

「問題を作ることによる学習」の分類と知的支援の方法

A Model of Learning by Problem Posing and Design of Intelligent Tutoring System

平嶋 宗

Tsukasa HIRASHIMA

広島大学大学院工学研究科情報工学専攻

Information Engineering, Hiroshima University

tsukasa@isl.hiroshima-u.ac.jp

あらまし:問題を作ることが学習の有力な方法であることは、すでに広く認識されているといえる。しかしながら、なぜ、どのように有効であり、また、どのような形態の作問がありえるかについては、十分な整理がなされていない。本稿では、学習支援システムを設計・開発する観点から、作問学習の意義とその形態についての整理を試みる。さらに、実際の作問学習支援システムの設計・開発および運用事例を紹介する。

キーワード:作問学習, 探求, 設計, メタ認知, 問題診断

1. はじめに

筆者はこれまでに作問を対象とした学習支援システムをいくつか設計・開発してきており、教育現場での運用・評価も試みている[1-5]。しかしながら、これらの研究が、「作問学習」といわれるものの中で、どのように位置づけられるかについては、十分な検討ができていなかった。本稿では、これらの研究を位置づけることを一つの目標として、「作問学習」枠組みの構築を試みる。さらに、実際の作問学習支援システムの設計・開発および運用事例を紹介する。

2. 作問学習の意義

問題を作ることの学習における意義については、これまでも様々な形で主張されているが[6-8]、筆者はそれらの主張はおおよそ以下の三つに分類できると考えている。

(1)自己関与としての作問

(2)探求としての作問

(3)設計としての作問

少なくない割合の学習者が、問題とは一方的に与えられるものであり、その与えられた問題をそのまま受け入れて解くべきであると感じているとされている。このような学習者にとって、問題を作ってみることは、問題に自身が関与してよいことに気づかせる効果があり、これによって自身の行う問題解決や学習対象そのものに対する学習態度

度も改善されるとされている。これが「自己関与としての作問」の意義である。協調学習における対話の手段としての作問も、この主張に属するものといえる。

「探求としての作問」とは、たとえば、問題の構成要素あるいは条件を様々に変更してみて、その変更がどのような結果をもたらすのかを考えてみるといった作問である。この作問の場合、どのような問題を作るかはあらかじめわかっている必要はなく、作った後にその問題を吟味することが重視される。この吟味において、既習事項の意味を再検討したり、あるいは既習事項の限界や未習事項の存在に気づいたりすることが期待できる。

「設計としての作問」とは、作る問題に対する要求仕様があり、その仕様を満たす問題を作るといった場合である。たとえば、ある解法で解ける問題を作るといった場合であり、適切な問題を作るためには、その解法が適用できる問題がどのような構成になっているかを明確に意識していることが求められ、解法に対する理解を促進することが期待できる。

これら三つの作問の意義は、互いに排反なものではない。すべての作問において(1)の意義は認められるものであり、また、(2)と(3)も学習者の作問活動という観点で見ると、混在している場合が多いと考えるのが妥当であるといえる。しかしながら、作問学習の授業を計画したり、あるいは、作問学習を支援するシステムの設計・開発を行うといった場合、どのような意義を中心としているかを明確にすることは、重要といえる。また、(2)および(3)の意義

に注目した場合、学習者の作った問題の診断と、その診断に基づくフィードバックは不可欠といえる。以下本稿では、問題の定義、作問形態の分類、問題の診断についてさらに考察する。

3. 作問学習の分類

3.1 問題の定義

作問を議論するためには、問題とは何かがわかっている必要がある。しかしながら、一般に問題といった場合、何を指すかは自明とは言えない。本稿では、問題を以下のように限定的に定義する。

問題 = 前提情報(既知) + 結論情報(未知)

さらに、前提情報から結論情報を導くことを問題解決と考え、その問題解決は、演繹的に導くことができると限定する。そして、その演繹的に結論情報を導く方法を「**解法**」とする。一般の教育現場で行われている問題演習における問題のほとんどは、このような問題の定義に属するものである。

このように問題を定義すると、作問においては、(1)前提情報、(2)結論情報、(3)解法、の三つの要素を適切に組み合わせることが求められることとなる。次章では、このような問題についての作問の形態についてさらに論じる。

3.2 作問形態の分類

作問においては、通常、作る問題についての何らかの制約が与えられる。問題の構成要素は、前提情報、結論情報、解法であるから、これらについてのどのような制約を与えるかで、様々な作問の形態が現れることとなる。ここでは例として、筆者らがこれまで分類してきた三つのタイプの作問、解法ベースの作問、問題ベースの作問、物語ベースの作問を、それぞれこれらの制約の与え方として説明してみる。

解法ベースの作問とは、解法が制約された作問であり、ある解法が適用可能な問題を作るといった作問となる。この際、その解法だけで結論情報を導くように制約することもあれば、解決の一部として使われるようにするといった制約も考えられる。問題ベースの作問とは、問題、つまり、前提情報と結論情報が、あらかじめ与えられているという形で制約されているものであり、その与えられたものを変更することで問題を作るといった作問形態である。物語ベ

ースとは、前提情報の全部、もしくは一部が与えられており、それに対して前提情報および結論情報を補うといった形の作問である。

これらの名称は、主たる制約という意味であり、実際には、必ずしも単独で制約されているわけではない。たとえば、これまで実現している解法ベースの作問においても、問題テンプレートと概念集合を与えたり、あるいは、単文集合を与えることによって、前提情報の制約を行っている。このような制約は、学習の目標に向かって学習者の行動を緩やかに制約するとともに、システムによる問題診断を可能にするうえで、不可欠といえる。このような補助的な制約によって、さらに作問の形態は分類されることになるが、ここでは省略する。

次に、これら三つの作問形態を、探求としての作問と設計としての作問という観点から検討する。解法ベースの作問は、ある解法が適用可能な問題を作成するというであり、設計としての作問のために適した作問形態といえる。問題ベースの作問は、前提情報と結論情報だけを制約したとすると、それらを様々に変えることによってどのような問題を作成されるかを試してみるといった、探求としての作問の意義を持つことになる。また、ある特定の解法で解けるように問題を変更するという解法に関する制約も与えれば、設計としての作問と位置づけることができる。物語ベースの作問においても、解法の制約を加えない場合、探求としての意味合いが強いが、解法を制約とした場合、設計としての意味を持つことになる。表1はこれらの作問形態の分類を表したものである。

本章では、問題の構成要素をどのように制約するかによって、作問の形態が変わってくることと、その形態の変化が、作問の意義の変化につながることを説明した。次節では、作られた問題の診断についてさらに検討する。

表1 作問形態の分類

	前提情報	結論情報	解法
物語ベース	(制約有)	× (制約無)	×
概念ベース	×		×
解法ベース	×	×	
問題ベース			×
必要情報	×		
通常の問題		×	

3.3 問題の診断

探求や設計を目的とした作問の場合、学習者の作った問題を診断し、適したフィードバックを返せることが望ましい。作られた問題の診断としては、まず、(I) 解ける問題、(II) 解けない問題、といった診断結果が考えられる。また、解ける問題であった場合には、さらに、(Ia) 既習範囲に属する問題、(Ib) 未習範囲に属する問題、に分けられる。既習範囲に属す問題は、さらに、(Ia1) 習得済み範囲に属する問題と、(Ia2) 習得中の範囲に属する問題、に分けられる。また、未習範囲に属す問題については、(Ib1) 近接領域に属する問題、と(Ib2) 非近接領域に属する問題、に分けることができる。また、解ける問題においては、冗長な情報を含んでいたり、あるいは、結論情報が既知であったりといったこともありえる。

解けない問題については、(IIa) 情報が足りない場合、(IIb) 矛盾した情報が含まれている場合、がありえる。さらに、作問の形態や制約に応じて、様々な種類に分類されることになる。

これらの問題の診断は、作問学習の支援システムを設計・開発する上で、非常に重要となる。たとえば、探求としての作問を行わせる場合でも、既習範囲の探求とするか、未習範囲の探求も含めるか、を決める必要がある。また、対応できる未習範囲あるいは既習範囲をどのように制約するかまでも検討しておく必要がある。

4 作問学習支援システムの設計・開発

本章では、まず、解法ベースの作問の形態について検討する。さらに、解法ベースの作問学習支援システムの一例として、単文カード方式を用いた統合レベルでの作問学習支援システム：モンサクン[9]についての、作問インタフェース、課題設定、問題の診断、診断結果に基づくフィードバック、について説明する。

4.1 解法ベースの作問

次に、解法ベースの作問に焦点を当て、その作問形態にどのようなものがあるかを検討する。解法ベースの作問においては、学習者は「ある解法が適用可能な既知の前提情報と未知の結論情報の適切な組み合わせ」としての問題を作ることが求められる。この「組み合わせ」を学習者にどのように作成させるかが、解法ベースの作問学習支

援システムを実現する上で、大きな課題となる。

完成形としての問題が自然言語文であることから、まず、自然言語で問題を作成させることが考えられるが、子供が書く問題文には多くの誤字脱字や誤文が含まれることから、現在の自然言語処理技術では、問題の診断は事実上不可能といってよい。また、算数の文章題においては、個々の文の意味は十分に解釈できることを前提として、複数の文で構成される問題を算数的に理解できるようになることを学習の主眼としていると考えると、自然言語文を書くこと自体は不可欠な要素ではないといえる。このような考えの下、筆者は、これまでに、解法ベースの作問の方式として、(1) 単文テンプレート方式[1]、および(2) 問題テンプレート方式[2,4]、による作問を実現しており、本研究では、(3) 単文カード方式[9]、を実現している。以下本節では、これらの作問方式について概説する。

単文テンプレート方式とは、単文のテンプレートと、そのテンプレート内の空欄を埋めるのに使うことが許されている概念の集合をあらかじめ用意しておき、それらを使って単文を完成させ、そのようにして完成した単文を組み合わせることで問題を作っていく作問方式である。単文テンプレートとは、“()と()の()は()です”といったものであり、空欄を埋めるために用意されている概念とは、“ツル”、“カメ”、“足の本数”などや数字である。このような単文テンプレート方式を用いて、鶴亀算や和差算などの比較的複雑な算数の文章問題を対象とした作問学習支援環境をこれまでに実現している。この方式は、作成できる問題のバリエーションが多様である反面、学習者にとって作問自体が複雑になる傾向があり、小学校における作問学習の方式としては必ずしも適当なものとはいえなかった。

問題テンプレート方式は、問題の典型的な文型をあらかじめテンプレートとして用意しておき、そのテンプレート内の空欄に用意された概念集合から適当なものを選択して埋めていくことで、問題文を完成する方法である。たとえば、和や差の2項演算で解ける算数の文章題は、(I) 変化の問題、(II) 結合の問題、(III) 比較の問題、の3つに分類されるが、これらはそれぞれ特有の単文構成を持っている。変化の問題であれば、第1文が始状態、第2文が変化、第3文が終状態をあらわしたものとなっている。問題テンプレートとは、問題の種類にあわせて単文テンプレートを組み合わせたものであり、問題テンプレート方式の

作問とは、あらかじめ作る問題の種類を決めておき、その種類の問題テンプレートと概念集合を与えた上で、問題を作らせる方式である。

筆者はこれまでに、和と差の2項演算で解ける変化の問題についての作問を問題テンプレート方式で行わせる作問学習支援システム POP-B[2,4]を作成し、小学4年生の算数の授業の一環としての本システムの利用により、(a)生徒がこの方式で作問を行えること、(b)生徒および教師がこの作問方式を有用なものとして受け入れること、(c)本システムを利用することにより作問能力だけでなく問題解決能力や問題分類能力にも向上が見られる、といった結果を得ている。

POP-Bの教育現場での利用に関する結果は、テンプレートを用いた作問方式でも十分に作問学習として意味があることを示しているが、同時に、小学校の低学年においてこの方式の作問を行わせるには、(A)問題テンプレートの意味を理解するのが難しい、および(B)概念の組み合わせの数が多すぎる、といった理由で適当ではなく、作問作業をより単純化する必要があることが利用実験や事前のシステムの説明に立ち会った教師らから指摘されている。このような指摘に基づき、作問学習としての意義を保持しつつ、作問作業を単純化する試みが単文カード方式である。

単文カード方式では、単文を書いたカードを取捨選択し、組み合わせることで、問題を作成する。したがって、これまでの方式で要求されていた、概念を組み合わせる単文を作成するという作業が、単文を読んでその意味を理解するという作業に置き換わり、この部分が単純化されているといえる。単文を組み合わせる問題文を作成する段階は、単文テンプレート方式と同様であり、問題テンプレート方式と比べれば、自由度が高くなっているといえる。Kintschら[10]の算数の文章題を対象とした問題理解のプロセスに対応させて考えると、単文を作る過程は、変換過程に対応し、単文を組み合わせる過程は、統合過程に相当する。問題を理解する上で、最も重要な段階が統合段階であるとされており[11]、また、単文カード方式は、統合過程にのみ焦点を当てた作問であるといえることから、作問学習の意義を保持しつつ、作問作業を単純化していると期待できる。

以下本章では、単文カード方式を用いた統合レベルでの作問学習支援システム：モンサクンについて説明する。

5章では、小学2年生の算数の授業での利用結果について報告する。

4.2 作問インタフェース

モンサクンで用いている作問インタフェースを図1に示す。黑板メタファーを用いて構成されており、左側には、上部に作問の目標となる2項演算が示され、その下に単文カードを入れることができる空欄が3つ用意されている¹。右側には、文章題を完成させるための単文カードが用意されており、これらのカードはドラッグ&ドロップによってインタフェース上を自由に動かすことが可能となっている。また、黑板下部には答え合わせボタンが用意されており、文章題を完成するとアクティブになり、診断をシステムに依頼することができるようになっている。その下は、システムからの補助的メッセージを表示する部分となっている。図1の場合、「 $2+7$ 」で解ける「あわせていくつ」の問題を作ることが課題であるので、それぞれ第1文目の空欄に「テレビが2だいあります」、第2文目に「パソコンが7だいあります」、第3文目に「テレビとパソコンはあわせてなんだいでしょう」、の単文カードを入れるとことで、適切な問題を作ることができる。

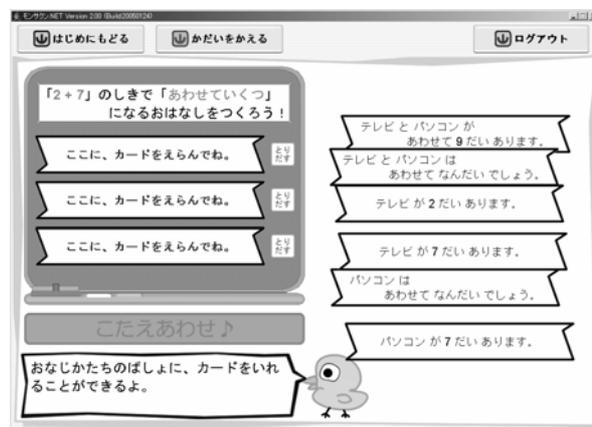


図1 モンサクンインタフェース

4.3 課題設定

学習者の行う作問課題は、システムから提示された和もしくは差の2項演算で解ける問題を、提示された単文カードを組み立てて作成することである。この課題は、(1)問題タイプ、(2)単文カードの空欄の数、(3)カードの種類わけ、(4)カードの見せ方、によって順序付けられている。

¹課題設定によっては、あらかじめ単文カードが入れている場合もある。

和と差の2項演算で解ける問題は、合併、変化、比較の3つのタイプに分けられるとされており、おおむねこの順序で難しいとされている。また、変化問題は、「増える問題」と「減る問題」に分けられることが多いので⁽¹¹⁾、合併、増える、減る、比較の順で各タイプの問題を作らせるようにしている。さらに、小学2年生であることを考慮して、問題文中に現れる未知量については、必ず、第3文目に来るようにしている。

各タイプの問題は、さらに、(2) - (4)の要因で難易度を調整して順序付けられている。学習者が単文カードで埋めなければならない空欄の数は、1箇所空欄が3パターン(1文目、2文目、3文目)、2箇所空欄が3パターン、3箇所が1パターンとなる。また、2箇所空欄がある場合には、それぞれの空欄の形と色を変え、それぞれに形と色に応じた単文カードを用意することで単純化している場合も用意しているので、3×2の6パターンの課題が用意される。

図2に、2箇所空欄でそれぞれの空欄に置くことのできる単文カードが種類分けされている例を示した。この場合、第3文には、「カラスはなんわになったでしょう」が予め入れられており、学習者が埋める必要があるのは、残りに第1文と第2文である。さらに、第1文の空欄と第2文の空欄は色と形が違っており、それぞれに対応する単文カードが右のカード置き場に用意されている。これにより、それぞれの空欄に置く候補となる単文カードが限定され、課題としては簡単化されているといえる。

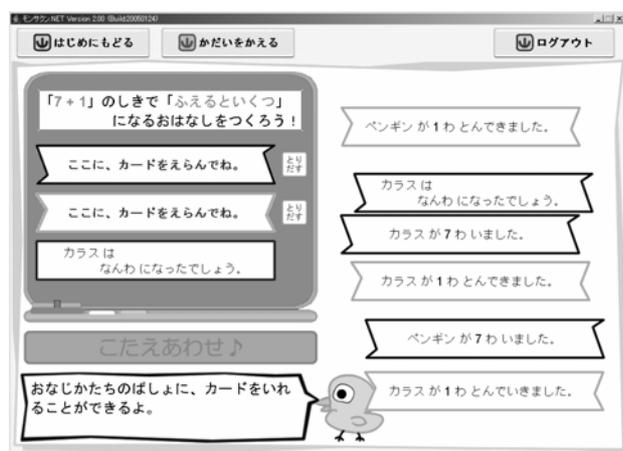


図2 モンサクインタフェース

3箇所空欄の場合も、3箇所それぞれが独自の単文カードが用意されている場合と、同種のカードの中から選ぶ必要がある場合の2パターンが用意されている。したがっ

て、1つの問題タイプにおいては、11種類の作問課題が用意されていることになる。最も難しい課題である同種空欄3箇所の課題は、5課題用意しているの、一つの問題タイプにおいて15の作問課題が用意されていることになる。また、同種空欄3箇所の課題では、カードの見せ方を工夫した課題を2課題含めている。ここでのカードの見せ方の工夫とは、すべての単文カードが一覧できるように提示するのではなく、ある単文カードの内容が別の単文カードの影に隠れて見えないという状況を作ることであり、一覧できる単文カードだけでは問題を完成させることができないことに気づき、その足りないカードを探す、といった作業が必要となるので、難易度を挙げる要因になると考えている。

また、本作問演習では、ある作問課題を満たす問題を作ることができて始めて次の作問課題に進めるようにしている。本システムでは、60の作問課題が1つのセットになっており、60の問題を正しく作成できた学習者は、概念や数値が異なったもう1セットの作問課題に取り組むことになる。

提示する課題の種類はあらかじめ決められているが、具体的な単文カードにおける概念および数値についてはシステムが用意されたものの中から適宜に選ぶようにしており、個々の学習者がまったく同じ作問を行っているわけでない。また、作問における単文カードの選択パターンは、1単文カード選択の場合でも、5パターン、最も難しい3単文カード組み合わせの場合では、210パターンの可能性があり、作問として考えないと正解を導けない課題となっている。

4.4 問題の診断

問題の診断は、(1)文章構造、(2)概念関係、(3)数量関係、の3つの観点から診断される。文章構造とは、各問題のタイプにあった文章の構成になっているかの診断である。たとえば、「増える問題」では、2文目に必ず増加に関する単文がくる必要があり、また、その他の位置に増加に関する単文が来てはいけない。概念関係とは、単文に現れるオブジェクトに関する診断であり、変化の問題においては、3文とも同じオブジェクトを対象とした文でなくてはならないし、また、合併の問題においては、加算可能なオブジェクト同士でなくてはならない。

文章構造と概念関係が適当であれば、その問題から数量関係を取り出すことができるが、その数量関係が、目標

となっている2項演算と一致しているかを調べるのが、数量関係の診断である。間違いとしては、さらに、演算の違い、および数量の違いを診断することができる。

4.5 フィードバック

本システムでは、問題が適切であった場合はその旨を伝え、適切でなかった場合は、診断結果に基づいて修正を誘導するコメントを提示する。まず、文章構造が適切でなければ問題は成り立たないので、文章構造が間違っていれば、その間違いを指摘し、修正を促す。たとえば、「1ばんめに「かいます」のカードが来るのはおかしいですよ」、「2ばんめに「あります」のカードがくるのはおかしいですよ」などである。

文章構造が適切であった上で概念関係が間違っていれば、概念関係についての指摘を行う。たとえば、変化の問題において、1文目と3文目にでてくるオブジェクトが「りんご」であったのに、2文目の変化が「みかん」に関するものであった場合、「2ばんめのカードのみかんはおかしいですよ」といった指摘を行う。文章構造と概念構造が適切で、数量関係が不適切であれば、数量関係についての指摘を行う。たとえば、差で解ける問題を作るはずが、和で解ける問題を作っている場合には、「この問題は、足し算でとけます。作るのは、引き算の問題でしたよね」といった指摘を行う。図3に具体的な誤り指摘の例を示した。この指摘は、別ウィンドウとして作問インターフェースの上に提示され、クリックするまで消えないようになっている。

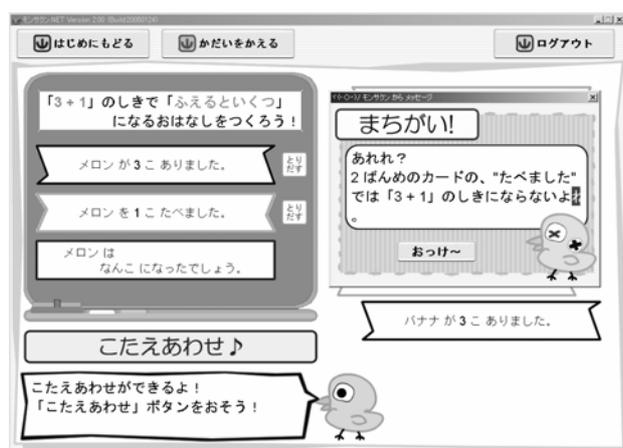


図3 誤り指摘の例

5. システムの実践的利用

本システムを小学校の教諭に事前に利用していただき、小学2年生によっても利用可能であり、かつ効果があるであろうとの見通しを得た後に、実際に小学2年生の算数の授業の一環として利用していただいた。この利用の目的は、(1)小学2年生が本システムを用いた作問を行うことができるかどうかを確かめること、および(2)本システムを利用することの学習効果を調べること、である。作問が行えたかどうかについては、システムの利用状況およびアンケート結果から分析する。学習効果については、本システムが単文統合としての作問を行っており、単文統合能力の向上、つまり問題スキーマの洗練に貢献すると期待していることから、学習者の持つ問題スキーマの洗練度を調べる上で有効とされている過剰情報問題の解決テストを用いて、統制群と実験群におけるプレテスト、ポストテストの得点の変化に基づいて分析する。

5.1 利用状況

被験者は、同一小学校の2年生6クラスの生徒(計163名)である。この被験者を3クラスずつ、システムの利用前後にプレテスト、ポストテストを行う実験群(79名)と、システムを利用せずにプレテスト、ポストテストを行い、その後のシステム利用を行う統制群(84名)に分けた。システムの利用環境は、校内のパソコン教室であり、生徒1人に対して1台の計算機を割り当て、2時限(1時限45分)の授業を連続して行った。実験群においてはシステムの使い方の説明およびポストテストをこの時間内に行ったため、実質生徒がシステムを用いて作問を行ったのは50分であった。統制群においても、システム利用は同じ時間とした。なお、システム利用時には、3名のTAが巡回して、システムの操作に関する質問の対応を行ったが、作問自体については、アドバイスは行わなかった。プレテストは、ポストテストの2日前に行っている。

5.2 利用結果

まず、今回の利用において、モンサクンの利用が十分に行われ、十分な問題を作る経験がなされていたかどうかについて報告する。

表2はモンサクンの利用状況をまとめたものである。表1中の「診断要求数」とは、学習者が答え合わせボタンを押した件数である。また、「正解の件数」とは、診断要求件数のうちの正解と判断された作問の件数であり、「誤りの件数」とは、誤りと判断された作問の件数である。なお、連

続いて同じ問題についての診断要求があった場合には、最初の1回だけをカウントしている。

表1より、モンサクンをはじめて使う児童であっても、約50分という時間の中で、平均71件の問題を作り(診断要求数)、そのうち50件の正しい文章問題を作成することができていた。概念組み合わせによる作問方式を採用したシステム(POP-B)を用いて小学4年生において行った使用事例では、利用時間:80分、被験者数:147名、平均診断要求数:80、平均正解数:43、平均誤り数:9.1、という結果であった。学年が違うこと、および課題が和と差の2項演算という点では同じであっても、未知量が第3文目以外にも来るようになっており、逆思考の問題も含まれているという点で難易度が異なっているため、一概に比較することはできないが、作問の作業量としては遜色ないと判断している。

表2 モンサクン利用状況

利用時間	被験者数	平均診断要求数	平均正解数	平均誤り件数
50分	163	71.2	50.1	21.1

次に、システム利用後に行った児童に対するアンケートの結果について説明する。

アンケートの項目は、以下の通りである。

<アンケート項目>

1. さんすうのもんだいをつくるのは、たのしかったですか？
2. これからもときどきもんだいをつくるべんきょうをしたいとおもいますか？
3. さんすうのもんだいづくりはだいじなことだとおもいますか？
4. まちがったときに、パソコンがおしえてくれることがやくにたちましたか？
5. もんだいづくりはだんだんとうまくなっていきましたか？
6. きょうのつづきをもっとしたいとおもいますか？

この結果を表3に示す。これは小学2年生による回答であり、その信頼性は必ずしも高いとはいえないが、ほとんどの子供が利用時間中、飽きずに作問を行っていたことや、作問の終了を残念がる声が多くあがっていたこと、さ

らに、立ち会った教諭らの感想も、このアンケートの結果を肯定するものであったことから、本システムを利用するという点に関しては、小学2年生においても十分可能であり、また、子供や教諭らに文章題の学習方法の一つとして受け入れられるものであったと考えている。

表3 アンケート結果

質問	結果		
	はい	いいえ	どちらでもない
1	161	1	1
2	148	5	10
3	147	6	10
4	149	4	10
5	150	3	10
6	159	0	4

5.3 学習効果

情報過剰問題の解決テストの目的は、被験者が文章問題中に存在する過剰情報に気づき、正確に問題を解けるかどうかを調べることにあり、問題スキーマの洗練度を測る1つの手段とされている。この課題は、本システムで行った作問作業とは直接結びつくものではなく、学習効果の評価方法としては適当であると考えている。以下に情報過剰問題の一例を示した。

<情報過剰問題例>

- りんごが2こあります。
- みかんが3こあります。
- バナナが7ほんあります。
- りんごとみかんはあわせてなんこでしょう？

テストは12問で構成されており、12点満点である。実験・統制群の過剰問題解決テストの成績変化は、表3に示す結果であった(実験群で1名プレテスト欠席)。今回、実験・統制各群における分析をするにあたり、プレテスト成績の平均点より高・低の2グループに分けて行った。

ポストテストの得点を従属変数、プレテストの得点を共分散として、2(条件:実験 vs. 統制) × 2(解決能力群:高 vs. 低)の分散分析を行った結果、実験群が統制群よりも成績がよいことが分かった。また、条件の主効果が有意であったため、実験群が統制群よりも成績がよく、群についても有意であったことから、高群の方が成績がよいといえる。しかし、交互作用が有意でないことから、能力にかか

ならず、システムによる学習効果が見られるということが分かった。

表4 過剰問題解決テスト成績変化

条件	群	時期	被験者数	平均点	分散
実験	高	プレ	40	9.94	2.57
		ポスト		10.73	3.24
	低	プレ	38	1.73	3.35
		ポスト		4.23	11.65
統制	高	プレ	46	10.39	2.93
		ポスト		10.41	4.85
	低	プレ	38	2.50	4.93
		ポスト		4.13	15.64

6. まとめ

本稿では、作問の意義を、(1)自己関与、(2)探求、(3)設計、として捉えることができること、および、問題を構成する、(I)前提情報、(II)結論情報、(III)解法、についてどのような制約を与えるかによって様々な作問形態があらわれること、さらに、作成された問題を診断する上で、何を目的として、どのような制約を与えた上で作問を行わせているかが重要な役割を果たすことを述べた。さらに、作問学習支援システムの一例として、解法ベースの作問を単文カード組み合わせ方式で作成させる「モンサクン」の設計・開発と、2年生に対する授業での使用結果について報告した。

参考文献

- [1] 中野明,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-IVol.J83-D-I, No.6, pp.539-549(2000)
- [2] 中野明,平嶋宗,竹内章:演算の理解を指向した知的作問学習支援環境,人工知能学会論文誌, Vol.17, No.5, pp.598-607(2002).
- [3] 平嶋宗,吉田誠,中野明,竹内章:問題変更演習のための学習支援環境の設計・開発,教育システム情報学会学会誌, pp.223-231(2004).
- [4] 中野明,柳原健志,平嶋宗,岡本真彦,竹内章:和と差の二項演算に関する作問学習支援環境利用による算数能力への影響調査,日本教育工学会論文誌 28 巻 3 号, pp.205-216(2004)

[5] 中野明,平嶋宗,竹内章:問題を比較することによる学習の支援環境,日本教育工学会論文誌 28 巻 3 号, pp.171-182(2004)

[6] S.Brown, M. Walter: Problem Posing : Reflections and Applications, L.E.A., 1993

[7] Silver, E.A., Cai, J.: "An Analysis of Arithmetic Problem Posing by Middle School Students", Journal of Research in Mathematics Education, vol.27, No.5, pp521-539, 1996

[8] 中野洋二郎,坪田耕三,滝井章編著:「子どもが問題をつくる」,東洋館出版社(1999).

[9] 横山琢郎,平嶋宗,岡本真彦,竹内章:統合レベルでの作問を支援する学習環境の設計・開発と小学校低学年での学習効果,人工知能学会第 19 回全国大会(2005).

[10] Kintsch, W., Greeno, J.G.: "Understanding and Solving Word Arithmetic Problems", Psychological Review, vol.92, No.1, pp.109-129, 1985

[11] 岡本真彦著:「算数文章題の解決によるメタ認知の研究」,風間書房,1999

謝辞:システムの評価にご協力いただいた飯塚市立片島小学校,ならびに伊岐須小学校の皆様深く感謝いたします。なお,本研究の一部は,科学研究費基盤(C)ならびに日産学術振興財団の援助を受けた。