

学位論文題名

遺伝的アルゴリズムを用いた最適化ニューラルネットワークの設計と

その応用に関する研究

学位論文内容の要旨

最近遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた最適システムの設計等が盛んに行なわれている。遺伝的アルゴリズムは、自然界の遺伝と淘汰の仕組みのモデル化を意図して考案されたものである。このアルゴリズムは比較的単純な基本原理を基にしており、広範囲な最適化、探索問題に適用可能な枠組である。

一方ニューラルネットワークは学習能力を備えた処理機構であり、パターン認識への応用が盛んに研究されている。これはニューラルネットワークが未学習のパターンに対しても正しい答を出すという汎化能力や適応能力が期待されているためである。しかし、ネットワークの規模に対して十分な数の学習セットを与えなければ未学習パターンに対する誤差が大きくなることが知られており、そのため少し複雑な問題にニューラルネットワークを適用するには、学習パターンをかなり多く用意しなければならない。学習セットを多量に用意することは手間のかかることであり学習時間も長くなるため、ニューラルネットワークを使って簡易に認識系を作ろうとする場合の大きな障害になってしまう。

本論文では、データに対する適応性、汎化性を持った自己組織化ネットワークを用いる。自己組織化ニューラルネットワークは、その汎化性や適応性を実現するために、ある程度大きな規模のネットワークを前提として用いられている。つまり、自己組織化ネットワークは多くのノードを必要とするため、学習時に長時間を要する、そして時にはそれが原因となり、認識率を低下するという問題があることが分かる。そのことがネットワークの最適化の面から問題点となる。実際、クラスタノード分布を詳しく調べてみると、入力ベクトル空間内の同じような位置に同じような誤差分散のクラスタノードがいくつか存在するという例が見られた。このことから、必要ではないと考えられるクラスタノードの除去処理、また相補的に動作する複数のクラスタノードを統合化するなどのクラスタ構造を最適化することで、このネットワークが本来もっている小規模ネットワークによる高精度認識という特徴がより厳密に実現できる。

本論文では遺伝的アルゴリズムを用いて、クラスタノード数を最適化するアルゴリズムを提案すると共に、本アルゴリズムを利用して得た最適化クラスタ構造による手書き文字認識および非線形スペクトル推定への応用について述べる。

第2章では遺伝的アルゴリズムの基本原理、最も基本的な遺伝的アルゴリズムである単純GAのアルゴリズム、GAの数学定理であるスキーマ定理、GAの応用分野などについて述べる。まず、遺伝学の観点から生物の遺伝と進化について概観した後、遺伝的アルゴリ

ズムの歴史の概要について紹介する。また、一般的な問題に対する再生、交差、突然変異などの遺伝的アルゴリズムにおける主要な遺伝的オペレータについて少し詳しく紹介する。それから遺伝的アルゴリズムの特徴について要約して紹介する。次にGAの動作を理解するために、GAを実際の工学的な問題に応用した例を挙げる。最後にGAにより最適化が行われるメカニズムを説明するための道具として、主として用いられてきたスキーマについて考察し、それをもとにしたGAの解析方法を述べる。

第3章では遺伝的アルゴリズムによるノード圧縮アルゴリズムを提案する。遺伝的アルゴリズムは、非常にバラエティに富んだ具体的手法が存在するが、ここでは主として本論文で取り組んだ枠組のみを紹介する。次に、ノード圧縮アルゴリズムを提案するが、ここではまず本論文で行なうノード数の最適化に用いられる基本的な考え方について述べ、その次に実際の自己組織化クラスタ構造の情報を用いたニューラルネットワーク、遺伝子表現、適応度など具体的に説明し、ノード圧縮アルゴリズムの手順を紹介する。また具体的データを取り上げ、圧縮アルゴリズムの動作を追ってみる。本手法の概要について述べた後、前述したノード圧縮アルゴリズムの有効性を考察するため、自己組織化ネットワークを用いて、いくつかのモデル実験を行なう。モデル実験では、自己組織化ネットワークのパラメータ調整に伴う構造の違い、及びノード圧縮アルゴリズムによる構造の最適縮小化などの実験結果を示し、本手法によって最適な構造を得ることができることを示す。

第4章では手書き文字認識について述べる。ニューラルネットを文字認識に応用する研究が盛んに行なわれている。我々の手書き漢字認識のために従来より用いられていた、自己組織化ニューラルネットワークは、必要以上のクラスタノードが生成される。このことから、第3章で提案したGAによるノード圧縮アルゴリズムを用い、必要ではないと考えられるクラスタノードの除去処理を行ない、クラスタ構造を最適化することが重要な課題と考えられる。そこで本章では、遺伝的アルゴリズムを用いた最適クラスタ構造による手書き文字認識実験について述べる。また高精度な手書き文字認識を妨げている最大の問題は筆記者による文字の変形であるという考えに基づいて、整形変換を利用した手書き文字認識手法を提案し、認識実験を行なう。以上の実験結果を用い、提案アルゴリズムの有効性を示す。

第5章で非線形スペクトル推定について述べる。本論文では、2層構造の自己組織化のアルゴリズムをベースとした非線形ネットワークの最適な構造化手法について考える。この手法は高速な学習速度、高精度なクラスタリング能力を実現しているが、事前情報としてノード数を決めているため、冗長なノードが存在する。このことから、第3章で提案したGAによるノード圧縮アルゴリズムを用い、不要なクラスタノードの除去処理を行ない、クラスタ構造を最適化することが高速・高精度な認識システムの構築には重要であると考えられる。そこで本章では遺伝的アルゴリズムを用いて、従来より小規模で、高精度の推定が実現できる最適なネットワーク設計の手法を実現し、非線形スペクトル推定実験を用いて、これが従来のネットワークと比べて優れた特徴を持っていることを述べる。

最後に第6章では、結論として本論文に述べられた研究を総括し、今後の課題を述べる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 梶 内 香 次
副 査 教 授 嘉 数 侑 昇
副 査 教 授 青 木 由 直
副 査 助 教 授 宮 永 喜 一

学 位 論 文 題 名

遺伝的アルゴリズムを用いた最適化ニューラルネットワークの設計と その応用に関する研究

自己組織化クラスタリングニューラルネットワークは、適応性、汎化性に優れ、音声認識等、パターン認識への応用が盛んに研究されている。しかしながら、クラスタリングに際して多数のノードが生じ、学習に長時間を要するとともに、認識率が低下するという問題がある。従って、冗長なクラスタを削減し、ネットワークを最適化する手法が求められている。

本論文は、遺伝的アルゴリズムを用いてクラスタノード数を最適化する手法を提案すると共に、本手法の手書き文字認識および非線形スペクトル推定への応用とその実験結果について述べたもので、その主要な成果は以下に要約される。

(1) 遺伝的アルゴリズムによるノード圧縮手法を提案し、モデル実験を行なって、本手法によりクラスタ構造の縮小が可能で、最適なネットワークを得ることができることを示した。

(2) このノード圧縮手法を自己組織化ニューラルネットワークによる手書き文字認識に応用する手法を提案した。さらに、筆記者による文字の変形を整形変換を利用して整形し、本手法と組み合わせて高い認識精度を実現する手法を提案し、それに基づく実験を行なって、提案アルゴリズムの有効性を示した。

(3) 次に、本手法を2層構造の自己組織化ニューラルネットワークによる非線形スペクトル推定に応用し、事前情報としてノード数を決める必要があることから生じる冗長なクラスタにノード圧縮を用いて、不要なクラスタノードの除去処理を行ない、クラスタ構造を最適化するアルゴリズムを導き、実音声スペクトルによる実験を行なって、提案手法の有効性を確認した。

これを要するに、著者は、これまで最適設計手法が存在していなかった自己組織化クラ

スタリングニューラルネットワークに対し、遺伝的アルゴリズムを適用して冗長なクラス
タを削減し、最適化する手法を提案し、手書き文字認識、非線形スペクトル推定に応用す
る実験を行なってその有効性を示したもので、ニューラルネット情報処理ならびに信号処
理工学の発展に寄与するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。