

神経回路網とスピングラス

京大・理 篠 本 滋

脳の記憶や情報処理のモデルのなかにはスピングラスに類似した性質を利用したものがある。とりわけ一体系のなかに数多くの局所平衡点をもつという性質は記憶を、そして平衡点への緩和過程は記憶の検索過程を想像させる。この報告では特に Hopfield によってスピン系との対応が明らかにされた連想記憶モデル¹⁾、著者による認識連想記憶モデル²⁾、及び最近の最適化問題の話題をとりあげた。以下にその概要をまとめる。

1) 連想記憶モデル

記憶のモデルになるためには、単に multibasin であるだけでなく局所平衡点を意図的に指定できないといけない。自己相関マトリックスあるいは Hopfield モデルとよばれるものはスピン系の用語でいうところの ‘エネルギー’

$$H = - \sum_{i \neq j} T_{ij} s_i s_j$$

の極小化問題を指し、 T_{ij} として

$$T_{ij} = \sum_{m=1}^M s_i^{(m)} s_j^{(m)}$$

を採用する。ここで $\{s_i^{(m)}\}_i$ は記憶させたいパターンである ($m = 1 \cdots M$)。 $M = 1$ の場合これは衆知の Mattis モデルであり局所ゲージ変換で強磁性系に還元される。一方 M を大きくしてゆくと T_{ij} はでたらめさを増し、スピングラスに類似してくる。スピングラス的になる前の領域とりわけ、 $M/N \leq 0.15$ では各パターン $\{s_i^{(m)}\}$ が系の安定平衡点になることが確かめられた。

2) 認識連想記憶モデル

上記相関マトリックスは対称、則ち $T_{ij} = T_{ji}$ 、でありその為に ‘エネルギー’ 関数が存在した。実際の神経系では信号の符号は送り手によって一意的に決っているとされており上記対称性は失われたものとなっている。この系でも各記憶パターンに対応した basin を作れることがわかった。さらに重要なことは、すべての記憶パターンと相関のない入力きたときに系は

一定の「判別不能」という状態におちいることが解析及びシミュレーションによって明らかになったことである。

3) 最適化問題

巡回セールスマン問題に代表されるようなNP-complete問題の解を求めるための並列処理機構を考える。そこではスピングラスの基底状態を求めるためにKirkwoodが考案したsimulated annealingの方法が用いられる。並列処理とは言うまでもなく各部が同時に相互作用しながら処理が進行するというもので、物理学が対象とする相互作用する多体系のダイナミクスに含まれるものである。

上記研究のもう少したちいった解説は著者が記録した甘利教授の講義ノート³⁾にまとめてあるのでそれを参照していただきたい。

参考文献

- 1) J. J. Hopfield, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 79 (1982) 2554–2558
- 2) S. Shinomoto, preprint.
- 3) 甘利俊一,「講義ノート：神経回路網の数理」物性研究 47 巻 6 号

スピングラスとCAM理論

東大・理 鈴木 増 雄

1. はじめに

1975年にS. F. EdwardsとP. W. Anderson¹⁾がスピングラスの理論を提唱して以来、非常に多くの論文が発表されているが、²⁾⁻⁵⁾ 必ずしもスピングラスの本質が解明されたとは言いきれない。そうであるが故に、今回の研究会も開催された訳である。SKモデルの解, Parisiのレプリカ対称性破りの解の発見と長距離相互作用の系の研究は精力的に長い間行われてきたが、3次元の隣接相互作用の±Jモデルのスピングラス相転移の存在が理論的に示されたのはごく最近である。⁶⁾⁻⁹⁾ くり込み群に基づく ϕ^3 スピングラスモデルでは、臨界次元 $d_c = 4$ であり、3次元では、スピングラスは存在しないことになっていた！

一方、実験的には、3次元でもスピングラスは存在し、多数の実験的な研究が報告されてい