

専攻	システム情報	学籍番号	833420	指導教官氏名	白井支朗
申請者氏名	戸田尚宏				

論 文 要 旨

論文題目	生体システムの非線形解析に関する基礎的研究
------	-----------------------

(要旨 1,200 字以内)

脳をはじめとする神経系は現存するシステムの中で最も複雑かつ高能率な大規模非線形システムであり、その機能解明のための系統的な理論・手法が必要とされている。本論文は多項式表現という統一的観点に立ち、非線形システム解析を論じたものである。非線形システム同定は、システムを入力が多項式展開として表現するならば、その展開係数の推定問題に帰着する。従ってシステム同定の良否は展開係数の推定精度に大きく依存する。そこで、高精度の係数推定を実現するために、すべてのべき次数の組合せをモデルの集合として設定し、その集合の中から情報統計量 A I C を用いて最適なものを選択する方式を提案した。これにより、推定係数の分散が従来法に比較して著しく減少することをその理論的根拠とともに示した。また、べき多項式を多変数に拡張して導かれる Volterra, Wiener 汎関数級数モデルを用いたシステム同定において、同定後のモデルの解釈が困難であるという問題に対し、システムの特徴を担う核関数のテンソル積展開による分解に基づく新しい方法を提案した。その特長は、非線形システム同定において、蓄積された線形システムに関する知識を有効に利用できる点にある。また、脳波や筋電位など生体信号では入力判然としない場合が多く、こうした場合には出力信号のみによる

5

10

15

20

22

システム同定が必要となる。システムに非線形性が存在する場合、出力信号は一般に非正規となり、パワースペクトルのみの記述ではシステムの特徴を十分記述できず、高次スペクトルの参照が必要となる。その場合、まず与えられた信号の非正規性の存在を予め確認することにより後の解析が容易となる。そこで、非正規性を検出するための新しい尺度を提案し、これにより一般的な非正規性を検出できることを示す。非正規性が確認された信号はさらに高次のスペクトルを用いてより詳細な解析が必要である。本論文では3次高次スペクトルであるバイスペクトルをパラメトリックに推定する方法として、従来より提案されている線形モデル法の欠点を補う、非線形自己回帰モデルによる推定法を提案した。また、ノンパラメトリック法とパラメトリック法の利点を兼ね備えたテンソル積展開による推定法を提案し、バイスペクトルによるシステム解析法を確立した。

さらに、近年急速に研究が展開されるようになってきたニューラルネットワークと多項式表現との関連を明らかにすべく、多項式における基本要素である乗算要素のニューラルネットによる実現を試み、これが比較的簡単な構造で精度良く近似できることを明らかにした。

生体の優れた情報処理機能の工学的実現のため、非線形システム解析の必要性は今後さらに高まるものと考えられ、本論文はそうした発展の基礎を築くさきがけであると考えられる。