

4 R - 7

波動場による記憶モデル構築に関する基礎研究

山田孝治 嘉数侑昇
北海道大学工学部

1. はじめに

記憶に関する研究は計算機メモリから生物学的記憶まで情報科学の研究の中でも大変重要なテーマとなっている。現在、盛んな神経機能アナロジーによる記憶モデルとして、PDPによるアプローチがある。しかし、PDPモデルは、前提とされる構成要素間の結合が、情報処理の特徴であるとともにボトルネックとなってしまっている。一方、新しい枠組みとして、場との相互作用を用いた情報処理機構が提案されている^{[3][4][5]}。PDPモデルが構成要素間の相互作用を基にしているのに対して、このモデルでは、構成要素は“場”とのみ相互作用を行う。場を媒介することで、構成要素は不特定多数の他の要素との情報交換を可能としている(図1)。

本研究は新しい記憶モデル構築を目的として、場の利用を考える。すなわち、記憶の中で知識が波動場で表現されており、知識を構成する概念との相互作用によって状態が決定されるとする。ここでは、PDPアプローチの中でも内容検索記憶として提案された相互活性化競合モデル(IACモデル)^{[1][2]}を、波動場を用いて実現することにより場のモデルの記憶モデルとしての有効性を検討する。

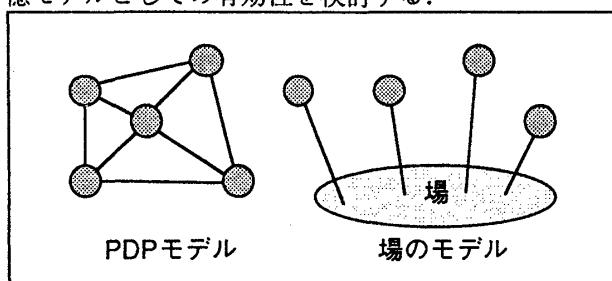


図1 PDPモデルと場の相互作用モデル

2. 記憶モデル

記憶モデルに必要なオペレーションとして選択的記録、選択的想起のふたつが挙げられるが、ここでは後者を扱う。すなわち、すでに記憶してある知識の柔軟な検索を目的とする。記憶の知識表現を次のように定義する。記憶全体 M 、記憶項目 O は複数の属性 P の関係からなる。属性は属性名 N 、属性値 V 、活性度 A の3項組である。すなわち、

$$M = \cup O \quad (1)$$

$$O \subseteq P_1 \times P_2 \times \cdots \times P_m \quad (2)$$

$$P = \{p = \langle n, v, a \rangle | p \in P, n \in N, v \in V, a \in A\} \quad (3)$$

記憶の想起は、キーとして与えられた属性 P から関係 O を導き出すことである。

記憶する知識の記憶形態は以下のIACモデルに従う。

3. IACモデル

Jets & Sharks モデル^{[1][2]}として知られているIACモデルは、記憶する知識の概念間には相互作用があり、関連する属性間にに対して興奮性、互いに矛盾する概念間にに対して抑制性相互作用があるという仮定のもと、モデルの構成要素となるユニットは単純線形計算により、そのユニットに与えられた概念である属性値 V の確信度となる活性値 A を、結合する他のユニットの活性値より決定する。すなわちユニット間の活性値の伝搬によって記憶 O を導出しており、IACモデルは単純でありながら、知識の自動一般化といったPDPモデルの情報処理能力の主要な特徴を兼ね添えている。最大の特徴は、各属性をひとつの結合で結び付けるインスタンスユニットにより記憶項目を表しており、属性から他の属性へのアクセスは結合をふたつ介するのみで可能となることである(図2)。

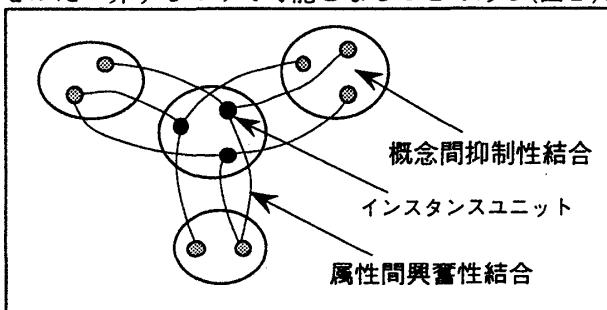


図2 IACモデル

4. 場の相互作用モデルの導入

記憶モデルの実現にあたって場の数理モデルを導入する。IACモデルのインスタンスユニットを中心とした概念の結合からなるスター構造を、ここでは波動場を中心とした概念の相互作用からなるスター構造と見て、知識の概念間の相互作用を波動場を用いて統一的に扱う。まず、知識の構成概念は、それ固有の波動で表されており、記憶された知識は、そ

の構成する概念により特定の場を形成していると仮定する。記憶項目 O を表す波動場 H_O の特定の状態に対応させ、それは各属性の表す波動場 H_P の状態から決定される。属性波動場は構成するユニットが表す属性値 V 、活性値 A により張られたポテンシャル場により決定される(図3)。すなわち、

$$H_O = \sum W H_P \quad (4)$$

$$H_P = \sum h_i \psi_i \quad (5)$$

W は属性波動場 H_P の記憶項目 O への影響度、 ψ_i はユニット固有の基本波動、 h_i はユニットの支配関数で、 ψ_i 上にポテンシャル場を設定する。この支配関数は活性値に依存し、属性波動場より影響を受けることで、ユニットは場の状態を認識する。

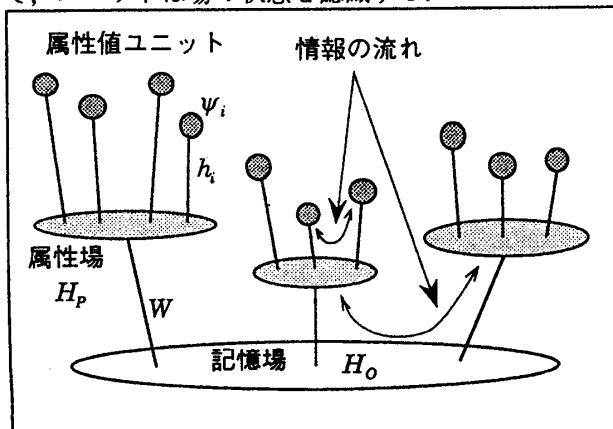


図3 波動場による記憶モデルの構成

記憶の想起は、ある属性のユニット初期値をキーとして与えることにより、各属性に安定した場を作ることである。そのためには各ユニットに作用するエネルギー E を最小にするような目的関数を設定すればよい。ここで作用エネルギー E は、ユニット固有の基本波動 ψ_i に関する相互作用エネルギーで、ユニット近傍の相互作用エネルギーの和である。

$$E_i = \sum_i \frac{q_i}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} H_P \psi_i d\phi \quad (6)$$

5. モデルの動作

IACモデルのユニットの属性内での動作は相互抑制競合でWinner Take All型である。均等に活性すべきユニットでもバランスが崩れると活性が片寄ってしまう(図4)。

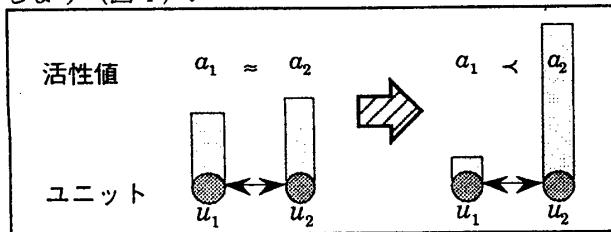


図4 IACモデルのユニット間特性

一方、波動場を用いたモデルではユニットの動作は場に対する安定点探索で、それが記憶の連想過程と

なる。ユニットは場の変化を読み取って自らの支配関数、すなわちポテンシャル場にフィードバックさせ目的関数の最適化を計る。IACモデルとの違いは、IACモデルでは、Winner Take All効果により、一度、ひとつの記憶を想起してしまうと、モデルの動作はその記憶を強く活性させるためだけになってしまふ。しかし、場との相互作用モデルでは、下図の(a)→(b)→(d)に示すように、ある記憶について想起しても、他の記憶についても、その状況、すなわち“場”にあわせて準最適な想起を行える可能性があることである。これはユニットが受けける制約が場からのみであることによる。

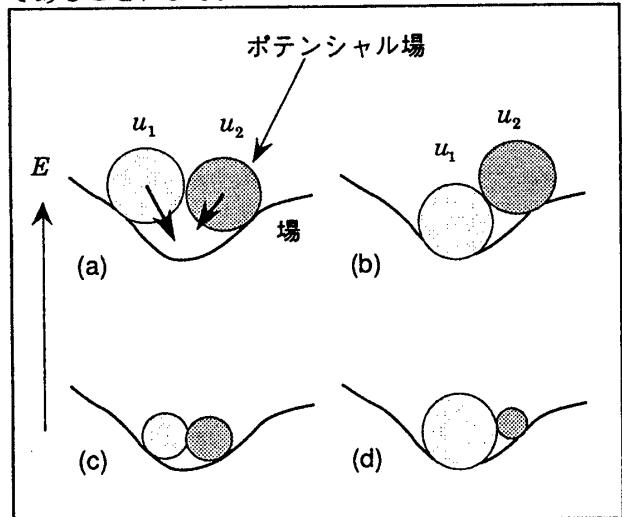


図5 場の安定化

6. おわりに

波動場による相互作用を利用した記憶モデルに関して考察を行った。場の安定に関して、収束しない場合が存在するだろうが、場の挙動を思考過程と考えると収束しない場合があつてもおかしくない。しかし、記憶システムとして使用には差しつかえるので、もちろん収束するよう構築する必要がある。

【参考文献】

- [1] McClelland,J.H.: Retrieving general and specific information from stored knowledge of specifics, Proceedings of the Third Annual Meeting of the Cognitive Science Society, pp.170-172 (1981).
- [2] McClelland,J.H., Rumelhart,D.E.: Explorations in Parallel Distributed Processing, A Handbook of Models, Programs, and Exercises, MIT Press, Cambridge (1988).
- [3] 深尾毅:分散システム論, 昭晃堂, (1987).
- [4] 横井,嘉数:生命体モデル構築に関する基礎研究(高エネルギー場における粒子群の挙動シミュレーション), 昭和63年電気関係学会北海道支部連合大会, pp.293. (1989).
- [5] 横井,嘉数:自律機械群の挙動に関する基礎研究—機械群の自律的構造形成—, ロボティックス・メカトロニクス講演会'91, 論文集 vol A, pp.183 (1991)