



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Theoretical studies for revealing the co-evolution of galaxies and supermassive black holes [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	白方, 光
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13562号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74281
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Hikari_Shirakata_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 白方 光

学 位 論 文 題 名

Theoretical studies for revealing the co-evolution of galaxies and supermassive black holes
(銀河と超大質量ブラックホールの共進化についての理論的研究)

本研究では、銀河と超大質量ブラックホール (Supermassive Black Hole; SMBH) の進化の関連を明らかにするために、(1) 種ブラックホールの質量、(2) SMBH 成長時間、(3) エディントン比分布 に着目した理論研究を行った。ほとんどの銀河はその中心に SMBH を持つことが示唆されている。SMBH は周囲のガスを降着することで成長し、その際ガスのエネルギーの一部を光として放射するため、活動銀河核 (Active Galactic Nucleus; AGN) として観測可能である。銀河の質量と SMBH の質量は正の相関関係をもつことから、両者の成長の関連が指摘されている。これを銀河と SMBH の「共進化」と呼び、30 年以上にわたりその起源と過程が活発に研究されている。しかし、両者の成長を調べることはそのダイナミックレンジの広さ (8 桁以上) 故に難しく、現在の流体シミュレーションを用いた理論研究では SMBH 周辺のみ、もしくは銀河の進化のみに着目する研究が主流である。また両者は様々な物理過程に影響されて進化する複雑系のため、解析的に理解できることには限りがある。このダイナミックレンジの広さから生じる問題を回避する 1 つの理論手法として、準解析的銀河形成モデルがある。準解析的銀河形成モデルは、ダークマターハローの合体史の情報を N 体シミュレーションや解析解から取得し、それを初期条件としてバリオンに関連する物理 (ガスの冷却、銀河合体、星形成、SMBH 成長等) は解析解や現象論的モデルを用いて計算する手法である。流体シミュレーションとは異なり、銀河の内部構造を詳細に調べることはできないが、100 万個以上の銀河のカタログを取得し、銀河・AGN の統計的性質を分析し、観測と比較できる。この観測との比較や別手法の理論研究から得られる結果と照らし合わせ、用いた現象論的モデルを検証・アップデートをすることで銀河・SMBH 共進化シナリオを明らかにできる。本研究では準解析的銀河形成モデルの 1 つである “New Numerical Galaxy Catalogue ($v2$ G O)” に必要な物理過程を実装して計算を行った。まず、種ブラックホールの質量分布を明らかにするために、3 通りの種ブラックホール質量分布を仮定した計算を行い、観測で得られているバルジと SMBH 質量の相関関係と比較した。その結果、種ブラックホールの質量は 1000 太陽質量程度のものが多く、10 万太陽質量程度の重い種ブラックホールは大多数を占めることはないことがわかった。次に、SMBH のガス降着による成長のタイムスケールとそれを決める物理過程を明らかにするために、SMBH 成長タイムスケールのモデルを流体シミュレーション・解析的研究から得られている結果をもとにして構築し、観測で得られた AGN の光度関数と比較した。その結果、暗い AGN は成長時間が長く、降着するガスは銀河中心 (< 100 pc) で効率的に角運動量を抜けずに長時間滞留することを初めて明らかにした。最後に、同じモデルを用いてエディントン比分布の時間進化を計算することで SMBH の成長速度を調べたところ、初期宇宙の SMBH の方が急速に成長することを明らかにした。しかし、現状得られる観測データのみでは理論モデルの詳細な検証が行えないことが分かったので、本論文では理論モデルをより詳細に検証するために必要な観測を明らかにした結果も報告する。