

# 問題作りによる学習を指向した算数文章題の三文構成モデル

## Triplet Sentence Model of Arithmetic Word Problem

平嶋宗<sup>\*1</sup>  
Tsukasa Hirashima

林雄介<sup>\*1</sup>  
Yusuke Hayashi

<sup>\*1</sup> 広島大学大学院工学研究科  
Department of Engineering, Hiroshima University

Every arithmetic word problems solved by one of four basic arithmetic operations can be described by three sentences. The three sentences can be categorized into two types of sentences, that is, relation sentence and existence sentence. Although a relation sentence is specified to the operation, an existence sentence can be used in any types of problems. Based on this model of arithmetic word problem composed of three sentences, we have developed interactive environment for learning by problem-posing. In this paper, we mainly describe the model itself.

### 1. はじめに

算数・数学の学習においては、「問題を解くこと」が非常に重視され、解けるようになることが学習の目的とされているといっ  
てよい。しかしながら、「解けるようになること」が必ずしも「わかっ  
ていること」にならないことも、誰も知っていることであるといえ  
る。算数・数学の学習の目標は、算数的・数学的なモデルを学  
習者に獲得されることが目的であり、その目的と達成する手段と  
して、問題とその解決があると考えられることもできる。筆者らはこの  
ような考えのもと、算数の文章題を対象として、そのモデル化と  
モデルに基づいた作問学習支援に関する一連の研究を行っている。モデル化では、1 回の四則演算で解ける文章題を二つの  
存在文と一つの関係文で構成されるものとして表しており、作問  
では、与えられた文集合から適切な三つの文を選び出して組み  
合わせることで問題を作らせている。このような問題を作らせる  
ことで、この問題に関するモデルを学習者に獲得させようとい  
ている。

ある対象についてのモデルを獲得させるためには、その対象  
とのインタラクションが必要であるといわれている。問題解決は  
そのインタラクションの一種であるといえることができる。しかしながら、  
インタラクションを通じたモデルの獲得は間接的であり、また、  
間違いも多いものといえるであろう。対象についての明示的な  
モデルがあれば、それを直接的に教えることも可能といえるが、  
そのモデルを記憶してしまうだけでは意味がないといえる。モデ  
ルを獲得する意義は、そのモデルを用いて様々な観点からの  
説明を行ったり、既知でない情報についても推定したりできるよ  
うになることであるからである。

このように考えた場合、学習者にモデルを組み立てさせる、と  
いうのが一つの有力な方法となる。基本的には、モデルの部品  
をあらかじめ用意し、それを学習者に組み立てさせ、さらに、そ  
の組み立てたモデルを判定することで、可否を知ることになる。  
このような試みはこれまでにも様々に行われているが、算数や  
数学などの既存の教育科目に対して行われている例はほとんど  
ないといっ  
てよい。

筆者らの研究においては、算数の文章題をモデル化し、その  
構成要素を単文単位で部品化している。そしてその部品の組  
み立てとして作問を行わせ、これによって、学習者による算数の  
文章題に対するモデルの獲得を促進しようという試みをこれまで

に行ってきた[横山 2006, 倉山 2012, 山元 2013a, 山元  
2013b]。作問学習のベースとなっている算数文章題のモデル  
[Hirashima 2014]について述べる。

### 2. 三文構成モデル

#### 2.1 基本的な考え方

1 回の四則演算で解ける算数の文章題には、被演算数、演  
算数、結果数の三つの数量が現れ、それぞれの数量は概念的  
に表現される。ここでは、これらの三つの数量を表す概念を数  
量概念と呼ぶ。算数の文章題における言語的表現は、この三  
つの数量概念を表しているといえる。このように考えると、この三  
つの数量概念の組み合わせが算数文章題の基本構造であるとい  
える。この三つの数量概念をそれぞれ一つの文で表したものが、  
三文構成モデルである。

以下ではまず、この三つの数量概念が、ある量の存在のみを  
表す存在概念と、他の量との関係を表す関係概念の二種類に  
分けられることを説明する。それぞれの数量概念に対応する文  
をそれぞれ存在文、関係文と呼ぶ。次に、文章題にはその背景  
となる「物語」が存在しており、この物語がまず分類可能であるこ  
と、およびその物語が含んでいる数量関係が関係式(等式であ  
るため関係等式とも呼ぶことができる)が決まってくることを示す。  
この中で、関係文は各物語に特有であるものの、存在文につい  
ては四則演算において共通であることを示す。

さらに、そして、その物語あるいは関係式において一つの数  
量を未知とし、残りの二つの数量を既知とした場合に、既知の  
二つの数量から一つの未知の数量を計算するような設定が、算  
数の文章題としての「問題」であると定義する。そして、問題にお  
いて答えを計算するための式を求答式であるとし、それらは関  
係式から導かれるものであると同時に、関係式の計算とは一致  
しないことがあることの把握が重要であることを述べる。

このモデルは、算数の文章題を構造的に捉えることの必要性  
を示しており、しばしば行われているようなキーワードによる教授  
や学習が局所的には有効であっても、長期的には破綻すること  
を示している。

#### 2.2 存在文と関係文

三文構成モデルにおける関係文と存在文のより詳細な分類  
を図 1 に示した。以下では、具体的な事例を図2に示した物語  
で説明する。物語1では、「リンゴが 5 個」、「リンゴが 8 個」が存  
在文であり、「リンゴを 3 個もろう」が関係文である。関係文は演

算と連動した数量概念であり、「もらう」前後の数量概念の存在を示唆している。また、物語2は「リンゴが 8 個」に対して、「皿1枚にリンゴ 2 個」、「皿が 4 枚」を組み合わせたものであり、乗除算を関係式として持つ物語が構成できている。ここでは、「皿1つにリンゴが 2 個ある」が関係文となっている。

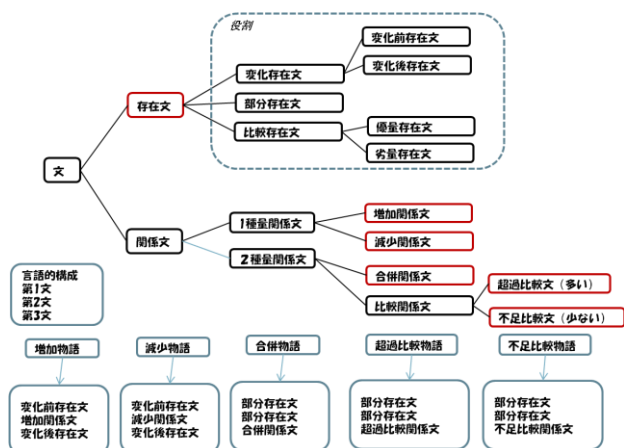


図1 三文構成モデルの模式図(加減)

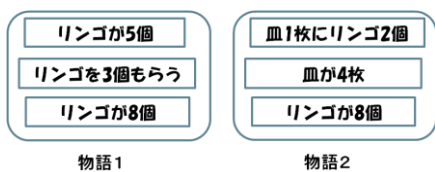


図2 四則演算の物語

### 2.3 物語の分類と関係文

加減の物語は一般に、増える、減る、合わせる、比べる、の四つに分けられるとされている。比べるはさらに、多い、少ない、の二つに分けることができる。これら計 6 種類の物語は、それぞれ特有の関係文を持っており、正しい物語は関係文によって特定され、その関係文が表す関係に応じた二つの存在文によって構成されることになる。乗算については、物語は二つに分けられる。一つは、「ある数量 1 あたりの別の数量」を関係文とする「一あたり」の問題であり、もう一つは、「何倍」を関係文とする「何倍」の問題である。ここで乗算の物語は、基準量×割合=比較量、という形で表現されることが多いが、一あたりの問題の場合、基準量が関係文となり、何倍の問題の場合、割合が関係文となる。

### 2.4 関係式と求答式

一つの物語は、三つの数量概念で構成される。このうちの一つの数量が未知で、二つの数量が既知の場合、未知の数量を既知の数量から求める問題が設定されたことになる。つまり、ある一つの物語より、三つの問題が作られることになる。物語は一つの関係式を持つが、そこから三つの求答式が作られることになる。関係式と異なる演算関係を持つ場合が、いわゆる逆思考問題となる。

### 2.5 基本単文集合

加減の5種類の物語は、それぞれの物語に応じた関係文と、三つの存在文によって作ることができる。つまり、8個の単文によって、5種類全ての加減の物語を作ることができる。この関係を

図3に図式化した。さらに、8個の単文の数量を未知とした7個の単文を加えることで、計 15 個の問題を作ることができる(なお、基本物語に含まれない問題(随伴問題と呼ぶ)が、無条件で4個、条件依存で6個作ることができる)。8個の単文の集合を基本単文集合と呼び、この8個によって作られる物語の集合を基本物語集合、さらに、これらの物語から作られる問題を、基本問題集合と呼ぶ。一つ基本単文集合を作成すれば、その単文の構成要素を等価交換すること、たとえば、リンゴをバナナに置き換えても数量関係的に等価であると宣言した上で交換することによって、派生的な単文集合および物語・問題集合を生成することができる。構成要素の等価性が保証されているので、その物語集合内での数量関係は、基本物語が含んでいた数量関係と等価であることが保証されている。したがって、基本物語集合と同様の自動診断が可能となっている。このことは、作問学習のための単文カードのオーサリングにおいて活用されている。

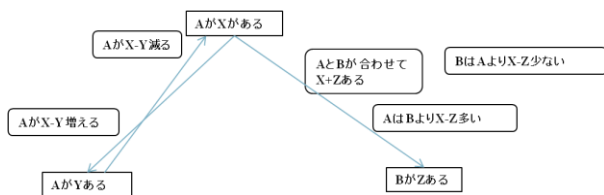


図3 基本単文集合の図式化

### 3. まとめ

筆者が開発している単文統合型作問学習支援システム:モンサクンは、本稿で述べたような算数の文章題のモデルに基づいて構築されたものとなっている。モンサクンでは、単文を組み合わせることで特定の関係式や求答式を含んだ物語や問題を作成する。この組み合わせと数量関係の確認を通して、言語表現と数量関係を結ぶ本モデルの獲得を期待している。

モンサクンは数年間に渡って算数の授業での運用実績があり、問題解決能力や作問能力において学習効果があることが示されている。これらはモンサクンを用いた学習活動の結果としてのモデルの獲得を示唆するものであるが、より直接的なモデルの獲得の証拠を示すことが、本モデルおよびそれに基づく学習活動を行わせることの妥当性を示す上で必要である。

### 参考文献

[Hirashima 2014] Hirashima, T., Hayashi, Y., Yamamoto, S.: Triplet Structure Model of Arithmetical Word Problems for Learning by Problem-Posing, Proc. of HCII2014(accepted).  
 [倉山 2012] 倉山めぐみ, 平嶋宗: 逆思考型を対象とした算数文章題の作問学習支援システム設計開発と実践的利用, 人工知能学会論文誌, Vol.27, No.2, pp.82-91(2012).  
 [山元 2013a] 山元翔, 神戸健寛, 吉田祐太, 前田一誠, 平嶋宗, "教室授業との融合を目的とした単文統合型作問学習支援システムモンサクン Touch の開発と実践利用", 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J96-D, No.10, pp.2440-2451(2013).  
 [山元 2013b] 山元翔, 平嶋宗, "特別支援学級でのモンサクンを用いた作問学習実践事例", 教育システム情報学会論文誌 30 巻 4 号, pp.243-247 (2013).  
 [横山 2006] 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).