

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：82401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23740147

研究課題名(和文) 全天X線観測と可視赤外観測によるマグネターの新発見と放射機構の解明

研究課題名(英文) Finding new magnetars and elucidating the radiation mechanism by all-sky X-ray and Opt/IR observations

研究代表者

森井 幹雄 (Morii, Mikio)

独立行政法人理化学研究所・MAXIチーム・協力研究員

研究者番号：90392810

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：全天X線観測監視装置「MAXI」の観測を行い多くの突発天体を観測し、ATELやGCNに報告した。また、数個のマグネターに対して常時監視する体制が整った。また、全く予想外の出来事であったカニ星雲のGeVガンマ線フレアと同時期にX線観測を行ない、X線パルス成分に変化がないことを示した。2011年11月にMAXI J0158-744を発見した。新星爆発の点火現象を史上初めて観測することに成功した。すばる望遠鏡を用いたマグネターの観測も行った。

研究成果の概要(英文)：We observed many transient X-ray sources by using Monitor of All-sky X-ray Image (MAXI), and we reported these transients through ATEL and GCN. We established the systematic observations for a few magnetars continuously. We observed X-ray pulsation of Crab pulsar at the same time of the GeV gamma-ray flare, and found that there is no changes in X-ray pulsation. On November 2011, we discovered a transient MAXI J0158-744. It is historically the first observation for the ignition of novae. We observed magnetars with using Subaru telescope.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学

キーワード：X線天文学

1. 研究開始当初の背景

全天X線モニターは、研究開始当初、「RXTE」衛星のASMだけが稼働していた。しかし、マグネターの候補天体はRXTE ASMの感度限界よりも暗いため、特別増光したときや、明るい1, 2天体のみが観測対象であった。ガンマ線バースト観測衛星「Swift」も全天X線モニターの役割を果たすが観測エネルギー帯域が高く、マグネターの定常放射を常時モニターするには適していない。2009年夏に打上げられ、順調に観測実績を積み上げていた「MAXI」によるマグネターを含むX線天体の観測がおこなわれていた。

一方、本研究に関連する研究に Kern & Martin による可視光パルスの検出があった。マグネターは銀河面内にあるため、星間吸収を受け、可視光よりも近赤外領域の方が明るい。我々は、近赤外領域におけるパルス探索を行ない、パルス振幅の世界最高感度の上限值 17% (90% C.L.) を得ていた。本研究ではそれを発展させ、赤外偏光観測の準備を行った。また、Morii et al. (2009) で論文発表したすばる望遠鏡を用いた赤外観測を他の天体に対しても行う準備をしていた。

2. 研究の目的

本研究では、マグネターの新発見と放射機構の解明を目指す。そのため、(1) すばる望遠鏡を用いたマグネターの近赤外可視光、偏光パルス観測。(2) 全天X線監視装置「MAXI」を用いたマグネターのモニター観測を行う。

3. 研究の方法

(1) については、近赤外検出器「IRCS」への偏光素子の導入を行なう。また、可視光検出器「FOCAS」のクロック制御を行なう。(2) については、MAXI の運用とデータ解析を行ない、マグネターのパルス波形、パルス周期のモニター、多波長での強度相関モニターを行なう。

4. 研究成果

マグネターは超強磁場を持つ中性子星であり、磁場のエネルギーの解放によって輝いていると考えられているが、その磁場エネルギーの解放機構はよく理解されていない。突発的に明るさが変動することが知られており、継続的なモニター観測が必要である。可視・赤外対応天体が見付かっており、その放射メカニズムとして磁気圏起源とダスト円盤起源の二つの可能性が考えられている。我々はマグネターの赤外対応天体の放射起源を調べるため、すばる望遠鏡による観測を 2013 年 3 月に行った。この観測結果を天文学会に

て発表した。さらに、2014 年 3 月にも再度、二つのマグネターについて観測を行い、高速測光によるデータを取得した。現在解析中である。マグネターの可視赤外偏光観測にむけて、赤外偏光子の評価を行い、インストールを行った。

突発的な変動をするマグネターをX線の波長域でモニターすることは、放射機構の解明に極めて重要である。私は、マグネターをこれまでに見えない感度で常時モニターすることが期待されていた、全天X線監視装置「MAXI」の開発に携わってきた。MAXI は、2009 年 7 月にスペースシャトルにて打ち上げられ、8 月から運用を開始した。MAXI が発見した新天体を Swift 衛星で追跡観測することにより、MAXI の名を冠する新天体の発見に結びついている。現在までに、12 天体が発見されている。また突発天体や変動天体を検出し、位置決めを行ない、多くの速報を世界に発信した。この中で特に突発天体の位置を決定するプログラムを開発した。

また、2010 年 9 月にカニ星雲が全く予想外のガンマ線フレアを起こした。これと同時期の MAXI の観測データを解析し、パルス成分に変動がないことを示した。これは、ガンマ線フレアの原因が Pulsar wind nebula であるという説を支持する結果である。また、このことは、過去に遡って解析ができるという、MAXI の特長を生かした研究である。一方、この研究によりマグネターのパルス観測に必要な解析ツールを整えることができた。

一方、2011 年 11 月には、MAXI により、新種の突発天体 MAXI J0158-744 が発見された。MAXI が捉えた約 100 倍のエディントン光度に達したアウトバーストの起源が新星爆発の点火現象であることが解明された。これは史上初のことであり、極めて重要であるので、理化学研究所を通してプレスリリースを行った。また非常に重たい白色矮星であり、チャンドラセカール限界に近いが、超えている可能性があることも示唆された。さらに近年理論的に提唱された磁場が非常に強い白色矮星であることも示唆された。このことと、マグネターの白色矮星モデルとの関連についてもいくつかの研究会で紹介し、議論した。新たな研究に発展する可能性もある。さらに MAXI J0158-744 のスペクトル中に発見された強いネオン輝線の起源についての理論論文の作成に協力した。これは 2014 年度初頭に ApJ に受理された。コンパクトな領域から P-Cygni profile によって、強い元素起源の輝線が放出されることを示した点で画期的な成果である。

5. 主な発表論文等

(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 20 件)

1. M. Morii et al. (共著者 32 人中 1 番目)
“Extraordinary Luminous Soft X-Ray Transient MAXI J0158-744 as an Ignition of a Nova on a Very Massive O-Ne White Dwarf,” *ApJ*, 779, 2, 118 (2013) doi: 10.1088/0004-637X/779/2/118 (査読有).
2. K. Hiroi et al. (共著者 43 人中 13 番目)
“The 37 Month MAXI/GSC Source Catalog of the High Galactic-Latitude Sky,” *ApJS*, 207, 36 (2013) doi: 10.1088/0067-0049/207/2/36 (査読有).
3. M. Serino et al. (共著者 12 人中 5 番目)
“GRBs Observed by MAXI,” *EAS Publications Series*, 61, 59 (2013) doi: 10.1051/eas/1361007 (査読無).
4. M. Sugizaki et al. (共著者 34 人中 14 番目)
“Spectral Evolution of a New X-Ray Transient MAXI J0556-332 Observed by MAXI, Swift, and RXTE,” *PASJ*, 65, 58 (2013) doi: 10.1093/pasj/65.3.58 (査読有).
5. T. Kohmura et al. (共著者 7 人中 4 番目)
“Infrared AKARI observations of magnetars 4U 0142+61 and 1E 2259+586,” *Proceedings of the International Astronomical Union*, 291, 422 (2013) doi: 10.1017/S1743921312024362 (査読無).
6. Y. E. Nakagawa et al. (共著者 12 人中 12 番目)
“Wide-band spectra of magnetar burst and persistent emission,” *Memorie della Societa Astronomica Italiana*, 84, 560 (2013) <http://adsabs.harvard.edu/abs/2013MmSAI..84..560N> (査読無).
7. H. Negoro et al. (共著者 26 人中 16 番目)
“3 years all-sky X-ray observations with MAXI,” *Half a Century of X-ray Astronomy*, *Proceedings of the conference held 17-21 September, 2012 in Mykonos Island, Greece*. Online at <http://www.astro.noa.gr/xcosmo/>, id.16 (2012) (査読無).
8. R. Usui et al. (共著者 31 人中 2 番目)
“Outburst of LS V +44 17 Observed by MAXI and RXTE, and Discovery of a Dip Structure in the Pulse Profile,” *PASJ*, 64, 79 (2012) doi: 10.1093/pasj/64.4.79 (査読有).
9. A. M. Soderberg et al. (共著者 35 人中 14 番目)
“Panchromatic Observations of SN 2011dh Point to a Compact Progenitor Star,” *ApJ*, 752, 78, (2012) doi: 10.1088/0004-637X/752/2/78 (査読有).
10. S. Nakahira et al. (共著者 37 人中 21 番目)
“A Spectral Study of the Black Hole Candidate XTE J1752-223 in the High/Soft State with MAXI, Suzaku, and Swift,” *PASJ*, 64, 13 (2012) doi: 10.1093/pasj/64.1.13 (査読有).
11. M. Serino et al. (共著者 34 人中 17 番目)
“Peculiarly Narrow SED of GRB 090926B with MAXI and Fermi/GBM,” *PASJ*, 63, S1035 (2011) doi: 10.1093/pasj/63.sp3.S1035 (査読有).
12. Y. Ueda et al. (共著者 34 人中 16 番目)
“Revisit of Local X-Ray Luminosity Function of Active Galactic Nuclei with the MAXI Extragalactic Survey,” *PASJ*, 63, S937 (2011) doi: 10.1093/pasj/63.sp3.S937 (査読有).
13. M. Morii et al. (共著者 37 人中 1 番目)
“MAXI GSC Monitoring of the Crab Nebula and Pulsar during the GeV Gamma-Ray Flare in 2010 September,” *PASJ*, 63, S821 (2011) doi: 10.1093/pasj/63.sp3.S821 (査読有).
14. M. Shidatsu et al. (共著者 32 人中 17 番目)
“Long-Term Monitoring of the Black Hole Binary GX 339-4 in the High/Soft State during the 2010 Outburst with MAXI/GSC,” *PASJ*, 63, S803 (2011) doi: 10.1093/pasj/63.sp3.S803 (査読有).
15. T. Yamamoto et al. (共著者 8 人中 7 番目)
“Discovery of a Cyclotron Resonance Feature in the X-Ray Spectrum of GX 304-1 with RXTE and Suzaku during Outbursts Detected by MAXI in 2010,” *PASJ*, 63, S751 (2011) doi: 10.1093/pasj/63.sp3.S751 (査読有).
16. A. Uzawa et al. (共著者 38 人中 3 番目)
“A Large X-Ray Flare from a Single Weak-Lined T Tauri Star TWA-7 Detected with MAXI GSC,” *PASJ*, 63, S713 (2011) doi: 10.1093/pasj/63.sp3.S713 (査読有).
17. K. Hiroi et al. (共著者 34 人中 17 番目)
“The First MAXI/GSC Catalog in the High Galactic-Latitude Sky,” *PASJ*, 63, S677 (2011) doi: 10.1093/pasj/63.sp3.S677 (査読有).

有).

18. M. Sugizaki et al. (共著者 20 人中 10 番目) “In-Orbit Performance of MAXI Gas Slit Camera (GSC) on ISS,” PASJ, 63, S635 (2011) doi: 10.1093/pasj/63.sp3.S635 (査読有).

19. T. Mihara et al. (共著者 19 人中 12 番目) “Gas Slit Camera (GSC) onboard MAXI on ISS,” PASJ, 63, S623 (2011) doi: 10.1093/pasj/63.sp3.S623 (査読有).

20. M. Morii et al. (共著者 8 人中 1 番目) “MAXI Monitoring of Crab Pulsar during the GeV Gamma-ray Flare on September 2010,” Journal of Physics: Conference Series, 302, 012062 (2011) doi: 10.1088/1742-6596/302/1/012062 (査読有).

〔学会発表〕(計 52 件)

1. 松岡勝、他、「MAXI で観測された星フレアで銀河リッジ X 線を説明できるか?」, 日本天文学会 2011 年秋季年会、2011 年 9 月 21 日、鹿児島県、鹿児島大学

2. 薄井竜一、他、「突発天体 Swift J16444.9+573451 (GRB110328A) のすざく観測」, 日本天文学会 2011 年秋季年会、2011 年 9 月 21 日、鹿児島県、鹿児島大学

3. 森井幹雄、他、「軟 X 線トランジェント MAXI J0158-744 の発見」, 日本天文学会 2012 年春季年会、2012 年 3 月 20 日、京都府、龍谷大学

4. 中川友進、他、「すざく衛星・HETE-2 衛星によるマグネターのバースト/定常放射の X 線スペクトルの研究」, 日本天文学会 2012 年春季年会、2012 年 3 月 21 日、京都府、龍谷大学

5. 金子健太、他、「赤外線天文衛星あかりによるマグネター 4U 0142+61 の観測的研究」, 日本天文学会 2012 年春季年会、2012 年 3 月 21 日、龍谷大学

6. 戸泉貴裕、他、「MAXI/GSC による X 線突発天体の探索」, 日本天文学会 2012 年春季年会、2012 年 3 月 22 日、龍谷大学

7. 諏訪文俊、他、「全天 X 線監視装置 MAXI の速報システムの改良と成果」, 日本天文学会 2012 年春季年会、2012 年 3 月 22 日、龍谷大学

8. 志達めぐみ、他、「MAXI/GSC の非 X 線バックグラウンドの性質とモデル化」, 日本天文学

会 2012 年春季年会、2012 年 3 月 20 日、龍谷大学

9. 三原建弘、他、「全天 X 線監視装置 MAXI の新発見天体」, 日本物理学会 2011 年秋季年会、2011 年 9 月 18 日、青森県、弘前大学

10. 小浜光洋、他、「国際宇宙ステーション搭載 MAXI/GSC の観測環境」, 日本物理学会第 67 回年次大会、2012 年 3 月 25 日、関西学院大学

11. 森井幹雄、他、「超軟 X 線トランジェント MAXI J0158-744 の発見」, 日本物理学会第 67 回年次大会、2012 年 3 月 25 日、関西学院大学

12. 薄井竜一、他、「潮汐破壊事象 Swift J164449.3+573451 の MAXI・すざくによる早期観測」, 日本物理学会第 67 回年次大会、2012 年 3 月 25 日、関西学院大学

13. M. Morii et al. “Recent results of MAXI observation,” The Extreme and Variable High Energy Sky, 2011/9/21, Chia Laguna, Italy

14. M. Morii et al. “MAXI GSC monitoring of the Crab nebula during the GeV gamma-ray flare in September 2010,” The Extreme and Variable High Energy Sky, 2011/9/21, Chia Laguna, Italy

15. 森井幹雄、他、「超軟 X 線天体候補 MAXI J0158-744 の発見」, 第 12 回宇宙科学シンポジウム、2012 年 1 月 5 日、神奈川県、宇宙科学研究所

16. M. Morii et al. “Discovery of the soft X-ray transient MAXI J0158-744,” GCOE symposium, 2012/2/20, Tokyo Institute of Technology, Tokyo

17. M. Morii et al. “Discovery of the supersoft X-ray transient MAXI J0158-744,” IAU Symposium 279 “Death of Massive Stars: Supernovae & Gamma-ray Bursts”, 2012/3/12, Nikko

18. M. Morii et al. “Discovery of the soft X-ray transient MAXI J0158-744,” 39th COSPAR Scientific Assembly 2012, Mysore, India, 2012/7/17, Mysore, India

19. K. Kaneko et al. “Observation of AXP 4U 0142+61 by infrared astronomical satellite AKARI,” 39th COSPAR Scientific Assembly 2012, Mysore, India, 2012/7/19, Mysore, India

20. M. Morii, "Infrared-Optical observations of magnetars," Current Understanding and Future Study of Magnetars: Research Strategy of Magnetars in Astro-H era, 2012/9/1, Rikkyo Univ., Tokyo
21. M. Morii et al. "Discovery of an extraordinary luminous and soft X-ray transient MAXI J0158-744," nanoPHYS '12, 2012/12/17, Roppongi, Tokyo
22. 森井幹雄、他、「軟X線突発天体 MAXI J0158-744 の発見」, 第13回宇宙科学シンポジウム、2013年1月8日-9日、ISAS, JAXA, Kanagawa
23. 森井幹雄、他、「Rapid Nova MAXI J0158-744」, 理研シンポジウム「コンパクト星連星の多様性と進化」, 2013年3月13日、埼玉県、理化学研究所
24. 森井幹雄、他、「軟X線突発天体 MAXI J0158-744 の発見」, 日本物理学会、第68回年次大会、2013年3月29日、広島県、広島大学
25. 幸村孝由、他、「マグネター4U 0142+61 の2009年のフレアのX線・赤外線観測」, 日本物理学会 第68回年次大会、2013年3月26日-29日、広島県、広島大学
26. 芹野素子、他、「全天X線監視装置MAXIとSwift衛星によるGRB 121027Aの観測」, 日本天文学会2013年春季年会、2013年3月21日、埼玉県、埼玉大学
27. 浅田真、他、「全天X線監視装置MAXIによる2012年度後半の突発天体(現象)の検出」, 日本天文学会2013年春季年会、2013年3月21日、埼玉県、埼玉大学
28. 中川友進、他、「すざくによる活動期のAXP 4U 0142+61のX線観測」, 日本天文学会2013年春季年会、2013年3月23日、埼玉県、埼玉大学
29. 三原建弘、他、「MAXIによる変動X線天体の観測」, 日本天文学会2012年秋季年会、2012年9月20日、大分県、大分大学
30. 浅田真、他、「MAXI突発天体発見システムとその最新の成果」, 日本天文学会2012年秋季年会、2012年9月20日、大分県、大分大学
31. 芹野素子、他、「全天X線監視装置 M
- A X Iによるガンマ線バースト・X線閃光の観測」, 日本天文学会2012年秋季年会、2012年9月21日、大分県、大分大学
32. 薄井竜一、他、「ブラックホール候補天体 MAXI J1836-194 の可視光観測」, 日本天文学会2012年秋季年会、2012年9月19日、大分県、大分大学
33. 中川友進、他、「すざく衛星による活動期のAXP 4U 0142+61の観測的研究」, 日本天文学会2012年秋季年会、2012年9月20日、大分県、大分大学
34. M. Morii et al. "Soft X-ray transient MAXI J0158-744," 科研費新学術領域「重力波天体」研究会(第3回)、2013年5月24日、東京都、東京工業大学、大岡山キャンパス
35. 森井幹雄、他、「史上初めて観測された新星爆発点火の瞬間『MAXI J0158-744』」, 高エネルギー宇宙物理学教室、知の共有ゼミ、2013年8月29日、埼玉県、理化学研究所
36. 森井幹雄、「マグネターの可視赤外観測」, 宇宙線研究所小研究会「強磁場中性子星の構造と粒子加速・電磁波放出過程」, 2013年10月10日、千葉県、東京大学、宇宙線研究所
37. 森井幹雄、「新星が爆発する瞬間の観測: MAXI J0158-744」, 九州大学宇宙物理理論コロキウム、2013年11月29日、福岡県、九州大学
38. M. Morii et al. "MAXI J0158-744: an ignition of a nova explosion," ICRAR seminar, 2013-12-05, Curtin Univ. Perth, Australia.
39. 森井幹雄、「新星爆発の瞬間: MAXI J0158-744」, 東大天文センター談話会、2013年12月12日、東京都、東京大学、天文学教育研究センター
40. M. Morii, "Opt/IR observations of magnetars," マグネター研究交流会、2013年12月13日、埼玉県、理化学研究所
41. 森井幹雄、「Be星と大質量白色矮星との連星系で発生した新星爆発」, 「連星天文学」研究会、2014年2月10-12日、京都府、京都大学、基礎物理学研究所
42. M. Morii et al. "Discovery of an X-ray flash from a nova explosion on MAXI J0158-744 and search for X-ray flashes from other novae," Suzaku-MAXI 2014, 2014/2/19-22, 愛媛県、松山市、愛媛大学
43. 森井幹雄、他、「重量級の白色矮星上で

発生した新星爆発の点火の瞬間：MAXI J0158-744」、日本天文学会2014年春季年会、2014年3月19日～22日、東京都、国際基督教大学

44. 大谷友香理、森井幹雄、茂山俊和、「軟X線源 MAXI J0158-744 からの強い Ne IX 輝線の起源」、日本天文学会2014年春季年会、2014年3月19日～22日、東京都、国際基督教大学

45. 高木利紘、三原建弘、森井幹雄、杉崎睦、他、「MAXI で求めたパルス周期の変化率と Flux を用いた 4U 1626-67 の距離の推定」、日本天文学会2014年春季年会、2014年3月19日～22日、東京都、国際基督教大学

46. 根来均、他、「ブラックホール候補天体 MAXI J1828-249 の発見と MAXI が発見検出した 2013 年度後半の突発天体」、日本天文学会2014年春季年会、2014年3月19日～22日、東京都、国際基督教大学

47. 高木利紘、三原建弘、森井幹雄、杉崎睦、他、「MAXI で観測した低質量 X 線連星パルサー 4U 1626-67 のパルス波形、パルス周期とその変化」、日本天文学会2013年秋季年会、2013年9月10日～12日、宮城県、仙台市、東北大学

48. 金子健太、他、「超強磁場中性子星マグネターの可視帯域における観測的研究」、日本天文学会2013年秋季年会、2013年9月10日～12日、宮城県、仙台市、東北大学

49. 根来均、他、「MAXI が発見検出した 2013 年度前半の突発天体と突発現象」、日本天文学会2013年秋季年会、2013年9月10日～12日、宮城県、仙台市、東北大学

50. 幸村孝由、他、「マグネター 4U 0142+61 の X 線・赤外線観測」、日本天文学会2013年秋季年会、2013年9月10日～12日、宮城県、仙台市、東北大学

51. 大谷友香理、森井幹雄、茂山俊和、「軟 X 線源 MAXI J0158-744 における Ne 輝線の起源」、日本天文学会2013年秋季年会、2013年9月10日～12日、宮城県、仙台市、東北大学

52. 根来均、他、「全天 X 線監視装置による MAXI による最近の成果」、日本物理学会第69回年次大会、2014年3月27日～30日、神奈川県、東海大学

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

理化学研究所プレスリリース(研究成果)
新星爆発の瞬間の観測に成功
- ISS に搭載した全天 X 線監視装置「MAXI (マキシ)」が「火の玉」をとらえた -
http://www.riken.jp/pr/press/2013/2013114_2/

6. 研究組織

(1) 研究代表者
森井 幹雄 (MORII MIKIO)
理化学研究所・MAXI チーム・協力研究員
研究者番号：90392810