

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：25406

研究種目：若手研究 1 (B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23760392

研究課題名（和文） 大規模動的システムの分散ロバスト可変構造制御に関する研究

研究課題名（英文） A Study on Decentralized Robust Variable Structure Control for a Class of Large Scale Dynamical Systems

研究代表者

重丸 伸二 (SHINJI SHIGEMARU)

県立広島大学・経営情報学部・講師

研究者番号：20347610

研究成果の概要（和文）：相互結合型大規模システムの分散制御では、サブシステム内の不確かさに加え、サブシステム間の相互干渉や不確かさがシステムを安定化する際に大きな問題となる。本研究では、大規模システム内に存在するいくつかの特徴的不確かさについて考察し、そのような不確かさ存在する場合でも大規模システムの安定性が保証できる可変構造制御手法について検討した。特にシステム内に存在する不確かさの限界とサブシステム間の相互干渉の強さが未知な場合でもシステムの安定性を保証できるように適応則を組み合わせた分散制御則を提案した。また、マッチング条件を満足しない不確かさと相互干渉をもつ大規模システムについて考察し、その限界値を推定する適応則を新たに導入することでシステム全体の安定性を保証できる新しい分散適応ロバスト可変構造制御則を提案した。シミュレーション実験においても良好な結果を得た。

研究成果の概要（英文）：In the problem of decentralized control of a large scale interconnected system, the uncertainty in subsystems and the mutual interference between subsystems disturb the system stabilizing. In this research, some characteristic uncertainty included in a large scale system is considered. The variable structure control technique which can guarantee the stability of a large scale system in the presence of such an uncertainty was examined. In particular, the decentralized control law which combined the adaptation law was proposed so that the stability of a system could be guaranteed, even when the strength of mutual interference and the bound of the uncertainty are unknown. Moreover, the large scale system which has the mutual interference and the uncertainty which does not satisfy matching conditions was considered, and the new decentralized adaptive robust variable structure control law which can guarantee the stability of the whole system by introducing the adaptation laws which estimate the bound of uncertainty was proposed. The good result was obtained also in the simulation experiment.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	1,100	330	1,430

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・制御工学

キーワード：制御理論

1. 研究開始当初の背景

交通流システムや電力供給システム、ネットワークシステムなどは、一般に大規模かつ

複雑なシステムである。このようなシステムでは情報の制約や地理的な制約などから、すべての状態を把握して集中制御することは

困難である。このような場合、システムをいくつかのサブシステムに分割し、それぞれのサブシステムをその局所的な情報に基づいて制御することによって、システム全体を制御する方法がとられることが多い。このような制御手法は分散制御と呼ばれている。分散制御に関する研究は、1970年代からはじまり、盛んに研究が行われ、様々な分散制御則が提案されている。

分散制御問題における大きな問題は、サブシステム間の相互干渉やサブシステム間に存在する情報の不確かさ、むだ時間（伝達の遅れ）などがシステムを制御するにあたって、無視することのできない要因となっていることである。

一方、ロボットやモータ、航空機、自動車等の実制御システムではシステムの状態に応じて制御則を切り替える可変構造制御が用いられることが多い。可変構造制御に関する研究もまた1970年代からはじまり、不確かさに対する強いロバスト性から大規模システムにも応用され、分散可変構造制御則が提案されている。これまでに提案されている方法は、サブシステム間の結合に不確かさやむだ時間が存在する場合は、結合構造に関する詳しい情報が必要とされる。しかしながら、実際問題においては、このような情報を事前に把握できる場合は限られている。

2. 研究の目的

本研究では、これらの背景のもとに相互結合型大規模システム内に存在するいくつかの特徴的な不確定要因について考察し、そのような不確かさが存在する場合でもロバスト安定性を保証できる新しい分散制御則を可変構造制御手法を用いて開発しようとするものである。

3. 研究の方法

本研究の計画としては、まず、これまでに研究してきた大規模システムの分散モデル追従制御問題をもとに、サブシステム間の結合条件の緩和、すなわち、マッチング条件を満足しない大規模システムの分散制御法について検討する。また、サブシステム間の結合の限界が未知な場合や、サブシステム間の結合が高次元な場合、入力項に不確定要素が存在する場合などいくつかの特徴的な不確かさについても合わせて検討する。これらの問題において、可変構造制御法を用いた方法はほとんど見られないため、可変構造制御の強いロバスト性を活かしてより性能の良い分散制御則を開発する。そして、各問題において提案した設計手法によって構成した制御則を環境システムや交通システム、機械システムなどに適用し、数値シミュレーションにより有効性を検証する。

4. 研究成果

本研究の主な成果は以下のとおりである。

1) 入力項に未知の非線形構造をもつ相互結合型大規模システムに対する分散制御則の設計

入力項に未知の不感帯が存在する場合、その区間はシステムに制御入力伝わらないため正確に制御することができない。このような構造が存在する大規模システムの分散制御問題を考察した。未知の不感帯構造とサブシステム間の結合に対して、デッドゾーンインバース手法と適応則を組み合わせて利用することによって大規模システムの安定性を保証できる分散適応ロバスト可変構造制御則を提案した。さらに、提案した制御手法を台車上で連結された倒立振子の分散制御問題に適用し、シミュレーションによって有効性を確認した。不感帯を考慮しないで設計された制御則では制御偏差が残るのに対して提案法では漸近安定を達成できることを確認した。

2) マッチング条件を満足しない不確かさとサブシステム間の相互結合が存在する大規模システムに対する分散制御則の設計

通常の大規模システムの分散制御問題でサブシステム間の相互干渉および不確かさはマッチング条件を満足することを仮定して議論される。しかし、実際の制御問題では必ずしもマッチング条件するとは限らない。そこでマッチング条件を満足しない相互干渉および不確かさが存在する大規模システムについて考察し、不確かさの限界が既知のもとで大規模システムの漸近安定性を保証できる分散可変構造制御則を提案した。さらに提案した制御手法を連結倒立振子の分散制御問題に適用し、シミュレーションにより有効性を確認した。マッチング条件を満足しない不確かさを考慮しないで設計された分散制御則と比較した結果、提案法では漸近安定が達成できることを確認した。

3) マッチング条件を満足しない不確かさとサブシステム間の相互結合が存在する大規模システムに対する分散適応ロバスト制御則の設計

研究成果 2) では不確かさの限界値が事前に把握できるという仮定の下で分散制御則を設計したが、実際問題ではこのような限界値が常には把握できるとは限らない。そこで、これらの限界値が未知な大規模システムについて考察した。マッチング条件を満足しない不確かさや相互干渉が存在する場合、スライディングモードにおいても外乱と他のサブシステムの状態の影響を受ける。そこでス

ライディングモード時における外乱と相互干渉に対してロバスト性のある適応スライディング平面を設計し、分散制御則に組み込むことによって、大規模システムの漸近安定性を保証できる分散適応ロバスト可変構造制御則を提案した。さらに提案した分散制御則についてシミュレーション実験を行いその有効性を確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

重丸伸二，呉漢生，「未知のデッドゾーン構造をもつ大規模システムに対する分散適応スライディングモード制御則の一構成法」，電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌) Vol. 133, No. 5, pp. 1003-1009, 2013

〔学会発表〕(計2件)

1) 重丸伸二，「マッチング条件を満足しない不確かさをもつ大規模システムの分散スライディングモード制御」，平成24年度電気学会 電子・情報・システム部門大会

2) 重丸伸二，「マッチング条件を満足しない不確かさをもつ大規模システムの分散適応スライディングモード制御」平成25年電気学会全国大会

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

重丸 伸二 (SHINJI SHIGEMARU)

研究者番号：203476