

論文審査の結果の要旨

氏名 齊 藤 新 也

本論文は 8 章からなる。第 1 章は序論であり、本論文の動機と構成を示している。第 2 章では本論文の背景である活動銀河核（大質量ブラックホール）とそこから放出される相対論的ジェットについて概説している。第 3 章では本論文で論じる観測データを取得した GeV ガンマ線観測衛星「フェルミ」に搭載した LAT 検出器の概要を述べ、その性能を示している。第 4 章では「フェルミ」衛星で観測されたブレーザー（活動銀河核の一種）のデータについて概要を述べると共に、本論文で使用した最も明るいフレア時のデータの抽出方法を示している。第 5 章では抽出したフレア時のデータの短時間変動を露光時間がほぼ一定となる 3 時間ビンで調べた解析と結果を示し、第 6 章ではさらに短時間の変動を調べるためベイズ統計を導入した解析と結果を示している。第 7 章では相対論的ジェットのモデル化を行うと共に検出された最短時間フレアの光度曲線からガンマ線放射領域の特定を試み、第 8 章で結論を述べている。また、付録 A では第 7 章の放射領域の議論における時間ビンの取り方の系統的効果について述べている。

活動銀河核から放出される相対論的ジェットは、中心の大質量ブラックホールに物質が降着することでその膨大なエネルギーを獲得すると考えられているが、放出のメカニズムは明らかになっていない。ジェットにおける放射領域の位置はメカニズムを理解する上で重要な情報であるが、これまでの観測的評価では 3 桁程度の不定性があった。本論文はジェットの放射エネルギーの大部分を担う GeV ガンマ線領域に着目し、ブレーザーからの放射の最短時間変動から放射領域に制限を課す新たな手法を試みたものである。

論文提出者は、まず過去 5 年間に「フェルミ」衛星の LAT 検出器で観測された 1 日積分データから、最もフラックスレベルの高い 10 個のフレアを抽出した。これらは 4 つの FSRQ (Flat Spectrum Radio Quasar、ブレーザーの一種)、3C 454.3、PKS 1510-089、4C 21.35、3C 273 と方向が一致する。次に、これ

ら 10 フレアについて、LAT 検出器が衛星軌道上で全天をサーベイする時間に相当する 3 時間ビンで、ほぼ等露光時間の光度曲線を作成した。光度曲線を解析した結果、PKS 1510-089 から GeV ガンマ線領域では最も短い 1 時間スケールの増光を検出することに成功した。この結果は、大有効検出面積かつ広視野という LAT 検出器の過去に無い特性を最大限に生かし、また、データを詳細に調べることによって初めてもたらされたものである。

論文提出者は上記 10 フレアにおけるさらに短時間の変動の存在を調べるため、データを個々の光子の到来時刻に分解し、Bayesian Block Method と呼ばれるベイズ統計に基づく解析方法を導入した。その結果、PKS 1510-089 のフレアのうちの一つにおいて、最大 3.5σ の統計的有意さで変動の兆候が見いだされた。LAT 検出器が全天をサーベイする際の特定の天体に対する連続露光時間は 30 分程度であり、上記の結果はそれより短い 15 分程度の変動に相当する。しかし、論文提出者は解析の自由度を考慮し、上記の変動は統計的に有意ではないと結論づけている。この結果は、LAT 検出器の時系列データを統計的な限界に達するまで切り分け、使い切った証であると評価できる。

また、論文提出者は FSRQ のフレア時のデータ中に発見した最も激しく変動する GeV ガンマ線光度曲線にジェットの内部衝撃波モデルを当てはめ、放射領域の特定を試みた。急激な増光は、内部衝撃波によって相対論的電子が放射場に注入される時間スケールとして説明し、幾分緩やかな減光は、ブラックホール近傍の高密度光子場による相対論的電子の急激な冷却による早すぎる減衰をショック内の見込み角から計算されるドップラー因子の違いによる遅れで緩和し、形状のモデル化に成功している。その結果、PKS 1510-089 の場合、放射領域の位置は中心ブラックホールから 0.2 pc 程度の距離であることを明らかにした。この結果は、不定性の大きかった放射領域の位置に制限を与える重要な成果である。

以上本論文は、ブレイザーのフレア時の放射メカニズムについて GeV ガンマ線観測データの詳細な解析に基づき独創的な視点により重要な知見を提供して

おり、高エネルギー天体物理学において重要な貢献をもたらしている。

なお、本論文第 5 章の PKS 1510-089 の GeV ガンマ線フレアに関する研究は、Lukasz Stawarz、田中康之、高橋忠幸、Grzegorz Madejski、Filippo D'Ammando との共同研究であるが、論文提出者が主体となって研究を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。