

実時間問題向きシェル r t K D L の開発 (2)

4B-9

— 推論機構と知識表現 —

水鳥哲也 平松辰夫 招行正 関口なぎさ 高橋和男
(株式会社 明電舎)

1. はじめに

エキスパートシステムの適用範囲の拡大とともに、今日までに様々なエキスパートシステム開発用のツールやシステムが発表されている。我々も既にオブジェクト指向に基づいた知識表現システム K D L を開発している [1]。しかし、これら多くのツールでは、知識ベースを静的なものとしてとらえているために、データの時間的変化等を効率よく記述することができない。例えば、監視制御の分野では多数のオンラインデータを取り込んで推論する必要がある。しかも、この場合、一定時間内に応答しなければならない制約もある。

我々は、従来のツールでは扱いが困難であった、実時間性の問題に適用可能なドメインシェル r t K D L を開発した。本報告では、最初に、時間概念を含むエキスパートシステムの一般的な問題点について議論する。ここでは、r t K D L による解決策を概観する。次に、r t K D L の知識表現と推論機構の特徴について述べる。最後に、r t K D L の記述例を紹介する。

r t K D L のシステム構成と知識ベース開発環境については、別稿を参照されたい [2]。

2. 実時間エキスパートシステムの問題点

従来の知識ベースシステムによる問題解決では、データは静的であり、時間的変化は問題にされなかった。確かに、初期の設計、診断、計画問題にはこれで十分であった。しかし、監視制御システムに同様の手法を適用する場合には、いくつかの困難に直面する。これは、問題解決に時間の要因が介在するためである。実時間エキスパートシステムに特有の問題点としては、いくつか列挙できる [3]。実時間性を扱う専用ツールにはそれらの点を克服する機能が備わっていることが必要である。以下では、問題点とそれに対する r t K D L の機能について説明する。

(1) 数値演算と記号処理の統合： r t K D L 文法の記述形式は、K D L 文法と同様な、L i s p 形式を採用している。知識ベースは、プリコンパイラにより C 言語形式に変換されてから、r t K D L 実行システムに組み込まれる。従って、知識ベース中にデータ処理等の C 言語関数を定義し、ルールの記述の中でこの関数を実行することが容易である。

(2) 連続運転の保証： 監視制御システムでは、長期間にわたる運転が保証されなければならない。r t K D L では、エラーが発生したとき、その状況をシステムに通知して、適切な事後処理を行うことができる。また、メモリ管理を効率よく行い、ガーベッジコレクションによる実行の中断を防いでいる。

(3) 問題の焦点化： 推論環境の状態が変化した時、

迅速に対処するには、適用可能なルール群を選抜して推論の効率化をはかる必要がある。r t K D L は、ワールド環境とコンテキスト環境によってルール群を整理し、メタルールの指示によりその実行を制御できる。(4) 外部の非同期プロセスへの対応： オンライン環境下で複数のプロセスが同時に動作する場合、プロセス間でのデータの送受信機能が必要となる。そのためインタフェースとして、r t K D L ではメールボックスとイベントフラグ機能を実現している。外部で発生したデータやイベントを、知識ベースに推論と同期的に、または非同期的に取り込むことができる。

(5) 時間に関する知識表現： 実時間システムでは、知識ベースに時間の記述が自然にできることが必要である。例えば、監視制御では、過去と現在の観測データを比較したり、データの変化率を判断材料にすることが多い。r t K D L は、推論システムの現在時刻の参照、時間変数による時系列データの記録と統計処理、事象変数によるイベントの発生と成立状態の保持の機能を持っている。

(6) 時間に関する非単調性推論： 時間推論では因果関係の連鎖に一貫性を保つことが重要である。時間の経過により論拠とした事実データが変化して、推論が覆される可能性があるからである。しかし、精密な非単調性モデルでは、推論機構の負担が重くなる。監視制御問題では、過去のデータに基づく因果関係よりも、むしろ、観察データや過去に発生した事実からシステムの現在の状態を判断して、次の行動を決める場合が多い。そこで、r t K D L では、推論サイクルに基づいた時間モデルを設定し、現実の要求に対応している。

(7) 推論スケジューリング機構： 監視システムでは、一定周期でルール群を起動して、状況の判定やデータ処理を施す必要がある。また、現在得られた推論結果の実行を、指定した時刻まで延期しない場合がある。この時、適用すべきルールがなくなっていく推論が静止しても、時間経過により知識ベースが変化すれば、再び推論が開始されなければならない。r t K D L の推論制御では、内部時計を保持し、ルール群の周期的実行や、推論結果の遅延実行が可能である。

(8) 推論シミュレーション機能： 実時間システムの開発上の難点は、知識ベースの検証である。r t K D L では、内部時計の更新比率を自由に变えて模擬実行期間を短縮したり、外部プロセスにより試験データを発生させて、システムの検証に役立てることができる。

(9) システム構成の最適化： 実行システムは、知識ベースの推論実行に必要な最小の機能構成であることが望ましい。r t K D L の実行システムの形態はライブラリであるため、作業環境にあわせて、知識ベース、デバッグ、エディタ等の機能を取捨選択し構成できる。

(10) 既存システムとの融合性： r t K D L は、FOR TRAN 言語や C 言語で記述された外部プログラムとの組み合わせを前提にして設計されている。外部プログラムから、r t K D L の推論機構を呼び出したり、反対に推論の過程で外部プログラムを利用する。このよう

rtKDL : A Real-Time Domain Shell = Its Inference Mechanism and Knowledge Representation =
Tetsuya MIZUTORI, Tatsuo HIRAMATU, Nagisa
SEKIGUCHI, Yukimasa MANEKI, Kazuo TAKAHASHI
Meidensha Corporation

に、既存のソフトウェア資産が有効に活用できる。

以上の考察から、rtKDLは実時間エキスパートシステムを作製するための専用ツールとしての条件を満足していると考えられる。

3. 時間に関するrtKDL推論処理系

3.1 推論制御と推論機構

実時間知識ベースシステムでは、従来の静的な推論環境とは異なり、外部プロセスからの非定期的なデータの取り込みや、特定ルールの周期的実行等が必要となる。そのためには、時間に諸相を設け、いわば時間を多層に粒子化して、効率よく推論環境を管理することが重要である。複数の時間相を持つことは表現力を豊富にさせるが、反対に相互の関係を保つのが難しい。例えば、内部時計の更新は推論環境の変化と見なせるので、それ毎に新しい推論の連鎖の開始が必要である。しかし、これでは推論の効率が低下する。rtKDLでは、図1の時間相により、推論環境を管理している。

- (1) 推論制御系のサイクル(システム時計)
- (2) 内部時計の更新サイクル ①
- (3) 時系列データの採集サイクル ③
- (4) 外部プロセスとの交信サイクル ④
- (5) 推論の開始から静止までのサイクル .. ②⑤⑥

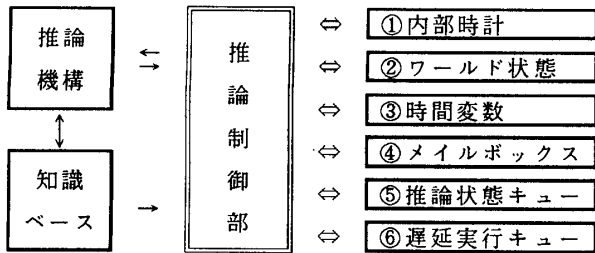


図1. rtKDLの推論処理系

rtKDLでは、ワールド内に実行可能なルールが存在する場合は、推論サイクルは継続中であると考え、この期間では内部時計を更新しないという時間モデルを採用している。推論環境の変化は、⑤推論状態キューと⑥遅延実行キューを用いて、推論サイクルと同期をとっている(図2)。推論状態キューには、内部時計の更新やメールボックス受信等の情報を保持する。

3.2 時間に関係する知識表現

rtKDLの時間に関する機能を以下にまとめる。

- (1) 内部時計の更新と参照: 実世界の時間とは別に、推論制御部は独自の内部時計を持っている。更新比率

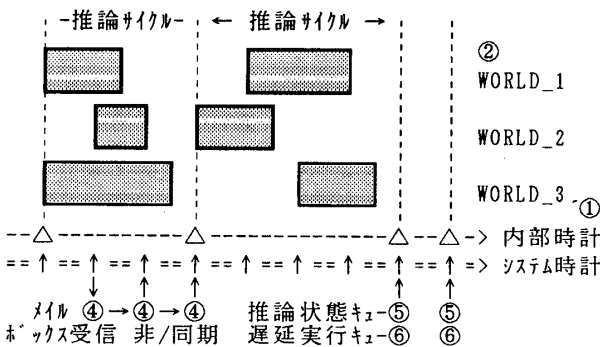


図2. rtKDLの推論サイクル

を変更することによって、実時間処理と切り離して、知識ベースのシミュレーションを行うことができる。

- (2) 時間変数: 一定周期でデータを採集して、時系列データを保持する。過去のデータの他に、これらを使った統計量が参照できる。監視制御システムでは、時系列データを参照して制御を決定することが多い。
- (3) 事象変数: 事象の開始と終了を指示したり、現在の事象の成立状態を記録する。ふたつの事象間の時間的前後関係については、Allen流の判定ができる[4]。
- (4) メールボックスとイベントフラグ: 外部プロセスとのデータ送受信のための機能を提供する。メールボックスは固定長の入出力デバイスである。これらは、推論サイクルと同期的または非同期に起動される。
- (5) ルール実行部の遅延実行: 作業記憶や長期記憶のデータ操作、事象変数への命令、メールボックスの送信、メタルール等の実行時刻を指定できる。例えば、「5分後に起動せよ」等の記述が自然に表現できる。
- (6) 特定のルール群の周期的実行: ルール群には、活性化時刻を指定したり、一定間隔で起動する周期を設定することができる。監視システムでは、特定の装置の状態を観測するのに、この機能が必要である。

4. rtKDLによる時間表現の記述例

監視制御エキスパートシステムでは、ルール中に時間の表現が多くあらわれる。例えば、次の雨水ポンプを運転するためのルールを考えてみよう。

「条件1:降雨が記録されている(a)
 条件2:ポンプ井水位が 12m 以上(b)
 条件3:ポンプ井水位の上昇率が 2cm/分 以上 ..(c)
 ならば 10分後にポンプAを起動しなさい。」

従来の知識ベースシステムは静的であるために、推論結果を得るために、観測値(a)~(c)を毎回計算して、その度に知識ベースに通知して推論する必要があった。それに対して、rtKDLでは時間推論の機能を持っているため、事象変数(a)と時間変数(b,c)を利用して、データの判定を自然に行うことができる。定期的に観測値を時間変数に読み込むことにより、推論機構が条件判定を行い、適合するルールを自動的に起動する。

```
(eventv 降雨/?RAIN :state START)
(timev ポンプ井/?WELL 水位 :value ?X :rate ?Y)
#[ (?X >= 12.0) && (?Y >= 0.02) ]
-->
(write_mbx 指令 (:起動 PUMP-A) :at <- 0:10:0>)
```

5. まとめ

監視制御エキスパートシステム等の実時間問題に適した専用ツールrtKDLについて説明した。特長は、オンラインデータの処理等、従来のシステムでは扱いが困難であった知識ベースにおける時間管理を可能にした点にある。今後は、時間モデルを一層精密化して、分野毎に最適な推論処理系を開発していく考えである。参考文献

- [1] 「エキスパートシステム構築支援ツールKDL」 -概要-; -推論機構-, 第37回情処全大, 1988.
- [2] 「実時間問題向きシェルrtKDLの開発(1)」 -システム構成-, 第39回情処全大, 1989.
- [3] Laffey, T.J, et al.: "Real-Time Knowledge-Based Systems," AI MAGAZINE, Spring 1988.
- [4] Allen, J.F.: "Maintaining Knowledge about Temporal Interval," Comm. of ACM, vol. 26, 1983.