

7A-2

実時間知識処理をめざした 制約推論のための制約充足手法比較

遠城 秀和

NTTデータ通信(株) 開発本部

1. はじめに

プロセス制御やオンライントランザクション処理の分野のような実時間環境においても知識処理技術の進歩により知識を使ったより複雑な処理の実現が求められている[1]。これらの実時間処理においては、レスポンスタイム保証がシステム実現上必要である。

知識処理を実時間処理分野へ応用するには、有限時間内に答えが求められるというレスポンスタイム保証が重要である。しかし、従来の知識処理手法は処理時間の解析が十分でなく、実時間処理への応用が困難であった。

本報告では、知識処理の一推論方法である制約推論法において、処理時間に関する木探索法と併合法の比較結果を述べる。

2. 実時間知識処理におけるレスポンスタイム保障

従来のエキスパートシステムなどの知識処理では、「利用者などからの質問を受付け、それに対する推論結果を答として返す」という処理動作を主に行っている。一方、実時間処理ではオンライン処理のトランザクションやプロセス制御のセンサデータなどの外部イベントを入力し、そのイベントの処理結果を出力としてレスポンスする。したがって実時間環境に知識処理を導入するには、外部イベントを知識処理への質問に変換し(入力変換処理)、推論結果をそれらイベントに対する出力として変換する(出力変換処理)ことで可能となる(図1)。

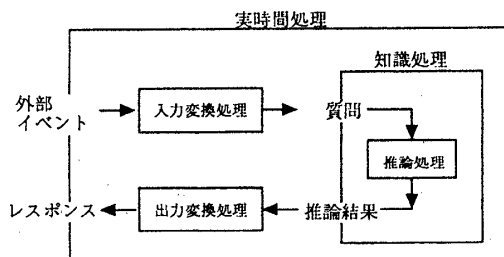


図1 実時間環境における知識処理

実時間処理では外部イベントの入力時からイベントに対するレスポンスを返すまでを通常のレスポンスタイムとしている。それと同様に実時間環境における知識処理のレスポンスタイムも、外部イベントの入力時からイベントに対する出力をレスポンスするまでとなる。入力変換処理の時間、推論処理の時間、出力変換処理の時間の和が知識処理のレスポンスタイムとして定義できる。

したがって知識処理のレスポンスタイムを保障するためには、入力変換処理、推論処理、出力変換処理の各処理が有限時間内に終了することが必要となる。入力変換処理、出力変換処理は従来の実時間処理のモジュールとして実現でき、有限時間に終了できる。推論処理が有限時間内に終了することを示すには、推論処理時間の上限を示せばよい。これまでに知識処理の推論手法としては、論理、セマンティックネット、フレーム、制約などが提案されている。この内制約推論の計算量が比較的解析されている[2]。しかし、NP完全というオーダの処理時間上限は、処理時間の見積りとして利用する精度として不十分である。

3. 実時間処理に適する制約充足手法

制約推論の解法としては、列挙法、木探索法、弛緩法、併合法の4種類に分類される[3]。列挙法では処理時間が解析できている[4]が、最も単純な手法のために他の手法より処理速度が遅い。弛緩法は他の手法と組み合わせて処理効率向上に利用されるため基本的解法として利用できない。そこで木探索法と併合法の処理時間を解析するために比較を行った。

4. 木探索法制約推論と併合法制約推論

木探索法は縦型探索に基づく制約充足手法である。単純な木探索法の手順を以下に示す(図2)。

- (1)まず変数を順序付けする。
- (2)その順に変数を選択し、制約条件から割り当て可能な値を割り当てる。
- (3)割り当て不能の場合はバックトラックして一つ前の変数の割り当て処理に戻る。
- (4)全ての変数に値を割り当てられたら解とする。

一方、併合法は横型探索に基づく制約充足手法である。併合法では制約条件を頂点とし、同じ変数を共有している関係を辺として表現した頂点拘束ネットワーク(図3)を用いる。単純な併合法の手順を以下に示す(図4)。

- (1)まず頂点拘束ネットワークに変換する。
- (2)辺によって直接連結している2つの頂点を共有の変数に関して整合性を保ちつつ単一の頂点にまとめる(併合操作)。
- (3)併合操作を繰り返し頂点が一つになったら解とする。

頂点拘束ネットワークで表現された問題に対し、以下の対応付けを行うと木探索法を用いて解くことができる(図5)。

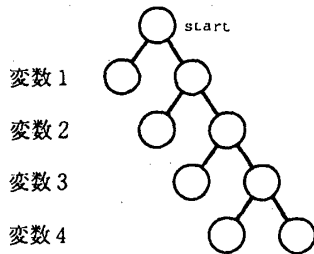


図2 木探索法

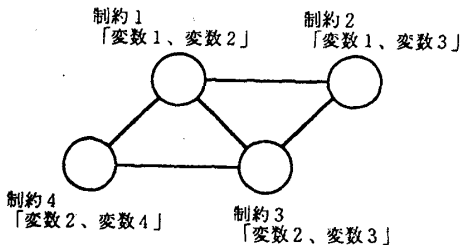


図3 頂点拘束ネットワーク

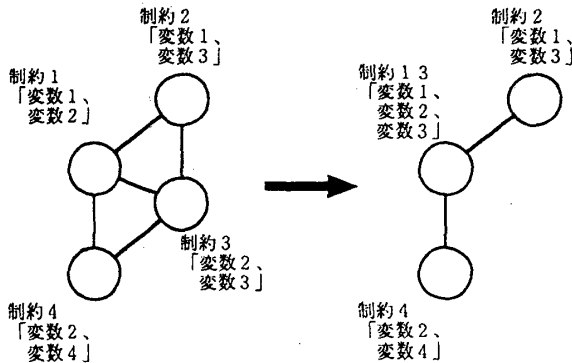


図4 併合法

- (1)各頂点毎に頂点の制約条件を満たす値の組を保持する変数(導入変数)を導入する。
- (2)導入変数の順序は併合していく順序と同じにする。
- (3)導入変数間の制約条件は、一つ前までの全ての導入変数と自導入変数間で、元の問題の共有変数に関する整合性とする。

併合法に対応させた木探索法の処理で表現すると、併合操作は一つ前の導入変数までを制約問題とした全解を用いて自導入変数までの制約問題を解くことと同じになる。併合された頂点は自導入変数までの制約問題の全解を途中解として蓄積することになる。

したがって、蓄積した途中解を用いた高速化を用いなければ、併合法の処理時間は対応付けた木探索法の処理時間と同じになる。

5.まとめ

本報告では、知識処理の一推論方法である制約推論法において、処理時間に関する木探索法と併合法の比較を行い、両者が対応可能であることを述べた。

参考文献

- [1] 浅見徹、橋本和夫、山本誠一：実時間エキスパートシステム, 電子情報通信学会誌, Vol.75, pp.855-861 (1992).
- [2] Dechter, R. and Pearl, J. : Network-Based Heuristics for Constraint-Satisfaction, *Artificial Intelligence*, Vol.34, No.1, pp.1-38, (1988)
- [3] 西原清一：整合ラベリング問題と応用, 情報処理 Vol.31, No.4, pp.500-507, (Apr. 1990)
- [4] 遠城：実時間知識処理をめざした制約推論のレスポンスタイム推定法, 第44回情報処理学会全国大会講演論文集, 2Q-4, No.3, pp.7-8 (1992).

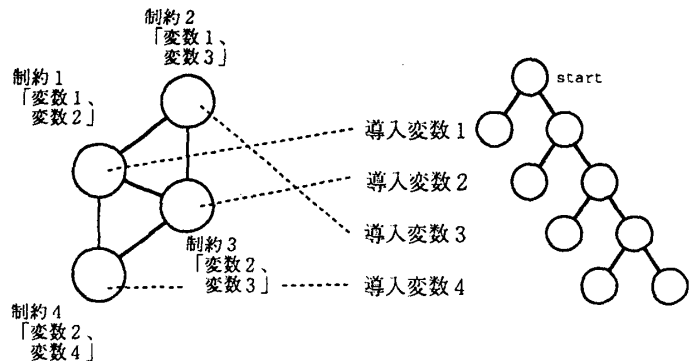


図5 併合法の木探索法への対応