

平成22年 4 月 30 日現在

研究種目： 基盤研究 (C)
 研究期間： 2007-2010
 課題番号： 19540283
 研究課題名 (和文) ガンマ線バースト現象の統一理論の構築

研究課題名 (英文) Toward the unified picture of Gamma Ray Bursts

研究代表者

中村卓史 (Nakamura Takashi)

京都大学大学院理学研究科・教授

研究者番号： 80155837

研究分野： 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

科研費の分科・細目：

キーワード： ガンマ線バースト、距離指標、統一理論、宇宙論

1. 研究計画の概要

ガンマ線バースト (以後 GRB と略す) とは、宇宙論的距離から 10 秒間程度、光子のエネルギー 200keV 程度をピークとしたガンマ線が地球にやってくる現象で年間 1000 イベント程度存在する。距離は 100 億年程度であり、エネルギー放出率は宇宙の全ての銀河のエネルギー放出率をあわせたものと同じかそれ以上になる。つまり、宇宙で最も Violent で明るい現象であるが、その起源は未だに不明である。現在は GRB の研究の歴史上第 3 の混乱期と考えられるが、統一理論の構築には種々の GRB 現象を記述する適当なダイアグラムの整備が不可欠である。どういうことかと言うと星の場合を考えるとわかり易い。星の表面温度と光度のいわゆる HR ダイアグラムでは水素燃焼時代の主系列は 1 つの線上にある。また、白色矮星、赤色巨星等も別の線上にあって全く違う種類の星を 1 つのダイアグラム上で議論でき星の理解が進んだ。本研究では統一理論の構築に向けて GRB で成立する種々の関係式を整備することをその第 1 目標とする。

2. 研究の進捗状況

(1) L_p と違うエネルギーバンドにやってくる光子の到着時間が相関しているという主張があったが BATSE の 565 のイベントについて解析するとこの関係式は赤方変移依存性を持つことが判明した。(論文 4)

(2) 統一理論の構築のためには Type Ia 超新星の光度と減光率の関係式のような関係を GRB で確立することが重要であるが、このためには宇宙論パラメーターに依存せずに GRB までの距離を決める必要がある。我々は赤方変移が 1.7 までの Type Ia 超新星を用

いて L_p - E_p 関係式を確立することに世界に先駆けて実行した。その後この種の論文が多く出だしたが論文(3)は真っ先に引用されている。さらに得られた宇宙論パラメーターに依存しない関係式を用いて、高赤方変移で宇宙論パラメーターがどう制限付けられるかを論じた。赤方変移が 5 を超える天体は GRB くらいしか有望でないのでデータの増加が重要である。論文(2)は現在のデータでの宇宙論パラメーターに対する制限を論じた。

(3) 2004 年に中村と金沢大学の米徳らが発見した米徳関係式 ($L_p \propto E_p^2$) はさらに低分散な関係式になることが望ましい。一方 2002 年に Amati は $E_{iso} \propto E_p^2$ なるいわゆる Amati 関係式を発見した。両者は似ているが GRB の光度が一定でない限り独立なものである。実際のデータで両者の独立性はそれぞれを用いた赤方変移に相関がないことで確かめられた。そこで、 L_p, E_{iso} と E_p の 3 つを使うとさらに分散の少ない関係式が得られるのではないかという予想の下で $L_p \propto E_p^{1.82} T_L^{-0.34}$ なる関係式を発見した。(論文(1) ここで $T_L = E_{iso}/L_p$ 。) この関係式は本研究の申請書で予測した $E_{iso} \propto E_p^2 T_d^{-1}$ とは異なるが時間に関係した物理量を入れるという意味では精神は似ている。(ここで T_d は GRB の継続時間) 得られた関係式の物理的な説明を論文(5)で展開した、GRB の Photospheric Model の範疇で行ったところ $L_p \propto E_p^2 T_L^{-0.25}$ を得た。両者は一致していると言える。

3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展している

理由：最近の論文 1 で発見した新しい関係式は、申請書でそのような関係式があるのではないかと予想した。予想では E_{iso}, T_d と E_p

の間に関係があるとしたものだったが現実に見つかったのは L_p 、 $TL=Eiso/L_p$ と E_p の間の関係式であった。このような違いがあるというものの研究の進展の結果得られたので順調に進んでいるといえる。

4. 今後の研究の推進方策

赤方変移の決まった GRB の数は 80 を超えるようになったので、さまざまな関係式の進化効果、観測限界効果を調べることが可能になってきており、今後これを追求していく。もし、進化効果が有意にあれば、それは GRB 現象の統一理論に大きく関わってくるからである。現在のところ米徳関係式に進化効果がみられ、Amati 関係式に観測限界効果が見られると言う予備的な結果を得ている。ただ、これは見かけの可能性があって、peak luminosity を決めるのに rest frame で同じ時間を取ることにすれば、米徳関係式の進化効果はなくなる可能性があり、これを現在精査している。また、発見した L_p 、 $TL=Eiso/L_p$ と E_p の間の関係式についても観測誤差の少ない Gold Event に限ると分散が少なくなる可能性があるのも追求し行く方針である。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

1 Cosmological constraints from calibrated Yonetoku and Amati relation suggest fundamental plane of gamma-ray bursts, Ryo Tsutsui Takashi Nakamura, Daisuke Yonetoku, Toshio Murakami, Yoshiki Kodama, Keitaro Takahashi, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics 8(2009), 15

2 Constraints on w_0 and w_a of dark energy from high-redshift gamma-ray bursts, Ryo Tsutsui, Takashi Nakamura, Daisuke Yonetoku, Toshio Murakami, Sachiko Tanabe, Yoshiki Kodama, Keitaro Takahashi, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 394 (2009) L31-L35

3 Gamma-Ray Bursts in $1.8 < z < 5.6$ Suggest that the Time Variation of the Dark Energy is Small, Yoshiki Kodama, Daisuke Yonetoku, Toshio Murakami, Sachiko Tanabe, Ryo Tsutsui, Takashi Nakamura, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 391 (2008) L1-L4

4 Redshift-dependent lag-luminosity relation in 565 BATSE gamma-ray bursts, Ryo Tsutsui, Takashi Nakamura, Daisuke Yonetoku, Toshio Murakami, Sachiko Tanabe, Yoshiki Kodama, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 386 (2008) L33-L37

5 Unstable GRB Phosphores and e^+e^- Annihilation Lines? Kunihiro Ioka, Kohta Murase, Kenji Toma, Shigehiro Nagataki, Takashi Nakamura, Astrophys. J. 670 (2007) L77-L80

[学会発表] (計 3 件)

1 Cosmological constraints from calibrated Yonetoku and Amati relation imply the second parameter of Gamma Ray bursts Ryo Tsutsui Takashi Nakamura, Daisuke Yonetoku, Toshio Murakami, Yoshiki Kodama, Keitaro Takahashi, 'Gamma Ray Bursts 2008' 2008 October Huntsville USA

2 Redshift-dependent lag-luminosity relation in 565 BATSE gamma-ray bursts, Ryo Tsutsui, Takashi Nakamura, Daisuke Yonetoku, Toshio Murakami, Sachiko Tanabe, Yoshiki 'Gamma Ray Burst 2007' 2007 November, Santa Fe USA