

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 1 日現在

機関番号:12601

研究種目:若手研究(B)

研究期間:2010~2011

課題番号:22740147

研究課題名(和文) スーパースピナーへの降着過程の数値的及び解析的研

研究課題名(英文) Study of the accretion flow onto super-spinars

研究代表者

バンビ コジモ (BAMBI Cosimo)

東京大学・数物連携宇宙研究機構・特任研究員

研究者番号:30534995

研究成果の概要(和文): 重力崩壊の最終的なプロダクトはブラックホールであると考えられていて、天文学者はその有力な候補としていくつかの天体候補を発見しました。この推測を確認するために、我々はこれらのオブジェクトの周りの時空の幾何学的形状を検出し、それが一般相対性理論の予測と一致しているか確認する必要があります。私のプロジェクトは、現在および近い将来のサブミリメートル波長光とX線データがどのようにこれらの天体ブラックホール候補の実際の性質をテストするかについての方法を研究しました。

研究成果の概要(英文): The final product of the gravitational collapse is thought to be a black hole and astronomers have discovered several good astrophysical candidates. In order to confirm this conjecture, we need to probe the geometry of the space-time around these objects and check it is consistent with the predictions of General Relativity. My project has studied how present and near-future sub-millimeter and X-ray data can test the actual nature of the current astrophysical black hole candidates.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野: 数物系科学

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: 相対論・重力(理論)

1. 研究開始当初の背景

重力崩壊の最終的なプロダクトは、カー・ブラックホールであると考えられていて、天文

学者はいくつかの天体候補を発見しました。後者は、単純に従来の物理学の枠組みの中で説明されるにはあまりにもコンパクトなオ

プロジェクトです。しかし、我々はこれらの天体ブラックホール候補が事象の地平線を持っているか、あるいはそれらの周りの時空が本当にカー解で記述できるか知りません。

2. 研究の目的

カー・ブラックホールの仮説を確認するために、我々は天体ブラックホール候補の周りに時空の幾何学的形状を調べて、それが一般相対性理論の予測と一致しているかどうかを確認する必要があります。

3. 研究の方法

天体ブラックホール候補の周りに時空の幾何学的形状は、降着円盤の内側領域のガスから放射される電磁放射の特性を研究することによって探ることができます。このための戦略は、特殊なケースとしてカー・ソリューションを含む、より一般的なバックグラウンドでこの放射線の特性を計算することです。そして、観測データと理論的な予測を比較して、カー幾何からの可能な逸脱に制約を与えることができます。

4. 研究成果

一般的に、降着円盤の内側領域のガスから放射される電磁放射の特性はブラックホール候補のスピンのカー幾何からの可能な逸脱の両方に依存します。したがってスピンの測定をしなくても、これらの物体のカー特性を調べることができます。このため私はまず一般的小物体への降着過程とスピンパラメーターの変化を調べました。カー・ブラックホールのスピンパラメーターは1以下でなければならずこれまでに見つかっているカー・ブラックホールをスピン1以上に回転させることは不可能である一方、私は非カー小物体にはこれらが当てはまらないことを示しました。特に、小物体がカー・ブラックホールより扁平であればあるほど、薄い円盤からの降着過程は物体

のスピンパラメーターを1以上に回転させることが可能で、スピン平衡値は扁平であるほど大きくなります。私はこれまでに知られている物体の放射効率の推測値をもとにして、この発見をAGNの超巨大ブラックホール候補に応用しました。そしてカー幾何からの可能な逸脱とスピン最大値に制限を与えました。AGNスピンパラメーターの最大値は控えめでもそれらの正確な特性に関係なく、1.2という制約を与えました。この値はカー・ブラックホールのスピンパラメーターの最大値(正確に1)、クォーク星(正確な物質方程式に依存するがほしい1.1)、星の惑星(地球では約800)と比較されます。

ブラックホール候補の放射効率から、簡単に、カー幾何からの可能性の逸脱への制約を与えることができますが、より強い制限を与えるためにはさらに複雑な過程を考慮する必要があります。このため、私はX線データおよびサブミリVLBI観測によって提供される可能性を検討しました。X線データを使うケースでは、幾何学的に薄く光学的には厚い降着円盤の熱スペクトルを調べました。その結果、これらのスペクトルのピーク位置が小物体近辺の時空の幾何に依存し、データとの比較からカー・解からの逸脱を推量することができることがわかりました。ただし実際には、スピンパラメーターと変形パラメーターは縮退しているので、この方法から正しい制限を得ることはできません。この方法からはスピンパラメーターと変形パラメーターからなる平面上の許される範囲がわかるだけで、さらに制限するには縮退を分離する追加測定が必要です。VLBI装置に関してはブラックホールの影、つまり私たちが直接見ることができる明るい背景の上の暗い部分、がこの物体のカー・特性の研究に役立つことを示しました。これらの画像の強度マップが降着過程の詳細に依存するのに

対して、影の正確な形は非常に小さい距離の時空の幾何だけで決まります。私たちの銀河や近傍の銀河にある超巨大ブラックホールの性質への大変興味深い制限がVSOP-3のような将来の探査で明らかになるでしょう。

将来は、他のアプローチ（例えば相対行やQPOsなど）にこれらの研究を拡張し、すべての制約を結合する必要があります。この方法からスピン空間と変形パラメータから成る空間で許される領域を見つけて天体ブラックホール候補のカー・性質を確認することが期待されます。

5. 主な発表論文等

(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 11 件)

- ① Bambi, Cosimo, Modesto, Leonardo, Can an astrophysical black hole have a topologically non-trivial event horizon?, Physics Letters B, Refereed, Volume: 706 Issue: 1, 2011, pp 13-18
DOI:10.1016/j.physletb.2011.10.059
- ② Bambi, Cosimo, Can we constrain the maximum value for the spin parameter of the super-massive objects in galactic nuclei without knowing their actual nature?, Physics Letters B, Refereed, Volume: 705 Issue: 1-2, 2011, pp5-8,
DOI:10.1016/j.physletb.2011.10.005
- ③ Bambi, Cosimo, Barausse, E, CONSTRAINING THE QUADRUPOLE MOMENT OF STELLAR-MASS BLACK HOLE CANDIDATES WITH THE CONTINUUM FITTING METHOD, Astrophysical Journal, Refereed, Volume: 731 Issue: 2, 2011, 121,
DOI:10.1088/0004-637X/731/2/121
- ④ Bambi, Cosimo, Constraint on the quadrupole moment of super-massive black hole candidates from the estimate of the mean radiative efficiency of AGN, Physical Review D, Refereed, Volume: 83 Issue: 10, 2011, 103003,
DOI:10.1103/PhysRevD.83.103003
- ⑤ Bambi, Cosimo, Evolution of the spin parameter of accreting compact objects with non-Kerr quadrupole moment, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, Refereed, Issue: 5, 2011, 009,
DOI:10.1088/1475-7516/2011/05/009
- ⑥ Bambi, Cosimo, Barausse, Enrico, Final stages of accretion onto non-Kerr compact objects, Physical Review D, Refereed, Volume: 84 Issue: 8, 2011, 084034,
DOI:10.1103/PhysRevD.84.084034
- ⑦ Bambi, Cosimo, Spinning super-massive objects in galactic nuclei up to $a(*) > 1$, Epl, Refereed, Volume: 94 Issue: 5, 2011, 50002
DOI:10.1209/0295-5075/94/50002
- ⑧ Bambi, Cosimo, Harada, T; Takahashi, R; et al., Outflows from accreting super-spinars, Physical Review D, Refereed, Volume: 81 Issue: 10, 2010, 104004
DOI:10.1103/PhysRevD.81.104004
- ⑨ Bambi, Cosimo, Yoshida, N, Shape and position of the shadow in the $\delta = 2$ Tomimatsu-Sato spacetime, Classical and Quantum Gravity, Refereed, Volume: 27 Issue: 20, 2010, 205006
DOI:10.1088/0264-9381/27/20/2

05006

- ⑩ Bambi, Cosimo, Yoshida, N、Thick disk accretion in Kerr space-time with arbitrary spin parameters, Physical Review D、Refereed、Volume: 82 Issue: 12、2010、124037
DOI:10.1103/PhysRevD.82.124037
- ⑪ Bambi, Cosimo, Yoshida, N、Three-dimensional simulations of the accretion process in Kerr space-time with arbitrary value of the spin parameter, Physical Review D、Refereed、Volume: 82 Issue: 6、2010、064002
DOI:10.1103/PhysRevD.82.064002

[学会発表] (計6件)

- ① Bambi Cosimo、Testing the Kerr black hole paradigm with electromagnetic radiation、Stellar and Intermediate Mass Black Holes: Gravitational Physics and Radiation Sources Across the Universe、2011.06.15、Aspen
- ② Bambi Cosimo、Compact objects with spin parameter $a_* > 1$ 、46th Rencontres de Moriond - Gravitation Session、2011.03.26、La Thuile
- ③ Bambi Cosimo、Probing the space-time around astrophysical black hole candidates with future VBLI experiments、Summer Institute 2010 (Cosmology & Strings)、2010.08.11、Fuji-yoshida
- ④ Bambi Cosimo、Searching for quantum gravity effects in astrophysical black hole candidates、Experimental Search for Quantum Gravity、2010.07.13、Stockholm

- ⑤ Bambi Cosimo、Violation of the Carter-Israel conjecture and its astrophysical implications、19th International Conference on General Relativity and Gravitation、2010.07.07、Mexico City
- ⑥ Bambi Cosimo、Violation of the Carter-Israel conjecture and its astrophysical implications、NEB 14: Recent Developments in Gravity、2010.06.10、Ioannina

6. 研究組織

(1) 研究代表者

バンビ コジモ (BAMBI Cosimo)
東京大学・数物連携宇宙研究機構・特任研究員
研究者番号: 30534995