

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	松本達矢
論文題目	X-ray detectability of Galactic isolated black holes		
(論文内容の要旨)			
<p>Black Holes (BHs) are one of the most interesting and extreme objects in astrophysics. Stellar mass BHs are born through the death of massive stars, and they cause various high-energy phenomena. Recently, the gravitational wave observations showed that massive ($\sim 30M_{\odot}$) binary BHs merge within the Hubble time and suggest that there are 10^5 of rapidly rotating remnant BHs in our Galaxy. The stellar formation and evolution theories have predicted the number of Galactic BHs as $\sim 10^8$. On the other hand, only 60 BHs and BH candidates have been discovered by X-ray observations. This difference suggests that we miss a lot of BHs residing in our Galaxy. By detecting the missing BHs, we can test the stellar formation theory and investigate the accretion physics through detailed observations. Therefore, it is important to evaluate how many missing BHs can be detected by the future surveys.</p> <p>In this thesis, we discuss the detectability of the Galactic missing BHs. We mainly focus on isolated (single) BHs and their X-ray signatures. We calculate the mass accretion distribution of isolated BHs taking the statistical properties, such as the BH mass and velocity distributions, into account. We find that as shown by previous works, isolated BHs in molecular clouds have the largest accretion rate. By using this distribution, we evaluate the detectability of isolated BHs assuming that they are stationary X-ray sources and that they cause transient events.</p> <p>First, we consider the case where isolated BHs are stationary X-ray sources, and study their X-ray flux distribution. We calculate X-ray luminosity from BH mass accretion rate with less assumptions and uncertainties than the past works which gave overestimations of detectable BHs. Therefore, our results are one of the most conservative and robustest calculations. We find that the number of detectable BHs is less than ten even by the future X-ray satellite <i>eROSITA</i>. However, in the most pessimistic case, we require X-ray detectors with sensitivity of</p>			

$f_X \sim 10^{-14} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ to discover an isolated BH. We also discuss how to tell isolated BHs from other X-ray contaminations. The future hard X-ray satellite *FORCE* will be useful to discriminate missing BHs from other sources by using hardness ratios. We apply our calculation procedure to the primordial BHs, which are one of the possible dark matter candidates. By comparing the predicted luminosity function with the current observation, we find that the current X-ray observation constrains the abundance of primordial BHs within a small mass range of $\sim 10^8 M_\odot$. A null detection of isolated BHs by *eROSITA* will impose more stringent constraints on the primordial BHs' abundance.

Second, we discuss the possibility that isolated BHs launch X-ray transients like X-ray novae, which are considered to be produced by BHs in binary systems. We study the structure of accretion disks of isolated BHs, and find that the isolated BHs in molecular clouds satisfy the condition of the hydrogen-ionization disk instability, which results in X-ray novae. The estimated event rate is consistent with the observed one. We also check an X-ray novae catalog and find that $16/59 \sim 0.27$ of the observed X-ray novae are potentially powered by isolated BHs. The possible candidates include *IGR J17454-2919*, *XTE J1908-094*, and *SAX J1711.6-3808*. Near infrared photometric and spectroscopic follow-ups can exclude companion stars to confirm our hypothesis.

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

最近、重力波で連星ブラックホールの合体が発見されたことから示唆されるように、銀河系にはブラックホールが大量に存在すると考えられている。その数の見積もりは約一億個に達するが、観測的に確認されたブラックホールの数は100にも満たない。松本達也氏は、銀河系内のブラックホールの観測可能性を、これまで考えられてこなかった新しい効果も考慮して、理論的に研究した。ブラックホールは周囲の星間物質を降着し、降着した物質はブラックホール周りの降着円盤になる。降着円盤は重力エネルギーを開放することで放射する。松本氏は論文で、降着円盤が定常な場合と非定常な場合の両方を考察した。論文の前半では、降着円盤が定常な場合を考察し、放射が最も抑えられる場合に、どこまで観測すれば観測できるのかを明らかにした。特に、降着円盤から円盤風が吹き、全ての物質が降着しない場合は、これまで詳しく調べられてこなかった。松本氏は、現在の観測はそれほど強い制限を与えないが、将来の観測装置では重要な制限が得られることを最も堅実な形で示している。論文の後半では、降着円盤が非定常な場合を考察し、これまで観測されているX線新星の一部が、孤立ブラックホールからの放射である可能性を、イベントレートも含めて初めて示した。この結果は、今後のX線新星の後、別の波長でフォローアップする強い動機を与えており重要である。後半の結果は Monthly Notices of the Royal Astronomical Society の査読を通過している。これらの理由により、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年1月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った。X線新星のイベントレートの見積もりの不定性についての質問が出されたが、今回の見積もりが世界に先駆けたものであり今後研究して行く必要があるという回答がなされた。その他の点に関しても、適切な説明がなされた。松本氏は本論文以外にも論文を書いている。これらの結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 2018 年 1 月 16 日以降