

3F-9

ニューロ・AI統合型エキスパートシステム

- システム構成 -

小中 裕喜 阿部 一裕 瀬尾 和男

三菱電機株式会社 中央研究所

1 はじめに

記号処理は、規則や事実の形で書かれた知識を厳密に扱うことが可能であるが、探索空間の爆発や知識獲得ボトルネックなど新たな問題点を生じている。一方ニューラルネットワーク(以下NNと略す)は最適化問題への応用、バックプロパゲーション(BP法)などの学習アルゴリズムの開発により記号処理の限界を打ち破る可能性を示すものの、パターン処理のみに基づくため問題領域が限定されてきた。

しかしこれらは相補的なものであると考えるのが自然である。本研究ではそのような観点に立って、両者を融合して用いることによってエキスパートシステムにおける知識獲得ボトルネックの緩和を試みている。

2 ニューロ・AI統合型エキスパートシステム

以下のような簡単な例を考えてみることにする。

「ある倉庫への荷物の搬入、搬出を扱うエキスパートシステムである。倉庫は入口に近いものから3つのエリア1・2・3に分類され、それぞれには置ける荷物の個数に制限がある。荷物の種類は3種類あり、搬入・搬出頻度の高いものからA・B・Cとなっている。

荷物の搬入・搬出要求のシーケンスは予測できないが、倉庫の状況から判断して荷物を適切なエリアに搬入することにより、搬入・搬出に際する移動距離を最小化した(搬出に関しては、最も近くにあるものを選択するものとする)。」

この例に対する従来からのルールベースによるエキスパートシステムの記述では、例えば各エリアにある荷物の個数、各エリアの空いている棚の数、倉庫に到着した荷物を表す変数をそれぞれ用意し、それらの間の条件とそのときに選択するエリアとをルールの形で表現することになる。

しかし例題の場合、次のような問題点が明らかとなる。

- システムが使用される環境・状況によって動作が異なるので、厳密なアルゴリズムの記述が困難である。
- 専門家による直接的なシステムの拡張・修正が困難である。その結果専門家の経験・知識をシステムに反映させるのが困難となる。

後者は専門家が行なう状況判断とルールベースとの間のギャップが大きいために生じる。特にその状況判断が総合的なものの場合、それを部分的な推論過程に細分化し、既存のルールベースにマージしていくのは極めて困難である。

An expert system on symbolism and connectionism

- system configuration -

Hiroki Konaka, Kazuhiro Abe, Kazuo Seo

Mitsubishi Electric Corp.

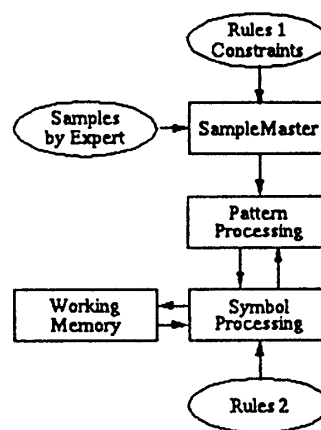


図1: システム構成図

そこでわれわれがとったアプローチは、帰納的な学習が可能で汎化能力を持った機構をエキスパートシステムの推論エンジンの代わりに用い、これによって専門家の状況判断そのものをシステムにとりこむことを可能にしようというものである。

3 システム構成および動作

本システムの構成図を図1に示す。

パターン処理装置は帰納的な学習と汎化を実現するために利用する。本システムでは3層のNNを用い、学習アルゴリズムとしてBP法を採用している。これはSUN上のRochester Connectionist Simulatorによって実装している。記号処理装置、作業メモリは同じくSUN上のPrologを用いて実装している。SampleMasterの詳細については[Abe91]を参照されたい。

このシステムの単純な利用法は以下の通りである。

[学習フェーズ]

1. 専門家がシステムに望む動作例を学習サンプル(外部からの入力及びシステムの状態と、それに対応した動作の対)として十分に蓄積しておく。
2. それらを入出力パターンに変換してNNに学習させる。

例題では、システムの状況をNNの入力層にマッピングするために、連続値のニューロンを各変数に対して割り当てる。あるいは複数の2値ニューロンを1つの変数の表現に割り当ててもよい。同様にして出力としては1・2・3のどのエリアに置くかを3つの連続値ニューロンで表す。このようなパターンへの変換によってNNに学習サンプルを学習させることが可能となる。

[実行フェーズ]

1. 記号処理装置が作業メモリなどを初期化する。
2. 外部からの入力があれば、それと作業メモリの内容をパターンに変換して NN への入力とする。
3. NN が計算し出力したパターンに応じて記号処理装置が動作を決定し、作業メモリの内容を更新して 2 へもどる。

倉庫の例では NN の出力層に各動作を表す連続値ニューロンを割り当てていたので、3 では出力最大のニューロンをみてどのエリアに荷物を置くかを決定する。

このようにシステムを実行させ、専門家の判断と食い違う点が生じれば学習サンプルを追加していく、ということを繰り返していくと、原理的にはそれらのサンプルを十分に学習できる NN さえあれば、専門家の判断を模倣するシステムの構築が可能である。

しかし、ここでさらにいくつかの問題が生じる。

- システムの状態空間が広大な場合、最初から専門家が動作例を一つ一つ列挙するのは非効率である。
- 信頼性に欠ける。サンプルを与えていく段階で一貫性を保持するのは困難である。

これらの問題点について、本システムでどのように対処しているかという点について以下に説明する。

まず、前者に関しては *SampleMaster* が効率的なサポートを行なう。問題に対して完全なアルゴリズムを定式化することは不可能な場合でも、取り扱いの簡単なケースやデフォルトの動作の指定はルールで書き表すことが可能だという場合も多い。*SampleMaster* はルールから(局所化された)状態空間におけるサンプルを自動生成する機能を持つので、決まりきった動作を専門家がいちいち与えるような作業はなくなる。

また専門家が適当でない判断した動作に対し、そのときの状況を *SampleMaster* に与えると、*SampleMaster* はその周辺領域を表す制約式を自動的に生成する。これを利用してその領域での状況判断をどのようにすればよいかを専門家が入力したり、あるいは既存のサンプル(例えばルールから生成されたもの)でその領域に属するものに対し、順次確認・変更を行なっていくことが可能となっている。

SampleMaster のこれらの機能を用いれば、次のようなシステム開発も可能である。すなわち、システム提供者はルールによる記述から学習サンプルを生成し、NN に学習させる。この段階ではシステム実行の最適化までは考えなくて良い。この NN はルールの動作を模倣するだけである。次にシステム使用者は自分の経験に従い、学習サンプルの次元でシステムの動作を修正していくのである。これはまた、既存のルールベースシステムの本システムへの継承が可能であることを意味する。

後者に関してであるが、まずサンプルの一貫性に関しては *SampleMaster* が上記のような機能を提供することによって対応している。また、極端に一貫性がない場合は BP などを用いて NN の学習を行なってもなかなか収束せず、逆にそれによって特異なサンプルを発見することも

可能であるし、あるいはそれを単にノイズとして無視することもできる。

信頼性が問題となるようなクリティカルな領域では、そのすべての動作確認を行なうのも一つの方法ではあるが、そのあたりがルールで表せるものであれば記号処理装置で厳密に動作を決定することも可能な構成となっている。また、NN の決定した動作が問題を生じないかどうかをチェックする機能を与えておくことも考えられる。

例題では各エリアに置ける荷物の数には制限があるので、出力最大のニューロンがこの制限を超えるような動作を表している場合、これを記号処理側でチェックして、次に出力の大きなニューロンの表す動作を選択する、という処理を行えばよい。

4 検討

帰納的な学習が可能で汎化能力のある枠組として、NN と BP の組合せを用いたが、NN の学習アルゴリズムには他にも RCE や LVQ などがあり、問題のクラスによって適応性が異なると考えられる。また NN を用いるのではなく、すべての動作例をデータベース化し検索する方法は、事例ベース推論などで利用されている。本研究はそれらと扱う問題領域が異なるので比較は難しいが、部分的な情報を合理的に扱ったり、得られた結果の説明をつけるといった側面は今後の課題である。

NN と知識ベースシステムを統合化した例としては診断型のエキスパートシステム MACIE[Gallant88] などがある。これはルールをネットワーク表現に変換するもので、変数間の従属関係を必要とするが、実行時に部分的な情報でも推論が可能であったり、必要な情報をユーザに質問するなどの特徴を持つ。これに対し本システムは、より一般的な枠組で NN と記号処理を融合し、*SampleMaster* によってルール及び制約からサンプルを自動生成することを可能にするとともに、サンプルの追加、検索、修正の効率化をサポートすることにより、より柔軟な知識獲得を実現している。

5 結論

パターン処理と記号処理を統合して、エキスパートシステムを構築する枠組を提案した。両者の統合は知識獲得の柔軟化、実行速度の高速化、及び信頼性の保証において必然性をもって導入されている。

今後はより実際的な問題に本手法を適用し、記号とパターンの変換方法や NN の学習アルゴリズムの選択に関する一般的な枠組について検討を行なう予定である。

参考文献

- [Abe91] 阿部, 小中: ニューロ・AI 統合型エキスパートシステム - *SampleMaster* の実装 -, 情報処理学会第 42 回全国大会, 1991.
- [Gallant88] Gallant, S.I.: *Connectionist Expert System*, Communications of the ACM, Vol.31, No.2, 1988.