

○荒井隆行（上智大・理工）

### 1. はじめに

自動音声認識や音声合成、音声符号化に至るまで音声工学の分野は急速に発展を遂げている。技術が進めば進むほど、その基礎を形作る科学の側面もさらに重要になってきており、例えば音響音声学・音声科学といった分野もより深くカバーする必要が出てきている。一方、音声学の分野においても音響現象への理解は鍵であり、教科書だけの説明のみならず、実験を通じた体験的学習もますます重要になってきている。

このように、音響現象に対する解明や理解と共に今までの学問体系が発展してきたわけであるが、コンピュータの発展がまたそれを助けてきた。このコンピュータ時代において、音声学や音声科学の分野における音響教育に関しても様々な教授法が可能となってきたが、同時に効果的な方法を考える必要性も生まれてきたのも事実である。さらに、これからは必ずしも音声学や音声工学を志す者ばかりでなく、それ以外の学生（例えば言語聴覚士を目指す学生）にとっても音声・聴覚に関わる音響学を学ぶことは必須となってきており、様々な背景を持つ者をも対象とした音響教育が必要となっている。また、昨今の学生の基礎学力の低下などを考え合わせると、これからの音響教育は「より分かりやすいもの・より直感的なもの」が一層求められることになる。

そこで本稿では、音声科学の分野で「より直感に訴える音響教育」を行うための現状の課題を洗い出すと同時に、その改善のための提案を行う。特に、「分かりやすい教科書の充実」、「コンピュータの活用」、「教材としても物理模型」の3点について焦点を当てる。

### 2. 分かりやすい教科書の充実

よい専門書はその分野の学問を志す学生にとって欠かせないものであり、体系立てながら学問を習得するには絶対不可欠なものである。音声科学の分野において専門書は通常、理論的背景を重んじるために数式や細かい記述があることはいわば当然のことである。しかし、入門者や異分野の学生が最低限の知識を得るために読むには難解であることが少なくない。そのような状況に対応

して、いろいろな分野において、直感的で分かりやすい説明をするような教科書が必要である。

そのような現状の中、音声科学に関わる音響現象について分かりやすく書かれた教科書も少しずつ増えつつはある。しかし、その多くが洋書であるといった現状があるのもまた事実である。優れた洋書の翻訳書もいくつかは存在するが（例えば[1]~[3]）、より具体的な項目に対する詳細や関連する分野の多くをカバーするにはより多様な教科書が必要である。

異分野の学生などを対象としたような「直感的で分かりやすい教科書」とは、数式ばかりによる説明だけでなく現象を図や言葉で記述してあること、多くの「分かりやすい例え」が使われていること、同じことを複数回さまざまな角度から説明してあることなどであろう。このような教科書の普及は急務である。

### 3. コンピュータによる音響教育

コンピュータの発展とともに、教育の現場でもその応用が広がっている。コンピュータを使うことによって、紙の上での教材とは違って実際に音を録音したり聞いたり分析することなどが容易に実現できる、実際行うには難しい現象を仮想的にシミュレーションすることができる、学生が自分のペースでインタラクティブにアクセスすることができるなど、その利点は大きい。本学会[4]や国際会議の教育セッション（例えば Eurospeech [5]）などでもコンピュータによる教材に関する発表が増えており、様々な試みが行われている。音声科学教材の例では、スペクトログラムの作られ方や音源フィルタ理論の説明、F1-F2 平面上のポイントを移動させることによって様々な合成母音を聞くことが出来るツールなどが存在する[6]。

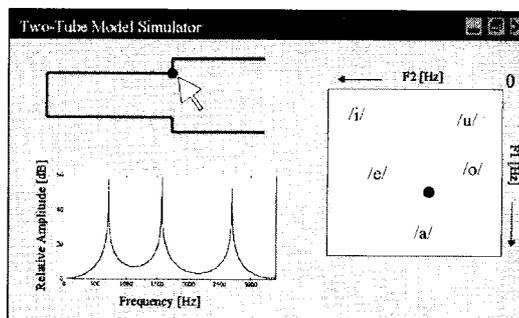


Fig. 1: Two-tube model simulator

\*Incorporating more intuitive acoustic education into speech science.

By Takayuki Arai (Sophia Univ., Tokyo, Japan)

ここでは新たなツールとして、2つの単一音響管を接続することによって産み出される音をシミュレートするものを提案する。このツールでは、2音響管の断面積比と長さの比をそれぞれユーザが自由に組み合わせることができ、そのスペクトル包絡や音をすぐに確認できる。音響管の形状といった視覚的なものから出力であるところの「音」までを感覚的に体験できるものである (Fig. 1 参照)。このようにコンピュータ教材の可能性は大きく、さらなる開発が期待される。

#### 4. 教材としての声道模型

音響学自身、実は直感に訴える部分が多くあり、決して入りにくい学問ではない。その理由は、現象を実際に音として確認できるところにある。そのような観点からすると、音声科学の分野における音響関連の教材はもっとあってもよいように思われる。確かに、音さの振動や共鳴現象など基本的な音響現象に対する教材はいくつか存在する。しかし、音声に関わる教材は決して多いとは言えない。

著者が以前から教室で簡便に使える物理模型として欲しかったのは、教材としての声道模型であった。人間の母音生成の機構を線形システムとして近似する音源フィルタ理論について、数式で入出力の関係を説明することもさることながら、実際に音を出しながら「フィルタを変えるとどのように音の聞こえが変わるか」、また「音源を変えるとどうか」などを実演し説明することの重要性を感じていた。声道模型は古くから存在はしていたものの、研究室環境での利用や博物館などその利用範囲は限られたものであった。しかし、もっと身近な教材として講義や実験等に普及されるべきであると考えていた。

そこで著者らはいくつかの試みを行ってきたが(詳細は[7]-[10])、Fig. 2はその1つの例でChiba and Kajiyama [11]に基づく声道の物理模型である。このような声道模型と例えば電気式人工喉頭を

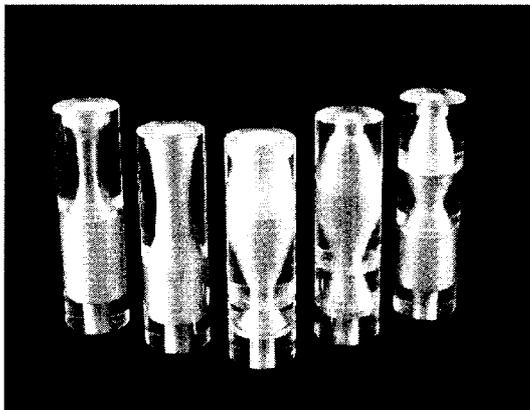


Fig. 2: Mechanical models of the human vocal-tract (from Arai, 2001 [8])

組み合わせることで、教育効果が格段に上がることを実証している[7]-[9]。その他、音響現象の視覚化技術も音声科学の分野に応用されるべきである (例えば、著者らの試みについては[12])。

#### 5. おわりに

以上のように、音声科学の分野において「より直感に訴える音響教育」を取り入れるための取り組みとして「教科書」、「コンピュータ教材」、「物理模型」の3つのテーマについて述べた。これからはそれぞれの充実を図るということと同時に、その3つが独立して存在するのではなく、お互いが有機的に融合した教育環境へと発展させていくべきだと考える。

#### 6. 謝辞

日頃から本テーマについて共に議論し、また考える機会を与えて下さっている方々、上智大学音声研の皆様、特に菅原勉先生、吉田道子さん、同大学言語障害研究センターの飯高京子先生、進藤美津子先生、同大学荒井研の薄木信幸君、昭和大学医学部形成外科の今富根子先生、NTTアドバンステクノロジーの佐藤大和さん、石井直樹さん他多くの方々に感謝致します。

#### References

- [1] 廣瀬肇訳, ことばの科学入門, メディカルリサーチセンター, 1984.
- [2] 荒井隆行・菅原勉監訳, 音声の音響分析, 海文堂, 1996.
- [3] 荒井隆行・菅原勉監訳, 音声・聴覚のための信号とシステム, 海文堂, 1998.
- [4] 音響教育デモンストレーション, 春季研究発表会, 日本音響学会, 2001.
- [5] [http://eurospeech2001.org/ese/Education\\_Areana/programme.html](http://eurospeech2001.org/ese/Education_Areana/programme.html)
- [6] Sensimetrics: Speech Production and Perception I.
- [7] 薄木信幸他, 音講論集, pp. 399-400, 2001.3.
- [8] T. Arai, "The replication of Chiba and Kajiyama's mechanical models of the human vocal cavity," J. Phonetic Soc., Vol. 5, No. 2, pp. 31-38, 2001.
- [9] T. Arai et al., "Prototype of a vocal-tract model for vowel production designed for education in speech science," Proc. of Eurospeech, Vol. 4, pp. 2791-2794, 2001.
- [10] 薄木信幸他, 音講論集, pp. 403-404, 2001.10.
- [11] T. Chiba and M. Kajiyama, The Vowel: Its Nature and Structure, Tokyo-Kaiseikan Pub. Co., Ltd., Tokyo, 1941.
- [12] 吉田道子他, 音講論集, 2002.3.