

聴覚特性の劣化した高齢者における無声摩擦音の促音の知覚 —時間分解能の低下による影響—*

☆川田拓明, 荒井隆行, 安啓一 (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

高齢者は若年者と比べ、ことばの聞き取りが悪くなる傾向があることが知られている。その原因の一つには加齢による様々な聴覚特性の劣化があり、例えば最小可聴値の上昇や聴覚フィルタの広がり、補充現象の出現、時間分解能の低下などがそれにあたる[1,2]。

その結果、健聴者と比べていわゆる老人性難聴の高齢者では、ある音素を別の音素に知覚する異聴が増加する。その典型的な例の1つは、摩擦音、破裂音、あるいは破裂音の間で起こるものである。例えば英語の場合、Gordon-Salant *et al.* [3]は“dish-ditch”の連続体を用いて若年者と高齢者を対象に識別実験を行い、若年者、高齢者、高齢難聴者の順で“ditch”を“dish”に異聴する割合が増加することを示した。一方、日本語でも同様の現象が報告されている。安ら [4]は高齢者に対して“イチーイシ”の連続体を用いて識別実験を行い、時間分解能の低下により「イチ」を「イシ」に異聴する傾向が増加することを明らかにした。

ところで、日本語の場合、子音の長さによって語の意味が変わることがある。例えば、「型」と「買った」では子音/*t*/の長さの違いだけで異なる意味になる。これは促音の例であるが、「おばさん」と「おばあさん」のように、母音の長さによって意味が変わる場合、すなわち長音もこのような例にあたる。このような促音や長音の場合、聴覚特性の低下した高齢者がこれらの語を聴く際に異聴を引き起こす可能性がある。

平田 [5]は若年健聴者に対し“イターイッタ”の連続体を用いて識別実験を行い、子音の長さが伸びると「イタ」から「イッタ」へと識

別が変化することを示した。同様に、安ら [6]は、摩擦音の長さを3段階にして作成した、“イシーイッシ”の連続体について、若年健聴者を対象に識別実験を行った。その結果、若年者について摩擦音が長くなると、やはり促音と識別される傾向があることが分かった。

一方で、高齢者については促音の知覚に関して聴覚特性の劣化との関連を調査したような研究はなされていない。そこで本研究では、特に高齢者における聴覚特性の劣化に着目し、摩擦音の促音の識別との関係を明らかにすることを試みた。そのため高齢者と若年健聴者を対象に最小可聴値ならびに時間分解能の測定を行った後、摩擦音の促音と非促音についての識別実験を行った。

2 実験

2.1 参加者

実験には、若年者 20 名（男性 19 名、女性 1 名、18-29 歳、平均年齢 21.3 歳）、高齢者 20 名（男性 6 名、女性 14 名、68-80 歳、平均年齢 71.1 歳）が参加した。参加者は全て日本語母語話者であった。

2.2 聴覚特性の測定

聴覚特性として、純音の最小可聴値の測定と純音に対する時間分解能の測定を行った。

2.2.1 最小可聴値の測定

高齢者に対して純音閾値を、オーディオメータ (RION AA-79S) を用いて極限法により片耳ずつ測定した。

2.2.2 時間分解能の測定

Strouse *et al.* (1998) [7] の方法を参考に、Gap 検知法により時間分解能を測定した。まず、測定に使用した刺激音の作成方法につい

* Perception of geminate fricative consonants by elderly people: Effect of degradation of auditory temporal resolution, by KAWATA, Hiroaki, ARAI, Takayuki, YASU, Keiichi (Graduate School of Science and Technology, Sophia University), KOBAYASHI, Kei (The University of Auckland) and SHINDO, Mitsuko (Research Center for Communication Disorders, Sophia University).

て述べる。信号音は音圧レベル 73 dB の 1kHz の純音とした。長さは 200 ms で、立ち上がり と立ち下がりには時間幅 5 ms のコサイン関数による時間包絡を付与した。無音区間の長さを GD (gap duration) としたとき、GD は 0 ms から 100 ms まで、1 ms 刻みで合計 101 刺激を作成した。マスクとして、音圧レベル 73 dB、阻止帯域 990-1100 Hz のノッチノイズを付加した。マスクの長さは 200 ms で、立ち上がり と立ち下がりには時間幅 5 ms のコサイン関数による時間包絡を付与した。

上記の刺激音を用い、3 区間 3 肢強制選択法 (three-interval three-alternative forced choice, 3I3AFC) により Gap 検知における GD に対する JND (Just Noticeable Difference) を測定した。3 つの刺激のうち 2 つを同じ基準刺激、残り 1 つをターゲット刺激とし、基準刺激は GD が 0 ms のものを常に用いた。ターゲット刺激は two-up one-down の階段法 [8,9] によって GD が最長である 100 ms のものから 1 ms ごとに GD を短くした。実験参加者は、呈示された 3 つの刺激のうち違うと判断したものを、タッチパネル上に表示されたボタンを押すことで回答した。2 回連続で正解した場合 GD を 1 ms 短くし、1 回不正解した場合 1 ms 長くした。正解率が 8 回増減した後、更に 50

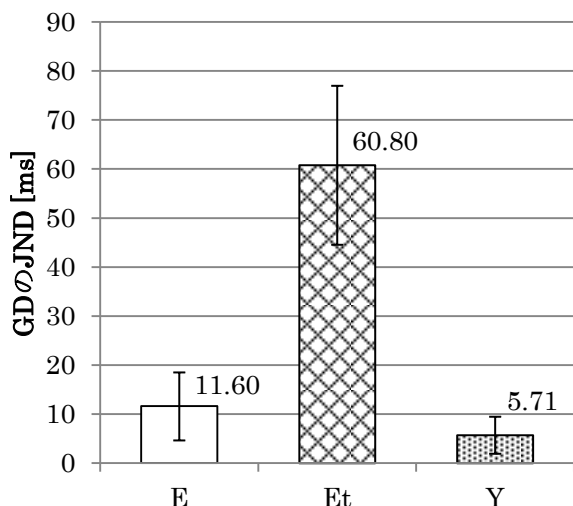


Fig. 1 Gap 検知の測定結果。各群における GD の JND (Gap の長さの弁別閾) の平均値を示す。E は時間分解能の低下が見られない高齢者のグループ、Et は時間分解能の低下が見られる高齢者のグループ、Y は若年者のグループを示す。各群の標準偏差を σ としたとき、上下のエラーバーは 1σ を表す。

回試行を続け、その 50 回の GD の平均値を JND とした。刺激音は、PC に接続された USB サウンドアダプタ (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) より両耳に同時に呈示した。

実験参加者は練習課題を 10 回以上行い、手続きを理解してから Gap 検知の課題を行った。

2.2.3 時間分解能による参加者の分類

Strouse *et al.* [7] の方法を参考に、JND が 30 ms 以上の参加者は時間分解能が低下しているとし、30 ms 未満の参加者は時間分解能が低下していないとした。なお、実験参加者の中で課題の手順を理解できていないと思われる、正解率 40% 未満であった高齢者が 3 名存在した。また、若年者において時間分解能の低下していた参加者が 1 名いた。そのため、その 4 名を除いた、高齢者 17 名、若年者 19 名に対する結果を扱うことにした。

高齢者 17 名について、時間分解能が劣化しているか否かによってグループ分けを行った。時間分解能の低下がみられる群を E_t 、時間分解能の低下が見られない群を E とした。高齢者 17 名のうち、8 名が E_t 、9 名が E に分類された。また、若年者の群を Y とした。

2.2.4 Gap 検知の測定結果

Gap 検知の測定結果として、各グループにおける GD の JND の平均値を算出した。結果を Fig. 1 に示す。高齢者全体の GD の JND の平均は 34.7 ms であった。また、若年者の結果は 5.71 ms であり、これらは Strouse *et al.* (1998) [7] の結果と概ね一致した。E_t、E、Y を要因とした一要因の分散分析を行った結果、有意差が認められた [$F(2,33) = 118.4; p < 0.01$]. Tukey の HSD 検定によって各群間の有意差の有無を調べたところ、E と E_t 間、Y と E_t 間にそれぞれ $p < 0.01$ で有意差が認められた。

2.3 識別実験

実験として VCV 刺激 /ij/ に対する “イシーイッシ” の識別実験を行った。ここで、V は母音部、C は子音部のことを意味する。

2.3.1 刺激

刺激として “イシーイッシ” 連続体を作成した。まず、刺激作成のために音声の録音を行った。日本語母語話者の男性 (22 歳) が発話

した「イッシ」をマイクロホン（SONY ECM-23F5）および PCM レコーダ（D&M Professional marantz PMD660）を用いてサンプリング周波数 44.1 kHz、量子化精度 16 bit で録音した。先行母音 V_1 [i] の持続時間は 122 ms、子音 C [ʃ] の持続時間は 595 ms、後続母音 V_2 [i] の持続時間は 177 ms であった。作成した刺激のアクセントは尾高型である。

次に連続体の作成方法を説明する。まず、録音した VCV 刺激の時間波形に対して摩擦音 [ʃ] の定常部中央を予め所定の長さだけ削除した上で 2 つに分け、それぞれ摩擦部 1、摩擦部 2 とした。摩擦部 1 について、その終端部 10 ms にコサイン関数の時間包絡の立ち下がり、摩擦部 2 について、その開始部 10 ms にコサイン関数の時間包絡の立ち上りを付与した。そして、摩擦部 1 の立ち下がり区間と摩擦部 2 の立ち上がり区間がちょうど重なるように足しあわせた。この操作により、摩擦部に対し不連続を生じさせることなく持続時間を短くすることが出来る (Fig. 2)。そして、この操作の始めに削除する摩擦定常部の長さを変えることによって、操作後の摩擦部の長さ (fricative duration, 以降 FD) を 125 ms から 325 ms まで変化させ、計 21 刺激を作成した。なお、作成の際には摩擦音の定常部のみを短くし、摩擦音にもともと含まれる立ち上がり部、立ち下がり部には手を加えないようにした。

2.3.2 実験手順

作成した VCV 刺激 21 個を 1 度ずつ呈示し、タッチパネル上で「イシ」もしくは「イッシ」のどちらに聞こえたかを強制的に選択するよう指示した。刺激は、摩擦部が音圧レベル 77.4 dB になるよう呈示した。また、順番はランダムに呈示した。なお、全ての試行を通して左側に「イッシ」を、右側に「イシ」をタッチパネル上に選択肢として表示した。

実験参加者は 3 回以上の練習課題を行い、十分に手順を理解したうえで実験を行った。聴覚特性の測定と実験は全て防音室内で行った。

3 実験結果

呈示されたそれぞれの刺激に対して各群において「イシ」と反応した割合の平均値（「イシ」反応率）を算出した。次に、「イシ」反応

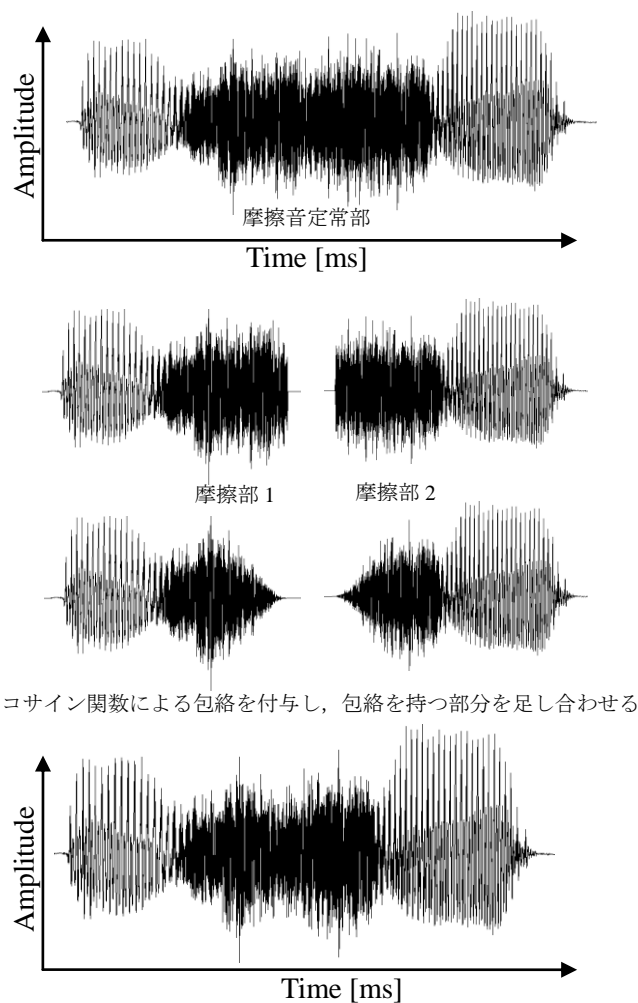


Fig. 2 “イシ” — “イッシ” 連続体の作成方法。この図では、分かりやすさのためにコサイン関数の時間包絡を付与する長さを 100 ms にした。本来はコサイン関数の時間包絡は 10 ms ずつ付与した。

率に対してシグモイド関数

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax+b}} \quad (1)$$

によるフィッティングを行った。ここで a , b は最小二乗法により求めた回帰母数の推定値である。なお、「イシ」反応率が 0.5 となる時の FD を識別境界とした。Fig. 3 に各群の反応曲線を示す。また、Table 1 に各群の識別境界を示す。

4 考察

Fig. 3 のグラフは「イシ」反応率を示す。Fig. 3 を見ると、Y、E と比べ E_t の曲線が右側に移動していることがわかる。また、Y と E のグラフは互いにほぼ重なっている。Table 1 の識別境界を見ると、 E_t は Y、E と比べて識別境界が FD の長いほうへシフトしているこ

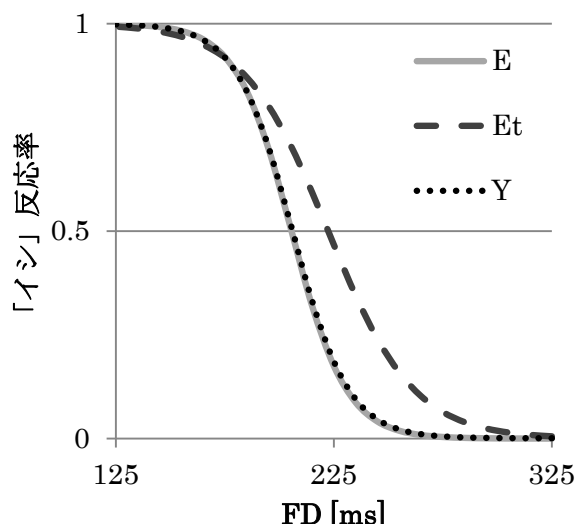


Fig. 3 各群における「イシ」反応率をシグモイド関数によりフィッティングした反応曲線。反応曲線と「イシ」反応率が 0.5 の直線との交点の値が識別境界となる。

とが分かる。また、Fig. 3 より、 E_t は Y、E と比べていると識別境界付近における曲線の傾きが緩やかになっている様子が見てとれる。これらのことから、時間分解能の低下した高齢者は、「イッシ」を「イシ」へと異聴する傾向があることが示唆された。

なお、本実験では 21 個の刺激音をそれぞれ 1 度ずつしか呈示しなかったため、実験参加者一人一人の識別境界を測定出来なかった。今後、個人毎の識別境界を測定することで時間分解能と識別境界との関係性をより深く調べることが可能となる。

5 おわりに

本研究では高齢者と若年者を対象に摩擦音の促音の識別実験を行った。また、時間分解能の低下が「イシ—イッシ」の識別に及ぼす影響についての調査を行った。結果として、時間分解能の低下により、高齢者は「イッシ」を「イシ」に異聴する傾向が示唆された。

本研究では、無声摩擦音の促音の知覚について研究を行った。そこで、無声摩擦音と関わりの深い無声破擦音の促音、例えば「イチ」と「イッチ」の知覚についても同様の研究を行い、それらの結果と安ら [4]の報告である、無声摩擦音・破擦音のCV刺激の知覚の結果を比較することにより、CV刺激、VCV刺激の知覚におけるキューについて研究を深めることが出来ると考えられる。

また、本研究では話速についての考慮がな

Table 1 各群における識別境界のFDを示す。

	E	E_t	Y
識別境界のFD [ms]	206	222	206

されていない。摩擦音の促音の知覚には、摩擦音の長さという時間的な手掛かりが重要であるとされるため、文中における「イシ—イッシ」の識別について調査を行うことにより、話速と摩擦音の促音の識別との関係を調べられる。

今後はこれらの課題を踏まえ、高齢者や聴覚障害者の摩擦音の促音の知覚に関して更に知見を深めていきたい。

謝辞

本研究を行うにあたり、実験参加者として協力して下さった方々に感謝致します。また、元上智大学理工学部山崎寛之氏には多大なる御助言、御協力をいただき、深く感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] 今泉, 日音学誌, 47(10), 754-759, 1991.
- [2] 日本聴覚医学会編, 聴覚検査の実際, 南山堂, 2004.
- [3] S. Gordon-Salant *et al.*, J. Acoust. Soc. Am., 119, 2455-2366, 2006.
- [4] 安 他, 日音学誌, 68, 501-512, 2012.
- [5] 平田, 音声学会会報, 194, 23-28, 1990.
- [6] 安 他, 音講論(春), 1613-1616, 2011.
- [7] A. Strouse *et al.*, J. Acoust. Soc. Am., 104(4), 2385-2399, 1998.
- [8] H. Levitt., J. Acoust. Soc. Am., 49, 467-477, 1970.
- [9] 鶴木 他, 日音学聴研資料, 34(8), 607-612, 2004.