

高齢者を対象とした残響環境下での音声明瞭度改善 —高域強調処理による検討—

☆鈴木舞, 金子菜摘, 荒井隆行, 安啓一 (上智大)

1. はじめに

コンサートホールや教会などで音が響いて聞こえる現象である残響は、音楽を聴く場合には豊かな心地よい音を提供することができるという利点がある。しかし、その一方で、講演などを聴く場合には、音声の明瞭性を低下させてしまい、内容の理解が困難になるという欠点も存在する[1]。

高齢者にとって、この残響の影響は著しく、深刻な問題である[2]。非常時の緊急アナウンスが残響によって聞き取れず、逃げ遅れたという事例もある。高齢化が急速に進む現在、残響下でも高齢者にとって聞き取りやすい音声を提供できるようにすることは、必須であるといえる。

高齢者の聞き取りが低下する原因として、加齢に伴う聴力レベルの低下と時間分解能の低下が挙げられる[3]。特に、高音域での聴力が低下し、低い音に比べて高い音の聞き取りが困難になるという特徴をもつ[3]。

倉片ら[4]による聴力測定の結果においても、高齢者の聴覚特性は高域になるに従い、聴力が低下し、特に2000 Hz以上の高周波数になるにつれて聞き取りが低下することを確認した (Fig. 1)。

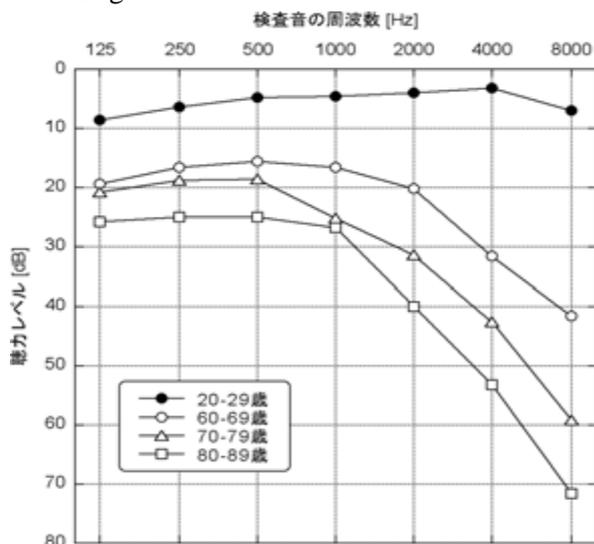


Fig. 1 倉片らによる聴力測定の結果
(出典) 倉片ら (1999)より転載 [1]

そこで本研究では、高音域での聴力損失を補うため、高域強調処理に着目した。そして、音声に高域のみを強調するような処理を施すことで、高齢者の残響下での音声の聞き取りが改善されるかを検討した。

2. 高域強調処理

倉片ら[4]は、加齢に伴い、聴覚特性がどのように変化するかを調査するために聴力測定を行った。オーディオメータを用いて、ヘッドホンから純音を呈示し、聞こえる最小音のレベルを測定した。若年者22名と高齢者20名の年代ごとの聴力レベルの平均値をFig. 1に示す。高齢者の聴覚特性は、高域になるに従い聴力が低下する高音漸傾型が多く、特に2000 Hz以上の高周波数になるにつれて聞き取りが低下した。この報告を踏まえ、高齢者の聞き取りを改善するため、高域強調処理を行った。具体的な処理方法は次のとおりである。

倉片ら[4]の70代の測定結果 (Fig. 1) を用いて、125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hzの周波数の聴力レベルを読み取り、Fig. 2の実線のような逆特性を

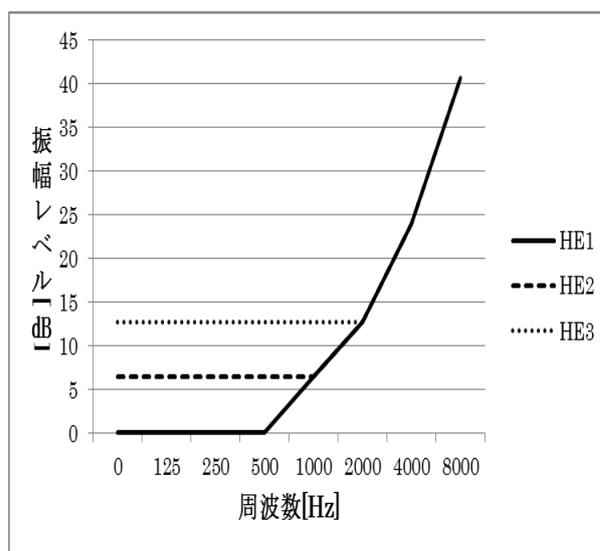


Fig.2 高域強調処理のフィルタ特性

*Improving speech intelligibility in reverberant environments for elderly people:
By using high-frequency emphasis, by SUZUKI, Mai, KANEKO, Natsumi, ARAI, Takayuki and
YASU, Keiichi (Sophia University).

有するようなフィルタを設計し、MATLAB上にてフィルタ処理を施した。この処理をHE1と呼ぶこととする。そしてこのHE1に対して、1000 Hz、2000 Hzの振幅レベルを読み取り、その周波数以下は同じ振幅レベルを有するような周波数特性を持つ2種類のフィルタを作成した(Fig. 2を参照)。これらの処理をそれぞれHE2、HE3と呼ぶこととする。

3. 実験

3.1 刺激

3.1.1 原音声

処理の効果を評価することを目的として単語理解度試験を行った。その単語理解度試験では、文献[5]で用いた音声データを使用した。原音声として、NTT-AT親密度別単語理解度試験用音声データベース(FW03) [6] より、単語親密度5.5~4.0の日本語4モーラ語を36語選出した。そして、アルカディア社製の音声合成ソフトウェア「SPeeCAN SFT5」を用いて女性話者による選出単語の合成音声を作成した。

3.1.2 処理条件

処理音声として、3種類の高域強調処理、HE1、HE2、HE3を原音声に施した音声を使用した。また、金子らによる2種類の母音抑圧・子音強調処理[5, 7]も同じ実験の刺激として用いた。したがって、処理条件は原音声(non)、高域強調処理の3条件(HE1, HE2, HE3)、母音抑圧・子音強調処理[5]の2条件の計6条件である。本研究では高域強調処理にのみ着目して報告する。

3.1.3 残響条件

残響は、鎌倉芸術館内の小ホールとNHK内のCR-506スタジオで測定されたものを用いた。残響時間は0.79 sと1.43 sである。これ以降、それぞれの残響時間に対応して、RT1 (0.79 s)、RT2 (1.43 s)と呼ぶこととする。これらの残響を処理音声に畳みこんだ。

3.2 参加者

参加者は日本語を母語とする66~82歳(平均77.6歳)の高齢者24名であった。なお、実験を始める前にオーディオメータ(RION, AA-79S)を用いて聴力検査を行った。その測定結果をFig. 3に示す。聴力に左右差のある場合は、4分法により良耳を判断し、そのオーディオグラムを示した。聴力型によるグループを求めたところ、高音漸傾型6名、健聴者6名、その他12名であった。なお、健聴とは、人の会話に必要とされている500 Hz~4000 Hzにおける聴力レベルが30 dB以下で、かつ4分法による平均聴力閾値が30 dB以下である者と定義した。また、高音漸傾型とは、2000 Hz以上の高音域において、徐々に聴力レベルが低下した者と定義した。

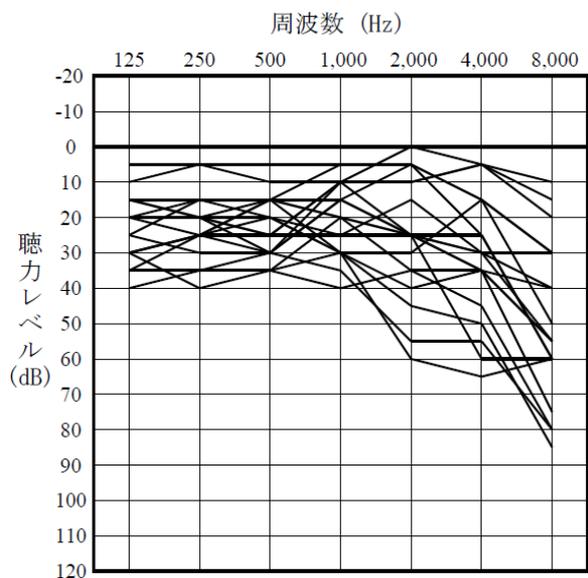


Fig.3 実験参加者の聴力測定結果

3.3 実験環境

聴取実験は上智大学言語聴覚研究センターの遮音室で行った。刺激はヘッドホン(SENNHEISER, HAD 200)より提示した。参加者は実験を開始する前に、練習として本番と同じ試行を練習用音声を用いて十分に行った。その際、音圧レベルを参加者の聴きやすいレベルに設定した。

4. 単語了解度試験の結果

単語了解度試験によって得られた結果を Fig. 4 に示す。結果は4モーラ全てが正解したときの正解率を100%, それ以外を0%とし、全参加者の結果を平均した平均正解率を表している。

統計用ソフトウェア SPSS を用いて、分散分析(ANOVA)を行ったところ、各残響時間において、HE1, HE2, HE3 と原音声の間に有意差は見られなかった。つまり、高域強調処理による効果を得ることができなかった。しかし、RT2 では HE1, HE2, HE3 のどの高域強調処理を施した音声も原音声より高い正解率を得られた。

5. 考察

5.1 高域強調処理に関する考察

今回の実験では、高域強調処理による有意な効果を得ることが出来なかった。しかし、RT2 では原音声よりも高い正解率を得られたことから、高域強調処理はある残響条件下では音声明瞭度を改善できる可能性があると考えられる。また、HE1, HE2, HE3 の順で正解率が上昇したことから、音声の聴き取りには低域部分も必要であり、低域部分を過度に抑圧し過ぎないことも重要であると思われる。

RT1 は残響時間が短すぎた可能性がある。残響の影響をあまり受けず、原音声の正解率が高くなったと考えられる。そのため、どの処理も同程度の正解率となった。

5.2 聴覚特性ごとの結果の考察

高齢者の内、健聴者6名、高音漸傾型の老人性難聴者6名の単語了解度試験の平均正解率の結果を Fig. 5, Fig. 6 に示す。健聴者に比べて高音漸傾型の老人性難聴者の方が全体的に正解率が下がったが、処理による効果は RT2 において、高音漸傾型の老人性難聴者に大きいことが確認できた。本実験では、高音漸傾型の老人性難聴者の聴き取り改善を想定した高域強調処理を行っていたことから、想定通りの結果を得られたといえる。しかし、この結果は高音漸傾型の参加者の中において処理に対する単語のカウンタバランスが取れていないため、単語と処理の組み合わせにより正解率が左右された可能性がある。そのた

め、次節で単音節ごとの処理の効果を確認する。

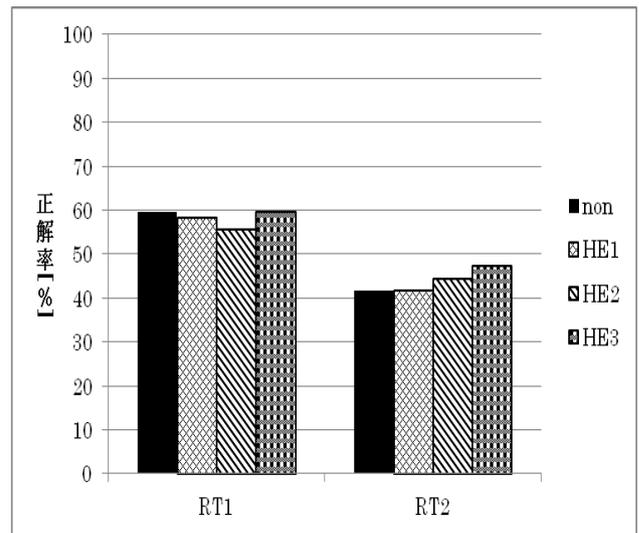


Fig. 4 単語了解度試験の結果 (全員)

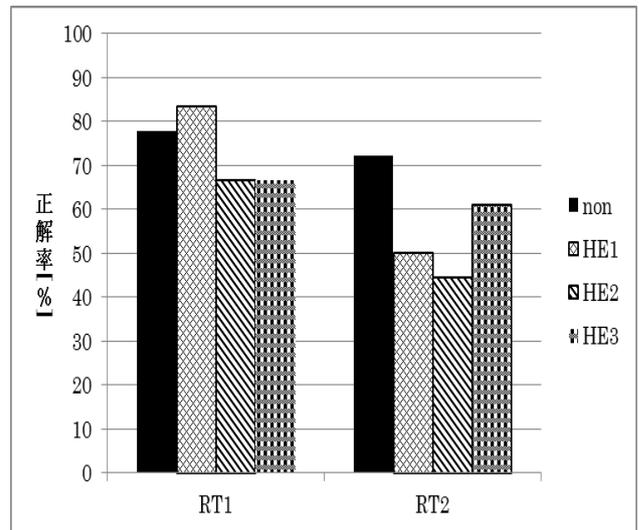


Fig. 5 単語了解度試験の結果 (健聴者)

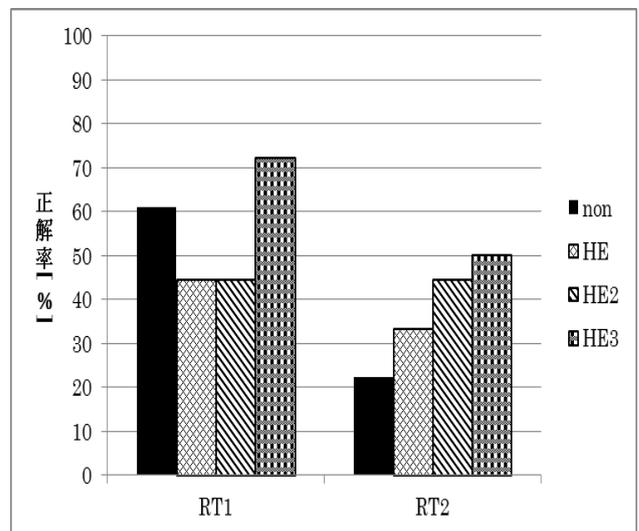


Fig. 6 単語了解度試験の結果 (高音漸傾型)

表 1 RT2 の摩擦音(/s/, /ʃ/)の結果 (正解した人数(総人数))

子音	聴覚特性	処理			
		non	HE1	HE2	HE3
s	健聴	0 (1)	4 (5)	3 (3)	1 (1)
	高音漸傾型	1 (2)	2 (3)	1 (2)	4 (4)
	その他	2 (7)	2 (2)	3 (5)	3 (5)
ʃ	健聴	4 (4)	3 (4)	10 (10)	7 (7)
	高音漸傾型	4 (10)	7 (7)	5 (5)	3 (3)
	その他	6 (10)	11 (13)	8 (9)	11 (14)

5.3 摩擦音における結果の考察

本実験で用いた高域強調処理の効果が現れると考えられる, 2000 Hz 以上の高域部分を多く含むサ行の摩擦音(/s/, /ʃ/)に着目した. 改善の傾向が見られた RT2 における結果を表 1 に示す. 高音漸傾型の老人性難聴者は, /s/ では, 原音声では 2 人中 1 人が正解した一方, HE3 では 4 人中 4 人とも正解した. また, /ʃ/ においては, 原音声では 10 人中 4 人しか正解しなかったが, HE1 では 4 人中 4 人, HE2 では 5 人中 5 人, HE3 においても 3 人中 3 人と高域強調処理を施した音声においては全ての人が正解している. この結果から, 高域強調処理は, 高音漸傾型の老人性難聴者の摩擦音の聴き取りを改善できることを示唆した.

6. まとめ

本研究では, 高齢者の残響環境下での音声明瞭度の改善を目的として, 加齢に伴う聴力損失を補うために高域強調処理を提案した. 単語理解度試験の結果, 有意な効果は得られなかったものの, ある残響環境下においては改善の傾向が見られた. 特に, 高音漸傾型の老人性難聴者では, 原音声より処理音声の方が高い正解率が得られた. また, 単音節ごとの結果を確認したところ, 高域部分が多く含まれる摩擦音において高音漸傾型の老人性難聴者に対し明瞭度が改善されることが確認できた. このことから, 本実験で用いた高域強調処理は, 高音漸傾型の老人性難聴者に対しては音声明瞭度が改善する可能性があることが示唆された. しかし, 今回の調査では十分な人数の実験結果が得られたとはいえない. そのため, 今後も引き続き, 高齢者を対象とした実験を進め, 高音漸傾型の老人性難聴者に対する効果を確認するとともに, その他の聴覚特性をもつ老人性難聴者への効果も調査

していきたい.

7. 謝辞

本研究を進めるにあたり, インパルス応答を提供して下さった東京大学生産技術研究所(当時)の橘秀樹先生, 上野佳奈子先生, 横山栄先生に感謝いたします. また, 実験に参加者として協力して下さった皆様, 手伝って頂いた上智大学荒井研究室の川田拓明さんに感謝いたします.

8. 参考文献

- [1] Nabelek, *et al.*, J. Acoust. Soc. Am., 86(4),1259-1265, 1989.
- [2] Gordon-Salant, *et al.*, J. Rehab. Res. and Dev., 42(4), 9-24, 2005
- [3] 加我他, 中枢性聴覚障害の基礎と臨床, 金原出版, 東京, 2000
- [4] 倉片他, 人間工学, 35(3), 169-176, 1999
- [5] 辻他, 日本音響学会誌, 69(4), 179-183, 2013
- [6] 天野他, 親密度別単語理解度試験音表 (FW03), 2003
- [7] 金子他, 音講論(秋), 2013