

推論関係型データベース管理システムにおける
プロダクションシステム構築支援機構の設計

6K-1

高木利久† 松尾文碩‡ 二村祥一‡ 牛島和夫†

(†九州大学工学部 ‡九州大学大型計算機センター)

1. まえがき

筆者らは, Adbis¹⁾と呼ぶ, 推論関係型データベース管理システムを開発し, 1982年以来, 九州大学大型計算機センターにおいて実用に供してきた. AdbisはHorn集合の反証に基づく推論機構を備えている²⁾. 最近, Adbisを使用している機関あるいは使用予定の機関から, エキスパートシステムをAdbisの上に構築したいという要望が出てきた.

本研究はAdbisにプロダクションシステムの構築を支援する機構を追加するとともに, これを用いた実用規模のエキスパートシステムの構築を目指すものである. 現在, 計画のうち, プロダクションシステム構築支援機構の基本設計と, これをHorn集合推論系を用いて実現する方式の設計とを終了した. 2節ではプロダクションシステム構築支援機構の外部仕様を, 3節ではHorn集合への翻訳方式について述べる. 4節ではこの機構の実現に必要なAdbisの拡張の概要について述べる.

2. プロダクションシステム構築支援機構

プロダクションシステムを構成する三要素, 規則の集合, 規則の適用を受けるある共通領域, 規則適用の制御系を, 本稿ではそれぞれルールベース, コンテキスト, インタプリタと呼ぶことにする.

2.1 構文

コンテキスト: コンテキストの要素は次の形式とする.

$$Q(x_1, \dots, x_n) \quad (1)$$

ここで, Qは述語名, x_i は変数または定数を表す.

ルールベース: 個々のルールは次の形式で与える.

$$\text{rule名: } A_1, \dots, A_n \rightarrow B_1, \dots, B_m \quad (1 \leq n, 0 \leq m) \quad (2)$$

ここで, A_i, B_j はコンテキストの要素と同じ形式を持つ. A_i をルールの条件要素, B_j を実行要素と呼ぶ. なお, rule名は, 省略可能である.

プロダクションシステムを起動するには, 利用者は, ルールベースと, コンテキストの初期状態と目標状態との三つの集合を以下のような形式で与えればよい.

$$\begin{aligned} \{\text{rule1: } A_{11}, \dots, A_{1n_1} \rightarrow B_{11}, \dots, B_{1m_1}; \\ \text{rule2: } A_{21}, \dots, A_{2n_2} \rightarrow B_{21}, \dots, B_{2m_2}; \\ \dots \\ \text{rulek: } A_{k1}, \dots, A_{kn_k} \rightarrow B_{k1}, \dots, B_{km_k}\} \\ \{C_1; \dots; C_r\} \\ \{D_1; \dots; D_s\} \end{aligned} \quad (3)$$

ここで, rule1からrulekは, (2)の形式のルール, C_i から C_r はコンテキストの初期状態を表すコンテキスト要素で

ある. また, D_1 から D_s は目標状態を表すコンテキスト要素である.

なお, 初期状態を読み込んだり, プロダクションシステムの動作を停止したりする組み込み述語を用いることにより, ルールの形で, より複雑な初期状態や目標状態を定義することも可能である. この場合, 上の初期状態や目標状態の定義は省略してよい.

2.2 ルールの適用

いま, コンテキストの現在の状態を,

$$C = \{\dots, Q_1, \dots, Q_i(x_1, \dots, x_n), \dots, Q_n, \dots\} \quad (4)$$

とし, あるルールを

$$A_1, \dots, A_i(t_1, \dots, t_k), \dots, A_n \rightarrow B_1, \dots, B_m \quad (5)$$

とする. $A_i(t_1, \dots, t_k)$ がコンテキストに含まれているとき, つまり A_i と Q_i , h と k , x_j と t_j がそれぞれ一致するならば条件要素 $A_i(t_1, \dots, t_k)$ はコンテキストによって満足されたという. このとき, t_i が変数であれば, 適当に定数で置き換えてもよい. A_1 から A_n までのすべてがコンテキストによって満足されたとき, このルールは満足されたといひ, このルールを適用可能であると定義する.

ルールを満足するために必要な変数の置き換えを σ とし, 条件要素A, 実行要素Bに対して置き換え σ を行った結果をそれぞれ $A\sigma, B\sigma$ とする.

このとき, 上の(5)のルールをコンテキスト(4)に適用すると, コンテキストCは次のように変更される.

$$C \leftarrow C - \{A_1\sigma, \dots, A_n\sigma\} + \{B_1\sigma, \dots, B_m\sigma\} \quad (6)$$

つまり, 本機構におけるルールの適用とは, ルールの条件部の要素をコンテキストから取り除き, 実行部の要素を追加することである.

2.3 インタプリタ

インタプリタの設計において, 適用可能なルールが複数あるときのルールの選択基準, つまり推論の制御戦略を, 利用者が問題の性質に応じて柔軟に与えられるようになっていることが重要である. そこで, 当面次の二つの制御戦略を用意することにした.

(1) 適用可能なルールが複数あるとき, より上にあるルールを選択する. これは, 2.1節の(3)式のルールベースが与えられた場合, $i > j$ ならrule*i*よりrule*j*を選ぶことを意味する. これはPrologにおける節選択と同じ戦略である. また, 条件部がコンテキストの二箇所以上と一致するときは, より新しいコンテキストの要素を選ぶ.

(2) プロダクションシステム実行が行き詰まったとき, すなわち, どのルールも適用可能でなくなったとき, 適

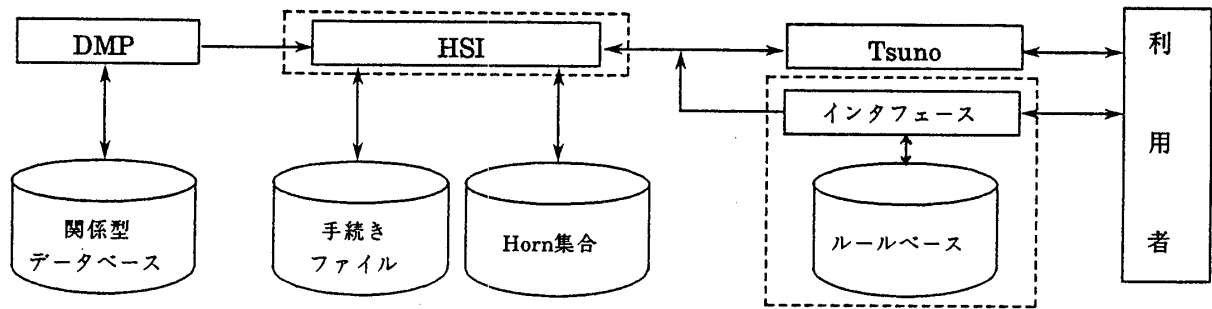


図1. Adbisの構成図

用可能なルールが複数あった時点または条件部がコンテキストの二箇所以上と一致した時点でバックトラックし、前に選んだルール（コンテキスト要素）とは別のルール（コンテキスト要素）を上位の制御戦略(1)の基準で選び、実行を続ける。

2.4 その他の機能

ルールの条件要素に否定条件が記述できる。この場合、否定を取り除いた条件要素がコンテキストによって満たされないとき、否定条件要素が満たされるとする。また、ルールの条件要素や実行要素にプログラム名を記述することにより手続き型プログラムを呼び出し実行することができる。なお、否定条件の記述の場合も手続き呼び出しの場合もコンテキストにはまったく影響を及ぼさない。

2.5 後向き推論

2.1節で述べたプロダクションルールの構文は条件部と実行部が否定条件を除いて同じ形をしているため、矢印の向きを変えるだけで逆方向の推論ができる。ただし、元のルールの条件要素に手続き呼び出しがある場合は、その手続きの逆関数が存在しなければならないなどの制約がある。

3. Horn集合推論系への翻訳

2節で述べたプロダクションシステムの動作はHorn集合推論系の動作に容易に翻訳できる。すなわち、コンテキストを正節の集合、ルールの条件部を負節とみなすことにより、ルールの条件部とコンテキストの照合は、Horn集合上の推論に置き換えることができる。

推論の結果、空節が求めれば、そのルールの条件部はコンテキストによって満足されたことになり、ルールは適用可能になる。もし、空節が求められなければ満足されなかったことを意味する。ルールが適用可能であれば、そのときの単一化子(unifier)を2.2節の置き換え σ とみなして(6)式の集合操作を行えばよい。なお、バックトラックのために、コンテキストを変更する度にその変更分を保存しておく必要がある。

4. 実現

4.1 Adbisの拡張

プロダクションシステム構築支援ツールを付加したAdbisの構成図を図1に示す。図の破線部が今回追加拡張する箇所を示している。DMPは関係型データベースの構築・管理・検索などを行うためのモジュールである。HSIはH

orn集合の推論を行うモジュールであり、DMPを使って関係型データベースを検索機能、手続き型プログラムを呼び出す機能、失敗による否定規則に基づく否定処理機能を持っている。Tsunoは会話型インタフェースである。以下に追加・拡張モジュールの概要を示す。

インタフェースの追加：これは、入力されたルールをその管理下のファイルに蓄えると同時に、Horn節へ変換しHSIに送る。

HSIの拡張：集合演算とバックトラックのための情報を保持する機能をHSIに追加すればよい。なお、手続き呼び出し機能と否定処理機能はHSIに既に備わっているので新たに作成する必要はない。

4.2 関係型データベースの利用

HSIの関係型データベース検索機能を利用すれば、関係型データベースとして蓄えられた大量のデータをコンテキストの一部とみなすことができ、プロダクションシステムと関係型データベースとを結合することが可能となる。本機構では、初期状態の指定時に、関係型データベースの検索処理が記述でき、検索された結果集合をコンテキストの初期状態とする機能を備えている。

関係型データベースの検索処理は次のように記述する。

$$\{C_1; \dots; C_r; \\ \text{REL}(x, 'ABC', y) \rightarrow \text{NEWREL}(y, x)\} \quad (7)$$

これは2番目の属性の値が'ABC'であるという条件でRELという関係を検索し、その結果をNEWRELという新しい関係として保存し、それをコンテキストの初期状態とすることを表している。C₁, ..., C_rは利用者が陽に指定した初期状態である。

5. むすび

プロダクションシステム構築支援機構を設計するとともに、それをHorn集合推論系を用いて処理する方式を提案した。この機構の主な特徴は、実現や後向き推論が容易であること、関係型データベースを検索し、コンテキストとして利用できることなどである。

参考文献

- 1) 松尾文碩, 二村祥一, 高木利久: 推論関係型データベース管理システムAdbis, 情報処理学会論文誌, Vol.24, No.2, pp.249-255 (1983).
- 2) 高木利久, 松尾文碩, 牛島和夫: Horn集合反証に基づく会話型データベース問い合わせ言語, 情報処理学会論文誌, Vol.27, No.2, pp.228-235 (1986).