

## 算数文章題の作問学習における段階的演習システムの設計・開発

## Design and development of a step-by-step exercise system for question learning of arithmetic word problems

嶋川 晋<sup>\*1</sup>, 岩井 健吾<sup>\*2</sup>, 林雄 介<sup>\*2</sup>, 平嶋 宗<sup>\*2</sup>Susumu Shimakawa<sup>\*1</sup>, Kengo Iwai<sup>\*2</sup>, Yusuke Hayashi<sup>\*2</sup>, Tsukasa Hirashima<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup> 広島大学工学部<sup>\*1</sup> Faculty of Engineering, Hiroshima University<sup>\*2</sup> 広島大学大学院工学研究科<sup>\*2</sup> Graduate School of Engineering, Hiroshima University

Email: shima-s@lel.hiroshima-u.ac.jp

**あらまし**：算数文章題の構造的な理解の促進を指向した単文統合型作問学習システム「モンサクン」は、これまでの実践によってその有効性が確かめられている。算数文章題の成立には5つの制約条件を全て満たすことが必要であり、モンサクンにおける作問課題では5つの制約を全て同時に考えるものがほとんどである。本研究では、その制約を一つずつ学習者が理解できるようにするために段階的な作問演習システムの設計・開発を行った。

**キーワード**：算数文章題， 作問学習， 学習支援システム

## 1. はじめに

問題を解く演習を一般的に問題解決演習と呼ぶのに対し、提示された解法が適用可能な問題を作る学習を作問学習とよぶ<sup>(1)</sup>。作問学習は解法の適用条件を把握することが必要であるため解法の定着を期待できる。一方で、作問は自由度が高いために、教授者によるフィードバックの負担が大きいことから実際の教育現場ではあまり行われていないのが現状である<sup>(1)</sup>。

この問題を解決するものとして、三文構成モデルに基づく単文統合による作問によりフィードバックを自動化した作問学習システム「モンサクン」がある<sup>(2)</sup>。三文構成モデルでは算数文章題の成立条件を5つの観点で定義しており<sup>(4)</sup>、学習者が与えられた単文で各観点の制約を満たす組み合わせを考えることによって算数文章題を構造的に理解することを期待している。モンサクンの学習効果は、これまでの実践で学習者の問題解決及び問題作成の能力が向上することによって示されている<sup>(3)</sup>。

本研究では、従来のモンサクンは5つの制約をほぼ全て考えさせる作問課題のみであるのに対して、算数文章題を成立させる5つの制約を1つから徐々に増やしていき段階的に学習できるシステムの設計・開発を行う。

## 2. 算数文章題の理解

算数文章題を解くということは、与えられた文章を理解して数量関係を把握し、それを数式に表して解を求めることである。問題文中の数量関係を記述するモデルとして三文構成モデルが提案されている。

三文構成モデルでは二項演算の算数文章題は2つの存在文と、1つの関係文の合計3つの単文で構成される。そして三文構成モデルは算数文章題の成立

に必要な「オブジェクト」「計算式」「数量」「物語」「構造」という5つの観点を定義している。この5つの観点にはそれぞれに満たすべき制約があり、モンサクンでは作問活動を通じてこれらの観点到に注目させることを目指している。

## 3. 段階的な作問課題の定義と構造の設計

学習者が考える制約を徐々に増やしていく段階的作問演習を実現するためには、作問課題を比較して差分を抽出できる必要がある。そして、その差分が最小になるように作問課題を遷移していくこととして段階的な作問演習を定義する提案する。

先行研究において、考える制約を1~2種類に制限した作問課題が定義されている<sup>(6)</sup>。本研究では、扱う制約の種類と学習者が操作可能な単文の設定の2つのパラメータで作問課題を分類し、パラメータを一つだけ変更する考える制約を1~4種類として拡張した作問課題を定義する。

## 3.1 作問課題の分類

制約には互いに依存している部分もあり、組み合わせが可能なものと不可能なものが存在する。組み合わせ可能な作問課題の種類を図1に示す。制約1種類で2つ、2種類で2つ、3種類で4つ、4種類で3つの組み合わせが可能となる。

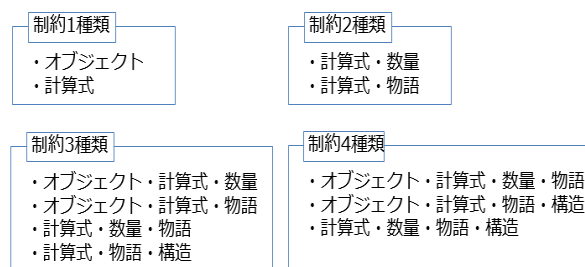


図1 設計可能な作問課題

また、同じ制約種類を扱う作問課題でも、学習者が操作可能な単文の設定によって、学習者が思考可能な単文の組み合わせが異なる。図2に操作可能な単文の設定例を示す。作問課題開始時に予め正解の単文カード2枚を固定しておき、残りの正解のカードとダミーカードのオブジェクト以外の要素を同じにすることでオブジェクトだけを考える問題としている。

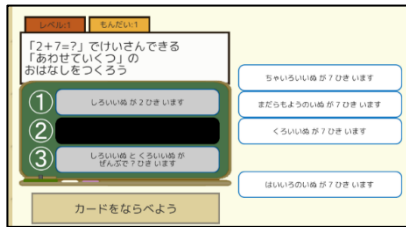


図2 オブジェクトのみを考える作問課題

### 3.2 作問課題の順序構造

段階的な作問演習を行うためには作問課題の順序構造が必要となる。本研究では、作問課題間の差分が最小となるように作問課題を関連づけることによって順序構造を定義する。

設計した順序構造を図3に示す。線が繋がっている問題間において、扱う制約の種類もしくは学習者が操作可能な単文の設定のどちらかだけが異なっている。この関係を定義することによって、ある作問課題から他の作問課題に移る時に、その変化を最小にしたものを提供することが可能になる。

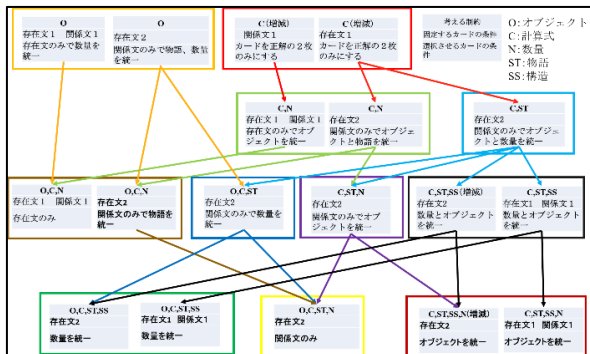


図3 設計した作問課題の構造

### 4. システムの設計・開発

図3の順序構造に沿って制約を段階的に学習する作問演習を行えるようにするため、モンサクンにおける作問課題の提供順序を制御する機能を追加した。図4に学習者が作問課題の種類を選択する画面の一部を示す。学習者が最初に選択できる作問課題はオブジェクトもしくは計算式のみで制約を一つだけ考える作問課題となっている。そして、そのどちらかで用意された作問課題を全てクリアすると、制約を一つ追加した作問課題に挑戦できるようになっている。例えば、「計算式 その1」の作問課題を全てクリアした場合は、「数量」を追加した「計算式・数量 その1」の問題を選択できるようになる。このように遷移できる問題を限定することで、学習者が考える制約の種類や操作可能な単文の設定を最小限の範囲

にしながら学習できるシステムとなっている。

実際の作問課題については図2と同様の形式となっており、学習者が問題を作成した際には図5のように正誤のフィードバックを返すのに加えて、作られた問題が満たしていない制約を示す。このことで、学習者が制約について意識しながら問題を解き直すことが考えられる。

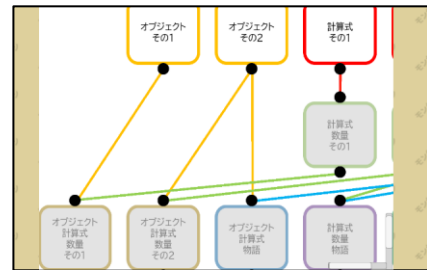


図4 システムの問題選択画面の一部

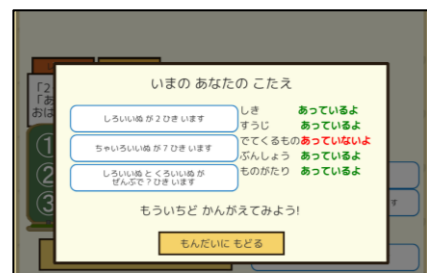


図5 問題のフィードバック

### 5. まとめと今後の課題

本研究では、算数文章題の構造的理解の促進を目的として、段階的な作問演習を行えるシステムの設計・開発を行った。今後の課題としては、開発したシステムを教育現場で実践的な利用を行い、有効性を確認することが挙げられる。

#### 参考文献

- (1) 山元翔, 神戸健寛, 吉田祐太, 前田一誠, 平嶋宗, “算数の文章題を対象とした問題構造の教授とその確認としての作問”, JSiSE2012 第37回教育システム情報学会全国大会, C5, 2012
- (2) 平嶋宗, “作問学習のモデル化”, 2009年度 工知能学会全国大会 (第23回), 2009
- (3) 山本翔, 神戸健寛, 吉田祐太, 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)
- (4) Hirashima, T., Hayashi, Y., Yamamoto, S., : Triplet Structure Model of Arithmetical Word Problems for Learning by Problem-Posing, Proc. Of HCII2014 (LNCS8522), pp.42-50 (2014)
- (5) 神戸健寛, 山元翔, 吉田祐太, 林雄介, 平嶋宗, “単文統合型作問学習支援システムの利用効果の問題構造把握の観点からの評価”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J98-D, No.1, pp.153-162 (2015)
- (6) 高路地優, 岩井健吾, 林雄介, 平嶋宗: “三文構成モデルに基づく段階的な作問課題系列の設計・開発と実践”, 教育システム情報学会 2017年度学生研究発表会(2018)