

◎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

近年の音響教育の教育現場では学生の理解を助けるためにさまざまな教材が開発され用いられてきている。最近では音響関連の科目は電気系のみならず、音声系、機械系、建築系、音楽系などの多岐の分野にわたって専門科目として取り上げられている[1]。私たちは、音響学の特に音声に関する部分に対して、さまざまなバックグラウンドを持つ学生がだれでも、より直観的にとらえられ、理解しやすい教材の開発と利用を目的の一つとして研究を進めている[2]・[3]。

私たちは以前、音声を専門的に学ぶ音声学専攻生や音声処理を学ぶ理工系の大学院生を中心に、開発した声道模型を音響教育の現場で使い、その事例について報告した[4]。これまでは教育の現場では、音声生成機構における音響学的な現象を捉えるのに、教科書などのように紙の上に書かれた説明が中心であった。最近になり、コンピュータでのシミュレーションなどを用いて講義される場合も増えてきたが、より多くの分野の学生に理解を促すには、より直観的な教材開発が望まれていることが現状である。

そこで、今回はこれまでに母音生成における音響教育現象の理解を深めるために私たちが提案してきた音響管声道模型を、音声に関する学習経験の少ない高校生に対してその基礎を教えるための授業を行い、教材として用いた事例について報告すると同時に、その有用性について考察する。

### 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、教育用の教材として、千葉・梶山[5]の声道断面積の形状の測定をもとに開発してきた[6]。プレート型と筒型のモデルがあり、プレート型のモデルでは、一片の長さが75mm四方の長方形、厚さ10mmのアクリル樹脂のプレートを数枚用意し、それぞれの中心に径の異なる円形の穴を開けた。プレートを声道の平均的な長さに近い14-16枚並べることによって、

プレート型のモデルとした。それぞれのプレートの中心の円形の穴は、口唇から声帯までの声道を近似している。学習者がプレートを自分で並べることによって声道においてその狭めの位置が母音の音質に大きく影響していることなど[7]、母音生成のメカニズムを知るうえで重要な点を理解できる教材である。筒型のモデルは、直径50mm、長さ160mmのアクリル樹脂の筒の内部を、千葉・梶山の測定に基づいて、くり貫いたものである。どちらのモデルも、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る。声帯振動の模擬には電気式人工喉頭などの音源を用いた。日本語母音/a/,/i/,/u/,/e/,/o/のほか、鼻腔をとまなう/a/の筒型模型もこれまでに開発している[8]。

### 3.教育現場で用いた例

今回はプレート型と筒型の日本語5母音の模型を音響教育の現場で教材として使用した。対象者は、高等学校の物理での一般的な音の分野に関する学習を終えたばかりの生徒34人で、高校3年、理系進学予定者のクラスであった。学習進度としては、音に関する気柱の共鳴実験やドップラー効果などの学習を終えていた。

はじめに、簡略化された人間の頭部断面図を紙で配布し、声道の部分がりぬかされている木製彫刻を示し、人間の音声器官についての説明から始めた。音源を彫刻の声道に入射し発声機構することによって、紙の上で議論する以上に音源フィルタ理論等が理解されたようであった。次に、単一音響管モデルを用いて説明を始め、さらに我々が開発してきたプレート型や筒型の声道模型を使って説明を行なった。その後、より理解を深めるために、生徒達をいくつかのグループにわけ、形状に関して数値を提示し、プレートを並べさせた。そこで、各班を回って、並べた模型に音源を入力させ発声させた。各班を回ることによって、率直な疑問にも答えることが出来た。また、きちんと発声したあと、狭めの位置の重要性をプレートを並べ替えることによって理解させた。最後に、簡単なアンケートを取り、その習熟度を調査した。

\* Education in acoustics using mechanical models of the human vocal tract in high school

By Eri Maeda, Takayuki Arai, Noriko Saika and Yuji Murahara (Sophia University)

#### 4. 考察

アンケートの結果、母音生成における声道形状の重要性について、それまではほとんど知らない学生が多かったが、教材を用いた実験によって、理解することができた、という反応を大多数の学生から得た。いくつかのタイプの声道模型を提示したが、興味を示したものとそれぞれの理由を調べたところ、自分達の手で並べることのできたプレート型が半数近くに興味が集中している様子がわかった。学習者参加型の実験での習熟度は高いことがいわれているが、そのことが改めて実証された。また、プレートを並べ替えることによって、音に変化がでることが直観的に捉えられた、という結果が得られ、声道における形状の重要性が認識された。

#### 5. おわりに

音声学を専門的に勉強している学生以外でも、我々が開発してきた声道模型は音響教育にとって有用な教材であることが示された。今後、これらの手軽に持ち運びの出来る、簡単に操作の出来る教材を小学校や中学校の授業においても活用し、音響教育の有効な教材としていきたい。また、新たな音源の開発や、鼻音化したモデルの開発、応用なども行なっていきたい。

#### 6. 謝辞

今回授業を行なうに際し、多大な協力をして頂きました玉川学園高等部の川端百平先生、小林慎一先生、生徒の方々、関係者各位に感謝いたします。

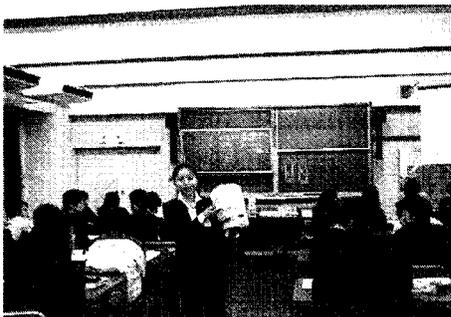


図1 教室での授業風景

#### 参考文献

- [1]音響調査研究委員会, “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]T. Arai, “The Replication of Chiba and Kajiyama’s Mechanical Models of the Human Vocal Cavity,” 音声研究, Vol.5, No.2, 2001
- [3]荒井隆行, “千葉・梶山による声道模型の復元とその教材としての応用,” 日本音声学会全国大会予稿集, 2002
- [4]薄木信幸, 荒井隆行, 村原雄二, “母音生成に対する音響教育を目的とした声道模型の作成,” 日本音響学会講演論文集, pp.399-400, 2001.3
- [5]T. Chiba and M. Kajiyama, *The Vowel: Its Nature and Structure*, Tokyo-Kaiseikan Pub. Co., Ltd., Tokyo, 1941
- [6]T. Arai, N. Usuki and Y. Murahara, “Prototype of a vocal-tract model for vowel production designed for education in speech science,” Proc. of Eurospeech, Vol.4, pp.2791-2794, 2001
- [7]薄木信幸, 吉田道子, H. A. Alwi, 荒井隆行, 村原雄二, “音声科学の教育における声道模型の有効性に関する検討—母音生成における Perturbation 理論について—,” 日本音響学会講演論文集, pp.403-404, 2001.10
- [8]N. Saika, E. Maeda, T. Arai and Y. Murahara, “Developing mechanical models of the human vocal tract for education in speech science,” Proc. Forum Acousticam, Sevilla, 2002



図2 グループごとの活動の様子