

## 日本語促音が開始した可能性を知らせる知覚上の手がかり\*

○荒井隆行, 岩上恵梨 (上智大・理工),  
柳澤絵美 (明治大・国際日本)

### 1 はじめに

日本語において, 促音の有無は, 音響的には声道内の閉鎖や狭めによって生成される閉鎖区間や摩擦区間の持続時間長の差で実現されることが知られている (例えば [1,2,3]). 破裂音や破擦音の促音の場合, 対象となる持続時間は, 子音の閉鎖から後続母音が開始する直前までの長さであり, その長短が問題となる. また, 摩擦音の促音の場合, 摩擦部分そのものの持続時間の長短が重要となる.

一方, 柳澤ら[4]は, /ata/ vs. /atta/を刺激音として用い, 先行母音末尾部におけるフォルマント遷移の有無が, 破裂音の促音の知覚に影響を与えるか調べた. その結果, 十分に長い閉鎖区間長を伴う場合には, フォルマント遷移があれば100%に近い促音正答率であったのに対して, フォルマント遷移がない場合には, 促音正答率が100%に達しないことを報告している. このことは, 無声破裂音の促音の場合, 聴取者が閉鎖区間の持続時間を知覚する際に, 先行母音末尾のフォルマント遷移を手がかりにして促音の開始点を認識している可能性を示唆している.

また, 別の先行研究[5]では, /asa/ vs. /assa/を刺激音にして先行母音末尾部におけるフォルマント遷移の有無が, 摩擦音の促音の知覚に影響を与えるか調べた. その結果, フォルマント遷移の有無に関係なく, 摩擦区間の持続時間が長ければ促音正答率が100%近くに達することが示された. このことは, 無声摩擦音の促音の場合, 聴取者が摩擦区間そのものを聞くことによってその長短を認識できるため, あえて促音の開始点に関する手がかりを必要としないことを示唆している.

ただし, この先行研究[5]では, 先行母音の終了点から無声摩擦音の開始点までの間に, 時間差がある場合も検討している. つまり, 先行母音が終わってから摩擦音が開始するまでの間に時間的な遅れがあった場合に促音の知覚に影響が見られるかについても調査している. その結果, ある程度の時間差があったとしても, 先行母音末尾部にフォルマント遷移がある場合には, それが促音の開始点の手がかりになっていることを示唆している.

そこで, 本研究では次の各点について調べることを目的として実験を行った:

- 1) 閉鎖区間が十分に長い無声破裂音において,
  - 1 a) 先行母音末尾部のフォルマント遷移の有無によって促音知覚に影響があるか.
  - 1 b) 先行母音末尾部に存在する声門閉鎖や「息もれ (氣息声, breathiness)」が, 促音知覚に影響するか.
- 2) 無音+摩擦区間が十分に長い無声摩擦音において,
  - 2 a) 先行母音末尾部のフォルマント遷移の有無によって促音知覚に影響があるか.
  - 2 b) 先行母音末尾部に存在する声門閉鎖や「息もれ (氣息声, breathiness)」が, 促音知覚に影響するか.

### 2 実験

本研究では先行研究[4,5]にならい, 無声歯茎破裂音 /t/ と無声歯茎摩擦音 /s/ を対象とし, 前後に母音 /a/ を配置した. ただし, 子音の持続時間は十分長いものを使用し, 「ア・タ」(「ア」と「タ」を独立して発音したような音声) と「アッタ」, または「ア・サ」(「ア」と「サ」を独立して発音

\* Perceptual cues signaling possible timing with initial geminate consonants in Japanese, by ARAI, Takayuki, IWAGAMI, Eri, and YANAGISAWA, Emi (Meiji Univ.).

したような音声)と「アッサ」を強制選択させる識別実験を行った。

## 2.1 音声資料

本研究では、日本語を母語とする男性話者による発話を用いた。録音した発話は次の5種類で、いずれも  $/V_1/+C(:)V_2/$  の2音節の構造とした：

- A) 「ア」 + 「タ」 (独立に発音)
- B) 「アッタ」 (通常の促音で)
- C) 「アッ」 + 「タ」 ( $V_1$  末尾に声門破裂)
- D) 「アハ」 + 「タ」 ( $V_1$  末尾に氣息声)
- E) 「ア」 + 「サ」 (独立に発音)

ここで、C) と D) では、 $V_1$  の/a/の末尾に声門破裂や氣息声が入るように発音した。また、基本周波数は第1音節で低く第2音節で高くなる LH 型とした。

上智大学荒井研究室の防音室において、上記の5発話を男性話者1名が読み上げ、その音声を録音した。録音には、コンデンサ型マイクロホン (SONY, ECM-23F5) および、デジタルレコーダ (Marantz, PMD660) を使用し、デジタル録音 (非圧縮, サンプリング周波数 44.1 kHz, 量子化 16 bit) を行った。

## 2.2 刺激音声

上記の録音音声に対し、次のように8種類の刺激音声を作成した。

### 【Tセット】

- T-FT0 : A) の閉鎖区間を引き延ばし
- T-FT1 : B) の  $V_1$  と A) の  $CV_2$  を結合
- T-G : C) の  $V_1$  と A) の  $CV_2$  を結合
- T-H : D) の  $V_1$  と A) の  $CV_2$  を結合

### 【Sセット】

- S-FT0 : A) の  $V_1$  と E) の  $CV_2$  を結合
- S-FT1 : B) の  $V_1$  と E) の  $CV_2$  を結合
- S-G : C) の  $V_1$  と E) の  $CV_2$  を結合
- S-H : D) の  $V_1$  と E) の  $CV_2$  を結合

なお、すべての刺激音声において、母音間区間長は 380 ms になるように調節した。また、Sセットについては、 $V_1$  の終了点から摩擦区間の開始点までの間に 120 ms 程度の無音区間を設けた。Fig. 1 と Fig. 2 に、Tセットと Sセットの刺激音声に対するスペクトログラムを示す。

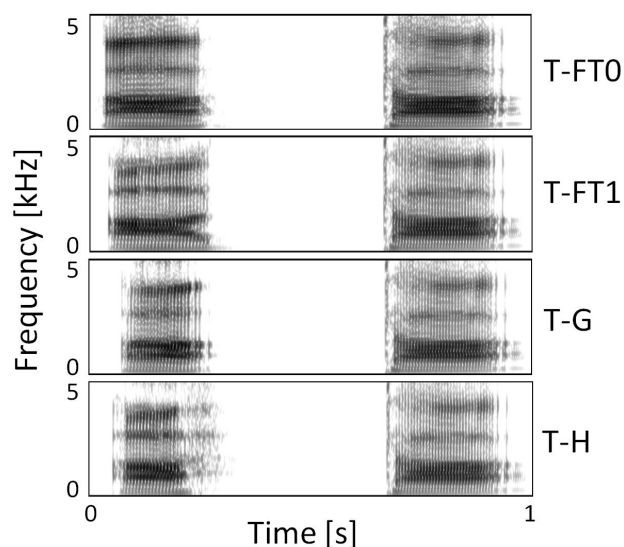


Fig. 1: Tセットに対するスペクトログラム

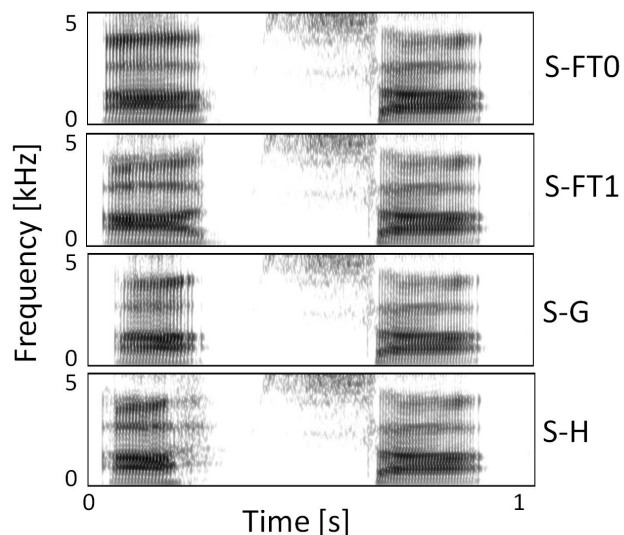


Fig. 2: Sセットに対するスペクトログラム

## 2.3 実験方法

実験参加者は日本語母語話者 18~25 歳 (平均 23 歳) の健聴者 20 名 (男性 4 名・女性 16 名) であった。健聴か否かは参加者の自己申告とした。実験は、上智大学荒井研究室防音室にて行った。刺激音声は、PC から USB オーディオインタフェース (Roland, UA-25EX) を介してヘッドホン (SENNHEISER, HDA200) を介して両耳に同時に提示した (diotic 受聴)。実験は 2セッションに分かれ、第1セッションでは刺激音声は Tセット、第2セッションでは刺激音声は Sセットであった。各セッション

において、4つの刺激音声を5回繰り返しランダムに提示したため、セッションにつき全20試行となった。

参加者は、聞こえた音声は「ア・タ」と「アッタ」、また、「ア・サ」と「アッサ」のどちらに聞こえたか、PC画面上に表示されたボタンをクリックすることで、強制的に選択した。

### 3 結果

Tセットに対する結果をFig. 3に、Sセットに対する結果をFig. 4に示す。それぞれの図は、各刺激に対する促音回答数に対する箱ひげ図である。各刺激音声は各セッションで5回繰り返されているため、促音回答数の最大は5回である。また、各刺激に対する促音回答数の平均値を各図の上部に示す。

Tセットに対して、ノンパラメトリック検定(Holm法)による多重比較を行った結果、T-FT0に対してT-FT1、T-G、T-Hのいずれとの間に有意差を確認した( $p < 0.0001$ )。一方で、T-FT1、T-G、T-Hにおけるすべての組み合わせにおいて、その差は有意ではなかった。

Sセットに対して、同様に多重比較を行った結果、S-FT0に対してS-FT1、S-G、S-Hのいずれとの間に有意差を確認した( $p < 0.0001$ )。また、S-FT1とS-Gの間には有意差はなかった。一方、S-Hに対してS-FT0、S-FT1、S-Gのいずれとの間に有意差を確認した( $p < 0.0001$ )。

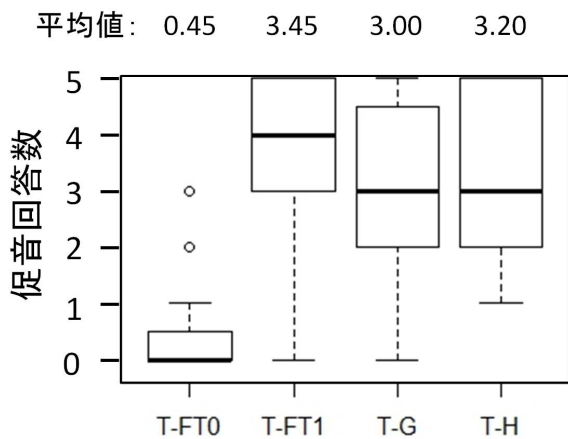


Fig. 3: Tセットに対する促音回答数(箱ひげ図および上部に平均値を示す)。

### 4 考察

本研究で用いた刺激をFig. 1やFig. 2で確認してもわかるように、FT0では先行母音の末尾にフォルマント遷移が観察されず、「言いつばなし」に近い状態になっていた。一方、FT1では先行母音末尾にフォルマント遷移がはっきりと観察される。そのため、促音回答率も上昇した。これにより、先行研究[4,5]で報告されているように、フォルマント遷移が促音知覚に影響を与えることが再確認された。先行研究[5]の摩擦音の促音であっても、母音間区間の前半に無音区間が存在する場合、先行母音末尾のフォルマント遷移の存在が結果に影響を与えることが指摘されている。Sセットの結果から、そのことも確認された。

一方、先行母音末尾部にフォルマント遷移ではなく声門閉鎖や氣息声が存在する場合にも、促音回答率が上昇した。特にTセットでは、T-FT1とT-GとT-Hの各条件間で結果に差がなかった。このことから、聴取者は、もし先行母音終了時点で何らかの促音を開始する可能性を知らせる手がかりがある場合に、その時点から子音の持続時間を測り始めるものと考えることができる。そして、子音が終了し母音が始まる時点でその子音の持続時間が十分長い場合、促音を知覚する。その「促音を開始した可能性を知らせる手がかり」は、Tセットの場合、先行母音末尾部のフォルマント遷移、声門閉鎖、氣息声ということになる。

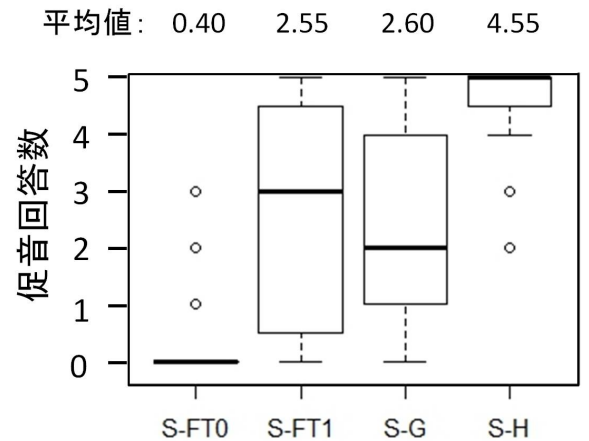


Fig. 4: Sセットに対する促音回答数(箱ひげ図および上部に平均値を示す)。

今回の実験には含めていないが、もし S セットで母音間区間の前半に無音区間がなく、すぐに摩擦音が始まった場合は、先行研究[5]の結果から、これらの手がかりがなくとも（特に[5]ではフォルマント遷移）、先行母音終了直後、摩擦区間そのものが開始した時点で子音の持続時間を測り始めることになるものと考えられる。一方、今回の実験のように S セットにおいて、母音間区間の前半に無音が存在する場合、必ずしも先行母音終了時点で何の手がかりもなければ、その時点では子音がどこから始まるかが聴取者にはわからない。そこで T セットと同様、先行母音末尾部の手がかりの有無が結果に影響するものと考えられる。

興味深いのは、S セットにおいてフォルマント遷移や声門閉鎖よりも、氣息声手がかりとしてより強く影響を与えていた点である。これは、喉頭で乱流雑音を発するか、口腔内の狭窄付近で乱流雑音を発するかの違いだけで、摩擦性の雑音を作り出すという共通性が、聴覚印象の類似性も含め、起因しているのかもしれない。しかし、はっきりとしたことを述べるには、今後、さらなる研究が必要である。

## 5 おわりに

本稿では、日本語促音が開始した可能性を知らせる手がかりについて、先行母音の末尾における、フォルマント遷移の有無を出発点に議論してきた。その結果、フォルマント遷移以外にも声門閉鎖や氣息声はその役割を担うことが確認された。実際の発

話を見ても、摩擦音の促音の場合、必ずしも摩擦区間が持続していることばかりではなく、氣息声＋無音区間＋摩擦区間が連なることも観察される。また、Vance [6] によって指摘されているように、「あっ」という促音の表記で声門閉鎖音を表していることから、声門閉鎖が促音と関係していることがうかがえる。今後、手がかりになるものが他にあるか、また促音の生成と知覚の両面を引き続き調査する予定である。

## 参考文献

- [1] M. S. Han, “The feature of duration in Japanese,” *Onsei no Kenkyu*, 10, pp. 65-80, 1962.
- [2] 平田由香里, “単語レベル・文レベルにおける日本人の促音の聞き取り,” 日本音声学会会報, 194, pp. 23-28, 1990.
- [3] S. Kawahara, “The phonetics of sokuon, obstruent geminates,” in *The Handbook of Japanese Language and Linguistics: Phonetics and Phonology*, H. Kubozono, Ed., Mouton, pp. 43-73, 2015.
- [4] 柳澤絵美, 荒井隆行, “フォルマント遷移とインテンシティの減衰が促音の知覚に与える影響,” 日本音響学会誌, 71(10), 505-515, 2015.
- [5] 柳澤絵美, 荒井隆行, “先行母音の出わりにおけるフォルマント遷移が摩擦音として実現される日本語の促音の知覚に与える影響,” 音講論 (春), 305-306, 2015.
- [6] T. J. Vance, *The Sounds of Japanese*, Cambridge University Press, 2008.