多様な四則算数文章題の作問活動を実現する Tri-Prop-Scrabble の設計・開発

Design and development of Tri-Prop-Scrabble to realize creating problems for multiple four arithmetic statements

山口 耕平[*1], 岩井 健吾[*2], 林 雄介[*2], 平嶋 宗[*2]
Kohei YAMAGUCHI[*1] ,Kengo IWAI[*2] ,Yusuke HAYASHI[*2] ,Tsukasa HIRASHIMA[*2]
[*1] 広島大学工学部
[*1]Faculty of Engineering, Hiroshima University
[*2] 広島大学先進理工系科学研究科
[*2]Graduate School of Advanced Science and Engineering, Hiroshima University
Email: yama-k@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし：算数文章題の構造理解に有効な学習法として, 単文を取捨選択, 組み立てることにより問題を作成することのできる単文統合型の作問学習が提案されている. 作問学習支援ゲーム Tri-Prop Scrabble は, AR を用いることで現実空間の単文カード情報を読み取り, システム側で診断できるシステムを用いて, 多様な加減算数文章題の作問学習を現実空間でゲーム形式に則って行う演習システムである. 本研究では, 乗除算を加えた四則演算を扱えるシステムの設計・開発を行った.
キーワード：Augmented Reality, 物語推測, 作問, 三文構成モデル

1. はじめに

問題を解くのではなく作ることによる学習方法を作問学習と呼ぶ. 算数文章題の解法の定着においては, 作問学習が学習者に問題構造を理解させる方法として有効であるとされている(1).

算数文章題を対象として, 与えられた単文カードを組み立てることにより対象の構造を学習できる, 単文統合型の作問学習支援システム「モンサクン」(2)「モンサクン AR」(3)が開発されている. モンサクンでは, 学習者は量的概念を示す最小単位である単文（りんごが３こあります, など）をカードとして複数提示され, これを取捨選択し, 組み立てることで問題やその構造を, 問題の構成要素を意識しながら学習することができ, その効果が小学校での利用を通じて示されている. モンサクン AR では, それをさらに発展させ, 多くの算数文章題を作成できる単文セットを提供することで, ある単文に組み合わせる単文を変えると作成できる算数物語が変わるといった, 単文の組み合わせによる作問の多様性を学習することができる.

これらをさらに発展させ, 一つの算数物語から連鎖的に多様な物語を作ることで加減算数文章題の成立条件を実際に適用しながら学べる演習環境として, 加減算 Tri-Prop-Scrabble が開発されている(4). 本稿では, 乗除算を加えて四則演算すべてを扱える四則演算 Tri-Prop Scrabble を提案する.

2. 単位演算の三量命題モデル

本研究がベースとする単位演算の三量命題モデルでは, １回の四則演算で計算できる算数文章題は, 量の存在を表す存在文２つとその２つの量間の関係を表す関係文１つから構成される算数物語の中で, 一つの数量を未知としたものと定式化している(5). モンサクンでは, この構成を学ぶために, 例えば「“3-2” で計算できる“合わせていくつ” のお話を作ろう」といった条件を満たす組み合わせが一つしかできない単文セットを与え, その中で考えることによって, 算数物語および算数文章題の成立条件を学べる環境を実現している.

さらに, 三量命題モデルは, ある単文を使って複数の算数物語を構成することもできることも示している. 例えば, 図１に示すように,「りんごが５こあります」という存在文を使って合併・増加・減少・過剰比較・不足比較のすべての種類の物語を作成可能である. この関係を理解することが算数文章題を解くことや, 文章で表された状況の中から演算できる数量関係を見出すことに有効であり, モンサクン AR では, 全ての種類の物語を作成できる単文を与え, 一つの単文カードから様々な問題を作成できることを体験する演習を実現している.

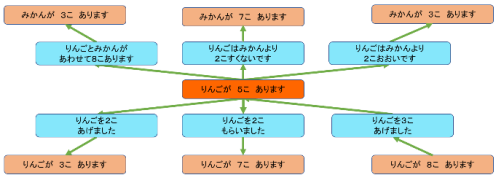

図１ 同一存在文から作成可能な物語

3. 加減算 Tri-Prop-Scrabble

図１では, ある単文が複数の算数物語の始まりとして共有される例を示しているが, 図２に示すように, ある算数物語の終わりの単文を他の算数物語の始まりとして共有することもできる.このように加

減算の算数物語を連鎖的につなげていくのが加減算 Tri-Prop Scrabble で求める学習活動である．このような算数物語の連鎖を考えることによって，単に一つの算数物語を考えるだけでなく，同時に複数の算数物語を成立させることを思考させることもできる．

加減算 Tri-Prop Scrabble は，多人数でプレイするボードゲームであり，プレイヤーは盤上で単文カードを接続していくことにより順番に作問していく．図 3 に示すプレイ時の様子のように，単文カードを接続できる箇所が多数存在し，プレイヤーはその中から自分の手持ちのカードを 2 枚出して物語を作成できる箇所を探して，物語を連鎖的に作成してつなげていく．

加減算 Tri-Prop Scrabble の演習手順を図 4 に示す．本演習は，盤上の単文カードと手札の単文カードを組み合わせることで物語を作成し，その数を競うものとなっている．作成した物語はタブレット上に実装されたモンサクンナビゲータでスキャンすることで，正誤判定を行うことができる．高校性による試験的利用では，演習が実施できること，算数文章題の構造的理解が高い人の方が多様な物語を作れることが示された[4]．

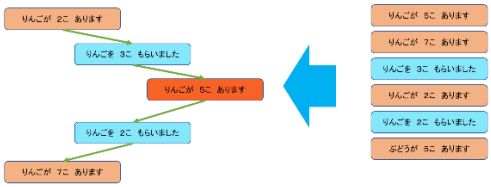

図 2　連鎖的物語作成の例

図 3　プレイ時の様子

図 4　Tri-Prop Scrabble の手順

4. 四則算数文章題を対象とした Tri-Prop Scrabble

本研究では，加減算 Tri-Prop Scrabble に乗除算を加えて四則演算すべてを扱える四則演算 Tri-Prop Scrabble を開発している．四則演算 Tri-Prop Scrabble は，加減算 Tri-Prop Scrabble に「1 つ分の数」という種類の関係文を追加し，それを含めた正誤判定機能を持たせることで実現する．

三量命題モデルでは，乗除算数物語は「1 つ分の数」という加減算とは異なる関係文で構成されるものとして定義できる．例えば，「おはじきが 2 個ずつ入っている袋が 3 つあります．おはじきは全部でいくつでしょう？」という問題は「袋 1 つあたりおはじきが 2 個入っています」「袋が 3 つあります」「おはじきは？個です」という 3 つの単文に分解できる．このとき，「袋 1 つあたりおはじきが 2 個入っています」という単文が「1 つ分の数」関係文であり，「袋 1 つ」と「おはじき 2 個」の関係性を表す乗除算物語固有のものである．一方，「袋が 3 つあります」「おはじきは？個です」という単文は存在文であり，加減算物語でも利用できる．

乗除算についての正誤判定は，以下の問題構造・オブジェクト・計算式の 3 基準で判断できる．

- **問題構造**：作られた問題が存在文 2 枚と関係文 1 枚で成り立っているか．
- **オブジェクト**：「1 つ分の数」という関係文にあったオブジェクトを使っているか．
- **計算式**：作られた問題が式として正しく成立しているか（式は関係文のオブジェクトに対応して計算する）

5. まとめ

本稿では，加減算 Tri-Prop Scrabble に乗除算固有の関係文を扱うための単文カードの種類とそれを含めた診断機能を実装追加することによって，四則演算すべてを扱える四則演算 Tri-Prop Scrabble を提案実現した．

今後の課題として，本システムによる演習が実施可能であること，四則演算を対象とした問題構造理解を促す演習になり得ることを実践的利用により確かめることが挙げられる．また，ゲームに戦略性を加えることで，演習の中で多様な考えが生まれやすく，構造をより意識するような学習活動を促すものにしていくことも検討していきたい．

参考文献

(1) 中野昭，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,第 J83-D1 巻，第 6 号,pp. 539-549 （2000）

(2) 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,第 J96-D 巻，第 10 号,pp. 2440-2451 （2013）

(3) 山元翔，平嶋宗:“現実空間で作成した問題を診断するモンサクン AR の設計・開発と協調学習への試験的利用”,教育システム情報学会全国大会講演論文集,第 43 巻,pp. D5-3, (2018)

(4) 山口 耕平，岩井 健吾，林 雄介，平嶋 宗:“多様な算数文章題の作問活動を実現する Tri-Prop-Scrabble の設計・開発”，2020 年度 JSiSE 学生研究発表会（中国地方），I07，（2021）

(5) T Hirashima, S Yamamoto, Y Hayashi: Triplet structure model of arithmetical word problems for learning by problem-posing, Human Interface, and Management of Information. Information and Knowledge in Applications and Services, Volume 8522, pp. 42-50 (2014)