

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 理学 )	氏名	和田 知己
論文題目	Binary and Fireball as Possible Origins of Fast Radio Bursts 高速電波バーストの起源としての連星とファイアボール		
(論文内容の要旨)			
<p>Fast radio bursts (FRBs) are one of the main targets of astrophysics today. FRBs are bright radio transients, and their duration is of the order of milliseconds. From observed properties, most FRBs have been shown to have extragalactic origins. The luminosity is estimated to be of the order of <math>10^{42}</math> erg <math>s^{-1}</math>, and the brightness temperature is <math>\sim 10^{36}</math> K, which is extremely high and suggests coherent emission. Some FRBs show bursts repeatedly, and they are called repeaters. More than 700 bursts and 24 repeaters have been identified as of today. Although so many bursts have been observed, their source and emission mechanism are not understood.</p> <p>Among many FRBs, some unique FRBs have been identified. Two FRBs, FRB 20180916B and FRB 20121102A, show periodic activity. For a period of the order of ten to a hundred days, FRBs are only detected in an active window of the order of tens percent. The origin of this period is not well understood. There are two main possible origins of this periodicity: binary orbital period and precession period of a source object. In this thesis, we first consider a binary as the origin of the periodicity. We develop “binary comb model”, which was applied to FRB 20180916B by Ioka and Zhang, and apply the developed model to interpret FRB 20121102A and reinterpret FRB 20180916B. First, we introduce an eccentricity into the orbit. Second, we identify two new modes of the binary comb model, <math>\tau</math>-crossing mode and inverse funnel mode, besides the original funnel mode of the binary comb model. Our developed model expands the applicable parameter space, allowing the companion star to be a massive star, a massive black hole, or a supermassive black hole. For FRB 20121102A, we show that a black hole binary or supermassive black hole binary has larger parameter spaces. These models are also consistent with other observations, such as the persistent bright radio counterpart associated with the source. For FRB 20180916B, we show that the massive star binary can explain the periodicity of the FRB. This result is the same conclusion as in the previous work, but our work has broadened parameter space as the source of the FRB.</p> <p>Another unique FRB is the Galactic FRB, FRB 20200428A, which is associated with an X-ray flare from a magnetar, SGR 1935+2154. The luminosity of X-ray flare is about the same as other bursts from SGR 1935+2154, but the peak energy (<math>\sim 80</math>keV) is higher than that of typical bursts. As FRB 20200428A shows, magnetar flares would be closely related to the origin of FRBs. In the later part of this thesis, we consider the dynamics of the fireball in the magnetar flare. Specifically, we consider a baryon-loaded fireball expanding along open magnetic field lines. An expanding fireball is likely to be involved as a mechanism for producing thermal radiation with observed high peak energy. The baryon loading on this fireball naturally occurs, but the dynamics of this fireball have not been investigated. We create a unified picture of this fireball, taking into account the photon escape via two processes (optical thinning and diffusion), the n</p>			

umber density in a strong magnetic field, and the cross section in a strong magnetic field. Five cases of photon escape are identified. We show that the baryons loading increases the final Lorentz factor, and the kinetic luminosity of the outflow can be higher than the observed FRB luminosity for the observed X-ray photospheric luminosity. We also analytically evaluate the baryon loading parameter where the electrons associated with the baryons in the magnetar flare can affect the propagation.

By understanding these unique FRBs, we approach the possible origin and the emission mechanism of the FRBs.

(続紙 2 )

(論文審査の結果の要旨)

謎の天体であるFRBの起源に迫るために、最近発見された周期的FRBとマグネターのバーストと同時に起こったFRBは、極めて重要な鍵になると考えられている。

周期的FRBの周期を説明できるモデルとして、連星モデルは代表的なものの一つになっているが、本論文はこれまで見逃されていた連星の配位を新しく発見し、連星モデルの完全版と言えるものを作り上げた。その結果、これまでよりも広いパラメータ空間で連星モデルが可能であることが分かった。今後、観測によってパラメータが制限されていくが、連星モデルを棄却できるかどうかの判断に、本論文の結果が常に使われることになる。それゆえ、大変重要な結果であると言える。

また、マグネターのバーストと同時に起こったFRBに関して、バースト時に発生する火の玉の進化の理解は、FRBのエネルギーがどのように輸送されるかという問題と直結する。本論文では、マグネターバーストにおける火の玉の進化を、初めてバリオンも考慮して明らかにした。その結果、バリオンを含まない場合に比べて、ローレンツ因子や最終的な運動エネルギーが大きくなり、そのエネルギーはFRBを説明できることが分かった。バリオンを含まない場合はエネルギーが足りなかったため、大変重要な結果である。

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る。また、令和4年1月14日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。試問の内容としては、以下が挙げられる。

- Duty cycle の不定性を考慮したら結論がどう変わるか？
- Inverse funnel モードの場合、電波対応天体は見えやすいのか？
- ブラックホールの質量が小さいものを選んだ理由は？
- $\eta$ をどうやって制限がつけていくのか？
- funnelモデルでの流体近似はいいのか？
- tau-crossingモデルでのDMの変化を小さくできるのはなぜか？

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、(arXivへの論文投稿までの間)当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公表可能日：                    年            月            日以降