

## 2F-7

## 仮説を利用した推論方式

鈴木 晋\*

茨木 俊秀\*\*

岸 政七\*

愛知工業大学\*

京都大学\*\*

## 1. はじめに

演繹的推論を効率化するための多くの推論方式が研究されている[1],[2]。本稿では、仮説を用いた推論方式を提案し、その有効性を例により示す。

## 2. 推論方式

1階の述語論理を使った後向き推論システムでは、ファクト集合とルール(ホーン節とする)集合に対して証明すべきゴールが与えられると、ゴールとユニフィケーション可能な(適応可能と呼ぶ)頭部を持つファクトまたはルールによりゴールを複数のサブゴールに分解し、できたサブゴールさらに分解するという操作が繰り返される。適応の段階で、サブゴール中の変数には制約が加えられる。一つのサブゴールに適応可能なファクトまたはルールは複数あり、分解操作の繰り返しの結果、AND/OR木が生成される。そして、葉にあたる全てのサブゴールがファクトであるAND木(解木と呼ぶ)が見つかったとき証明は成功する。適応可能なファクトまたはルールの中でどれを先に選ぶかにより、探索時間が異なる。

もし、利用者が問い合わせを行う時点で、解木の中で使われるいくつかのサブゴールとその制約を予想できる場合(仮説と呼ぶ)、推論システムはその仮説を使うことにより、分解の際に適応可能なファクトまたはルールの中から適切なものを優先的に選び、探索を効率化できる。例えば、

サブゴール $G_j$ :  $G_j(x, y, z)$     仮説 $H$ :  $G_j(x, c, b)$

ルール $R_1$  :  $G_j(x, y, a) \leftarrow G_m(x), G_n(y, a)$

ルール $R_2$  :  $G_j(x, y, b) \leftarrow G_p(x, b), G_q(x, y)$

$x, y, z$ : 変数,     $a, b, c$ : 定数

においては、推論システムは $G_j$ の分解において、仮

説 $H$ を満たすルール $R_2$ を正しく選ぶことができる。

以下に、PROLOGの推論方式を拡張して、述語の形をした仮説を取り扱えるようにした新方式を示す。

知識ベース $KB(HS, FS, RS)$ ,

$HS$ : 仮説リスト  $\{H_1, H_2, \dots, H_o\}$

$FS$ : 事実リスト  $\{F_1, F_2, \dots, F_p\}$

$RS$ : ルール(ホーン節)リスト  $\{R_1, R_2, \dots, R_q\}$

ゴール列 $\leftarrow G_1, G_2, \dots, G_n$  として、

(1) 仮説リストとファクトリストを合わせたものをPROLOGのファクトリストと見なし、PROLOGと同じ縦型探索を行い解を捜す。仮説を含まない解を「真の解」、仮説を含む解を「仮の解」と呼ぶと、真の解も仮の解もどちらもなければ、証明失敗として停止する。解が見つければ、(2)へ。

(2) もし真の解が見つければ、証明成功として停止する。もし仮の解が見つければ、使われている仮説集合 $UHS = \{F_1', \dots, F_r'\}$ を仮説リスト $HS$ より取り除き新仮説リスト $HS'$ を作成し、また、仮説集合 $UHS$ よりなる $\leftarrow F_1', \dots, F_r'$ を新ゴールとして、知識ベース $KB'(HS', FS, RS)$ より新ゴールを証明する。(3)へ。

(3) 知識ベース $KB'$ よりゴール $\leftarrow F_1', \dots, F_r'$ が証明されれば、もとのゴール列 $\leftarrow G_1, \dots, G_n$ が証明されたものとして停止する。もし、ゴール $\leftarrow F_1', \dots, F_r'$ の証明が失敗したならば、(1)に戻って、ゴール列 $\leftarrow G_1, \dots, G_n$ に対する知識ベース $KB(HS, FS, RS)$ の別の解を捜す。

本方式では、適応可能な仮説またはファクト、ルールが複数ある場合は、PROLOGと同様にリストの前の方にあるものが優先される。したがって、仮説リストをファクトまたはルールの前におくことにより仮説が優先的に選択される。

Inference Procedure using Assumptions

Susumu SUZUKI\*, Toshihide IBARAKI\*\*, Masahichi KISHI\*

Aichi Institute of Technology\*, Kyoto University\*\*

3. 例題による考察

都市とその間の交通手段が図1で与えられ、「都市Aから都市Dまで5時間以内に行けるか」という問題を考える。図2はそれを表現した知識ベースである。「都市Aと都市Cの間は新幹線が利用でき、自動車で行くより新幹線でいく方が早い」ことが予想できるので、仮説「H1: SG(A,C,t,新) AからCへ新幹線だけで行く」が与えられる。ルールR1は、2地点間で利用する交通手段により、ゴールをサブゴールに分けており、ルールR2からR5は手段ごとに分けられた各サブゴールに対する推論規則を表している。図3は本方式による証明進行の様子である。フェーズ1で仮説を使って仮の解を見つけ、フェーズ2で使用した仮説を証明している。「AからCまで新幹線で行き、CからDへ自動車で行く」が唯一の解であるが、フェーズ1で仮説より適切なサブゴールに分解できたために、フェーズ2ではバックトラックすることなし証明を成功している。仮説がない場合は、時間が負になるような分解は行わないものとして、「AからDまで自動車だけで行く」、「AからDまで新幹線だけで行く」方法等を調べた後に成功し、推論効率が悪い。

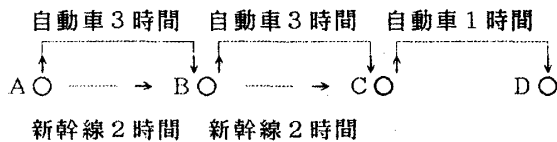


図1. 都市とその間の交通手段

2.1-1 GO(A,D,5)の証明

GO(A,D,5)  
 ↓ R1  
 GO(A,D,5) ← SG(A,y1,u1,p1), SG(y1,D,5-u1,q1)  
 ↓ 仮説H1,y1=C,p1=新 ↓ R2,q1=自

2.1-2 仮説SG(A,C,4,新)の証明

SG(A,C,4,新)  
 ↓ R3  
 SG(A,C,4,新) ← DI(A,y3,u3,新), SG(y3,C,4-u3,新)  
 ↓ F2,y3=B,u3=2 ↓ R3

図3. 証明進行の様子

2.1-3 GO(A,D,5)

仮説 H1: SG(A,C,t,新) ←  
 事実 F1: DI(A,B,3,自) ←, F2: DI(A,B,2,新) ←,  
 F3: DI(B,C,3,自) ←, F4: DI(B,C,2,新) ←,  
 F5: DI(C,D,1,自) ←, F6: SG(x,x,0,q) ←,

ルール

R1: GO(x,z,t) ← SG(x,y,u,p), SG(y,z,t-u,q)  
 R2: SG(x,z,t,自) ← DI(x,y,u,自), SG(y,z,t-u,自)  
 R3: SG(x,z,t,新) ← DI(x,y,u,新), SG(y,z,t-u,新)  
 R4: SG(x,z,t,任) ← DI(x,y,u,新), SG(y,z,t-u,任)  
 R5: SG(x,z,t,任) ← DI(x,y,u,自), SG(y,z,t-u,任)

述語の意味

GO(x,y,t) : 都市xから都市yへt時間で行ける  
 SG(x,y,t,q) : xからyへ手段qによりt時間で行ける。  
 q=自 自動車のみ, q=新 新幹線のみ,  
 q=任 自動車または新幹線  
 DI(x,y,t,q) : xとyが隣接しており手段qによりt時間で行ける

図2. 知識ベース

4. おわりに

演繹的推論を効率化するための方式を提案し、その有効性を例により検討した。今後、定量的評価を進める予定である。

参考文献

- [1] NILS J. NILSSON: Problem-Solving Methods in Artificial Intelligence (1971)
- [2] 西尾他「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 (1988.3)

↓ F5,y2=D,u2=1 ↓ F6,u1=4 (仮証明成功)

SG(B,C,2,新) ← DI(B,y4,u4,新), SG(y4,C,2-u4,新)

↓ F4,y4=C,u4=2 ↓ F6 (証明成功)