

多話者における直音と拗音の調音運動の分析*

☆朝倉麗仁, △辰口隼太郎, 竹本浩典 (千葉工大), 前川喜久雄 (国語研)

1 はじめに

日本語の構造は単母音と特殊拍を除き、基本的に1つの子音と1つの母音からなるとされるが、拗音については決着していない。拗音とは「きゃ」のようにイ段の仮名に小さいヤ行の文字を加えて表すモーラであり、「か」のように仮名一文字で表す直音と対立している。その構造は、子音+わたり音+母音で構成されているという説[1]と、硬口蓋化した単子音+母音で構成されているという説[2]がある。いずれが妥当であるか検討するためには、調音運動を観測して分析する必要がある。

近年、real-time MRI (rtMRI) により、調音運動を任意断面における動画として記録することが可能になった。そこで、われわれは国立国語研究所と共同で27名の正中矢状断面における調音運動を動画として記録した「リアルタイム MRI 調音運動データベース (rtMRIDB)」を構築して公開した[3]。さらに、これらの動画から調音器官の輪郭を半自動的に抽出する技術を確立し、定量的な分析を可能にした[4]。

この技術を用いて、藤澤らは1名の話者がサ行とカ行の直音と拗音を発話時のrtMRI動画から抽出した輪郭を主成分分析した。その結果、/ka/と/kja/, /ko/と/kjo/, /sa/と/sja/, /so/と/sjo/における主要な調音運動は、いずれも舌の前上方から後下方への移動であること、子音から母音への第1主成分(PC1)のスコアの変化パターンはS字状であったが、拗音ではその度合いが大きいことを明らかにした[5]。すなわち、舌の移動の時間的な構造に差がある可能性が示唆された。しかし、その一般性を検討するためには、より多くの話者で調音運動を分析する必要がある。そこで本研究では、11名の話者で藤澤ら[5]と同様の分析を行い、拗音の構造を検討したので報告する。

2 材料と方法

2.1 材料

rtMRIDBに登録されている日本人成人男性6名(s2, s5, s7, s9, s14, s18)と女性5名(s3, s8, s10, s11, s16)の直音(/ka/, /ko/,

/sa/, /so/), 拗音(/kja/, /kjo/, /sja/, /sjo/), わたり音(/ja/, /jo/)を単独で発話した約14フレーム毎秒の動画を分析した。これらの動画の子音中心から母音中心までの5~7フレームを目視で選択した。なお、先行研究[5]により、MRIの空間解像度に対して/ku/, /kju/の調音運動は共に小さいため、分析から除外した。

2.2 調音運動の比較

先行研究[5]に従って、動画から抽出した輪郭を主成分分析し、そのPC1から子音、母音、平均のフレームにおける輪郭を再構築し、PC1の示す調音運動を検討した。また、PC1のスコアが子音フレームから母音フレームにかけて、どの程度直線的に変化したかを検討するために、 $v = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |s_n - s(n)|$ により v を計算した。ここで、 N は子音から母音までのフレーム数、 n はフレーム番号($n=1, 2, \dots, N$)で $n=1$ は子音フレーム、 $n=N$ は母音フレームである。また、 s_n は第 n フレームにおける第1主成分のスコア、 $s(n)$ は第 n フレームにおけるスコアを s_1 と s_N から線形補間した値で、 $s(n) = \frac{s_N - s_1}{N-1}(n-1) + s_1$ で与えられる。すなわち、 v が0に近いほどスコアは直線的に変化したことを示す。

3 結果と考察

Fig. 1はs2のカ行の直音(/ka/と/ko/), 拗音(/kja/と/kjo/), わたり音(/ja/と/jo/), Fig. 2はs2のサ行の直音(/sa/と/so/) 拗音(/sja/と/sjo/)の調音器官の形状とPC1の寄与率である。調音器官の形状の青線は子音、黒線は平均、赤線は母音を示す。

PC1の寄与率はs2ではすべて80%を超えていた。これは、直音でも拗音でも主要な調音運動は舌の前上方から後下方への移動であることを示す。また、拗音では直音に比べて舌が硬口蓋に接している度合いが大きく、先行研究[5]でも指摘されているように口蓋化が見られた。そのため、子音と母音の形態的な相違が大きかった。なお、PC1の寄与率にはばらつきがあったが(68.0%~95.2%:平均84.8%), これらの結果は11名の話者全てに共通していた。

Fig. 3, 4の青線はFig. 1, 2の調音運動にお

*Analysis of articulatory movements for palatalized and non-palatalized consonants among multiple speakers, by ASAKURA, Yorihiro, TATSUGUCHI, Syuntaro, TAKEMOTO, Hironori (Chiba Institute of Technology), and MAEKAWA, Kikuo (NINJAL).

ける PC1 のスコアの変化, 点線は最初と最後のフレームにおけるスコアを結ぶ直線を示す。先行研究[5]と同様に, スコアの変化はいずれも S 字状であったが, 直音ではより直線的であった。そこで, Fig. 5 で示すように, /ka/と/kja/, /ko/と/kjo/, /sa/と/sja/, /so/と/sjo/で 11 名の v を比較したところ, 全ての組み合わせで直音が有意に小さかった (t 検定, $p<0.01$)。また, わたり音の v は/ja/が 16.69, /jo/が 16.83 と拗音の v と非常に近い値となった。従って直音と拗音で v の値に有意差があったことから, 拗音のわたり音に似た S 字状の緩やかな変化パターンは, わたり音の生成を示唆するものと考えられるが, 今後の検討も必要である。

4 まとめ

本研究では, 11 名の話者のリアルタイム MRI 動画から抽出した輪郭を用いて, 対立する直音と拗音のペア, /ka/と/kja/, /ko/と/kjo/, /sa/と/sja/, /so/と/sjo/の子音から母音への調音器官の変化パターンを主成分分析した。その結果, PC1 の寄与率は平均 84.8%で, 直音・拗音とも主要な調音運動は舌の前上方から後下方への移動であった。そして PC1 のスコアの変化パターンはいずれも S 字状であったが, 直音ではより直線的であった。そこで, スコアの変化パターンがどの程度直線的であるかを示す値 v を計算し, 対立するペアごとに比較すると, 直音では有意に直線的 (t 検定, $p<0.01$) であった。また, 拗音の v の値は, わたり音/ja/と/jo/の v の値に近いことから, 拗音の調音運動はわたり音に近いことが示唆された。従って, 本研究の結果は, 拗音は硬口蓋化した子音+わたり音+母音の構造であることを示す。しかし, PC1 のスコアの変化パターンの変化がどのような音響的な変化をもたらすか, VOT (Voice Onset Time) などについては検討する必要がある。

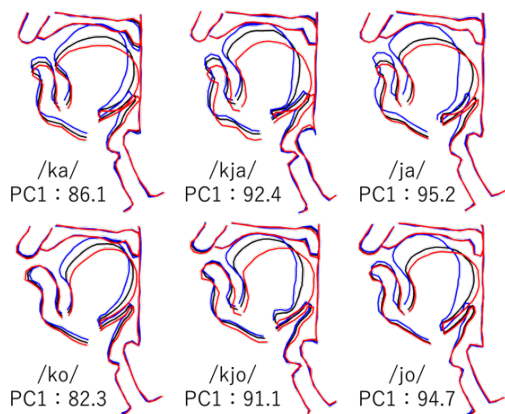


Fig. 1 カ行の直音, 拗音, わたり音の調音運動の比較 (青線: 子音, 黒線: 平均, 赤線: 母音)

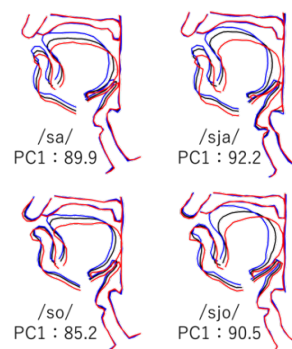


Fig. 2 カ行の直音, 拗音の調音運動の比較 (青線: 子音, 黒線: 平均, 赤線: 母音)

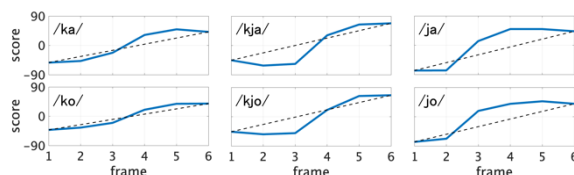


Fig. 3 カ行の直音, 拗音, わたり音の PC1 のスコアの変化パターン (点線は最初と最後のフレームの値を結ぶ直線)

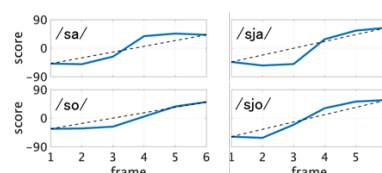
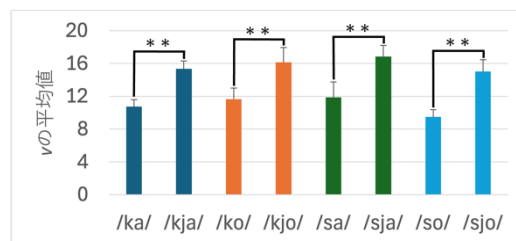


Fig. 4 サ行の直音, 拗音の PC1 のスコアの変化パターン (点線は最初と最後のフレームの値を結ぶ直線)



(** $p<0.01$)

Fig. 5 直音と拗音の比較

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24K00071 の助成を受けて実施した。

参考文献

- [1] 城生, 「現代日本語の音韻」『岩波講座 日本語 5 音韻』岩波書店, 109-145, 1977.
- [2] 上村, 「現代の音韻」『講座国語史 2 音韻史・文字史』大修館書店, 271-309, 1972.
- [3] 前川ら, <https://rtmridb.ninjal.ac.jp/>.
- [4] 藤澤ら, 音講論 (秋), 1015-1016, 2022.
- [5] 藤澤ら, 音講論 (秋), 959-960, 2023.