

	ヒロセ ノブユキ
氏名	廣瀬 伸行
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	博第1329号
学位授与の日付	2024年3月31日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当 課程博士
学位論文題目	デザイン教育における自己調整学習を支援する対話エージェントの開発 (Development of Dialogue Agent to Support Self-regulated Learning for Design Education)
論文審査委員	主査 教授 白松 俊 教授 大園 忠親 教授 加藤 昇平 教授 松尾 徳朗 (東京都立産業技術大学院大学)

論文内容の要旨

本研究の目的は、デザイン教育において学生毎にパーソナライズした自動学習支援手法を確立することである。そのために、近年発展が目覚ましい大規模言語モデルを用いることで、学生個別のアドバイスを生成し、自動的に学習支援する対話エージェントを開発した。具体的には、学生個別の学習状況に基づいて、自己調整学習における学習方略の利用と調整のアドバイスを自動的に提示する方法を提案した。

自己調整学習では、学生が効率よく主体的に学習を進めていくためには、予見：具体的な学習計画立案、遂行コントロール：実行中の自己モニタリングと学習方略の適宜調整、自己省察：活動後の振り返りのプロセスについて、学習方略を改善していくことが求められる。しかし、一部の学生は主体的な学習活動をうまく行えず、支援が必要であることが認識されている。そのため、学習の困難や挫折を防ぐためには、具体的な学習活動への支援が必要である。しかし、教員だけで学生個別のテーマと状況に応じた学習計画や振り返りの支援を行いつつ、個別指導と授業進行を同時に行うことは負担が大きい。そこで、デザインを学ぶ学生の自己調整学習における学習実態を捉え、学習方略の利用や調整を自動的に支援する機構を実現したい。

そのために、本研究では以下の研究を行った。

第3章. 課題遂行段階に対する学習スキルの自動助言

第4章. 学生の記述内容から学習スキルの自動評価

第5章. 学生個別の記述内容に追従した助言自動生成

第3章では、学習活動中の自己モニタリングと学習方略の利用や調整を促すために、定形式による自動的な学習状況の聞き取りとアドバイスによる支援方法について評価した。実験の結果、学生が目標達成の見込みが低いと回答した場合に限定すると、課題プロセスの経過を把握する学習方略を使用したと自己申告の割合が増加したことがわかった。このことから、遂行コントロールの自己モニタリングに対する可能性は示された。

第4章では、学生が記述した学習計画と振り返りの記述内容を自動評価するためにルーブリックを用いたデータでファインチューニングした大規模言語モデルを用いた手法を評価した。実験の結果、教員の手動評価と比較して、記述の具体性評価については順位相関係数+0.815、躓き度評価は順位相関係数+0.876であり、十分に実用に耐える性能と考えられた。

第5章では、学生が記述した学習計画と振り返りの記述内容に加え、テーマやタスク情報、ルーブリックをプロンプトに含め、大規模言語モデル GPT-4 を用いた手法を提案した。実験の結果、7件法評価における平均が適合性 5.27、理解性 5.16、実行性 5.0 であり、5=やややそう思うという評価が得られた。ただし、理解性は、テーマを単独で用いた場合に有意に高いという結果が示された (+0.24, $p=0.008<0.05$)。そのため、今後の課題として、テーマのアドバイスとタスクのアドバイスを分けて提示する指示を追加することで改善される可能性について検証する。

以上のことから、本研究では、デザイン教育における自己調整学習の自動支援の方法として以下の3つについて明らかにした。

課題遂行段階に対する学習スキルの自動助言について、定形式と決定木を用いた自動的な学習状況の聞き取りとアドバイス手法は、一定条件の下で可能性を示した。

学生の記述内容から学習スキルの自動評価手法について、GPT-3 を用いた学習計画と振り返りの自動評価手法は、十分に実用に耐える性能を示したが、改善の余地があった。

学生個別の記述内容に追従した助言自動生成手法の支援について、GPT-4 を用いた自動評価に基づく学生個別アドバイスの自動生成手法は、自動生成されたアドバイスについて学生が適合性、理解性、実行性をやや感じると一定の評価が得られた。理解性については、学生個別のテーマとタスクを併用するよりもテーマを単独で併用すると評価が高いという結果が得られた。ただし、今後の課題として、自動生成されたアドバイスを読んだ学生が、実際に記述内容を改善するかどうか、そして、改善することで学習方略の利用や調整を促すことができたかどうかを検証する必要がある。

論文審査結果の要旨

本研究では、デザイン教育における学生の主体的な学習活動を自動的に支援する方法の確立を目指している。そのために、学生個別の学習状況に基づいて、自己調整学習における学習方略の利用と調整のアドバイスを自動的に提示する方法を提案している。定量的な分析に基づく従来手法では定型文によるアドバイスしかできず、学生個別の状況に対応できていなかった。そこで大規模言語モデルを用い、学生個別の状況に応じたアドバイスを生成できるようにした点が、本研究の貢献と見なすことができる。

自己調整学習では、学生が効率よく主体的に学習を進めていくためには、3つのプロセス（予見：具体的な学習計画立案、遂行コントロール：実行中の自己モニタリングと学習方略の適宜調整、自己省察：活動後の振り返り）について、学習方略を改善していく循環を継続的に行うことが求められる。特にデザインの教育では、学生が個別のテーマに取り組む段階になると、主体的に学習活動を進められるスキルを修得していることが重要である。しかし、一部の学生は主体的な学習活動をうまく行えず、支援が必要であることが認識されている。そのため、学習の困難や挫折を防ぐためには、具体的な学習活動への支援が必要である。しかし、教員だけで学生個別のテーマと状況に応じた学習計画や振り返りの支援を行いつつ、個別指導と授業進行を同時に行うことは負担が大きい。そこで、デザインを学ぶ学生の自己調整学習における学習方略の利用や調整を自動的に支援する機構を実現するため、本研究では以下の研究を行った。

- 第3章. 遂行コントロールの支援：定形文による自動的な学習状況の聞き取りとアドバイス
- 第4章. 予見と自己省察の支援：GPT-3を用いた学習計画と振り返りの自動評価
- 第5章. 予見と自己省察の支援：GPT-4を用いた自動評価に基づく学生個別アドバイスの自動生成

第3章では、学習活動中の自己モニタリングと学習方略の利用や調整を促すために、定形文による自動的な学習状況の聞き取りとアドバイスによる支援方法について評価した。実験の結果、学生が目標達成の見込みが低いと回答した場合に限定すると、課題プロセスの経過を把握する学習方略を使用したと自己申告の割合が増加したことがわかり、遂行コントロールの自己モニタリングに対する可能性は示された。

第4章では、学生が記述した学習計画と振り返りの記述内容を自動評価するためにルーブリックを用いたデータでファインチューニングした大規模言語モデルを用いた手法を評価した。実験の結果、教員の手動評価と比較して、記述の具体性評価については順位相関係数+0.815、躓き度評価は順位相関係数+0.876であり、十分に実用に耐える性能と考えられた。

第5章では、学生が記述した学習計画と振り返りの記述内容に加え、テーマやタスク情報、ルーブリックをプロンプトに含め、大規模言語モデルGPT-4を用いた手法を提案した。実験の結果、7件法評価における平均が適合性5.27、理解性5.16、実行性5.0であり、5= ややそう思うという評価が得られた。ただし、理解性は、テーマを単独で用いた場合に有意に高いという結果が示された（+0.24, $p=0.008<0.05$ ）。

実験結果から、本研究では以下の知見を示している。

- 遂行コントロール：自己モニタリングの支援について、定形文による自動的な学習状況の聞き取りとアドバイスは、一定条件の下で可能性を示した。
- 予見：目標の設定と方略の計画の支援について、自動評価は、十分に実用に耐える性能を示し、自動生成したアドバイスは可能性を示したが、改善の余地がある。
- 自己省察：自己評価と原因帰属の支援について、自動評価は、十分に実用に耐える性能を示し、自動生成したアドバイスの可能性を示したが、改善の余地がある。

なお、自動生成されたアドバイスは、学生が適合性、理解性、実行性をやや感じると評価した結果に留まるため、今後さらなる手法の改善が期待される。