

# プログラミング教材 MESH<sup>®</sup>に利用できる感情を表す短い表現音楽の作曲

大庭 美奈      新井 しのぶ      田中 るみこ  
白石 恵里      岩 男 芙 美      野 上 俊 一

## Composition of Short Expressive Music Available for MESH<sup>®</sup>, Programming Teaching Material

Mina Ohba      Shinobu Arai      Rumiko Tanaka  
Eri Shiraishi      Fumi Iwao      Shunichi Nogami

### 1. はじめに

プログラミング教育で養われるべきプログラミング的思考とは「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）」（文部科学省有識者会議，平成28年6月）において「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み合わせが必要であり，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たらいいのか，記号の組み合わ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」と提言されている。新学習指導要領（文部科学省，2017）の中でプログラミングを取り入れる教科は，算数，理科，総合が例として記載されているが，どのように取り入れるかは教員にゆだねられている。

プログラミング教育がスタートする2020年度まであともわずかに迫っている中，プログラミング教育をどのように展開し，各教科の資質・能力に関する教育効果を得ることができるかについて実践報告も増えている。例えば，小学校理科第6学年の振り子の学習において，ビジュアルプログラミング言語「Scratch」を活用し，振り子のシミュレーションプログラムを行ったことで，振り子の規則性の習得に非常に効果を示したことが報告されている（佐藤，2018）。また，算数においては平均値，多角形そして公倍数の学びにプログル（<https://proguru.jp/>）というプログラミングソフトを用いた実践例が報告されている。これらは，パソコン等のIC端末上で，児童が容易に理解できるよう改良されたビジュアルプログラミング言語を用いてプログラムを組み立て，命令を実行させることでプログラミング的思考を体験的に理解させている。

この他にも，作成したプログラムを「ボードコンピューター」上で実行させることで，動作や視覚表現を出力することができる機器や，部品を組み合わせでプログラミ

ングで動かす「電子工作キット」型のプログラミング教材が開発されている。例えば，MESH<sup>®</sup>は，「教育活用」「学び・教育への活用」を目的として開発され，「光」「動き」「人感」「湿度・温度」等のセンサーを制御，命令することで比較的容易にタブレット上の専用アプリを用いて操作できる。専用アプリをタブレットやパソコンにダウンロードしておけば，インターネット回線を利用することなく起動や操作ができ，かつキーボードを使うことなくプログラムを動かして手軽に無線で操作することができる。

教員の意識調査で「プログラミング教育の内容や指導方法が分からない」と答える教員が多いことから（斎藤・倉澤，2018），数あるプログラミング教材の中から，どの手段を選択し，どのように学習に用いるかを定めることは，プログラミング未経験の教員にとっては非常に難しいと予測される。

児童にプログラミング的思考を獲得させるためには，一連の活動の実現のために，必要な動きを分けて考え，動きに対応した命令（記号）にし，それらを組み合わせで実行できるプログラミング的思考を発揮する環境が求められる。同時に，児童の認知発達水準に応じた教材であることも求められる。特に，児童期は具体的な事物に対する論理的思考の段階から形式的・抽象的な事物に対する論理的思考の段階へ移行する時期であり，具体的な事物を自らが直接操作する教材であるほどプログラムが持つ論理性を理解しやすいと予想される。また，プログラミング的思考の育成という観点では，十分に論理的推論を働かせて単一試行で課題達成を成し遂げることが重要視される。しかし小学校教育においては，人間性育成の面から試行錯誤しながらプログラムを改善する調整過程が求められる（文部科学省，2011）。その際，教師が活用する教材の現実性が高く，操作性が容易であることは試行錯誤のアイディア産出を増加させ，多くの試行錯誤を生み出すことも予想される。

その点で「電子工作キット」の一つである MESH<sup>®</sup>は操作が簡単であり、児童が操作方法や仕組みを学ぶ時間が短縮できるという利点がある。さらに MESH<sup>®</sup>を使った実践では、児童は身の回りの様々なところでプログラミングが利用されていることに気づき、電気の有効利用について考えることができたと報告されている（木月、2018）。このことから、プログラミング教育に MESH<sup>®</sup>が選択される可能性は高い。

MESH<sup>®</sup>は「マイク」「音楽」「カメラ」などの動作をセンサーの感知によって命令するプログラムを組むことができることが大きな特色の一つである。「音楽」は MESH<sup>®</sup>の有効なツールであり、重要な構成要素の一つであるともいえるが、MESH<sup>®</sup>タグと連動させている IC 端末内に保存やダウンロード済みの音楽の出力が前提となっている。よって、利用する際は、教員が音楽を IC 端末内にダウンロードしておかなければならない。しかし、プログラミング教育のための音楽素材は現在のところ提供されていないため、子供にとってなじみのある曲や歌、またはインターネット上に配信されている効果音などを利用することが想定される。しかし、我々は MESH<sup>®</sup>の「音楽」を、「児童の思いや意思を表現するための音楽（以下、表現音楽）」ということを念頭に置き、MESH<sup>®</sup>を有意義に活用した教育素材の開発には、効果的な「音楽」が必要不可欠となると考えた。

児童が「音楽」を選択してプログラムを組む際に、目的とする命令や活動に沿った、プログラムを組む児童の意図と合致する表現音楽がない場合、その表現音楽を探すことに時間がかかったり、意図と合致しない表現音楽を用いることで本来の達成感を得られなかったりするだろう。プログラミングにおいて、児童が頻繁に意図する可能性が高く、かつ児童が捉えやすい表現音楽があれば、児童の活動への動機づけが高まり、活動へのコミットメントが高まるため、深い思考を伴うプログラミング教育を実施できるとともに、MESH<sup>®</sup>の利用効果が広がるとともに、その応用が期待できると考えた。

大島（2013）や松本（2002）は、「表現音楽は、長調と短調、リズム的と非リズム的、音高・音長などの違いによって児童の感情体験に影響を及ぼす」とし、音楽による感情体験への影響について山崎（2009）は「音楽を聴取することによって生じた感情の主観的側面である」と述べている。そこで、本研究では MESH<sup>®</sup>のセンサーから想定される動きや活動に、児童が主観的な感情に共鳴することができる出力音楽を作曲し、解説することを目的とした。なお、作曲の方針は児童や就学前児が日常の遊びやメディア視聴などを通して知識を比較的多く所持しているロールプレイングゲームで生じやすいイベントと結びつく感情を想起するものとした。なぜなら、児童がプログラムを組む際にはこれらの知識に影響

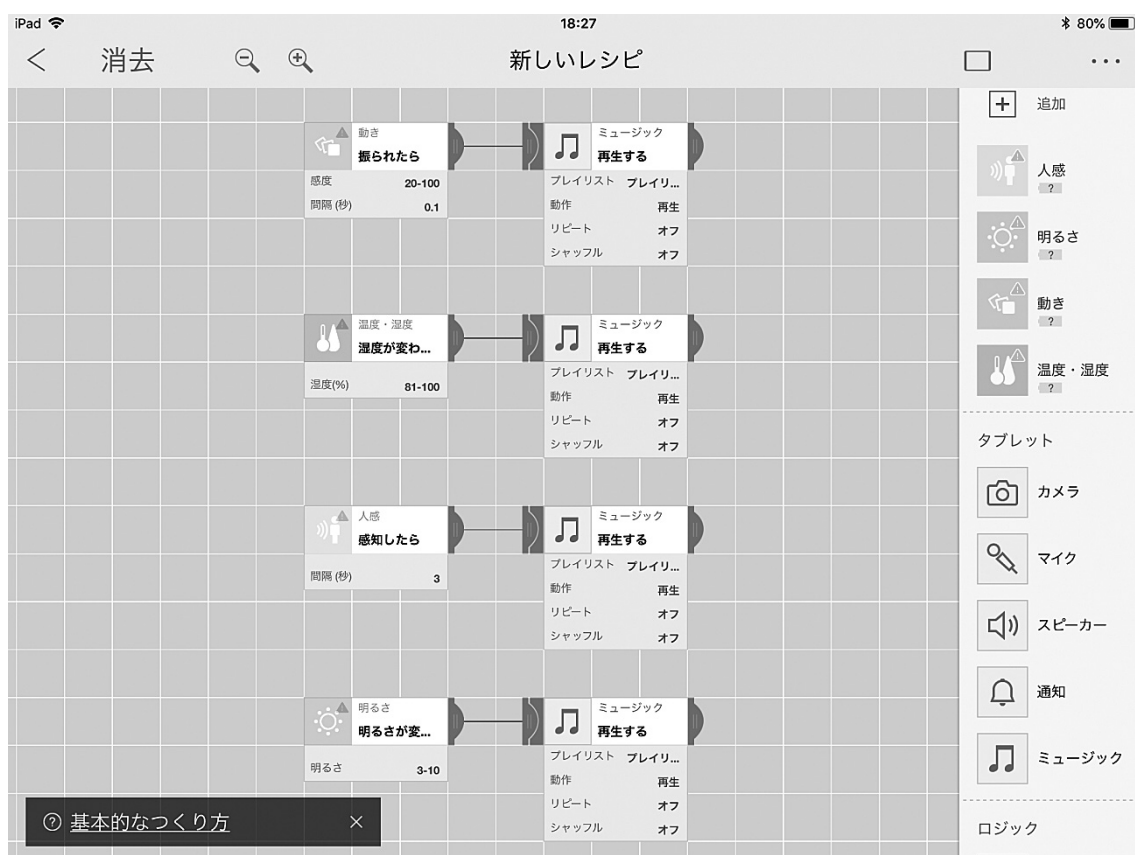


図 1. MESH<sup>®</sup>アプリ上での音楽を利用したプログラミング

される可能性が高いことが予想されるからである。

## 2. 方法

児童が意図する命令に沿った表現音楽をプログラミングにより出力することができるならば、児童は創造力を働かせながら意欲的に学習に取り組むことができるだろう。そのために我々はプログラミング教材に活用できる表現音楽の作成を行った。MESH<sup>®</sup>の操作にはMESH<sup>®</sup>専用のプログラミングアプリ (<https://first-flight.sony.com/pj/mesh>) を iPad にダウンロードし、使用した。MESH<sup>®</sup>のセンサーの利用方法について、開発したソニーが提案する手法に基づき、それに合った音楽を第一著者が作曲・演奏した。

作曲した音楽はヤマハグランドピアノ C7 にて演奏し、ヤマハの POCKETRAK CX にて録音した。録音した音楽データを WAV ファイルに変換後、Windows Movie Maker にて曲の長さを調整した。調整した音楽データは iPad に取り込み、MESH<sup>®</sup>機器とプログラミングアプリを用いて動作確認を行った (図 1)。

## 3. 作曲と解説

音楽の効果音については、効果音の機能という観点からいうと、ゲームの対象物やその動作を「象徴する音」と、対象物の動作や操作がスムーズとなるような「タイミングが合っている音」、または2つを合わせた音である「象徴する音・タイミングが合っている音」の3種類の機能を持っているものがある。以上を踏まえ、作曲の過程では、譜面上で推敲を繰り返し細部まで趣向を凝らした楽曲に仕上がらないように留意した。これは、研究の対象者を小学生として想定していることと、プログラミングの実行が成功したことに対して、子どもの感情に共鳴し得るものであるべきという判断に基づいた指針である。例えば明かりセンサーについては、暗いところから明かりがついた際の、瞬間的な喜びの感情のイメージをモチーフとし、即興的に生み出したフレーズを重視し、その後の過度な微修正が加わらないように意識し、ブラッシュアップをして作曲した。また、楽曲そのもの

の長さも、あくまでもプログラミングによってセンサーが反応した際の構成要素の一つであるという意図を汲み取れるものになるように意識した。そのため完成した楽曲は楽譜上で表現しても、2～5小節程度で完結するものとしている。また、楽曲の演奏は効果音を奏でるようなイメージで取り組んだ。なお本文中における、音楽用語の表記はすべてカタカナに統一した。

### 3-1. 光センサーに反応したときの音楽

暗いところから、光を感知したことを表現するために、高音域でのアルペジオ (和音を構成する音を一音ずつ低いもの、あるいは高いものから順に弾いていくこと) を取り入れた。また、ロールプレーイングゲーム上で宝箱を開ける操作を想定し、児童の期待感を掻き立てるために、メゾ・フォルテ (少し強く) にしている。その後、感情の終息を表現するために、4小節の中でも様々な強弱記号を取り入れた。また、華やかに聴こえるよう、ロ長調 (西洋音楽における調の一つでロ音 (B) を主音とする長調である。調号は、シャープ#5ヶ所) で、和音を多く入れている (図 2)。

### 3-2. 人感センサーに反応したときの音楽

人感センサー用 (図 3-A) : 日常生活において、人感センサーは自動ドアや水道水の蛇口開閉、蛍光灯のオン・オフなどで利用されている。児童が人感センサーを制御するプログラミングを使用する際も、人を感知したことで、新たな展開を期待するような音楽が適切であると推定した。そこで、新たなスタートへの期待感と高揚感を楽曲に表現するために、アルペジオを取り入れ、ハ長調 (ハ音 (C) を主音とする長調である) の明るい音楽とした。また、ロールプレーイングゲームのスタート地点に立った際を想定し、新たな展開に向けて、勇敢な堂々とした感じも出せるよう和音を取り入れた。

人感センサー用 (図 3-B) : このフレーズは、Aとは異なり、図 3-C に示すような演奏グラフ波形に示すように、トレモロ (単一の高さの音を連続したり、複数の高さの音を交互に小刻みに演奏する技法のこと) を多く取り入れ、速いテンポで盛り上がるように演奏することで、達成感を感じられる曲とした。ロールプレーイン

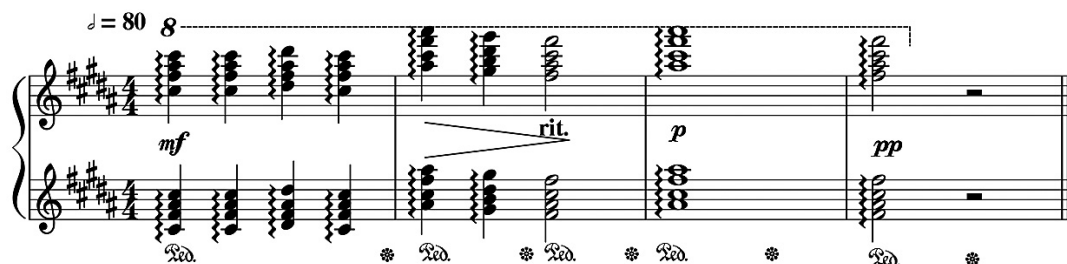


図 2. 光センサーに反応したときの音楽.

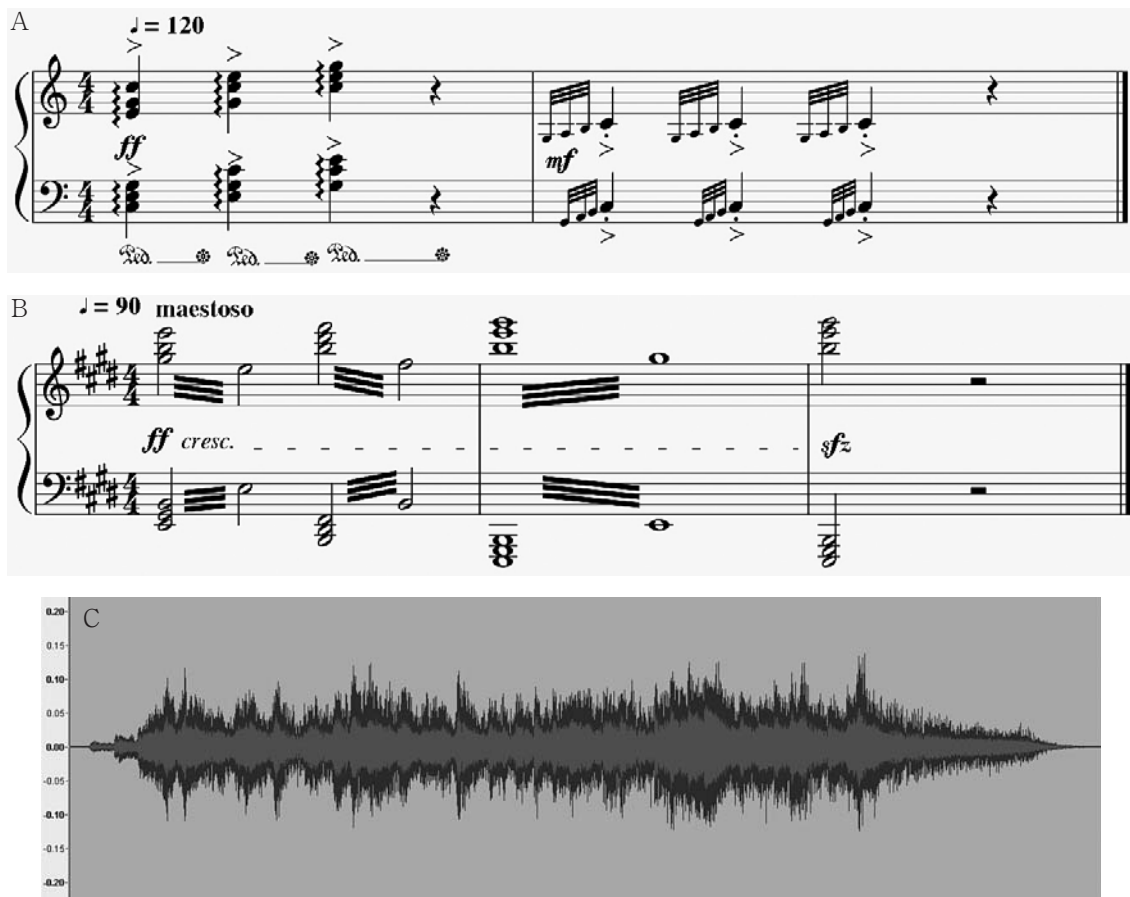


図3. 人感センサーに反応したときの音楽と演奏グラフ波形。  
CはBを演奏した際の演奏グラフ波形である。

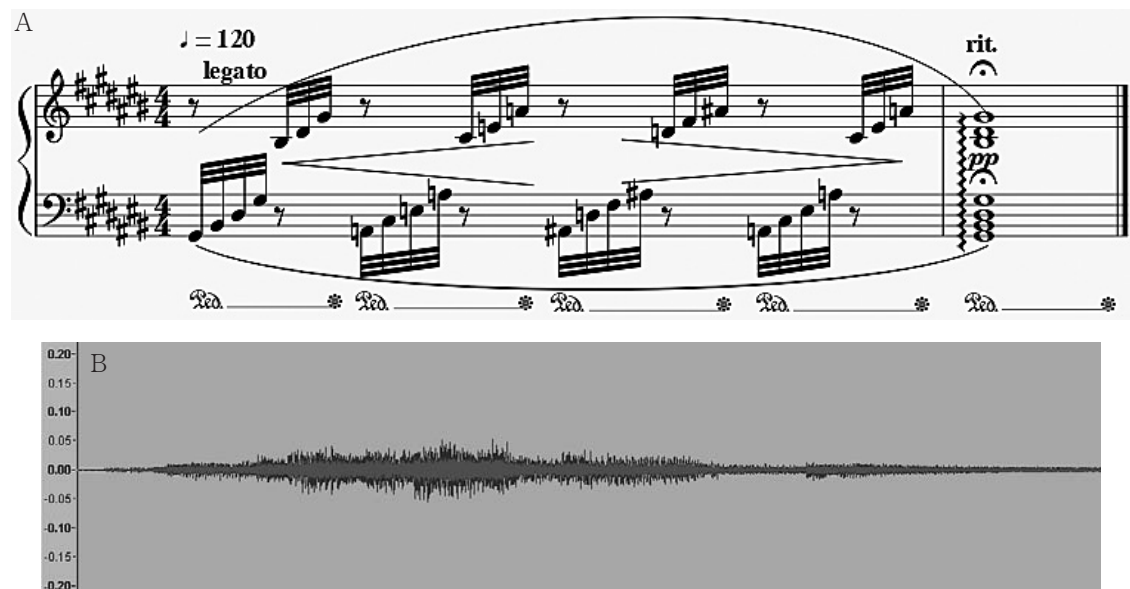


図4. 温度・湿度センサーに反応したときの音楽と演奏グラフ波形。



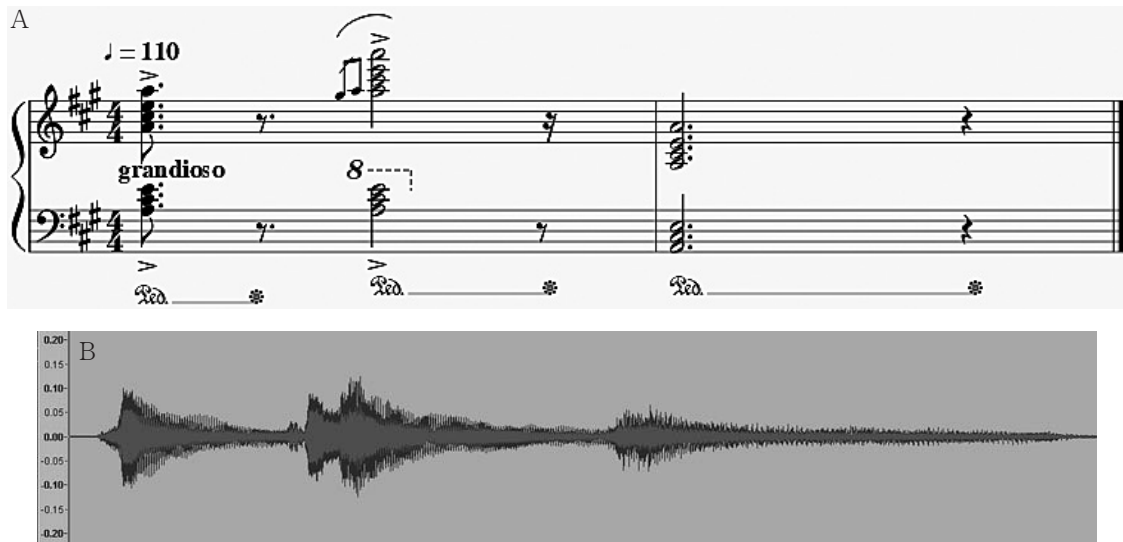


図5. 動きセンサーに反応したときの音楽と演奏グラフ波形.

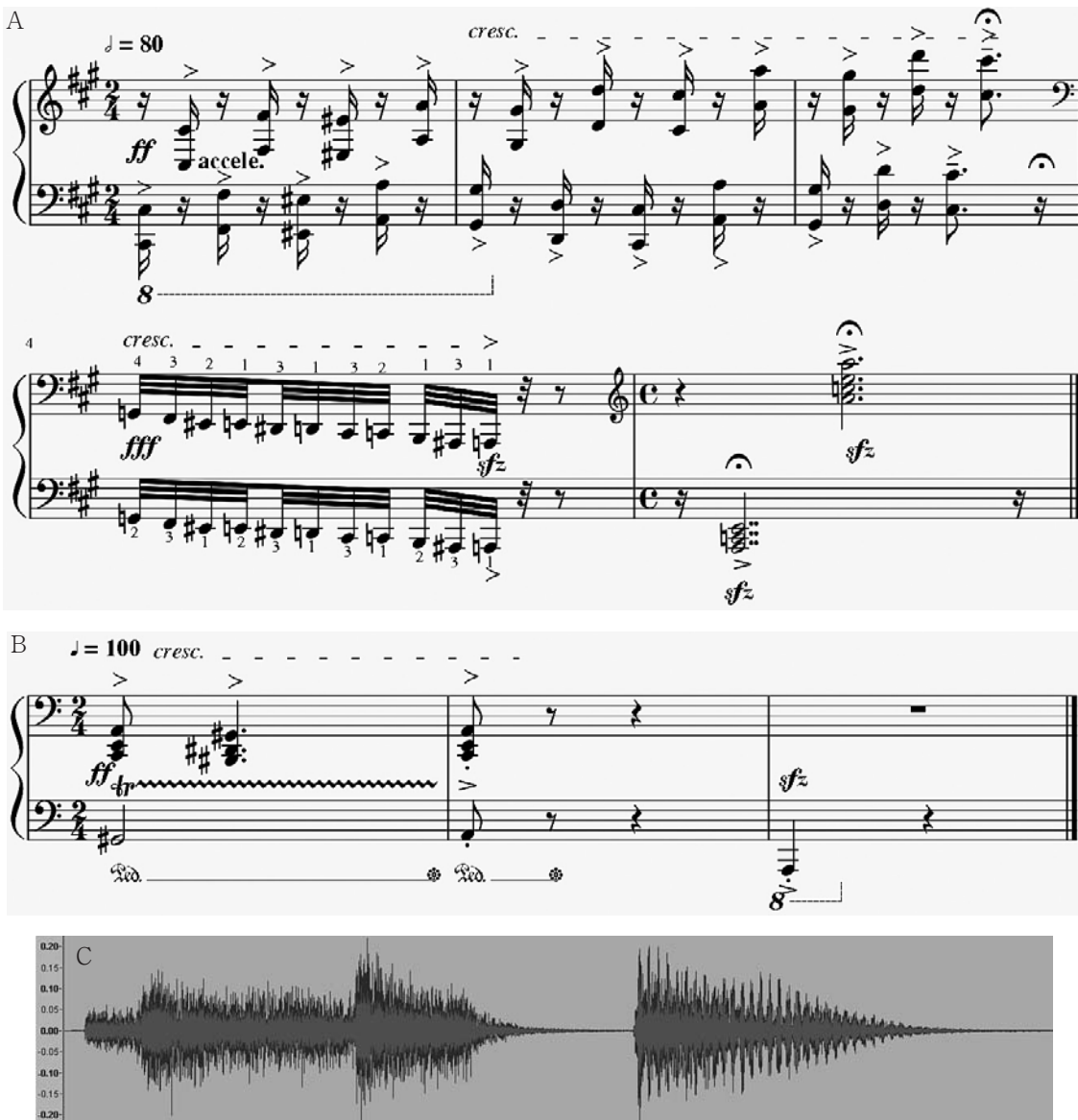


図6. エラーに反応したときの音楽とグラフ波形.

C は B を演奏した際の演奏グラフ波形である。

ゲームではゴールに到達した際に利用できるよう工夫した。

### 3-3. 湿度・温度変化に反応したときの音楽

湿度・温度変化のセンサー利用として、MESH<sup>®</sup>公式ホームページでは赤ちゃんのおむつの湿度変化をとらえるような設定が紹介されていたが、本研究ではそれらを参考にして小学校の児童を対象とした利用方法を検討した。湿度・温度センサーは使用する日の湿度や温度によって細かく調整する必要があることから、それらに影響を受けない湿度・温度変化を検討したところ、息を吹きかけることで呼気の湿度変化に応答するセンサーとしての利用が考えられた。加えて、小学生が楽しく利用できるように、勢いよく燃える炎を吹き消すというイメージを想定し、それを表現するために32分音符を使い、松葉\*（クレッシェンドのだんだん強く、デクレッシェンドのだんだん弱くを比較的短い変化の中で行うこと）を取り入れた。また、演奏グラフ波形に示すようにレガート（なめらかにの意。音と音の間に切れ目を感じない演奏のことを指す）に演奏することを心掛けた（図4）。

松葉\*：音楽記号 

### 3-4. 動きに反応した音楽

MESH<sup>®</sup>の公式ホームページに掲載されている、剣の振りかざしをイメージし、華やかな音楽で斬撃音を表現した。剣を振りかざすシチュエーションとして、モンスター等を倒すという場面を想定し、剣を振りかざしたことで退治できたという達成感を表すために、イ長調（イ音（A）を主音とする長調。シャープ＃は3ヶ所）の音楽で作曲し、爽快な雰囲気となるよう、またグランディオーソの壮大な、堂々とした演奏にした（図5）。

### 3-5. プログラミングのエラーに対する音楽

プログラミング操作において、命令が正確に実行できないことがある。これは、プログラミング言語の入力ミスやアルゴリズムの組み立てミスにより起こる。WindowsやMacOSのような基本ソフトにおいても、エラーを短い音楽で表現することで、利用者に効果的にエラーを知らせることができている。そこで、本研究においてもMESH<sup>®</sup>の制御において、目的としない範囲をセンサーが感知した際の音楽を、児童が分かりやすい表現で作曲・演奏した。

エラー音楽（図6-A）：期待と異なる結果が生じた際の表現にするために、1つ目は嬰へ短調（嬰へ音（F $\sharp$ ）を主音とする短調。調号は、シャープ＃3ヶ所）で作曲し、オクターブを用いてアツチェランド（次第に速く）駆け上がり、終盤にかけて急落下するイメージを

もって演奏した。また、深い音で迫るような雰囲気でも演奏した。

エラー音楽（図6-B）：フォルティッシモ（極めて強く）でトリル（装飾音の一つ。主要音とその隣接音を交互に細かく演奏すること）を多用し、衝撃的に聴こえるよう作曲した。演奏グラフ波形に示されるように、激しい波形は最後の音まで情熱的に演奏した（図6-C）。

## 4. まとめ

音楽による感情喚起については、山崎（2009）は覚醒－沈静という1次元もしくはそれに快－不快（肯定－否定）という次元を加えた2つの次元からなる感情が扱われることが多いと述べている。本研究に求められる楽曲の性質としては、譜面上で音楽理論や技法に従った楽曲的完成度ではなく、あくまでもある一瞬の感情の想起に結びつくものであるかという一点につける。そのため、楽曲の構成要素としては多くを即興的なものが占める結果となった。しかしながら、このアプローチが本質的に適切であったか評価するためには、譜面上で熟考を経て制作された楽曲との比較検討も必要になると考えられる。現在、MESH<sup>®</sup>の音楽出力において、本楽曲を利用し児童を対象としたリズムと色彩表現を遊びのプログラミング的思考育成のための教材開発を遂行中である。さらに、本教材では小学校6年生がチームでMESH<sup>®</sup>のセンサーをプログラミングした遊びを設計し、小学校1年生を対象に遊ぶことで、総合的な学習などへの応用に向けた展開も想定している。

なお、MESH<sup>®</sup>教材は比較的使用しやすい教材ではあるが、MESH<sup>®</sup>教材のモジュールによっては、湿度や温度変化に反応するプログラミングを実施する際に、実験室の湿度や温度が変化しやすい環境では調整が必要である。また、実験室のWi-Fi感度にも影響があることから、セッティングの際には実験室の環境に合わせた対応が必要である。そのため、実験室の環境設備には十分な配慮と調整が求められてくることから、用途に合わせたモジュールのプログラミング選択について今後検討していきたい。

## 参考文献

- 木月里美「小学校理科におけるプログラミング教育の実践―第6学年『電気の利用』MESHを活用して―」理科の教育 (2), 21-23. 2018.
- 松本じゅん子「音楽の気分誘導効果に関する実証研究」教育心理学研究, 50, 23-32. 2002.
- 文部科学省. 小学校学習指導要領解説. 2017. [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/1387014.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1387014.htm)

- 武藤良弘「理科で『プログラミング教育』を行うということー『プログラミング的思考』と『ものづくり』の視点からー」  
理科の教育 (2), 9-12. 2018.
- 佐藤和紀「プログラミング教育が理科の資質・能力に及ぼす学習効果の探索的検討ー小学校第5学年『振り子のきまりシミュレーションプログラム』の作成と活用を通してー」理科の教育 (2), 17-21. 2018.
- 齊藤勝, 倉澤昭「小学校におけるプログラミング教育推進のための一考察」コンピュータ利用教育学会, 2018PC Conference, 23-24, 2018.
- 大島千佳, 中山功一, 伊藤直樹, 西本一志, 安田清, 細井尚人, 奥村浩, 堀川悦夫「MusiCuddle を利用した長調／短調の違いによる感情変化」情報処理学会研究報告(1), 1-6, 2013.
- 山崎晃男「音楽と感情についての心理学的研究」大阪樟蔭女子大学人間科学研究紀要, 8, pp. 221-232, 2009.

## 謝辞

本研究は、中村学園大学の競争的資金制度である平成30年度プロジェクト研究「プログラミング的思考を体験的に育む授業や教材の開発」(研究代表者: 野上俊一) の助成を受けて実施されたものである。