

ネットワーク化バブル伝播法による 1D-7 高速仮説推論システムのインタフェース作成

伊藤 政宏 大澤 幸生 土肥 浩 石塚 満*
 東京大学 工学部 電子情報工学科†

1 はじめに

論理に基づく仮説推論は、仮説として不完全な知識をも知識ベースに含むことのできる、柔軟で基盤性をもった推論の枠組みであり、実用性も高い。

しかし、仮説推論における厳密解の探索には指数オーダーの推論時間を有してしまうので、高速化がその課題であった。われわれはこの問題を、準最適解を多項式オーダーで高速に求めるネットワーク化バブル伝播法によって大きく改善したものの、手続きが複雑であったため適用が難しく、実用のためには自然感のあるヒューマンインタフェースの作成が必要であった。

本研究では、X や Tc/Tk の効果的な適用その他によって、ネットワークとして可視なツールを作成することで、数理計画法と人工知能の橋渡しとなる本手法にとって重要な要素となるべき透明性・高い操作性の実現をねらう。

2 ネットワーク化バブル伝播法の導入

前述のように仮説推論では、その最大の問題は高速化であった。そのために従来から記号处理的アプローチがさかんに行なわれてきたが、最近の有効なアプローチとして、数理計画問題への変換の後に解を求めるという方法がある。特に数理計画法分野の Pivot and Complement 法 ([Balas80]、以下 PC 法) を用いた方法 [岡本 93] では、実用上かなり有効な結果が得られている。

*Masahiro ITOH, Mitsuru OSAWA, Hiroshi DOHI, Mitsuru ISHIZUKA

†Dept. of Information and Communication Engineering, Faculty of Engineering, The University of Tokyo 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113, JAPAN

しかしこの手法では、数理計画の分野で解を求めているために求解の過程が知識問題に反映しない。そこで、知識をあるネットワークに表して、求解のプロセスをネットワーク上に反映、実現したのが、ネットワーク化バブル伝播法 ([大澤 95]、以下 NBP 法) である。

3 ネットワーク化バブル伝播法

3.1 整数計画法への帰着

まず、仮説推論の整数計画(数理計画)問題への帰着法の概要を示す。まず各知識に構造変数を一つずつ割り当て、それらを使って、各ルールを制約不等式に置き換える。すると、各構造変数が 0 or 1 という条件で、整数計画問題に置き換わる。具体的には、

$$Y = X_1 \wedge X_2 \quad (1)$$

$$Y = X_1 \vee X_2 \quad (2)$$

を、それぞれ

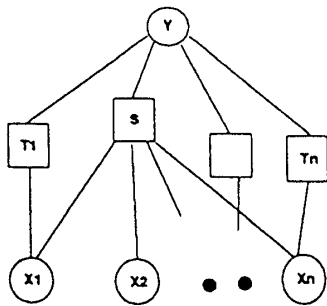
$$x_1 + x_2 - 1 \leq y, \quad y \leq x_1, \quad y \leq x_2 \quad (3)$$

$$y \leq x_1 + x_2, \quad x_1 \leq y, \quad x_2 \leq y \quad (4)$$

とする。この制約充足問題(CSP)を整数計画法の優れた近似解法である PC 法によって解けばよい。

3.2 ネットワーク化バブル伝播法

NBP 法は、この手法をネットワーク上で実現したものといえる。(3),(4)に表された各不等式をそれぞれサブネットワークに表し、全体をつなげて、一つのネットワーク(バブル伝播ネットワーク)とする。図1にサブネットワークの形成法を示す。



$$s_{NBP} = y - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right), l = y - x_i, \{ -(n-1) \leq s_{NBP}, l \leq 0 \}$$

図 1: サブネットワークの形成法

各構造変数に○または●、各スラック変数に□または■を割り当てる。そして、そのノードが白ならば基底状態、黒ならば非基底状態（これをバブルと呼ぶ）とする。そして、基底と非基底の交換を、ネットワーク上においては黒いバブルの伝播として表す。こうして得られたネットワークの上で、PC法と同等の動作をさせるのが、NBP法である。NBP法では、ネットワーク化したことにより過程が見やすくなったばかりでなく、知識構造を利用した改良もなされていて、単純なPC法よりも高速に解を求めることができるようになっている。

4 インタフェース

以上の動作を、XとTcl/Tkを使い、可視でかつ自然なツールを作ることを試みた。形成されたバブル伝播ネットワーク（図2）とその知識ベース（図3）を示す。

今回作成したツールでは、以下のような機能を実装している。

- X上でのネットワークの表示
推論過程が可視になる。
- 操作が一貫してX上で行なえる。
- 知識ベースの編集機能
使用者が、求められた解（準最適解）が不適当と認識した時など、その解をinc(矛盾)とすることによって他の解を求めるようにできるなど、利点が多い。

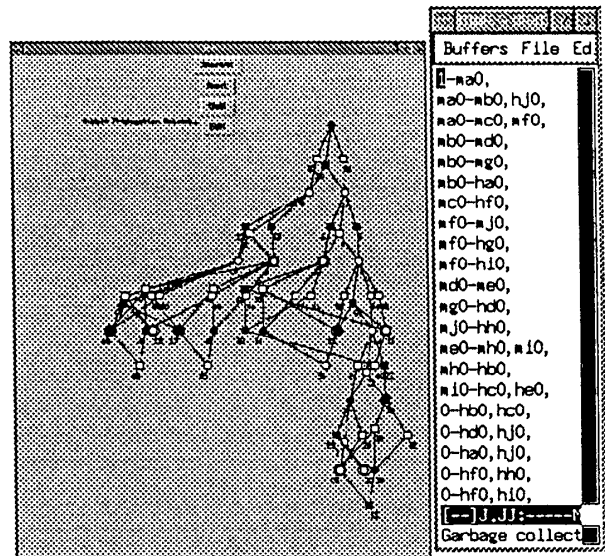


図 2: バブル伝播ネットワーク

図 3: 知識ベース例

- 拡大・縮小機能

5 おわりに

今まで、その高速な推論速度と準最適解の精度には定評のあったNBP法だが、手続きが複雑だったためになかなか適用するのが難しかった。今回、より自然なインタフェースとしてNBP法を実装したことによって、適用がより易しくなったばかりでなく、NBP法の透明性が増したことは有用であった。今後は、他の手法との結合を考えたモジュールとして機能するようにしたい。

参考文献

[Balas80] Balas, E. & Martin, C.: Pivot and Complement - A Heuristic for 0-1 Programming, Management Science, 26, pp.86-96 (1980)

[岡本 93] 岡本知樹, 石塚満: 整数計画法の近似解法を適用した準最適解計算の高速仮説推論法, 人工知能学会誌 8, pp.222-229

[大澤 95] 大澤幸生, 石塚満: 改良型ネットワーク化バブル伝播法による低次多項式時間仮説推論, 人工知能学会誌, (1995, 1)