

算数文章題の作問学習における内省の誘起を目的とした 解法実演機能の設計・開発

Design and Development of a Solution Demonstration Function to Induce Reflective Observation in Learning by Problem-Posing of Story Problems

松田 大樹^{*1}, 林 雄介^{*2}, 平嶋 宗^{*2}

Hiroki MATSUDA^{*1}, Yusuke HAYASHI^{*2}, Tsukasa HIRASHIMA^{*2}

^{*1} 広島大学情報科学部

^{*1}School of Informatics and Data Science, Hiroshima University

^{*2} 広島大学大学院先進理工系科学研究科

^{*2}Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

Email: b196677@hiroshima-u.ac.jp

あらまし：算数文章題の作問学習支援システム「モンサクン」では、正解するまで作問を繰り返す中で学習者に内省を促し、算数文章題の構造の理解を深めることを目的としている。本研究では、モンサクンでの内省の誘起を高めるために、学習者が作成した問題の構造的性質と要求された構造的性質とのギャップを示すことを目的として、学習者の作成した問題の解法をシステムが構造的性質に基づいて段階的に実演する機能を設計・開発する。

キーワード：作問学習，算数文章題，モンサクン，内省，誤り可視化

1. はじめに

問題を解くのではなく作ることで学習する作問学習は、問題に対する理解を深める学習方法として有効性が確認されている⁽¹⁾。

本研究では、作問学習を支援するシステム「モンサクン」において、学習者が作成した問題が持つ構造的性質と、要求された構造的性質とのギャップを可視化することを目的とした機能を提案する。

2. 単文統合型作問

単文統合型作問とは、三文構成モデルに基づいて、1つの数量を表す文章（単文）を3つ組み合わせることで算数文章題を作成する作問方法のことである⁽²⁾。三文構成モデルとは、1回の四則演算で解ける算数文章題は、ある量の存在を表す単文（存在文）が2つと、量と量の関係を表す単文（関係文）が1つの計3つの単文によって構成されると定めたものである⁽³⁾。

3. 作問学習支援システム「モンサクン」

3.1 モンサクンのシステム概要

モンサクンとは、単文統合型作問学習を支援するシステムのことであり⁽⁴⁾。モンサクンのインターフェイスを図1に示す。モンサクンでは、システムから作問課題における制約条件として「計算式（求答式）」と「物語」の2つなどが与えられる。それらの制約条件を満たす問題を作るために、システムが与えた単文カードの中から作問に必要な3つの単文カードを取捨選択して、それらを組み合わせることで作問を行う。

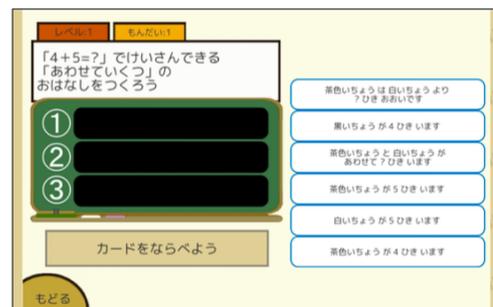


図1 モンサクンのインターフェイス

作問後は、学習者が作った問題をシステムが自動診断して、診断後に診断結果に基づくフィードバックをシステムが自動で返す。モンサクンにおける自動診断では、三文構成モデルに基づく制約条件である「文構成」「オブジェクト」「数量」の3つ、ならびに作問課題に基づく制約条件である「計算式」「物語」の2つの計5つの制約条件それぞれに違反していないかを確認することで正誤判定している。

3.2 モンサクンにおける内省

モンサクンでは、個々の作問課題において正解するまで作問を繰り返すことで学習者に内省を促し、算数文章題に対する深い理解を促すことを期待している。ここでいう内省とは、作問に正解した場合はなぜ正解したのか、作問を誤った場合はなぜ誤ったのかについて学習者が振り返ることである。しかし、内省は学習者自身が自分の思考を振り返られることや、客観的な視点を持つことなどが求められるため実行するのが難しい。

4. 構造的性質に基づく解法実演機能

4.1 解法実演機能の設計

本研究では、学習者の内省を誘起するために、学習者の作成した問題の解法をシステムが実演する機能（以下、「解法実演機能」とする）を提案する。これは学習者の作成した問題の構造的性質と作問課題として要求された構造的性質とのギャップを可視化することを目的としている。ここでの構造的性質とは、問題を構成する文の組み合わせによって構成される物語の種類と登場オブジェクトと数量、数量関係のことを指す。

解法実演機能は、内省のためのモデルプロセスを提示するものとして設計されている。Lin は内省を支援する方法として、プロセスの提示、プロセスの促し、モデルプロセスの提示、社会的な対話の4つを挙げている⁽⁵⁾。本研究で利用するモデルプロセスの提示は、理想的な活動を学習者に提示するものである。これはその活動を見せるだけでなくその活動の理由を説明することで、その活動の理解を構築することを目指している。

内省を誘起するためには、学習者が主体的に内省する状況を作ることが必要であり、作問誤りをした学習者が自身の作問誤りに気づけるようにすることが重要である⁽⁶⁾。モンサクンでは、正誤フィードバックによって学習者は正誤を知ることができるが、適切に修正するためには学習者の作成した問題が持つ構造的性質と作問課題として要求された構造的性質とのギャップを認識することが必要である。解法実演機能は、構造的性質を意識した算数文章題の解法プロセスを示すことで、学習者に自分の答えが適当ではないということに気づかせるのと同時に、そのためのプロセスを学習者に伝えることを目的としている。

4.2 解法実演機能の解法実演の流れ

解法実演機能では、まずは作問されたものが問題として成立しているかの確認をし、その後作問課題における要求に関する制約条件の確認をする。そして、作問誤りの場合は、学習者の作成した問題が持つ構造的性質と要求された構造的性質とを比較して、どの部分にギャップがあるかを具体的に説明するフィードバックを返す。

問題として成立しているかの確認では、「文構成」「オブジェクト」「数量」についての制約条件を順番に確認する。三文構成モデルでは、関係文によって数量関係が表され、算数文章題は一つの数量関係を持つものと定義している。そのため、まずは「文構成」で関係文を1つだけ持つかを確認する。もし複数ある場合は、図2に示すように、学習者が作成した算数文章題から複数の矛盾する数量関係が表れ、それを具体的に示すことで学習者にギャップが提示される。逆に一つの関係文から一つの数量関係を示すことができれば、それと「オブジェクト」「数量」

を照合することで数量関係とのギャップを確認する手段を説明する。

作問課題における要求に関する制約条件の確認では、学習者の作成した問題の物語種類および数量関係から導ける式を、要求された物語種類および式と同時に示す。そして、それらが異なっている場合にはその違いがギャップであることを説明する。

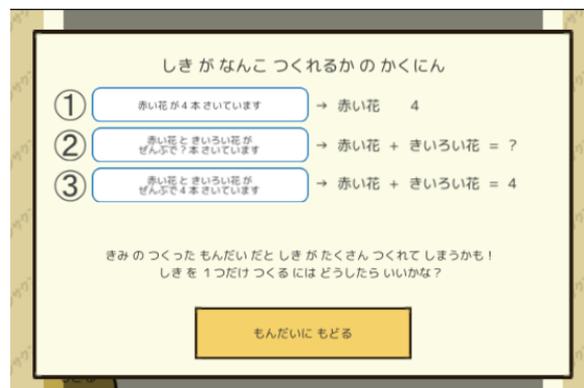


図2 文構成制約の確認例

5. まとめ

本研究では、モンサクンにおける内省誘起のために、学習者の作成した問題と要求された問題の構造的性質におけるギャップを可視化する目的で、学習者の作成した問題の解法をシステムが構造的性質に基づいて段階的に実演する機能の設計・開発を行った。今後の課題としては、解法実演機能の改良、有効性を確かめるための実証実験などがあげられる。

参考文献

- (1) 中野明, 平嶋宗, 竹内章: “「問題を作ることによる学習」の知的支援環境”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J83-D1, No. 6, pp. 539-549 (2000)
- (2) 横山琢郎, 平嶋宗, 岡本真彦, 竹内章: “単文統合による作問を対象とした学習支援システムの長期的利用とその効果”, 日本教育工学会論文誌, 第30巻, 第4号, pp.333-341 (2007)
- (3) 平嶋宗, 林雄介: “問題作りによる学習を指向した算数文章題の三文構成モデル”, 第28回人工知能学会全国大会論文集, pp. 1B4OS12a3 (2014)
- (4) 山本翔, 神戸健寛, 吉田裕太, 前田一誠, 平嶋宗: “教室授業との融合を目的とした単文統合型作問学習支援システムモンサクン Touch の開発と実践利用”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J96-D, No. 10, pp. 2440-2451 (2013)
- (5) Lin X., Hmelo C., Kinzer K. C. and Secules T.J.: “Designing technology to support reflection”. Educational Technology Research and Development, Vol.47, No.3, pp.43-62 (1999)
- (6) 柏原昭博: “学習支援システム研究における学びのモデルデザイン”, 人工知能学会, Vol.35, No. 2, pp. 201-207 (2020)
- (7) 平嶋宗, 堀口知也: “「誤りからの学習」を指向した誤り可視化の試み”, 教育システム情報学会誌, Vol.21, No.3, pp.178-186 (2004)