

氏 名 村 井 忠 之
むら い ただ ゆき
 学位の種類 理 学 博 士
 学位記番号 論 理 博 第 473 号
 学位授与の日付 昭 和 49 年 7 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 **On Multiple Solutions in Core Helium—Burning
 Phase**

(ヘリウム燃焼段階における多重解について)

論文調査委員 (主 査)
 教 授 林 忠 四 郎 教 授 長 谷 川 博 一 教 授 王 垣 良 三

論 文 内 容 の 要 旨

恒星の進化において、中心でまず水素が燃焼してヘリウムの中心核が形成され、この中心核が収縮して温度が上昇するとヘリウムの核反応が始まって、星はヘリウム燃焼段階に達する。質量が太陽の15倍程度の大質量星のこの段階における構造については、星はヘリウム中心核と水素を主とした外層とからなり、その境界は水素燃焼殻であって、この外部には水素とヘリウムの濃度比が変化している中間領域が存在し、さらに、表面温度の低い星では表面の内側に対流層が存在することが知られている。このヘリウム燃焼段階にある大質量星の構造はこれまで多くの人によって計算されたが、その数値的な結果には差があった。ごく最近になって、上記のような定常状態にある星の構造をきゆる基礎方程式が多重解をもつことが詳しい数値計算によって見出されたが、多重解が存在する要因の解明はまだ十分行なわれていない。

主論文は、ヘリウム燃焼段階の多重解に関するこれまでの研究が自動計算にたよったために明らかにできなかった、多重解存在の本質的要因を解明し、多重解と現実の進化との対応を明確にし、さらには、後の進化段階で起りうる多重解の存在を予測することを試みたものである。このために、申請者は、星の構造を記述する変数として、ポリトロップ指数 N と、二つのホモロジー変数 U, V を用いて解析を進めている。

まず、多重解が存在する簡単な例について考察して、多重解が存在するためには、ポリトロップ指数できまる UV 平面の特異点($U_0 = (N-3)/(N-1)$, $V_0 = 2(N+1)/(N-1)$)が第1象限にあることが本質的であることを指摘している。ついで、ヘリウム燃焼段階の星の場合に、特異点の UV 面上の位置をきめる要因を明らかにするために、表面对流層を無視し、幅射の吸収係数としては簡単に電子散乱とKramersの吸収係数の和を採用して、 UV 面上での境界値問題を解いている。この結果、次のような結論を導いている。表面近くの領域でKramersの吸収係数が利くことが多重解の存在の必要条件であること、また水素とヘリウムの濃度比が変化している中間領域の存在を無視すると、Kramersの吸収を考慮しても多重解は存在しない。

ついで申請者は、表面对流層の効果を調べるために、表面の境界条件を変えて断熱対流層をつけ加えると、ヘリウム中心核の質量がある狭い範囲（全質量の約1%）のなかにある場合に限って、3個の解が存在することを見出している。これらの解の表面温度は約3000°K（赤色超巨星）、5000°K以上（青色超巨星）、およびその中間である。さらに、中心核の質量が小さい場合は赤色超巨星の解、大きい場合は青色超巨星の解がそれぞれ1個だけ存在することを見出している。

さらに申請者は、星の進化との対応について次のように考案している。星の進化の速さは、一般に核反応の時間尺度 t_N と熱伝導の時間尺度 t_T を用いて表わされる。星の中心でヘリウム燃焼が始まるまでの重力収縮の時間は t_T に近いが、燃焼が定常になった段階では t_N の尺度で進化するものと考えられてきた。しかし、最近の詳しい進化の自動計算によって、ヘリウム燃焼が定常になった後でも、赤色超巨星と青色超巨星の間を t_T の尺度で移動する場合があることが見出されている。申請者は、この現象の新しい解釈として、ヘリウム中心核の質量が進化とともに増大して、3個の多重解の存在する範囲に入った後に、この範囲から出る段階において、解の間の遷移が急速におこるという見解を提出している。最後に、申請者は炭素燃焼など後の進化段階においても、多重解が存在する可能性が高いことを指摘している。

参考論文1は、進化した星の内部に形成された炭素の中心核に注目して、その重力収縮段階と炭素燃焼段階の進化を計算したものである。参考論文2は、さらに進化した星の中心でおこる原子核の光分解反応を調べて、 Fe^{56} の分解が中心で進行する星の進化を追跡したものである。参考論文3は、電子が縮退した高密度星について、原子核の電子捕獲反応による物質のエントロピー変化の様子を調べたものである。参考論文4と5は、種々の質量の星について、炭素燃焼段階から超新星爆発の前段階までの進化を追跡したものである。参考論文6と7は、回転している中性子星が強い双極磁場をもっている場合、表面の極と赤道で温度差があるために不均一な物質の流れが生じて、強い磁場をもった黒点が形成される機構を論じたものである。

論文審査の結果の要旨

熱的に定常な重力平衡の状態にある星の構造は、星の質量と化学組成の分布とを指定することによってきまることが知られている。しかし、この解の決定が一意的なものであるかどうかは明らかでない。これまで、ヘリウム燃焼段階にある大質量性の構造やその進化が多くの人によって計算されたが、星の半径や表面温度の数値は必ずしも一致していなかった。ごく最近になって、詳しい数値計算の結果として、多重解が存在することが発見されたが、この存在の本質的な要因や条件などはまだ明らかになっていない。

主論文は、ホモロジー変数を用いた星の構造の解析と数値計算を種々の場合について行なうことによって、上記の多重解が存在するための要因と条件を明らかにしたものである。すなわち、表面对流層の存在を無視した場合、輻射の吸収係数として電子散乱の寄与だけを採用すると、解は一意的であるが、Kramersの吸収係数をつけ加えると、ある条件のもとに多重解が現われることを見出している。ついで、表面对流層の存在は一般に解の多重度を減少させる効果をもつことを明らかにしている。以上の結果として、申請者は、ヘリウム燃焼段階の大質量星の場合、ヘリウム中心核の質量がある狭い範囲内の値をもつときに限って3重の解が存在するが、この範囲外のときには1重の解しか存在しないという興味ある結論を得てい

る。さらに、申請者はこれらの多重解の存在と星の進化との関連について詳しい考察を加えている。

以上のように、主論文はヘリウム燃焼段階の大質量星について多重解が存在するための本質的要因を明らかにしたものとして、星の進化の理論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、申請者が宇宙物理学と原子核物理学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。