

モンサクン Learning by Teaching における知識構築を指向した学習機能改善

Enhancing the Learning Process to Scaffold Knowledge Building in
MONSAKUN Learning by Teaching後藤 優騎^{*1}, 山元 翔^{*2}Yuki GOTO^{*1}, Sho YAMAMOTO^{*2}^{*1}近畿大学理工学部情報学科^{*1} Department of Informatics, Faculty of Science and Technology, Kindai University^{*2}近畿大学情報学部／情報学研究所^{*2} Faculty of Informatics / Cyber Informatics Research Institute, Kindai University

Email: 2110370100c@kindai.ac.jp

あらまし：Learning by Teaching は学習者が他者に教えることによる学習であり，他者がコンピュータで実現される Teachable Agent によるシステムに様々なものが提案されている．一方で，学習者の学習プロセスは知識構築と知識伝達に分類され，自分の知識を振り返り再構築する知識構築の方が重要であるものの，多くの Teachable Agent は知識伝達に陥りがちであるとの指摘がある．先行研究で開発している作問学習に基づく Learning by Teaching を実現する「モンサクン Learning by Teaching」においても同様であったため，本研究では，演習プロセスを見直し，知識構築に必要な機能の見直しを図った．また，この機能追加に関する学習結果の改善についても報告する．

キーワード：Learning by Teaching, 作問, 知識構築, 知識伝達, モンサクン

1. はじめに

教えることによる学習 (Learning by Teaching. 以下, LbT) は, 学習者が他者に教えることで, 自らの理解を深める学習法であり, 自己説明と関連してその有用性が示されている⁽¹⁾. また, 教える相手を実際の人間ではなくコンピュータで実現した Teachable Agent (TA) による Learning by Teaching も多く開発されており, その効果が示されている⁽²⁾. LbT は学習者が相手役となる学習者を教授することになるが, このタイプには, 知識伝達と知識構築の2つがあるとされている⁽²⁾. そして, LbT においてはしばしば知識伝達に偏ってしまい, 知識構築が促されないことが指摘されている.

本研究では, 算数文章題の作問学習を対象とした「モンサクン Learning by Teaching (LbT)」を開発しているが, 先行研究において, 学習者に有用性は認められつつも, 学習効果は見られなかった⁽³⁾. この原因として, 演習プロセスが知識構築を指向するようになっていなかったのではと考え, 本研究ではモンサクンのモデルに基づく演習の分析と, 知識構築のための学習機能の追加を行い, 学習効果を検証する.

2. 知識構築を促す機能の設計・開発

2.1 知識構築と Learning by Teaching

知識伝達とは「深い推論や熟考をほとんど行わない情報の提供」, 知識構築は「自分の知識と理解をメタ認知的に監視し, 推論と推論によって新しいアイデアを生み出すプロセス」とされている⁽²⁾. つまり, 知識伝達に始終してしまうと, 学習者は既存知識を伝えるのみで, 自身の知識を俯瞰したり, 拡張したりという行動が促進されないため, 学習効果が得られない.

著名な Learning by Teaching に関するシステムとして SimStudent が提案されている. SimStudent は, 線形代数の方程式の問題解決を対象としており, 学習者の知識伝達を機械学習により検出し, 知識構築を促すような質問を生成するという試みがなされている⁽⁴⁾. 一方, 先行研究であるモンサクン LbT は算数文章題の作問を対象としているが, SimStudent とは異なる知識構造に基づき, 学習者がどの程度理解すべき制約を考慮して作問しているかを推定して, TA の振る舞いを決めている. よって SimStudent とは異なるシステム設計が必要になると考えた.

2.2 演習の分析と知識構築のための機能の実装

モンサクン LbT は三文構成モデルに基づいて, 学習者の TA に対する指導や, その結果の TA の状態更新を行なっている. 図1がシステムの UI であり, TA は課題に対してカードを1枚, 取捨選択, 並び替えることで作問を行なっていく. 学習者は TA がカードを1枚移動するごとに, その振る舞いが適当かを判断し, 誤っているようであれば, TA に何が誤りか, カード中の要素を理由として指摘する (例えばオブジェクトが誤っているなど). この誤りの指摘により, TA は学習者が理解すべき制約をどの程度考慮しているかを更新し, 振る舞いを変更する.

この演習は学習者が理解すべき制約を指摘できるようにしているため, 演習として問題ないかと考えられたが, (a) 学習者がそもそも必要な制約についての知識を持たないのであれば, 誤りを指摘できず, 通常モンサクンと同様に作問の診断結果によってのみしか把握できない, (b) 各レベルの演習を終えれば LbT の活動が終了となるため, 学習者が知識を習得する前に演習を終えることができる, という問

題があった。

以上のことから、(a)に対しては学習者が TA に教える際に制約を確認できる参考書、(b)に対しては TA がテストを受けることで学習者の代わりに理解度を確認する機能を追加した。(a)は算数文章題の構造を平易に説明したものであり、学習者はこれを具体的な問題に適用していくため、単なる答えにはなり得ない。また、(b)はシステムが保持している学習者の各制約の考慮度に基づいて TA が自動で作問をレベル1つ分行くものであり、適切な教授がなされていなければ、不合格となる（現在は6割以上で合格としている）。



図1 システムのUI

3. 試験的検証

3.1 内容

実験参加者は理工系の大学生 12 名である。手順は、事前作問説明テスト、システム演習とアンケート、事後作問説明テスト、事後アンケートの順番である。システムの演習では、レベル1-3の課題に対して TA へ教授を行い、その後 TA の確認テストを実施してもらった。なお、TA が合格しなかった場合、再度演習を繰り返すかどうかは実験参加者に委ねた。また、作問説明テストは、学習者に作問課題を提示し、解決のためには何を考慮する必要があるかを記述してもらうテストである。アンケートは「算数文章題の理解を深めることができたか」「仮想エージェントに教えているという実感を持てたか」「システムは算数文章題を学習するのに効果的だと感じたか」を7件法で確認している。

3.2 結果と考察

作問説明テストの結果を表1に示す。作問説明テストでは、学習者が5つの制約に言及すれば1点を加点している。よって最大5点である。統計解析の結果、モンサクンの経験がある群以外では有意差が認められたため、先行研究に知識構築の仕組みを導入することで、学習者が制約についての理解を深められる可能性が示唆された。値としても、当初ほとんど回答できなかったものが、2, 3の制約を回答できるようになっている。なお、スコア自体は高くはないのは、演習の時間を長く確保したわけではないことが理由として考えられる。

次にアンケートの結果を図3に示す。いずれも肯定意見が多くを占めているものの、一部否定意見も目立つため、演習時間やエージェントの振る舞いの設計に関しては課題が残る。

また、課題として今回学習者の制約の考慮を更新するために用いた式は学習者が制約を考慮しているかどうかを1/0で出力するが、一度1か0に近い値に触れてしまうと、なかなか他方に移動しないという問題点があった。そのこともあり、TAは一度で確認テストを終えてしまい、エージェントに教えているという実感などを得られなかった実験参加者も多くいたのではないかと考えている。

表1 作問説明テストの結果

	事前	事後	p 値
全体	0.63	2.24	***
参考書利用	0.53	2.28	**
モンサクン経験あり	0.7	3.3	*
モンサクン経験なし	0.62	1.90	**

* $p < .1$, ** $p < .05$, *** $p < .01$

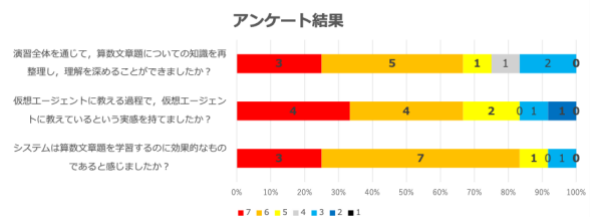


図3 アンケート結果

4. まとめ

本研究では、先行研究であるモンサクン LbT に知識構築の機能を実装するため、学習プロセスの分析や実際の機能追加を行い、学習者が不足している制約を理解するための演習の改善を行った。

結果として改善は見られたものの、TA の状態の更新や振る舞いには課題が残ったため、今後取り組む予定である。

参考文献

- (1) 小林敬一: “他の学習者に教えることによる学習はなぜ効果的なのか?”, 教育心理学研究, Vol.68, No.4, pp.404-414 (2020)
- (2) Shahriar, T., and Matsuda, N.: “What and How You Explain Matters: Inquisitive Teachable Agent Scaffolds Knowledge-Building for Tutor Learning”, Artificial Intelligence in Education: 24th International Conference, AIED 2023, pp.126-138 (2023)
- (3) Roscoe, R., and Chi, M.: “Understanding tutor learning: Knowledge-building and knowledge-telling in peer tutors’ explanations and questions”, Review of Educational Research, No. 77, pp.534-574 (2007)
- (4) 松野裕也, 山元翔, 田中一基: “算数文章題の作問学習における Learning by Teaching の設計・開発”, 人工知能学会, 第96回先進的学習科学と工学研究会, pp.18-23 (2022)