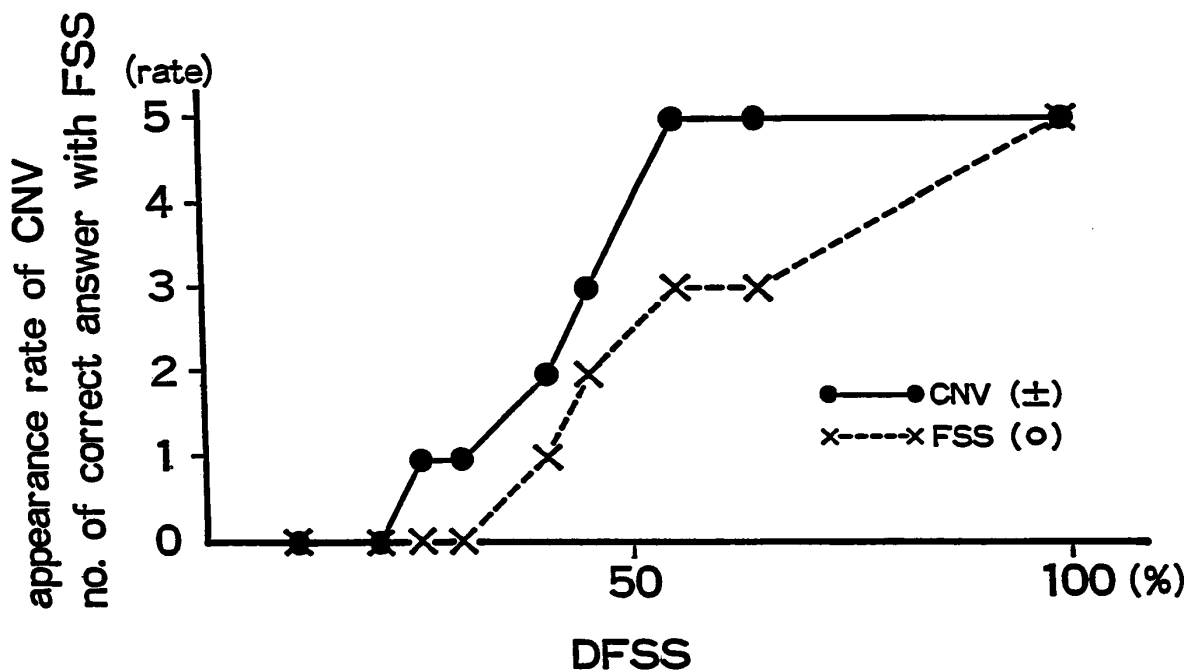
別の差を比較検討した。LP 語音を与えた group 1, 3, 5 においては CNV(±) の出現数は19, 19, 21と右に LP 語音を与えた group 5 にやや多かった。HP 語音を与えた group 2, 4, 6 においてはそれぞれ17, 15, 16で LP 語音より少ないが、左右耳での差は認められなかった。HP 語音と LP 語音を比較すると HP 語音は75 施行中 48回 (64.0%) に、LP 語音は 59回 (78.7%) に CNV (±) が出現した。χ<sup>2</sup> 検定で χ<sup>2</sup>=3.260 となり、これは有意な差と言える。すなわち LP 語音は HP 語音に比べ認知されやすいと言える。次に左右耳の差をみるために、左耳に聞かせた group 1 と 6, 右耳に聞かせた 2 と 5 を比較してみると、CNV(±) は前者で50施行中35回、後者で38回と有意な差は認められなかった。

Figure 6 に単耳刺激における フィルタ語音明瞭度と 語音 認知度〔2〕と〔5〕の 関係を示した。語音認知度〔2〕では明瞭度が上昇するにつれ増加傾向を示した。明瞭度が50%ではほぼ半数になる。一方、語音認知度〔5〕では明瞭度が上昇するにつれて減少し、50%では半数以下となり明瞭度65%以上は1回もみられない。

フィルタ語音検査と同じ刺激条件の group 1, 2 の CNV(±)出現数とフィルタ語音(○), すなわち正答数を別々にフィルタ語音明瞭度との関係で比べた (Figure 7)。CNV(±), およびフィルタ語音(○)の出現し始める明瞭度には差はほとんど認められなかったが、CNV(±)は明瞭度 55%で 5 施行中 全施行に出現しているが、フィルタ語音(○)はそのレベルでは 5 施行中 3 回にとどまっている。また CNV(±)の方がフィルタ語音より(○)どの明瞭度においても、出現数は多くなっている。

## 考 察

1. CNV の測定とその両耳聴への応用  
2つの感覚刺激 S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> を一定間隔で1対呈



**Fig. 7** Detection of CNV and FSS  
FSS: filtered speech sound  
DFSS: discrimination of filtered speech sound

示し、 $S_1$  に関連した  $S_2$  としてこれを指令として動作または認識させる時、 $S_1$ - $S_2$  間の脳波に緩徐な陰性電位変動が出現する。この陰性電位変動が 1964年 Walter ら<sup>4</sup> によって報告され、contingent negative variation, CNV と名付けられた。

CNV は  $S_1$  に対して後続する  $S_2$  の出現を予期することにより発生する。また  $S_1$  に 2 種類の音刺激  $S_{1a}$ ,  $S_{1b}$  を用いることにより、その  $S_{1a}$ ,  $S_{1b}$  の弁別も可能である。CNV の振幅は  $S_1$  の強さには比例せず、期待、予期の強弱に依存している。このことは  $S_1$  の閾値測定には都合がよい。 $S_1$  として音刺激を使用することにより、CNV の出現の有無を指標として他覚的聴力検査が施行できると報告されている<sup>8-13</sup>。Burian ら<sup>8</sup> は  $S_1$  に 2 種類の単語、有意語と無意語を用い、語音聴力検査に応用している。Prevec ら<sup>11</sup> は  $S_1$  に 1 種類の音刺激(純音)を用い、標準聴力検査に応用している。また、佐藤<sup>5,14-16</sup>、後藤ら<sup>17</sup> は  $S_1$  に語音、文等を用い LPC (late positive component) を含め、CNV の臨床的応用、大脳の文章認知能力等を検討している。

両耳聴現象の解明に CNV を用いた報告はいまだ見ない。我々はその可能性を探るため本実験を計画した。太田<sup>1</sup> によると、両耳合成能とは左右耳の入力情報が合一して一個の情報となるものであり、両耳加重現象、両耳融合現象に分けられる。両耳加重現象とは、両耳に同時に同一刺激を与えることにより、その閾値、loudness、あるいは語音明瞭度に変化を呈する場合である。両耳融合現象とは、両耳に与える刺激には少し差があるが coherent な刺激であって、それに位相差、時間差、周波数差、強度差などがあるが、両耳聴では両耳への刺激が 1 つの音像に融合して聞こえる場合である。両耳分離能とは、両耳にまったく異なった刺激を与えて、その各々を分離弁別をする場合である。

本研究では CNV を用いて、 $S_1$  に click 音(実験 I)を与えることにより両耳加重現象を、フィルタ語音(実験 II-2)を用いることによ

り、両耳融合現象を検討した。

CNV 測定において、当初加算回数を実験 I では 20 回、実験 II-2 では 15 回と考えていたが、10~15 回の加算でも十分に CNV は出現するので、被検者の疲労、検査時間の短縮を考え合わせ、加算回数を click 音刺激では 15 回、フィルタ語音刺激では 10 回とした。

## 2. 1 kHz filterd click 音による両耳加重現象について

1 kHz filterd click 音にて単耳刺激、両側同時刺激を行い CNV 閾値を測定した。伊藤ら<sup>19</sup> は、トーンバーストを用い心因性難聴の診断に CNV は有用であると報告している。また細田ら<sup>20,21</sup> は、CNV は心因性難聴の診断に有用であり、2 dB step で CNV 閾値測定可能と報告している。本実験においても、2 dB step にて測定し閾値を求めた。

両耳加重現象とは両側同時に同一刺激を与えることにより、頭蓋中央に音像を結ぶ場合である。

実験 I において、 $S_1$  に 1 kHz filterd click 音を用い右耳、左耳および両側同時刺激の CNV 閾値を測定した。明らかに両耳刺激の CNV 閾値の下降がみられた。単耳刺激の CNV 閾値から両耳刺激の CNV 閾値を引いた値、すなわち両耳聴で良くなった量(両耳聴効果)の各被検者の平均値は 4.0 dB~6.5 dB であり、全施行の平均値は 5.3 dB であった。一方、両チャンネル Mix 音による刺激では平均 4.8 dB の閾値下降が得られた。両側同時刺激ではこれより 0.5 dB 大きい値が得られた。Hirsh<sup>22</sup> は両側同時に純音を聞くと、その最小可聴閾値は全周波数について約 3 dB 下降すると報告している。太田<sup>1</sup> は両耳聴による閾値下降は、純音 250 Hz で 3.3 dB、1 kHz で 2.9 dB、4 kHz で 1.2 dB であると報告している。また、Causse & Chavasse<sup>23</sup> によると閾値付近では単耳両耳間の差は 3 dB であるが、35 dB SL 以上では loudness が 6 dB 増加すると報告している。一方、音の強さが倍になると音は 3 dB 強くなる。これを power summation と言う。両耳

聴閾値下降が 3 dB であることは、両耳聴には power summation が行われているのみで、特別な両耳聴効果はないとも言われていた。本実験では純音を使わず click 音を用いているが、両側同時刺激で平均 5.3 dB の閾値下降を得たことは、両チャンネル Mix 音による閾値下降の値を考慮しても、明らかに閾値下降は両耳加重現象によるものと言える。これは CNV 測定により、両耳の power summation である 3 dB よりはるかに大きい値を得たと言える。このことは自覚的検査である従来の聴覚心理実験では測定のみでなく、CNV を用いて他覚的に測定され得たことは、両耳聴効果が単なる power summation のみでないことを示唆する貴重な知見である。

### 3. 語音の両耳融合現象

#### 1) 検査語音の選定

CNV を利用して両耳融合現象を検討する際に、刺激に用いる語音を選定するために実験 II-1 を行った。

両耳融合検査を用いる検査音としては、フィルタを用いて歪語音を与え一側耳に高音域成分、他耳に低音域成分を与える方法と、時間的に交互に情報を与える、いわゆる periodically switched speech という方法が最も普通に用いられている<sup>2</sup>。本実験ではフィルタ語音による両耳融合現象を検討した。

林<sup>24</sup> は日本語語音の詳細な基礎実験の上に乗って 300 Hz~600 Hz と 1,200 Hz~2,400 Hz の band-pass フィルタ語音を用いて両耳融合検査を行った。太田<sup>25</sup> は 1,200 Hz, 1,700 Hz LP フィルタを用い、フィルタ語音明瞭度検査音表の試作を行っている。これらの過去の報告を考慮し、フィルタの周波数は 1,200 Hz, 1,700 Hz とし、一側耳の LP フィルタ語音、他耳に HP フィルタ語音を与える方法を選んだ。

実験 II-1 はフィルタ語音検査にて両耳融合現象が認められる率の高いフィルタ語音を選ぶことを目的とした。結果は Table 2 に示した通りである。単耳刺激は誤答し、両側同時刺激

では正答する率が高く、かつ単耳刺激の左右差の少ない単語を選んだ。両周波数とも、「べに」が単耳誤答両耳正答率が最も高く、1,200 Hz で60%、1,700 Hz で70%であった。これらの結果より 1,700 Hz の「べに」(70%)、「ばす」(45%)、「ひざ」(25%) を検査語音とした。また周波数の違いをみるために、「ばす」とほぼ同率である 1,200 Hz の「ぶし」(45%) と、コントロールとして単耳刺激のフィルタ語音検査の正答率が100%であった 1,700 Hz の「やま」を加えた。

#### 2) 両耳融合における CNV

実験 II-2 で、S<sub>1a</sub> にフィルタ語音 両側同時刺激、S<sub>1b</sub> に単耳刺激にて CNV を測定した。S<sub>1a</sub> はそのフィルタ語音の両耳融合現象をみるためであり、S<sub>1b</sub> はその対象となる施行である。本来 CNV は左右半球間で左右差はないが、言語、計算作業などでは左右差を認めると言われている<sup>7</sup>。本実験では両側同時誘導で記録しており、CNV 出現の判定は一侧の誘導でも出現していれば語音を認知していると考え、(+), (±)とした。

group 1~6 において、両側同時刺激ですべての施行において CNV が出現したが、S<sub>1b</sub> の単耳刺激においては CNV が出現しなかった。これは両側同時に与えられたフィルタ語音が両耳融合現象すなわち左右それぞれの耳から入った情報が中枢で融合され、CNV が出現したと考えられる。S<sub>1b</sub> で、Figure 5 に示したような CNV と同様の立ち上がりのある波形が認められる語音があった。この波形を CNV(±) と判定した。CNV(±) の出現する状態とは、被検者が与えられたフィルタ語音に対して有意味か無意味かを迷っている場合ではないかと考えた。

CNV とフィルタ語音検査の結果を組み合わせ、5段階の語音認知度を判定した。CNV には聴覚心理的要因の関与がないと考えられることから、CNV の結果を中心として、それにフィルタ語音明瞭度を加味して、語音認知度の順位を決めた。CNV が(+)でフィルタ語音検

査が○の組み合わせを、最もフィルタ語音の認知度が高いものとして〔1〕とした。両耳聴および両チャンネル Mix 音では全例〔1〕であったこと。このことは、両耳融合能の存在を CNV により明らかに証明したと言いうる。逆に CNV が(－)でフィルタ語音検査が×の組み合わせを最も認知度の低いものと考え、〔5〕とした。フィルタ語音の単耳刺激においては、「べに」では語音認知度はすべて〔5〕であり、「やま」では全て〔2〕であった。

Table 10 の結果から、今回の使用したフィルタ語音において LP 語音の方が HP 語音より認知されやすいと言えた。このことは Table 9 においても「ぶし」や「ひざ」で語音認知度〔2〕〔3〕が LP 語音に多いこと、〔4〕や〔5〕で HP 語音にやや多いことからもうなづける。また、言語の認知左右差をみるという報告もあるが、歪語音の認知では有意の差は得られなかった。

CNV の出現とフィルタ語音の周波数による関係を調べるために、1,700 Hz の「ばす」と明瞭度のほぼ等しい 1,200 Hz の「ぶし」を用いて CNV を比較した (Table 4, 6)。両耳聴では CNV はいずれの周波数でも全例に出現し、単耳刺激では CNV(±)は group 1~6 の 30施行中、1,700 Hz「ばす」で11回、1,200 Hz「ぶし」で12回であった。両語音間には両耳、単耳刺激の CNV の出現の差は認められなかった。CNV の反応の出現にはカットオフ周波数ではなくて、そのフィルタ語音の明瞭度が関係していると言える。

#### 4. 本検査の意義

CNV はすでに述べたように、S<sub>1</sub> に音刺激を用いることにより他覚的聴力検査として利用できることと報告されている。この特徴を考慮し、今回の実験では CNV を利用して両耳加重現象、融合現象について検討した。

両耳加重現象については実験 I の結果より CNV の閾値上、1 kHz filterd click 音にて平均 5.3 dB の下降が認められ、加重現象を証明し得たと言える。

両耳融合現象は実験 II-2 の結果より証明し得たと言える。単耳刺激において CNV(±)をどのように解釈するかが重要である。ただ単に語音認知を迷っているのか、それとも他に何か要因があるのか判別するのは困難である。今回の実験で、もし S<sub>1b</sub> でも認知しているなら、S<sub>2</sub> を与えた場合 CNV は出現する可能性は十分に有り得る。このことは語音認知を考える上で重要であり、今後の研究課題と言える。

また、Figure 7 で述べたように CNV(±)とフィルタ語音検査(○)の間には差が生じており、語音認知に関しては CNV の方がフィルタ語音検査より鋭敏であると言える。

## 結 論

両耳聴効果を聴覚心理的な要因を含まない方法での科学的な研究は、いまだ報告されていない。今回 CNV を用いて両耳聴効果を検討し、他覚的に両耳聴閾値の下降、フィルタ語音の両耳融合を明らかにした。このことは中枢性聴覚障害の他覚的検査として、この方法を用いる可能性を示したものである。しかし臨床の場において中枢性聴覚障害を取り扱う場合、患者の精神状態、左右耳の聴力差などの問題の他、患者で CNV がどの程度安定して記録できるかという問題も大きく影響してくる。これらの問題を解決して、本法を臨床において用い得れば、多くの新知見を得ることが期待される。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、御指導ならびに御校閲を賜った太田文彦教授に深甚なる謝意を捧げます。また終始御助言、御指導いただきました村田清高助教授をはじめ、御援助いただきました耳鼻咽喉科学教室員各位に心から感謝致します。

尚、本論文の一部は日本耳鼻咽喉科学会大阪地方連合会第238回例会 (1991年9月) において発表した。

## 文 献

1. 太田文彦. 両耳合成能と両耳分離能. 日耳鼻. 1966; 69: 補3: 27-50.
2. 太田文彦編, 脳と聴覚障害. 東京: 篠原出版, 1981.

3. 佐藤恒正, 鰐原 勇, 5. 両耳の聞こえ, 神経耳科学 I. 時田 喬, 鈴木淳一, 曾田豊二編, 東京: 金原出版, 1985.
4. Walter WG, Cooper R, Aldridge VJ, McCullum WC, Winter AL. Contingent negative variation: An electric sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain. *Nature* 1964; 203: 380-384.
5. 佐藤恒正, 第24章 contingent negative variation, CNV. 船坂宗太郎, 大西信治郎編. 聴性脳幹反応. 東京: メジカルビュー社, 1987; 393-399.
6. 下河内稔. 事象関連電位(Ⅲ). 臨床脳波 1981; 23: 809-818.
7. 中村道彦, 福居義久, 門林岩雄, 加藤伸勝. Contingent negative variation. *神経進歩* 1979; 23: 370-385.
8. Burian K, Gestring GF, Heider M. Object speech audiometry? *Int Audiol* 1969; 8: 387-390.
9. Burian K, Gestring GF, Gloning K, Heider M. Object examination of verbal discrimination and comprehension in aphasia using the contingent negative variation. A pilot study. *Audiology* 1972; 11: 310-316.
10. Brix R, Burian K. The objectivation of discrimination ability. Further investigations. *Audiology* 1973; 12: 481-487.
11. Prevec TS, Loker J, Cernelc S. The use of CNV in audiometry. *Audiology* 1974; 13: 447-457.
12. Prevec TS, Ribaric K. Improved contingent negative variation audiometry. *Audiology* 1980; 19: 457-468.
13. Prevec TS, Ribaric K, Butinar D: Contingent negative variation audiometry in children. *Audiology* 1984; 23: 114-126.
14. 佐藤恒正, 後藤 平, 安達敏彦. CNV の聴力検査への応用 (その2). *Audiology Jpn* 1975; 18: 387-388.
15. 佐藤恒正, 後藤 平, 安達敏彦. CNV の臨床的応用. *Audiology Jpn* 1976; 19: 29-40.
16. 佐藤恒正. 聴覚失認—語音弁別能の障害—. *精神医学* 1983; 25: 363-371.
17. 後藤 平, 安達敏彦, 宇都宮敏男. 健常者および言語障害患者における文認知能力の脳波による検査. —特に文刺激による大脳誘発反応の late positive component と CNV について—. *臨床脳波* 1979; 21: 375-383.
18. Peters LF, Knotti JR, Miller LH, Van Veen WJ, Cohen SI. Response variables and magnitude of the contingent negative variation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1970; 29: 608-611.
19. 伊藤真郎, 細谷 睦, 広川剛夫, 佐藤恒正. CNV の臨床的応用—特に心因性難聴に対する診断的意義—. *耳鼻咽喉* 1981; 53: 21-26.
20. 細田泰男, 牛呂公一, 熊沢忠躬: 機能性難聴についての検討—CNV 聴力検査を用いて—. *Audiology Jpn*. 1988; 31: 264-269.
21. 細田泰男, 牛呂公一, 投石保広, 下河内稔. CNV を用いた聴力測定による信頼性の検討. *Audiology Jpn* 1989; 32: 763-772.
22. Hirsh IJ: Binaural summation—A century of investigation. *Psychol. Bull.* 1948; 45: 193. *神経耳科学 I*. 時田 喬, 鈴木淳一, 曾田豊二編, 東京: 金原出版, 1985. 432頁より引用.
23. Causse R and Chavasse P: Different l'ecoute binaurculaire et monaurculaire pour la perception des intensite's supraliminaire. *CR Soc Biol. Paris.* 1942; 136: 405. *神経耳科学 I*. 時田 喬, 鈴木淳一, 曾田豊二編, 東京: 金原出版, 1985. 432頁より引用.
24. Hayasi R. Binaural fusion test: a diagnostic approach to the central auditory disorders. *耳鼻臨床* 1965; 58: 557-577.
25. 太田文彦, 文殊敏郎, 東辻英郎, 上田幹夫. フィルタ語音明瞭度検査用語表の試作. *Audiology Jpn*. 1974; 17: 140-147.