

破裂音のフォルマント遷移部伸長処理の評価 若年健聴者による模擬難聴下での実験 *

高橋亮介， 荒井隆行， 安啓一（上智大・理工），
小林敬（オークランド大）， 進藤美津子（上智大・外国語）

1 はじめに

一般に高齢者は加齢によって音声明瞭度が低下する。難聴を補償するための支援機器として補聴器及び補聴援助機器が幅広く普及している。時間領域の難聴補償に着目した音声処理として話速変換がある（例えば，Malah，1979）[1]。近年では Nejjime *et al.* [2] がリアルタイムに話速変換が可能な端末を開発し，話速を低下させることによる音声明瞭度改善の可能性を示唆した。また，安達ら [3] において，日本語単音節 CV の子音部を選択的に伸長することにより鼻音と半母音の明瞭度が改善したが，連続発話した音声の場合は調音結合による明瞭度改善により伸長処理の効果があまりみられなかったと報告している。

また，時間領域に着目した研究として阿部ら [4] は，フォルマント遷移部の傾きを操作した合成音声の弁別能力と高齢者の日本語/ba/・/wa/の同定能力の関係性を調べた。この結果，異聴にはフォルマント遷移の時間変化をとらえる能力の低下が関係しており，高齢者に対してはゆっくりと発話することの重要性が示された。

上記のようにこれまでに時間領域に着目した音声処理はいくつか提案されているが，筆者らが行った予備実験において高い SNR 条件下で無声摩擦音の子音部を伸長した処理に明瞭度の改善がみられ，安達ら [3] の研究とは違った結果が得られた。このように持続時間を伸長する処理において，なぜ明瞭度が改善する刺激としない刺激が存在するのかははっきりしていない。

そこで本報告の目的として実験に使用する刺激を破裂音に絞り，若年健聴者を対象に，フォルマント遷移部の持続時間を伸長する処理が模擬難聴下における明瞭度改善に効果があるかどうかを検討した。

2 実験

2.1 目的

本実験は高齢者の時間処理能力の劣化度合いを調査し，提案法の有効性を調べる予備調査という位置づけ

とした。実験を行うにあたり，以下の仮説を立てた。

1. 模擬難聴下では音声明瞭度が低下する。

フォルマント遷移部を含む単音節全体が模擬難聴の影響を受け明瞭度が低下すると考えられる。

2. 模擬難聴下ではフォルマント遷移部を伸長することで音声明瞭度が改善する。

音声明瞭度の改善にはフォルマント遷移を正しく知覚することが重要であり [5]，本提案処理によって遷移部の知覚が容易になり明瞭度が改善すると考えられる。

以上の仮説をもとに聴取実験を行った。

2.2 実験参加者

実験参加者は，日本語を母語とする 18 歳から 53 歳（平均年齢 21.6 歳）の健聴者 24 名（男性 8 名，女性 16 名）であった。オージオメータ（RION AA-79S）による純音聴力検査により 125Hz から 8000Hz において最小可聴閾値が 20 dB HL 以内であることを確認した。

2.3 刺激

本実験で用いた刺激は ATR 研究用日本語音声データベース（男性話者：MAU）より日本語単音節 CV をターゲットとして用いた。全ての刺激はサンプリング周波数 16 kHz，量子化 16 bit であった。実験で用いたターゲットを Table 1 に示す。

音声のフォルマント遷移部を波形から判断し，音声分析ソフト Praat Version 4.5.17 [6] を用いて伸長した。分割した子音部の持続時間を PSOLA 法のアルゴリズムを用いて，ピッチを変えずにフォルマン

Table 1 実験に使用した刺激

	無声音	有声音
破裂子音+/a/	/pa/ /ta/ /ka/	/ba/ /da/ /ga/
破裂子音+/i/	/pi/ /ki/	/bi/ /gi/

* Evaluation of formant transition expansion of plosives in young normal-hearing listeners in the simulated environment of hearing loss. by TAKAHASHI, Ryosuke, ARAI, Takayuki, YASU, Keiichi (Faculty of Science and Technology, Sophia University), KOBAYASHI, Kei (The University of Auckland) and SHINDO, Mitsuko (Faculty of Foreign Studies, Sophia University)

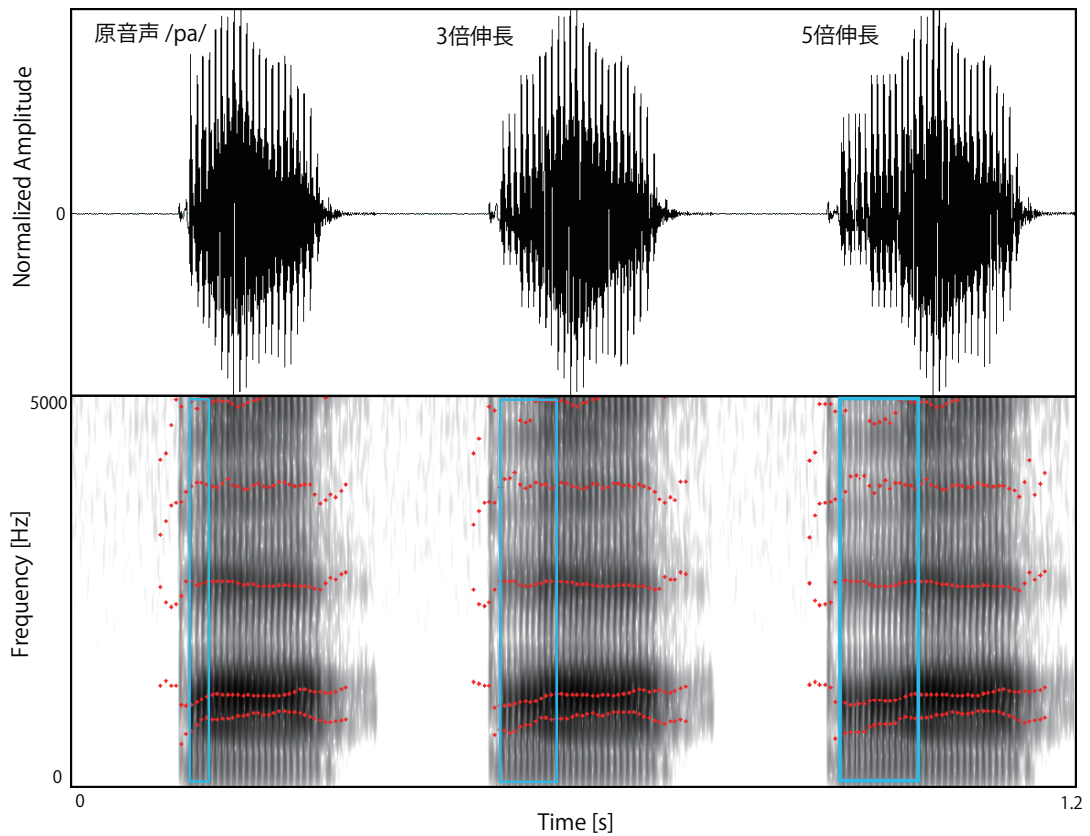


Fig. 1 フォルマント遷移部伸長処理を用いて作成した単音節/pa/

ト遷移部の持続時間を1倍(原音声), 2倍, 3倍, 4倍, 5倍に伸長した刺激を作成した。Fig. 1にフォルマント遷移部伸長処理を用いて作成した単音節/pa/を示す。

また本実験では難聴を模擬するためにターゲットには雑音を付加した。雑音はNOISE-92からホワイトノイズを用い, 原音声と処理音声にSignal to Noise Ratio (SNR) が-10 dB, -5 dB, 0 dB, 5 dB, 10 dB, 雑音なしとなるように雑音を足し合わせた。

以上の条件より, ターゲット10種 × 処理5種 × 雑音6条件の計300刺激を作成した。

2.4 手続き

実験は防音室内で行い, 刺激の提示はPCからUSBオーディオアンプ(ONKYO MA-500)を経由し, ヘッドホン(STAX SR-303)による両耳聴取とした。提示する刺激の順は無声破裂音, 有声破裂音とし, SNRが低い-10 dBから5 dB間隔で10 dBまでと最後に雑音のない刺激を順番に提示した。本実験の前に練習試行として雑音を付加していない刺激を6回提示し, 参加者の聞き取りやすい音量に調節した。実験は各試行において刺激音を一度だけ提示した後に, PCのディスプレイ上に選択肢を表示し, 参加者はその中から聞こえたと思う刺激音一つをマウスを用いて回答した。選択肢はターゲット5種類と「その他」

を加えた6種類とした。聞き取った音が選択肢にない場合は, 聞こえたと思った音を別途紙に書き取り「その他」を選択することとした。

3 結果・考察

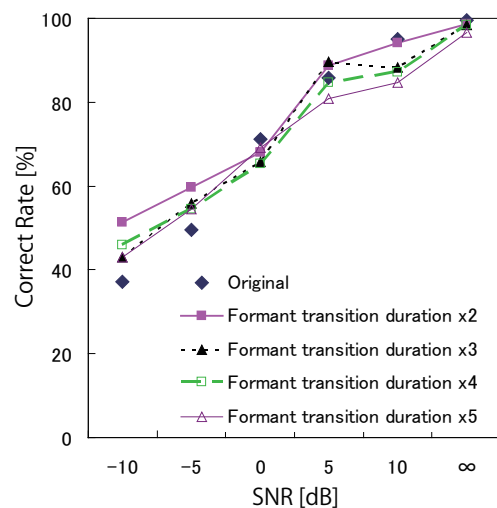


Fig. 2 SNR 毎の単音節明瞭度

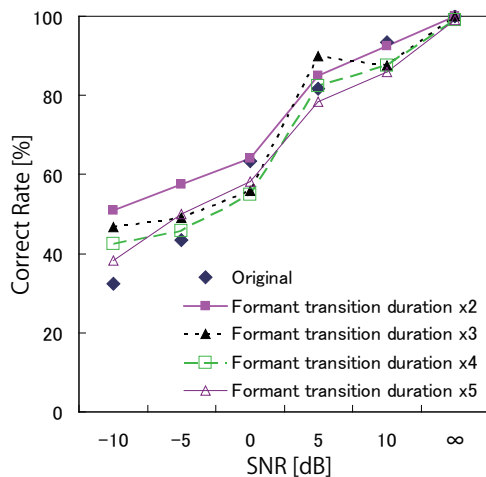


Fig. 3 無声音の単音節明瞭度

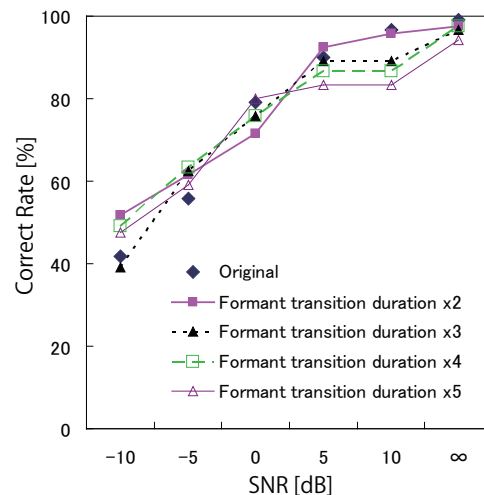


Fig. 4 有声音の単音節明瞭度

3.1 SNR 毎の処理の効果について

Fig. 2 に参加者全体の正解率を 5 種類の伸長処理ごとに示す。分散分析の結果、雑音の主効果が各々有意 ($p < .001$) であった。以上から、模擬難聴条件下では音声の明瞭度が低下することが示され、仮説 1 が支持された。

続いて各処理について分散分析をした結果、SNR が低い条件下ではフォルマント遷移部を 2 倍、3 倍に伸長する処理に改善の傾向が見られたが、有意差は見られなかった。SNR が高い条件下ではフォルマント遷移部を 4~5 倍に伸長した刺激は原音声に比べて正解率が低下した。また SNR が高い条件では正解率が一樣に高く、天井効果が見られた。

3.2 無声破裂音について

さらに詳しく処理の効果を検討するため無声音・有声音に分けた正解率の結果を Fig. 3 及び Fig. 4 にそれぞれ示す。無声音全体について分散分析を行った結果、SNR が -10 dB, -5 dB の条件において原音声とフォルマント遷移部を 2 倍に伸長した処理の間に有意差が認められた ($p < .001$)。

続いて各音節ごとの処理の効果を検討した。分散分析の結果、無声破裂音 /pa/, /ta/ のフォルマント遷移部を 2 倍に伸長した刺激の明瞭度が改善した。Fig. 5 に処理により明瞭度が改善した刺激 /pa/, /ta/ の波形とスペクトルを示す。それぞれのスペクトルを原音声と比較すると処理の効果のあった /pa/, /ta/ は F1 と F2 のフォルマント遷移部の傾きが原音声と比べて分からない程度に緩やかになり、時間的に強調されたことで明瞭度が改善したと考えられる。逆に 3 倍以上に伸長してしまうと、フォルマント遷移の傾きが緩やかになり異聴はみられなかったものの、明瞭度の改

善も認められなかった。以上より、模擬難聴下において処理の効果が特定の音節に対して確認され、仮説 2 は部分的に支持されたといえる。

3.3 有声破裂音について

有声音全体について分散分析を行った結果、原音声と処理音声との間に有意差は認められなかったが、SNR が -10 dB の条件においてフォルマント遷移部を 2 倍に伸長した処理に改善の傾向がみられた。また SNR が 10 dB においてフォルマント遷移部を 3 倍以上に伸ばした刺激は正解率が下がっており、処理によって明瞭度が悪くなったことが確認された。有声破裂音の処理の結果を一つ一つ検討していくと、いずれの場合においても処理の有意差は確認されなかった。このことから有声破裂音に対してフォルマント遷移部伸長処理は本報告の条件においては効果がみられなかった。安達ら [3] の先行研究では有声音、特に鼻音と半母音において子音部を伸長した処理において聞き取りの改善がみられたが、有声破裂音 /b/ においては明瞭度が低下しており、本報告と似た結果が得られた。

また、フォルマント遷移部を 4~5 倍に伸長することにより、/bi/, /gi/ の /ri/ への異聴が目立った。参加者の中には /bi/ を「びり」と異聴した報告もあったことから、フォルマント遷移部を過度に伸長した結果、フォルマント遷移部以降が異音であるはじき音として知覚されてしまったことが異聴の原因であると考えられる。

4 まとめ

本研究は模擬難聴下でフォルマント遷移部を伸長する処理を施した音声の聞き取りが改善するかどうか

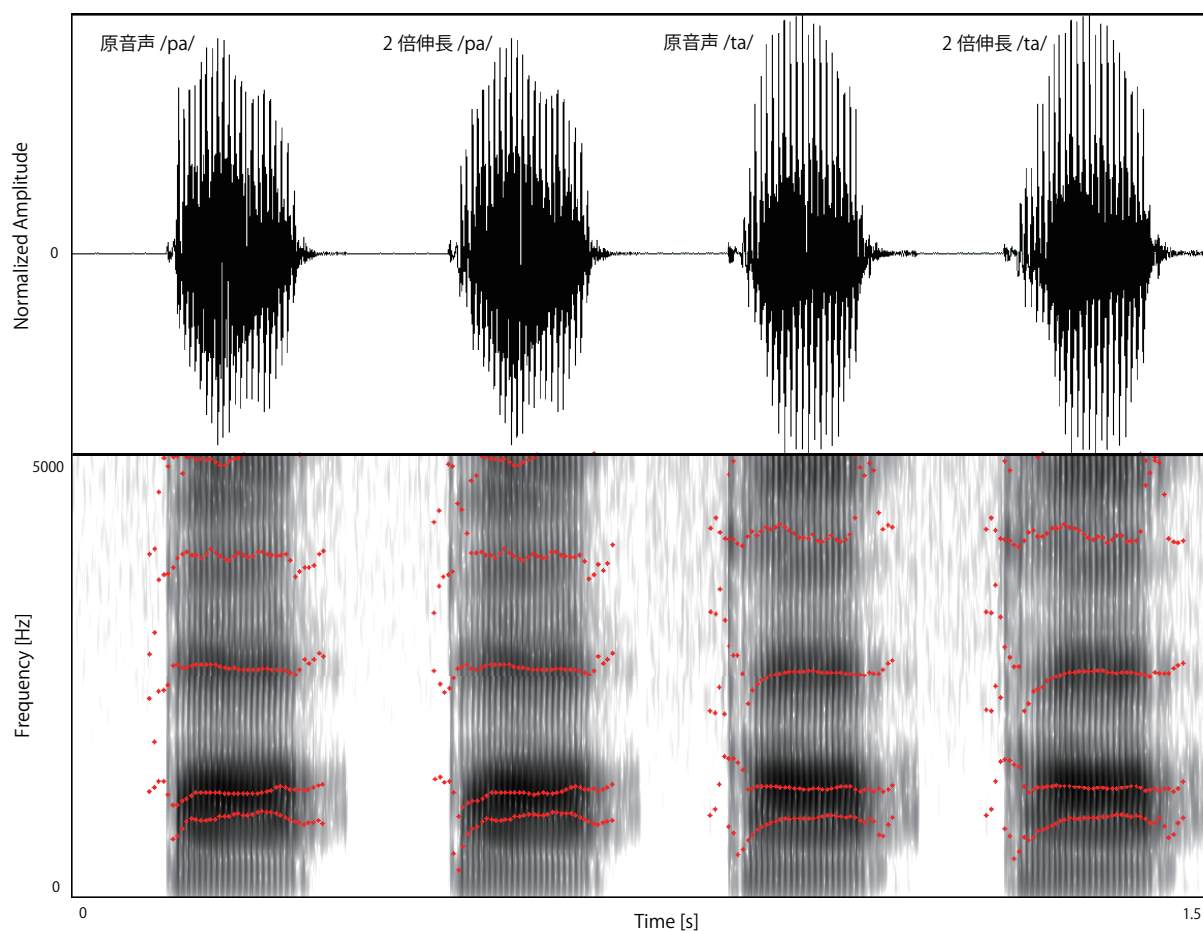


Fig. 5 フォルマント遷移部伸長処理により明瞭度が改善した刺激/pa/ , /ta/

を調査するものであった。SNR が -10 dB, -5 dB の模擬難聴の厳しい条件において、無声破裂音/pa/と/ta/のフォルマント遷移部を2倍に伸長した際に処理の効果がみられた。しかし効果のみられた刺激でも3倍以上に伸長すると明瞭度は改善しなかった。フォルマント遷移部の傾きが最初から緩やかな、母音が/i/の刺激の明瞭度が改善しなかったことから、本提案法にはある程度のフォルマント遷移部の傾きが必要であることを示唆した。SNRが高い環境において処理の効果がみられなかった理由として、SNRが高くなることで原音声の了解度が高くなり処理による正解率の差がみられなくなったことが挙げられる。今回の実験では無声破裂音/pa/ , /ta/においてのみ処理の効果がみられたが、改善の傾向のあった単音節に対しては、時間領域だけでなく振幅強調などの他の補聴処理を組み合わせ、さらに強調することにより処理の効果がみられると考えられる。

また今回は若年健聴者を対象とした実験であったが、高齢者は時間処理能力が劣化していることが考えられているため、本稿では改善が見られなかった刺激においても、フォルマント遷移部伸長処理により持続時間が長くなり聞き取りが改善したり、若年者と比

較して明瞭度改善の効果が大きい可能性が期待されるので処理の効果を追求していきたい。

謝辞 本研究を行うにあたり、助言を頂いた多くの方、そして実験に協力していただいた方々に感謝いたします。

また、本研究は文部科学省私立大学学術研究高度化推進事業上智大学オープン・リサーチ・センター「人間情報科学プロジェクト」の支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] Malah, IEEE Trans. Acoust., Speech, and Signal Processing, 27(2), 121-133, 1979 .
- [2] Nejime *et al.*, IEEE Trans. Rehabilitation Engineering, 4(2), 73-83, 1996 .
- [3] 安達 他, Audiology Japan ,47 ,181-191 ,2004 .
- [4] 阿部 他, 特殊教育学研究 ,40(1) ,13-23 ,2002.
- [5] Miller and Liberman, Perception & Psychophysics, 25(6), 457-465, 1979.
- [6] Boerasma, Glot. International, 5(9), 341-345, 2001 .