

学習履歴の可視化と AI 分析に基づく 子どもの主体性を育む学習環境の構築

齊藤 勝^{*1}・片瀬 桂^{*2}・武沢 護^{*3}
Email: masaru.saito@thu.ac.jp

*1: 帝京平成大学人文社会学部
*2: 桂行政書士事務所
*3: 津田塾大学学芸学部

◎Key Words 無意識の違和感, 学習アプリ, AI 分析, ラーニングアナリティクス

1. はじめに

本研究は、学習者が学習過程で直面する困難の根本原因を特定し、その解消を通じて学習効果の向上を目的とする学習支援アプリケーションの開発を目指す。特に、学習者自身が明確に意識していない「潜在的な理解障害」に着目し、この未分化な違和感を「無意識の違和感」と定義し、その蓄積が学習のつまづきに繋がるとの仮説に基づき研究を進める。

また、学習履歴データの詳細な分析と AI 技術の活用により、学習者が困難を認識し始める初期段階での理解障害を特定し、必要に応じて既習内容に遡った学習内容の再構築を支援する。これにより、現在の学習内容と既有知識との関連性、および今後の学習への発展性を体系的に可視化し、知識の構造的な理解を促進する。このような「つながり」の意識化は、断片的であった知識の統合を促し、深い学びへと導くと期待される。

本稿では、学習者の現在の理解状況、直面している学習上の困難の原因を明確化し、その解決策を提示することで、一連の学習プロセスを効果的に支援するアプリケーションの構想を提案する。

2. 研究概要

本研究は、学校教育における思考プロセスの可視化を目指した小林ほか (2023) による「生成 AI・MANDALA・ICE アプローチを取り入れた主体的な協調型学習の提案」の構想を基盤とし、学習における困難の可視化とその克服支援に特化して展開するものである。小林らが開発した学習プラットフォームは、平安時代から伝わる両界曼荼羅の構造と思想をモデルとしたデジタル・マンダラ (Diamond Mandala Matrix ; 以下, DMM) を中核に据え、大規模言語モデル (LLM) ベースの生成 AI を統合することで、効果的な学習・授業支援の実現を企図している。

本研究では、この DMM の構造と視覚的表現に着想を得て、中学校・高等学校段階の数学における学習内容の体系的構造を表現することから着手する。

3. 提案システムの基本構想

3.1 DMM による学習構造の可視化

開発するアプリケーションの学習インターフェースの中核には、小林ほか (2023) が提示する DMM の設計思

想を応用する。具体的には、数学の各学習単元や主要概念を、「DMM モジュール」の構成要素として捉え、中心概念 (DMM シンボル) とその周辺概念 (DMM エレメント) という 3×3 のマトリクス構造を活用する (図 1)。学習者が現在取り組んでいる学習トピックを中心要素に配置し、その周囲 8 要素には、当該トピックの理解に不可欠な既習事項、関連概念、発展的内容、さらには潜在的な理解障害が生じやすいポイントや誤概念を生みやすい箇所などを配置する。

この視覚的構造化により、学習内容の階層性や関連性が多角的に提示され、学習者は自身の現在の理解状況 (現在地) と、知識要素間の垂直的・水平的な繋がりを直感的に把握することが可能となる。このような学習内容の鳥瞰的提示は、学習者自身の理解状態を客観視するメタ認知活動を促進し、効果的な学習方略の選択を支援することが期待される。

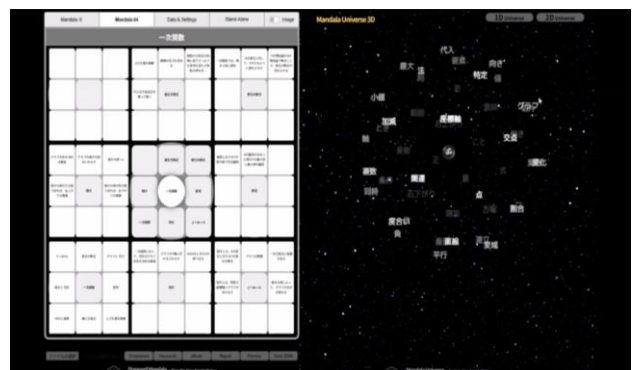


図 1 DMM の UI (ユーザーインターフェース) 構成例

3.2 AI による「無意識の違和感」の分析とフィードバック

本システムでは、ラーニングアナリティクスの視点に基づき、学習者の問題解答履歴、解答時間、ヒント参照行動といった学習ログデータを AI が分析する。この分析結果に基づき、AI は学習者が抱える可能性のある潜在的な理解障害の候補を特定する。これらは、DMM 上で視覚的にハイライトされ、どの基礎概念の定着が不十分であるか、あるいはどの単元間の接続理解が弱いといった診断的情報として学習者に提示される。

さらに、生成 AI の活用も積極的に導入する。先行研究では、AI を用いて所望の難易度を持つ問題やヒント、解説を自動生成する手法（植野, 2024）や、教材テキストから問題自体を自動生成するシステム（和久ほか, 2024）が提案されている。本研究ではこれらの知見を応用し、DMM 上で特定された理解障害に対して、個別最適化された解説や追加の練習問題などを対話形式で提供する。このアダプティブな学習支援により学習者は自身の理解度や進捗に応じて、必要な情報を適切なタイミングと形式で獲得できるようになる。これは、教育方法学における個別最適化された学習の具現化に寄与すると考えられる。

3.3 ICE アプローチに基づく主体的学習の促進

本研究における学習支援の基本フレームワークとして、ICE アプローチ（Ideas: 基礎的知識, Connections: つながり, Extensions: 応用）を意識的に組み込む。

Ideas（基礎的知識）：DMM によって構造化・可視化された個々の学習要素や、AI によって提示・解説される基礎概念の理解と定着を指す。

Connections（つながり）：学習者は、DMM 上で各知識要素間の意味的関連性を視覚的に探索し、AI によるナビゲーションを通じて、断片的であった知識が有機的に結合し、構造化されていく経験を得る。このプロセスが、潜在的理解障害の解消と、より深い概念理解を促進すると推察される。

Extensions（応用）：自身の学習課題の原因を主体的に特定し、AI の支援を活用しながら解決策を能動的に見つけ出す一連のプロセスを通じて、学習者はより主体的・自律的に学習に取り組む態度とスキル（自己調整学習能力）を育成することが期待される。この「主体的な学び」の実現が、本研究における重要な教育目標の一つである。

3.4 研究のデザインと今後の展開

研究の初期対象として、概念の積層性が高く初等教育から高等教育まで連続する「関数」分野を選定した。これは、本研究で開発する手法の他分野への応用可能性を視野に入れたものである。今後は、学習指導要領に準拠したテストを実施し、学習者が困難を感じる段階を特定する。テストでは、単なる問題解決能力のみならず、文章の読解力や語彙の理解度も測定することで、学習の躓きの根本原因を多角的に分析する。そして、得られたデータを AI に学習させ、学習者が解答に至らない思考プロセスを解明することを目指す。

本アプリケーションは、教育現場において教員が活用することも想定している。教員は、学習内容の全体像を俯瞰的に提示でき、学習者の深い理解を促進することが期待される。また、学習者が課題の所在を自ら特定し解決に至るプロセスは、「考え方を学ぶ」訓練となり、事象を点でなく連続的な流れとして捉える思考力を涵養する。これは、AI が教育を支援しつつも、学習の主体はあくまで学習者自身であり、その成長を導く「人」としての教員の役割を重視する本研究の基本姿勢を反映するものである。

4. 期待される効果

本研究で提案する学習環境の実現により、以下の教育効果が期待される。第一に、学習者は自らの学習上の困難

や理解不足の根本原因を、DMM と AI の協調的支援によって客観的に把握し、対処することが可能となる。これにより、学習に対する漠然とした不安が低減され、具体的な学習課題への取り組み意欲が向上する。第二に、学習内容の構造的・体系的な理解が促進される。個々の知識が単なる暗記事項ではなく、相互に関連しあうネットワークとして認識されることで、より深いレベルでの概念理解と応用力の育成に繋がる。これは、小林らのいう「知識の結合と組み合わせによる『新たな概念の形成』」を支援するメカニズムとなり得る。第三に、AI による個別最適化されたアダプティブなフィードバックとスキャフォールディングにより、学習者は自身の学習ペースや理解特性に応じた効果的な学習方略を実行できるようになる。これは、多様な学習ニーズを持つ子どもたちへのインクルーシブな教育的対応として有効である。第四に、学習プロセス全体が透明化され、学習者自身による進捗管理と方略調整が容易になることで、学習者は自律的に学習計画を立案・実行・省察するという主体的な学習態度の涵養が期待される。

5. まとめと考察

本研究は、学習者が抱える「無意識の違和感」に着目し、その根本原因を特定して学習の再構築を支援するアプリケーション開発を構想した。その独自性は、従来の正答能力向上を主目的とするものとは異なり、DMM の構造を用いた知識の体系的可視化と AI 分析を融合させ、学習者自身による現状分析を中核に据える点にある。これにより、学習者は断片的な知識を有機的に結合させ、自身の学習状況を俯瞰的に把握することが可能となる。

本アプリケーションは、教育現場で教員と学習者が協同で活用することも想定している。教員は学習内容の全体構造を俯瞰的に提示でき、学習者は課題の所在を自ら発見し解決するプロセスを通じて、「考え方を学ぶ」訓練となる。これは、事象を点でなく連続した流れとして捉える思考力を涵養するものである。AI はあくまで学習の主体である「人」を支援する存在であり、教育を全面的に AI に委ねるべきではないという基本姿勢を本研究は取る。

今後は、中学校数学を対象にプロトタイプ開発に着手し、実証実験を通じて本提案の有効性を検証する計画である。将来的には、他教科への展開も視野に入れ、学習者一人ひとりが「わかる」喜びを実感し、主体的に学び続けられる革新的な学習環境の構築に貢献することを目指す。

参考文献

- (1) 小林信三, 青木成一郎, 土持法一, 小林祐也, Nepal Ananda : 生成 AI・MANDALA・ICE アプローチを取り入れた主体的な協調型学習の提案, 情報処理学会情報教育シンポジウム論文集, 2023 巻, pp. 109-116 (2023).
- (2) 植野真臣 : AI・ビッグデータによるアダプティブ・ラーニング, 人工知能, Vol. 39, No. 2, pp. 1-8 (2024).
- (3) 和久友親, 田村哲嗣, 川瀬真弓 : 学習者の理解度に応じた自動問題生成 AI システムの開発, 日本教育工学会論文誌, Vol. 48, No. 2, pp. 423-435 (2024).