

氏名	雨宮孝 あめみや たかし
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第759号
学位授与の日付	昭和50年1月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	<b>STUDIES ON THE STABILITY OF INTERCONNECTED SYSTEMS</b> (複合系の安定性に関する研究)

論文調査委員 (主査) 教授 得丸英勝 教授 榎木義一 教授 桑原道義

### 論文内容の要旨

本論文は大規模かつ複雑なダイナミカルシステムの安定性解析の手段を提案するものである。サブシステムの安定性が既知であるときこれを利用し複合システムの安定判別を容易におこなう手法に関する研究結果をまとめたものであり、4章と付録より成っている。

第1章は序論である。従来複数個の非線形関数を含むシステムについては多くの研究があるがこのようなシステムと複合システムの間には質的相異があることを述べ、問題提起およびその歴史的背景について述べている。

第2章では、複合システムの入出力安定について考察されている。これまで入出力安定問題においては極めて簡単な構造のシステムのみ取り扱われてきたために複雑なシステムの入出力安定について必ずしも定義が与えられているとはいえないので、先ず入出力安定性の定義を与えている。従来入出力安定問題に基本的役割を果たしてきた G. Zames によるスモール・ゲイン定理 (SGT) をこの定義の上から一般化した。つぎに、サブシステムのより詳細な特性を利用して、この基本定理より得られる条件を改良する手法が論じられている。マルチプレイヤーなる概念はこれまでは線形要素に乘じられる線形作用素を意味した。本論文では入出力に関するシステムの等価変換に際して、作用素の変換において乘じられる仮想的な作用素をマルチプレイヤーと定義することにより、マルチプレイヤーによる複合システムの安定解析手法を定式化している。例題として、ある絶対安定問題においてマルチプレイヤーを用いることによりいかに安定条件が改良されるかを示している。

入出力のみならず円錐条件を考慮に入れて安定条件を改良することはこれまでも多く用いられているが、システムの適当な座標変換に結びつけて利用されるのが普通であった。本論文ではこれに対し、座標変換は大規模なシステムでは実際上実行不可能であることを考え、円錐条件のみを用いて基本定理を改良する手法について示している。円錐条件とマルチプレイヤーとを同時に適用することにより一層の安定条件の改良が可能であることをいくつかの例題によって示している。

第3章では有限時間領域におけるシステムの挙動をも同時に考察する安定性解析の手法として、新たに導入された比較関数による複合システムの安定解析手法が提案されている。まずこれまでよく用いられてきたベクトル・リアプノフ関数による手法を概観し、この手法を実際に用いるにあたっての難点について議論している。ついでサブシステムの動特性表現手法として比較関数なるスカラー関数を導入し、これがいかにこの欠点をおぎなうかを示している。同時に複合システムの新しい安定性の概念であり、システムの大局的な挙動を表わす「巨視的安定性」なる概念を導入し、各サブシステムに比較関数が存在するとの仮定のもとにシステムの巨視的安定のための条件を求めている。

つぎに、この比較関数なる概念の一般性について考察し、少なくとも有限次元サブシステムが指数漸近安定ならば比較関数は存在することを証明し、むだ時間要素を含むサブシステムにおいても比較関数の存在し得る場合のあることを例によって示している。あとで比較関数の定義を更に一般化することが考察されているが、この一般化された比較関数については、むだ時間要素を含み、入力については線形なサブシステムであるかぎり、このサブシステムが指数漸近安定であれば比較関数の存在することを証明している。

ベクトルリアプノフ関数による手法は、V. M. Matrosov により最終的にまとめられた微分不等式に対する比較原理およびその線形化である F. N. Bailey の定理を数学的基礎としている。本論文では、これらの定理をむだ時間系にまで拡張することに成功している。また、これらの結果を用いてサブシステム間に有限なむだ時間のあるシステムについて考察し、むだ時間が有限であるかぎりむだ時間がないとして既に得られている条件は何等の修正の必要なく適用が可能であることを証明している。

第4章では複数個の非線形関数を含むシステムの絶対安定問題に前述の手法を応用している。得られた安定判定条件は従来得られている条件に比して判定が容易であり、サブシステムに関して多くの情報が得られるときは、この条件はより広い結果を得るように改良されることが示されている。

## 論文審査の結果の要旨

近年、複雑かつ大規模なシステムが工学の対象となりつつあり、その解析あるいは設計の有効な手段の開発が期待されている。複数個のサブシステムが相互に結合して1つのシステムを構成しているときこれを複合系というが、大規模なシステムは一般に複合系としての特徴を有している。

本論文はこのような複合系の安定性解析を論じたものである。従来の安定性解析のさまざまな手法は複合系に対しては、次に述べるような多くの問題点をもち、適用困難であるが、これを解決せんと試みたものである。すなわち、従来の手法は大規模なシステムに対しては原理的に適用可能であっても実際的にはきわめて複雑な計算を要し実用に耐えない場合が多く、また複合系はその内部に質的に異ったサブシステムを含む場合がしばしばあり従来の手法をこのようなシステムに適用することには困難が伴う。さらに、大規模系の特徴として、動特性が十分に明らかでないサブシステムを含むことが實際上しばしばあるが、従来の手法はシステムの動特性は完全に知られていることを前提としているなどの問題点がある。本論文は、これら問題点の解決を目的として、複合系の安定理論の基礎を築いたものである。

本論文で得られた主要な成果は次の通りである。

### (1) 複合系の入出力安定性の解析

従来、単純なシステムに対してはシステムをブラックボックスとして扱い入出力関係のみに注目する入出力安定なる概念によって解析する方法が存在していた。著者は複雑かつ大規模なシステムの安定性解析にこの入出力安定の概念が有効であると考え複合系に対して入出力安定性を定義し、それを保証する条件を得ている。この条件はこれまで特殊な構造をもつシステムについて個別的に得られていた条件を一般化したもので適用範囲の広いところに特徴がある。また、安定条件の改良についても論じ、成功している。

## (2) 巨視的安定性

著者は、複合系を単なる多変数のシステムとは区別すべきであり、安定性に関しても複合系固有の概念が必要であるとの認識に立って、複合系の巨視的安定なる概念を導入している。この概念はシステムの安定性をすべてのサブシステムの出力の挙動によって規定しようとするものであり質的に多様なサブシステム、あるいは内部構造が明確でないサブシステムを含む大規模複合系の安定性を解析する際に意義のある概念と認められる。さらに著者は比較関数なる簡単なスカラー関数を定義し、これでサブシステムの動特性を評価するならば、複合系の巨視的安定性は容易に評価できることを示した。このため、複合系の安定性解析は従来にくらべて非常に容易に行なえることとなった。

以上要するに本論文は複合系の安定性解析について論じ、システムの複合的構造を直接考慮に入れ、比較的容易にかつ広い対象に適用可能な新しい手法を確立したものであり学術上、工学上寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。