

初等中等教育に一貫した情報メディア教育における ピアノレッスンとプログラミング学習のアナロジー

Analogy between Piano Lessons and Programming Workshop
in K-12 Curriculum of Information and Media Studies Education

松原 伸一

Shinichi MATSUBARA

滋賀大学大学院教育学研究科（教職大学院）

<キーワード> ピアノレッスン プログラミング学習 音楽理論 音響理論 情報メディア教育

1. はじめに

学習指導要領の改訂により、小学校におけるプログラミング教育の必修化は、小学生やその保護者においても関心が高める源流となっている⁽¹⁾。民間レベルでは、既に学習塾などの教育産業において活発な動きがあり、プログラミングをアピールする塾も見かけられるようになった。したがって、昨今では、子どもたちの「習いごと」は、ピアノなどに加えて、プログラミングが加わっている点が興味深い。

小学校学習指導要領解説音楽編（文部科学省、2017年6月公示）によれば、音楽の学習は、領域（A 表現、B 鑑賞）と〔共通事項〕で構成される。本稿のテーマである「ピアノレッスン」は必ずしも学校教育を前提にしていなくても、関係がある項目を一部示せば、図1の通りである。

| | |
|--------|-------------|
| ・領域 | |
| A 表現 | (2) ア, イ, ウ |
| B 鑑賞 | (1) イ |
| 〔共通事項〕 | (1) ア, イ |

図1. 学習指導要領における関係項目

言うまでもなく、ピアノレッスンにおいては、音感と譜読みが重要な要素であると言われ、ピアノ教本が欠かせない。山本⁽²⁾によれば、ピアノ教本はカリキュラムであり、そのスコープとシーケンス、学習範囲・順序・対象・題材の他に、弾き方と音楽の基礎も重要な要素であるとしている。

一方、プログラミングにおいて、コード（code）という用語が用いられる。コンピュータ科学（CS: Computer Science）の分野では、コードとは符号のことであり、情報を符号に置き換えることを符号化（encode）と呼んでいる。したがって、コンピュータプログラムとは、一定の規則によりプログラミング言語で記述された符号列のことであり、ソースコード（source code）と

呼ばれるが、単にコード（code）と表現されることも多い。したがって、コーディング（coding）とは、プログラムを記述する作業のことを意味する。

音楽の分野ではコード（chord）という用語が用いられる。これは和音のことで、I, II, III, ..., VIIのようにローマ数字で表記されることが多い。また、C, Cmのように表記されるコードネームは、ジャズ・ポピュラー音楽では欠かすことのできない存在となっている。これを情報メディアの視点で捉えれば、コード（chord）とは、高さ（周波数）の異なる2つ以上の弾性波（主に空気の振動）を同時に発生させて、それが人間にとって気持ちよく感じる「音の組合せ」であるといえる⁽³⁾。

本研究のテーマである情報メディア教育において、音楽・音響と情報学は、作曲とプログラミングを対比的に考察する上で重要なキー概念である。したがって本稿では、音楽理論（楽典）と音響理論（音響学）について、情報学の視点からその基礎について整理して示すことにした。それぞれの分野の専門家にとっては冗長となるが、それぞれの諸科学における学際領域の研究であり、教職大学院における「実践学としての教材研究」の観点からその学習内容を論述した。

これらの理論をベースに、本稿では、ピアノレッスンとプログラミング教育のアナロジーについて検討し、ポリシーの充実を斬新な教材開発の可能性について提案する。

2. 情報教育から情報メディア教育へ

2.1 情報教育、情報科教育、及び、情報学教育

筆者は、既に、情報教育、情報学教育、及び、情報科教育について概念整理を行っている。本稿ではその概要を簡潔に述べることにする。

まず、情報教育であるが、これは最も一般的な表現でその概念には幅があると言わざるを得ない。また、「情報教育＝コンピュータ教育」として取り扱われる場合も少なくない。そこで、文部科学省では、情報教育を「教育の情報化」（①情報活用の実践力、②教科学習におけるICT活用、③校務の情報化）の1つとしてとらえ、①

における「情報活用能力の育成」として位置付けている。

情報科教育とは、国語科教育、算数科教育、理科教育などのように、教科教育の1つであり、言うまでもなく、教科「情報」の教科教育である。他教科に比べて特に注意を要する点としては、教科「情報」は、現在のところ、高等学校の教育課程にのみ設置されているということであり、小学校や中学校には設置されていない。したがって、情報科教育という表現は、高等学校にのみ使用できる用語となっているので、小学校や中学校では使用することができない。

情報学教育とは、自然科学系の内容だけでなく、人文社会系の内容も積極的に取り入れ、いわゆる“文理融合でバランスのよい情報学”の教育のことであり、従来の情報教育の概念を発展させたもので、親学問である「情報学」との関連を考慮して、学習内容を明確化（再構成）する点に特徴がある⁽⁴⁾。

2.2 情報メディア教育

情報メディア教育とは、情報学教育の一部を成すものであるが、小学校からの一貫した教育課程、すなわち、初等中等教育に一貫した教育課程を具体化する際において、“情報学”という表現は高度な内容を連想され、小学校での実践を考慮する際においては、情報学のうち、特に、「情報とメディア」に関する基礎的・総合的な教育を指向するものである。その内容は、情報フルエンシー教育、メディアフルエンシー教育として既に提案しているものを統合するもので、これを新たに「情報メディアフルエンシー教育」とすべきであるが、簡略表現として、「情報メディア教育」とし、下記の3つの項目で構成される。

(1) 情報メディアを科学する

情報メディアの本質を理解し、情報メディアの見方・考え方を育成する。

(2) 情報メディアを活用する

情報メディアの利用を実践し、多様なメディアを視野に入れて学習する。例えば、マルチメディア（multimedia）とは、幾つものメディア（media）が多重化（multi）したものであるが、その際のメディアとは、数、文字、音、画像（静止画・動画）という極めてシンプルな情報を指し、これがマルチメディアの原義となっている。すなわち、音も重要なメディアの1つということである。したがって、本稿では、特に、音楽を積極的に取り入れ、学習の各所において活用することを目指すものである。

(3) 情報メディアを吟味する

情報メディアの特徴（時間的・空間的特性）に応じてその内容を精査し、個人・コミュニティ・社会などのシェーマ（3層構造、3重構造、3極構造）に応じて、情報共有の在り方について学習する⁽⁵⁾。

なお、本稿においては、上記の（2）に限定して論じることとし、情報メディアとしては、特に音メディアを取り上げ、音楽等を題材とする情報メディア教育の内容

について検討を行う。

3. ピアノとPCのアナロジー

3.1 ピアノとPCのキーボード

馬場⁽⁶⁾によれば、読譜が難しい理由として、左右の手で異なる音符を同時に読み、また、縦に重なった2つ3つの音符を瞬時により取り、指示された間隔でキーボード（鍵盤）を押すという運動に置き換えなければならないからだとしている。したがって、「読譜に必要な能力とは、何かを覚えたり理解したりする能力というよりは、情報を処理するスピード力、すなわち、ある種の情報処理能力」であるとしている。また、楽譜を見てピアノを弾くことは、文書を見てパソコンに打ち込むことに似ていることを指摘し、まさに、キーボードを見ずに文字を打つことときわめて類似している。

キーボードは、たくさんのキーが並んでいる板であるが、ピアノは（白鍵・黒鍵があるが）横一列に並んでいる。一方、コンピュータのキーボードは、縦横に2次元に配列されている。キーの数は、ピアノは88鍵であるが、コンピュータの場合は、101キーボード（主に米国向け）に代表されるように101鍵である。ただし、日本では漢字や仮名を使用するので、多めの設定（配列）がJISにて規格化されている。101以外には、例えば、106キーボード（主に日本向け）があり、他にも、102、104、105、107、108、109などがある。いずれにしても、鍵数は、コンピュータの方が格段に多いことが分かるが、仮に、テンキー（右側にある数字と特殊キー）がないPCの場合は、ピアノと同程度の鍵数といえることができる。

画面を見ながら両手でPCのキーボードを速く打つ状況は、ピアノを弾く姿と近似していたようで、妻がピアノの上達の可能性を示唆してくれたことを思い出すに至ったのである。ピアノとPCのアナロジーはこの時から始まっていたと言えるかも知れない。

3.2 ピアノとPCのメンテナンス

足立⁽⁷⁾によれば、ピアノの手入れは楽しみだという。下手に弄れば、後で調律師さんの仕事を増やすことになりかねないという。基本的にはPC（パーソナルコンピュータ）のメンテナンスと同じで、下手に事を進めれば、PCの症状を悪化させる場合も少なくない。いずれにしても、正しい知識とスキルをもい、自らの力量を押し量りながら、（向上させながら）進めることが重要である。その主な内容の例を示せば、下記の通りである。

・外装磨き

これは、ピアノを大切に思う心が重要なものかもしれないが、PCにおいても同様である。

・鍵盤（キーボード）のクリーニング

ピアノの場合は、鍵盤を取り外すことができる。ついでに鍵盤の下なども清掃しておく気持ちがいかもしれない。

PCの場合は、分解することは可能であるが、保証の対象外となることも予想される。ピアノのように鍵盤を取り外すことができない場合が多いので、外側からの単純な作業に限定されるだろう。綿棒やピンセットなどを使用して行うことになる。

- ・弱音装置のチェック

これは、ピアノに特有な者であるが、PCで考えれば、周辺装置と考えることもできる。

- ・弦とハンマー

これは、ピアノの仕組みによるもので、音の仕組みを理解する上で重要であるが、PCとの対応は望めない。

- ・調律に有効なチューニングソフトウェア

最近では、電子チューナーやチューニングソフトウェアもあるので、ピアノとPCの連携といえる。

- ・チューニングピンの交換や弦の張り替え

これは、専門家でないと困難といえるかもしれない。高価なものなので、大事に使うことが重要であるが、PCも最近は廉価になったとはいえ、ある程度の作業をする場合は高価になることも多い。

他に、PC独特のメンテナンスについては、下記の通りである。

- ・メモリ管理

不要なソフトウェアの削除、新しいソフトのインストールなどがある。

- ・ソフトウェアのバージョンアップ

- ・機能の確認、契約内容やその期限の確認など

3.3 ピアノとPCの融合

(1) 電子ピアノ

言うまでもなく電子ピアノ（デジタルピアノ）は、ピアノではない。しかしながら、コンピュータを内蔵しているので、外部のコンピュータとの相性はかなり良いと言える。つまり、電子ピアノとPCとの接続が極めて良好といえるであろう。

最近では、MIDI接続だけでなくUSB接続などの多くのインタフェースに対応しており、多様なデジタル機器、例えば、ミキサー、アンプ、フィルターとの接続だけでなく、音符を多くの楽器にて演奏したり、その逆に音源を音符（楽譜）に変換したり、作曲したりするソフトウェアが登場し可能となっている。

鍵盤のタッチや音質の違いを議論すれば、ピアノに軍配が上がると言いたいところであるが、周知の如く、ピアノも多種多様でありメンテナンスの良し悪しだけでなく、温度・湿度の影響も受けやすいので、常にピアノが上位にあるとは限らない。

ただし、スピーカーから聞こえてくる人工的な音よりも、弦が実際に振動して伝わってくる生演奏の音は、多少の問題を乗り越えて、感動的な場面を演出することが多いのも事実である。

(2) DTM (Desk Top Music)

DTMとは、DTP (Desk Top Publishing) を置き換えた表現（造語）である。DTPとは文字通り、卓上出版を意味し、文書の入力・編集・出力（印刷）を卓上に置かれたPCにて行うものである。したがって、DTMとは、電子楽器とPCとをMIDIなどで接続して、音楽制作を行ったり演奏したりすることを言い、コンピュータ支援による音楽を意味し、欧米ではComputer Musicと呼ばれることが多い。

(3) DAW (Digital Audio Workstation)

DAWとは、音（楽曲）の録音、編集、ミキシング、編曲など、音楽制作にかかわる一連の作業ができるように作られたもので、PCを中心に構成された「音楽に関係した諸作業を行うことができるシステム」ということができる。

(4) アルゴリズム作曲法

これは、PCを活用して、アルゴリズムを利用した作曲法であり、楽典などの理論を背景にして、数学理論や情報理論、その他の諸科学を活用して、創造的な楽曲を作り出すものである。

3.4 音楽プログラミング言語の活用

(1) Max (マックス)

Maxとは音楽とマルチメディアを対象とした統合開発環境で、オブジェクト指向のビジュアルプログラミング言語である。本格的な音楽活動を行う作曲家やメディア・アーティストなどの間で長年にわたり使用され評価が高い。

(2) プログラミング学習環境

Scratch（スクラッチ）は、MITメディアラボが開発したプログラミング学習環境で、Webサイト（<https://scratch.mit.edu/>）に接続して学習することができる。簡易な実験やアニメーション、ゲームなどの作成を通してプログラムとしての組み立てを学習することができる。

また、同じく小学校低学年から利用できるものにViscuit（ビスケット）がある。これは、原田康徳氏により開発されたビジュアルプログラミング言語で、小学校低学年の児童にとっても簡単に学習することができる（<http://www.viscuit.com/>）。紙面の関係でここでは割愛するが関心のある方はぜひ参照されたい。

4. 音楽理論（楽典）と音響理論（音響学）

楽典とは音楽の文法とも言われ、記譜法とその関連知識（規則）をまとめたもので、青島⁽⁸⁾、川辺⁽⁹⁾のほか、東川⁽¹⁰⁾による旋法論もある。また、楽譜に関する数学理論としては大塚⁽¹¹⁾があり、音楽と諸科学とを関連付けるものとしては、ローダラー⁽¹²⁾があり、これは物理学、精神物理学、神経科学、及び情報科学と音楽との関

わりを論じている。

情報メディア教育をスムーズに進めるためには、音楽理論のうち、関係するものを工学的視点で整理する必要がある。本章では、教材化の前提として、音楽理論（楽典）と音響理論（音響学）の両面から整理を行った。

4.1 音

音とは、主に空気を媒体とする弾性波であり、その振動数（周波数）とは、1秒間に1回の変化（振動）を起こすものを1Hzと定義している。人間の可聴範囲は、一般に20Hz～20,000Hz（20kHz）といわれるが、性別や年齢だけでなく個人差も大きい。可聴範囲を超えた音を超音波と呼ぶが、筆者は、超音波を医用に使用する研究（超音波計算断層映像法）を行っていたことがある⁽¹³⁾。その際の超音波の振動数は、可聴振動数の上限値の100倍以上で非常に高くMHz帯であり、音響インピーダンスの関係で急激に減衰するので空中を伝播しない⁽¹⁴⁾。

4.2 弦の長さと言高

弦などの音響体を共鳴させると、基音とそのオクターブ上の音の他に、非常に高い2つの音が聞こえる。それは、基音の12度上（オクターブと5度上）の音であり、もう一つは、基本の長17度上（2オクターブと長3度上）の音である。このような経験は、チェロの太い方の弦で実験することができるという。

また、同じ素材でできていて、太さや張りが等しく長さのみが異なる2本の弦（短い弦をS弦、長い弦をL弦とする）で実験したとする。S弦がL弦の1/2である場合、S弦はL弦のオクターブ上の音を発する。また、S弦がL弦の1/3である場合、S弦はL弦の12度上の音を発する。S弦がL弦の1/5である場合は、S弦は長17度上の音を発する⁽¹⁵⁾。

以上のことから、振動数（周波数）についてまとめると、オクターブ上の音は2倍、オクターブ下の音は1/2となり、12度上の音は3倍、12度下の音は1/3倍、長17度上の音は5倍、長17度下の音は1/5倍となる。

したがって、5度上の音は3/2倍ということになり、このことは、経験的に積上げられたダイアトニック音階に基づくものであり、後述の12平均律による音階（数学をベースとする人工的な音階）とは厳密な意味で同値ではない点に注意を要する。

4.3 音律

音律を正確に記述するには数学的なアプローチが求められる。オクターブの同等性（octave equivalence）とは、音の高さを1オクターブあげれば、その振動数（周波数）は2倍になり、また、1オクターブ下げれば振動数（周波数）は1/2になるが、その際、振動数の比が2の整数冪（ $2, n=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$ ）となる音は互いに同等とみなされるということで、12平均律として音律の一般式を表記することができる⁽¹¹⁾。

4.4 音名

音名とは、絶対的な音の高さと言われ、階名と区別される。青島⁽⁸⁾によれば、現在、日本で音高を示す呼び名（音名）としては、イタリア式、ドイツ式、日本式の3つであるとしているが、日本式はドイツ式を基にしているので、2種類と言えるかもしれないとしている。これは、西洋音楽等における音高を表現するに際して、ドレミで表記する方法と、アルファベット（又は、イロハ）で表記する方法の2種類に大別されることを示すものと筆者は解釈している。

イタリア式は、Ut, Re, Mi, Fa, Sol, Laの6つの幹音を定め、後にUtがDoに、その後、Siが加わったものである。

フランス式は、イタリア式と同じであるが、主音にDoではなく、イタリア式本来のUtを用いている。

ドイツ式は、アルファベットを音名に当てはめたもので、もともと正式な存在として認められなかったSiは音高としても不確定だったので、低いSiを「柔らかなB」、高いSiを「硬いB」、と呼び、BをHに変化させて区別している。

イギリス・アメリカ式は、原則的にドイツ式と同じであるが、Bが幹音のSi（ドイツ式のH）を指している。つまり、イギリス・アメリカ式のB（ビー）は口音で、B♭が変口音になる。したがって、ドイツ式のB（ペー）は、変口音を示すので注意が必要である。

日本式は、ドイツ式（又は、イギリス・アメリカ式）をイ、ロ、ハ、…に訳して当てはめたものである。現在の日本では、歌唱にはイタリア式を、音高を特定したり学問的に扱ったりする場合はドイツ式を、学校教育や長調・短調（ハ長調、イ短調）を表したり、音部記号（ト音記号、ヘ音記号）の読み方においては日本式が用いられている。

4.5 階名

階名とは相対的な音の高さと言われる。長音階は長調、短音階は短調と呼ばれるが、紙面の関係で詳細は専門書に譲ることとして、ト長調とイ長調の例として、簡易な表現で示せば、下記の通りとなる。

ト長調

| 音名 | ソ | ラ | シ | ド | レ | ミ | ファ# |
|----|---|---|---|----|---|---|-----|
| 階名 | ド | レ | ミ | ファ | ソ | ラ | シ |

イ長調

| 音名 | ラ | シ | ド# | レ | ミ | ファ# | ソ# |
|----|---|---|----|----|---|-----|----|
| 階名 | ド | レ | ミ | ファ | ソ | ラ | シ |

4.6 音階

音階は等比数列となっている。ピアノの鍵盤番号（n）の音階の周波数（P）は、

$$P(n) = r \cdot P(n-1)$$

$$P(49) = 440 \quad \text{※単位は Hz}$$

であるので、

$$P(n) = 440 \cdot r^{(n-49)}$$

ここで、 r は、2 の 12 乗根 ($r \approx 1.059$) となる。

この場合、 r (等比数列の公比) については、ピアノの場合、1 オクターブの中に、白鍵 (7 個)、黒鍵 (5 個) の 12 鍵あり、2 倍の周波数になる。したがって、この場合の公比 (r) は、12 乗して 2 になる数、すなわち、2 の 12 乗根 (1.059463...) となる。つまり、半音上がる毎に、振動数は約 6% の増加となる。

表 1. 電子ピアノの音階と振動数 (周波数)

| 鍵盤番号 | 国際式 | 日本式 | MIDI Note# | 振動数 (周波数, Hz) | 備考 |
|------|-----|--------|------------|------------------|-----|
| 1 | A0 | 下 2 点い | 21 | 27.500 | ラ |
| : | : | : | : | : | : |
| 13 | A1 | 下 1 点い | 33 | 55.000 | ラ |
| : | : | : | : | : | : |
| 25 | A2 | い | 55 | 110.000 | ラ |
| : | : | : | : | : | : |
| 37 | A3 | イ | 57 | 220.000 | ラ |
| : | : | : | : | : | : |
| 40 | C4 | 1 点ハ | 60 | 261.626 | 中央ド |
| 41 | C#4 | 1 点嬰ハ | 61 | 277.183 | ド# |
| 42 | D4 | 1 点二 | 62 | 293.665 | レ |
| 43 | D#4 | 1 点嬰二 | 63 | 311.127 | レ# |
| 44 | E4 | 1 点ホ | 64 | 329.628 | ミ |
| 45 | F | 1 点ヘ | 65 | 349.228 | ファ |
| 46 | F#4 | 1 点嬰ヘ | 66 | 369.994 | ファ# |
| 47 | G4 | 1 点ト | 67 | 391.995 | ソ |
| 48 | G#4 | 1 点嬰ト | 68 | 415.305 | ソ# |
| 49 | A4 | 1 点イ | 69 | 440.000 | ラ |
| 50 | A#4 | 1 点嬰イ | 70 | 466.164 | ラ# |
| 51 | B4 | 1 点ロ | 71 | 493.883 | シ |
| 52 | C5 | 2 点ハ | 72 | 523.251 | ド |
| : | : | : | : | : | : |
| 61 | A5 | 2 点イ | 81 | 880.000 | ラ |
| : | : | : | : | : | : |
| 73 | A6 | 3 点イ | 93 | 1760.000 | ラ |
| : | : | : | : | : | : |
| 85 | A7 | 4 点イ | 105 | 3520.000 | ラ |
| 86 | A#7 | 4 点嬰イ | 106 | 3729.310 | ラ# |
| 87 | B7 | 4 点ロ | 107 | 3951.066 | シ |
| 88 | C8 | 5 点ハ | 108 | 4186.009 | ド |

※この音階表は、松原⁽³⁾より抜粋して引用した。

鍵盤番号は、通常のグランドピアノ (88 鍵) の場合を示している。

音階は、国際式による表記としている。

MIDI Note # は、MIDI (Musical Instrument Digital Interface, 電子楽器の演奏データを機器間で通信を行う際の国際規格) におけるノートナンバー (音符番号) である。MIDI では、0 から 127 までのノートナンバーを指定することができる。これが 0 の場合は最も低い音で、127 は最も高い音となる。

周波数は、対応する音階の周波数を示す。

備考には、伊式によるカタカナ表記の音階を例示している。

4.7 記譜

4.7.1 Score (楽譜)

譜表 (staff/stave) は、音の高低を記譜するもので歴史的には種々見受けられるが、現在では周知の如く、基本的に五線が用いられ五線譜と呼ばれる。譜表に音部記号 (clef)、調号 (key signature)、拍子記号 (time signature) の順に記述する。調号は各段に、拍子記号は 1 段目に書かれる。大譜表 (grand staff/great staff) とは、ピアノのように音域の広い楽器のために高音部譜表と低音部譜表を中括弧で結んだものである。また、いくつかのパートをまとめて記譜したものを総譜 (score) と呼ぶ。

4.7.2 Code (プログラム)

Code とは、本稿ではプログラムのことである。即ち、プログラミング言語に基づき記述されるもので、一定の規則 (文法) に従い、問題解決の現実をアルゴリズムという計算手順を示すことで解決を行うことになる。プログラミング言語は、今まで無数に開発され、全体の数を把握するのは困難である。

増井⁽¹⁶⁾によれば、「99 Bottles of Beer」(<http://99-bottles-of-beer.net/>) というサイトは、古典的な童謡の歌詞をさまざまな言語で出力するものであるが、ここに投稿されているプログラミング言語の数は、2017 年 7 月時点で 1,500 種類を超えているという。氏の著書では、67 個に絞って「プログラミング言語図鑑」としてまとめられている。

5. ピアノレッスンとプログラミング教育のアナロジー

5.1 楽曲の作成とその自動演奏

MuseScore (<https://musescore.org/ja>) は、世界中でとても人気のある無料の楽譜作成ソフトウェア⁽¹⁷⁾であり、それを自動演奏することも可能である。図 2 は、このソフトウェアを使用して作成したもので、筆者が ICT 活用による教材開発の過程で作成した曲を取り上げた。



よくできました 天才だ

図 2. サンプル (楽譜)

図 3 は、図 2 で示す楽譜を実行するプログラムであり、前述の Scratch を使用している。音符の番号は、MIDI Note Number に対応しているが、その指定に際しては、鍵盤が画面に表示され該当の鍵盤をクリックすることで指定することができる。

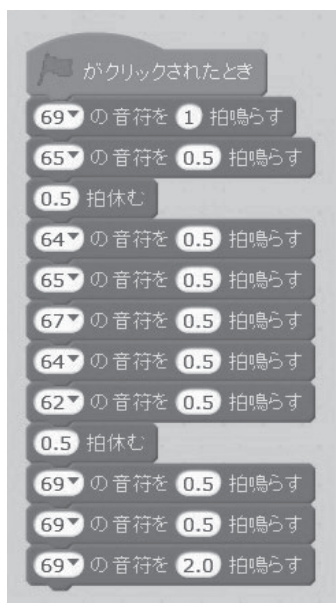


図 3. Scratch のプログラム (例)

5.2 人工知能とメディア

情報科学の分野では、最近、人工知能はバブルといわれる程の話題集中の分野といえる。情報メディア教育においても、人工知能は避けられない話題（学習内容）である。筆者はプログラミング教育ポリシーについては、

Phase1：プログラミングの現実的諸相

Phase2：プログラミングの将来的諸相

Phase3：プログラミングの変革的諸相

として、3つのPhaseで対応するとし、人工知能については、Phase2及びPhase3に位置付けている⁽³⁾。詳細については関係の文献を参照されたい。

6. おわりに

本稿では、情報メディア教育の実践に向けて、音楽の内容を取り上げ、ピアノレッスンとプログラミングのアナロジーとして、教材化に向けて基本的な要素（素材）を整理して示した。特に、ピアノレッスンについては、ピアノの先生用としてまとめられたQ&Aが、プログラミング学習を進める上で新しい視点を提供してくれた⁽¹⁸⁾。

この度の成果は、情報学教育研修カリキュラムの一部をなすものであるが、本稿はその一部となっている。情報学教育全体の研究に関しては、下記のサイトを参照されたい。

※情報学教育ポータルサイト

<http://www.mlab.sue.shiga-u.ac.jp/isepps/>

謝辞

本研究を進めるにあたり、地域教育支援をねらいとした共同研究経費、及び、JSPS 科研費（代表者：松原伸一、課題番号：16K04760、期間：2016～2019の内2016、2017）の助成を受けた。

参考文献

- (1) 松原伸一：プログラミング教育ポリシー：次世代へのソフトランディング～4つのStep, 6つのLevel, 3つのPhase～, 情報学教育論考, Vol. 3, pp.21-28, 2017.
- (2) 山本美芽：ピアノ教本ガイドブック～生徒を生かすレッスンのために～, 2017.
- (3) 松原伸一：作曲とプログラミング：Score（楽譜）とCode（プログラム）～プログラミング教育ポリシーの拡張と深化～, 情報学教育論考, Vol. 4, pp.19-26, 2017.
- (4) 松原伸一：情報学教育の第2ステージ～教職実践を視野に：K-12からK-18へ～, 情報学教育論考, Vol. 2, pp.11-20, 2016.
- (5) 松原伸一：ソーシャルメディア社会の教育～マルチコミュニティにおける情報教育の新科学化～, 開隆堂, 2014.
- (6) 馬場マサヨ：目からウロコのピアノ指導法, 株式会社ヤマハミュージックメディア, 2016.
- (7) 足立博：まるごとピアノの本, 株式会社青弓社, 2002.
- (8) 青島広志：究極の楽典, 最高の知識を得るために, 株式会社全音楽譜出版社, 2009.
- (9) 川辺真：音符と鍵盤でおぼえるわかりやすい楽典, 株式会社音楽之友社, 2002.
- (10) 東川清一：旋法論－楽理の探求, 株式会社春秋社, 2010.
- (11) 大塚正元：楽譜の数学, 株式会社早稲田出版, 2003.
- (12) ローダラー, J.G.【著】高野光司, 安藤四一【訳】：新版音楽の科学～音楽の物理学, 精神物理学入門～, 株式会社音楽之友社, 2014.
- (13) Matsubara, Shinichi et al.: Influence of the Wave Characteristics on Ultrasonic Computed Tomography, 2nd Meeting of WFUMB, 1979.
- (14) Rayleigh, John William Strutt: The theory of sound, Dover Publications (in English), 1945.
- (15) ダランベール, J.L.【著】片山千佳子, 安川智子, 関本菜穂子【訳】：ラモー氏の原理に基づく音楽理論と実践の基礎, 株式会社春秋社, 2012.
- (16) 増井敏克：プログラミング言語図鑑, ソシム株式会社, 2017.
- (17) 仙石けい：「MuseScore」ではじめる楽譜作成, 株式会社理工学社, 2015.
- (18) 江口寿子, 夏目かおる, 江口彩子：ピアノレッスンQ&A, 株式会社全音楽譜出版社, 2000.