

研究テーマ： 大規模複雑動的システム理論と河川水質管理システムの構築に関する研究	
研究代表者（職氏名）： 教授・呉 漢生	連絡先（E-mail等）： 県立広島大学経営情報学部 hansheng@pu-hiroshima.ac.jp
共同研究者（職氏名）： 教授・田中稔次郎、 助教・重丸伸二	

1．研究背景と目的

環境システム、社会システム、経済・経営システム、情報システム、電力システム、および工学システムなどは、一般的に、大規模でかつ複雑になっている。そのようなシステムのすべてを把握して集中制御することは、非常に困難であり、場合によっては不可能になる。このため、大規模システムに関する制御問題では、そのような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場合が多い。一方、実際的な制御問題において、制御対象に関する知識の不足や外部環境の変動、制御系を設計するための簡略化などより、大規模システムには従来のシステム（つまり、集中システム）と同じようにほとんどの場合不確かさが存在している。ここで問題なのは、このような不確かさがシステムの安定性に影響を及ぼす恐れがあるということである。さらに、どのようなシステムにおいても、制御対象とする実際的なシステムの中には、厳密に言えば、むだ時間という要素を含んでいる。もし、むだ時間が比較的短ければ、システムの分析と設計の簡単化のため無視することができるが、環境システム、化学プロセス、水圧機械システム、交通システム、ネットワーク制御システム(Networked Control Systems)などのような動的システムに対しては、それを無視することができない。むだ時間の存在は、システムの安定性を破壊する主な要因の一つである。従って、むだ時間をもつ大規模システムに対するロバスト分散制御に関する研究は、最近非常に注目され興味をもたれている。

河川水質管理システムは環境システムの中の非常に重要なシステムのひとつである。自然界は、人間、動物、植物、カビ、細菌などがバランスを保ちながら共存している。したがって、生産、消費などを通じて排出される廃水や廃棄物を適当な処理なしで自然界に放出したり、無秩序な開発や地下水の汲み上げを行うと、この自然のバランスが崩れてしまう。特に、現代社会では、工場排水と生活廃水などによって、河川の水は富栄養化が促進され、様々な、厄害をもたらしている。一方、比較的大きな河川の水質を定量的に管理するために、定量的な手法で河川水質管理システムを構築することは不可欠となっている。

本研究では、大規模複雑動的システムに関する理論研究とともに、河川水質管理システムを具体的に構築する試みを行う。

2．研究の特色

本研究の特色は、制御理論分野において、大規模複雑動的システムに対し、理論的な解析手法を探索することで、得られた理論成果を河川水質管理システムの具体的な構築への応用である。一方、河川水質管理システムを構築する過程に、すでに存在している理論手法を適用できない場合、逆に大規模複雑動的システムに関する理論研究を促進する。

これによって、大規模複雑動的システムに関する理論研究とその河川水質管理システムの具体的な構築への応用研究は、相互的に促進することができる。さらに、得られた理論結果は様々な実際的なシステムに関する構築と解析に使用できる。従って、この研究は学術的観点および実用的観点からも非常に意義がある。

3．研究成果

本年度には、不確かさ、外乱、むだ時間などをもつ大規模複雑動的システムに対する適応ロバスト分散制御問題に関する研究を行った。

ここで、考えられている不確定的大規模複雑動的システムに対し、不確かさ、外乱、および相互結

合などの限界は未知であるとしている。ロバスト分散制御則を構成するために、学習則を導入し、それらの未知な限界の値を推定し、そのような大規模複雑動的システムの全体の安定性を保証できる分散適応ロバスト制御則を提案することを考えている。

まず、不確かさ、外乱、相互結合などはマッチング条件を満足していると仮定し、代表研究者がむだ時間をもつ線形集中システムに、すでに提案している Lyapunov-Krasovskii 汎関数法を従来の大規模システムに関する方法と組み込んで、新しい解析法を提案した。そして、この解析法に基づいて、システムの安定性を保証できる分散適応ロバスト制御則を構成し、このような分散適応ロバスト制御則をいくつか提案した（研究成果リスト[4,5,6,9]を参照）。

むだ時間をもつ不確定動的システムについて、動的システムの内部状態を推測できるように、動的システムの適応ロバスト観測器などを提案した（研究成果リスト[2,3,8]を参照）。

さらに、実際的な動的システムにおいて、むだ時間に関連する不確かさの限界がしばしば非線形のような関数で現わしている。そのような問題に対して、動的システムの適応ロバスト安定性を保証できる制御則を導出する手法を開発した（研究成果リスト[1,7]を参照）。また、それらに関連する問題を議論し、不確かさ、外乱、むだ時間などをもつ大規模複雑動的システムにおける分散制御理論の基盤を構築し続けている。

4 . 研究成果リスト

- [1] Hansheng Wu: Adaptive Robust Control of Uncertain Nonlinear Systems with Nonlinear Delayed State Perturbations, *Automatica* (USA), Vol.xx, No.x, pp.xxx-xxx, 2009 (掲載決定).
- [2] Hansheng Wu: Adaptive Robust State Observers for A Class of Uncertain Nonlinear Dynamical Systems with Delayed State Perturbations, *IEEE Transactions on Automatic Control* (USA), Vol.AC-xx, No.x, pp.xxx-xxx, 2009 (掲載決定).
- [3] Hansheng Wu: Memoryless Adaptive Robust Asymptotic Observers for A Class of Nonlinear Time-Delay Systems, *IET Control Theory and Applications* (UK), Vol.xx, No.x, pp.xxx-xxx, 2009 (掲載決定).
- [4] Hansheng Wu: Decentralized Robust Tracking Control of Uncertain Large Scale Systems with Multiple Delays in the Interconnections, *Kybernetika* (Czech), Vol.45, No.1, pp.121-136, 2009.
- [5] Hansheng Wu: Decentralized Adaptive Controllers for Robust Tracking and Model Following of Uncertain Large Scale Systems, *International Journal of Control* (UK), Vol.82, No.2, pp.268-278, 2009.
- [6] Hansheng Wu: Decentralized Adaptive Robust Tracking and Model Following for Large Scale Systems Including Delayed State Perturbations in the Interconnections, *Journal of Optimization Theory and Applications* (USA), Vol.137, No.1, pp.231-253, 2008.

国際会議論文（査読付き）

- [7] Hansheng Wu: Memoryless Adaptive Robust State Controllers Guaranteeing Asymptotic Stability for Uncertain Nonlinear Time-Delay Systems, *Proceedings of the 6th IFAC Symposium on Robust Control Design*, pp.120-125, Haifa, Israel, June 2009.
- [8] Hansheng Wu: A Class of Adaptive Robust State Observers of Uncertain Nonlinear Time-Delay Systems, *Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, pp.29-34, Hanoi, Vietnam, December 2008.
- [9] Hansheng Wu and S. Shigemar: Decentralized Adaptive Robust Tracking Controllers of Uncertain Large Scale Systems with Time Delays, *Proceedings of the 17th IFAC World Congress*, pp.6142-6147, Seoul, Korea, July 2008.