

述語論理知識の QSQR 法と圧縮操作による命題化による高速仮説推論法

3W-3

棚橋 一也 福田 茂紀 石塚 満

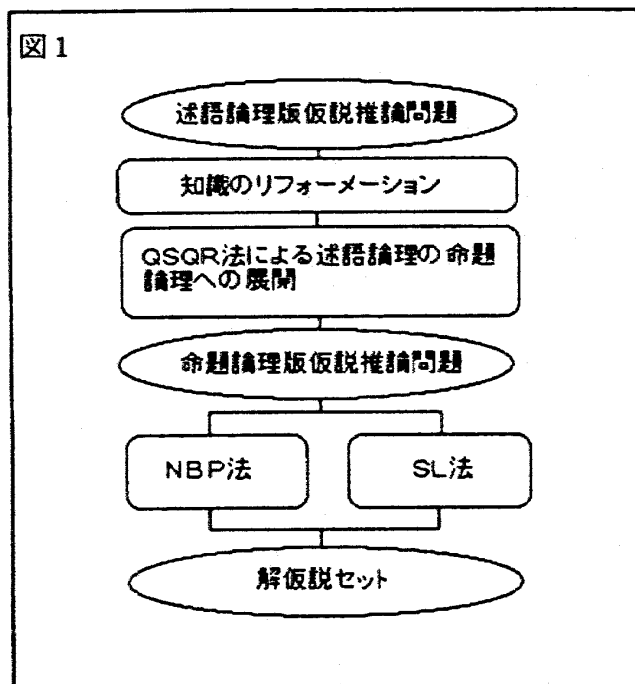
東京大学 工学部 電子情報工学科

1.はじめに

コストに基づく命題論理版仮説推論問題の解法として NBP 法[大澤 95, Ohsawa97]、SL 法[松尾 97] などといった仮説の数に対して多項式オーダーの計算手法が開発されている。そこで、本研究ではこれら命題版に対する手法を用いて、コストに基づく述語論理版仮説推論問題を高速に解くシステムの構築を図る。実際、構築されているシステムも存在するが、述語の持つ引数の数が大きくなると、展開量は指数的に増大するなどの問題があった[福田 97]。

2.基本的なシステム構成

従来の QSQR 法 [西尾 88] を用いて述語論理を命題論理に展開するモジュールと、NBP 法、SL 法を用いて準最適解を求めるモジュールに加え、folding、unfolding を用いて与えられた問題を変形し、命題論理化の効率を向上させるモジュールからなる。(図 1)



2.1. folding-unfolding 変換を用いた述語論理版仮説推論問題のリフォーメーション

与えられた述語論理版仮説推論問題を、QSQR法による全経路探索を効率的に実行できるような同値変形を得るために、以下の手法を考案した。この手法は folding フェーズ(圧縮フェーズ)、第一 unfolding フェーズ(非孤立変数分離フェーズ)、及び第二 unfolding フェーズ(孤立変数分離フェーズ)からなる。以下、フェーズごと、簡単に内容を説明するが、

Predicate-logic Hypothetical Reasoning Method based on efficient Transformation into Propositional Form.

Kazuya TANAHASHI, Shigeki FUKUTA, Mitsuru ISHIZUKA

Dept. of Information and Communication Engineering, Faculty of Engineering, The University of Tokyo

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113, JAPAN

その前にアルゴリズムの記述に使用した単語の定義を記す。

PROLOG のルール $p(X, Y):-q1(X, Z), q2(Z, A), q3(Y)$. において各種変数の定義を示す。

- 「領域限定変数」：ヘッド部の引数となっている変数 (上の例で X, Y)
- 「非領域限定変数」：領域限定変数以外の変数
- 「孤立変数」：非領域限定変数で、ルール本体で一つの述語の中にしか現れない変数 (上の例で A)
- 「非孤立変数」：非領域限定変数で、孤立変数でない変数 (上の例で Z)
- 「代入 (AにBを代入する)」：2つのルール A、BがありAの本体の述語で、Bの頭部にマッチするものをBの本体で置き換える。この時、Aの束縛変数を伝播し、Bの非領域限定変数でAの変数名として使われているもの

を別の名前に変える。

2.2. 圧縮フェーズ

論理的な誤りを起こさない場合、IDB 述語を代入によって消去する。(例1)

例1

圧縮前 $p(X,Y):-q(X,Z),r(Z,A).$

$r(Z,A):-s(Z),t(A).$

圧縮後 $p(X,Y):-q(X,Z),s(Z),t(A).$

2.3. 非孤立変数分離フェーズ

一つのルールに複数の非孤立変数が存在する場合には、新たな述語を導入することで非孤立変数を分離する。(例2)

例2

分離前 $p(X,Y):-p1(X,Z1),p2(Z1,Z2),p3(Z2,Y).$

分離後 $p(X,Y):-new(X,Z2),p3(Z2,Y).$

$new(X,Z2):-p1(X,Z1),p2(Z1,Z2).$

2.4. 孤立変数分離フェーズ

一つのルールに複数の孤立変数が存在する場合には、新たなアトムを導入することで孤立変数を分離する。(例3)

例3

分離前 $p(X,Y):-p1(X,Z),p2(Z,Y),p3(A),p4(B).$

分離後 $p(X,Y):-p1(X,Z),p2(Z,Y),new1,new2.$

$new2:-p4(B).$

$new1:-p3(A).$

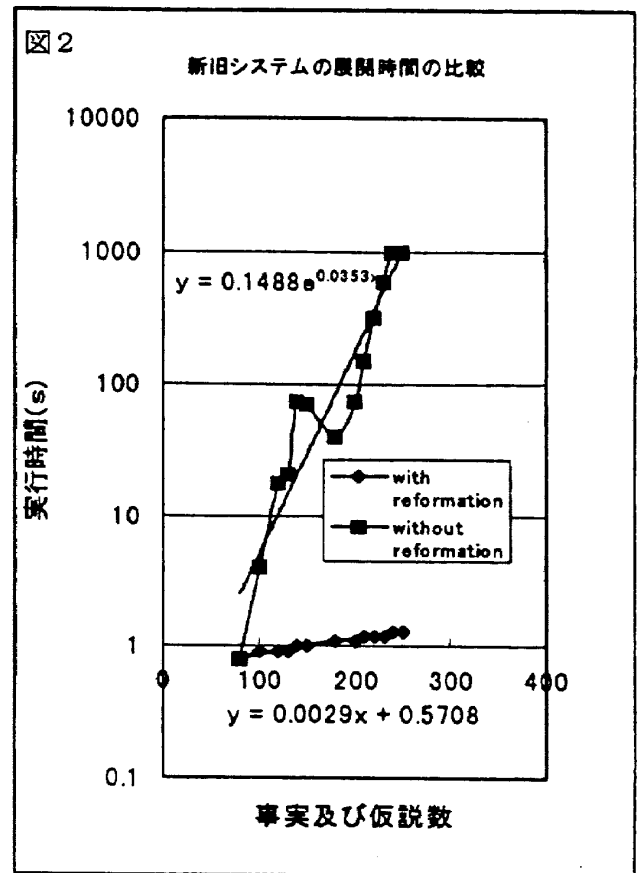
以上の3フェーズを与えられた問題に対してこの順番に適用し、リフォーメーションを完成する。

3. リフォーメーションの効果

いくつかのコストに基づく述語論理版仮説推論問題に対し、実験を行った結果、大きな効果が得られた(図2)。この大幅な性能の向上は、生成ルール数が大幅に減少したことに起因する。

4. むすび

述語版の効率的なコストに基づく仮説推論システム



はこれまでもあったが、複雑な構造となっていた。ここでは効率的な命題版への変換が簡素な構造で有効なアプローチであることを示した。

参考文献

- [大澤 95]大澤幸夫：“多項式時間仮説推論を達成するネットワーク化バブル伝播法の述語論理への拡張”、人工知能学会誌, vol.10, No.5, pp.731-740(1995)
- [Ohsawa97]Y.Ohsawa, M.Ishizuka : Network Bubble Propagation ---, Artif.Intelli., vol.91, No.1, pp131-154(1997)
- [松尾 97]松尾豊：“線形・非線型計画法の併用による高速仮説推論法の改善”、情処全大, No.5G-9(1997.3)
- [福田 97]福田茂紀, 石塚満：“ネットワーク化バブル伝播法による述語版仮説推論システムの構築”、情処全大, No.5G-8(1997.3)
- [西尾 88]西尾章治郎, 樟見雄規：“演繹データベースにおける再帰的な問い合わせの評価法”、情報処理学会誌, vol.29, No.3, pp.240-250(1988)