

氏名(本籍地)	三木洋平(大阪府)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第6802号
学位授与年月日	平成26年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	

Numerical Investigation of Galactic Merger Utilizing High Performance Computing Architectures: Ancient Satellite Galaxy and Wandering Supermassive Black Hole  
(高性能計算を駆使した銀河衝突の数値的探求: 過去の衛星銀河と銀河ハローを漂う超巨大ブラックホール)

主査	筑波大学教授	理学博士	梅村雅之
副査	筑波大学教授	理学博士	中井直正
副査	筑波大学講師	博士(理学)	吉川耕司
副査	筑波大学教授	博士(理学)	高橋大介
副査	東北大学教授	理学博士	千葉柁司

### 論文の要旨

Recent observations targeting on galactic halos have discovered many signatures of galactic mergers. Galactic merger is one of the key processes in the hierarchical structure formation scenario under the cold dark matter model. Galactic archaeological approaches based on comparison between observed data and theoretical models have contributed to unveil the formation and the evolution history of galaxies. Moreover, observations have revealed some correlations between the physical properties of galaxies and the mass of their central supermassive black holes (SMBHs). Coevolution of galaxies and SMBHs suggested by the observations is a hot research issue recently. State-of-the-art numerical simulation exploiting high performance computing architectures is a powerful and attractive tool to examine the current open-questions by comparing with the observations in detail. Mr. Miki has investigated the physical properties of an ancient satellite galaxy (Part I) and the current location of an expected SMBH wandering in the galactic halo (Part III) in terms of numerical galactic archaeology. Since a numerous parameter studies are necessary to complete these studies, he has developed a highly optimized N-body code efficiently works on a cluster equipments many boards of graphics processing units (GPU) in Part II.

### 審査の要旨

[批評]

銀河中心に普遍的に存在する超巨大ブラックホール(SMBH)の質量には、ホスト銀河の質量との非常

に強い相関がある。現在広く受け入れられている階層的構造形成論の下では、銀河どうしの衝突合体に付随し、それぞれの銀河がその中心に保持していた SMBH どうしも合体し成長すると考えると一応つじつまがあう。この場合には、元衛星銀河の中心にいた SMBH は、銀河衝突の直後には銀河ハローを軌道運動するため、衝突を最近経験した銀河のハロー領域を現在漂っていることが期待される。しかしながら、こうした SMBH の確かな証拠は未だ見つかっておらず、階層的構造形成論の下での SMBH 成長の現場を目撃するには至っていない。近傍銀河 M31 のハロー領域では、アンドロメダ・ステラーストリームやステラールシェルといった銀河衝突後の痕跡が発見されており、約 10 億年程度過去に M31 に衝突した 10 億太陽質量程度の矮小銀河の残骸であると考えられている。

本研究では、M31 で発生した銀河衝突について、最先端のスーパーコンピュータを駆使した精密な数値シミュレーションを精力的に行うことにより詳細に調べた。その結果、衝突した矮小銀河の質量やサイズについて強い制限を付けることに成功したとともに、将来の高精度観測に向けた銀河の金属勾配に対する理論予言や銀河形態について議論した。さらに、ブラックホール質量と銀河バルジ質量の相関を示すマゴリアン関係を利用してこの矮小銀河に付随していたブラックホールの質量を見積もり、それが現在 M31 のどこにいるのかを理論的に調べた。その為に GPU クラスタ上で N 体計算を用いた 600 万軌道モデルに相当する超大規模なパラメータ探索を実施し、SMBH の現在位置を理論的に予測することに成功した。この結果は、アンドロメダ銀河のステラーストリームの形成過程を明らかにしたのみならず、銀河中心ブラックホールの成長過程の解明において重要な知見を与えるものであり、その学術的価値は高く評価される。

#### 〔最終試験結果〕

平成 26 年 2 月 21 日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

#### 〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(理学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。