

# 単純化による問題解決行き詰まりの自己克服支援

## Support for Self-overcoming of Impasse in Problem Solving by Using the Problem Simplification

林 直也<sup>\*1</sup>, 篠原 智哉<sup>\*1</sup>, 山元 翔<sup>\*1</sup>, 林 雄介<sup>\*1</sup>, 堀口 知也<sup>\*2</sup>, 平嶋 宗<sup>\*1</sup>  
 Naoya HAYASHI<sup>\*1</sup>, Tomoya SHINOHARA<sup>\*1</sup>, Sho YAMAMOTO<sup>\*1</sup>  
 Yusuke HAYASHI<sup>\*1</sup>, Tomoya HORIGUTI<sup>\*2</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>\*1</sup>  
<sup>\*1</sup> 広島大学大学院工学研究科

<sup>\*1</sup> Graduate School of Engineering, Hiroshima University

<sup>\*2</sup> 神戸大学大学院海事科学研究科

<sup>\*2</sup> Faculty of Maritime Sciences, Kobe University

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

**あらまし**：問題解決に行き詰まったとき、まずその問題を解ける問題まで単純化してみる、ことが行き詰まりの自己克服のための有力な方法とされている。この方法を自力で行うことは必ずしも簡単ではないため、その足場かけとして、本研究では、まず「問題の単純化」を定義し、学習者が問題解決に行き詰まった時により単純な問題を提示する単純化方略の提案と、その方略を用いて問題演習を支援することのできる学習支援システム的设计・開発を行っている。本報告では初等力学を対象に単純化方略を用いたシステムを高専での力学の授業で利用したのでその結果を報告する。

**キーワード**：問題解決、行き詰まり、自己克服の支援、単純化方略、初等力学

### 1. はじめに

問題の解き方に関する知識を得た学習者は、その後、問題演習に取り組んでいく。このとき彼らは、問題を解くために必要な知識を持っているにも関わらず、しばしば問題解決に行き詰る。このような学習者に対する支援として、一般的には再度解き方に関する教授活動を行うことが多い。しかし、学習者の行き詰まりの原因がどこにあるのかを明確にしないまま、ただ解き方を教え直しても、学習者はしばしば受動的に解き方を受け入れてしまうことになり、効果的な学習とはならない可能性がある。効果的な学習をするには、まず学習者自身に行き詰まりの原因を認識させることが不可欠であるといえる。もし学習者は問題を解く上で必要な知識を持っているが、それをうまく使えないだけであるとすると、行き詰まりの原因を認識させ、克服すべき課題を焦点化してやるだけで、問題解決の失敗を克服できる可能性がある。本研究では、これを誤りの自己克服と呼んでいる。つまり、持っている知識をうまく使えないが故の問題解決の行き詰まりを克服することを指している。また、必要な知識が足りていなかった場合も、行き詰まりの原因が認識されていれば、獲得すべき知識とその意義が明らかにできるため、より効果的な学習につながると期待できる。

ポリアは、「問題をいかにして解くか」<sup>(1)</sup>において、問題解決に行き詰った時、その問題を単純化して解いたうえで、その解決を土台として元の問題に戻って解くことが有効である、としている。これは前述の自己克服の具体的な方法になっているといえる。本稿ではこれをポリアの問題単純化方略と呼ぶ。この方略は一見簡単そうに見えるが、元の問題を単純

化するとはどういうことかは自明ではない。本研究では、「問題の単純化」を定義し、学習者が問題解決に行き詰まった時に、より単純な問題をシステムティックに提示する機能を開発し、ポリアの問題単純化方略の実現を目指した。この単純化は、行き詰まりの原因が解けた問題と単純化して解けるようになった問題の差分に存在するといえるように定式化できており、その差分を学習者に提示することで、誤りの自己克服を促進できると期待している。

本研究では、初等力学を対象に単純化方略を実装したシステムを開発し、実践的利用も行ったので、それについても報告する。

### 2. 問題の単純化と派生問題

先行研究では、物理の力学の問題を「状況」と「解法」で定義している<sup>(2)</sup>。これを図1に示す。「状況」は、質量  $m$  や重力加速度  $g$  などの属性と、属性を結ぶ数量関係(重力  $G=mg$  など)を持っている。「解法」は問題文中に与えられる属性を「状況」の持つ数量関係で繋ぎ合わせることで定義される。これを解法構造と呼び、これは木構造で表せられる。葉は問題文中に与えられる属性、根は求める属性、それ以外は計算途中で出てくる属性と属性間を結ぶ数量関係、およびノード間を結ぶエッジで構成される。

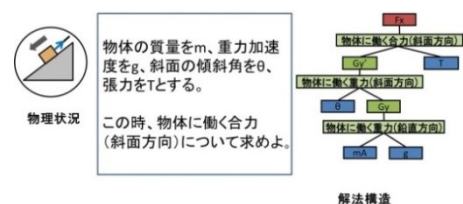


図1 問題と解法構造

また、先行研究では、「状況」と「解法」のどちらかが関連した問題を派生問題と呼んでいる<sup>(2)</sup>。派生問題は、「状況」を単純/複雑化した特殊化/一般化問題、「解法」を単純/複雑化した部分化/拡張化問題がある。特殊化は「状況」が持つ属性を特定の値にすることであり(図1の場合、傾斜角を0にするなど)、一般化はその逆である。部分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  $G_y$  を求めさせる問題にするなど)、拡張化はその逆である。このように問題を捉えると、問題は最も単純な問題を複雑化、つまり「状況」と「解法」を複雑化することで成立していると言える。

上記で述べた単純化は、問題が持つ数式の単純化であるため、ある問題の単純化問題が持つ数式は、元の問題が持つ数式に包含されている。このことから、元の問題が解けると、より単純な問題は解けると言える。

### 3. 単純化方略

#### 3.1 単純化方略の概要

本研究では、単純な問題を部分化/特殊化問題として定義し、学習者が問題解決に行き詰まった時に、より単純な問題を提示する単純化方略を提案している。この方略では、解決に行き詰まった問題を段階的に単純化し、学習者が解決できる問題を発見させた後、元の出来なかった問題に段階的に再び取り組ませる。このとき、出来た問題と出来なかった問題の差分は行き詰まりの原因となり、学習者が問題を解くために必要な知識を既に持っているならば、それを認識することが行き詰まりの自己克服へとつながると仮定している。

#### 3.2 差分注視機能と差分接続問題

単純化方略には出来た問題と元の出来なかった問題の差分に着目させる機能として、差分注視機能と差分接続問題がある。この差分注視機能は、学習者が出来る問題を見つけた直後に使用する機能で、出来た問題と元の出来なかった問題を並べ、それらの差分をハイライトすることで、学習者に行き詰まりの原因に着目させる。

差分接続問題は、出来ない問題と出来た問題をつなぐような問題であり、差分注視機能を経ても行き詰まりを克服できない学習者に出現される。問題に行き詰った学習者は解法のどこかで行き詰ったと言える。接続問題はこの行き詰った部分を解法に持つことで、行き詰った部分に着目させる問題である。接続問題は出来た問題の解法構造と元の出来なかった問題の解法構造の差分を取ることで生成される。接続問題は3種類あり、出来る問題と出来ない問題の関係が部分化/拡張化の場合において、(1)部分化されたことで無くなった解法構造を持つ問題、出来る問題と出来ない問題の関係が特殊化/一般化の場合において、(2)省略される属性を求めさせる問題、(3)変化する数量関係を使わせる問題がある。

### 3.3 単純化方略を用いたシステム

本研究では、単純化方略を用いた問題演習システムをタブレット上で開発した。システムでは、学習者はまずシステムが用意した初期問題を選び、問題に行き詰まれば、単純化方略に基づき、問題を単純化していく。正解できる問題を見つけたならば、差分注視機能を経て、元の出来ない問題の克服を試みる。それでも克服できないときは、差分接続問題を出題し、それができたならば、再度出来なかった問題の克服を試みる。もし、接続問題ができなかったときは、接続問題を単純化方略に基づき、単純化していく。

## 4. 実践的利用

### 4.1 実践方法

商船系高等専門学校1年生130名(4クラス)を対象に、力学の授業でシステムの実践的利用を行った。手順は、システムの操作説明(10分)、システム演習(20分)、事後アンケート(10分)で行った。単純化方略を用いた本システムが自己克服活動を支援しうるのか調査を行った。

### 4.2 結果・考察

アンケートに不備がある被験者やログデータから対象を特定出来ない被験者を除いた、103名を有効データとした。「この問題演習は力学の学習に役立ったか?」のアンケート項目に77名から肯定的意見を得た。また、ログデータから被験者の振る舞いを特徴ごとに分類した。自己克服活動を行った「自己克服型学習者」、問題に正解することで出来る問題が分かり、取り組むべき課題が明確になった「課題顕在型学習者」、1問も正解することができなかった「未解決型学習者」である。それぞれ、59.22%、22.33%、18.45%の割合で存在した。本来、難しいであろう自己克服をした学習者が6割弱存在したことから、単純化方略による行き詰まりの自己克服支援は期待した効果を発揮したと言える。また、課題顕在型学習者は自身の課題が明確になった点で、未解決型学習者はそもそも問題演習をする段階に達していないとわかった点で、それぞれの学習者群においても本演習を行う意義はあったと言える。

## 5. まとめと今後の課題

問題解決行き詰まりの自己克服支援機能を実現し、実践的利用を通して有効性を確認した。今後の課題として、行き詰まりの原因となる差分を説明する機能の拡張や単純化方略の適用範囲の拡大、フェーディング方法の考案などが挙げられる。

### 参考文献

- (1) Polya: "How to solve it", Princeton University Press (1957)
- (2) 大川内祐介, 上野拓也, 平嶋宗, "派生問題の自動生成機能の開発とその実験的評価", 人工知能学会論文誌, 27巻, 6号A, pp.391-400(2012).