

7P-6

## 知的CAIのための帰納推論方式

池田満† 溝口理一郎† 河合和久††  
山口高平† 豊田順一† 角所収†

(† 大阪大学産業科学研究所 †† 豊橋技術科学大学)

## 1. はじめに

知的CAIシステムでは、教材に関する学生の理解状態を表す学生モデルの表現能力が、システム全体の性能に大きく影響する。我々は、学生の応答から、Prologプログラムで記述される学生モデルを帰納推論する知的CAIシステムの汎用フレームワークを開発し、化学反応教育[1]、Prolog教育[2]に応用して、その有効性を確認した。しかし、そこではいくつかの制約条件が仮定されており、実用面でいくつかの問題を含んでいる。本稿では、この制約を取り除き、より正確かつ柔軟な学生モデルの構築を可能にする新しい知的CAIシステムの構想について述べる。

## 2. 知的CAIシステムの汎用フレームワーク

学生モデルは、学生の理解の変化に対応して柔軟かつ正確に学生の理解の状態を表現しなければならない。我々が提案した従来のフレームワークでは、(1)学生が解答不能という状態をモデル上で明示できない、(2)学生の理解の変化を含む、首尾一貫性のない学生の振舞いに柔軟に対応できない、などの課題が残されていた。この問題を解決するために、(1)より正確な学生モデルを表現するPrologをベースにした学生モデル記述言語(Student-Model Description Language:SMDL)の定義、(2)学生の応答の一貫性を管理するために、Doyleが提案したTMS(Truth Maintenance System)[3]の導入、の2点を中心に考察する。

## 2-1. システム構成

提案する汎用知的CAIシステムの構成を図1に示す。システムは、(1)対話インタフェイス、(2)学生モデル帰納推論部(Student-Model Inference System:SMIS)、(3)専門知識部、(4)個人指導部、(5)TMS、(6)ワーキングスペース、(7)SMDLインタプリタの7つのモジュールからなる。個人指導部は、その時点で最も有効と考えられる問題を学生に与える。学生の応答は対話インタフェイスによりSMDLプログラムに変換される。SMISは、学生の応答を説明する学生モデルを生成する。生成された学生モデルと、専門知識部にある正しい知識を診断プログラム(PDS)を使って比較し、学生の誤り(バグ)を検出する。検出された学生のバグに応じて個人指導部が学生の理解状態に適した問題を学生に与える。

学生の応答を説明する学生モデルが生成不能となったとき、SMISは矛盾の発生をTMSに伝える。TMSは、ワーキングスペース上に記憶された学生の応答と、帰納推論の履歴を表現するグラフ(精密化グラフ)の状態を更新して矛盾を解消し、学生モデルの帰納推論過程を制御する。

## 2-2. 学生モデル記述言語

従来のシステムでは、学生モデルとしてPrologプログラムを用いていた。学生のすべての応答は、対話インタフェイスによって、ファクトとその真理値に変換される。この場合、学生の応答は、Prologで定義される真理値(true, false)に対応して限定されてしまう。即ち、学生は、ファクトの真偽を常に判定可能という前提のもとでモデル化されてしまい、学生はそのファクトの真偽を判定不能であるという状態を表現できない。この状態を表現するために、Prologをベースにした学生モデル記述言語(Student Model Description Language:SMDL)を定義する。ここで考えるモデルでは、ファクトに対して3つの応答、(1)yes:真と判定する知識が存在する。(2)no:偽と判定する知識が存在する。(3)unknown:真偽を判定する知識を持たない、を想定する。SMDLインタプリタは、これに対応して実行結果として3つの値、yes, no, unknownを返す。SMDLプログラムと動作例を図2に示す。unknownはPrologで充足不可能に対応している。学生モデルの帰納推論アルゴリズムは、Shapiroの提案したモデル推論システムを原型としており、SMDLプログラムを作成する。

## 2-3. 学生の応答の一貫性管理

通常の帰納推論は、用いられるサンプルセットは矛盾を含まないという前提のもとで、サンプルセットのサイズを極限に持ち込むとモデルが同定されるという条件を満足する。しかし、学生の応答をサンプルセットとする場合、教育の進行にともない学生の理解が変化したり、簡単な思い違いをしたりすると、その応答に矛盾が生ずることが考えられる。我々の従来のシステムでは、学生が理解の変化を明示することを前提にしていたが、システムがこの変化を検出し学生の応答の一貫性を自動的に管理することが望ましい。このために、新たにDoyleのTMSの考え方を導入し、学生の応答の一貫性管理と、学生モデルの帰納推論の知的制御を実現する。

## A Student-Model Inference Mechanism for Intelligent CAI

M.Ikeda†, R.Mizoguchi†, K.Kawai††,

T.Yamaguchi†, J.Toyoda†, O.Kakusho†

† ISIR, Osaka University, †† Toyohashi University of Technology

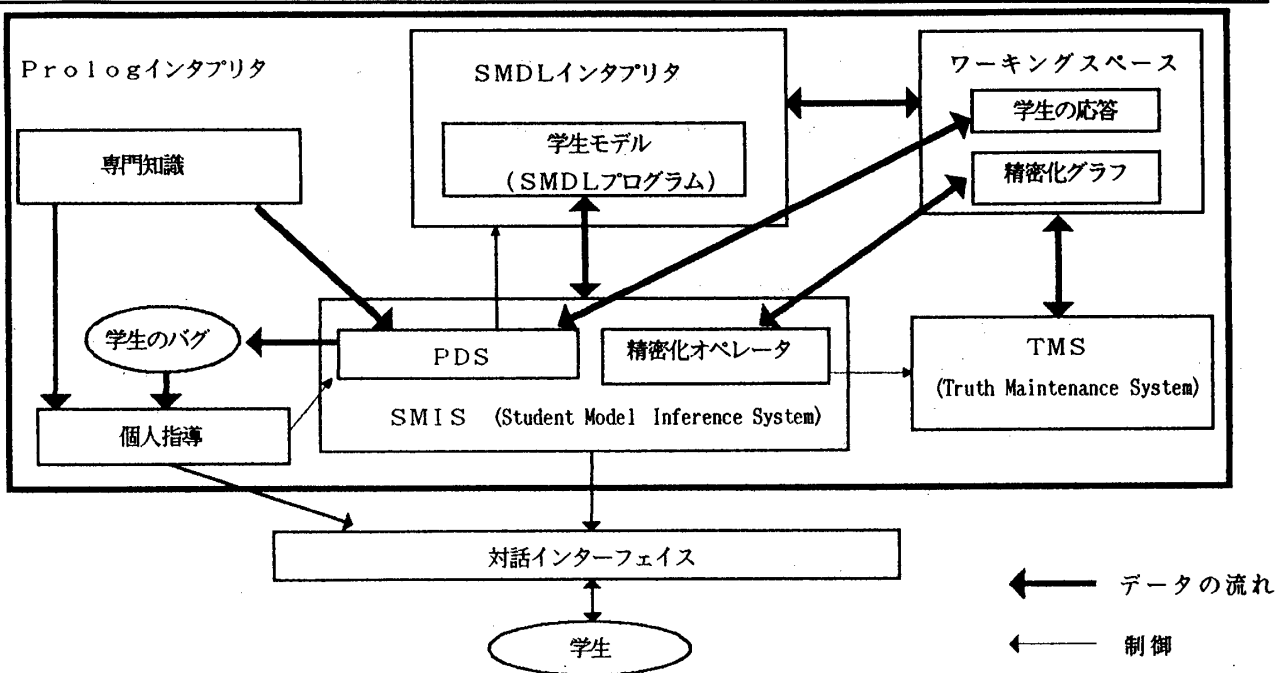


図1. システム構成図

- 死ぬ(X) :- 生物(X). (1)
- 生物(ト) :- true. (2)
- 生物(ガ) :- false. (3)

(a) SMDLプログラム：ルール(1)はPrologと同様に表現し、真のファクト(2)と偽のファクト(3)を区別して表現する

- ?-死ぬ(ト). (4)  
yes.
- ?-死ぬ(ガ). (5)  
no.
- ?-死ぬ(ホ). (6)  
unknown.

(b) 動作例：真のファクトで充足される場合(4) yesを返し、偽のファクトで充足される場合(5) noを返す。充足不可能な場合(6) unknownを返す。(下線部はシステムの応答)

図2. SMDLプログラムと動作例

TMSが管理する知識は総てノードで表され、各ノードは in, out の2つの状態を持つ。inはそのノードが信頼できることを、outは信頼できないことを表す。ノードの状態は、他のノードとの依存関係によって決定される。inとなる根拠を持たないノードを仮定ノードと呼び、TMSは仮定ノードの状態を変更することにより、全てのノードの依存関係の一貫性を管理する。学生モデルを表現するプログラムはクローズの集合である。あるクローズがプログラムに含まれるか否かの根拠は学生の応答にある。学生の応答は、仮定ノードとしてTMSの管理を受け、状態がinであるノードがサンプルセットとして帰納推論に用いられる。学生の応答の矛盾は、現在

inの状態にあるすべての学生の応答を説明するようなモデルが作成不能になった場合に検出され分析される。TMSは検出された矛盾を解消するために、仮定ノードの状態を再割り付けし、矛盾を解消した時点でその状態をSMISに通知する。SMISでは、この状態の変化に従いサンプルセットと学生モデルの更新を行い学生モデルの推論を続行する。

3. おわりに

従来の知的CAIシステムの欠点を克服する新しい汎用知的CAIシステムの構想について述べた。提案システムは、学生の理解の状態をより正確に表現でき、学生の応答の矛盾をシステムが自動的に解消できる、という利点を持つ。帰納推論の制御をより知的にするためには、矛盾解消のためのヒューリスティクスが必要であろう。そこで用いられるヒューリスティクスは、教材依存のものと教材独立のものとが考えられる。特に前者については、システムを持つ専門知識から推論することが望ましく、その推論方式は汎用フレームワークの重要な機能の一つになりうる。

現在システムをインプリメントしながら詳細を検討している。

[文献]

- [1] 河合他：論理プログラミングと帰納推論による汎用知的CAIシステム、情報処理学会論文誌、Vol.16, No.6, pp.1089-1096; (1985)
- [2] 願化他：帰納推論に基づく知的CAIシステム -PROLOG教育の場合-、情報処理学会知識工学と人工知能研究会資料、38-2 (1985)
- [3] Doyle, J., A Truth Maintenance System, Artificial Intelligence 12, 231-272 (1979).