

氏 名	蓬 茨 靈 運
	ほう し れい うん
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	理 博 第 132 号
学位授与の日付	昭 和 43 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 原 子 核 理 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Thermal Instability in a Nuclear Burning Shell of Stars
	(星の内部の核燃焼層の熱的不安定性)

(主 査)
論文調査委員 教 授 林 忠四郎 教 授 小 林 稔 教 授 長谷川博一

論 文 内 容 の 要 旨

星が進化して、その中心で水素とヘリウムを消費すると、炭素の中心核が生じて、これをとりまく薄い殻状領域でヘリウムが燃焼するような進化段階に入ることが知られている。最近、Schwarzschild その他の人々は、電子計算機を用いた直接の計算によって、上述の炭素の中心核の質量が十分に増大すると、ヘリウム燃焼層が、熱的に不安定になることを見出した。これをヘリウム・フリッカーという。しかし、この不安定現象がどのような機構によって発生し、またどの程度まで成長するかについては、理論的にまだ十分明らかにされていない。熱的不安定性が成長すると、ヘリウム燃焼源の外部に対流領域が出現するが、この対流が水素領域に到達して、その後の星の進化に重大な影響を及ぼすことも考えられるので、熱的不安定性がどの程度の強さをもって起こ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重要な問題の一つになっている。

主論文は、星が一般に上述のような薄い殻状燃焼源を有する場合に、これが熱的に不安定であるための条件を理論的に導出し、ついで不安定性の成長に伴う星の構造の熱的、力学的変化を調べて、成長が停止して減衰に転ずる過程を明らかにし、さらに燃焼源の外部に現われる対流層の成長過程を詳細に論じたものである。

まず、殻状燃焼源の領域でエントロピーのゆらぎがある場合について、星の構造を記述する方程式の線型化を行ない、核燃焼の進行によるエントロピーの増大時間と、燃焼領域からの熱の拡散によるエントロピーの減少時間を求めている。この両方の時間の比較から、燃焼源の厚さにある臨界値があって、これよりも厚い燃焼源では熱的不安定性が成長することを明らかにしている。さらに、これまで計算された種々の進化段階の星について、上の条件が満たされているかどうかを調べることによって、ヘリウムの殻燃焼源の場合だけでなく、水素や炭素の殻燃焼源についても不安定性が成長する場合があることを見出している。

ついで、上に見出した不安定性の成長する4個の具体例について、線型化近似の適用限界を越えて不安

定性が成長する過程を、これに伴う対流領域の成長過程とともに詳細に追求して、その成長の限度を明らかにしている。すなわち、不安定性の成長につれて燃焼源の温度は上昇し、核燃焼が加速されるが、この際発生した核エネルギーが、対流によって外層部に運ばれて吸収される。このために外層部が膨張するので、燃焼源の温度上昇がおさえられて、やがては下降に転じ、核燃焼はパルス状のものになる。このパルスの最高温度は、不安定性の成長直前の燃焼源における輻射圧と全圧力（ガス圧と輻射圧の和）の比の $\frac{1}{2}$ 乗に逆比例することを見出し、従って星の質量が小さい場合ほど、激しい熱的パルスが現われることを指摘している。

さらに、上記の4個の具体例についての計算の結果として、燃焼源の外層で化学組成の混合が起こる程には対流領域が成長し得ないことを見出している。ただし、電子が縮退しているような高密度の炭素の中心核と不安定なヘリウム燃焼層をもつ星の場合、中心核の質量が太陽質量の程度に成長した進化段階においては、最外層の水素がヘリウム領域に混入する可能性があることを指摘している。また特に、小質量の星において、不安定な水素燃焼層が星の表面近くに存在する場合には、熱的パルスは極めて激しいことが期待されるので、これが新星爆発の主要な原因でありうることを指摘している。

最後に、対流領域の境界を越えて対流要素が、overshoot することによる化学組成の混合の可能性を、流体力学の線型化した方程式を用いて検討し、一回の熱的パルスの間の混合は、一般に無視できるほど小さいことを推定している。

参考論文1は、表面温度の低い星は、表面近くに水素の電離領域があるために、一般には深い対流外層が存在し得ることを考慮して、光度と表面温度の関係を理論的に導びき、観測との比較を行なったものである。参考論文2は、星の構造とその進化について、基本的な物理過程に着目しながら、既存の理論を整理補充するとともに、星の進化を系統的に理解する観点から、大質量星、中質量星、小質量星について、ヘリウム燃焼、炭素燃焼、さらに、それ以後の進化段階に対する新しい理論を展開して、観測との比較を行なったものである。参考論文3は、小質量星のヘリウム殻状燃焼段階の進化を追求して、ヘリウムならびに水素の殻状燃焼が交替しながら起こること、さらにヘリウム燃焼が熱的暴走として開始することを見出したものである。参考論文4と5は、進化した星の内部の炭素の中心領域に注目して、その重力収縮段階と炭素燃焼段階の進化を、種々の質量について、またさらに、電子と中性微子との相互作用によるエネルギー損失がある場合とない場合の両方について、詳細に計算してその特徴を明らかにしたものである。

論文審査の結果の要旨

星の進化のいろんな段階で、星の構造に種々の不安定性が現われることが知られている。星全体としての脈動による変光や、高密度の電子縮退の領域で核燃焼が開始するときのフラッシュ現象はその例である。ところで、薄い殻状の核燃焼源をもつ星では、進化が十分に進むと、この燃焼源が熱的に不安定になり、比較的短時間継続する熱的パルスに成長することが、最近の電子計算機による直接的な計算の結果として見出された。

主論文は、この種の熱的不安定性がどのような原因で発生し、どのような生長過程を経てパルスになるかという機構を理論的に解明したものである。まず、星の重力平衡状態が内部のエントロピー分布によっ

て決定されることに着目して、線型近似の理論を展開した。核燃焼のエネルギーによって温度が上昇して、これがさらに核燃焼を促進する効果と、周辺への熱の拡散によって核燃焼領域のエントロピーが減少する効果を比較して、不安定性が成長するための一般的な条件を明らかにすることに成功している。

ついで、非線型の問題に立入り、焼燃源の外部に出現する対流領域の成長の効果を考慮して、不安定性が十分成長した後に減衰に転ずる過程を考察し、パルスの極大時の状態が不安定性の出現直前の星の構造にどのように依存するかを明らかにした。さらに、これまでに進化の概要が知られていた種々の場合について、申請者の見出した条件を用いて不安定性が出現するかどうかの判定を行ない、不安定な4個の例について、熱的パルスの成長過程を計算して興味ある結果を見出している。すなわち、パルスの極大時の焼燃源の温度と発生エネルギー、燃焼源の外部の対流領域の拡がりの程度、さらには対流による化学組成の混合の可能性とその星の進化に対する影響の推定などが述べられている。

以上の主論文は、これまで不明の点が多かった殻状核燃焼源の熱的不安定性の原因とその成長過程を明らかにしたもので、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、申請者が天体核物理学の各分野において豊富な知識とすぐれた研究能力を持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があるものと認める。