

視聴覚情報を活用しながら音響音声学を学ぶ*

○荒井隆行（上智大・理工）

1 はじめに

もともと音響音声学は音声学の一分野であるが、音声学自体を系統立てて学習する機会がある人は必ずしも多いとは言えないであろう。しかし、実は私たちの生活シーン、教育や臨床現場、研究・開発プロセスを含む応用に至るまで、音声学に触れたり活用したりすることよりその恩恵を被る機会が意外に多いのも事実である。例えば、音声工学の分野においても音声学的な知識を導入することで機械認識や機械合成の性能を向上することが可能であるし、音声に関わる法科学分野では、音声学的な知見を取り入れることによって、犯人特定の手がかりを得られる可能性も大いにある（例えば、方言に伴う話者特有の手掛かりを得るなど）。言語教育分野においては発音の向上に役に立つ他、言語障害者にとっては構音訓練などのリハビリテーションにおける基礎になる。音楽では、歌を歌う上で音声学が重要となる。このように、音声学は言語学を学ぶ学生だけがが必要な知識というわけでは必ずしもない。

前述の例はまた同時に、必ずしも大人に限った話ではない。子どもや中高生においても、早くから音声学に関わる話を聞いていることが、後にポジティブな影響をもたらす可能性を秘めている。小学校では、音楽の時間に歌を習い、英語の時間に発音を習う。理科の時間で音の話聞く機会が減っているとしても、例えば楽器に触れることによって音の共鳴現象に慣れ親しんでいることも多く、気柱の共鳴現象と比較しながら声道における共鳴現象を考えることはまったく的外れな話ではない。そのような機会を学校や自宅、あるいは科学館・博物館や科学教室などを通して持つことによって、自分が発する母語の誤った発音への意識、外国語の発音の習得、ことばへの興味

や言語障害への理解、物理や音響学、音楽への興味、情報処理分野への興味など、様々なことにつながってくるとも考えられる。私たちの生活において、日常的に音声によるコミュニケーションが展開され、「音声」がそもそもごく身近な存在であって、音声について考えることがとても自然な行為であるということがその背景にあるのではないであろうか。

そのように考えたとき、音声学、とりわけ音響音声学に関する教材・教具が（音声が生身近な存在である割には）それほど多く存在しないことが不思議である。著者がそのことを意識し始めて以来、世の中に存在する音響音声学に関係する教育支援のためのツールや展示、教材・教具などを調べている。しかし、それらが思った以上に少ないという印象を持っている。存在するもののすべてを網羅しているわけではないが、以下に調査した一部を紹介する（著者が関わったものを除く）：

- ・ 18 世紀に von Kempelen が製作した声道模型に関する展示が博物館等にある[1].
- ・ 1941 年に千葉・梶山[2]が出版した *The Vowel* の中に声道模型の記述があり、それを参考に California 大学 Berkeley 校の Prof. Ohala が監修した声道模型がアメリカ San Francisco にある科学館 Exploratorium に存在する[3].（日本ではそれをさらに真似た展示がいくつかの科学館・博物館にある.）
- ・ 1940 年代後半からアメリカ Haskins 研究所で開発されたパターン・プレイバック [4]が、当研究所に保管されている。この装置を使うことで、動くベルトの上に乗せられたサウンドスペクトログラム（音を周波数解析して時間・周波数平面上に濃淡表示したもの）から音声が生合成される。
- ・ アメリカ音響学会から、音声の生成と知

* Learning acoustic phonetics by utilizing audio and visual information, by ARAI, Takayuki (Sophia University).

覚に関するビデオ教材が販売されている[5].

- アメリカ Sensimetrics 社から、音声に関するソフトウェアが複数販売されている[6]. 例えば, Seeing and Hearing Speech は聴覚障害者のための lipreading を交えた読話訓練用のソフトウェア. 以前は, Speech Production and Perception という音声生成と音声知覚に関する学習用ソフトウェアも販売していた.
- 世界にある科学館・博物館の中には、音声や聴覚、音に関する展示を積極的に集めているところもある (例えば, [7]).
- その他, 全世界の研究室にて少しずつ音声学に関する web ページが増えつつある.

以上のように、音声学、特に音響音声学を学ぶための環境が全くないわけではない。しかし、その場に行かないと見ることができない、いつも見られるとは限らない、以前は利用可能であったがメンテナンスされていないために今は利用することができない、一般向けではない、複数の項目が系統立てられて揃っているわけではないなど、少なからず何らかの問題を抱えている。

そのような状況を少しでも改善するため、著者は「Acoustic-Phonetics Demonstrations (音響音声学デモンストレーション, 以下 APD)」という web ページをスタートさせ、継続的にコンテンツの充実を図っている [8-10] (<http://splab.net/APD/>)。そこで、本稿ではその取り組みを改めて紹介すると同時に、その活用方法についても考える。

2 APDのコンテンツ一覧

本節では、APD のコンテンツの一覧を紹介する。2014 年 3 月の段階で公開されているコンテンツの一覧を以下に示す。なお、コンテンツのほとんどが英語と日本語の両言語で揃えられているが、ここでは日本語版を中心に紹介する。

【音響学の基礎】(Basic Acoustics)

- A100 : 音の伝搬
- A200 : 音圧
- A300 : 単振動

- A400 : 波長
- A500 : 定常波
- A600 : 一様音響管における共鳴
— その 1 —
- A610 : 一様音響管における共鳴
— その 2 —
- A700 : ヘルムホルツ共鳴

【デジタル信号処理】

(Digital Signal Processing)

- D800 : Digital Pattern Playback on the Web

【解剖学・生理学】

(Anatomy and Physiology)

- F100 : 肺の機能 1
— 通常の呼吸運動 —
- F110 : 肺の機能 2
— 発声時の呼吸運動 —
- F120 : 肺のモデル
- F200 : 音声器官
- F800 : 聴覚器官

【音響音声学入門】

(Introduction to Acoustic Phonetics)

- G100 : 発声
- G200 : 声道形状 — その 1 —
- G210 : 声道形状 — その 2 —
- G300 : 3 音響管モデル
- G400 : パーテーション理論
- G500 : 音源フィルタ理論

【母音】(Vowels)

- I100 : 母音の F1-F2 図

【閉鎖音】(Stops)

- K300 : F2 開始周波数と調音位置
- K320 : /de/-/ge/ の連続体
- K400 : 有声開始時間

【摩擦音】(Fricatives)

- L200 : 歯擦音 (/sa/ vs. /sha/)

【破擦音】(Affricates)

- M300 : 破擦音 / 摩擦音の連続体

【鼻音】(Nasals)

- N100 : 鼻音の音響学

【接近音】(Approximants)

- ・O100：接近音の音響学
- ・O200：閉鎖音から接近音,そして母音へ
—その1 (/w/の場合)—
- ・O210：閉鎖音から接近音,そして母音へ
—その2 (/j/の場合)—
- ・O300：/ra/—/la/の連続体
- ・O310：英語母語話者と日本語母語話者
による英語 /r/ と /l/ の知覚

以上のコンテンツは日々更新され,項目も随時追加されている. 最新のものについては, 直接, web ページを参照されたい.

3 APDのコンテンツ例

本節では, APD のコンテンツの例として, そのいくつかを特徴別に紹介する. なお本節で出てくる番号は, 2 節で付与されているインデックス番号を指す.

3.1 声道模型を中心とするコンテンツ群

前述の通り, 声道模型を用いた「声のしくみ」を説明する展示などは一部に存在はしていたものの, 誰もが気軽に見ることができるわけではなかった. そこで著者は1999年ごろから教室などでも気軽に使えるような声道模型の開発を続けている[例えば, 11-13]. その動画を解説を添えて整えたのが, G 番台のコンテンツ群である(その他, F120なども). 一例を Fig. 1(a)に示す.

3.2 動画や音声を核とするコンテンツ群

振動や波動の様子, あるいは音響現象などについては, 動画と共に説明されるとわかりやすいことも多い. そこで, 動画をふんだんに取り入れているのが, 例えば A 番台のコンテンツ群である (Fig. 1(b)はその一例).

また, 教科書には記述や図のみが掲載されているものの, 実際の「音」がないためにイメージしにくい内容も少なくない. そのような場合, 音声によるデモンストレーションが有効なケースも多いことから, 音声ファイルを整備したコンテンツ群もある. 例えば K, L, M, O の番号が振られているものに, そのようなケースが多い.



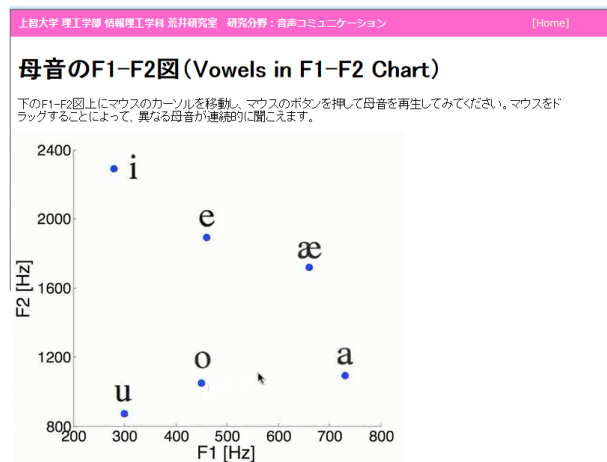
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 1: APD におけるコンテンツの例

3.3 コンピュータグラフィックスの応用例 解剖学的な説明をする際など, コンピュ

ータグラフィックス (CG)を利用することが適しているケースもある。それをうまく活用したのが F100 や F110 にある肺のアニメーションである (Fig. 1(c)はその一例)。実写するのが難しい対象物に対して、必要な情報を CG で上手に表現することによって、見る人に効果的に示すことができる。

3.4 インタラクティブなコンテンツ

コンピュータを利用していることのメリットを最大限活用した例として、ユーザがインタラクティブに学べるコンテンツもある。例えば、D800 や I100 がそれにあたる。D800 の場合、ユーザが事前に用意したスペクトログラムがあれば、それをサーバにアップロードすることによって、それを音声として確認できる。これは前述のパターン・プレイバックのデジタル版であり、デジタル・パターン・プレイバックと呼んでいる[14,15]。一方、I100 は横軸が第1フォルマント、縦軸が第2フォルマントに対応する母音図上で、ユーザが好きな点での母音を音として確認できるようなコンテンツとなっている。マウスでドラッグすることによって、疑似連続的に母音を変化させながら音を確認することが可能となっている (Fig. 1(d)参照)。

4 APDの活用例

本節では、APD を活用することによって、発音の向上を目指す例を示す。例えば日本語母語話者にとって不得意な英語の発音として、/r/と/l/が存在することはよく知られている。しかし、これらの音がどのように作られるかについて分かりやすく説明した例は多いとは言いがたい。そこで、APD ではその説明に視聴覚情報を活用したコンテンツを提供している。そり舌接近音の場合、舌はその前半部が口蓋に向かって反り返る。しかし口蓋との接触はない。一方、側面接近音の場合、舌は歯茎に接触すると同時に、呼気は舌の側方を通過できる。そのような調音動作が行われるとき、舌の位置をどこにしたらいいか、あるいはどのくらいのスピードで舌を動かしたらいいかなど、実際に視聴覚情報に訴える説明があると理解が

促進されることが期待できる。これにより、なかなか見ることができない口腔内を想像しながら説明を読んだり聞いたりするよりも、発音の訓練がしやすくなる。

5 おわりに

本稿では、視聴覚情報を取り入れた音響音声学分野を中心とするデモンストレーションを集めたコンテンツである APD を改めて紹介した。その際、各項目をタイプ別に眺めると共に、その活用例についても触れた。この APD のコンテンツはこれで完結しているわけでは決してなく、まだまだ不足している項目が多々ある。今後は、より多くの方々に役立てていただけるようさらなるコンテンツの充実を図りたい。また、活用することで教育効果が上がることをより客観的な形で示していきたい。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、今まで関わってくださった多くの方々に感謝申し上げます。特に、上智大学荒井研究室の各メンバーには厚く御礼申し上げます。内容の一部は日本学術振興会の科学研究費(24501063)の助成を得た。

参考文献

- [1] <http://www.deutsches-museum.de/>
- [2] Chiba and Kajiyama, *The Vowel*, Tokyo-Kaiseikan, 1941.
- [3] http://www.exploratorium.edu/exhibits/vocal_vowels/
- [4] <http://www.haskins.yale.edu/featured/patplay.html>
- [5] <http://acousticalsociety.org/>
- [6] <http://www.sens.com/>
- [7] <http://www.cite-sciences.fr/>
- [8] 荒井・網野, 音講論, 1479-1482, Mar. 2010.
- [9] 荒井, 日本音響学会音響教育研究会資料, Vol. 6, No. 1, EDU2011-07, 33-38, Jan. 2011.
- [10] Arai, *POMA*, 19, 025017, 2013
- [11] Arai, *Acoust. Sci. Tech.*, 28(3), 190-201, 2007.
- [12] Arai, *J. Acoust. Soc. Am.*, 131(3), 2444-2454, 2012.
- [13] 荒井, 日本音響学会誌, 70(5), 2014.
- [14] 荒井他, 音講論, 429-430, Sep. 2005.
- [15] Arai et al., *Acoust. Sci. Tech.*, 27(6), 393-395, 2006.