

点のリストで表現することができる。探索順序はdepth-first に行うため ATMS とは異なるが、仮説の生成が段階的であり、1 コンテキスト当たりのメモリ消費が大きいときは有効な方法である。尚、導出は別のコンテキストの絞り込みを行うために用いられる。矛盾の生じた仮説の組合せ (ATMS の nogood に相当する) はCLOSEDリストに入れられるが、主として導出はこのCLOSEDリストとノード間のAND/OR関係に基づいて行われ、tree上での枝刈りは1つの導出に相当し、根ノードの枝刈りは ATMS における負帰帰導出(8)に相当する。無矛盾性のチェックは後述するように仮説検証部における Truth Maintenance 機能を本探索法において特にコンテキストの矛盾の発見を効率良く行えるように限定して用いている。

②【評価関数を用いるAND/OR木探索】

仮説間に評価が与えられるときは論理の完全性は保証されないが、best-first search によって、組合せ的爆発を抑えることが期待できる。この場合の探索法には従来から研究されているゲーム木探索や組合せ問題に適用されているB&B等を取り入れることが可能である。

4. Truth Maintenance 機能

Truth Maintenance 機能はコンテキストを隔て意識すれば、3. ①の探索機能でも行っている。これはコンテキストが推論部にとって意味があるためである。これに対して仮説検証部でのデータ管理は推論部がその時点で着目するコンテキストにおける特定のデータの支持集合を見付けることを主要タスクとする。但し一つのデータは複数のコンテキストに含まれてもよいので、支持集合を求めることは他のコンテキストにも波及する。よってAPRICOT におけるTMS機能は ATMS(CMS) 的である。

【支持集合戦略を用いる導出による仮説集合の発見】
支持集合戦略(8)は導出の適用を制限するためのものであり、「公理」間の導出は行わず導出形は「支持集合(set-of-support)」に含める。ここで混乱を避けるためにデータの仮説による支持集合(2. 参照)を支持仮説集合と呼ぶことにし、戦略における set-of-support と区別する。いまリテラル(節でもよい)Cの支持仮説集合を求めたいとする。 Σ を和項からなる satisfiable な節の集合、 Π ($\subset \Sigma$) をCを含む全ての節集合とする。以下の手続きは Π を支持集合とする支持集合戦略を基本的に用いている。本手続きは段階的に Σ を構成する場合に効率がよい。《Step-I》 Π をすべての素包含項(主項)(3)を含んだ節集合に書き替える。《Step-II》 Π と $\Sigma - \Pi$ から節の導出を行う。その際、①Cが導出形に残るか、② $\neg C$ を含む節の他のリテラルの集合がCを含む節のリテラルの集合を包含する、のいずれかである場合に導出を限定する。ここで導出がそれ以上行えないときは、 Π の各節でCを imply する項をすべて合せたものがCの「最小の」支持仮説集合であり、 Π と $\Sigma - \Pi$ を含めたものを Σ として手続き終了。《Step-III》導出形を Π に(Cを含まない項のときは $\Sigma - \Pi$ に)含め、それにより包摂される節をすべて $\Sigma - \Pi$ と Π から消去する。

《Step-IV》へ。

5. 問題領域に依存した推論部

APRICOT では2種類の仮説探索を行う。3.では矛盾を含むコンテキストを枝刈りするアルゴリズムを、また4.ではあるデータの支持集合を求めるアルゴリズムを与えた。前者は後者を用いて実現される。すなわち、負の和項 $\neg A \vee \neg B$ がTMSで管理されているとき、前者の探索ではこれを仮説AとBが同時に存在することが矛盾する(ATMSにおけるnogood(A,B))と見てそのsolution treeの枝刈りを意味し、後者の支持集合の概念を用いると仮説Aのコンテキストの基で仮説Bあるいは $\neg B$ の支持を問い合わせた場合、 $A \rightarrow \neg B$ により仮説Bが存在し得ないことを意味する。これらの仮説探索は次のような対象とする問題領域に応じた推論戦略と合わせて適宜使っていく必要がある。

【診断向きの Problem Solver】仮説(hypothesis)はあるコンポーネントが正常であるとみる。観測Oが与えられたとき仮説の否定リテラルのみからなる和項を発見できれば、それらの和項正規形を積項正規形に変換することにより故障コンポーネントの組み合わせを発見できる。

【制約満足化(CSP)向きの Problem Solver】仮説(choice)はある変数への値の割り当てとみる。観測Oが発見された時点でその観測あるいは否定を支持する仮説を求め、現在のコンテキストとの無矛盾性を調べる(2)。

6. おわりに

APRICOT は仮説推論を問題解決に使っていく場合における基本的な枠組みを提供しているが、推論部は対象とする問題領域に依存しなければならないという考えに基づいている。さらに本稿では触れなかったが、仮説生成についても対象問題から考えていかなければならない部分が多く、例えば領域固有の知識や深い知識を利用する必要がある。また実用化への課題として、①仮説推論が対象とする応用問題の中でどの部分に対して最も有効であるか？②応用問題の中で仮説や矛盾は何か？③仮説間の優先順位や順序関係、さらにレベル付けはどのように表現し得るか？④論理的な完全性と計算量の効率とのトレード・オフをどのように設定するか？等の点についても十分考慮する必要がある。

【参考文献】

- [1] de Kleer, J., Extending the ATMS, Artificial Intelligence 28 (1986) 163-196.
- [2] de Kleer, J., personal communication.
- [3] de Kleer, J. and Reiter, R., Foundation of ATMSs, to appear in AAAI, 1987.
- [4] Doyle, J., A Truth Maintenance System, Artificial Intelligence 12 (1979) 231-272.
- [5] Finger, J.J. and Genesereth, M., RESIDUE: A Deductive Approach to Design Synthesis, Stanford HPP, Memo HPP-85-1, 1985.
- [6] Pearl, J., Heuristics, Addison-Wesley (1984).
- [7] Reiter, R., A Logic for Default Reasoning, Artificial Intelligence 13 (1980) 81-132.
- [8] Wes, W. et al., Automated Reasoning, Prentice-Hall (1984).