

日本語話者 10 名の正中面における /k/ の声道形状の分析*

☆天野沢海, 藤澤流以, 竹本浩典(千葉工大)

北村達也(甲南大), 能田由紀子, 前川喜久雄(国語研)

1. はじめに

われわれはリアルタイム MRI (rtMRI) 動画による日本語調音音声学のデータベースを構築してきた[1]。そして、動画の各フレームから機械学習を用いて半自動的に発話器官の輪郭を抽出する研究を行ってきた[2,3]。現在は約 20 名の話者の動画から、フレームごとに発話器官 5 部位の輪郭を、トレースと同程度の精度で抽出することが可能である[4]。発話器官の各部位は、解剖学的に相同な始点と終点の間を等しい数の点群として抽出している。したがって、点群を輪郭に沿って等間隔に再配置してセミランドマークにする事で、話者間・フレーム間で発話器官を比較・分析することが可能である[5]。

調音位置は隣接する音素の影響を受けて変化し[6]、調音位置の測定を行う研究も行われている[7]。/k/では、後続母音によって調音位置が前後方向に変動することが知られている[8]。しかし、複数の話者間で平均してどの程度変動するかについての分析は不十分であり、変動の要因分析もされていない。そこで本研究では、10 名の話者の rtMRI 動画を分析し、日本語の /k/ の調音位置が後続母音によって平均どの程度変動するか、また同じ後続母音であっても調音位置などが主にどのようにばらつくかを検討したので報告する。

2. 材料・方法

2.1. 輪郭データ

標準語話者男女 6 名 (M1, M2, M3, F1, F2, F3) と近畿方言話者男女 4 名 (M4, M5, F4, F5) が /ka/, /ki/, /ku/, /ke/, /ko/ とそれぞれ単独で発話している動画をデータベースから選出した。これらの動画から、安静呼吸時、/k/, 母音に該当するフレームを話者ごとに抽出した。本稿では、それぞれのフレームを r , $k(v)$, v と呼称する。ここで v は a, i, u, e, o のいずれかであり、例えば $k(a)$ は後続母音が /a/ の /k/ である。これらのフレームの発話器

官 5 部位 (舌, 口唇・下顎, 軟・硬口蓋, 咽頭後壁, 喉頭蓋・声帯) の輪郭は、始点から終点まで等間隔の点群に変換して抽出されている。なお、各部の輪郭は、舌は 40 点, 上唇は 15 点, 下唇・下顎は 25 点, 軟・硬口蓋は 30 点, 咽頭後壁は 28 点, 喉頭蓋・声帯は 30 点で構成されている。よって、各フレームの輪郭は合計 168 点の xy 座標で構成されている。つまり、各フレームは $168 \times 2 = 336$ 成分からなるベクトルで表現されている。なお、原点は前鼻棘である。

2.2. 輪郭の分析

話者を表す番号を m ($=1, 2, \dots, 10$), 後続母音を v ($=a, i, u, e, o$) とする。安静呼吸時の輪郭を表すベクトルを r_m , 後続母音が v のときの /k/ の輪郭を表すベクトルを $k(v)_m$, 後続母音の輪郭を表すベクトルを v_m とする。安静呼吸時から /k/ までの移動ベクトルを $rk(v)_m$ とするとき、(例: $rk(a)_m = k(a)_m - r_m$), $rk(v)_m$ を話者間で平均したベクトル $\overline{rk(v)}$ は後続母音が v のときの /k/ の口の構えをとる平均的な動き (平均移動ベクトル) を表す。図 1 は安静呼吸時の平均形状 \overline{r} に、後続母音異なる /k/ の平均移動ベクトル $\overline{rk(v)}$ を加えたものである。これは、後続母音ごとの /k/ の平均形状 $\overline{k(v)}$ である。

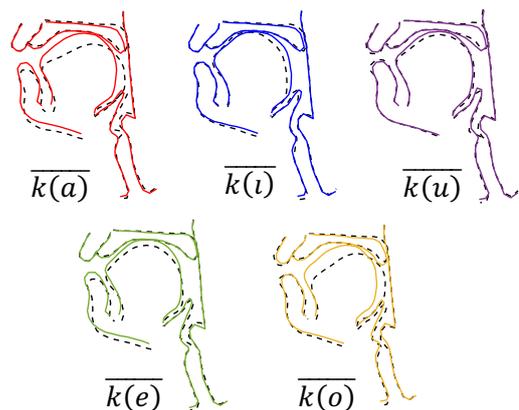


図 1 後続母音ごとの /k/ の平均形状。点線: 後続母音の平均形状

また、話者間で $rk(v)_m$ の主成分を分析する

*Analysis of the vocal tract shape for /k/ in the midsagittal plane among 10 Japanese speakers, by AMANO, Takumi, FUJISAWA, Rui, TAKEMOTO, Hironori (Chiba Inst. of Tech.), KITAMURA, Tatsuya (Konan Univ.), NOTA, Yukiko, and MAEKAWA, Kikuo (NINJAL).

と、安静呼吸時から/k/への口の構えを取る動きにおいて話者間でばらつきが大きな成分を抽出することができる。これにより同じ後続母音における話者間の調音の差を分析できる。

3. 結果と考察

図2は、後続母音ごとの/k/の平均形状 $\overline{k(v)}$ を重ね合わせ、調音位置を拡大したものである。なお、丸印は口蓋に最も接近する舌の点である。先行研究で示されているように[8]、 $\overline{k(a)}$ と $\overline{k(o)}$ は調音位置が後方に、 $\overline{k(i)}$ 、 $\overline{k(u)}$ 、 $\overline{k(e)}$ は前方に位置した。これら二群の調音位置は約13 mm離れていた。

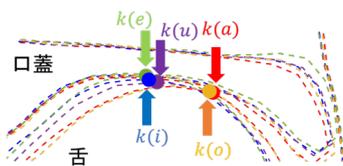


図2. 後続母音による/k/の調音位置の変動。
赤： $\overline{k(a)}$ 、青： $\overline{k(i)}$ 、紫： $\overline{k(u)}$ 、緑： $\overline{k(e)}$ 、
黄色： $\overline{k(o)}$

図3、4は後続母音ごとの/k/の口の構えをとる動きの第1主成分(PC1)、つまり最も話者間でばらつきの大きな動きの成分である。赤と青はそれぞれの運動の±1標準偏差(±1SD)を示す。後続母音によらず、すべての/k/の口の構えを取る動きに被裂部や声帯の上下動が含まれていた。これは、安静呼吸時との差であると考えられる。

図3は調音位置が後方の $k(a)$ と $k(o)$ の口の構えを取る動きのPC1である。 $k(a)$ では、口の開きと調音位置より前方の舌と硬口蓋との距離に差が表れた。一方、 $k(o)$ では口の開きに小さな差が、軟・硬口蓋に沿った舌の前後方向の位置に大きな差が現れた。これは後続母音の/o/では口の開き具合が制限されるが、/a/は口の開き具合の許容量が広いことを反映していると考えられる。

図4は調音位置が前方の $k(i)$ 、 $k(u)$ 、 $k(e)$ の口の構えを取る動きのPC1である。 $k(i)$ では、口蓋に沿った舌の前後方向の位置に差が表れた。これは後続母音/i/の狭めの位置や強さのばらつきに関連している可能性がある。 $k(u)$ では、舌は前上から後下の方向に沿った位置に差が表れたが、5種類の/k/の中で最もばらつきが小さかった。これは、後続の/u/では口が狭く、舌は狭めの前方と後方を両方広げる必要があるため、前後方向の位置の制限

されているためと考えられる。 $k(e)$ では、口の開きと舌と硬口蓋との密着度合いに差が表れた。これは、後続の/e/では比較的狭めの程度が小さいため、口の開きや舌の位置に許容量が大きいことが反映されていると思われる。

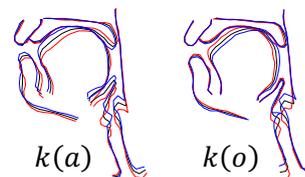


図3. $k(a)$ と $k(o)$ の口の構えをとる主成分。
黒：平均、赤：+1SD、青：-1SD

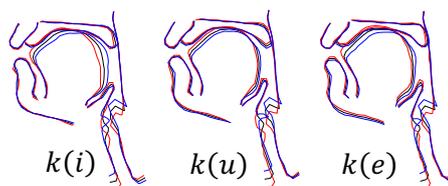


図4. $k(i)$ 、 $k(u)$ 、 $k(e)$ の口の構えをとる主成分。
黒：平均、赤：+1SD、青：-1SD

4. まとめ

本研究では、日本語話者10名の/k/の調音位置を分析した。その結果、後続母音の違いによって、調音位置が後方の $k(a)$ と $k(o)$ 、前方の $k(i)$ 、 $k(u)$ 、 $k(e)$ の二群に分かれ、それぞれ13 mm離れていることが明らかになった。また、口の構えをとる動きを主成分分析した結果、調音位置などのばらつきは後続母音の影響を受けていること示唆された。しかしこれは、動画が14フレーム毎秒と低速なため、後続母音の影響が実際より大きく表れた可能性がある。

謝辞

本研究はJSPS 科研費20H01265の助成を受けた。

参考文献

- [1] 前川ら, rtMRIDB, <https://rtmidb.ninjal.ac.jp/>
- [2] Takemoto et al., Proc. of Interspeech 2019, 904-908, 2019.
- [3] 後藤ら, 音講論(春), 779-780, 2020.
- [4] 天野ら, 音講論(春), 745-746, 2021.
- [5] 後藤ら, 音講論(秋), 655-656, 2020.
- [6] 桐谷滋, 日本音響学会誌 34 巻 3 号 132-139, 1978
- [7] 浅井ら, 音講論(秋), 1235-1238, 2018
- [8] 国立国語研究所, 報告; 100, 494, 1990