

論文の内容の要旨

論文題目 **Application of Chaotic Dynamics to Neural Information Processing**
(カオスのダイナミクスのニューラル情報処理への応用)

氏 名 徳 田 功

「脳の世紀」と呼ばれる21世紀に向けて、ニューラル情報処理に関する研究が近年益々活発化している。特に、単一ニューロンレベルからネットワークレベルに至るまでの様々の脳神経系レベルで、カオスのダイナミクスが生理実験的に観測されることが最近の結果から分かり、脳におけるカオスの機能について精力的な研究議論が展開されている。小数自由度の単純な決定論的力学系から生成される複雑で豊かなカオスのダイナミクスは、工学においても「単純なデバイスで複雑な機能」を実現する次世代技術として脚光を浴びている。このような研究背景から、本学位論文は、カオスのダイナミクスを導入することによって実現されるニューラル情報処理の新しい工学的応用可能性を究明することを目的とする。

1980年代のニューラルネットワーク研究において、「バックプロパゲーション学習」および「疑似勾配型（ホップフィールド型）ニューラルネットワーク」の二つのパラダイムが出現したことを契機に、ニューラル情報処理システムは、脳神経系の情報処理モデルとしてだけでなく、システムモデリング、システム同定、最適化問題等の様々の工学問題に応用されるようになった。これらの工学型ニューラルネットワークにカオスのダイナミクスを導入することを考える。

カオスのダイナミクスは力学系に埋め込まれた無限個の不安定周期軌道の間を順次徘徊する複雑で豊かな挙動を呈示し、ニューラルネットワークの学習能力および情報検索能力を飛躍的に高める作用をもたらす。特に、システム同定問題では、カオスの力学系の係数族同定を可能とし、最適化問題では、カオスの非平衡ダイナミクスによりニューラルネットワークの最適解探索能力を大幅に向上させることを示す。これらはニューラルネットワークがカオスのダイナミクスを発現することによってはじめて可能となる工学応用であり、カオスがニューラル情報処理システムの応用可能性を飛躍的に拡張出来ることを示している。これは実際の脳神経系においてもカオスが同様の機能により脳神経系の情報処理能力を高める可能性を示唆するものであり、脳神経系モデルとしても意義深いと考えられる。

本論文は全8章よりなる。まず、第1章では、研究背景および研究動機について述べる。

第2章では、カオスのダイナミクスのニューラルネットワークによるモデリングについて扱い、特に、遅延を含む無限次元型ニューラルネットワークにおけるカオスのモデリング能力について解析する。第3章および第4章では、ニューラルネットワークによるカオスのダイナミクスのモデリング手法を力学系の係数族同定問題に拡張し、カオス時系列の認識および非定常カオス時系列のスイッチ点検出に応用出来ることを示す。

第5-7章では、カオスニューラルネットワークによる最適化問題の解法について取り上げる。特に、カオスニューラルネットワークの大域的分岐構造を詳細に解析することにより、最適化問題を解くカオスニューラルネットワークの大域的分岐のシナリオを提案し、局所解に捕らわれずに最適解を探索するカオスニューラルネットワークの力学構造を明確にする。また、大域的分岐のシナリオに基づいて、カオスの非平衡ダイナミクスを序々に緩和して最適な平衡解を得るカオスのシミュレーテッド・アニーリングの従来型アルゴリズムの問題点を指摘し、改善手法として、適応的アルゴリズムおよび学習アルゴリズムを提案する。

第8章では、本論文で得られた結果を総括し、ニューラル情報処理システムにおけるカオスのダイナミクスの機能について議論する。また、本論文で得られた結果の具体的な工学的応用と今後の課題について述べる。

最後に参考文献と謝辞、付録として数学的基礎事項、本論文を構成する主論文および参考論文を記す。