

問題の構造的理解の促進のための状況に基づく問題の差分に注目した 問題間構造の再構成演習システムの設計・開発

Design and development of reconfiguration exercise system of inter-problem structure that focused on the difference of the problem based on the situation for promoting the structural understanding of the problem

元川 凱喜^{*1}, 西本 拓真^{*2}, 志水 規祥^{*2}, 林 雄介^{*2}, 平嶋 宗^{*2}

Kaiki Motokawa^{*1}, Takuma Nishimoto^{*2}, Noriyoshi Shimizu^{*2}, Yusuke Hayashi^{*2}, Tsukasa Hirashima^{*2}

^{*1} 広島大学工学部

^{*1}Hiroshima University, Engineering

^{*2} 広島大学院工学研究科

^{*2}Graduate School of Engineering, Hiroshima University

Email: shimizu@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし：複数の問題を扱う系列化された演習では、個々の問題を解くだけでなく、それぞれの問題間の関係を考えるといったメタ認知的な活動を行うことが効果的であるとされている。本研究では、このメタ認知活動の足場掛けとして、問題構造の(1)可視化、(2)操作可能化を行ったうえで、問題間構造を操作する演習を設計開発したので報告する。

キーワード 単純化/複雑化、単純化方略、メタ認知、概念マップ

1. はじめに

学習者が問題を解く際に、その問題を解く知識を持っているにも拘わらず問題解決に失敗してしまうことがしばしば発生する。一般的には教授者が問題の解き方を教えるのだが、これでは行き詰まりの原因が分からないまま受動的に解き方を受け入れてしまい効果的な学習にならない可能性がある。対して、学習者自身が行き詰まりの原因を発見し、もう一度問題に挑戦して克服するという自己克服を行うことが効果的な学習であるとされており、これは優れた学習者がおこなう自己調整活動の一つであるとされている。この自己克服を促進する方法として単純化方略⁽¹⁾がある。これはポリヤ⁽²⁾が述べるように、問題に行き詰まったとき、関連した問題やもっと易しくて似た問題を解くことが良いという考えを元にした方法であり、問題解決に失敗した際に、その問題を一段階単純化した問題に取り組む方略である。その問題の解決に失敗した場合はさらにもう一段階問題を単純化し、解決に成功した場合はその直前の問題と比較することで行き詰まりの原因が差分として発見でき、再び元問題に挑戦することで自己克服を試みる。つまり、単純化方略は問題間の関係を考えるメタ認知的活動であるといえる。先行研究ではこの単純化方略を実装した学習支援システム「ICP」が設計、開発され、教育現場での実験的利用がされた。自己克服を支援するものとして有効であることが分かったが、単純化方略はメタ認知的活動であるため学習者のメタ認知能力によって演習の効率が左右されることも示唆された。また、系列化された問題演習を行う際にはそれぞれの問題が系列化されていること

を学習者が意識することが重要であるとされている⁽³⁾。

そこで本研究では、演習の問題間構造を概念マップで表現し、学習者にその概念マップを再構成などして操作をさせることで問題間構造の理解を促し、ICP 利用時に各問題間の関係を意識させることで効率的な問題演習を取り組ませるためのシステムを設計、開発を行った。なお、単純化方略は、問題間構造を、(1) 一般-特殊構造、と(2) 全体-部分構造、に分類して取り扱っているが、本研究で取り扱う問題間構造は前者のみである。

2. 単純化の定義

単純化方略における問題の単純化は(1) 状況構造の特殊化、と、解法構造の部分化、の二つに分類される。状況構造の特殊化は問題が持つ属性の値を式上において省略してよい値にデフォルト化することとして定義されており、例えば摩擦係数を0にする、初速度を0にする、などが該当する。解法構造の部分化は解法構造中に現れる中間属性を出力属性もしくはは入力属性として元の解法構造の部分で解決可能な問題に単純化することとして定義される。

3. 概念マップ

概念マップとは、二つ以上の概念とそれらの関係によって構成された命題の集まりから意味構造を表した図的表現である⁽⁴⁾。概念マップを作成することは、学習知識や理解の外化・整理活動として学習効果があるとされている⁽⁵⁾。また概念マップを用いた演習方式として「キットビルド概念マップ」が存在す

る。教授者が伝えたい内容を概念マップとして表現し、その構成要素である概念（ノード）と関係（リンク）をキットと呼ばれる部品として学習者に提供し、概念マップを作成させる。これによりゴールマップと学習者マップの構成要素が同じであるため、学習者マップの自動診断・フィードバックを可能にしている⁽⁶⁾。

4. システム

4.1 システム概要

本研究で開発したシステムでは、問題をノード、それらの問題を単純化する属性をラベルとしたリンクとして表現した問題間構造を学習者に操作させることで問題間構造の理解を促し、その後続く ICP での演習効率の向上を目的としている。

4.2 問題間構造組み立て演習

ICP で行う演習において取り扱われる問題についての問題間構造を、問題をノード、単純化する属性をリンクとした概念マップとして組み立てる。例えば、図1では、リンクラベルは摩擦係数になっており、リンク元（矢印のないほう）のノードの問題は摩擦係数が0でなく、摩擦力が働いている問題、リンク先となっているノードの問題は、摩擦係数が0に特殊化され、摩擦力が働かない特殊化、つまり単純化された問題となっている。

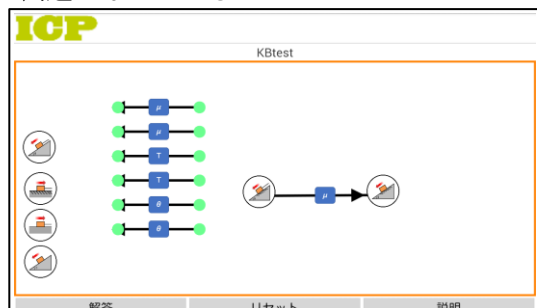


図1 問題間構造組み立て演習

4.3 問題整理演習

元問題が単純化された回数を「単純度」とし、各問題の単純度によってノードを階層的に再配置することで、マップの形から単純化が段階的に行われることを意識することが可能になる。

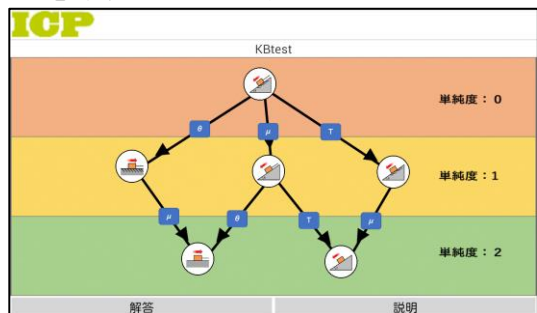


図2 問題整理演習

4.4 解法構造変化確認演習

問題整理演習で再配置した各問題の「単純度」に

沿って、問題の解決過程が実際に単純となる過程を確認する。例えば、図3では、摩擦、張力、傾斜、3つの属性を持つ問題の物体に働く合力を求める解決過程を木構造で表している。これと、この問題を単純化した問題の解決過程を比較することで、単純化による解決過程の変化を確認することが可能になる。

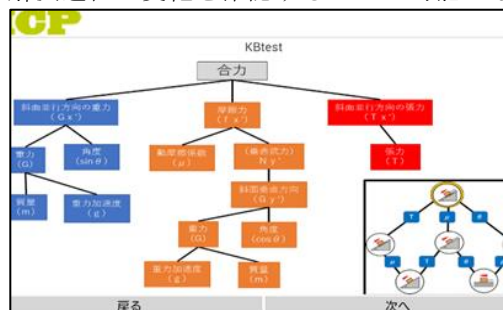


図3 解法構造変化確認演習

5. まとめと今後の課題

本研究では演習で取り扱った問題間構造を組み立て、さらに操作・確認することで問題間構造の理解の促進を支援するシステムを設計・開発した。今後の課題としては正誤判定以外のフィードバックの追加や実験的利用を通して本システムの有効性、妥当性の検証があげられる。

参考文献

- (1) 武智俊平,林直也,篠原智哉,山元翔,林雄介,平嶋宗: 単純化方略を用いた問題解決失敗の自己克服支援システムとその実践的評価—初等力学を対象として—, 電子情報通信学会論文誌 D, J98-D No. 1, pp. 130-141(2015. 1)
- (2) Polya: "How to solve it", Princeton University Press (1957)
- (3) K. Scheiter, P. Gerjets: The Impact of Problem Order: Sequencing Problems as a Strategy for Improving One Performance, Proc. of the 24th Annual Conference of the Cognitive Science Society, pp.798-803(2002)
- (4) Novak, J. D., Canas, A. J.: "The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them", Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 (2006)
- (5) 山口悦司, 稲垣成哲, 福井真由美, 舟生日出男: "コンセプトマップ: 理科教育における研究動向とその現代的意義", 理科教育学研究, 43(1), pp. 29-51(2002)
- (6) Tsukasa Hirashima, Kazuya Yamasaki, Hiroyuki Fukuda, Hideo Funaoi: "Framework of Kit-Build Concept Map for Automatic Diagnosis and Its Preliminary Use", Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 2015, 10:17(2015)