論文審査の結果の要旨

氏名 濡木 融

本論文は、「Accurate Numerical Computation for Floquet Multipliers of Periodic Orbits of Ordinary Differential Equations 常微分方程式の周期軌道と Floquet 乗数の高精度数値計算法 と題し、6章と付録から構成されている。理工学分野において、連続的に時間変化する自然現象や社会現象などを解析するために、常微分方程式によるモデル化がしばしば用いられている。しかし、非線形常微分方程式の場合、パラメータの変化により解の挙動は大きく変化し、解の分岐現象が発生する場合がある。複雑な分岐現象の構造を理解するためには、基本的な定常状態である平衡点と周期軌道の安定性を調べる必要がある。特に周期軌道の場合は、安定性を決定する Floquet 乗数を求めなければならないが、その数値計算は困難な場合があることが知られている。本論文は、従来の手法では誤差の大きい計算結果しか得られない場合に対しても、Floquet 乗数を精度よくかつ効率よく求めることができる新しい数値計算法を提案し、その有用性を明らかにしている。

第1章「Introduction」では、力学系における安定性解析に対する研究の背景と目的を述べ、従来研究に対する本論文の位置付けを与えている。また、本論文の構成を示している。

第2章「Numerical stability analysis of periodic orbits of ordinary differential equations」では、Floquet 乗数の既存の計算手法とその問題点について述べている。既存の手法では、変分方程式の初期値問題を数値的に解いて行列解を求め、その解の固有値として Floquet 乗数を計算している。しかし、平衡点付近を通る周期軌道に対しては行列解の計算精度の低下と固有値計算の丸め誤差が原因となり、Floquet 乗数の計算精度が悪くなる欠点があることを明らかにしている。

第3章「A new iterative method for periodic orbits and Floquet multiplers」では、次の2つのアイデアに基づく Floquet 乗数の新たな計算手法を提案して

いる。すなわち、（1）変分方程式の初期値問題として解くことによる誤差の蓄積を回避するために、変分方程式の解に対する新たな反復計算法を構成することと、（2）行列解の成分の絶対値が大きい場合の固有値計算の丸め誤差を回避するために、行列解の固有ベクトルを変分方程式の初期値に用いることである。

第4章「Numerical examples」では、非線形 Mathieu 方程式と FitzHugh-Nagumo 方程式を具体的に取り上げ、それらの方程式に対する数値計算結果を示すことにより、既存の計算手法に比べて、第3章で提案した計算手法が、実用的な計算時間で高精度に Floquet 乗数を計算できることを実証している。

第5章「Discussions」では、第3章で提案した2つのアイデアの重要性について考察し、2つのアイデアのそれぞれが、Floquet 乗数を高精度に求めるために重要であることを、計算例を用いて明らかにしている。

第6章「Conclusions」では、本論文の成果をまとめると共に、今後の研究課題についても考察をしている。

付録（Appendix）では、論文の自己完結性をよくするために、周期的 Schur 分解の手法を要約し、紹介している。

なお、本論文の成果は、村重淳との共同研究であるが、論文提出者が主体となって新しい数値計算手法の提案、解析、およびシミュレーションを行なったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。