

児童の問題づくりを個別に促進する文章題作成 コンピュータソフトの研究開発 (Ⅳ)

前田 一誠 平嶋 宗 宮崎 理恵 新竹 由基
倉山めぐみ

1 はじめに

平成20年度に発表された新しい学習指導要領では、算数科において、事象を数学的に解釈・表現することを重視することがあげられている。従来の算数科の学習においては、知識・技能の定着に着眼することが多かったが、知識・技能をつくり出す過程こそがもっと重視されるべきだという見解に依っている。

本研究は、児童が文章問題を作成する中で、事象を数学的に解釈する力を個別に高めることができるという仮説に基づき研究を進めてきている。

本年度は、研究3年目にあたる。昨年度に引き続き、同じ学年の児童を対象に、基礎的なデータを再度とり、分析していくことにする。また、実際の授業における運用においては、コンピューターを使った個別の活動と合わせて、集団学習場面における文章問題の構造に関する気づきを学級全体で明らかにし、個と集団の相互作用を重視した授業過程を開発していきたい。結果として、演算の意味(増加・合併・求残・求差)をとらえさせたい。

2 目的と方法

本研究は、初年度に開発したソフトウェアを改良すること、中・高学年向けに新たなソフトウェアを開発すること、授業における運用方法を明らかにすること、これら3つを目的としている。

人が新しいことを学んでいく上で、「問題」を用いたトレーニングを行い、問題解決の方法(解法)を定着させることは必要不可欠である。この解法を定着させる学習方法として、作問学習も知られており(1)(2)、学習者自身が与えられた諸情報をもとに問題を作る学習方法である。作問学習では、学習者が作成しうる正しい問題が多様であり、各々の学習者が作成した問題を吟味する必要がある。そのため、問題の吟味の方法として、学習者自身が判断する方法(Self-Assessment)

や他の学習者が吟味する方法(Peer-Assessment)、先生が吟味する方法(Teacher-Assessment)などが行われてきた。また、コンピューターを利用することで学習者が作成した問題をシステムが診断する方法(Agent-Assessment)もあり、このAgent-Assessmentの実現が目玉されている(3)(4)。

このAgent-Assessmentを実現した作問学習支援システムの一つであるモンサクンⅡは、算数の加法及び減法の学習場面における文章題を対象としたもので、単文統合型による解法ベースの学習支援システムである。このシステムは、すでに教育現場での運用実績を持っている(6)(7)(8)。しかしながら、今までの利用の仕方は、教師が算数の授業においてモンサクンⅡを取り入れ、適宜指示・解説を加えることで、作問学習を進めていた(9)。そのため、教師主導による学習活動が展開されていた。そこで、より学習者が主体となって授業が展開されていくための運用の在り方を、実践利用例の一つとして報告する。

さらに、授業中での学習効果や児童の算数の文章題に対する意識の変化についても調査を行い、その結果をあわせて報告する。

3 作問学習支援システム「モンサクンⅡ」

本研究における「モンサクンⅡ」は、昨年度までに開発した「モンサクンⅡ」を、対戦型ゲームとして発展させたものであり、算数の文章題を題材とした作問学習支援システムのことである。

(1) 作問インタフェース

モンサクンⅡは、算数の文章題で用いられる1文が書かれた単文カードを組み合わせることによって作問を行っている。図1に示す作問インタフェースでは、作問の目標となる解法が示され、単文カードを入れることができる空欄と文章問題を完成させる単文カード

が用意されている。また、全ての空欄が学習者によって埋められた場合に答え合わせボタンを押すことができ、システムが診断を行えるようになっている。

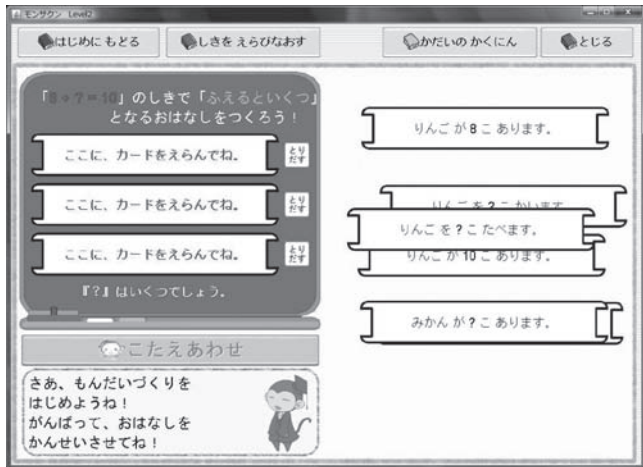


図1 モンサクンII インタフェース

(2) 課題設定

モンサクンIIでは、システムから提示された和もしくは差の2項演算で解くことができる問題を提示し、組み合わせることで作問可能な単文カードを学習者に与える。図2に示す単文統合としての作問タスクのモデルに基づいて、計算式や関係式、問題構造の制約を変更することにより、学習者が段階的に作問を行えるようにシステムの課題設定を行っている。

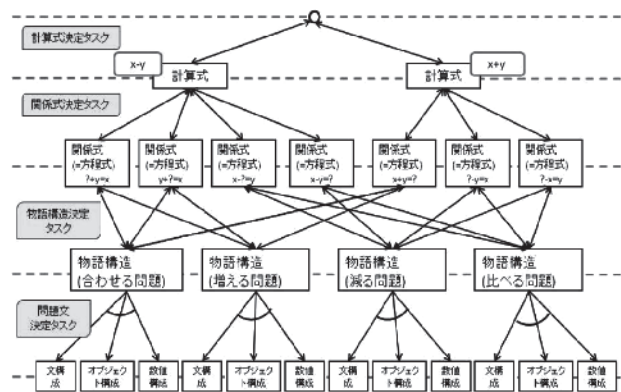


図2 単文統合における作問タスクのモデル

(3) 診断・フィードバック

問題の診断においても図2に示す単文統合における作問タスクのモデルが用いられている。問題の診断では、問題文決定タスク、物語構造決定タスク、関係式決定タスク、計算式決定タスクの順に診断を行うことで、学習者が作成した問題の物語構造や関係式を特定させ、問題として成り立っているか、与えられた作問課題に一致しているかについて診断を行っている。

モンサクンIIでは、学習者が作成した問題が適切であった場合にはその旨を伝え、そうでない場合には、

その問題の修正箇所を指摘するコメントを提示するようになっている。

(4) 協調学習化

先にも述べたように、既存のモンサクンIIでは、問題構造を意識するかどうかについては学習者に委ねられており、必ずしもメタ認知が活性化されているとは言えない。そこで本研究では、作成する問題の吟味をすることでメタ認知の活性化を指向した作問を通じた学習の協調学習化を目指す。本研究では、(1) 作問作業の協調作業化。(2) グループ構成、(3) 協調作業の協調学習化、の3つの観点から協調化を実現する。

(5) 作問作業の協調作業化

作問を通じた学習の協調学習化を目指すにあたって、協調作業化の方法として、大きく2つの方法が考えられる。複数人で一つの問題を作り上げる方法と、複数人で複数の問題を作る方法である。1つ目の複数人で一つの問題を作成する方法は、単純に協調しながら問題を作るので、協調的であるといえる。しかし、システム上では誰がどのように作問に関わったかを把握するのは難しい。一方、複数人で複数の問題を作成する方法は、協調的に行うためには工夫が必要であるが、それぞれの学習者がどのように作問を行ったかを把握することができる。本研究では、学習者によって作られた問題とその過程を比較することで協調作業化を行う。その比較を競争的に行う方法として、本研究ではモンサクンIIの対戦ゲーム化を行う。学習者同士の比較を行うことで、学習者を競争させることで学習者の動機づけを高めることができると考えられる。学習者自身は問題ができていないか、どうすればより良い問題ができるか、を考えることで、学習者に委ねられているメタ認知の活性化の促進も期待される。

具体例を図3に示す。

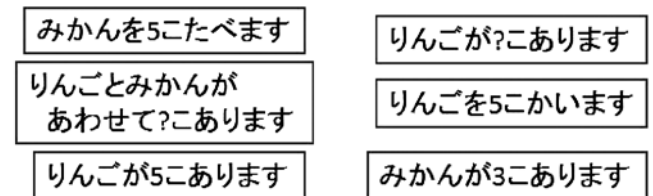


図3 具体例

この6つの単文のうち1文を変更して、『「?」はいくつでしょう。』という文を追加した問題を2つ完成させるとする。まず1つ目の方法として考えられるのが、1つの問題が、「りんごが5こあります」、「みかんが3こあります」、「りんごとみかんが?こありま

す], の組み合わせと, もう1つの問題は, 「みかんを5こたべます」を「りんごが3こあります」に変更して, 「りんごが3こあります」, 「りんごを5こかいます」, 「りんごが?こあります」の組み合わせである。2つ目の方法としては, 1つの問題が, 「りんごが5こあります」, 「りんごを5こかいます」, 「りんごが?こあります」の組み合わせと, もう1つの問題は, 「りんごとみかんがあわせて?こあります」を「みかんが?こあります」に変更して, 「みかんが?こあります」, 「みかんを5こたべます」, 「みかんが3こあります」の組み合わせが考えられる。このように与えられた単文に対して, 複数の可能性を考えることができる状況が想定され, 学習者が現在見つけている問題は正しいのかを考えると同時に, より良い問題を見つけるために他の問題を考察可能な状況が用意できる。これにより, 問題が成り立っているかどうかについて考えるとともに, 問題同士の比較を行うための支援ができると考える。したがって, 学習者が作問する際に問題の吟味を支援したことになり, メタ認知活性化の支援になっているといえる。

(6) グループ構成

本研究ではモンサクンⅡの対戦ゲーム化を行うが, 対戦ゲーム化では課題設定は行わず, 作ることができる問題の自由度が上がるため作られる問題は学習者に依存する。そのため, 学習者によって作られる問題に偏りが発生する可能性がある。また, 対戦ゲームでは相手との能力差によって, 負け続ける可能性が生まれ, やる気の低下が考えられる。そこで, 学習者の対戦成績から適切な対戦相手を自動的に選択することを行う。対戦相手の選択を行う上での基準として3つの場合を挙げると, (1) 学習者間で知識が相互に渡る場合, (2) 学習者間で片方向のみ知識が渡る場合, (3) 学習者間に知識差がなくお互いがトレーニングとして作用する場合, が考えられる。これらの組み合わせを考えるために学習者モデルを考える。本研究での学習者モデルとして, 上述の3つの場合から, 学習者が作る問題の種類と対戦における学習者の勝敗で表わすことができるものとして考える。学習者間で知識が相互に渡る場合では, 学習者が作った問題の種類の違いによって, 違う偏りを持つ学習者同士での組み合わせを行う。片方向のみ知識が渡る場合では, 学習者が作った問題の難しさの傾向によって, 難しい問題を作っている学習者からそうでない学習者へと知識が渡ることが起こりそうな組み合わせを行う。トレーニングの場合は, 勝敗から得た学習者の強さから, 同程度の学習者同士の組み合わせを行う。

(7) 協調作業の協調学習化

先述したグループ構成においては, 対戦ゲーム化における組み合わせに関して述べてきた。本節では, システムの機能として, 協調学習化を進めていく方法について述べる。対戦相手の組み合わせにおいて, 本システムでは, 対戦相手の手を意識することが非常に重要となってくる。そこで, 対戦ゲームの過程で相手の手を評価するフェーズを用意している。これにより, システム上で相手の手に意識を向けさせることができ, 3.2節で述べたような場合で新たな知識の獲得が期待できるとともに, 相手の手を意識することで, リフレクション支援が期待できる。

(8) システム概要

ここでは, システムの概要を, システム画面を用いながら説明していく。

①対戦ゲーム

これまで述べてきたように, メタ認知活性化の支援を指向した作問作業の協調作業化として, モンサクンⅡの対戦ゲーム化を行う。

②ルール

まずは本システムのルールについて説明する。以下にルールを箇条書きで示す。得点に関しては後述する。

1. 各学習者は2つの問題を作ることを目指し, 作った問題に対して得点が与えられる。
2. どちらかの学習者が問題を作り終えた時点で1回戦の終了とする。
3. 計2回戦で終了とする。
4. 終了時点で得点の高い学習者を勝者とする。

③インタフェース

次にシステムのインタフェースについて説明する。まず, 本システムのメイン画面となる, 単文カードを取捨選択するインタフェースを図4に示す。カードゲームのメタファーを用いて構成しており, 上部には次にすべき動作を説明するメッセージを表示している。中段の左側には, 単文カードが重なった山札がある。そこから学習者は, クリックすることで単文カードを自身の手札に引くことができる。また, 下部にあるのは学習者が新たな与えられた単文カードを操作できるスペースである。この部分に置かれた単文カードの中から, 学習者が必要でないと判断した単文カードをカード捨て場へと捨てる。点線で示しているのはカードを並べる際の目安にするためのもので, 特にそこに配置する必要はない。問題を作るためには, 単文カードを引いたときに中段右にある「できた!!」ボ

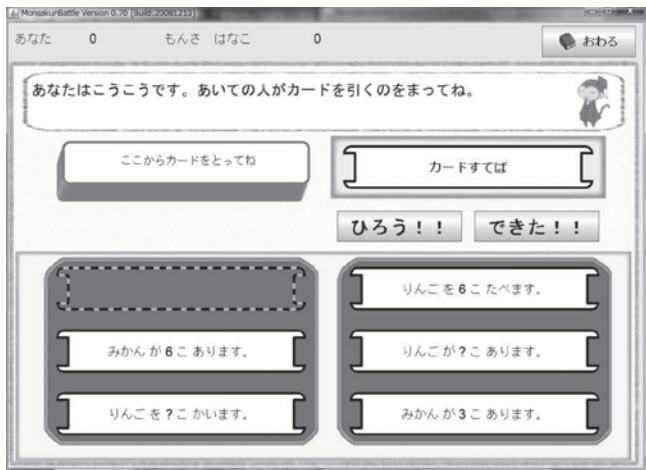


図4 単文カードの取捨選択画面

タンを押すか、対戦相手が捨てた単文カードを使って作るための「ひろう!!」ボタンを押すことで、図5に示す問題を確認する画面へと移る。次に、図5の画面について説明する。上部には、メインの単文カードを取捨選択する画面で学習者自身の保持していた単文カードの配置と同じ並び方で、埋められた6枚の単文カードと問題を完成させるための文として「『?』はいくつでしょう。」という文が並べてある。学習者は6枚の単文の配置では問題にならないと判断した場合は、必要に応じてこの単文カードを並び替えることができる。下部は並び換えるときに使用できるスペースとなっている。そして、2つの問題が決まれば「けっぺい」ボタンを押すことで、システムによる診断が行われ、その学習者によって作られた2つの問題に応じた得点が与えられる。



図5 問題決定場面

④ゲームの流れ

次に、ゲームの流れについて説明する。学習者は開始時に対戦相手がシステムによって決められ、ゲーム

はその対戦相手と行う。学習者は主に単文カードの取捨選択と対戦相手の手の評価である。それぞれの学習者がその2つを交互に行っていくものである。フローチャートを図6に示す。このフローチャートでは、結果表示へと移動する箇所が図5の問題を確認する画面へと移る部分である。ここでは、学習者自身が必要なだけ単文カードを入れ替え、「けっぺい」ボタンを押すと結果が表示されるようになっている。

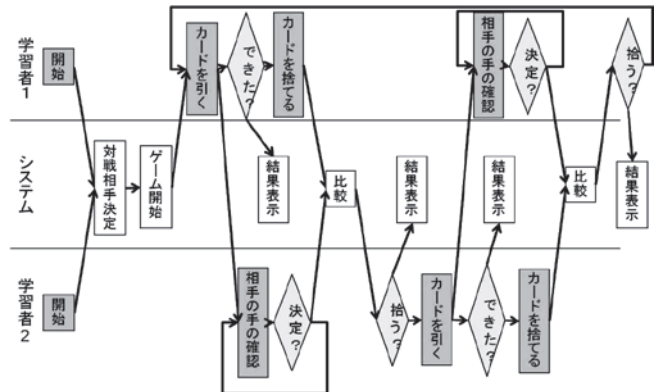


図6 フローチャート

⑤得点

ここでは、得点について説明する。本システムの得点は、大きく2つに分けられる。1つの問題に対する得点と2つの問題に対する得点である。まず、1つの問題に対する得点は3つに分かれる。この得点は、図2の単文統合としての作問タスクのモデルにおける、関係式の部分に当てはまる。(1) 未知数が右辺にある場合 (例: $5+3=?$ など), (2) 未知数が左辺にあり、作った問題と未知数を求める演算子が同じ場合 (例: $5-?=3$ など), (3) 未知数が左辺にあり、作った問題の演算子と未知数を求める演算子が異なる場合 (例: $3+?=5$ など) である。これらはそれぞれ、(1) は10点, (2) は20点, (3) は30点としている。点数は難しいと考えられるものに対して、より高く与えるように設定してある。次に、2つの問題に対する得点である。これはボーナスと考えればよい。ここでは、作問タスクのモデルに対して、未知数の部分に当てはまるもの、物語構造に当てはまるものを設定している。具体的には、学習者が作った2つの問題に対して、未知数の答えが同じになる場合に10点、問題の種類が同じになる場合に10点とする。最後に、作った問題が1つでも不正解の場合は-50点としている。

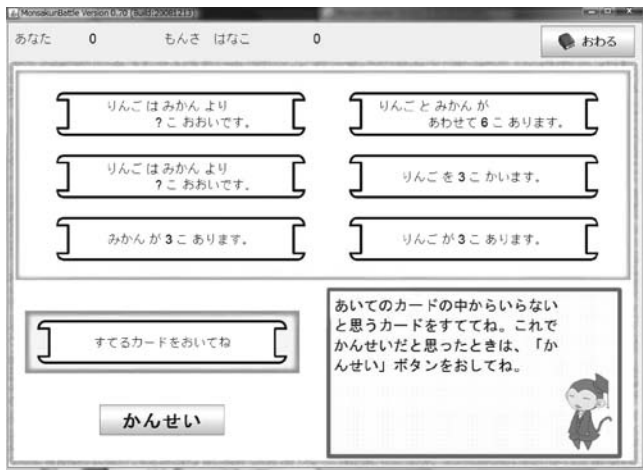


図7 相手の手の評価

⑥対戦相手の選択

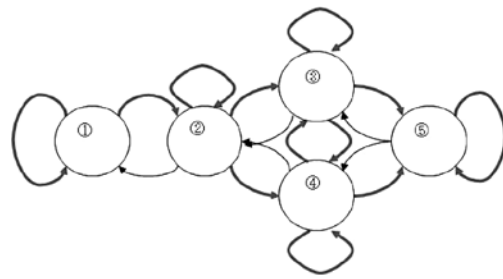
対戦相手の選択について説明するが、選択する基準については先述した。システム上においては対戦相手の選択は問題の偏りとレートによって行う。問題の偏りに関しては、単文統合としての作問タスクのモデルにおける関係式と物語構造から、それぞれの学習者の情報として付与する。学習者の強さの指標として、イロレーティングを用いる。イロレーティングは2人制のゲームにおける実力の測定値の算出法である。これによって求められたレートを学習者の情報として付与する。

⑦対戦相手の手の評価

対戦相手の手の評価機能について説明する。相手の手を選択するインタフェースを図7に示す。相手の手番のときに、相手の手を考えるフェーズである。上部には相手の手札が並べて表示している。学習者は、相手の6枚の単文カードのうち必要のないものを左下の「すてるカードをおいてね」の部分に移動させることで捨てる。この6枚の単文カードで完成したと判断したときは、完成ボタンを押すことで、完成だと思ったことを表明することができる。

評価の基準は5枚の保持カードの状態によって判断する。状態遷移図を図8に示す。状態遷移図の番号が大きくなればゴールに近づくことを示している。3と4に関してはゴールまでの近さは同じとする。状態がゴールに近づいた、変化なし、状態がゴールから遠ざかった、の3段階で相手との比較を行う。それぞれのフェーズで学習者間の差によって評価者に得点を与え、それに応じたコメントを表示する。

コメントの一例を図9に示す。差が2段階良い場合は10点、1段階の場合は5点を与え、同じである場合と良くない場合は得点を与えないものとしている。



- ① 1枚も揃っていない状態
- ② 2枚の組み合わせだけある状態
- ③ 3枚の組み合わせだけある状態
- ④ 2枚の組み合わせが2種類ある状態
- ⑤ 3枚の組み合わせと2枚の組み合わせがある状態(リーチ状態)

図8 状態遷移図

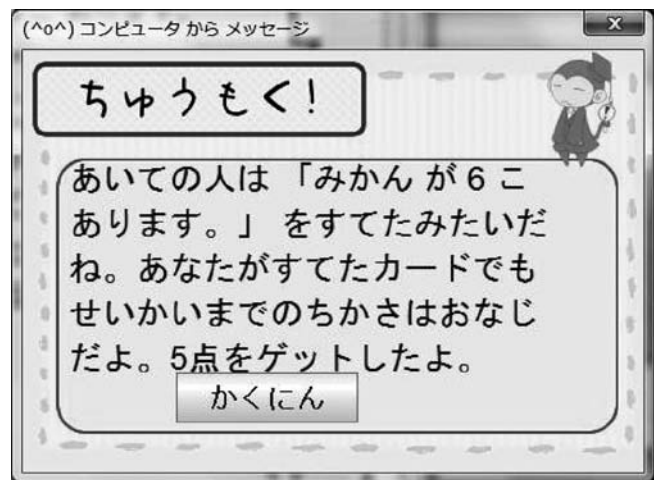


図9 相手の手の評価の結果コメント

4 まとめと今後の課題

本研究では作問を通じた学習の協調学習化を目指し、(1)モンサクンの対戦ゲーム的な利用を実現し、(2)対戦成績から適切な相手の選択を行い、(3)お互いの作問活動を評価する機能を付加した。小学生に授業で利用し実践データを取得することはできなかったが、小学校の教員に一定の評価を得ることができ、実際に授業で利用してもらえた。

今後はインストラクションを含め、本システムをより簡素化する必要があると考える。その後、再び利用実験をする必要がある。

【参考文献】

- (1) G. Polya: How to Solve It, Princeton University Press (1945).
- (2) 中野洋二郎, 坪田耕三, 滝井章編著: 子供が問題をつくる, 東洋館出版, (1999)
- (3) 平嶋 宗: 「問題を作ることによる学習」の分類と知的支援の方法, 教育システム情報学会研究報告, Vol.20, No.3, pp.3-10 (2005).

- (4) 平嶋宗：作問学習のインタラクティブ化，日本教育工学会全国大会，pp.653-654 (2008)
- (5) 横山琢郎，平嶋宗，岡本真彦，竹内章：単文統合としての作問を対象とした学習支援システムの設計・開発，教育システム情報学会誌，Vol.20, No.3, pp.3-10, (2006)
- (6) 横山琢郎，平嶋宗，岡本真彦，竹内章：単文統合による作問を対象とした学習支援システムの長期的利用とその効果，日本教育工学会論文誌，Vol.30, No.4, pp.333-341 (2007)
- (7) Tsukasa Hirashima, Takuro Yokoyama, Masahiko Okamoto, Akira Takeuchi: Long-term Use of Learning Environment for Problem-Posing in Arithmetical Word Problems, Proc. of ICCE2008, pp.817-824 (2008).
- (8) 倉山めぐみ，平嶋宗：算数の文章問題を対象とした作問学習支援システムの実践利用，教育システム情報学会第34回全国大会講演論文集，pp.72-73 (2009)
- (9) 倉山めぐみ，平嶋宗：エージェントアセスメントによる作問学習支援システムの実現と実践利用，電子情報通信学会技術研究報告，ET2009-14, Vol.109, No.163, pp.25-30 (2009)
- (10) 倉山めぐみ，平嶋宗：単文統合としての作問タスクのモデルを用いた作問学習支援システム，2009年教育システム情報学会中国支部研究発表会，pp.25-30 (2009)
- (11) Brown, S., and Walter, M., Problem Posing: Reflections and Applications, L. E. A, New Jersey, 1933.