

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	制御理論に基づいた進化的に発展するネットワークシステムの性能解析
Title(English)	Performance Analysis of Evolving Dynamical Network systems Based on Control Theory
著者(和文)	浦田賢吾
Author(English)	Kengo Urata
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11419号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:井村 順一,藤田 政之,三平 満司,山北 昌毅,早川 朋久
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11419号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	浦田 賢吾		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	井村順一	教授	審査員	早川朋久	准教授
	審査員	藤田政之	教授			
		三平満司	教授			
山北昌毅		准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Performance Analysis of Evolving Dynamical Network Systems Based on Control Theory (制御理論に基づいた進化的に発展する動的ネットワーク系の性能解析)」と題し、英文全 5 章から構成されている。

第 1 章「Introduction (序論)」では、まず、進化的に発展する動的ネットワーク系に対する制御方策に関する概要を述べている。その上で、従来の設計方策では、ネットワーク系全体の安定性やロバスト性能のように、ネットワーク系が進化していく過程で、最悪ケースに対しての制御性能のみしか保証できていないことを指摘している。また、ネットワーク系が進化していくことを前提とした場合に、最悪ケースに対応する制御性能だけでなく、ネットワーク系が進化する過程で制御性能が変化していく様子にも着目する必要があることを指摘している。これらの背景に基づき、本論文の各章で展開する進化的に発展するネットワーク系の性能解析の概要を述べている。

第 2 章「Quantitative Analysis of Controller Design Localizability (制御器の局所化可能性の定量解析)」では、レトロフィット制御と呼ばれる制御手法を用いて局所制御器に対する局所化可能性の指標を提案している。レトロフィット制御器とは、局所制御器の分散設計が可能な手法であり、着目するサブシステム群以外のサブシステム群の任意の変化に対して、ネットワーク系全体の安定性を保証することを可能にしている。提案された局所化可能性の指標は、従来のロバスト性能のような最悪ケースに対応する制御性能を評価するのではなく、サブシステム群の任意の変化に対する性能の不変度合いを評価している。さらに、レトロフィット制御器の構造を陽に考慮することで、局所化可能性の指標は着目するサブシステム群のみのモデル情報から推定することが可能であることを示している。

第 3 章「Performance Improvement via Iterative Connection of Passive Systems (受動システムの反復結合による性能向上)」では、フィードバック結合によって系全体の制御性能が向上するようなサブシステムのクラスを明らかにしている。各サブシステムは二つの行列パラメータで特徴付けられる受動性のクラスに属すると仮定しており、その行列パラメータは、受動性のクラスの L2-ゲイン、すなわち、モデル集合の L2-ゲインの評価に利用されることを述べている。ここで、モデル集合の L2-ゲインとは、受動性を満たす全てのダイナミクスに対する最悪ケースの L2-ゲインとして定義している。二つのパラメータで特徴付けられた受動性を利用することで、フィードバック系が性能向上するようなサブシステムのクラスを求めている。すなわち、接続前のサブシステムのモデル集合に対する L2-ゲインよりもフィードバック系のモデル集合に対する L2-ゲインが厳密に小さくなるような各サブシステムのモデル集合に関する行列パラメータの条件の導出を行っている。

第 4 章「Disturbance Sensitivity Analysis of Evolving Network Systems from Viewpoint of Network Structure (ネットワーク構造に着目した進化的に発展するネットワーク系の外乱感度解析)」では、同質なネットワーク系の外乱抑制性能がサブシステムの数の増加によって向上するようなネットワーク構造を数値的に、そして、理論的に明らかにしている。本章では、同一のクラスタ (サブシステム) から構成されるネットワーク系を対象としており、各クラスタは積分器を有する複数のノードから構成されるサブネットワーク系として記述している。このとき、数値的に、 H_∞ ノルムで評価されるネットワーク系の外乱感度性能がサブシステム内のノードの個数が増加するほど減少するようなネットワーク構造のクラスを示している。さらに、ノードの数が極限的に増加することを想定して、クラスタ内部のノード間のネットワーク構造が完全グラフであるとき、ネットワーク系の H_∞ ノルムがクラスタ間のネットワーク構造に対応するグラフラプラシアン の最小固有値に一致することを理論的に示している。

第 5 章「Conclusion (結論)」にて、本論文の主な結果をまとめ、今後の研究の方向性について述べ

ている。

以上を要するに、本論文は、進化的に発展する動的ネットワーク系の制御性能を解析するための基礎理論を構築したものであり、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があると認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。