

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)	氏名	伊 藤 亮 介
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
論文題目			
<p style="text-align: center;">Study of Structures and Emission Regions of Relativistic Jets with Optical Polarimetry and Multi-Wavelength Observation in Various Timescales</p> <p style="text-align: center;">(多時間スケールでの可視偏光・多波長観測による相対論ジェットの構造及び放射領域の研究)</p>			
論文審査担当者			
	主 査	教 授	深 沢 泰 司
	審査委員	教 授	小 畠 康 史
	審査委員	教 授	杉 立 徹
	審査委員	教 授	吉 田 道 利 (宇宙科学センター)
〔論文審査の要旨〕			
<p>銀河の約 10%は、活動銀河核と呼ばれる活動性を示す非常に明るい中心核を持つ。活動銀河核の中でも特に電波で明るいものは、相対論的速度でのプラズマ噴出流であるジェットを持つと考えられている。これらジェットを伴う活動銀河核は粒子をほぼ光速まで加速する、地上では現実不可能な規模の大加速器実験施設であり、その加速機構や形成機構の解明は宇宙物理学における大きな課題である。ブレーザー天体とはジェットを伴う活動銀河核のうち、そのジェットを正面から観測していると考えられる天体である。その放射は電波から TeV ガンマ線までの幅広い電磁放射で観測され、ジェット中の相対論的速度の電子からのシンクロトロン放射と電子と低エネルギー光子の逆コンプトン散乱による放射が観測される。これらジェットからの放射はビーミング効果によって他放射成分より強まって観測されるため、ブレーザー天体は相対論ジェットの解明の上で重要な天体であると言える。しかし、活動銀河核ジェットに対する多くの研究がなされたにもかかわらず、その形成機構や変動機構はいまだ明らかではない。これらの解明には、様々なタイムスケールでの多波長同時観測が重要である。本研究では、変動機構において重要な役割を持つ放射領域の物理描像の解明を目指し、まず電波からガンマ線帯域までにわたる幅広い波長帯域での多波長観測体制を構築した。本観測体制の大きな特徴は、数時間スケールでの多波長同時観測が可能であることと、可視偏光観測を含むことである。そして、これを用いて種々の活動銀河核相対論ジェットに対し、様々なタイムスケール(数分から数年)での多波長観測、具体的には 3C66A, Mrk421 に対する多波長同時観測、CTA102 と PMNJ0948+0022 に対する短時間可視偏光観測を実施した。これらの 4 天体は種族の異なるジェット天体でもある。</p> <p>3C66A では、ガンマ線光度と可視光度・偏光の相関を調べ、時期による有意な変化(変動または差異)を見出した。この結果は時期により放射領域が異なる、もしくは複数の領域からの放射が重ねあわさって観測されていることを示唆している。Mrk421 では、2010 年に X 線のスペクトル・光度変動(約 5 倍)と連動した偏光の系統的な変化、可視増光(約 3 倍)が検出された。</p>			

一方、2011年以降の可視増光(約4倍)に対してはX線光度、可視偏光ともに大きな変化は見られなかった。これらの結果は2010年と2011年とでシンクロトン放射の増光メカニズムが異なること、その多波長スペクトルの変化からはX線活動期において shock-in-jet の機構により高エネルギー電子注入が行われ、増光が起こっていることが示唆された。CTA 102 では、これまでほぼ観測例のない光度・色・偏光の数時間スケールでの短期変動を捉えた。多波長観測で得られたスペクトル変化は高エネルギー電子増加による増光機構を支持する。また、フレア中の偏光度の変化は大きく、固有偏光成分を持つことを示唆し、数時間スケールの短期変動が磁場の非常に揃った狭い領域からの放射であることを示す。フレア中の偏光方位角は、他の時期の偏光方位角から大きく異なっており、この時期において新放射領域が出現していることを示唆する結果である。PMNJ0948+0022 では、分スケールでの非常に速い、光度とよく相関した偏光度変動を初めて検出した。偏光度は数時間のうちに36%まで到達し、可視光度変動とほぼ時間差なく相関した変動を示した。偏光方位角は、過去にVLBI電波観測で見つかったパーセクスケールのジェットの向きに沿っていることが明らかとなった。高偏光度、ジェットに沿った偏光方位角は"Shock-in-Jet"シナリオを示唆する。

以上により、種族の異なるジェット天体の多波長・偏光観測により、変動の様子から放射領域の分離に成功した。その結果、4天体に共通する特徴として、従来の描像である一領域からの放射モデル(One-zoneモデル)ではなく、複数領域からの放射を支持する結果を得た。また、3C66A, Mrk 421, PMN J0948+0022 に共通する傾向として、フレア中の可視偏光方位角がジェット自体の向きに揃いやすい傾向を初めて見つけた。これはほとんど観測の行われてこなかったフレア期における、可視偏光方位角とジェットの方向の関連研究のための貴重な結果である。偏光方位角とジェットの方向の一致が見られた3天体においては、放射領域がジェットに沿って移動、ショック形成を行う shock-in-jet モデルでよく説明される。その一方で、CTA102で見られた数時間タイムスケールのフレアにおいては偏光方位角がジェットの向きと大きく異なった。これはFSRQという種族ではジェット中の磁場構造が螺旋構造となっており、ショック波面の見込み角が他の3天体と異なっていることを示唆する結果である。すなわちフレア期における偏光方位角とジェットの向きの揃いやすさは、天体の種族によるジェット構造の違いを反映している可能性があることが示唆された。以上の結果はジェットの構造の解明に向けての重要な観測結果であり、さらに多くのサンプルを観測することによって、本研究での仮説が立証される可能性がある。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認める。

公表論文

- R. Itoh et al. 2013, “A Study of the Long-term Spectral Variations of 3C 66A Observed with the Fermi and Kanata Telescopes”, PASJ 63, 18
- R. Itoh et al. 2013, “Dense Optical and Near-Infrared Monitoring of CTA 102 During High State in 2012 with OISTER: Detection of Intra-Night Orphan Polarized Flux Flare”, ApJL 768, L24
- R. Itoh 2013, “Minute-Scale Rapid Variability of Optical Polarization in Narrow-Line Seyfert Galaxy: PWN J0948+0022”, ApJL, accepted

参考論文

- A.A. Abdo et al. (R. Itoh: Author Contributions) 2010, “A change in the optical polarization associated with a gamma-ray flare in the blazar 3C279”, Nature 463, 99,
- M. Ackermann 2012, “Multi-wavelength Observations of Blazar AO 0235+164 in the 2008-2009 Flaring State”, ApJ 751, 159