

## LLM エージェントを用いたシミュレーションによる授業案の改善

## Improving Lesson Plans through Simulation Using LLM Agents

後藤 孔<sup>\*1</sup>, 藤中 透<sup>\*2</sup>Toru GOTO<sup>\*1</sup>, Toru FUJINAKA<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup>早稲田大学グローバルエデュケーションセンター<sup>\*1</sup>Global Education Center, Waseda University<sup>\*2</sup>元広島大学<sup>\*2</sup>Ex Hiroshima University

Email: goto.toru@aoni.waseda.jp

あらまし：本研究では、大規模言語モデル（LLM）を活用し、教育分野において指導者の授業案改善を支援するシミュレーションプログラムを開発した。指導者は、教師役と生徒役の LLM エージェント間の対話を通じて、多様な学習者の質問を事前に想定することで、それを活かした授業案の改善が可能となる。

キーワード：大規模言語モデル、LLM エージェント、シミュレーション、授業設計

## 1. はじめに

近年の技術革新により、大規模言語モデル（LLM）が登場し、その応用範囲が急速に広がっている。特に OpenAI の ChatGPT の出現は、チャット形式での手軽な対話を可能にし、LLM が日常的に利用されるきっかけとなった。現在では、テキスト生成、翻訳、要約など、多岐にわたる分野で LLM が活用されている。スタンフォード大学と Google Research が行った Generative Agents の研究<sup>(1)</sup>は、LLM をエージェントシミュレーションに応用した例として注目されている。この研究では、25 体の LLM エージェントを仮想空間の街に配置し、スケジュールを立てたり、パーティを計画したりするなどの社会的行動を観察した。その結果、LLM が集団の中での相互作用を通じて、各エージェントの役割を確立し、自発的な社会性を生じさせる可能性が示された。

本研究の目的は、LLM エージェントの教育応用を目指し、LLM エージェントの活用によって授業案に対する学習者の質問をシミュレーションし、指導者が授業案を独自に改善できるようにすることである。なお、ここで述べた指導者と学習者とは、中等教育の教員や生徒、大学の教員や学生など、LLM エージェントが対応可能な範囲の汎用的な身分を意味する。

## 2. 関連研究

教育分野における LLM の活用に関する研究として、たとえば、高等学校の数学教育で LLM を活用する研究<sup>(2)</sup>や中等教育における英語教育に LLM を活用する研究<sup>(3)</sup>、そして、質問解答システムに LLM を組み込んで利用する研究<sup>(4)</sup>がある。これらは学習者が LLM に問いかけて学びを得るといった形の学習者支援が主な目的となっている。

一方、本研究の主な目的は、指導者が LLM に指示を出して授業案を改善できるように支援することである。中井<sup>(5)</sup>の研究では、指導者が LLM を使って教材を作成するという形の指導者支援が一部存在す

るが、それは人間と LLM の一対一のインタラクションで行われている。本研究では、LLM をエージェント化し、LLM 同士でインタラクションさせる手法を採用する。LLM から満足する情報を得るには対話を重ねることが重要であるため、複数の LLM エージェントを生成し、それらが相互にやり取りすることで情報の質を向上させる。具体的には、LLM エージェントを用いて授業案に対する学習者の質問をシミュレーションし、指導者の授業案作成や改善を支援するシミュレーションプログラムを開発する。

## 3. シミュレーションプログラムの開発

シミュレーションプログラムの開発および実験環境は次の通りである。プログラムの構成に用いた言語は Python でそのバージョンは 3.12 である。当該プログラムにおいて主に使用したモジュールは Ollama と CrewAI である。Ollama は LLM の操作と管理を行うためのモジュールであり、CrewAI は LLM エージェントのシミュレーションを行うためのモジュールである。これらのモジュールを使用して、大規模言語モデル「Llama3 70B」「Mixtral 8x22B」「Command R+」をローカル PC 上で利用できる環境を構築した。ローカル PC は Macbook Pro（2023 年モデル）であり、Apple M3 Max チップと 128GB のメモリを搭載している。

プログラムの内容は次のようになっている。まず、CrewAI を使用して 1 体の教師役 LLM エージェントと 3 体の生徒役 LLM エージェントを作成する。最初に教師役 LLM エージェントは授業案を生成する。この授業案は、あらかじめ設定した授業トピックに基づくものである。次に、各生徒役 LLM エージェントはそれぞれの役割、目的、学習者レベル、任務に応じて、教師役 LLM エージェントとのインタラクションを行う。具体的には、上級者、中級者、初級者の LLM エージェントが教師役 LLM の生成した授業案に対してそれぞれの異なる視点から質問を生

成する。その後、教師役 LLM エージェントは生徒役 LLM エージェントの生成した質問を考慮して元の授業案を推敲し、新たな授業案を生成する。

#### 4. シミュレーションプログラムの実験

本研究では、ディスカッション型の授業を仮定し、授業のトピックを「Trends in server-related technologies in Japan」として、授業案の生成とそれに対する学習者の質問をシミュレーションする実験を行った。ここでは、Command R+を用いたシミュレーションの内容を概略的に述べる。

元の授業案として「世界と日本におけるサーバ関連技術に関する動向やクラウドサービスやデータセンタに関する需要」などを示す説明が生成された。

上級者の質問として、エージェント自身の知見が前置きされた上で「クラウドサービスや AI 技術の需要に対応するために、データセンタの設計には具体的にどのようなアーキテクチャ上の考慮事項やイノベーションが必要になるのか」という質問が生成された。中級者の質問としては、エージェント自身の知見が前置きされた上で「日本のデータセンタがクラウドサービスと AI 技術を効果的にサポートするために考慮すべきアーキテクチャのポイントは何か」という上級者よりも抽象的かつ限定的な質問が生成された。初級者の質問として「日本のデータセンタがクラウドサービスや AI 技術を効率的にサポートするために考慮すべきアーキテクチャのポイントは何か」という端的な質問のみが生成された。中級者の質問内容とあまり変化がないのは LLM の能力に依存するものと考えられる。

元の授業案には述べられていない新たな授業案の内容として「効率的な電力使用」や「冷却システムの設計」といったイノベーションに関連するような具体的な説明が生成された。これらは、発展的な説明であることから上級者の質問を反映した説明であると考えられる。また「ネットワーク接続」や「冗長性の確保」といったアーキテクチャの考慮点に関する説明が生成された。これらは、根本的な説明であることから中級者の質問を反映した説明であると考えられる。そのほか、データセンタの設計に関する基本的な考慮点の説明が概念ベースで生成された。これは、抽象的な説明であることから初心者の質問を反映した説明であると考えられる。

以上の結果、元の授業案に対して様々なレベルの学習者の質問をシミュレーションし、授業案を再構成することで、指導者は学習者が授業中に抱く可能性のある質問を事前に想定することができ、必要に応じて、それらを授業で活かすことが可能となった。

#### 5. シミュレーションプログラムの考察

よりよい授業を実施するために、講義形式の授業では、指導者は学習目標に沿った内容を教えるだけでなく、学習者の抱く質問やつまづき等を事前に考慮して授業案を作成することが重要となる。しかし、

指導者が授業の前に様々な学習者の質問やつまづきを網羅的に想定することは容易でない。このようなタスクは他の指導者と意見交換を行う等の方法である程度は改善できるが、指導者双方の知見や経験に限定されるため、必ずしも網羅的に学習者の質問やつまづきをリストアップできるとは限らない。

また、ディスカッション形式の授業では、学習者の理解や考えを促進するために、指導者が学習者に対して適切なファシリテーションを行うことが重要となる。しかし、ディスカッションのトピックや生徒の経験値など、様々な要因が関連し、そのような適切な指導は十分な事前準備や訓練経験がなければ容易ではない。事前準備に関しては、学習者の考えを事前に想定し、ファシリテートの対応をパターン化する方法が考えられるが、これも講義形式の授業と同様に、指導者の知見や経験に依存する恐れがあるため、学生の質問や発言を網羅的にリストアップできるとは限らない。訓練経験に関しても、講義形式の授業と同様に、指導者の誰もが訓練相手を常に確保できるとは限らないため、そのような環境にいる指導者は困難を伴う。

その点、本研究で述べたシミュレーションプログラムを用いれば、人的または時間的リソースの懸念を要することなく、指導者が独自に授業案の作成や改善を行うことが可能となる。

#### 6. おわりに

本研究では、LLM エージェント間のインタラクションにより、授業案に対して学習者が抱く可能性のある質問をシミュレーションし、指導者が独自に授業案を改善できるプログラムを開発した。このプログラムを用いたシミュレーションの結果、人的または時間的リソースの懸念を要することなく、指導者は学習者が授業中に抱く可能性のある質問を事前に想定することができるようになり、それらを必要に応じて授業中に活かすことが可能となった。

今後は、活用する LLM の変更やシミュレーションシナリオの多様化を検討することが挙げられる。

#### 参考文献

- (1) Joon Sung Park, Joseph C. O'Brien, Carrie J. Cai, Meredith Ringel Morris, Percy Liang, Michael S. Bernstein: "Generative agents: Interactive simulacra of human behavior", Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp.1-22 (2023)
- (2) 市川隆司: "高等学校「数学 I」教科書「データの分析」における生成 AI 活用に関する研究", 大阪信愛学院大学紀要, Vol.2, pp.10-22 (2024)
- (3) 中井弘一: "生成 AI の中等英語教育における可能性と課題", 大阪女学院大学紀要, Vol.20, pp.145-164 (2023)
- (4) 原田憲旺, Edison Marrese-Taylor, 岩澤有祐, 松尾豊: "教育現場における質問の性質分析と大規模言語モデルを活用した質問回答システムの検討", 言語処理学会 30 回年次大会発表論文集, pp.3143-3148 (2024)