

加齢に伴う無声摩擦音・破擦音識別に対する cue trading における重みの変化 —子音の立ち上がり時間と先行する無音区間長に着目して— *

◎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), 山崎寛之 (上智大・理工)

1 はじめに

摩擦音・破擦音の識別には、特に時間的なキューが重要である。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 、摩擦部の全体の持続時間を $T = R + S + F$ とすると、 R や $R + S$ が音響的キューとなっており、 $R \cdot S$ の持続時間が長くなると摩擦音として識別されやすくなる [1-3]。

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、 SI も音響的キューとなっている [4, 5]。 SI が長くなると $R \cdot S$ とは逆に破擦音として識別されやすくなる。このようにキューが二つ以上あると、キューの対立 (cue trading) が起こることがある。子音の識別の際のキュートレーディングについて述べた先行研究としては、Best *et al.* は “say”-“stay” のように “s” と “a” の間に無音区間が存在する場合にトレーディングが起こることを示した [6]。また、Repp *et al.* は、 “shop”-“chop” 連続体に先行する SI と摩擦部分の間のトレーディングの関係について指摘した [4]。安ら [7] は、若年者を対象に VCV 刺激の摩擦音・破擦音の識別実験を行った。その結果、 SI と $R \cdot S$ にはトレーディングの関係が見られた。

Dorman *et al.* は若年者を対象として “slit”-“split” 連続体の識別実験を行い、“slit” の “s” と “lit” の間の SI を伸長した際に、 SI が短いと “slit”，長いと “split” と識別されると述べた [8]。さらに高齢者の場合には SI の伸長に伴い、高齢難聴者、高齢健聴者、若年健聴者の順番で破裂音が識別されやすくなった [9]。このように加齢によるキューの重み付けの変化が現れることがある。安ら [10] は高齢者を対象に実験を行う際に、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、ラウドネススケール [11] に基づく補充現象の有無の測定

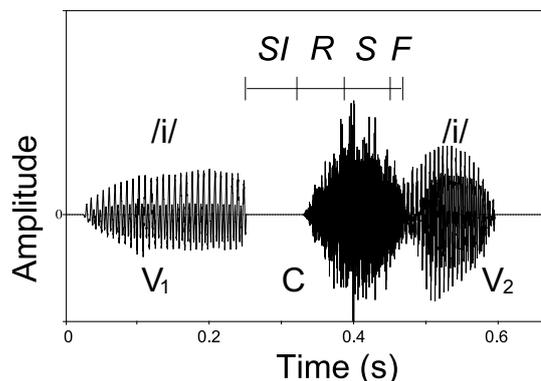


Fig. 1 摩擦音・破擦音連続体の時間波形の例: $SI = 80$ ms, $R = 90$ ms, $S = 90$ ms, $F = 22$ ms, 先行母音 /i/ (V_1) の持続時間 229 ms, 後続母音 /i/ (V_2) の持続時間 146 ms。

によって高齢者群を分類した。その結果、聴覚特性の劣化の条件が重なると語中 (VCV 刺激) の摩擦音・破擦音の識別において、破擦音から摩擦音へと識別が変化することを示した [10]。識別が変化することから、聴覚特性の劣化によって音響的キューのトレーディングの重み (weighting) が変化することが示唆された。

ところで、安ら [10] は VCV 刺激において V_1 の持続時間を短くし、識別にどのような影響を及ぼすかも調査した。すると、 V_1 が短くなると、摩擦音の識別が増加したことから、 V_1 の持続時間が $R \cdot S$ と SI のトレーディングの関係に影響を及ぼしたと考えられる。

本報告では、VCV 刺激における摩擦音・破擦音の音響的キューの間のトレーディングを著者らが行ってきた若年者 [7] と高齢者 [10] における識別実験の結果を比較することによって解析する。さらに、トレーディングにおける各キューの重みの変化を分析する。

* Cue trading in fricatives and affricates: Focusing on rise time of frication and preceding silent interval, by YASU, Keiichi, ARAI, Takayuki (Faculty of Science and Technology, Sophia University), KOBAYASHI, Kei (The University of Auckland), SHINDO, Mitsuko (Faculty of Foreign Studies, Sophia University) and YAMAZAKI, Hiroyuki (Graduate School of Science and Technology, Sophia University)

Table 1 摩擦音閾値, 時間分解能, 補充現象の各聴覚特性による高齢者の分類結果。括弧内の数字は人数を示す。

摩擦音閾値	時間分解能			
	正常		低下	
	補充現象		補充現象	
	陰性	陽性	陰性	陽性
正常	E (25)	–	E_t (6)	–
上昇	E_f (7)	E_{fr} (1)	E_{ft} (10)	E_{ftr} (10)

2 若年健聴者 [7]・高齢者 [10] を対象とした聴取実験

若年者に対しては2つ(本稿では実験1-2とした) [7], 高齢者に対しては1つ(本稿では実験3とした) [10] の識別実験を行った。実験1, 3ではVCV刺激, 実験2では実験1で使用したVCV刺激の V_1 を短くした。

2.1 参加者

実験1, 2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), 実験3には62-83歳の高齢者59名(男性17名, 女性42名, 平均年齢72.2歳)が参加した。若年者に対しては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。高齢者を対象にして行った3つの聴覚特性の測定(摩擦音の最小可聴値, 時間分解能, ラウドネススケール)を行った。聴覚特性測定の詳細については安ら [10] に譲る。

3つの聴覚測定結果から高齢者をTable 1のように分類した。高齢者Eとし, 摩擦音閾値の上昇が認められた群には添字の f を, 時間分解能の低下が認められた群には t , 補充現象が認められた群には r をそれぞれ付与した。括弧内の数字はそれぞれの群の人数を示す。 E_{fr} は1名のみであったため, 次節以降ではその1名を除く58名分の結果を取り扱った。若年者についてはYと示す。

2.2 刺激

実験1, 3で用いた刺激は, 男性発話の/ji/, /ifi/を基に作成された。/ji/の R および S を変化させ, C_{short} ($R = 20$ ms, $S = 0$ ms), C_{middle} ($R = 40$ ms, $S = 80$ ms), C_{long} ($R = 60$ ms, $S = 120$ ms) の3条件でCV部を作成した。/ifi/

から先行母音 V_1 (持続時間229 ms)を切り出し, CV部の前に連結した。そして SI を0-100 msの範囲で10 ms毎に変化させVCV刺激を作成した。合計の刺激数は33刺激であった(SI 11種類 $\times R \cdot S$ 3種類 = 33刺激)。実験2では, 実験1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。

2.3 手続き

すべての実験は遮音室内で行われた。若年健聴者 [7] は実験1, 2, 高齢者 [10] は実験3に参加した。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。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。

ただし若年健聴者 [7]・高齢者 [10] の実験では共に, 本報告で取り上げていない, 語頭の摩擦音・破擦音の識別実験, V_1 および摩擦部の振幅を変化させた刺激を用いた識別実験を行った。さらに若年健聴者 [7] には促音を考慮した実験も実施した。実験の合計時間はこれらの実験を含め休憩込みで若年者が約60分, 高齢者が90分であった。

3 実験結果の比較及び考察

実験1-3において SI の変化に対する/j/反応率の平均値 $p(SI)$ をシグモイド関数で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 2およびFig. 2に示す。Fig. 2は横軸が $R \cdot S$ の各条件, 縦軸は $SI_{0.5}$ の値を示す。(a)は若年者, (b)

Table 2 $\hat{p}(SI) = 0.5$ となる音素境界における SI 値 ($SI_{0.5}$) を C_{short} , C_{middle} , C_{long} 毎に示す。また、左から参加者群 Y, E, E_t , E_f , E_{ft} , E_{ftr} の結果を示す。常に $\hat{p}(SI) < 0.5$ の場合をマイナス, $\hat{p}(SI) \geq 0.5$ の場合をプラスの記号で示した。

	若年者		高齢者				
	Y		E	E_t	E_f	E_{ft}	E_{ftr}
	実験 1	実験 2					
C_{short}	2.1	0.2	0.2	—	—	—	—
C_{middle}	26.9	30.4	24.6	62.5	32.5	69.9	+
C_{long}	48.8	57.8	44.5	82.9	74.4	90.5	+

は高齢者の実験結果を示している。

Fig. 2 (a, b) において, C_{long} の条件で SI が短い場合 (各図の右下) は摩擦音, C_{short} で SI が長い場合 (各図の左上) は破擦音として識別された。これらは $R \cdot S$, SI の両方が摩擦音あるいは破擦音と知覚されやすい条件の組み合わせである。一方, SI が短くかつ C_{short} の場合 (各図の左下) や SI が長くかつ C_{long} の場合 (各図の右上) では $SI_{0.5}$ の摩擦音・破擦音の音素境界が存在する。そのため, 識別する際には摩擦音方向と破擦音方向への引き合いとなり, SI と $R \cdot S$ にトレーディングの関係が確認できた。この結果は Repp *et al.* [4] による, “shop”–“chop” 連続体に先行する SI と摩擦部分の間のトレーディングの関係と同様の傾向を示した。

聴覚特性の劣化によって音響的キューのトレーディングにおける重みが変わるかどうかを検討する。Fig. 2 (b) の高齢者の結果において, 若年者同様 SI と $R \cdot S$ にトレーディングの関係が確認された。また, 先行研究の Repp *et al.* [4] を支持する結果となった。さらに, Fig. 2 (b) の各線に着目すると, 参加者群 E に比べて E_f , E_t , E_{ft} , E_{ftr} の順で折れ線の傾斜が急峻になることが確認できる。このことから, 聴覚特性が劣化すると SI から $R \cdot S$ にトレーディングの重みが変わることが示された。

若年者において V_1 が短くなるとトレーディングの関係にも変化がみられた。Fig. 2 (a) より, Y に比べて V_1 が短い Y1 (V_1') では傾斜が若干大きくなった。よって V_1 が短くなると SI から $R \cdot S$ にトレーディングの重みが変わることがわかった。 V_1 の持続時間を変化させた実験を行ったのは若年者だけであったが, 高齢者に行った場合には, 聴覚特性が劣化している群ではさらに

SI から $R \cdot S$ にトレーディングの重みが変わると考えられる。

Nittrouer and Studdert-Kennedy は “j”–“s” のキューであるフォルマント遷移と摩擦部のスペクトルにトレーディングの関係があることを示した [12]。発達の観点から行われた実験で, Nittrouer は “j”–“s” において, 発達によってフォルマント遷移から摩擦部のスペクトルにトレーディングの重みが変わることを示した [13]。さらに, 平井らは日本語母語話者についても摩擦部のスペクトルに重みがあることを述べ, 言語獲得に障害がある小児では健常児と比べてキューの重みがフォルマント遷移にあることを示した [14]。本報告では加齢という観点で若年者と高齢者を対象に摩擦音・破擦音の識別実験を行い, それぞれにおいてキューのトレーディングが起り, 重みが異なることを示した。今後小児に対しても摩擦音・破擦音の識別実験を行うことによって, 発達過程でのキューの重みの変化を調査したい。

4 おわりに

本報告では若年者および高齢者を対象とした無声摩擦音・破擦音の識別実験の結果からトレーディングの関係となる音響的キューの重みの変化を調査した。VCV 刺激の識別実験の結果, 若年者, 高齢者共に $R \cdot S$ と SI の間にトレーディングの関係が見られた。そして若年者よりも高齢者において, さらに聴覚特性が劣化することにより SI から $R \cdot S$ に重みが変わることがわかった。また若年者において V_1 の持続時間が短くなると SI から $R \cdot S$ にトレーディングに重みが変わることがわかった。

今後は発達や加齢による識別の違いをさらに検討し, 様々な聴覚特性の観点から高齢者におけ

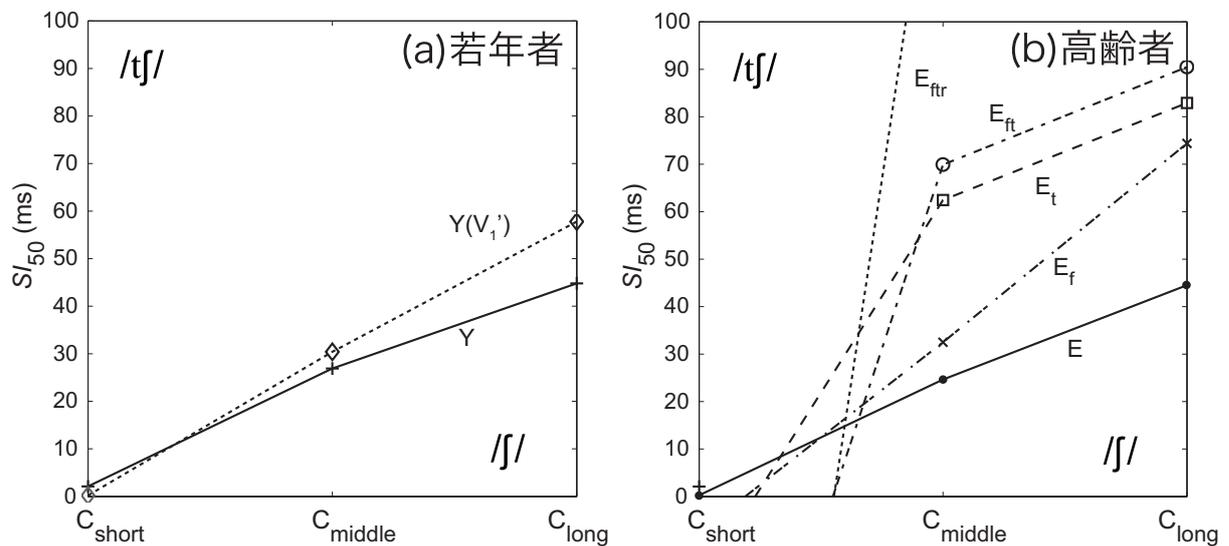


Fig. 2 各参加者における語中の摩擦音・破擦音の音素境界。横軸は $R \cdot S$ の各条件, 縦軸は $SI_{0.5}$ の値を示す。(a): 若年者, (b): 高齢者

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] Howell and Rosen, *J. Acoust. Soc. Am.*, 73(3), 976–984, 1983.
 [2] Mitani *et al.*, *J. Acoust. Soc. Am.*, 120(3), 1600–1607, 2006.
 [3] 天野ら, 音講論(秋), 415–416, 2010.
 [4] Repp *et al.*, *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 4(4), 621–637, 1978.
 [5] Dorman *et al.*, *J. Phonetics*, 8, 394–405, 1980.
 [6] Best *et al.*, *Perception & Psychophysics*, 29(3), 191–211, 1981.
 [7] 安ら, 音講論(春), 1613–1616, 2011.
 [8] Dorman *et al.*, *J. Acoust. Soc. Am.*, 65(6), 1518–1532, 1979.
 [9] Dorman *et al.*, *J. Acoust. Soc. Am.*, 77(2), 664–670, 1985.
 [10] 安ら, 音講論(秋), 497–500, 2010.
 [11] Kießling, *Audiologische Akustik*, 34(2), 82–89, 1995.

[12] Nittrouer and Studdert-Kennedy, *J. Speech Hear. Res.*, 30, 319–329 1987.
 [13] Nittrouer, *J. Phon.*, 20, 1–32 1992.
 [14] 平井ら, 音声言語医学, 47, 75, 2006.