

問題間構造の可視化による問題単純化/複雑化の学習支援

Learning Support for Problem Simplification & Complication by Visualization of Structure Between Problems

志水 規祥^{*1}, 津守 庸平^{*2}, 林 雄介^{*2}, 平嶋 宗^{*2}

Noriyoshi Shimizu^{*1}, Youhei Tsumori^{*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: 問題が解けなかった場合, 簡単にした問題を考えて行き詰まりの原因を発見する単純化方略が有効であるとされている. このような活動のためには問題同士がどのように繋がっているかを把握することが重要であり, 本研究では構造図の提示と問題の比較・どのように簡単になっているかの説明演習を通して問題間構造の理解を促すシステムを開発した. 構造の把握により問題に対する様々なアプローチが可能となるため, 自己克服を始めとしたより高度な活動の前段階になると考えられる.

キーワード: 問題間の関係性, 単純化/複雑化, 単純化方略, 自己克服

1. はじめに

問題を解くために必要な知識を持っていても, 問題演習に行き詰まってしまう学習者が存在する. この解決のためには再び教授活動を受けることや解答を見ることが一般的だが, 学習者自身が誤りの原因が認識できないまま解き方を受動的に受け入れてしまう場合があり, その場合効果的な学習とはいえない可能性がある. そのため解決できなかった問題のどの部分で行き詰まっていたかを認識し, 学習者が自らの知識を使い直して克服することが有効であるとされている. この教授活動を行わない学習方法は自己克服活動と呼ばれ, 優秀な学習者が採るとされる自己調整活動の一つであると言われている.

自己克服を行うための手法として単純化方略がある. これはポリア⁽¹⁾が述べているように, 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る. 学習者が問題を解けなかった場合に一段階単純な問題を提示し, 解ける問題になるまで繰り返し挑戦する. 解ける問題と直前の解けない問題を比較することで, 問題間の差分がその学習者にとっての行き詰まりの原因であると特定することができるため, その上で再び前回解けなかった問題に挑戦し自己克服を目指す. この方略を活用するためには定義されている単純化そのものを理解し, 問題が単純・複雑の関係性によって成り立っていることを知る必要がある. しかし学習者が自力で単純化に対する説明をすることは難しいといわれており⁽²⁾, 本研究では可視化され

た問題構造に沿って問題間の関係性および単純化に対する理解を支援するシステムを開発, 実践的利用を行った.

2. 単純化の定義

単純化を定義するために問題を構造的に考える必要がある. 先行研究⁽²⁾では初等力学において問題を表層構造(問題文), 制約構造(物理状況), 解法構造(解法)に分類しており, このうち問題の解き方に特に影響する物理状況と解法の二つに着目した. 「状況」は質量 m や角度 θ などの属性と, 属性を結ぶ数量関係(重力 $G=mg$ など)を持っており, 「解法」は問題文中の属性を「状況」の持つ数量関係で繋ぎあわせることで定義されている. これを解法構造と呼び, 木構造で表すことができる(図 1). このそれぞれに対して操作を行うことで, 系列的に元問題に関連した問題(派生問題)を作ることができる.

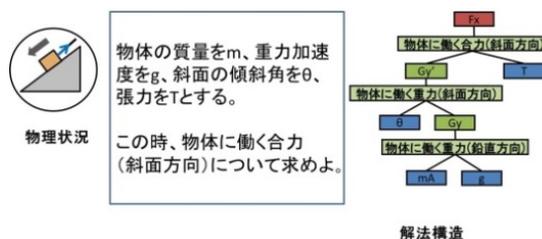


図 1 問題と解法構造

「状況」の単純化では, 問題が持つ属性一つを考えなくてよい値にデフォルト化することで単純な問題を定義している. 逆に新たな属性を付け加

えることで複雑な問題を定義することもでき、それぞれ特殊化/一般化と呼ぶ。

「解法」の単純化は解法構造の一部を抜き出すことであり(図1の場合、物体に働く斜面方向の重力 Gy' を求めさせる問題にするなど)この単純化/複雑化を、部分化/拡張化と呼ぶ。上記のような単純化によって生成された問題は元問題とは包含関係にあるため、元問題が解ければそこから派生する単純な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

問題間の関係性を視覚的に理解できるよう「状況」「解法」それぞれにおける派生問題とその関係で成り立つ構造図をシステム上で示している(図2,3)。さらに単純化獲得のために問題間の差分を説明させる機能を採用しており、これは先行研究^③でも実践利用されている。

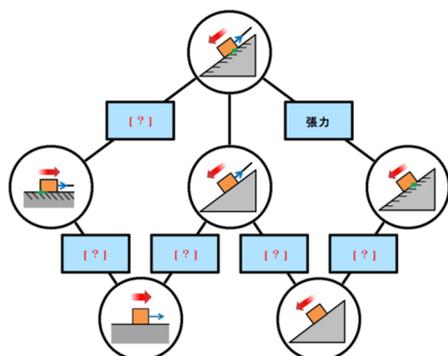


図2 特殊化/一般化を示した構造図

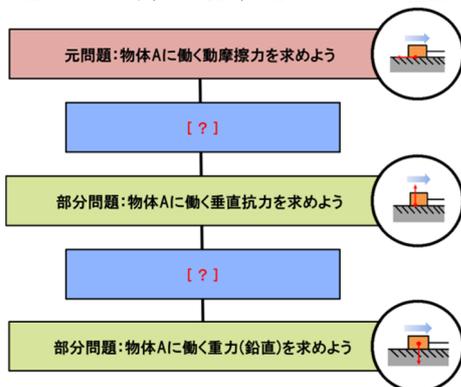


図3 部分化/拡張化を示した構造図

3.2 システムの機能

図2,3から問題間ノードを選択すると、リンクした問題間においてどのように単純化が行われているかの説明演習に移る。特殊化の説明演習では、まず問題間でどの状況要素が変化・省略されたかを選択させる。次に問題を解くプロセスが実際どのように簡単になったかを説明するために、変化・省略された式を選択させる。部分化の説明演習の場合問題それぞれにおいて求める対象を選択させたのち、同じく変化・省略された式を選ぶ。

4. 実践的利用

4.1 実践方法

高校時に物理を履修したことのある工学系大学生・大学院生16名を対象に、初等力学の単純な問題を作れるかどうかの事前テスト(10分)、システム演習(20分)、事後テスト(10分)、事後アンケート(5分)で行った。システムでは特殊化の問題を7題、部分化の問題を5題の計12題を扱い、事前・事後テストでは初等力学の問題から単純な問題が作れるかどうかを測る問題を3問出題した。これらより本システムが単純化の獲得を支援するものとして有用なものかどうかを調査した。

4.2 結果・考察

両テスト(3点満点)の結果として、事前テストの平均点は2.25点($S.D.=0.86$)だったのに対し、システムを利用した後に行った事後テストでは平均点は2.81点($S.D.=0.40$)に上昇しており5%有意であった。システムで出題した問題全体における取り組み数の平均は8.16問で、被験者が真面目にシステムを利用していることがうかがえる。またアンケートの結果からは、とてもそう思う・そう思うを肯定的意見、そう思わない・全くそう思わないを否定的意見とした場合、「構造図が納得できるものだったか」、「説明機能を用いることで単純化への理解が深まったか」、「問題の関係性について以前より意識できるようになったか」など、ほぼすべての項目について75%以上の肯定的意見を得られた。唯一75%未満の肯定的意見を受けた項目「このシステムは使いやすかったか」に関しては、ユーザビリティの点でシステムに改良の余地があることが考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では問題間構造の可視化と説明演習により問題の単純化獲得を支援するシステムを設計・開発、そして効果を検証するための実践的利用を行った。実践結果より、システムが単純化獲得に対する効果を見ることができた。今後の課題としては、実際の教育現場での実践的利用、ユーザビリティの向上などがあげられる。

参考文献

- (1) Polya: "How to solve it", Princeton University Press (1957)
- (2) 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)
- (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)