

# 問題スキーマの洗練としての作問活動のモデル化

## Modeling of Problem-Posing Activities as Sophistication of Problem Schema

平嶋 宗  
Tsukasa Hirashima

広島大学大学院工学研究科  
Graduate school of Engineering, Hiroshima University

It is well-known that problem-posing is an important learning activity. We have already developed several interactive environments for learning by problem-posing and used the environments at several elementary schools practically. In this paper, categorization of types of problem-posing and system frameworks that support the learning are described. Then, consideration of problem-posing activities as sophistication of problem schema is reported.

### 1. はじめに

筆者はこれまで学習活動としての問題作りに注目し、その分類整理とそれらのエージェントベースの支援システムの設計開発に携わってきた。いくつかのシステムについては小学校等の教育現場で運用するまでに至っており、また、その効果の測定も行っている。しかしながら、「問題を作ること」の学習上の意義については十分に説明できていないのが現状である。これは、(1)「問題を作ること」自体が学習目標ではないため、「問題を作る能力」以外の指標でその学習上の意義を説明する必要があること、および(2)「問題作り」には非常に様々な形態があり、その形態によってその学習における意義も異なってくること、が主な理由になっている。

本稿では、まず、筆者が行ってきた作問学習およびその支援に関しての分類整理を行った上で、算数の文章題を対象として行っている解法ベースの作問学習支援を取り上げ、問題スキーマの洗練としての問題作りの意義を検討する。

### 2. 作問活動とその支援の分類

#### 2.1 問題の定義

「問題」という言葉が何を意味するかは文脈によって異なってくる。ここでは、「与えられた情報からある未知の情報を導くことが求められている課題」を問題とし、「所与情報+求答情報」で構成されるものとする。さらに問題においては、所与情報および求答情報が意味を持つために必要となる「状況」がそれらの情報によって特定されている必要がある。力学のような問題であれば、力学的状況が特定されている必要があり、また、算数の文章題においてもそれらの情報から算数的な演算が可能となる状況が特定されていることになる。そして、その特定された状況において、所与情報から求答情報を求めるための解法が一つ、ないし若干数に特定されているものとする。

#### 2.2 作問課題の設定

学習としての作問を行う場合、作問としての課題設定が不可欠となる。上記の問題の定義において、問題を構成する要素を(1)所与情報、(2)求答情報、(3)状況、(4)解法、の四つとしたが、これらの要素を事前に与える、あるいはそれらについての条件を与える、といったことで様々な作問課題を構成することができる。たとえば、解法を与えて、その解法で解ける問題を作成する、という作問課題がよく知られおり、解法ベースの作問課題と呼ばれる。また、問題を与えてその問題から別の問題を作らせるとい

った作問課題があり、これは問題ベースの作問課題と呼ばれる。問題ベースの作問課題の場合、作られる新しい問題が満たすべき条件をさらに設定することができ、たとえば、解法を同じにする場合と異なるようにする場合、状況を保つ場合と変更する場合、等があり得る。さらに、状況を与えて、そこで種々の所与情報と求答情報の組を作らせるといった作問課題もあり、これは状況ベースの作問課題と呼ばれる。第3章では、このうちの解法ベースの作問課題を中心としてその作問タスクと学習上の意義について検討する。

#### 2.3 診断方法

問題解決を演習として行う場合、正しい解答は基本的には一意に決まるため、正解さえ用意しておけば、学習者の解答の正誤の判定は容易であり、また誤りに対する指導も正解を提示することで最低限行えたことになる。しかしながら、問題作りを演習として行う場合には、様々な問題が正解となりえるため、正誤の判定がまず簡単ではない。また、作成される問題の質は学習者に任されているため、その質の判断まで行う必要がある。さらに、作った問題に誤りが含まれている場合にも、単一の正解がないため、どのような正解に導くのが適当かは作られた問題の吟味を必要とする。このため、学習者活動としての問題作りの実施は、作成される問題個々の診断が不可欠であるといえる。

本研究では、作成される問題の診断方法、(1)問題を作成した学習者自身による診断:Self-Assessment、(2)学習者間によるお互いの問題の診断:Peer-Assessment、(3)教授者による診断:Teacher-Assessment、(4)システムによる自動診断:Agent-Assessment、に分類している。次節では、Agent-Assessmentを指向した作問作業の設定について述べる。

#### 2.4 作問作業の設定

自由記述で作られた問題の自動診断は、誤りの診断までを考えると極めて困難であるといえる。そこで筆者らの研究グループでは、作問作業を Kit-Build 方式で行わせることで診断可能化している。Kit-Build 方式とは、あらかじめ用意されている部品を用いて完成品を作成する方式であり、作問においては問題の構成要素を問題の部品として学習者に提供し、学習者はそれを取捨選択・組み合わせることで問題を作成することである。

筆者は問題を構成要素と要素間の関係として記述する方法に関して研究を進めてきているが[平嶋 92]、この考えに沿えば、問題を作成するということを、構造的記述の構成要素を決めることと、それらに関係づけることに分けることが可能である。Kit-Build 方式の場合、構成要素を与えてしまうことになるが、この場合も関係づけの作業は残されることになり、また、構成要素の

決定においても、それらを自身で考え出すことは行わないが、提供された構成要素を認識し、その意味を理解する作業は行う必要がある。Kit-Build方式による作問の意義については、次章でさらに検討する。

筆者は Kit-Build 方式の作問として、これまでに、(1)概念や数値などに関する空欄を持った文のテンプレートと、その空欄に入れる概念・数値などをキットとして用意しておき、それらの組み合わせることによって一つの文および複数の文で構成される問題を作成する方法:単文テンプレート方式[中野 00]、(2)空欄を含んだ問題の全体構造(問題テンプレート)とその空欄にあてはめることのできる概念や数値などをキットとして提供しておき、それらの組み合わせることによって問題を作成する方法:問題テンプレート方式[中野 02]、(3)幾つかのひとまとまりの意味を持った文(単文)をキットとして提供し、取捨選択・組み合わせることによって問題を構成する方法:単文統合方式[横山 07]、といった三つの作問作業形式でのシステムを作成してきた。このうち、単文統合方式では作問にとって重要と考えられる問題構造の構成の部分を残しつつ、学習者にとっての作問作業の負荷を減らせることから、主にこの方法を用いた作問学習支援システムを教育現場で利用している。次章では、算数の文章題の作問を、解法ベースの作問を単文統合方式で行わせることの意義について考察する。

### 3. 問題スキーマの洗練としての作問

#### 3.1 具体化による問題スキーマの洗練

問題スキーマとは、様々な問題を同一の性質を持ったものとして捉えるための抽象的な問題構造であり、同じ構造と認識できた場合に適用可能な解法を伴っているのが通例である。この問題スキーマは数多くの問題を解くことによって獲得されるものとされており、また、問題を解く際に問題スキーマを用いるということは、問題の構成要素を抽象的に捉えることで、問題スキーマと一致させる活動ということになる。つまり、主に抽象化の活動の中で問題スキーマは利用・洗練されていることになる。

一般的に知識は事例からの一般化として得られるものであることを考えると、問題スキーマの獲得・洗練もそれに沿ったものであるといえる。しかしながら、知識を「具体化」する、ということも明らかに知識を洗練し、またその意味を確認する上で重要な役割を果たすことも明らかである。抽象的に知っていても、それについての具体的な事例を作り出せない場合、単に抽象的な知識としてだけ記憶しているだけあるといえる。つまり、事例を抽象化するだけでなく、その抽象化した知識から具体例を生成できることが洗練された知識を持っている状態であるといえる。

本研究では、問題作りを問題解決の次の段階と位置付けており、問題作りを行う学習者はすでに問題スキーマを持っていることが前提となっている。このような学習者が問題を作るということは、問題スキーマの具体化の活動を行わせていることになる。解ける問題を作れない学習者がしばしば見受けられるが、これは問題を抽象化して問題スキーマにあてはめる、という形で問題スキーマを用いることのできるものの、問題スキーマを具象化して新しい問題を作るという具体化の方向で利用することができない状態であると捉えることができる。つまり、抽象的な知識を持っていることと、それを具体化できることは一致せず、具体化する活動も学習として意義があることを示唆している。

#### 3.2 単文統合における作問活動

単文統合としての作問においては、学習者は単文を見て問題を作ることにあるので、純粋な問題スキーマからの具体化活動とは言い難い。少なくともまずは問題スキーマに部分的に合

致可能な単文を選択することになる。そのうえで、その単文による部分的な具体化に沿って、問題スキーマの可能な具体化を想定して、それに合致する単文を選択することになる。このため、部分的な具体化活動を行われると考えてよい。

単文統合の作問においても、もし種々のカードを組み合わせた上で、その問題が問題スキーマに合致しうるかどうかを調べるといった生成・検査の活動を繰り返すことも可能であり、これでも正しい問題を作ることができる。しかしながら、この場合非常に多くの問題を作ることが必要となり、効率的とはいえない。

一例として、筆者らが小学校4年生1クラス39名に対して行ったシステム利用の実践[Hirashima 11]では、単文統合型の解法ベースの作問を8時限(1時限45分, 5週間)に渡って算数の授業をして行ったところ、生徒はこの間平均 268.82(標準偏差 63.34)問の作問を行い、そのうち 192.05(標準偏差 29.93)問が妥当なものであった。このことから、生成・検査による作問はほとんど行われていないことがうかがわれる。ただし、この作問数は生徒がシステムに対して診断要求を出したものであり、セルフアセスメントの形で生成・検査的なことを行っている可能性もある。これについては、履歴のさらなる分析が必要といえる。

また、具体化を作問活動の本質的な部分と捉えると、必ずしも一つの問題を完成させることが作問として重要とはいえない可能性がある。たとえば、ある単文を一つ選ばせただけで、それに対して他に必要な単文を生徒自身に生成させるといったことのほうは、より直接的に問題スキーマの具体化としての作問活動を行わせていることになる。さらに、単文ではなく、より細かい概念を起点とした作問を行わせたり、また、問題の一部を変更させて、それに応じた他の部分の変更を行わせるといったことも、具体化活動として有意義を思われる。

### 4. おわりに

本稿では、具体化活動としての作問の意義について考察した。この考察に基づけば、必ずしも問題を完成させることが作問活動の本質ではなく、問題を構成する一部の具体的な要素からの部分の具体化を行うことで、より有効な具体化としての作問活動が行える可能性がある。筆者らの研究グループでは、このような考察に基づく作問学習支援システムの設計・開発と、その実践、さらに、問題作成プロセスの分析とその効果の測定といったことを今後さらに続けていく予定である。

#### 参考文献

- [平嶋 92] 平嶋 宗, 中村 祐一, 池田 満, 溝口 理一郎, 豊田 順一: ITS を指向した問題解決モデル MIPS, 人工知能学会誌 7(3), 475-486(1992).
- [Hirashima 11] Hirashima T., Kurayama M.: Learning by Problem-Posing for Reverse-Thinking Problems, Proc. of AIED2011(accepted).
- [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 D-IVol. J83-D-I, No.6, pp.539-549(2000)
- [中野 02] 中野明, 平嶋宗, 竹内章, "演算の理解を指向した作問学習支援システム", 人工知能学会論文誌, 17 巻, 5 号, pp.598-607, 2002.
- [横山 07] 横山, 平嶋, 岡本, 竹内: 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).