

破擦音生成時の解放に伴う破裂が摩擦音・破擦音識別に与える影響 ～若年者と高齢者の比較～*

○安啓一, 荒井隆行 (上智大・理工), 小林敬 (オークランド大), 進藤美津子 (上智大・言語聴覚)

1 はじめに

著者らは高齢者および若年者を対象として摩擦音・破擦音の識別実験を行ってきた [1, 2]。その結果, 聴覚特性の劣化が見られる高齢者では若年健聴者・高齢健聴者と比べて異聴が増加した。摩擦部の長さ (T), 先行母音と子音間の無音区間 (SI), 摩擦部立ち上がりの傾き (Δ), 先行母音・摩擦部の振幅等をのりがかり (キュー) を変数として連続体を作成し, 識別実験を行った。その結果, 聴覚特性の劣化に従い, キューが対立するトレーディングの関係にある場合, 重み付けが, T に移行することが確認された [2]。

破擦音に関係する知覚上のキューとして, 生成時の両唇の解放に伴うバースト (もしくは破裂) が挙げられる。バーストは摩擦音に先行し, インパルス特性を持つため, 周波数領域においては広帯域にその成分が分布する。Dorman *et al.* (1980) [3] は摩擦音・破擦音連続体の識別実験の際に, バーストの有無がどのように影響を及ぼすか調査した。“dish”-“ditch” の /i/ と摩擦部の無音区間を変化させた連続体を用いて実験を行った結果, バーストを付加した場合には摩擦音と破擦音の境界が, 約 10 ms 破擦音側にシフトすることが観察された。このことから, バーストのキューが摩擦音・破擦音の識別に影響を及ぼすことが確認された。Dorman *et al.* の実験では英語音声かつ語中に摩擦部が存在する刺激のみでの実験であったため, 語頭に子音が存在する場合や聴取者が高齢者および聴覚特性が劣化した場合ではまだ議論されていない。

よって本報告においては, 語頭に摩擦音が存在する「し」「ち」連続体 (CV 刺激) と, 語中に摩擦部が存在する「いし」「いち」連続体 (VCV 刺激) を使用し, 若年者および高齢者を対象として識別実験を行った。そして, 加齢および聴覚特性の劣化により, 各種キューの重み付けがどのように変化するか, 重み付けの変化量に違いがあるのかを検討した。

2 実験

若年者および高齢者を対象として, 摩擦音・破擦音の CV および VCV 刺激の識別実験を行った。

2.1 参加者

若年者 7 名 (男性 3 名・女性 4 名, 平均年齢 26.7 歳, 以後 Y とする) が実験に参加した。聴覚特性に劣化が無いことはアンケートにて確認した。

高齢者 24 名 (男性 12 名・女性 12 名, 平均年齢 68.4 歳, 以後 E とする) が実験に参加した。高齢者に対してはオーディオグラム, 時間分解能の各聴覚特性の測定を行った。本報告では測定したオーディオグラム中の 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz の 3 帯域の最小可聴値の平均値を用いた。これは, 実験で使用する摩擦音の主な帯域が 2 kHz 以上に存在するためである。時間分解能については, Strouse *et al.* の手法 [4] に則った純音の gap 検知限 (just noticeable difference; JND) を測定する方法を使用した。白色雑音でマスクされた 1 kHz の純音中に存在する gap の JND を 3 区間 3 肢強制選択 (three-interval three alternative-forced choice; 3I3AFC) によって測定した。

測定した聴覚特性のうち, オーディオグラムと時間分解能の関係を Fig. 1 に示す。この図を基に, 高齢者を 4 つの群に分類した。オーディオグラムの結果から 30 dB を境界とし 2 領域, 時間分解能の結果から 20 ms を境界とし 2 領域に分割した。Strouse *et al.* の実験では, 時間分解能低下の境界 JND を 25 ms としていたが, 今回の測定結果のヒストグラムから 20 ms を境界に双峰性を示したことから 20 ms を境界とした。高齢者群 E に対して, 聴覚特性に劣化が見られない場合は添字なし, 最小可聴値上昇していた場合添字 f , 時間分解能が低下していた場合添字 t を付加することとした。全体を E (6 名), E_t (7 名), E_f (9 名), E_{ft} (2 名) の 4 グループに分類した。

2.2 刺激

CV 刺激として, 男性の日本語母語話者が発話した摩擦音から, 段階的に変化させた摩擦部 (立ち上がり R , 摩擦定常部 S) に母音が接続する刺激を作成した。 $R \cdot S$ それぞれの長さの範囲を設定し ($R = 0-90$ ms, $S = 0-180$ ms, $R + S \leq 180$, in 10 ms steps), 合計 145 種類作成した。以下では $T = R + S + F$ (立ち下がり) を摩擦部全体の長さとして使用する。VCV 刺激として, CV 刺激に先行する母音 /i/ と, 子音の間の無音区間長 (SI) が段階的に変化する刺激を作成し

* Effect of release burst on identification of fricatives/affricates: Comparison of young and elderly listeners. by YASU, Keiichi, ARAI, Takayuki (Sophia University), KOBAYASHI, Kei (University of Auckland), SHINDO, Mitsuko (Sophia University)

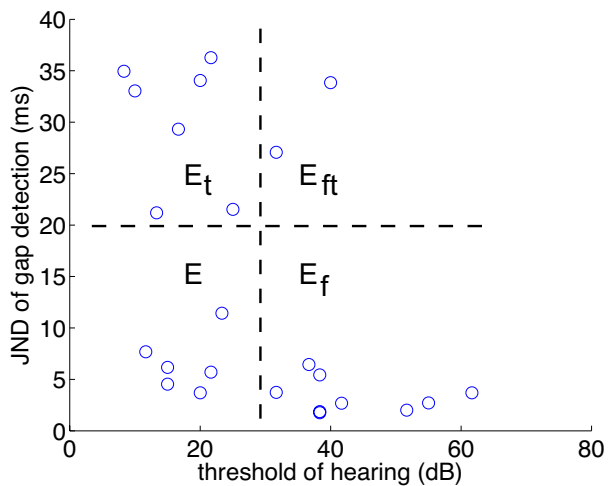


Fig. 1 各参加者における最小可聴値と時間分解能の散布図。横軸が最小可聴値 (2-8 kHz 平均), 縦軸が時間分解能の JND (ms) を示す。点線で囲まれた領域はそれぞれ E (6 名), E_t (7 名), E_f (9 名), E_{ft} (2 名) である。

た ($SI = 0-100$ ms, in 10 ms steps)。VCV 刺激では, 摩擦部の長さを短い方から T_1 ($R = 20$ ms, $S = 0$ ms), T_2 ($R = 40$ ms, $S = 80$ ms), T_3 ($R = 60$ ms, $S = 120$ ms) の 3 段階に固定した。刺激の総数は 33 種類である。さらに, 刺激の原音と同じ話者が発話した破擦音からバーストのみを切り出し, 摩擦部と相対的な振幅を保ち付加した条件 (1 倍)・振幅を 2 倍にして付加した条件 (2 倍)・バーストなし (なし), の 3 条件作成した。

2.3 手続き

すべての実験は防音室内で行われた。オーディオメータ (GN-Resound Aurical) 経由で耳のせ型のヘッドホンから音声を呈示した。刺激の呈示レベルは聴力レベルで 73 dB に固定した。まず CV 刺激の識別実験を行った。10 刺激分の練習の後, バースト 3 条件毎に, CV 刺激 145 種類をランダムに並び替え呈示した。バーストの条件もランダムとした。刺激数は合計で $145 \times 3 = 435$ である。休憩後 VCV 刺激による実験を行った。10 刺激分の練習の後, バースト 3 条件毎に, VCV 刺激 33 種類をランダムに並び替え呈示した。バーストの条件もランダムとした。刺激数は合計で $33 \times 3 = 99$ である。CV・VCV 刺激共に 2AFC (two alternative forced choice) により回答させた。回答にはタッチパネルを使用した。実験者は若年者が約 40 分, 高齢者が約 120 分であった (聴覚特性の検査を含むため)。

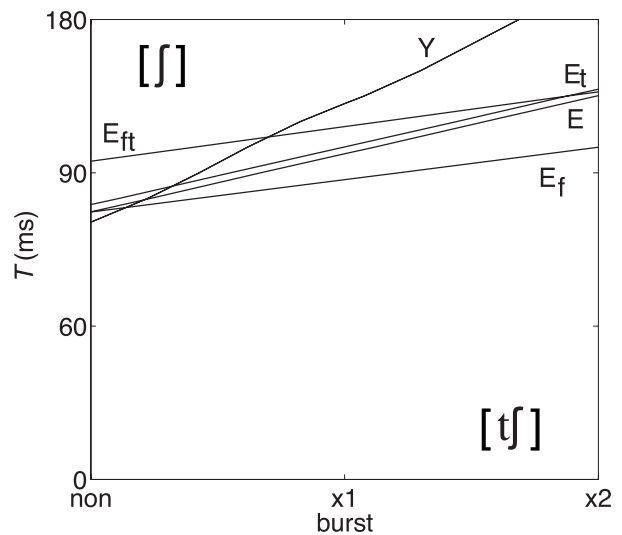


Fig. 3 バーストと T に対する摩擦音・破擦音の音素境界。縦軸は T (ms), 横軸はバースト条件 3 段階を示す。各線は Y, E, E_t , E_f , E_{ft} のそれぞれの結果を示す。

3 結果

3.1 CV 刺激

参加者群すべての結果に対し, 2次元のシグモイド関数によるフィッティング [1,2] を行った。Fig. 2 にバーストと T に対する摩擦音識別率を示す。縦軸は摩擦音識別率, 横軸は T (ms) を示す。左から Y, E, E_t , E_f , E_{ft} の結果であり, 各図の太線がバーストなし, 実線がバースト 1 倍, 点線がバースト 2 倍の条件を示す。Fig. 3 は, フィッティング後の結果の音素境界における交線を示す。各線は Y, E, E_t , E_f , E_{ft} の各参加者群における摩擦音・破擦音の音素境界線である。横軸はバーストの条件 (なし, 1 倍, 2 倍), 縦軸は摩擦音の長さ (T ms) を示す。

3.2 VCV 刺激

参加者群すべての結果に対し, 2次元のシグモイド関数によるフィッティング [1,2] を行った。Fig. 4 にバーストと SI に対する摩擦音識別率を示す。縦軸は摩擦音識別率, 横軸は SI (ms) を示す。上段から T_1 , T_2 , T_3 の結果であり, 徐々に摩擦部が長くなっている。各段の左から Y, E, E_t , E_f , E_{ft} の結果を示す。各図の太線がバーストなし, 実線がバースト 1 倍, 点線がバースト 2 倍の条件を示す。

Fig. 5 の各線は, 各参加者群における摩擦音・破擦音の音素境界を示す。横軸はバーストの条件 (なし, 1 倍, 2 倍), 縦軸は摩擦音の長さ (SI ms) である。

Fig. 6 は T と SI に対する摩擦音識別率。縦軸は SI (ms), 横軸は T を示す。各図の太線がバーストなし, 実線がバースト 1 倍, 点線がバースト 2 倍の条件を示す。図は左から Y, E, E_t , E_f , E_{ft} の結果を

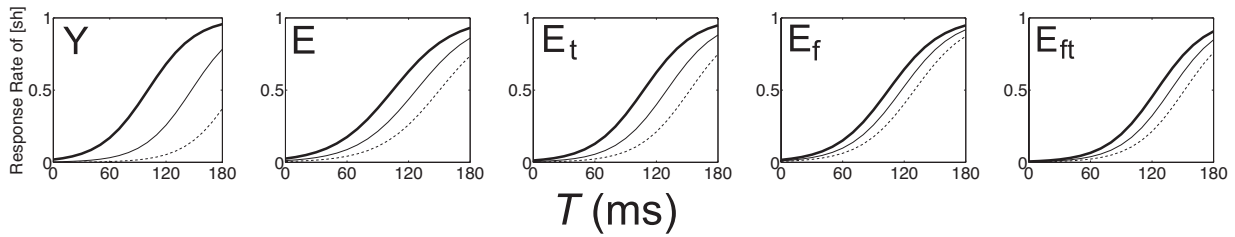


Fig. 2 バーストと T に対する摩擦音識別率。縦軸は摩擦音識別率、横軸は T (ms) を示す。各図の太線がバーストなし、実線がバースト 1 倍、点線がバースト 2 倍の条件を示す。図は左から Y, E, E_t , E_f , E_{ft} の結果を示す。

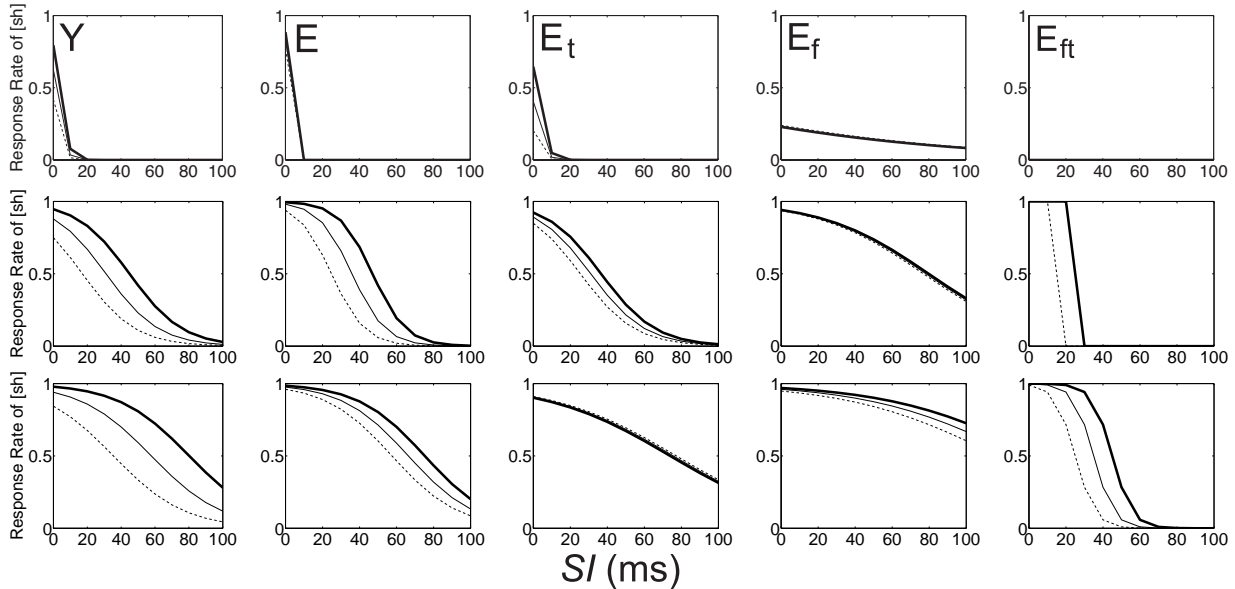


Fig. 4 バーストと SI に対する摩擦音識別率。縦軸は摩擦音識別率、横軸は SI (ms) を示す。上段から T_1 , T_2 , T_3 の結果であり、各段左から Y, E, E_t , E_f , E_{ft} の結果を示す。各図の太線がバーストなし、実線がバースト 1 倍、点線がバースト 2 倍の条件を示す。

示す。

4 考察

4.1 CV 刺激

Fig. 2 では、どの参加者群においても T が増加するにつれて摩擦音の識別率が増加した。また、太線から実線、点線の順でバーストが増加すると、摩擦音識別率が減少し、破擦音として識別される割合が増加した。Fig. 3 は、摩擦音・破擦音の音素境界線を示す。音素境界線の下は破擦音として識別された領域、上は摩擦音として識別された領域である。各線を比較すると、Y よりも E が、さらに聴覚特性が劣化した E_f , E_{ft} のほうが音素境界線が寝ているのがわかる。これは、横軸のバーストの増加よりも縦軸の T の変化のほうが、識別に与える影響が大きいことを示している。Yasu *et al.* [2] による、 T と摩擦部立ち上がりの傾き Δ の重み付けにおいて、聴覚特性が劣化することにより T への重みが増加した。今回の結果においても T への重みが増加したが、バーストが

存在することにより、破擦音側への移行とトレーディングの関係になっていることが確認された。

4.2 VCV 刺激

Fig. 4 では、どの参加者群においても SI が増加するにつれて破擦音の識別率が増加した。また、太線から実線、点線の順でバーストが付加されると、摩擦音識別率がさらに減少し、破擦音として識別される割合が増加した。また、 T_1 (上段)、 T_2 (中段)、 T_3 (下段) と摩擦部が長くなるに従い、 E_t および E_f の一部の条件を除きバースト付加による音素境界の変化量も大きくなる傾向を示した。Dorman *et al.* による実験 [3] では、若年者を対象とした実験で、本報告の T_2 の条件に近い摩擦音長の刺激に対しバーストを付加することにより約 10 ms の破擦音側への音素境界の移行がみられた。今回の実験では、Dorman *et al.* 同様に若年者において、 T_2 条件では約 15 ms 破擦音側への移行が見られた。さらに T_3 では約 23 ms 移行していることから、摩擦部の長さが増加すると摩擦音から破擦音への移行幅も増加することも確かめられ

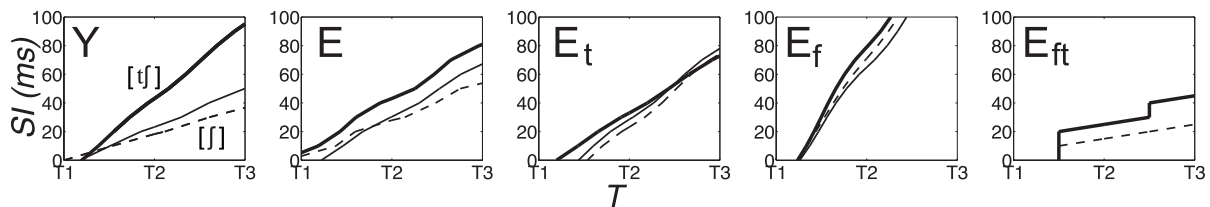


Fig. 6 T と SI に対する音素境界線。縦軸は SI (ms), 横軸は T を示す。各図の太線がバーストなし, 実線がバースト 1 倍, 点線がバースト 2 倍の条件を示す。図は左から Y , E , E_t , E_f , E_{ft} の結果を示す。

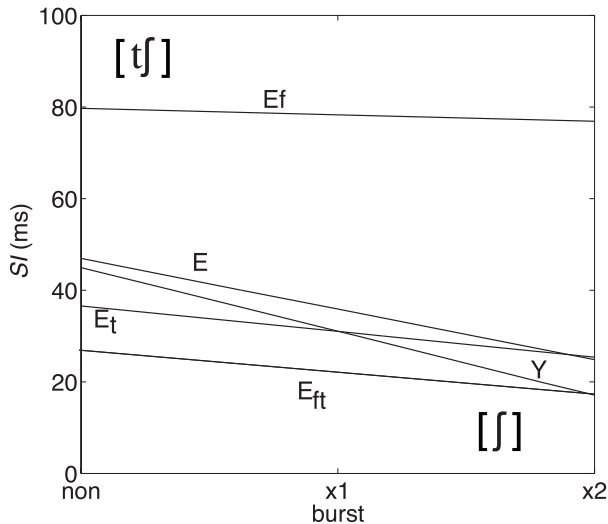


Fig. 5 T_2 条件におけるバーストと SI に対する摩擦音・破擦音の音素境界。縦軸は SI , 横軸はバースト条件 3 段階を示す。

た。高齢者においても摩擦音から破擦音への移行がみられるが、特に E_f , E_t においてバーストが付加されることによる移行は若年者よりも小さくなる傾向がみられた。Fig. 5 は各参加者群ごとの摩擦音・破擦音の音素境界線を示す。音素境界線の下は破擦音として識別された領域, 上は摩擦音として識別された領域である。各線を比較すると, Y , E , E_t , E_{ft} の順番で音素境界線の傾きが低下している。これはバーストにより識別が破擦音方向へシフトするが, 聴覚特性の劣化が重なると, トレーディングにおけるバーストの重みが相対的に低下することを示唆している。この傾向は Yasu *et al.* [2] における T と SI の重み付けの比較の際に, 聴覚特性が劣化が T への重み付けを強めたのと同様であった。

Fig. 6 は T と SI に対する音素境界線を示す。縦軸は SI (ms), 横軸は T を示す。各図において左上の領域が破擦音, 右下の領域が摩擦音である。太線がバーストなし, 実線がバースト 1 倍, 点線がバースト 2 倍の条件を示す。図は左から Y , E , E_t , E_f , E_{ft} の結果を示す。この結果, Y において太線から実線, 点線へとバースト量が増加すると破擦音へと識別が増加することが認められた。一方高齢者では聴覚特

性が劣化すると SI から T へと重み付けが変化した。さらに, 高齢者において聴覚特性が劣化するにつれて各線同士の幅が狭くなり, バーストの影響が少なくなることが示唆された。 E_{ft} については 2 名のデータのため, 今後参加者を増やし議論したい。

4.3 CV 刺激と VCV 刺激の比較

摩擦音・破擦音の識別の際には CV 刺激, VCV 刺激のどちらの実験においても, バーストを付加することにより破擦音側への移行がみられた。また, 聴覚特性の劣化に伴い, バースト付加の影響が弱まり T へと重みが増変化した。これは, バーストの有無や SI のキューが相対的に識別されづらくなるからと考えられ, 補聴器等への搭載を目的とした音声強調処理を考えた場合, 異聴の低下を図るためには各種キューの強調を行うことにより改善される可能性があると考えられる。

5 おわりに

本報告では, 若年者および高齢者を対象として, 摩擦部に先行したバーストが摩擦音・破擦音の識別にどのように影響を及ぼすか調査した。その結果, CV 刺激・VCV 刺激のどちらにおいても聴覚特性が劣化すると T へとキューの重みが増変することが確認された。また, 語頭や語中などの子音の出現箇所に限らず, バーストが付加されると破擦音側へと識別が移行されるが, 聴覚特性が劣化すると, その傾向が弱まると考えられる。今後は, 音声強調処理への応用にあたり, キューの種類や出現位置毎の処理条件を考察したい。

参考文献

- [1] 安他, 日本音響学会誌, 68(10), 501-512, 2012.
- [2] Yasu *et al.*, Proc. Interspeech, 3152-3156, 2013.
- [3] Dorman *et al.*, J. Phonetics, 8, 397-405, 1980.
- [4] Strouse *et al.*, J. Acoust. Soc. Am., 104(4), 2385-2399, 1998.