

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 金丸 隆志

本論文は「Roles of fluctuations in pulsed neural networks (パルスニューラルネットワークにおける揺らぎの役割)」と題し、生体の感覚系や中枢神経系においてしばしば観察される揺らぎの、パルスニューラルネットワークにおける役割について調べたものであり、9章により構成されている。

第1章は「Sources of fluctuations in neural systems」と題し、生体において見られる揺らぎとして代表的なものを紹介している。

第2章は「Modeling the network of spiking neurons」と題し、本研究において用いられる2つのネットワークモデル、電氣的ネットワークと化学的ネットワークを定式化している。電氣的ネットワークとは感覚系においてしばしば見られるネットワーク形態であり、また、化学的ネットワークとは皮質などの中枢神経系で広く見られるものである。

第3章は「Organization of this thesis」と題し、本論文の構成を概観している。

第4章は「Stochastic resonance in the network without delays」と題し、電氣的シナプスにより結合しているネットワークに周期的な刺激と揺らぎを加えた時の応答を調べている。この際、ある揺らぎ強度において入力刺激とネットワークの出力との間の相関が最大化するという、確率共振現象に着目して調べている。近年、生体は危機回避のためにこの現象を利用しているのではないかと提案されており、本章の結果はその提案を強化するものと考えられる。

第5章は「Array-enhanced stochastic resonance」と題し、第4章と同一のシステムについて観測される Array-enhanced stochastic resonance という現象の理論的解析を行っている。

第6章は「Stochastic resonance in the network with delays」と題し、相互作用に時間遅れを伴う電氣的ネットワークの解析を行っている。このような時間遅れを伴うネットワークは、フクロウの音源定位のネットワークにも利用されていると言われ、今後の進展が期待されている。

第7章は「Fluctuation-induced memory retrieval」と題し、化学的ネットワークにおける連想記憶モデルを解析しており、記憶パターンの想起がネットワークに揺らぎを加えることで実現されることを見出している。さらに、本システムによる連想記憶は、従来のモデルとは異なり時間軸方向に自由度を持つことを指摘し、複数のパターンを同時に想起できることを示している。

第8章は「Networks storing sparse patterns with hierarchical correlations」と題し、第7章で扱ったネットワークに階層構造を持つパターンを記憶させた場合の動作について解析している。この系にはターゲットのパターンと共に OR パターンと呼ばれる寄生的なパターンも記憶される。このとき揺らぎの強度の調節によって、想起されるパターンを切替えることができることが示された。また、低次元写像を用いたこの現象の解析も行っている。

第9章は「Conclusions and discussions」として本論文をまとめている。

以上を要するに本論文は、生体内で観測される揺らぎが感覚系や中枢神経系などのネットワークにおいて有用に働き得ることを提案し、電氣的ネットワークおよび化学的ネットワークを用いた数値シミュレーションによってその実現可能性を示したものであり、ニューラルネットワーク、脳科学の分野に寄与するところ少なくない。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。