

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|---|
| 題目(和文) | モデル低次元化に基づく大規模動的ネットワークの制御理論 |
| Title(English) | Control theory for large-scale dynamical network systems based on model reduction techniques |
| 著者(和文) | 定本知徳 |
| Author(English) | Tomonori Sadamoto |
| 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9887号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:井村 順一,天谷 賢治,早川 朋久,中尾 裕也,山北 昌毅 |
| Citation(English) | Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9887号, Conferred date:2015/3/26, 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 | | 定本 知徳 | |
|-------------|-----|------|---------|-----|-------|-----|
| | | 氏名 | 職名 | | 氏名 | 職名 |
| 論文審査 審査員 | 主査 | 井村順一 | 教授 | 審査員 | 山北昌毅 | 准教授 |
| | 審査員 | 天谷賢治 | 教授 | | | |
| | | 早川朋久 | 准教授 | | | |
| | | 中尾裕也 | 准教授 | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Control theory for large-scale dynamical network systems based on model reduction techniques (モデル低次元化に基づく大規模動的ネットワークの制御理論)」と題し、英文全7章から構成されている。

第1章「Introduction (序論)」では、大規模動的ネットワークに対する既存の制御器および推定器設計法に関する概要を述べ、特に制御器およびオブザーバの性能と低次元化に関する理論的な関係に着目し、既存手法の特徴と問題点を整理している。また、それらの既存手法との比較にもとづき、本論文の各章において提案する低次元オブザーバおよび低次元制御器の設計法の概要を述べている。

第2章「Low-dimensional functional observer design (低次元関数オブザーバの設計法)」では、設計者によって指定された信号を推定する低次元関数オブザーバの設計法を提案している。低次元関数オブザーバの設計においては初期状態偏差だけでなく外部入力も考慮する必要があることを推定誤差解析により示し、オブザーバの低次元化と推定性能の劣化との関係式を導出している。この関係式に基づき、所望の推定性能以上になるような低次元関数オブザーバの系統的な設計法を与えている。

第3章「Average state observers (平均値オブザーバ)」では、大規模動的ネットワーク全体の振る舞いを推定することに代えて、似た振る舞いを示す状態をそれらの平均値に置き換えることにより、平均化された状態を推定する低次元オブザーバの体系的な設計法を提案している。一般には対象システムの平均的な振る舞いを適切に捉える推定信号をどのように構成すればよいかは自明ではないため、提案法では、似た振る舞いを示す状態集合を適切に決定する手法を与えている点が大きな特徴である。

第4章「Hierarchical distributed control (階層分散制御)」では、大規模動的ネットワークに対する階層分散制御手法を提案している。提案法は、各分散制御器がサブシステム毎にL2-ノルムによって評価される制御性能を向上するものであるほど、閉ループ系全体の制御性能が向上するという特徴を持つ。そこでは、サブシステム内部の振る舞いとサブシステム間の相互作用とを分離して扱うために、拡大した状態空間を導入し、これに基づいて制御系を構成することで、各分散制御器が個別に設計可能な階層分散制御系が構成できることを示している。さらに、同様の手法によって階層オブザーバを構成するとともに、階層分散制御系と併合した枠組みを提案している。

第5章「Low-dimensional hierarchical distributed controller design (低次元階層分散制御器の設計)」では、第4章で開発した階層分散制御系が高次元の上位階層制御器を含むため、それを系統的に低次元化するための設計法を提案している。本手法は、事前に設計された所望の制御性能をもつ階層制御器を近似する、コントローラ低次元化のアプローチに基づくものである。そこでは、階層制御系の持つ構造的な特徴、すなわち、内在する情報伝達がシステム行列のブロック三角構造として実現できることを利用し、低次元化誤差と制御性能の劣化との関係を明らかにするとともに、分散設計可能な低次元階層制御系の設計法を与えている。

第6章「Low-dimensional nonlinear modelling of plasticization cylinders (可塑化シリンダの非線形低次元モデリング)」では、大規模非線形動的ネットワークに対する体系的な制御理論の構築を目指し、産業機械の例を通して非線形低次元化手法の必要性および重要性を示している。そこでは、射出成形機の重要な構成要素である可塑化シリンダを対象として、自然対流に起因して熱源の温度特性が非線形に変化することを考慮した非線形モデリングを行っている。さらに、対象が有する構造的な特徴を利用した非線形低次元化手法を提案している。結果として、高次の数理モデルが大幅に低次元化できることを実機実験を用いて確認している。

第7章「Conclusion (結論)」では、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、制御系設計において計算量が膨大となる大規模動的ネットワークに対して、低次元化されたオブザーバおよび階層分散制御器の体系的な設計論の基礎を与えるものであり、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。