

## 算数文章題における量命題間関係組み立て演習の開発と予備的評価

## Recomposition Exercise of Relations between Quantitative Propositions for Advanced Learning of Arithmetic Word Problems and Its Preliminary Evaluation

守山 映見里<sup>\*1</sup>, 尾坂 隆児<sup>\*2</sup>, 清水 拓海<sup>\*2</sup>, 林 雄介<sup>\*2</sup>, 平嶋 宗<sup>\*2</sup>Emiri MORIYAMA<sup>\*1</sup>, Ryuji OSAKA<sup>\*2</sup>, Takumi SHIMIZU<sup>\*2</sup>, Yusuke HAYASHI<sup>\*2</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup>広島大学情報科学部<sup>\*1</sup>Faculty of Informatics and Data Science, Hiroshima University<sup>\*2</sup>広島大学大学院先進理工系科学研究科<sup>\*2</sup>Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University

Email: b191941@hiroshima-u.ac.jp

あらまし: 三量命題モデルの直接的な学びとして, 量命題間関係づけ演習を設計・開発した. 本演習では, 存在量と関係量を操作対象化し, 個々の問題に依存しない多様な量命題間の関係づけを可視的・操作的に行うことができ, さらに課題の遂行を診断・フィードバックできる機能も実現されている. 教員らによる利用実験の結果, 本演習に対する活動が算数文章題の学習活動として認めうること, および教員らにとっても算数文章題の分析に有用性を持つと判断されていることが確認できた.

キーワード: 算数文章題, 存在量, 関係量

## 1. はじめに

1 回の二項演算で解くことができる算数文章題がある数量の存在を表す存在量 2 つと, 2 つの存在量を関係づける量である関係量 1 つの合計 3 つの量から成り立っていることを表したものを三量命題モデルという<sup>(1)</sup>. これに基づき, 作問学習支援システムの「モンサクン」が開発され, 算数文章題の学習としての有効性がいくつかの実践の利用を通して確認されている<sup>(2, 3)</sup>.

このモンサクンでは, 予め用意された単文のセットから取捨選択と並び替えを行って文章題を組み立てる単文統合型の作問形式を採用している. しかしながら, 問題を作るという課題設定のため単文が操作対象となっており, (1) 存在量と関係量の区別が明示的でない, および (2) 個々の問題を独立に組み立てるため量命題間の多様な関係を明示的には取り扱っていない, といった課題があり, 三量命題モデルの理解を目的とした場合には改善の余地があった.

そこで本研究では, 存在量と関係量を操作対象化し, 個々の問題に依存しない多様な量命題間の関係づけを可視的・操作的に行う演習を実現し, さらに課題の遂行を診断・フィードバックできる機能も実現した. 本演習を教員および教職大学院生に利用していただき, 利用ログとアンケート結果の分析から, 本演習に対する活動が算数文章題の学習活動として認めうること, および教員にとっても算数文章題の分析に有用性を持つと判断されていること, および, 教員にとってもこれらの関係づけが自明のものとはなっていないことを示唆する結果を得た.

## 2. 三量命題モデル

三量命題モデルでは, ある存在量が様々な他の量

との組み合わせで加減乗除の演算を生じさせることを示している. 図 1 は, 「リンゴが 6 個」という存在量を他の量と組み合わせることで生じる加減乗除の一部である. 本演習は, これらの量命題間の多様な関係を可視化・操作対象化するものとなっている.

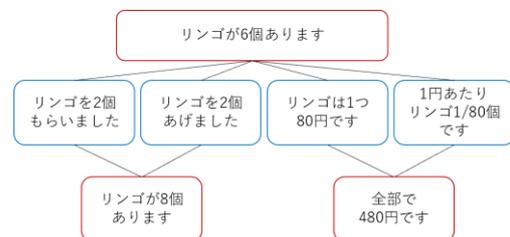


図 1 量命題間の多様な関係の例

## 3. システム概要

本システムのインターフェースを図 2 に示す. 画面左側に量命題を 1 つずつ記したノードのセットを用意している. ノードは関係量命題を青い長方形で, 存在量命題を赤い楕円形で表現している. 画面右側には黒い四角で量を抽象化する量カテゴリを 6 つ配置している. 量カテゴリには「金額」や「個数」など, 存在量を抽象化した命題を記している. ここに適切な存在量のノードをドラッグして当てはめ, 存在量の抽象化を行う. そのあと上下の量カテゴリに配置した存在量のノードを関係量のノードと線で結ぶことで, 2 つの存在量を 1 つの関係量が関係づけていることを可視化し, 三量命題モデルを外在化している.

「答え合わせをする」をクリックすると, システムが学習者の組み立てを診断し, 間違っている部分を指摘し, 修正を促す. 学習者はすべての組み立て

が正解するまで試行を繰り返すことが求められる。なお、本演習では全9問用意しており、図2は本演習で用意した最も複雑な課題である。最も単純な課題は3つの量命題のうち空欄化した部分に適切な量命題を配置する穴埋め課題である。



図2 本システムの画面インターフェース

#### 4. 予備的評価

本研究では、本システムが算数の学習に有用であるか、またそれが教育現場に受け入れられるかを調査するため、教職大学院生（現職教諭である社会人院生も含む）13名に利用していただいた。冒頭で本システムの趣旨と操作方法を説明し（5分）、20分程度自由に利用してもらった。

##### 4.1 ログ分析

平均23分演習に取り組み、4.6問を完答していた。最初の単純な組み立て問題の場合は正解するまでの診断数が少なく（つまり間違いが少ない）、問題が複雑になるとより多くの診断が必要となった。これは、本組み立て課題は参加者にとって必ずしも簡単ではなかったことと、その簡単でなかった理由はシステム操作というよりも課題の複雑さに起因していることを示唆している。

##### 4.2 アンケート分析

(1)「算数学習に役立つ活動であったか」については、13名中11名が肯定と判断した。(2)「授業で使える」かについては、10名が肯定判断であった。

(3)「同様な活動が行われているか」については、本研究としては否定を予想していたが、半数以上の8名が非否定であった。存在量と関係量の多様な関係づけの重要性は研究レベルでは指摘されているが、具体的な実践報告はほとんど見当たらず、本演習のように可視的・操作的な活動を診断・フィードバックを伴って実現している例は存在しない。したがって、この回答結果は、教員が三量命題モデルの重要性を認識しており、一部を授業に取り入れていることを示すと推定している。(4)「アプリなしで授業ができるか」についても、本研究としては否定を予想していたが、9名が非否定であった。これは、(3)と同様に一部を授業に取り入れていることと、本アプリの内容を黒板を用いた通常の授業形態においても実施可能であると教員が判断した結果と推定して

いる。先行研究のモンサクンの実践においても、モンサクンの考え方に沿った単文の組み立てによる作問の仕組みを教員が黒板において教え、その後に演習としてのモンサクンを個々の学習者が利用する形態をとっていた。このことは、教員によるアプリなしの授業実施の可能性と、演習も含めた場合のアプリの必要性は対立しないことを示している。(5)「児童に取り組みさせることが有用である」ことは9名が肯定判断しており、また、(6)「授業で使ってみようか」には10名から肯定の判断が得られた。さらに、

(7)「教材分析になるか」の問いに対しては、10名から肯定の判断が得られた。(7)については、本教材の利用中、内容に関して教員同士が意見交換する光景がしばしばみられており、教材分析の手段としても可能性を裏付けている。(8)「三量命題モデルの重要性」については、13名全員が肯定していることから、文章題を3つの量で捉えることの重要性を強く認識しているといえ、(9)「2つの存在量間に2つの関係量があること」も13名全員が肯定している。(10)の「改良の余地」に関しては10名が改良の余地があると判断しており、現時点では、システムとしての完成度が必ずしも高くはないと判断されていたといえる。

上記のアンケート結果は(3)、(4)にあるように、全面的に本アプリの新規性や必要性を肯定するものとはならなかったが、それぞれ本アプリの価値を損ねるものではないとの解釈が可能である。他の項目は、多くの教員らが本アプリを利用価値のあるものとして受け入れていることを示している。本研究が存在量と関係量の操作対象化を行い、診断・フィードバック機能を実現した最初の例であり、参加者にとって初見の活動であったことから、以上の結果は本システムをさらに改良し、実践利用に進むうえでの十分な評価結果になっていると判断している。

#### 5. 今後の課題

今後の課題としては、学習効果の確認のための対象学年の検討と実践の利用で収集する学習者のデータの分析とその評価が挙げられる。さらに、システム中に使用する言葉を対象学年に合わせて更なる検討を重ねることや問題数の追加、ユーザビリティの改善も必要である。

##### 参考文献

- (1) 平嶋宗: “思考の外在的行為化の場としての仮想空間-学習支援の立場から-”, 人工知能, 36(4), 476-479 (2021)
- (2) 平嶋宗: “作問学習に対する知的支援の試みと実践-組立としての作問および診断・フィードバック機能の実現-”, 科学教育研究, 43(2), 61-73 (2019)
- (3) 平嶋宗, 前田一誠, 岩井健吾, 山元翔, 松本慎平, 林雄介: “量命題を部品とした算数単位文章題組立作問学習ソフト「モンサクン」の小学校全学年での試験的利用”, 教育システム情報学会誌, 39(3), 357-367 (2022)
- (4) 磯田貴道: “学習意欲や動機づけに関する概念の整理に向けて”, 広島大学外国語教育研究センター (2005)