

## 問題理解モデルに基づく問題解説

1D-4

## — 解説の生成 —

河野 隆宏 平島 宗 中村 祐一 溝口 理一郎 豊田 順一

大阪大学産業科学研究所

**1. はじめに**

学生の問題解決においては、解法を知っているにもかかわらずその解法が適用できることに気づかないために行き詰まるといったことがよくある。つまり、基本的な例題(基本問題)に対しては解法を適用できるが、問題表現が異なる応用問題に対しては解法を適用できないといった状態である。このような学生は基本問題と応用問題の等価性さえ発見できれば応用問題についても解法を適用できると考えられる。このことより、解ける基本問題と解けない応用問題を対応付けてそれらの等価性を説明することは、学生の問題解決を支援する有力な手段の1つであると考えられる。

ここでは、学生がある問題についての問題解決に行き詰まった際に、その問題を学生が解決できる基本問題と対応付けて等価性を説明することを問題解説と呼ぶことにする。本稿では、著者らが提案している問題理解の認知モデル<sup>[1][2]</sup>と問題分類<sup>[3]</sup>に基づき、問題解説の一般的な生成法について述べる。

**2. 問題表現ネットワーク**

著者らは問題理解の認知モデルを明らかにするといった観点から、解法が選択されるために必要十分な条件を表現している解法インデックスと学習者の問題理解状態を表現する問題理解ネットワークについて考察してきた<sup>[1][2]</sup>。一方、問題理解モデルを教材知識として利用するといった観点にたつと、解法インデックスと問題理解ネットワークは問題を構造的に表現したものとして捉えることができる。本稿では、問題理解モデルを問題解説を生成するための教材知識として利用するといった立場より、解法インデックスと問題理解ネットワークをともに問題表現ネットワークと呼ぶ。解法インデックスの階層構造は、さまざまな抽象レベルにおいて問題を表現する問題表現ネットワークの階層構造であると見なすことができる。また、問題理解操作は、同じ解法を適用できるといった意味での問題の等価性を保ったまま、問題表現ネットワークの抽象度や構造を変化させる操作であると見なすことができる。問題表現ネットワークの構造を変換する操作は特に問題変換操作と呼ぶ。

教材知識としてこのような問題表現ネットワークおよび問題表現ネットワークに対する操作を用意することにより、問題間の等価性は、問題表現ネットワークの抽象度を変化させることによる共通の上位問題表現ネットワークの発見、あるいは問題変換操作による同一の問題表現ネットワークの生成として示すことができる。

**3. 問題解説**

本節では、基本問題と対応付けることによって行う一次問題<sup>[3]</sup>の解説と、一次問題に変換することによって行う二次問題<sup>[3]</sup>の解説について述べる。一次問題と基本問題の等価性は

問題表現ネットワークの階層構造を用いて示すことができる。二次問題と一次問題の等価性は、二次問題に問題変換操作を加えて一次問題に変換することによって示すことができる。

**3.1 一次問題の解説**

本節では、一次問題の解説として問題群内の基本問題と対応付けて解説する場合と、異なる問題群に属する基本問題と対応付けて解説する場合について述べる。ここで、基本問題を解法の学習に使う例題であると考え、問題解説の対象を少なくとも基本問題を解ける学生であるとする。この基本問題に対応する問題表現ネットワークを基本問題表現ネットワークと呼ぶ。例えば、ツルカメ算の解法であれば図1のような問題を基本問題とし、基本問題表現ネットワークは文献[3]の図1のようなものとする。一次問題の解説は解説対象の問題と、この基本問題表現ネットワークを対応付けることを行って行く。問題群ごとに基本問題があるとしたり、あるいは解ける問題をすべて基本問題と考えることも可能であり、その場合も同様の問題解説法が利用できる。

**3.1.1 問題群内の対応付け**

この節では、解説する問題と同じ問題群内に基本問題がある場合について述べる。

問題が与えられると、システムはそれに対応する抽象度の最も低い問題表現ネットワークを、問題表現ネットワークの階層構造より見つけ出す。続いて、基本問題の基本問題表現ネットワークと、与えられた問題の問題表現ネットワークとの共通の上位問題表現ネットワークを見つかる。例えば、ツルカメとキジイヌの問題についての共通の上位問題表現ネットワークは、ツルキジといった抽象度の低い概念の代わりに動物という抽象度の高い概念を含んだものとなっている。この上位問題表現ネットワークを用いることにより解説対象の問題と基本問題との等価性を解説することができる。

解説対象の問題と同じ問題群に属する抽象度の高い問題表現ネットワークを用いて、その問題を同じ問題群に属する基本問題と対応付けることにより、次のような問題解説を行うことができる。(1)まず、基本問題を示し同じ解法の適用により解決される問題であることを指摘する。(2)次に、問題中のそれぞれのインスタンスが基本問題中のどのインスタンスに対応しているかを指摘する。(3)さらに、対応するインスタンスの共通の上位概念を示し、その上位概念がインスタンスの対応を保証していることを指摘する。問題群内の問題の対応付けであれば対応するインスタンスには共通の抽象的概念が存在するため、その概念を用いた対応の説明で十分であると考えられる。

図3にこのような問題解説の例を示した。

**3.1.2 問題群間の対応付け**

異なる問題群に属している問題間に共通な上位問題表現ネットワークは、汎用問題表現ネットワークである。汎用問題表現ネットワークとは、文献[3]の図2のように数値の関係だ

Explanation of Problems Based on a Cognitive Model of Problem Understanding  
— Generation of Explanations —

Takahiro Kohno, Tsukasa Hirashima, Yuichi Nakamura, Riichiro Mizoguchi, Jun'ichi Toyoda  
The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University.

けで表現されたものである。つまり問題群の異なる問題間の等価性は、数値関係でしか説明できないことになる。例えば、ツルカメの問題と切手の問題の等価性を説明する場合、共通の上位概念として適切なものがなく共通の上位問題表現ネットワークを用意することは困難である。このような場合汎用問題表現ネットワークを用いて説明する必要がある。

汎用問題表現ネットワークを用いることにより、解説対象の問題を異なる問題群に属する基本問題と対応付けて次のような問題解説を行える。(1), (2)は問題群内の場合と同様である。(3)この場合、インスタンスの対応を説明する上位概念は存在しないので、対応するインスタンスの持つそれぞれの問題内での他のインスタンスとの関係が同様であることを指摘し、問題間のインスタンスの対応の妥当性を示す。(4)さらに、インスタンスの値を変化させることによって、それぞれの問題内のインスタンス間の関係が同じであることを明示的に示し、(3)の解説を補足する。(5)可能であれば、解説対象となる問題が扱っている数値を基本問題の扱っている数値に揃える。インスタンス間の対応がつきにくい場合でも、数値が同じであれば対応を受け入れやすくなると思われる。(6)最終的には、基本問題の解法の実行過程を示し、その過程で現われる各要素を解説の対象となっている問題のインスタンスと対応付けて、基本問題と同様の解法を用いて実際に解が導けることを示す。

図3にこのような問題解説の例を示した。

3.2 二次問題から一次問題への変換

二次問題は、汎用問題表現ネットワークの示している数値関係を陽には持たないので、一次問題に比べて問題理解が困難であると考えられる。このため、二次問題を一次問題に変換しその変換過程を説明することは、問題解説として有効であると考えられる。本システムでは、二次問題の初期問題表現ネットワークに対して、値の生成を伴う概念の付加によって、一次問題の初期問題表現ネットワークと一致する問題表現ネットワークを生成する。このような操作を加えることにより、等価性を保ったまま二次問題を一次問題に変換することができる。

二次問題から一次問題への変換操作の過程は文献[3]に述べたとおりである。図4に問題の変換例および、変換の説明の例を示す。

問題解説は(1)まず変換によって生成された一次問題を示し、(2)次に、行われた問題変換操作を指摘する。生成された一次問題についての解説は3.1節で述べたとおりである。

4. まとめ

本稿では、問題理解の認知モデルに基づいた問題解説の生成法について述べた。この方式は、問題表現ネットワークにのみ依存するものであり、教材に依存しない汎用の解説生成を可能にしている。今後、この方式に基づく問題解説システムの構築を行う予定である。

参考文献

[1] 平島他：ITSのための認知モデル：問題理解と問題解決，人工知能学会研究会資料，SIG-KBS-8902(1989).  
 [2] 平島他：ITSのための認知モデルと教育戦略，人工知能学会第3回全国大会論文集，(1989).  
 [3] 平島他：問題理解モデルに基づく問題解説 - モデルと問題分類 - ，情報処理学会第39回全国大会講演論文集，(1989).

ツルとカメ合わせて、X匹います。足は全部でY本です。ツルとカメはそれぞれ何匹ですか。

図1 基本問題

[問題群内の問題1]

キジとイヌが合わせて、10匹います。足の本数は、全部で30本です。キジとイヌはそれぞれ何匹ですか。

- (1) 基本問題にあたるツルとカメの問題  
図1 (Xの部分に10、Yの部分に30を代入)
- (2) インスタンス間の対応の説明  
ツルの足の本数が2本     ::     キジの足の本数が2本  
                                  ::  
                                  ::
- (3) 等価性の説明  
2本足の動物であれば、ツルと置き換えられます。

図2 問題群内の説明例

- (1) 問題  
20円切手と50円切手を合わせて10枚買いました。そして、350円支払いました。それぞれ何枚買ったのですか。
- (2) インスタンス間の対応の説明  
ツル                     ::     20円切手  
カメ                    ::     50円切手  
ツルの足の本数        ::     20円切手の値段が20円  
                                  ::
- (3) インスタンス間についての対応の説明  

(ツルの匹数)	×	(ツル1匹あたりの足の本数)	=	(ツルの匹数分の足の本数)
↓		↑		↑
(20円切手の枚数)	×	(20円切手1枚当たりの枚数)	=	(20円切手の枚数分の値段)
- (4) シミュレーション  

(ツルの匹数)	×	(ツル1匹あたりの足の本数)	=	(ツルの匹数分の足の本数)
1	×	2	=	2
2	×	2	=	4
3	×	2	=	6

  

(20円切手の枚数)	×	(20円切手1枚当たりの枚数)	=	(20円切手の枚数分の値段)
1	×	20	=	20
2	×	20	=	40
3	×	20	=	60
- (5) 問題の数値の変換  
“2円切手と4円切手を合わせて10枚買いました。そして、30円支払いました。それぞれ何枚買ったのですか。”

図3 問題群間の説明

[平均点の問題 (二次問題)]

“A組の人数は40人で、テストの平均点は69点でした。男子の平均点は65点、女子の平均点は75点になりました。男女のそれぞれの人数は何人ですか”

- (1) 変換された平均点の問題 (一次問題)  
“A組の人数は40人で、テストの総得点は2760点でした。男子の平均点は65点、女子の平均点は75点になりました。男女のそれぞれの人数は何人ですか”
- (2) 問題変換操作  

(平均点)	×	(人数)	=	(総得点)
↑		↑		↑
69	×	40	=	2760

図4 二次問題から一次問題への変換