

## 和差の算数文章題を対象とした作問課題分析ツールの設計・開発

## Design and Development of Problem Posing Assignment Analyzer of Addition/Subtraction Arithmetic Word Problem

岩井 健吾<sup>\*1</sup>, 林 雄介<sup>\*1</sup>, 松本慎平<sup>\*2</sup>, 平嶋 宗<sup>\*1</sup>Kengo IWAI<sup>\*1</sup>, Yusuke HAYASHI<sup>\*1</sup>, Shimpei MATSUMOTO<sup>\*2</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>\*1</sup><sup>\*1</sup>広島大学大学院工学研究<sup>\*1</sup>Graduate School of Engineering, Hiroshima University<sup>\*2</sup>広島工業大学情報学部<sup>\*2</sup>Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology

Email: iwai@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし：和差の算数文章題の作問を対象とした知的学習支援システム「モンサクン」が設計・開発されており、その有効性は実践利用において既に確認されている。この作問課題を設計する際、課題の内容を分析し、学習者に出題する課題を選定することが学習を促進する上で重要となっている。しかしながら、この作問課題を分析する作業は教授者にとって容易ではない。そこで、本研究では作問課題分析ツールの設計・開発とその評価を実施した。

キーワード：知的学習支援, 作問学習, 算数文章題, 作問課題分析ツール

## 1. はじめに

学習における理解は手続き的理解と関係的理解の二つに大別され、手続き的理解よりも関係的理解の方が重要とされている<sup>(1)</sup>。この関係的理解を促進する方法の一つとして作問学習がある。しかしながら、この作問学習は、学習者が作成した問題の診断が困難なため、教育現場で十分に普及していない状況にある<sup>(2)</sup>。これに対して、先行研究において算数文章題の作問を対象とした知的学習支援システム「モンサクン」が設計・開発されており、計算機上での問題の診断およびフィードバックを実現したものとなっている<sup>(3)</sup>。また、継続的な実践利用においてその有効性も既に確認されている。

このモンサクンの作問課題を設計する際、作問課題の分析は学習を促進するために重要である。モンサクンの作問課題では、作るべき問題の条件が指定され、その条件を満たすように与えられた単文カードセットを用いて問題を組み立てる。この与えられた単文カードセットには正解となる問題を組み立てるために必要な正解カードの他に誤りを引き起こすための余分なダミーカードが含まれるため、学習者はダミーカードから構成される組み合わせを誤りと判断することが求められる。また、ダミーカードの種類によって生じる誤りは異なることから、どのようなダミーカードを用意するかによって学習者が考慮すべきことは変わるという性質がある。そのため、この分析は学習を促進する上で重要となっている。しかしながら、この単文カードセットの分析は、単文カードの組み合わせ数が膨大となり（六枚の場合120通り）、各組み合わせの統合的な意味を個別に解釈する必要があるため（一枚のダミーカードだけでは誤りと特定できない）、教授者にとって負荷が高い作業となっている。そこで、本研究では作問課題分析ツールの設計・開発を行い、その評価を実施した。

## 2. 作問課題分析ツールの設計・開発

## 2.1 モンサクン

モンサクンでは、作るべき問題の物語種類と数式の条件（問題制約）を満たすように与えられた単文カードセットから必要な単文を選択し、問題を組み立てる演習形式となっている。図1は、モンサクンの演習画面であり、この例では「9-3」で計算できる「増加問題」を右側に配置された6枚の単文カード使って組み立てるものとなっている。

このモンサクンの作問課題は、問題制約と単文カードセットの二つにより学習者が考慮すべきことが決まるため、これらを分析することは重要である。問題制約に関しては、作問タスクモデルに基づく分類が実施されている<sup>(4)</sup>。そして、この問題制約だけではなく単文カードセットに関しても分析が必要なものとなっている。例えば、逆思考問題の作問の場合、一和二差関係を考慮させる必要があるが<sup>(5)</sup>、単文カードセットの種類によって一和二差関係を考慮させるために必要な誤りが含まれるかどうか異なるため、その誤りの分析が必要となる。さらに、見かけ上は異なるが作問課題に含まれる誤りの種類が同じとなる類題を作る際には、単文カードセットから規定される組み合わせを分析することが必要となる。

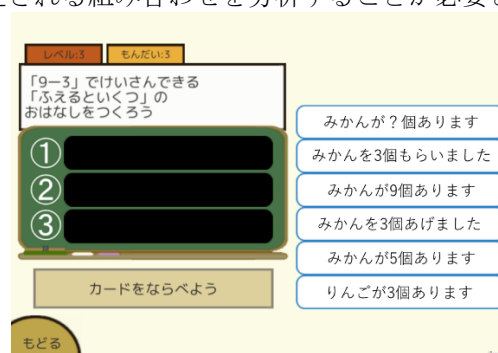


図1 モンサクンの演習画面

## 2.2 作問課題分析ツール

本研究では、モンサクンの作問課題の問題制約と単文カードセットが分析可能な作問課題分析ツールを設計・開発した。問題制約分析機能では、(1) 順思考問題と逆思考問題の分類、(2) 逆思考問題の場合、物語式と求答式の分類、(3) 物語種類の分類を分析することが可能となっている。単文カードセット分析機能では、作問課題に含まれる潜在的な誤りの分布（単文カードセットから作成可能な三つの単文カードの誤った組み合わせ）を分析することができる。つまり、単文カードセット分析機能では、作問課題に潜在的にどのような誤った選択肢が含まれているのかを分析することができ、一和二差関係を考慮させるために必要な誤りを検出することや複数の作問課題の誤りの分布の比較を行うことで類題となっているかどうかを検証することが可能となっている。図2は潜在的な誤りの分布の分析結果の一例である。モンサクンの作問課題では、誤りの種類が13種類存在し、各誤りがどの程度作問課題に含まれているかを確認することが可能となっている。

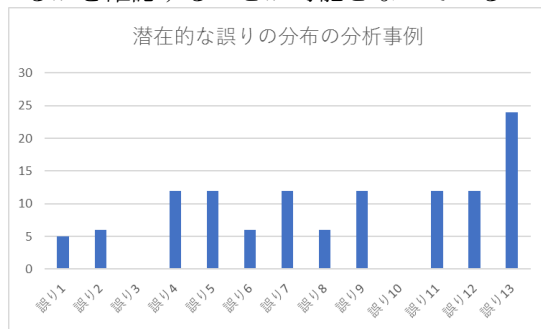


図2 潜在的な誤りの分布の分析事例

## 3. 評価実験

### 3.1 実験概要

評価実験では、作問課題分析ツールの有効性を検証することを目的としている。この検証のために、過去実践利用で用いられた二つの作問課題セット A、B を対象にそれらが教授者の意図通りとなっているかどうかを本作問課題分析ツールで確認を行った。

二つの作問課題セットは、三つのレベルで構成されるものになっており、作問課題セット A は各レベル 12 問で各物語種類が 3 問、B は各レベル 10 問で各物語種類が 2 問で構成されるものであった。また、両方のレベルの分類に関しては作問タスクモデルにおける難易度に基づいて分類することが意図されていた。そのため、この意図通りになっているかどうかを問題制約分析機能により分析した。さらに、作問課題セット A は各レベルの作問課題が同等の難易度となることが意図されており、作問課題セット B は各レベルの物語種類が同じ作問課題は類題のペアとなることが意図されていた。そのため、作問課題セット A に関しては、一和二差関係を考慮させるために必要な誤りを含む場合と含まれない場合で難易

度に変化するため、その誤りが含まれているかどうかを分析した。また、作問課題セット B に関しては類題となるように設計されたペアの誤りの分布が一致するかどうかを分析した。

### 3.2 分析結果

作問課題セット A、B を対象に問題制約の分析を実施した結果、両方の作問課題セットは作問タスクモデルの分類に従っていることが確認できた。

作問課題セット A を対象に単文カードセット分析機能を用いて一和二差関係を考慮させるための誤りに関して分析した結果、10 問中 3 つの課題でその誤りが含まれていることが確認できた。さらに、この作問課題セット A に対応する学習者のシステムログの分析をした結果、この誤りを含まない課題群よりも含む課題群の方が平均誤答回数は有意に多いことを確認できた(含まない群は 4.11 回、含む群は 5.97 回、有意差は  $p=0.000 < p=0.001$  であった)。したがって、この誤りを含む課題は含まない課題よりも難易度が高いといえ、作問課題セット A の設計意図とは反していることが分析ツールによって確認できた。

また、作問課題セット B を対象に単文カードセット分析機能を用いて潜在的な誤りの分布を分析した結果、15 ペア中 3 つのペアが類題とはなっていないことが確認された。このことから、作問課題セット B の意図とは反する作問課題が含まれていたことを確認できた。以上三つの分析結果から、本作問課題分析ツールは課題設計の意図が反映されているかどうかを確認できるものになっていると考えている。

## 4. まとめと今後の課題

本研究では作問課題分析ツールの設計・開発を行い、その評価を実施した結果、その有効性を示唆する結果が得られた。今後の課題としては、今回設計・開発した作問課題分析ツールを基礎とした作問課題の編集・自動生成まで支援可能なオーサリングツールの設計・開発を進めていきたい。

### 参考文献

- (1) R. Skemp: 新しい学習理論にもとづく算数教育-小学校の数学, 平林一榮 (監訳), 新曜社, (1992).
- (2) 平嶋 宗: 作問学習のモデル化, 第 23 回人工知能学会全国大会論文集, pp.1-3, (2009).
- (3) 山元翔, 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) 倉山めぐみ, 平嶋宗: 逆思考型を対象とした算数文章題の作問学習支援システム設計開発と実践的利用, 人工知能学会論文誌, Vol.27, No.2, pp.82-91 (2012).
- (5) 岩井健吾, 合田将治, 林雄介, 平嶋宗(2018): 図的中間表現としての部分全体図を用いた和差の算数文章題演習環境の設計・開発とその試験的評価, 電子情報通信学会論文誌 D, 101, 6, 843-853