



「きぼう」に搭載された全天エックス線監視装置(MAXI)と
米国スウィフト衛星を用いた観測による成果論文の
英科学誌「ネイチャー」への掲載について

巨大ブラックホールに星が吸い込まれる
瞬間を世界で初めて観測

宇宙航空研究開発機構
理化学研究所ほかMAXIミッションチーム
全天X線監視装置(MAXI)ミッションチーム 河合 誠之
(東京工業大学・教授、理化学研究所客員研究員)

2011年8月24日



発表論文

“Relativistic jet activity
from the tidal disruption of a star
by a massive black hole”

「巨大ブラックホールによる恒星の潮汐破壊で発生した相対論的ジェット活動」

Nature誌 8月25日発行 (日本における報道解禁: 8月25日午前2時)

•責任著者:

- David Burrows(デイビッド・バロウズ:米国、ペンシルバニア州立大学)

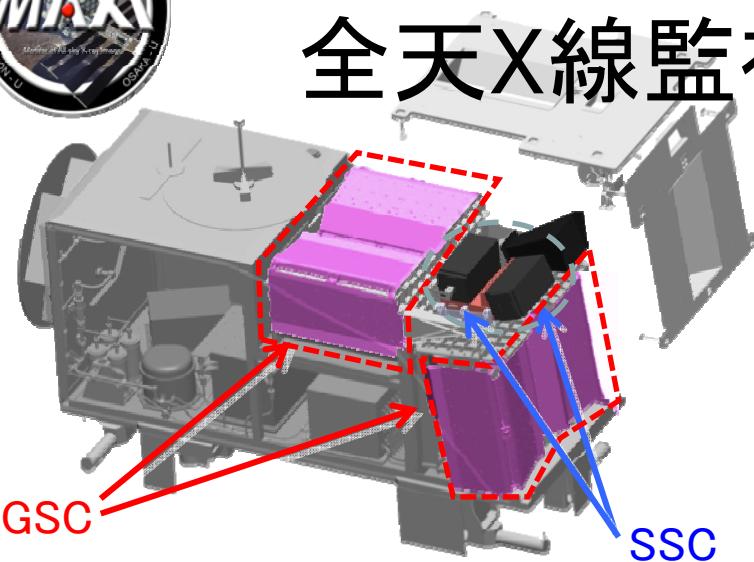
•共著者(MAXIチーム):

- 東京工業大学: 河合誠之、薄井竜一
- 理化学研究所: 杉崎 瞳、(河合誠之)
- 京都大学: 上田佳宏、廣井和雄
- 日本大学: 根來 均



論文概要

- ・「きぼう」搭載全天エックス線監視装置(MAXI: マキシ)、米国のガンマ線バースト観測衛星(Swift: スウィフト)が、超巨大ブラックホールに星が吸い込まれる瞬間を世界で初めて観測
- ・ふだんは暗い「眠った」ブラックホールからジェットが突然発生。吸い込まれた星の一部が相対論的ジェットとなって宇宙へ噴出



全天X線監視装置MAXIの概要

GSC (Gas Slit Camera)

- 12台の大型キセノン比例計数管を搭載
- 5350cm^2 、検出範囲 2–30keV
- 従来の同様な装置の数倍の感度

SSC (Solid-state Slit Camera)

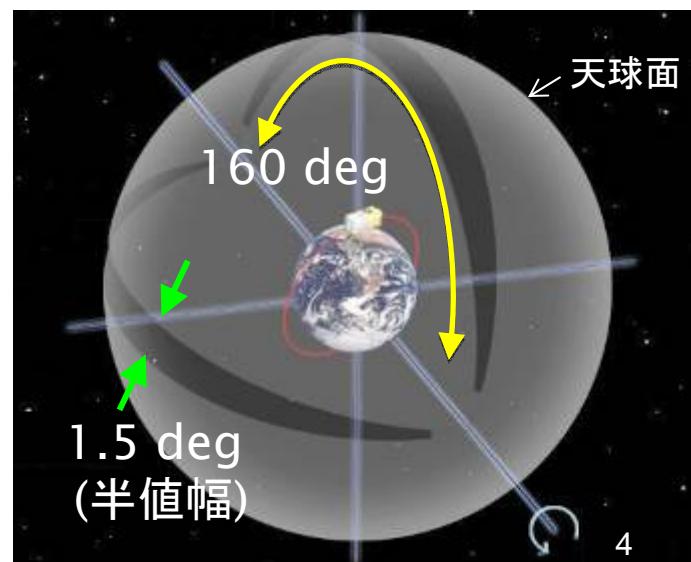
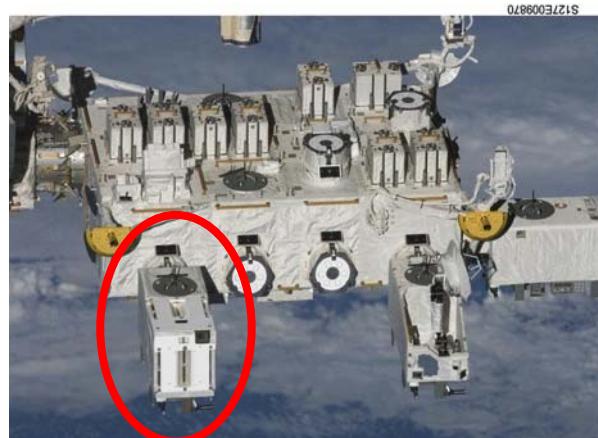
- 国産 X線CCDを32枚使用
- 200cm^2 、検出範囲 0.5–12keV
- -60°C に冷却
- 初めて全天のX線輝線をマッピング

- JAXA-RIKENの共同プロジェクト。
関係大学も含む「MAXIチーム」により開発。

代表研究者：松岡勝

(JAXAプロジェクト共同研究員、RIKEN特別顧問)

- 2009年7月、スペースシャトル(2J/A)で打上げ。
- JEMきぼう船外実験
プラットホーム搭載。
- ISS地球周回運動を利用して、駆動装置なしに
全天走査。
- 2年以上の運用を目指。





MAXIの科学目標

- 新X線源や既知天体の新しい活動の発見と速報
- X線天体の長期的な変動の調査
- 全天のX線源や、広がったX線放射の地図作り(マッピング)
- 対象となる天体
 - ブラックホール(恒星サイズから超巨大なものまで)
 - 中性子星
 - 活動的な恒星
 - ガンマ線バースト
 - 銀河系内外の高温ガス(超新星残骸、銀河団ガスなど)

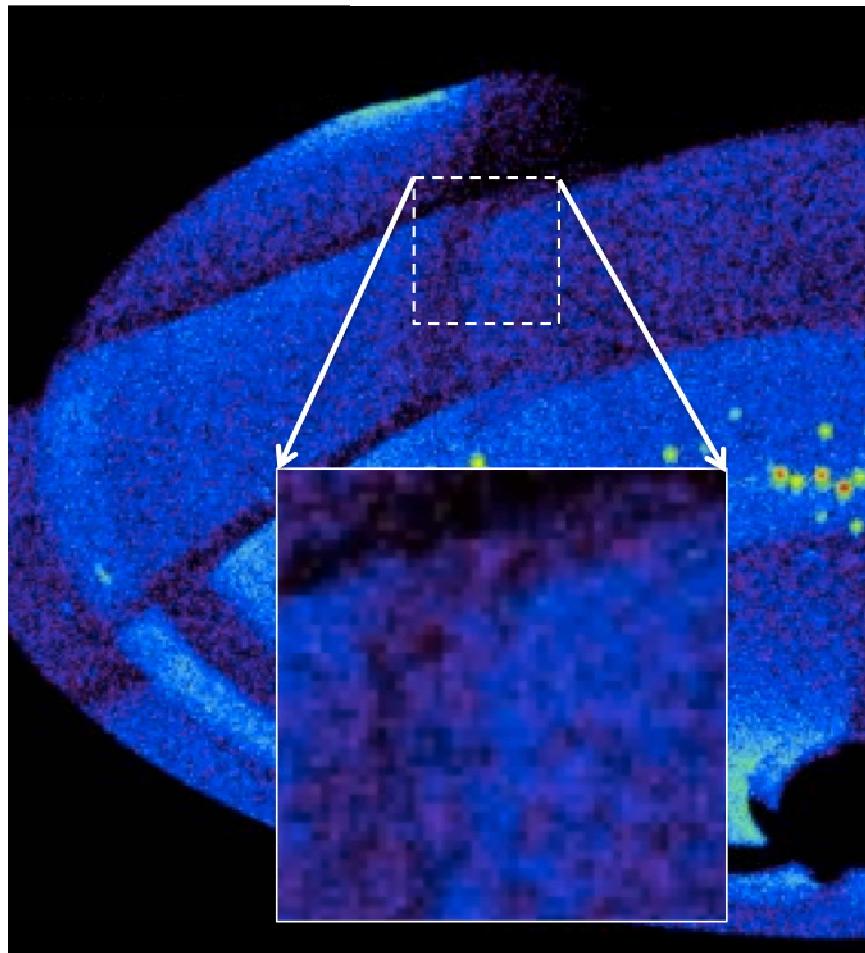


MAXIによる全天エックス線地図

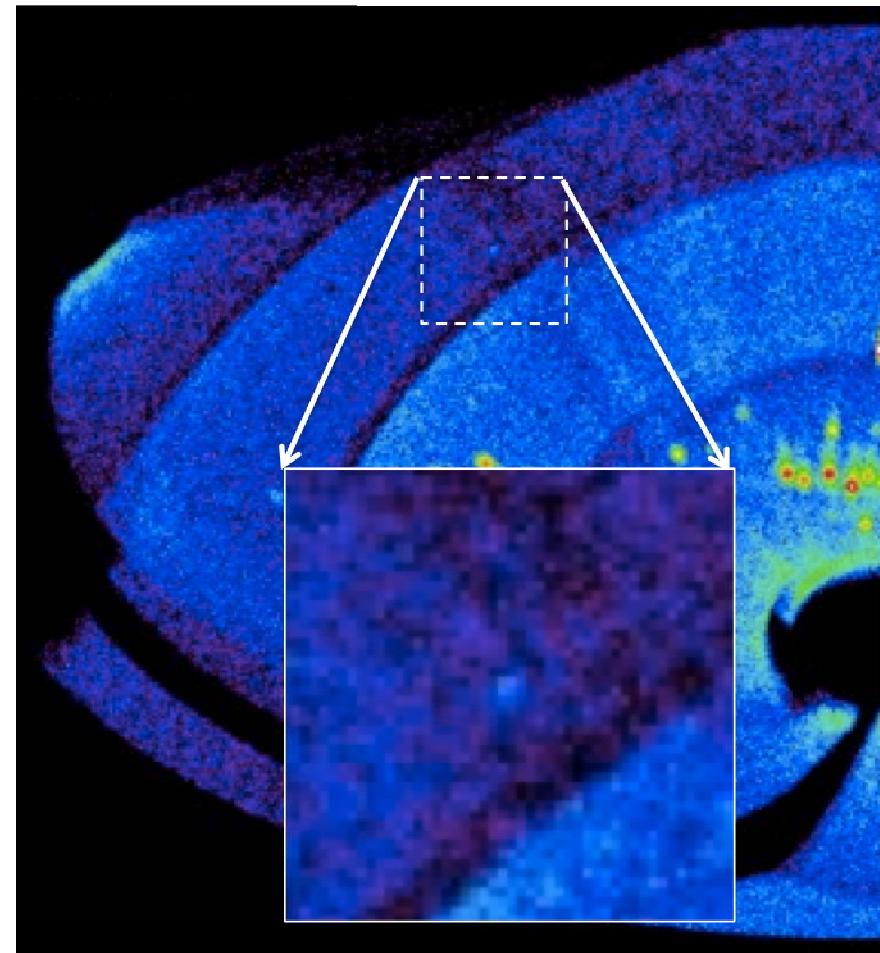




MAXIによる発見



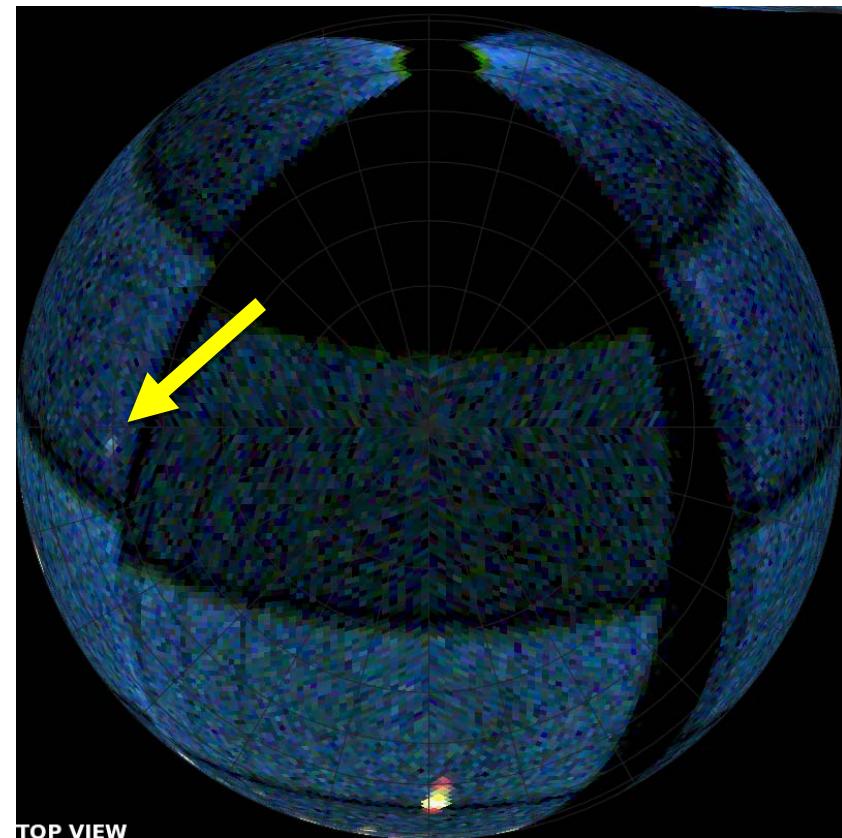
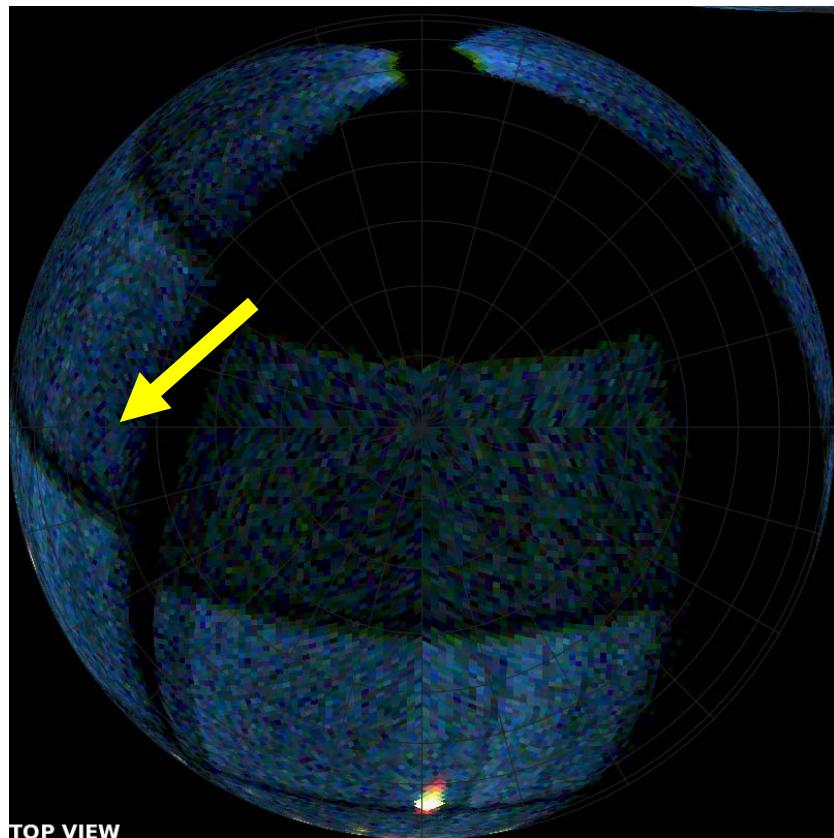
2011年3月21日



2011年3月29日



出現前後の比較

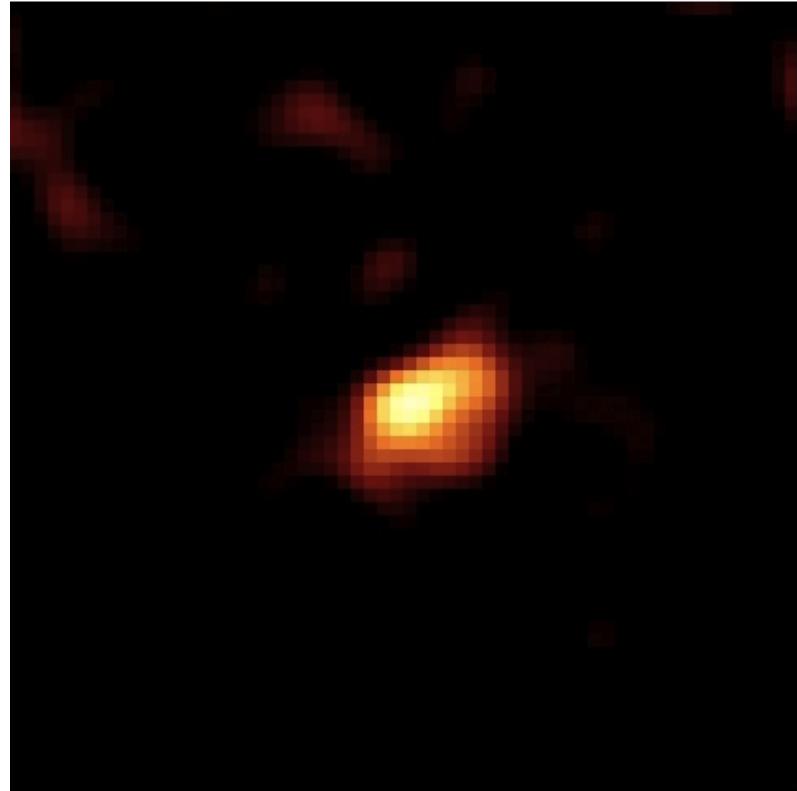




MAXIの高感度画像による比較



2009年9月1日～2010年3月31日の期間の画像。Swift J1644+57からのX線放射はまったく観測されていない。

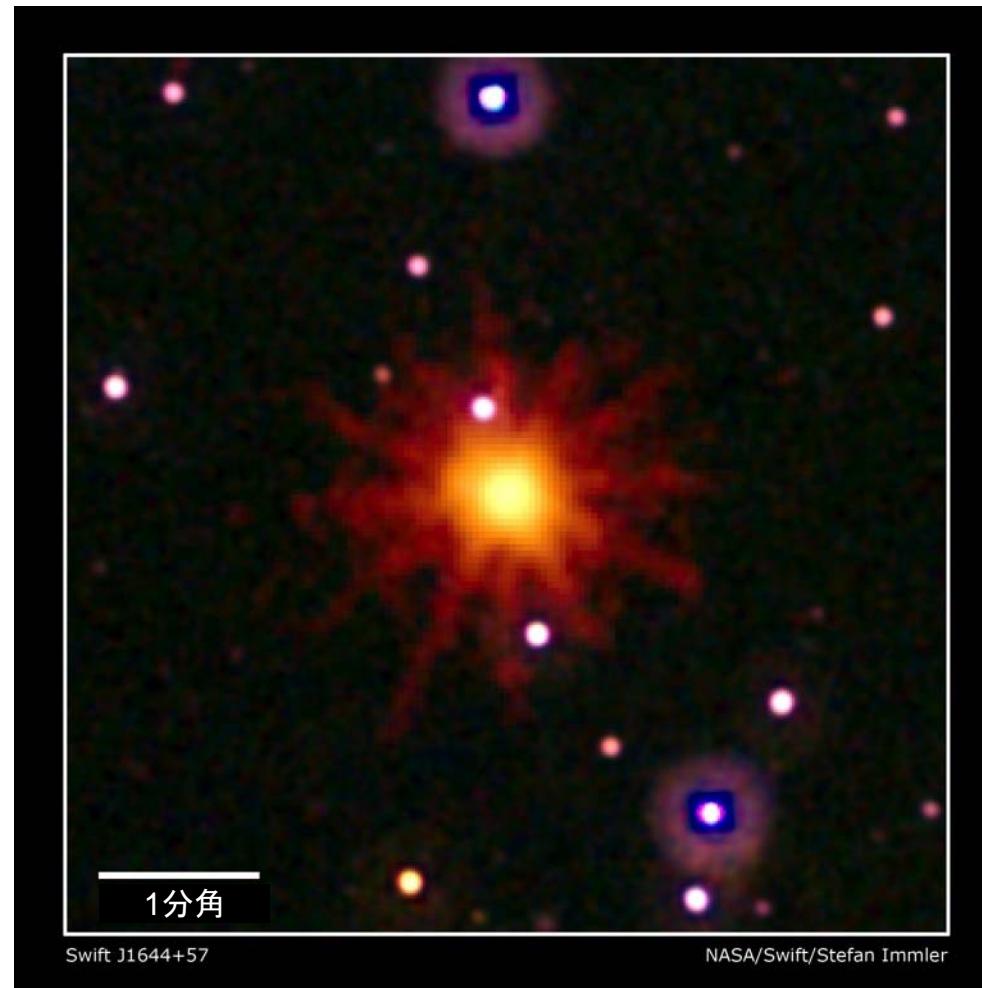


2011年3月28日～4月3日の画像。図の中心に明るい像が Swift J1644+57。(注意:天体の形状は、カメラの性能のために、本当は点状)



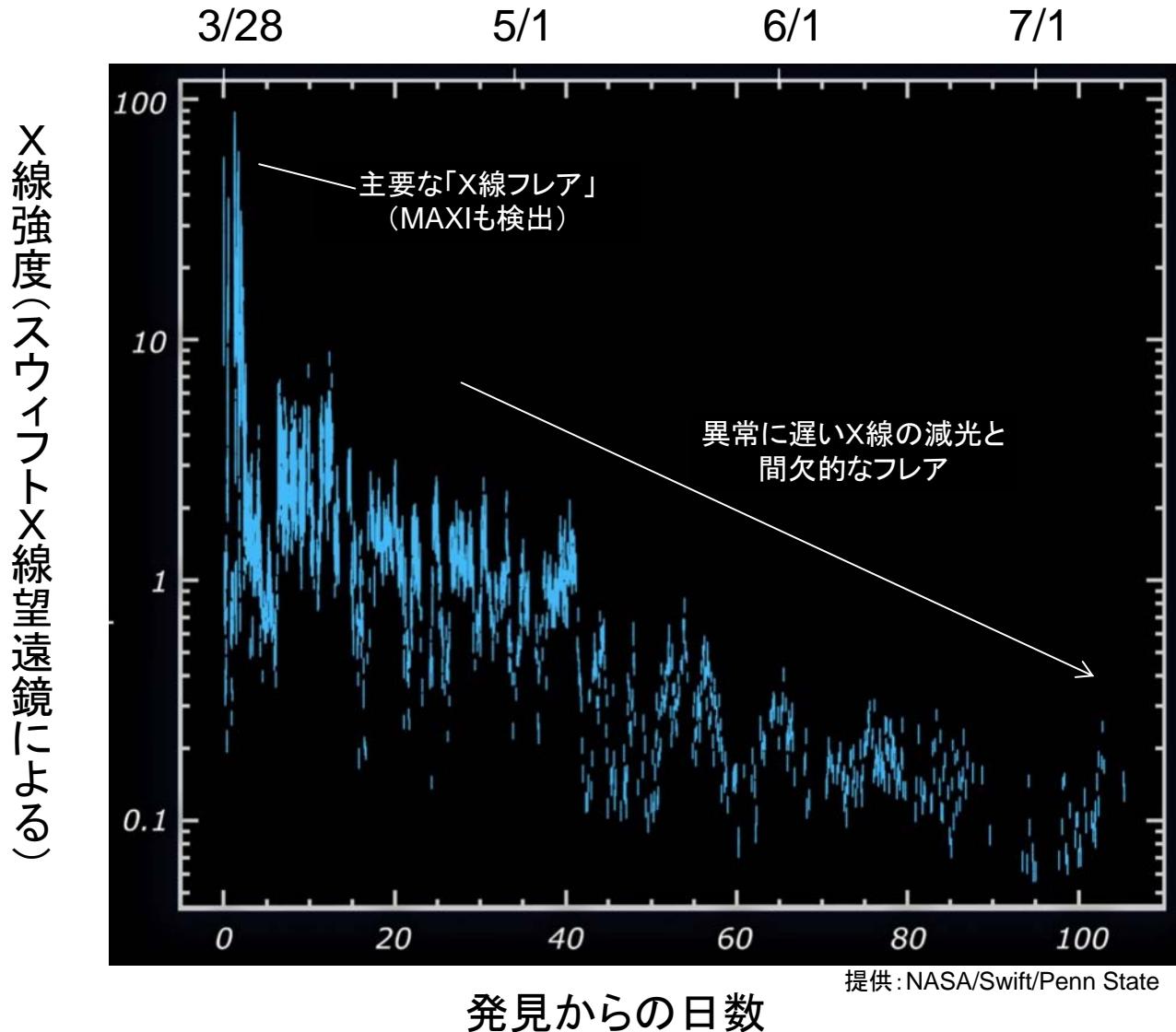
Swift による画像

(X線望遠鏡と紫外可視光望遠鏡による画像を合成)



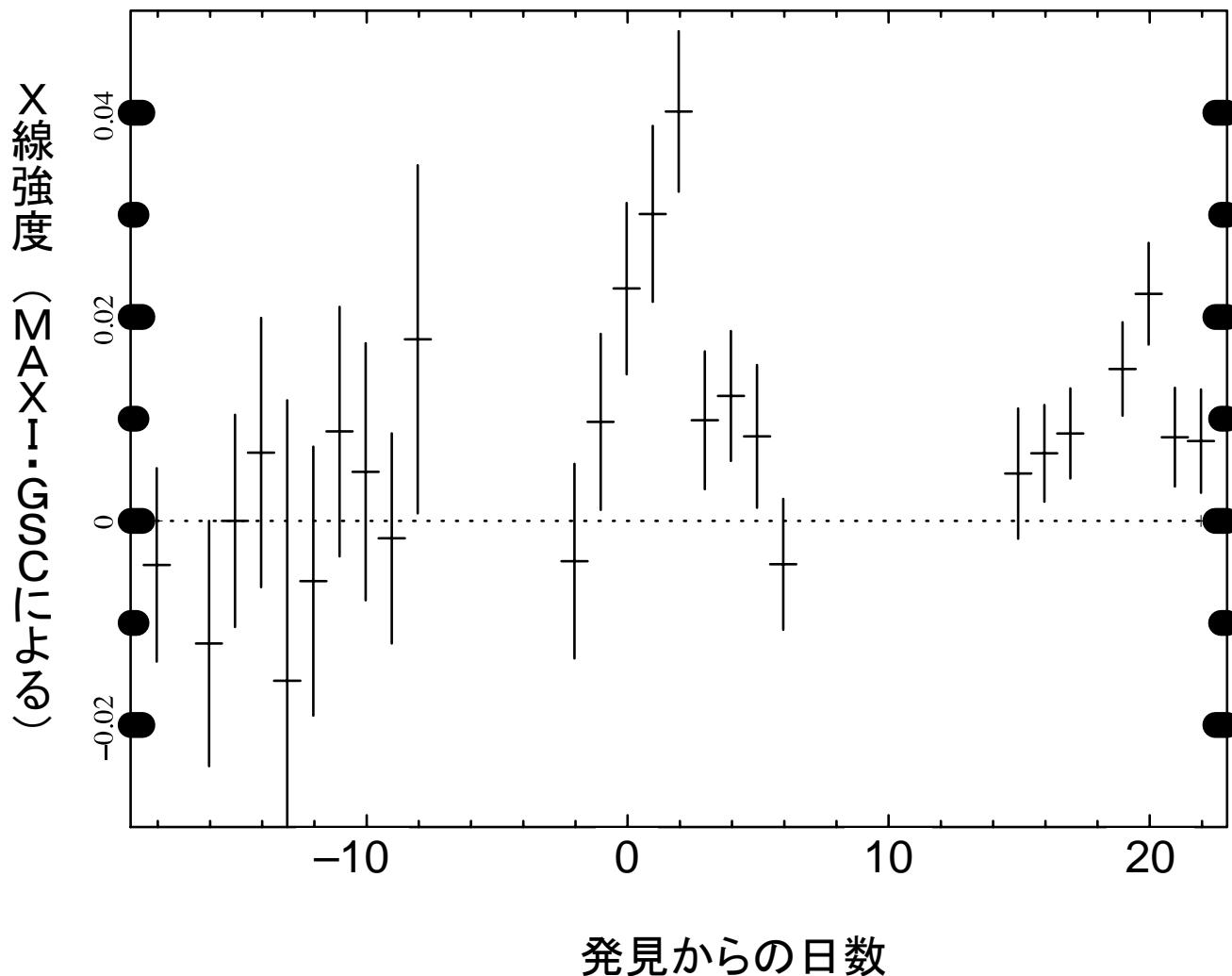


Swift J1644+57 のX線強度





MAXIによるX線光度曲線



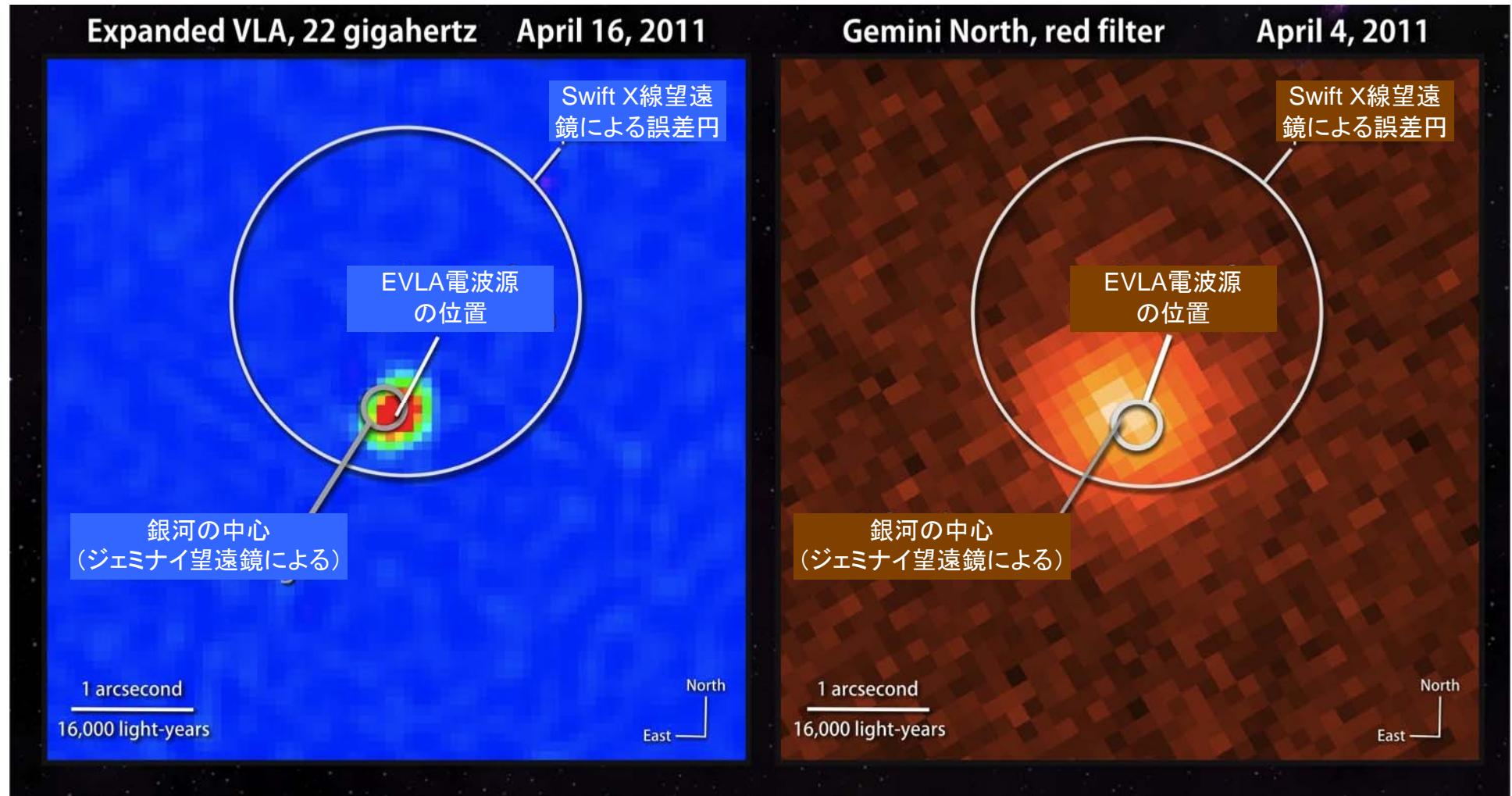


発見の経緯

- 3/28 12:57:45 Swift衛星のBATにて検出
- 3/28 13:32 SwiftチームよりGCN#11823に報告
- 3/28 15:19頃 GCNを受けて MAXI でも検出
- 3/28 21:12 Swiftチームより通常のガンマ線バーストではないとATel #3242 に報告
- 3/29 08:02 MAXI チームにより MAXI の観測結果を ATel #3244 に報告



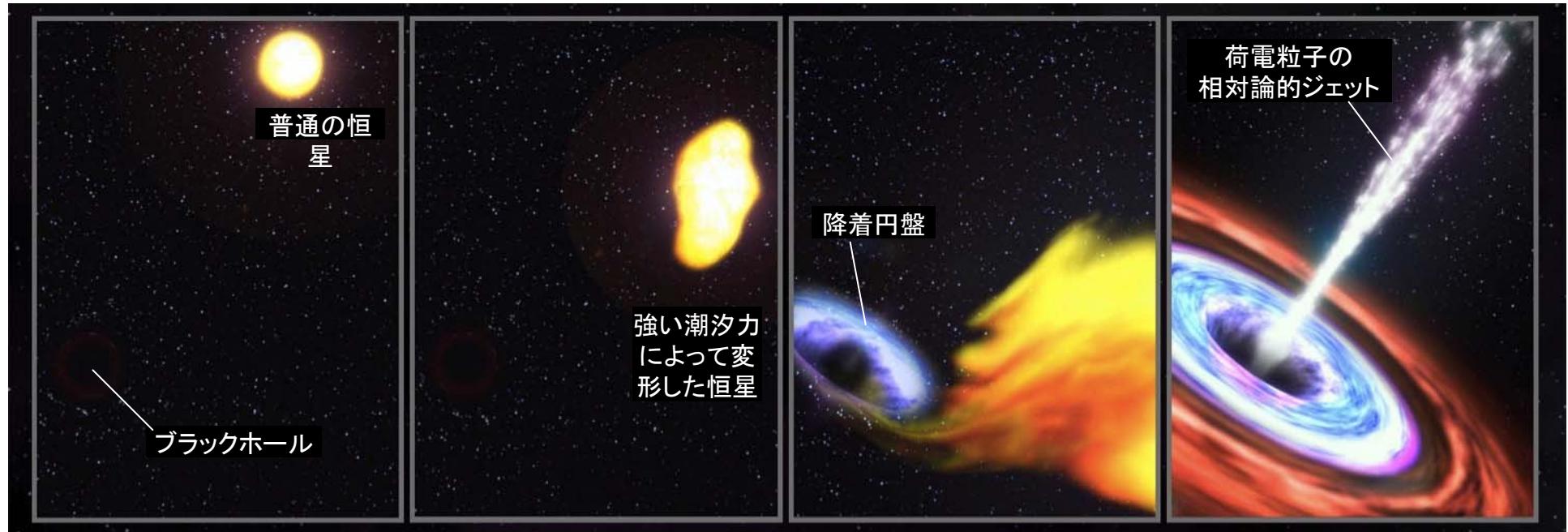
電波観測により 銀河の中心に位置決定



提供: NRAO/CfA/Zauderer et al.



Swift J1644+57: 相対論的ジェットの誕生



提供:NASA/Goddard Space Flight Center/Swift

太陽のような普通の恒星が遠方の銀河の中心にある巨大ブラックホールに近づく

ブラックホールの近傍では強い潮汐力が働いて星が変形する。近づきすぎると星はばらばらになる

星の一部はブラックホールに向かって流れ込み、その周りに円盤を形成する。星の残りは宇宙空間に散らばっていく

ブラックホールの近傍では磁場によって光速に近い荷電粒子の細いジェットが形成される。ジェットの正面からは、強いX線源、電波源として見える。



MAXI運用後の ブラックホール天体の発見競争

発見日 (年/月/日)	Astronomer's Telegram		名前	コメント
	投稿番号	引用回数		
09/10/23	2258	16	XTE J1752-223	
09/11/13	2300	0	Swift J1713.4-4219	観測例が少なく確証小
10/09/25	2873	24	MAXI J1659-152	Swiftとほぼ同時発見
11/01/28	3138	6	Swift J1357.2-0933	中性子星の可能性もあり
11/03/15	3223	6	IGR J17177-3656	ブラックホール以外の可 能性もあり
11/03/28	3242	4	Swift J164449.3+573451	本論文 (別銀河の超巨大BH)
11/05/08	3330	10	MAXI J1543-564	

注1) 天体名は発見した衛星名+赤経赤緯となっており、衛星名と主な関係国は以下の通り。

XTE: RXTE (米), Swift: Swift (米, 伊, 英), IGR: INTEGRAL (ESA 欧州宇宙機関)

注2) Swift J1644 以外は、銀河系内のブラックホール(候補)天体のみ記す。



MAXIのデータ公開



MAXI科学データの利用と成果創出を促進するために、処理済みデータの公開を2009年12月15日より開始

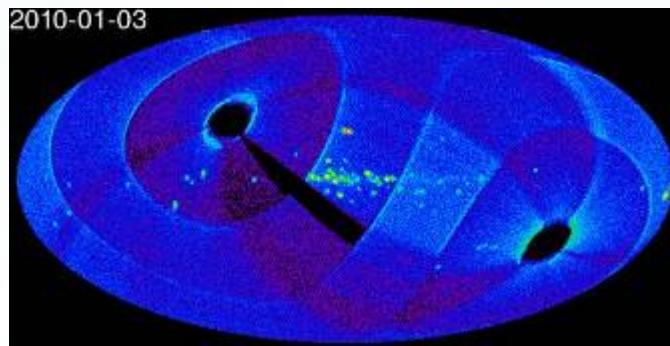
MAXIデータ公開サイト
<http://maxi.riken.jp>

MAXIデータ公開サイトのトップページ

The screenshot shows the homepage of the MAXI data release site. At the top, there's a large oval-shaped image of the X-ray sky. Below it is a navigation bar with links for Overview, News, Data Products, Mailing List, and References. The main content area has a sidebar with links for Overview, News, Data Products, Mailing List, References, Contact, Team Members, and a copyright notice. The main body contains text about the first all-sky X-ray image and links for MAXI Data products (Source list of public data, Light curves of public data, Clickable All-sky map).

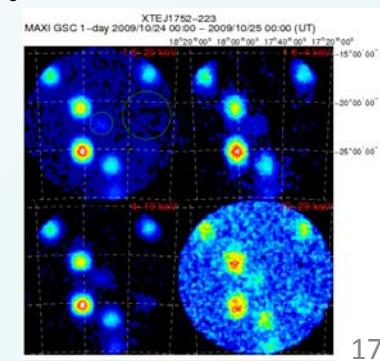
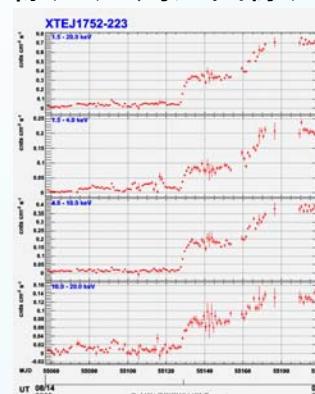
公開例その1：1日1枚の全天X線画像

全天画像を時間軸にそって比較することにより、新天体の出現や既存天体の突発増光や色の変化を、視覚的に捉えることができる。下の画像は、2010年1月3日にMAXIで得られた全天X線画像。



公開例その2：個々の天体のX線光度変化曲線と、その天体を含む周辺のクローズアップX線画像

約260個の天体の光度曲線と周辺画像を公開中
 例として、ブラックホール候補天体 XTE J1752-223 の光度曲線(左)と周辺画像(右)を示す。





補足資料

根來 均



超巨大ブラックホールの大きさと 吸い込まれる星の大きさの比較

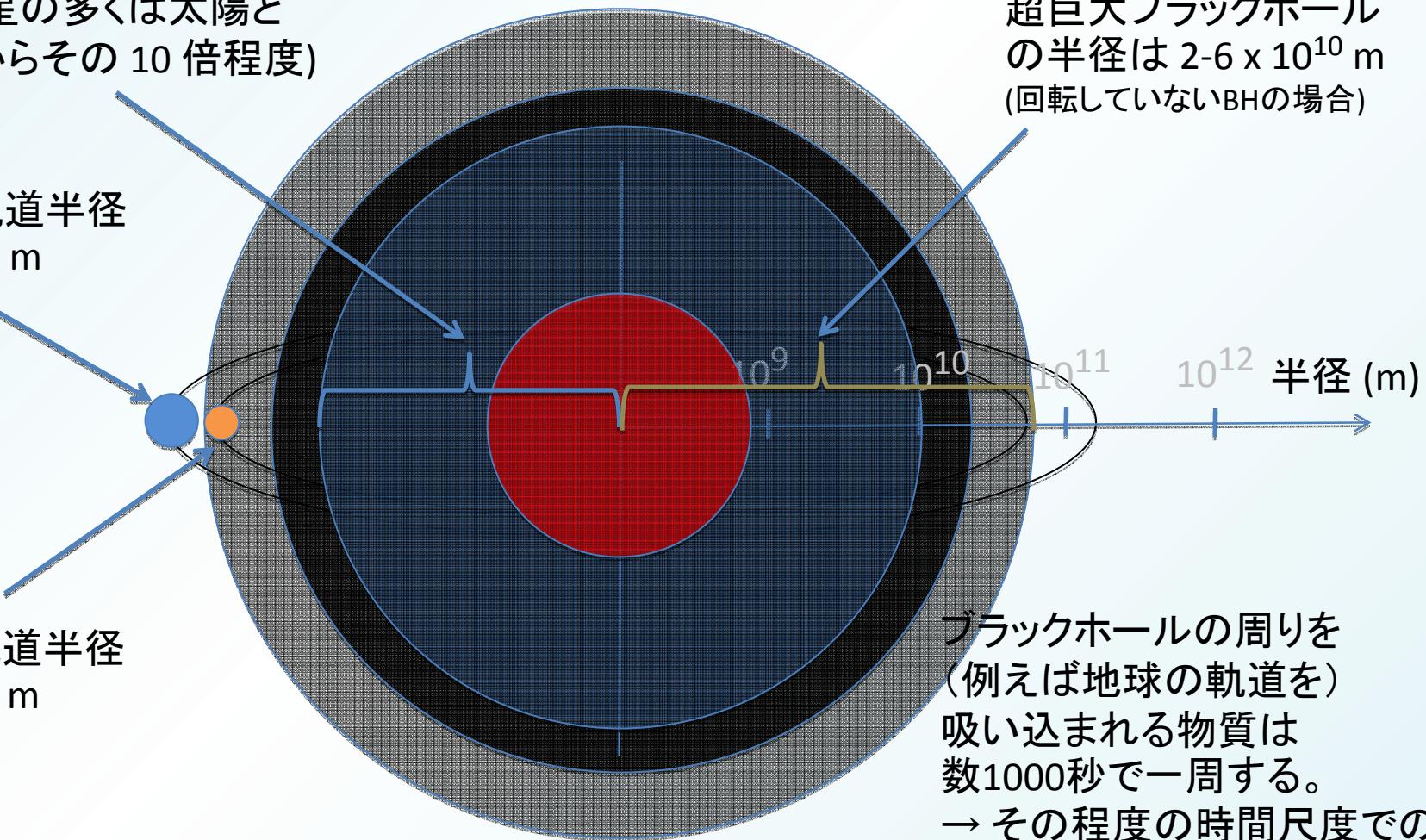
太陽半径 7×10^8 m
(主系列星の多くは太陽と
同程度からその 10 倍程度)

地球の軌道半径
 1.5×10^{11} m

水星の軌道半径
 5.8×10^{10} m

今回、星を吸い込んだ
超巨大ブラックホール
の半径は $2-6 \times 10^{10}$ m
(回転していないBHの場合)

ブラックホールの周りを
(例えば地球の軌道を)
吸い込まれる物質は
数1000秒で一周する。
→ その程度の時間尺度での
明るさの変動が期待される。
19





Swift と MAXI の光度曲線比較

