

小中学生のための音響教材と音響教材コンテスト開催案*

西村 明 (東京情報大)、荒井 隆行 (上智大)、佐藤 史明 (千葉工大)、横山 栄 (小林理研)

1 はじめに

本稿は、音響学の普及のため、学習指導要領の内容と関連する音響教材および小中学生でも製作や実験の可能な既存の音響教材を紹介・考察する。また、音響工作・教材についてのより良いアイデアを創出するための、コンテスト開催案について述べる。

我々音響学に関わる研究者や教育者は、いつから個人的に音の科学的側面に興味をもってきたのであろうか？音楽への興味や関心が、音響学への興味に変わったことは、著者も含めて多いと思われる。一方、小中学校教科の理科で教わったこと、あるいは音の教材や実験が、高校やそれ以上の教育における物理教科、さらには音響学への興味に繋がることもある。研究者や教育者の育成だけでなく、音響学的重要性や認知度を社会において高めるには、義務教育での音響学に関わる内容を検討する必要がある。

文部科学省では、学校教育法等に基づき、各学校で教育課程(カリキュラム)を編成する際の基準を定めている。これを「学習指導要領」とよび、小学校、中学校、高等学校等ごとに、それぞれの教科等の目標や大まかな教育内容を定めている。中学校家庭科の学習指導要領と教科書における音に関する記述の変遷については、豊増らが解説している [1]。よって、本稿では理科に限って、義務教育の学習指導要領でとりあげられる音に関する内容と、それを効果的に体験実施できる教材として、どのようなものがあるかを紹介し、考察する。

学習指導要領に記述された学習内容を、観察、実験によって効果的に体験学習できる教材は、経費の制限があるとはいえ、全国の小中学校で導入できる可能性もあり、特に重要である。一方、大学や博物館で研究者が指導者となって小中学生を対象に行う科学教室 [2, 3]、あるいは近年増えてきた理科・科学教室(塾)(例えば [4])においては、学習指導要領に縛られない独創的な教材・実験が、子供たちの科学的興味をより高めるともいえる。

従来は、このような教材に興味のある研究者・教育者が、その実施やアイデアの成果を公にしてきた [5, 2]。加えて、音響学の教育は多くの研究者が多かれ少なかれ取り組んでいることであり、より多くの教材アイデアを創出できる可能性が秘められている。そこで、そういった教材やその工作に関するアイデアを広く発掘すべく、音響教育委員会が主催する予定の音響教材コンテストについて、本稿の後半ではその概要を示す。

2 学習指導要領

2.1 小学校理科

現行平成 21 年度小学校学習指導要領は、平成 21 年度より一部実施され、平成 23 年度には完全実施された。次期学習指導要領は平成 30 年度より一部実施され、その 2 年後には完全施行となる。次期の理科の目標は、以下のように定められており、現行と比較すると、より観察と実験、そして問題解決を強調した記述になっている。

自然に親しみ、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 自然の事物・現象についての理解を図り、観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
- (2) 観察、実験などを行い、問題解決の力を養う。
- (3) 自然を愛する心情や主体的に問題解決しようとする態度を養う。

次期学習指導要領では、音に関連する内容は、第 3 学年の大項目「物質・エネルギー」内の「光と音の性質」にとりあげられている。簡便のため光についての記述を省くと、概ね以下ようになる。

音を出したときの震え方に着目して、音の大きさを変えたときの違いを比較しながら調べる活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

1. 物から音が出たり伝わったりするとき、物は震えていること。
2. 音の大きさが変わるとき物の震え方が変わることを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

音を出したときの震え方の様子について追究する中で、差異点や共通点を基に、音の性質についての問題を見だし、表現すること。

* A plan of teaching material contest for acoustics and teaching materials on acoustics for school children and junior high school students, Akira Nishimura (Tokyo Univ. of Info. Sci.), Takayuki Arai (Sophia Univ.), Fumiaki Satoh (Chiba Inst. Tech.), Sakae Yokoyama (Kobayashi Inst. Phys. Res.)

これらに相当する内容は、平成元年度学習指導要領3学年には含まれていたが、平成10年度および平成21年度には含まれておらず、20年ぶりに、やや内容を充実させて復活した。その復活の理由として、後述する中学1年で習う「光と音」の内容への接続が悪く、教員が教えるのに苦労するとの声があがっていたことが原因かもしれない[6]。

さらに、第6学年では、「物質・エネルギー」という大項目内の「電気の利用」という項目で、次のような内容が示されている。

電気は、光、音、熱、運動などに変換することができることを理解するとともに、観察、実験などに関する技能を身に付けること。

この内容は、平成元年および10年には含まれていなかったが、現行と次期には含まれている。

このように次期小学校学習指導要領は、ここ30年間で最も充実する音に関する内容を、とりあげていることが分かる。さらに、教科の目的に掲げられた、実験、観察が重視される姿勢を考えると、音を学ぶ実験教材の意義と役割は、近年になく高まっているといえる。

2.2 中学校理科の学習指導要領

次期中学校学習指導要領は平成30年度より一部施行、平成33年度より完全実施となる。その目標は、小学校と同様に現行のものより詳細に記述されている。特に、見通しをもった観察、実験を通して、自然の事物・現象を科学的に理解・探求することが強調されている。平成23年より完全実施されている現行学習指導要領と、次期学習指導要領では、大項目「身近な物理現象」に含まれる「光と音」の項目において、音を扱う内容は同じであり、以下にまとめられる。

音についての実験を行い、音はものが振動することによって生じ空気中などを伝わること及び音の高さや大きさは発音体の振動の仕方に関係することを見いだして理解すること。その際、音の伝わる速さについて、空気中を伝わるおよその速さにも触れること。身近な物理現象について、問題を見いだし見通しをもって観察、実験などを行い、音の性質の規則性や関係性を見いだして表現すること。

3 小中学生向けの音響教材

本節では、これまで小中学生向けとしてどのような音に関する教材や工作が提案されてきたかを示す。なお、高等学校物理に関しては、物理教員グループが取り組んだ多彩な教材が示されている[7, 8, 9]。高校物理を前提にしているため、小中学生にはやや難しいものもあるが、音に関する実験として興味深いものも多数とりあげられている[10, 11]。

3.1 既存の教材

学習指導要領に従った工作・実験器具を多く提供していたのは、学習研究社(現学研ホールディングス)が2009年度まで毎月発行していた「1~6年の科学」の付録であろう。現在、1965~1995年度および2009年度の全てではないが、代表的な付録を閲覧できるサイト[12]が公開されている。そのうち音に関する教材を以下に示した。これらを現時点で入手することはできない。

1. 1971年度5年生「音の実験ハーブ」8本の弦を自分で調律可能
2. 1977年度5年生「実験レコードプレーヤー」EPレコードを手回して再生
3. 1982年度2年生「音の実験トランペット」声を膜の振動に変える、糸電話にもなる
4. 1983年度5年生「音の実験ICピアノ」IC発信器に繋いだ振動子をいろいろな物に当てて、音の大きさが変わることを体験
5. 1985年度5年生「チャガマン吹奏バンド」ホイッスルに繋ぐ円筒の長さを連続的に変えて、音高を変える仕組み
6. 1995年度5年生「驚異のペーパースピーカー」薄膜スピーカ、リボン構造なのか?

残念ながら1996~2008年度の付録の資料は、公開されていない。上記6番目のペーパースピーカは、前述した3年次に音の内容を含む平成元年学習指導要領実施期間であり、6学年の電磁石を理解する内容にも相当するはずだが、付録の冊子の学年が異なっている。このため、学習指導要領に厳密に従った教材を提供してはいなかったと考えられる。

ベネッセホールディングスが発行する進研ゼミ小学講座には、3年生の付録として、円盤にピンを自由に差すことができ、円盤を手回して回転させると、そのピンが櫛歯をはじいて音楽を奏することができるオルゴールの教材がある。現行学習指導要領には、これに相当する内容は無いが、次期学習指導要領では3年次に相当する内容である。ただし、振動の大きさと音の大きさと対応関係を学ぶには、櫛歯に共鳴板や箱をつけるなどの工夫が必要であろう。

小学校から高校までの理科教材を製作・販売している株式会社ナリカ[13]は、音に関する教材もいくつか販売している。

1. 理科タブレット: 音の発振や波形の表示ができる
2. 共鳴音叉対: 振動が空気を介して伝わることを知るだけでなく、一方の音叉に重りをつけて振動数を変えて、うなりの体験もできる
3. モノコード: 弦長目盛や弦振幅幅目盛、ペグ、スライド式フレットがついている

4. 音速測定容器と超音波距離センサ: 水槽状の容器内で音速測定
5. メロディーパイプ: 振り回して開管の基本音や倍音を体験
6. 低周波発信器: アンブ・スピーカつきで LED に接続して点滅もできる

価格は比較的高価に感じるが、手作りで安価に同様な実験器具を製作したり、より発展させた器具を創ることも可能であろう。

3.2 書籍等で示されている教材

身の回りの器具を使っての手作りを前提とした教材は、市販の書籍 [5, 14] にも示されている。ここまでに示してきた教材に相当する自作教材もあるが、以下により独特な教材を紹介する。

1. 骨伝導スピーカ: 割り箸に模型用直流モータの軸を挿し、ヘッドホン端子をモータに接続する。割り箸を持つ、囁んだりすると音が感じられる。
2. クラドニ図形: ボールなどの容器の口にビニールなどの薄膜を張り、食卓塩を撒いておく。大きな声や音に応じて模様が生じる。
3. 紙コップサイレン: 紙コップ側面に周状等間隔に穴を空けておく。紙コップを回転させて、横から穴に息を吹き当てるとピッチが感じられる。
4. 音速測定: 長いパイプを使って遅れを測定、あるいは数 10 メートル離れた壁から反射音のタイミングに合わせて拍手を叩き遅れを測定

少年写真新聞社は「理科教育ニュース」という小冊子を、月 3 回発行しており、音に関わる自作教材が紹介されることがある。2012 年 2 月には、乳酸飲料容器の口を部分的に閉じて生じるヘルムホルツ共鳴による空気の流れを推進力として回転する「音反動車」の製作が示されている。共鳴は高校物理基礎および物理で扱う内容であるが、小中学校理科においても、音の性質として、空気の振動がエネルギーを持つということを示す分かりやすい教材であろう。

3.3 米国音響学会

米国音響学会は、騒音計、周波数の異なる音叉セット、糸つきピンポン玉 (振動させた音叉に触れさせて弾かれる様子を観察する)、ストロー (笛をつくる)、各種説明シートなどを含んだ、Activity Kit という音響教材セットを、希望する小学校向けに無料で配布している [15]。既に 500 ほどのキットが配布されたが、その配布を受けた小学校の教員にアンケート調査を行った結果として、教育効果の高い教材などが示されている [16]。

3.4 教材と教育内容についての考察

小学校 6 学年では、電気を音に変換することができることを示す実験器具として、圧電素子を使ったブザーやサウナダが使われることがある。しかし、このような教材は内部構造 (発振回路により生成された交流電流が与えられる圧電素子) がブラックボックスとなっており、小学校 3 学年で学んだ「物が震えることによって音が出たり伝わったりすること」との関連を示しにくい。交流電気を学んでいない小学校理科においては、単に電気を音に変換できる、ということではなく、電気は振動 (運動) に変換することができ、それが音として聞こえることを示すほうが適切ではないか。よって、「電気は、光、熱、運動に変換することができ、その運動の結果、音にも変換できること。」を示すような工作・実験器具は、学習指導要領に添ったもののひとつとなりうるだろう。

中学校理科では、音の高さと振動の関係を学ぶ。その教材としてモノコードは、弦長と振動の周波数との逆数の関係が分かりやすい。気柱振動を用いる場合は、長さを変えたパイプや水を入れて長さを変えた試験管の口に息を吹きかける等で得られる音を観察することで、長さや周波数のおよその逆数の関係を知ることができる。いずれも、既存の教材キットや自作教材としてよくとりあげられる。これらと外見的に似たものとして、グラスハーブもよく紹介される。この場合はワイングラスに入れる水が少ないほど (見た目の気柱の長さが長いほど) 高い音が生じる。グラスハーブは気柱振動ではなく、グラス壁面の振動が音になるためである。水の量と周波数の関係については、水が多いほど速く振動しにくい、という定性的な説明はできるものの、学習指導要領で求められる「見通しをもった観察・実験」という観点では、物理量と周波数の関係の本質的な説明は難しい。

4 音響教材コンテスト

本節では、平成 30 年音響学会春季研究発表会のスペシャルセッション (SS) として実施する予定の、音響教材コンテストについて、現状での実施案とその後の展開を説明する。

4.1 趣旨と概要

音に関わる工作・教材 (音響プログラミングおよびそのソフトウェアを含む) について、そのアイデア、作品などを広く音響学会員から募集する。SS は、それらを説明する原稿を投稿し、展示するデモセッションで構成される。投稿時にはアイデアを示すだけでもよいが、セッションではなるべく実物 (パソコン画面や実演映像でも可) を展示するように努めることとする。工作・教材の主な対象は小中学生とするが、対象生徒を明示すればそれ以上も可とする。会場では、音響教育委員会委員が予稿原稿および展示を元に審査し、各賞を選定する。委員自身が関わる案件に対しては、評価しない。

4.2 審査基準

教育性、有効性、独創性の審査基準について、それぞれ2つの評価項目を設け、6項目をそれぞれを独立して評価・採点する。

- 教育性
 - － 音の現象や科学を学びやすい工作・教材になっているか
 - － 学習指導要領や対象生徒の学びとの関連性の強さ
- 有効性
 - － 対象学年の生徒が工作しやすい・扱いやすい教材になっているか
 - － 所要経費は適切か（生徒の製作を想定する場合は数百円、教師等が製作・演示することを想定する場合は数千円以下が最も適切）
- 独創性
 - － 過去の類似アイデアとの関連が示されているか
 - － 新しいアイデアが示されているか

3つの審査基準それぞれで平均得点が高かったものを、教育優秀賞、有効性優秀賞、独創優秀賞とし、総合平均得点が高かったものを総合優秀賞とする。同点の場合は委員の多数決によって決定する。よって例えば、対象生徒には製作・扱いがやや困難かと思われるようなものも、独創性では高く評価される可能性がある。あるいは経費が現実的でないものも、教育性や独創性では高く評価される可能性がある。特に経費については、大量生産や別のアイデア・工夫を取り入れることで、今後経費を下げることも可能な場合があるので、あまり厳しく評価しないこととする。

SSに投稿される原稿には、上記の審査基準に沿った説明を加えることが強く推奨される。例えば、既に学会口頭発表した教材も、上記の審査基準に従った説明を充実させることで、新規性を主張し投稿することができよう。また、既に論文発表した教材についても、教育効果の新たな測定結果等 [17] を加えることで、さらなる有効性を主張することができよう。

4.3 コンテスト後の展開

工作可能性（有効性）が高いアイデア・作品に関しては、発案者と協議のうえ、将来的に音響教育委員会から教材制作会社の紹介、あるいはキット作成・頒布を補助あるいは代行する。また、将来的に音響教育委員会が主体となって計画している音響教育・工作・教材に関する書籍に、優秀なアイデア・作品を掲載する。さらに、音響教育委員会が参画している、国立博物館で毎年行われているサイエンススクエアや音の科学教室でも、題材として採り上げることを検討する。

これらを通して、より良い効果的な音響工作・教材の普及を計ることも、本コンテストの目的となる。

5 おわりに

小中学校の理科学習指導要領における音に関する内容と関連する音響教材、および小中学生でも製作や実験の可能な既存の音響教材を、紹介・考察した。また、音響工作・教材についてのより良いアイデアを発掘するための、コンテスト開催案を紹介した。これらを通して音響学の教育や教材に関心を持っていただくことに加えて、音響学の教育の普及に、音響教育委員会として取り組んでいきたいと考えている。

謝辞

コンテスト実施案にアドバイスを下さった河原一彦博士に謝辞を表します。

参考文献

- [1] 豊増美喜, 鈴木佐代, 平野京, “中学校家庭科の学習指導要領及び教科書における音に関する記述の変遷,” 日本音響学会誌, **70**, 292–295 (2014).
- [2] 荒井隆行, “音に関する子ども向け科学教室の実例,” 音響教育研究会資料, EDU-2007-4, 19–24 (2007).
- [3] 網野加苗, 荒井隆行, 佐藤史明, 中村健太郎, 西村明, 横山栄, “国立科学博物館「夏休みサイエンススクエア」への出展,” 日本音響学会誌, **70**, 296–298 (2014).
- [4] 株式会社サイエンス倶楽部, “サイエンス倶楽部,” <https://www.science-club.co.jp/>, (参照 2017.7.9).
- [5] 吉澤純夫, 音のなんでも実験室 —遊んでわかる音のしくみ(講談社, 東京, 2006).
- [6] 瀧上豊, “音をテーマにした科学教室の実践,” 関東学園大学紀要, **24**, 18–23 (2016).
- [7] 愛知物理サークル, 岐阜物理サークル, いきいき物理わくわく実験1改訂版(日本評論社, 東京, 2002).
- [8] 愛知物理サークル, 三重物理サークル, 岐阜物理サークル, いきいき物理わくわく実験2改訂版(日本評論社, 東京, 2002).
- [9] 愛知物理サークル, 三重物理サークル, いきいき物理わくわく実験3(日本評論社, 東京, 2011).
- [10] N. Sugimoto, Y. Iida, H. Kawada, T. Toda, Y. Yamaoka, H. Hayashi, H. Yamamoto, and Y. Shimizu, “Lively physics and exciting experiments,” Vol. 3, 2325–2528, (2004).
- [11] Takayuki Arai, Fumiaki Satoh, Akira Nishimura, Kanako Ueno, and Koichi Yoshihisa, “Demonstrations for education in acoustics in Japan,” *Acoustical Science and Technology*, **27**, No. 6, 344–348 (2006).
- [12] 学研ホールディングス, “科学のふろくギャラリー,” <http://www.gakken.co.jp/campaign/70th/furoku/>, (参照 2017.7.9).
- [13] 株式会社ナリカ, “教員のための理科総合サイト,” <http://www.rika.com>, (参照 2017.7.17).
- [14] 大山光晴, 岸田泰則, ジュニア学研の図鑑 科学の実験(学習研究社, 東京, 2009).
- [15] Acoustical Society of America, “Teacher Activity Kit,” <http://exploresound.org/teacher-activity-kit/>, (参照 2017.7.13).
- [16] Michelle C. Vigeant and Andrew C. Morrison, “Assessment of the Acoustical Society of America educational activity kit: Survey results from K-12 teachers,” in *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 140, p. 3197, (2016).
- [17] 清水康敬, “教育工学との類似性からみた音響教育研究,” 日本音響学会誌, **70**, 303–308 (2014).