

平成 11 年 1 月 13 日

電子・情報 工学専攻	学籍番号	923439	指導教官氏名	臼井支朗 中川聖一 戸田尚宏
申請者氏名	早坂 太一			

論文要旨 (博士)

論文題目	数理統計的手法による階層型ニューラルネットワークの 構造決定問題に関する基礎的研究
------	--

階層型ニューラルネットワークは様々な分野において応用が試みられているが、幾つかの問題点も挙げられている。その中でも重要と考えられる、汎化能力の優れたネットワーク構造をどのように決定すべきかという問題は、数理統計学における「モデル選択問題」と等価なものであり、従来、汎化誤差の推定量である「モデル選択規準」を適用する方法がとられてきた。しかしながら、パラメータである結合重みの推定量が従う確率分布等、確率モデルとして捉えた階層型ニューラルネットワークの統計的性質について、不明確な部分が未だに残されているため、代表的なモデル選択規準である A I C や、それを階層型ニューラルネットワーク用に拡張した規準の有効性を理論的に示すことはできず、新たな規準を導出する必要があると考えられる。

従来の数理モデルと比較した、階層型ニューラルネットワークについての理論解析の難しさは、入出力関係に対して非線形に含まれるパラメータの存在に起因する。しかしながら近年、階層型ニューラルネットワークの統計的性質を明らかにすることを目的として、回帰推定問題の枠組において、非線形パラメータの取り得る値を離散値に制限した非線形回帰モデルと、従来用いられてきた多項式回帰モデルなどの線形回帰モデルとの相違点を定量的に解析する試みがなされている。この仮定をおくことで、階層型ニューラルネットワーク等の非線形パラメータが連続値を取る場合と比較して、モデルの統計的性質を知ることが容易になると考えられる。本論文では、階層型ニューラルネットワークに対するモデル選択規準を導出するために必要な統計的性質に関する定量的示唆を得ることを目的として、基底関数を直交基底およびステップ関数基底とした場合における、離散値を取る非線形パラメータを持つ回帰モデルの統計的性質を解析した。

本論文では、まず、直交基底およびステップ基底それぞれの場合について、与えられたサンプルと回帰モデルの出力との最小 2 乗誤差、および与えられたサンプルと異なるテストサンプルと回帰モデルの出力との予測 2 乗誤差の漸近的期待値を解析し、それらの振舞いと線形回帰モデルにおける両期待値との定量的な相違を示すことで、従来型とは全く異なるタイプのモデル選択規準を導出した。また、直交基底を用いた非線形回帰モデルについて、そのパラメータの最小 2 乗推定量が、従来のモデル選択規準を導出する上での重要な仮定の一つであった、漸近正規性と呼ばれる性質を満たさないことを示した。本論文で解析対象とした回帰モデルは、入出力関係に対して非線形に含まれるパラメータを有する点で、階層型ニューラルネットワークを用いた非線形回帰モデルと本質的に同等であると見做すことができ、また、その統計的性質は、線形回帰モデルのそれと極めて異なるものである。したがって、本論文における理論解析より得られた結果から、階層型ニューラルネットワークに対する新たなモデル選択規準に関して、A I C 等の従来型との相違についての定量的示唆が与えられる。