

力学問題の構造的理解促進のための解法構造に基づく 問題部分化演習システムの設計・開発

Design and development of problem partialization exercise system based on solution structure for promoting structural understanding of mechanical problem

中野 晴之^{*1}, 西本 拓真^{*2}, 志水 規祥^{*2}, 林 雄介^{*2}, 平嶋 宗^{*2}
Haruyuki Nakano^{*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: nakano-h@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし：問題が解けなかったとき、その問題と少し単純化した問題との差分を考えることで行き詰まりの原因を発見する単純化方略が問題解決に有効であるとされる。この活動のためには、問題と解き方について少し単純化した問題と元の問題の比較が必要である。本研究では問題の解き方に焦点をあて、問題の解き方を構造的に表した解法構造の理解を促すシステムを開発した。解法構造の理解により問題の解き方を定式化できるため、単純化方略をはじめとした問題比較を行う学習に有用であると考えられる。

キーワード：単純化方略，自己克服，解法構造，問題比較

1. はじめに

問題演習の際に、問題を解決するために必要な知識を持っていても、演習に行き詰ってしまう学習者が存在する。この行き詰まりの解決のためには再び教授活動を行うのが一般的であるが、この方法では学習者が問題解決の行き詰まりの原因がわからないまま、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。そのため、学習者が自分の演習における行き詰まりの原因を認識し、学習者自身の知識を使いなおすことで問題を克服することが有効であるとされている。この学習方法は自己克服活動と呼ばれ、優れた学習者が行うとされる自己調整活動の1つであるとされている。

一方、先行研究では問題の解法を構造的に表した解法構造というものが定義されており⁽¹⁾、これを使うことによって問題解決を可視化することができる。問題解決を可視化することは、いろいろな学習方略に使えらる。たとえば、自己克服を行うための手段である単純化方略があげられる。これは学習者が問題を解けなかった場合、問題を少しだけ単純にすることを解ける問題になるまで繰り返し行い、解ける問題とその直前の問題を比較する。そしてその問題間の差分に行き詰まりの原因があると特定できるため、その原因を認識したうえで解けなかった問題に挑戦し自己克服を目指すというものである。⁽²⁾

この方略を利用するためには、問題を少しだけ単純にするという単純化を理解し、単純化した問題と元の問題の単純複雑の関係を評価する必要がある。単純化では問題文や物理状況である表層的变化と問題の解法である深層的变化が生じる⁽³⁾ため、問題の評価には問題の表層と深層についての比較が必要となる。解き方の比較をするためには解き方を定式化しなければならないが、解法構造を用いることで解法を定式化することができるため単純化方略には解法構造を理解することが必要といえる。また、例として挙げた単純化方略以外にも問題比較を行う学習にも利用できると考えられる。新しく問題を解く際に今までに解いたことのある問題と比較して問題の差分を認識しながら解くことは、自分が何を理解しているのかを認知したうえで問題を解くこととなり、いい学習となるとされている。そこで本研究では、初等力学について力学問題の解き方を構造的に表し定式化した解法構造について、解法構造の理解とそれに基づく単純化の1つである問題の部分化の演習を行うシステムを設計・開発した。

2. 解法構造と単純化

先行研究では、初等力学における問題を表層構造(問題文)、制約構造(物理状況)、解法構造(解法)に分類しており、この中で物理状況と解法の2つが問題解決に特に影響するとしている。「状況」は質量 m

や傾斜角 θ などの属性とそれを結ぶ数量関係で定義され、「解法」は問題文中の属性を「状況」の数量関係でつなぎ合わせることで定義されている。これを解法構造といい、木構造によって表される。(図1)

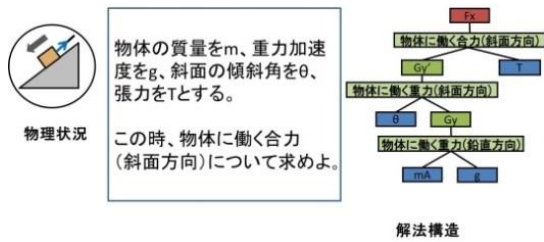


図1 問題と解法構造

それぞれについて系列的に元問題と関連した派生問題を作る単純化をすることができる。「状況」の単純化では、問題が持つ属性の一つ考えなくてよい値にすることで単純な問題を作ることができる。また、その逆として新たな属性を加えることによって複雑な問題を定義することができる。これを、それぞれ特殊化/一般化と呼び、この単純化によって物理状況が変化する。「解法」の単純化では、解法構造の中間属性を出力属性(求めたい属性)や入力属性(問題中で与えられる属性)にして解法構造の一部を抜き出すことによって単純な問題を定義している。これをそれぞれ部分化/拡張化と呼び、この単純化によって求める値や与えられる属性が変化するが、この時物理状況は変化しない。上記のような部分化によって生成された問題は元問題と包括関係にあるため、元問題が解ければ単純化された問題も解けると考えられる。

3. システム

3.1 システム概要

問題の解法構造を理解してもらうために、(a)問題の構造組み立て演習機能、構造の問題への変換演習として、(b)解法構造の状況説明機能(図2)、最後に構造への操作演習として、(c)問題の部分化演習機能(図3)の3つの機能を実装した。

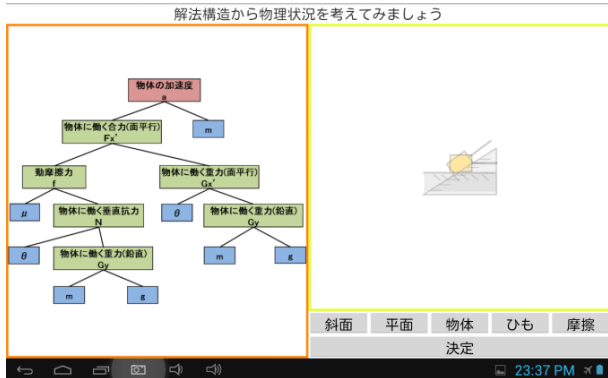


図2 解法構造の状況説明演習

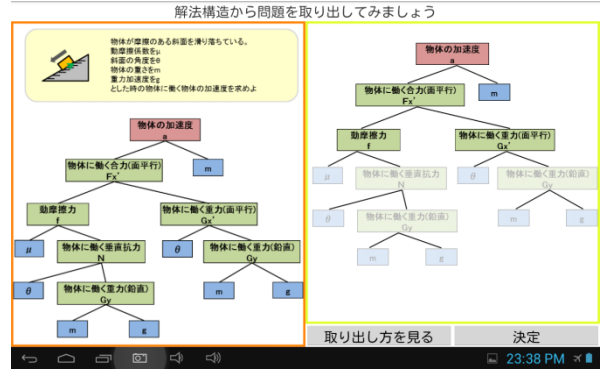


図3 問題の部分化演習

3.2 システム内容

(a)の演習では、各属性を結ぶ数量関係を求めるために必要な属性を選択させ、それを上から順に行うことによって解法構造を組み立てさせる。その後、問題の持つ属性である構造の葉から順に数量関係を立式していくことによって、組み立てた構造が問題の解法を表していることを示す。この機能は先行研究でも実践的に利用されており、解法構造が問題の解き方を示すものであるとの理解を促進する。(b)の演習では、示された解法構造からどの属性が問題の状況を表しているのかを考え、物理状況を組み立てさせることによって解法構造と物理状況を対応付けさせる。これにより解法構造の持つ属性と問題の持つ属性を対応関係の理解を促進する。(c)の演習では、(図3)のように解法構造の属性を選択させることで元の問題の解法構造の一部を取り出す部分化を行わせる。そしてその取り出した解法構造を持つ問題を表示し、元の問題の問題文、解法構造と比較することで解法構造の一部が別の問題の解法構造にもなることの理解を促進する。

この3つの演習を通して問題の解法構造への変換、逆変換、構造に対する操作を経験することで、学習者による解法構造の理解を促進できると考えている。

4. まとめと今後の課題

本研究では解法構造の組み立て演習、状況説明演習、部分化演習により問題の解法の構造的な理解を促進するシステムの設計・開発を行った。今後の課題としては、演習としての完成度の向上と、教育現場での実践的利用があげられる。

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) 林直也, 篠原智哉, 山元翔, 林雄介, 堀口知也, 平嶋宗, "単純化による問題解決行き詰まりの自己克服支援", 第39回教育システム情報学会全国大会, 11-28, pp.55-56, (2014,09,10-12)