

## 算数文章題の理解を支援する知的教育システム

3B-3

柘谷直希<sup>†</sup> 高瀬 寿光<sup>†</sup> 柿永健司<sup>†</sup> 竹内章<sup>†</sup> 大槻説乎<sup>††</sup><sup>†</sup>九州工業大学情報工学部 <sup>††</sup>広島市立大学情報科学部

## 1 はじめに

本文章題支援システムは、算数の文章題中で示された事象の持つ演算関係の理解を支援することにより、根本的な数学の考え方を学習者に身につけさせることを目的とする。システム自身が文章題の事象を内部表現化し、演算との対応を理解する知識を持ち問題の解決を行うことにより、学習者への解法説明や質問応答の支援が可能となる。

本稿では、文章題の解法知識を作成するために有効な知識表現と、解法に基づいた支援方法について述べる。

## 2 文章題の知識表現

文章題支援システムでは、学習者への理解支援のためシステム自身が文章題を解く能力を持たなければならない。そこで我々は、算数の文章題の知識表現について次のものを考えた。文章題中に現れる事象はあるオブジェクトの状態とそれに対する作用(関係も含む)によって表される。状態、作用の知識表現に必要な情報は以下の通りである。また後述するアニメーションによる支援ではアニメーションを生成するためにオブジェクトの図形情報が必要となる。

<状態の知識表現に必要な情報>

- ・文番号: 文の出現順の番号。
- ・動詞: 文の動詞。
- ・実体: 文に出現するオブジェクト名。
- ・値: オブジェクトの数量と、その単位。
- ・属性値情報: オブジェクトの数値属性の単位と値。例「1個50円のボール」。
- ・状態位置: 初期状態、中間状態、終状態のいずれか。初期状態からはじまり、作用による状態変化によって中間状態または終状態に移行する。
- ・既知/未知: 問題で問われているものは最終未知、それ以外で未知のものを中間未知、具体値が与えられているものを既知と呼ぶ。

<作用の知識表現に必要な情報>

文番号、動詞および既知/未知は状態の場合と同様である。

- ・作用対象: 作用の対象となる状態と作用の組。
- ・作用値: 対象に作用する数量。

<sup>0</sup>An intelligent tutoring system assisting students in understanding mathematical words problems.

Naoki Kajiya<sup>†</sup>, Hisamitsu Takase<sup>†</sup>, Kenji Kakinaga<sup>†</sup>, Akira Takeuchi<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Kyushu Institute of Technology  
680-4 Kawazu, Izuka, Fukuoka 820, Japan  
Setsuko Otsuki<sup>††</sup>

<sup>††</sup>Hiroshima City University  
151-5 Otsuka, Numata, Asaminami-ku, Hiroshima,  
Hiroshima 731-31, Japan

- ・作用位置: 直前の状態位置と一致。
- ・作用: 動詞のもつ演算の概念。
- ・種類: 小学生用の問題集の分析に基づき作用の役割の違いにより4種類に分類した。

(1)状態変化: m個の状態からn個の状態への変化

(例)りんごが5個あります。3個食べました。何個残ったでしょう。

(2)比較: 状態のオブジェクトの値の相対関係を示すもの

(例)太郎君は8歳です。花子さんは太郎君より3歳年下です。花子さんはいくつでしょう。

(3)相対変化: 授与動詞のように相対変化を伴うもの

(例)太郎君はあめを5個、花子さんはあめを3個持っています。太郎君は花子さんに2個あげました。太郎君と花子さんのあめは何個でしょう。

(4)移動: ある地点/時点からの移動を伴うもの  
(例)太郎君は6時から9時まで勉強しました。太郎君は何時間勉強したでしょう。

算数の文章題では、上記のものが一つ以上組み合わせられて構成されている。

<アニメーションによる支援に必要な情報>

- ・オブジェクトの図形情報: オブジェクトを視覚化するために、数学的意味辞書によりオブジェクトのタイプ(色、形状等)を分類したもの

## 3 学習者への理解支援

我々は文章題の解法過程を次の3つに分けて考える。

(1)学習者が問題を読み、そこに書かれた数値情報や事象の流れを理解する部分

(2)事象の表している数学的意味をとらえて、演算関係を導く部分

(3)単位変換の必要性を考えたり実際の演算を行なう、計算テクニックの部分

支援方針として、学習者が3つの過程のどこを理解していないかを同定し、支援を行うことを考える。本システムの学習者への理解支援の方法としては、質問による支援、アニメーションを用いた解法説明、学習者からの質問に対する応答、学習者モデルを用いた戦略の決定の4つを用いている。

支援の大きな流れとして、学習者に問題文を提示し、答えを求めるための式の入力を求める。ここで学習者が誤りをおかした場合、質問による支援を行う。学習者は問題が提示された時および質問による支援の途中で質問を行うことができる。アニメーションを用いた解法説明は、質問による支援の段階で、システムが学習者に必要であると判断したときや、学習者からの要求に応じて

実行される。また問題の選定や質問による支援に学習者モデルを用いる。

### 3.1 質問による支援

システムが文章題を提示したとき、学習者が式を入力できなければ、システムは学習者が何がわからないのか、同定することができない。そこでシステムは、教材知識に対応した3つのステップに分かれた質問を行い、解法の理解を促す。それぞれのステップの質問内容とその順番は解法手順に対応しているため、学習者が間違ったとき、原因の同定が可能である。学習者が間違った式を入力した場合、3つのステップ中の、入力された式の誤り原因に対応するステップから質問を行う。

次に3つのステップ各々の支援について示す。

(1) 各々の状態のオブジェクト、作用を表す語、およびそれぞれの数量について問う  
ここでは文章題で示された事象中で対象となっているオブジェクトに関して質問を行い、事象のとりえ方、変化の流れについて理解することを目的としている。

<誤答への対応> 質問のもととなった文を示して再考を促す。それでも分らなければ答えを示し、次の質問を行う。

(2) 作用のもつ概念を「ふえる」や「へる」という言葉によって表現させ、事象の示す演算関係を、言葉を含んだ式によって表現させる、また実際に求めるべきものについて問う

ここでは作用を表した動詞や語の数学的な演算の意味と事象の流れにそった数量関係の理解を目的としている。

<誤答への対応> より細かい手順にそった質問を行う。さらに学習者が間違ったときは、アニメーションを用いた解法説明をする。

(3) 答えを求めるための式を立てさせる  
“具体値の式 = 未知数”の形で学習者に答えを導く式を入力させる。

<誤答への対応> 第2ステップへ戻る。さらに解答できないときはアニメーションを用いた解法説明を行う。

### 3.2 アニメーションを用いた解法説明

学習者によっては、質問による支援だけでは問題の解法を理解できない場合が生ずる。その場合システムはシステムはアニメーションを用いた説明を行う。オブジェクトの数量の変化や関係をアニメーションで表現することで、学習者は文章題中の事象を視覚的な変化で確認でき、演算関係の理解を容易に行うことができる。またシステム自身が立式する能力を持っているため、立式過程を説明することにより、システムは学習者に解法の説明を行うことができる。アニメーションによる支援は学習者が要求したとき及び前節の質問による支援中で学習者に対して支援が必要と判断されたときに行われる。

アニメーションによる支援は二段階に分かれており、文章題の事象の表している数学的意味を捉える場合には第一段階の説明を行い、立式過程まで説明する場合には第一段階+第二段階を通して説明する。

第一段階の説明は文章題が示している事象をオブジェクトの状態とそれに及ぼされる作用の流

れを表示する部分である。減少・増加といった作用の動きをアニメーションによって示すことで事象の流れを明確にする。

第二段階の説明は文章題の持っている数学的な概念をとらえ、立式・計算をする過程を説明するものである。求める答が作用前の状態や作用値であるときは、作用の意味を増えるや減るとい言葉になおし、逆作用の意味を説明する。そして答えを求める過程をアニメーションを用いて説明する。

### 3.3 質問・応答

システムが学習者に対して答を述べても、学習者には不十分であったり、理解できない場合が生ずる。そのため学習者は、システムが文章題を提示したとき、またシステムが学習者に理解支援を行っている時にシステムに対して質問を行える。

学習者はシステムに対して以下のような質問を行う事によりシステム側からの説明をより理解することが可能となる。

- ・システムが学習者に対して正しい解を示したり、間違いを指摘したとき、「なぜ」という入力により、正しい解の根拠や誤り理由を尋ねることができる。

- ・答えが分からないとき、「わかりません」という入力により、問題の解法を尋ねることができる。

- ・単語を入力することで、語の意味や概念を尋ねることができる。

質問による支援過程は、教材知識の解法手順と対応した質問を行うので、その手順と解法で用いた情報から、学習者に応答することができる。

### 3.4 学習者モデル

事象の理解に対する学習者モデルはオーバーレイモデルであり、学習者がそれぞれの知識を理解しているかいないかを明示している。理解状態の判断は、前節で述べた質問による支援過程での学習者の解答、および学習者からの質問を基にして行う。

学習者モデルの情報は、文章題の選定、システムからの学習者への質問内容の決定、解法を学習者に提示する時期の決定などに使う。

## 4 おわりに

本稿では、算数の文章題で示されている事象が状態と作用で構成されているととらえて、文章題の数学的な意味における知識表現と学習支援について述べた。学習者への理解支援に関しては、学習者へ質問を行うことにより、文章題のとりえ方と解法の理解を促す手順、アニメーション、文章を用いた解法説明、学習者からの質問応答および学習者モデルの概要について述べた。

今後、インタフェース、質問・応答等のシステム評価を行う予定である。

## 参考文献

- [1] 柿永健司, 柘谷直希, 竹内章, 大槻説乎: 算数の文章問題を解くための意味表現と理解支援に関する研究, 人工知能学会第14回知的教育システム研究会, pp9-16, (1996).