

氏 名	はし 橋	もと 本	なお 直	き 樹
学位(専攻分野)	博	士	(工	学)
学位記番号	博	甲	第	222 号
学位授与の日付	平	成	12 年	3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当			
研究科・専攻	工芸科学研究科 情報・生産科学専攻			
学位論文題目	複素数値化したニューラルネットワークの解析と連想記憶実現への 応用			
審 査 委 員	(主査) 教 授 森 武 宏 教 授 三 宮 信 夫 教 授 米 谷 文 男 助教授 黒 江 康 明			

論 文 内 容 の 要 旨

これまで実数領域で表現されて来たニューラルネットワークを複素領域へと拡張したネットワークモデルが持つ実数のネットワークにはない興味深い性質や情報処理能力に関する研究が行なわれており、幅広い分野での応用が期待されている。特に、複素ニューラルネットワークを利用した連想記憶の実現に関する研究が幾つか行なわれており、より優れた連想記憶能力を持つとする報告がある。しかし、複素ニューラルネットワークによる連想記憶の実現などの応用のために必要となる、ネットワークの定性的性質に関する理論的な解析の研究はほとんど行なわれていない。

本論文は、上の様な問題点を解決するために、複素ニューラルネットワークのダイナミックスの解析とその連想記憶への応用に関する研究をまとめたものである。

論文は 6 章より構成されている。

第 1 章では、本研究の背景および従来の研究について述べ、研究目的を明らかにしている。

第 2 章では、本論文で対象とする複素ニューラルネットワークに関して詳しく述べている。

第 3 章では、複素ニューラルネットワークのエネルギー関数が存在するための条件を理論的に明らかにし、実際にエネルギー関数を構成している。これを用いて、複素ネットワークの振舞いの定性的な性質を導出し、それらの結果を複素連想記憶の設計に応用している。

第 4 章では、これまでの複素連想記憶の研究と同様に、実数の自己相関型の連想記憶の構成法を参考に連想記憶を構成し、特に記憶パターンの近傍におけるネットワークの振舞いについて解析を行なっている。本論文で示した複素数値化した自己相関型の連想記憶においては、記憶パターンは孤立したネットワークの平衡点としてではなく、平衡集合としてネットワークに埋め込まれることを示し、その記憶パターンの近傍における解の軌道構造を中心多様体定理を用いて明らかにし、さらに、記憶が正しく想起されるための条件を考察している。また、その条件を数値実験により検証している。

第 5 章では、複素ニューラルネットワークの平衡点の安定条件を利用した連想記憶の実現法について述べている。従来の複素連想記憶の多くでは、第 4 章で述べているように、記憶パターンが正しく想起されることは記憶モデルの構成時には保証されていない。この章では、まず複素ニューラルネットワークの平衡点の安定条件を導出し、安定条件を満足するような連想記憶の実現法を提案している。さらに、導出した条件を満足するような効率のよい複素ニューラルネットワークの学習アルゴリズムを提案し、数値実験によりその有効性を示している。

第 6 章は、本論文の結論であり、研究の成果についてまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文では、複素数値化されたニューラルネットワークのダイナミクスの解析とその連想記憶機能の実現への応用を行っている。

これまでも、複素ニューラルネットワークを信号処理や連想記憶の実現などに応用した研究が行われているが、複素ニューラルネットワークのダイナミクスに関しての定性的な解析は行われていない。申請者は、非線形動力学の解の振舞いという観点から、複素ニューラルネットワークおよびそれを利用した連想記憶を解析している。

Hopfieldタイプの連続時間の複素ニューラルネットワークに対して、エネルギー関数が存在するため条件を理論的に導出し、実際にエネルギー関数を提案している。提案したエネルギー関数を用いることで、ネットワークのダイナミクスに関する幾つかの定理が導出可能となり、これらの定理を複素連想記憶の構成に応用している。また、複素ニューラルネットワークによる自己相関型の連想記憶に対しては中心多様体定理を用いて、記憶パターン近傍の解の軌道構造を解析し、従来の実数のモデルとは異なる自己相関型の複素連想記憶の特徴を解析的に明らかにしている。また、これらとは別に、複素ニューラルネットワークの平衡点の安定性を考慮した連想記憶の学習による実現法を提案しており、数値実験により精度良く連想記憶が実現できることを示している。

以上の結果は、未だ十分に解明されたとはいえない動的システムとしての複素ニューラルネットワークの解析に少なからぬ寄与をしていると認められる。

本学位論文作成の基礎となった論文

1. 橋本直樹、黒江康明、森 武宏、“複素ニューラルネットワークのエネルギー関数について”、電子情報通信学会論文誌 D-II (投稿中)
2. 橋本直樹、黒江康明、森 武宏、“複素数値化した自己相関型連想記憶のダイナミクスに関する理論的考察”、電子情報通信学会論文誌 A (採録決定)
3. N. Hashimoto, Y. Kuroe, and T. Mori, “Synthesis of Associative Memories Using Complex-valued Neural Networks”, Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. I, pp. 396-401, Oct. 1999