

問題理解モデルに基づく問題解説

1D-3

— モデルと問題分類 —

平島 宗 河野 隆宏 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

学生の問題解決を観察していると、基本的な例題(基本問題)なら解けるが応用問題は解けないといったことがよくみられる。同じ解法を用いる問題同士であれば問題を抽象的に捉えることによりそれらの等価性を発見することができるはずである。また、その等価性に基づいて問題表現やインスタンス間の対応関係を説明することができると考えられる。基本問題は解けるが応用問題は解けないといった学生の多くは、基本問題と応用問題との等価性を見つけないことができなかったり、どのような条件のもとで基本問題に解法を適用したのかを把握していないと考えられる。

このような学生に対して解けない応用問題と解ける基本問題との等価性を示してやることは、問題解決を支援する有効な問題解説となっていると考えられる。本稿及び文献[1]では、著者らが提案している問題理解のモデル^{[2][3]}を用いることによって可能となる問題解説について述べる。問題間の等価性は問題理解過程で必要となる問題理解操作と解法インデックスの階層構造に基づいて発見することができ、それらを用いることによって問題解説を生成することができる。本稿では、問題理解のモデルとそれに基づく問題分類について述べ、問題解説の生成については文献[1]で詳述する。

2. 問題理解のモデル

人間の問題解決過程は、問題理解の過程と解法実行の過程に分けることができる^{[2][3]}。ツルカメ算の解法で解ける問題の場合を考えてみると、問題を解釈、整理してツルカメ算の解法が適用可能であることを認識する過程が問題理解の過程である。本節では、この問題理解の過程を表現するモデル

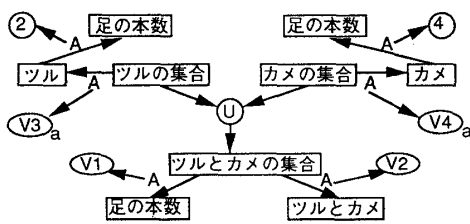


図1 ツルカメ算の解法インデックス

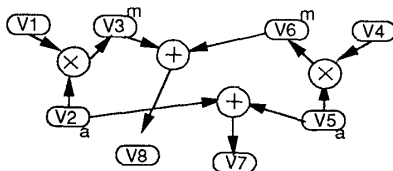


図2 汎用解法インデックス

について述べる。

2.1 問題理解モデルの枠組み

本モデルでは、問題理解過程を解法を選択するためのインデックスの生成過程として捉える。ここで、問題理解によって生成されるインデックスを問題理解インデックスと呼び、解法側に付いているインデックスを解法インデックスと呼ぶことにする。解法インデックスと一致する問題理解インデックスが生成されることにより解法が選択されると考える。

これらのインデックスは、概念や値およびそれらの間の関係を表現するネットワークを用いて表現できる^[2]。また、学生が問題理解インデックスを生成する過程における問題理解状態も同様のネットワークで表現し、問題理解ネットワークと呼ぶことにする。問題理解ネットワークのうち問題に明示された概念、値および関係だけを表現したものを初期問題理解ネットワークと呼ぶ。問題理解インデックスは、解法インデックスとの照合の対象となる問題理解ネットワークと考えることができる。つまり、問題理解の過程は、初期問題理解ネットワークから適切な問題理解インデックスを生成する過程である。この過程で問題理解ネットワークに対して加えられる操作を問題理解操作と呼ぶ。

2.2 解法インデックス

図1にツルカメ算の解法インデックスの一例を示した。問題理解過程においてこの解法インデックスと一致する問題理解インデックスが生成されることによってツルカメ算の解法が選択される。この解法インデックスは、ツルとカメの匹数と足の総本数からツルとカメのそれぞれの匹数を求める問題にしか対応しない。たとえば、ツルとカメがキジとイヌに置き換わった問題に対してツルカメ算の解法を選択するためには、ツルとカメを動物に抽象化した解法インデックスを持つことが必要となる。このように、抽象度の高い解法インデックスを持つことにより、解法の汎用性は大きくなる。抽象度の異なる解法インデックスは、その抽象度の違いによって階層的に表現できる^{[1]-[3]}。

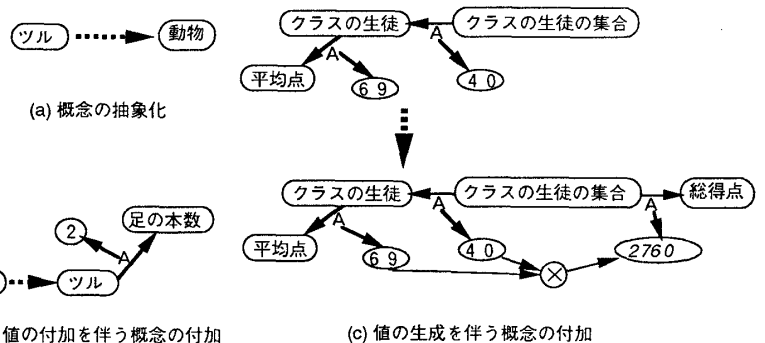


図3 問題理解操作

Explanation of Problems Based on a Cognitive Model of Problem Understanding
— The Model and Problem Classification —

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

解法インデックスを解法の適用対象となるインスタンスに依存しないように、数値間の関係だけで記述することができる。このように記述された解法インデックスを汎用解法インデックスと呼び、ツル、カメや動物といった解法の適用対象となるインスタンスに依存した概念を含んでいる解法インデックスと区別する。図2にツルカメ算の解法の汎用解法インデックスを示した（これをツルとカメの問題に対応付けると、V1:ツルの足の本数, V2:ツルの匹数, V3:ツルの足の総本数, V4:カメの足の本数, V5:カメの匹数, V6:カメの足の総本数, V7:ツルとカメの匹数, V8:ツルとカメの足の総本数, となる）。問題がどのようなインスタンスを対象としたものであっても、汎用解法インデックスの示す数値関係を持っていればツルカメ算の解法を用いて解決可能である。つまり、汎用解法インデックスはツルカメ算の解法を適用するために問題が満たしているべき必要十分な条件を示している。

2. 3 問題理解ネットワークに対する操作

問題理解ネットワークに対する操作には、概念の抽象化、値の付加を伴う概念の付加、値の生成を伴う概念の付加がある。これらの問題理解操作を図3に示した。図3(a)は概念の抽象化の例である。この問題理解操作は、領域の常識に基づいて操作対象となった概念をその上位概念に置き換える操作である。図3(b)は値の付加を伴う概念の付加である。ツルの足の本数は領域に関する常識を参照することにより求めることができる。このような問題理解操作を値の付加を伴う概念の付加と呼ぶ。図3(c)は値の生成を伴う概念の付加である。クラスの生徒の総得点は領域に関する常識を参照するだけでは求めることができない。このため、クラスの生徒の平均点とクラスの生徒の人数を掛けることにより求めなければならない。このように、領域の常識に明示されていない値を求めて付加する問題理解操作を値の生成と呼ぶ。

値の生成を伴う概念の付加の例を図4に示した。図4(a)はツルカメ算の解法で解決できる平均点の問題である。図4(b)中の実線で描かれた部分は初期問題理解ネットワークである。これには、ツルとカメの問題における足の総本数に対応するクラスの総得点が欠けており、これを補う問題理解操作が必要となる。図4(b)の破線の部分のようにクラスの人数と平均点の積を求めることによりクラスの総得点を生成できる。

3. 問題の分類

本節では2節で述べた解法インデックスの階層構造と問題理解操作に基づいて問題の分類を行う。

3. 1 一次問題と二次問題

同じ解法を用いて解決される問題であっても、問題理解に必要な問題理解操作の種類が異なれば、異なった種類の問題として分類できる。ここでは、問題理解操作として概念の抽象化や値の付加を伴う概念の付加だけがが必要な問題を一次問題とし、値の生成を伴う概念の付加が必要な問題を二次問題とする。

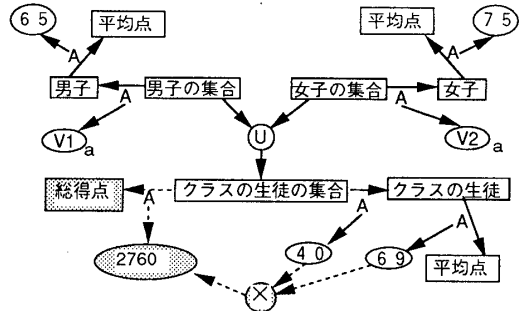
図4(a)の平均点の問題1は二次問題の例である。図4(b)はこの問題に対して値の生成を伴う問題理解操作を加えることによって生成される問題理解ネットワークである。この問題理解ネットワークと一致する初期問題理解ネットワークを持つ問題は、平均点の問題1中の「テストの平均点は69点です」が「テストの総得点は2760点です」に置き換わった一次問題である。このように、二次問題が一次問題に変換されると、概念の抽象化と値の付加を伴う概念の付加によって問題理解インデックスを生成することが可能となる。

3. 2 問題群

ツルカメ算の一次問題にはツルとカメやキジとイヌといっ

A組の人数は40人で、テストの平均点が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。男女それぞれの人数は何人ですか。

(a)平均点の問題1



(b)問題理解ネットワークに対する問題理解操作

図4 平均点の問題1に対する問題理解

た動物とその体の一部の本数を扱う形式の問題以外に、平均点の問題や切手の枚数と値段に関する問題などがある（例“100円切手と300円切手が全部で4枚、1000円分あります。それぞれ何枚ずつあるでしょう”）。概念の抽象化による解法インデックスの抽象化ではこれら問題に対応できる抽象度の高い解法インデックスを生成することは困難である。たとえば、ツルとカメの問題とキジとイヌの問題にも対応できる解法インデックスを生成することは、解法インデックス中のツル、カメやイヌ、キジといった概念をそれらの上位概念である動物と置き換えることによって可能である。しかし、ツルとカメの問題にも切手の問題にも対応できる解法インデックスを生成しようとしても、ツル、カメと切手の共通の上位概念として適当なものを示すのは困難である。これらの問題に対して同一の解法が適用可能であることは、汎用解法インデックスを用いて示すことが適当であると考えられる。つまり、二つの問題を比べた場合、共通の上位概念を通して、同一の解法が用いられるという意味での等価性を説明できる組と、汎用解法インデックスを用いなければ等価性を説明できない組があることになる。

共通の上位概念を用いて等価性を説明できる問題の集合を問題群と呼び、共通の上位概念を持たない問題同士は、異なる問題群に属しているとする。異なる問題群に属する問題は、汎用解法インデックスによって等価性が説明される。

4. まとめ

本稿では問題理解のモデルに基づく問題分類について述べ、一次問題と二次問題および問題群の存在を示した。文献[1]においてこの分類に基づく問題解説について述べる。

参考文献

[1] 河野他：“問題理解モデルに基づく問題解説 - 解説の生成 -”，情報処理学会第39回全国大会講演論文集，(1989).
 [2] 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).
 [3] 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).