

問題間の関係の外化を支援する知的学習支援環境

Format guideline for manuscripts of JSAI 2003 for MS Word

中野 明 平嶋 宗 竹内 章

Akira NAKANO Tsukasa HIRASIMA Akira TAKEUCHI

九州工業大学

Kyushu Institute of Technology

A learner who can solve a problem cannot always understand the problem adequately. In order to deeply understand a problem, it is effective that s/he poses various problems which can be solved by the solution method of the problem. Moreover, after problem posing, it is important for her/him to consider and indicate relations between the problems posed by her/him.

In order to let the learner think about the relations, we propose a support environment for learning by describing “problem map”. The “problem map” is a kind of semantic network where a node is a problem and a link describes relations between two problems. In order to make the problem map, s/he has to consider the content of each problem and find the relations between them.

We are developing the support environment for making the problem map of arithmetical word problems. The system cannot only provide learners with a workspace to make the problem map, but also diagnose the problem map made by them.

1. はじめに

文章題に合わせて解法を適用する訓練は算数教育の一般的な手法である。この訓練では、学習者は文章が示す「概念関係」から、算数の問題解決に関わる「数量関係」を解釈し、その「数量関係」において適用可能な「解法」を探し適用する。一方、文章題に合わせて解法が適用できるようになる訓練だけでなく、解法に合わせてその解法が適用できる文章題が作れるようになる訓練も必要な学習であるとされる。解法に合わせて文章題を作るためには、文章題つまり「概念関係」が、「解法」の適用に必要な「数量関係」を示しているかどうか意識しなければならないため、「解法適用の数量関係」つまり「解法適用の条件」に関する知識を「概念関係」と対応させた上で洗練されてゆくことが期待できる[1]。著者らはこれまで、この「解法に合わせてその解法が適用できる文章題が作れるようになる訓練(以後、作問学習と呼ぶ)」を知的に支援・制御する学習環境の開発を行ってきた[1, 2, 3]。

「概念関係」が「解法適用の条件」を満たしているかどうか意識するとは、具体的には、概念関係の特徴が解法適用に関してど

のように影響するかを考慮するということである。そのため作問学習を通して、学習者は、解法を考慮した「概念関係の特徴の整理」を行っていると考えられることができる。しかし、解法を考慮した「概念関係の特徴の整理」の習熟には、個々の解法に応じた概念関係を構成できるだけでなく、同じ解法が適用できる概念関係同士の違いや、異なった解法が適用される概念関係同士の違い、を説明できなければ十分とはいえない。同じ解法が適用できる概念関係同士の違いや、異なった解法が適用される概念関係同士の違い、を説明する知識というのは、概念関係同士、つまり、文章題同士を比較することで獲得すると考えられる。しかしながら、作問活動において、「自分がこれまで作った文章題同士を比較する活動」というような「文章題同士の比較活動」は、「自己の活動を振り返る活動(つまりは、内省活動)」の一種であるため、必ずしも多くの学習者が行える活動ではないとされる。そこで、作問活動を補完する意味で、作問活動の次課題としての、解法を考慮した「概念関係の特徴の差異」に焦点を当てた「比較考察の活動」は重要な役割を持つと考える。

本研究では、解法を考慮した「概念関係の特徴の整理」を目指すために、作問学習を既に行った学習者に対して、彼らの作った文章題と同種の文章題を対象とした文章題間の関係外化

連絡先:九州工業大学, 〒680-4 飯塚川津 820-8502, Tel: 0948-29-7609, nakano@minnie.ai.kyutech.ac.jp

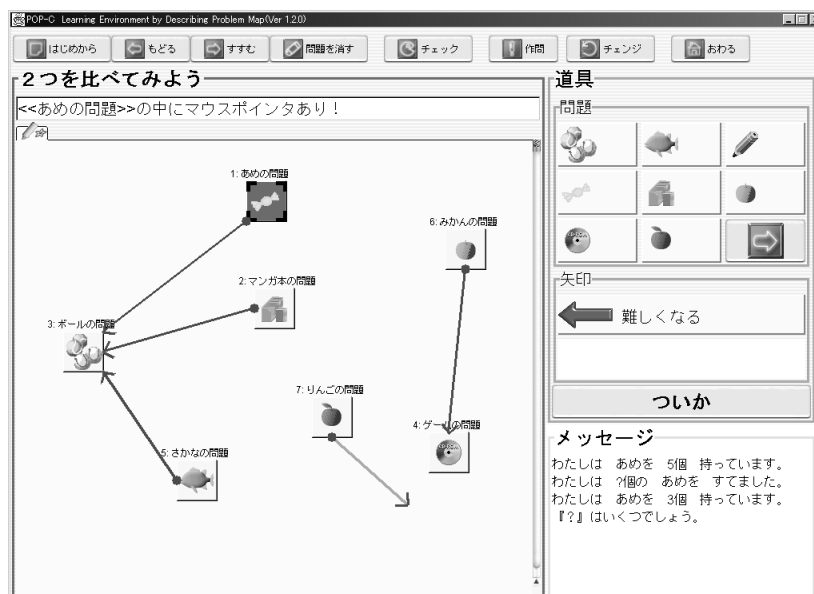


図 1 : POP-C インタフェース

作業を行わせる。そこで、学習者自身に文章題同士の関係を様々な形で外化できる描画環境と、作成した関係を診断してフィードバックする機能を提供し、文章題間の関係の外化作業を知的に支援する環境(以後、POP-C と呼ぶ)の設計と開発を行った。

POP-C は、小学校の算数の文章題を対象として、3パターンの問題間の関係外化方法を提供する。本稿では、POP-C を小学校で利用した結果と、描画結果の考察を報告する。

2. 問題マップ作成支援環境

学習者によって描かれた概念間の関係のネットワーク表現のことを概念マップと呼ぶことがある。また、概念マップを学習者が作成することを「学習者による概念マップの外化」と呼び、その作成を支援することを概念マップの外化支援と呼ぶことがある[4, 5]。本研究では、文章題同士の差異を関係として、文章題同士の関係のネットワーク表現を「問題マップ」と呼び、「問題マップの外化」および「外化支援」を、学習者に問題間の関係のネットワーク表現を作成させること、およびその作成を助けることを指すこととする。図1は POP-C のインタフェースであり、図1右側のネットワーク表現が、2つの文章題間の差異を記述するための問題マップである。この問題マップは、小学校6年生を対象に行った POP-C 利用実験(2002 年 12 月)において、被験者が作成したものである。

「外化支援」においては、外化しやすい環境だけでなく、外化された問題マップの質を吟味する機会を学習者に提供しなくてはならない。しかしながら、これまでの多くの概念マップの場合、

学習者がノードやリンクに対して様々な意味を込めていると考えられるが、表面的に与えられるものは単なるラベルであり、それを計算機が解釈することは極めて難しかった。このため、作成された概念マップを意味的に評価することをあきらめるか、あるいはノードやリンクの意味を捨象し、単なる有向グラフと解釈することによって数理的な手法で評価するアプローチが採られていた[6, 7]。

著者らは、これまでの研究において、算数の文章題の特徴記述に関する整理を行っている。この文章題の特徴記述は、問題マップのノードである「文章題」の意味に相当している。POP-C では、「文章題」の特徴を要因と捉えることで、問題マップ中のリンク、つまり、文章題間の差異を、各要因における差異の有無として診断する。さらに、「文章題の特徴」のうち「文章題の難しさに関する特徴」に関しては、各要因における差異に難易の順序付けを行っている。これにより、「文章題の難しさの差異」を外化した問題マップであれば、「文章題の差異がある」場合をさらに、リンクの示す難易関係(一方の難易が高い or 低い)が「妥当である」、「妥当でない」、に細分して解釈することが出来る。診断の詳細については、以外研究会等において報告している[8, 9, 10]。

3. 利用実験と事例

問題マップを用いた学習は、一般的な演習とは言いがたいことから、(A)利用対象としている小学生が POP-C を利用することが可能であるのか、また、(B)小学生はどのような問題マップを作成するのか、ということを調べる必要がある。そこで、問題マップ

描画環境の完成に伴い、2つの文章題の差異を記述する問題マップ(図1)の利用を小学校で行った。被験者は小学6年生(11名)であった。ただし、フィードバック機能が未完成であったため診断およびフィードバック機能についての利用は行っていない。また、描画する「文章題の差異」に関しては、「問題の難しさ」に限定して行った。本稿で報告する実験は、1分程度の POP-C 利用方法の説明、および、10分程度の POP-C の利用を行ったものである。POP-C では10問の文章題をノードとして被験者に提供した。

3.1 小学生が POP-C を利用することが可能であるのか

システム利用状況としては、問題マップを作成するにあたり、平均5問の文章題をノードとして利用し、平均4つのリンクを作成していた(ただし、リンク付けされていない孤立したノード、孤立しているリンクは除外してカウントしている)。また、アンケートから問題同士の比較作業を十分行えたと回答した被験者は2名、残り9名も多少は行えたと回答している。これらの点より、POP-C が提供する問題間の関係外化作業の環境が、小学生に利用可能であったと考える。

3.2 小学生がどのような問題マップを作成していたのか

次に、「小学生がどのような問題マップを作成していたのか」について報告し、「現在のシステムにおいてどのようなインタラクションを生成することができるのか」を考察する。

図1に示している問題マップは、実験において得られた平均的な問題マップである。本節では、小学生の作った問題マップに対して、4つの難易(動作の種類、未知数の位置、物語の演算関係、解導出の演算)にかかわる要因に基づいて考察する。具体的には、実験で得られた問題マップに対して、個々のリンクについての局所的な評価と、各要因に基づいた問題マップ全体の評価、の2種類の評価を行う。

まず、小学生が作った問題マップの各リンクについて評価すると、(a1)全ての要因において妥当な関係と判断できる場合、(a2)一部の要因においては妥当と判断できるが、一部の要因においては妥当でないとして判断できる場合、の2種類があった。(a1)の場合を、完全リンクと呼び、(a2)の場合を、不完全リンクと呼ぶ。割合としては、完全リンクが14%、不完全リンクが86%であった。また、リンクの評価パターンとして、(a3)全ての要因において妥当でない関係と判断できる場合(この場合のリンクを、完全矛盾リンクと呼ぶ)もあるが、この実験には検出されなかった。

次に、任意の一要因からみた問題マップ全体の評価としては、(b1)一要因においてなら全てのリンクは「妥当」と判断できる問題マップである場合、(b2)全てのリンクを「妥当」と判断できる要因が存在しない問題マップである場合、の2種類があった。(b1)の場合を、整合性の取れた問題マップと呼び、(b2)の場合を、整合性の取れていない問題マップと呼ぶ。割合としては、整合性の取れた問題マップが91%、整合性の取れていない問題マップが9%であった。

小学生の多くは、整合性の取れた問題マップを作成することができていることから、任意の一要因に基づいて文章題間の差異を考察していると考えられる。しかしながら、各リンクを見てみると、完全リンクが少ないことから、どの要因からも難しいと判断できるはずの「明らかな難易の差異」を見過ごしている傾向があることがわかり、インタラクションを行う必要性が伺える。

次に、現在のシステムにおいてどのようなインタラクションを生成することができるのかについて考察する。各リンクの評価に基づいたインタラクションを、局所的インタラクションと呼び、各要因からみた問題マップの評価に基づいたインタラクションを、大域的インタラクションと呼び、それぞれのインタラクションについて述べる。

(1) 局所的インタラクション

各リンクの評価に応じてインタラクションを生成することは、文章題間の差異を局所的に再考させるという観点から必要であると考える。(a1)(a2)(a3)それぞれの場合におけるインタラクションについて述べる。

(a1) 完全リンクの場合

この場合は、特にインタラクションの対象とはならないと考える。

(a2) 不完全リンクの場合

この場合には、(i)妥当な関係と判断できる要因において、被験者にその要因に着目してリンクを付けたのかどうかを確認するインタラクション、または、(ii)妥当でない関係と判断できる要因において、被験者にその要因に着目してリンク付けを行ってはどうかと他要因による再考を促すインタラクション、の2種類が可能と考える。

(a3) 完全矛盾リンクの場合

この場合、誤った関係の記述と判断し被験者に修正を促す直接的な指摘が必要であると考えられる。しかしながら、この実験において、この完全矛盾リンクは描画されなかった。理由と

しては、複数の要因を設けて文章題の特徴を記述しているため、考え無しに付けたリンクにも妥当だと判断できる要因が発生している可能性があることが原因と考える。この偶発的に不完全リンクとなるケースは、最初に問題マップ作成のために提供する文章題を制御すること、学習者に着目する要因(リンクの診断基準)を与えることによって解決する予定である。

(2) 大域的インタラクション

任意の一要因からみた問題マップの評価に応じてインタラクションを生成することは、特定の要因を意識して問題マップを作成した被験者にとっては達成度として、意識していない被験者には要因を意識させる機会として、必要であると考えられる。

この大域的インタラクションは、要因ごとのリンクの評価を問題マップ上に可視化することで実現可能と考える。具体的には、検出した「妥当でない」リンクの色を強調させるように、要因ごとに問題マップを編集する。学習者、ないしは、システムが選択した要因における、問題マップ中の「妥当でない」リンクが可視化されるので、要因ごとの考察や再考の機会となるが、このフィードバックだけでは積極的なインタラクションとはいえ、このインタラクションと協調する積極的なインタラクションが必要と考える。

3.3 実験のまとめ

この実験により、小学生が POP-C を利用することが十分可能であることが確認できた。また、現在の診断手法によって小学生の作った問題マップがどのように解釈可能なのか報告し、それに合わせたインタラクションについて示した。

4. おわりに

インタラクションとして、さらに、被験者の作業プロセスを考慮したインタラクションを考えている。例えば、図1の問題マップについて、(1)3つのリンクが1つのノードに集中している、(2)一つの問題マップとなっていない(1つのネットワーク構造となっていない)、といったことがわかる。それぞれに対して、(a)リンクの集中しているノードの特徴を整理したいと考えている、(b)双方のネットワークでは要因(評価の基準)が異なっている、といった判断を行うためのヒューリスティクスを整理して、それぞれに異なったインタラクションを起し、その学習を支援しなければならないと考える。

3.2節、本章で示したインタラクションを、状況に応じて使い分ける適応的インタラクションを制御するフィードバック機能の実装を行った上で、小学校での評価実験を行う予定である。また、

複数の学習が協調作業を経て一つの問題集を作っていくCSCL環境への拡張も今後の予定としている。

謝辞

本研究の一部は、科研費特別研究員奨励費(00004223)、日産科学振興財団の支援を受けている。

参考文献

- [1]. 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”
- [2]. Nakano, A., T. Hirashima, A. Takeuchi, “A Learning Environment for Problem posing in Simple Arithmetical Word Problem”, Proc of ICCE, pp91-98, 2000.
- [3]. Nakano, A., T. Hirashima, A. Takeuchi, “An Intelligent Learning Environment for Problem Posing and Its Evaluation -In the case of Arithmetical Word Problems Solved by an Addition or a Subtraction”, Proc of ICCE, pp91-98, 2001.
- [4]. M.J. Carnot, B. Dunn, A.J. Cañas, “Concept Maps vs. Web Pages for Information Searching and Browsing,” 2001.
- [5]. A.J. Cañas, K.M. Ford, P.J. Hayes, et al. “Knowledge Construction and Sharing in Quorum”, Proc of AIED, pp.218-225, 1995.
- [6]. 斎藤一, 大内東, 前田隆, “構造モデリングと概念地図を用いた概念形成支援法とそのシステムの試作”, 電子情報通信学会論文誌, D-I, Vol. J84-D-I, No.9, pp.1431-1439, (2001).
- [7]. 佐々木整, 北戸隆秀, 竹谷誠, “認知マップを用いた理解度評価システムの開発と評価”, 情報処理学会論文誌, Vol. No.3, pp.1315-1323, (1999).
- [8]. 中野明, 平嶋宗, 竹内章, “問題理解を目的とした問題マップ作成支援環境”, SIG-IES, pp75-80, 2001.
- [9]. Nakano, A., T. Hirashima, A. Takeuchi, “A Support Environment for Learning by Describing Problem Map”, Proc of ICCE, pp119-123, 2002.
- [10]. Nakano, A., T. Hirashima, A. Takeuchi, “An Intelligent Learning Environment for Describing Problem Map in Arithmetical Word Problems”, Proc of ICCE (submitted).