

令和 6 年 5 月 18 日現在

機関番号：32407

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02805

研究課題名（和文）タンジブル教材を用いたプログラミング授業のためのAI分析による支援システムの展開

研究課題名（英文）Development of a support system based on AI analysis for programming classes using tangible teaching materials

研究代表者

加藤 利康 (Kato, Toshiyasu)

日本工業大学・先進工学部・准教授

研究者番号：20826698

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：プログラミング教育を行ううえで学習者と指導者の両方を支援していくことは重要な課題である。今回、タンジブル教材を用いたプログラミング授業のためのAI分析による支援システムを開発した。開発した支援システムを実際の高等学校の授業で使ってもらい評価実験を行ったところ、指導者へ学習者の進捗およびクラス全体の傾向を提供することができ、提案システムが学習者、指導者ともに支援できることをアンケート結果から示すことができた。今回の提案方法は、プログラミング以外の教材にも応用できる可能性があり、タンジブル教材を用いた対面授業を支援できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

プログラミング教育は世界的に研究が進められており、日本の学校教育としても小学校から必須となっている。本研究の成果は、これら世界的に求められている教育の学習指導において、一つの提案を実現できたものである。学習者は、タンジブル教材を扱うことでより身近にプログラミングを体験的に学ぶことができる。指導者は、アナログの教材でもコンピュータを通じて個人とクラス全体の進捗状況を把握することができるようになり、対面授業という限られた時間内で指導ができる。アナログとデジタルの複合教材を実証できたことは、これからの教材開発へ応用できることを示したと言える。

研究成果の概要（英文）： Supporting both learners and instructors is a crucial challenge in programming education. To address this, we developed a support system based on AI analysis specifically for programming classes using tangible educational materials. This system was utilized in real high school classes and evaluated experimentally. The results showed that it could provide instructors with detailed information on student progress and overall class trends. Surveys indicated that the proposed system effectively supports both learners and instructors. The approach can potentially be applied to non-programming subjects as well, demonstrating its capability to support face-to-face classes using tangible materials.

研究分野：教育工学

キーワード：授業支援システム 対面授業 プログラミング タンジブル教材 学習履歴の分析

### 1. 研究開始当初の背景

初等中等教育機関においてプログラミング教育が必修化され、小学校では2020年度から新しい学習指導要領が実施される。総務省でも「若年層に対するプログラミング教育の普及推進事業」が2016年度から展開されており、プログラミング教育の充実が求められている。しかしながら、前提知識を持たない初心者や生徒が、一般的に使用されているプログラミング言語を用いて、プログラミングを学習することは容易ではない。そのため、生徒が容易にプログラミングを学べるようなプログラミング言語や支援環境が提案されている。支援環境は大きくグラフィカルなものやタンジブルなものに分類される。グラフィカルなものは、コンピュータの整備や小さい画面により操作が制限されている課題がある。

タンジブルの研究を10年以上続けているHornらが、パズルピース一つ一つに命令を対応させた絵柄を貼り付け、それらを実際に自分の手でつなげていくことでロボットの振る舞いを記述するプログラミング環境を提案している。彼らは、自身の開発した環境と他のグラフィカルなプログラミング環境との比較実験を行っており、その結果タンジブルな環境のほうが生徒の興味を引きやすく、とくに女子生徒にその傾向が強いことを示していた。

タンジブルによる支援環境は、一人一台の端末が不要なことや画面上の操作から開放される利点がある。しかし、限られた授業時間における生徒と指導者に適用するには、次のような課題がある。授業において、とくに多数の生徒がいる場合には、生徒一人ひとりが異なるプログラミング活動を行うため、指導者が個々の生徒の学習状況を把握するのは困難である。データを収集するだけでなく、授業中にその場で分析してクラス全体およびつまづいている生徒を発見し、生徒と指導者、両面の観点で支援が必要である。

我々は、これまでにプログラミング行動を分析して、クラス全体と個別に対して、それぞれ支援するシステムを開発してきた。また、QRコードを用いたタンジブル教材を製作し、スマートフォンで教材を読み取って実行できるプログラミング環境を開発した。しかし実際の授業を想定した多人数の生徒を対象としておらず、授業時間内における指導についても触れられていない。この点が、本研究テーマにおける未解決問題である。したがって研究代表者は、研究課題の核心をなす学術的問いとして「初等中等教育機関において生徒一人ひとりに即したプログラミングの指導を行うためには、どのように生徒と指導者を支援すれば良いのだろうか？」を立てた。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、新しい情報通信技術(ICT)システムを開発して活用することによって、タンジブル教材を用いたプログラミングの授業における生徒の多様な活動をクラスリングやニューラルネットワークで分析して学習状況を指導者が把握できるようにし、生徒一人ひとりに即した授業支援を実現することである。

本研究の学術的独自性は、(1)新しいICTシステムを開発して活用することで、タンジブル教材を用いた授業におけるプログラミング活動を時系列に記録し、(2)それらの記録を授業中に、いくつかのAI手法を用いて分析することで、共通してつまづく活動およびクラス全体の中で進捗が遅れている生徒を発見し、(3)授業環境の整備という観点から、提案システムが提供する内容がどのように学習指導方法に影響を与えるのかを明らかにし、生徒と指導者の両面の支援を実現可能にすることである。(3)に関して、タンジブル教材を使った学習状況の提供が授業全体にどのような影響を与えるのかは、従来研究では明らかでない。本研究では実際の授業環境を通して明らかにする。

### 3. 研究の方法

本研究では、タンジブル教材を用いたプログラミング教育をテーマに、新しいICTシステムを開発して生徒の学習状況を取得する。そして、実際のタンジブル教材を用いて生徒がプログラミングを学ぶ上での問題点を明らかにする。同時に本システムがその解決法を提案する。

本研究は初年度に(1)ICTシステムの開発、次年度以降に(2)仮説生成、(3)実践による仮説検証を行った。以下に、それぞれ説明する。

#### (1) ICTシステムの開発

開発するシステムは、大きく分けて2つの機能をもつ。1つはプログラミング行動の記録であり、1つは学習状況の提供である。学習状況を提供するために、プログラミング行動を分類し、進捗の遅れを検出できるようにする。図1に開発したシステムを利用した授業イメージを示す。本システムは、まず生徒達が配置したタンジブル教材から読み取ったプログラムをサーバで収集し、解析する。その際に構文エラーや意味エラーについては生徒にフィードバックする。つぎに行動の分類およびクラス全体で進捗の遅れを検出する。そして指導者へ提供し、生徒への支援を実現する。図2に開発したタンジブル教材の一式を示す。

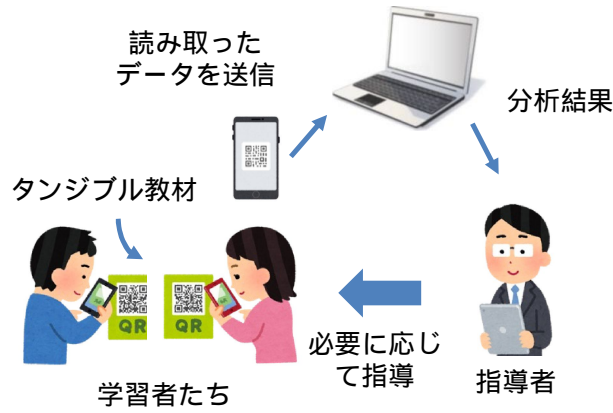


図1 開発した支援システムを利用した授業イメージ



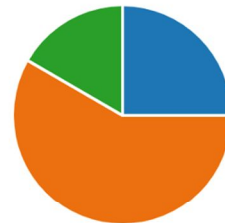
図2 開発したタンジブル教材一式

1. 提案教材を使用することで、初学者は論理的思考が身につくそうですか。(0 点数)

詳細

● とても身につく	3
● 少し身につく	7
● あまり身につかない	2
● まったく身につかない	0

83.3%



2. テキストベースのプログラミングが苦手な人に対して、提案教材なら学習できると思いますか。(0 点数)

詳細

● 学習できる	10
● 学習できない	2

83.3%



図3 試用評価のアンケート結果抜粋 1

## (2) 仮説生成

開発した本システムを用いて、研究代表者と研究分担者のそれぞれの日頃のプログラミング指導から得られた知見をもとに、仮説を生成する。具体的にはダミーデータを登録して、システムに提示された内容がプログラミング行動の分類と同等な内容か、さらに進捗が遅れている学習者が居る際には、遅れていることが提示されるかを確認する。

提案教材の有効性を確認するために、大学生 12 名を対象に試用評価を行った。具体的には、順次・反復・分岐の処理を含む課題に取り組んでもらいアンケートを行った。アンケート結果の抜粋を図 3 と図 4 に示す。図 4 に示すように分岐処理の構造を把握するのが難しいため、タンジブルをシンプルに並べるだけでなく工夫が必要である。

5. 分岐処理について、初学者が理解できそうなレベルを教えてください。(0 点数)



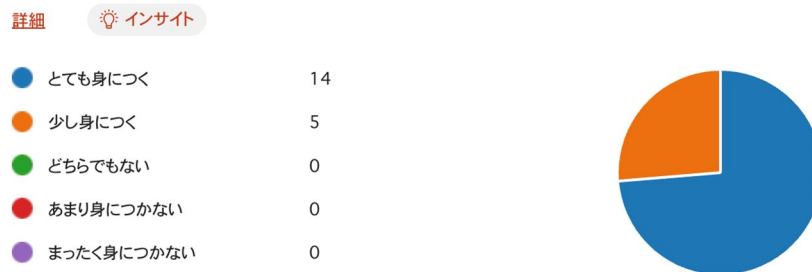
図 4 試用評価のアンケート結果抜粋 2

## (3) 実践による仮説検証

実際に高等学校に協力を仰ぎ、本システムを用いたプログラミングの授業を行う。本システムが提供する内容が学習指導方法に影響を与えるのかを仮説検証し、明らかにした。

公立の高等学校の教師 1 名と生徒 19 名に協力してもらい、提案教材を実際の授業のなかで使用していただいた。その後のアンケート結果を図 5 と図 6 に示す。

1. この教材を使用することで、あなたはプログラムの基本構造が身につきましたか。



2. 今回の教材を体験して、プログラムに対して興味を持ちましたか。

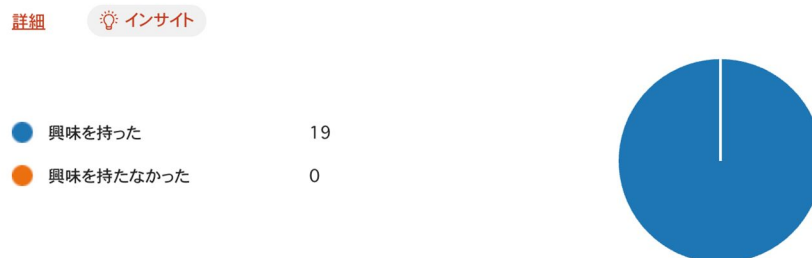
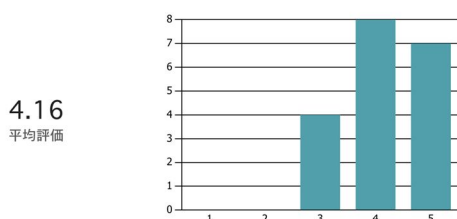


図 5 実践によるアンケート結果 1

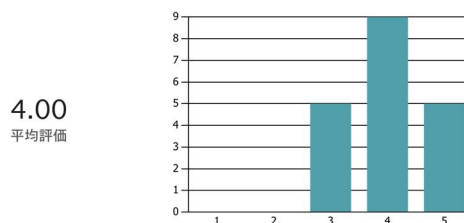
3. 順次処理について、あなたが理解できそうなレベルを教えてください。

詳細 [インサイト](#)



4. 反復(繰り返し)処理について、あなたが理解できそうなレベルを教えてください。

詳細 [インサイト](#)



5. 分岐処理について、あなたが理解できそうなレベルを教えてください。

詳細 [インサイト](#)

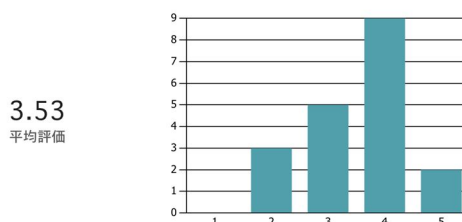


図6 実践によるアンケート結果2

また、自由記述によるアンケート回答の一部は下記である。

- 教材があることによって生徒と先生でコミュニケーションをよくとることができました。
- 少しむずかしかったけど、先生の話を理解し、自分で考えて取り組むことができて良かった。
- ずっとプログラミングのようなことをしたかったのでできて良かった。QRコードを読み取るだけで何をすることが書いてあるから、わかりやすく楽しかった。
- 普段のプログラミングとは違い、実際にものがあり、そのパーツを選んで組むというのが楽しくて集中することができました。もう少し選択肢を増やしても良いと思いました。
- 自分が思っていたプログラムを実行するのがとても難しかったけれど、力を付ける良い教材だと感じた。達成感がとてもある。

教師へのアンケート結果では、以下の回答が得られた。

- クラス全体の進捗が確認できるため、進捗が遅れている生徒を中心に指導ができた。
- 生徒のプログラムがタンジブルではなく、プログラミング言語で教師に提供されるため、頭で変換しなければならないところが少し大変だった。

以上のこれらの結果から、学習者と指導者ともにタンジブル教材を用いたプログラミング教育にとって双方の支援ができることを示した。

#### 4. 研究成果

プログラミング教育を行ううえで学習者と指導者の両方を支援していくことは重要な課題である。今回、タンジブル教材を用いたプログラミング授業のためのAI分析による支援システムを開発した。開発した支援システムを実際の高等学校の授業で使ってもらい評価実験を行ったところ、指導者へ学習者の進捗およびクラス全体の傾向を提供することができ、提案システムが学習者、指導者ともに支援できることをアンケート結果から示すことができた。今回の提案方法は、プログラミング以外の教材にも応用できる可能性があり、タンジブル教材を用いた対面授業を支援できることを明らかにした。

プログラミング教育は世界的に研究が進められており、日本の学校教育としても小学校から必須となっている。本研究の成果は、これら世界的に求められている教育の学習指導において、一つの提案を実現できたものである。学習者は、タンジブル教材を扱うことでより身近にプログラミングを体験的に学ぶことができる。指導者は、アナログの教材でもコンピュータを通じて個人とクラス全体の進捗状況を把握することができるようになり、対面授業という限られた時間内で指導ができる。アナログとデジタルの複合教材を実証できたことは、これからの教材開発へ応用できることを示したと言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Toshiyasu Kato
2. 発表標題 Proposal for Checking the Progress of Programming Lessons Using Tangibles Materials
3. 学会等名 Education, Research & Development (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toshiyasu Kato, Yasushi Kambayashi
2. 発表標題 A Classroom Support in Smartphone Learning Environments Using Tangibles Materials
3. 学会等名 IIAI AAI (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤利康
2. 発表標題 タンジブル教材を用いたプログラミング学習環境の提案
3. 学会等名 電気学会全国大会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤利康, 神林靖
2. 発表標題 タンジブル教材を用いたスマートフォン学習環境における授業支援
3. 学会等名 情報処理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤利康, 小山巧真, 神林靖
2. 発表標題 タンジブル教材を用いたプログラミング授業支援のための学習者のプログラミング分類手法の提案
3. 学会等名 電子情報通信学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koji Oda;Toshiyasu Kato;Yasushi Kambayashi
2. 発表標題 Development and evaluation experiment of a classroom support system for programming education using tangibles educational materials
3. 学会等名 2024 the 12th International Conference on Information and Education Technology (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Toshiyasu Kato, Koji Oda, Yasushi Kambayashi
2. 発表標題 A Proposal of Educational Programming Environment Using Tangible Materials
3. 学会等名 Fifth International Conference on Human Systems Engineering and Design (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 織田晃治, 加藤利康, 神林靖
2. 発表標題 タンジブル教材を用いたプログラミング教育における授業支援システムの開発
3. 学会等名 電子情報通信学会 教育工学研究会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	神林 靖  (Kabayashi Yasushi)  (40269527)	山陽小野田市立山口東京理科大学・工学部・教授    (25503)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------