

K_024

手書き入力インタフェースを備えた 式の計算を指導する知的教育システムの開発

～バグ知識による学習者の誤り同定～

Development of Intelligent Mathematical Calculation Tutoring System with Handwriting Interface

-Identifies Student's Operation Mistakes Based on Bug Knowledge-

林 楊* 岡崎 泰久†

Yang LIN Yasuhisa OKAZAKI

1 はじめに

本システムは、小学生の式の四則演算に注目し、学習者が行なった式の計算の誤りに対して、正しい解法を指導する知的CAIシステムである[1]。

知的教育システムを実現する上で、次のようなことが必要となる。学習者にとって使いやすいインタフェース、式の計算のきまりに関する知識の記述、学習者の入力解析、解析した結果に対する指導、などである。

そこで本研究では、WWW上で、数式入力インタフェースにおいて、電子ペンを用いた手書き数式入力インタフェースを作成している。最終解の入力だけでは、学習者がどのような手順で計算を行なったのかを理解できない場合があるので、本システムでは、学習者に最終解だけではなく、最終解に至るまでの途中式の入力を求めることより、学習者の解法の文脈を認識し、それに指導を生かしている。

2 手書き入力インタフェース

インタフェースの画面を図1に示す。

問題表示フィールドはサーバから受信した問題を表示する。解答入力フィールドは学習者が途中式を含めた解答を入力する領域であり、書かれた数字や記号は文字認識エンジンで認識される。ボタンフィールドは「一文字消す」や「一行消す」などの機能を提供する。メッセージフィールドは学習者へのメッセージやヒントを表示する領域である。メモ用紙フィールドは学習者が筆算等自由に使える領域である。

本システムの手書き入力には、液晶ペンタブレット WACOM DTU-710 を用いている。

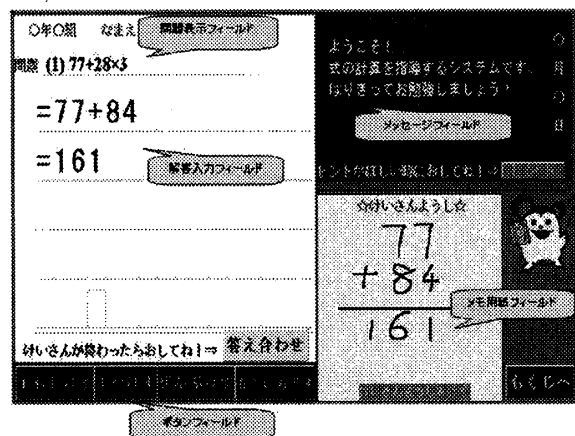


図1: 手書き入力インタフェース

3 システム全体構成

構築したシステムのアーキテクチャを図2に示す。サーバのOSはPlamo Linux1.4.4であり、サーバ側の知的モジュールはSICStus Prolog3.8.7で開発している。クライアントインタフェースは、Java(JDK1.1.8)言語によって構築され、WWWクライアント(ブラウザ)で動作する。サーバのクライアントとの間の通信モジュールはC言語を使用して開発している。

図2に示すように、システムのユーザーインタフェースと手書き文字認識エンジンはWWWクライアント上で動作し、解答解析や指導方略などの知的モジュールはWWWサーバ上で動作する。

4 バグ知識による誤り同定

バグ知識をシステムに与えると、システムは誤った解答を導き出すことができる。この解答と学習者の入力した解答との比較から、学習者の誤り原因を同定し、指導に生かすことができる[2]。

*佐賀大学大学院工学系研究科

†佐賀大学理工学部知能情報システム学科

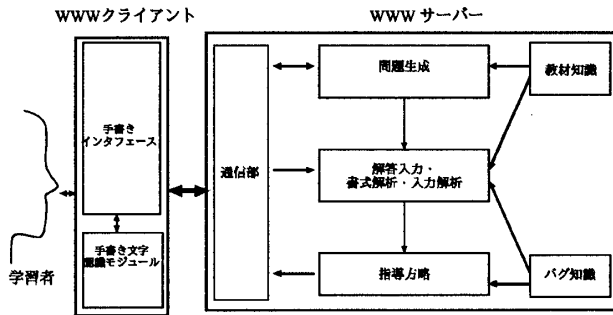


図 2: システムのアーキテクチャ

本システムのバグ知識は式構造のバグ知識と解答のバグ知識によって構築される。

4.1 式構造のバグ知識

途中式及び解答の式構造に対しては、演算子や括弧の書式の誤りに関する 14 種類のバグ知識がある。図 3 に誤りの指導画面の例を示す。

4.2 式変形のバグ知識

本システムは、学習者が誤った解答を入力した場合、学習者がどのような誤りを犯したのかを分析する。本研究では、ある小学校で行なったペーパーテストの結果を分析した。その誤り原因を大きく分けると 2 種類がある。(1) 計算のきまりに沿っていない誤りと、(2) 数字計算の誤りである。

本システムでは、数式変形過程の同定を行なうために、入力された数式の構造を DCG を用いることによって認識する。例えば、数式「 $77 + 28 \times 3$ 」は、本システムでは Prolog リストで、以下のように表現される。

```
[式, [[項, [数字, 77]], [加算演算子, +], [項, [[数字, 28], [乗算演算子, ×], [数字, 3]]]]]
```

式の構造認識で得られた数式変形前の構造と数式変形後の構造を比較することによって、構造の差を抽出することができる [3]。そこで、学習者が計算の決まりに沿っていない誤りの場合には、式のバグ知識を適用し構造認識を行い、数字計算の誤りの場合には、数字計算のバグ知識で誤りの同定を行う。適用したバグ知識より、学習者がどのように解法を誤ったのかを認識することが可能である。

例えば：式変形前の式「 $77 + 28 \times 3$ 」と式変形後の式「 $77 + 74$ 」とすると、構造の差を DCG を用いて認識すると以下ようになる。



図 3: 式構造の誤りに対する指導例

```
「77 + 28 × 3」
[[数字, 28], [乗算演算子, ×], [数字, 3]].
+++++
「77 + 74」
[数字, 74].
```

この場合、学習者が数字計算の誤りを行い、「 28×3 」を「74」に変形していることが同定できる。

5 まとめ

本研究では、学習者が入力する途中式より式変形過程をシステムが同定し、学習者の解法に沿った指導を行なうための式構造認識と、構造の差に基づいてバグ知識を用いて学習者の誤りを同定することを実現した。今後は、バグに応じた学習者へ指導メッセージの実現を行い、小学生を対象とした試用を行う予定である。

参考文献

- [1] 岡崎 泰久, 今福 智博, 岡本 正義, 近藤 弘樹: “数式計算を指導する知的 CAI システム『ACTS』における数式構造認識とその応用”, 教育システム情報学会第 24 回全国大会講演論文集, pp.93-99, 1999.8.
- [2] J. S. Brown and R. R. Burton, “Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills”, Cognitive Science, Vol. 2, No. 2, pp.155-192, 1978.
- [3] 岡崎 泰久, 近藤 弘樹: “階層的理解を反映した木構造に基づく数式認識とその差異に着目した式変形過程の認識”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J87-D-I, No.1, pp.53-55, 2004.1.