

STEAM 教育としての協調的な音楽創作活動とその評価の提案 -児童の自尊感情の変化に着目して-

遠山 紗矢香* 竹内 勇剛*

Proposing a Design of Collaborative Creative Musical Activity and an Evaluation Method as

STEAM Education: Focusing on Changes of Primary School Children's Self-Esteem

Sayaka Tohyama* and Yugo Takeuchi*

Abstract – Previous researches suggest that STEAM education contains both STEM-based and art-based ones. The purpose of this paper is to describe a design of collaborative creative activity in music and an evaluation method as a means of considering art-based STEAM education which improves students' self-esteem. We designed a three-hours musical workshop for 20 children who were five graders in an elementary school to facilitate the creation of harmonies to the given melodies. The children used ICT to externalize their ideas in collaborative learning, and they were evaluated pre-, intermediate- and post-test. Each test contains a questionnaire, an exam of creating harmonies, and questions of self-esteem. The results of the questionnaire indicated that all the children enjoyed the workshop and some of them became externalization than appreciation. Furthermore, the children who made not qualified harmonies improved their self-esteem in post-test than pre-test, though the self-esteem of the children who made moderate quality of harmonies decreased. Detailed protocol analysis suggested that the pair of children who improved their self-esteem allocated their time to consider each other's ideas and not hurried to complete making their harmony. The importance of evaluating the children's internal change in this workshop as an art-based STEAM education was discussed.

Keywords: STEM, STEAM, collaborative learning, self-esteem, elementary school children

1. はじめに

北米や韓国を中心として、STEM 教育 (Science, Technology, Engineering and Mathematics) に”Art”のエッセンスを加えた「STEAM 教育」の重要性が指摘されている^[1]。上記では STEM から STEAM 教育への移行の重要性が主張されていることに見られるように、STEAM は STEM にアートの要素を加えた STEM 教育の発展版と解釈されることがある。一方で、アートの要素が前端的に押し出された STEM 教育では、学習者 1 人ひとりが自身の表現したいことがらに合わせてテーマや手法等を選んで創作を行うことが第一の目的となる可能性がある。つまり、STEAM 教育には、科学や技術といった学問領域の

中で学習者が理論や最適解を導くために考えを収束させていく STEM 志向の STEAM 教育と、学習者 1 人ひとりが決めた多様な到達地点へと向かうアート志向の STEAM 教育とが内包されている可能性が指摘できる。

STEM 教育等の学習の文脈では、学習者が示した学習課題に対する解の質を評価することが多い。一方でアートの文脈では、成果物の質だけでなく、制作過程で学習者に起こると想定される内的な変化に注目する場合もある^[2]。アートの制作過程における操作結果の全てを「失敗ではない」ものとして学習者が解釈することが許容されるのは、多様な正解があり得るアートに独特なものであり、STEM 教育にはない要素である。学習者がアート活動を通じて自身の活動を認める過程を経ることが、自尊感情を高めるために寄与している可能性がある。

上述した学習者が多様な操作を試し、その操作を肯定的に位置付け直す活動を促すためには、学習者自身の考えや感性を作品として表現していくインタフェースとしてのデバイスやアプリケーションが求められる。先行研

*: 静岡大学情報学部

*: Faculty of Informatics, Shizuoka University

究では、こうしたインタフェースを与えた場合、学習者の興味を喚起するものの、学習を継続し学びを深めていく活動へ繋がり難いことが示されている^[3]ため、インタフェースの提供とあわせて学習者の学びを深めることを意図した学習環境を設計することが必要である。

上記の活動を促すための学習環境に求められるのは、学習者の操作結果をできるだけ多様な観点から解釈できるようにすることだと考えられる。そのためには、学習者が単独で行うよりも2名以上で協調的に取り組むことが好ましい。1名よりも2名以上で見立て直しを変えることに成功しやすいことは、等間隔に配置された縦3つ×横3つの合計9つの点を4本の直線で結ぶ「9点問題」の実験結果をはじめ^[4]、多くの先行研究で示されている。

以上を踏まえて本論文では、アート志向のICTを用いた協調的なSTEAM教育に注目してその具体例の提案を行い、そこでの学習者の成果や学習者の内面的な変化を評価した結果を示すことで、アート志向のSTEAM教育の評価方法について議論を深めることを目指す。

2. 背景

2.1 STEM教育とSTEAM教育

STEM教育とSTEAM教育の関係性を整理するためには各々の特徴を整理する必要がある。

アメリカでは2010年頃からSTEM教育として実践を展開することの重要性が叫ばれてきた^[5]。STEM教育の例として、米国各地で用いられている理科教育プログラムとしてWISE (Web-Based Inquiry Science Environment) が挙げられる。WISEは、理科教育のために用いることができるシミュレータや、論文を書き下したものの科学コンテンツを有しており、それらから学習者自身が仮説を生成し、その仮説に基づいて自身の考えを補強する知見を集めて整理し、仲間同士で議論し合うことで学習者の科学的な知識の統合を引き起こすことを狙ったシステムである。それだけでなく、WISEは上記の過程を通じて、工学の概念を学習できるように設計されている点がSTEM教育として意義深い^[6]。また、「電気の力を使わずにできるだけ遠くまで走る車を作ろう」等の課題に向かって科学的な知識を活用してゴムや風の力で動く車を制作し試行と改善を繰り返していくプロジェクト型の学習「Learning by Design」^[7]もSTEM教育の先駆例として位置付けられている^[8]。近年の全米科学技術医療アカデミーの報告によれば、良質なSTEM教育を実現するためには、エビデンスに基づいたSTEM教育の実践及びプログラムを広範に活用することが求められるとされている^[9]。したがって今後は、STEM教育を受けた学習者の理解度などをエビデンスとして、より効果的なSTEM教育プログラムの選定が進められる可能性がある。

STEAM教育の例としてSousa & Pilecki^[1]に収録されて

いる事例を参照すると、STEM領域の学習に対して発散的思考の要素を加えるという観点に基づいてアートの要素を組み込む方針が示されている。発散的思考とは、様々なアイデアをまとめ上げる思考様式としての収束的思考との対比であり、問題を解決するために様々な視点から様々なアイデアを考え出す思考様式を指す。事例には必ず、学習者に学ばせたい科学や数学の考え方や概念が明記されており、評価基準もある。一例を挙げれば、「細胞の創作」という事例では、植物と動物の細胞の構成を学習し(科学)、立体的な造形物を作るための方法や表現したい色を作るための絵の具の扱い方を学んで(アート)話し合いながら細胞を再現する粘土工作を行う。学習者は、細胞の構成要素や細胞の働きについて言語的に説明した内容で到達度が評価される。この事例の評価方法に着目すれば、アートよりもSTEMの要素に重きが置かれていると考えられる。

アートの意義をSTEMと互恵的に扱うことができる可能性を示唆するSTEAM教育もある。Martinez & Stager^[10]は、「プロジェクトのために十分に開発・振り返り・改良に時間をかけることができるときにアートと科学は自然な融合を果たす」と主張している。その例として挙げられているのはゲーム作りのプログラミングやロボット・ダンスの制作である。その具体例として挙げられるのはプログラミング環境「Scratch」^[11]を用いた子ども達の活動^[12]である。同書^[12]では、Scratchは子ども達自身が目標を設定し自分たちなりに作り上げていく過程を支援するために用いられている。例えば、コンピュータでゲームを楽しむことだけでなく作り手になりたいという思いを持った子どもが、Scratchを用いてオリジナルのゲームを作り、それをScratchのwebサイトにて公開し、Scratchに親しんでいる世界中の仲間と議論しながら作品をより良く作り変えていく活動が起こったというエピソード等が示されている。これを換言すれば子ども達にとって未知なものを構想し作りあげていく活動を支えるインタフェースとしてScratchが機能している。この場合、先述のSTEAM教育の事例とは異なり、学習者に学ばせたい考え方や概念を予め定めるわけではないため、学習者の到達度を一律に評価することは難しい。

STEM教育とSTEAM教育の両方に跨る例もある。自作のロボットを用いて与えられた課題を正確に速く解くことやロボット同士の対戦等によってゲームの勝敗を決める、いわゆる「ロボットコンテスト」である。コンテストでは予め厳格な競技ルールやコースが設定されており、定量的な指標に基づいて勝敗が決められることが少なくない。例えば、ロボットがゴールに入れたボールの数を数えたり、与えられたコースを走破するスピードを競ったりといった方法である^[13]。このため学習者は与えられた条件下で勝利できるロボットを制作するためにSTEM領域の知識を用いる。これは先述のSousaら^[1]と同様にアートよりもSTEMを学習目標として優先させた例だと考えることができる。

一方で、自作のロボットを用いたコンテストの中にも Martinez らの整理^[10]と共通する活動を引き起こすことを目指したものもある。1997 年から 20 年以上続けられてきた世界的な自作ロボットによる競技「ロボカップ (RoboCup)」に関わり続けてきた Zhou は、学習者がロボカップを通じて学んでいくことは STEAM 教育としての価値を含んでいることを指摘している^[14]。ロボカップで 2000 年に新設されたロボットによるダンスの部門は STEAM 教育の例として紹介されている^[15]。当然ダンス部門にも勝敗を決するための評価基準は存在するが、その評価基準は定性的なものとなる。

以上より、STEAM 教育には大別して 2 種類の捉え方があると考えられる (表 1)。ここでは、Sousa らの例^[11]や、正確さや速さを追求するためのロボット制作^[13]のように STEM 教育を志向した STEAM を STEM-STEAM 教育、Martinez ら^[10]の示唆する活動の具体例として捉えられる Resnick らの例^[12]やロボットによるダンス^[15]といったアートを志向した STEAM を Art-STEAM 教育と便宜的に呼ぶ。

STEM 教育でも STEAM 教育でも学習者が自分なりの考えに基づいて作品を仕上げていく過程は同様である。しかし、一定の条件が定められた環境で最も良いパフォーマンスを出すための最適解を導くことが期待される STEM 教育や STEM-STEAM 教育とくらべて、Art-STEAM 教育では、どのような成果物を作成するのかという目標を設定すること、そのためにどのような方法を採用するのかを決めることが学習者に委ねられる。その結果、学習者それぞれの異なる知識や経験に基づいて多様な創造活動が引き起こされることが期待されていると考えられる。さらに、STEM 教育や STEM-STEAM 教育での評価基準は、いわゆる正解や最適解と考えられるものと学習者の解の差分を求めたり、ゴールに入ったボールの数といった定量的な軸で評価したりすることが可能な場合が多いが、Art-STEAM 教育の場合は到達地点が多様なため別な評価軸が必要となる。このように捉えれば、Art-STEAM 教育では、学習者それぞれが多様な方向を目指せる学習環境が提供されることとなる。

表 1 STEM と STEAM の比較

Table 1 Comparison between STEM and STEAM

	教育目標	教育方法	評価基準
STEM	最適解の導出	学習者主体の知識や技術の統合を促す	正解や最適解との差分
STEM-STEAM	最適解の導出やその表現の工夫		
Art-STEAM	多様な到達点へ向かう活動の促進		成果物の質や学習者の内的変化

STEM-STEAM 教育は、現行の STEM 教育に対して先述の発散的思考や「前向きアプローチ」^[16]と呼ばれるような未知の問題に対して自分なりに解を作り上げる能力を育成する観点に加えられたものと解釈できる。これは次期学習指導要領^[17]で示されている学校教育の方針とも整合的なものとみなせる。

これに対して Art-STEAM 教育は、学習者が主体となって目標を決め、さらにその目標に向けて自分なりに解あるいは作品を完成させていく。これは近年増加している学校外での子ども向けプログラミング教育の一部と整合的であるが^[18]、学校教育とは一定の距離がある。なぜならば、学校では学習指導要領の下で児童生徒が学ぶべき内容が決まっており、上記の Art-STEAM 教育の学びは指導要領の範囲外と見なされがちなためである。音楽や図画工作といったアート領域の教科にも教育目標や学習内容は定められている。例えば音楽では、一定程度まで楽譜が読めるようになることや鍵盤ハーモニカ等を使った音楽的な表現活動ができるようになること等が定められている^[19]ため、たとえ子供が鍵盤ハーモニカを試行錯誤的に吹く過程で新奇なメロディを生み出したとしても、それで教育目標を満たしたとみなされないことが少なくない。したがって児童生徒は、一定の枠組みの中に留まったアート活動に従事する。もちろん学習指導要領はミニマムスタンダードのため、学習指導要領の範囲を超えて Art-STEAM 教育を児童生徒に提供することは可能ではある。しかし近年のように多忙を極める学校教育現場^[20]でそれを実施するのは、現実的には困難だと言わざるを得ない。

以上より、STEM-STEAM 教育と Art-STEAM 教育の目標は図 1 のように概念化できる。STEM-STEAM 教育では、問題を定義する、データを集め分析する、分析結果を議論するといった科学的な実践^[21]を通じて解を収束させていく。一方で Art-STEAM 教育では、試行錯誤や仲間との対話、先行知識や経験のうち一部のパラメータを「ずらし」てみる^[22]等の営みを通じて発散的に考えていく、と捉えることができるだろう。

以上を踏まえて本論文では、教育研究としての蓄積が比較的少ないと考えられる Art-STEAM 教育に焦点化する。以降では Art-STEAM 教育を「STEAM 教育」と表記する。

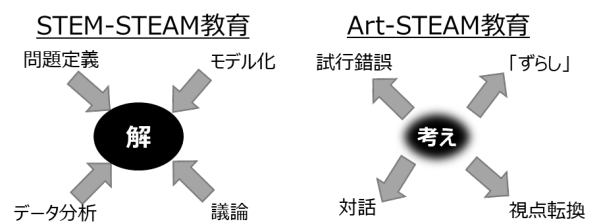


図 1 STEM-STEAM 教育と Art-STEAM 教育の目標の比較

Fig. 1 Comparison of Educational Purposes between STEM-STEAM Education and Art-STEAM Education

2.2 STEAM 教育の教育方法

2.2.1 教育用ツール

STEAM 教育において有力だと考えられるのが、簡便な操作で学習者自身の考えや感性を表現するためのインタフェースとしてのデバイスアプリケーションである。そうしたものの筆頭として挙げられるのは Scratch である。Scratch は「低い敷居と高い天井，広い壁」と表現される学習環境を提供すること，つまり万人にとって挑戦しやすく本格的にプログラミングを行いたい者にも応えるよう設計されており，ゲームから音楽制作まで多様な作品を生み出すことができる。これらの特長は世界中の子ども達に，創造的な活動の機会や仲間とのコミュニケーションの機会を提供している^{[12][23]}。

アートの領域の中でも，音楽に関するツールの進展は目覚ましい。例えばボーカロイド「初音ミク」^[24]の声で演奏することができる MIDI フォーマットデータの入出力が可能なデバイス「ポケット・ミク」^[25]は 3,000 円程度で購入可能である。より本格的なデバイスとしては，Scratch と連動させることができる 61 鍵からなる電子キーボード「GO Keys」^[26]が挙げられる。デバイスを用いずにアプリケーション内部でユーザが入力を完結するタイプのツールも多数存在する。YAMAHA 社の「ボーカロイド」^[27]のような有償のアプリケーションに限らず，近年では Apple 社の GarageBand^[28]や Google 社の Song Maker^[29]といった無償で利用できるものも登場している。

これらのデバイスやアプリケーションは，いずれも二次元空間を効果的に使用して視覚的に音楽の了解可能性を高めたり，ユーザが入力した内容を正確に演奏したりすることで，楽譜を読むことが難しいユーザにも直感的に使用できるインタフェースとなっている。つまり，音楽の専門知識や楽器演奏経験を有していなくても幅広い人々が音楽的な活動を楽しむことができる。

一方で，上記のような活動に対して学習者が楽しく取り組み続けることができるのかは疑問である。例えば三宅は，指導者がいない中で子ども向けプログラミング環境「Logo」^[30]で遊んでいた Logo 初心者の子どもの観察に基づいて，子ども達は自分が作ろうとしたものを作っていき過程でバグや障害に直面すると，それまでに書いたプログラムを全て消してゼロから書き始めることを繰り返していたことを報告した^[3]。また，子どもに Logo を与えて大人からの働きかけをしないでいると，大半の子どもはしばらくすると飽きて関心を示さなくなるとも報告されている。こうした Logo の例からは，子ども達は自分が作りたいものを作るという目標達成のためではなく，表面的な部分で Logo の機能を試しながら遊ぶという意味でのティンカリングに従事していた可能性が指摘される。原田^[31]によれば，これは経緯を振り返ることなく場当たりの行為を重ねるティンカリングであり，結果に対する省察や省察に基づく精緻な試みとしての漸進的

なプロセスに位置づけられる「建設的試行錯誤」としてのティンカリングとは区別される。原田は，類似した行為として観察されるティンカリングの中でも後者を引き起こすことの重要性を指摘している。これらを踏まえると，STEAM 教育では前者の場当たりの行為を重ねるティンカリングに留まらない，後者の建設的試行錯誤としてのティンカリングを促すための支援を学習者へ与えることが有効な可能性がある。

2.2.2 建設的試行錯誤を導くための支援方法

上記の支援のためには，学習者自身が自分なりの解釈を生み出す過程の支援に焦点化した先行研究から知見が得られる。こうした支援として広く知られ取り入れられている方法の一つに協調学習が挙げられる^[32]。協調学習には，二人以上で話し合うことで一人では気づかなかった視点に気づき，その新たな視点を手掛かりとして新たな考えを作り上げることを促す効果があると言われている^[33]。また，こうした創発的なプロセスを安定して引き起こすための一連の支援方法も示されている。「知識構成型ジグソー法」^{[34][35]}は，小学生から大学生までの幅広い年齢の学習者を対象に，一定の正解がある課題から多様な正解があり得る課題まで，学習者自身が新たな考えを創り出す過程を支援してきた実績を有している。一冊の本の内容を幾つかに分割し，それぞれを様々な人種の子どもの達に与えて，子ども達が協力することで初めて本の全容がわかるという場面設定により人種を超えた有効的な人間関係の構築を促した Aronson の「ジグソー法」^[36]を発展させて，知識構成型ジグソー法では，ある課題を解くために有効に機能するいくつかの知識をそれぞれ別々な学習者に与える。学習者はそれらを話し合いながら組み合わせることで解を得る。与えられた知識を課題解決のためにどのように組み合わせるかを考える部分を学習者に委ねることで，参加者の多様な視点からの議論を促す。

2.3 STEAM 教育の評価基準

STEAM 教育の成果を評価するために，どのような定性的な評価軸を用いるかは検討すべき課題である。STEM 教育の場合，STEM 教育の効果を評価するために，最善の解と学習者が作り出した最適解の間にある差分を，評価のための「エビデンス」として使用できた。一方で STEAM 教育では前述の通りアウトプットに対して定性的な評価を実現する必要がある。定性的な評価手法として知られているのはルーブリック評価^[37]である。ルーブリックを作成する際には，予め評価対象の学習目標を決定し，その目標を充足した程度によっていくつかの階級を分ける手続きが取られる。これはつまり，ルーブリック評価は学習者の解が一定の方向に収束される場合のみ適用可能であることを示している。学習者の解が一定の方向へ収束し難い STEAM 教育の場合，アウトプット

をルーブリックで評価することは困難だと考えられる。

評価の問題については、子どもが Scratch を用いたプログラミングを通じて創造性を発揮したり、自尊感情を高めたりしている事例を数多く示してきた Resnick は、エビデンスベースの教育が注目されている近年において、私たち自身の「エビデンス」に対する見識を拓ける必要があることを指摘している^[12]。学習者が表すエビデンスは、学習者が作ったアウトプットや、学習過程の発言やメモといった情報に限定される。一方で Resnick が指摘するように学習者が自主的にプログラミングを行うようになったりプログラミングを通じて自尊感情を高めたりする例はしばしば観察されるものの、こうした学習者の内面的な変化は、理解の深まり等の学習到達度を表すエビデンスと比べて補助的なものとして位置づけられがちだった。

そこで本論文では、STEAM 教育を評価する試みの一つとして、STEAM 教育の中で学習者がどのように学び、それによって学習者にどのような内面的な変化が生じるかを明らかにする。その際に、児童が作成したプロダクトを客観的に評価した結果と内面的な変化とを比較する。

内面的な変化を評価するための方法として、自尊感情尺度^[38]を用いる。その理由の 1 点目は、協調学習の評価として同尺度が用いられてきたためである。Aronson らの実施したジグソー法による協調学習においても、学習者の自尊心は講義型の授業に参加した者とくらべて高まったことが示されている^[39]。その他の協調学習、例えば Johnson 兄弟が提唱する「協同学習」においても、子ども達の自尊感情が高まるだけでなく、学習について自分自身に対する自信が増すことが示されている^[40]。

2 点目の理由は、先行研究ではアートな活動への従事が自尊感情の変化に影響を及ぼすことが示されてきたためである^[2]。Franklin によれば、アートセラピーの文脈において自尊感情を高めるためには、本人が「失敗」と認識している過去に起きた厳しいことがらを、新たな見立て直しによって本人の内部評価を変更することが有効であると指摘している。また、こうした古い自己に対峙し、新しい自己を再建するような活動に対してアートは「安全な場所」になり得るといふ^[2]。このことは、アートな活動への従事が作者の内面的な変化を引き起こす可能性を示すものである。したがって、作者の内面的な変化を評価することは、アート志向の STEAM 教育の評価方法としても用いることができる可能性がある。

一方で自尊感情の変化は、評価対象とする一連の活動におけるどのような事態が自尊感情の高まりに寄与したのかを因果的に説明するには限界があるとも考えられてきた。しかし、自尊感情の高まりがその他の指標とどのように関連しているかを検討することで、STEAM 教育を通じた学習者の変化を理解する新しい観点を示すことができる可能性がある。そこで本論文では、上述のように自尊感情の高まりがその他の指標とどのように関連しているかを検討する。

3. 目的

以上を踏まえて本論文の目的の 1 点目は、多様な解の方向性を許容する STEAM 教育としての協調学習環境をデザインすることである。上記のような協調学習においては、学習者の内面にはプロダクトのみでは観察し難い変化が生起する可能性がある。そこで本論文の目的の 2 点目は、自尊感情尺度による学習者の内面的な評価を、プロダクトの客観評価やアンケート調査、協調学習中の様子と照らし合わせながら解釈することと設定した。

4. 研究方法

4.1 研究のデザイン

本論文では STEAM 教育として実施されたワークショップ（以下 WS と表記する）を題材として扱った。本 WS の教育目標は、参加者それぞれが考える美しく響く副旋律を作成すること、またその活動を通じて参加者の内面的な変化—自尊感情の高まり—を引き起こすことであった。そのために、正解が一意に定まらないアート活動の一つである音楽創作活動を採用した。ただし、主旋律の制作や伴奏付けといった創作活動は音楽の専門的な知識を要求しがちであるため、本 WS では所与の主旋律に対して副旋律を付与する副旋律作成課題を採用した。

参加者はペアで活動させ、ICT を用いて児童自身のアイデアを外化するよう促した。ICT は音楽の知識や技術がなくても児童が自身の考えを表しやすいものを採用した。また、児童らが作成した副旋律を自分たちで見直すことができるよう知識構成型ジグソー法に基づいて副旋律作成時のポイントとなる知識を児童に与えた。また、1 人ひとりの児童の外化結果は相互に作用し合うようにした。これらにより、発言することが得意でない児童に対してもアイデアを外化すること、及び仲間が外化したアイデアへ反応することを促した。

評価方法として、自尊感情の高まりを調べるための質問紙調査を実施した。また、児童らの自尊感情の高まりと児童らが作成した副旋律の質との間にどのような関係があるのかについても検討した。さらに、自尊感情の高まりがどのような活動で引き起こされたのかを考察するために、副旋律作成中の児童の発言や行為を分析した。

4.2 ワークショップ概要

WS は、2017 年 12 月に静岡県浜松市内の公立小学校 5 年生を対象とした単発の部活動（放課後；指導要領の範囲外）として第一著者が実施したものである。小学校からの配布物を通じて希望者を募り、抽選により全 3 クラスから児童 20 名（男子 12 名、女子 8 名）が選ばれた。研究目的のために WS の様子を撮影したりプリント類を回収したりすることについては事前に許可を得た。

WS は児童の帰宅時刻に配慮し、1日につき1時間、週末は喜んで3日間連続して行った。課題は一貫して「美しい響きを生むにはどうすればいいだろう？」とした。これは、音楽を構成している音や音同士の関係等が論理的に記述できるルールで制御可能なことを学ぶ一方で、それらを組み合わせながら活用することを促すために設定した。

会場として児童が所属する小学校のパソコン室を用いた。部屋にはノート型パソコンが30台設置されていた。パソコンにはWindows7がインストールされており、インターネット接続を利用したり共有フォルダに児童の作品を保存したりすることができた。

WSで用いたアプリケーションは、Scratch、および歌声合成ソフト「ボーカロイド」を小学校から中学校程度の児童生徒を対象に最適化した「ボーカロイド教育版」^[41]の2つであった。ただしボーカロイド教育版は小学校のパソコンにインストールされていなかったため、小学校の許可を得たうえでパソコン10台へWS開始前にインストールし、WS終了後にアンインストールした。

WSでは協調的な創作活動として、ペア活動および知識構成型ジグソー法に基づく協調学習を実施した。創作活動は主としてペアで行わせた。ペア活動では児童らに主体的にペアを構成してもらい、知識構成型ジグソー法による活動ではランダムにグループメンバを決定した。

課題曲は、児童にとって日ごろ耳にする機会が多く、音楽科で既修であり使用するコードの種類を少なくできる曲として「きらきらぼし」(フランス民謡)、及び「子どもの世界」(作詞・作曲：シャーマン兄弟)を用いた。但し、子どもの世界は以下の点について編集を行い、16小節構成のハ長調に編曲したものを使用した。

- ・ハ長調をハ長調へ移調(変化記号#やbを除去)
- ・コードを可能な限り絞り込みC, C7, F, G7のみ使用
- ・2/4拍子を4/4拍子へ変更

WSの効果を評価するために、音楽や協調学習に対する印象を尋ねるアンケート調査、主旋律に対して副旋律をつける課題の到達度、自尊感情の調査を実施した。これら3つの調査はWSを通じた児童の変化を評価するために全て同じ問題あるいは質問とした。調査はWS開始前と終了後およびWS中にそれぞれ実施した。

4.3 教育用ツール

2.2.1節で概観したデバイスやアプリケーションの中でも、建設的試行錯誤を引き起こすための協調学習と互恵的に機能するツールを選んだ。協調学習が有効に働くための要件として、三宅^[4]は、操作などを通じて参加者同士の考えが見えやすいこと、それぞれの操作の正誤が局所的には判断しづらいことの2点を挙げている。本論文もこれら2点に基づくともに、児童にとって使用が困難でないツールを検討した結果、後述するScratchとボーカロイド教育版がインタフェースとして選ばれた。

Scratch

Scratchは全世界で使用されているプログラミング環境であり、任意の種類の高さの音を任意の間だけ鳴らすことをプログラムで記述できる。また、マルチスレッド機能を利用すれば、主旋律と副旋律を同時に演奏するといったことも可能である(図2)。

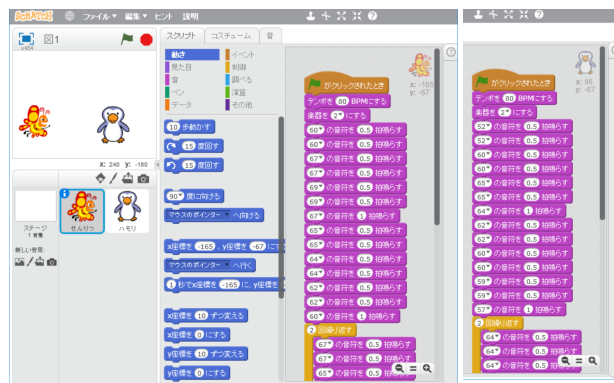


図2 Scratch (楽曲編集集中の画面. 右は副旋律)

Fig. 2 Screenshot of Composing Music using Scratch: The Right Window Shows a Harmony

ボーカロイド教育版

ボーカロイド教育版(以下ボーカロイドと呼ぶ)は音楽的な創作活動に特化したツールであり、これまでに小学校5年生から中学校までの児童生徒に利用された実績がある。ボーカロイドでは同時に4つまでの旋律を編集したり演奏したりすることが可能である(図3)。任意の種類の高さの音を任意の高さの音を任意のタイミングで、任意の区間だけ鳴らすことができる点はScratchと同様だが、以下に示すようにScratchにない特徴を有している。

- ・音の高さと長さを二次元平面上で編集できる
- ・入力したそれぞれの音に言葉(歌詞)を付与できる
- ・入力された通りに合成音声で歌う
- ・歌っている箇所を時系列に沿って表示する
- ・各小節のコード構成音を時系列に沿って表示する(コードガイド機能; 本機能は予め主旋律と共にコードを入力しておくことで使用できる)

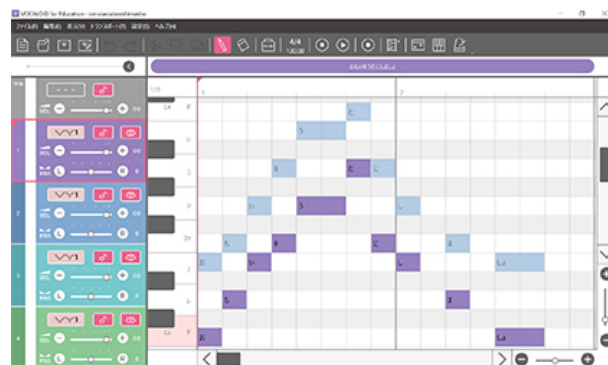


図3 ボーカロイド教育版 (編集画面)

Fig.3 Screenshot of Composing a Melody and a Harmony using Vocaloid for Education

4.4 協調学習

不協和な副旋律を修正する活動（1日目）、音楽的な知識を協調的に学ぶ活動（2日目）、主旋律に対して副旋律を付ける活動（3日目）の3種類の協調活動を提供した。これらは教育用ツール提供の有無、及び音楽知識提供の有無の二軸によって表2のようにまとめられる。以下では実施日ごとの活動内容を詳しく述べる。

表2 活動内容の整理

Table 2 Organization of Each Activity

	ツールの提供	知識の提供
1日目	Scratch	-
2日目	-	ジグソー
3日目	ボーカロイド	2日目の知識を活用可能

1日目

音楽がプログラムで記述できることや、音楽の専門的な知識を持たずとも不協和音を見出すことができることを実感させるための導入活動を実施した。「きらきらぼし」の主旋律と、一部に主旋律とは不協和な音程を混在させた副旋律を入力した Scratch のプログラムを第一著者が用意した。この教材を児童ペアへ電子的に配布し、不協和だと児童が感じた部分を修正させ互いに発表させた。

2日目

美しく響く副旋律を作るための一般的な音楽の知識を学習する活動を行った。「子どもの世界」の主旋律とコードを示した楽譜を配布し、ボーカロイドで主旋律を演奏して聴かせた。そのうえで、「主旋律に対して美しく響く副旋律（ハモリ）を付けよう」と投げかけ、どのようなイメージで副旋律を作成するか児童ペアで計画させた。その後、児童ペアを解体し以下の3つのグループに分けた。

- 1 コードの基本的な構成（響く音を作るためには「コード」と呼ばれる様々なルールがある）
- 2 協和音の組み合わせ方（隣り合う音同士は不協和音になる；倍音も協和音である）
- 3 美しいメロディラインの構成要素（美しいメロディを作るには音の高低を歌詞のイントネーションに合わせて音の高低差を減らして滑らかにしたりするとよい）

児童は全員が1,2または3の3つのうちのいずれかについて学んだあと（エキスパート活動）、学んだことを児童が1名ずつ持ち寄って互いの内容について話し合いながら共有する「ジグソー活動」を行った（図4）。エキスパート活動で配布した資料はボーカロイド教育版のwebサイトに公開されている教材を参考に第一著者が作成したものでA4判片面の分量だった。端数で児童数が不足したグループには大人が児童役として加わった。

なお、エキスパート活動の資料は、初歩的な内容ではあ

るが和声学に基づいたものであり、中学校以上で学習する内容を一部に含んでいた。

最後に、冒頭で計画した内容を自分たちで見直す時間を設け、必要であればその計画を修正させた。

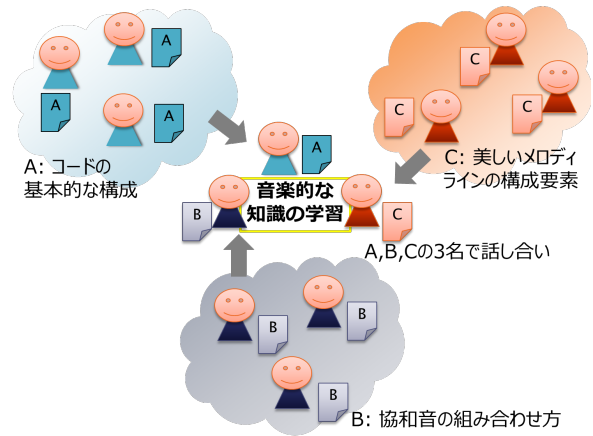


図4 ジグソー法による音楽的な知識の学習
Fig.4 Jigsaw Method for Studying the Musical Knowledge

3日目

音楽的な知識を活用して副旋律を完成に近づけた。児童は元のペアに戻って、ボーカロイドを用いて副旋律を付ける続きを行った。なお、児童には主旋律及び歌詞を入力済のデータを渡すことで、副旋律の作成に集中できるようにした。副旋律が早期に完成したペアには副々旋律や副々々旋律を付けるよう促した。最後に、全ペアに作品を発表させた。

5. 評価方法

WS期間を通じて実施した3種類の調査結果を用いた。調査のタイミングをWSの流れと共に白塗りの四角で図5に示す。HMは副旋律作成課題、SEは自尊感情の調査を指す。カッコ書きの数字は調査が第何回目かを示す。

アンケートはWS全体による変化を調べる目的でWSの開始前と終了後に実施した。Scratchとボーカロイドの各活動について調べるため、HMはWSの開始前と終了後および2日目の活動前の3回、SEはさらにそれに1回加えて合計4回調査を行った。HMがSEよりも1回少ないのは、HMはSEとくらべて時間を要するためである。このためHMはICTを用いた活動の直後のみで実施した。全ての調査において児童は1人で回答した。

児童の活動はペアごとに設置した360度全天球カメラで撮影した。児童が記録したプリント類は全て回収した。**アンケート**

WS参加時点で児童がどのような先行経験を有するか、またそれら経験に対してどのような印象を持っているかといった基本事項の確認、及び協調学習や音楽的活動に

対する印象を調べるために 29 項目からなるアンケート調査を実施した。先行経験の調査では、パソコン、プログラミング、ボーカロイドそれぞれの経験の有無や好き

嫌い、学校外での楽器演奏経験の有無を問うた。協調学習については、ペアの相手との会話の頻度、協調学習の

1日目		2日目		3日目		
HM(1) SE(1) アンケート(1)	Scratch	HM(2) SE(2)	ジグソー & 創作の準備	SE(3)	ボーカロイド	HM(3) SE(4) アンケート(2)

図 5 評価の実施時期

Fig.5 Periods of the Assessments

有用感、協調学習が楽しいと思うか等を尋ねた。また、音楽的活動については音楽が好きか、楽譜を読むのは得意か、音楽を聴く・(自分が)歌う・(楽器等を)演奏する・曲を作る・歌詞を作るという 5 つの中でどれが最も好きか等を尋ねた。回答時間は約 8 分だった。

副旋律作成課題 (HM)

「小さな世界」の最後 4 小節のみを抽出して印刷した楽譜を配布し、美しく響く副旋律 (ハモリ) を付けるよう児童に依頼した (図 6)。その後「美しくひびくハモリを作るためには、どんなことに気をつければよいと思いますか? あなたの考えを教えてください」という自由記述形式の質問を投げかけることで、児童が副旋律作成において考慮したことを引き出そうとした。作成された副旋律は自由記述を補助するデータとした。回答時間は約 5 分であった。

なお、本課題は 2~3 日目で児童が取り組んだ課題と同一であるが、児童単独のパフォーマンスを評価することを目的として行ったため、ペアで作った作品が見えない状態で実施し、個人の回答がペアの作品と同じでも異なってもかまわないことを伝えた。



図 6 副旋律作成課題の一部

Fig 6. A Part of Harmony Making Problem

自尊感情の調査 (SE)

Rosenberg の自尊感情尺度^[38]を児童向けに作り替えた先行研究^[42]を参考にして 10 個の質問からなる質問紙を作成した。表 3 に質問項目を示す。児童は質問に対して自分がどの程度合致すると思うかを 4 段階 (あてはまる、ややあてはまる、ややあてはまらない、あてはまらない) で回答した。反転項目を除く質問で「あてはまる」が多く、かつ反転項目の回答で「あてはまらない」が多いほど児童の自尊感情が高いと評価した。回答時間は約 1 分

だった。

表 3 自尊感情の質問項目 (*は反転項目)

Table 3. Questions for Evaluation of Self-Esteem (* Inversion)

私はほかの子と同じくらい大切な子どもだと思う
私にはいくつか良いところがあると思う
自分はまるでダメだと思う *
私はほかの子と同じようにいろいろなことができる
自分のことであまりじまんでできることがない *
私は今の自分のままで良いと思う
時々自分は役に立たないと思う *
もうすこし自分を尊敬できたらいいと思う *
私はいろいろなことをうまくやれると思う
自分は悪い子だと思ってしまう *

自尊感情の高まりと WS 中の活動の関係性の検討

WS 実施後に、自尊感情の高まりと活動の関係性について手掛かりを得るための分析を試みた。2.3 節で述べたように自尊感情と活動の間を因果的に説明することは容易でないことから、ここでは先行研究に基づいて導出した分析基準にしたがって対話分析を行った。

波多野・稲垣の先行研究では、自身に対する肯定感の低い子どもに対して行われた授業後に、子ども達のそれが高まったことが示唆された 2 つの事例に共通する特徴として、時間的制約が弱く学習者が自身のペースで取り組めた点を挙げている^[43]。波多野らは、この特徴が課題についても自分自身についても新しい面を発見するために機能していた可能性に言及した。逆に、効率的に学習を進めることが最優先される場合、問題を解く面白さへの気づきや自分の能力についてのメタ認知や効力感が発達し難い可能性を指摘した。

上述の見解に基づいて、本論文では「答えを急ぐ発言」(例: その答えを早く (解答用紙に) 書きちゃおうよ; もうそれ以上考えなくていいよ) の出現は、学習者が時間的制約を懸念するあまり自身のペースで課題に取り組み難くなっていたことを示唆する手掛かりと捉えた。この発言は、協調的問題解決の対話を分析した先行研究において参加者同士が問題解決を前向きに続けていくことを

阻害する発言として示されたものである^[4]ため自尊感情の高まりを直接的に評価するための指針ではない。しかし、波多野らの先行研究に照らせば、自尊感情を高めるための一つの条件として学習者が自身のペースで問題解決に取り組むことができる環境が必要だと考えられたため、本論文では上述の発言の有無を手掛かりに児童の対話を分析することとした。ただし、上述の発言有無のみの調査では児童の実際の様子を把握し難いため、上述の発言に関わる行為や前後の活動の様子等もあわせて分析した。

6. 期待される結果

本論文の目的を踏まえ、以下に基づいて WS の実践結果を検討する。

まず 7.1 節では、特殊な音楽経験を有していない小学 5 年生児童でも、STEAM 教育としての協調的な音楽創作活動へ困難なく参加できることを確認する。次に 7.2 節では、WS を通じて児童が美しく響く副旋律を制作できるようになったかを検討する。続く 7.3 節では、WS を通じて児童の自尊感情を高めることができたかを検討する。さらに 7.4 節では、自尊感情の高まりがどのような活動で促されたかを WS 中の対話に基づいて検討する。

7.1 節では主としてアンケート調査の結果を用いて検討する。7.2 節では副旋律作成課題の回答を用いて検討するが、「美しさ」を画一的な基準で評価したり、美しさを作り上げた個人の創造性について目に見える基準のみで評価したりすることの危険性^[12]の回避を念頭に置いて可能な限り客観的な指標のみを用いて作品を評価する。7.3 節では、複数回行った自尊感情の質問紙調査の回答結果を副旋律作成課題の結果と合わせて用いる。7.4 節では、自尊感情の高まりがみられた児童とそうでない児童の対話を比較する。

7. 結果と考察

WS に参加した児童 20 名のうち質問紙の回収漏れがあった 1 名を除き 19 名を分析対象とした。

WS 終了時点で副旋律がほぼ完成させたペアは 10 組中 8 組だった。このうち副々旋律も作成したペアが 2 組いた。WS の途中で活動を放棄した児童はいなかった。

7.1 アンケート

先行経験

児童に先行経験を尋ねた結果、全員がパソコンの使用経験を有したものの、プログラミングとボーカロイドはそれぞれ 1 名を除き全員が未経験だった。児童の楽器演奏経験を尋ねた結果、8 名がピアノの演奏経験を有しており、残る 11 名についてもリコーダーの演奏経験を挙げ

ていた。リコーダーは小学校音楽科の授業で学習する機会があるため、学校以外での楽器演奏経験を有すると推測される児童は半数弱を占めた反面、ICT を用いた音楽活動はほぼ全ての児童が初めてだったと考えられる。

WS 終了後、パソコン、プログラミング、ボーカロイドそれぞれについて尋ねた結果、パソコンとプログラミングについては 18 名が、ボーカロイドについては 19 名が「楽しかった」または「やや楽しかった」と回答したため、ほぼ全ての児童はこれらを用いた活動に楽しく取り組んだと考えられる。

協調学習

話し合い活動が好きかを 4 点スケールで回答させた結果、全児童の平均点は WS 前が 3.0、WS 後が 3.1 と WS での変化はほとんど生じなかった。WS 後のみ、今回のペア相手との話しやすさを尋ねた結果、児童 2 名が否定的な回答をした一方で話し合いは楽しかったとも回答していた。以上より、児童は 3 クラスから抽選で選ばれたため日ごろあまり話したことがない者同士のペアも編成されたが、大きな問題は生じなかったと考えられる。

音楽活動

児童が学校教育を通じて経験している音楽分野の活動のうち代表的な 5 つを挙げ、最も好きな活動はどれかを尋ねた。結果を表 4 に示す。WS 前は音楽を聴くことが 11 名と最も多くの児童に好まれていたが、WS 後は 7 名に減少し、歌う・演奏する・曲を作る の 3 つでは人数の増加が見られた。受動的な音楽活動から能動的に表現する音楽活動へと児童の志向が転換した可能性がある。

また、楽譜を読むのが得意かを尋ねた結果、「得意」または「やや得意」と回答した児童が WS 前は 10 名、WS 後は 12 名となったことから、WS を通じて譜読みに対して肯定的な児童がやや増加したと言える。

以上より、ほとんどの児童は協調的な音楽創作活動へ楽しく参加したと考えられる。

表 4 音楽で最も好きな活動 (人数)

Table 4 The Children's Most Favorite Activity in Music (Numbers of the Children)

	WS 前 *1	WS 後
音楽を聴く	11	7 *2
歌う	3 *2	5 *2
演奏する	4 *2	6
曲を作る	1	2
歌詞を作る	0	0

*1: 未回答者が 1 名いた。

*2: 1 名が 2 つを同点としたため重複カウントした。

7.2 副旋律作成課題 (HM)

作成された副旋律

WS を通じて児童個人が作成した副旋律がどのように

変化したのかを調べるため、WS 前の HM1、WS 中盤の HM2、WS 後の HM3 の各時点で作成された副旋律について調べた。主旋律構成音を1度としたときに3度の音(例: 主旋律がドならばミが3度の音であり、協和音となる)で主たる副旋律を構成した人数、3度の音以外を用いて協和音で副旋律を構成した人数、協和音と不協和音を混在させて副旋律を構成した人数、2度の音(例: 主旋律がドならばレが2度の音であり、不協和音となる)で主たる副旋律を構成した人数、及び無回答の人数をそれぞれ表5に示す。表に示されたように、WSを通じて協和的な響きの副旋律を作成した児童の数はHM2及び3で徐々に増加していた。一方で、不協和音で副旋律を構成したり協和音と不協和音を混在させて副旋律を構成したりした児童の数は減少傾向にあった。これらの結果より、WSは児童が協和的な響きの副旋律を作成していくうえで影響を及ぼしていたと考えられる。

なお、不協和音は音楽的表現のために意図的に使用される場合がある^[45]が、本課題は美しく響く副旋律を作成することを目指す課題であったため、不協和音を含む回答は到達度として不十分なものとして評価した。

表5 副旋律作成課題の質的な分類 (人数)
Table 5 Qualitative Categorization of the Answers of the Children's Harmony-Making Problem (Numbers of the Children)

	HM1	HM2	HM3
3度の音のみ(協和音)で主たる副旋律を構成	3	6	8
3度の音以外の協和音で主たる副旋律を構成	0	7	6
協和音と不協和音を混在させて副旋律を構成	9	0	0
2度の音のみ(不協和音)で主たる副旋律を構成	1	2	1
無回答	6	4	4

自由記述

以下の6つの観点から児童の自由記述を分析し、各観点到該当した記述件数を数え上げた結果を図7に示す。1件の自由記述に2つ以上の観点が含まれていた場合は重複してカウントした。

- ・メロディライン: 歌詞のイントネーションに合わせた滑らかな流れとなるよう注意して副旋律を作成すること(ジグソーで学習した内容)
- ・等間隔: 主旋律の各音から3度以上隔てて、主旋律の音と副旋律の間的高低差が等間隔となるよう副旋律を作成すること(ジグソーで学習した内容)
- ・主旋律に連動: 主旋律が高くなれば副旋律を高く、主旋律が低くなれば副旋律を低くすること
- ・試行錯誤: 鳴らしてみても響きが悪く感じたら、良い響

きが見つかるまで試行錯誤を繰り返すこと

- ・その他: 響きの美しさとは無関係な記述(例: 主旋律の人に向けて合図を出す)
- ・無回答: 自由記述欄に回答がないもの

図7より、「メロディライン」の記述はジグソー後(HM3)に初めて出現していた。一方で「等間隔」の記述はジグソー前(HM2)の時点で半数弱の児童にみられた。上で述べた作成された副旋律の質でも示唆されたように、児童はScratchの活動により、ボーカロイドでの活動前に良い響きを作るための規則性を発見していたと考えられる。また、HM2でみられた「主旋律に連動」の記述はジグソー後(HM3)では「等間隔」の記述へと変化していた。

一方で「試行錯誤」はScratchの後(HM2)でのみ観察された。この記述は最終回答(HM3)では「等間隔」に関する記述へと変化していた。Scratchでの副旋律作成においては機能したとみられる試行錯誤だったが、ジグソー後にはそれが改められたと推測される。

以上より、最終回(HM3)に向かって「メロディライン」「等間隔」に回答が集中していった傾向が示された。その過程を検討すると、「等間隔」は知識の提供が行われなかった1日目のような活動でも児童が試行錯誤等を通じて発見できた一方で、「メロディライン」は児童にとって発見が困難な要素だった可能性が示された。

以上より、児童の多くはWSを通じて美しく響く副旋律を作成するための多くの観点を獲得していたと言える。

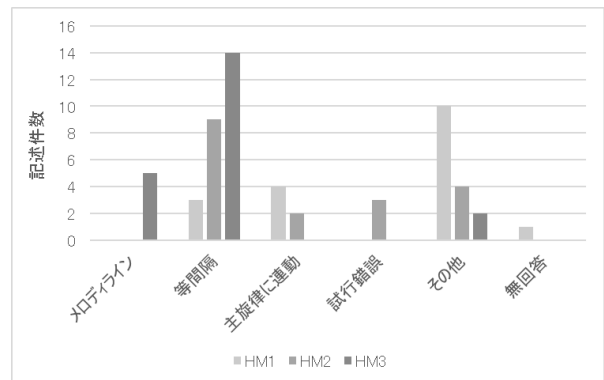


図7 副旋律作成課題回答に示された観点数

Fig.7 Numbers of Each Viewpoint in the Answers of the Harmony Making Problem

7.3 自尊感情の変化(SE)

全体結果

自尊感情の質問紙回答に対して、「あてはまる」回答を4点、以下「あてはまらない」回答まで1点刻みで点数化した。逆転項目は点数の逆転を行った。全4回の各調査について各児童の合計点を求めた後、19名全員の平均を求めた結果、SE(1)27.1点、SE(2)27.5点、SE(3)28.0点、SE(4)28.4点とWSを通じて上昇傾向にあった。この結果と児童の副旋律作成課題の達成度がどのような関係であったかを検討するため、以下の手順で分析を行った。

副旋律作成課題の最終達成度と自尊感情の関係

副旋律作成課題の最終成果 (HM3) によって児童を 2 群に分けた。「完成度高」群は副旋律に不協和音を含まない回答をした児童 13 名である。このうち自由記述でメロディラインについて言及した者が 5 名いた。「完成度低」群には、副旋律に不協和音を含んだ 2 名及び無回答だった 4 名の合計 6 名を分類した。なお、ピアノの経験者数は完成度高群で 5 名、完成度低群で 3 名だったため、学校外での音楽経験者数は各群にそれぞれ存在しており、群間の大きな違いはなかったと考えられる。

上記 2 群の児童 1 名あたりの自尊感情得点の平均を求めた結果を図 8 に示す (エラーバーは標準偏差を示す)。WS 前と比べたときの WS 後の得点は完成度低群で上昇していた。一方で完成度高群はほぼ横ばいであった。WS 前後での自尊感情得点の変化の幅について完成度高群と完成度低群を比較するために、各児童について SE(1)と SE(4)の自尊感情得点の差分を求めたうえで、これら差分を対応のない t 検定により群間で比較した結果、完成度高群と完成度低群の間に有意差が認められた ($t=2.71, df=13, p<.05$)。

以上より、WS は完成度低群の児童に対して特に自尊感情を高めるうえでの影響が大きかったと考えられる。

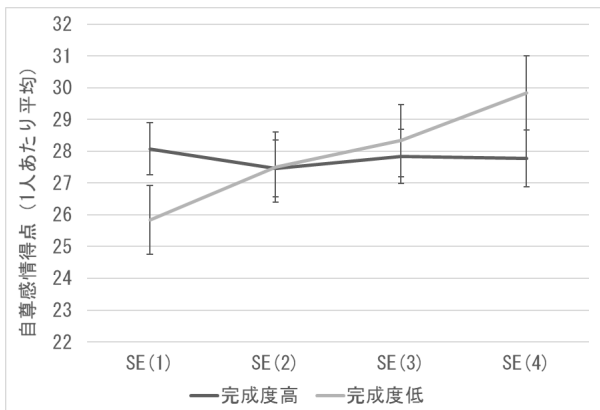


図 8 自尊感情尺度の得点平均 (副旋律作成最終課題の完成度別)

Fig.8 Average Numbers of Self-Esteem (Divided by the Qualities of the Answers of the HM3)

副旋律作成課題の達成度の変化と自尊感情の関係

WS を通じた副旋律作成課題の達成度の変化と自尊感情の変化の関係について検討するため、WS 前の副旋律作成課題の回答 (HM1) と比較して最終成果 (HM3) が向上していた児童 9 名を「達成度向上」、回答の質に変化なしあるいは両方無回答だった児童 10 名を「達成度維持」という 2 群に分けた。達成度向上の児童として抽出したのは、HM1 にて無回答だった者や不協和音で副旋律を作成した者のうち、HM3 にて協和的な響きの副旋律を構成した者とした。達成度維持の児童には、HM1 の時点ですでに協和的な副旋律を作成した児童も含まれた。

上記 2 群の児童 1 名あたりの自尊感情得点の平均を求

めた結果を図 9 に示す (エラーバーは標準偏差を示す)。WS 前と比べたときの WS 後の得点は達成度維持群で上昇傾向にあった一方で達成度向上群ではほぼ横ばいだった。図 8 と同様の手続きで 2 群間で t 検定により比較した結果、有意差は認められなかった ($t=1.06, df=16, n.s.$)。

以上より、WS を通じて副旋律作成課題の達成度を高めた児童とそうでない児童の間に自尊感情の高まり方の違いはなかったことが示唆された。

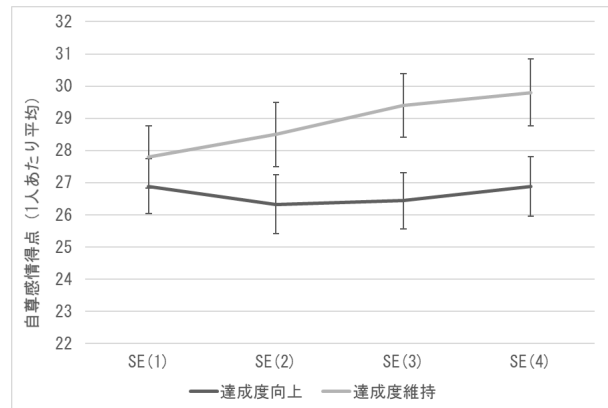


図 9 自尊感情尺度の得点平均 (副旋律作成課題の達成度の変化別)

Fig.9 Average Numbers of Self-Esteem (Divided by the Qualitative Differences between HM1 and HM3)

7.4 協調学習場面の分析

ボーカロイドを用いて副旋律を作成していた 3 日目の 33 分 30 秒の活動時間全てを対象に、協調学習場面における対話及びボーカロイドの操作を分析した。発話は先行研究^[44]と同様の基準で、一息で述べられた発話を 1 行として書き起こした。対象のペアは副旋律作成課題における完成度低群の女児 2 名、及び完成度高群の男児 2 名とした。前者には児童 2 名ともが事前と比較して事後で自尊感情を高めたペアの中で、その増分が最も大きかったペア、後者は事前と比較して事後で自尊感情が低減したペアをそれぞれ選んだ。

自尊感情向上ペア (女児) の分析

発話は 178 行であり、支援者の発言を除くと女児 A は 84 回、女児 B は 51 回の発話をしていた。パソコン操作者の交代は全体で 9 回あり、後半に進むにつれて交代間隔は狭まっていた。彼女らは課題曲の冒頭 2 小節目までの副旋律を作成したところで時間切れとなった。

上記の発話分析した結果、答えを急ぐ発言は一度も観察されなかった。また、それまでに入力した副旋律の響き方を確認するために 5 回の再生が行われたが、その多くで 2 名ともが提案や PC 操作に携わっていた。最後の再生確認の直後に WS が終了したため、再生時点を区切りとして女児の活動を 6 つのフェーズに分割し、表 6 に各フェーズにおける女児の提案内容と PC 操作の合計時間をまとめた。

フェーズ 1 で女児らは互いに異なる提案をし、それぞ

れが自身の考えにより独自に入力を行い、互いに入力箇所を編集することはなかった。続くフェーズ 2 及び 3 では、女兒はそれぞれの考えを単独で入力し再生して確認していた。その後、フェーズ 4~6 では互いに異なる視点から意見を提案し合い、交互に PC を操作し、時には相手が入力した箇所を変更するなどしながら 2 名での合作を作りあげていた。以上より、女兒らはフェーズ 3 まで互いの方略を確認し合うような活動を示していたが、フェーズ 4~6 では互いの方略を活かしあう方向で協調活動を進めた可能性が示された。

表 6 女兒 2 名の活動概要

Table 6 The Overview of the Girls' Activity

	女兒 A		女兒 B	
	提案	操作	提案	操作
1	主旋律から 1 音隔てる	11:00	副旋律の歌い始めを遅らせる	02:30
2	主旋律の直下に入力する	02:35	(提案なし)	無
3	直下よりもさらに低くする	無	(言語的提案なし, 操作のみ)	00:50
4	主旋律より高くする	01:12	高い音のみ編集する	02:00
5	主旋律の直上に入力する	01:29	特定の音のみ編集する	01:09
6	主旋律の直下に入力する	03:37	主旋律から 1 音隔てる	00:08

自尊心低減ペア (男児) の分析

発話は 257 行であり、支援者の発言を除くと男児 A は 127 回、男児 B は 130 回の発話をしていった。このペアは活動時間を 3 分残して副旋律及び副々旋律まで完成させた。残った 3 分は他ペアの作品を見て回っていた。完成までの再生回数は 27 回であり、PC 操作は男児 A のみが行っていた。男児らは、主旋律から見て常に 3 度の音を副旋律に用いる方略 (7.2 節の「等間隔」) を一貫して採用していたため、表 6 に示した女兒ペアのような多面的な提案は観察されなかった。

上記の発話を分析した結果、答えを急ぐ発言は 11 回 (男児 A : 6 回, 男児 B : 5 回) 観察された。等間隔の規則に従って作成したにもかかわらず、響きがあまりよくないのではないかと男児らが感じた場合にも、以下のやりとりのように作品を完成させることが急がれた。

- 1 男児 B 「どうする? もう 1 個下にするか、そのままにするか」
- 2 男児 A 「えっ、じゃあもう 1 個下にする?」
- 3 男児 B 「どうする?」
- 4 男児 A 「いつも通り (等間隔の意味) にしちゃおう? こう (等間隔のルールで導かれた音を選択する)」 (再生)
- 5 男児 A 「それにするか…」

6 男児 B 「完成を目指そう」 (答えを急ぐ発言)

7 男児 A 「オーライ」

男児 B は響きがあまりよくないと感じた箇所について 1 音下げて演奏することを提案した(1)が、男児 A はその提案を採用することなく、「いつも通り」と呼んでいる主旋律から等間隔の音を演奏することを提案した(2,4)。男児 A は男児 B の意見を待つようなそぶりを見せたが(5)、男児 B は反対意見を表明せずに作品の完成を急いだ(6)。このようなやり取りが答えを急ぐ発言としてたびたび交わされたことで、男児らは時間を余すほど手際よく副旋律を完成させたが、できあがった副旋律は主旋律から機械的に生成できるものだった。

以上より、自尊心が高まったペアではそれぞれの児童の考えを用いながら急ぐことなく副旋律の作成を進めていたが、自尊心が低減したペアでは副旋律の完成を急ぎ、効率的に作業を進めようとしていた傾向が示された。

8. まとめ

8.1 全体考察

ICT を用いた音楽創作活動経験がほぼ皆無の小学校 5 年生を対象として、協調的な音楽創作ワークショップを実施した。児童同士の音楽領域における協調学習を支援するインタフェースとして Scratch 及びボーカロイド教育版を用いた。ワークショップを事前事後で比較した結果、音楽を消費する立場よりも生産する立場で好む児童が増加し、譜読みに対する肯定感も一部児童での向上がみられた。児童が作成した副旋律から、WS は児童が協和的な響きの副旋律を作成していくうえで影響を及ぼしていたことが示された。また、副旋律作成課題における自由記述からは半数程度の児童が Scratch 活動のみで副旋律作成に活用できる法則性を発見していた一方で、メロディラインの構成は発見学習が困難な可能性が示された。ワークショップ前後の自尊心の変化を分析した結果、最後に作成した副旋律の到達度が低かった児童の自尊心は高まっていた反面、到達度が高かった児童では低下していたことから、ワークショップは完成度低群の児童に対して特に自尊心を高めるうえで影響が大きかったことが示された。一方で、副旋律作成課題の達成度を高めた児童とそうでない児童の間には自尊心の高まり方に違いはみられなかった。自尊心の高まりについて代表ペアの協調学習場面の分析を行った結果、自尊心が高まった児童ペアはそうでないペアと比べて答えを出すことを急がず、互いの考えを尊重しながら副旋律の作成を進めていた可能性が示された。

上記より、本論文の目的の 1 点目であった、多様な解の方向性を許容するアート志向の STEAM 教育としての協調学習環境をデザインすることは実現できたと考えら

れる。児童にとって一連のワークショップは、楽しみながら音楽的な創作活動を経験できる機会となっていた。特別な音楽経験を有しない児童も、知識構成型ジグソー法によって得られた知識を活用することで自分たちなりの考えに基づいて副旋律を創作できていた。

また、本論文の目的の2点目について、本論文ではアート志向の STEAM 教育を評価するために、自尊感情に注目した内部状態の変化を評価することを試みた。その結果、最終プロダクトとしての副旋律の質は自尊感情尺度による学習者の内面的な評価とは独立である可能性が示された。また、協調学習の事例分析からは、児童が互いの意見を聴き合い、自分たちの作品へと意見を反映していく肯定的な活動が児童の自尊感情を高めた可能性が示された。これらの結果は、アート志向の STEAM 教育では、学習者の作品の客観的な完成度だけでなく内面的な変化にも注目することで、私たちが教育効果をより多面的に理解できるようになる可能性を示しているだろう。

8.2 自尊感情が高まるプロセスについての考察

一般的な STEM 教育のように最適解が定まりやすい課題を扱う協調学習のデザインとくらべて、本ワークショップのデザインは以下に述べる4つの特徴があると考えられる。

- 1 正解が一つに収束し難いアートを題材としたことで、学習者全員が誤答を恐れることなく自身の考えを表現できる環境を実現した。
- 2 音楽の文脈に特化して学習者自身の考えを外化しやすく、かつ操作に対して即時応答性の高い ICT を導入したことで学習者の考えの外化を促した。
- 3 知識構成型ジグソー法を通じて児童にとって未知の知識を提供したことで、創作活動での児童の視点を多様にした。
- 4 副旋律作成時に表された児童一人ひとりの考えが相互に作用し合う状況にすることで児童間の対話を動機づけた。

7.3 節での最終到達度が低かった児童の自尊感情の伸びに示されたように、これら特徴は一部の児童に対して特に有効に作用したと考えられる。

最終到達度が低かった児童の普段の様子は協調学習に対するアンケート結果から推測可能である。最終到達度が高かった児童らの結果と比較した結果、有意差はなかったものの、最終到達度の低かった児童は「話し合いが好きだ」、「発表が得意だ」の2項目を特に低く評価していた。この結果は最終到達度の低い児童が日ごろの協調学習で自身の考えを表すことに困難を感じていることを示すと考えられる。7.3 節の結果や7.4 節の事例分析で見られた児童の様子と照らし合わせると、上述のワークショップデザインの特徴は、最終到達度が低かった児童にとって仲間に自分の考えを表明したり仲間と議論したりすることを促したと考えることができる。

上述の結果を2.3 節での先行研究のレビューに照らし解釈し直すと、最終到達度が低かった児童であっても発言や ICT 上の操作を仲間と共有し、それらを仲間や自分自身によって再解釈し続けながら、自分たちなりの正解も微修正しながら再設定し、その正解へと作品を近づけていく活動に従事できたと考えられる。ここでの正解とは、児童ら自身が決定した方向性を意味しており科学的に正誤が検証される種類の正解を意味しない。この過程は、児童が互いの考えを率直に伝え合いそれら全てを前向きに受容していく機会を児童らに与えたと考えられる。7.4 節の自尊感情向上ペア（女兒）の分析で示されたように、児童は互いに否定されないことで自己が受容される感覚を高めることができたと推測される。このことが児童の自尊感情を向上させるために寄与していたと考えられる。

一方で、7.4 節の自尊感情低減ペア（男児）にみられたように、児童が副旋律の完成を急いだ場合は上記の限りではない。副旋律を手早く完成させるためには、不協和音を避けるためのテクニカルな手続きを見つけ、その手続きを主旋律の各音に合わせて繰り返し適用する作業を行うことが最適解となる。自尊感情低減ペアのように活動の趣旨が変化することでアート志向の STEAM 教育の利点は損なわれ、活動の特徴は STEM 志向の STEAM 教育のそれに近づく。この転換が生じた場合、児童が自分たちの作品の方向性を検討し直したり互いのアイデアの活用方法を検討し直したりといった活動は引き起こされ難いため、児童が互いの考えを伝え合いそれらを前向きに受容していく過程は価値づけられ難いと考えられる。これは副旋律の完成を優先した自尊感情低減ペアの児童が互いの考えを反映することよりも答えを出すことを急いだ様子や、彼らの自尊感情が高まらなかった結果とも整合的である。

上記を踏まえれば、児童自身が正解を定め、その正解へ向けて自分たちの考えを出し合いそれらを受容していく活動は特徴1のアートを題材としたことに依るものが大きいと考えられる。アートという「安全な場所」^[2]での協調学習が、「話し合いが好きだ」、「発表が得意だ」に対する低い評価を示した最終到達度の低かった児童に対しても活動への参加の敷居を低くした。最終到達度の低かった児童が、STEM 志向の協調学習と捉えることができる先行研究^[32]で実現されていると考えられる特徴2～4をそなえたタイプの協調学習の場合にどのように参加しているのかを調べれば、特徴1の影響が検証できると考えられる。

上記の4つの特徴をそなえてワークショップをデザインすることで、本論文とは異なる文脈においても児童の自尊感情を高められる可能性もある。2.1 節で述べたようにアート志向の STEAM 教育として捉えることができるプログラミング教育の文脈ではその可能性が示されている^[46]。試みに上述の4つの特徴についてアート志向のプログラミング教育の例である Scratch の特徴を整理する

と以下ようになる。

- 1 多様な作品の方向性が認められている。
- 2 ユーザが作成したプログラムは即座に実行して挙動を確認することができる。
- 3 世界中の多様な知識・経験を持つ仲間と議論できる環境 (Scratch コミュニティサイト) が整えられている。
- 4 片方向ではあるが、他者の作品を継承して自分なりの作品へと発展させる機能 (「リミックス」と呼ばれる機能) がある。

上記のように、本論文で示されたアート志向の STEAM 教育としてのワークショップデザインの特徴のうち、少なくとも特徴 1~3 はプログラミングにおけるアート志向の STEAM 活動と一致している。このことを踏まえれば、今後は他のアート領域についても同特徴を用いた整理を試みる意義があると考えられる。

8.3 本論文の限界と今後の展望

本論文の限界として、分析対象者が 20 名と少なく対話分析では 2 ペアのみを抽出したこと、ワークショップが全体で 3 時間程度と短かったこと、アートの中でも音楽分野の活動のみを対象としたこと、自尊感情を高めうる協調学習の場面での発言を 1 種類のみで評価しようとしたことが主に挙げられる。今後は美術・工芸教育やアート志向のプログラミング教育等の機会を用いて、より長期的なワークショップを複数回行うなどの取り組みによって、本論文で示されたことの再現可能性を検討する必要がある。また、協調学習場面での自尊感情を高め得る発言や行為についても今後吟味が求められる。自尊感情の高まりを因果的に説明しようとする営みは、今後アート志向の STEAM 教育の効果を評価していくうえで重要な役割を占めると予想されるため、現場関係者も含め継続的に議論の場を持つことが重要だと考えられる。

さらに、自尊感情の高まりは、人が行動したり、意思決定したり、リスクを取ったりといった能力をもたらすものである¹⁴⁾という見方も今後検討する必要がある。この見方は学習者の自尊感情を高めることで学習者を様々な活動へと動機づけることができる可能性を示している。この見方に立てば、本論文で提案したアート志向の STEAM 教育を事前に行うことが、後続の活動への学習者の参加度を向上させる可能性や、活動参加度の向上が学習者の学習到達度をも向上させる可能性が示されるため、長期的な実践を通じてこれらを検討していくことが重要だと考えられる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 (17K17786; 研究代表者: 遠山紗矢香, 26118002; 研究代表者: 植田一博), 静岡大学工学振興基金 (研究代表者: 竹内勇剛) の支援を受けた。静岡大学情報学部の塩見彰睦教授には、本ワークショップの構想段階でご助言を賜った。本ワークショップの実践校

である与進北小学校校長筒井潤子氏、白井伸博教諭 (2018 年 4 月 1 日現在、浜松市立村櫛小学校教頭)、久野智之教諭には運営のため多大なご支援を賜った。またヤマハ株式会社新規事業開発部 SES 事業推進グループ 塩谷友佳子氏にはボーカロイド教育版の使用及び教材提供・WS 運営において多大なご支援を賜った。記して感謝する。

参考文献

- [1] Sousa, D. A., Pilecki, T. J.: From STEM to STEAM: Using Brain-Compatible Strategies to Integrate the Arts (1st Edition), Corwin (2013).
- [2] Franklin, M., Art Therapy and Self-Esteem, *Art Therapy*, Vol. 9, No. 2, pp. 78-84 (1992).
- [3] 三宅なほみ: 教室にマイコンを持ち込む前に, 新曜社 (1985).
- [4] 三宅なほみ: 建設的相互作用を引き起こすために. 植田一博・岡田猛 (編著) 協同の知を探る, 共立出版, pp. 40-45 (2000).
- [5] National Academy of Science: Rising Above the Gathering Storm, Revisited: Rapidly Approaching Category 5, The National Academies Press (2010).
- [6] Chiu, J. L., Linn, M. C.: Knowledge Integration and Wise Engineering. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, Vol. 1, No. 1, 2 (2011).
- [7] Kolodner, J. L.: Learning by Design: Iterations of design challenges for better learning of science skills, *Cognitive Studies*, Vol. 9, No. 3, pp. 338-350 (2002).
- [8] 熊野善介: 日本及びアメリカにおける次世代型 STEM 教育の構築に関する理論的実践的研究. 科学研究費補助金 (課題番号 16H03058) 研究成果中間報告書 (2017). <http://edykuma12.ed.shizuoka.ac.jp/wp-content/uploads/2017/08/%E6%97%A5%E6%9C%AC%E5%8F%8A%E3%81%B3%E3%82%A2%E3%83%A1%E3%83%A A%E3%82%AB%E3%81%AB%E3%81%8A%E3%81%91%E3%82%8B%E6%AC%A1%E4%B8%96%E4%BB%A3%E7%A0%94%E7%A9%B6.pdf> (2018.05.01 参照)
- [9] Rosenberg, M. B., Hilton, M. L., Dibner, K. A.: *Indicators for Monitoring Undergraduate STEM Education*, The National Academies Press (2018).
- [10] Martinez, S. L., Stager, G.: *Invent to Learn: Making, Tinkering, and Engineering in the Classroom*, Constructing Modern Knowledge Press (2013).
- [11] Scratch: <http://scratch.mit.edu> (2018.05.01 参照).
- [12] Resnick, M.: *Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity through Projects, Passion, Peers, and Play*. The MIT Press (2017).
- [13] ET ロボコン実行委員会: ET ロボコン 2017 競技内容, ET ロボコン実行委員会. https://www.etrobo.jp/2017/taikai/image/PDF/02etrc2017_kyog i.pdf (2018/05/01 参照).
- [14] FMMC (Foundation for Multimedia Communications): *Approaches to Fostering 21st-Century ICT Capabilities for Future Generations in APT Countries* (Report of the Asia-Pacific Telecommunity Publishing Program) (2018).
- [15] Eguchi, A.: Learning Experience Through RoboCupJunior: Promoting Engineering and Computational Thinking Skills through Robotics Competition. *121st ASEE Annual Conference & Exposition*, 9844 (2014).

- [16] 益川弘如, 河崎美保, 白水始: 建設的相互作用経験の蓄積が協調的問題解決能力の育成につながるか - 縦断的な発話データを用いた能力発揮場面の分析 -, 認知科学, Vol. 23, No. 3, pp.237-254 (2016).
- [17] 文部科学省: 次期学習指導要領, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm (2018.05.01 参照)
- [18] 遠山紗矢香: 第5章 プログラミング教育の動向. ICT リテラシーと資質・能力, 国立教育政策研究所, pp. 51-69 (2017).
- [19] 文部科学省: 現行学習指導要領, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/index.htm (2018.05.01 参照)
- [20] 文部科学省: 学校現場における業務の適正化に向けて, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/uneishien/detail/1372315.htm (2018.05.01 参照)
- [21] Next Generation Science Standards: <https://www.nextgenscience.org/> (2018.05.01 参照)
- [22] 岡田猛, 横地早和子, 難波久美子, 石橋健太郎, 植田一博: 現代美術の創作における「ずらし」のプロセスと創作ビジョン, 認知科学, Vol. 14, No. 3, pp.303-321 (2007).
- [23] Kafai, Y. B., Burke, Q.: Connected Code: Why Children Need to Learn Programming, The MIT Press (2014).
- [24] 初音ミク: <https://ec.crypton.co.jp/pages/prod/vocaloid/cv01> (2018.05.01 参照).
- [25] ポケット・ミク: <http://otonanokagaku.net/nsx39/> (2018.05.01 参照).
- [26] GO: KEYS: https://www.roland.com/jp/products/gokeys_go-61k/ (2018.05.01 参照).
- [27] ボーカロイド: <https://www.vocaloid.com/> (2018.05.01 参照).
- [28] GarageBand: <https://www.apple.com/lae/mac/garageband/> (2018.05.01 参照).
- [29] Song Maker: <https://musiclab.chromeexperiments.com/Song-Maker/> (2018.05.01 参照).
- [30] Papert, S.: Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas, Basic Books (1980).
- [31] 原田悠我: プログラミング学習における Tinkering の支援-建設的試行錯誤を促すシステムの開発-, 東京大学大学院修士学位論文 (2018).
- [32] Hmelo-Silver, C. E., Chinn, C. A., Chan, C. K. K., O'donnell, A. (Eds.): *The International Handbook of Collaborative Learning*, Routledge (2013).
- [33] Miyake, N.: Constructive Interaction and the Iterative Process of Understanding. *Cognitive Science*, Vol. 10, No. 2, pp.151-177 (1986).
- [34] 三宅なほみ, 東京大学 CoREF, 河合塾 (編): 協調学習とは - 対話を通して理解を深めるアクティブラーニング型授業, 北大路書房 (2017).
- [35] 長田尚子, 森田泰暢: 初年児教育のための産学連携プロジェクトの活動モデルの提案, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 16, No. 4, 27-42 (2014).
- [36] Aronson, E: *The Jigsaw Classroom*. Sage Publications (1978).
- [37] 西岡加名恵, 石井英真, 田中耕治 (編): 新しい教育評価入門 - 人を育てる評価のために, 有斐閣 (2015).
- [38] Rosenberg, M.: *Society and the Adolescent Self-image*. Princeton University Press (1965).
- [39] Blaney, N. T., Stephan, C., Rosenfield, D., Aronson, E., Sikes, J.: Interdependence in the Classroom: A Field Study. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 69, No. 2, pp.121-128 (1977).
- [40] Johnson, D. W., Johnson, R. T., Johnson, J., Anderson, D.: Effects of Cooperative Versus Individualized Instruction on Student Prosocial Behavior, Attitudes Toward Learning, and Achievement, *Journal of Educational Psychology*, Vol. 68, No. 4, pp. 446-452 (1976).
- [41] ボーカロイド教育版: https://ses.yamaha.com/products/vocaloid_edu/ (2018.05.01 参照)
- [42] 山根由梨, 深見俊崇, 石野陽子: 児童のアサーションと自尊感情の関連. 島根大学教育臨床総合研究, Vol. 15, pp. 107-121 (2016).
- [43] 波多野諠余夫, 稲垣佳世子: 無気力の心理学: やりがいの条件, 中公新書 (1981).
- [44] 遠山紗矢香, 白水始: 協調的問題解決能力をいかに評価するか-協調問題解決過程の対話データを用いた横断分析-, 認知科学, Vol. 24, No. 4, pp. 494-517 (2017).
- [45] 波多野諠余夫: 補稿 音楽の認知的理論をめざして, コレクション認知科学8 音楽と認知, 東京大学出版会, pp. 131-168 (1987/2007).
- [46] 吉田葵, 阿部和広: はじめよう!プログラミング教育: 新しい時代の基本スキルを育む, 日本標準 (2017).

(2018年5月1日受付, 8月1日再受付)

著者紹介

遠山 紗矢香



2013年中京大学大学院博士後期課程修了。2014年, 博士(認知科学)。2014年より静岡大学教育学部附属学習科学研究教育センター特任助教。2016年より静岡大学情報学部学術研究員。2018年3月より静岡大学情報学部助教。認知科学の観点から, 協調学習やプログラミング教育を題材とした実践研究を行い, それらの成立要件を検討している。日本認知科学会, 教育工学会, 情報処理学会各会員。

竹内 勇剛 (正会員)



1999年名古屋大学大学院博士後期課程修了。博士(学術)。1996年11月よりATR 知能映像通信研究所研修研究員ののち客員研究員。2001年より静岡大学情報学部情報科学科講師, のちに准教授(2004年), 教授(2014年)。人の知的活動をコミュニケーションの観点からその構造を説明する認知モデルの構築を目指している。日本認知科学会, 電子情報通信学会, ヒューマンインタフェース学会, 情報処理学会, ACM 各会員。

