

LLM エージェントシミュレーションの反復的改善を伴う授業案の自動生成

Automatic Generation of Lesson Plans with Iterative Improvement of LLM Agent Simulation

後藤 孔^{*1}Toru GOTO^{*1}^{*1} 早稲田大学グローバル・エデュケーション・センター^{*1} Global Education Center, Waseda University

Email: goto.toru@aoni.waseda.jp

あらまし：本研究では、AI 自身による授業の自動作成と実行という将来目標に向けて、LLM エージェントシミュレーションを活用した授業案の反復的改善システムを開発した。従来の LLM 教育応用が主に人間支援を目的としていたのに対し、本システムは AI による教育コンテンツの自律的生成と質の向上を目指している。システムは教師役 LLM、多様な学習特性を持つ 6 体の学生役 LLM 群、教育アナリスト役 LLM の 3 種類のエージェントで構成される。初期授業案生成、学生による質疑シミュレーション、専門的評価とフィードバック、最終改善という多段階プロセスを通じて授業案を反復的に改善する仕組みとなっている。「Python プログラミングの基本」を対象とした実験では、学生エージェントが多様な学習レベルに応じた質問を生成し、教育アナリストが AI 自動実行の実現可能性と教育格差防止の観点から評価を行った。その結果、誤解予防ガイド、ペルソナ別アプローチ、適応的評価システム等を含む包括的な授業案が生成され、本システムが質の高い AI 自動実行型授業案を効果的に生成できることが示された。

キーワード：大規模言語モデル、LLM エージェント、教育シミュレーション、授業支援、教育 AI

1. はじめに

大規模言語モデル (LLM) の急速な発展は、教育分野において新たな変革をもたらし、特に複数の LLM を協調させる LLM エージェントシミュレーションは、複雑な状況の模倣と洞察に有望である⁽¹⁾。これまでの LLM 応用が主に人間支援に主眼を置いていたのに対し、本研究は AI 自身による授業の自動作成と、将来的にはその自動実行を最終目標として掲げる。

その達成に向けた重要な第一歩として、本稿では、AI が質の高い授業案を自律的に生成し、それを反復的に改善するシステムを開発した。このシステムは、LLM エージェントシミュレーションを活用し、教師役 LLM による初期案生成、多様な学生役 LLM 群による質疑シミュレーション、教育アナリスト役 LLM による評価・フィードバック、そして最終改善という多段階プロセスを経る。この反復的な設計・評価サイクルを通じて、AI が生成する授業案の質を高め、多様な学習者のニーズに対応することを目指す。さらに、AI が特定の知識レベルの学習者に偏った教育内容を提供するリスクを低減し、教育格差の拡大を防ぐという倫理的課題にも配慮する。

2. 関連研究と本研究の位置づけ

LLM エージェントは、計画・記憶・ツール利用能力により自律的タスク実行が可能⁽²⁾で、教育分野でも革新的可能性が期待される。Chu らによる教育分野の LLM エージェントに関するレビューでは、「教育エージェント」が AI 主導のシステムとして教育と学習の双方を強化すると述べられている。これらのエージェントは、「教育支援エージェント」と「学

生支援エージェント」の 2 つに大別される⁽³⁾。前者は教育者の主要タスク自動化を、後者は学生への個別化された学習ガイダンス提供を目的とする。

本研究が特に関連するのは「教育支援エージェント」であり、Chu らによればこれらは授業シミュレーション、フィードバックコメント生成、学習リソース推薦といった機能を通じて教育者をサポートする。先行研究では、複数の LLM エージェントを用いたシミュレーションにより、「人間が行う授業」の改善を支援するシステムが基本的に提案されている。

本研究はこれらの動向を踏まえ、目的を「人間の教育者支援」から「AI 自身による教育コンテンツの自律的生成と実行準備」へと転換する。多様な学生ペルソナによるフィードバックと教育アナリスト LLM エージェントによる専門的評価という二重のフィードバックループを通じて AI 自動実行用授業案を反復的に改善する点で、既存研究に新たな視座を提供し、AI 生成コンテンツの質と公平性の向上に貢献する。

3. LLM エージェントによる授業案自動生成

本研究で開発した AI 自動実行型授業案の反復的改善システムは、LangChain フレームワークを基盤とし、Python 3.12 上で動作する。LLM には、Ollama を介して DeepSeek R1 の 6710 億パラメータモデルを使用した。

3.1 システム構成

本システムは主に 3 種類の LLM エージェントで構成される。各エージェントは特化したプロンプトと役割を与えられ、連携して多段階で授業案を自動

生成・改善する。

第一に教師エージェントは、AI自動実行を前提とした授業案を作成する。指定されたトピック、対象学年、授業形式に基づき、教育目標設定から具体的な活動内容、評価方法まで一貫した授業設計を行い、学生やアナリストからのフィードバックを解釈し授業案に反映させる。その思考プロセスも出力し、設計の意図や論拠を明らかにする。

第二に学生エージェント群は、多様な学習者の視点をシミュレーションする。「理論探求型上級者」や「慎重派初級者」など、知識レベルや学習スタイルが異なる6体のペルソナを設定した。各学生エージェントは提示された授業案に対し、自身のペルソナに基づいて具体的な質問と思考過程を生成する。

第三に教育アナリストエージェントは、教師作成の授業案と学生の質問を専門的観点から分析・評価する。教育学的妥当性、AI自動実行の実現可能性、多様な学習者への配慮等を評価し、具体的な改善提案を含むフィードバックレポートを作成する。これは授業案の質を客観的に高め、教育格差助長を防ぐ目的に貢献する。

3.2 反復的改善プロセス

授業案自動生成と反復的改善プロセスは以下のステップで進行する。まず利用者が基本パラメータを設定後、教師エージェントが初期授業案と思考プロセスを出力する。次に、この初期案に対し6体の学生エージェントがペルソナに応じた質問と思考プロセスを生成し、多様な学習者の潜在的疑問点を収集する。その後、教師エージェントが初期案と全学生質問を総合的に検討し、AI自動実行に適した第一次改訂版授業案を作成する。続いて、教育アナリストエージェントが初期案、全質問、第一次改訂案を分析し、改善提案を含むフィードバックレポートを作成する。最後に、教師エージェントが全情報とアナリストからのフィードバックを総合的に考慮し、AI自動実行に最適化された最終授業案を生成する。

4. 実験結果と考察

本システムを用い、「Pythonプログラミングの基本」をトピックに、大学生向け質疑応答型講義形式でAI自動実行用授業案の生成実験を行った。実験の各ステップでLLMは詳細な思考プロセスを出力した。初期授業案は、AIによる自動実行を意識し学習目標、授業の流れ、具体的説明ポイント、活動案等を体系的に記述した。6体の学生エージェントがそれぞれのペルソナを反映した多様な質問を生成し、第一次改訂案はこれらの質問を網羅的に取り込み、認知科学的視点やゲーム開発事例等を追加し内容を深化させた。

教育アナリストのフィードバックは、質問傾向、AI授業進行上の課題、つまりポイントとAI対応策、第一次改訂案への具体的改善提案を詳細に記述した。その際、AIが授業を効果的に自動実行するた

めの実現可能性と、教育格差を防止するための配慮が特に重視された。最終授業案はアナリストのフィードバックを全面的に反映し、典型的な誤解を事前に提示する「誤解予防ガイド」、学習者の特性に合わせた指導法を切り替える「ペルソナ別アプローチ」、操作を通じて概念理解を促す「インタラクティブシミュレータ」、段階的にスキルを習得させる「ステップバイステップ習得プログラム」、理解度に応じた課題を提供する「3層式評価クイズと適応的発展」、個別の学習進捗報告と推奨を行う「個別最適化レポート案」、多様な学習環境への配慮を示す「公平性確保メカニズム」といった、具体的に多角的な教育戦略へと授業内容を昇華させた。

この結果は、本システムが質の高いAI自動実行用授業案を生成する上で有効であることを示唆する。特に教育アナリストの評価とフィードバックは、授業案の質を客観的に高め、多様な学習者への配慮や教育格差抑制の組み込みに効果的であった。LLMの思考プロセス出力は、授業案生成の論拠を透明化し、人間による検証や改善の手がかりとなる。

5. おわりに

本研究では、AIによる授業の自動作成・実行という目標に向けた第一歩として、LLMエージェントを用いたシミュレーションを通じてAI自動実行型授業案を反復的に改善するシステムを開発・提案した。実験結果は、本システムが多様な学習者の視点や専門的な教育的評価を効果的に取り込み、AIによる自動実行に適した、より質の高い授業案を生成できる可能性を示した。

特に、多段階のフィードバックループ、すなわち学生役エージェントによる多様な疑問点の提示と、教育アナリストエージェントによる専門的かつ多角的な評価・改善提案が、最終的な授業案の質向上、具体性向上、そして教育格差抑制への配慮という点で重要な役割を果たすことが示唆された。

今後の展望としては、本システムで生成された授業案に基づき、AIによる授業自動実行を可能にするための具体的な授業進行スクリプトの自動生成、さらにはそのスクリプトと連動した自然な音声合成技術の導入に取り組み、より実用的な教育AIシステムの実現を目指す。

参考文献

- (1) Park, J. S., O'Brien, J. C., Cai, C. J., Morris, M. R., Liang, P., & Bernstein, M. S. (2023). Generative agents: Interactive simulacra of human behavior. In *Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology* (pp. 1-22).
- (2) Luo, J., et al. (2025). Large Language Model Agent: A Survey on Methodology, Applications and Challenges. arXiv:2503.21460.
- (3) Chu, Z., Wang, S., Xie, J., Zhu, T., Yan, Y., Ye, J., Zhong, A., Hu, X., Liang, J., Yu, P. S., & Wen, Q. (2025). LLM Agents for Education: Advances and Applications. arXiv:2503.11733.