

# 単純化方略を用いた初等力学学習支援システムのための教師用アナライザの設計・開発

## Analyzer System for Learning Environment by Problem-Solving with Problem Simplification in Elementary Dynamics

前田 恵佑<sup>\*1</sup>, 林 直也<sup>\*2</sup>, 篠原 智哉<sup>\*2</sup>, 山元 翔<sup>\*2</sup>, 林 雄介<sup>\*2</sup>, 堀口 知也<sup>\*3</sup>, 平嶋 宗<sup>\*2</sup>,  
Keisuke MAEDA<sup>\*1</sup>, Naoya HAYASHI<sup>\*2</sup>, Tomoya SHINOHARA<sup>\*2</sup>, Sho YAMAMOTO<sup>\*2</sup>,  
Yuske HAYASHI<sup>\*2</sup>, Tomoya HORIGUCHI<sup>\*3</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 広島大学工学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Engineering Hiroshima University

<sup>\*2</sup> 広島大学大学院工学研究科

<sup>\*2</sup> Graduate School of Engineering Hiroshima University

<sup>\*3</sup> 神戸大学大学院海事科学研究科

<sup>\*3</sup> Faculty of Maritime Sciences, Kobe University

Email: k-maeda@lel.hiroshima-u.ac.jp

**あらまし：** 課題単純化による足場掛けにより、自己克服を支援するための演習システムが実現されている。しかし、システムの支援によっても問題が解けない学習者に対しては、教師が学習者の活動を把握し、指導する必要がある。このためには学習者の演習状況をリアルタイムで把握することが必要となる。本研究では、問題演習の進行状況をリアルタイムで測定するためのツールとして教師用アナライザを開発し、試験的利用を行った。また、この試験的利用により、ツールを用いて学習者による自己克服活動が確認できたことも報告する。

**キーワード：** 初等力学, 問題解決, アナライザ, 単純化方略

### 1. はじめに

問題を解くために必要な知識を持っている学習者も、しばしば問題解決に失敗する。問題解決に失敗した際、教師がその誤りについて指導するのではなく、学習者自身が行き詰まりの原因に気付く、もう一度問題を解き直し、克服することが効果的な学習であるとされている。このような活動を自己克服活動と呼ぶ。筆者らは初等力学を対象として、自己克服活動を支援するための学習支援システム「ICP」を設計・開発している<sup>(1)</sup>。システムでは学習者は目的の問題を解決することを求められ、解決できない問題に直面した際、その問題を単純化した問題の解決に取り組むことになる。これを繰り返すことで解決できる問題を発見し、解決できる問題とできない問題の差分から、行き詰まりの原因を認識し、その克服を試みる。演習システムで用いられているこのような方略を問題解決過程の単純化方略と呼ぶ。この演習システムの実現のため、先行研究では、初等力学の問題を物理状況と解法で定義し、派生的成立モデルを定義している。

演習システムの実践的利用において自己克服支援効果が確認されている。しかしながら、システムの支援によっても問題が解けない学習者が存在したことも確認されている。このような学習者に対しては教師の指導が必要であると言えるが、教師が学習者の演習を見回り、それぞれの進行状況を確認することは不可能である。したがって、学習者の演習状況をリアルタイムで把握する仕組みが必要となる。そこで本研究では、学習者の問題演習の進行状況を測

定するためのツールとして教師用アナライザを開発し、試験的利用を行ったのでそれについても報告する。

### 2. 単純化方略を用いた学習支援システム

本システムでは初期問題として、4つの問題を提示し、学習者はこれを解決することを求められる。ある問題は、単純な問題の派生的複雑化により成立すると考えると、学習者の解ける問題と解けない問題の差分が行き詰まりの原因であると言える。学習者が問題解決に行き詰った時、その問題を段階的に単純化していき、解ける問題を見つけた後、元の出来なかった問題に再度取り組む。このとき、出来た問題と出来ない問題の差分が行き詰まりの原因であるので、この行き詰まりの原因を学習者が認識することで、自己克服につながると仮定している。

先行研究<sup>(1)</sup>では、物理力学の問題を「状況」と「解法」で定義している。問題は状況に基づいて定義されており、解法は問題文中の情報を状況で定義されている関係によってつなぎ合わせることで定義している。これは解法構造と呼ばれている。この状況や解法から要素の一部を付与・削除することで、状況と解法の複雑・単純関係が定義できる。これを力学問題の派生的成立モデルと呼び、単純化問題はこのモデルによって生成されている。ある問題の単純化問題は元の問題に包含されている関係にあるため、元の問題が解決できれば、より単純な問題も解決可能である。

### 3. 教師用アナライザ：ICP Analyzer

#### 3.1 アナライザの概要

演習システムの支援があっても、自己克服に至らない学習者や問題が解けない学習者が存在する。これは、システムが問題を解くために必要な知識を持っていることを前提としているので、そのような知識がない学習者は対象外であるためである。そのような学習者に対しては、教師が学習者の演習の進行状況を把握し、指導する必要がある。よって、本研究ではクラス単位での学習者の演習の進行状況を把握するためのツール「ICP Analyzer」(図1)の設計・開発を行う。

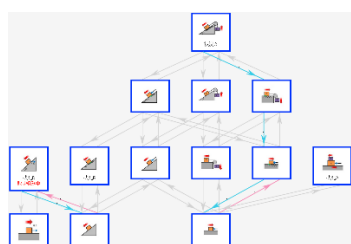


図1 ICP Analyzer のインターフェース

#### 3.2 アナライザの設計

システムを開発するにあたって、システムがどのような情報を抽出し、どのように教師に提示すべきかを設計する必要がある。本研究では、問題演習を、教授活動により知識を獲得した学習者が、その知識を使いこなせるかどうか確認するために行うものであると考えている。したがって、ICPにおける初期問題は教師がその時点での授業内容に基づいて設定するものであり、その解決の程度により、学習者の学習状況を確認することが目的となる。よって初期問題が解けるかどうか、解けないのであれば、学習者の行き詰まりの原因はどこにあるのかを把握することは指導する上で重要である。また、設定した問題を解けるようになるために指導する必要がある学習者は誰か、クラス全体でどの程度の割合を占めているのかを知ることも必要となる。

#### 3.3 アナライザの機能

前節の設計に基づき、ICP Analyzerには、(a)教師の設定した問題に正解した学習者の人数と学生番号の提示機能、(b)設定した問題を解けるようになるために指導する必要がある学習者の割合と学生番号の提示機能、(c)単純化、複雑化により通った問題経路を学習者ごとに提示する機能、(d)クラス全体で、学習者が解いている問題とその人数を表示する機能の4つを実装した。

まず(a)を用いることで、教師は十分に授業内容を理解している学習者を確認できる。(b)では、教師は、指導する必要がある学習者を確認でき、そのような学習者が多い問題に関して、授業で例にとって解説することが期待できる。(c)を用いることで、教師は学習者それぞれの行き詰まりの原因を把握すること

ができるので、学習者毎に適切な指導を行うことができる。(d)では、クラス全体での行き詰まりの原因となりやすい問題が何かを把握することが可能であるので、その問題を例にとって学習者に解説することが可能である。

なお、システムはphpとjavascriptによって開発しており、ブラウザを通して利用することが可能である。

### 4. アナライザの試験的運用

#### 4.1 運用方法

商船系高等専門学校2年生121名(3クラス)を対象として、演習システムICPと開発したICP Analyzerの試験的利用を行った。アナライザの評価を行ったもらった教員は2名である。アナライザは試験的に利用するもので、提示されるデータに基づいて、こちらの意図した通りの学習者の学習状況が確認できるかを、アンケートによって回答してもらった。手順は、アナライザの操作説明(5分)、アナライザの利用(20分)、事後アンケート(10分)である。

#### 4.2 結果・考察

アンケート内容の一部について触れる。「アナライザの提示する情報が、生徒の演習状況について何を提示しているかは分かりましたか?」のアンケート項目に教師2名から肯定的意見を得ることができた。また、「アナライザはシステムを用いた演習において、生徒の演習状況を把握し、指導を行うために利用可能だと思いますか?」という項目に対しても同様に肯定的意見が得られ。このことから、開発したアナライザが生徒の演習の進行状況を可視化できており、生徒の演習活動に基づいて、指導を行うために必要な情報を提示できることが確認できた。

また、アナライザを用いてICPを使った演習結果を分析してみたところ、自己克服を行った学習者が71人存在し、全体の58.7%を占めていることを観測できた。このことから、開発したツールで自己克服を行った学習者を実際に観測することができ、システムの分析ツールとしての有用性も確認することができた。

### 5. まとめと今後の課題

本研究では、問題演習の進行状況をリアルタイムで測定するためのツールとして教師用アナライザを開発し、試験的利用を行った。今後の課題として、ユーザビリティを考慮したアナライザのインターフェースの改良やアナライザの一部機能を拡張し、解法の単純化に対応させることなどが挙げられる。

#### 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).