

Title	High Energy Particles in Hot Accretion Flows onto a Supermassive Black Hole
Author(s)	木村, 成生
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52298
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (木村 成生)

論文題名

High Energy Particles in Hot Accretion Flows onto a Supermassive Black Hole

(超大質量ブラックホールへの降着流中の高エネルギー粒子)

論文内容の要旨

活動銀河核はブラックホールへの質量降着の際に解放するエネルギーを利用して光っていると信じられている。質量降着率が小さいとき、輻射が非効率となり、降着流は非常に高温かつ希薄な状態となる。これは輻射非効率降着流と呼ばれている。輻射非効率降着流内では陽子の緩和時間が落下時間よりも長くなっているため、非熱的陽子が存在すると考えるのが自然である。非熱的陽子は拡散運動を通じて降着流から逃走することができる。また、非熱的陽子は背景の陽子や光子と反応してニュートリノやガンマ線を作る。作られたガンマ線やニュートリノも降着流から逃走できる。これらの粒子の逃走により降着流からエネルギーが持ち去られるため、非熱的粒子は降着流の力学構造に影響を与えると考えられる。また、宇宙ニュートリノ望遠鏡 IceCube が観測したニュートリノは天体起源だと考えられており、逃走粒子の観測可能性を調べることは意義がある。本論文では、1. 非熱的粒子の力学構造への影響、2. 低光度活動銀河核からのニュートリノ放射、の二つの問題を取り扱う。

本論文の前半では、非熱的粒子からのフィードバックを考慮に入れた一次元の方程式系を用いて、非熱的粒子が輻射非効率降着流の力学構造へ与える影響について調べた。定常解から、非熱的粒子のエネルギー密度が熱的粒子のものよりも小さい時は、非熱的粒子はほとんど力学構造に影響を与えないことがわかった。非熱的粒子のエネルギー熱的なものよりも大きい場合ですら、非熱的粒子は降着流の物理量を一桁以上変えることはできない。ケプラー回転をする円盤へと降着流の構造を変えるには、逃走陽子が解放するエネルギーのほとんど全てを持ち去る必要がある。この状況は非常に極限的であるため、我々は非熱的粒子が降着流の力学構造に影響するのは難しいと結論づけた。

本論文の後半では、one-zone 近似とFokker-Planck 方程式を用いて低光度活動銀河核内の輻射非効率円盤からのニュートリノと宇宙線陽子の放射について調べた。加速時間、逃走時間、冷却時間の3つの時間尺度を見積もると、典型的な低光度活動銀河核では宇宙線陽子の加速は逃走により制限されることがわかった。宇宙線陽子は無理のないパラメータで10 PeV 程度まで大きくなり得る。宇宙線陽子は陽子-陽子、陽子-光子のどちらの反応でも作られるが、それらの効率はせいぜい10% 程度と小さい。このモデルでの背景ニュートリノ放射を計算した結果、降着で解放される光度の1% 程度のエネルギーが宇宙線陽子へと注入されると無理のないパラメータで IceCube の観測データを説明できることがわかった。個々の低光度活動銀河核はクエーサー(明るい活動銀河核)よりもはるかに暗いが、数密度が大きいので背景ニュートリノに寄与することができる。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (木村成生)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主査	教授	長峯健太郎
	副査	教授	常深博
	副査	名誉教授	高原文郎 (大阪大学名誉教授)
	副査	教授	嶺重慎 (京都大学)
	副査	准教授	藤田裕
	副査	准教授	廣野哲朗
論文審査の結果の要旨			
<p>活動銀河核は、ガスが巨大ブラックホールに降着する際に解放される重力エネルギーを利用して光っていると考えられている。質量降着率が小さいときには輻射へのエネルギー変換が非効率になり、降着流は非常に高温かつ希薄な状態となる。これは輻射非効率降着流と呼ばれている。輻射非効率降着流内では、陽子の緩和時間が落下時間よりも長くなっているため、非熱的陽子が存在すると考えるのが自然である。非熱的陽子は拡散運動を通じて降着流から逃走してエネルギーを持ち去るため、降着流の力学構造に影響を与えると考えられる。また、宇宙ニュートリノ望遠鏡 IceCube が観測したニュートリノは天体起源だと考えられており、逃走粒子の観測可能性を調べることは意義がある。そこで木村氏は、「High Energy Particles in Hot Accretion Flows onto a Supermassive Black Hole (超大質量ブラックホールへの降着流中の高エネルギー粒子)」というタイトルの本論文で、以下の2つのテーマを扱った: 1) 非熱的粒子の力学構造への影響、2) 低光度活動銀河核からのニュートリノ放射。</p> <p>本論文の前半では、非熱的粒子からのフィードバックを考慮に入れた一次元の方程式系を用いて、非熱的粒子が輻射非効率降着流の力学構造へ与える影響について調べた。定常解から、非熱的粒子のエネルギー密度が熱的粒子のものよりも小さい時は、非熱的粒子はほとんど力学構造に影響を与えないことが判明した。ケプラー回転をする円盤へと降着流の構造を変えるには、逃走陽子が解放するエネルギーのほとんど全てを持ち去る必要がある。この状況は非常に極限的であるため、非熱的粒子が降着流の力学構造に影響するのは難しいと結論づけた。</p> <p>本論文の後半では、one-zone 近似と Fokker-Planck 方程式を用いて低光度活動銀河核内の輻射非効率円盤からのニュートリノと宇宙線陽子の放射について調べた。加速時間、逃走時間、冷却時間の3つの時間尺度を見積もると、典型的な低光度活動銀河核では宇宙線陽子の加速は逃走により制限されることが判明した。宇宙線陽子のエネルギーは無理のないパラメータで 10 PeV 程度まで大きくなり得て、陽子-陽子、陽子-光子のどちらの反応でも作られるが、それらの効率はせいぜい 10% 程度と小さい。このモデルでの背景ニュートリノ放射を計算した結果、降着で解放される光度の 1%程度 of エネルギーが宇宙線陽子に注入されると IceCube の観測データを説明できることがわかった。</p> <p>これらの結果は、降着円盤の力学的構造および宇宙線観測の解釈に重要な示唆を与えるものである。よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値のあるものと認める。</p>			