

5G-7

エキスパートシステム構築ツールCHORUS (2)

- 仮説推論機能 -

飛鳥井正道 村田真人 森沢秀一 浅野俊昭
 キヤノン(株) 情報システム研究所

【はじめに】

我々は、レンズ設計エキスパートシステムなどの開発経験をもとに、エキスパートシステム構築ツールCHORUSの開発を行なっている[1]。CHORUSは、仮説推論機能や協調推論機能[2]などを特徴とする汎用ツールである。本稿では、まず仮説推論を行なうときに知識ベースの管理を行なうATMSの機能について簡単に述べる。そして、ワーキングメモリを階層化してデータを管理するCHORUSの多重世界機構について述べ、この多重世界機構とATMSを用いた仮説推論機能を中心に述べる。

【仮説推論とATMS】

問題解決の過程では、対象についてすべてを知っていることはまれであり、通常は限られた知識に基づいて推論しなければならないことが多い。不完全な知識に基づいて結論を導き出すためのひとつの方法は、不完全な知識を補うためになんらかの仮説を立てて推論を行なうことである。このような仮説に基づいて推論を行なうときに、知識ベースの管理を行なうための機構のひとつとして、de Kleerの提案したATMS[3]がある。

ATMSを用いた推論システムは、問題解決機構とATMSとから構成される。問題解決機構は、あるデータが他のデータからどのようにして導出されたかを推論の実行ごとに理由付けとしてATMSに

与える。ATMSは与えられた理由付けを記録するとともに、データがどのような環境(仮説の集合)のもとで信じられているかを理由付けから計算し、問題解決機構に返す。環境は、[図1]に示すような“束”を構成する。理由付けからデータが信じられている極小な環境の集合を求めることをラベル計算という。ラベルや矛盾環境を極小な環境で管理することにより冗長な処理を回避できることがATMSの効率の良さのひとつの理由である。

【多重世界機構と仮説推論機能】

CHORUSの多重世界機構は、ワーキングメモリを複数のワールド(コンテキスト)に階層化し、それぞれのワールドごとにデータを管理するものである。多重世界機構において、以下に示す機能が実現されている。

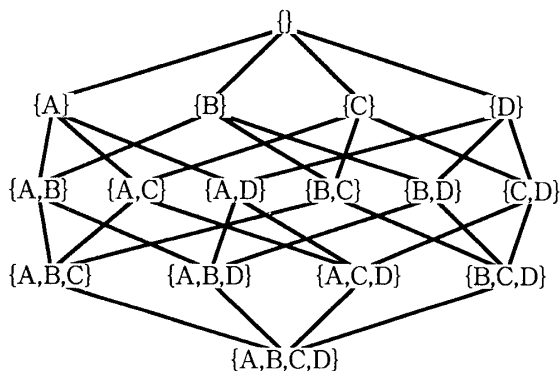
- (1) 仮説に基づく多重世界&ATMS (仮説推論)
- (2) 仮説間の論理的依存関係の記述
- (3) 仮説に基づかない多重世界
- (4) Truth Maintenance Mechanism

CHORUSでは、ワールドを仮説の集合である環境により特徴付け、ATMSによりデータを仮説の集合に基づいて管理することにより、仮説推論機能を実現している。また、データの削除を扱えるようにATMSのラベル計算アルゴリズムを拡張している。

さてATMSを用いた仮説推論では、仮説の数が多くなると環境の数が非常に大きくなる。従って、このような広大な探索空間から効率的に解を求めるためには、

- (a) 仮説間の論理的依存関係などによる探索空間の限定
- (b) 探索空間の効率的な探索

が重要である。(b)の実現のためにCHORUSでは協調推論機能が柔軟な探索や推論を可能としている。(a)の実現のために仮説の宣言時に仮説間に依存関係の記述を可能としている。現在は仮説間の依存関係として、nogood、choose、oneofが実現されており、それぞれ矛盾関係、選言関係、排他的選言関係を表現する。仮説間への選言の導入によるラベル計算の完全性および無矛盾性の維持のために、de Kleerの



【図1】環境束(A,B,C,D: 仮説)

Hyper-Resolutionによる方法[4]を用いている。

ワールドの階層構造（正確にはワールドを特徴付ける環境の階層構造）を“束”として表現する(1)の仮説推論機能の他に、ワールドの階層構造を基本的には“木”として表現する(3)の仮説に基づかない多重世界の機能も実現している。

また、CHORUSではATMSに加えて、依存関係にあるデータを管理するためのTruth Maintenance Mechanism(TMM)を提供している。TMMは、あるデータが削除された場合に、そのデータに依存して生成されたデータを理由付けをたどることにより削除する。

さて、CHORUSでは、データはノードとして以下に示すように表現される。

node : \langle datum, label, justification, type \rangle
 データ(datum)はデータの内容を表現し、ラベル(label)はデータが信じられているワールドを表現している。ラベルは、そのデータがどのワールドで生成され、どのワールドで削除されたかを以下に示すように表現している。

label : \langle in-world | out-world1 out-world2 ... \rangle

また、理由付け(justification)は、データがどのような他のデータから導き出されたかを表現している。

justification : \langle node1 node2 ... \rangle

言い換えると、理由付けはルールのパターンマッチ時に条件部でマッチしたデータの集合に対応する。タイプ(type)は、そのデータが仮説かどうかを表現する。

CHORUSでは、ラベル計算はルールの条件部のパターンマッチ時に行なわれる。[図2]に簡単なルールが実行されるときにラベル計算の方法を示す。パターンxとyがともに成立するときzが成立するというルールを考える。このとき推論機構はワーキングメモリからパターンにマッチするデータ α と β を抽出し、これらのデータのラベルの共有部分を実算する。そして、計算されたラベルをルールの実行部で生成されたデータ γ のラベルとして与える。

【おわりに】

本稿では、CHORUSにおける仮説推論機能を中心に述べた。AIツールART[5]などにおいても同様な機能が実現されている。ARTとCHORUSとの仮説推論機能の相違は、ARTでは生成されるワールド(ビューポイント)の階層構造が問題解決時の探索順序に依存し、問題の解の構造に対して一意に決定されない場合がある。この原因は、ARTでは存在するワールドの中の極小な環境を持つワールドでのルールの実行が優先され、このワールドが必ずしも本来の極小な環境とは対応しない場合があるためである。CHORUSではワールドの階層構造は探索順序に依存せず、問題の解の構造に対して一意に決定される。従って、CHORUSでは問

<ワーキングメモリ>	<ワールド>
A : \langle A, (W2), (), asmp \rangle	W1 : {}
B : \langle B, (W3), (), asmp \rangle	W2 : {A}
Γ : \langle C, (W4), (), asmp \rangle	W3 : {B}
Δ : \langle D, (W5), (), asmp \rangle	W4 : {C}
α : \langle x, (W2 W6), (\dots), fact \rangle	W5 : {D}
β : \langle y, (W5 W7), (\dots), fact \rangle	W6 : {A, B, C}
	W7 : {C, D}
	W8 : {A, D}
	W9 : {A, C, D}

<ルール>
 IF x y THEN (ASSERT z)

<ラベル計算>
 α & β \rightarrow (W2 | W6) & (W5 | W7)
 \rightarrow ({A} | {A, B, C}) & ({D} | {C, D})
 \rightarrow ({A, D} | {A, B, C, D}) {A, C, D}
 \rightarrow ({A, D} | {A, C, D})
 \rightarrow (W8 | W9)

<生成されたデータ>
 γ : \langle z, (W8 | W9), (α β), fact \rangle

【図2】 CHORUSにおけるラベル計算

題の解の構造を表現する知識と、探索のための知識を明確に分離することができる。

仮説推論の問題点は、通常の推論と比較して推論速度がラベル計算の処理だけ遅くなること、特にCHORUSではデータの削除も許しているだけに、より計算時間がかかることである。CHORUSでは、Ret eアルゴリズムを採用し、Ret eネットワーク内でパターンマッチとラベル計算を同時に行なうというARTや飯島ら[6]と同様な方法を用いることで推論速度の向上をはかっている。ただし、Ret eネットワークでは、データの変化はトークンとしてネットワークに容易に反映されるが、データの変更を伴わない矛盾環境の変化などをどのようにして効率的にネットワークに反映させるかなどが今後の課題である。

【参考文献】

- [1] 飛鳥井他、エキスパートシステム構築ツール CHORUS (1) - 協調推論機能 -、本論文集
- [2] 飛鳥井他、仮説推論と協調推論の一実現法、人工知能学会第2回全国大会講演論文集4-1、(1988)
- [3] de Kleer, J., An assumption-based TMS, Artificial Intelligence 28, pp.127-162 (1986)
- [4] de Kleer, J., Extending the ATMS, Artificial Intelligence 28, pp.163-196 (1986)
- [5] Inference Corp., ART Reference Manual (1987)
- [6] 飯島他、仮説ネットワークを用いた仮説推論器、人工知能学会研究会資料、SIG-FAI-8701-2 (1987)