氏　　名	しのざき　ひろし 篠　﨑　寛
学位(専攻分野)	博　士（工学）
学位記番号	博甲第　５０１　号
学位授与の日付	平成 20 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 3 条第 3 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科　情報・生産科学専攻
学位論文題目	Lambert W Function Approach to Stability and Stabilization Problems for Linear Time-Delay Systems （ランバートW関数を用いた線形むだ時間システムの安定解析および安定化）
審査委員	（主査） 教授　森　武宏 教授　黒江康明 教授　米谷文男

論文内容の要旨

むだ時間システムとは，情報，物質，エネルギーなどの通信，移動，移送を伴う実世界のシステムの総称で，必ず遅れ，つまりむだ時間が生ずることがその特色である．制御システムとして見た場合，このむだ時間の存在がシステムの振舞の解析や制御器の構成を著しく困難にする．とりわけ，安定性と安定化は制御系解析・設計の中心的要請であるにもかかわらず，むだ時間システムに関してはこれを含まないシステムに対するもの程には十分な理論的成果が見られないのが現状である．本論文は，むだ時間システムの安定性解析と安定化問題に対して，ランバートW関数と呼ばれるスカラー複素関数の性質を主要な道具として，新らたな手法の確立を図ったものである．ランバートW関数は陰的に定義される複素多価関数で，自然科学の世界では以前より知られ活用されてきたが，制御工学に携わる人々の間で知られたのはごく最近である．しかし，その有用性のゆえに,すでにして MATLAB, MATHEMATICA, MAPLE などの市販の計算パッケージに計算コマンドが含まれている．

本論文は，第一章の序章，第二章のサーベイから第六章の結論の間に線形むだ時間システムの安定性，安定化問題に関する三つの成果を述べている．第三章は，ランバートW関数を用いて，システムの新らたなロバスト安定条件をいくつか導いている．むだ時間システムのパラメータが有界変動する場合，システムがなお安定に留まるための必要十分条件を，端点結果あるいは周縁結果という簡潔な形で与えている．第二の結果は第四章でまとめられ，そこでは線形むだ時間システムの安定化法が提案されている．そのアイデアは，フィードバックにより閉ループシステム極が扱い易いランバートW関数表現となるような制御則を構成しようというもので，そのために非干渉化制御の手法を採用し多入出力システムのスカラー化を実現することよりその目的を達成している．第五章では，第三の結果である付加動特性のランバートW関数による解析が述べられている．付加動特性はむだ時間システムをより解析容易な形に変換する際に生ずるもので，その特性の安定性がシステム解析の良否を左右する．申請者は，このような問題にもランバートW関数の特性が遺憾なく発揮できることをいくつかの例を挙げて鮮やかに示している．

以上のように，本論文はランバートW関数といういわば古典的な複素関数がむだ時間システムの解析・設計という現代の重要かつ困難な問題に大きな役割を果たすことを例示した点で，その斯

界への寄与は少なくない.

論文審査の結果の要旨

むだ時間とは，情報，物質，エネルギーなどの送達にかかる時間遅れをいう．むだ時間システムとは，従って自然界にあまねく存在する普遍的なシステムのモデルであり，その解析・制御は最近の制御工学の重要課題の一つとなっている．本論文はランバートW関数という複素スカラー関数の諸特性を武器として，線形むだ時間システムの安定性・安定化問題に一石を投じようと試みたものである．ランバートW関数とは陰的に定義された複素多価関数で，MATLAB, MATHEMATICA, MAPLE などの市販ソフトウェアに実装され, 極めて利便性が高いという特色をもっている.

本論文の寄与は三点にわたる．システムパラメータに変動をもったむだ時間線形システムの安定条件，すなわちロバスト安定条件をランバートW関数を利用して簡潔な形で導いたことが第一点である．第二の寄与は，むだ時間システムの安定化法の提案で，非干渉化フィードバックによりランバートW関数の特徴が生かせるよう実践的な安定化手法を工夫したことである．第三の成果は，付加動特性の解析にはこの関数が非常に適合していることを実例により示したことである．ここに付加動特性とは，対象のむだ時間システムをより解析容易な形式に変換した際に生ずる特性で，その安定性の如何が変換による解析の成否を分ける．以上のように，本論文は線形むだ時間システムを対象にした解析・設計理論の枠組みの中に，ランバートW関数法が一つの確かな位置を占めることを具体的な提案により示しており，その成果は少なくない．博士論文にふさわしい内容を備えていると判断される.

本論文を構成した公表論文は下記の通りである.

[1] H. Shinozaki and T. Mori, ``Robust stability analysis of linear time-delay systems by Lambert *W* function: some extreme point results", *Automatica*, Vol. 42, pp. 1791-1799, 2006.
[2] 篠崎寛，森武宏，“ランバートW関数による線形むだ時間システムの付加動特性解析”，システム制御情報学会論文誌，Vol. 20, No. 7, pp. 302-308, 2007.
[3] H. Shinozaki and T. Mori, ``Boundary implications for stability analysis of a class of uncertain linear time-delay systems by the Lambert W function", *International Journal of Control*(under review).