

論文審査の結果の要旨

氏名 佐々木孝浩

本論文は、6章からなる。第1章は導入部である。この章では宇宙での元素の起源についてのこれまでの研究がまとめられている。特に重元素の起源を探ることは銀河の進化や超新星の性質についての研究に結びつき天体物理の重要課題であることが強調されている。本論文では、ここ数年の内に発見された重元素量の最も少ない2つの星(HE1327-2326とHE0107-5240)に着目し、それらの星に含まれるSrとBaならびに他の重元素組成がガンマ線バーストのモデルとしてMacFadyen & Woosleyによって提案されたCollapsarモデルで再現されるか否かを検討することを目的とすることが述べられている。

第2章では、Collapsarモデルにおける流体力学的な進化と核反応の関係を定性的に結びつけ、重元素量が最も少ない星の元素組成の特徴を再現するシナリオを提案している。そのシナリオによると、大質量星の中心核が重力崩壊した後にその周りにできる降着円盤では粘性によって、または磁気流体的に加熱されて高温になり、内部では核種間平衡になって陽子、中性子やHeが多い組成になり、その外に ^{56}Ni などが多い領域が存在する。それと同時に、円盤の一部は加熱によって外側に流れ出す。流れ出したガスでも核反応が起こり、Sr, Baなどを合成する。一方、これらのガスのほとんどは中心に再び落ち込み、ほんの一部がジェットによって放出されることになる。このジェットはその後GRB現象を引き起こすと考えられている。論文提出者が考案したこのシナリオに基づいた数値計算について次章以降で述べられている。

第3章では、Collapsarモデルの各進化段階を記述する簡単な流体力学モデルに関する解説が述べられている。主に定常状態での降着円盤の温度、密度分布を導き、Collapsarモデルの数値計算結果と比較して良い一致を得ていることが指摘されている。さらに、この降着円盤から外向きの流れに乗ったときの温度と密度のLagrange的時間変化を速度一定で断熱的に変化すると仮定して求めている。この2つの仮定もCollapsarモデルの数値計算結果から近似的に成り立っていると指摘されている。ここで、速度はそれぞれの場所でのKepler速度の定数倍(<1)と仮定している。

第4章では、核反応ネットワークの計算について、以前の計算コードからの改良点が記述されている。特に、中性子星からの星風におけるr-過程元素合成の計算結果をもとに、r-過程元素合成においては軽元素が絡んだ反応率の精

度が核種の合成量に大きな影響を及ぼすことが指摘されている。

第5章では、第3章で導入された降着円盤で起こる電子や陽電子の捕獲反応、ニュートリノと陽子、中性子による反応で核子あたりの電子の個数がどのように変化するかを述べ、そのような状況下での元素組成の分布を計算し、結果を示している。この元素組成の分布を初期値として、降着円盤から外向きに流れ出すガス中で起こるr-過程の計算が行われる。これらの数値計算の結果から、降着率1 Msun/sの降着円盤とそこからのガス放出速度がKepler速度の0.1-1%であればHE1327-2326とHE0107-5240で観測されたSrとBaの存在比(観測は下限値)を説明できることが示された。また、これらの星の鉄より軽い元素の組成はUmeda & Nomotoによってすでに提案されているmixing-fallback機構を借りて説明している。したがって、Collapsarになった星は初期質量がUmeda & Nomoto同様、25 Msunの種族III星と結論づけている。

第6章では、本論文の結論が述べられている。すなわち、HE1327-2326とHE0107-5240で観測された炭素からBaにいたる元素の組成(ただしBaの存在量は上限値)は初期質量が太陽質量の25倍で重元素を全く含まないガスから生まれた星が進化の最終段階でCollapsarになるまでに起きる核反応の結果として説明できる。

以上のように、本論文は、初期銀河に誕生した星に含まれる元素の起源に関する新しい知見が得られていて、高く評価できる。

なお、本論文の第4章は梶野敏貴、Grant J. Mathews、A. B. Balantekin、大槻かおり、中村隆司との共同研究である。しかし、その全てが論文提出者を第一論文提出者とする論文としてまとめて出版されており、論文提出者の寄与は十分であると判断できる。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。