

類推への動的アプローチ

石川 孝

木更津工業高等専門学校情報工学科

E-mail: takashi@j.kisarazu.ac.jp

1. はじめに

本稿では、類推の計算機実現に対する動的アプローチについて紹介する。筆者らは類推の論理プログラミングによる実現と発想支援への応用について研究を進めている。その基本的枠組みは、対象領域における概念の抽象化階層に基づいて、述語論理で表現された命題の形式的変換を行うことで仮説を生成する抽象化に基づく類推である[1]。この枠組みでは、概念の抽象化階層は組み込みであって、システムの構造は静的であり、類推の結果として概念の抽象化階層自体の学習は行われない。この静的な枠組みを補完するものとして、類推の結果として概念の抽象化階層の学習が起るような枠組みを類推への動的アプローチと呼ぶことにする。ここでは動的アプローチにおけるひとつの仮説として、類推における知識レベル学習を概念ネットワークの自己組織化として実現するシステムの設計原理について考察する。

2. Copycatアーキテクチャの分析

類推への動的アプローチの先駆的研究であるCopycat[2][3]は、類比生成の文脈における人間の概念体系の流動性と適応性の基礎にある心理機構の計算機モデルである。Copycatでは、二つの表層的に異なる状況間の類似性の認識が、連想的で文脈依存の概念ネットワークをもつ多数の知覚エージェントの相互作用から創発する。このモデルは類推をシステムの動的な性質によって実現しており、動的アプローチによるシステムの原型として有効であると考えられる。

文字列の類推：

abc⇒abd

ijk⇒?

という問題に対してCopycatは、つぎの要素からなるアーキテクチャによって類推する。

1) SLIPNET (概念ネットワーク)

・ノード：対象と構造の記述 (A～Zのアルファベット、文字位置、結合や群の方向、文字と群の区別)、記述カテゴリー (カテゴリー、長さ、位置、方向)、関係 (一致・反対)
・リンク：カテゴリーリンク、インスタンスリンク、属性リンク、SLIPリンク (可能なすり替えを表すリンク。反対リンク、関連リンクからなる)、LATERALリンク (ノード間の非階層的なすり替えを表す)

2) 作業空間 (構造が生成される動的領域)

3) プログラム溜り (構造を認識・生成するルール集まり)

4) 温度 (構造の強さを表す秩序度)

このプログラムの実行中、関連すると認識されたノードはその関連度に応じて活性化され、生成された構造に関連しなくなると破壊される。このモデルの本質は、1) 組織化の程度 (秩序度) を表す“温度”によるトップダウン制御、2) ランダムなボトムアップ認識による構造候補の生成、というトップダウンとボトムアップ処理の相互作用にある。このシステムは、自己組織化の原理としてのslaving principleを黒板アーキテクチャによって実現したものと考えられる。しかし、自己組織化によって理解の創発は起るが、概念の学習は行われない。ここでの課題はいかに高次概念を自律的に学習するかにある。

3. 自己組織化の原理

Hakenらによって提案された *slaving principle*は、つぎのようなシステム構成を前提にする[4]。

- 1) システムは多くのマイクロ変数とごく少数のマクロ変数(秩序変数)から成る。
- 2) マイクロ変数間ならびに秩序変数との間には複雑な相互作用がある。
- 3) マイクロ変数は短い時定数で定常状態へ向かう指向をもつ。
- 4) マクロ変数は長い時定数で安定定常状態へ指向するか、あるいは時には不安定な定常状態をもつ。
- 5) マクロ変数の影響でマイクロ変数の定常状態指向が疎外されることはない。すなわち秩序変数の長い時間スケールのもとではマイクロ変数は常に定常的、静的にとらえることができる。

これらの条件のもとで、長い時間スケールのもとでマイクロ変数は消去されて秩序変数の特性のみが抽出され、マイクロ変数は秩序変数に制御されてその定常状態を次々に実現する。つまりマイクロ変数は秩序変数に支配されることになるというのが*slaving principle*による自己組織化の骨子である。

4. 自己組織化による概念学習

あるレベルの要素の相互作用によって新しい特性(挙動)が創発し、その特性がつぎのレベルの要素となるような構造は、**超構造**(*Hyperstructure*)と呼ばれる[5]。この「つぎのレベルの要素」というのは、概念階層のより上位のノードにあたる。創発には2種類あり、ひとつは演繹的創発、もうひとつは観測的創発である。観測的創発における「観測者」は環境(外界)であり、一種の選択機構の役割をもつ。その例は観測と相互作用によって知識が構築される認知機構があげられる。

下位のノードの相互作用に基づくネットワークの自己組織化による構造に、より上位の

概念ノードを対応付けることによって、超構造を構成することが考えられる。この上位のノードが高次概念を表す仮説ノードになる。与えた類推問題に対して、正解を構成する構造を誘導するようなノードを高次概念ノードの候補とし、さらに複数の問題によって候補を絞り込むような**自己組織化概念ネットワーク**は、つぎの要素からなると考えられる。

- 1) 操作対象としての記号
- 2) 操作としての認識・運動
- 3) 認識・運動を結合する概念ネットワーク
- 4) 概念を表現する記号の生成(意味は外界が与える)

5. おわりに

以上述べた自己組織化概念ネットワークを構築する計画である。実験の目標は、高次概念ノードの創発および自己組織化システムの安定性の確認である。

参考文献

- [1] 石川 孝、寺野隆雄：抽象化に基づく類推の定式化とその論理プログラミングによる実現、知識のリフォーメーションシンポジウム (1993)
- [2] Mitchell, M.: "Analogy-Making as Perception - A Computer Model", The MIT Press (1993)
- [3] Mitchell, M. and Hofstadter, D. R.: The Emergence of Understanding in a Computer Model of Concepts and Analogy-Making, *Physica D*42, pp.322-334 (1990)
- [4] 深尾 毅著：「分散システム論－熱力学的システム論－」、昭晃堂(1987)
- [5] Baas, N. A.: *Emergence, Hierarchies, and Hyperstructures, Artificial Life III*, Addison-Wesley, pp.515-537 (1994)