

語頭の無声摩擦音・破擦音識別における cue trading — 摩擦部の持続時間と振幅に着目して —

安啓一・荒井隆行 (上智大学) 小林敬 (Univ. of Auckland) 進藤美津子 (上智大学)
k-yasu@sophia.ac.jp

1 はじめに

摩擦音と破擦音を識別する音響の手がかり (キュー) として主に摩擦部の持続時間が挙げられる。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 T 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 (Howell & Rosen, 1983; Kluender & Walsh, 1992; Mitani, Kitama, & Sato, 2006; 天野・山川, 2010)。先行研究において, Howell & Rosen (1983) は R を変化させ, R が増加すると摩擦音として識別される割合が増加することを示した。Kluender & Walsh (1992) は R と T を独立して変化させ, それぞれが識別のキューになっていることを示した。Mitani et al. (2006) は R の包絡を, 直線のみならず指数関数的にも変化させた刺激を作成し雑音環境下での実験を日本語母語話者に対して行った。その結果, 刺激が雑音にマスクされていない立ち上がり部分の増加率がキューになることを示した。天野・山川 (2010) による生成および識別実験では R と $S + F$ の組み合わせが生成・知覚範疇境界を表すのに適切であると述べ, 両者の境界はほぼ一致することを示した。

一方, 高齢者においては, Dorman, Marton, Hannley, & Lindholm (1985) は Howell & Rosen (1983) 同様に R を変化させた刺激による識別実験を行った。その結果, 予想とは異なり若年健聴者, 若年難聴者, 高齢難聴者の間で識別に差が見られなかった。Yasu, Arai, Kobayashi, & Shindo (2007) および安・小林・荒井・進藤 (2007) は R を, 安・荒井・小林・進藤 (2010) では $R \cdot S$ を変化させた刺激を用いたところ, 同じ刺激を呈示した場合でも高齢健聴者に比べて高齢難聴者のほうが破擦音として識別される割合が増加した。

これまで話題に取り上げたキューは全て持続時間であったが, 子音の呈示レベルも識別の際のキューとなっている。先行研究の例として, Repp (1979) は有声開始時間 (VOT) を操作した $/da-/ta/$ 連続体の識別実験を若年者対象に行った。その結果, 呈示レベルが高いと VOT の増加に伴い, より短い VOT で $/da/$ から $/ta/$ へと識別が変化することを示した。また, Best, Morrungiello, & Robson (1981) は若年者に対して実験を行い, $/s/$ と $/ʃ/$ の識別に関係するキューのうち, 子音部のエネルギーの増加に従って $/s/$ と識別される割合が増加することを示した。このように, 呈示レベルも子音の識別に影響を及ぼすことが報告されている。

ところで, 音声知覚の上でキューが2つ以上存在する場合には, それぞれのキューが識別の変化を打ち消すように作用するキュートレーディング (cue trading) が起こることがある。先行研究では様々なキュー間のトレーディングを調査するための識別実験が行われてきた。Repp, Liberman, Eccardt, & Pesetsky (1978) は, “shop”-“chop” 連続体に先行する無音区間がある場合には, $R \cdot S$ と無音区間長の間にはトレーディングの関係がみられることを示した。さらに安・荒井・小林・進藤・山崎 (2011a) は若年者および高齢者において同様のトレーディングが起き, 無音区間長から $R \cdot S$ に重みが増加することを示した。

本報告では, 語頭の摩擦音・破擦音の識別のキューに着目する。そして, 摩擦の持続時間と摩擦部の振幅の間にはどのようなトレーディングの関係がどのようになっているかを調査し, 過去に行った若年者 (安・山崎・荒井・小林・進藤, 2011b)・高齢者の識別実験 (安・荒井・小林・進藤, 2010) の結果から考察する。安ほか (2011b, 2010) では摩擦部の持続時間を変化

させた無声摩擦音・破擦音連続体を作成し、摩擦部の振幅も2通りに変化させ、識別実験を行った。本報告では、これらの実験結果から、若年者におけるキュートレーディングの関係を明らかにし、さらに加齢によってキュートレーディングに変化があるかどうかを検証した。

2 実験(安ほか(2011b, 2010)より)

以前著者らが行った、若年者と高齢者を対象とした語頭に摩擦部が存在するCV音節の識別実験について記す。ここでは若年者(安ほか, 2011b)を対象にしたものを実験1, 高齢者(安ほか, 2010)を対象としたものを実験2とする。

2.1 参加者

実験1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2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。これ以降、若年者を表す記号としてYを用いる。高齢者に対しては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ほか(2010)に譲る。3種の聴覚特性の測定結果から高齢者を分類した。高齢者のうち、聴覚特性の劣化が認められなかった群を添字無しのE(25名), 最小可聴値の上昇のみが認められた群を E_f (7名), 摩擦音閾値の上昇と補充現象が認められた群を E_{fr} (1名), 時間分解能の低下のみが認められた群を E_t (6名), 摩擦音閾値の上昇と時間分解能の低下が認められた群を E_{ft} (10名), 摩擦音閾値の上昇, 時間分解能の低下, 補充現象が認められた群を E_{ftr} (10名)とした。参加者のうち、 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。

2.2 刺激

両実験で使用した刺激は、日本語母語話者の男性(31歳)が発話した/j/を基に作成された。実験で使用した後続母音は/i/(持続時間146 ms)の一種類のみとした。その後、音声信号処理によりRを10 ms毎に0-90 msの範囲で変化させた。Sについても、10 ms毎に0-180 msの範囲で変化させた。刺激が不自然に長くならないようにするため、RとSの合計が180 ms以下になるようにした。なお、Fについては、原音の22 msのままとした。

2.3 手順

実験1, 2ともすべて防音室内にて行われた。オーディオメータ(GN Resound AURICAL)を用いて基準音圧が54 dB HL(聴力レベル)になるよう、ボリュームを調節した。刺激は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)より両耳に呈示された。

摩擦部の振幅の違いによる識別の変化を調査するため、刺激のレベルを2通りで変化させた。摩擦定常部の呈示レベルが54 dB HLの条件を C^1 , 振幅が10倍(+20 dB)の74 dB HLの条件を C^{10} とした。実験は C^1 , C^{10} の順番で行われた。合計の刺激数は146(立ち上がり, 持続時間の組み合わせ+別に録音した原音の/ji/)×2(呈示レベル)=292刺激である。

3 結果および考察

実験1, 2の結果について、RとSの変化に対する/j/反応率の平均値を求めた。さらに/j/反応率を滑らかにするためにフィッティングを行った。フィッティング後の/j/反応率が0.5となる/j/と/i/の音素境界線をFig. 1に示す。一段目にはY, E, E_t , 二段目には E_f , E_{fr} , E_{ftr} の結果を示す。図中の実線は摩擦定常部のレベルが54 dB HL(C^1), 破線は74 dB HL(C^{10})に対する結果である。いずれの参加者群においても横軸R, 縦軸Sが共に小さい場合には/i/

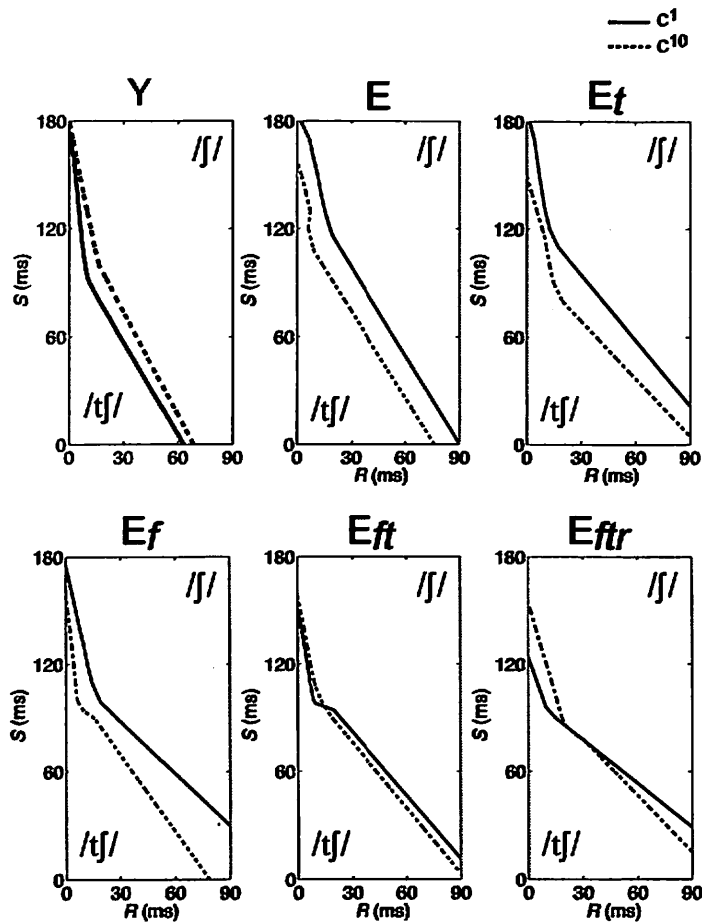


図 1: フィッティング後の/j/反応率が0.5となる/j/と/tʃ/の音素境界を、R-S平面上で表示したもの。一段目にはY, E, E_t, 二段目にはE_f, E_{ft}, E_{ftᵣ}の結果を示す。図中の実線はCのレベルが54 dB HL (C¹), 破線は74 dB HL (C¹⁰) に対する結果を示す。

と識別された。R・Sが増加すると、徐々に/j/と識別される割合が増加した。若年者と高齢者を比較すると、Yに比べてEのほうがR・Sが大きい方向に音素境界線が移動していることから、/tʃ/と識別する割合が大きいことがわかる。そして、高齢者においてE_t, E_f, E_{ft}, E_{ftᵣ}と聴覚特性の劣化が重なると、/tʃ/と識別する割合がさらに増加した。

次に、摩擦定常部の呈示レベルに着目する。図1においてC¹とC¹⁰比較すると、YではC¹よりC¹⁰のほうが音素境界線が右に位置しており、/tʃ/と識別される割合が大きかった。一方、EではC¹とC¹⁰の音素境界線の位置関係が逆転し、C¹⁰のほうが/j/として識別される割合が多くなった。E_t, E_fについてもEと同様の傾向がみられた。

摩擦部の持続時間と摩擦定常部の呈示レベルとのトレーディングの関係を表すため、横軸R+S, 縦軸C¹・C¹⁰で音素境界におけるそれぞれの値を予備的な考察として作図した。その結果いずれの参加者群においてもC¹・C¹⁰の差が明確に現れず、トレーディングの関係が確かめづらいたことがわかった。そこで、C¹・C¹⁰という摩擦定常部の呈示レベルから、立ち上

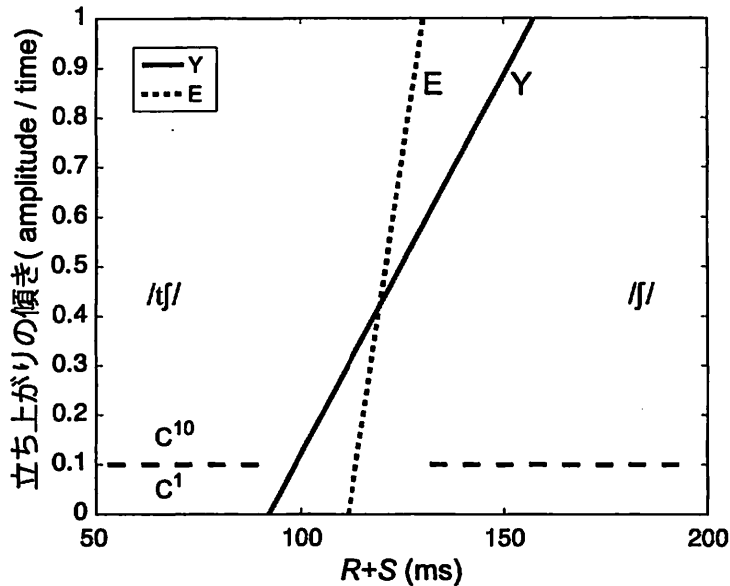


図 2: 音素境界における摩擦持続時間と立ち上がりの傾きの関係。横軸は $R+S$ 、縦軸を立ち上がり部の傾き (amplitude / ms)。実験 1 から Y, 実験 2 から E の参加者群において /j/ 反応率が 0.5 の音素境界における点を直線近似した。

がり部の傾き (単位時間あたりの振幅増加率) に軸を変換することで、トレーディングの関係がより明確になるかどうかを次に確かめた。

横軸を $R+S$ 、縦軸を立ち上がり部の傾き (単位時間あたりの振幅増加率, amplitude / time) とすると, C^1 の摩擦定常部の振幅を正規化して 1 とした場合, C^{10} の振幅は 10 倍なので相対的に 10 となる。これらの振幅を R で割った値を縦軸とした。傾きが 0 から 0.1 までが C^1 , 0.1 から 1 までが C^{10} の結果である。 $R=0$ ms の条件は傾きが無限大になるため省略した。図 2 は実験 1・2 の E・Y での /j/ 反応率が 0.5 の音素境界における点を参加者群毎に直線近似し、プロットしたものである。横軸 $R+S$ に着目すると、実線が示す Y において $R+S$ が短いと破擦音, $R+S$ が長いと摩擦音として識別された。縦軸の立ち上がりの傾きに着目すると、傾きが増加するにつれて摩擦音から破擦音へと識別される割合が増加した。このように Y において $R+S$ と立ち上がりの傾きの間にトレーディングの関係が確認された。

一方で、点線で示した E は直線の傾きが異なり、Y に比べて E のほうが直線が立っていた。Y を基準にすると E は相対的に立ち上がりの傾きの変化の影響を受けづらいことがわかった。このことから、加齢によって摩擦の立ち上がりの傾きのキューがおよぼす影響が弱まり、トレーディングの重みが弱くなることが示された。

安ほか (2011a) においても若年者および高齢者を対象とした VCV 音節の識別実験について考察し、加齢によるキュートレーディングの重みの変化について議論した。その結果若年者も高齢者共に、摩擦部に先行する無音区間と $R \cdot S$ の間にトレーディングの関係が認められた。さらに、若年者よりも高齢者のほうが摩擦部に先行する無音区間の重みが弱まり、 $R \cdot S$ へと重みが増加することを示した。本報告の結果においても、若年者に比べて高齢者では摩擦部の傾きの重みが弱くなり、相対的に持続時間へと重みが増加した。今後は VCV 音節

において摩擦定常部の呈示レベルと摩擦部の持続時間の間のトレーディングの関係を調査したい。

4 結論

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、キュートレーディングの関係を考察した。CV音節の識別実験結果を分析したところ、若年者において摩擦部立ち上がりの傾きとR+Sの間にトレーディングの関係があることが示された。また、加齢により摩擦部立ち上がりの傾きについてトレーディングの重みが弱まることが示された。

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

- 天野 成昭・山川 仁子 (2010) 「日本語母語話者における摩擦音 [s] と破擦音 [ts] の知覚・生成範疇境界」 『日本音響学会 秋季研究発表会 講演論文集』, 415-416.
- Best, C., Morrongiello, B., & Robson, R. (1981) "Perceptual equivalence of acoustic cues in speech and nonspeech perception." *Percept. Psychophys.*, 29: 3, 191-211.
- Dorman, M. F., Marton, K., Hannley, M. T., & Lindholm, J. M. (1985) "Phonetic identification by elderly normal and hearing-impaired listeners." *J. Acoust. Soc. Am.*, 77: 2, 664-670.
- Howell, P., & Rosen, S. (1983) "Production and perception of rise time in the voiceless affricate/fricative distinction." *J. Acoust. Soc. Am.*, 73: 3, 976-984.
- Kluender, K. R., & Walsh, M. A. (1992) "Amplitude rise time and the perception of the voiceless affricate/fricative distinction." *Percept. Psychophys.*, 51: 4, 328-333.
- Mitani, S., Kitama, T., & Sato, Y. (2006) "Voiceless affricate/fricative distinction by frication duration and amplitude rise slope." *J. Acoust. Soc. Am.*, 120: 3, 1600-1607.
- Repp, B. H. (1979) "Perceptual integration of acoustic cues for stop, fricative, and affricate manner." *Language and Speech*, 22: 2, 173-189.
- Repp, B. H., Liberman, A. M., Eccardt, T., & Pesetsky, D. (1978) "Perceptual integration of acoustic cues for stop, fricative, and affricate manner." *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 4: 4, 621-637.
- 安啓一・小林 敬・荒井 隆行・進藤 美津子 (2007) 「高齢者・若年者による無声摩擦・破擦子音の知覚 — 聴力型・継時マスクングの影響 —」 『日本音響学会 秋季研究発表会 講演論文集』, 589-590.
- 安啓一・荒井 隆行・小林 敬・進藤 美津子 (2010) 「高齢者の聴覚特性の劣化が無声摩擦音・破擦音連続体の弁別および識別に及ぼす影響」 『日本音響学会 秋季研究発表会 講演論文集』, 497-500.

- 安啓一・荒井隆行・小林敬・進藤美津子・山崎寛之 (2011a) 「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—」 『日本音響学会 秋季研究発表会 講演論文集』.
- 安啓一・山崎寛之・荒井隆行・小林敬・進藤美津子 (2011b) 「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 —」 『日本音響学会 春季研究発表会 講演論文集』, 1613-1616.
- Yasu, K., Arai, T., Kobayashi, K., & Shindo, M. (2007) "Perceiving continuum of voiceless affricate/fricative by changing rise time of consonant for elderly and younger participants." *Proc. of Japan-China Joint Conf. on Acoust.*
- 安啓一・荒井隆行・小林敬・進藤美津子 (2010) 「高齢者を対象とした無声摩擦音・破擦音連続体の識別実験 — 若年者の実験結果との比較 —」 『日本音響学会 春季研究発表会 講演論文集』, 609-612.