

軌道アトラクタモデルによるパターンベース推論（自律ダイナミクス）

研究担当者：森田 昌彦（筑波大学・システム情報工学研究科）

研究代表者：森田 昌彦（筑波大学・システム情報工学研究科）[公募研究]

研究期間：平成15年度～平成16年度

研究 成 果 概 要

背景と目的

古典的人工知能の2つの大きな問題であるシンボルグラウンディング問題とフレーム問題は、情報をシンボルによって表現し、それを操作することによって推論などの処理を行おうとする限り避けがたい。一方、元々パターンとして表現されている情報を、シンボル化することなくパターンのまま処理すれば、少なくとも前者の問題は回避できるし、後者の問題にも人間と同程度には対応できる可能性がある。しかしながら、純粋にパターンベースの推論エンジン、すなわちシンボルやそれに類するものを全く用いない推論方式は、これまで知られていない。例えば、従来のニューラルネットによる推論システムは、多くが部分的に局所表現を用いるか、文脈に応じてニューラルネットを切り替えている。分散表現のみを用いるモデルも存在するが、ごく小規模な場合にしかうまく動作せず、推論エンジンとはなりえない。

これに対して、研究担当者は、軌道アトラクタモデルに選択的不感化という方法を適用すると、自律ダイナミクスに従って動作する力学系において、文脈に応じて異なる状態遷移が可能となることを示した。これを用いると、完全なパターンベースの推論が実現できる。本研究では、実際に基礎的な推論システムを構成し、その能力と可能性を調べた。

推論の方法

上記のモデルにおいて、パターン C1 で表される文脈において初期パターン S1 を与えると、パターン S2 を経由して T1 へ状態遷移したとしよう。このとき、例えば S1 が「スズメ」を、S2 が「鳥類」を、T1 が「飛ぶ」を表しているとするならば、これは「スズメは鳥類であるから飛ぶ」と推論を行ったとみなすことができる。そうすると、パターン C1 は「飛ぶか」について問うている文脈を表すことになり、モデルに S1 および C1 を与えることは「スズメは飛ぶか」と問うていると解釈できる。

このような推論を実行するためには、事前に必要な知識を学習することが必要である。具体的には、文脈 C1（飛ぶか）による修飾を加えた状態で S1（スズメ）から S2（鳥類）および S2 から T1（飛ぶ）への軌道アトラクタを学習によって形成する。同様に、文脈 C1 において S3（ウマ）から S4（哺乳類）および S4 から T2（飛ばない）への軌道アトラクタを形成すれば、「ウマは哺乳類なので飛ばない」という知識を学習したことになるし、文脈 C2（動くか）における S1 から S5（動物）および S5 から T3（動く）への軌道アトラクタの形成は「スズメは動物なので動く」という知識の学習に相当する。

ここで、「スズメ」の上位概念に相当するものが、文脈 C1 では「鳥類」であるのに対し、文脈 C2 では「動物」となっているが、このようにできるだけ一般性のある形で知識を与えた方が、より少ない知識で効率的に推論することができる。

結果と考察

モデルに「飛ぶか」、「繁殖は」など5種類の質問（文脈）に関して、「コウモリは飛ぶ」、「サクラは植物なので飛ばない」、「ヘリコプタは飛ぶ」、「ツバメは鳥類なので卵生である」など全部で25個の知識を与えた後、さらに「ペンギンは飛ばない」、「ヘリコプタは翼をもたない」など11個の知識（うち6つは新しい質問に関するもの）を追加学習させた。それぞれの文脈や事象を表すパターンはランダムに作成したが、類似しているものはある程度近いパターンで表現されている。学習後、200種類以上の問いに関して推論させた結果、本モデルは次のような優れた能力をもつことがわかった。

1. 事象を表すパターン間の類似性に基づく類推の能力が高く、未学習の問いに関してもほとんど正しく答えられる。
2. 文脈パターン間の類似性に基づく類推も可能である。例えば、「翼をもつか」という未学習の質問に関しても、「飛ぶか」に関する知識を利用して推論することができる。
3. 例外についてもうまく扱うことができる。例えば「コウモリ」に関して、「飛ぶか」という問いに対しては「飛ぶ」と推論するが、それ以外の文脈では「ウマ」や「イヌ」など他の哺乳類に関する知識を用いて類推できる。
4. 知識を多少追加しても、既学習の知識の再学習はほとんど必要ない。「飛ぶ」ものの中で「ヘリコプタ」は例外的に「翼を持たない」ことを追加学習した場合でも、「飛ぶ」ものは「翼をもつ」と類推する能力は損なわれなかった。
5. 事象を表すパターンに適当な構造があると、それを利用してより高度な類推が可能である。例えば、「魚類」が動くことも「動物」であることも学習していないのに、「マグロは死ぬか」という問いに対して、「魚類」や「生物」に近い状態を経由して、「死ぬ」と推論した（図1）。

本研究はまだ基礎的な段階だが、自律ダイナミクスと分散表現に基づく情報処理の大きな可能性を示している。

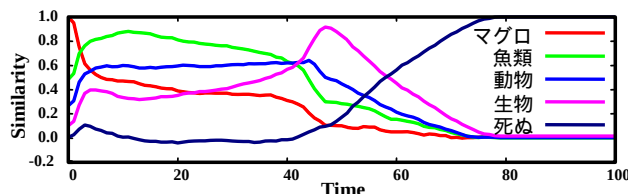


図1 未知の問いに関する推論の実行例

論 文 発 表 等

1. 山根 健, 末光厚夫, 森田昌彦: 軌道アトラクタモデルによる分散表現に基づく推論, 電子情報通信学会技術報告 (NC2005), vol. 105, no. 131, pp. 23-28, 2005.
2. 山根 健, 末光厚夫, 森田昌彦: 非単調ニューラルネットによるパターンベース推論, 第15回インテリジェント・システム・シンポジウム講演論文集, pp. 311-316, 2005.