

VR 型 STEAM 教材における創造活動を支援する 役割分離型仮想エージェントの設計・実装

Design and Implementation of a Role-Separated Virtual Agent to Support Creative Activities in a VR-based STEAM Learning Environment

鷹栖 巧実^{*1}, 永井 孝^{*2}, 舘 伸幸^{*1}, 塩澤 昂^{*3}, 香山 瑞恵^{*1}

Takumi TAKASU ^{*1}, Takashi NAGAI ^{*2}, Nobuyuki TACHI ^{*1}, Koh SHIOZAWA ^{*1}, Mizue KAYAMA ^{*1}

^{*1}信州大学

^{*2}ものづくり大学

^{*1}Shinshu University

^{*2}Institute of Technologists

^{*1}信州大学大学院総合理工学研究科

^{*1}Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

Email: 22t2092a@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究では、VR 型 STEAM 教材 PICAPICA-SHARE の実践を通して明らかになった、情報取得の困難さ、指導の属人性、初学者のアイデア停滞という課題に対し、役割を分離した仮想エージェントを設計・実装した。正確性と創造性を両立する支援機能を構築し、VR 環境下での主体的かつ創造的な学習活動の支援を目指す。

キーワード：STEAM, VR 教材, 仮想エージェント, マルチエージェント

1. はじめに

近年、小・中・高等学校におけるプログラミング教育の必修化に伴い、知識の習得にとどまらず、創造的な問題解決能力の育成を目的とした STEAM 教育が推進されている⁽¹⁾。こうした教育においては、学習者が主体的に試行錯誤し、他者と協働しながら学ぶ体験的な学習環境が重要である。

先行研究として、VR 技術を用いてプログラミングと LED アート創作を統合した STEAM 教材 PICAPICA-SHARE が開発されている⁽²⁾(図 1)。この教材は仮想空間内で学習者同士が互いの作業を参照しながら協働的に創造活動を行える点に特徴がある。一方で、実践運用を通じて学習支援に関する課題が明らかになっている。具体的には、中学生を対象としたワークショップ形式での実践を通して、3 つの課題、すなわちヘッドマウントディスプレイ(HMD)装着下では操作に関する情報取得が困難である点、教員や TA による口頭指導に依存することで指導内容の正確性や一貫性にばらつきが生じる点、初学者において創造活動の初期段階でアイデア発想が停滞しやすい点が確認された。

これらの課題を解決するため、本研究では PICA PICA-SHARE に対話型の仮想エージェントを導入し、情報提供と創造支援を両立する学習支援機能を設計・実装する。特に、学習者の状況や相談内容に応じて役割を分離した複数エージェントを用いることで、VR 環境下における主体的かつ創造的な探究型学習の支援を目指す。

2. 仮想エージェントの設計

先行教材 PICAPICA-SHARE の実践運用を通して明らかになった 3 つの課題：①情報取得の困難さ、②指導内容の正確性のばらつき、③初学者における

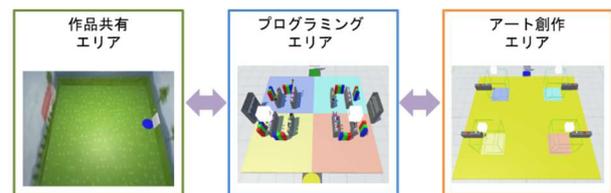


図 1 PICAPICA-SHARE における学習活動の流れと仮想エージェントの介入位置

アイデア発想の停滞に対応するため、本研究では、以下の要件を満たす仮想エージェントを導入する。

- (1) 学習者が HMD を装着した状態で、必要な情報を即時に取得できること
- (2) 教材の仕様や操作に関する正確な情報を一貫して提供できること
- (3) 曖昧な相談や創作に関するアイデア発想を支援できること

さらに、探究型学習での自由な試行錯誤を阻害しないよう、学習者が心理的な負担を感じずに利用できるインタフェースであることも要件として加えた。

これらの要件を満たすため、本研究では単一の仮想エージェントではなく、役割を分離した複数エージェントによる構成を採用した。一般に、大規模言語モデル(LLM)においては、正確性を重視した応答と創造性を重視した応答がトレードオフの関係にある。単一のエージェントにすべての役割を担わせた場合、プロンプトが肥大化し、応答精度や速度の低下、あるいは教材内で実現不可能な提案が行われるリスクが高まる。そこで本研究では、役割に応じて 3 種のエージェントを設計した。

Basics エージェントは、教材の基本操作や仕様に関する情報提供を担当する。情報の正確性を担保するため、教材マニュアルを外部知識として参照する

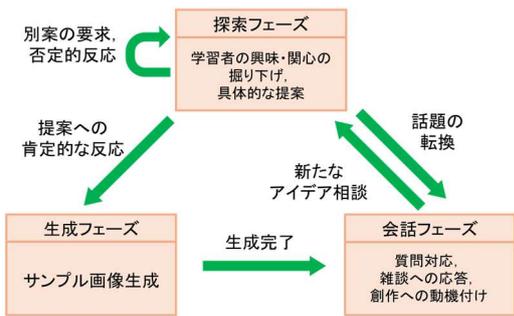


図2 創造活動を支援する仮想エージェントの対話遷移

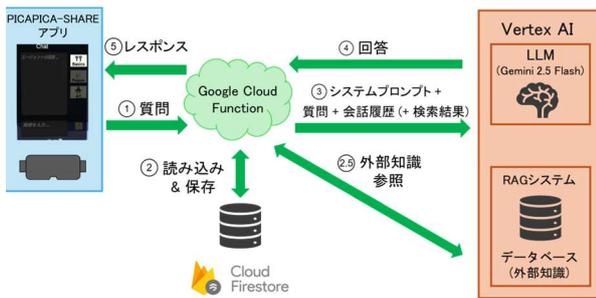


図3 仮想エージェントシステムの構成概要

RAG (Retrieval-Augmented Generation) を用いた応答を生成する。Program エージェントは、コードブロックの仕様説明に加え、学習者が制作した作品に対するプログラミングのアイデア相談を担当する。仕様確認に関する質問には RAG を用いる一方、アイデア相談においては RAG を用いず、LLM の創造性を活かした対話をする。Art エージェントは、LED アート創作におけるアイデアの壁打ち相手として機能し、学習者の興味や関心を掘り下げながら具体的な表現へと導く。外部知識参照せず、創造性を重視した対話を実現する点が特徴である。このような創造支援を実現するため、仮想エージェントは学習者の反応に応じた対話フェーズを遷移しながら支援する設計としている。図2はその対話遷移概念を示す。

また、初学者の導入段階における混乱や誤解を防ぐため、Basics エージェントにはチュートリアル機能を実装した。チュートリアルは固定シナリオに基づいて進行し、LLM による自由生成をしないことで、誤情報提示のリスクを抑制している。これにより、学習者は安心して教材操作やエージェントとの対話に慣れることができ、以降の創造活動において主体的な試行錯誤が可能な環境の構築を目指した。

3. 実装概要

本研究で提案した仮想エージェント機能は、図3に示すように、既存の VR 型 STEAM 教材 PICA PICA-SHARE (Unity) を基盤とし、クラウド上に構築した対話処理システムと連携する構成で実装した。LLM による応答生成や画像生成は計算負荷が大きく、スタンドアロン型 VR ヘッドセット内で処理を行うと描画遅延や操作性の低下を招く恐れがある。そのため、本研究では VR アプリケーションとエー

ジェント機能を分離し、必要なタイミングでのみクラウド上のサーバーと通信する構成を採用した。これにより、学習体験を損なうことなく高度な対話支援を提供できる。

仮想エージェントの応答生成には LLM を用い、設計段階で定めた役割分離方針に基づき、RAG の有無を切り替えている。教材の操作方法や仕様に関する質問に対しては、教材マニュアルを知識源とした RAG を用いることで、正確性と一貫性のある情報提供を実現した。一方、創作に関するアイデア相談では RAG を用いず、学習者との対話を通じて発想を広げることを重視した応答を生成する。このように、質問内容に応じて応答方針を切り替えることで、正確性と創造性の両立を図っている。

また、学習者が VR 環境下でも無理なくエージェントを利用できるよう、ユーザインタフェースにはパネル型 UI を採用し、視界を過度に遮らない配置とした。入力方法としてはテキスト入力に加えて音声入力にも対応し、HMD 装着時の操作負担を軽減している。これらの実装により、学習者が創造活動の流れを中断することなく、必要な支援を受けられる学習支援環境を実現した。

4. 評価計画

本研究で提案した仮想エージェント機能の有効性を検証するため、中学生を対象としたワークショップ形式の評価実験を実施する予定である。ワークショップでは、エージェント機能を活用しながら LED アートの創作およびプログラミング活動を行う。そして、活動後にアンケート調査および自由記述調査を実施する。また、学習中の操作画面を記録し、創造活動の進行や停滞の様子を分析する。

評価では、(1)仮想エージェントによる情報提供が、学習者の操作上の疑問解決を支援できたか、(2)創造活動における停滞の抑制につながったか、(3)創造的思考や創作意欲の促進に寄与したか、の観点から検証することを計画している。

5. おわりに

本研究では、VR 型 STEAM 教材において、学習支援の目的に応じて役割を分離した仮想エージェントを設計・実装した。今後は評価結果を基に UI・機能の改善を重ね、創造的な学習活動をより効果的に支援する教育システムの構築を目指す。

謝辞：本研究は科研費 23K24957 に支援された。

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 2026.2.2)
- (2) K.Shiozawa, T.Nagai, N.Tachi et al.: Educational Material to Facilitate Proactive and Collaborative STEAM Learning Through Work Sharing : PICAPICA-SHARE, IEEE EDUCON 2026 (accepted).