

## 日本語標準語話者の正中面における子音/s/の声道形状の分析\*

☆藤澤流以, 天野沢海, 竹本浩典 (千葉工大), 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 調音運動データベース (rtMRIDB)」を構築中で、現在 22 名の話者のデータを試験公開している[1]。この動画から調音器官の輪郭を抽出すれば、調音運動を定量的に分析できる[2]。

子音/s/は歯茎摩擦音で、下顎を持ち上げ、舌先と上の歯茎との間に狭窄を作り、呼気により乱流雑音を生成して発音するため、厳密な調音制御が必要である[3]。そのため多くの研究で舌や下顎の研究が行われてきた[4,5]。しかし調音器官の形状に基づいた統計的な検討はされていない。そこで本研究では、4 名の話者の rtMRI 動画データを用いて/s/の声道形状の変異と、先行母音と後続母音のいずれがより強く/s/の声道形状に影響するか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語標準語話者の成人男女 4 名が/sa/, /si/, /su/, /se/, /so/を単独で発話した動画と、キャリア文「これは○○型」を用いて 2 モーラ語の/kasa/, /kasi/, /kaso/, /kisa/, /kisi/, /kiso/, /kosa/, /kosi/, /koso/を発話した動画を分析に用いた。これらの動画から目視で子音/s/のフレームを選択し、調音器官の輪郭を抽出した。

## 2.2 輪郭データ

先行研究[6]に従って輪郭を抽出した調音器官の部位は舌、口唇・下顎、軟・硬口蓋、咽頭後壁、喉頭蓋・声帯の 5 部位である。これらの輪郭の始点と終点は、解剖学的に一意に同定可能なランドマークである。また、その間は部位ごとに一定の数の等間隔の点群 (セミランドマーク) で構成されている。なお、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ので、

各フレームの輪郭は合計 168 点の xy 座標からなる。つまり、各フレームは  $168 \times 2 = 336$  次元のベクトルで表現されており、セミランドマーク法による形態分析が可能である。

## 2.3 輪郭の分析

まず、/sa/, /si/, /su/, /se/, /so/を単独で発話した動画の/s/のフレームから抽出した輪郭を後続母音ごとに 4 名の話者で平均し、5 種類の/s/の輪郭を作成した。これを用いて、/s/の平均的な輪郭の変異を検討した。

次に、2 モーラ語の動画の/s/のフレームから抽出した輪郭を同じ先行母音・後続母音ごとに 4 名の話者で平均し、9 種類の/s/の輪郭を作成した。これらを用いて、先行母音が同一で後続母音異なる 3 種類の/s/の輪郭と、その輪郭を平均した輪郭の形態距離[6]を求めてこれを平均し、輪郭のばらつきを求めた。ここで、形態距離とは 2 つの輪郭の対応する点の距離を平均したもの (単位: pixel) で、形態が似ているほど小さく、異なるほど大きくなる。また、輪郭のばらつきとは、後続母音異なる 3 種類の輪郭の形態が似ているほど小さく、異なるほど大きくなる。同様に、後続母音が同一で先行母音異なる 3 種類の/s/の輪郭と、その輪郭を平均した輪郭の形態距離を求めてこれを平均し、輪郭のばらつきを求めた。これらを用いて、先行母音と後続母音のいずれが/s/の形状に大きな影響を与えるか検討した。

## 3 結果と考察

## 3.1 子音/s/の変動

Fig.1 は/sa/, /si/, /su/, /se/, /so/を単独で発話した際の/s/の平均形状を重ねたものである。/k/では後続母音により狭めの位置が大きく変化していた[7]が、/s/では/si/を除き、後続母音によらず調音器官の輪郭は類似していた。これは、/s/が厳密な調音制御を必要とすることを裏付けていると思われる。一方、/si/では

\* Analysis of the vocal tract shape of consonant /s/ in the median plane for standard Japanese speakers, by FUJISAWA, Rui, AMANO, Takumi, TAKEMOTO, Hironori (Chiba Institute of Technology), MAEKAWA, Kikuo (NINJAL).

舌後部が前方に変位し、舌上面は口蓋に接近して狭めが長い。これは、輪郭のクラスタ分析にも表れており、/si/は他の4つと分離している (Fig. 2)。これは/si/の/sが母音/i/による硬口蓋化を受けた影響だと考えられる。

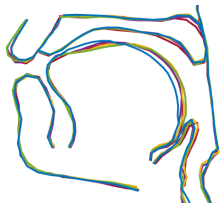


Fig. 1 4名の話者の/s/の平均形状：/sa/ (赤), /si/ (青), /su/ (紫), /se/ (黄), /so/ (緑)

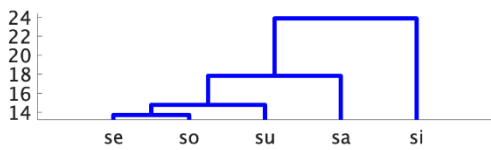


Fig. 2 子音/s/のクラスタリング

### 3.2 先行母音と後続母音の影響

Fig. 3 は先行母音が同一で後続母音が変わる3種類の/s/の輪郭と、その輪郭を平均した輪郭を重ねたものである。Table 1の各行は3種類の/s/の輪郭と、その輪郭を平均した輪郭の形態距離で、右端の平均は形態のばらつきを示す。Fig. 4, Table 2は後続母音が同一で先行母音が変わる場合である。

Fig. 3, Fig. 4が示すように、先行母音が同一の場合より、後続母音が同一の場合の方が輪郭のばらつきが小さい(特に舌の上面)。これは、先行母音が同一の場合、後続母音が/i/の/s/の輪郭の狭めが長く(母音/i/による硬口蓋化の影響)、他の後続母音の場合と形態が異なるためと考えられる。これはTable 1, Table 2の右端の平均にも表れており、同一の母音が先行する場合より、後続する場合の方が値が小さい(例：先行母音が/a/の時の平均は0.904、後続母音が/a/の時の平均は0.858)。これは、先行母音より後続母音の方が/s/の形状をより強く規定していることを示している。つまり、先行母音より後続母音の方が/s/の調音に強い影響を及ぼすと結論できる。

### 4 まとめ

本研究では、日本語標準語話者の成人男女4名のrtMRI動画を用いて子音/s/の声道形状を分析した。単独発話を分析した結果、/si/の/sのみ、i/の硬口蓋化の影響を受けていた。なお、子音の/k/の形状は全ての後続母音に影響

を受けていた[7]が、子音/s/では/i/に限定されていた。先行母音、後続母音とも/a/, /i/, /o/の2モーラ語を分析した結果、先行母音より後続母音の方が/s/の声道形状に影響を与えることが明らかになった。これは後続母音/i/による/s/の硬口蓋化が強く影響したためと考えられる。



Fig. 3 先行母音を固定した場合の後続母音による子音/s/の舌輪郭の差：後続母音/a/(赤), /i/(青), /o/(緑), /a/, /i/, /o/の平均(黒の点線)

Table 1 先行母音ごとの子音/s/とその平均との形態距離およびその平均 (単位: pixel)

		後続母音			平均
		/a/	/i/	/o/	
先行母音	/a/	0.828	1.011	0.872	0.904
	/i/	0.912	1.047	1.055	1.005
	/o/	0.885	0.910	0.910	0.902

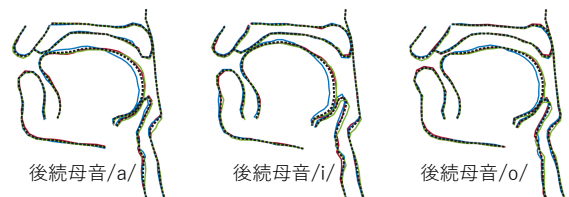


Fig. 4 後続母音を固定した場合の後続母音による子音/s/の舌輪郭の差：先行母音/a/(赤), /i/(青), /o/(緑), /a/, /i/, /o/の平均(黒の点線)

Table 2 後続母音ごとの子音/s/とその平均との形態距離およびその平均 (単位: pixel)

		先行母音			平均
		/a/	/i/	/o/	
後続母音	/a/	0.657	0.995	0.922	0.858
	/i/	0.772	1.120	1.017	0.970
	/o/	0.699	0.879	0.899	0.826

### 謝辞

本研究はJSPS 科研費 20H01265の助成を受けて実施した。

### 参考文献

- [1] 前川ら, rtMRIDB\_v1, <https://rtmridb.ninjal.ac.jp/>.
- [2] 後藤ら, 音講論 (秋), 655-656, 2020.
- [3] 国立国語研究所, 報告; 100, 470, 1990.
- [4] 桐谷, 日本音響学会誌 34(3), 132-139, 1978.
- [5] 藤井, 日本補綴歯科学会雑誌 28(1), 34-48, 1984.
- [6] 天野ら, 音講論 (秋), 781-782, 2021.
- [7] 天野ら, 音講論 (秋), 1013-1014, 2022.