

氏 名	朝 倉 俊 行 あさ くら とし ゆき
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1602 号
学位授与の日付	昭 和 58 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Studies on Behaviors of Nonlinear Dynamical Systems subjected to Random Inputs (不規則雑音を受ける非線形力学系の動的挙動に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 明 石 一 教 授 岩 井 壯 介 教 授 花 房 秀 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、不規則雑音を受ける非線形力学系の動的挙動に関し、非線形性の存在と不規則雑音の介入に基づく、いくつかの主要な問題を解明するための理論的方法を提案したもので、9章から成っている。

第1章は緒論であり、従来までのこの方面の研究についての歴史的発展の系統的な紹介を行い、解決すべき問題を提起するとともに、本研究の概要と構成を述べている。

第2章は、本論文の展開に必要な数学的準備を与えるもので、本研究に重要な役割を果たす拡散過程、拡散過程の特異点に関するフェラーの分類規範等が解説されている。

第3章は、システムの定常応答に関するもので、不規則雑音が印加されていたり、パラメータが不規則に変動する非線形システムにおける定常応答の存在、すなわち定常確率密度関数の存在の有無を論じたものである。不変測度が存在すれば応答の定常確率密度関数が存在するという事実に着目して、不変測度の存在を検証するための二つの手法を提案した。また具体例を通して非線形システムの定常応答とその見本過程の挙動を詳細に解析した。

第4章では、第3章に引続き、システムのいかなる状態に対しても常に雑音が存在する非退化形の非線形システムに対して、定常応答の存在と動的挙動の解析に対する手法を述べている。

第5章では、非線形確率システムの定常状態に至る挙動、すなわち漸近挙動に及ぼす初期値の影響を考慮して、漸近安定を解析する新しい形の確率リアプノフ関数を提案した。提案された確率リアプノフ関数に基づいて、確率漸近安定に関する十分条件を与えるための定理が述べられた。さらに本手法は正規性白色雑音とマルコフ連鎖という2種類の不規則係数をもつ場合にも拡張されている。

第6章は、システムに印加される雑音、あるいは不規則変動を利用して、不安定なシステムを安定化する手法を述べたものである。これは、不安定状態にある制御系に周波数の高い微小正弦波信号を印加することにより、系を安定化することができるという信号安定化手法をさらに発展させたもので、システムが雑音によって不確定に変動する場合に、不規則変動を逆に利用して、システムの安定化を実現する雑音安定化と呼ばれる新しい手法である。

第7章では、第6章で述べられた安定化手法をさらに一般的な形の不安定非線形システムに適用して、雑音安定化を実現するための一般条件を述べている。一般条件は、非線形項をテイラー級数展開することにより、その係数と雑音の統計的性質を関連させることにより得られる実用的なものである。

第8章は、狭帯域不規則入力を受ける非線形システムに発生する跳躍現象を、確率論的立場から考察している。すなわち、入出力間の定常確率密度関数を評価することにより、跳躍現象の発生過程を理論的に明らかにしたものである。さらに具体例についてのシミュレーション実験により、跳躍現象の発生を見本過程として観測し、理論結果の妥当性を確かめている。

第9章は結論で、本研究の成果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

実在するほとんどすべてのシステムは、一般にその動特性に非線形特性の存在が認められ、かつシステム自身不規則に変動する環境のなかで作動している。本論文は、このような非線形確率システムに関して、定常応答の存在とそれらの動的挙動、確率漸近安定問題、雑音安定化問題、跳躍現象、という四つの主要な問題を理論的に解明するための手法を提案したものであって、本研究においてえられた主な成果は次の通りである。

1. 定常応答、すなわち定常確率密度関数の存在条件を調べるために、不変測度の概念を導入し、不変測度が存在すれば応答の定常確率密度関数が存在するという事実に着目して、不変測度の存在を調べるための三つの手法、擬リアプノフ関数手法、マルチンゲール手法、確率モデル手法、を提案した。さらにシステムの挙動が収束する領域と、その領域にシステムの挙動がどの程度の確率で収束するかを理論的に明らかにした。また具体例を通して、本手法の有効性を確かめた。

2. 初期値の影響を考慮した新しい形の確率リアプノフ関数を提案し、システムの確率漸近安定に関する十分条件を与える二つの主要定理を導出した。さらに、不規則発展方程式の概念を導入することにより、本手法を拡張し、システムの係数が不連続に変化するマルコフ連鎖をもつ場合の漸近安定定理を導出した。

3. 不安定なシステムを安定化するための安定化信号として、正弦波型および多項式型、の2種類の関数形を見出し、これらによって変調された不規則雑音を利用することにより、システムの安定化が可能なことを示した。さらに、安定化雑音信号を見出すアルゴリズムは、フェラーの分類規範を用いて原点近傍に安定な特異点を見出すことに帰着することを示し、この安定な特異点を比較的簡単に見出す一般条件を導出した。

4. 不規則雑音を受ける非線形システムにおける跳躍現象の発生機構を、入出力の振幅の定常確率密度関数を評価することにより理論的に明らかにした。この結果は、従来入出力間の分散値を用いて統計的に把握されていた跳躍現象を、見本過程の挙動として観察することを可能にした。

以上要するに、本論文は不規則雑音を受けるシステムの非線形挙動を解析する手法を確立したものであって、理論分野における新しい進展をもたらすとともに、実際のシステム設計に数多くの示唆を与えるものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

なお、昭和58年4月28日調査委員3名が試験を行った結果合格と認めた。