

生成 AI を活用した数学学習における教訓導出支援システムの提案と試作

Proposal and Prototype of a Lesson-Derivation Support System
Utilizing Generative AI in Mathematics Learning

山口 夢叶, 高木 正則
Yuna YAMAGUCHI, Masanori TAKAGI
電気通信大学 情報理工学域
The University of Electro-Communications
Email: y2210662@gl.cc.uec.ac.jp

あらまし：本研究では、数学学習における質の高い教訓導出を目的とし、認知カウンセリングの考え方を応用した生成 AI による振り返り支援システムの提案と試作を行った。本システムは、生成 AI が学習者自身の内省を促す対話を通じて、誤りの原因分析や質の高い教訓の言語化を支援する。動作検証の結果、このアプローチが教訓の質向上に貢献する潜在的な可能性が示された。

キーワード：教訓帰納、生成 AI、振り返り、問題解決、認知カウンセリング

1. はじめに

本研究は、振り返り学習を促す「教訓帰納」に着目する⁽¹⁾。教訓帰納は、学習経験から得られた知見を具体的な「教訓」として言語化し、それを今後の学習に活かす内省的な学習方略である。しかし、学習者自身による質の高い教訓の導出は困難であり、教員による個別最適な指導も現行の教育環境下では難しい。そのため、教訓帰納の効果は限定的となりやすい⁽²⁾。故に、個々の学習者の内省を効果的に支援する新しいアプローチが求められる。

そこで本研究は、数学学習において学習者が質の高い教訓を導出することを目的とし、対話型生成 AI を活用した認知カウンセリングに基づく振り返り支援システムの提案と試作を行う。本システムにより、学習者一人ひとりに寄り添った質の高い教訓導出を促し、数学学習における効果的な振り返り学習の実現が期待される。

2. 関連研究とリサーチクエスチョン

柴⁽²⁾は、定期テスト後の振り返りに教訓帰納を用いた結果、導出された教訓の質が高い学生ほど、その後のテスト成績が高い傾向にあることを示した。植阪⁽³⁾は、教訓帰納を継続的に行うことで、学習者の学習観が練習量を重視する志向から、学習方法を工夫する認知主義的なものへと変容する可能性を示した。しかし、これらの研究は教訓の導出を支援対象としない。

一方で、廣瀬ら⁽⁴⁾は、GPT-3 を用いて学習者の振り返りと計画の記述に対するアドバイスを自動生成し、学習者にフィードバックしている。しかし、教訓帰納のプロセスを対話的に支援し、質の高い教訓導出を目指すアプローチは、未だ研究の余地が大きい領域である。

3. 提案と試作

図 1 に本システムの構成図、図 2 に試作した本シ

ステムの画面例を示す。本システムはデータ管理機能、対話制御機能、教訓閲覧機能、データベースで構成され、生成 AI と外部連携する。生成 AI モデルには「Gemini 2.5 Pro Preview 0506」を採用した。

学習者は、まず問題、模範解答、そして自身の解答の 3 つから構成される問題・解答群データをシステムに入力する。データ管理機能は、学習者から入力された問題・解答群データをデータベースに格納する。その後、データ管理機能はデータベースから当該問題・解答群データを取得し、対話制御機能へ送信する。対話制御機能は、受け取った問題・解答群データと、初期プロンプトを生成 AI に送信する。この初期プロンプトは、認知カウンセリングの考え方を反映し、生成 AI が学習者に対して直接的な答えや解説を行うのではなく、学習者自身の思考を促すような問いかけや、誤りの原因を自ら発見するためのヒントを提示するよう設計されている。具体的には、学習者自身による正解の理解、誤りの原因分析、具体的な教訓の導出、そして導出された教訓の質の向上を支援する対話を展開するよう指示している。

教訓の質は、柴⁽²⁾によって定義された 5 段階のレベルを採用した。表 1 に 5 段階の教訓の質を示す。

対話制御機能は、生成 AI と連携して学習者との対話を開始し、表 1 の定義に従って学習者の教訓の導出および質の向上を目指す。導出された教訓は、対話制御機能からデータ管理機能を経てデータベースに蓄積・管理される。学習者は、教訓閲覧機能を用いて、データベースに蓄積された過去の全教訓を閲覧し、今後の学習に活用することができる。

表 1 教訓の質と評価基準

| 質 | 評価基準 |
|---|---------------------------------------|
| 5 | 自分の間違いに即して、同型問題に活用できる汎用的な知識について述べている |
| 4 | 自分の間違いに即して、同じ問題に活用できる具体的な知識について述べている |
| 3 | 自分の具体的な間違いについて述べているのみ |
| 2 | 問題内容に関する知識について述べているが、自分の間違いに即したものではない |
| 1 | 抽象的な感想や今後の目標について述べているのみ |

