The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Wien Fireball Model of Relativistic Outflows in Active Galactic Nuclei
Author(s)	岩本, 静男
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44047
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏　　名　岩本静男（いわもと しずお）

博士の専攻分野の名称　博　士（理　学）

学位記番号　第　17563　号

学位授与年月日　平成15年3月25日

学位授与の要件　学位規則第4条第1項該当

理学研究科宇宙地球科学専攻

学位論文名　Wien Fireball Model of Relativistic Outflows in Active Galactic Nuclei
（活動銀河核における相対論的噴出流のウィーン火球モデル）

論文審査委員　（主査）
教　授　高原　文郎

（副査）
教　授　佐々木　節　　教　授　高部　英明　　助教授　横山　順一
助教授　林田　　清

論文内容の要旨

ローレンツ因子が 10 を超える相対論的な宇宙ジェットの加速メカニズムとして、私は純粋な電子対プラズマの噴出流を考察した。そのモデルとして、まず電子対プラズマは吸収に対しては光学的に薄いがコンプトン散乱にたいしては光学的に厚いこと、そして電子対は輻射とウィーン平衡にあり相対論的な温度であることを初期状態で想定して球対称定常のプラズマ流を解いた。このような電子対プラズマを私は「ウィーン火球」と呼んでいる。すると、プラズマは輻射と力学的にカップルしているため、輻射場がジェットの噴出方向にビーミングされ輻射抵抗の問題がなくなる。それゆえに電子対プラズマは熱的膨張によって相対論的に加速されることを示した。

断熱膨張の後、光球の外側では電子対プラズマは光学的には薄くなる。電子対プラズマはコンプトン散乱の他に電子対生成・対消滅でも輻射とカップルしており、これらの対生成・対消滅も取り扱わなくてはならない。また電子対プラズマに働く輻射からの力や電子対生成率を見積もるために、相対論的に流出しているプラズマ中の輻射輸送も解かなくてはならない。

この輻射輸送に関して、私は三種類の取り扱いを行った。まず最初は電子対と輻射を一流体であるとみなして解析的に解いた。この扱いは光球の内側では適切であり、内側の境界条件から光球の位置の半径・速度・温度を見積もった。次に、私は光球の外側で電子対プラズマは光学的に薄くなり、そこでは電子対生成・対消滅は凍結しプラズマは消滅せずに生き残ることも示した。二つ目に、光学的に厚い領域では電子対と輻射が一流体であること、光学的に薄い領域では輻射は光球から完全に自由放射されることを仮定して、私は数値的に電子対プラズマを取り扱った。この取り扱いでは、私は電子対消滅と電子対に対するコンプトン散乱の効果は考慮した。そして最後に、私はモンテカルロ法を用いて輻射輸送を取り扱った。コンプトン散乱・電子対生成・対消滅を考慮し、その上で相対論的に膨張しているプラズマ流の中での光子の軌跡を擬態することで光子の分布関数・電子対生成率・輻射による力を適切に求めた。その後、この適切な輻射による力も取り入れて電子対プラズマの力学も改めて解き直し、繰り返しこの操作を行うことで、輻射と電子対プラズマの双方を一貫させた噴出流の解を求めた。

このように取り扱いが異なるにもかかわらず、これら三種類の取り扱いによる解は良く一致しており、いずれも強力で相対論的な噴出流を首尾よく生み出すことが示された。さらに本論文で提示したこの噴出モデルは光球から強力

な輻射が放射されることも予言しており、ジェットの運動エネルギーと同程度のエネルギーで MeV 程度の放射が観測されることが期待される。

論文審査の結果の要旨

活動銀河の中心核から放出される相対論的ジェットの起源と加速機構は宇宙物理学における未解決の重要課題である。このジェットはバルク運動のローレンツ因子が 10 を超えること、ジェットのパワーがエディントン光度程度になること、細く絞られていることという特徴を持っている。これまでにさまざまな理論モデルが提案されてきたが、どのモデルにも大きな難点があり、成功していない。

本研究は、強い輻射場を含んだ電子陽電子対プラズマの加速というモデルを取り上げて、このプラズマが相対論的な温度を持ち、電子散乱に対して光学的に厚い火球の力学を調べたものである。これまでに指摘されていた輻射減速や対消滅などの難点は光学的に厚い場合には避けられることを論じた上で、球対称定常の電子陽電子対プラズマと輻射の運動を解析的および数値的に解いて、電子陽電子対とウィーン分布をした輻射とが一体となって加速され十分に大きなローレンツ因子が得られること、かつ十分なジェットのパワーが得られることを示している。本研究ではジェットの絞込みの問題は将来の課題として残されてはいるが、加速とパワーの問題を明快に説明するモデルを提案したものとして優れたものといえる。また、数値的解法においてはモンテカルロ法を開発して、相対論的な速度で運動している非一様プラズマ中の輻射輸送を解いているが、この手法は汎用性もあり価値の高いものである。

よって本研究は博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。