

聴覚障害者の電話使用時における聴取改善のための基礎的検討

中 川 辰 雄 横浜国立大学教育人間科学部教授

1 はじめに

一般に片耳に比べ両耳で聴取する効果として、方向感の改善やラウドネスの増加、それに SN 比の向上等が聴力正常者を対象に報告されている。その他に、雑音中での単語の聞き取り成績が改善されたり、音質が向上すること等も報告されている。それらを象徴する日常経験する出来事として「カクテルパーティー効果」がある。

補聴器のフィッティングでは、聴力の保存という考えから片耳装用が原則のように行われた時があったが、最近の傾向としては片耳装用よりも両耳装用を勧めることが一般化している。片耳に比べ両耳に補聴器をフィッティングする効果の報告が聴覚障害者を対象になされてきた。例えば、Mueller and Jerome(1981)は片耳補聴している群と両耳補聴している群に分けて語音明瞭度の比較を行った。Balfour and Hawkins(1992)は両耳から音を提示した時と片耳から音を提示した場合で、音質判断に違いがあるかどうかを調べた。Silman, Gelfand and Silverman(1984)は両耳の平均聴力レベルと語音明瞭度の値が同じ人で、片耳だけに補聴器を装用している人を対象にして、非装用耳の語音明瞭度の変化を調べた。Byrne, Noble and LePage(1992)は片耳補聴している群と両耳補聴している群に分けて音源定位能力を比較した。これらの報告はいずれも両耳装用が片耳装用よりも優れていると異口同音に報告されたものである。

一方、両耳聴が単耳聴よりも必ずしも良くなかったとする症例報告は比較すると数は少ないが、Jerger, Silman, Lew, and Chmiel(1993)は両耳干渉がその原因にあるのではないかと考察している。最近になって、人工内耳の両耳手術や人工内耳と補聴器を両耳に装用する聴覚障害者が増加するにつれて(富澤, 木下, 加藤, 2004)、両耳効果と両耳干渉の問題が注目されている(Ching, van Wanrooy, and Dillon, 2007)。

本研究は、聴覚障害児の補聴器や人工内耳による音声コミュニケーションの促進を図るために、片耳からの聴取と両耳による聴取成績の比較を行い、聴覚障害児に有効な補聴条件を実験的に明らかにすることを目的としている。具体的には、両耳統合検査から、単耳聴よりも両耳聴が有利になる条件とは、両耳分離検査から、単耳聴より両耳聴が不利になる条件とはについて明らかにすることを目的とする。

2 方法

2-1 対象

表 1 に今回の検査で対象とした 19 名の児童・生徒について、補そう具の種類(補聴器、人工内耳)と平均聴力レベル(dB, HL)を左右耳別に示した。

表 1. 被検査者の左右耳別の補そう具の種類と平均聴力レベル (dB, HL)

検査児	補そう具の種類		平均聴力レベル	
	右耳	左耳	右耳	左耳
S1	補聴器	補聴器	38	93
S2	なし	なし	43	45
S3	人工内耳	なし	120	104
S4	補聴器	補聴器	42	42
S5	補聴器	補聴器	59	50
S6	補聴器	人工内耳	97	113
S7	補聴器	補聴器	78	59
S8	補聴器	補聴器	90	90
S9	補聴器	補聴器	73	72
S10	なし	補聴器	スケールアウト	88
S11	補聴器	補聴器	105	104

S12	補聴器	補聴器	98	98
S13	人工内耳	補聴器	スケールアウト	98
S14	補聴器	なし	45	40
S15	補聴器	補聴器	70	70
S16	補聴器	補聴器	60	58
S17	なし	補聴器	95	41
S18	補聴器	補聴器	50	50
S19	補聴器	補聴器	45	40

2-2 手続き

両耳統合と両耳分離の二種類の聴取課題を設けた。被検査者は補聴器や人工内耳を普段の状態にして、ヘッドホン(PFR-V1, SONY 製)を装着し、左右のスピーカからランダムに提示される単語が何であったかを口頭で答えた。提示レベルは検査の前にそれぞれの語音の平均の提示レベルに相当する RMS で録音されている 1kHz のウォーブルトーンがそれぞれの耳で快適に聞こえるレベルとした。その値は補聴器のマイク面で 65～70dB(SPL)であった。

(1) 両耳統合検査

刺激音は表 2 に示す学校でよく用いる三音節単語(学校用語と呼ぶ)20 個を用いて、デジタルフィルタによって低周波数領域と高周波数領域に分離した。遮断周波数は 1.3kHz、減衰特性はオクターブ 36dB であった。なおそれぞれの語音をフィルタによって切り出した後の音の提示レベルの調整は行わなかった。

聴取条件を全部で 6 条件設けた。単耳聴の条件では、右耳から低周波数領域のみを提示した条件と、高周波数領域のみを提示した条件、左耳から低周波数領域のみを提示した条件と、高周波数領域のみを提示した条件であった。両耳聴の条件では、右耳から低周波数領域を左耳から高周波数領域を同時に提示する条件と、その逆で右耳から高周波数領域を左耳から低周波数領域を同時に提示する条件であった。検査に入る前に、各条件下における聴取練習を行い課題の理解を図った。

表 2. 検査に用いた 20 個の学校用語

ピアノ、みずぎ、たいそう、かいだん、てつぼう、えんびつ、えのぐ、すなば、こくばん、わゴム、タイヤ、つくえ、クレヨン、ブランコ、すいとん、はさみ、バケツ、えんそく、たいこ、なふだ
--

(2) 両耳分離検査

刺激音は両耳統合検査と同じで 20 個の学校用語を用いた。雑音には 6 名の成人男女が異なる内容の本を一斉に読む「マルチトーカーノイズ」を用いた。提示の条件は大きく二つに分かれている。信号となる学校用語と雑音がミキシングされて左右どちらか一方の耳から提示される融合条件と、信号と雑音が別々に左右のスピーカから提示される分離条件である。それぞれの条件に対して SN 比を +3, 0, -3, -6 の 4 条件を設けた。なお SN 比の設定については、それぞれの単語の波形全体の平均 RMS 値を計算で求めて、雑音の提示レベルを調整することによって行った。

3 結果

19 名の被検査者の結果を、左右の平均聴力レベルと補聴器の装用状態によって整理した。

3-1 左右の平均聴力レベルが 90dB 以下で、補聴器を両耳装用している 9 名

図 1 と図 2 は 19 名の中から左右の平均聴力レベルが 90dB 以下で、両耳に補聴器を装用している 9 名の両耳統合検査と両耳分離検査の結果をそれぞれ示している。

図 1 より 1 名(S7)を除き両耳聴の状態では 10 個の学校用語に対してほぼ 100%の正解率であった。一名の被検査児については、ハイパス条件よりもローパス条件の方が正答数が多かったが、正答数に左右耳の差は見られなかった。

図 2 より全体的に SN 比が低下するに従って、信号と雑音を分離して提示する条件に比べて融合する条件において、正答数が低下する傾向が見られた。S4 や S8 の被検査者については、SN+3 から SN-3 までは分離と融合に差がほとんど見られなかったが、SN-6 の条件で両者に違いが大きく見られ、他の 7 名の被検査者と同じように分離に比べて融合の方が正答数が低下した。両耳統合検査で正答数の低かった S7 については正答数が

少ないながらも、他の被検査者と同じように分離に比べて融合の方が正答数が少なかった。

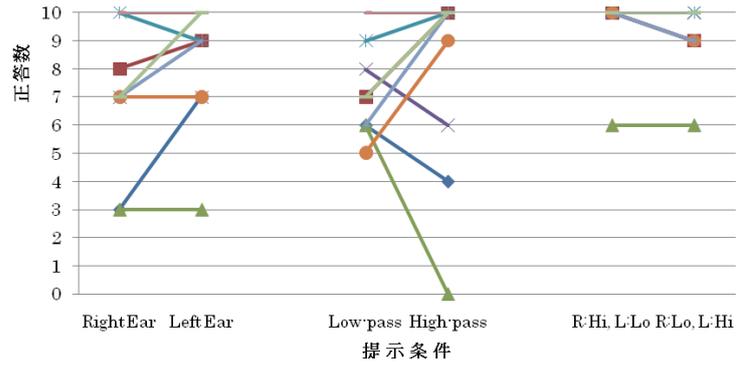


図 1. 9名の両耳統合検査の結果

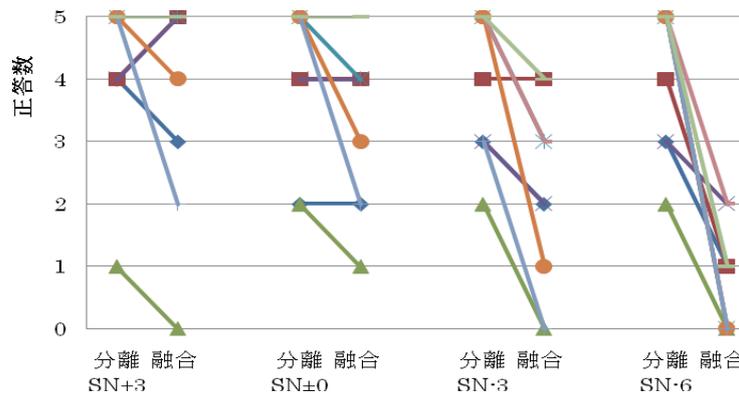


図 2. 9名の両耳分離検査の結果

3-2 左右の平均聴力レベルが 90dB よりも大きくて、補聴器を両耳装用している 2 名

図 3 と図 4 は左右の平均聴力レベルが 90dB よりも大きくて、両耳に補聴器を装用している 2 名の両耳統合検査と両耳分離検査の結果をそれぞれ示している。図 3 より S12 は右耳からハイパス、左耳からローパス条件の方が逆の条件よりも正答数が多かった。図 4 より雑音に加わると、どの SN 比の条件についても正答数が 0 に低下することが見られた。一方、S11 は雑音の有無にかかわらず単語の正答数が 0 であった。

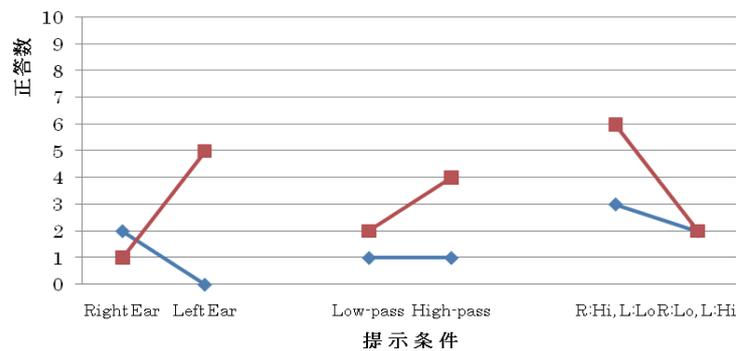


図 3. 補聴器を両耳装用の 2 名の両耳統合検査の結果

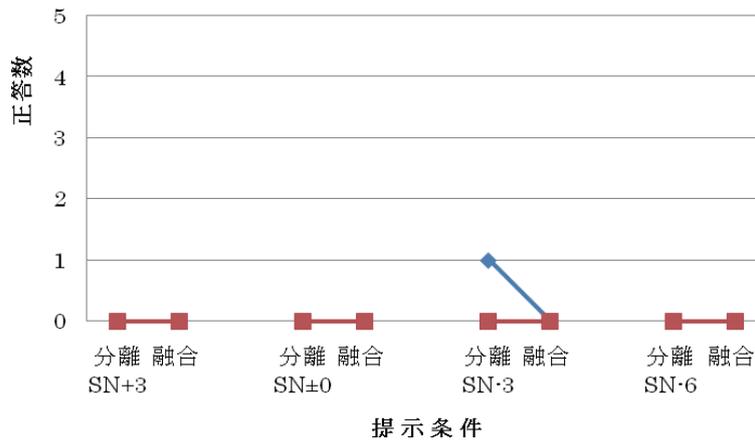


図 4. 補聴器を両耳装用の 2 名の両耳分離検査の結果

3-3 左右の平均聴力レベルが 90dB よりも大きくて、補聴器と人工内耳を両耳に装用している 2 名

図 5 と図 6 は左右の平均聴力レベルが 90dB よりも大きくて、両耳に補聴器と人工内耳を装用している 2 名の両耳統合検査と両耳分離検査の結果をそれぞれ示している。図 5 の両耳統合検査からは、S6 は左に人工内耳を装用しているが、左にハイパス、右にローパス条件で聴取した方が逆の条件よりも正答数が多かった。単耳聴の条件ではいずれも正答数が 0 であった。一方、S13 も単耳聴の正答数は 0 であったが、両耳聴ではどの聴取条件でも正答数に極端な差は見られなかった。いずれの被検査者も雑音を加えた検査では正答数が低下し、S6 は S13 に比べて SN 比が低下した条件で分離と融合との差が大きかった。

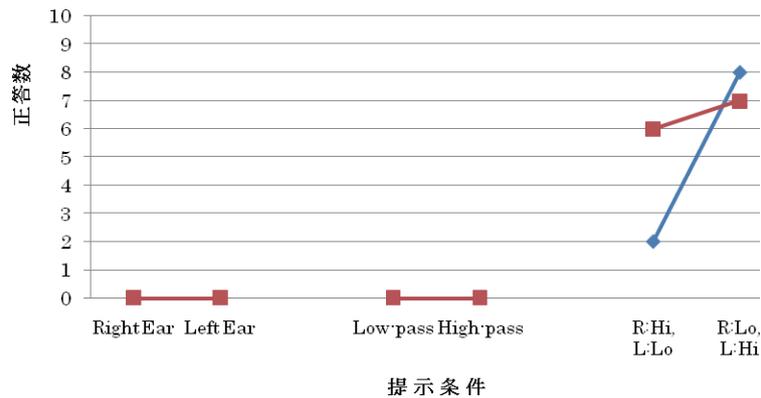


図 5. 補聴器と人工内耳装用の 2 名の両耳統合検査の結果

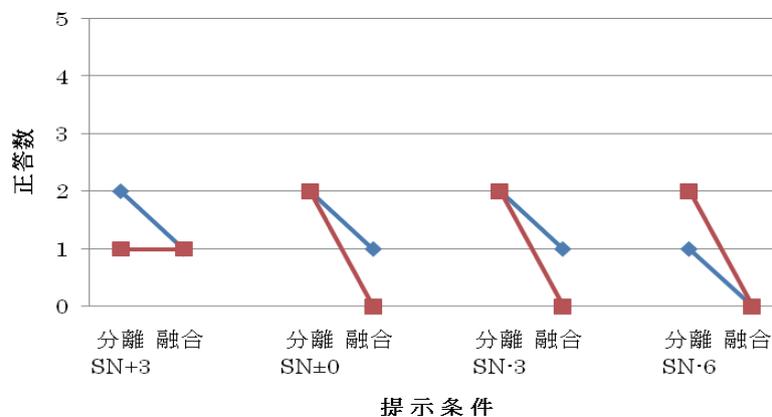


図 6. 補聴器と人工内耳装用の 2 名の両耳分離検査の結果

3-4 左右耳の聴力差が大きいか、片耳に人工内耳か補聴器のどちらか一つを装着している 5 名

図 7 と図 8 は左右の平均聴力レベルに大きな差があるか、片耳に補聴器か人工内耳のどちらか一つを装着している 5 名の両耳統合検査と両耳分離検査の結果をそれぞれ示している。図 7 より補聴器か人工内耳を装着している耳の方が補そう具を装着していない耳より S3 を除いて正答数が増加する傾向が見られた。S1 はローパス条件がハイパス条件よりも、逆に S3 と S17 はハイパス条件がローパス条件よりも正答数が多かった。S14 については単耳聴より両耳聴の方が正答数が増加したが、有意なフィルタ条件は特定できなかった。S17 は両耳聴の時の右耳にローパスを左耳にハイパスで聴取した時の方が、右耳にハイパスを左耳にローパスで聴取した時に比べて正答数が増加した。S10 については正答数が少なく有意なフィルタ条件は認められなかった。

図 8 から、S10 については雑音を付加するといずれの SN 比の条件でも正答数が 0 になった。一方、S3 については両耳統合検査の両耳聴で正答率が 100%であったが、雑音を付加すると正答数がほとんどの条件で 0 に低下した。S14 と S17 は融合に比べて分離の方が正答数が増加する傾向が見られたが、S1 については SN 比が +3 から -3 において分離に比べて融合の方が正答数に増加が見られた。

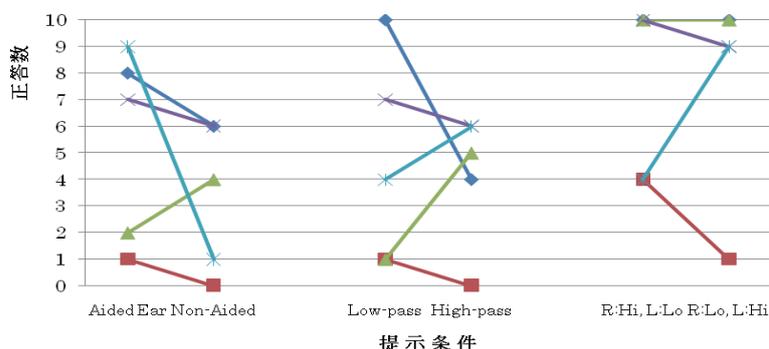


図 7. 5 名の両耳統合検査の結果

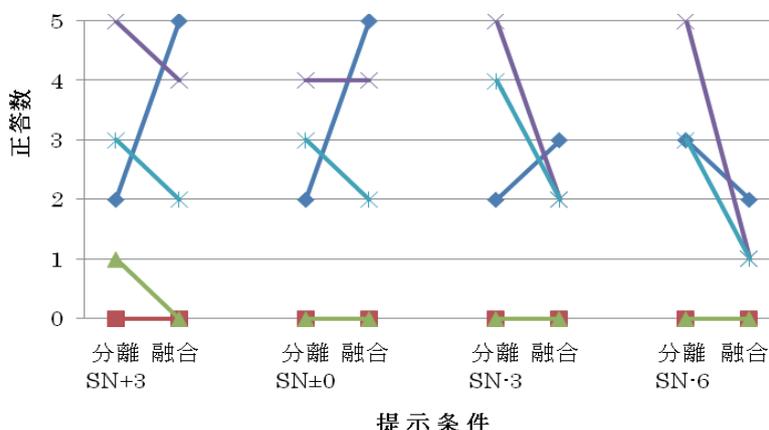


図 8. 5 名の両耳分離検査の結果

3-5 補聴器を装着していない 1 名

図 9 と図 10 は補聴器を装着していない聴覚障害児 1 名 (S2) の両耳統合検査と両耳分離検査の結果をそれぞれ示している。図 9 から単耳聴でも両耳聴でもまた、ローパスでもハイパス条件でもほぼ単語の正答率が 80% 以上で、提示条件の差は見られなかった。図 10 から SN 比が低下するに従って分離と融合の提示条件間に差が生じ、特に SN-6 の条件では融合において正答数が半分以下に低下した。

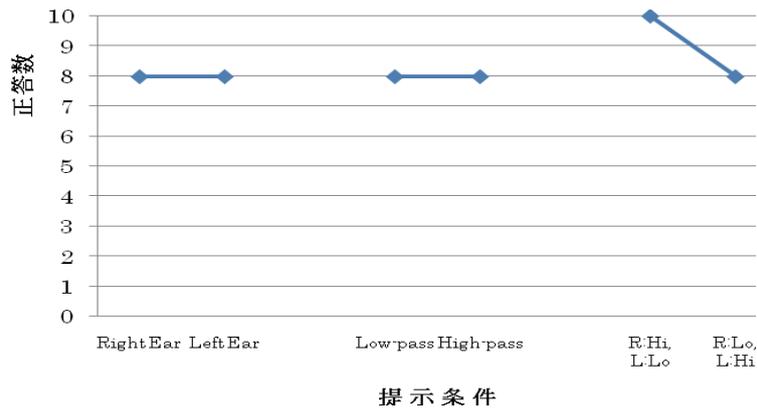


図9. 補聴器を装用していない1名の両耳統合検査の結果

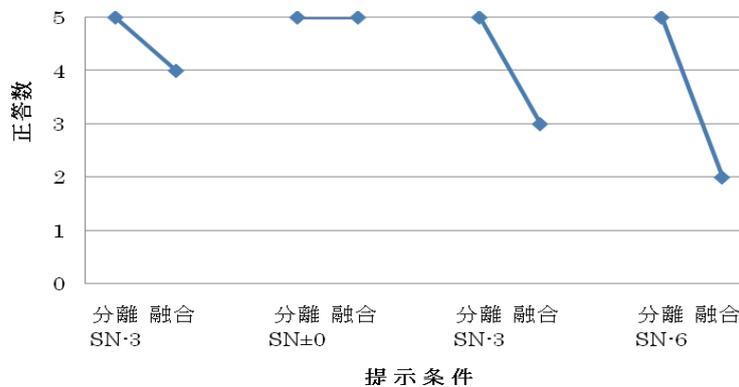


図10 補聴器を装用していない1名の両耳分離検査の結果

4 考察

4-1 両耳統合検査から、単耳聴よりも両耳聴が有利になる条件とは

刺激音に学校用語と呼ばれる20個の熟知単語を用い、デジタルフィルタによって低周波数領域と高周波数領域に分離して左右耳に提示し、単耳聴と両耳聴による識別成績を比較した。補聴器を装用していない1名は聴力が43~45dB(HTL)と軽度で、単耳聴、両耳聴とも80%以上の正答率を示しており、正常な聴力を持つものと同様な成績を示しているのではないかと考えられる。左右耳の平均聴力レベルが90dB以下で、補聴器を両耳装用している場合は1名の被検査児を除いて、両耳聴における成績が単耳聴に比べて同等か勝っており、また単耳聴における成績のばらつきが両耳聴ではほとんどなくなっていることから両耳統合が行われているものと考えられる。両耳の平均聴力レベルが90dBよりも大きくなると、単語の識別成績が50%以下に低下した。両耳聴の方が単耳聴に比べて成績が必ずしも向上するわけではなく、補聴耳やローパスやハイパスの提示条件によって違いが見られた。これは両耳に補聴器を装用していても、両耳に提示された音韻情報を必ずしも効果的に統合できないことを示しているものと考えられる。一方、補そう具として人工内耳と補聴器を両耳に装用する場合は、それぞれの耳にローパスあるいはハイパスした熟知単語を単耳聴した場合は全く識別できなかったが、両耳聴する場合に限って成績が向上した。S13の被検査児については両耳聴の二つの聴取条件間に差がほとんどなかったことから人工内耳と補聴器という異種の補そう具間による音韻情報が両耳統合されている可能性が考えられる。しかしS6については、右耳にローパス、左耳にハイパスの語音を提示した方がもう一方の提示条件よりも明らかに成績が良く、両耳統合によって成績が向上したとは考えにくい。すなわちこの被検査者は左耳に人工内耳を装用しており、そちらに右側から提示したローパスした語音も入ったために成績が向上したのではないかと思われる。

左右の平均聴力レベルに大きな差があるか、片耳に補聴器か人工内耳のどちらか一つを装用している5名

の結果について、補聴器か人工内耳を装着している耳の方が補そう具を装着していない耳より S3 を除いて正答数の増加が見られた。片耳に人工内耳を装着している S3 と片耳に補聴器を装着している S17 はハイパスの条件で、それに対して片耳に補聴器を装着している S1 はローパス条件でそれぞれ正答数が多かったのに対して、他の 2 名にはフィルタ条件による正答数の大きな違いは見られなかった。その中で S14 は補聴器の装着耳も非装着耳も平均聴力レベルが同程度の 45dB 以下で、両耳聴の方が単耳聴よりも正答数が多かったが、学校用語を提示したレベルから考えて両耳聴が成立している可能性があり音韻情報の両耳統合が行われていたのではないかと考えられる。一方、S3 は両耳聴条件下での正答率が 100%であったが、これは人工内耳を装着している耳に反対側から提示されたローパスあるいはハイパスされた語音が陰影聴取されたために、単耳聴と両耳聴で成績に差がでたのではないかとと思われる。

4-2 両耳分離検査から、単耳聴よりも両耳聴が有利になる条件とは

刺激音は両耳統合検査と同じで 20 個の学校用語を用い、雑音には「マルチトーカーノイズ」を用いて、両者がミキシングされて左右どちらか一方の耳から提示される融合条件と、それらが別々に左右のスピーカから提示される分離条件を設定した。それぞれの条件に対して、SN 比を+3, 0, -3, -6 の 4 条件を設けて識別検査を行った。その結果、補聴器を装着していない 1 名は SN 比が低下するに従って分離と融合の提示条件間に差が生じ、一般に融合の提示条件下の単語の聴取に困難性が見られた。左右耳の平均聴力レベルが 90dB 以下で補聴器を両耳装着している場合も同様の傾向が見られた。しかし、両耳の平均聴力レベルが 90dB よりも大きくなると、分離と統合の提示条件間に差がなくなり、両条件とも正答数が 0 に低下した。また、補そう具が人工内耳と補聴器を両耳に装着する場合は、融合条件ではほとんど正答数が 0 で変わらなかったのに対して、分離条件で正答数にわずかながら向上が見られた。これは分離条件下における人工内耳が補聴器よりも語音の識別において効果的に働いたからではないかと思われる。

左右の平均聴力レベルに大きな差があるか、片耳に補聴器か人工内耳のどちらか一つを装着している 5 名の結果について、S10 と S3 は正答数がどの条件でもほぼ 0 であった。これは両耳の聴力レベルが 90dB 以上であることと、補そう具を装着している片耳から刺激音も雑音も一緒に入力したため分離することが困難であったからではないかと考えられる。S14 は片方だけに補聴器を装着していたが、両耳の平均聴力レベルが 40~45dB と比較的良く、両耳からの刺激音と雑音を聴取することが可能で、刺激音と雑音の分離が可能であったからではないかと思われる。一方、S1 と S17 は左右耳の平均聴力レベルの差が大きく、良聴耳が 90dB 以下であったために、分離と融合の条件において、両者の中間的な成績が得られたのではないかと考えられる。

4 おわりに

本研究は両耳統合検査と両耳分離検査から両耳処理能力を比較して、聴覚障害児に有効な補聴条件を明らかにすることを目的として行われたものである。一連の検査から、平均聴力レベルが 90dB 以下で両耳に聴力差が少ない場合は、両耳補聴をすることによって、左右からの音響情報の統合が起こり、信号と雑音が異なる場所から提示される場合、両者を分離して聴取することによって良好な語音識別成績が得られることがわかった。しかし、ごく一部に語音識別の低下した症例が見られたことは特筆される。一方、平均聴力レベルが 90dB よりも大きい場合は、補聴器を両耳装着するよりも人工内耳と補聴器を装着した方が分離した騒音の中の語音の識別成績は良好であったが、この二つの検査から両耳処理が効果的に行われている症例を見出すことはできなかった。人工内耳を両耳装着することによってさらに成績が向上するかどうかについては否定的な見解もあるが、今後の検討課題であろう。それに対して、両耳の聴力差が大きく補そう具を片耳だけにしか使用していない場合は、雑音下の聞き取りの困難性が予測されるので、良聴耳にもう一方の耳から音を入力する特別な聴取援助装置(ALD)の装着を考える必要があるかも知れない。

今回の調査から両耳の平均聴力レベルが 90dB 以上の 1 名の被検者で、中川(1996)や村瀬ら(2005)が指摘する両耳に提示する刺激音のフィルタ条件によって単語の正答数に差があるものが見られた。しかし大多数の被検者からはその傾向が認められなかった。この点については症例数を増やして今後検討していきたい。

【引用文献】

- [1] Mueller, H.G. and Jerome, J. Performance-intensity functions as a predictor for binaural amplification. *Ear and Hearing*, 2, pp.

211–214, 1981.

- [2] Balfour, P. and Hawkins, D. A comparison of sound quality judgments for monaural and binaural hearing aid processed stimuli. *Ear and Hearing*, 13, pp. 331–339, 1992.
- [3] Silman, S., Gelfand, S. and Silverman, C. Late-onset auditory deprivation effects of monaural versus binaural hearing aids. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 76, pp. 1357–1362, 1984.
- [4] Byrne, D., Noble, W. and LePage, B. Effects of long-term bilateral and unilateral fitting of different hearing aid types on the ability to locate sounds. *Journal of American Academy of Audiology*, 3, pp. 369–382, 1992.
- [5] Jerger, J., Silman, S., Lew H. L., and Chmiel, R. Case studies in binaural interference: Converging evidence from behavioral and electrophysiological measures. *Journal of American Academy of Audiology*, 4, pp. 122–131, 1993.
- [6] 富澤晃文, 木下真理, 加藤大典. “人工内耳と補聴器を併用した聴覚障害児の聴取様態、両耳融合の観点から”, *Audiology Japan*, 47, pp. 617-623, 2004.
- [7] Ching, T. Y. C., van Warooy, E., and Dillon, H. Binaural-bimodal fitting or bilateral implantation for managing severe to profound deafness: A review. *Trends in Amplification*, 11, pp. 161-192, 2007.
- [8] 中川辰雄, 菅原廣一, 吉野公喜. “両耳融合による両耳補聴効果の評価の試み”, *Audiology Japan*, 39, pp.397-398, 1996.
- [9] 村瀬敦信, 坂本修一, 中島史絵, 鈴木陽一, 川瀬哲明, 小林俊光. “両耳分離聴が高齢者の音声明瞭度に与える影響”, *Audiology Japan*, 48, pp. 59-64, 2005.

〈 発 表 資 料 〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
両耳統合と分離課題による聴覚障害児の装用下の両耳処理の評価	信学技法・電子情報通信学会	2009年3月5日
Evaluation of Aided Binaural Processing in Children with Hearing-Impairment by Binaural Integration and Segregation Tasks	International Symposium on Audiology and Auditory Perception	2009年8月27日