

# 一次方程式の題材を対象とした「教えることにより学ぶ」 学習支援システムの検討

## Study of “Learning by Teaching” learning support system using linear equations as a subject.

梶岡 瑞貴<sup>\*1</sup>, 松原 行宏<sup>\*1</sup>, 岩根 典之<sup>\*1</sup>, 岡本 勝<sup>\*1</sup>  
Mizuki KAJIOKA<sup>\*1</sup>, Yukihiro MATSUBARA<sup>\*1</sup>, Noriyuki IWANE<sup>\*1</sup>, Masaru OKAMOTO<sup>\*1</sup>  
<sup>\*1</sup>広島市立大学大学院情報科学研究科  
<sup>\*1</sup>Graduate School of Information Science, Hiroshima City University  
Email: me67008@e.hiroshima-cu.ac.jp

あらまし：一次方程式の解法手順をユーザが対話的に「教える」ことのできるシステムの開発を行った。本システムはユーザに教えられた解法手順を学習する学習モードと、それを基に問題を解き学習状況の確認を行う解答モードの二つでシステムに「教える」ことを実現した。また、開発システムが教授された内容を学習したかを調査するシミュレーションの結果、全解法過程において適切な解法操作を必ず操作候補の中を含むことを確認できた。

キーワード：Learning by teaching, ITS

### 1. はじめに

「教えることにより学ぶ」という学習形態は古くから提唱されている<sup>(1)</sup>。近年、人工知能技術の発達によりこの形態の学習支援システムに人工知能を実装したものが開発されてきた<sup>(2)</sup>。そのいずれもが、teachable agent と呼ばれる擬似的な学習者を実装し、学習者が対話的に教授できる機能を有している。この学習形態の学習支援システムの学習効果の向上には様々なアプローチがなされている。松田は、SimStudent と呼ばれる擬似的な学習者を開発し、「教えることにより学ぶ」学習形態の学習支援システム APLUS を用いてこの学習形態の学習効果の調査をした<sup>(2)</sup>。このアプローチでは、ユーザに問題の解き方を支援するより、問題の教え方を支援する方が、学習効果が高いこと示している。

本稿では、「教えることにより学ぶ」を志向した学習支援システムでユーザがどのように学習するのかを調査するための初期段階として、一次方程式の解法手順をユーザが対話的に「教える」ことのできるシステムの開発を行った。

### 2. 提案システム

#### 2.1 システムの概要

本システムは、ユーザが一次方程式の解法手順を「教える」ことのできるシステムである。システムに「教える」ことを行うためには、システムが教えた内容を学習することと、システムが学習した内容を確認することが必要だと考える。よって本システムは、システムが学習する部分を学習モード、確認する部分を解答モードの二つのモードでシステムに「教える」ことを実現した。

#### 2.2 学習モード

学習モードのシステム画面を図 1 に示す。また、

学習モードのシステム構成を図 2 に示す。学習モードでは、方程式部が問題情報 DB (Data Base) からランダムに問題を選択し方程式表示部で図 1 の方程式表示部分に表示する。その式を見てユーザは、式に対応したオペレーション (以下、OP と略記) を図 1 の OP 選択部分で選択し OP 選択部に入力する。それを基に計算部が計算を行い、方程式表示部で表示を行う。また、計算結果を知識表現部で 76 個の属性を用いて知識表現を行い知識情報 DB に保存する。属性は、ユーザがどのような式の状態でどの OP を選択するのかを確認するために、式の特徴を表現できるように作成した。またこのときの知識情報は、適応した OP の条件部をそのときの一次方程式を知識表現した 76 個の属性としたものである。保存されたデータを基に一般化部が知識の一般化を行い、そのデータを一般化知識 DB に保存する。一般化は、N 個の知識情報が与えられた場合、すべての知識情報の条件部の共通部分を抽出し、それを一般化知識の条件部とする方法である。本システムでは、OP 毎に知識情報の条件部を比較して共通部分を一般化知識とした。

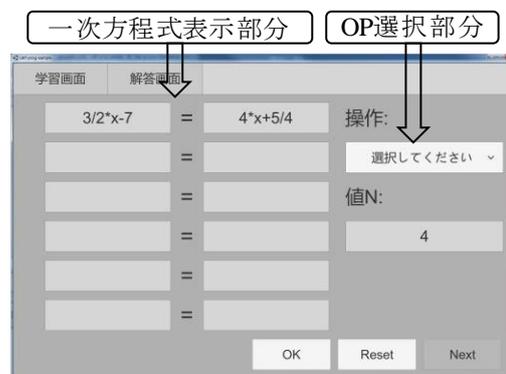


図 1 学習モードのシステム画面

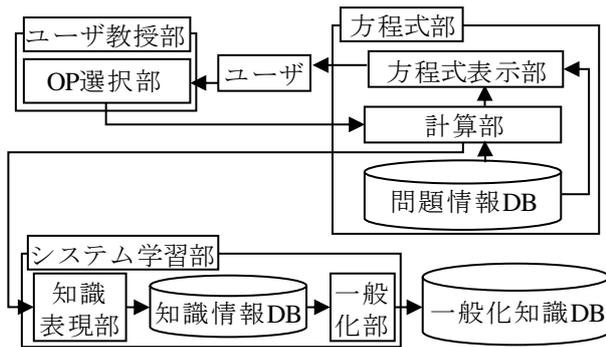


図2 学習モードのシステム構成

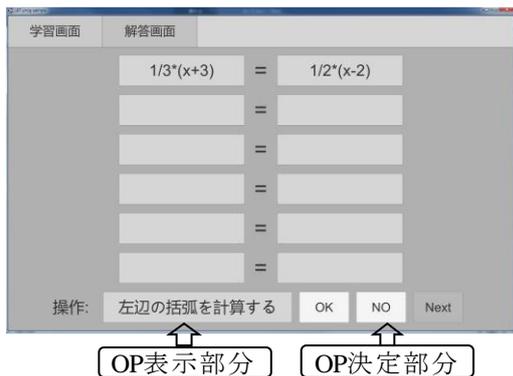


図3 解答モードのシステム画面

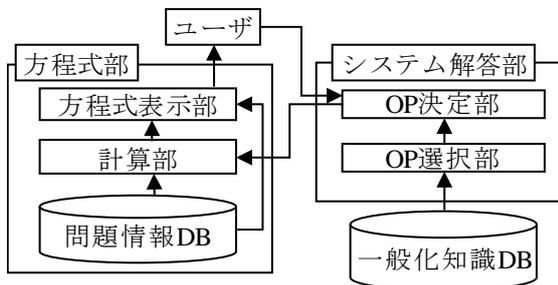


図4 解答モードのシステム構成

### 2.3 解答モード

解答モードのシステム画面を図3に示す。また、解答モードのシステム構成を図4に示す。解答モードでは、作成した一般化知識を一般化知識DBから受け取り、表示された問題に対応したOPをシステムが選択し、図3のOP表示部分に表示する。システムが選択したOPが、ユーザーが教授したものと同一場合は、ユーザーが図3のOP決定部分からOP決定部にそのOPの使用許可を与える。しかしシステムが教授したOPを選択しなかった場合は、システムに再度OPを選択するように指示する。ここで適応するOPが決定した場合、そのOPを計算部に適応して方程式表示部で表示する。

### 3. シミュレーション

開発システムが、一次方程式の解法操作を知識表現と一般化を用いて学習できるかをシミュレーションにより確認した。シミュレーションは、学習モー

表1 シミュレーション結果

|       | (1)  | (2)  |
|-------|------|------|
| パターン1 | 1.00 | 1.36 |
| パターン2 | 1.00 | 1.45 |
| パターン3 | 1.00 | 1.42 |
| パターン4 | 1.00 | 1.22 |

ドで同じ問題を用いて教授する時に、適応するOPの順番に差をつけて行った。OPの差は変数項と定数項（項の合成が変数項と定数項同時にできる場合にどちらを優先して使用するのか）の差と、項の移項と合成（変数項が合成可能な時にまだ他の辺に変数項がある場合に先に合成するのかと、移項してまとめて合成するのか）の差である。それぞれの差を以下のパターン

- パターン1：変数項，合成優先
- パターン2：変数項，移項優先
- パターン3：定数項，合成優先
- パターン4：定数項，移項優先

で教授した時、解答モードで問題にOPを適応させるたびに、(1) 必要なOPをシステムが選択できるか、(2) 不必要なOPも選択していないかについて調べた。文献(3)では学習モード42問、解答モード14問を用いてシミュレーションを行った。本稿では学習モード1080問、解答モード36問でシミュレーションを行った。(1)はOP適応ごとに必要なOPが存在する確率、(2)はOP適応ごとにシステムが選択したOP数の平均を調べ、結果を表1に示す。表1の(1)より両パターンで必要なOPを選択できた。(2)より両パターン共に不必要なOPも選択した。また、文献(3)より値が大きく不必要なOPを多く選択した。以上よりシステムが学習した結果、不必要なOPを選択するが必要なOPは全て選択することができた。

### 4. おわりに

本稿ではユーザーがシステムに教授を行いシステムが学習するシステムを開発した。シミュレーションからシステムが必要なOPを選択するように学習することがわかった。今後の課題は、システム学習部のアルゴリズムを不必要なOPを選択しないように改善する必要がある。

#### 参考文献

- (1) Brophy, S., et al., "Teachable agents: Combining Insights from Learning Theory and Computer Science", *Artificial intelligence in Education*, p.21-28 (1999)
- (2) 松田昇: "教えながら学ばせる: 教え方を教える。人工知能技術が学習科学に期待すること", *人工知能学会研究会資料*, Vol.B5, No.1, pp.11-16 (2016)
- (3) 梶岡瑞貴, 松原行宏, 岩根典之, 岡本勝: "「教えることにより学ぶ」を志向した学習支援システムに関する研究— 一次方程式の解法を「教える」ことのできるシステムの開発 —", *JSiSE 学生研究発表会* (2018)