

高齢者における無声摩擦音・破擦音識別結果の予測について —聴覚特性劣化起因の異聴に対する予測結果の妥当性の検討—*

○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・外国語)

1 はじめに

著者らはこれまでに、高齢者を対象とした摩擦音・破擦音の識別実験を行ってきた [1-3]。その際、実験参加者を、摩擦音閾値の上昇、時間分解能の低下、補充現象の有無等の聴覚特性毎に分類した。語頭の摩擦音・破擦音の識別では、聴覚特性の劣化が認められると、破擦音への異聴が増加した。更に、母音が摩擦部に先行する場合の実験も行った。その結果、聴覚特性の劣化により、破擦音から摩擦音への異聴が増加した [1-3]。これらの他に、若年健聴者による模擬難聴環境下で摩擦音・破擦音識別実験を行い、高齢者において聴覚特性の劣化がある場合の結果を予測するという実験も行われた [4]。この予測は高齢者の実験と同じく、語頭に摩擦部がある刺激において破擦音方向へと異聴した。

最小可聴値の上昇について Kluender *et al.* は考察において、雑音によって摩擦部の立ち上がりが知覚に影響を及ぼすことを示唆した [5]。Mitani *et al.* は Kluender らの議論を受け、立ち上がりの増幅率を変化させ、さらに立ち上がり部のみ雑音を付加し、模擬難聴の環境で実験を行った [6]。その結果、付加された雑音のレベル以上摩擦部における立ち上がりの増幅率が急になることによって、摩擦音から破擦音へと識別が変化することを述べた。さらに安ら [4] においても、雑音によって立ち上がり部をマスクしたところ、破擦音への識別が増加した [4]。

このように聴覚特性の劣化と識別の関係についての研究はいくつか存在するが、複数の聴覚特性の劣化と識別に関する考察は少ない。そこで、本報告では若年者・高齢者による摩擦音・破擦音の識別結果から、聴覚特性毎に識別結果を予測し、その予測と実験結果を比較した。

2 若年者・高齢者による聞き取り実験 [1-3]

本報告の実験結果は、著者らによるこれまでの報告のものである [1-3]。参加者は、高齢者 59 名 (62-83 歳, 平均 72.2 歳) であった。高齢者は予め聴覚特性の測定に参加し、摩擦音による最小可聴値 (上昇していた場合添字 f), 時間分解能 (低下していた場合添字 t), 補充現象 (認められた場合添字 r) のそれぞれの度合いによって参加者を E (25 名), E_t (6 名), E_f (7 名), E_{ft} (10 名), E_{ftr} (10 名) の 5 グループに分類した (実際には E_{fr} がいたが, 1 名のため除外した)。刺激は CV 刺激として、段階的に変化させた摩擦部 (立ち上がり R , 摩擦定常部 S) に母音が接続するもの, VCV 刺激として、摩擦部に先行する母音と摩擦部との無音区間長 (SI) が段階的に変化する刺激を用いた。CV 刺激の場合は「し」もしくは「ち」、VCV 刺激では「いし」もしくは「いち」の 2 者を選択する 2AFC の実験を行った [1-3]。

3 実験結果の考察

結果の詳細は [1-3] に譲る。ここでは、Fig. 1 に示す CV 刺激の結果について述べる。Fig. 1 の横軸は R , 縦軸は S である。それぞれの直線は摩擦音・破擦音の音素境界線を示す。 $R \cdot S$ が短い場合には破擦音, $R \cdot S$ が長い場合には摩擦音として識別された。これまでの実験では $0 \leq R \leq 90$ ms で R を 10 ms 刻みで変化させたが, $0 \leq R \leq 20$ ms の領域は立ち上がりが自然発話に比べ不自然に急であるため、識別する際に $20 \leq R \leq 90$ ms に比べて音素境界の傾向が異なっていた [1-3]。実験結果をフィッティングする際に、2つのシグモイド関数によってフィッティングを行ったが、本報告ではより自然な立ち上がりに近い $20 \leq R \leq 90$ ms の領域で改めて実験結果を解析した。 R が 20 ms 以上の $20 \leq R \leq 90$ ms の部分において、 $S = aR + b$ という直線に近似し、係数を求めた。

*Identifying specific characteristics of hearing impairments to predict miss-identification of voiceless fricatives/affricates by elderly listeners, by YASU, Keiichi, ARAI, Takayuki (Faculty of Science and Technology, Sophia University), KOBAYASHI, Kei (The University of Auckland), and SHINDO, Mitsuko (Faculty of Foreign Studies, Sophia University).

Table 1 $20 \leq R \leq 90$ ms における直線 $S = aR + b$ の傾き a と切片 b

参加者群 C 倍率	E		E_t		E_f		E_{ft}		E_{ftr}	
	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10
a	-1.64	-1.47	-1.21	-1.07	-0.96	-1.43	-1.18	-1.20	-0.81	-1.04
b	148.9	112.9	131.6	101.9	117.1	112.8	118.6	112.8	102.7	109.9

Table 2 E を基準にした場合の各群の R 軸方向の拡大率と平行移動の度合い

参加者群 C 倍率	E_t		E_f		E_{ft}		E_{ftr}	
	1	10	1	10	1	10	1	10
拡大率	0.74	0.73	0.59	0.97	0.72	0.82	0.50	0.71
平行移動	-7.84	-5.42	-11.4	-0.079	-13.36	-0.067	-13.98	-1.46

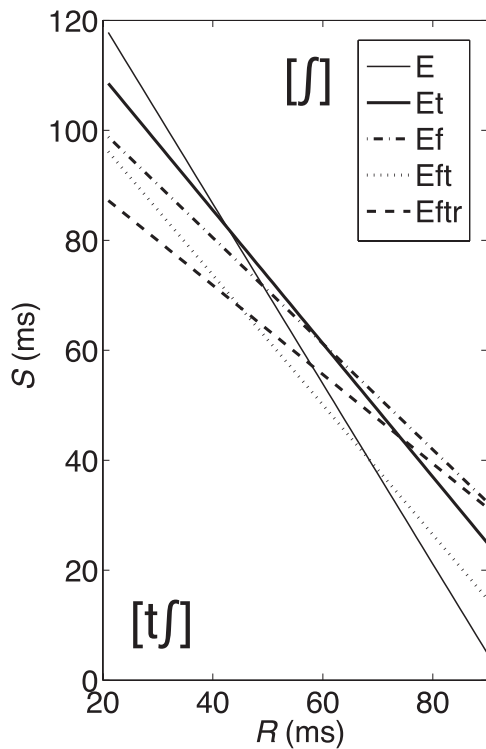


Fig. 1 R, S に対する摩擦音・破擦音の音素境界

Table 1 に a と b を示す。表中の C 倍率とは、摩擦部の振幅増加率 (1 倍もしくは 10 倍) である。さらに、 E の直線を基準にした場合の変化の度合いを、 E の直線からの拡大率・平行移動の度合いとして求めた。 E の回帰式を $S = a_E R + b_E$ 、他の群の式を $S = a_{E_x} R + b_{E_x}$ (x には各群の添字が入る) とすると、 E の式から E_x への式へ移動する際の傾きの倍率は a_{E_x}/a_E 、切片の移動は $a_E(b_E - b_{E_x})/a_{E_x}^2$ と表すことができる。Table 2 に傾きの拡大率と切片の平行移動の度合いを示す。この結果から、 E に比べ、聴覚特性の劣化の

ある参加者群は傾きが小さいため、より緩やかになったことがわかる。

摩擦部に母音が先行する VCV 刺激における結果を Fig. 2 に示す。 $R+S$ が増加するにしたがって、破擦音から摩擦音へ識別される割合が増加した。また、 SI が増加するにしたがって、摩擦音から破擦音に識別が変化している。 E では SI が極端に短い $R+S$ が短い領域以外は破擦音として識別されているのに対し、対照的な E_{ftr} では SI の変化にかかわらず $R+S$ が短い場合には破擦音のまま、 $R+S$ が長い場合には摩擦音のままに識別が変化しないことがわかる。一方同じ E_{ftr} において Fig. 1 の CV 刺激においては、他の群の $R \cdot S$ に対する識別結果に比べ、破擦音として識別しやすいことがわかる。

4 実験結果と予測の妥当性

高齢健聴者の結果から聴覚特性の劣化が見られる群の結果について検討する。まず、高齢健聴者と聴覚特性に劣化のある参加者との間の差を検討した。それに伴い聴覚特性の劣化による影響を以下のように推測した。

- 閾値の上昇：摩擦部の開始部が閾値以下になることにより、 R が短く知覚される可能性がある。よって摩擦音から破擦音への異聴が増加する (し→ち)。
- 時間分解能の低下：聴覚の時間窓が広がることにより、聴覚末梢から中枢に信号が伝達される上で信号の時間積分が遅くなり、 R の立ち上がりが緩やかになる可能性がある。

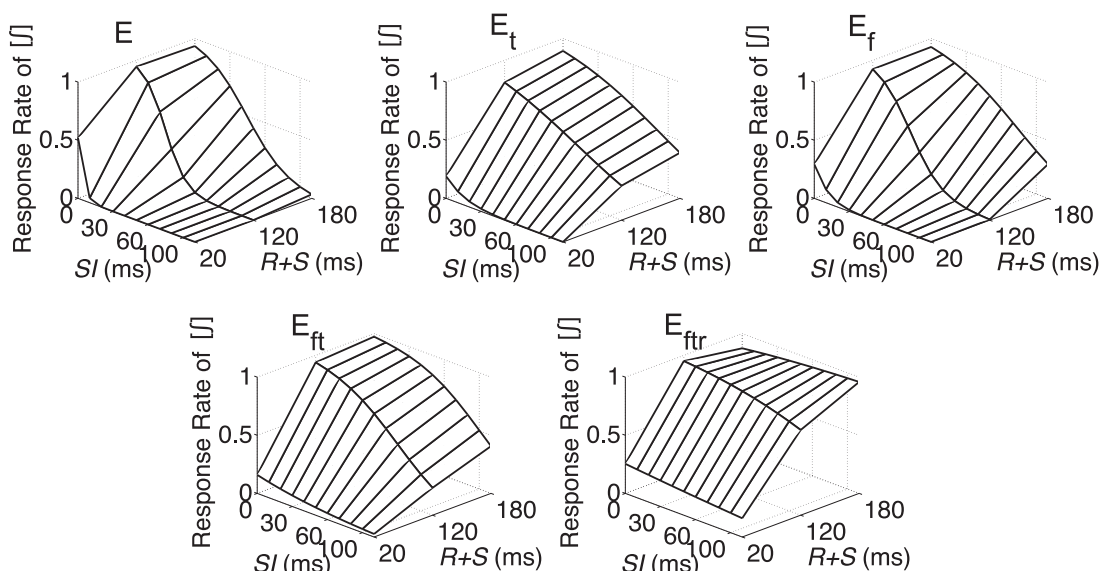


Fig. 2 VCV 刺激における, SI と $R+S$ の変化に対する摩擦音 [ʃ] の反応率。上段左から E , E_t , E_f , 下段左から E_{ft} , E_{ftr} の結果を示す。

よって、破擦音から摩擦音への異聴が増加する (ち→し)。

- 補充現象が認められる場合：閾値より大きい信号が急激に立ち上がり、最大音圧において健聴者とかかわらない大きさに知覚されるため、 R が短く、傾きが急になる可能性がある。よって、摩擦音から破擦音への異聴が増加する (し→ち)。

補充現象はそれ単体で起こるのではなく、閾値の上昇 (添字の f) を伴う。本報告で補充現象が見られたのは E_{ftr} の群で時間分解能の低下も併せて起きている。

Fig. 1 の CV 刺激の場合、 E に比べいずれの参加者群においても、 R が短い場合には破擦音から摩擦音へ、 R が長い場合には摩擦音から破擦音へと異聴が増加する傾向となった。つまり、 R が長い場合には閾値の上昇と補充現象の推測と同じ方向へ異聴していることがわかった。一方、上記の推測では時間分解能が低下すると立ち上がりが伸び、摩擦音方向への異聴が増加することが予測された。しかし、実際には E_t , E_{ft} , E_{ftr} の時間分解能の低下している群で摩擦音への異聴が増加したのは R が短い場合であった。 R が長いときに時間分解能の低下が破擦音方向への異聴を引き起こした原因については、今後調査したい。

Fig. 2 の VCV 刺激の場合、聴覚特性の劣化が認められた群では、 E に比べ破擦音から摩擦音

への異聴が認められた。これは、CV 刺激の場合とは逆に、摩擦音閾値の上昇した群、補充現象が見られた群では、破擦音への異聴が増えるという結果であり、上記に示した推測に反する傾向が見られた。このように先行する母音の有無によって聴覚特性の劣化が及ぼす影響が異なるという結果となった。摩擦音と破擦音を識別する際に、CV 刺激のような語頭に摩擦部がある場合と VCV 刺激のような語中にある場合で聴覚特性によって傾向が変わるとは考えづらい。よって、摩擦音・破擦音の現れる位置によって、聴覚特性より高次の機能で判断されている可能性も否定できない。

これまでに行ってきた異聴の予測実験として、著者らは若年者に対してホワイトノイズを付加することにより、純音閾値上昇群を模擬した状態で CV 刺激の識別実験を行った [4]。実験の結果、雑音を付加した結果は、雑音無しの結果から R を短く変換することにより反応図の形状が近づくことがわかった。

時間分解能の低下や補充現象の模擬は今後の課題とする。具体的には、時間処理の場合には、sliding temporal integrator [9] の窓関数を広げる処理を行う。補充現象についても、入出力関数のニーポイントを操作し [7], R の変化に敏感になるような処理を行いたい。

5 おわりに

本報告では、これまでの若年者・高齢者実験における摩擦音・破擦音の識別結果について、CV刺激の R が自然な立ち上がりの範囲において結果の解析を行った。その結果、 E に比べ、聴覚特性の劣化が認められると、摩擦音から破擦音へと異聴が増加した。この結果は閾値の上昇・補充現象による影響の推測からは妥当な結果であったが、時間分解能の低下による推測には当てはまらなかった。一方、VCV刺激において聴覚特性の劣化による異聴は破擦音から摩擦音の方向であった。これは時間分解能の低下に伴う異聴の推測と一致したが、閾値・補充現象の推測には当てはまらなかった。CV刺激とVCV刺激のように、先行する母音が存在する場合に異聴の傾向が異なるのは、末梢系よりも高次での処理が識別に影響している可能性も考えられる。

今後の課題として、摩擦音閾値の上昇、時間分解能の低下、補充現象についてのモデル化を進め、実験結果とモデルによる予測結果との一致度を議論したい。

謝辞 本研究の一部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「人間情報学研究センター」の支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] 安ら, 音講論(秋), 497–500, 2010.
- [2] 安ら, 音講論(秋), 549–552, 2011.
- [3] 安ら, 第25回日本音声学会全国大会予稿集, 109–114, 2011.
- [4] 安ら, 音講論(秋), 1365–1368, 2009.
- [5] Kluender and Walsh, *Psychonomic Soc.*, 51(4), 328–333, 1992.
- [6] Mitani *et al.*, *J. Acoust. Soc. Am.*, 120(3), 1600–1607, 2006.
- [7] Nejime *et al.*, *J. Acoust. Soc. Am.*, 102(1), 603–615, 1997.
- [8] Drullman *et al.*, *J. Acoust. Soc. Am.*, 95(2), 1053–1064, 1994.
- [9] Oxenham and Moore, *Her. Res.*, 80, 105–118, 1994.