

自己評価報告書

平成23年 5月 9日現在

機関番号：12601
研究種目：若手研究(S)
研究期間：2008～2012
課題番号：20674003
研究課題名(和文) 大規模数値計算による初期宇宙構造の形成、進化およびその大域的分布の理論的研究
研究課題名(英文) Simulations of the Formation, Evolution and Clustering of Early Cosmic Structure
研究代表者
吉田 直紀 (YOSHIDA NAOKI)
東京大学・数物連携宇宙研究機構・特任准教授
研究者番号：90377961

研究分野：観測的宇宙論・大規模数値シミュレーション
科研費の分科・細目：物理学 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理
キーワード：宇宙物理・理論天文学・深宇宙探査

1. 研究計画の概要

最近の様々な宇宙観測によって、暗黒物質と暗黒エネルギーを基本構成要素とする「標準宇宙モデル」が確立されました。本研究の目的はこのモデルに基づいた現実的設定の大規模数値シミュレーションを行い、宇宙早期の進化と、「暗黒の時代」に生まれる天体の形成過程や諸性質を明らかにすることです。大規模数値シミュレーションの結果から、2010-2020年に稼働する次世代の宇宙望遠鏡や大型地上望遠鏡、さらには電波望遠鏡群を用いる具体的な観測提案を行うことを最終目標としています。

2. 研究の進捗状況

はじめに、宇宙初期での星形成の研究を行いました。星間ガス中に起こる化学反応や放射輸送を取り入れた計算を行い、ビッグバンと同時に生成されたわずかな物質密度の揺らぎから、3億年が経過するまでに膨張する宇宙の中でどのように星が生まれたのかを明らかにしました。私たちの行った大規模シミュレーションによれば、ビッグバンの後3億年ほど経ったころ、質量が太陽の100万倍ほどの暗黒物質の塊ができます。その中心では星のゆりかごとなる分子ガス雲が形成されます。元素レベルでは水素とヘリウムだけから成るこの分子ガス雲の質量は太陽の数百倍程度で、その中でも密度のもっとも高い部分が自らの重力により暴走的に収縮し始めます。成長を続ける星が最終的にどれくらい大きくなるのかの研究を開始しました。

次に、私たちは宇宙初期のブラックホール形成の一つの理論モデルを提唱しました。宇宙年齢10億歳という非常に早期に、質量が太陽の10億倍以上もある超巨大ブラックホ

ールが存在することが分かっています。私たちは星の進化モデル計算を行い、ファーストスターが周りのガスを取り込み続ける場合には、その寿命二百万年の間に太陽の900倍にもなり、進化の最後に重力崩壊によって丸ごとブラックホールになるという道筋を発見しました。こうして生まれる中間質量ブラックホールは、さらに周辺のガスを取り込み、また合体も繰り返し、宇宙年齢10億歳の頃までに超巨大ブラックホールになることが可能であると結論づけました。

3. 現在までの達成度

研究は概ね順調に進展しています。初代原始星の形成過程や、ブラックホール形成など、予想以上に進んだ研究もある一方、早期銀河の大域的分布など、当初予定よりはやや遅れているものもあります。後者については、2011年4月時点で既に初期成果が出始めており、研究期間終了時までには計画を十分達成できる見込みです。

4. 今後の研究の推進方策

2010年代に稼働開始する大型望遠鏡のほとんどが、その主要な目的の一つとして宇宙最初期の天体の直接観測を掲げています。その有力なターゲットの一つとして、多数の星が形作る銀河が考えられます。この「初代銀河」の質量、明るさや特徴、その空間分布を明らかにすることが重要です。私たちはこれまでに構築してきた理論モデルと数値計算手法を用いて、初代銀河形成の大規模数値シミュレーションを行う予定です。その結果はインターネットなどを通して研究コミュニティに公開し、次世代の研究に役立つように整備します。

5. 代表的な研究成果
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計5件)

全て査読有り:

- (1) V. Bromm, N. Yoshida, The First Galaxies, Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics, 49 (2011)
- (2) N. Yoshida, Structure Formation in the Early Universe, Advanced Science Letters, 4 (2011) 286-296
- (3) H. Umeda, N. Yoshida, K. Nomoto, M. Sasaki, S. Tsuruta, Early Blackhole Formation by Accretion of Gas and Dark Matter, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 08 (2009) 024
- (4) V. Bromm, N. Yoshida, C. McKee, L. Hernquist, The Formation of the First Stars and Galaxies, Nature, 459 (2009) 49
- (5) N. Yoshida, K. Omukai, L. Hernquist, Protostar Formation in the Early Universe, Science, 321 (2008) 669-671

〔学会発表〕(計5件)

- (1) 吉田直紀, Star formation in the early universe, 38th COSPAR Probing the High-Redshift Universe, 2010年7月20日、ドイツ ブレーメン国際会議場
- (2) 吉田直紀, Primordial gas chemistry in the early universe, 米国物理学会原子分子物理分会, 2010年5月26日、米国テキサス州ヒューストン
- (3) 吉田直紀, Low-metallicity star formation in the early universe, アスペン ウィンター研究会 High-Redshift Universe, 2010年2月9日 米国アスペン物理センター
- (4) 吉田直紀, Formation of primordial stars, 5th Irvine Cosmology Workshop on Blackholes, 2009年4月2日, 米国カリフォルニア大学アーバイン校
- (5) 吉田直紀, The First Stars, New Vision 400, 2008年10月11日、中国北京大学

〔図書〕(計1件)

吉田直紀、東京大学出版会、宇宙 137 億年解説 (2009)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:

番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

研究成果発表ホームページ

<http://member.ipmu.jp/naoki.yoshida/cosmo.html>