

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（Ⅲ）

平嶋 宗 湯澤 正通 前田 一誠 中田 晋介
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の実現が注目されている^{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⁶⁻⁸⁾。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、授業の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 単文統合としての作問タスクのモデル

2項の和差算には、「順思考問題」と「逆演算問題」がある。順思考問題では、物語中の時間や文脈を表した式である関係式と未知数を求めるための式である計算式が一致している。そのため、学習者は実際に問題を作る部分のみ考えて問題を作成できる。しかしながら、逆思考問題では、時間や文脈通りに未知数を求めるための計算式を立てることができない問題である。そのため、順思考問題のように、実際に問題を作る部分だけでなく、学習者は、計算式や関係式、物語構造

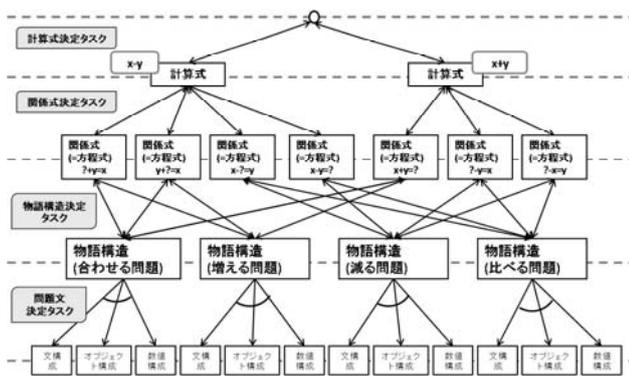


図1 単文統合における作問タスクのモデル

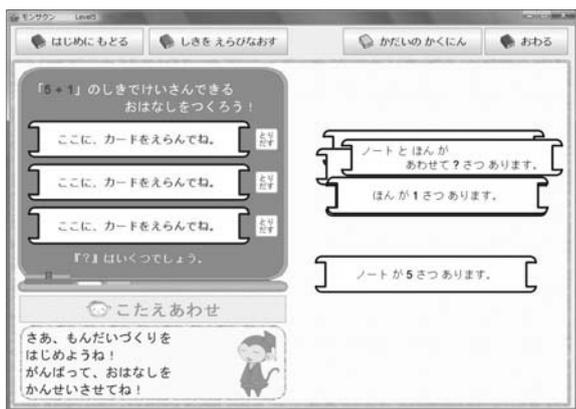


図2 モンサクンⅡインターフェイス

の関係についても考えなくは問題を作成することができない。そこで、物語構造と式の演算関係について整理されたのが、単文統合としての作問タスクのモデルである。

図1のモデルは、与えられた単文セットから、作問を行っていく際の作問タスクを示している。この作問タスクは、計算式決定タスク、関係式決定タスク、物語構造決定タスク、問題文決定タスクから成り立っている。この4つのタスクを行うことにより、学習者は作問を行う。これら4つのタスクは、順序に関係なく考慮する必要がある。そのため、どのタスクから始めたとしても、4つのタスクを行わなければ、問題文を完成させることはできない。

4. 作問学習支援システム

(1) システムの概要

作問学習支援システム『モンサクンⅡ』では、算数の文章問題で用いられる単文が書かれたカード(以下、単文カードと呼ぶ)を組み合わせることによって問題作りを行っている。この単文は、存在を表す文(存在文)とオブジェクトの関係を表す文(合併文, 増加文, 減少文, 比較文)の5文を用いている。図2に示す作問インターフェイス上には、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単文カードが用意されている。また、答え合わせボタンが用意され、診断を行えるようになっている。

(2) 課題設定

作問課題として、与えられたカードを使って問題を作らせる課題では、初めて問題作りを行う学習者にとっては、困難な課題といえる。そこで、作問課題として計算式や関係式、問題構造の与え方を作問タスクのモデルに従ってタスクの制限を緩和していくことで、段階的に問題作りが行えるように、システムの課題設定を行っている。

単文統合としての作問タスクのモデルの中で、最も基本となる作問タスクは、実際に問題文を組み立てる問題文決定タスクである。そのため、すべての課題レベルで問題文決定タスクは学習者が行うように設定しており、他の作問タスクについては、課題レベルが上がるにつれて段階的に学習者が行うべきタスクとして増やしている。しかしながら、関係式決定タスクでは、1つの計算式に対して3つもしくは4つの関係式と関係があり、物語構造決定タスクでは、1つの関係式に対して2つの物語構造と関係があることを学習者に分かってもらうために、1つの作問課題に対して1つの問題を作成するだけでなく、1つの作問課題につき2つ以上の問題を作らせるように設定してある。

このように、作問課題の設定を行うと表1のように、各課題レベルと作問タスクや1つの作問課題あたりの作音数を示すことができる。表中の×印は、学習者が考える必要がないタスク、○印は、学習者が考えなければならないタスクを示している。また、関係式決定タスクや物語構造決定タスクでは、複数の組み合わせが存在するため、はじめからすべての場合を考えさせることは困難と考えられる。そこで、1つの作問課題において、課題レベル1から3までは1問、課題レベル4から6では2問ずつ、課題レベル7では、計算式がたし算の場合6問、ひき算の場合8問、課題レベル

表1 作問タスクと課題レベルの関係

課題レベル	計算式決定タスク	関係式決定タスク	物語構造決定タスク	問題文決定タスク	1課題あたりの作問数
1	×	×	×	○	1
2	×	×	×	○	1
3	×	○	×	○	1
4	×	○	×	○	2
5	×	○	○	○	2
6	×	○	○	○	2
7	×	○	○	○	6 or 8
8	○	○	○	○	最大14

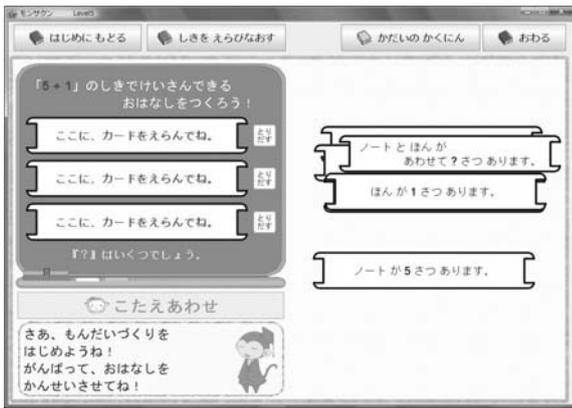


図3 誤りの例

8では、最大14問まで作らせるように設定している。

(3) 診断とフィードバック

単文統合としての作問タスクのモデルに従って診断を行っている。問題の診断の場合には、文構成、オブジェクト構成、数値構成から物語構造と関係式を特定させ、作問タスクのモデル上で、特定された物語構造と関係式に関係があり、問題として成立しているのかについて診断を行っている。さらに、与えられている作問課題を用いて、学習者が作成した問題を着くことができるのかについて診断を行っている。

この診断に基づき、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、適切でなかった場合には、問題の診断結果より、誤りが1か所の場合は、その個所を指摘する文を、誤りが2か所以上の場合には、誤りを含んでいる単文カードを指摘する文をフィードバックとして学習者に反している。このフィードバックをもとに学習者は、自身が作成した問題の修正を行っている。この誤りの指摘の例を図3に示す。

5. 授業実践の事例

作問学習支援システム『モンサクンⅡ』を用いて、実際に算数の授業を行った事例について報告する。

(1) 授業対象

作問学習支援システム『モンサクンⅡ』では、算数の文章問題の中でも2項の和差算を対象としているが、順思考問題だけでなく逆思考問題も扱っている。そのため、逆思考問題を解いたことがある小学4年生を対象に行うこととした。

(2) 授業実践

このモンサクンⅡを用いて、小学4年生を対象に、算数の時間（2か月の間に6回）を使い、授業を行った。パソコンは児童一人対して一台使えるようにした。

表2 授業内容

日程	内容
1日目	アンケート、プレテストの実施 モンサクンⅡの使い方の説明
2日目	課題レベル1・2の利用
3日目	課題レベル2の復習 課題レベル3の利用
4日目	課題レベル3の復習 課題レベル4の利用
5日目	課題レベル5・6の利用
6日目	課題レベル6の利用 アンケート、ポストテストの実施

この6回の授業では、「問題を作るためにはどこを注意すればよいのか」と「問題中のキーワードと演算の関係」に注意しながら行われた。モンサクンⅡの使い方については1回目の授業中に行い、各授業は、モンサクンⅡの課題レベル順に即して行われた。

また、授業内においてシステムを利用している間、児童からの質問は、教員1名とTA3名が対応した。

(3) 評価方法

今回の授業利用において、(1)問題作りについての学習効果があったのか、(2)算数の文章題についての意識、特に、好きか嫌いかといった態度について変化があったのか、について調査を行った。

学習効果については、プレ・ポストテストを実施した。形式は、15の単文から問題を作成し、解答する方式をとり、最大で8問作成できるようにした。また、算数の文章題に関する意識の変化については、事前と事後にアンケートを取り、変化があったのかについて調査した。

6. 結果と考察

(1) 授業内容と児童の取り組み

計6回分の授業の大まかな内容について表2にまとめる。各授業とも、前回の内容で行った課題レベルをもとに授業が進められていた。この中で、3日目に行われた授業について詳しく表3にまとめる。3日目の授業では、課題レベル2と3を先に児童に行わせてから、課題レベル2と3についての違いを児童にきき、関係式からの作問ではなく、計算式からの作問になったことに気付かせるようにしていた。また、例題では、『「7-4」の式で計算できる『あわせていくつ』のお話をつくろう』という作問課題を用いて、『あわせて』というキーワードからはたし算が連想されるが、ひき算であっても“?”の位置を移動させることで問題ができることを説明した。

表3 3日目の授業内容（詳細）

時間	内容
0.00	ウォーミングアップ(課題レベル2の利用)
4.11	システム利用(課題レベル3『あわせていくつ』)
6.34	先生による説明① レベル2とレベル3の違いは何か。 ・全部、空欄になっている ・レベル2では与えられている式に？が入っていたがレベル3では＝と？がない
9.31	システム利用(課題レベル3『あわせていくつ』)
12.46	先生による説明② 例題1: 『7+3』の式で計算できる『あわせていくつ』のお話を作ろう。 例題2: 『7-4』の式で計算できる『あわせていくつ』のお話を作ろう。 →『あわせていくつ』のお話なのに『7-4』と引き算になっている。これでも問題を作成できるのか。 児童:確かめをするようにすればいい。
19.33	システム利用(課題レベル3)
25.43	先生による説明③ 『のこりはいくつ』のお話なのに、2文目に入る文がすべて数字を含んでなく問題を作成できない児童が作成した問題をもとに不正解の理由について考える。
29.39	システム利用(課題レベル3)
32.46	先生による説明④ レベル3をやる上での注意点 ・？をどこに置くのか ・あわせてが足し算とは限らない ・____が[は]といった主語
36.33	システム利用(課題レベル3)
41.30	授業終了

表4 システム利用結果

	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目
平均作問数	46.5	39.0	39.7	48.3	48.6
平均正解数	37.3	20.7	19.1	24.2	21.9
平均誤り数	8.3	18.3	20.5	24.1	26.7
10分間あたりの平均作問数	23.2	19.5	19.8	17.9	19.4

表5 プレポストテストの結果

	プレテスト		ポストテスト		有意差検定	効果量
	平均	標準偏差	平均	標準偏差		
作問数	6.95	1.74	7.98	0.16	0.00**	大
問題成立数	5.28	2.22	6.40	1.48	0.01*	中
正解数	4.75	2.38	5.98	1.51	0.01*	中

* 5%水準で有意, ** 1%水準で有意

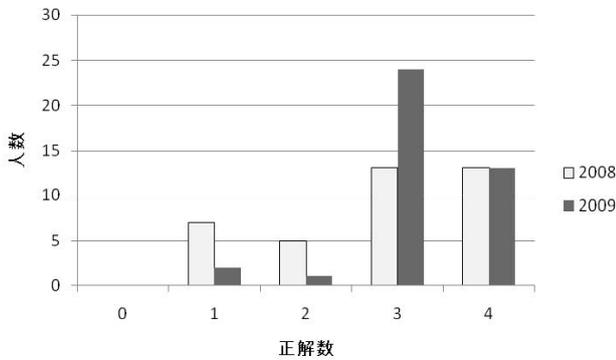


図4 ポストテストの正解数と人数分布

また、計6回のうち、第2回から6回までの児童の平均作問数（答え合わせボタンを押した回数）、平均正解数、平均誤り数を表4にまとめる。平均作問数は、各日程とも差があるため、システム利用時間10分に対する平均作問数についてみると、表に示す通り、日数がたつにつれて減少していた。一方で、平均誤り数は増加していた。これは、課題レベルが進んでいき、問題を作ることが難しくなってきたために減少したと考えられる。しかしながら、10分間に平均して20問近く問題を作成しているの、児童のモンサクンIIの利用は、活発に行われていたといえる。

(2) 学習効果

授業前後に行ったプレ・ポストテストの結果を表5に示す。プレ・ポストテストにおける作問数（正解、不正解にかかわらず問題を作成した数）、問題成立数（問題として成り立っている問題の数）、正解数（問題として成立し、解も正解している問題数）の差は、ウィルコクソンの符号順位和検定において、 $p=0.001$ (<0.01)、 $p=0.014$ (<0.01)、 $p=0.016$ (<0.01)となり、有意な差があると判定された。また、効果量も

表6 アンケート結果

		事前	事後
1	算数の文章題は好きだ	2.1	1.85
2	算数の文章題を解くのは得意だ	2.2	2.05
3	算数の文章題は大切だ	1.45	1.37
4	算数の文章題を自分から進んで解きたい	2	2.07
5	算数の文章題を解くとき、いろいろな方法を考える	1.87	1.77
6	算数の文章題を解くとき、考え方や途中の計算をきちんと書く	1.9	1.8
7	算数の文章題を解いたあと、正しいかどうか見直しをする	1.95	1.9
8	算数の文章題を解いたあと、自分の答えが間違っていたらもう一度解きなおす	1.37	1.37
9	算数の文章題の解き方がわからないときは、すぐにあきらめる	3.3	3.15
10	算数の文章題で学習することは、問題の解き方や公式を暗記することだと思う	2.3	2.75
11	算数の文章題を自分で作ったことがある	1.57	1.42
12	算数の文章題を自分で作ることは大事なことだと思う	1.87	1.4

作問数も大となり、問題成立数、正解数で中となった。

また、前回の評価実験¹⁰⁾では、各々の児童が中心となり学習を進め、先生は適宜、説明を行っていた。今回は、教師が中心となり学習を進めていた。そこで、両評価実験のポストテストにおける正解数の比較を行った。前回のポストテストにおいて、正解数については有意な差は得られなかったが、今回は5%水準で有意な差が得られた。さらに、両ポストテストにおける正解数の人数分布を図4に示す。今回の実験では、最大8問作成できるが、前回(2008)は4問だったため、今回(2009)の最大作成数を4問に換算して表示してある。図より、2008年では正解数が1、2問の児童が30%程度だったのに対し、2009では、7%にまで減少した。以上より、教師が中心となって授業を行ったほうが、クラス内の作問能力の底上げができたことが分かった。ただし、前回の評価実験では、逆思考問題や逆演算問題の問題作成数についてプレ・ポストテストで有意な差が得られていたが、今回の評価実験では有意な差が見られなかった。これについては、現在分析中である。

(3) 算数の文章題に関する意識調査

算数の文章題に関する意識調査を行ったアンケートの内容と結果を表6に示す。本アンケートは、選択式で行い、その結果を点数化し、事前・事後における平均値を表に示している。点数が低いほうがとても思っていることで点数が高いほうが全く思っていないこととなっている。

この中で、『算数の文章題で学習することは問題の

解き方や公式を暗記することだと思っ』では、事前と事後との差が大きく、暗記することから、暗記することではないと思う方向に変化していた。また、算数の文章題を自分で作ることは大事なことだと思っでも、事前より事後のほうが大事と思う方向へと変化していた。

以上より、モンサクンⅡを利用することで、児童の算数の文章題に対する意識変化が起きていることが示された。

7. まとめ

本稿では、すでに開発されている作問学習支援システムモンサクンⅡについて説明し、モンサクンⅡを利用して行われた授業について報告した。さらに、授業を行う前後での作問学習に対する学習効果と算数の文章題に関する意識調査の結果について報告した。

本稿では、授業事例の報告であったが、今後は、モンサクンⅡを利用した授業案の提案をしていきたい。また、授業を進めていくためにも教師が課題や各課題で用いられている単文カードのセットを設定できるオーサリングシステムの開発も必要である。

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, pp25 - 30 (2009)