

氏名・(本籍)	しば ぎき な な 柴 崎 奈 々
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	理博第2686号
学位授与年月日	平成24年3月27日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科, 専攻	東北大学大学院理学研究科(博士課程)天文学専攻
学位論文題目	Properties of Variable Objects in Distant Galaxies Selected by the Subaru Optical Variability Survey (すばる可視変光探査により選択された遠方銀河に付随する変光天体の性質)
論文審査委員	(主査) 教授 山田 亨 教授 斉尾 英行 教授 千葉 柁司 准教授 秋山 正幸

## 論文目次

1. Introduction
  - 1.1 Galaxies and their SMBHs
  - 1.2 Star Formation in Distant Galaxies
  - 1.3 The purpose of the thesis
2. Optical Variability Survey with Subaru Telescope
  - 2.1 Multiepoch imaging observations
    - 2.1.1 Data reduction
    - 2.1.2 Astrometric Calibration
    - 2.1.3 Photometric Calibration
    - 2.1.4 Limiting Magnitudes
  - 2.2 Selecting Variable Objects
    - 2.2.1 Photometry
    - 2.2.2 Variability detection
  - 2.3 Selecting distant Galaxies
    - 2.3.1 Criteria of Selecting High-z Galaxies
    - 2.3.2 Estimation of redshift and stellar mass
3. Variable objects in Distant Galaxies
  - 3.1 Results of variability detection
    - 3.1.1 Variable and non-Variable AGNi in Distant Galaxies

- 3.2 Structure Function
- 3.3 Supernovae
- 4. Discussion
  - 4.1 Stellar Mass of variable Objects
  - 4.2 Color of variable objects
  - 4.3 Effect of dust extinction in Variability detection
  - 4.4 Estimation of Black hole mass
- 5. Conclusion

## 論 文 内 容 要 旨

In this thesis, I performed optical variability survey using multiepoch imaging data in  $z'$ -band obtained with Subaru / Suprime-Cam, focusing especially on variable objects detected in distant galaxies at  $z \geq 1.0$ . Variable objects observed in such distant galaxies are almost certainly Active Galactic Nuclei (AGNi) or Supernovae (SNe), and they are closely related to formation and evolution of galaxies. The main purpose of this thesis is confirming the presence or absence of BHs in low-mass galaxies at high redshift, those might be building blocks of current massive galaxies, to understand the mechanism for co-evolution of galaxies and their central SMBHs. And detecting high redshift supernovae is also possible. If very high redshift supernovae are detected, we can constrain IMF of distant galaxies directly. For these purposes, I made high redshift galaxy samples by applying some color selection criteria, and checked their flux variations by aperture photometry.

As a result, I found variable objects those are very likely AGNi in low-mass galaxies at high redshift. I estimated BH mass for some of these objects supposing the Eddington ratio is 1 and they exhibit continuum variations of 20%. Estimated BH mass was  $10^{6-7} M_{\text{sun}}$  for galaxies with  $M_{\text{st}} \sim 10^{9-10} M_{\text{sun}}$ . This result suggests that high redshift low-mass galaxies may have almost the same Maggorian relation as in the present-day universe,  $M_{\text{BH}}/M_{\text{st}} \sim 0.001 - 0.002$ . Whether or not they are really AGNi and how massive SMBHs they actually have can be clear by future spectroscopic observation. In addition, good candidates of high redshift supernovae were detected as well. They have point-like variable source and corresponding brightness to type IIIn supernovae at their redshift.

## 論文審査の結果の要旨

申請者である柴崎奈々氏の学位論文について審査を行い、合格と判定した。氏の学位論文は、大学共同利用機関である国立天文台が運営するすばる望遠鏡を用いた共同利用により、2008年～2010年にかけて取得された、「UKIDSS Ultra Deep Survey」天域の深撮像データを用いて、90～120億年前の宇宙における星質量銀河について、変光天体の検出を行い、とくに星質量が小さい高赤方偏移星形成銀河について、活動銀河核の有無を観測し、これらの銀河における巨大ブラックホールの存在について調べる研究を行った。

柴崎氏は観測データの取得にも参加し、また、各観測時期に分けたデータの整約、解析を行ったほか、公開データなどを集約し、観測領域における多波長銀河サンプルを構築した。多波長銀河サンプルからは、赤方偏移の推定、高赤方偏移天体の選定、星形成銀河の抽出、および、星質量の測定を行った。変光天体の検出については、独自の測光誤差評価手法に基づいて、有意な変光天体の検出を行い、結果として、約5万天体の高赤方偏移星形成銀河から、約1000個の変光天体を抽出した。これらには、X線で検出された明るい活動銀河核が含まれており、その手法の信頼性を裏付けている。柴崎氏は、これらの結果から、高赤方偏移の星形成銀河の少なくとも数%に活動銀河核が存在することを示し、とくに、これまでの研究でも例のない、赤方偏移1-4の時代における10億～100億太陽質量という低星質量の銀河について活動銀河核の検出に成功した。さらに、これらの銀河核に相当するブラックホール質量を推定し、階層的構造形成論における銀河とブラックホールの共進化についての新たな知見を得る議論を行った。

博士課程におけるこれまでの学識の習得に加え、すばる望遠鏡という第一級の観測装置によるオリジナルなデータの解析を行い、これに基づく研究を行ったこと、高赤方偏移低質量銀河の活動銀河核という、新たな知見をもたらす結果を得たこと、これらは将来的にも銀河と巨大ブラックホールの共進化の研究に新たな発展が期待される成果であること、などを踏まえ、柴崎氏の学位論文は、東北大学大学院理学研究科博士後期課程における博士学位の取得に足るものであると結論する。よって、学位論文として合格とする。