

連結型作問を対象とした学習支援システムの提案

Intelligent Learning Environment for Learning by Posing Multi-Operation Problems

高橋 侑也^{*1}
Yuya Takahashi

倉山 めぐみ^{*1}
Megumi Kurayama

平嶋 宗^{*1}
Tsukasa Hirashima

^{*1} 広島大学大学院工学研究科
Faculty of Engineering, Hiroshima University

Abstract: This research treats "learning by problem-posing" where the problem is composed of two or more operations (multi-operation problem), as an extension of an intelligent learning environment for problem-posing "Monsakun". Such problems defined as combination of problems composed of one operation (single-operation problem). In this research, first, we formalize a single-operation problem as combination of three single sentences composed of an object, attribute and its value. Then, we examined the pattern to connect two single-operation problems. We pick up two kinds of multi-operation problems and describe the design of learning environment of the problem-posing.

1. はじめに

「問題作り(作問)」は有用な学習方法の一つとして広く知られているが[Polya 54, 竹内 84, Brown 93], 同時に個別対応の必要性が高く, 知的な学習支援を実現する必要性の高い学習法であるといえる[平嶋 05, 平嶋 08]. 筆者らはこの作問学習を対象とした知的学習支援システムの設計開発に関する研究を継続的に行ってきた[中野 00], その中で小学校低学年の算数の文章題を対象とした作問学習支援システム「モンサクン」がある程度長期的に実践利用可能なものとして実現されている[横山 2006; 横山 2007]. 現在のモンサクンでは, 二項の加算あるいは二項の減算で解ける問題のみを対象としており, 問題において発生する演算事象が一つの場合(単一演算事象と呼ぶことにする)に限られていた. しかしながら, 当然のこととして複数の演算を伴う事象は存在し, そのような問題の解決あるいは作成は単一事象問題が解けたり作れたりすることと同じではないといえる. そこで, 本研究では, 複数の演算が含まれる事象を単一演算事象の連結としてモデル化した上で, そのモデルに基づいて複数の演算で解ける問題を対象とした作問学習とその支援について提案する. 複数演算事象では, 単一演算事象より, 問題構造を強く意識しなければ作問を行えないことから, 問題構造の意識化に効果があると期待できるものである.

本稿では, 2章で先行研究について述べ, 3章では連結型作問の定義と連結手法について述べる. 4章ではシステム概要について述べ, 5章でまとめる.

2. 先行研究

2.1 モンサクン

「モンサクン」は単文統合を用いた作問学習支援システムで, その演習方法としては, 単文(オブジェクト, 属性, 属性値で構成された命題を一つ含んでいるものとする)を表したカード(単文カード)の集合を提示し, 学習者はその中から適切と思う, 1文目, 2文目, 3文目の単文カードをそれぞれ選び, 順に並べることで問題を作成する. 診断は, 学習者が答え合わせボタン

を押すと実行され, 文の形が正解の構造と一致しているか否か, 文に登場するモノが正解と等しいか否か, 数量の関係が関係式と一致しているか否か, を比べ, 不正解の場合, どの箇所かで誤りが生じているかフィードバックを返す処理を行っている.

2.2 扱っている問題の種類

先行研究のモンサクンでは, 単一演算事象のみを扱っている. 単一演算事象における加算は合併問題, 増加問題, 減算は比較問題, 減少問題に分けることができる. 合併問題は「(モノ)が(数量)あります。」という存在を表す文(存在文)が1,2文目に入り, 「(モノ)はあわせて(数量)です」という合併を表す文(合併文)が3文目にはいる, 「あわせていくつ」を示す問題である. また, 比較問題は1,2文目に存在文が入り, 3文目に「(モノ)は(モノ)より(数量)おおきいです」といった比較を表す文(比較文)が入る. 「ちがいはいくつ」を示す問題となっている.

増加問題, 減少問題は1文目, 3文目に存在文が入り, 2文目には「(モノ)が(数量)ふえます・へります」という増加・減少を表す文(増加文・減少文)が入る. 「ふえるといくつ・のこりはいくつ」を示す問題となっている. また, 増加・減少問題をあわせて, 変化問題と定義する.

次章では, これら4種類の単一演算事象を連結させ, 複数演算事象を定義していく.

3. 連結型作問

3.1 連結方法

複数演算事象問題は, ある単一演算事象問題を解くことで得られた値を用いて, 別の単一演算事象問題を解くことである. ここでの事象間の値の受け渡しが「連結」である. この連結は, 順思考で解ける場合には単純であるが, 逆思考(演算の結果ではなく, 演算の再の演算数あるいは被演算数を求める場合)や逆演算(事象としての演算と答えを求める計算としての演算が逆演算の関係にある場合)が含まれる場合にはどのように連結することができ, またどのような連結がどのような演算を意味するかは問題構造の十分な吟味を要する課題となる. 算数の文章題を概念的な構造と四則演算とを相互に関係付ける能力の育成

を目指したものと捉えれば、連結型作問は高度ではあるものの、算数の文章題の学習目的に含まれるものといえることができる。

次に、連結の類型化を行う。まず、連結する二項問題のうち、問題文の流れとして、先に来るものを前問題、後に来るものを後問題と定義しておく。連結の組み合わせの数であるが、前問題での結果は、1,2,3 文目のいずれかに存在し、後問題の部分も、1,2,3 文目のいずれかに当てはまることから、 3×3 通りの連結の組み合わせが存在し、また、前、後問題が、それぞれ 4 種類の問題となるため、 $9 \times 4 \times 4 = 144$ 通りの組み合わせが存在する。これらについて、すべて調査を行った結果、問題形式が 4 パターンに分類されることがわかった。次節でこれらを説明する。

3.2 問題形式

連結によって作成される問題は、順連結エピソード問題、逆連結エピソード問題、場合わけ問題、別エピソード問題の四つに分類することができる。まず、順連結エピソード問題は問題の事象の流れ、と問題文の流れが同じものであり、事象は、前問題、後問題の順に進む。たとえば、

前問題「りんごが 3 こあります。
りんごを 4 こ買います。
りんごがいくつかあります。」
後問題「りんごがいくつかあります。
りんごを 2 こ食べます。
りんごが?こあります」

という 2 文を、「りんごがいくつかあります」で連結する場合、

「りんごが 3 こあります。
りんごを 4 こ買います。
りんごを 2 こ食べます。
りんごは?こあります。」

という文になる(連結方法については 3.3.3.4 節で詳細を述べる)。この連結は、前問題 3 文目と後問題 1 文目の連結であるため、問題文の流れは、前問題→後問題の順であることは自明であり、かつ、物語の流れも、前問題→後問題の順となっている。こういった問題を順連結エピソード問題と定義している。

次に、逆連結エピソード問題であるが、これは事象の流れと問題文の配置が逆であり、事象は、後問題、前問題の順に進む。たとえば、

前問題「りんごがいくつかあります。
りんごを 2 こ買います。
りんごが 3 こあります。」
後問題「りんごが?こあります。
りんごを 4 こ食べます。
りんごがいくつかあります。」

という 2 文を、「りんごがいくつかあります」で結合する場合、

「りんごがいくつかあります。
りんごを 2 こ買います。
りんごが 3 こあります。
りんごを 2 こ買う前に、りんごを 4 こ食べていました。
りんごははじめ?こありました。」

となる。この連結では、問題文の流れは前問題→後問題であるが、物語の流れはまず、りんごを食べ、その後りんごを買っているため、後問題→前問題の順となっている。こういった問題を逆連結エピソード問題と定義している。

場合分け問題は、一部が共通の単文を持っているが、物語の流れは分岐し、2 つ存在するものである。「もし～であれば、～となる」といった仮定を表す文が補助として必要となる問題である。たとえば、

「りんごがいくつかあります。
もし、りんごを 2 こもらうと、
りんごは 5 こになります。
りんごを 3 こもらいます。
りんごは?こです。」

では、はじめの「りんごがいくつかある」という単文は共通であるが、「りんごを 2 こもらい、りんごが 5 つになる」という物語の流れと、「りんごを 3 こもらい、りんごが?こになる」という物語の流れ、2 つが存在している問題となる。このような問題を場合分け問題と定義している。

別エピソード問題は、物語の流れが前問題と後問題で完全に独立する問題となる。たとえば

「りんごが 3 こあります。
りんごを 4 こもらいます。
みかんが 2 こあります。
みかんを?こもらいます。
りんごとみかんの数は同じです。
?はいくつでしょう。」

である。「りんごをもらう」という物語と「みかんをもらう」という、それぞれ独立した物語が、一つの問題中に複数出現している。そして、その連結は、単文中の、数値のみを利用した連結となっている。このような問題を別エピソード問題と定義している。

連結とパターンの関係については、順連結エピソード問題は、前問題の後半と、後問題の前半が連結し、かつ、単文が同義となる場合のパターンであり、逆連結エピソード問題は、前問題の前半、後問題の後半が連結し、かつ、単文が同義である場合となる。場合分け問題は前問題前半と後問題後半が連結、かつ、単文が同義となる場合のパターンである。別エピソード問題は、3 つのパターンに当てはまらない場合のパターンとなる。

小学校低学年の範囲では、「合併問題 3 文目 + 合併問題 1 文目」「変化問題 3 文目 + 変化問題 1 文目」(ともに、順連結エピソード問題)の二種類の連結のみが教科書等においてみられるため、本稿ではまずこれらについての検討を行った。

3.3 合併問題 3 文目 + 合併問題 1 文目

合併問題 3 文目 + 合併問題 1 文目では、合併文の特性を利用し、連結を行う。合併文の形は「(モノ)はあわせて(数量)です」であるが、この形は、合併を表すと同時に存在の文を表している。そして、後問題では、1 文目の存在文の部分に連結するため、連結は容易に行える。

次に、合併文のもう一つの特性として、3 つ以上のモノを合併することが可能というものがある。このことから、最後の合併の単文カードで、3 つのモノを合併することができるようになるため、連結部分の単文カードは省略できる。

合併問題 3 文目 + 合併問題 1 文目の例として、

「りんごが 3 こあります。
みかんが 4 こあります。
りんごとみかんをあわせて?こです。」
「いちごが 7 こあります。
れもんが 3 こあります。
いちごとれもんをあわせて?こです。」

を連結すると、「いちご」を「りんごとみかん」に置き換えることで、

「りんごが 3 こあります。
みかんが 4 こあります。
れもんが 3 こあります。
りんごとみかんとれもんをあわせて?こです。」

となる。

3.4 変化問題 3 文目 + 変化問題 1 文目

変化問題 3 文目 + 変化問題 1 文目では、連結部分はともに存在文であるため、同じ単文カードであれば、そのまま連結することができる。また、連結部分の存在文を省略しても、問題の意味は通るため、省略できる。

変化問題 3 文目 + 変化問題 1 文目の例として

「りんごが 3 個あります。
りんごを 4 こもらいます。
りんごが?個あります。」
「りんごが 7 個あります。
りんごを 2 こあげます。
りんごが?個あります。」

を連結すると、連結部分を省略することができるので

「りんごが 3 個あります。
りんごを 4 こもらいます。
りんごを 2 こあげます。
りんごが?個あります。」
となる。

4. システム概要

実際に作成したシステムについて説明する。まず、学習者に、問題のジャンルを選択させる。ジャンルは、単一演算事象の問題を連結し、複数演算事象の問題を作る、という作業を明確化させるため、単一演算事象を 2 つ作らせて、その後、複数演算事象を作成させる課題と、複数演算事象の問題のみを作成させる課題の 2 種類、また、それぞれ、合併問題 3 文目 + 合併問題 1 文目の「3 つあわせて」、変化問題 3 文目 + 変化問題 1 文目の「ふえたりへったり」、の計 4 種類のジャンルとなる。

複数演算事象における、実際のインターフェース画面を下に示す。問題作成画面での、基本的な操作方法は、先行研究の「モンサクン」とほぼ同様である。相違点は、問題を作るスペースに、単文カードを 4 枚配置できるように設定し、それにあわせて、診断部分も細かい変更を行った。

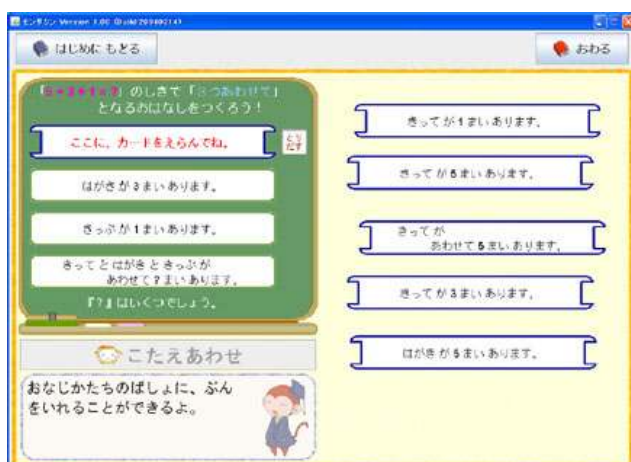


図1 作問学習支援システムのインターフェース

5. まとめ

本研究では、加減算を対象として、複数の演算を伴う複数演算事象問題を、単一演算事象問題が複数連結されたものと捉えた上で、その連結の形態を四つの分類した。これによって、これまで表現されていた単一演習事象問題に関する作問の分析機能を拡張し、複数演算事象問題の分析も可能となる。このシステムによる問題の診断に基づく、複数演習事象の作問学習支援システムについては、現在設計・開発中である。

今後、このシステムを完成させ、現場での試験的に運用することで、この演習可能性とその学習効果を評価する予定である。また、より複雑な問題構造を取り扱うことになることから、足場がけの一つとして、学習者の作る問題の構造の可視化に関しても重要な検討課題と考えている。

参考文献

- [Brown 93]Brown, S., and Walter, M.: Problem Posing: Reflections and Applications. L.E.A., New Jersey (1993).
- [平嶋 05]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).
- [平嶋 08]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)
- [中野 00]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, J83-D-I-6:539-549 (2000).
- [Polya 54]Polya, G.:いかにして問題を解くか. 丸善株式会社 (1954).
- [竹内 84]竹内, 沢田:問題から問題へ, 東洋館出版社(1984)
- [横山 06]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.23, No.4, pp.166-175(2006).
- [横山 07]横山 琢郎, 平嶋 宗, 岡本 真彦, 竹内 章: "単文統合による作文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.