

4J-10

実時間性向上のために最適な 探索方法の実験的評価

大濱寛樹 桑田喜隆
NTT データ通信（株） 技術開発本部

1. はじめに

一般に実時間システムに知識処理技術を適用させた場合、主に処理時間が不確定で長いために適用が困難となっていた。

そこで知識処理技術を実時間システムに適用するためには、設計時間内に処理を終了させる推論処理の完了保証下において、推論処理のレスポンスタイム向上を図る方策が求められる。

本稿では処理時間の完了保証が可能な制約推論を用いた知識処理システムを対象として、与えられた条件の元で制約充足処理の短縮を図る方策について、複数の問題に適用させた実験結果の報告を行う。

2. 対象とする問題設定

2.1 推論処理時間短縮化の方策

制約充足問題解決手法には様々なアプローチがあるが[1]、著者のグループでは処理時間の見積りが可能な推論処理として、木探索法を用いた制約推論処理を採用し、その上で以下の様な処理時間短縮化の方策を検討している。

- (1) 推論処理の短縮化
- (2) 推論処理手順最適化の事前実行

なお、(1)については[2]を参照されたい。

本稿では(2)の報告を行う。一般に推論処理の場合、推論開始時間までの空き時間が長い。また制約推論の場合、変数の割当順あるいは制約チェックの順序により処理時間が異なる。そこで本研究では、推論開始までの空き時間を利用して制約充足順序の事前最適化を図り、推論処理時間の短縮を図る。

2.2 事前実行最適化

制約充足問題での処理時間の長さは、最終的に生成されるノード数に置き換えることができると仮定すると、推論処理時間を短縮化させるためには、問

題の特徴に適した実行順序により、少ないノードを生成する様に推論処理を実行することが重要となる。

著者は[3]において、実時間システムとして航空管制問題を例題に取り上げ、制約充足手順の事前実行最適化によって推論処理時間の短縮を確認したが、問題の特徴と事前実行最適化の方法との関係が不明確であった。

本稿では、制約充足問題解決での典型的例題であるN-Queens問題と上述の航空管制問題での表現を分析することにより、問題の特徴と最適化手法の関係について実験的評価を行なった。

3. 問題の分析

N-Queens問題及び航空管制問題の特徴以下に示す。

	変数の数	制約の数	一つの制約の項数
N-Queens問題	N	$N*(N-1)/2$	2項制約
航空管制問題	93	10	多項制約(30-80)

表1 問題の特徴

N-Queens問題では、変数の数に対して制約数が多く、各制約の項数は2項制約となっており、また適度に枝狩りが行なわれる。そこでこの様に変数の数に対して制約数が多く、適度に枝狩りが行われる問題を条件1とする。

航空管制問題では、逆に各制約が多項制約（30から80項程度）であり、制約数に対して変数が多くなっている。従って制約チェックを行うためには、多数の変数を割り当てた後でなければ、制約チェックが行えない。また変数の大半は定義域（変数の取りうる値の範囲）の数が1となっている。そこでこの様に制約数に対して変数の数が多く、また制約の項数も多いので、枝狩りには多くの変数の割当が必要な問題を条件2とする。

4. 処理時間短縮化結果

4.1 N-Queens問題

N-Queens問題では、適度に枝狩りが発生するため、各変数の定義域あるいは制約によって展開されるノード数に差が生じることが考えられる。今回は

7Queens問題を例題に取り上げた。図1に変数割り当ての順番を以下に示すように変化させることにより生成されるノード数の比較を示す。

- a. 両端から順に変数を割り当てる
- b. 中間から順に変数を割り当てる
- c. 片端から順に変数を割り当てる

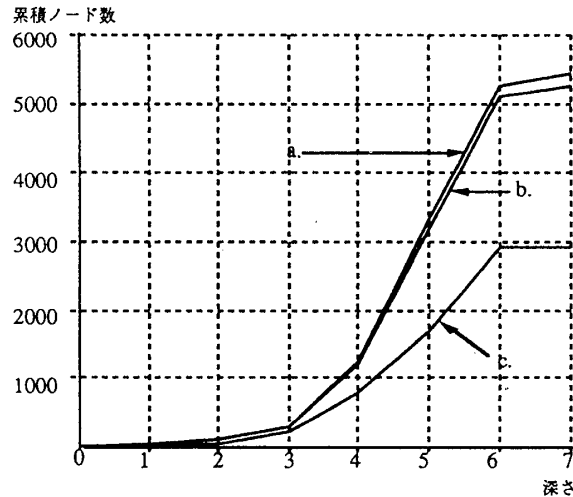


図1 N-Queens問題の実験結果

N-Queens問題では、早い段階で枝狩りが行われるc.を用いた結果が一番ノード数が少なくなっている。従って早期展開時に枝狩り率の高い制約チェックを実行することが、処理時間短縮に関連すると考えられる。

4.2航空管制問題

一般的な制約充足問題の推論処理時間を短縮化するための最適化手法については参考文献[4]で報告されている。航空管制問題には、推論処理過程で使用される制約及び変数について、以下に示すヒューリスティクスを用いて最適化を行った。

- a. 各変数で定義域の少ない順に解く
- b. 各変数で定義域の多い順に解く
- c. 推論過程でアクセス回数が少ない変数順に解く
- d. 推論過程でアクセス回数が多い変数順に解く

図2に各短縮化を図った結果を示す。

航空管制問題は、各制約の項数が多く、各変数の定義域の大きさも異なるため、変数の展開順によって、展開される木の大きさが異なっている。つまり変数の定義域がより少ないものから割り当てることにより、早い段階でノードの展開を防ぐことが可能となり、最終的なノード生成数が小さくなっている。

従って航空管制問題では、変数展開の順序として、a.変数の定義域が少ない順に解く、あるいはc.アクセスの少ない順に解くというヒューリスティクスが

有効であるといえる。

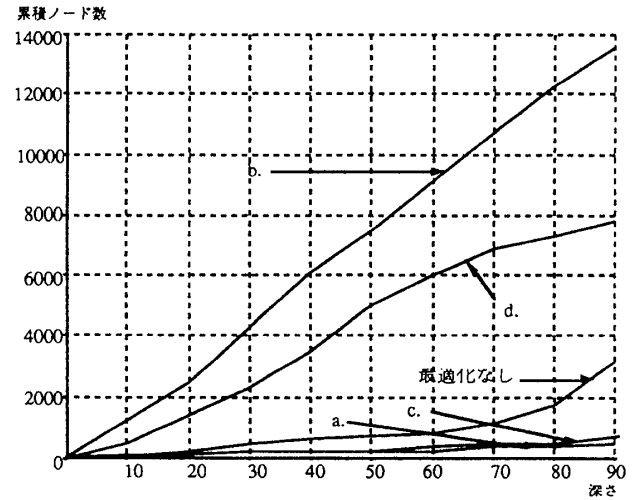


図2 航空管制問題への実験結果

5.評価

N-Queen問題及び航空管制問題への適用から、推論処理時間を短縮化させる事前実行最適化方策について、3.で示した問題の特徴別に以下の方策を得た。

- 条件1：制約探索木の上位でより枝狩り率の高い制約チェックを実行する。
- 条件2：定義域の少ない変数から展開し、展開木の広がらない様に展開順序を設定する。

6まとめ

本稿では推論処理の事前実行最適化により、推論処理時間の短縮を図る方策について、N-Queens問題及び航空管制問題を例題に各問題の特徴と短縮化方法の関係について評価を行なった。

今回は変数展開の順序を変更することによる推論処理時間の影響を示したが、今後はそれ以外の要素による処理時間短縮化の方策も検討していきたい。

参考文献

- [1] Vipin Kumar, Algorithms for Constraint-Satisfaction Problems: A Survey; AI MAGAZINE, Volume13, No.1, (1992)
- [2] 野中哲, "制約充足問題の木探索法による高速化手法の検討", 第49回情報処理学会全国大会, (1994)
- [3] 大濱寛樹, "知識処理の実時間性向上のための事前実行処理の検討", 第48回情報処理学会全国大会, (1994)
- [4] S.Minton, Integrating Heuristics for Constraints Satisfaction Problems: A case study, Proceeding of Eleventh National Conference on Artificial Intelligence, pp120-126, (1993)