

審査の結果の要旨

氏 名 Nguyen Dinh Hoa

近年、交通システム・電力システム・生体システムなど大規模かつネットワーク化されたシステムを対象とした研究が盛んに行われてきており、制御理論の分野においても様々なアプローチで検討がなされてきている。本論文は、このような背景のもとで、特に階層構造を持つ動的システムを対象に、その系統的な安定化手法を提案することと、非線形振動子からなるネットワークに対する同期化条件に関する理論的考察を行ったものである。

本論文は「Stabilization and Synchronization for Hierarchical Dynamical Networks (階層化動的ネットワークの安定化と同期化)」と題し、全7章から構成されている。

第1章「INTRODUCTION」では、階層化動的ネットワークシステムの制御に関する研究の背景を紹介し、本論文の目的・意義とアプローチを述べるとともに、本論文の構成について説明している。

第2章「STABILIZATION AND SYNCHRONIZATION FOR MULTI-AGENT DYNAMICAL NETWORKS」では、マルチエージェント動的ネットワークシステムの安定化と同期化問題を概観した後、本論文で提案する階層化システム表現を導入し、その基で解くべき問題の定式化とそれに対するアプローチを明確に述べている。

第3章「LQR DESIGN FOR HOMOGENEOUS HIERARCHICAL NETWORKS」では、均質な線形のエージェントからなる動的ネットワークシステムに対する階層的最適LQR設計について述べている。具体的には、大局的・局所的な2種類の評価指標を適切に設定することにより、望みの階層性を有する安定化制御が実現できることを示している。提案する手法の特徴は、大局的な評価関数の重み行列の設定が大局的な目的と直接的に関連している点にある。これに加え、望ましい極を固定したまま、一部の極だけをシフトする重み行列の設定法も提案しており、階層的分散制御手法の系統的一手法となっている。

第4章「LQR DESIGN FOR HETEROGENEOUS HIERARCHICAL NETWORKS」では、第3章の結果を非均質なエージェントの場合に拡張している。基本的なアイデアは均質エージェントの場合と同じであるが、最適制御則が階層的分散制御構造を有するためには大局的な評価関数の重み

行列のクラスを適切に設定する必要がある。本章では、その一つのクラスを明らかにするとともに、複数車両の編隊移動への応用を通してその有用性を確認している。

第5章「SYNCHRONIZATION IN NETWORKS OF GENERALIZED GOODWIN-TYPE OSCILLATOR」では、Goodwin型の非線形振動子ネットワークに対する外部入力による同調現象の解析と同調化について論じている。まず、高調波成分を有する外部入力に対して非線形ネットワークシステムが同調するための必要条件を導出し、同調現象の存在の仮定のもとに調和平衡方程式に基づいて、同調時の波形のプロファイル（ゲイン・位相）を推定する計算式を与え、数値例題によりその有効性を確認している。

第6章「SYNCHRONIZATION BEHAVIORS IN 3rd-ORDER GOODWIN OSCILLATOR NETWORKS」では、前章の結果に基づいて、概日周期の現象を近似的に記述するとされている3次のGoodwin型の非線形振動子ネットワークを対象とした詳しい解析を行っている。その結果、提案モデルと解析手法によって、概日リズムの生物学的特徴を捉えた現象の理解がある程度可能であることをシミュレーション結果と併せて示している。

第7章「CONCLUSIONS AND FURTHER RESEARCHES」では、本論文のまとめを行うとともに、今後の研究課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、大規模かつネットワーク化されたシステムを階層構造を有する動的システムとして捉え、この分野の研究に対する新しいアプローチを示したものである。具体的には、LQRをベースとした系統的な安定化手法を提案するとともに、調和平衡法に基づいて非線形振動子からなるネットワークに対する同調現象の理論的解析を行ったもので、本研究の成果の関連分野発展への期待は大きく、工学上貢献するところ大である。よって本論文は、博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。