

学位審査報告書

(ふりがな)	つつい りょう
氏 名	筒井 亮
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 年 月 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)	
Climbing up the Distance Ladder to the End of Dark Ages by Gamma-Ray Bursts (宇宙最初の星までの距離指標としてのガンマ線バーストの研究)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 中村卓史 教授 青山秀明 教授 鶴 剛 教授

理 学 研 究 科

京都大学	博士（理学）	氏名	筒井 亮
論文題目	Climbing up the Distance Ladder to the End of the Dark Ages by Gamma-Ray Bursts (宇宙最初の星までの距離指標としてのガンマ線バーストの研究)		
(論文内容の要旨)			
ガンマ線バーストとは、1967 年に核実験探査衛星に偶然発見された継続時間 10 秒程度で年間 1000 イベント程度発生する宇宙の謎の爆発現象である。1997 年に宇宙論的な距離であることが確定した後、ガンマ線バーストの理解は進んだ。特異な大質量星の死に伴って形成されたブラックホールに落下する物質がエネルギー源となってガンマ線が放出されるのであろうとする説が有力である。ガンマ線の放射機構は今も良く解っていないが、放射は Band スペクトルと言う折れ曲がった冪スペクトルで良く観測と合わせられる非熱的な放射であり、そのピークエネルギー E_p^{obs} の平均は観測者系で 250keV 程度である。宇宙は膨張しているのでガンマ線バースト静止系では赤方偏移を z として $E_p=(1+z)E_p^{\text{obs}}$ となる。ガンマ線バーストの最大光度を L_p, また全放射エネルギーを E_{iso} とした時、$E_{\text{iso}} \propto E_p^2$ (Amati 関係式) と $L_p \propto E_p^2$ (米徳関係式) という 2 つの実験式が良く成り立つ事も知られている。これらの関係式は高赤方偏移での距離指標という観点で重要である。しかし、距離指標としては、それぞれの対数での分散が 0.35 と 0.27 もあって、精度の向上が望まれていた。 申請者は、まず、63 個のガンマ線バーストのデータに対して Amati 関係式と米徳関係式の相関係数はそれぞれ 0.943, 0.948 と高いが、2 者の関係式からのずれには相関がないことを示した。これは Amati 関係式と米徳関係式が独立であることを示唆するので、光度時間 ($=TL \equiv E_{\text{iso}}/L_p$) を導入して新たな E_p-TL-L_p と呼ばれる関係式を導くことに成功した。 さて、観測された、ガンマ線バーストのエネルギー flux から、L_p や E_{iso} を計算するには、赤方偏移 z の光度距離 $d_L(z)$ が必要になる。このために申請者は $z < 1.755$ の 33 個のガンマ線バーストに対して Ia 型超新星によって決められた光度距離を用いて $L_p \propto E_p^{1.82} TL^{-0.34}$ という E_p-TL-L_p 関係式を得た。この関係式の対数での分散は 0.15 となり Amati 関係式や米徳関係式の約半分の分散を持つ、より精度の高い関係式を得た。 次に申請者は $1.8 < z < 5.6$ の 30 個のガンマ線バーストに対しても既に求めた E_p-TL-L_p 関係式がそのまま成立するとして、Ia 型超新星では測れない高赤方偏移での光度距離を決めた。これを理論的なダークマターと宇宙項入りの宇宙モデルと比較することで平坦な宇宙に対して高赤方偏移で $\Omega_{\text{M}}=0.24$, $\Omega_{\text{A}}=0.76$ という宇宙論パラメーターを得た。これは $z < 1.7$ で Ia 型超新星等から得られているパラメーター値と誤差の範囲で合致する。以上より E_p-TL-L_p 関係式が距離指標として使える事が分かった。			

(論文審査の結果の要旨)

ガンマ線バーストは宇宙最大の爆発で最も明るい、従って最も遠くまで見える現象であるので、初期宇宙の研究に重要な役割を果たすと考えられてきた。特に光度距離を赤方偏移の関数として決めると宇宙の構成要素が赤方偏移の関数としてどのように変化するかを決められる。このためにはガンマ線バーストが多く観測される $z > 1$ 以上での距離梯子を構築する必要がある。距離梯子としてはセファイド変光星の周期光度関係や Ia 型超新星の絶対光度と減光率関係が有名であるが、ガンマ線バーストに関しては Amati 関係式や米徳関係式等がその候補である。しかし、それらの関係式の分散が大きいのが問題であった。したがって、多くの関係式を併用し、多くのデータを用いると言うのが従来の方向であった。

申請者はこれに対して、Amati 関係式と米徳関係式に新たに光度時間(=最高の光度で輝くとしたら全エネルギーを放出するのに掛かる時間)を導入して Ep-TL-Lp 関係式という新しい関係式を得た。この新しい関係式の対数での分散は Amati 関係式や米徳関係式に比べて約半分になった。このような、新しい分散の小さい関係式を得たことは今後の応用の観点も含めて高く評価できる。

ガンマ線バーストの距離指標では今までは宇宙論パラメータを決めて(=光度距離の赤方偏移依存性を決めて)関係式を一旦構築し、その関係式の分散が最小になる宇宙論パラメータを求めると言う一種の循環論法を用いていた。これに対して、申請者は小さい赤方偏移の 33 個のガンマ線バーストと Ia 型超新星を用いて関係式を構築した後に、高赤方偏移での宇宙論パラメータを決める手法をとることにより、循環論法を回避している。この手法は十分評価できる。また、得られた高赤方偏移での宇宙論パラメータの値は低赤方偏移で決まったものと誤差の範囲で一致する。この事はダークエネルギーの時間変化が小さい事を示唆しており、極めて興味深い結果である。

さらに、申請者は Ep の決め方や測定誤差の大小によって観測データを Platinum, Gold, Bronze の 3 グループに分けて、さらに分散の少ない関係式が導出出来る可能性を調べているが、これはこの分野の研究の進展に寄与するものと期待できる。

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られるものである。

また、平成 23 年 6 月 20 日 主論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について口頭試問した結果、合格と認めた。