

平成21年 5月28日現在

研究種目： 基盤研究 (C)
 研究期間： 2007～2008
 課題番号： 19530808
 研究課題名 (和文) 中学校における理科と音楽を融合した新しいカリキュラム開発の研究
 研究課題名 (英文) Developments of a New Course of the Physics Study with the Music Study in the Junior High School.
 研究代表者
 沖花 彰 (OKIHANA AKIRA)
 京都教育大学・教育学部・教授
 研究者番号： 80115972

研究成果の概要：音楽を通して音や振動に関する中学校向けの理科学習教材や授業カリキュラムを開発した。鍵盤ハーモニカや木琴といった中学校において身近な楽器のしくみを探る実践授業を複数回行い、この授業が理科学習にとって理解度、興味度ともに向上させることがわかった。作成した教材、カリキュラムをもとにHPを作成し、インターネットを通じて学校現場へ発信した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,400,000	420,000	1,820,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：教育学・教科教育学

キーワード：楽器のしくみ

1. 研究開始当初の背景

最近の小中学生を対象にした全国調査によると、生徒にとって理科は主要教科の中で「もっとも好きな教科」である一方で、「自分のふだんの生活や社会に出てもっとも役に立たない教科」であると思われている。学校での学習が身の回りのことから身近なことから離れているためこのような印象になっていると思われる。「理科離れ」の原因の一つもここにあると考えられる。我々は生徒にとって理科が身近で役に立つ教科と感ぜられるような身の回りのことから身近なことから結びつけた理科学習カリキュラムを研究してきた。特に理科が日常的なことから中でも、有用な教科であることを実感させるため、他教科（特に主要

教科以外)の学習と結びつけた学習カリキュラムの開発に取り組んできた。これまでに体育と理科を結びつけ、中学校理科第1分野「力と運動」の分野の学習を自分の短距離走をビデオ分析することから学習する授業を開発し、実践している。この学習を行った生徒の反応はきわめてよく、理科を親しみのある教科として捉えさせることに効果があった。

本研究では音楽を通して、音や振動に関する中学校向けの理科学習教材や授業カリキュラムを開発する。音の分野は身の回りの現象の一つとして中学校で真っ先に学習するが生徒の理解は必ずしも十分ではない。上記調査によれば音学習の中で音の大小と振幅の関係の理解に比べて音の高低と

振動数の関係の理解が弱い。音の高低は音楽の基本であるがそれが理科の振動数という概念と結びついていない。

これまで楽器や身の回りの音を取り入れた理科教材は数多く見受けられるが学校での音楽学習に密接に関連つけた理科教材や学習カリキュラムはあまり多くない。これまでの音教材の多くは理科の教師が、音が鳴ると言う観点だけで開発されたものである。

その一方で、中学校で学ぶ音楽学習には理科学的な要素が多く含まれている。音楽の基本である音階は振動数で考えれば規則正しい法則になること、民族楽器も含めたさまざまな楽器が鳴る理屈、さまざまな音色と倍振動の関係など音楽学習には理科学的に考えれば「なるほどと納得する」要素が数多く含まれる。しかし音楽の授業では楽器を演奏するときの「操作法」として教え、理科授業ではそういうものに触れない。振動数が音の高さを決めるという理科の学習にどうして「1オクターブ高くなることは振動数が倍になること」を教えないのだろうか？理科学習が「理科」の枠組みの中でしか展開されないことにあと我々は考える。

我々が中学生に対して行った概念地図作成調査でも音という概念と最も強く結びつけた既存概念は楽器や音楽であった。

2. 研究の目的

以上のような背景を踏まえ、本研究では理科教員が音楽教員と協力して、小中学校で学ぶ音楽学習と有機的に関係付けられた理科教材や理科授業カリキュラムを開発し実践する。音楽のもつ音階や音色の「法則」、音楽学習で生徒が必ず習う鍵盤ハーモニカやリコーダの音が鳴るしくみ（鍵盤ハーモニカについては、中学生はもちろん、理科教師をめざす大学生のほぼ100%が音の出るしくみを知らなかった）、音楽の教科書に登場する管弦打楽器などを科学的に理解する理科学習カリキュラムの開発とその実践がこの研究の目的である。

3. 研究の方法

(1) 音楽学習の調査

音楽学習で扱う様々な要素を調べ、理科学習の関連付けを行い、音楽のしくみを理解する授業を開発の素材とする。

(2) 音楽を融合した理科授業の開発

①音楽演奏室にある楽器を演奏しながら、鳴っている（振動している）様子を観察させる。理科学習では必ず音の発生で振動する様子を調べさせるが、振動している事実の確認にとどまっている。さらに使用する教材（楽器）もモノコードやせいぜいギターにとどまっており、生徒が音楽学習で使用する様々な楽器を理科の音の発生の学習として使用することは少ない。音楽教師と連携して、実際の楽器を用いて理科と音楽を連携して学ぶ学

習を行う。

②よく振動するところ（はら）、あまり振動しないところ（ふし）があることに気づく学習として深める。楽器に応じて振動の様子が観察しやすい道具を工夫する。必要に応じて高速度カメラ（現有機器）で撮影したものを見せる。

③生徒が使う鍵盤ハーモニカは分解し、各リードをストローで吹いて、鳴るしくみを調べる学習を取り入れる。

(3) 楽器の音がでるしくみがわかるビデオ教材を作成する。

楽器の振動数は大きすぎて細かく「観察」できない。そこでピアノの弦をたたく様子、ティンパニーをたたいたときの振動など、ふだん目にするのでできないものを高速度カメラで撮影しビデオ教材を作成する。これはHPなどに掲載し適時授業時に利用し、また一般の学校現場にも提供する。

(4) 音階と波形を関係付けるパソコン教材の開発

①複数の音階を入力すると合成された波形が出る教材を作成する。複数の波形を合成してできる音はどんなものか？和音の学習に使用する。「音色の違い」の理由がわかるようにしたい。

②定常波ができる様子をシミュレーションで見せる。

(5) 民族楽器をつかって遊ぶ教材を開発する。

民族楽器には単純につくれるものも多いし、長さや振動数比の学習や、定常波の形の学習に適したものも多い。（例えばフィリピン民族竹筒楽器トガトンをつくらう。）

(6) 開発したさまざまな教材を用いて京都教育大学附属中学校で授業実践を行う。模擬授業の流れは以下のようなものである。

①1時間目 音が鳴る様子を調べよう（リード楽器）

鍵盤ハーモニカを分解し、リードの振動する様子を調べる。応用としてハーモニカも分解して調べる。中学校理科の教科書にも出てくるストロー笛を作ってリードが揺れる様子を観察する。応用としてストローリコーダ、ストロートロンボーンなども作って楽しむ。実際の楽器オーボエと比較する。

②2時間目 ふしとはらの学習

木琴の共鳴管としていろいろな長さの塩ビパイプを用い、どの音にどの長さのパイプが響くかを実験する。筒の中にできるふしとはらの様子を調べる。定常波のふしとふしの長さが音の高低を決めることを理解させる。

③3時間目 ドレミはどういう規則で決めているの？

パソコンオシロを使って音階を振動数として観察オシロスコープに表れる波形の意味、振動数を理解させる。

(7) 京都教育大学において小学校教員をめざす学生向けに音楽学習を取り入れた理科授業を実践し、教員になる学生に身近な理科を実感させ興味を持たせる。具体的には小学校教員免許必修科目である小学校教科内容論(理科)で、鍵盤ハーモニカ学習、ストロー笛学習などを行い学生の評価について集計、分析する。

(8) 授業実践を分析し、授業テキスト及び報告書を作成する。

4. 研究成果

音楽の中に含まれる理科を探しながら以下の理科学習教材や授業案を作成した。これらは教材HPに載せ、学校現場に提供した。

(1) 和音はどうしてきれいに聞こえるの

①音の高低と振動数の学習の発展

振動数の概念が定着していないことを考え、音階と結びつけた学習を考えると効果的である。

②音階と振動数

ドレミはどういう風に作られた? 1オクターブが振動数で倍になること、全音と半音が振動数で倍の開きがあることを知る。完全5度といった振動数比を元にして作ることを知る。

③和音を見る

きれいな音とそうでない音は波形に違いがあるのだろうか? 正弦波を合成して表示するプログラムをVisual Basicで作成した。いろいろな和音の波形を観察学習させる。ハ長調の長3和音は波形が同じで周期が違う。振動数の比が同じ4:5:6、いずれも音色(波形)が同じで少しずつ高さが違うことを観察して学ぶ。

(2) ティンパニーはなぜ真ん中をたたかないの?

①響きのある音

音楽の教科書では大太鼓は真ん中をたたくのにティンパニーは真ん中から2/3のところをたたくと書いてある。理由は円形状の振動体での定常波と空気非圧縮性にあるが、実際に皮の上にビーズなどを乗せて振動の様子を見せることでたたく位置と振動の様子の違いを学習することができる。ティンパニーの場合は、真ん中をたたくと真ん中のみが大きく振動するが、端をたたくと全体が振動する。太鼓の場合は、真ん中をたたいても全体が振動する。肉眼ではわかりにくいのでビデオカメラの高速撮影やコマ送り再生を使って学習する。

(3) 倍音の学習

ピアノで低いドと1オクターブ高いドを同時にたたくとさらに高いソの弦が共鳴して高いソが聞こえる。(高いソの鍵盤は押さえておき弦が固定されないようにしておく。)

これを基音と倍音の振動数の関係から学習する。一つの音がなっても必ずその倍音が鳴っているこ

とを耳で確かめることができる。

(4) 鍵盤ハーモニカはどうして鳴るの?

①ねらい: 小学校で必ず学習する音楽教材なのにほとんどの生徒はそれが鳴る原理を知らない。身近さと意外さ(新鮮さ)を持つ。原理が比較的容易で分解していくことでしくみがわかる。リードの揺れをそのまま観察できる。ハーモニカとの比較からハーモニカ特有の奏法の秘密がわかる。教材を持参させることで全員が学習できる。

②授業の流れ

1 鍵盤ハーモニカの鳴る原理を予想する。

2 鍵盤ハーモニカを分解する。

3 ピンセットでリードをはじいてドレミファソラシドを鳴らす。→鳴るもの(振動するもの)を発見する。

4 ストローで吹いてリードを鳴らす。→空気の流れがリードを振動させること、鍵盤を押す意味に気づく。

5 パイプを吹いてリードが鳴るしくみを考える。→パイプからの空気の流れがリードを振動させることに気づかせる。

6 リードの長さと言の高低の関係を確認する。→長さが変わっていない部分があることに気づかせ、楽器の工夫を知る。

7 ハーモニカの演奏法の特徴に気づかせた後、鍵盤ハーモニカとの違いを予想させる。

8 ハーモニカを分解する。→リードが互い違いについていることとハーモニカの演奏法とが対応していることに気づかせる。

(5) ストロー風船を見よう

①ねらい: 鍵盤ハーモニカに続けて学習させることでリードの振動がわかる(ダブルリードの楽器)。ストローに風船をつけてブービー笛を作る。→ストロー笛のリードが振動する様子を透明風船を口で見立てて観察する。ストローを吸ってリードを振動させるのは中学生には難しい。風船を使う方が容易。

②授業の流れ

1 ストロー笛を作る。どちらから吹いたら鳴るか予想する。

2 口にくわえて鳴らす。

3 ストローを切った部分をマジックで塗り、透明風船にストロー笛をつけてセロテープで止める。

4 風船のついたストローを吹いて風船に空気を入れる。風船の口を押さえながら空気を抜くとストロー笛が鳴る。風船の中でリードが揺れている様子を観察する。

5 もう一度空気を入れて、鳴らしながらストローをはさみで切って短くしていく。

(6) 筒を鳴らそう

①ねらい: 直接空気を振動させて音を出すものを調べる(音源が空気)。長さの違いがどうして音の高低につながるかを定常波の概念を直接出さずに学習させる。

②授業の流れ

1 太い塩ビパイプをたたいて鳴らす→底を開いたとき、閉じたときで音の高低を比較する。→長い筒、短い筒で音の高低を比較する。

2 細い塩ビパイプは吹いて鳴らす→底を開いたとき、閉じたときで音の高低を比較する。→長い筒、短い筒で音の高低を比較する。

3 メロディーパイプを回して倍音が何種類でるか楽しむ

4 木琴や鉄琴の共鳴管の長さをはかろう。

共鳴管をはずして覗いて見ます。底はどうなっているでしょう？

巻尺を差し込んで共鳴管の長さをはかる

共鳴管があるときとないときで木琴や鉄琴の音にどのような違いがあるかを聞き分ける

木琴の音板の下に塩ビパイプをおいて共鳴するものを探す。そのときの塩ビパイプの長さを測り音階との関係を調べる。

上記授業案をもとに授業実践を行った。

(1) 大学での授業実践

小学校教員免許取得希望者必修科目「小学校教科内容論(理科)」での実践のまとめ

①実施日時

平成 19-20 年度後期月曜 1 または 2 限
(8:45-10:15, 10:30-12:00)

②対象者

京都教育大学教員養成課程小学校教員免許取得希望者 H19 年度 224 名 H20 年度 216 名

(2) 中学校での授業実践 1

①実施日時

平成 19 年度 9 月 5 日及び 9 月 26 日 13:40~15:30
110 分×2 日

②対象者

京都教育大学附属桃山中学校 18 名

(3) 中学校での授業実践 2

①実施日時

平成 20 年度 5 月 28 日及び 7 月 2 日 13:30~15:20
110 分×2 日

②対象者

京都教育大学附属京都中学校 35 名 (2 年 27 名
3 年 8 名)

(4) 中学校での授業実践 3

①実施日時平成 20 年度 9 月 25 日 50 分

9:45~10:35 2 組 (41 名) 10:45~11:35 3 組 (41 名)
13:20~14:10 1 組 (40 名) 14:20~15:10 4 組 (16 名)

②対象者

京都教育大学附属桃山中学校 1 年普通クラス 3、
帰国子女クラス 1

大学での授業実践後のアンケートでは学生はいずれも 8~9 割が分かった、面白かったと答え、7~8 割が教師になったらやってみたいと答えた。

また中学校での授業でも、およそ 8 割の生徒が授業に興味を示し理解が向上したと答えた。また理科を身近な教科と見直す生徒も多く見られた。以上の成果をまとめ、報告書として作成した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- ①沖花彰, 高速撮影を使った理科教材, フォーラム理科教育, 査読無, No. 10, 2009, pp. 19-24
- ②森井武史, 沖花彰, 中学校理科「音」学習の教材開発～音を見る～, フォーラム理科教育, No. 8, 2007, pp. 15-20

[学会発表] (計 4 件)

- ①沖花彰, 高速撮影を使った理科教材, 日本理科教育学会近畿支部大会, 平成 20 年 11 月 29 日, 神戸大学
- ②沖花彰, 理科と音楽を融合した新しいカリキュラムの開発, 日本物理教育学会近畿支部物理研究集会, 平成 20 年 11 月 22 日, 大阪教育大学
- ③沖花彰, 理科と音楽を融合した新しいカリキュラムの開発 2, 日本理科教育学会全国大会, 平成 20 年 9 月 14 日, 福井大学
- ④沖花彰, 中学校における理科と音楽を融合した新しいカリキュラムの開発, 日本理科教育学会近畿支部大会, 平成 19 年 12 月, 和歌山大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

沖花 彰 (OKIHANA AKIRA)

京都教育大学・教育学部・教授

研究者番号: 80115972

(2) 研究分担者

笹野 恵理子 (SASANO ERIKO)

立命館大学・産業社会学部・准教授

研究者番号: 70260693

(3) 連携研究者

大澤 弘之 (OSAWA HIROYUKI)

京都教育大学・教育学部・教授

研究者番号: 10135626

川口 容子 (KAWAGUCHI YOKO)

京都教育大学・教育学部・教授

研究者番号: 20027717