

複雑系の情報処理 - 側抑制の新しいモデル

東北大工基礎 原 啓明

最近、複雑な系に対する方法論の模索が行われている。これはエネルギー概念の枠組を離れ、情報理論の重要性が生体や通信系において強調されていた1950年代と共通するものがある¹⁾。

生体は外界の刺激を情報として感覚受容器で入力し、複雑な神経回路網を介しその情報処理を行う³⁾。カブトガニの網膜を使った実験³⁾によって、ニューロン間の側抑制が外界の刺激のパターンの輪郭を強調することが直接検証されている。これは神経回路網が行う情報処理の基本的機能一つである。

研究会では、従来の二層で構成された抑制型の神経回路網⁴⁾を、図1で示した多重層の神経回路網に拡張し、その応答特性について報告した。

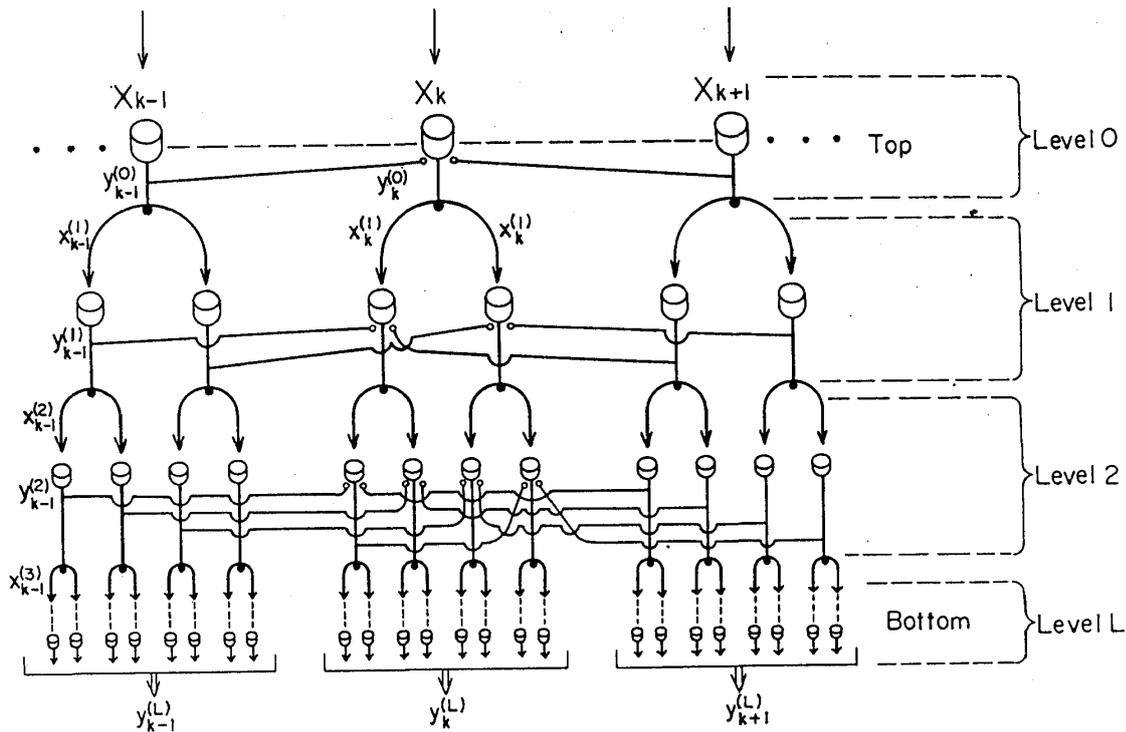


図1 多重層の神経回路網

図中の X_i ($i=1, 2, 3, \dots, k-1, k, k+1, \dots, M$) は、レベル 0 (トップ) にあるユニット群である受容器に対する入力信号、 $X_i^{(l)}$ ($l=1, 2, \dots, L$) は、受容器につづくユニット群に対する入力信号、 $y_i^{(l)}$ は $l-1$ 層からの出力信号である。最下層 (Bottom

)は出力ユニット群である。この多重層の神経回路網では、各レベルに対するユニットの出力信号はレベルに関する漸化式で表される。また、神経回路網の総出力信号を規定する伝播関数 $F(g, b)$ は *Weierstrass* 関数で表される。 g は隣接ユニット間の結合定数、 b は神経回路網の分岐数である。階層の増大に伴い、ユニット間の相互作用が減少する場合、伝播関数の漸近形は、位相に関するスケール則を満たし、フラクタル次元で規定される。ここで、位相は分岐点の特性を表すパラメータとして導入された“内部状態変数”である。図1で示した多重層の神経回路網は、フラクタル次元が、相互作用の領域に依存するユニット間の結合定数と分岐数で決まるマルチフラクタルと見られる。この事実は、刺激量と感覚量の間にある *Weber-Fechner* の法則を一般化し導出されたスケーリング則の考え方⁵⁾と一致する。

文献

- 1) L Brillouin : Science and Information Theory 1956 Academic new York)
- 2) 原 啓明：神経回路網の物理－記憶のモデル（石原・和達編「あたらしい物性」共立出版，1990
- 3) F.Ratliff, H.K. Hartline and W.H.Miller : Jour. Optic. Sci.Am. 53 (1963), 1,110
- 4) 山下一美，岡本次郎：電子通信学会論文誌，51-c，1968
- 5) 原 啓明：物性研究，58，(1991)。