

学 位 審 査 報 告 書

(ふりがな) 氏 名	あおい じゅんいち 青井 順一
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 24 年 1 月 14 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理学研究科 物理学・宇宙物理学 専攻
(学位論文題目) Exploring the Gamma Ray Bursts from GeV-TeV spectra (GeV-TeV スペクトルによるガンマ線バーストの研究)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 長瀧 重博 准教授 中村 卓史 教授 国広 悌二 教授

(続紙 1)

京都大学	博士 (理 学)	氏名	青井 順一
論文題目	Exploring the Gamma Ray Bursts from GeV-TeV spectra (GeV-TeV スペクトルによるガンマ線バーストの研究)		

(論文内容の要旨)

申請論文「Exploring the Gamma-Ray Bursts from GeV-TeV spectra」では、宇宙で最も激しい爆発現象であるガンマ線バースト (GRB) について研究を行った。その爆発機構については多くの不定性が存在しているが、放射領域が地球の方向に向かって相対論的な速度で動いているという点はほぼ理論的に疑いようがない。青井氏は内部衝撃波モデルを考慮したうえで、このローレンツ因子を明らかにする研究を行った。内部衝撃波モデルとは非一様なアウトフローを模した多数枚のシェルが互いに衝突して衝撃波を形成し、この衝撃波中で粒子が加速された粒子が放射をしたものが GRB として観測されているとするモデルである。

始めに青井氏は衝撃波中における粒子の加速を議論した。特に GRB は相対論的なアウトフローを伴うので、本研究においては相対論的衝撃波加速を議論しなければならない。非相対論的衝撃波を議論する際には拡散近似をもちいることが出来るが、相対論的衝撃波加速においてはこの近似を用いることが出来ないので特定の散乱モデルについて議論をしなければならない。この点が加速された粒子のエネルギー Spektrum に多様性を生み出している。青井氏は相対論的衝撃波加速の特徴を調べ、様々な衝撃波速度について加速された粒子のエネルギー Spektrum を計算した。

次に、GRB の概要を説明した後にローレンツ因子を同定する方法について議論した。GRB の放射領域において高エネルギー光子が他の光子と相互作用をして電子陽電子対生成を起こし、これにより GRB の Spektrum の高エネルギー領域にカットオフを作られることが期待されている。このカットオフがローレンツ因子に強く依存するので、このカットオフを観測してローレンツ因子を同定出来ると考えられている。青井氏は数値的・解析的計算によって高エネルギー領域に存在すると期待されるカットオフについて再考を行った。青井氏は、異なる衝撃波からの放射を積分したものである現実の観測において、従来考えられてきた指数関数的もしくは broken power law のカットオフがベキ指数の変化が小さい broken power law に修正されることを示した。Spektrum の傾きが変化するエネルギーを用いてローレンツ因子の同定を行うことが出来ると考えられるが、このエネルギーが今までローレンツ因子の推定に使われていたエネルギーに比べて小さいことから、この効果は一般的にこれまでの GRB アウトフローのローレンツ因子の推定を小さくすることが出来る。フェルミ衛星によって最近観測された GRB 080916C に我々の定式を適用してローレンツ因子が 600 程度 (さらに小さい値にもなり得る) となることが分かった。これは従来の方法で得られていた 900 という値よりも小さい値であるが、青井氏の研究結果によってその理由を無矛盾に説明することが出来る。Spektrum の傾きが変化するエネルギーを観測することがローレンツ因子や放射領域の場所を特定する際には重要であるが、特に現在稼働しているチェレンコフ望遠鏡の MAGIC、VERITAS や将来計画である CTA が重要であると青井氏は結論した。

(論文審査の結果の要旨)

博士論文としてまとめられた論文内容に基づき青井氏は論文審査を行い、公聴会（質疑応答を含む）を行った。講演ではガンマ線バースト（GRB）の GeV-TeV 領域のスペクトルを用いてガンマ線バーストの物理や物理量を明らかにする研究を報告した。始めにガンマ線バーストの概要について簡単にまとめ、次にガンマ線バーストの起源となっている相対論的アウトフローの速度を求める方法について述べた。続いて、我々の研究で用いている GRB の標準モデルである内部衝撃波モデルを説明し、それを用いて行った青井氏の研究の報告を行った。講演は質疑応答を含め指定された 1 時間以内に収まり、円滑に行われた。

・ 質疑応答の概要 :

なぜこれまでフェルミ衛星の LAT では 10 程度の観測しかされていないのにカットオフがないと言えるのか、という質問を受け、確かに LAT による観測数は少なく不定性大きい、低エネルギーの観測から高エネルギーへ外挿して推定した LAT の観測数とこれまでの LAT の観測数は無矛盾である、と答えた。

スペクトルを計算する時に break energy を固定しているがそこを動かすと高エネルギーのベキは変化するのか、という質問を受け、現象論を用いて break energy を各シェルの衝突毎に変えた計算もしたが、今回得られたような計算結果は得られなかった、と答えた。

地上観測装置で観測することが期待されるというが GRB が起こってから観測装置を向けるまで数十秒かかる点を考慮して議論しなければ意味が無い、という指摘を受け、仰る通りですが今回の研究によって GRB が起こってから数十秒後にもベキ指数の変化が見られる可能性が分かっているので地上観測装置で観測される可能性はあると思われる、と答えた。

GRB のスペクトルのデータ点を見るといくつかの種類があるようだがどのように異なるのか、またデータ点が重なり合っているときにはどちらの点を信頼すれば良いのか、という質問を受け、ここで見せている観測データはフェルミ衛星に搭載されている GBM, LAT 検出器によるものでデータ点の種類は検出器の違いであり、2 つのデータ点がある箇所では不定性が小さいデータ点の方を信頼すれば良いと思われる、と答えた。

以上のように講演内容も良く、質疑応答も十分なレベルに達していた。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また上記の通り、平成 23 年 1 月 14 日論文内容とそれに関連した口頭試問の結果、合格と認めた。