

情報教育の音楽化*

辰己 丈夫

tatsumi@gef.h.kobe-u.ac.jp
神戸大学 発達科学部

あ ら ま し

「音楽教育の情報化」という言葉は、比較的聞き慣れた言葉であろう。音楽の授業にコンピュータを導入することである。

ところで、昨今の情報教育においては「プログラミング教育」が軽視される潮流にある。プログラミング教育がなぜ軽視されてきたのかを考えると、「不必要に高い学習目標の設定」「わかりにくい古典的な教科書」「つまらない授業の雰囲気」などが挙げられる。

一方、プログラミングに必要な概念のいくつかは楽譜を読むためにも必要である。

そこで、本論では、中学校～高校程度におけるプログラミング教育の方法として、音楽の授業にプログラミング教育を取り入れる方法、すなわち「情報教育の音楽化」を考える。

Musical methodology in information education

TATSUMI TAKEO
Kobe University

A b s t r a c t

Although the computer assisted music instruction is well known, the music assisted information education has not appeared yet.

To make the plan of the course of information education, the topics about algorithm and programing are necessary even if the course is performed in K12 schools. The former methodology of programing education is, however, too tedious, abstract and objectless to keep thier studying the material. The aim of prograing education is not so much high because that education is not to train programmer, but to give the basic concepts of programing all students. To study the basic concepts of programing, students must learn to read given program and write short one.

On the other hand, a musical score is written in some rules and symbols, which involves “order”, “iteration”, “function”, “procedure” and “argument”. Such items are analogous with the basic concepts of programing. In this paper, I propose the new musical methodology in information education.

*©Copyright, 2001 Tatsumi Takeo(Kobe University). All rights reserved.

はじめに

情報処理技術の発展は、我々の生活を変えている。この変化は教育の世界でも例外でない[1]。教育現場は情報処理機器を使うことで「効率」を追求したり、新たな教育内容を付け加えたり、教育方法を変更するなどの変化を遂げた。これは、

- 情報処理の需要の高まり
- 情報処理機器の需要の高まり
- 情報処理機器の使い方教育の需要の高まり

のように顕在化している。

ところで、「情報教育」と一口に言っても、それは一体どんな目標のもとにどんな内容であるべきだろうか。この点での議論が成熟しないままに事態が進行しているのが現在の情報教育の実態である。

教育の情報化がどのように進展しているか、その過程で情報教育にとって何が大切なのかを検討すると、昨今の情報教育においては「プログラミング教育」が軽視される潮流にあることがわかる。プログラミング教育がなぜ軽視されてきたのかを考えると、「不必要に高い学習目標の設定」「わかりにくい古典的な教科書」「つまらない授業の雰囲気」などが挙げられる。

このような問題点を打破する試みは多いが、本論では、中学校～高校程度におけるプログラミング教育の方法として、音楽の授業にプログラミング教育を取り入れる方法、すなわち「情報教育の音楽化」を考える。

1 情報化とは？

「○○の情報化」という言葉の使い方は、教育に限らず広く普及している。しかし、一般に言われている「教育の情報化」とそれ以外の情報化では、同じ「情報化」という言葉を使っているにも関わらず、異なる意味でとらえられている感がある。

本節では、「情報化」という言葉を、従来とは違う意味で教育に応用させてみた例 [2, 3] を

考える。

1.1 成績処理の情報化

生徒（この後すべて、児童も含む。）の成績をつけるのに、表計算ソフトを利用することも多い。

表計算ソフトが普及する以前は、生徒の出席回数やテスト、課題の成績をすべて集計用紙に記入し、電卓・ソロバンを駆使して、合計点を計算し、成績をつける。しかし、そういう面倒な作業をしなくても、おおよその印象で「できる」生徒と「できない」生徒はわかり、その印象にしたがって成績を付けていた教師もいる。むしろ、中学・高校などで多数のクラスを担当している場合は、200名もの生徒の成績を集計作業によってつけるのは事実上不可能で、ある程度の印象によってつけるしかない、という考えもあった。

表計算ソフトを成績処理に導入すると、この「事実上不可能であったこと」が可能になる。その結果、「その生徒に対する印象」と「計算された成績」に思いのほかギャップが大きかったこと気がつく人も多い。つまり、成績処理を情報化することで、「印象」よりも「実績」が評価されるようになった。

1.2 自動車工場の情報化

情報処理機器のなかった頃の自動車工場では、自動車の生産は、ある程度の注文を予想した分を先に生産し、それらを在庫としておきつつ、注文に応じたペースで出荷できるように自動車を生産していた。そのため、予想と実態が食い違くと余剰在庫が生じたり、あるいは品不足になったりした。また、「オプション」と呼ばれる機器は工場出荷時には取り付けられず、客の求めに応じて販売店で取り付けられることになったため、自動車のデザインにも大きな制約が生じていた。

現在は、販売店からの注文が発生した時点で部品製造下請け会社に部品を注文し、ほぼ全ての車を受注生産できるようになった車種もある。販売店からの注文はネットワークを経由して工場に届けられ、工場は日本全国から

の注文を整理して部品を発注する。下請け会社もネットワーク化されており、従来よりもはるかに短い時間で部品の生産が完了する。そして、このようにして完成した部品を使って車両が組み立てられる。そのため在庫車が発生せず、経済的効率も高くなる。注文も車種毎に細かくなるので、工場でオプション部品を組み込むことができるので、デザインの自由度も上がった。

2 音楽教育の情報化

ここまでに取り上げた「情報化」に共通する特徴は、「情報処理機器を道具に導入する」「利用方法が変化する」「目標・目的が変化する」という3つのプロセスを経ていることである。学校の授業に対して、このような情報化が進行すると、更に「教育課程・コースなども変わる」ようになる。そこで、これを「教育の情報化の4段階」[2, 3]という。

ここでは「音楽教育の情報化」を例にして、「教科教育の情報化の4段階」を取り上げる。

2.1 「情報処理機器を道具に導入する」

情報化される以前の音楽教育では、ハーモニカ、ピアノ、リコーダーなどが生徒の道具であり、更にこれに「声楽」が加わっていた。また、音楽鑑賞も行なわれていたし、楽典学習もあった。

音楽教室に情報機器が導入されると、生徒がMIDI音源やMIDIキーボードを操作し、操作した結果はファイルに書き込まれ、場合によってはwebで公開されることもある。

2.2 「利用方法が変化する」

ここでいう「利用方法」とは、教具を授業でどのように利用するかの変化である。情報化される以前の音楽教育では、教具をどのように演奏するか、あるいは発声するかといった「演奏・上演活動」が学習活動の主流であった。しかし、MIDI音源が導入されると、演奏行為である「楽譜データ入力」のほかに、「作曲」も含まれるようになった。

2.3 「目標・目的が変化する」

「作曲→演奏」が音楽教育で容易に実現できるようになると、音楽教育の目標のひとつに、「より美しい曲を作曲できるようになること」が含まれるようになる。また、曲だけでなく歌を含む場合は、「いい歌詞をつけること」も目標に含まれる。また、作成されたMIDIデータをwebで公開する際には、著作権・著作者人格権の理解を行なうことも含まれるようになる。

2.4 「教育課程・コースなども変わる」

教育目標・目的が変化すると、それに合わせて課程も変更する必要が生じる。例えば、歌詞の付け方は国語科と協調して取り扱う必要がある、著作権は社会科（政治・経済・公民）との協調が必要である。その結果、何をいつ学ぶかといった学習順序の変更も必要になる。

このようにして、音楽教育を情報化するプロセスが「音楽教育の情報化」である。「教育の情報化」といっても、単に機械を用いるだけではなく、その後のさまざまな変化を取り込んだ考え方が必要になる。

3 「教科の情報化」「総合学習」と「情報教育」

国語（現代文、古文、漢文）、数学（算数）、理科、社会（生活科、地歴科）、美術、音楽、家庭科、体育、保健といった従来の教科内容を、主にコンピュータを使って授業をする、あるいは学習環境を提供して自学自習をさせるといった変化のことを、「教科の情報化」という。

これは、「情報教育」とは異なる。例えば、前回は説明した「英語の授業で電子メールを使って外国の人と文通をする」とか、「MIDIを使って楽器をつないで、作曲の勉強をする」といったことは、「教科の情報化」であって、「情報教育」ではない。

もう一つ間違い易いものに、「総合的な学習の時間」がある。これは、「単一教科では学べないような内容を扱う」ということが主旨であって、やはりコンピュータを用いる情報教育ではなく、また、既存の各教科を情報化したも

のでもない。

3.1 総合的な学習の時間とは？

ここで、「総合的な学習の時間」について少し考えてみたい。総合的な学習の時間とは、学習指導要領によれば「単一教科で学べないことを学ぶ」というのが本来の主旨である。しかし、これだけでは具体的なイメージをしにくいので、大きなテーマとして「国際理解」「環境」「情報」「健康」「福祉」が例示されている。具体的にはどのようなことを行なうべきかについては、既に実験的にこの授業を取り入れた学校の例があり、教育事例集も出ている。

3.2 なぜ、「総合的な学習の時間」と「教科の情報化」が関係するか。

「総合的な学習の時間」で学べるということというのは、現実社会におけるさまざまな人・もの・制度のあり方である。それらは全て文字・絵・音で表されることから、「総合的な学習の時間」には情報機器の利用が非常に重要であることがわかる。

もちろん、「総合的な学習の時間」は「情報教育」の時間ではない。むしろ、次のように考えて、「各教科の情報化」にイメージとしては近いと考えた方がよい。

- 各教科の内容を情報処理を使って表現することができるようになるのが、「教科の情報化の第1段階」
- それぞれの教科は、「第2段階」「第3段階」「第4段階」と進む。
- それぞれの教科の内容が「情報」を用いて扱えるようになる
- それぞれの教科の内容に関わる「情報」が他の教科で利用される
- 「総合的な学習の時間」の学習モデルが確立する

そして、各教科の内容から得られた情報を他の教科に用いる際に考えなければならない「情報の性質」「情報の検索の方法」「情報の扱い技術」「情報の表現の方法」「情報の適切な扱

い方」などを学ぶのが「情報教育」となる [4, 5]。

4 情報教育の立場から見た「情報教育の音楽化」

「各教科の情報化」も「総合的な学習の時間」のどちらも「情報教育」とは異なり、しかも密接に関連している。情報教育とは、各教科の情報化の際も、あるいは総合的な学習の時間で情報を扱う際にも必要な「情報固有の性質」を学ぶためにある。では、「情報固有の性質」とは一体なんだろうか？

例えば、「情報は変換されることがある」「デジタル情報は大量複製が容易である」「情報には利用に権利が生じる」といったことを学ぶことである。特に、「デジタル情報をどのように加工するか」という点では、アルゴリズム・プログラミングの考え方が大切になる。

本節では、情報教育の内容として大切な「アルゴリズム・プログラミング」の考え方が音楽の学習にどのように整合するかを、情報教育の立場で考える。

4.1 アルゴリズムによる処理の定式化、プログラミング

情報教育を支える3つの目標のうちの「情報の科学的理解」の内容には、「自らの情報活用を評価・改善するための基礎的な理論や方法の理解」という文が含まれている。ここを、「情報を処理する方法を理解すること、場合によっては情報処理を自分で行なえるようになること」と考えてみると、それは「アルゴリズム・プログラミング」を身に付けることに相当する。

もっとも、現在の高等学校での教科「情報」の指導要領では、「プログラミング」が正式な内容として取り上げられていないので、この部分の学習は「定式化した処理が存在すること」として取り上げられ、具体的には「アルゴリズム」の学習で構成される。

アルゴリズム・プログラミングの内容は、楽典の知識を持っている音楽の教員ならば、簡単に習得できる。というのも、後述するように、

アルゴリズム・プログラミングに現れる基本概念のほとんどは、楽典の学習にも現れるからである。

4.2 コンピュータネットワークの学習

コンピュータネットワークが、どのようなものか、どんな通信方法をとっているのか、どんな接続方法があるのかについて学ぶことも、情報の科学的な理解の内容に含まれる。

通常は、「インターネットについて学ぶこと」でこれを理解しようとするが、現実のインターネットは複雑である。単純なものを学ぼうとしてインターネットを極端に単純化してしまうと、今度は実感が湧かない。

一方、音楽教室にはMIDIという単純でありながら実用的なネットワークがある。MIDIの通信方法を「ネットワーク」の観点から学習することで、コンピュータネットワークとはどのようなものか、具体的に、実感を伴った形で学ぶことができる。

4.3 著作権

「情報社会に参画する態度」の内容のなかでも「著作権」を学ぶことは非常に重要とされている。しかし、「自分が書いた電子メールの著作権」や「他人が書いたwebページの著作権」という指摘をしても、実感が伴わないことがある。高校生、あるいは中学生にとってもっとも身近な著作物とは「楽曲」である。音楽の授業で生徒が作曲した曲をwebページに掲載する場合にどのような権利の問題が生じるのか、あるいは著名な曲を耳で聞いて譜面をおこした場合、その曲をwebページに掲載していいのか、歌詞はどのように取り扱うべきなのか、といったことを取り上げれば、生徒の著作権についての関心も高くなり、著作権を実感を伴って学習することができる。

5 プログラミング教育の音楽化

前節において、「情報教育」の内容を「音楽教育」の形態をとりながら行なうことが可能であることを指摘した。本論文では今後、その手法を「情報教育の音楽化」と呼ぶ [6, 7]。こ

れは、「あくまでも目標は情報教育の目標、実施は音楽教育の手法」となる授業を行なうことである。

本節では、特に「『プログラミング教育』において音楽的題材を用いる場合」にどのような展開が可能かについて分析、提案を行なう

5.1 アルゴリズム

人間が何か操作を行なう時、「誰が」「いつ」「何を」「どのようにして」「どんな」操作を行なうか、という問題が考えられ、これが英語教育でいうところの5W1Hである。この5W1Hを記述したものが、アルゴリズムといわれるものである。

コンピュータの場合、アルゴリズムという言葉はもう少し狭い意味で使われる。というのも、大抵の場合「誰が」は「コンピュータが」であり、「どのようにして」は「電気を流して」となるからで、その結果、「いつ」「何を」「どんな」操作を行なうかだけが問題になるからである。さらに狭い意味でとらえることもある。つまり、「アルゴリズム」とは「操作の手順を書いたもの」とする立場である。

映画や演劇の脚本をscriptというが、アルゴリズムを狭い意味で考えるならば、それはコンピュータにとってのscriptである。楽譜は英語ではscoreというが、それはscriptの一部である。scoreには、「人が」「楽器（あるいは声帯）を」「いつ」操作するかを、かなり細かい文法を用いて記述している。

計算機科学の立場で考えると、「楽典」を学んで楽譜をどう読むかを身に付けることは、実は「演奏をどうプログラミングするか」と同じことになる。以下に述べるように、プログラミングに現れる基礎概念は、ほとんどの項目が楽典の学習に現れる [8]。

5.2 手続き型プログラミングにおける5つの基本概念

手続き型プログラミングでは、5つの基本的な考え方がある。それは「接続」「繰返し」「判断」「部品化」「再帰」である。

「接続」というのは操作の順番のこと、「繰

返し」は文字通り「いつ、何を、何回繰り返すか」を書いたもの、「判断」は「何かがある条件を満たしているかどうかを調べる」ということ、「部品化」は一定の操作をまとめて呼ぶこと、「再帰」は呼び出された操作の固まりが再び自分と同じ操作の固まりを呼び出すことである。

5.2.1 接続＝操作の順番

たとえば、「ド」「レ」「ミ」と演奏すべきところを「ド」「ミ」「レ」と演奏するとおかしい演奏になる。作業には順番がある。こういったことを順番に記述するという概念が「接続」である。

5.2.2 繰り返し＝「いつ、何を、何回繰り返すか」を書いたもの

同じ演奏パターンの繰り返しは、音楽の中では非常に頻繁に現れる。「4回同じパターンで演奏」など、繰り返しは演奏の基本的な概念でもある。ラヴェルのボレロではスネアドラムの基本主題が、最後の小節まで延々と繰り返される。

5.2.3 判断＝「何かがある条件を満たしているかどうかを調べる」ということ

先ほどの「繰り返し」のとき、いつ繰り返しを終えて次のパターンに入るかは、「何回繰り返したか」を数えて、その回数に達したと判断を行なう必要がある。回数で判断しないで、まわりの状況で判断するということも、演奏会・ライブステージでは頻繁に行なわれることである。

5.2.4 部品化＝一定の操作をまとめて呼ぶこと

ポピュラーミュージックの場合、曲全体をいくつかのパターンに分けて、たとえば、「A-B-C-A-B-C-B-C-A-C'」のように書くことがある。また、クラシック音楽でも、ロンド形式やソナタ形式などにこのような部品化が現れる。いくつかの演奏パターンに分けることは、部品化の考え方である。

6 実際の記述の例

それでは、初心者用プログラミング言語として Javascript を使って、これらの例を記述してみる。ただし、Javascript には演奏命令がないので、演奏命令の代わりに「Aを歌う」「Xを演奏」とウィンドウ内に表示することにする。

6.1 接続

演奏順序の最も基本である「接続」は日常でも良く経験することである。例えば、シャツを着てからセーターを着るのは普通であるが、その順番を逆にするとおかしなことになる。一方、「定数有限回の繰り返し」は、「髪は2回洗う」のような例は該当するが、私たちの日常生活には思ったほど頻繁に現れるものではない。しかし、楽譜の記述・音楽の演奏には非常に頻繁に現れる考え方である。

以下のプログラムは、接続を見る例である。

```
<html><body>
<script language="JavaScript">
  document.write("Aを歌う<br>");
  document.write("Bを歌う<br>");
</script>
</body></html>
```

これと、

```
<html><body>
<script language="JavaScript">
  document.write("Bを歌う<br>");
  document.write("Aを歌う<br>");
</script>
</body></html>
```

を比較するとことで、「順序概念」を学ぶ。

6.2 有限回繰り返し

以下のプログラムは、有限回の繰り返しを行なう例である。

```
<html><body>
<script language="JavaScript">
  for (j=0; j<2; j++){
    for (i=0; i<7; i++){
      document.write("Aを歌う<br>");
    }
    document.write("Bを歌う<br>");
  }
</script>
</body></html>
```

「Aを7回繰り返し、それが終わったらB」を2回繰り返すという意味である。

6.3 条件を満たすまで繰り返し

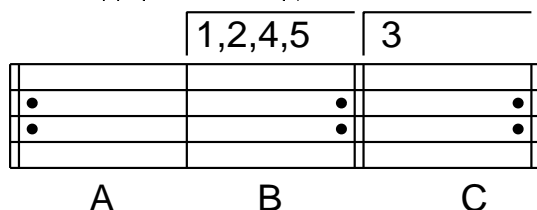
例えば、コップを水で洗ってきれいにする作業では、コップに入っていたジュースなどを取り除く為に、まず、水を入れてそれを一旦捨てる。また水を入れて、それを捨てる。このような作業をしていくと、コップの内側や縁についているゴミ以外は、すべてコップから追い出すことができる。水を入れて捨てるだけではとれないものは、手やスポンジ、あるいは洗剤などを使って落とす。この作業が「コップがきれいになるまで続ける」という操作である。この例に見るような「条件を満たすまでの繰り返し」は、私たち日常生活に非常に多く現れる。

6.3.1 回数を条件と見る

「有限回の繰り返し」も、回数を指定する繰り返しとして考えれば、これも「条件を満たすまで繰り返し」に該当する。音楽においては、即興以外の演奏では繰り返しの回数が決まっているが、それでも、同じようなパターンを何回も繰り返すことがある。

さて、「A-B-A-B-A-C-A-B-A-B」というつながりを考えてみる。これは、「A-Bを2回」「A-Cを1回」「A-Bを2回」という演奏順序である。

もし、「AとBを合わせて1小節」ならば、「前の小節と同じ」の記号を書くことで、次々と繰り返しが表現できるが、「A、Bともに8小節、あるいは16小節のフレーズ」ならば、そのように書くのではなく、



のように書く。これを、プログラムで書くと次のようになる。

```
<html><body>
<script language="JavaScript">
  for(i=1; i<6; i++){
    document.write("A を演奏<br>");
    if (i==3)
      document.write("C を演奏<br>");
    else
      document.write("B を演奏<br>");
  }
</script>
</body></html>
```

```
}
</script>
</body></html>
```

for 以外に while を用いてみると、次のようにかける。

```
<html><body>
<script language="JavaScript">
  i=1;
  while(i<6){
    document.write("A を演奏<br>");
    if (i==3)
      document.write("C を演奏<br>");
    else
      document.write("B を演奏<br>");
    i++;
  }
</script>
</body></html>
```

「ある種の条件が成立するまで繰り返す」あるいは、「繰り返しの最中にある条件が成立するときは、繰り返しに変化を与える」といったことは、日常生活でも現れる現象であり、さらに、音楽・楽器演奏では頻繁に現れる考え方である。

6.4 部品化と関数

いくつかの操作をまとめたものを、一つの単純な記号で表すことを、「部品化」という。このときに問題となるのは、

- どのような塊を一つの部品とみなすか
- 少しだけ異なるものを、同一の部品から加工するか、あるいは違う部品とするか

という問題である。例えば、

A-A-B-A-A-A-B-A-A-C-A-A-B-A-A-D-B-A
というつながりを考えてみる。このなかの「A-A」を P で、「B-A」を Q で置き換えると、

P-Q-P-Q-A-C-P-Q-A-D-B-A

となる。一方、「A-A-B-A」を X で置き換えると、

X-X-A-C-X-A-D-B-A

となる。さらに、「A-A-B-A」と「A-D-B-A」はよく似ているので、「A-D-B-A」を X' で置き換えると、

X-X-A-C-X-X'

となる。このように、どこに注目して何をひと塊として考えるかによって、部品化の結果も異なる。しかし、一つだけはっきりしていること

は、「繰り返すものは、まとめて一つの記号にした方が読み易い」ということであり、このような記法はその利点を説明するのに有用である。

そこで、部品化を関数による記述とみなして、JavaScript で書き直すと以下のようになる。

```
<html><body>
<script language="JavaScript">
// 関数 P の定義
function ensouP(){
    document.write("A を演奏<br>");
    document.write("A を演奏<br>");
}

// 関数 Q の定義
function ensouQ(){
    document.write("B を演奏<br>");
    document.write("A を演奏<br>");
}

// 本体はここから
ensouP();
ensouQ();
ensouP();
ensouQ();
document.write("A を演奏<br>");
document.write("C を演奏<br>");
ensouP();
ensouQ();
document.write("A を演奏<br>");
document.write("D を演奏<br>");
document.write("B を演奏<br>");
document.write("A を演奏<br>");
</script>
</body></html>
```

6.5 引数をつかって変奏を表現する

前項の後半の「A-D-B-A」を X' とし、「X の変奏」とみなす。そして、関数 X に「引数（ひきすう）」を与えて、引数の値によって変奏をするかしないかを定めることにする。

```
// 関数 X を変奏付で定める
function ensouX(henka){
    document.write("A を演奏<br>");

    if ( henka == 0 ){
        document.write("A を演奏<br>");
    } else {
        document.write("D を演奏<br>");
    }

    document.write("B を演奏<br>");
    document.write("A を演奏<br>");
}
}
```

このようにすることで、「引数の使用」が自

然に導入できる。

7 まとめ

本論文では、本来ならば情報教育で行なうべきプログラミング教育を、どのようにして楽しく、わかりやすく実施することができるか? という観点に立ち、音楽の授業方法のなかに組み込むことができるという提案をした。

プログラミング教育の動機 (motivation) を高める方法は、数多く提案されているが、本提案のような「音を用いる情報教育」という提案は未だ行なわれていない。現在は提案段階に過ぎないが、今後は Javascript 言語を拡張することで、本提案を実現するシステムを構築し、その教育効果について考えたい。

参考文献

- [1] 佐伯, 西垣, 名和, 金子ほか. 情報とメディア, 岩波講座現代の教育, 第 8 巻. 岩波書店, 1998 年.
- [2] 原田康也, 楠元範明, 辰己丈夫. 情報教育の情報化. 情報処理学会研究会「コンピュータと教育」, pp. 41-48, 2000 年 2 月. 2000-CE-55(情処技報 2000, 20).
- [3] 原田康也. 英語教育の情報化: 教科教育情報化の 4 段階推移過程. 早稲田大学教育総合研究所, 第 15 巻, 2001 年 3 月.
- [4] 文部省. 高等学校学習指導要領 情報, 1999 年.
- [5] 文部省. 高等学校学習指導要領解説情報編, 2000 年.
- [6] 辰己丈夫, 寛捷彦. 高等学校におけるプログラミング教育で何を教えるべきか. 1998 年度夏のプログラミングシンポジウム論文集, pp. 55-66. 情報処理学会, 1998 年.
- [7] 辰己丈夫. 「情報教育の音楽化」と「音楽教育の情報化」. 現代教育新聞社, 音楽教育メールマガジン, 2001 年.
- [8] 供田武嘉津ほか. 高等学校教科書「高校生の音楽」. 音楽之友社, 1983 年.