

〈ライブ・コーディング〉の特質を取り入れた音楽づくり活動のための Web アプリケーションの開発(2)

— 命令と実行の結果との即時性及び画面設計に焦点を当てて —

長山 弘¹

要約

筆者は、2021年に、小学校音楽科の音楽づくり活動においてプログラミング教育を実施するための学習材《テクミュ》を開発した。開発にあたっては、音楽を演奏するプログラムを即興的に作成・実行し、演奏される音楽や聴衆の反応に応じてプログラムを編集し、次々と音楽を変化させる〈ライブ・コーディング〉という表現手法の特質を取り入れた。開発と授業実践の結果、「音楽を特徴付けている要素」の理解を深める観点と、誰にとっても操作のしやすい直観的な操作性を備える観点についてが再び検証すべき点となった。本研究では、それらの観点到焦点を当て《テクミュ》の改良と授業実践を行った。その結果、聴衆役の児童の〈プログラミング的思考〉を育むことも期待できること、複製された命令についての気付きを促せたこと、自分だけでなく聴衆にとって納得できる音楽を考える場合にも〈プログラミング的思考〉が働くことの3点を指摘することができた。

キーワード：プログラミング教育、学習材開発、小学校音楽科、ライブ・コーディング、ティンカリング

1. はじめに

2020年度より、小学校段階においてプログラミング教育が必修化された。プログラミング教育は各教科等で実施され(文部科学省 2018, p.86), そのねらいとして次の3点が挙げられる(文部科学省 2020, p.11)。

- 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事
(文部科学省 2020, p.11)

「小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議」(以下、「有識者会議」)(2016)は、①の〈プログラミング的思考〉を、「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせ

らいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力」と定義している。

長山(2022)は、2021年に小学校音楽科の音楽づくり活動においてプログラミング教育を実施するための学習材《テクミュ》を開発し、授業実践を行った。《テクミュ》とは、演奏者の入力した値(=命令)をもとに、音楽(=結果)をリアルタイムに演奏・変化させるWebアプリケーションである。

開発にあたっては、「いじくりまわす」ことを意味する〈ティンカリング(Tinkering)〉という概念に着目した。〈ティンカリング〉は、創造的思考を育む働きをもち、プログラミング教育においてしばしば用いられるScratchにも取り入れられている(レズニックほか, 2018, pp.236-237)。小学校音楽科においても「即興的に表現すること」との共通性を多く見出すことができると指摘されている(志民, 2019, p.56)。長山(2022)は〈ティンカリング〉を実現するにあたって、コンピュータを用いて、音楽を生成するプログラムをリアルタイムに作成・実行する〈ライブ・コーディング(Live Coding)〉という表現手法を用いた。

開発と授業実践を通して、《テクミュ》は開発時に立てた7つの観点から成る「方針と工夫」のほとんどを達成することができたが、「『音楽を特徴付けている要素』の理

¹ 広島大学大学院教育学研究科博士課程後期 院生, 広島大学附属東雲小学校(非常勤)

解を深めることに関する観点」と「直観的な操作性についての観点」の再検証が必要となった。そこで、本研究では、これらの観点に焦点をあてながら《テクミュ》を改良し、再度、授業実践を通して、《テクミュ》による音楽づくり活動とプログラミング教育との関わりを検討することを目的とする。

2. 本研究の背景と目的

本章では、まず、長山(2022)が開発した《テクミュ》の概要と開発の方針を確認する。次に、長山(2022)による授業実践の結果から《テクミュ》の改善点を整理し、本研究の目的を示す。

2.1. 《テクミュ》の概要

2.1.1. 《テクミュ》における「命令」と音楽

《テクミュ》では、演奏者の出す「命令」によって、短い「パターン」(音型)が繰り返し演奏され続ける音楽がつくられる¹⁾。その命令は、マウス(または、タップ)操作によって作成・編集され、演奏される音楽へリアルタイムに反映される。

2.1.2. 《テクミュ》における音楽づくり活動とプログラミング教育のねらいとの関わり

一般的な音楽づくり活動とは、楽器などを用いて音を「探す」、「鳴らす」、「聴く」、「感じる」、「工夫する」という過程の繰り返しである(木村, 2011, p.36)。

一方、《テクミュ》における音楽づくり活動とは、鳴り続ける音楽を聴きながら、同時に音楽を変化させるという、命令を即時かつ正確に結果へと反映できるコンピュータの利点を活かした過程である。それにより、プログラミング教育のねらいの②につながることや、音楽科の内容〔共通事項〕「ア 音楽を特徴付けている要素」の変化を即座に体験し、その働きの理解を深めることで、ねらいの③につながることを目指している(長山, 2022, p.568)。

2.1.3. 《テクミュ》における音楽づくり活動を実現するための手立て

長山(2022, p.568)は《テクミュ》で「演奏中の音楽をリアルタイムに修正する活動」を実現するために、まず、〈ティンカリング〉という概念に着目した。

コンピュータを用いた音楽づくり活動に〈ティンカリング〉を位置付けることで、「音楽を特徴付けている要素」の理解を深められることが期待される。なぜなら、コンピュータを用いることで「音楽を特徴付けている要素」に関わる命令を、「音の大きさ」や「速度」など個別に焦点を当てながら操作し、もたらされる音楽的効果を即時

に確認できるからである(長山, 2019a, p.62)。

さらに、その過程で自身が納得できる音楽が生まれた場合に「どのような動きの組合せ」が働いたのかを考えることによって、〈プログラミング的思考〉に含まれる「一つ一つの動きに対応した記号」を理解する過程へとつながられることも期待できる(長山, 2019a, p.63)。多様な発想を引き出すことによって促される〈ティンカリング〉の思考と、目的的な論理的思考である〈プログラミング的思考〉は、小学校音楽科の特質に応じたプログラミング教育の両輪として位置付けられるのである(p.63)。

コンピュータを用いた音楽づくり活動における〈ティンカリング〉の特質を踏まえ、《テクミュ》で「コンピュータを用いて音楽そのものをいじくりまわし、意図を明確にしていく活動」を実現する手立てとして取り上げた表現手法が〈ライブ・コーディング〉²⁾である(長山, 2022, p.569)。

〈ライブ・コーディング〉では、演奏者は、音楽を生成するためのプログラムをリアルタイムに作成・実行することによって演奏する³⁾。そして、演奏される音楽や聴衆の反応を踏まえ、さらにプログラムを編集し、音楽を変化させるという過程を繰り返す(長山, 2019b, p.67)。演奏時には、演奏者のコンピュータ画面を聴衆に見えるようにスクリーンなどに投影することから、プログラムをつくる過程を見せることもパフォーマンスの一部として位置付けられている(p.64)。このことは、聴衆にとっても命令と実行の結果との因果関係を意識することができる状況をもたらす(p.70)。

長山(2022, p.569)は、この「演奏者が音楽をつくる過程を聴衆と共有する」過程を「聴衆の存在を意識した〈ティンカリング〉」と捉え、聴衆役となる児童にとってもプログラミング教育のねらいの②と③を促すことができると述べている。

2.2. 開発の「方針と工夫」

《テクミュ》の開発にあたって、長山(2022, pp.570-571)は、7つの観点から成る「方針と工夫」を立てた。各観点の目的は「プログラミング教育のねらいを達成するため」、「小学校段階で活用するため」、「音楽的効果を高めるため」の3つに分類することができる。《テクミュ》の課題を示すために、各観点と内容を分類ごとに整理する。

2.2.1. プログラミング教育のねらいを達成するための観点

2.1.3.を踏まえ、まず、「①〈ライブ・コーディング〉の過程に着目した観点」を設け、演奏者の出す命令が即時に音楽に反映される仕組みを取り入れた。その際、少な

い手数で様々な命令を素早く試行できる操作設計—すなわち「スピード感」—をもたせることをねらう。ほかにも、〈ライブ・コーディング〉の特質となる即興性・一回性を考慮し、与えた命令を「元に戻す」機能を設けなかったり、指定した時間が経過した場合に、それまでの命令を全て消去するタイマー機能を設けたりした。

次に、「②『音楽を特徴付けている要素』の理解を深めることに関する観点」を設けた。命令が即時に結果へと反映されることに加え、命令と結果との因果関係が、演奏者、聴衆いずれにも分かりやすくなるように、命令に相応しいアイコンを併せて示すなどデザインを工夫するようにした。

そして、「③直観的な操作性についての観点」を設けた。演奏者の〈ティンカリング〉を促すために、それぞれの命令が意味することが一見して理解できるようにデザインした。

2.2.2. 小学校段階で活用するための観点

《テクミュ》は、小学校段階での活用を前提としている。そのために、「⑤小学校音楽科の学習内容を考慮した観点」を立てた。命令に関わる語などに小学校音楽科を通して児童に親しみのある語を用いたり、選択できる音色を教科書の内容を踏まえて選定したりした。

加えて、どのようなICT環境でもWebブラウザがあれば動作するように、Webアプリケーションとして開発する「⑦動作環境に関する観点」を設けた。

2.2.3. 音楽的効果を高めるための観点

《テクミュ》では、用意された命令を組み合わせることで、「速いフレーズやリズム・パターンを正確に反復する(またそれを重ねる)」コンピュータの利点を活かした音楽を生成できる。しかし、それらの命令によって、児童の表現できる音楽の幅が狭まってはならない。そこで「④児童のつくる音楽の多様性の保障に関わる観点」を設けた。

また、「⑥コンピュータの特質を生かした表現に関する観点」を設け、小学校音楽科の教科書を踏まえ選別した音色に、コンピュータの特徴に関わる音色(例えば、「矩形波」、「鳥の声」)を加えることにした。

2.3. 7つの観点の検証と結果

2.3.1. 開発の過程で達成された観点

2.2.の「方針と工夫」を踏まえ開発に取り組んだところ、開発の過程で観点①、⑤、⑥、⑦を達成することができた。演奏者は、音の高さや長さなどの命令を組み合わせ、パターンを作成する。パターンは繰り返し演奏され、常に音楽が鳴り続けている中で、演奏者は「即興的

に次々と命令を編集し、音楽を変化」させることができる(観点①)(長山, 2022, pp.572-573)。そして、命令に関わる語の表記や音色に留意しながら(観点⑤、⑥)、Webブラウザ上で動作する学習材を開発した(観点⑦)(p.571)。

2.3.2. 授業実践を通して検証した観点と結果

長山(2022)は授業実践を通して、観点②、③、④を検証した。その結果を次に整理する。

「②『音楽を特徴付けている要素』の理解を深めることに関する観点」の結果を発表活動と質問紙調査から検討した。発表活動において、発表児童に対し聴衆役の児童らが音色や音の大きさについて助言をし、それを受けて発表者は命令を修正し、変化した音楽を聴きながら児童らは命令と実行の結果との因果関係を体験していた。質問紙調査からは、「音楽を特徴付けている要素」を工夫しながら活動に取り組んでいる児童の姿がみられた。以上のことから、観点②を達成することができた(p.576)。

「③直観的な操作性についての観点」については、授業後の質問紙調査にて「《テクミュ》の操作はかんたんでしたか」という問いに4段階評価で答えさせたところ、「1(むずかしかった)」が30名中3名(10%)、「2」が3名(10%)、「3」が10名(33%)、「4(かんたんだった)」が14名(46%)であった(p.575)。操作が難しいと答えた児童やプログラミングの経験がないと答えた児童を含めた全員が授業を通して活動に取り組めたこと、また、様々な命令を試しながら、次第に命令を限定し、音楽を推敲していく姿より、〈ティンカリング〉を促す直観性をもたせることは達成できた(pp.574-575)。

「④児童のつくる音楽の多様性の保障に関わる観点」については、児童のつくる音楽は「パターンの組合せと反復を主とした音楽」という予め設けた音楽的枠組から逸脱せずに、興味や好みの反映された個性的な音楽となっていたこと、加えて、質問紙調査で多様な音楽がくれたと回答した児童が30名中16名(53%)いたことより達成することができた(pp.575-576)。

2.3.3. 再度検証すべき観点

2.3.2.より、《テクミュ》に残された課題は、前述したように、誰にとっても操作のしやすい直観性を備えた学習材とすること(観点③)である。

さらに、本研究では、観点③のみならず、観点②(「音楽を特徴付けている要素」の理解を深めること)も検証の対象とする。なぜなら、「音楽を特徴付けている要素」の理解を深めることは、《テクミュ》がもたらす学びのなかで、最も期待されていることの一つであるからである。

本研究において、観点②の検証を再度行うことは、《テクミュ》の教育的可能性をより確実にするために重要であると考えられる。

2.4. 本研究の目的と方法

本研究では2.3.3.を踏まえて《テクミュ》の改良に取り組み、《テクミュ》を用いた音楽づくり活動とプログラミング教育との関わりを検討することを目的とする。

そのために、まず、再検証する観点を踏まえて改良に取り組み、その具体を示す(3.)。次に、改良した《テクミュ》を用いた授業実践を行う(4.)。そして、授業における児童の様子や質問紙調査の結果を手がかりにしてプログラミング教育との関わりを検討する(5.)。

3. 改良にあたっての手立てと具体

本章では、2.3.3.で再検証の対象とした2つの観点を踏まえ《テクミュ》の改良に取り組み、その具体を示す。《テクミュ》はVPSサーバー上に設置し、「http://tec-mu.com」へアクセスすることによって誰でも閲覧することができる⁴⁾。なお、これ以降、改良前と改良後の《テクミュ》を別に論じる場合、改良前を「初版」、改良後を「二版」と示す。

3.1. 「音楽を特徴付けている要素」の理解を深めるための改良

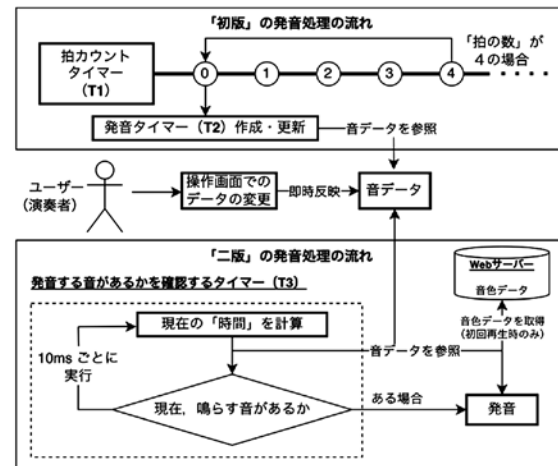
まず、観点②にあたって、「音楽を特徴付けている要素」の理解を深めるためには、2.1.3.より、児童が自らの出す命令とその実行の結果(つまり、音楽)との因果関係を理解しやすく設計することが肝要となる。つまり、児童が出した命令が、できる限り即時に音楽に反映される仕組みを設ける必要がある。

ここで演奏される音楽の即時性に関わって、《テクミュ》の発音処理の流れを説明する。《テクミュ》では、設定された拍の数(例えば、4や8)を繰り返しながら、音楽が演奏される。

「初版」においては、指定された「速度」(=テンポ)をもとに「0」、「1」、「2」、「3」…と現在⁵⁾の拍⁶⁾を計算する「拍カウントタイマー」(T1)と、音の高さや音色に関わる値など(「音データ」)を反映して音を鳴らす「発音タイマー」(T2)を設けた。その結果、演奏者が出した命令は、次に1拍目となったときに音楽に反映されるため、即時性に欠けるところがあった(図1上)。

このことを踏まえ、「二版」では、「発音する音があるかを確認するタイマー」(T3)によって発音処理を行うようにした。それにより、演奏者は命令を出すと即座に結果としての音楽を確認することができる(図1下)。

図1 《テクミュ》の発音処理の流れ



3.2. 直観的な操作性を高めるための改良

次に、観点③にあたって、誰にとっても一見して理解できる、直観的な操作性をもたせるための方策を検討する。

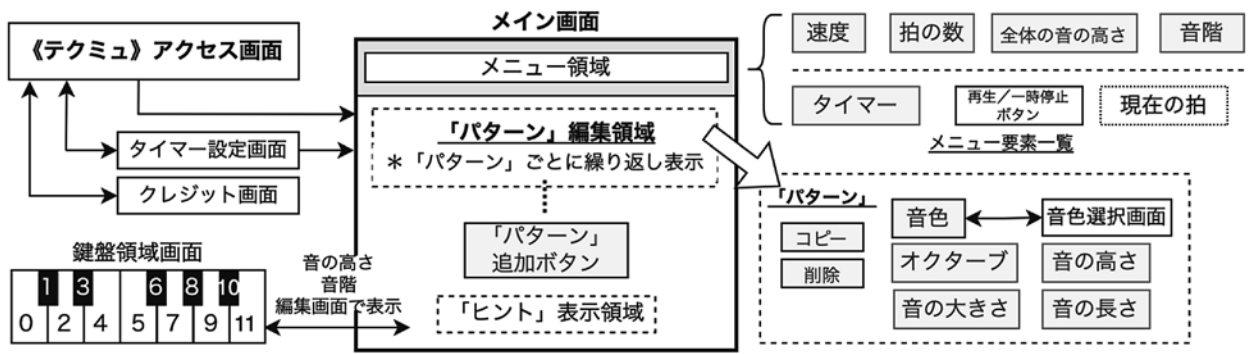
3.2.1. 直観性を高めるための工夫

原田(2019, pp.71-75)は「考えることなく見ただけですべての意味を把握でき、かつ操作に手間取ることが何一つない状態」が、利用者にとって精神的・身体的負荷(「インタラクションコスト」)の最も小さい良いデザインだと述べている。続けて、インタラクションコストは、画面の大きさなど、利用者の環境によって異なるため、それぞれに合わせたデザインが必要になるが、いずれにおいても「一貫性」、「シンプルさ」、「共通概念」を併せ持つことが「インタラクションコストを最小化する普遍的手法」としている(p.75)。

ここで原田(2019)が述べる「一貫性」、「シンプルさ」、「共通概念」の定義を確認する。「一貫性」とは、「デザインの意味や操作をユーザーが予測しやすいうように、ある規則に則って設計をすることである(p.76)。「シンプルさ」とは、「明快」を指し「何が起きているのかを即座に理解でき、次にどうするか自信を持って決定できる状態」のことである(p.79)。一方、手数を減らし即時性を高めるためには「複雑」なデザインも必要であるとし、利用者の習熟度によっては複雑である方が有用であるとしている(p.81)。「共通概念」とは「青文字はリンク」や「星はお気に入りか評価」といった「誰もが知っている標準的なルール」を指す(p.82)。

これらを踏まえて、原田(2019, p.85)は、「直感的」とは「ユーザーの予測とその結果が完全に一致」し思った通りに動く状態と定義している。その際、「明快」なデザインと操作の理解のしやすさとは異なることから、「シ

図2 「二版」の画面構成・遷移図



ンプルさ」と「直感的」とは別の概念であること、また、「一貫性」のあるデザインでも利用者の経験によって直感は異なることを指摘する。それらを踏まえた上で、利用者の「それまでの経験に依存」する直感と共通概念に基づきながら「インタラクションコスト」を小さくした状態が、直感的なデザインだと述べる (p.85)。なお、原田は「直感的」という語を用いているが、本論における「直観的」と同義と考えられる⁷⁾。

以上を踏まえ、「直観的」を生むための工夫を整理すると、全ての利用者にとって一見して理解できる直観的なデザインを設計することは、直観が利用者の経験に依ることから困難といえる。しかし、「一貫性」、「シンプルさ」、「共通概念」を工夫することで、できるだけ多くの人々にとって理解しやすいデザインを実現することはできる。

3.2.2. 直観性をもたせるための工夫の具体

「初版」においても、「追加」や「削除」といった命令に相応しいアイコンを併せて表示するなどの工夫を取り入れた (長山, 2022, p.570) が、本研究では「①『直観的』を生むための工夫」を踏まえ、児童がより直観的に操作できるように画面設計となるように《テクミュ》を見直した。次にその具体を述べる。

まず、画面遷移の仕組みを見直した。「初版」においては、音の高さ、音の長さ、音の大きさ、音色などの値を設定するために、「メイン画面」から、それぞれの値の編集ボタンを押して編集画面へと遷移していた (長山, 2022, pp.572-573)。それに対し、「二版」では、「シンプルさ」と「複雑」さを踏まえ、同一の画面上で値を編集できるように修正した。これは、利用者が少ない手数で命令を出せることと、現在、何を編集しているのかを分かりやすくすることをねらいとしたものである。その際、値の編集に多く用いられる「スライダー」やカーソルを合わせると背景色が変わる「ボタン」といった「共通概念」を踏まえ、画面上のスライダーを操作したりボタンを押したりすることで値を編集できるデザインにした (図2)。

次に、音の高さと音の長さの表し方である。「初版」では、それぞれの値は別々の箇所に表示されていたため、どの音の高さが、どの音の長さに対してなのかが一見して分かりづらかった。そこで「二版」ではそれらの関係が理解しやすいデザインをねらった。中川 (2011, p.32) は「複数の要素がある場合、人の目はまず左から右、そして左下へ」と動くことから、それに沿ったデザインとすることが「理解を深めるレイアウト」には重要だとしている。よって、中川の論と原田の「一貫性」を踏まえ、「二版」では、「音の高さ」、「音の長さ」を行とし、左から右へ列 (=時間軸) をもつ表として示した。加えて、音の長さによって、それぞれの列の横幅を変える工夫も取り入れた (図3)。

図3 「二版」の操作画面



3.2.3. 〈ティンカリング〉を優先した点

プログラミング教育の視点より、児童の〈ティンカリング〉を促すために、あえて修正しない点を設けた。それは、数値で表せる命令 (例えば、音の高さ) に関することである。

阿部 (2016, p.350) は小学校第3学年を対象にScratchを用いたワークショップを行ったが、共通してみられた児童の活動として、変数に「99999...9」といった極端に大きな数値を入力したり、同一のオブジェクトを幾重にも複製したりして、その結果を楽しみ共有したこと

を挙げている。西下(2016, p.1232)は、小学校第1学年を対象にScratchを用いて数値を変えながら画面上の魚を動かす活動を行ったところ、「やみくもに数値を大きくして目にもとまらぬ速さで魚が動くのを楽しむ子」がいたことを記している。これらは、命令に様々な数値を入力することによって、「ティンカリング」が活発に行われている姿といえる。

以上を踏まえ、《テクミュ》においても「ティンカリング」を促すために、命令の入力や表示に数値を活用する。例えば、音の高さを表す際に、小学校音楽科で学ぶ音名(「ド」, 「レ」, 「ミ」など)ではなく数値を用いる。ただし、「二版」では、音色を「打楽器群」とした場合、「鍵盤」画面に数値と楽器名(「太鼓(低) 1」, 「手拍子」など)を表示した。これは、「打楽器群」の音の高さは様々な打楽器と対応しているため、数値の大小と結果とに因果関係がなく、数値を見ても何の楽器を表しているのかが分からないためである。

3.3. その他の改良

2.3.3.で挙げた観点を踏まえた改良に加え、命令を出すための支援となる工夫を取り入れた。その1つが、「音を鳴らすために『⊕パターンをつくる』を選択しましょう」などといった命令の「ヒント」を表示することである。ほかにも、音の高さと長さをランダムに入力する機能を備えた。それにより、「ティンカリング」を促し、スピード感を伴う操作ができる環境の実現をねらいとした。

3.4. 改良によって生じた変更点

本節では、改良によって生じた変更点を示す。

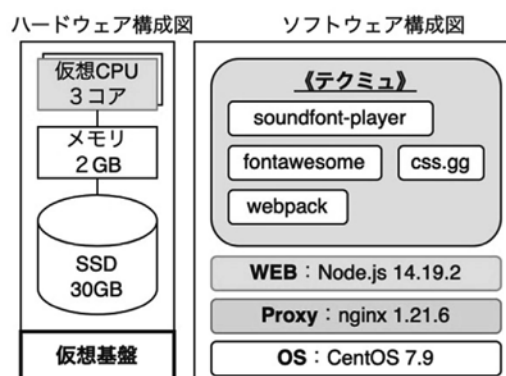
まず、操作と生成される音楽についてである。「二版」では1拍～12拍から成るパターンの組合せと反復を主として音楽を生成する。演奏者は、音の高さと長さを自ら選ぶか、コンピュータによってランダムに選択することによって旋律を作る。一方、「初版」と同じ箇所は、パターンに関わる命令として、音色、音の大きさ、オクターブが変更できる点、そして、音楽全体に関わる命令として、速度、拍の数、全体の音の高さ、音階が変更できる点である。

また、開発の過程で、「二版」のハードウェア及びソフトウェア構成図(図4)も「初版」の構成図(長山, 2022, p.571)とは異なるものとなった。

大きな違いは、jQueryライブラリを使用せずに開発したことと、Proxyサーバーとしてnginxを取り入れたことである。

以上、《テクミュ》の改良の手立てと具体(3.1., 3.2., 3.3.), それによって生じた変更点(3.4.)を述べた。次章では、「二版」とプログラミング教育との関わりについて検討するために授業実践に取り組む。

図4 「二版」のハードウェア及びソフトウェア構成図



4. 「二版」による授業実践と結果

本章では、「二版」を用いた授業実践を行い、その結果を児童による音楽づくり活動の具体などより示す。児童の活動過程を検討するにあたって、実践における児童の様子をビデオカメラによって記録した。

なお、本授業実践にあたっては、研究倫理を踏まえ、次の点に配慮した。まず、本研究のために授業実践を行うことについて、対象児童の保護者より事前に許諾を得た。次に、児童のプライバシー保護のために、研究成果のとりまとめの際、個人の特定ができないように、実名をA児やB児と置き換えて整理した。

4.1. 対象と実践日時

6年1組 30名

7月13日(水) 4時間目 11:40～12:25

6年2組 29名(実践②は1名欠席)

実践① 7月11日(月) 4時間目 11:40～12:25

実践② 7月20日(水) 4時間目 11:40～12:25

なお、6年2組については、6年1組と同様1時間分の授業を予定していたが(実践①)、授業中に機器トラブルが発生し、活動時間が不足したため、第2時となる実践②を設けて補った。後述する授業の流れについては、1組、2組とも同じである。

4.2. 活動の環境と児童のICT活用の経験

個別活動にあたって、児童に1人1台ずつICT端末としてiPadとイヤフォンを用意し、それぞれのiPadから「二版」にアクセスした。発表活動にあたって、教室の前方に、発表者用のICT端末とその端末の画面を映す電子黒板を用意した。また、班活動を行う場合に1つのiPadの音を班全員が共有できるように分配器(スプリッター)を班の数分用意した。

授業にあたって「ICT端末を用いた『音楽づくり』をどのぐらい使ったことがあるか」という質問紙調査を児童59

名(1組30名, 2組29名)に実施したところ、「よくしている」は1名(2%),「たまにする」は2名(3%),「したことはあるが今は、ほとんどしない」は9名(15%),「いちども、したことがない」は47名(80%)という回答が得られた。

4.3. 授業の流れ

はじめに、授業者が「二版」を用いた演奏を行う。演奏の様子は電子黒板を用いながら児童に共有する。次に「〈ライブ・コーディング〉に挑戦しよう!」というめあてを示し、〈ライブ・コーディング〉の演奏動画(Web Audio Conf 2018)を3分ほど鑑賞する。その後、児童はそれぞれのiPadより「二版」にアクセスし、個別活動に取り組む(15分)。なお、6年2組は実践①で1度機器の準備などを経験しており、6年1組より多くの活動時間が確保できたため、個別活動の後に4~5名が1台のiPadを操作する班活動を10分ほど取り入れた。最後に、〈ライブ・コーディング〉を実感するために、希望する数名の児童による発表活動を行った(15分)。発表にあたっては、タイマー機能によって演奏時間を設け、発表者のiPadの画面を電子黒板に複製表示することで、音楽をつくる過程を聴衆役となる児童と共有した。さらに、〈ライブ・コーディング〉が盛んに実践されている場がクラブ・シーンなどであること(Roberts & Wakefield, 2018, p.294)を踏まえ、照明を落とし暗くした教室で発表に取り組んだり、聴衆役の児童に、発表者の演奏中であっても、演奏内容に対して手拍子や発言などで積極的に反応をすることを促したりすることで、その場の雰囲気を発表者に意識させることとした。

4.4. 個別活動における指導と児童の姿

本授業では、児童が様々な機能を試行錯誤し理解すること(〈ティンカリング〉)を促すために、授業全体を通して、授業者は「〇〇を押したら、△△になる」といった操作の説明を行わず、児童が次の操作に迷ったときは「ヒント」を参照するように指示した。ただし、「二版」ではなくiPadの操作に関する質問(例えば、音量の調節など)については、それぞれ対応した。

このように、授業者は「はじめに〇〇をしてみましょう」、「次に△△をしてみましょう」といったナビゲートをしなかったが、実際の授業の様子及び活動の記録より、全ての児童が個別活動において音楽づくり活動に取り組むことができていた。

4.5. 発表活動における児童の具体

本節では、発表活動における児童の様子を具体的に示す。発表活動に取り組んだ児童は、いずれも様々な命令

を出しながら、音楽づくり活動に取り組むことができていた。ここでは、その中でも個性の異なる3名の児童(A児, B児, C児)を取り上げ、活動の記録をもとに、「二版」を用いた音楽づくり活動の具体を記す。

まず、矢継ぎ早に様々な命令を出しながらも、聴衆の反応を演奏に反映させていたA児を取り上げる。A児は、はじめ、「ピアノ」で1オクターブの音域内で跳躍を繰り返す無調の旋律を作った。次に、「鉄琴」で異なる音高を新しく重ね、続けて「木琴」を用いて同じように音を重ねた。そして、「黒電話」による音を重ねたとき、A児は「気持ち悪い」と発言したが、それに対し聴衆の児童が「いいのいいの」と応えたことで、「黒電話」の音を残したまま、新しい命令を試行し続けた。試行にあたっては、聴衆の反応(面白いと感じた音楽に対する笑い声、無反応など)に合わせて、音色の命令などを編集していた。演奏を通して様々な音色を試行したA児の生成する音楽は、全体的に調性が感じられず、複数のパターンが組み合わせられることで生じる不協和な響きが特徴的であった。

次に、命令の選択にじっくりと時間をかけて演奏していたB児を取り上げる。B児は、まず、「ピアノ」で「ド」の音を繰り返し演奏する命令をつくり、音色を「木琴」へと変えた。次に、「ピアノ」の「レ」を複数加え、休符を交えながらリズムを変化させていたが、しばらく試行した後にそれらの音を全て削除した。その後、「ミ」や「ラ」を組み合わせながら、音高を試行し続けていたものの、演奏の最後には新しい音色を試していた。B児の音楽や命令の特徴として、同じ高さの音を繰り返し演奏していたこと、変化させた音楽を聴いて命令を削除し再び思考する姿がみられたこと、そして、音の高さの命令を色々試した後に、音色を変えるという別のアプローチを採ったことが挙げられる。1つ1つの命令の選択に時間がかかっていたB児の姿は、納得のいく音楽を探しているようで、そのために適切な命令を何度も試したりしているようであった。

最後に取り上げるのは、生成される音楽がひととき个性化的であったC児である。C児は、はじめ、ハ長調に思われる旋律を「ピアノ」で作成した。次に、その旋律に協和する音を同じリズムで「鳥の声」により重ねた。さらに、「ハープ」によって同様に音を重ねた。途中からは「打楽器群」を使い、短くリズムを刻む命令を加えた。最後には、「ホルン」や「ギター」による実楽器では演奏出来ない高音を加えることで、あたかもシンセサイザーを活用した「テクノ・ミュージック」のような音楽となった。スピード感をもって命令を試行する姿はA児と共通していたが、調性の感じられる音楽となっていた点が特徴的であった。

以上、「二版」を用いた発表活動の具体を、児童3名を取り上げ、演奏の様子や生成された音楽について記し

24名(41%)、「2(わかりにくかった)」は12名(21%)、「1(とてもわかりにくかった)」は0名(0%)であった。3.2.1.において「全ての利用者にとって一見して理解できる直観的なデザインを設計することは、直観が利用者の経験に依ることから困難」としたように、全ての児童にとって分かりやすいと感じられるような直観性を「二版」にもたせることはできなかった。

しかしながら、4.4.で示したように、授業実践の様子をみると、「2(わかりにくかった)」と答えた12名を含む全ての児童が授業者のナビゲートなしに音楽づくり活動に取り組み、〈ティンカリング〉することができていた。このことは、「二版」が本授業に取り組むための適切な直観性を備えられており、観点③が達成できたことを示す事実といえる。

5.3. 《テクミュ》とプログラミング教育との関わり

5.1., 5.2.より「二版」が観点②, ③を達成する学習材であることが検証できた。適切な直観性が児童の〈ティンカリング〉を促し、〈ライブ・コーディング〉性によって演奏を聴く(観る)児童にとっても「音楽を特徴付けている要素」への理解を促し、結果として〈プログラミング的思考〉を育むことが期待される。

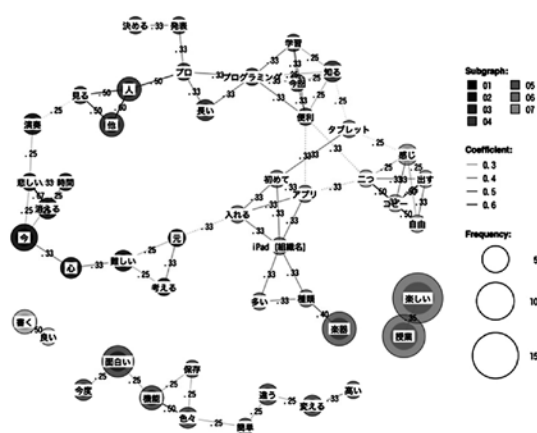
本節では、以上に加え、「ほかに感想があれば、自由に書いてください(Q2)」という質問紙調査の結果や記録した児童の活動の様子を踏まえて、《テクミュ》とプログラミング教育との関わりを検討する。

5.3.1. 複製された命令への気付き

Q2の傾向を共起ネットワーク(図6)より検討する。

図6よりQ2の傾向は3つにわけられる。1点目は「二版」の機能に関する感想である。「色々」、「簡単」、「機能」、「面白い」、「保存」という語のつながりは、「二版」の命令に関する感想を表している。なお、「保存」という語は、つくった音楽を保存したいという意見であった。同様に「時間」、「消える」、「悲しい」という語のつながりは、タイマー機能が終了したときに、つくった命令が全て消えてしまう仕様に対する意見である。2点目は、ICT端末を用いた活動に対する感想である。「iPad」と「種類」、「楽器」、「多い」という語のつながりから、児童がICT端末を用いることで様々な音色を試すことができることを感じとっていると思われる。3点目はプログラミングに関わる感想である。「プログラミング」、「今回」、「学習」、「知る」、「便利」という語のつながりから、「二版」とプログラミングとの関わりに気付いていると解釈できる。

図6 Q2の共起ネットワーク



Q2のプログラミングに関わる感想より、「コピー」、「リズム」、「二つ」という語のつながりに注目し自由記述をみると「今回の学習を通して、プログラミングがどんなに便利なものかを知ることができた。具体的には、コピーした後のものを自由に変化させることができ、コピー前のは変わらないからリズムをずらし、二つの音が重なる感じを出すことができた。このアプリは、二つを重ねるような操作ができるので、すごい便利だと思った」という回答がみられた。

パターンの複製機能は「初版」から取り入れていたものの、「初版」を用いた授業実践(長山, 2022)では、それに関わる意見は得られなかった。この背景として、今回デザインを見直したことで、複製元のパターン(=命令)と複製後のパターンとの因果関係が理解しやすくなったことが考えられる。

そして、児童のこの回答は、実際のプログラミングにつながる重要な気付きだと捉えられる。複製した命令と元の命令との関わりを知ることは、「値の交換」¹⁰⁾などのプログラムを考えるために重要な手がかりとなる。この気付きを促せたことは、《テクミュ》とプログラミング教育との関わりの一つといえる。

5.3.2. 〈プログラミング的思考〉が働く瞬間

記録した〈ライブ・コーディング〉に取り組む児童の様子をみると、新しい命令を瞬時に繰り出すことができない児童の姿も見られた(例えば、4.5.において、命令の選択に時間がかかっていたB児)。それは、「命令の出し方がわからない」状態とも解釈できるが、ほかに、命令と実行の結果(音楽や、聴衆の反応)との因果関係を考える思考が働いている姿と捉えることもできる。実際、他者の演奏(Q1)に対して「なぜ、そんなに思い通り(というか自分が満足いく)演奏ができるのか不思議に思った」という回答からは、《テクミュ》による音楽づくり活動で「納得できる音楽」を実現しようとする姿勢が窺え

る。

〈ティンカリング〉の過程では「納得できる音楽が生まれたとき」に命令と実行の結果との因果関係を見直すことで、〈プログラミング的思考〉が働く(長山, 2019a, p.63)。しかし、〈ティンカリング〉をパフォーマンス化した〈ライブ・コーディング〉の過程には、実際に生成される音楽だけでなく、それに対する聴衆からの反応といった要素も加わるため、〈プログラミング的思考〉が働く場面が異なることが考えられる。つまり〈ライブ・コーディング〉では、自分だけでなく、聴衆にとって納得できる音楽を考える場合にも〈プログラミング的思考〉が働くことが考えられる。

6. おわりに

本研究では、長山(2022)を踏まえ、学習材《テクミュ》について、開発時に立てた7つの「方針と工夫」の観点のうち、再検証の対象とした『音楽を特徴付けている要素』の理解を深めることに関する観点と「直観的な操作性についての観点」に焦点をあてながら《テクミュ》を改良した。そして、授業実践を通して、各観念の検証と《テクミュ》による音楽づくり活動とプログラミング教育との関わりを検討した。その結果、本研究を通して、次の3点を指摘することができた。

1点目は、「音楽を特徴付けている要素」へ着目を促すことで、聴衆役の児童の〈プログラミング的思考〉を育むことも期待できることである。

2点目は、直観的な操作性を意識したデザインの改良によって、複製された命令と元の命令との関わりという、実際のプログラミングにつながる気付きを引き出すことができたことである。

3点目は、〈ライブ・コーディング〉の特質を取り入れることによって、「自分にとって納得できる」だけでなく「聴衆にとって納得できる」音楽を考える場面が生まれ、その過程も、児童の〈プログラミング的思考〉を働かせる活動になりうるということである。

注

- 1) このような様式の音楽は、〈ミニマル・ミュージック (Minimal Music)〉や〈トランス・ミュージック (Trance Music)〉と呼ばれる音楽と親和性をもつ。
- 2) Roberts & Wakefield (2018, p.293)によると、〈ライブ・コーディング〉は2000年代初頭に見られるようになった。
- 3) 〈ライブ・コーディング〉は音楽のほかに映像を生成する場合もあるが、本研究では音楽を生成する場合を対象とする。
- 4) 《テクミュ》は現在もバージョンアップを図っている。本研究の授業実践で用いた「二版」は「<http://v2.tec-mu.com>」においても公開している。

- 5) ここでの「現在」とは、演奏者が《テクミュ》を操作している「瞬間」を指す。
- 6) プログラムの処理では、現在の「拍」の計算は0から開始しているが、画面上ではその値に1加算した数を表示している。つまり、「拍の数」を4と設定した場合、画面上では「1」、「2」、「3」、「4」の値が繰り返し表示される。
- 7) 『学研 現代新国語辞典』(金田一春彦・金田一秀穂 2017, p.949)によると、「直観」は「推理や判断などによらずに対象の本質を直接にとらえること。また、とらえた内容を、「直感」は「[勘などの働きによって]瞬間的に感じとること」を指す。これらの定義より、それぞれ対象の内容をその場で理解できるという点では同じだが、その根拠は異なることが分かる。そして、原田の「直感的」をみると、その思考は勘ではなく、根拠をもって働いている。このことを、先の定義に照らし合わせると、「直感的」より「直観的」といえる。
- 8) KH Coderで分析するにあたって、まず、児童の自由記述の回答を、文脈が変わらないように誤字脱字や表記揺れを修正(データクレンジング)し、児童名も個人が特定できないようにした。次に、集計単位を「文」、共起関係の種類を「語一語」、語の取捨選択の最小出現数をQ1は「3」、Q2は「2」とし、共起性の指標にJaccard係数を選択し上位「60」を描画した。Q2の語の取捨選択の最小出現数を2とした理由は、Q2の回答を任意にしたところ、11名が空欄だったためである。
- 9) 「操作」にはルビを付けた。
- 10) 「値の交換」とは、複数の変数の値を交換することである(奥村, 1991, p.1)。

参考文献

- 阿部和広(2016)「子供の創造的活動とプログラミング学習」『情報処理』57(4), 349-353.
- 奥村晴彦(1991)『ソフトウェアテクノロジー 13 C言語による 最新 アルゴリズム事典』技術評論社.
- 木村充子(2011)「(3) 音楽づくり」有本真紀・阪井恵・山下薫子(編)『2011年改訂版 教員養成課程 小学校音楽科教育法』教育芸術社, 36-37.
- 金田一春彦・金田一秀穂(編)(2017)『学研 現代新国語辞典 改訂第六版』学研プラス.
- 志民一成(2019)「音楽科における新たな価値を生み出す豊かな創造性の育成」『季刊 音楽鑑賞教育』36, 54-57.
- 小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議(2016)「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について(議論の取りまとめ)」https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/

- attach/1372525.htm
- 中川聡 (2011) 『グラフィックデザイナーのためのユニバーサルデザイン実践テクニック51』ワークスコーポレーション.
- 長山弘 (2019a) 「小学校音楽科のプログラミング授業における〈ティンカリング〉の位置付けの検討—コンピュータ・ソフトウェアを用いた音楽づくり活動に焦点を当てて—」『広島大学大学院教育学研究科紀要 第一部』68, 57-65.
- 長山弘 (2019b) 「〈ライブ・コーディング〉による音楽表現の特質に関する一考察」『音楽表現学』17, 63-72.
- 長山弘 (2022) 「〈ライブ・コーディング〉の特質を取り入れた音楽づくり活動のためのWebアプリケーションの開発」『日本教育工学会論文誌』46 (3), 567-578. <https://doi.org/10.15077/jjet.45110>
- 西下義之 (2016) 「小学校図工科におけるプログラミングの活用—1年生の取り組みを通して—」『情報処理』57 (12), 1232-1234.
- 原田秀司 (2019) 『UIデザインの教科書 [新版] マルチデバイス時代のインターフェイス設計』翔泳社.
- 文部科学省 (2018) 『小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説 総則編』東洋館出版.
- 文部科学省 (2020) 「小学校プログラミング教育の手引 (第三版)」 https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_002.pdf
- レズニック, ミッチェル・村井裕実子・阿部和広 (2018) 『ライフロング・キンダーガーテン 創造的思考力を育む4つの原則』酒匂寛 (訳), 日経BP社.
- Roberts, C. & Wakefield, G. (2018). Tensions and Techniques in Live Coding Performance. In McLean, A. & Dean, R. T. (Eds.), *The Oxford Handbook of Algorithmic Music*. Oxford University Press, 293-317.
- Web Audio Conf (2018). Improvisation by Charles Roberts. <https://youtu.be/qi8VX6GawLM>

Development of a Web Application Reflecting the Characteristics of “Live Coding” for Creative Music Making (II): Focusing on the Immediacy of a Command and Screen Design

Hiroshi NAGAYAMA

Graduate School of Education, Hiroshima University,
Shinonome Elementary School Attached to Hiroshima University

Abstract

In 2021, I developed the learning material "Tec-Mu," for practicing programming education in music making in elementary schools' music lessons. While developing "Tec-Mu," I incorporated the characteristics of "live coding," a way of expression. In live coding, a performer creates and executes a program to play improvisational music. The program is then edited in real-time by responding to the music being played and the audience's reaction, thus successively changing the music. This classroom practice helped to achieve most of the goals set at the time of development. However, it needed to re-examine the perspective of deepening the understanding of "elements characterizing music," and of providing intuitive operability for everyone's ease of use. In this study, I focused on these points to improve the material, and examined relationships between the improved "Tec-Mu" and programming education through classroom practice. This resulted in the focus on following three points: (1) I was able to foster computational thinking in children on the audience side, (2) I was able to encourage awareness of the duplicated variables, and (3) computational thinking is also activated when considering the music that is satisfying not only to themselves but also to their audience.

Keywords: programming education, teaching material development,
elementary school music lesson, live coding, tinkering