単位算数文章題の作問による複合算数文章題の学習支援環境の設計・開発

Design and Development of Learning Environment for Composite Arithmetic Word Problems with Problem Posing of Unit Arithmetic Word Problems

小畠　功稔[*1]，　山口　剛司[*2]，　山口　耕平[*2]，　林　雄介[*2]，　平嶋　宗[*2]
Katsutosi KOBATAKE[*1]，Tsuyoshi YAMAGUCHI [*2]，Kohei YAMAGUCHI [*2]，
Yusuke HAYASHI[*2]，Tsukasa HIRASHIMA[*2]
[*1] 広島大学工学部
[*1]School of Engineering,　Hiroshima University
[*2] 広島大学大学院先進理工系科学研究科
[*2] Graduate School of Advanced Science and Engineering,　Hiroshima University
Email: b171628@hiroshima-u.ac.jp

あらまし：一般に算数・数学文章題は計算問題に比べて難しいとされている．本研究では 複合文章題の言語的，数量関係的統合を支援する三角ブロックシステムと単文統合型作問学習環境モンサクンを連携させることによって，複合文章題の構成要素となっている単位文章題の認識を支援することを提案する．そして，有効性の評価として，高校ビジネス計算分野での実践利用について述べる．
キーワード：算数・数学文章題，統合過程，思考の外在化，作問学習，フィードバック

1.　はじめに

一般に算数・数学文章題（以下，文章題）は計算問題に比べて難しいとされており，多くの学習者が文章題の解決を苦手としている(1). 本研究では，複数回の演算で解くことができる文章題を複合文章題，1 回の演算で解くことできる文章題を単位文章題として，複合文章題の解決をそこに含まれる単位文章題の作問を通じて支援する学習環境を提案する．

算数・数学文章題の問題解決過程は，理解過程と解決過程という二つの過程に区分できるとされている(2). さらに理解過程は変換過程と統合過程に，解決過程はプラン化過程と実行過程に区分できるとされている．この 4 つの下位過程の中で，統合過程が最も学習者が躓きやすい過程であり，文章題を解く際には，ここでの問題文の言語的，数量関係的統合が重要であることが示唆されている(1).

本研究では，複合文章題の言語的，数量関係的統合を支援する三角ブロックシステム(3)と単文統合型作問学習環境モンサクン(4)を連携させることによって，複合文章題の構成要素となっている単位文章題の認識を支援することで，その複合文章題の構造の理解と解決を支援することを目指す．

2.　三角ブロックシステムにおけるモンサクンとの連携によるフィードバック

2.1 三角ブロックシステム

複合文章題の言語的，数量関係的統合の支援として，三角ブロックシステムが提案されており，小学校での実践的利用を通してその有効性が確認されている．三角ブロックシステムでは，文章題を単位文章題の数量関係を表す三角ブロックとよばれる表現を使って構造的に記述できるようにすることで，従来は学習者の頭の中で行われてきた統合過程を外在化させるものである．

三角ブロックシステムで学習者に求められるタスクは，複合文章題の中に含まれる単位文章題を見つけること，そして，それらがどのように結合しているかを明らかにすることである．

2.2 モンサクン

モンサクンは単位文章題を単文の組み合わせとして作成することで，文章題に含まれる数量関係の理解を育成する．こちらも小学校での実践的利用を通じて，その有効性が確認されている[]. モンサクンには様々なバリエーションがあり，加減算を扱うモンサクン和差，乗除算を扱うモンサクン乗除といった演算の種類によるバリエーションや図的表現を介した問題文と式の相互変換演習などがある．

2.3 三角ブロック作問フィードバック

本研究では，三角ブロックにおける単位三角ブロックの作成支援として，モンサクンを用いた作問フィードバックを提案する. 従来の三角ブロックでは，学習者が答え合わせしたときに三角ブロック全体の正誤をフィードバックしていた．作問フィードバックでは，正誤フィードバックに加えて，その複合文章題の構成要素となる部分単位文章題の中で，その学習者が三角ブロックとして正しく作成できていない単位文章題をピックアップして，単文統合型の作問課題を提示するものである．フィードバックとしての作問活動で学習者に求められるタスクは，部分単位文章題を構成する数量を選択すること，それらの間の数量関係を見いだすことである．数量の選択については単文統合型作問演習として，そこから数量関係を明確にするのは，図，式への表現変換演習として実装した．図 1 にその流れを示している．三

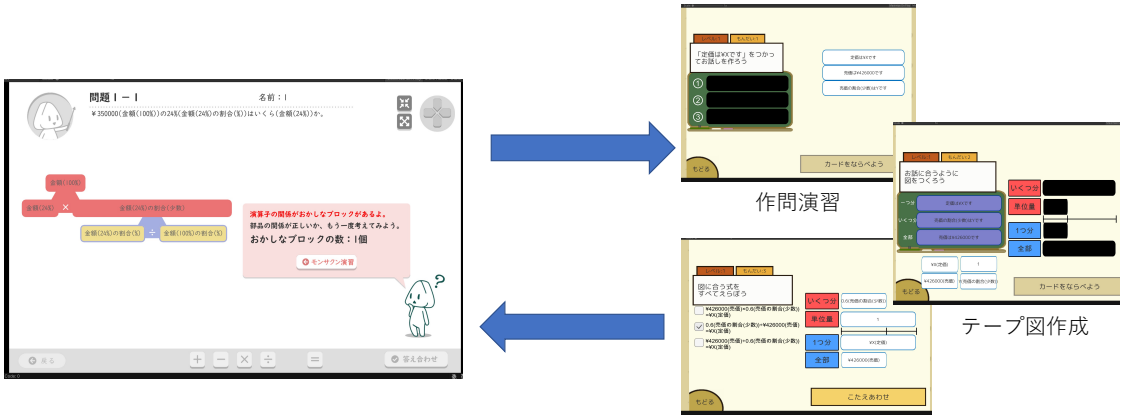

図 1 三角ブロック作問フィードバック

角ブロックで誤りが発生すると，その三角ブロックに近い正解の三角ブロックで用いられる数量を利用した作問演習が開始され，そこで作った問題を図的表現を介して数式に変換することで，どの数量とどの演算子を使った三角ブロックを作成すれば良いかが分かる．本研究では，乗除算に関しての作問フィードバックを実装した．

3. 高校ビジネス計算分野での実践利用

本研究では，三角ブロック作問フィードバックを高校の商業系学科での学習分野に適用した．ここでのリサーチクエスチョン(RQ)は以下の 2 つである．

RQ1：三角ブロック作問フィードバックが複合文章題の解決の学習に有効か？

RQ2：三角ブロック作問フィードバックが三角ブロックでの単位三角ブロック作成に対して有効か？

ここでは紙面の都合上，RQ1 についてのみ述べる．

山口県内の私立高校 1 年生 1 クラス 23 名が作問フィードバック付きの三角ブロックシステムを利用して学習を行った．内容は全国商業高等学校協会で実施している珠算・電卓実務検定試験の中のビジネス計算の分野であり，度量衡の換算や利率などを扱うものである． 3 週に渡って週 1 回 2 時限の授業で三角ブロックシステムを用いた演習が行われた．RQ1 に答えるため，その前後には珠算・電卓実務検定試験の問題集の中にあるビジネス計算の模擬試験問題を学習効果測定のためのプレおよびポストテストとして実施した．この模擬試験問題には，演習で扱った種類以外の問題も含まれていた．また，三角ブロック作問フィードバックの有効性を調べ，RQ2 に答えるために三角ブロックシステムを利用した演習では，システムの利用ログを記録した．

プレ・ポストテストの結果の分析として，プレテストの平均で上位群と下位群に分け，それぞれの群でプレテストとポストテストの結果を比較したところ，下位群において 5%水準で有意な上昇が見られた．よって，RQ1 への答としてこの分析結果を表 1 に示す．分析には，ウィルコクソンの符号順位検定およびウィルコクソンの順位和検定を用いて，多重比較（ボンフェローニ法で p 値の調整）をした．

表 1　プレ・ポストテストのスコア

	プレの平均 (標準偏差)	ポストの平均 (標準偏差)	p 値 (効果量)
上位群 (n=13)	10.9 (1.38)	10.2 (1.48)	0.48 (0.47: 小)
下位群 (n=10)	5.2 (1.32)	7.2 (1.93)	0.016 (1.1: 大)

4. おわりに

本研究では，三角ブロックシステムとモンサクンを連携させ，複合文章題を単位文章題の結合として認識し，問題解決を支援する学習環境を提案した．高校ビジネス計算分野での実践利用の結果，演習として成立すること，特に下位層で学習効果が得られたことが分かった．今後の課題としては，取得したログデータの分析やより多くの利用データの収集をし，三角ブロック作問フィードバックの有効性やその条件などを明確にしていきたい．

参考文献

(1) 多鹿秀継 : 算数問題解決過程の分析，愛知教育大学研究報告，44，pp. 157-167 (1995)

(2) Mary Hegarty，Richard E.Mayer，and Carolyn E.Green : Comparison of Arithmetic Word Problems: Evidence From Students' Eye Fixations, Journal of Educational Psychology, Vol.84, No.1, 76-84 (1992)

(3) 尾土井 健太郎，山元 翔，平嶋 宗 : "算数文章題の統合過程のモデル化とシステムによる外化支援の実現"，2012 年度 JSiSE 第 6 回研究会，89-96 (2013)

(4) 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, 2440-2451, (2013)

(5) 珠算・電卓検定試験，公益財団法人全国商業高等学校協会，http://www.zensho.or.jp/puf/examination/calculating/index.html（参照 2022-02-08）