

審査結果の要旨

論文提出者氏名 小野田 崇

近年、ニューラルネットワークは画像処理、音声認識、ロボットや家電機器の制御、電力需要の予測など、様々な領域に適用されている。そのような中、現実問題にある種のニューラルネットワークを適用する場合、ネットワークの中で自由に更新できるパラメータの数をどのくらいにすれば、実環境でどのくらいの能力を発揮できるのかという問題を解明することの重要性は高い。本研究では、実用的な視点からニューラルネットワークの学習におけるパラメータのゆらぎと能力との関係を解析し、ニューラルネットワークの実環境下での能力を測る規準を提案すること、およびいくつかの具体的問題にその規準を適用して有効性を示すことを目的とする。

本論文は「ニューラルネットワークの学習とパラメータのゆらぎに関する研究」と題し、6章より成る。

第1章では、本研究の動機と目的を述べている。

第2章は“ニューラルネットワークのパラメータのゆらぎ”と題し、ニューラルネットワークの学習によって推定されるパラメータのゆらぎについて論じている。まず必要となる数学的準備をした後、ニューラルネットワークの学習を定式化し、推定されるパラメータのゆらぎを例題数が有限であることに起因する統計的ゆらぎとニューラルネットワークの学習特性に起因する学習に伴うゆらぎに分けて解析している。ここでは、有限の例題から得られる経験分布による最適なパラメータ（本論文ではこれを準最適パラメータと呼んでいる）が同時確率分布が与えられた場合の最適なパラメータからどれだけゆらぐかを漸近理論を用いて解析し、さらに、ニューラルネットワークの学習によって推定されるパラメータが準最適パラメータからどれだけゆらぐかをいくつかの仮定の下で計算可能な形で解析している。

第3章は“ニューラルネットワークの能力評価”と題し、第2章での解析結果に基づきニューラルネットワークの中間層ユニット数と能力との関係を評価する一つの規準について記述している。ここでは、統計の分野で既に研究、提案されている他の規準と比較した場合、本論文で提案する規準がその規準とニューラルネットワークの学習によって推定されるパラメータとの関係が明確であることやニューラルネットワークが適用される状況を考えると優位であることが主張されている。また、本章では提案する規準と他の規準との比較を数種の簡単なシミュレーションによって示し、提案する規準の妥当性を確認している。

第4章および第5章では電力分野、人工知能、機械学習研究で実際に利用されているニューラルネットワークの能力評価に、本論文で提案する規準を適用した場合の有効性を示している。

第4章は“翌日最大電力需要予測へのニューラルネットワークの適用”と題する。電力会社の重要な業務である翌日最大電力需要予測をニューラルネットワークで行なう場合に、本論文で提案する規準を適用して平均的な予測精度の向上を図る試みについて述べている。電力会社の中央給電指令所では、毎日できるだけ低コストで高品質な電力を発電できるように発電所の運転計画を作成している。その際、火力発電所の起動準備には約24時間を要するため、翌日の最大電力需要をできるだけ正確に予測する必要がある。ここでは、ある電力会社が実際に利用しているデータに基づき、従来利用されている重回帰分析に基づく予測と経験的に中間層ユニット数を決めたニューラルネットワークによる予測および本論文で提案する規準を用いてユニット数を決めたニューラルネットワークでの予測結果の比較について報告し、本論文で提案する規準を用いて構成を決めたニューラルネットワークによって有意な予測精度の向上が実現できることを確認している。

第5章は“ボトルネックニューラルネットワークの適切な内部表現の獲得”と題し、人工知能や機械学習研究におけるデータマイニング、情報圧縮に利用される砂時計型ニューラルネットワークのパラメータ数の決定に提案する規準を適用し、復元誤差の小さなネットワークを設計する試みについて述べている。ここでは、2次元マニピュレータの正しい姿勢位置の学習に砂時計型ニューラルネットワークを用いる際のネットワーク構成の決定に提案する規準を適用し、入力データの雑音を最も適切に除去できる砂時計型ニューラルネットワークの構成を決定できることを示している。

第6章では以上の研究成果をまとめると共に今後の課題が列挙されている。

以上を要するに、本論文ではニューラルネットワークのパラメータ数とその能力との関係をパラメータの統計的ゆらぎと学習にともなうゆらぎとにわけて分析し、実環境下でのニューラルネットワークの能力を評価する規準を提案すると共に、その規準の工学的有効性を確認したものである。これは数理工学上貢献するところが大きい。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。