

論文

## 小・中・高の系統性に配慮した小学校音楽科 プログラミング教育題材及び教材の開発

Development of programming subjects and teaching materials for elementary music education  
with consideration of the systematics of elementary, junior high, and high schools

永野 玖実 (高知大学総合人間自然科学研究科)

道法 浩孝 (高知大学教育学部)

NAGANO Kumi<sup>1</sup> and DOHO Hirotaka<sup>2</sup>

*1 Kuroshio Science Program, Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University*

*2 Faculty of Education, Kochi University*

### ABSTRACT

Under the current Courses of Study, programming education has been introduced in elementary school, and all students learn programming in high school. However, the subjects that deal with programming differ from school to school and are not sufficiently coordinated. In this study, taking into consideration the cooperation between elementary and junior high school, we developed teaching materials applicable to elementary school programming learning based on the teaching materials for measurement and control programming learning in junior high school, and examined the subject matter. Since music-making learning in elementary school music courses has similar elements to programming and is easily related to it, we developed programming software for music composition that reflects the aims of music-making learning and created a learning and teaching plan with the connection to junior high school.

## 1. はじめに

現行小学校学習指導要領では、情報活用能力の育成が一層重視されるとともに、予測が困難な社会において普遍的に求められる論理的思考力を、各教科の中でプログラミングの体験を通して育成することが明記されている<sup>1)</sup>。また、中学校では従来のプログラムによる計測・制御に加え、双方向性のあるコンテンツのプログラミングの指導を行うことが必須となった<sup>2)</sup>。高等学校でも、選択科目に設定されていたプログラミングの内容が、全生徒が履修する情報科目の中に位置付けられた<sup>3)</sup>。これからの社会を生きる子どもたちに必要な資質・能力を育成するために、上述のように全校種を通してプログラミング教育が重視されている。以上の点を考慮すると、各校種間の連携や系統的指導がなされることが求められるが、小学校では各教科で実施するのに対し、中学校では技術・家庭技術分野（以下、技術科と表記）、高等学校では情報科で扱うようにそれぞれ異なる教科においてプログラミングの指導を行うことになり、連携が困難な状況にある。

小学校プログラミング教育の手引によると、小学校プログラミング教育のねらいは、非常におおまかに「①「プログラミング的思考」を育むこと、②プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータ等の情報技術によって支えられていることなどに気付くことができるようにするとともに、コンピュータ等を上手に活用して身近な問題を解決したり、よりよい社会を築いたりしようとする態度を育むこと、③各教科等の内容を指導する中で実施する場合には、各教科等での学びをより確実なものとするための三つ」であると示されている<sup>4)</sup>。プログラミング的思考の育成が前提にあるが、②は中学校技術科で育むべき能力と同じであり、小学校では技術科がないかわりに、全ての教科の中でプログラミングを扱う。すなわち、小学校プログラミング教育は技術科の考え方の基盤となるべきであり、中学校との接続を考慮しなければならない。しかし現状は、技術科の内容を考慮せずにプログラミングの指導をしている例がほとんどである。またアンプラグドコンピューティングのプログラミングや計測・制御を伴わないプログラミング例も多く、小学校のプログラミングと中学校のプログラミングには隔たりがある。小学校と中学校のプログラミング教育の系統性・連続性を担保するには、小学校において中学校の計測・制御学習を見据えた教材を用いたプログラミング学習を展開することが有効であると考えられる。また小学校及び中学校で多用されている Scratch などはビジュアル型のプログラミング言語であり、子どもたちにとっても扱いやすいものではあるが、高等学校では Python や JavaScript を扱うことを考慮すると、段階的にテキスト型プログラミングへと発展できるような教材が望ましい。

そこで本研究では、連携を見いだしにくい小学校と中学校のプログラミング教育の接続を意図して、中学校用に開発したプログラミング教育用の教材の柔軟性を生かし、小学校における適用可能題材及びプログラミング環境の検討を行った。小学校・中学校の連続性に配慮するとともに、高等学校におけるテキスト型プログラミングへの接続も考慮した段階的なプログラミング環境である。

## 2. 音楽における小学校プログラミング題材の検討

小学校プログラミング教育におけるプログラミング的思考の過程は、音楽における作曲の過程と非常に類似しているという指摘がある<sup>5)</sup>。意図した音楽を実現するために様々な音階やリズム等を組み合わせ、音階やリズム等の順序や繰り返しを調整して表現したいイメージに合うように試行錯誤しながら修正を繰り返すことは、意図した動作を実現するためにプログラムを作成し、デバッグすることと同じである。小学校の音楽づくりの活動にプログラミングを取り入れた実践事例もあり<sup>6),7)</sup>、ICT 環境を活用することによって、読譜や記譜による能力差によるつまずきが少なくなり、作成した音楽を何度も即座に確認できることによって、試行錯誤を繰り返した結果、作成した音楽の質が向上したことが報告されている。また、音楽づくりの要素とプログラミング的思考の過程が近いことにより、プログラミングを行いながら音楽を形づけている要素に気付き、理解が深まることも利点として挙げられる。さらに本研究で用いる中学校用プログラミング教材のハードウェアは音楽演奏機能を有しており、音楽づくりの題材に適用することが容易である。また、Art と Technology, 論理的思考を関連付けることによって、STEAM に近い教科横断的な学びの視点にもつながる。以上のような観点から、プログラミング的思考を育成すること、音楽づくりという教科の学びを深めること、そして中学校における計測・制御教材を小学校に適用し、小・中学校間での系統性・連続性を考慮して分野横断的な学習を展開することは、プログラミング教育の本質を捉える上で非常に意義深いと考える。

## 3. 教材のハードウェア

本教材は、PC-USB 制御電子楽器教材<sup>8)</sup>の機能を拡張し、各種のセンサ・アクチュエータ等に対応した計測・制御システムが構成できる、PC 計測・制御教材<sup>9)</sup>にアクチュエータ等として増幅回路（スピーカ）を接続して構成した、PC 制御の電子楽器教材である（以下、電子楽器教材と表記）。電子楽器教材は PIC18F2550 の USB 通信機能を利用し、PC と接続することによって計測・制御システムを構成する。PC 上のソフトウェアを通してプログラミングを行い、スピーカ駆動増幅回路を制御することによ



図1 電子楽器教材（ハードウェア）

って音を出力する。電子楽器教材を図1に示す。蓋が透明になっている木製の箱にスピーカ、音量を調整する可変抵抗器及びUSB接続部の穴をあけ、ブラックボックス化される傾向にある教材の基板部分を可視化している。小学校段階では計測・制御についての詳細な学習は行わないが、中学校における計測・制御学習の伏線になると考える。

#### 4. 教材のソフトウェア

開発した教材のソフトウェアは大きく2種類ある。中学校の授業用に制作したコマンド入力型の作曲ソフトウェアとコマンド入力ではなく楽譜作成ソフトウェアのような感覚的入力形式の汎用作曲ソフトウェアである。以

後、それぞれ「コマンド入力型」及び「直感操作型」と表記する。いずれも Visual Basic で作成した。ソフトウェアのフォーム画面を図2及び図3に示す。どちらのソフトウェアも、まず左上のスタートボタンを押すことによって、音を出す電子楽器教材のハードウェアとPCをUSB接続して使用する。接続が問題なく完了した場合、『接続済み』と表示される。直感操作型のソフトウェアでは使用者に小学生も想定していることから、親しみやすくするために『音が鳴ります♪』と表示される仕様になっている。従来のソフトウェアは、PC側でUSBポートを調べて確認し、手動でポート入力を行わなければならなかったが、対応するポートが見つかるまで自動で検索を繰り返すという点は、PCに詳しくない児童生徒でもUSB接続が上手くいくようになり、操作の難易度を下げることにつながっている。

図2のスタートボタンの右隣にある楽曲の自動演奏機能は、ボタンをクリックすることであらかじめ入力されたプログラムに従って楽曲が再生される機能である。ソフトウェア上ではボタンを押すだけの操作であるが、Visual Basic 上で追加したボタンに音階をコマンド入力することにより、いくつでも曲を増やしていくことが可能である。例えば図2のソフトウェアではクラシックの曲（作曲者名）や童謡などが並んでいるが、図3のように流行りの曲や校歌、授業で学んだ楽曲等を追加し、子どもたちの興味を惹くようにカスタマイズすることができる。

双方のソフトウェアに共通して特徴的なのは、ピアノ

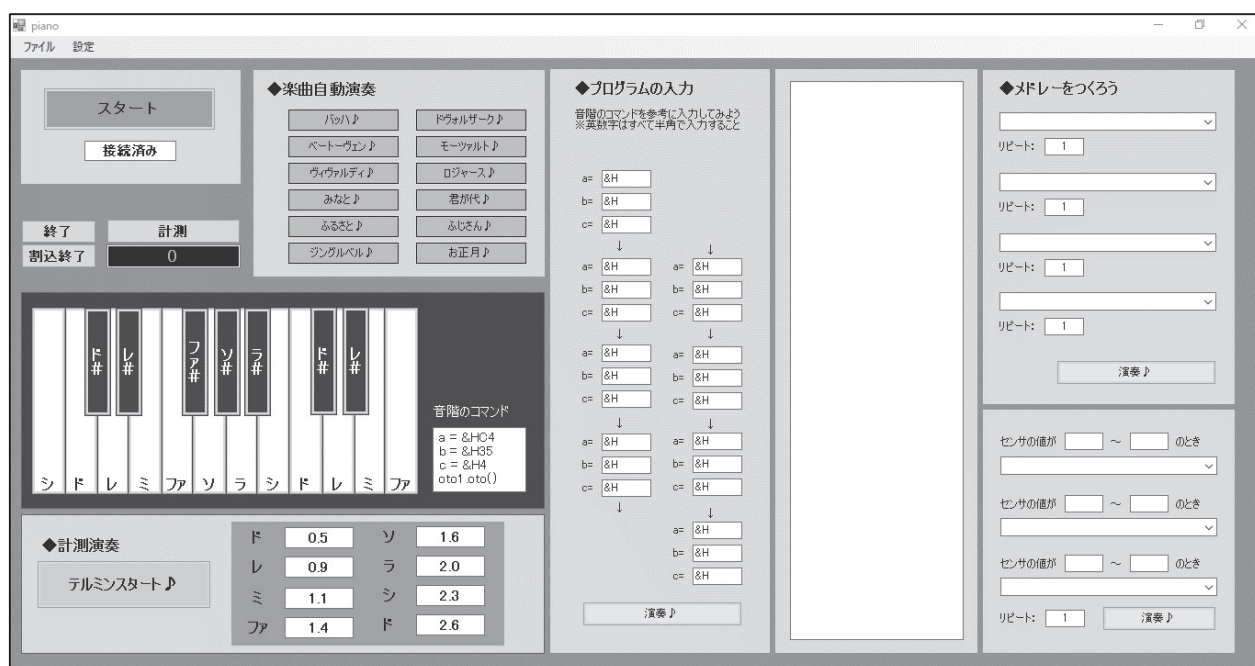


図2 コマンド入力型作曲ソフトウェア

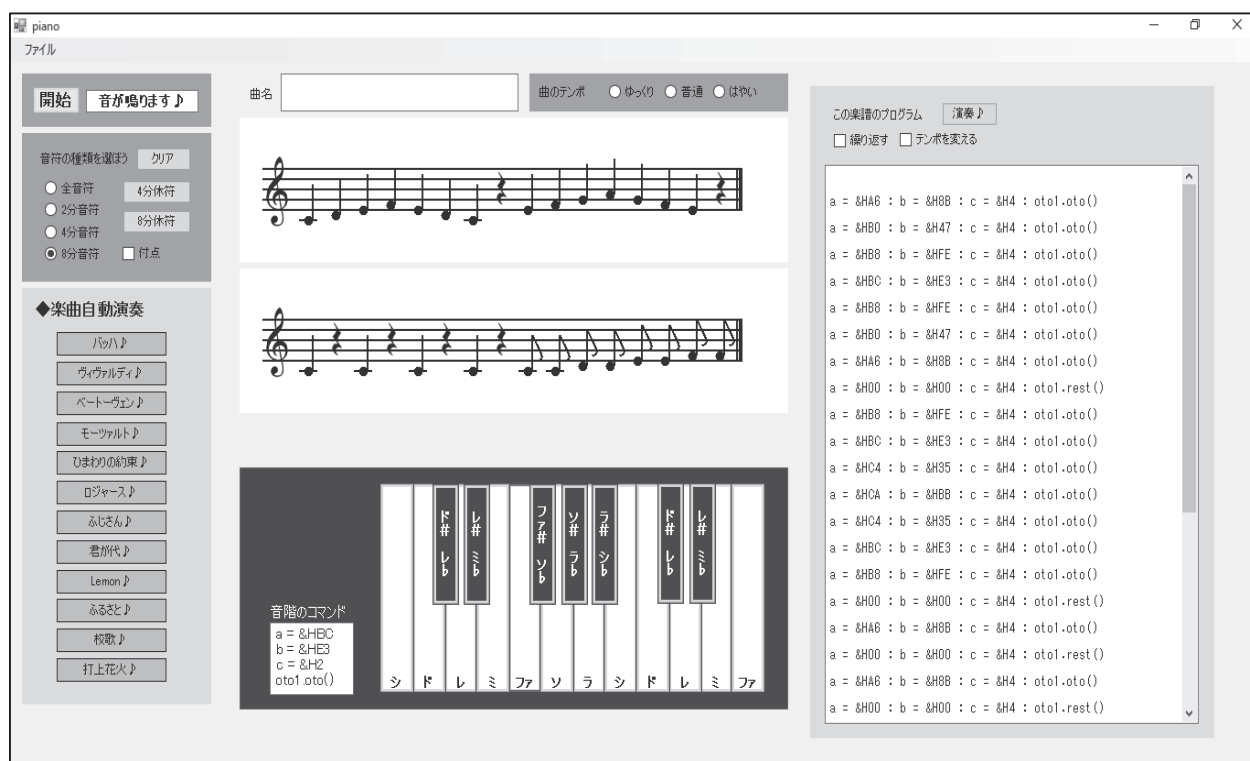


図3 直感入力型作曲ソフトウェア

の鍵盤を模したボタンである。ピアノの鍵盤をクリックすると対応する音階が流れるとともに、音階のコマンドが表示される。コマンド入力型のソフトウェアでは、表示されたコマンドを参考にして作曲を行う。直感操作型のソフトウェアでは、鍵盤をクリックすると同時に、画面上部の五線譜が描かれた楽譜を模したボックスに音符が自動入力される。したがって、難しい操作を要することなく、ピアノを弾くような感覚で記譜を行うことができる。音階は低いシ( $f = 220 \times 2^{\frac{2}{12}} \text{ Hz}$ )から高いファ( $f = 220 \times 2^{\frac{20}{12}} \text{ Hz}$ )の音に対応している。

コマンド入力型のソフトウェアは、中学校での計測・制御の学習を想定し、左下に計測演奏の機能を追加している。スタートボタンをクリックすると測距センサを用いた計測演奏が可能になる。測距センサに手をかざすと、センサとの距離に応じて音階が変わり、テルミンのような演奏が可能になる。測距センサで計測した値が電圧に変換され、その値が各音階に対応したテキストボックスの設定値の範囲になると音階が変わるという仕組みである。例えば、図2の設定値の場合、計測電圧が1.6Vより大きく、2.0V以下の場合ソの音が出る。この電圧の設定値は変更可能である。

コマンド入力型のソフトウェアの中央部分はテキストボックスに音階のコマンドを入力することによって作曲

を行うことができる。ピアノの鍵盤をクリックして表示された音階のコマンドを利用してコマンドを入力していくのでコマンドを覚える必要はない。「a」及び「b」で音階を、「c」で音の長さを設定する。「c」の数字を大きくすれば一音が長くなり、数字を小さくすれば一音が短くなる。なお「a」、「b」及び「c」の値は16進数になっている。ここでは順次処理のみを扱っているが右側のメドレー作成機能や計測演奏の機能を使うことによって、反復処理及び分岐処理を行うことができ、プログラミングの三要素が盛り込まれた内容となる。

直感操作型のソフトウェアでは、事前に入力したい音の長さの音符の種類を選択してから音階をクリックすることによって、対応する音符の音階が入力される。音符及び休符の種類は、汎用作曲ソフトウェアの方では、全音符、2分音符、4分音符、8分音符、4分休符、8分休符とそれに付点がついた8種類の音符と4種類の休符が入力できるようになっている。「消す」ボタンをクリックすると入力した音符を削除することができる。楽譜上の「楽曲のテンポ」を切り替え3段階で調節する機能も有している。

大きいテキストボックスには、自分が入力したコマンドまたは楽譜のプログラムが表示される。コマンド入力型だけでなく、直感操作型のソフトウェアでも、プログラムが順番に実行されているということが理解できるよう



に設けている機能である。コマンド入力型と異なり、プログラミングをしているという感覚は希薄になるが、楽曲再生と同時に入力した楽譜がプログラムに変換され、入力された手順に従って音を鳴らしているということに意識が向くように工夫している。

また、作成した楽曲のプログラムのテキストファイルへの保存、及び楽譜の png 形式の画像ファイルへの保存にも対応している。

## 5. 教材を適用した学習指導

前述した電子楽器プログラミング教材は、小学校音楽科における音楽づくりの題材への適用可能性能を十分に有しており、プログラミング的思考の過程と同じ要素を持つ音楽づくりと関連付けることにより、教科の学びとプログラミングの学びの両方の効果が期待される。

小学校学習指導要領では、第 5 学年及び第 6 学年の目標に、曲想と音楽の構造などとの関わりについて理解し、表したい音楽を表現するために必要な音楽づくりの技能を身に付けることが示されている<sup>10)</sup>。そして、音楽づくりの活動を通して、「音を音楽へと構成することを通して、どのように全体のまとまりを意識した音楽をつくるかについて思いや意図」を持ち、「設定した条件に基づいて、即興的に音を選択したり組み合わせたりして表現する技能」を身に付けることが求められている。しかし、自由に音楽をつくり、自分で記譜するような活動では、音楽づくりの条件や意図を見だしにくく、児童の音楽経験などによって差が出てしまい、児童全員への十分な学習効果、及び音楽づくりのねらいの達成が実現できているとはいえない状況になる。そのため、楽曲の条件を明確に設定し、音楽づくりのねらいとプログラミングのねらいの両方を達成できる題材設定及び計画が必要となる。

上記を踏まえて、計画した題材の設定は次の通りである。学習目標は「自分のイメージが伝わる“かえるのうた”を作曲しよう」とし、“かえるのうた”の後半 4 小節を児童が思い思いに作曲する学習内容である。“かえるのうた”を選定した理由としては、次の 5 点が挙げられる。

- (1) 児童誰もが知っている曲であるという点
- (2) 曲調や構成上井やり、付点やタイ、スラーなどの複雑な音階、長さ等の要素がないという点
- (3) 曲全体が短く、16 小節で 1 曲が完成するという点
- (4) 1 小節が 4 拍でリズムをとりやすいという点
- (5) 同じ音やフレーズの繰り返しを含んでおりプログラミングと結びつけやすい点

これらの点から、“かえるのうた”は小学校で実践する短時間での音楽づくりに適していると考えられる。また、イメージを表出する過程で、「どんなかえるが歌っているのか」、「どんな歌が聞こえるのか」等、イメージや思考を具

体化しやすいという点もある。

“かえるのうた”を用いた音楽づくりの題材は、それだけでも音楽の構成要素を学習できるが、導入や練習として扱い、後にもう少し自由度の高い作曲に移行することも考えられる。

また小学校学習指導要領では、低学年、中学年、高学年にかかわらず音楽づくりの内容を扱うことが示されている<sup>11)</sup>。いずれも即興的に表現し、発想を膨らませながら音楽を構成していき、そのなかで音やフレーズのつながり方や重ね方、音の響きや組み合わせの特徴に気付くことを身に付けさせるように設定されている。低学年と高学年で大きく異なる部分は、音のまとまりや構成に思いや意図を持たせることである。したがって、同じ“かえるのうた”の題材でも、そこに意図を持たせるか、まとまりを持たせるかという点を追求せずに、音楽遊びの中で表現させるのであれば小学校低学年でも実践可能となる。

以上の点を踏まえた題材の学習指導計画は、表 1 の通りである。

表 1 題材の学習指導計画（5 年生を想定）

1	音楽とプログラミングの関連性を理解する 知っている曲をプログラムのように書き表す
2	ソフトウェアの操作方法を知る（体験）
3-5	イメージを考えながら表現方法を工夫する 評価・改善を繰り返し、納得のいく曲に仕上げる
6	完成した曲をクラスで聴き合う 他者に意図やイメージが伝わったか評価する

第 1 時間目は、音楽とプログラミングの関連性を学習し、これから行う音楽づくりはプログラミングと同じようなことをしているという意識を持たせる。音楽とプログラミングの関連性に気付かせるためのワークシートを図 4、5 に示す。図 4 のように、楽譜と対応させてプログラミングの要素（順次・反復・分岐）との関連性を見だし、図 5 に示すプログラムの流れをフローチャート化したものを提示して、音楽の構成はプログラミングの流れと同じであることを児童に意識させる。

第 2 時間目は、自由に作曲したり、楽譜を再現したりして、作曲ソフトウェアの操作方法に慣れ、作曲に対するハードルを下げるように設定している。

第 3 から 5 時間目では、自分のイメージが伝わる“かえるのうた”の作曲を行い、隣の人と聴き合いながら自分の意図やイメージが伝わったかどうか評価しながら試行錯誤する。そのなかで、「こういったリズムにすれば、明るい感じになる」「こういった音階では、不安な気持ちがする」というような、感覚的な音のまとまりごとのイメージに気づき、図 6 に示すワークシートに記入してイメージのリスト化を行い、音楽的な要素の気づきにも着目

図4 音楽とプログラミングの関係のワークシート①

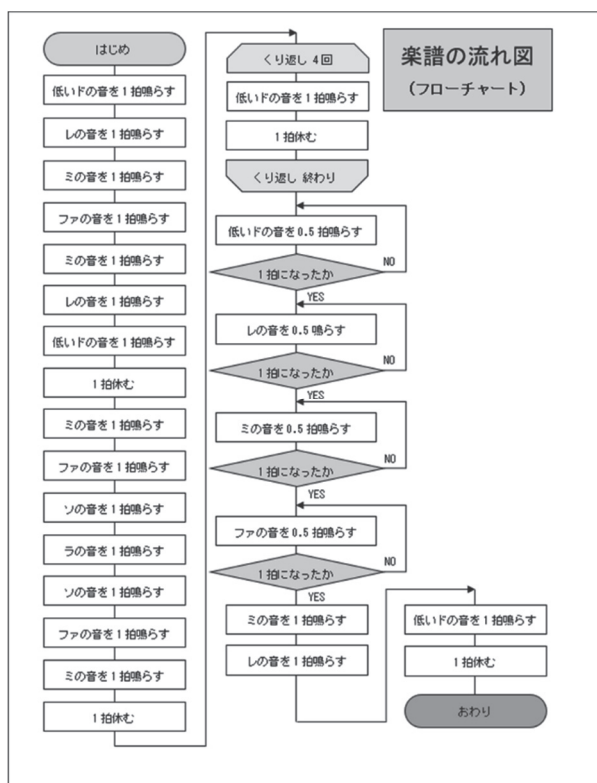


図5 音楽とプログラミングの関係のワークシート②

きるようにしている。

第 6 時間目はクラスでつくった音楽を聴き合い、自分の意図やイメージが他者にも伝わったかを評価する。もし伝わらなかったら、どうすれば良かったかを考えたり、他者から意見を得たりすることによって、音楽の構成とイメージに気付くことができるようにする。

**♪おとなりさんの感想**

続く感じ ・ 終わった感じ ・ 明るい(楽しい)感じ ・ 暗い(さびしい)感じ  
 やさしい感じ ・ おこった感じ ・ はずむ感じ ・ ほか( )

自然なつながりだと思ったところ: \_\_\_\_\_

つながりが不自然だと思ったところ: \_\_\_\_\_

「ここがいいな」と思ったところ: \_\_\_\_\_

**★おとなりさんに自分の意図(思い・イメージ)などが伝わりましたか？**

→ なぜ伝わったのか、伝わらなかったのか考えてみよう

**♪曲をつくるなかで気づいたこと**

続く感じがするのはどんなとき? : \_\_\_\_\_

終わる感じがするのはどんなとき? : \_\_\_\_\_

明るい感じがするのはどんなとき? : \_\_\_\_\_

暗い感じがするのはどんなとき? : \_\_\_\_\_

自然なつながりなのはどんなとき? : \_\_\_\_\_

不自然なつながりはどんなとき? : \_\_\_\_\_

図6 作曲時のワークシート

## 6. 授業に特化した作曲ソフトウェア

本研究で開発した作曲プログラミングソフトウェアは、汎用的につくられているため、様々な曲を実現できるが、複雑な音楽要素を含めて自由に作曲とすると、全く何も浮かばない児童や凝りすぎて時間内に完成しない児童が存在し、プログラミングよりも音楽的な要素でつまづいてしまうことによって、十分に教材の学習効果が得られない。自由度の高い課題における条件の制約は非常に重要であり、限られた条件の中で音楽をつくることによって、現実的な範囲で問題を解決していき、よりよくなるように試行錯誤することにつながる。

そこで汎用作曲ソフトウェアを授業用に改良した。授業用作曲ソフトウェアを図 7 に示す。ソフトウェアの仕様から複雑な音楽要素は除外し、1 拍 (4 分音符)、2 拍 (2 分音符)、0.5 拍 (8 分音符) の 3 種類の音符及び 4 分休符、8 分休符の 2 種類の休符ができるように機能を限定した。音階は基準となる低いドから高いドまでとし、単純ではあるが様々な組み合わせが実現できる範囲に絞った。また、自動演奏の機能は、作曲に関係のない曲を並べるの

ではなく、作曲の参考になるような雰囲気別の演奏を入力しておくことによって、児童それぞれが自分のタイミングで参考として活用できるようにした。例えば教員が手本として「このようにすれば楽しい感じになるよ」と演奏してみても、一度聞いただけでは自分が作曲をする段階になると覚えていないということも起こり得るが、この機能を使えばそのような点を回避できる。

入力される楽曲の前半部分は“かえるのうた”という前提であるため、全員に共通する部分はあらかじめ入力されている仕様になっており、児童は自分が作曲する部分に集中することができる。さらに、児童が作曲する部分は4拍の小節が4つの16拍と決まっており、自分が今何拍入力したのかわかるように可視化している点も、条件の制約の中で作曲を行うことへの配慮である。そして、演奏ボタンをクリックすると表示されるプログラムはコマンドだったものを日本語に変更し、コマンド入力のプログラミングに全く触れていない小学生にもわかるようにしている。授業では条件の制約が不可欠となるが、それをうまく利用すれば、授業に特化したソフトウェアに作り替えることが可能であるということも本教材のメリットである。

## 7. おわりに

本研究では、小学校と中学校のプログラミング教育の接続を考慮して、中学校用に開発したプログラミング教育用の教材の柔軟性を生かし、小学校における適用可能プログラミング教材及び題材の検討を行った。

開発したプログラミング教材は、音楽づくりの授業を行う目的で開発した汎用作曲ソフトウェアである。市販されている一般的な作曲ソフトウェアとは異なり、中学校での計測・制御、高等学校でのコマンド入力型プログラミングを見据えた、プログラミング的な学習の要素が強いものになっている。

教材を適用した題材の学習指導計画として、小学校における音楽づくりの授業案を検討した。音楽的なイメージや意図を重視しながら、音楽とプログラミングの関連性を感じることができる計画である。また、教材の柔軟性によって、授業による条件を反映したソフトウェアに改良することができる。

今後の課題は、本教材を用いた検証授業を行って、教材の有効性の評価・改良を蓄積していくことである。

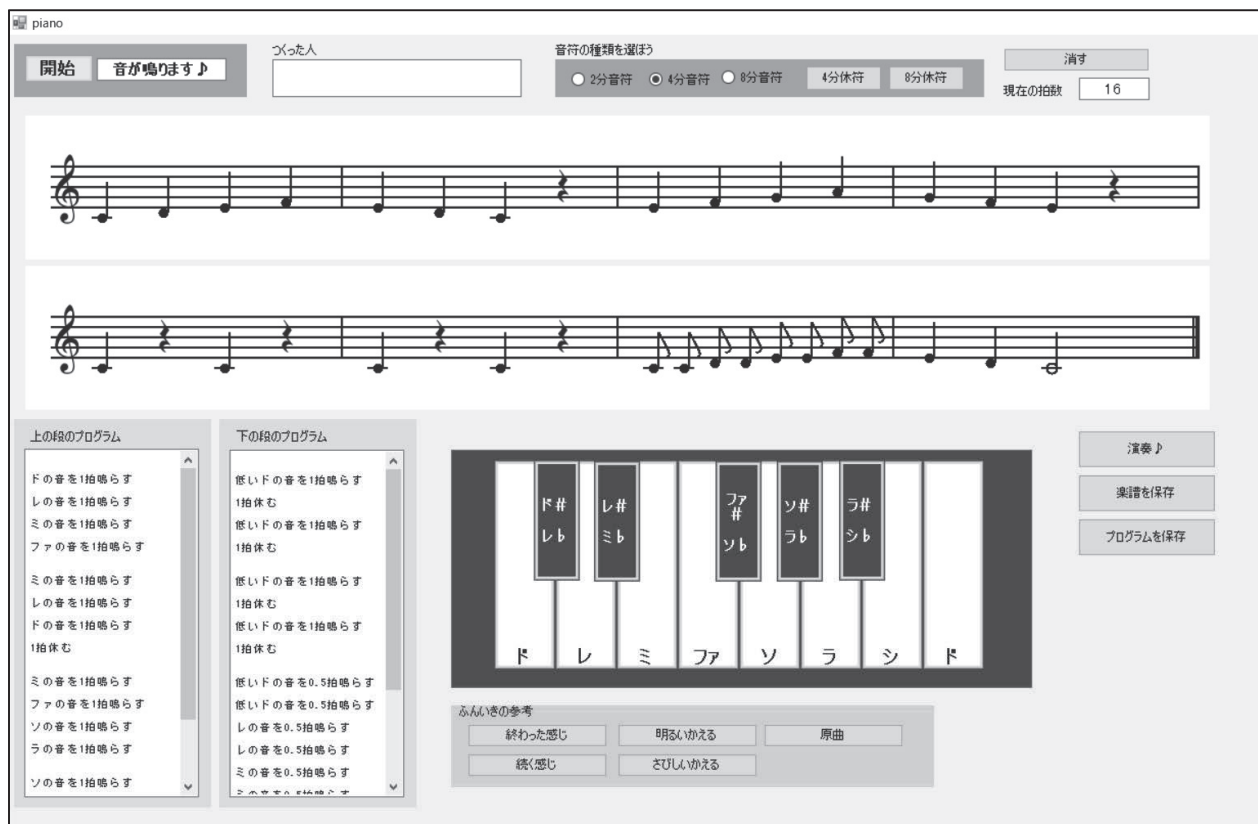


図7 授業用作曲ソフトウェア

#### 参考文献

- 1) 文部科学省：小学校学習指導要領解説総則編，株式会社東洋館出版社，pp.83-87（2018）
- 2) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編，開隆堂出版株式会社，pp.48-59（2018）
- 3) 文部科学省：高等学校学習指導要領解説情報編，開隆堂出版株式会社，pp.31-35（2019）
- 4) 文部科学省：プログラミング教育の手引（第3版）  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm)（最終アクセス日：2022年11月11日），p.11（2020）
- 5) 赤堀侃司：AI時代を生きる子どもたちの資質・能力新学習指導要領に対応，株式会社ジャムハウス，pp.98-101（2019）
- 6) 森脇正人：小学校音楽科の，音楽づくりの内容におけるプログラミング教育の実践～日本の音楽に親しむ学習を通して～，情報教育シンポジウム講演要旨集，pp.23-29（2018）
- 7) 佐々木香織：ICTを活用した音楽づくりにおけるプログラミング的思考の育成，<https://ten.tokyo-shoseki.co.jp/contest/tkyoiku/no33/sasakikaori.pdf>（最終アクセス日：2022年11月11日）（2017）
- 8) 道法浩孝・荒岡斉子：技術科教育におけるPC・USB制御電子楽器教材の開発，日本産業技術教育学会誌第57巻，第1号，pp.21-31（2015）
- 9) 永野玖実・道法浩孝：コンピュータとインタフェースについての指導に配慮した多様なシステムを構成可能な計測・制御教材の開発，日本産業技術教育学会誌第63巻，第2号，pp.197-206（2021）
- 10) 文部科学省：小学校学習指導要領解説音楽編，株式会社東洋館出版社，pp.100-106（2018）
- 11) 前述10)，pp.42-48，71-77