

若年健聴者を対象とした語頭および語中の 無声摩擦音・破擦音連続体の識別実験 —高齢者による識別実験との比較—*

☆安啓一, 山崎寛之, 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

高齢者は若年者と比較して、加齢と共に言葉の聴き取りが悪くなることが知られている。原因としては最小可聴値の上昇 [1] や聴覚フィルタの広がり [2], 聴覚における時間処理の低下 [3, 4], 補充現象 [5] の出現など様々な聴覚特性の劣化が考えられている。著者らはこれまでに摩擦音・破擦音の異聴に着目し、若年者・高齢者を対象とした実験を行ってきた。摩擦音・破擦音を識別する上で若年者と高齢者の間の聞き取りの違いや、異聴の原因となる聴覚特性を調査することによって聴覚補償のための考察を深められ、ひいては音バリエーションに貢献できると考えられる。

若年者を対象とした無声摩擦音・破擦音の識別実験は過去に様々な研究にて行われている。摩擦開始部の立ち上がり時間を R , 摩擦定常部の持続時間を S , 立ち下がり時間を F , 先行母音 V_1 と摩擦部との無音区間長を SI (silent interval), 摩擦部の全体の持続時間を $T = R + S + F$ とすると、先行研究は特に R と S , SI に着目して実験を行っている。無声摩擦音・破擦音+母音の CV 音節の知覚において, Howell & Rosen [6] は R , Kluender & Walsh [7] は $R + S$ が, Mitani *et al.* [8] はさらに、摩擦部立ち上がり増加率が摩擦音・破擦音の識別の手がかりになっていることを示した。山川ら, 天野ら [9-11] は R と $S+F$ 組み合わせで知覚・生成範疇境界を表現することができ、両者が一致すると述べた。

高齢者を対象とした例としては, Dorman *et al.* [12] は語頭に摩擦音が存在する “shop”-“chop” の単語対に対して, Howell & Rosen [6] と同じ音声処理法で R を変化させた刺激を用いて若年健聴者 (YNH), 高齢健聴者 (ENH), 高齢難聴者 (EHI) に対して実験を行った。その結果, 予想に反して参加者間で差はみられなかった。安らは高齢者に対して同様の実験を行った結果, EHI において摩擦音から破擦音への異聴が有意に認められ, また, YNH と ENH で摩擦音・破擦音の識別に違いが認められたことから, 例えば時

間処理の低下などの最小可聴値以外の聴覚特性の劣化が破擦音への異聴に影響を及ぼしていることが示唆された [13-15]。

一方, 無声摩擦音・破擦音が語中にあるなど先行母音 V_1 が存在する場合には, 語頭に呈示される場合よりも識別が変化することが報告されている [16, 17]。若年者を対象にして行われた実験のうち, Repp *et al.* [16] は単語 “shop” の直前に母音で終わる別の単語が接続されると SI が長くなるに従い “shop” から “chop” に識別が変化することを示した。Dorman *et al.* [17] は “dish”-“ditch” において, 語末の摩擦音に先行する SI の長さを連続的に変えて若年者に対し識別実験を行った結果, SI が短い場合には “dish”, 長い場合は “ditch” と識別されることを報告した [17]。Gordon-Salant *et al.* [18] では, “dish”-“ditch” の対において SI を変化させ実験を行った結果, YNH に比べ ENH, EHI の順で, 無声破擦音から無声摩擦音への異聴がみられたと同時に, 同じ順番で時間処理の低下も観測された [18]。

安ら [19] は, 高齢者が無声摩擦音・破擦音を識別する上でどのような聴覚特性の劣化が影響を及ぼすかについて系統的に調査することを目的に実験を行った。純音と摩擦音の最小可聴値, SI の弁別閾に基づく時間処理低下の有無, ラウドネススケージング [20] に基づく補充現象の有無の測定によって高齢者群をさらに分類したところ, 聴覚特性の劣化の条件が重なる CV 音節では摩擦音から破擦音へ, VCV 音節では破擦音から摩擦音への異聴が増加した。

本報告では, YNH を対象に CV 刺激の識別実験に加え, 日本語ではまだ行われていない語中 (VCV 刺激) の摩擦音・破擦音の識別実験を行い, 高齢者の結果 [19] との比較を目的とした。さらに, VCV 刺激において V_1 の持続時間を短縮させ, VCV 刺激の識別にどのような影響を及ぼすかを調査した。また, VCV 刺激の SI を拡張させた条件での摩擦音・破擦音およびそれらの促音の識別実験を行った。

* Identification of voiceless fricatives/affricates at word-initial and word-medial positions by young normal-hearing listeners: Comparison with elderly listeners' identification test, by YASU, Keiichi (Graduate School of Science and Technology, Sophia University), YAMAZAKI, Hiroyuki, ARAI, Takayuki (Faculty of Science and Technology, Sophia University), KOBAYASHI, Kei (The University of Auckland) and SHINDO, Mitsuko (Faculty of Foreign Studies, Sophia University)

2 聴取実験

若年者を対象に4つの実験を行った。実験1ではCV刺激、実験2ではVCV刺激、実験3では V_1 を短縮したVCV刺激を用いた。実験4は実験3で使用したVCV刺激の SI を伸長し、促音に識別されるかどうかについても調査した。

2.1 参加者

実験には21–24歳の若年者19名(男性15名, 女性4名, 平均年齢22.3歳)が参加した。純音聴力検査によりスクリーニングを行い, 両耳とも最小可聴値が20 dB HL以下であることを確認した。

2.2 刺激

実験1, 2は安ら[19]と同じ刺激を用いた。実験1で用いた刺激は, 男性発話の/ji/を基に作成され, $R = 0\text{--}90\text{ ms}$, $S = 0\text{--}180\text{ ms}$ でどちらも10 ms毎であり, $R + S \leq 180\text{ ms}$ の条件を満たしている。実験2では実験1で用いたCV刺激のうち, 子音Cが短($R = 20\text{ ms}$, $S = 0\text{ ms}$), 中($R = 40\text{ ms}$, $S = 80\text{ ms}$), 長($R = 60\text{ ms}$, $S = 120\text{ ms}$)を使用した。先行母音 V_1 (持続時間229 ms)とCの間の SI を0–100 msの範囲で10 ms毎に変化させた。実験3では, 実験2で用いたVCV刺激の V_1 の定常部において, 基本周期単位で波形を削除することにより140 msに短縮した V_1' を用いた。実験4においては, 実験3で用いたVCV刺激の SI を0–260 msに拡張し, 20 ms毎に作成した。

2.3 手順

すべての実験は遮音室内で行われた。PCに接続されたUSBオーディオアンプ(ONKYO MA500U)とオーディオメータ(GN Resound AURICAL)を経由し, 受話器(GN Resound AURICAL 付属)より両耳に刺激を呈示した。

実験1ではCV刺激においてCのレベルが54 dB HLのときは C^1 , 振幅が10倍の74 dB HLのときは C^{10} とした。 C^1 , C^{10} の順で2セッション行った。各セッション内では刺激をランダムに呈示した。実験参加者には1つの刺激を呈示後, PCのタッチパネル上で「し」もしくは「ち」のうち聞こえた選択肢のボタンを強制的に選択するよう指示した。合計の刺激数は292刺激であった(レベル2条件 \times 146刺激 = 292刺激)。

実験2, 3ではVCV刺激を用いた識別実験を行い, V_1 , Cをそれぞれ54 dB HL, 74 dB HLの2つのレベルで組み合わせることによって, 2×2 の4セッションの構成とした。以後, V_1 のレベルが54 dB HLのときを V_1 , 74 dB HLのときを V_1^{10} とし, $V_1^1 C^1$,

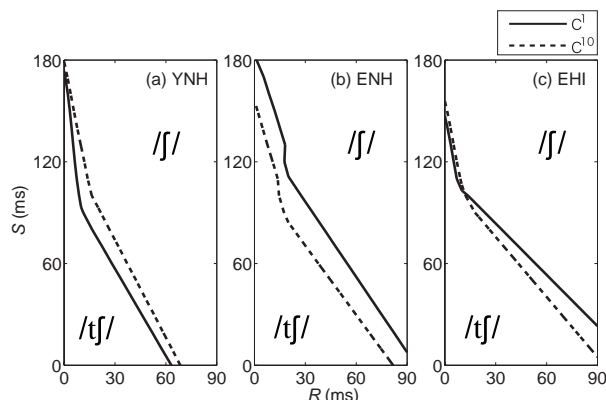


Fig. 1 実験1: R , S の変化に対する/j/反応率の平均値 $p(R, S)$ をフィッティングした値 $\hat{p}(R, S) = 0.5$ における/j/と/tʃ/の音素境界線(ENH, EHIは高齢者による実験結果[19])

$V_1^1 C^{10}$, $V_1^{10} C^1$, $V_1^{10} C^{10}$ の順番で実験を行った。各セッション内では刺激をランダムに呈示した。実験参加者には1つの刺激を呈示後, PCのタッチパネル上で「いし」もしくは「いち」のうち聞こえた選択肢のボタンを強制的に選択するよう指示した。合計の刺激数は132刺激であった(レベル4条件 \times 33刺激 = 132刺激)。

実験4ではCが短, 中, 長の3種類の組み合わせと14段階の SI とで全 $3 \times 14 = 42$ 刺激をランダムに呈示した。実験参加者には「いし」「いち」「いっし」「いっち」のうち聞こえた選択肢のボタンを強制的に選択するよう指示した。さらに白色雑音の加算による模擬難聴の条件を追加し, 雑音レベル54 dB HL(以下, YHI_{54}), 48 dB HL(以下, YHI_{48}), 模擬難聴無し(以下, YNH)の順番で3セッション行った。各セッション内では刺激をランダムに呈示した。

各実験に先立ち, 参加者は各実験の冒頭に練習試行を10回以上手順を理解するまで繰り返した。実験の合計時間は休憩込みで約60分であった。

3 結果・考察

3.1 実験1: CV刺激の識別

実験1のCV刺激において, R と S の変化に対する/j/反応率の平均値 $p(R, S)$ を求めた。さらにシグモイド関数によるフィッティング後の値 $\hat{p}(R, S)$ が0.5となる/j/と/tʃ/の音素境界線をFig. 1に示す。

(a) YNHにおいて, R , S が増加すると破擦音から摩擦音へと識別が変化し, YNH対象の先行研究[6–8, 22]と同じ傾向を示した。また, (a) YNHに比べて(b) ENH, さらに(c) EHIのほうが破擦音の識別率が増加した。この異聴の傾向は高齢者対象の先行研究[13–15]と同様であった。

Fig. 1より, (b) ENH, (c) EHIでは C^1 に比べて

Table 1 実験 2, 3: SI の変化に対する $/j/$ 反応率の平均値 $p(SI)$ をフィッティングした値 $\hat{p}(SI)$ が 0.5 の音素境界における SI (ms) の値 $SI_{0.5}$ (-はすべての SI で $\hat{p}(SI)$ が 0.5 を下回り, +は上回る条件)

C (R, S) ms		実験 2	文献 [19]		実験 3
		YNH	ENH	EHI	YNH
短 (20, 0)	$V_1^1 C^1$	2.1	-	-	0.2
	$V_1^1 C^{10}$	-	1.2	-	-
	$V_1^{10} C^1$	3.8	5.7	15.2	0.2
	$V_1^{10} C^{10}$	-	6.8	7.2	2.1
中 (40, 80)	$V_1^1 C^1$	26.9	27.2	76.5	30.4
	$V_1^1 C^{10}$	25.4	32.3	64.6	34
	$V_1^{10} C^1$	27.6	16.5	40.9	29.2
	$V_1^{10} C^{10}$	33	22.7	39.4	44.2
長 (60, 120)	$V_1^1 C^1$	48.8	49.1	+	57.8
	$V_1^1 C^{10}$	44.2	55.7	85.9	62.6
	$V_1^{10} C^1$	46.9	27.5	58.6	62.1
	$V_1^{10} C^{10}$	57.0	39.2	52.4	75.7

C^{10} が摩擦音として識別されていた。一方, (a) YNH では C^1 よりも C^{10} のほうが破擦音として識別される傾向がみられた。

3.2 実験 2: VCV 刺激の識別

SI の変化に対する $/j/$ 反応率の平均値 $p(SI)$ をフィッティングした値 $\hat{p}(SI)$ を求めた。 $\hat{p}(SI)=0.5$ の音素境界における SI (ms) を $SI_{0.5}$ とし, Table 1 に示す。ENH, EHI は先行研究 [19] の結果である。

Table 1 の YNH の結果をみると, C が短の条件では $SI_{0.5} \leq 4.0$ ms もしくは $\hat{p}(SI)$ が 0.5 を下回り $SI_{0.5}$ の値が無く, ほぼ破擦音として識別されていた。C が長の条件では $SI_{0.5}$ が 40ms 以上になり, 摩擦音として識別される割合が増加した。この YNH の結果は ENH, EHI と同じ傾向を示し, 英語刺激を用いた若年者を対象の先行研究 [17, 18] の結果を支持した。このように C が長くなるにつれて破擦音から摩擦音に識別が変化することがわかった。

参加者間の比較をすると, 同じ C に対して YNH, ENH, EHI の順番で $SI_{0.5}$ が長くなり, 摩擦音の割合が増加した。この結果は Gordon-Salant *et al.* [18] の結果を支持した。

$V_1^1 C^1$, $V_1^1 C^{10}$, $V_1^{10} C^1$ の間では $SI_{0.5}$ に差がみられなかった。一方, $V_1^{10} C^{10}$ においては $V_1^1 C^1$ に比べると $SI_{0.5}$ が長くなり, 摩擦音として識別される割合が増加した。また, YNH に比べ, ENH, EHI のほうが V_1 , C のレベルの条件間で $SI_{0.5}$ の変化が大きく, レベル変化の影響を受けやすいことが示唆された。

3.3 実験 3: V_1 を短縮した場合の VCV 刺激の識別

Table 1 の実験 3 の YNH に V_1' での結果を示す。Y について実験 2 に比べて V_1 が短い実験 3 のほうが $SI_{0.5}$ が長くなり, 摩擦音として識別される割合が高

くなった。 V_1 が短くなることにより話速が早くなったと知覚され, SI と C の音素境界が話速が速い条件に移行し, 識別が変化した可能性がある。平田ら [21] は V_1 を短くすることによって「いた」から「いった」へと識別が変化することを述べた。今回の刺激では V_1 が短くなることによって, 摩擦音への識別が増加したことを考慮すると SI よりも C のほうが識別に与える影響が大きいことが考えられる。

C, V_1 のレベルに着目すると 実験 2 と同じく, $V_1^1 C^1$, $V_1^1 C^{10}$, $V_1^{10} C^1$ の間では $SI_{0.5}$ にあまり差がみられず, $V_1^{10} C^{10}$ においては $SI_{0.5}$ が長くなり, 摩擦音として識別される割合が増加した。

3.4 実験 4: SI を拡張した場合の VCV 刺激の識別

Fig. 2 は横軸 SI に対する「いし」「いち」「いっし」「いっち」の反応率を示す。YNH (左), YH₄₈ (中央), YH₅₄ (右) の条件毎に一段目から, C の長さ: 短, 中, 長の結果である。

YNH の条件をみると, $SI = 0-100$ ms では SI が増加するにつれて「いし」の割合が減少し, 「いち」の割合が増加した。この結果は実験 2, 3 と同じ傾向を示した。 $SI \geq 100$ ms では SI が増加すると, C が短の条件では「いち」の割合が減少し「いっち」の割合が増加し, 「いし」はほぼ観察されなかった。一方で, C が中, 長の条件では「いし」「いっし」の割合が増加した。平田ら [21] においては, $SI = 160$ ms 付近で「いた」から「いった」へと識別が切り替わり, 今回の実験結果とほぼ同じであった。

YH₄₈, YH₅₄ では YNH の条件に比べて破擦音方向への識別の変化が見られた。一方, 高齢者を対象とした VCV 刺激の実験 [19] では, EHI において破擦音から摩擦音への異聴が増加し, YNH を対象とした模擬難聴の結果と識別の変化が異なる傾向を示した。CV 刺激の場合, 安らにおける若年者に対する CV 刺激での模擬難聴実験 [22] において摩擦音から破擦音への異聴が観察され, 高齢者を対象とした CV 刺激の実験 [15, 19] における EHI と異聴の方向が同じであった。つまり, C の出現位置によって YHI と EHI の識別が反対方向になることが示唆された。

模擬難聴条件のうち, C が中・長の条件では「いっし」の割合が減少すると同時に「いっち」の割合が増加し, 模擬難聴の程度が増すとよりその傾向が強まった。

4 おわりに

本報告では若年者を対象とした無声摩擦音・破擦音の識別実験を行った。CV 刺激の識別実験においては, R, S が増加すると破擦音から摩擦音へと識別が

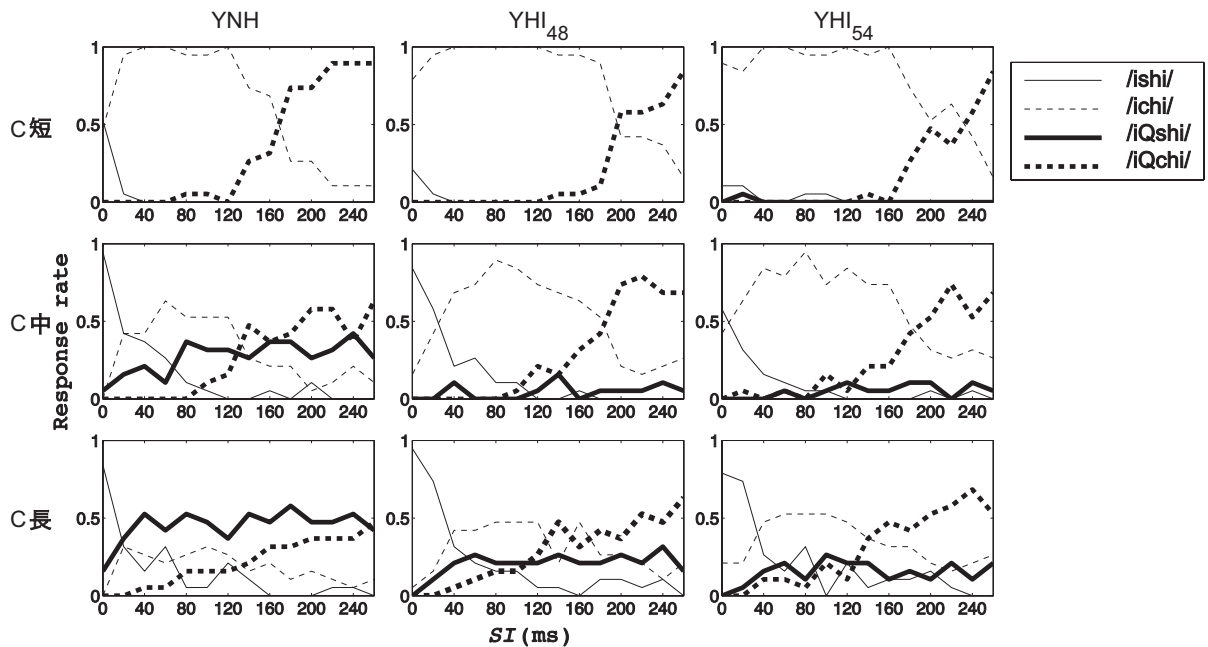


Fig. 2 実験4: SI に対する「いし」「いち」「いっし」「いっち」の反応率

変化した。また、YNHでは C^1 から C^{10} へ C のレベルが増加すると、破擦音として識別された。

VCV刺激の識別実験では、 SI が増加すると摩擦音から破擦音へと識別が変化し高齢者での実験[19]及び英語刺激を用いた若年者の先行研究[17, 18]の結果と同じであった。また、YNHに比べてENHのほうがVCV刺激を摩擦音として識別する割合が大きく、EHIではさらにその傾向が強まること示された。 V_1 を短縮すると摩擦音の識別が増加したことから、 SI に比べ R のほうが識別に影響を及ぼすことが示唆された。

促音を考慮すると、 SI の増加に伴って C が短の条件では「いし」から「いち」「いっち」、 C が中・長の条件では「いし」「いっし」と識別された。そして、YHIでは摩擦音から破擦音への異聴が増加し、EHIと反対の傾向を示したことから、 C の出現位置によってYHIとEHIの識別が変わることが示唆された。

今後は V_1 の立ち下がりなど識別に及ぼす条件を変化させ、若年者・高齢者を対象とした実験を行う。さらに、若年者と高齢者の識別の違いを検討し、様々な聴覚特性の観点から高齢者における子音の識別をモデル化することを進める。

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] 立木, 聴力検査, 南山堂, 210, 1972.

[2] Glasberg *et al.*, *Hear. Res.*, 47(1-2), 103–138, 1990.
 [3] Fitzgibbons *et al.*, *J. Am. Acad. Audiol.*, 7(3), 183–189, 1996.
 [4] Strouse *et al.*, *J. Acoust. Soc. Am.*, 104(4), 2385–2399, 1998.
 [5] Villchur, *J. Acoust. Soc. Am.*, 56, 1601–1611, 1974.
 [6] Howell and Rosen, *J. Acoust. Soc. Am.*, 73(3), 976–984, 1983.
 [7] Kluender and Walsh, *Psychonomic Soc.*, 51(4), 328–333, 1992.
 [8] Mitani *et al.*, *J. Acoust. Soc. Am.*, 120(3), 1600–1607, 2006.
 [9] 山川ら, 音講論(春), 321–322, 2009.
 [10] 天野ら, 音講論(秋), 457–458, 2009.
 [11] 天野ら, 音講論(秋), 415–416, 2010.
 [12] Dorman *et al.*, *J. Acoust. Soc. Am.*, 77(2), 664–670, 1985.
 [13] Yasu *et al.*, *Proc. of Japan-China Joint Conf.*, 2007.
 [14] 安ら, 音講論(秋), 589–590, 2007.
 [15] 安ら, 音講論(春), 609–612, 2010.
 [16] Repp *et al.*, *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 4(4), 621–637, 1978.
 [17] Dorman *et al.*, *J. Phonetics*, 8, 394–405, 1980.
 [18] Gordon-Salant *et al.*, *J. Acoust. Soc. Am.*, 119(4), 2455–2466, 2006.
 [19] 安ら, 音講論(秋), 497–500, 2010.
 [20] Kießling, *Audiologische Akustik*, 34(2), 82–89, 1995.
 [21] 平田, 音声学会会報, 194, 23–28, 1990.
 [22] 安ら, 音講論(秋), 1365–1368, 2009.