

氏名(本籍)	新 ^に 田 ^た 徹 ^と (三重県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博乙第1,090号
学位授与年月日	平成7年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	高次元化されたパラメータを持つ階層型ニューラルネットワークの研究
主査	筑波大学教授 工学博士 平井 有 三
副査	筑波大学教授 工学博士 板橋 秀 一
副査	筑波大学教授 工学博士 大田 友 一
副査	筑波大学併任教授 工学博士 大津 展 之
副査	筑波大学教授 工学博士 西原 清 一

論 文 の 要 旨

本論文は、結合係数や閾値などのパラメータを高次元化した、階層型ニューラルネットワークの学習アルゴリズムを提案した論文である。具体的には、バックプロパゲーション型学習回路のネットワークパラメータを2次元化(複素数化)した場合と3次元化した場合について、その学習能力の理論的な解析を行ない、さらに計算機シミュレーションによって確認している。2次元化した場合には2次元アフィン変換が、3次元化した場合には3次元アフィン変換が学習できることが示されている。例えば、2次元空間内の拡大、縮小、平行移動、回転などの変換能力が、空間内の一部の変換例を学習させることで空間内の他の領域に汎化されることが示されており、新規性のある優れた内容の論文である。

本論文は9章から構成されており、第1章では本研究の背景、目的などが述べられている。

第2章では、ネットワークパラメータを複素数に拡張し、複素パターンを学習できるバックプロパゲーション型学習アルゴリズム(複素BP)を導出している。さらに、複素学習識別理論により、導出された学習アルゴリズムが収束することを示している。

第3章では、ネットワークパラメータが実数値を持つ従来のBP(実BP)との差異を明確にするため、複素BPの基本特性を解析的、実験的に調べている。その結果、実BPの結合係数は互いに独立であるのに対して、複素BPの場合は2次元アフィン変換に関連した制約をもち、学習はこの制約を保ったまま行なわれることが示されている。また、実部と虚部の識別曲面は互いに直交していることが示されている。

第4章では、複素BPの学習特性が議論されている。逆伝搬による重みの修正量と閾値の修正量の間に2次元アフィン変換を介した関係があること、修正量の実部と虚部はそれぞれネットワークを流れる信号の実部と虚部に依存することが示されている。また、学習速度に影響を与える実部と虚部の導関数が、共に微小値となることがないため、実BPに比較して学習速度が数倍向上し、必要となるネットワークパラメータ数が実BPの約半分で済むことが示されている。

第5章では、入力層が1ニューロン、中間層が6ニューロン、出力層が1ニューロンからなるネットワークを用いて、複素BPの2次元アフィン変換能力を計算機シミュレーションによって確認している。その結果、図形の回転、相似変換、平行移動などを学習できることが示されている。また、2次元平面内の一部でこれらの変換を学習させることにより、その変換が2次元平面の他の領域にも及び、汎化能力があることが示されている。さらに、学習により獲得された結合係数の性質を調べ、回転を学習させた場合、結合係数の偏角と学習した回転角度がほぼ等しくなることを示している。

第6章では、学習した2次元アフィン変換の汎化能力について解析している。その結果、1種類の回転を学習させた場合、回転角度に関する汎化能力の誤差は、テストパターンと学習パターンの間の角度の差の正弦関数で表現できることが示されている。また、2種類の回転を学習させた場合について、汎化能力の誤差の評価式を導き、誤差が無視できるほど小さな値となるための十分条件を導出している。

第7章では、ネットワークパラメータ3次元ベクトル化した場合について議論している。2次元の場合と同様、3次元図形の回転、相似変換、平行移動などを学習させることができることを示している。また、汎化能力を持つことも示されている。

第8章では、3次元ベクトルの外積演算をニューロンの出力値の計算に用いる学習アルゴリズム(外積BP)を提案している。学習アルゴリズムを導出し、計算機シミュレーションを行ない、実BPに比べて学習速度および計算量の点で優れていることが示されている。

第9章は結論であり、本研究の成果がまとめられ、将来の課題が述べられている。

審 査 の 要 旨

本論文は、ネットワークパラメータを高次元化したバックプロパゲーション型学習アルゴリズムに関する研究である。従来のBPにない極めて興味ある性質を持つことが示されており、その内容は高く評価できる。今後、画像処理などの応用分野へ適用し、提案されたアルゴリズムの応用分野での有効性が実証されることを期待する。

よって、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。