

◎薄木信幸, 荒井隆行, 村原雄二 (上智大・理工)

## 1. はじめに

教育の現場では以前から学生の理解を助けるためさまざまな教育用の教材が開発され用いられてきているが、近年、新しい世代の学生に合わせたより直観的に理解しやすいものが求められている。また最近では音響教育にも注意の目が注がれており<sup>[1]</sup>、音響現象を分かりやすく説明する教材の開発も必要とされている。

音声学や音声処理の基礎を学ぶ学生にとっても、例えば音声生成機構における音響学的な現象を捉えることは重要な課題であり、そのために必要な教材もいろいろ工夫されている。従来、それらの多くが紙の上に書かれた教科書の説明であったが、最近ではコンピュータ上でのシミュレーションによるものも出てきている。また、言語学や音声学、音声言語医学などを学ぶ学生にとっても音声生成機構における音響現象の理解はますます重要となっており、直観的な理解を得やすい教材の開発が望まれている。

そこで本報告では、母音生成における音響学的な現象の理解を助けるために、アクリル板を用いた音響管による母音の声道模型を作成し、実際に音響教育の現場で教材として使用し、その有効性を考察する。

## 2. 声道模型

声道模型の例としては、古くは Von Kempelen によって作られた機械式音声合成器があげられる<sup>[2]</sup>。Von Kempelen の音声合成器の場合、リードの振動を音源とし形状が変化する革製の筒で共鳴特性を変化させることで母音が生産される。また、研究や実験のための声道模型としては実験室レベルで実現されている他、教材としては博物館の展示などの目的で存在するが<sup>[3]</sup>、教材として教室で気軽に使えるものは少ない。そこで、本報告で作成した声道模型は音響教育の講義などに用いることを目的として、比較的大がかりな装置が必要のないもの考えた。

そこで、母音生成における声道を断面積が断続的に変化する音響管で近似し、それを実際にアクリル板で実現することを試みた。大きさが 100 mm × 100 mm、厚さが 10 mm のアクリル板を材料とした。そして、それぞれのアクリル板の中心に径の異なる円形の穴を開けた。この円の径は、日本語 5 母音の生成時における唇から声門まで声道の断面積を Chiba and Kajiyama (1958) をもとに設計した<sup>[4]</sup>。表 1 に母音/a/のための円の径ならびに円の断面積を示す。

このアクリル板を 13~17 枚程度すき間なく並べることによって、くり抜かれた円形状の穴が音響管となる。この声道模型の声門側に何らかの音源信号を入力することによって、母音が生産されることになる。図 1 に声道模型の外形を示す。パルス列をこ

の模型に入力した際の出力信号に対するスペクトル(振幅スペクトルならびに線形予測によるスペクトル包絡)を図 2 に示す。

## 3. 教育現場で用いた例

実際に作成した声道模型を音響教育の現場で教材として用い、その後に感想を聞いた。対象者は音声学を勉強・研究している学生が中心であった。はじめに教科書を中心に単一音響管モデルから音源フィルタ理論、Perturbation 理論など母音生成の理解に重要な音響理論を説明した後、実際に声道模型を用いて母音生成<sup>[5]</sup>に関するデモンストレーションを行った。

まず、同じ音源信号を異なる形状を持つ声道模型に入力することで、数種類の母音を実現した。これにより、母音によって狭めの位置が異なる様子が視覚的に観察できると同時に、その違いを音として聞くことができた。また、音源フィルタ理論に対する理解が深まると同時に、音源とフィルタの独立性についても実感できた。

次に、アクリル板の枚数を組み替え音響管の断面積を部分的に変えてみた。これにより、Perturbation 理論で言われているような声道内の狭め位置によってフォルマント周波数が変化する様子を体験することができた。

生成させる母音によって音響管の断面積を自由に変えることができ、かつ唇から声門までの断面積の変化などが視覚的にとらえられる他、実際に生成された母音を聞くことができることから、この声道模型が母音生成の理解に効果的という意見が多かった。このように、声道模型を音響教育の現場で用いることは有効であると考えられる結果が得られた。

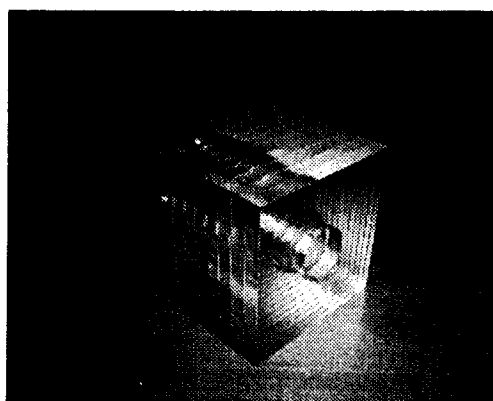


図 1. 母音/a/の声道模型外形

\* Prototype of vocal-tract models for education in acoustics of vowel production  
By Nobuyuki Usuki, Takayuki Arai and Yuji Murahara (Sophia Univ.)

#### 4. まとめ

本報告では母音生成モデルの理解を助けるため声道を実際の音響管で実現し、音響教育の立場から教材として用いてその有効性を考察した。その結果、音声学や音声処理などの勉強・研究している初学者にとって母音生成の理解を助けることが確認された。このことから、作成した声道模型が音響教育の教材として応用できる可能性が示唆されると同時に、音全般に関心を持っている人などにも母音生成の興味を持たせることができるものと期待できる。今後、この教材をより幅広く多くの人々に触れてもらい、音響教育の向上を目指したい。

#### 参考文献

- [1] 音響教育調査研究委員会, “大学における音響教育の現状,” 日本音響学会誌, Vol. 55, No. 3, pp. 211-218, 1999.
- [2] B. Gold and N. Morgan, *Speech and Audio Signal Processing*, John Wiley & Sons, pp.9-10, 2000.
- [3] 浜松科学館, <http://www.kagakukan.city.hamamatsu.shizuoka.jp/tenji/index.html>
- [4] T. Chiba and M. Kajiyama, *The Vowel: Its Nature and Structure*, Phonetic society of Japan, pp. 115-131, 1958.
- [5] 荒井隆行, 菅原 勉 監訳, 音声の音響分析, 海文堂出版, pp.15-34, 1997.

#### 5. 謝辞

デモンストレーションに対して有益なコメントや多大な協力をいただきました上智大学音声学研究室の方々、関係各位に感謝致します。

表 1. 母音/a/、/i/のための音響管の径ならびに断面積

唇からの 通しの番号	/a/		/i/	
	円の径 [mm]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	円の径 [mm]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]
(1)	32	804	24	452
(2)	26	531	14	154
(3)	30	707	6	28
(4)	34	908	8	50
(5)	38	1134	8	50
(6)	34	908	14	154
(7)	30	707	18	254
(8)	26	531	26	531
(9)	20	314	30	707
(10)	16	201	30	707
(11)	14	153	30	707
(12)	12	113	30	707
(13)	20	314	30	707
(14)	34	908	30	707

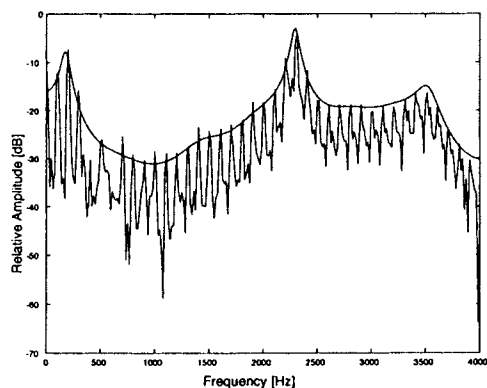
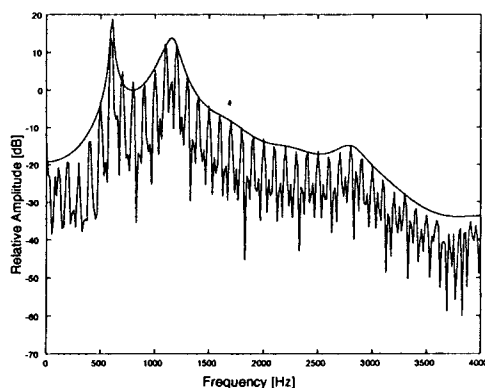


図 2. 声道模型による母音/a/ (左) と/i/ (右) のスペクトル