

算数の文章題を対象とした問題オントロジー構築の試み*

5R-06

吉田 誠

平嶋 宗

竹内 章†

九州工業大学‡

1 はじめに

学習支援システムの問題演習機能には、問題の解説、出題の制御、回答の診断などの機能が必要であり、この実現のためにシステムは推論機構を用いて問題を解いたり、問題間の関係の解釈を行う。しかし、現在多くのシステムが独自の形式で問題データを記述しているため、他のシステムのために用意された問題を解いたり、問題間の関係を理解することができない。

そこで、本研究では問題オントロジーの構築を目指す。この問題オントロジーに基づいて問題データを作成することで、多くの学習支援システムで問題データを解釈できる形式で共有することが可能になる。まずは対象を算数の文章題に限定して構築することにする。

以下、第 2 章では問題オントロジーの必要性について述べ、第 3 章で問題の特徴記述について述べる。第 4 章で具体的な問題を記述し、第 5 章でこの記述による問題点を述べる。

2 問題オントロジーの必要性

問題演習においては、学習者の理解状態にあった問題を出題する必要がある。また、出題された問題が解けない学習者には、その学習者が解くことができる問題とどこが違うのかを理解させることが効果的である。このような支援を行うためには、システムが問題間の関係に関する知識を持っている必要がある [1]。これらの知識は問題間のリンクと、その意味付けとして表現することが可能であるので、ここではこれを問題ネットワークと呼ぶ。問題ネットワークの記述形式や内容は各システムごとに異なっており、再利用が困難である。また、新しく作った問題や他のシステムの問題を問題ネットワークに追加するためには、原則として、既存の全ての問題データとの関係を考慮する必要があり、柔軟性に欠ける。

筆者らは、問題データの記述形式とその意味付けを体系的に整理し、問題間の関係をこの記述により自動的に抽出可能にすることを目指している。これにより、問題データの共有、再利用や、問題ネットワークの動的な構成が可能になる。ここでは、問題データの記述形式とその意味付けの体系的な整理の結果として得ら

れるものは、問題に関するオントロジー [2] と言えるので、問題オントロジーと呼ぶことにする。

3 問題オントロジーの構築

本研究で構築するオントロジーは、四則演算で解ける算数の文章題を対象とするので、問題の特徴として「問題構造」、「対象」、「扱う数値の性質」の 3 つを考える。本稿ではこの 3 つの特徴のうち、もっとも本質的であると思われる「問題構造」の記述方法を考える。

算数の文章題とは、ある特定の状況下において複数の数量が与えられており、それらの数量を組み合わせで暗黙的に存在している数量を既知のものにしていき、解として指定されている数量が既知化されることによって解決されるものである。したがって、算数の文章題の本質は数量にあるのではなく、どの数量をどのように組み合わせるか、そして、どの未知の量を求めるのか、という点にあると見ることができる。この数量の組み合わせ方をここでは「問題構造」と呼ぶ。「問題構造」はさらに、問題が規定している数量の組み合わせを表現する「問題理解構造」と、計算の際に行われる数量の組み合わせを表現する「問題解決構造」より構成される。本研究では、この「問題構造」を数直線とその結合操作として一般的に記述することを試みている。

3.1 数直線

まず、問題中に表れる値を数直線で表現する。利用する数直線はその性質から 2 種類に分類される。(1) 数直線の長さに 1 つの値を割り当てたもの (図 1: 左) と (2) 数直線の長さで単位量を表したもの (図 1: 右) の 2 種類である。

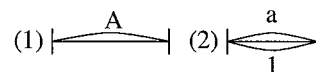


図 1: 数直線の性質

例えば (2) において数直線の上側に距離、下側に時間をとると、1 本の数直線で速さを表現することができる。同時に 2 数を扱う (2) の表記は、2 次元の面積による表記に置き換えることができるが、同時に扱う数が 3 を超えた時に表現不可能になる。また、速度の問題が図形の問題に置き換わり、問題の本質が変化する

*Building an ontology for the arithmetical word problem

†Makoto Yoshida, Tsukasa Hirashima, Akira Takeuchi

‡Kyushu Institute of Technology

るなどの問題もあるため、可能な限り数直線表記で問題を記述することにする。

3.2 操作

1本の数直線の状態を変化させたり、2本の数直線を組み合わせて新たな数直線を作成することを数直線の操作と呼ぶことにする。操作の例として、『連結』の操作を図2に示す。

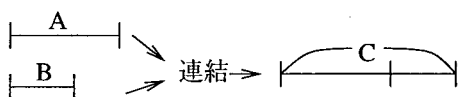


図2:数直線操作(連結)

この『連結』の操作は加算の合併に対応しており、このような記述法を用いることにより、問題構造を数値演算ではなく、数直線の操作という一般的な活動に置き換えて視覚的な表現で説明することができる。現在までに少なくとも14種類の操作法があることが分かっており、「つるかめ算」などの複雑な構造を持つ問題もこれらの操作の組合せで記述することができる。

4 問題記述の例

この章では、実際に数直線とその操作による表現の例として和差算の問題構造を記述する。

問題:『ある数 x を2つの数に分ける時、2つの数の差が y になるようにするにはどのようにわけばよいか』

図3は上記の和差算の例題の構造を、数直線とその操作で表現したものである。○で囲まれた記号が未知数を表している。実際に問題文から生成できる数直線が図3の「問題理解構造」、問題を解く過程が「問題解決構造」である。この「問題理解構造」と数直線操作に関する知識があれば、システムが推論により解を導くことも可能である。

5 問題点

5.1 操作の意味

この数直線表記によって区別できない問題も存在する。例えば、流水算の一つに船が川上へ進む時の速さ

と川下へ下る速さの差から、船と川の流れる速さを求める問題がある。この問題を数直線で記述すると、4章の和差算の問題とまったく同じになる。これは、現在数直線が概念に関する情報、ここでは数直線の長さが速さを表しているという情報を含んでおらず、図3の『連結』の操作が値を足すだけの意味なのか、相対的な値を求めているのかを区別できないためである。したがって、数直線が概念に関する情報を含むように変更する必要がある。また、概念に関する情報は3章で述べた問題の特徴のうち「対象」に含まれる情報である。したがって、問題を記述するのに「問題構造」だけでは不十分であり、「対象」や「扱う数値の性質」についても今後分析する必要がある。

5.2 操作の適用条件

図2に『連結』の操作を示したが、前節で述べたように数直線に概念に関する情報を含ませる場合は、この操作は図中のAとBが同じ単位系を持った概念を表している場合でなければ適用することができない。同様に他の操作に対しても適用できる条件が存在するが、この条件に関しては明確な定義がまだできておらず、今後の課題となっている。

6 おわりに

複数の学習者支援システムで解釈できる問題データを共有するためには、問題オントロジーの構築が必須である。本稿では算数の文章題の構造の記述法について述べた。今後は算数の文章題のオントロジーを完成させるために、操作の適用条件を定義し、「問題構造」以外の特徴を記述していく予定である。

参考文献

- [1] 平嶋宗, 中村祐一, 池田満, 溝口理一郎:ITSを指向した問題解決モデル MIPS, 人口知能学会誌, vol.7, No.3, pp475-486(1992)
- [2] 溝口理一郎, 池田満:オントロジー工学序説, 人口知能学会誌, vol.12, No.4, pp.65-75(1997)

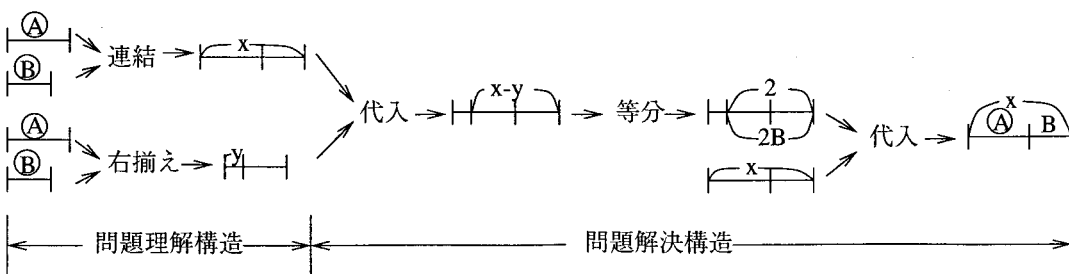


図3:和差算の構造