

## 声道模型の音源に関する検討\*

### —ホーンスピーカのドライバユニットの応用—

◎前田絵理, 荒井隆行, 雑賀紀子, 村原雄二(上智大・理工)

#### 1.はじめに

我々は母音に対する音響学的理解を深めるために声道模型を製作してきた[1]。そして、その声道模型が音響教育において有効であることを確認している。これまでは電気式人工喉頭や笛式人工喉頭などを用いて音声を生成させていたが、本研究ではホーンスピーカのドライバユニットを使用した音源について検討を行った。ホーンスピーカのドライバユニットが音源として使われた例としては古くは梅田・寺西[2]らがあり、われわれはクントの実験を応用した視覚化教材でも用いている[3]。

音源としてドライバユニットを使用する場合、一番問題となるのが声道模型とのカップリングであり、そのまま接続しても生成音のスペクトル構造には期待する母音共鳴のフォルマント構造が得られない。

そこで、本研究では梅田・寺西[2]にならない、ドライバユニットの出力部分の開口面積を小さくしインピーダンスを高めることによって、より品質の良い母音の生成を試みた。

#### 2.声道模型について

我々は今までにいくつかの声道模型を音響教育用の教材として開発してきた。それらは、Chiba and Kajiyama [4]の声道断面積の形状の測定をもとにし

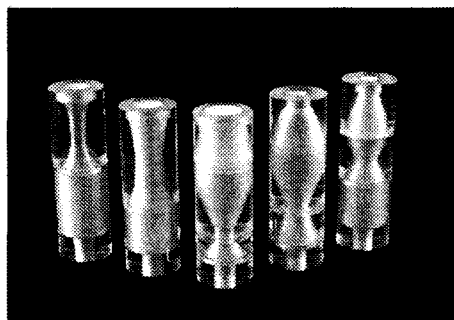


図1 千葉・梶山の測定を基にした声道模型 (Arai, 2001 より)

ている。

我々が開発した声道模型の主なものにプレート型と筒型のモデルがあるが、今回は筒型模型を用いた。筒型のモデルでは、直径 50mm、長さ約 160mmの亚克力樹脂の円柱の内部を、Chiba and Kajiyama [4]の測定結果に基づいてくり貫いたもので、日本語 5 母音/i/ /e/ /a/ /o/ /u/がある。透明な素材を用いたことで、口唇から声帯までの声道形状を観察することが出来、教育現場における教材として有効であることが実証されている[5]。

#### 3.測定

本報告では TOA のホーンスピーカの TU-750 型ドライバユニットを用いた。測定は上智大学荒井研究室内の防音室で行い、声帯振動の擬似音源として Maeda[6]による音声合成モデルの音源、インパルス列、鋸波、ホワイトノイズの 4 種類を用いた。信号は PC 上から再生し、アンプで増幅した後、ドライバユニットに入力した。ドライバユニットのネックの部分に声道模型を接続し、マイクロフォン(Sony, ECM-23F5)を声道模型から約 20cm 離し DAT を用いて生成音を録音した。

ドライバユニットの開口面積はそのままだと約  $2.6\text{cm}^2$  であった。我々は梅田・寺西[2]にならない、その開口面積を  $0.3\text{cm}^2$  程度まで狭くするため、中央に穴の開いたゴム製の詰め物を製作した(図 2 参照)。測定はこの詰め物がない状態とある状態で行い、両者を比較した。

#### 4.結果と考察

ゴムの詰め物をしたドライバユニットによる生成音と詰め物なしの生成音では、聴感上の違いと同時にフォルマント分析を含む周波数特性の違いが確認できた。

フォルマント分析を行ったところ、母音知覚に大きな影響を与える低次フォルマント周波数部において、詰め物がある場合には、はっきりとしたフォルマント構造が確認さ

\* Studying the sound source of a mechanical vocal tract using a driver unit of horn speaker  
By Eri Maeda, Takayuki Arai, Noriko Saika and Yuji Murahara (Sophia Univ.)

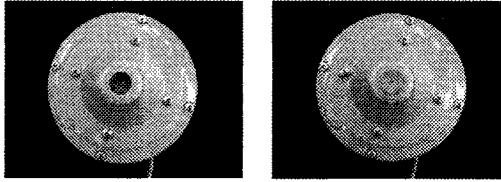


図2 ホーンスピーカのドライバユニット

左：詰め物なし 右：詰め物あり(中央には開口面積  
0.3cm<sup>2</sup>の穴が開いている)

れるのに対し、ドライバユニットのネック部分を直接声道模型に接続するとフォルマント構造がはっきりとは現れなくなった(図3参照)。このことを検証するため、詰め物なしの状態におけるドライバユニットのネック部分の断面積を測定し、声道模型を接続した場合の伝達特性をシミュレートした。その結果、低周波部に余計なピークが現れるなど、フォルマント構造が歪むことを確認した。

鋸波の音源による生成音に対し男女12名を対象に、日本語母音のうち/o/を除く4母音に関して聴取実験を行った(母音/o/に関しては、Arai[1]が音源として電気式人工喉頭を用いた場合でも低い正答率を得ていることからここでは除外した)。その結果、詰め物なし

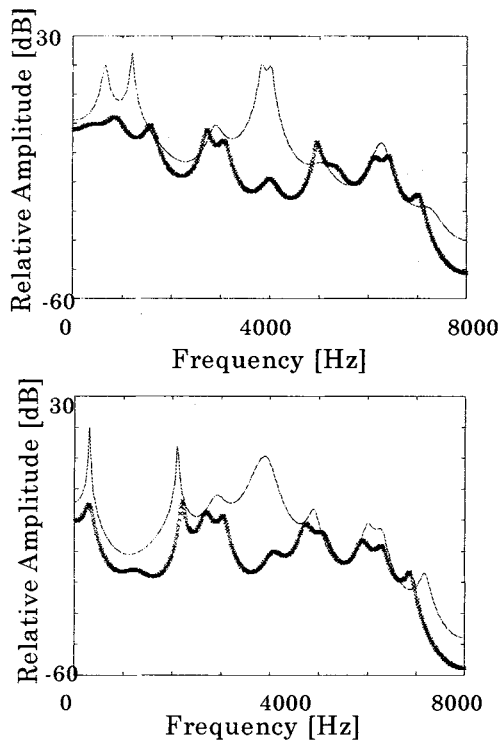


図3 ドライバユニットを使った生成音

細線：詰め物あり 太線：詰め物なし

上段 母音/a/ 下段 母音/i/

の場合では正答率が約60%であったのに対し、詰め物をして開口面積を0.3cm<sup>2</sup>にした場合には正答率が約98%となった。これにより、開口面積を0.3cm<sup>2</sup>程度にする必要性が確認された。

## 5. 結論

われわれが今までに開発してきた声道模型に対して、ホーンスピーカのドライバユニットからの出力音を音源とするための検討を行った。梅田・寺西[2]にならい、ドライバユニットのネック部の開口面積を小さくすることで、聴感上もはっきりと知覚できるような母音を生成することができた。これにより、任意の音源を声道模型に入力できるようになり、教育・研究の場面において声道模型のより広い利用が可能になる。

## 6. 謝辞

今回行った実験に関し、多大な協力をして頂きました梅田規子先生、城戸健一先生、板橋秀一先生、NTT-ATの佐藤大和さん、石井直樹さんに感謝いたします。

## 参考文献

- [1]T. Arai, "The Replication of Chiba and Kajiyama's Mechanical Models of the Human Vocal Cavity," *J. Phonetic Soc. Japan*, Vol. 5, No.2, pp. 31-38 Aug. 2001.
- [2]梅田, 寺西, "声の韻質と性質 一音響的声道模型による音声の合成一," 日本音響学会誌, 第22巻, 第4号, pp.195-203, 1966.
- [3]吉田, 薄木, 荒井, 村原, 菅原, "声道の共鳴現象の可視化への試み 一音声学における音響教育の充実を図る一," 日本音響学会講演論文集, pp.399-400 Mar. 2002.
- [4]T. Chiba and M. Kajiyama, *The Vowel: Its Nature and Structure*, Tokyo-Kaiseikan Pub. Co., Ltd., Tokyo, 1941.
- [5]E. Maeda, T. Arai, N. Saika and Y. Murahara, "Lab experiment using physical models of the human vocal tract for high-school students," First Pan-American/Iberian Meeting on Acoustics, Cancun, 2002.
- [6]S. Maeda, "A Digital Simulation Method of Vocal-Tract System," *Speech Communication*, 1, pp. 199-229, 1982.