

声道断面積関数の操作によるモンゴル語母音音韻特徴の検討

☆加地優太, 竹本浩典 (千葉工大), 斎藤純男 (拓殖大),
玉栄 (内蒙古大), 前川喜久雄 (国語研)

1 はじめに

モンゴル語には男性母音 (/a/, /o/, /u/) と女性母音 (/e/, /ö/, /ü/) が存在する[1]。元来, 男性母音は後舌, 女性母音は前舌とされてきたが, 現在は別の調音音声学的な対立へと移行したと言われている。その有力な候補は舌根の前後位置である[1]。

われわれは, モンゴル語の母音生成時の声道形状を MRI (Magnetic Resonance Imaging) と声道断面積関数を用いて計測・分析し, それを確認したが[2,3], 舌根の前後位置が音声にどのような対立をもたらすかは明らかになっていない。本研究では, 舌根の前後位置がモンゴル語母音にどのような影響を与えるか検討するために, 声道断面積関数を操作して知覚実験を行なったので報告する。

2 材料と方法

2.1 実験参加者と MRI データ

実験参加者はモンゴル語話者の女性 1 名である。実験参加者がモンゴル語の 6 母音 (/a/, /e/, /o/, /ö/, /u/, /ü/) を発声中の頭頸部の MRI 画像を ATR-Promotions の Siemens MAGNETOM Prisma fit3T を用いて撮像した。撮像は約 10 秒間の母音発声中に行われ, 空間解像度 $1.0 \times 1.0 \times 3.0$ mm の母音 MRI データを得た。また, 安静呼吸時に口を閉じて口唇, 頬の内側, 舌を歯列に密着させた状態で 15 秒間の撮像を行い, 空間解像度 $0.3 \times 0.3 \times 1.0$ mm の歯列データを得た。また, MRI 実験後, 実験参加者は静穏なホテルの部屋で仰臥位でモンゴル語 6 母音の録音 (44.1 kHz, 16 bit) を行った。

2.2 声道断面積関数の抽出と操作

MRI 画像では歯列の輝度値が 0 (黒) となるため, 歯列の補填[3]を行った後に声道断面積関数を抽出した[4]。その結果, 声道は断面積が異なる 2.5 mm の長さの円筒管の連なり

としてモデル化された。なお, 各円筒管の長さをセクション長, 円筒管の数をセクション数と呼ぶ。

全ての母音で喉頭, 咽頭, 口腔の各部分を構成するセクション数が同じ, かつ各部分では等間隔になるように, 線形補間を用いて声道断面積関数を再構成した。その断面積関数から生成した音声の LPC スペクトルと, 実際の音声の LPC スペクトルが一致するように, Story の手法[5]を用いて声道断面積関数を調整した。

女性母音, 男性母音のペアで断面積関数の全体, 咽頭のみ, 口腔のみを 5 段階の比率 (1.00:0.00, 0.75:0.25, 0.50:0.50, 0.25:0.75, 0.00:1.00) でモーフィングした断面積関数を作成した。この操作は対応するセクションの断面積と長さの双方に適用した。Fig. 1 左は咽頭, 右は口腔を操作した例である。

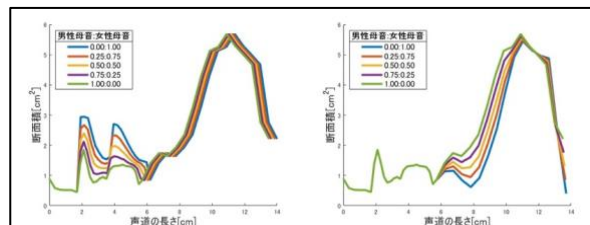


Fig. 1 操作した断面積関数
咽頭の操作(左), 口腔の操作(右)

2.3 音声の生成

Rosenberg 波[6]を用いて声帯音源波を生成した。その振幅, 基本周波数, 声帯振動に伴う乱流雑音は実音声から STRAIGHT[7]で抽出して与えた。そして, 1 つの声帯音源波に全ての声道断面積関数から計算した声道インパルス応答を畳み込んで音声を生成した。

2.4 知覚実験

生成した音声 75 個をモンゴル語話者 2 名 (S01, S02) が判別した。Praat [8]で全ての音声をランダムに 3 回呈示し, 男性母音か女性母音かを強制二択法で回答させた。

*Investigation of acoustic properties of Mongolian vowels by modification of vocal tract area functions, by KAJI, Yuta, TAKEMOTO, Hironori (Chiba Institute of Technology), SAITO, Yoshio (Takushoku University), Yurong (Inner Mongolia University), and MAEKAWA, Kikuo (NINJAL).

3 結果・考察

Table 1 は、声道全体を操作した音声の知覚実験の結果である。最上段のラベルの数値は、各行の両端で示す母音の声道断面積関数をモーフィングした比率である。また、各欄のコロンの左右の数字は、左端と右端に示した母音であると知覚した回数を示す。

/a/と/e/, /o/と/ö/のペアは、比率が1.00:0.00と0.00:1.00の場合にほぼ正しく知覚された。つまり、これらの母音では、声道断面積関数が適切に抽出されていることを示す。しかし、/u/と/ü/のペアでは、比率が1.00:0.00と0.00:1.00の場合でも正しく知覚されていないことから、断面積関数が適切に抽出されていないと思われる。よって、以降は考察から除外した。

Table 1. 声道全体を操作した音声の知覚

	1.00:0.00	0.75:0.25	0.50:0.50	0.25:0.75	0.00:1.00	
a	6:0	6:0	5:1	0:6	0:6	e
o	6:0	6:0	4:2	2:4	1:5	ö
u	4:2	3:3	3:3	3:3	3:3	ü

Table 2 口腔を操作した音声の知覚

	1.00:0.00	0.75:0.25	0.50:0.50	0.25:0.75	0.00:1.00	
a	6:0	6:0	5:1	6:0	0:6	e
e	6:0	6:0	6:0	4:2	3:3	a
o	6:0	6:0	6:0	6:0	4:2	ö
ö	5:1	5:1	3:3	2:4	0:6	o

Table 3 咽頭を操作した音声の知覚

	1.00:0.00	0.75:0.25	0.50:0.50	0.25:0.75	0.00:1.00	
a	6:0	6:0	5:1	3:3	3:3	e
e	6:0	6:0	6:0	6:0	6:0	a
o	6:0	6:0	6:0	5:1	6:0	ö
ö	5:1	6:0	6:0	6:0	4:2	o

Table 2, 3 は、口腔と咽頭を操作した音声の知覚の結果である。比率が1.00:0.00の母音は、左端に示した母音である。/a/から/e/, /ö/から/o/に口腔の形状を変化させた場合は、男性母音から女性母音に、女性母音から男性母音にそれぞれ知覚が変化した。しかしそれ以外、特に咽頭の形状を対立する母音のものに入れ替えても、知覚に変化は見られなかった。

Fig. 2 は/a/から/e/へ声道全体、口腔のみ、咽頭のみを操作したときの第1, 2フォルマント (F1, F2) の軌跡をプロットしたものである。①, ②, ③, ④はモーフィングの比率がそれぞれ0.75:0.25, 0.50:0.50, 0.25:0.75, 0.00:1.00の母音の座標を示す。

声道全体を操作すると軌跡は/a/から/e/へ到達する。しかし、口腔を操作した場合、④で

も/e/に到達しない。しかし、女性母音と知覚される声道全体を操作した③ (Table 1 参照) の近傍にあることから、④は女性母音と知覚される。しかし、咽頭を操作した母音①~④はすべて男性母音/a/の近傍に位置するため、知覚が変化しないと考えられる。声道の操作により知覚が変化しなかった母音では、同様の傾向がみられた。

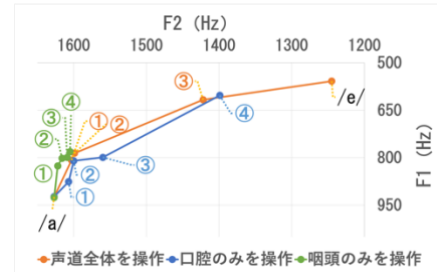


Fig. 2 /a/から/e/へ声道全体、口腔、咽頭の形状を変化させたときのF1, F2の軌跡

4 まとめ

本研究では舌根の前後位置がモンゴル語の母音にどのような対立をもたらすか検討するために、声道断面積関数を操作して生成した母音の知覚実験を行った。その結果、咽頭の形状を対立する母音のものに置き換えても、音響的な変化は不十分で、知覚は変化しなかった。これは、男性母音・女性母音を対立させる音響的な要因は、咽頭に局在するのではなく、声道全体に存在することを示す。舌根の前後位置が声道形状に与える影響は筋静水圧系に基づいて再検討する必要がある。

謝辞

本研究では、JSPS 科研費 20H01265 の支援を受けた。

参考文献

- [1] Jan-Olof Svantesson *et al.*, *The phonology of Mongolian*, Oxford University Press, 2005.
- [2] Y. Saitō *et al.*, *Proceedings of ICPHS 2019*, 1431-1434, 2019.
- [3] 加地ら, 音講論(春), 801-802, 2022.
- [4] H. Takemoto *et al.*, *JASA.*, 1037-1049, 2006.
- [5] B. H. Story, *JASA.*, 715-718, 2006.
- [6] A. E. Rosenberg, *JASA.*, 583-590, 1971.
- [7] H. Kawahara, *Speech Communication*, 187-207, 1999.
- [8] Paul Boersma & Vincent van Heuven, *Glott International* 5(9/10), 341-345, 2001