

【 42 】

氏 名	伊 藤 直 紀 い とう なお き
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 209 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 3 月 23 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 物 理 学 第 二 専 攻
学 位 論 文 題 目	Hydrostatic Instability in Very High Temperature Stars (超高温星における静流体不安定性)

論文調査委員 (主 査) 教 授 林 忠四郎 教 授 長谷川博一 教 授 町 田 茂

論 文 内 容 の 要 旨

質量の十分大きい星が進化すると、中心の温度と密度は次第に増大するが、電子対創生や Fe^{56} の Hc^4 と n への光分解が進行するような高温状態に達すると、星は力学的に不安定になることが知られている。このような不安定性の原因としては、これまで、電子対創生や Fe^{56} の分解のほかに、 Hc^4 の n と p への光分解、種々の原子核の電子捕獲、さらには、一般相対論の効果が見出されている。

主論文は、 Hc^4 の光分解の温度、すなわち 10^{10}K 、よりさらに高温の状態における、ミュー中間子やパイ中間子の出現による力学的不安定性を調べたものである。すなわち、光子、電子対、ミュー中間子、パイ中間子、中性微子、陽子と中性子からなる非縮退ガスの熱平衡状態を計算して、ガスの断熱指数を求め、さらに一般相対論の効果を考慮に入れて、星が安定な重力平衡の状態をとり得ないような温度と密度の範囲を見出したものである。

申請者は、まず、 10^{13}g/cm^3 以下の密度、 10^{12}K 以下の温度を考え、この範囲の密度と温度については、相互作用を無視した自由粒子の集団としての取扱いができること、また各種粒子の縮退度は小さいので、非縮退の近似が許されることを示している。さらに、多数のミュー中間子やパイ中間子が存在する温度においては、中性微子の平均自由行程が星の半径より十分短いので、中性微子は近似的に熱平衡状態にあることに注意している。

以上の近似のもとに、上記の素粒子の混合ガスの内部エネルギーと圧力を、温度と密度の関数として数値的に計算し、これより断熱指数

$$\gamma = (d \log P / d \log \rho)_{ad}$$

の値を求めている。さて、一般相対論の効果が無視できるニュートン理論の場合、星の重力的不安定性の条件は γ の値が $4/3$ より小さいことであることが知られている。申請者は、この条件を満たすような温度と密度の領域を求め、この領域は $3 \times 10^{10} \sim 1 \times 10^{12}\text{K}$ の温度の範囲、 10^{12}g/cm^3 以下の密度の範囲に存在することを見出している。

不安定性に対する一般相対論の効果については、ポスト・ニュートニアン近似での一般式が Chandrasekhar (1964) などによって求められていて、断熱指数の値が $4/3$ より少し大きくても星が不安定になるような温度と密度の範囲があることが知られている。申請者は、この一般式と上の断熱指数の値を用いて、不安定領域の温度と密度の範囲を求め、計算の結果として、ミュー中間子やパイ中間子が存在する温度においては、不安定性に対する一般相対論の効果が大きいことを見出している。

最後に、申請者は、その見出した不安定領域の存在が太陽質量の10倍以上の星の最終的な進化を考える上で重要な意義をもつことを論じている。

参考論文1は、中性子星の内部の中性子及び陽子のフェルミ・ガスのもつ超流動性が、中性子星の冷却時間や電磁的性質に強い影響を持つことを指摘したものである。

参考論文2は、中性子星よりもさらに高密度の星としてクォーク星が存在するものと仮定して、その中心密度と質量との関係を求めたものである。ただし、クォークの質量を 10Gev と仮定し、相互作用を無視している。計算の結果、クォーク星の質量は中性子星の最大質量の $1/1000$ の程度であることを見出している。

論文審査の結果の要旨

星の一生にわたる進化は、静的な重力平衡を保ちながらゆっくりと収縮する段階と、重力平衡が破れて急速な重力収縮や爆発的膨脹を行なう力学的変化の段階との二つに大別することができる。従って、どのような進化の状態で重力平衡が不安定になるかを明らかにしておくことは、星の進化の理論を進める上で極めて重要である。

最近になって、太陽質量の10倍以上の星は、種々の核燃焼の段階を経て、中心に Fe^{56} からなる core を形成し、 $3 \times 10^9 \text{K}$ 以上の温度に達すると、 Fe^{56} が Hc^4 と中性子に分解するために、力学的に不安定になって重力的崩壊を起すことがわかってきた。

その後の進化は明らかでないが、質量が十分大きい星の場合には、温度がさらに上昇して、 $3 \times 10^{10} \text{K}$ 以上になると、ミュー中間子やパイ中間子が発生するために、星が再び力学的に不安定になることが期待される。

主論文は、このような中間子発生、ならびに一般相対論の効果による力学的不安定性が、星の温度と密度のどのような範囲において現われるかを明らかにしたものである。

このような超高温のガスにおいては、光子、電子対、中性微子対、中間子対、核子が共存していて、これら素粒子間の反応が十分速いときは、ガスは熱平衡状態にある。申請者はまず、密度が 10^{13}g/cm^3 以下の場合には、熱平衡の取扱いが許されることを明らかにし、この熱平衡状態における各成分の分布、ガスの内部エネルギーと圧力などを正確に計算している。

ついで、ガスの断熱指数の値を求め、さらに一般相対論の効果を考慮に入れて、星の力学的不安定性の現われる温度と密度の範囲を明らかにすることに成功している。この結果は、超高温星の進化の大局的特徴を把握するのに必要な基礎知識を提供したものととして、極めて意義あるものと考えられる。

以上の主論文は、中間子が存在するような超高温ガスの熱力学的性質を詳しく調べることによって、星

が重力的に不安定になる温度と密度の範囲を明らかにしたものとして、星の進化の理論の今後の発展に寄与するところが少なくない。なお、参考論文はいずれも、申請者が天体核物理学、素粒子物理学、物性理論などの広い分野にわたって豊富な知識とすぐれた研究能力をもっていることを示している。

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。