

氏 名	稲垣省五
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第486号
学位授与の日付	昭和52年11月24日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	理学研究科宇宙物理学専攻
学位論文題目	自己重力系の熱力学的安定性 ——回転ガス円柱の場合——

(主査)  
論文調査委員 教授 加藤正二 教授 川口市郎 教授 小暮智一

### 論 文 内 容 の 要 旨

申請論文は自己重力系の熱力学的安定性に対する回転の影響を調べたものである。自己重力系の熱力学的振舞は通常のそれとはかなり異なる点がある。これを最初に指摘したのはAntonovである。Antonovは半径一定の球内に閉じ込められた等温恒星系の持つエントロピーをエネルギー一定の条件で調べ、中心と表面の密度比が709以上になると、平衡状態がエントロピー極大の状態でないことを示した。即ち自己重力系では密度の中心集中がある臨界値を越えると、熱力学的平衡状態は安定ではなくなることを指摘した。さらに続いてLynden-BellとWoodはAntonovが調べた球状恒星系の熱力学的安定性を平衡状態のある系列(今これをリニア・シリーズと呼ぶ)を用いて調べ、その不安定性の物理的原因を明らかにした。以上は角運動量を持たない自己重力系の熱力学的安定性であるが、申請論文はこれに対し自己重力系の熱力学的安定性に系の回転がどのように影響するか調べたものである。具体的には、Z軸方向に無限に長く、その軸のまわりに剛体回転している等温ガス円柱を考え、その軸対称な摂動に対する安定性を調べた。まず始めに申請論文では従来明確な形では示されていなかった次の事柄を証明した。即ち自己重力系に対してもその平衡状態の安定性を熱力学的に解析することが可能であり、系の安定性はエントロピーの二次変分に相当する汎関数の極大値の正負で判別できること、次にこの最大値問題は固有値問題に帰着でき、さらにはそれはリニア・シリーズにそっての転向点を求めることに帰着でき、従って固有値問題を直接解くことなく安定性を知ることができることを示した。リニア・シリーズの方法は、固有値問題を解くよりも計算が容易である。申請論文ではこのリニア・シリーズの方法を使って回転等温ガス円柱の安定性を調べている。その結果、次の様なことがわかった。即ち、等温で剛体回転しているガス円柱は、その温度がある臨界温度より低いと、熱力学的不安定になる。その臨界温度は円柱の回転角速度、中心密度、束縛条件に依存する。平衡状態としては、重力と遠心力とがつり合っており、圧力があまり効いていない形状のとき、不安定であるといえる。不安定性の原因は円柱内部での角運動量輸達であり、熱輸達が直接の原因であった回転のない球状ガス系の場合と異っている。さ

らに束縛条件についていえば、他の条件が同じならば、断熱の場合よりも等温変化の場合の方が、角運動量一定の場合よりも角速度一定の場合の方が、さらに体積一定の場合よりも表面圧力一定の場合の方が、より不安定を起しやすいくことを示している。

以上の如く本論文は自己重力系の熱力学的安定性という基礎的問題において、系の回転が安定性にどのような影響を与えるかを調べたものである。

### 論文審査の結果の要旨

申請論文は自己重力系の熱力学的安定性を特に回転のある場合について調べたものである。

自己重力系の熱力学的安定性の研究は Antonov に始まる。Antonov は半径一定の球内に閉じこめられた等温恒星系の持つボルツマンエントロピーの二次変分をエネルギー一定の条件のもとに計算し、中心と表面の密度比が 709 以上になると、平衡状態はエントロピーの極大の状態ではなく、従って熱力学的に不安定であるとした。続いて Lynden-Bell と Wood は上記の熱力学的不安定性を、エントロピーを直接計算することなく、平衡状態のある系列、即ちリニア・シリーズの転向点を求めることによって調べた。しかし、Lynden-Bell と Wood は、リニア・シリーズを用いて安定性を求めることと、エントロピー極大値を求めることが同等であることの証明を行わなかったこと、および自己重力系ではエネルギーが相加的でないこと等により、リニア・シリーズを用いて安定性を調べることの正当性のみならず、自己重力系の熱力学的不安定性の存在までも疑う人があった。

申請者は上記のような状況のもとにおいて、まず自己重力系に対してもその平衡状態の安定性を熱力学的に解析することの正当性を示し、ついでその安定性の判別条件が、リニア・シリーズを用いて解析できることを示している。以上のことはある程度一般的に予想されることではあるが、この点をはっきりさせたことは申請論文の一つの寄与である。

ついで申請者は、リニア・シリーズの方法を用いて、回転がある場合自己重力系の熱力学的安定性がどのようになるかを調べている。その結果、Antonov や Lynden-Bell 及び Wood が調べた回転のない自己重力系の場合とは違う新しい不安定性があることを見出している。即ち、温度がある臨界値よりも低く、主として重力と遠心力とのつりあいで平衡状態にあるような系では、角運動量の輸達のために系が不安定になることを見出している。申請論文によって得られたこの結果は、角運動量をもつ自己重力系の進化の最終段階を考えるうえで考慮すべきものである。

以上、申請論文は、角運動量をもつ自己重力系でも熱力学的平衡状態は必ずしも安定な状態ではなく、系の崩壊がおこることを示しており、自己重力系の熱力学的平衡状態の安定性を従来よりもはっきりさせており、天体物理学分野の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。