様式 C-19

科学研究費補助金研究成果報告書

平成　２３年　６月　１０日現在

機関番号：12608
研究種目：若手研究（Ｂ）
研究期間：　2009　～ 2010
課題番号：21740140
研究課題名（和文）全天Ｘ線モニターと可視・赤外偏光観測によるマグネターの放射機構の解明
研究課題名（英文）Elucidation of radiation mechanism of magnetars with observations in all-sky X-ray monitor and opt-IR polarimetry
研究代表者
森井　幹雄（MORII MIKIO）
東京工業大学・大学院理工学研究科・グローバルＣＯＥ研究員
研究者番号：90392810

研究成果の概要（和文）：

全天Ｘ線観測監視装置「ＭＡＸＩ」が 2009 年 7 月に打ち上げられ、観測を開始した。本研究期間中、MAXI は新天体を４つ発見した。また、突発天体や変動天体の報告を世界中に配信した（ATEL: 62 件、GCN: 17 件)。そして、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。GeV ガンマ線フレアの原因が Pulsar Wind Nebula であるとする説を支持する結果である。

研究成果の概要（英文）：
MAXI (Monitor of All-sky X-ray Image) was launched on 2009 July and the mission started on. In this research period, MAXI discovered 4 new X-ray sources and detected transient and variable X-ray sources (62 ATELs and 17 GCNs). We also started the monitoring observation for a few magnetars. On the other hand, MAXI successfully observed the unexpected GeV gamma-ray flare of the Crab nebula. We showed that the X-ray pulsation of the Crab pulsar was unchanged. It supports that the flare originates from the pulsar wind nebula.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
2009 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2010 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総　計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：数物系科学
科研費の分科・細目：天文学・天文学
キーワード：Ｘ線γ線天文学、光学赤外線天文学、全天Ｘ線モニター、マグネター

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。

そのため、本研究で開発を進め、２００９年夏に打上げが予定されていた「ＭＡＸＩ」による観測が期待されていた。

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値 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なった。

２．研究の目的

本研究では、マグネターの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、及び多波長観測を行なう。

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

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。観測当初、ＭＡＸＩの位置分解能はカメラのアライメントのずれのために目標性能が達成できなかった。そこで、ＭＡＸＩの位置分解能を向上させるためのアライメント較正を東工大の杉森氏と共に行ない、較正前は約一度あった位置の系統誤差を0.2度以下に抑えることに成功した。これにより、ＭＡＸＩが発見した新天体を他の衛星で観測することが可能になり、MAXIの名を冠する新天体の発見に結びついた。現在までに、4 天体(MAXI J0556-332, MAXI J1409-619, MAXI J1543-564, MAXI J1659-152) 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。具体的には、Astronomer’s Telegram (ATEL) が６２件、Gamma-ray Coordinate Network (GCN)が 17件である。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。

マグネターの可視赤外観測に向けた研究も行なった。位相分割測光の試験と、赤外偏光素子の評価を行ない、インストールに向けた準備を行なった。
また、すばる望遠鏡のFOCASを用いた、マグネターの可視光偏光観測にも成功している。

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22件）

1. M. Morii et al. “MAXI monitoring of Crab pulsar during the GeV gamma-ray flare on September 2010,” Journal of Physics: Conference Series, accepted (2011)（査読有）

2. M. Morii et al. “MAXI observation of Crab pulsar during the gamma-ray flare in September 2010,” The first year of MAXI: Monitoring Variable X-ray Sources” id 28 (2010)（査読無）

3. T. Yamamoto et al.（共著者 8 人中 7 番目）“Discovery of cyclotron resonance feature in the X-ray spectrum of GX 304-1 with RXTE and Suzaku during outbursts detected by MAXI 2010,” PASJ, accepted (2011)（査読有）

4. T. Mihara et al.（共著者 19 人中 12 番目）“Gas Slit Camera (GSC) onboard MAXI on ISS,” PASJ, accepted (2011)（査読有）

5. 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, accepted (2011)（査読有）

6. S. Nakahira et al. (共著者 31 人中 21 番目) "MAXI GSC observation of a special state transition in the black hole candidate XTE J1752-223," PASJ, 62, L27 (2010) (査読有)

7. N. Isobe et al. (共著者 30 人中 18 番目) "Bright flares from the BL Lac object Markarian 421, detected with MAXI in 2010 January and February," PASJ, 62, L55 (2010) (査読有)

8. K. Sugimori, N. Kawai, M. Morii, M. Sugizaki, M. Serino and the MAXI team, "Calibration of Alignments of MAXI/GSC," The first year of MAXI: Monitoring Variable X-ray Sources", id 59 (2010) (査読無)

9. A. Uzawa, et al. (共著者 38 人中 3 番目), "A giant flare from a weak-lined T Tauri TWA-7 detected with MAXI/GSC," The first year of MAXI: Monitoring Variable X-ray Sources", id 34 (2010) (査読無)

10. Y. E. Nakagawa et al. (共著者 15 人中 9 番目), "The first MAXI/GSC view of Galactic magnetars," The first year of MAXI: Monitoring Variable X-ray Sources" id 29 (2010) (査読無)

11. R. Usui, M. Morii, K. Sugimori, N. Kawai, T. Mihara, T. Yamamoto, M. Nakajima, "Outburst of LS V +44 17 detected by MAXI, RXTE, Swift," The first year of MAXI: Monitoring Variable X-ray Sources" id 18 (2010) (査読無)

12. M. Ishikawa et al. (共著者 36 人中 14 番目) "The observation result of Galactic X-ray sources by MAXI," The first year of MAXI: Monitoring Variable X-ray Sources" id 10 (2010) (査読無)

13. H. Negoro et al. (共著者 15 人中 13 番目), "Real-time X-ray transient monitor and alert system of MAXI on the ISS," Astronomical Data Software and Systems XIX. Proceedings of a conference held Oct. 4-8, 2009 in Sapporo, Japan. ASP Conference Series, Vol. 434, p.127 (2010) (査読無)

14. M. Morii et al. "MAXI/GSC image fitting analysis for transient X-ray sources," Deciphering the ancient universe with gamma-ray bursts. AIP Conference Proceedings, Vol. 1279, 391 (2010) (査読無)

15. M. Matsuoka et al. (共著者 39 人中 18 番目), "Early results of MAXI (Monitoring of All-sky X-ray Image) on ISS," Space Telescope and Instrumentation 2010: Ultraviolet to Gamma Ray. Proceedings of the SPIE, Vol. 7732, 77320Y-77320Y-9 (2010) (査読無)

16. H. Negoro et al. (共著者 23 人中 18 番目), "MAXI nova alert system and the latest scientific results," X-ray Astronomy 2009: Present status, multi-wavelength approach and future perspectives: Proceedings of the International Conference. AIP Conference Proceedings, Vol. 1248, 589 (2010) (査読無)

17. M. Matsuoka et al. (共著者 36 人中 20 番目), "The first light from MAXI onboard JEM (Kibo)-EF on ISS," X-ray Astronomy 2009: Present status, multi-wavelength approach and future perspectives: Proceedings of the International Conference. AIP Conference Proceedings, Vol. 1248, 531 (2010) (査読無)

18. M. Morii et al. "Alignment calibration of MAXI/GSC," Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, 43, 692 (2011) (査読有)

19. M. Morii et al. "Suzaku observation of the anomalous X-ray pulsar 1E 1841-045," PASJ, 62, 1249 (2010) (査読有)

20. M. Matsuoka et al. (共著者 32 人中 17 番目) "The MAXI Mission on the ISS: Science and Instruments for All-Sky X-ray Images," PASJ, 61, 999 (2009) (査読有)

21. S. Kitamoto et al. (共著者 10 人中 10 番目) "EUV imaging experiment of an adaptive optics telescope," Optics for EUV, X-ray, and Gamma-ray Astronomy IV. Proceedings of the SPIE, 7437, 74371I (2009) (査読無)

22. S. Kitamoto et al. (共著者 10 人中 10 番目) "Development of an EUV polarimeter with a transmission multilayer," UV, X-ray, and Gamma-ray Space Instrumentation for Astronomy XVI. Proceedings of the SPIE, 7435, 7435G

(2009)（査読無）

〔学会発表〕（計 45 件）

1.森井幹雄、他MAXIチーム、「ＭＡＸＩによるかにパルサーのガンマ線フレアの同時観測」、日本物理学会第６６回年次大会、2011 年 3 月 25 日、新潟大学、新潟県

2.薄井竜一、森井幹雄、河合誠之、三原健弘、山本堂之、中川友進、ほかMAXIチーム、「MAXIによって初めて検出されたBe X線連星LS V +44 17 のアウトバースト II」、日本天文学会 2011 年春季年会、2011 年 3 月 16-19 日、筑波大学

3.山本堂之、三原建弘、杉崎睦、中島基樹、山岡和貴、松岡勝、森井幹雄、牧島一夫、ほかMAXIチーム、「X線連星パルサーGX 304-1 からのサイクロトロン共鳴吸収線の発見」、日本天文学会 2011 年春季年会、2011 年 3 月 16-19 日、筑波大学

4.森井 幹雄、河合誠之、薄井竜一、杉森航介(東工大)、杉崎睦、三原建弘、山本堂之、松岡勝(理研)、他MAXIチーム、「『かにパルサー』のX線パルス波形：かに星雲のガンマ線フレア時のMAXIによる観測」、日本天文学会 2011 年春季年会、2011 年 3 月 16-19 日、筑波大学

5.中川友進、ほか MAXI チーム（共著者 17 人中 9 番目)、「全天 X 線監視装置 MAXI による マグネターの観測」、日本天文学会 2011 年春季年会、2011 年 3 月 16-19 日、筑波大学

6.小澤洋志、諏訪文俊、根來均、鈴木素子、三原健弘、杉崎睦、松岡勝、冨田洋、小浜光洋、上野史郎、河合誠之、森井幹雄、杉森航介、ほかMAXIチーム、「全天 X 線監視装置 MAXI の突発天体発見システムの改良と成果」、日本天文学会 2011 年春季年会、2011 年 3 月 16-19 日、筑波大学

7.五月女哲哉 、三原建弘、杉崎睦、芹野素子、山本堂之、松岡勝 、河合誠之、森井幹雄 、根来均、中島基樹 、吉田篤正、山岡和貴、中平聡志 、常深博、山内誠、ほか MAXI チーム、「全天X線監視装置MAXIによるX線連星パルサーA0535+262 の観測」、日本天文学会 2011 年春季年会、2011 年 3 月 16-19 日、筑波大学

8.杉崎睦、三原建弘、芹野素子、中川友進、松岡勝、小浜光洋、河合誠之、森井幹雄、吉田篤正、山岡和貴、中平聡志、根来均、中島基樹、上田佳宏、磯部直樹 ほか MAXIチーム、「全天X線監視装置MAXI/GSC 1 年半の観測成果とデータ解析の現状」、日本天文学会 2011 年春季年会、2011 年 3 月 16-19 日、筑波大学

9.森井幹雄、他MAXIチーム、「MAXIによるカニパルサーのガンマ線フレアの同時観測」、科研費特定領域研究「ガンマ線バーストで読み解く太古の宇宙」、2011 日 2 月 8 日、東京工業大学、東京都

10. M. Morii et al. “MAXI Monitoring of Crab Pulsar during the GeV Gamma-ray Flare on September 2010,” International Symposium “Nanoscience and Quantum Physics 2011”, 2011 年 1 月 26-28 日、国際文化会館、東京都

11. 森井幹雄、他MAXIチーム、「MAXIによるカニパルサーのガンマ線フレアの同時観測」、第１１回宇宙科学シンポジウム、2011 年 1 月 5-7 日、宇宙科学研究所、神奈川県

12. M. Morii et al. “MAXI observation of Crab pulsar during the gamma-ray flare in September 2010,” The First Year of MAXI: Monitoring Variable Sources, 2010 年 11 月 30 日 - 12 月 2 日、青山学院大学、東京都

13. 小澤洋志、ほか MAXI チーム（共著者 26 人中 16 番目)、「全天 X 線監視装置 MAXI の突発天体発見システムの現状と成果」、日本天文学会 2010 年秋季年会、2010 年 9 月 22－24 日、金沢大学

14. 中平聡志、ほか MAXI チーム（共著者 41 人中 23 番目)、「MAXI によるブラックホール候補星 XTE J1752-223 の観測(II)」、日本天文学会 2010 年秋季年会、2010 年 9 月 22－24 日、金沢大学

15. 薄井竜一、森井幹雄、杉森航介、河合誠之、ほかMAXIチーム、「MAXI によって初めて検出された Be/X線連星系 LS V + 44 17 のアウトバースト」、日本天文学会 2010 年秋季年会、2010 年 9 月 22 - 24 日、金沢大学

16. 坪井陽子、ほかＭＡＸＩチーム（共著者 36 人中 22 番目)、「全天 X 線監視装置 MAXI/GSC で観測された RS CVn 型星のフレア」、日本天文学会 2010 年秋季年会、2010 年 9 月 22 - 24 日、金沢大学

17. 中島基樹、ほか MAXI チーム（共著者 37 人中 10 番目)、「全天 X 線監視装置 MAXI/GSC による X 線連星 Cir X-1 の観測」、日本天文学会 2010 年秋季年会、2010 年 9 月 22 - 24 日、金沢大学

18. 森井幹雄、ほかMAXIチーム、「MAXIによるLMC X-4 の観測」、日本天文学会 2010 年秋季年会、2010 年 9 月 22 - 24 日、金沢大学

19. 山本堂之、三原建弘、杉崎睦、鈴木素子、五月女哲哉、松岡勝、河合誠之、森井幹雄、中島基樹、吉田篤正、山岡和貴、中平聡志、常深博、ほかMAXIチーム、「全天X線監視装置MAXIによるX線連星パルサー GX304-1 の観測」、日本天文学会 2010 年秋季年会、2010 年 9 月 22 - 24 日、金沢大学

20. 鈴木 素子、ほか MAXI チーム、(共著者 35 人中 20 番目)、「全天 X 線監視装置 MAXI による 1 年間のガンマ線バーストの観測と解析」、日本天文学会 2010 年秋季年会、2010 年 9 月 22 - 24 日、金沢大学

21. 三原建弘、杉崎睦、鈴木素子、中川友進、松岡勝、小浜光洋、河合誠之、森井幹雄、吉田篤正、山岡和貴、中平聡志、根来均、中島基樹、上田佳宏、磯部直樹 ほか MAXIチーム、「全天X線監視装置MAXI/GSCの 1 年間の観測」、日本天文学会 2010 年秋季年会、2010 年 9 月 22 - 24 日、金沢大学

22. M. Morii et al. “MAXI/GSC image fitting analysis for X-ray sources in LMC and SMC,” 38th COSPAR Scientific Assembly, 2010 年 7 月 18-24 日、Bremen, Germany

23. Y. Nakagawa et al. (共著者 16 人中 9 番目), “The first results of monitoring Galactic magnetar activity with MAXI/GSC, ” 38th COSPAR scientific assembly, 2010 年 7 月 18-24 日, Bremen, Germany

24. M. Sugizaki et al. (共著者 33 人中 14 番目), “MAXI monitoring X-ray transients in the first year,” 38th COSPAR scientific assembly, 2010 年 7 月 18-24 日, Bremen, Germany

25. S. Nakahira et al. (共著者 41 人中 22 番目) “MAXI observations of the black hole candidate XTE J1752-223,” 38th COSPAR scientific assembly, 2010 年 7 月 18-24 日, Bremen, Germany

26. N. Kawai et al. (共著者 34 人中 15 番目)、”X-ray Monitoring of AGN with MAXI,” 38th COSPAR scientific assembly, 2010 年 7 月 18-24 日, Bremen, Germany

27. M. Morii et al. “MAXI/GSC image fitting analysis for transient X-ray sources, ” Deciphering the ancient universe with gamma-ray bursts, 2010 年 4 月 19-23 日, テルサ京都、京都府

28. 森井幹雄、ほか全天X線監視装置チーム、「MAXIによるLMC・SMC領域にある変動天体の観測」、日本天文学会 2010 年春季年会、2010 年 3 月 24-27 日、広島大学

29. 河合誠之、森井幹雄、杉森航介、ほか全天X線監視装置チーム、「Ｘ線全天監視装置MAXIとフェルミによる全天多波長モニター」、日本天文学会 2010 年春季年会、2010 年 3 月 24-27 日、広島大学

30. 中平 聡志、ほかＭＡＸＩチーム（共著者 33 人中 24 番目)、「全天 X 線監視装置 MAXI によるガンマ線バースト/X 線フラッシュの観測結果」日本天文学会 2010 年春季年会、2010 年 3 月 24-27 日、広島大学

31. 中島基樹、ほか全天 X 線監視装置チーム（共著者 30 人中 13 番目)、「MAXI/GSC で観測した Be 型連星 X 線パルサーの X 線強度変動」、日本天文学会 2010 年春季年会、2010 年 3 月 24-27 日、広島大学

32. 山崎恭平、ほか全天 X 線監視装置チーム（共著者 36 人中 21 番目)、「全天 X 線監視装置 MAXI/GSC による星の観測」、日本天文学会 2010 年春季年会、2010 年 3 月 24-27 日、広島大学

33. 杉森航介、森井幹雄、河合誠之、ほか全天X線監視装置チーム、「MAXIによるAGNのX線変動モニター観測」、日本天文学会 2010 年春季年会、2010 年 3 月 24-27 日、広島大学

34. 上野史郎、ほかＭＡＸＩチーム（共著者 32 人中 17 番目)、「全天Ｘ線監視装置 MAXI による活動銀河核の観測」、日本天文学会 2010 年春季年会、2010 年 3 月 24-27 日、広島大学

35. 杉森航介、森井幹雄、河合誠之、ほかMAXIチーム、「MAXI/GSCの軌道上データによるアラインメント較正」、日本天文学会 2010 年春季年会、2010 年 3 月 24-27 日、広島大学

36. 小浜光洋、ほか MAXI チーム（共著者 29 人中 17 番目)、「全天 X 線監視装置 MAXI のデータ公開について」、日本天文学会 2010 年春季年会、2010 年 3 月 24-27 日、広島大学

37. 三原建弘、杉崎睦、中川友進、小浜光洋、松岡勝、鈴木素子、河合誠之、森井幹雄、吉田篤正、山岡和貴、根来均、中島基樹、磯部

直樹ほか MAXIチーム、「全天X線監視装置MAXIのGSC装置の観測状況」、日本天文学会2010年春季年会、2010年3月24-27日、広島大学

38. 森井幹雄、杉森航介、河合誠之、他MAXIチーム、「全天Ｘ線監視装置『MAXI』の観測装置とカメラのアライメント較正」、東京工業大学・物理学グローバルＣＯＥ「ナノサイエンスを拓く量子物理学拠点」公開シンポジウム2009、2009年12月 8-9日、東京工業大学

39. 田中康之、森井幹雄、小林尚人、寺田宏、河合誠之、浅野勝晃、寺沢敏夫、北本俊二、柴崎徳明、高橋忠幸、「Subaru/IRCSによるRRAT J1819-1458に付随するdebris diskの探索」　日本天文学会 2009 年秋季年会、2009年9月14-16日、山口大学

40. 長崎健太、森井幹雄、北本俊二、村上弘志、「RXTE 衛星によるマグネター1E2259+586の長期観測の解析 (II)」、日本天文学会2009年秋季年会、2009年9月14-16日、山口大学

41. 牧島一夫、榎戸輝揚、中川友進、森井幹雄、坂本貴紀、馬場彩、早藤麻美、平賀純子、中島基樹、玉川徹、ほか「すざくマグネター大研究」チーム、「『すざく』によるマグネターの観測:現状と見通し」、日本天文学会2009年秋季年会、2009年9月14-16日、山口大学

42. 上野 史郎、他全天X線監視装置チーム(共著者26人中17番目)、「全天Ｘ線監視装置の開発および運用状況」、日本天文学会2009年秋季年会、2009年9月14-16日、山口大学

43. 三原建弘、杉崎睦、中川友進、小浜光洋(理研)、松岡勝、鈴木素子、河合誠之、森井幹雄、吉田篤正、山岡和貴、根来均、中島基樹、磯部直樹、 ほか MAXIチーム、「全天X線監視装置MAXIのGSC装置の初期観測結果」、日本天文学会2009年秋季年会、2009年9月14-16日、山口大学

44. 森井幹雄、河合誠之、杉森航介(東工大)、松岡勝、上野史郎、冨田洋、鈴木素子(宇宙機構)、三原建弘、杉崎睦(理研)、吉田篤正(青学大)、磯部直樹(京大)、ほかMAXIチーム、「MAXI/GSCのコリメータ応答関数の開発」、日本天文学会2009年秋季年会、2009年9月14-16日、山口大学

45. M. Morii et al. “Suzaku spectroscopy of a magnetar 1E 1841-045 and search for NIR pulsation of a magnetar 4U 0142+61,” The Energetic Cosmos: from Suzaku to Astro-H, 2009年6月29日、グランドパーク小樽

６．研究組織

(1)研究代表者

森井　幹雄 (MORII MIKIO)

東京工業大学・大学院理工学研究科・グローバルＣＯＥ研究員

研究者番号：90392810