

高齢者を対象とした残響下での音声明瞭度改善 —子音強調・母音抑圧処理による検討—

☆金子菜摘, 鈴木舞, 荒井隆行, 安啓一 (上智大・理工)

1 はじめに

現在, 日本の総人口に占める 65 歳以上の人口の割合は 24.1% に達し, 超高齢社会に突入した. 一般的に高齢者は, 高音域の聴力が低下する高音漸傾型を示す特徴がある[1]. さらに時間分解能などの聴力機能の低下も見られ, 音声の聴き取り, 特に残響下および雑音下での聴き取りに対する影響が大きい[2]. この残響による影響を軽減するため, 荒井ら[3, 4] は音声知覚には比較的重要でないと考えられる音声定常部のエネルギーを抑圧する定常部抑圧処理を提案し, 高齢者に対する効果を調査した結果, 単音節の明瞭度に対して改善が見られた.

一方, 言語音における子音の音響的特徴は様々であるが, 振幅が小さいことも多く, また摩擦音や破裂音の多くの場合のように高周波数成分が相対的に強いことも少ない. 従って, 高音域における聴力が低下していれば, 子音の聴き取りも難しくなると考えられる[5]. このように高齢者の子音の聴き取り改善を目的とした, 様々な研究が行われてきた. 宮内ら[6]は, 音声の聴き取りに比較的重要でないと考えられる母音の定常部のみを抑圧する母音定常部抑圧処理を提案し, 若年者及び高齢者で明瞭度改善の可能性を示した. さらに辻ら[7]は, 母音定常部抑圧処理に子音を強調する子音強調処理を加えた子音強調・母音抑圧処理を提案し, 若年者に対する明瞭度改善の可能性を示した. 本研究では, この子音強調・母音抑圧処理が高齢者に対しても有効であると考え, 残響環境下における処理の効果を検討した. 加えて, Gap 検知による時間分解能の測定[8]も行い, 実験結果との関係を調査した.

2 子音強調・母音抑圧

まず初めに音声分析・合成ソフト Praat [9] を用いて, 目視による音声のセグメンテーションを行い, 子音部・母音定常部・母音遷移部に分割する. 次に, 各子音区間に処理後の最大振幅が 1.0 となるように増幅/抑圧を行う. 母音定常部に関しては, 各区間の処理後の最大振幅が 0.8 あるいは 1.0 となるように増幅/抑圧を行う. これは辻ら[7]の単語理解度試験の結果より, 改善の見込みがあると考えられる条件である. 母音遷移部に関しては, ならかに増幅/抑圧が行われるよう, 指数関数による処理を施すものとする. ここでは例として, 実際の実験で用いた「かけだし」という音声に対して, 子音母音の振幅比を 0.8 とした処理後の音声波形を示した(Fig. 1). なお, これ以降, この子音強調・母音抑圧処理を CE と表す.

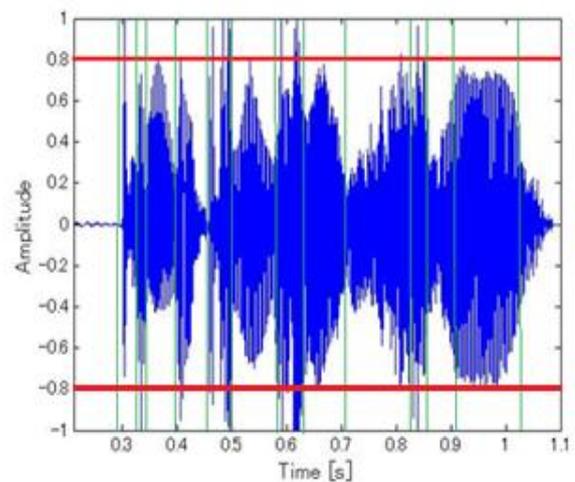


Fig. 1 「かけだし」に対する子音母音の
振幅比0.8の音声波形

Improving speech intelligibility in reverberant environments for elderly people: By using consonant emphasis and vowel suppression, by KANEKO, Natsumi, SUZUKI, Mai, ARAI, Takayuki and YASU Keiichi (Sophia Univ.)

3 単語了解度試験

本研究では、処理の効果を評価することを目的として単語了解度試験を行った。その際、高齢者の高音域における聴力損失を補うために提案された鈴木ら[10]の高域強調処理を施した刺激も同じ実験の中で用いた。単語了解度試験を行った後、Gap 検知による時間分解能の測定を行った。

3.1 刺激

3.1.1 原音声

単語了解度試験では、文献[7]で用いた音声データを使用した。原音声として、NTT-AT 親密度別単語了解度試験用音声データベース(FW03) [11] より、単語親密度 5.5~4.0 の日本語 4 モーラ単語を 54 単語選出した。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

原音声に CE を施し、処理後の子音母音の振幅比が 0.8, 1.0 となる 2 条件を用いた。以降、それぞれの処理を CE8, CE10 とする。したがって、処理条件は原音声(non), CE の 2 条件(CE8, CE10), 鈴木ら[10]の 高域強調処理が 3 条件の計 6 条件である。

3.1.3 残響条件

残響は、NHK CR-506 マルチ録音スタジオで測定された、残響時間 0.79s のものと鎌倉芸術館内の小ホールで測定された、残響時間は 1.43 s の 2 条件を用いた。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。なお、これらの残響を原音声・処理音声に畳みこみ、全刺激に関して振幅の RMS 値(実効値)を全て同じ値に揃えた。

3.2 参加者

参加者は日本語母語話者の 66~82 歳(平均 73.6 歳)の高齢者 24 名であった。実験に先がけて、オーディオメータ(RION,AA-79S)を用いて聴力測定を行った。

3.3 実験手順

聴取実験は遮音室で行った。刺激はヘッドホン(SENNHEISER, HAD 200)より提示した。参加者は本実験の前に、練習として本番と同じ試行を行い、操作の確認と音圧レベルの調整を行った。

提示条件は、処理条件と残響時間条件を組み合わせて合計 12 条件となる。実験中は刺激音を一度だけ提示した後に、聴こえた単語を仮名で回答用紙に記入するように指示した。1つの条件に対して 3 単語ずつ割り当て、各参加者に計 36 刺激提示した。このとき全 12 条件が各参加者に提示され、同じ単語が 2 度以上提示されないようにした。

4 結果

単語了解度試験によって得られた結果を Fig. 2 に示す。結果は 4 モーラ全て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)を行った結果、各残響時間において、CE8 及び CE10 と原音声の間に有意差は見られなかった。しかし RT1 及び RT2 において、CE8, CE10 とともに原音声と同程度、もしくは原音声より高い正解率を得られることが分かった。

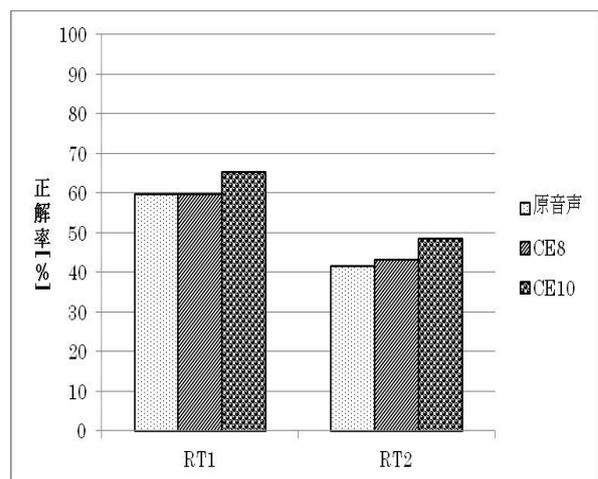


Fig. 2 単語了解度試験の結果

5 考察

5.1 単語了解度試験の考察

本研究では CE による有意な効果を得ることが出来なかったが、RT1 及び RT2 において原音声と同程度、もしくは原音声より高い正解率を得られた。CE8 に関しては RT2 では 1.4%、CE10 に関しては RT1 では 5.5%、RT2 では 6.9%原音声よりも正解率が上昇した。従って、CE による了解度の改善効果があるものと考えられる。

辻ら[7]の結果より、若年者に対しては CE8の方が CE10 より了解度改善の効果があることが確認されている。しかし、今回の実験結果より、高齢者に対しては CE10 の方が CE8 より了解度改善の効果があると分かった。従って、若年者と高齢者では聴き取りやすい CE の子音母音の振幅比は異なることが推測できる。

5.2 子音毎の処理の効果の比較

前述した通り、聴力の低下した高齢者は子音の知覚が難しくなる。そこで、CE の子音に対する処理の効果を検討する。ここからは、RT1 よりも RT2 の方が処理の効果が大きかったため、RT2 の結果に関してのみ検討する。同じ調音方法を持つ子音及び有声・無声子音によって分類し、各子音に対する結果を比較した。その結果、摩擦音(/s/, /ʃ/, /h/, /ç/)及び無声破裂音(/k/, /t/, /p/)において処理による正解率の改善が見られた(表 1)。

表 1 摩擦音・無声破裂音の結果

	総数	処理ごとの正解率[%]		
		non	CE8	CE10
摩擦音	40	52.5	72.5	82.5
無声破裂音	62	71.0	90.3	83.9

全摩擦音 40 個の原音声における正解率が 52.5%であったのに対し、CE8 及び CE10 における正解率はそれぞれ 72.5%、82.5%に上昇した。また、全無声破裂音 62 個の原音声における正解率が 71.0%であったのに対し、CE8 及び CE10 における正解率はそれぞれ 90.3%、83.9%となり、摩擦音及び無声破裂音の双方で処理の効果を確認することができた。その他の子音に関しては、原音声と同程度も

しくは原音声より低い正解率となった。従って、摩擦音と無声破裂音などの高周波数成分が多く含まれている子音に対しては、処理の効果が大きいのということが分かった。

5.3 参加者群の分類

これまでの分析では、参加者を特に分類せずに 1 つの群として取り扱ってきた。しかし、参加者の聴覚特性は均一ではない。そこで、聴覚特性によって参加者を群に分けて考察を行う。ただし、単語と処理の組み合わせに関して参加者全体でカウンタバランスが取られているので、参加者群に分けた上で単語了解度を見ることは適当ではない。そのため、子音に対する結果を参加者群間で比較することにした。

表 2 に、聴覚特性によって分類した健聴者、老人性難聴者についての処理ごとの子音の正解数を示す。ここでは、聴力測定の結果から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 以下である者を健聴者、それ以外の者を老人性難聴者と定義した。なお、子音は処理の効果が大きかった摩擦音/s/, /ʃ/, 無声破裂音/k/, /t/の 4 つについて示している。表内の数字は、正解者数/各処理を聞いた人数で示した。その結果、健聴者は CE8 及び CE10 でほぼ全員が正解した。また、難聴者は CE 処理を施した子音の方が原音声よりも正解者数が全体的に増加した。従って、4 つの子音における CE の効果は、健聴者の残響下の音声明瞭度をより高め、難聴者の聴力損失による明瞭度低下の影響を補うことができると分かった。

同様に、表 3 に時間分解能によって分類した、時間分解能の正常、低下グループと子音の処理ごとの正解数を示す。ここでは、Gap 検知によって信号音の中央の無音区間に気づくことができる限界の範囲である JND を測定し、JND が 30ms 以下であったら正常グループ、JND が 30ms 以上であったら低下グループと定義した。その結果、低下グループの原音声の /t/を聴き取れた正解者数が全体の半分だったのに対し、CE8 及び CE10 でほぼ全員が正解した。さらに、両グループの CE 処理を施した子音の方が原音声よりも正解者数が全体的に増加した。従って、CE を施す

表 2 聴覚特性による分類と子音の正解数(正解者数/各処理を聴いた人数)

	提示子音	non		CE8		CE10	
		健聴者	難聴者	健聴者	難聴者	健聴者	難聴者
摩擦音	/s/	0/1	3/9	1/2	6/8	2/2	5/8
	/ʃ/	4/4	10/20	3/3	16/21	6/6	17/18
無声破裂音	/k/	7/7	19/27	7/8	23/26	9/9	19/25
	/t/	6/9	11/17	3/3	20/23	3/3	20/23

表 3 時間分解能による分類と子音の正解数(正解者数/各処理を聴いた人数)

	提示子音	non		CE8		CE10	
		正常	低下	正常	低下	正常	低下
摩擦音	/s/	2/7	1/3	5/5	2/4	5/7	2/3
	/ʃ/	9/17	5/7	11/14	8/10	13/14	10/10
無声破裂音	/k/	13/19	10/12	14/16	16/17	17/23	11/11
	/t/	11/13	5/10	15/18	8/8	13/15	9/10

ことで母音による子音のマスクング量が減少した可能性があり、時間分解能で分類した両グループに対して子音の明瞭度を改善できると分かった。

6 まとめ

本研究では、残響環境下での音声明瞭度の改善を目的として、辻らの子音強調及び母音抑圧法を用いて高齢者に対する効果を調査した。単語了解度試験の結果、有意な効果は得られなかったものの、改善の傾向は見られた。今後は、雑音下での CE の効果や摩擦音、無声破裂音以外の子音の明瞭度を改善する子音強調・母音抑圧処理を検討したい。

謝辞

実験で使用した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、そして実験にご協力頂いた、公益社団法人シルバー人材センター及び実験参加者の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 加我他, 中枢性聴覚障害の基礎と臨床, 金原出版, 東京, 2000.
- [2] Nabelek et al., J. Acoust. Soc. Am., 86(4), 1259-1265, 1989.
- [3] 荒井他, 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, 1, 449-450, 2001.
- [4] Arai et al., Acoust. Sci. Tech., 23(4), 229-232, 2002.
- [5] 小寺他, 日耳鼻, 96, 1404-1409, 1993.
- [6] Miyauchi et al., J. Acoust. Soc. Am., 120(5), 3346-3347, 2006.
- [7] 辻他, 日本音響学会誌, 69(4), 179-183, 2013.
- [8] Strouse et al., J. Acoust. Soc. Am., 104(4), 2385-2399, 1998.
- [9] Boersma and Weenink, Praat: doing phonetics by computer [Computer program], Version 5.2.23, retrieved from <http://www.praat.org/>.
- [10] 鈴木他, 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, 2013.
- [11] 天野他, 親密度別単語了解度試験音表 (FW03), 2003.