

# 論文審査の結果の要旨

氏名 泉 谷 夏 子

本論文は9章からなる。第1章はイントロダクションであり、超金属欠乏星と呼ばれる銀河系ハローに存在する鉄の含有量が太陽の1000分の1以下しかない星の重元素組成が銀河系形成初期に爆発した大質量星で起こった元素合成の情報を保持していることが述べられている。また、理論的モデルをもとに計算した元素合成過程の結果と超金属欠乏星を分光観測した結果得られる元素組成を比較することで初期銀河で形成された大質量星の性質とその元素合成過程に関する情報を引き出すことが本論文の目的であることが示されている。

第2章では本研究で用いられている理論的モデルと数値計算法について説明されている。第3章では、超金属欠乏星に検出された亜鉛の起源を調べている。先行研究では亜鉛と鉄の組成比が爆発エネルギーが超新星より一桁以上大きい極超新星で再現できるとする研究と、超新星でもニュートリノによって高温になったホットバブルと呼ばれる部分の寄与を計算に組み入れることができれば再現できると主張する研究があり、決着を付ける計算を行っている。その計算では、超新星爆発が非球対称であることと爆発機構が未だ不明であることから、球対称超新星爆発モデルに基づいて得られた流体素片の熱力学的な量の時間変化や核子当りの電子数を流体力学計算の結果から人工的に変更し、その不定性を補っている。広範囲にパラメータを振って、観測された亜鉛や鉄族元素と鉄の組成比が実現される領域を探索したことが本研究の特徴である。その結果、エントロピーが高いホットバブル領域で核子当りの電子数が少ない(中性子過剰)なら観測された亜鉛と鉄の比が再現できるところを見出したが、コバルトの観測量を再現できないことが分かった。さらに爆発エネルギーの大きな極超新星と呼ばれる爆発での元素合成の計算と観測との比較も行った。爆発エネルギーが大きいためより高温な領域が出現し、一番深い領域で亜鉛が大量にできることが示され、観測された亜鉛は極超新星で合成されたと結論づけた。

第4章では、極超新星の中でも中性子過剰な領域でストロンチウム(Sr)やイットリウム(Y)やジルコニウム(Zr)などの弱r-過程元素と呼ばれる元素が合成されるかを調べている。金属欠乏星で検出される中性子捕獲過程元素のうち原子数が $56 < Z < 76$ の範囲の元素の組成はどの星でもほぼ同じであるのに対し、弱r-過程元素の組成は星ごとに違っていることが述べられている。さらに、超新星爆発機構が不明なために、色々なシナリオに基づいた先行研究では弱r-過程元素の組成についての結果が一致しないことが述べられている。ここでは観測

された弱r-過程元素と亜鉛の組成を再現する爆発の仕方を、前章で用いられた単純化したモデルを用いて調べた。その結果、超新星モデルでも観測された弱r-過程元素を再現することは可能であるが、より良く観測を再現するのは極超新星モデルであると結論づけている。

第5章では、ニュートリノによって元素を壊して合成される過程によって組成にどれくらいの影響が出るかを調べ、極超新星よりも爆発エネルギーの小さな超新星の方がこの影響が顕著であることを示した。

第6章は金属欠乏星に検出されたカリウム元素について超新星爆発での合成の可能性を調べ、爆発前の星の進化段階で合成することが必要であることを示した。第7章では広く用いられている2つの公開されている核反応率データベースについて、その原子核モデルの違いについて説明し、それらを用いて計算した元素合成の結果を比較し、その影響が極めて限定的であることを確認している。第8章はまとめと結論であり、第9章は付録で、本研究で計算した各モデルの各元素量が表として掲載されている。

以上、本論文は、球対称爆発モデルの不定性をパラメータ化するという独自の手法を用いて超金属欠乏星に観測された重元素組成を再現することで、銀河初期に存在した大質量星が極超新星爆発を起こした形跡が超金属欠乏星の元素組成に顕著に残っていることを初めて示した重要な研究であり、高く評価できる。

なお、本論文第3章は梅田秀之との共同研究、第4章は梅田秀之、富永望との共同研究、第5章は梅田秀之、吉田敬との共同研究であるが、論文提出者が主体となって計算及び結果の解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。