

両耳分離聴が高齢者の音声明瞭度に与える影響

村瀬 敦信^{1,3)}, 坂本 修一¹⁾, 中島 史絵¹⁾

鈴木 陽一¹⁾, 川瀬 哲明²⁾, 小林 俊光²⁾

¹⁾東北大学電気通信研究所/大学院情報科学研究科

²⁾東北大学大学院医学系研究科耳鼻咽喉・頭頸部外科学分野

³⁾松下電器産業株式会社

要旨：感音難聴者では周波数選択性，時間分解能が低下する。特に周波数選択性の低下が生じると，低周波数帯域成分による高周波数帯域成分のマスキング（上向性マスキング）の影響が増大することが予想される。これに対する補聴処理として，入力音声を周波数軸上で左右耳に分割し提示する両耳分離補聴がある。本論文では先行母音による後続子音へのマスキングの低減を目的として，先行母音のホルマント周波数を考慮した2帯域分割両耳分離補聴の効果を検討した。分割周波数および騒音付加条件を変えた場合の明瞭度の変化を分析した結果，先行母音が/u/である女声 VCV 音節を用いた明瞭度試験において，（1）/u/のホルマント F1 と F2 の間となる800Hz で分割した場合，明瞭度が改善される（2）騒音付加による S/N の変化により明瞭度に変化し，騒音が少ない環境下で明瞭度の向上効果が高いことがわかった。

－キーワード－

両耳分離聴，感音難聴，上向性マスキング，音声明瞭度

はじめに

感音難聴耳では周波数選択性や時間分解能などの聴覚特性が低下する。特に周波数選択性の低下が生じると，低周波数帯域成分による高周波数帯域成分へのマスキング（上向性マスキング）の影響が増大すると予想される。この上向性マスキングの影響の低減を目的として，周波数スペクトル上の山谷のコントラストを強調する方法¹⁾や，臨界帯域幅毎に中心周波数方向へ帯域を圧縮する方法²⁾などいろいろな補聴方式が提案されている。その一つとして，入力音声を周波数軸上で相補的に分割し，左右耳に別々に振り分け提示する両耳分離補聴（Dichotic 受聴）方式が提案されている。この方法は，入力音とその音の上向性マスキングの影響を受ける周波数帯域を左右耳に分けて提示することで，周波数帯域間のマスキングを軽減し，両耳合成能を用いることで明瞭な

音声の聴取を可能とする方法である。実際に，2帯域分割³⁾から臨界帯域幅に即した18帯域分割^{4,5)}などが試みられ，いくつかの例では，有効性も示されている。しかし，両耳分離補聴については分割周波数や帯域幅などの最適な分割条件，あるいは騒音環境下での効果などについて，先行研究でも見解が一致していない点も多く，まだ十分明確になっていない。

本研究では，通常音声で最も強い成分である第1ホルマントに着目し，それによるマスキングが，高次ホルマントや後続子音に与える影響を両耳分離補聴によって低減させたときの効果について調べることとした。そのため，第1次ホルマント成分と他成分の分離を目的とした2帯域分割に限定して検討を行うこととした。そして，分割周波数と騒音付加のレベルとを変化させた条件下において VCV 音節明瞭度の変化を調べ，ホルマントを考慮した最適な分割帯域について検討した。

表1 症例データ

症例	性別	年齢	MCL [dBA]	平均聴力レベル (4分法) (L,R) [dB]
A	女	69	60.0	(37.5, 32.5)
B	男	64	70.0	(41.3, 46.3)
C	女	66	76.0	(53.8, 52.5)
D	男	71	76.5	(61.3, 71.3)

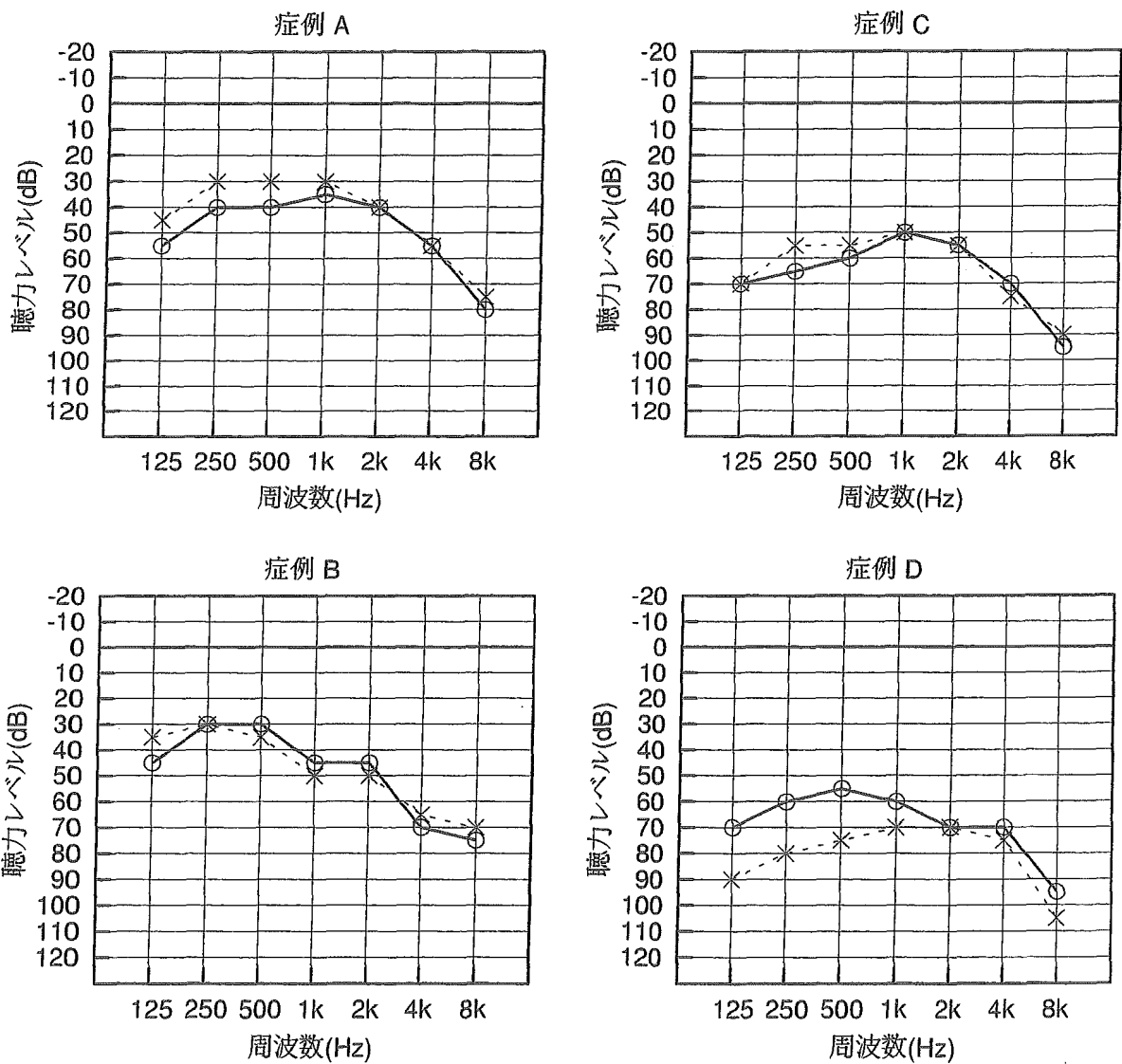


図1 オーディオグラム

対 象

対象は60歳以上の感音難聴者4名(男性2名, 女

性2名, 64~71歳)である。どの症例も日常的に補聴器を使用していない。4症例のデータを表1に、オーディオグラムを図1に示す。

表2 両耳分離補聴処理分割パターン

パターン	左	右	遮断周波数 [kHz]
Diotic	APF	APF	-
Diotic-6dB	APF	APF	-
Dichotic 0.8	LPF	HPF	0.8
Dichotic 1.6	LPF	HPF	1.6

表3 騒音付加条件

条件	騒音の種類	S/N[dB] (L_{Aeq})	S/N[dB] (L_{eq})
quiet	-	-	-
speech 4dB	擬似音声 スペクトル騒音	4.0	4.0
speech 0dB	擬似音声 スペクトル騒音	0.0	0.0
road 4dB	高速道路走行時の車室内 騒音	4.0	-12.7
road 0dB	高速道路走行時の車室内 騒音	0.0	-16.7

方 法

分割周波数および騒音付加条件を変えた場合の明瞭度の変化について音声明瞭度実験を実施した。

実験は東北大学電気通信研究所内の防音室で行った。音声刺激は先行母音が/u/で始まり、後続音が拗音を除く67音節のVCV音67個である。これらの刺激音を、発話訓練の経験のある女性1名に発声させ、サンプリング周波数48kHzで収録したものを使用した。両耳分離補聴処理受聴条件(Dichotic)では、分割周波数として/u/のF2の下限および上限⁷⁾となる0.8, 1.6kHzの2種類を設定し、VCV音を高域通過フィルタ(HPF)、低域通過フィルタ(LPF)により2帯域に分割した。通常の両耳聴受聴条件(Diotic)では前記HPFおよびLPFの代わりに全域通過フィルタ(APF)を用いた。ここでラウドネスの両耳加算効果を考えると、両耳に同じ音を与えたときの音の大きさは、各耳に与えた音の音圧レベルを約6dB高くしたものを片耳で聴いた場合の音の大きさと等しくなることが知られている⁸⁾。そこで、刺激音のラウドネスをDichoticとほぼ等しくすることを目的として、レベルを6dB低くしたパターン(Dichotic-6dB)を加えた。

また、騒音付加条件として、擬似音声スペクトル雑音⁹⁾と高速道路走行時の車室内騒音の2種類を設定した。S/NはそれぞれA特性を通した条件で4dB, 0dBとなるよう調整した。

これらの音声を、ヘッドホン(Sennheiser HDA-200)で聴取者に提示した。刺激の提示音圧は聴取者ごとのMCL(Most Comfortable Level)とし、騒音なしで両耳に同じ音声を提示した際に決定した。

刺激の提示時間間隔は3sとし、聴取者には音声が聞こえた通りに回答用紙に記述するよう教示した。

結 果

図2は、周波数分割条件および騒音付加によるS/Nが変化した場合の明瞭度に関する実験結果である。各症例の明瞭度試験結果および全症例の明瞭度試験結果の平均値を示している。同図より、Dichotic0.8は他のパターンより明瞭度が高く、Dioticと比較して騒音なし(quiet)で9%ほどの明瞭度向上がみられていることが分かる。しかし、騒音付加によりS/Nが低下するに従って明瞭度の向上効果が少なくなっている。一方、Dichotic1.6は全体的に他パターンより明瞭度が低い結果となった。また、聴取者を繰り返しとして、分割条件および騒音付加条件を2要因とする分散分析を行った結果、2要因の交互作用は有意でなく、主効果は有意であった。 $(p < .01)$ そこで、Bonferroniの補正を用いたt検定による多重比較を行ったところ、Dichotic0.8はDiotic-6dB, Dichotic1.6よりも有意に高く、一方で、Dichotic1.6はDioticよりも有意に低かった $(p < .05)$ 。

考 察

実験の結果から、分割周波数の違いにより明瞭度に変化し、分割周波数0.8kHzの場合が最も良好であり、Dioticと比較して明瞭度が向上する傾向が示された。この結果をホルマント分布に照らして考察する。母音/u/のホルマント周波数はF1が0.2~0.5kHz, F2が0.8~1.6kHzに分布することが知られている⁷⁾。実験に用いた音声信号について短区間フーリエ変換による簡易的な周波数分析を行った結果、F1, F

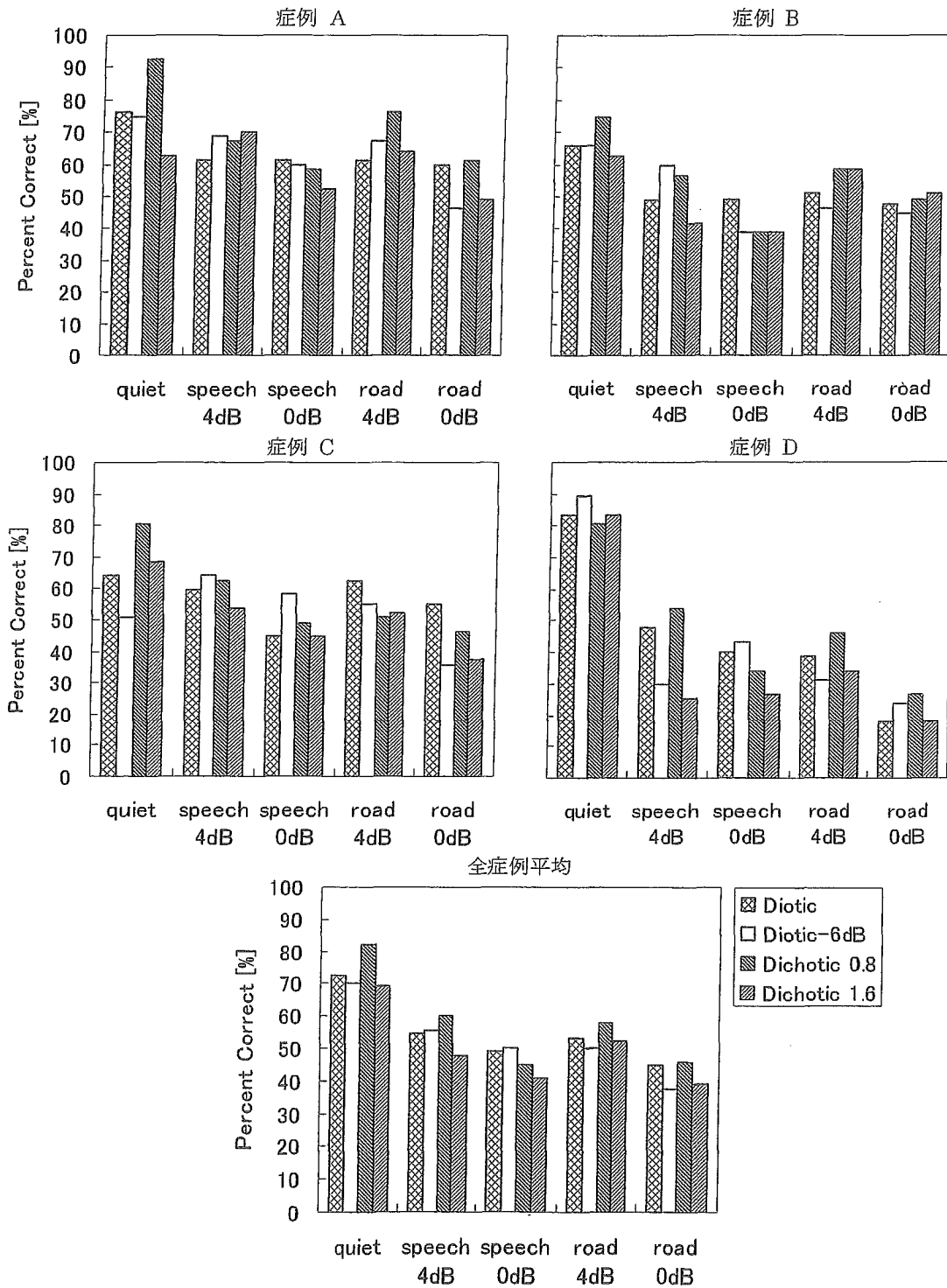


図2 明瞭度試験結果

2はそれぞれ0.45kHz, 1.6kHz付近であった。分割周波数がF1とF2の間である0.8kHzとなる場合に、第1ホルマントによる上向性マスキングの低減によって明瞭度が最も向上したと考えられる。

次に騒音付加条件の違いによる明瞭度の変化について考察する。騒音付加条件では、音声信号成分間に発生する上向性マスキングの他に騒音による同時マスキングが加わることになる。この場合、両耳に

信号を分けることにより上向性マスキングの影響は少なくなっているものの、S/Nの低下に伴い分割された帯域内での騒音によるマスキング増加の影響が大きく、明瞭度の向上効果が少なくなったと考えられる。

以上より、両耳分離補聴はS/Nが高い場合に有効であり、Diotic受聴に比べて上向性マスキングの影響を低減し、明瞭度が向上する可能性が示唆された。

ま と め

難聴者における周波数選択性の低下による上向性マスキングの低減を目的として、ホルマント周波数を考慮した2帯域両耳分離補聴に関する検討を行った。高齢難聴者を対象とした先行母音を/u/とするVCV音節明瞭度実験の結果、先行母音/u/のF1とF2の間となる0.8kHzを分割周波数とすることにより、明瞭度が向上することがわかった。また、騒音付加によるS/Nの変化により明瞭度が変化し、騒音が少ない環境下で明瞭度の向上効果が高くなることがわかった。

謝 辞

本研究の一部は厚労省科研費 長寿科学研究事業 (H15長寿-029) の補助による。

Effect of dichotic presentation on speech intelligibility in the elderly

Atsunobu Murase^{1,3)}, Shuichi Sakamoto¹⁾, Fumie Nakajima¹⁾, Yōiti Suzuki¹⁾, Tetsuaki Kawase²⁾, and Toshimitsu Kobayashi²⁾

¹⁾Research Institute of Electrical Communication and Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

²⁾Departments of Otolaryngology—Head and Neck Surgery, Tohoku University Graduate School of Medicine

³⁾Matsushita Electric Industrial Co., Ltd

Sensorineural hearing loss is commonly accompanied by reduced frequency selectivity and temporal resolution. The reduction of frequency selec-

tivity engenders marked disadvantages through masking, particularly masking of middle and high frequency components by intense low frequency components: the so-called upward spread of masking. To reduce masking between contiguous frequency bands, we propose dichotic listening, in which frequency spectra are split into two complementary parts and presented dichotically. This way improve speech intelligibility. We studied the effect of dichotic listening on speech intelligibility in both quiet and noisy environments. Tests used vowel /u/-consonant-vowel nonsense syllables presented to four subjects with mild to moderate sensorineural hearing loss. In dichotic listening speech signals were divided into two frequency bands based on 5 the formant frequencies of Japanese vowels. (1) Results of speech intelligibility tests showed that speech intelligibility improved when the dividing frequency was 0.8 kHz (between F1 and F2 of Japanese vowel /u/). (2) The improvement in intelligibility tends to increase with increasing speech-to-noise ratio.

参考文献

- 1) Bear T, Moore BCJ: Evaluation of a Scheme to Compensate for Reduced Frequency Selectivity in Hearing-Impaired Subjects. Modeling sensorineural hearing loss: pp. 329-341, 1997
- 2) Yasu K, Masato Hishitani M, Arai T, et al.: Critical-band based frequency compression for digital hearing aids. Acoust. Sci. & Tech. 25: 1, 2004
- 3) 川瀬哲明, 小林俊光, 坂本修一・他: 補聴における Dichotic Listening の積極的活用の可能性について。日本音響学会講演論文集: No. 3-9-5, pp. 515-516, March 2002
- 4) Lunner T, Arlinger S, and Hellgren J: 8-channel Digital Filter Band for Hearing Aid Use: Preliminary Results in Monaural, Diotic and Dichotic Modes. Scand. Audiol.: S38, pp. 75-81, 1993
- 5) Chaudhari DS, PPandy PC: Dichotic Presen-

tation of Speech Signal for Reducing the Effect of Spectral Masking in Bilateral Sensorineural Hearing Impairment : ISSOPA, 1999

6) Sharf B : Dichotic summation of loudness. J. Acoust. Soc. Am. : vol. 45, 1969

7) 大山 正他編著：感覚・知覚ハンドブック。：誠信書房, 1994

8) Itu-T, CONVENTIONAL TELEPHONE SIGNAL, Fascicle III. 2, Rec. G. 227

(原稿受付 平成16. 12. 6)

別冊請求先 〒224-8539 横浜市都筑区佐江戸町600
番地

松下電器産業(株) AV コア技術開発センター

村瀬 敦信

Reprint request :

Saedo-cho, tsuzuki-ku, Yokohama, Kanagawa, 224-8539 Japan

Audio Technology Group

AV Core Technology Development Center

Matsushita Electric Industrial Co. Ltd.