

## 分数計算を指導する知的C A I システム

2 B - 5

## 教材知識の構造とその応用

渡辺健次\* 岡崎泰久\* 只木進一\* 近藤弘樹\* 竹内 章\*\*

\*佐賀大学 \*\*九州工業大学

キーワード: 知的C A I 分数計算 教材知識 解法戦略 解法戦術 文脈認識 指導方略 問題生成

## 1. はじめに

我々は分数計算を総合的に指導する知的C A I システムの開発を行っている。本システムの特徴の一つに、学習者に対して式変形過程を入力させ、その文脈を認識して指導に生かすことがある[1]。

既に我々は本システムの教材知識を解法戦略、解法戦術、個別技術に分け、階層的に記述することを提案した[2]。本稿ではこの階層構造を基に学習者の解法についての定義を行い、それを利用した入力式の多段階認識について、指導方略への応用について、そして問題作成への適用について報告する。

## 2. 解法戦略と解法戦術

本システムでは、教材知識を解法戦略、解法戦術、個別技術の3階層に分けて記述している。プロトタイプ版のシステムにおいては、上位の2階層である解法戦略と解法戦術に重点を置き、知識を記述した。

解法戦術は、分数計算におけるひとまとまりの数学的な操作概念を記述した知識であり、例えば“通分”や“同分母引き算”などである。解法戦略は、問題を解く上での大域的な見通しであり、解法戦術の並びより構成されている。この並びは、問題を解く上での模範的な道筋を表している。

## 3. 問題の世界と教材知識

本システムの教材知識である2分数の加減算の世界を、教材知識の視点から分類する。すなわち、以下の3つの要素によってグループ分けを行い、このグループをページと呼ぶ。

- (1) 問題の形
- (2) 通分の有無
- (3) 結果の整理における約分の有無

問題の形に対応して、固有の解法戦略(後述)と、それに対応した解法戦術並びが決定される(表1)。さらに、各解法戦略に対応する解法戦術並びには、上

問題(ノード)	解法戦略	戦術並び	結果の整理
真(仮) + 真(仮)	同分母演算	同分母足し算	帯分数化, 整数化
真 - 真	同分母演算	同分母引き算	
仮 - 真(仮)	同分母演算	同分母引き算	帯分数化, 整数化
真(仮) + 帯	同分母演算 仮分数化(2)	同分母足し算 仮分数化(第1項) 同分母足し算	帯分数化, 整数化
仮 - 帯	仮分数化(2)	仮分数化(第1項) 同分母引き算	帯分数化, 整数化
帯 + 真(仮)	同分母演算 仮分数化(1)	同分母足し算 仮分数化(第1項) 同分母足し算	帯分数化, 整数化 帯分数化, 整数化
帯 - 真(仮)	同分母演算 借り 仮分数化(1)	同分母引き算 借り, 同分母引き算 仮分数化(第1項) 同分母引き算	帯分数化, 整数化 整数化 帯分数化, 整数化
帯 + 帯	整数部分演算 仮分数化	整数部分 同分母足し算 仮分数化 同分母足し算	帯分数化, 整数化 帯分数化, 整数化
帯 - 帯	整数部分演算 仮分数化	整数部分差, 借り 同分母引き算 仮分数化 同分母引き算	整数化 帯分数化, 整数化

表1 問題の形と解法戦略・解法戦術

記要素の(2)と(3)に対応して、「通分」や「約分」が加えられる。

## 4. 解法の種類

一般に数学計算においては、1つの問題には複数の解法が存在する。本システムにおいては、学習者が入力した式変形過程の認識を行うため、解法の道筋の定義を明確にして、これらを区別する必要がある。

## 4. 1 望ましい解法

本システムでは上で述べたように、それぞれのページについて教科書に沿った望ましい解法を、解法戦略として記述している。解法戦略は、1つのページに対して複数個記述されている。

解法戦略にはそれに必要な解法戦術が記述してあるため、この解法戦術を適用することにより、教科書に沿った道筋で問題を解くことができる。

例えば、[仮-帯, 通分有, 約分有]というページが定まると、[仮分数化(2)]なる解法戦略と、[仮分数化(第1項), 通分, 同分母引き算, 約分, 帯分数化, 整数化]なる解法戦術並びが決まる。これにより、望ましい解法が定義される。

ITS:recognizing the context and guiding reduction processes for fraction calculation

- Hierarchical structure of domain knowledge and it's applications -

Kenzi WATANABE, Yasuhisa OKAZAKI, Shin-ich TADAKI and Hiroki KONDO, Saga Univ.

Akira TAKEUCHI, Kyushu I. T.

E-mail: bunsu@saga-u.ac.jp

#### 4. 2 答に向かう解法

問題から答に到るまでの式変形過程において、ある分数式に適切な解法戦術を適用して答を導く道筋は、図1に示すように分数式をノードに、解法戦術を矢にラベル付けした有向グラフで表現することができる。この有向グラフを適当にたどれば、いずれ答に到達する。4.1で述べた解法戦略は、この有向グラフが表現する道筋の部分集合である。従って、このグラフには解法戦略に含まれない解法の道筋が存在することになり、許容する解法の自由度は4.1の場合よりも大きくなる。

#### 4. 3 全ての解法

図1の逆向きなどを含んだ全ての解法戦術を組み合わせることにより、答に到るあらゆる解法を記述することができる。すなわち、このレベルが解法の自由度は最も高いことになる。

通常は冗長な解法が、このレベルにあたる。

#### 5. 入力が多段階認識

本システムでは、上に示した解法の分類に従って3段階に解法の自由度を変化させて、入力式の認識を行う。

1段目は、各ページに固有な解法戦略に含まれる解法戦術を用いて認識を行う。この段階を「戦略」レベルと呼ぶ。

2段目は、図1に示す有向グラフに基づき、そこに登場する解法戦術を用いて認識を行う。このレベルを「戦術」と呼ぶ。

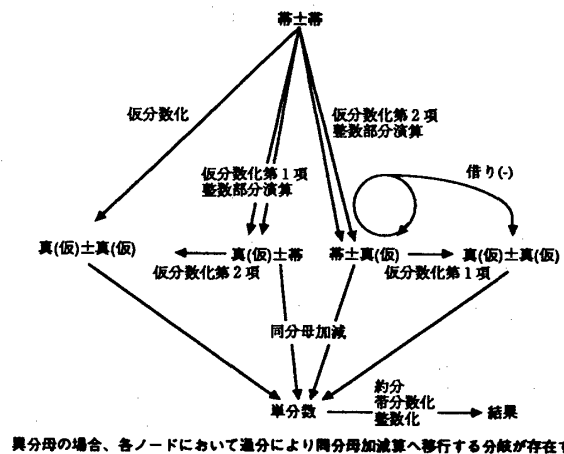
さらに学習者が図1の矢印を逆にたどるような冗長な入力を行った場合などは、3段階として全ての解法戦術を用いて認識を行う。このレベルを「全て」と呼び、この場合、問題世界に含まれる全ての解法戦術を記述しておくことにより、あらゆる入力を認識することができる。

#### 5. 指導方略への適用

本システムは、バグ知識を用いて学習者の誤り原因を認識する。一般にバグを認識することは難しい。本システムでは多段階の入力解析を行うことにより、その段階の範囲内でバグを同定しようとするため、より容易にバグの認識が行われる。バグが陽に認識できた場合は、そのバグに固有の指導方略を展開することにより指導を行う。

しかし、学習者が式変形過程入力の途中で行き詰まることもある。この場合は、学習者が入力した式変形過程を基にして、次戦術示唆するなどの指導を展開することが望ましい。また、バグが陽に認識できなかった場合も、これに基づいて指導することが効果的である。

認識レベルが「戦略」の場合、システムはその解法戦略に含まれる解法戦術の並びを基に、次戦術につい



異分母の場合、各ノードにおいて適分により同分母加減へ移行する分数が存在する

図1 2分数加減算の式変形過程

での指導を行う。認識レベルが「戦術」、 「全て」 の場合は、学習者が行き詰まったノードにおいて可能な解法戦術を調べ、候補となる解法戦術の中から学習者が既に行っている解法戦術や、教育的に適切と思われる解法戦術を選択し、それに基づき指導を展開する。

#### 6. 問題の作成

学習者に提示する問題は、その時点における学習者の理解度と、教育目標を反映して作成されなければならない。本システムではページを指定することにより、教材知識の内容が決定され、同時に教育を行う知識が定まる。システムは各ページに含まれる教材知識（解法戦略、解法戦術）を用いて、適切な問題を自動的に作成する。

次の問題に進む時、問題世界を別のページに移ることによって、システムは教育内容を変更する。これを適時行うことにより、システムは教育活動を進めてゆく。

#### 7. おわりに

解法戦略、解法戦術なる階層構造を持つ教材知識の視点で、分数計算の解法の定義を行い、それを利用した入力式が多段階認識について、指導方略への応用について、そして問題作成への適用について報告した。

本システムのプロトタイプ版は、PC9801シリーズのパーソナルコンピュータで動作している。

#### 参考文献

- [1] Kondo, H., WATANABE, K., TAKEUCHI, A., OTSUKI, S. "ITS: recognizing the context and guiding reduction processes for fraction calculation", Proc. Int. Conf. ARCE, Tokyo, 1990, pp.31-37.
- [2] 岡崎, 渡辺, 只木, 近藤, 竹内, 大槻「分数計算を指導する知的C A I」電気関係学会九州支部連合大会(平成2年10月), P.600.