

デジタルツインを活用した STEAM 教材 : PICAPICA-TWIN の提案と実践

Proposal and Implement STEAM Educational Material Utilizing Digital Twin:
PICAPICA-TWIN

塩澤昂*1, 永井 孝*2,3, 舘 伸幸*2, 香山 瑞恵*2
Ko SHIOZAWA*1, Takashi NAGAI*2,3, Nobuyuki TACHI*2, Mizue KAYAMA*2

*1 信州大学大学院総合理工学研究科

*1 Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

*2 信州大学工学部

*2 Shinshu University, Faculty of Engineering

*3 ものつくり大学技能工芸学部

*3 Faculty of Technologists, Institute of Technologists

Email: 25w6041e@shinshu-u.ac.jp

あらまし: 本研究の目的は, OECD が示す 3 つのスキルの活用を意識したプログラミング学習教材の開発である. 3 つのスキルのうちの 1 つ, 実践的・身体的スキルの活用において, デジタルツインの利用を考えた. 本研究の提案教材では, 仮想から現実への連携として, 仮想空間内で制作したプログラムによる現実の作品の LED 明滅, 現実から仮想への連携として, 仮想空間への環境情報の反映を実装した. 本稿では, PICAPICA-TWIN の機能について概観し, 提案教材の評価実験の結果とその考察について述べる.

キーワード: デジタルツイン, STEAM 教育, プログラミング学習, VR

1. はじめに

教育の情報化が進展する中で⁽¹⁾, STEAM(Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics)の学びを基盤として, 分野横断的な知識を統合し, 社会的な価値の創造に寄与する資質・能力の育成を目的とした教育が求められている. 小中高のそれぞれの学習指導要領では, 主体的な挑戦や多様な他者と協働することの重要性を, 実感を伴って理解するために, 体験活動が重視されている.

OECD は, 2030 年に望まれる社会を実現するために生徒に求めるスキルとして, 認知・メタ認知スキル, 社会的・情緒的スキル, 実践的・身体的スキルの 3 つを挙げている⁽²⁾. 3 スキルの獲得を意識して VR 等の活用やオンライン化が進められており, 学習の形態が変化している.

一方, 直接人やモノと接することでしか得られない学習を提供する, 実世界指向の学習環境の重要性も指摘されている.

本稿ではまず PICAPICA プロジェクトについて概観する. そして, PICAPICA-TWIN の機能について示す. その後, 提案機能の評価実験の結果とその考察について述べる.

2. PICAPICA プロジェクト

前述の社会動向に対して, 我々はアート創作を通じたプログラミング学習教材, PICAPICA プロジェクト⁽³⁾を展開してきた⁽⁴⁾⁽⁵⁾. PICAPICA プロジェクトは, 電子工作等のものづくりとアート作品の創作, プログラミングを統合した STEAM 教材である. これまでに, 実空間でのアート創作と LED 明滅プログラミングを組合せた PICAPICA キット, 仮想空間で

の協働学習が可能な PICAPICA-VR を開発・実践してきた.

その中で, 仮想空間にとどまらず, 仮想と現実を行き来する教材システムとして, デジタルツイン技術を利用することを考えた⁽⁶⁾. この技術をモデルに, 仮想と現実の間をリアルタイムにデータが往来する方式において, 仮想と現実を組み合わせた STEAM 教育を提供する.

3. PICAPICA-TWIN

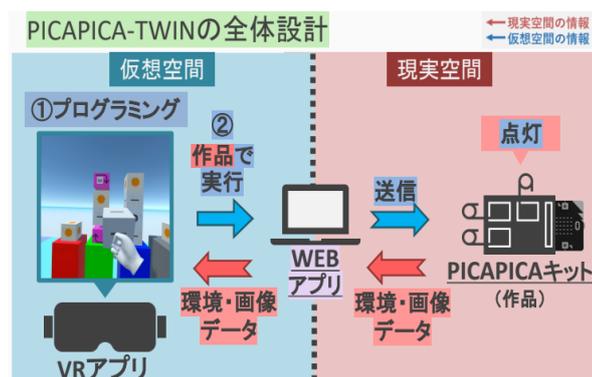
PICAPICA-TWIN は, PICAPICA キット, VR アプリ, WEB アプリから構成されている(図 1).

3.1 PICAPICA キット

PICAPICA キットは, PICAPICA プロジェクトの基幹となっている教材である. 本キットは micro:bit, LED ストリング, 制御基板から構成されている. 作成した LED ストリングと LED 明滅プログラムを書き込んだ micro:bit を制御基板に接続し, イルミネーション作品を制作する.

3.2 VR アプリ

VR アプリでは, LED の明滅を制御するプログラムを制作する. プログラミング方法は, 点灯・消灯・



待機・繰り返しの命令を持つブロックを積み重ねるブロックプログラミングである。VR アプリ内で制作したプログラムを実行すると、コードブロックの命令に応じて、カプセル型のオブジェクトが出現/消失し、LEDの明滅をシミュレーションできる。プログラミング後、制作されたプログラムは外部データベースへ保存する。

VR アプリ内の作業状況はアプリ内の学習者同士で共有される。学習者の立ち位置、コードブロック、カプセルの挙動が同一アプリ内の学習者に常に公開される。

3.3 WEB アプリ

WEB アプリは、仮想空間と現実空間を繋ぐ役割を担っている。仮想から現実への連携機能として、PICAPICA キットに備わっている micro:bit と WEB アプリを接続することで、micro:bit にプログラムを書き込まずとも VR アプリ内から現実空間の PICAPICA キットを、VR アプリ内で制作したプログラムで明滅できる。現実から仮想への連携機能として、micro:bit を用いた温度・加速度・ボタン押下状態を VR アプリ内に反映できる。また、VR アプリ内で制作したプログラムを micro:bit に書き込むことで、WEB アプリを介さず独立して作品を明滅させることもできる。

4.

4.1 実験方法

英国の大学にて、学生及び研究員 10 名を対象に提案教材の評価実験を実施した(図 2)。実験後、WEB フォームへの回答で評価した。実験の手順を以下に示す。

40 分 教材説明・VR プログラミング練習

45 分 VR プログラミング・LED ストリングを用いた作品創作

15 分 WEB フォームへ回答

4.2 実験結果・考察

4.2.1 仮想と現実のプログラム実行割合

VR アプリでのプログラム実行回数と、PICAPICA キットでのプログラム実行回数の割合を比較する。実験参加者のうち 60%が VR アプリを中心に実行、20%が PICAPICA キットを中心に実行、20%がどちらも同程度に実行していた。VR アプリを中心に実行した参加者が多いことから、VR アプリで動作をシミュレーションし、PICAPICA キットで動作テストする行為を繰り返す傾向が読み取れる。また、少人数ではあるが、PICAPICA キットでの実行割合が高い参加者が存在した。

このことから、提案教材はデジタルツイン技術の特徴を活かした学習形態を提供できていたと考える。

4.2.2 VR アプリでの協働学習

実験参加者のうち、89%が協働作業に取り組んでいた。このうち、他の参加者との協働が 67%、指導補助員との協働が 22%であった。このことから、多

くの参加者が自発的に協働作業に取り組んでいたことがわかる。

4.2.3 PICAPICA キットと VR アプリの併用

PICAPICA キットと VR アプリの併用の是非についての質問の回答結果を述べる。実験参加者のうち 80%が PICAPICA キットと VR アプリを組み合わせたほうが良いと回答し、20%が VR アプリのみでよいと回答した。また、VR アプリと PICAPICA キットの組み合わせを回答した参加者の自由記述では、「実際に操作することができる」、「プログラミングの結果が直接的にわかる」といった回答が見られ、プログラムの実行結果を、実際に確認できることを重視していることが考えられる。

5. おわりに

本稿では、仮想と現実を組み合わせた STEAM 教育を提供するために、デジタルツイン技術を利用した提案教材について説明し、評価実験の結果と考察について述べた。評価実験の結果から、提案教材はデジタルツイン技術の特徴を活かした学習形態を提供できていたと考える。また、仮想と現実どちらか一方だけでなく、双方を組み合わせた学習体験が重要である可能性が示唆された。

今後は、現実から仮想へ送信するデータを活用したプログラミング機能を実装・評価し、よりデジタルツイン技術の双方向性を意識した教材の開発を目指す。

謝辞 本研究は科研費 23K24957 により支援されている。

参考文献

- (1) 文部科学省: “教育の情報化の推進”, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/index.htm(参照 2025.1.28)
- (2) OECD, “Skillsfor2030,” https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/concept-notes/Skills_for_2030_concept_note.pdf(参照 2025.4.15)
- (3) T., Nagai, S., Klem, M., Kayama, et al.: “PICAPICA: Exploring a Customisable Smart STEAM Educational Approach via a Smooth Combination of Programming, Engineering and Art”, <https://doi.org/10.1109/EDUCON54358.2023.10125184>
- (4) I., Mukoda, T., Nagai, M., Kayama: “An Interactive STEAM Educational Approach via a Combination of Programming, Information & Communication Network and Arts: PICAPICA-Z”, <https://doi.org/10.1109/EDUCON54358.2023.10125144>
- (5) 向田, 香山, 永井, 他: “協働でのプログラミング学習を行う VR 教材の開発”, 情処研報コンピュータと教育, 2022-CE-167, 12 号, pp.1-6
- (6) 加地, 香山, 永井, 他: “PICAPICA-VR 教材におけるデジタルツイン方式の検討”, 第 49 回教育システム情報学会全国大会, <https://www.jsise.org/taikai/2024/program/contents/pdf/E5-3.pdf>