

論文審査の結果の要旨

氏名 大久保 琢也

本論文は、5章と Appendix からなる。第1章は導入部である。この章では、宇宙の構造形成過程の中で重元素を含まない種族 III 星が形成される環境に関するこれまでの研究がまとめられている。ここでは本論文の鍵となる最初に形成された星の中心核への質量降着についてこれまでの宇宙論的構造形成の計算結果がまとめられ、星の進化に対する重要性が強調されている。さらに、種族 III 星の進化計算について、これまでは質量降着なしのモデルが考えられてきたので、生まれたときの質量によって星の最終運命が決まり、8-140 太陽質量、及び 300 太陽質量以上の星は重力崩壊をおこし、140-300 太陽質量の範囲の星は Pair-Instability Supernova となるという結果を述べている。

第2章では、宇宙論的シミュレーションから得られた、時間とともに変化する質量降着率を用い、質量を増やしながら星の進化を追う計算モデルを提案している。また、その数学的手法について述べている。質量降着率は、(1)周りの領域に比べ早く星形成が始まる場合(種族 III.1 星)、(2)周りの領域に比べ遅れて星形成が始まる場合(種族 III.2 星)、(3)星形成の途中で質量降着が止まる場合、(4)一定の質量降着率を仮定した場合、の4つを採用している。

第3章では、前章で説明したモデルの計算結果を提示している。前主系列段階、主系列段階、ヘリウム燃焼段階、それ以降の燃焼段階、重力崩壊段階に分けて議論している。まず、前主系列段階では先行研究の結果を再現したことを確認している。主系列段階以降の計算結果が以下のようにまとめられている。主系列段階では質量降着によって質量が増えると星の構造もそれに対応しつつ進化する。さらに進化が進みヘリウム燃焼以降においては、質量降着は中心核の構造や質量に影響しなくなる。また 80-140 太陽質量の星は酸素、ケイ素燃焼の段階で炭素・酸素中心核が振動する。300 太陽質量以上の星は鉄の光分解から重力崩壊に至る過程で酸素、ケイ素層での球殻状の核燃焼が爆発的に進行し、その結果、鉄の中心核及びケイ素層の質量が 140 太陽質量以下の星に比べて非常に大きくなり、100 太陽質量程度の質量のブラックホールが形成される。各モデルに対する星の最終質量もまとめられている。第2章で導入した質量降着率の場合分けに従って、(1)のもの

が 300 太陽質量以上、(2)のものは 40 太陽質量程度、(3)のものは 60-350 太陽質量程度、(4)のものは設定した質量降着率によって様々、となる。

第 4 章は本論文の内容のまとめと、他分野との関係における本研究の意義が列挙されている。質量降着を取り入れた星の進化を主系列開始後まで追った計算は本研究が初めてである。さらに、80-140 太陽質量及び 300 太陽質量以上の星のヘリウム燃焼以降の進化を詳細に調べ、その特徴を明らかにした。特に 300 太陽質量以上の巨大質量星が残すブラックホールは中間質量ブラックホールの起源として重要である。この中間質量ブラックホールを種としてブラックホール同士が合体し、キューサーや活動銀河核といった巨大質量ブラックホールに成長していくシナリオが提示されている。

第 5 章で本論文の結論が述べられている。種族 III 星の形成とその質量降着の歴史の違いによる進化と最終段階が数値計算の結果に基づいてまとめられている。種族 III.1 の星は 300 太陽質量以上の巨大質量星となり、中間質量ブラックホールを形成する。種族 III.2 は 40 太陽質量程度となり、超新星爆発により宇宙・銀河の化学進化に寄与する。このような描像により、金属欠乏星に Pair Instability Supernova の痕跡が見られない理由が説明可能であることが述べられている。

APPENDIX では、星の進化計算における数値計算の手法、特に Henyey 法による基本的なアルゴリズムが要約されている。

以上のように、本論文では、宇宙に最初に誕生した星の進化に関する新しい知見が提示され、中間質量ブラックホールの起源、活動銀河核の巨大質量ブラックホール形成への新しいシナリオも提示されていて、高く評価できる。

なお、本論文の内容は野本憲一、梅田秀之、吉田直紀、鶴田幸子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著者とする論文としてまとめて発表する予定であり、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。