

衛星と地上観測機関の連携による ガンマ線バーストの研究

(研究課題番号 : 09640368)

平成9年度～平成12年度
科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))
研究成果報告書

平成13年3月

研究代表者 : 山内 誠
(宮崎大学工学部助教授)

はじめに

宇宙のある場所から突然ガンマ線を放射するガンマ線バーストと呼ばれる現象は1967年に発見されて以来約35年にもなるが、いまだに謎に包まれた現象である。特に1991年に打ち上げられたNASAのCGRO(コンプトンガンマ線天文台)搭載のBATSE検出器が観測したバースト源の分布は、等方的でありながら空間的には非一様であった。これはバーストの発生天体が銀河系外の宇宙論的な遠方に位置するか、銀河系をとりまく巨大なハローに分布するか、あるいは、太陽系のごく近傍に起源があるか、という距離スケールが非常に異なる3つのモデルを示唆することになり、この距離によって実際に放出されているエネルギーの見積りが何桁も違ってくる。

このように、ガンマ線バーストの研究が混乱状態にある理由として、いつ、どこでバーストが発生するのか全く予測できないために詳細な観測が難しいということがあげられる。そこで我々は空の広い範囲を常時監視し、バースト源の位置を正確に特定するとともに、広い波長域にわたってバースト天体を観測してその正体を解明する必要がある。

上記の目的を達成するためにガンマ線、X線、紫外線に感度のある3種類の観測器を搭載したHETE(高エネルギートランジェント天体観測)衛星がアメリカ、フランス、日本の国際協力により1996年に打ち上げられた。しかしながらこの衛星はロケットとの切り放しに失敗したため、装置を稼働させることはできずに終わった。そこで我々は衛星の再打ち上げを目指し、すぐにHETE-II衛星の実現を提案した。

HETE-II衛星には、ガンマ線、硬X線、軟X線、近紫外線の観測器が搭載され、X線観測器では約数分角、近紫外線観測器では数秒角の精度でバースト発生位置を決定することができる。HETE-II衛星ではこれらの位置決定は機上で即座に行なわれ、その結果を常時地上へ放送するので、地上の他波長の観測所や他の人工衛星での観測開始に要する時間が飛躍的に短くなり、多波長で同時にガンマ線バーストの研究をおこなうことが可能となる。

本研究では、HETE-II衛星に搭載する観測装置の設計と試験、校正データの取得や解析ソフトの整備、衛星運用のための地上局の整備と運用手順の確立といった、HETE-II衛星実現のための研究が主であるが、HETE-II衛星と主目的が同じである国際宇宙ステーション搭載用の観測装置(MAXI)の開発にも取り組んだ。また、HETE-II衛星と連携して大型望遠鏡を擁する天文台や電波天文台による追観測を推進するために、衛星からの情報が即座にインターネットを通して各機関に通報されるような態勢を整えた。しかしながらこのように大型の観測機関では、観測スケジュールなどの制約から、直ちに観測対象を変更することは難しい。このため、ガンマ線バーストの追観測までにかかる時間が長く、対応天体の光度が検出限界以下になってしまうことも考えられる。そこで我々はインターネットを通して入ってくる情報をもとに自動観測を行なう小型の望遠鏡システムの構築も行なった。小型の望遠鏡では検出限界という点では不利になるが、すばやく追観測ができるので、対応天体の光度が高いうちに観測することになり、その発見の可能性が高くなるものと考えられる。

HETE-II衛星は2000年10月9日、NASAによって予定の軌道に打ち上げられ、種々の試験の結果、順調に動作していることが確認された。またこの間の試験観測、およびその後の定常観測において、2001年3月26日の時点までにガンマ線バーストらしき現象を20例発見し、そのうち10例は他の衛星などによって確認されている。これらのイベントについてはより詳細な解析を続けており、今後ますます観測例が増えるものと期待される。

本研究の遂行にあたっては、分担者だけでなく、国際共同研究の共同研究者や理化学研究所、宇宙科学研究所、宇宙開発事業団、大阪大学の共同研究者の方々から多大なご助力を頂いた。ここに深く感謝する次第である。

研究組織

研究代表者：山内 誠 (宮崎大学工学部助教授)
研究分担者：高岸 邦夫 (宮崎大学工学部教授)
研究分担者：廿日出 勇 (宮崎大学工学部助教授)
研究分担者：吉田 篤正 (理化学研究所 宇宙放射線研究室 前任研究員)

研究経費

平成 9 年度	1,800 千円
平成 10 年度	500 千円
平成 11 年度	600 千円
平成 12 年度	600 千円
計	3,500 千円

研究発表

(1) 学会誌等

“Search for an X-Ray Counterpart to a Gamma-Ray Burst GRB 940217 with ASCA”
F. Tokanai et al., Publications of the Astronomical Society of Japan, 49 · 2, pp.207-212, (1997)

“A Search for an X-Ray Counterpart to the Extremely Bright 1993 January 31 Gamma-ray Burst”
R. Shibata et al., The Astrophysical Journal, 486 · 2, pp.938-943, (1997)

“An X-Ray Afterglow from GRB970828 Observed with ASCA”
A. Yoshida et al., Proceedings of the American Institute of Physics Conference, 428, pp.441-, (1998)

“正体をみせはじめたガンマ線バースト”
吉田篤正 et al., 岩波書店「科学」, 67 · 12, pp.891-893, (1997)

“Possible X-Ray Counterparts to Gamma-Ray Bursts; GRB930131 and GRB940217”
R. Shibata et al., The hot universe ;Proceedings of 23rd IAU General Assembly, , pp.459-, (1998)

“X-Ray Spectral Characteristics of Ginga Gamma-Ray Bursts”
T.E. Strohmayer et al., The Astrophysical Journal, 500 · 2, pp.873-887, (1998)

“ASCA Discovery of an X-Ray Pulsar in the Error Box of SGR 1900+14”
K. Hurley et al., The Astrophysical Journal Letters, 510 · 2, pp.111-114, (1999)

“Accurate Position of SGR 1900+14 by Bursts and Changes in Pulse Period and Folded Pulse Profile with ASCA”
T. Murakami et al., The Astrophysical Journal Letters, 510 · 2, pp.119-122, (1999)

“MAXI Mission for the Space Station”

M. Matsuoka et al., Proceedings of the American Institute of Physics Conference, 458, pp.163-168, (1999)

“Resonant Cyclotron Radiation Transfer Model FITS to Spectra from Gamma-Ray Burst GRB870303”

P.E.Freeman et al., The Astrophysical Journal, 524 · 2, pp.772-793, (1999)

“Statistical Analysis of Spectral Line Candidates in Gamma-Ray Burst GRB870303”

P.E.Freeman et al., The Astrophysical Journal, 524 · 2, pp.753-771, (1999)

“Gamma-Ray Bursts and Relativistic Shells: The Surface Filling Factor”

E.E.Fenimore et al., The Astrophysical Journal, 512 · 2, pp.683-692, (1999)

“X-ray Detectors and Calibration System for the MAXI Mission”

K.Torii et al., The proceedings of SPIE International Conference, 3765, pp.636-644, (1999)

“The X-ray CCD camera of the MAXI experiment on the ISS/JEM”

E.Miyata et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 436, pp.91-95, (1999)

“Dense matter around a gamma-ray burst ?”

A.Yoshida et al., Astronomische Nachrichten, 320 · 4, pp.263-264, (1999)

“MAXI Mission for the Space Station and ASM Future”

M.Matsuoka et al., Astronomische Nachrichten, 320 · 4, pp.275-276, (1999)

“Monitor of All-sky X-ray Image(MAXI) for JEM on the International Space Station”

N.Kawai et al., Astronomische Nachrichten, 320 · 4, pp.372-372, (1999)

“Wide-field X-ray monitor for HETE-II”

Y.Shirasaki et al., Astronomische Nachrichten, 320, pp.381-381, (1999)

“Wide-field X-ray Monitor on HETE-2”

N.Kawai et al., Astronomy and Astrophysics Supplement, 138, pp.563-564, (1999)

“What did ASCA see in the GRB 970828 afterglow?”

A.Yoshida et al., Astronomy and Astrophysics Supplement, 138, pp.433-434, (1999)

“Observation of GRB afterglows with MAXI on JEM/ISS”

A.Yoshida et al., Astronomy and Astrophysics Supplement, 138, pp.439-440, (1999)

“Observation of X-ray lines from a gamma-ray burst (GRB 991216): Evidence of moving ejecta from the progenitor”

L.Piro et al., Science, 290, pp.955-958, (2000)

“Upper Limits of Iron Line Flux in X-Ray Afterglow of Two Gamma-Ray Bursts with ASCA”

D.Yonetoku et al., Publ. of the Astronomical Society of Japan, 52 · 3, pp.509-513, (2000)

“ASCA Observation of the Quiescent X-Ray Counterpart to SGR 1627-41”

K.Hurley et al., The Astrophysical Journal Letters, 528 · 1, pp.21-23, (2000)

“Monitor of All-Sky X-Ray Image (MAXI)”

T.Mihara et al., Proc. of AIP Int. Conf. on “Space Technology and Applications”, 504, pp.181-186, (2000)

“Performance of the wide-field x-ray monitor on board the High-Energy Transient Explorer 2”

Y.Shirasaki et al., Proc. of SPIE Int. Conf. on “X-Ray Optics, Instruments, and Missions III”, 4012, pp.166-177, (2000)

“The MAXI mission on the International Space Station”

H.Tomida et al., Proc. of SPIE Int. Conf. on “X-Ray Optics, Instruments, and Missions III”, 4012, pp.178-185, (2000)

“Wide-field X-ray Monitor for HETE-II”

Y.Shirasaki et al., Advances in Space Research, 25 · 3-4, pp.893-896, (2000)

“MAXI (Monitor of All-sky X-ray Image) for JEM on the International Space Station”

T.Mihara et al., Advances in Space Research, 25 · 3-4, pp.897-900, (2000)

(2) 口頭発表

“国際宇宙ステーション搭載 全天X線監視装置 MAXI”

三原建弘, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 小谷太郎, 根来均, Rubin Brad, 清水裕彦, 常深博, 北本俊二, 林田清, 宮田恵美, 橋本谷磨志, 山内誠
日本物理学会 秋の分科会, 1997年9月

“宇宙ステーション搭載「全天X線監視装置」(MAXI)”

三原建弘, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 小谷太郎, 根来均, 窪秀利, Rubin Brad, 清水裕彦, 常深博, 北本俊二, 林田清, 宮田恵美, 橋本谷磨志, 吉田久美, 山内誠
日本天文学会秋季年会, 1997年9月29日-10月1日

“宇宙ステーション搭載 全天X線監視装置 MAXI”

三原建弘, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 小谷太郎, 根来均, Rubin Brad, 常深博, 北本俊二, 林田清, 宮田恵美, 橋本谷磨志, 吉田久美, 山内誠
科学衛星シンポジウム, 1997年10月

“HETE 2 計画の進行状況”

吉田篤正, 松岡勝, 河合誠之, 白崎祐治, 高岸邦夫, 山内誠, 廿日出勇, George R. Ricker
日本天文学会春季年会, 1998年3月16-18日

“宇宙ステーション搭載「全天X線監視装置(MAXI)」”

根来均, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 三原建弘, 小谷太郎, 窪秀利, 白崎祐治, Rubin brad, 常深博, 北本俊二, 林田清, 宮田恵美, 鳥居研一, 橋本谷磨志, 吉田久美, 山内誠
日本天文学会春季年会, 1998年3月16-18日

“宇宙ステーション搭載 全天X線監視装置(MAXI) II”

河合誠之, 松岡勝, 吉田篤正, 三原建弘, 小谷太郎, 根来均, 窪秀利, 白崎祐治, 常深博, 北本俊二,

林田清, 宮田恵美, 鳥居研一, 橋本谷磨志, 吉田久美, 山内誠

日本物理学会 第53回年会, 1998年3月30日-4月2日

“国際宇宙ステーション搭載全天X線監視装置 (MAXI) III”

鳥居研一, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 三原建弘, 小谷太郎, 根来均, 窪秀利, 白崎裕治, Rubin Brad, 松本浩典, 桜井郁也, 並木雅章, 常深博, 北本俊二, 林田清, 宮田恵美, 橋本谷磨志, 吉田久美, 橋本康明, 山内誠

日本物理学会 秋の分科会, 1998年10月3-6日

“ガンマ線バースト観測衛星 HETE 2 の現状 II”

白崎裕治, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 桜井郁也, 並木雅章, 山内誠, 高岸邦夫, 廿日出勇, George R. Ricker, 他 HETE2 チーム

日本物理学会 秋の分科会, 1998年10月3-6日

“宇宙ステーション搭載 「全天X線監視装置 (MAXI) III」 ”

窪秀利, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 三原建弘, 小谷太郎, 根来均, 白崎裕治, Rubin Brad, 松本浩典, 桜井郁也, 並木雅章, 常深博, 北本俊二, 林田清, 宮田恵美, 橋本谷磨志, 吉田久美, 橋本康明, 鳥居研一, 山内誠

日本天文学会秋季年会, 1998年10月1-3日

“ガンマ線バースト観測衛星 HETE 2 搭載用X線検出器の特性”

並木雅章, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 白崎裕治, 桜井郁也, 山内誠, 高岸邦夫, 廿日出勇, E.E.Fenimore, M.Galassi

日本天文学会秋季年会, 1998年10月1-3日

“The X-ray CCD camera of the MAXI Experiment on the JEM/SSC”

E.Miyata, H.Tsunemi, Y.Hashimoto, H.Ogata, D.Akutsu, K.Yoshita, K.Torii, M.Matsuoka, N.Kawai, A.Yoshida, T.Mihara, T.Kotani, H.Negoro, H.Kubo, H.Matsumoto, Y.Shirasaki, B.C.Rubin, I.Sakurai, M.Yamauchi

Int. Symp. on Solid State Detectors for the 21st Century, 1998年12月

“MAXI(全天X線監視装置) の試作検出器とX線較正施設”

河合誠之, 松岡勝, 吉田篤正, 三原建弘, 小谷太郎, 根来均, 白崎裕治, 松本浩典, 桜井郁也, 並木雅章, 常深博, 宮田恵美, 吉田久美, 鳥居研一, 山内誠

日本天文学会春季年会, 1999年3月25-27日

“ガンマ線バースト観測衛星 HETE2 搭載用X線検出器の特性 II”

並木雅章, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 白崎裕治, 桜井郁也, 山内誠, 高岸邦夫, 廿日出勇, E.E.Fenimore, M.Galassi

日本天文学会春季年会, 1999年3月25-27日

“MAXI 試作検出器とX線較正施設”

桜井郁也, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 三原健弘, 小谷太郎, 根来均, 白崎裕治, 松本浩典, 並木雅章, 常深博, 北本俊二, 林田清, 宮田恵美, 吉田久美, 橋本康明, 鳥居研一, 山内誠

日本物理学会第54回年会, 1999年3月28-31日

“ガンマ線バースト観測衛星 HETE2 搭載用X線検出器の特性 III”

並木雅章, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 白崎裕治, 桜井郁也, 山内誠, 高岸邦夫, 廿日出勇, E.E.Fenimore, M.Galassi

日本物理学会第 54 回年会, 1999 年 3 月 28-31 日

“HETE 地上局”

山内誠, 高岸邦夫, 廿日出勇, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正
理研シンポジウム, 1999 年 6 月

“ガンマ線バースト観測衛星 HETE2 の現状と広視野 X 線モニター (WXM) の特性”

白崎裕治, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 並木雅章, 山内誠, 高岸邦夫, 廿日出勇, E.E.Fenimore,
M.Galassi

日本物理学会秋の分科会, 1999 年 9 月 24-27 日

“国際宇宙ステーション搭載全天 X 線モニター (MAXI) 用検出器と較正用 X 線ビームライン”

富田洋, 松岡勝, 鳥居研一, 杉崎睦, 上野史郎, 常深博, 宮田恵美, 林田清, 北本俊二, 阿久津大
介, 森浩二, 吉田久美, 山内誠, 河合誠之, 吉田篤正, 三原健弘, 白崎裕治, 桜井郁也, 根来均

日本物理学会秋の分科会, 1999 年 9 月 24-27 日

“比例計数管ガス増幅率の X 線吸収位置への依存性”

三原建弘, 白崎裕治, 桜井郁也, 鎌江稔員, 並木雅章, 河合誠之, 吉田篤正, 松岡勝, 杉崎睦
日本物理学会秋の分科会, 1999 年 9 月 24-27 日

“比例計数管ガス増幅率の X 線吸収位置への依存性”

桜井郁也, 三原建弘, 白崎裕治, 鎌江稔員, 並木雅章, 河合誠之, 吉田篤正, 松岡勝, 杉崎睦
日本天文学会秋季年会, 1999 年 10 月 7-9 日

“HETE2 計画の進行状況 II”

吉田篤正, 河合誠之, 白崎裕治, 並木雅章, 松岡勝, 山内誠, 高岸邦夫, 廿日出勇, G.R.Ricker,
他 HETE2 チーム

日本天文学会秋季年会, 1999 年 10 月 7-9 日

“国際宇宙ステーション搭載全天 X 線監視装置 (MAXI) の開発”

杉崎睦, 松岡勝, 鳥居研一, 上野史郎, 富田洋, 河合誠之, 吉田篤正, 三原建弘, 根来均, 白崎裕
治, 桜井郁也, 常深博, 宮田恵美, 山内誠, 田中勲

日本天文学会秋季年会, 1999 年 10 月 7-9 日

“国際宇宙ステーション搭載全天 X 線監視装置 (MAXI) 搭載用 CCD カメラの開発”

宮田恵美, 阿久津大介, 夏莉権, 森浩二, 大谷正之, 常深博, 鳥居研一, 富田洋, 上野史郎, 杉崎睦,
松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 三原建弘, 根来均, 白崎裕治, 桜井郁也, 山内誠, 田中勲

日本天文学会秋季年会, 1999 年 10 月 7-9 日

“宇宙ステーション搭載用 X 線検出器の試作”

本田憲一, 松尾康生, 山内誠

第 105 回日本物理学会九州支部例会, 1999 年 11 月 27 日

“The MAXI Mission”

K.Torii, M.Matsuoka, M.Sugizaki, H.Tomida, S.Ueno, W.Yuan, N.Kawai, T.Mihara, A.Yoshida,
H.Tsunemi, E.Miyata, H.Negoro, I.Sakurai, Y.Shirasaki, D.Akutsu, K.Hayashida, S.Kitamoto,
K.Mori, H.Ogata, K.Yoshita, M.Yamauchi

Japan-Germany Workshop on AGN and the X-ray background, 1999 年 11 月 1-3 日

“HETE2 計画の現状”

白崎裕治, 河合誠之, 吉田篤正, 並木雅章, 松岡 勝, 山内 誠 高岸邦夫 廿日出 勇
第 8 回 科学衛星・宇宙観測シンポジウム, 2000 年 2 月 28 日-3 月 1 日

“programable logic を用いた CCD 駆動装置の開発”

夏莉権, 阿久津大介, 宮田恵美, 浅沼, 大谷, 常深博, 能町, 鳥居研一, 富田洋, 上野史郎, 杉崎睦美, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 三原建弘, 根来均, 白崎裕治, 桜井郁也, 山内誠, 田中勲
日本物理学会春の分科会, 2000 年 3 月 30 日-4 月 2 日

“国際宇宙ステーション搭載全天 X 線監視装置 (MAXI) の開発”

上野史郎, 松岡 勝, 鳥居研一, 杉崎 睦, 富田 洋, 白崎裕治, 小松茂則, Weimin Yuan, 河合誠之, 吉田篤正, 三原建弘, 根来 均, 桜井郁也, 常深 博, 宮田恵美, 山内 誠 鎌江稔員, 田中 勲
日本天文学会春季年会, 2000 年 4 月 2-5 日

“国際宇宙ステーション搭載全天 X 線監視装置 (MAXI) 搭載用 CCD カメラの開発 (II)”

宮田恵美, 阿久津大介, 草莉 権, 大谷正之, 常深 博, 鳥居研一, 富田 洋, 上野史郎, 杉崎 睦, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 三原建弘, 根来 均, 白崎裕治, 桜井郁也, 山内 誠 田中 勲
日本天文学会春季年会, 2000 年 4 月 2-5 日

“全天 X 線監視装置搭載用ガス比例計数管の特性”

白崎裕治, 鳥居研一, 杉崎睦, 富田洋, 上野史郎, 小松茂則, 松岡勝, 河合誠之, 吉田篤正, 三原建弘
航空宇宙学会 第 16 回宇宙ステーション講演会, 2000 年 4 月

“全天 X 線監視装置搭載用 X 線 CCD の特性”

富田洋, 鳥居研一, 杉崎睦, 上野史郎, 白崎裕治, 小松茂則, 松岡勝, 常深博, 宮田恵美
航空宇宙学会 第 16 回宇宙ステーション講演会, 2000 年 4 月

“ガス比例計数管ガス増幅率の X 線吸収位置への依存性 III”

白崎裕治, 三原建弘, 桜井郁也, 河合誠之, 吉田篤正, 松岡勝, 杉崎睦, 蒲江稔員, 中川道夫
日本物理学会第 55 回年会, 2000 年 9 月 22-25 日

“国際宇宙ステーション搭載全天 X 線監視装置用 CCD カメラ (SSC) の開発”

富田洋, 松岡勝, 上野史郎, 鳥居研一, 杉崎睦, 坂野正明, 白崎裕治, Yuan Weimin, 常深博, 宮田恵美, 夏莉権, 鎌塚友幸, 河合誠之, 吉田篤正, 三原建弘, 上橋雅志, 田中勲
日本物理学会第 55 回年会, 2000 年 9 月 22-25 日

“HETE2 計画の進行状況 III”

河合誠之, 吉田篤正, 松岡 勝, 白崎裕治, 山内 誠 高岸邦夫 廿日出 勇 George R. Ricker, 他、
HETE2 チーム
日本天文学会秋季年会, 2000 年 10 月 5-7 日

“国際宇宙ステーション搭載全天 X 線監視装置 (MAXI) 搭載用大面積位置敏感型ガス比例計数管の開発”

杉崎睦, 白崎裕治, 松岡勝, 三原建弘, 桜井郁也, 河合誠之, 吉田篤正
日本天文学会秋季年会, 2000 年 10 月 5-7 日

研究成果

本研究により発表した研究代表者や分担者による主な論文と口頭発表の集録を以下に転載する。

“Wide-field X-ray Monitor on HETE-2” N.Kawai et al., <i>Astronomy and Astrophysics Supplement</i> , Vol.138, pp.563-564 (1999)	1
“Performance of the wide-field x-ray monitor on board the High-Energy Transient Explorer 2” Y.Shirasaki et al., <i>Proc. of SPIE</i> , Vol.4012, pp.166-177 (2000)	3
“HETE 地上局” 山内誠 他, 理研シンポジウム, 1999年6月	15
“GRB010213” G.Ricker et al., http://space.mit.edu/HETE/Bursts/GRB010213/	19
“MAXI Mission for the Space Station and Future ASM” M.Matsuoka et al., <i>Astronomische Nachrichten</i> , Vol.320, No.4, pp.275-276 (1999)	23
“Monitor of All-sky X-ray Image(MAXI) for JEM on the International Space Station” N.Kawai et al., <i>Astronomische Nachrichten</i> , Vol.320, No.4, p.372 (1999)	25
“Observation of GRB afterglows with MAXI on JEM/ISS” A.Yoshida et al., <i>Astronomy and Astrophysics Supplement</i> , Vol.138, pp.439-440 (1999)	26
“X-ray Detectors and Calibration System for the MAXI Mission” K.Torii et al., <i>Proc. of SPIE</i> , Vol.3765, pp.636-644 (1999)	28
“The MAXI mission on the International Space Station” H.Tomida et al., <i>Proc. of SPIE</i> , Vol.4012, pp.178-185 (2000)	37
“The X-ray CCD camera of the MAXI experiment on the ISS/JEM” E.Miyata et al., <i>Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A</i> , Vol.436, pp.91-95 (1999)	45
“What did ASCA see in the GRB 970828 afterglow?” A.Yoshida et al., <i>Astronomy and Astrophysics Supplement</i> , Vol.138, pp.433-434 (1999)	50
“Dense matter around a gamma-ray burst ?” A.Yoshida et al., <i>Astronomische Nachrichten</i> , Vol.320, No.4, pp.263-264 (1999)	52