

和差の算数文章題における部分全体関係の操作対象化とその評価

Direct Manipulation System of Part-Whole Relationship in Addition/Subtraction Arithmetic Word Problem and Its Evaluation

岩井 健吾^{*1}, 合田 将治^{*1}, 林 雄介^{*1}, 平嶋 宗^{*1}

Kengo Iwai^{*1}, Masaharu GODA^{*1}, Yusuke HAYASHI^{*1}, Tsukasa HIRASHIMA^{*1}

^{*1}広島大学大学院工学研究科

^{*1}Graduate School of Engineering, Hiroshima University

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

あらまし：算数文章題の1和2差関係（3つの数量がある時，1つの和に対して2つの差，1つの差に対して1つの和と1つの和の関係がある）の理解が不十分な学習者が存在している．この問題を解決するために，従来とは異なる形で部分全体図を活用し，学習者が1和2差関係の構造の操作を直接行うことが可能なシステムの開発とその評価を行った．評価の結果，成績上位群と成績下位群で異なる学習効果の促進が示唆されたため，その報告を行う．

キーワード：算数文章題，1和2差関係，部分全体図，操作対象化

1. はじめに

1回の和もしくは差で解ける算数文章題のうち，問題文が示唆する数式と，答えを求めるために必要となる計算式が異なっている場合の問題は，逆思考問題と呼ばれ⁽¹⁾，多くの児童にとって困難な問題であることが確認されている⁽²⁾．さらに，先行研究において，逆思考問題を解けるだけでは，逆思考問題が持つ「和と差の関係性」に対する理解が十分ではないことが示唆されている．

以上を踏まえて，本研究では，逆思考問題を解くだけでは問題の持つ関係に対する理解が不十分であることに問題意識を持ち，和差の算数文章題に対する構造的理解の促進を目指す．本研究で対象とする算数文章題の構造的理解の範囲は，和差の算数文章題における「1和2差関係」（1つの和に対して2つの差が見つかり，1つの差に対して1つの和と1つの和が見つかるという関係）を対象としている．

2. 三文構成モデルと部分全体図

本研究では，和差の算数文章題に対する構造的理解の促進を目指して，算数文章題，部分全体図，およびそこに含まれる演算関係，の三つの表現の変換を具体的な操作として行うことの可能な学習支援システムを設計・開発している．本章では，その三つの表現の変換活動を実現するために必要な三文構成モデルと部分全体図およびそれらを用いた三つの表現の対応関係について説明する．

2.1 三文構成モデル

三文構成モデルでは，ある数量の存在を表す文（存在文）が2つと，その2つの数量関係を表す文（関係文）の3つの文（単文）によって，算数文章題が構成されると定義している⁽³⁾．したがって，三文構成モデルでは，それぞれの単文一つ一つが数量概念を表現するものになっているといえる．また，本研究では，算数文章題が三つの単文で表現される形式のことを三文表現と呼ぶ．

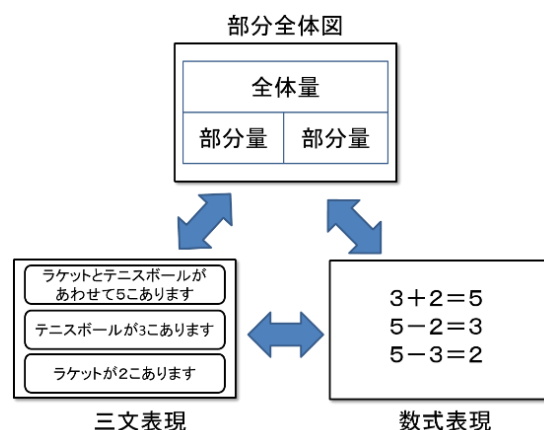


図1 3表現相互変換モデル

2.2 部分全体図

部分全体図では，1回の加減で表現できる文章題を構成する三つの数量概念は，二つの部分量とその二つの部分量を合わせた一つの全体量として表現することが可能となっている⁽⁴⁾．

2.3 文章題・部分全体図・数式の3表現の対応

三文構成モデルと部分全体図を活用することで，図1に示したように，(A)三文表現，(B)部分全体図，(C)数式表現，の3つを対応づけることが可能となる．この図では，部分全体図の全体量に三文表現の「ラケットとテニスボールがあわせて5こあります」と数式表現の「5」が対応し，部分量に三文表現中の残りの2文と数式表現中の「3」と「2」が対応する．また，数式表現中の最初の式は，「部分量」＋「部分量」＝「全体量」，残りの二つの式は，「全体量」－「部分量」＝「部分量」を表していることになる．本研究では，算数文章題と部分全体図を対応させるために，算数文章題をそれぞれ一つの数量概念によって表現する三つの単文とし，部分全体図を構成する二つの部分と一つの全体に対応させている．この枠組みを用いれば，一つの問題を構成している三つ

の単文を、部分全体図の三つの構成要素に当てはめる活動を設計することが可能となり、算数文章題から部分全体図への変換を学習者が直接操作する形で演習可能となる。

3. 学習支援システムの設計開発

本研究では、(演習 1)単文を組み合わせて三文で構成される問題を作成し、作成した問題を構成する三文を部分全体図の一つの全体および二つの部分の箇所に割り当てる、(演習 2)与えられた単文を部分全体図に割り当て、その部分全体図が含む 1 と 2 差の三つの数式表現を導く、(演習 3)三文表現から 1 と 2 差の三つの数式表現を導く、の 3 つの演習活動을設計し、タブレット上での操作で実施できるように実装した。これら三つの演習は、演習 1 により、文章題を構成する量の部分全体関係を把握し、演習 2 で部分全体関係が含む 1 と 2 差関係の数式表現を導けるようにし、さらに演習 3 で、部分全体図を経由しなくても、文章題に含まれる 1 と 2 差関係の数式表現を導けるようにすることを意図している。システムの画面例として、演習 1 におけるインターフェースを図 2 に示す。

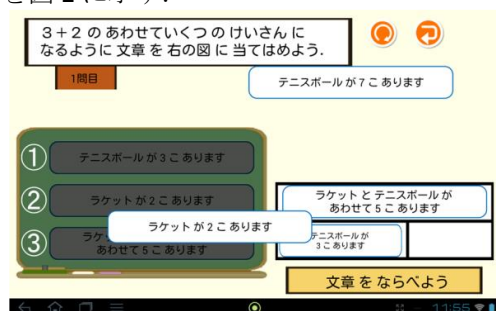


図 2 演習 1 のインターフェース

4. 試験的利用と学習効果の分析・考察

4.1 試験的利用の概要

小学 4 年生 45 名(2 クラス)に対してシステムを用いた 1 時限の演習を正規授業内で行った。本試験的利用においては、本システムの利用 25 分の前後において、約 5 分をとってプライミングテストを実施し、その結果の分析により本システム利用の効果を評価した。

4.2 プライミングテスト

プライミングテストとは、問題スキーマを活性化しうる情報をプライム（先行的に提示される情報）として提示し、そのあとで活性化された問題スキーマが適用可能な判断課題を与えるものであり、問題スキーマの活性化度合いを、テストのスコアや反応時間で評価できるとされている⁶⁾。

4.3 学習効果の分析と考察

次にプライミングテストの結果を用いた学習効果の分析を行う。分析には、正解数と回答時間を用いた。そのまとめが表 1 である。児童全体において事前事後の差を調べたところ、正解数において有意差

があった ($p=0.01<0.05$)。さらに、事前テストにおいて平均正解数以上の児童を上位群、以下の児童を下位群とし、正解数について 2 要因分散分析（上位群一下位群、事前テスト-事後テスト）を行ったところ、交互作用が見られたので ($p=0.000<0.001$)、単純主効果を検定したところ、事前テストおよび事後テストにおける上位群と下位群、および下位群における事前テストと事後テストにおいて有意な差が見られ（いずれも $p=0.000<0.001$ ）、下位群での正解数上昇に関しては、効果量大であった ($d=1.05$)。回答時間についても同様の分析を行ったところ、交互作用が見られたので ($p=0.008<0.01$)、単純主効果を検定したところ、事前テストにおいて上位群と下位群に有意差があった ($p=0.005<0.01$)。また、上位群において事前テストと事後テストにおいて有意差が確認された ($p=0.02<0.05$)。上位群の回答時間の減少に関しては、効果量小であった ($d=0.39$)。これらの結果から考察を行うと、上位群は、演習を通して使い方が向上したため、回答時間が短くなり、下位群は、理解が進んだため正解数が向上したと考えられる。

表 1 プライミングテストの結果

	正解数 (満点:20)		回答時間 (秒)	
	事前	事後	事前	事後
全体群 (75 名)	16.7 (SD=3.3)	17.9 (SD=2.8)	198.2 (SD=81.9)	186.2 (SD=89.4)
上位群 (47 名)	18.8 (SD=1.1)	18.9 (SD=2.1)	219.5 (SD=70.0)	188.4 (SD=87.2)
下位群 (28 名)	13.0 (SD=2.6)	16.3 (SD=3.6)	162.7 (SD=86.3)	182.5 (SD=91.3)

5. まとめと今後の課題

本稿では、和差の算数文章題の構造的理解の促進を指向し、文章題および数式と連動して部分全体関係図を操作する活動を可能にする学習支援システムを設計・開発し、小学校 4 年生の授業で利用した。今後の課題としては、より広い範囲の児童に対して、より長期的な利用を行い、分析を行う必要があると考えている。

参考文献

- (1) 山田篤史, 逆思考問題の問題解決に関する調査とその分析, イブシロン, Vol.26,21-30,2004.
- (2) Riely,M.S.&Greeno,J.G.: Development analysis of understanding language about quantities and of solving problems, Cognition and Instruction, 5(1), 49-101(1988).
- (3) Hirashima, T., Hayashi, Y., Yamamoto, S.: Triplet Structure, Model of Arithmetical Word Problems for Learning by Problem-Posing, Proc. of HCII2014(LNCS 8522), pp.42-50(2014).
- (4) 栗山 和広: 子どもの数理解における部分-全体スキーマの発達: 整数について, 九州保健福祉大学研究紀要 5, 35-40(2004).
- (5) 神戸健寛, 山元翔, 吉田祐太, 林雄介, 平嶋宗: “単文統合型作問学習支援システムの利用効果の問題構造把握の観点からの評価”, 電子情報通信学会論文誌 Vol. J98-D No.1, (2015).