

## 論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 鷹野重之

本論文は非一様回転する回転星の安定性を線形解析によって調べたもので、これまで世界で誰も結果を得ることのできなかった非一様回転星の安定性を系統的に解析することに成功し、自己重力に原因のある不安定振動モードを数多く見いだした論文として、審査委員会は高く評価した。本論文で得られた重要な結果は、回転星の基本的な性質として、これから書かれる教科書の中に取り上げられ、長年にわたって生き続けるものと考えられる。

論文は六章からなる。第一章では、回転星の安定性についての説明とこれまでになされた研究がレビューされている。第二章で、回転星の線形解析の定式化と数値解法の説明がなされている。第三章から第五章において本論文の主要な三つの結果が説明されている。第六章で全体の結果がまとめられるとともに、現実の天体现象との関連の可能性が議論されている。以下に、この論文で得られた三つの主要な結果を説明し、それに対する審査委員会の評価を述べる。

第一の結果は、非一様回転する回転星の重力波（時空の歪みが伝播する波）放出に対するセキュラー（永年的）不安定が起こる臨界状態を見だし、そのときのパラメータの値を定量的に決定したことである。セキュラー不安定とは、つりあい状態にある回転星が、重力波の放出によって、より低いエネルギー状態の回転星に進化する、つまり時間の経過とともに元のつりあい状態から離れていく現象であり、その時間変化はゆっくりとしている。ここで、恒星の回転エネルギーと重力エネルギーの絶対値の比を $\beta$ とし、回転星がセキュラーに不安定化するときの値を $\beta_c$ と書くことにする。重力波放出に対するセキュラー不安定に関する従来の結果は、軸対称形状から非軸対称で棒的形状へ変化する振動モードに対し、恒星の状態方程式（圧縮性）や非一様な回転則の違いによらないで、普遍的な $\beta_c$ となると考えられてきていた。それに対し、本論文では非一様回転の度合が大きくなると、状態方程式依存性や回転則依存性が強くなり、小さな $\beta_c$ 、言い換えると、回転が遅い場合に不安定化することを示している。このことは、非一様回転の度合の大きな回転則を持つ可能性のある天体は、これまで考えられていたよりも遅い回転で不安定化し、別の状態へと変化することを強く示唆する新しい結果を得たものとして高く評価できる。

第二の結果は、非一様回転する軸対称回転星が、重力的な原因から生じる非軸対称で棒的形状へとダイナミカルな時間尺度で変化する不安定性に対し、それが起こり始めるときの回転の度合を定量的に求めたことである。一様密度で一様回転している流体に関しては、ダイナミカルに不安定化を始める回転のパラメータ $\beta_d$ は古くから分かっており、その後、前述のセキュラー不安定と同様、状態方程式と回転則の違いによらないで、かなり普遍的な値になっていると考えられてきた。それに対し、本論文では、非一様回転の度合が大きい場合、状態方程式依存性と回転則依存性がともに存在し、従来より小さな $\beta_d$ 、つまりより遅い回転で不安定化することを示している。ダイナミカル不安定はセキュラー不安定よりも短時間で起こり、形態の大きな変化を伴うものなので、セキュラー不安定性の結果以上に天体の進化に対する影響が出てくる。その意味で、今後の天体のダイナミカルな進化の研究において考慮すべき重要な結果

を得ていると評価できる。

第三の結果は第二のものと同じく、非一様回転している軸対称星は、非軸対称で棒的形狀へと不安定化して進化するというものである。しかし、この不安定性は、非一様性回転の度合が強かつ遅い回転をしている回転星のシミュレーションによってごく最近初めて発見され、それを本論文において線形安定性解析によって系統的に調べた結果、確認できたものである。つまり、非常に遅く回転していても非一様回転の度合が強い場合、すべての回転星で起こる可能性を線形安定性解析によって示唆したのである。回転星の不安定性に関する従来の結果は、上述の2種類のものにしても、ある程度的高速回転をするときに現れる不安定性であった。それに対し、最近シミュレーションで発見されたダイナミカル不安定性は、形状が球対称からごく僅かだけずれることで起こるものである。つまり、本論文によりこのダイナミカル不安定が起こることが線形安定性解析でも示されたことで、シミュレーションで発見されたダイナミカル不安定の実在性は確実で、上記の二種類の不安定性以上に天体の形成段階や爆発的な現象において重要な役割を果たすと考え、審査委員会は評価できると判断した。

非一様回転星に関する線型解析による新しい定量的な結果は、世界の研究者をこの分野の研究に引き付け、不安定性のさらなる理解のための研究の発展をもたらす可能性があるという点からも、本審査委員会は本論文の価値は高いと判断する。したがって、本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。