

## 数量の役割に注目して算数物語構造を学習する 連鎖的物語作成学習ゲームの設計・開発

### Design and development of a chain narrative creation learning game that focuses on the role of quantity in learning math narrative structure

森田 響<sup>\*1</sup>, 林 雄介<sup>\*2</sup>, 山本 凖人<sup>\*2</sup>, 平嶋 宗<sup>\*2</sup>

Hibiki MORITA<sup>\*1</sup>, Yusuke HAYASHI<sup>\*2</sup>, Nagito YAMAMOTO<sup>\*2</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>広島大学情報科学部

<sup>\*1</sup>School 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: b203506@hiroshima-u.ac.jp

**あらまし**：算数文章題の問題文で表される状況（現実世界の近似）と数式（数学の世界の表現）の関係性を理解することは重要であるが、学習環境によっては、自由度が高くなるために学習者の認知的負担が大きくなり、状況と数式の関係性を理解することが難しくなる場合がある。そこで、本研究では、様々な状況の想定の中で成立可能な数量関係を数の役割に注目して考えることができる学習環境の構築を目的として、数量の役割に注目して算数物語構造を学習する連鎖的物語作成学習ゲーム「クラフトリン」を提案し、その設計・開発を行った。

**キーワード**：算数物語、関係性理解、オープンな学習環境、Tri-prop-scrabble、数量の役割

#### 1. はじめに

算数数学教育で数学的モデリング<sup>(1)</sup>が重要視されており、数学的モデリングのうちの「現実の世界」と「数学の世界」の関係性を理解する支援を行うために様々な取り組みが行われている。小学校で学習する算数文章題も「現実の世界」の状況をかなり単純化したものであるが、数学的モデリングにつながる取り組みの一つとして考えることができる。また、この観点から算数文章題を見ると、単に解けるだけが学習目標ではなく、問題文で表される状況（現実世界の近似）と数式（数学の世界の表現）の関係性を理解することと位置付けることができ、問題を解くよりも作ること（作問学習）が有効であるとされている。しかし、作問学習は学習者と教師の両方に対して負荷が大きいため、教育現場での実施が難しかった。

本研究では、様々な状況の想定の中で成立可能な数量関係を数の役割に注目して考えることができる学習環境を構築することを目指して、連鎖的物語作成学習ゲーム「クラフトリン」の設計・開発を行っている。

#### 2. 先行研究

算数文章題およびそのベースとなる算数物語の構造を計算機処理可能なものとしてモデル化したものに三数量命題構成モデル<sup>(2)</sup>がある。このモデルは1回の四則演算で解ける算数文章題を3つの数量命題の組み合わせとして表したものであり、その組み合わせを矛盾無く構成することが算数文章題（未知数あり）や算数物語（未知数無し）を作成することであると定義している。

三数量命題構成モデルをベースとして、数量命題を単文として表現したカードを用いて算数文章題や算数物語を作成する学習環境として「モンサクン<sup>(3)</sup>」や「Tri-prop-scrabble<sup>(4)</sup>」が開発されている。モンサクンは、単文カードの量を少なく、作成する算数文章題の条件を提示することで正解を1つに限定したクローズドな作問環境となっている。一方、Tri-prop-scrabbleでは多くの単文カードを用いて、算数物語を連鎖的につなげていくことで想定する状況を増やしながら、その中で成立可能なものを自分で考えて作成していくような、モンサクンよりもオープンな学習環境となっている。

#### 3. クラフトリン

##### 3.1 算数物語・文章題における数の役割

本研究では、Tri-prop-scrabbleのような比較的オープンな学習環境において、自由度が高くなるために学習者の認知的負担が大きくなることに関して、算数物語・文章題の構成要素の一つである数の役割に注目して学習を支援する環境を提案する。ここでの数の役割とは、例えば、増加の算数物語であれば、増加する前の数、増加する分の数、増加した後の数といった数の役割である。「りんごが4こあります。りんごを2こもらいました。りんごが6こあります」という物語であれば、増加する前の数が4、増加する分の数が2、増加した後の数が6となる。これらは4、2、6という数について、物語の文脈の中で与えられる役割であり、増加する前の数+増加する分の数=増加した後の数という数の関係が成り立つ。このように算数物語・文章題というのは、問題文に出てくる数に文脈的な役割を与えられ、その役割が

もつべき数量関係と矛盾しないようになっているものである。このような算数物語・文章題の構成原理を学習者に意識させやすくして、状況と数式を対応づけて考えることができるようにするのが、クラフトリンで目指していることである。

### 3.2 クラフトリンの設計

本研究では、Tri-prop-scrabbleのような比較的オープンな学習環境において、自由度が高くなるために学習者の認知的負担が大きくなり、状況と数式の関係性を理解することが難しくなる課題を解決するために、数量の役割に着目して算数物語構造を学習する連鎖的物語作成学習ゲーム「クラフトリン」を提案する。

この課題を解決する方法として、様々な状況の想定の中で成立可能な数量関係を数の役割に注目して考えることができる学習環境の実現が考えられる。なぜなら、算数物語・文章題における状況と数式の関係性を理解することの難しさの原因として、数の役割が注目できないことあげられるが、そのような学習環境であればこの原因を解消できるからである。

また、数の役割を注目できないのは、数の役割が暗黙的に考えるものであることが理由なので、数の役割に注目させるにはその明示化が必要である。

そこで、算数物語作成に用いる関係文のカードの接続部に具体的な数量の役割が明記され、算数物語作成後に数量の役割に基づくフィードバックを返す連鎖的物語作成学習ゲームを設計・開発することで、数量の役割が明示され、学習者が様々な状況の想定の中で成立可能な数量関係を数の役割に注目して考えることができる学習環境の構築を目指した。

### 3.3 クラフトリンの算数物語作成の流れ

クラフトリンで算数物語を作成した例を図1に示す。クラフトリンで算数物語を作成する手順は、(1)作成する物語の種類を決める、(2)決めた物語に該当する関係文のカードを選ぶ、(3)その関係文に必要な存在文を明記されている役割から考える、(4)作ろうとしている物語の数量関係を考えて存在文を決定する、(5)最後に関係文と存在文を組み合わせる物語を作成する、という手順になっている。そして、作成した算数物語の正誤判定が行われ、数量の役割に注目したフィードバックが与えられる。このように、算数物語を作成していく過程で、様々な状況の想定の中で成立可能な数量関係を数の役割に注目して考えることを学習者に期待している。

クラフトリンで算数物語を作成する際は、関係文のカードの接続部に明記されている役割を基に算数物語を作成しており、これが物語作成の過程で学習者に数の役割に注目させることになっている。

また、クラフトリンのフィードバックは大きく分けて5種類存在する。何を間違えたか、あるいは間違えなかったかによって異なる種類のフィードバ

ックを返すように設計している。どの種類のフィードバックにおいても、図2のフィードバック例のように、算数物語の構成を数量の役割に注目させて考えさせるものになっている。このフィードバックによって、役割を基に作成した算数物語を考え直したり確認したりすることができ、これも物語作成の過程で学習者に数の役割に注目させることに繋がっている。

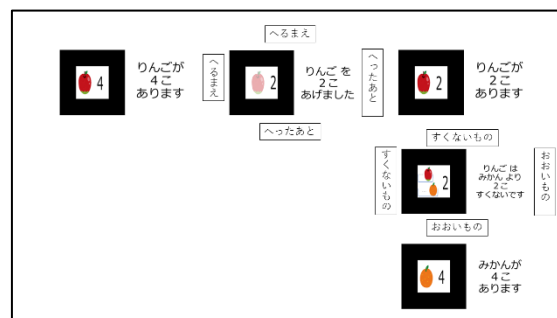


図1 クラフトリンの算数物語作成例

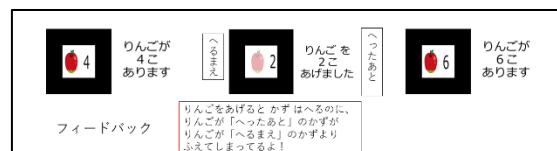


図2 クラフトリンのフィードバック例

## 4. まとめと今後の課題

本研究では、Tri-prop-scrabbleのような比較的オープンな学習環境において、自由度が高くなるために学習者の認知的負担が大きくなり、状況と数式の関係性を理解することが難しくなる課題を解決するために、様々な状況の想定の中で成立可能な数量関係を数の役割に注目して考えることができる学習環境の構築を目的として、数量の役割に注目して算数物語構造を学習する連鎖的物語作成学習ゲーム「クラフトリン」を提案し、その設計・開発を行った。今後の課題としては、システムの改善とその実験的利用などが該当する。

### 参考文献

- (1) 三輪辰郎：“数学教育におけるモデル化についての一考察”，筑波数学教育研究，巻2，p.117-125 (1983)
- (2) 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)
- (3) 山元翔，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 (2015)
- (4) 山口耕平：“状況と数式をつなぐ算数物語構造の学習環境としての拡張現実空間における連鎖的お話しゲームの設計・開発”，広島大学大学院先進理工系科学研究科 (2022)