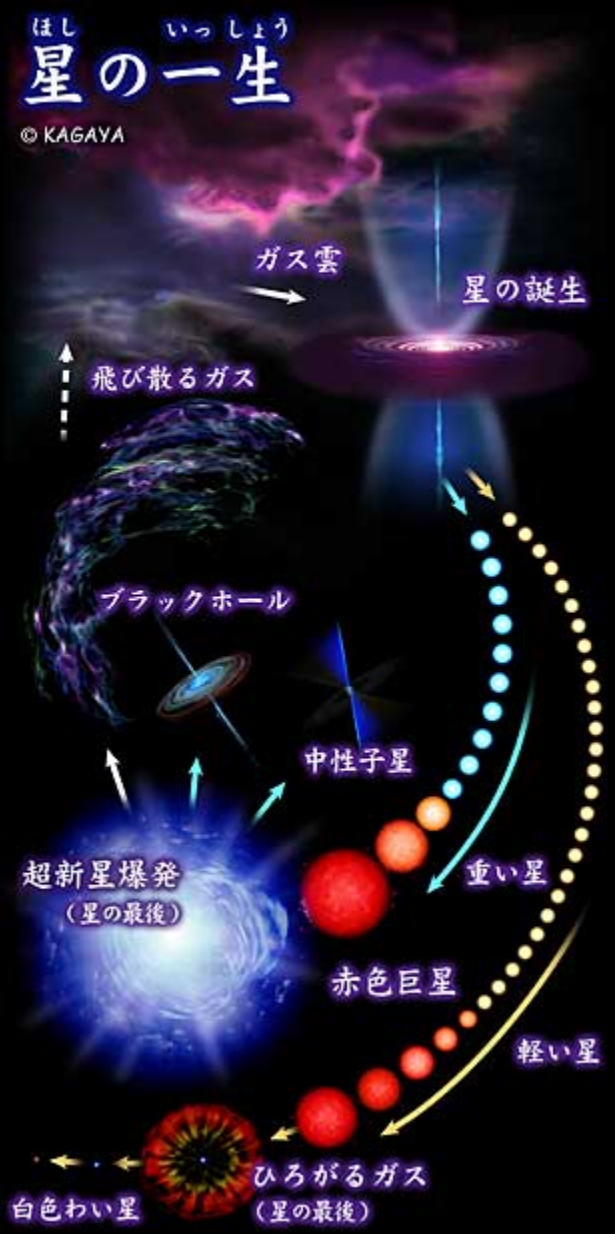
超軟X線天体から探る白色矮星連星系の進化

06LA010P　武井 大

目次

1. 白色矮星連星系と超軟Ｘ線天体
2. X線天文衛星「すざく」
3. 超軟X線天体 Suzaku J0105-72
4. まとめ

星（恒星）の一生と白色矮星



http://www.t3.rim.or.jp/~star/star/livestar/image/sar_map_y.jpg

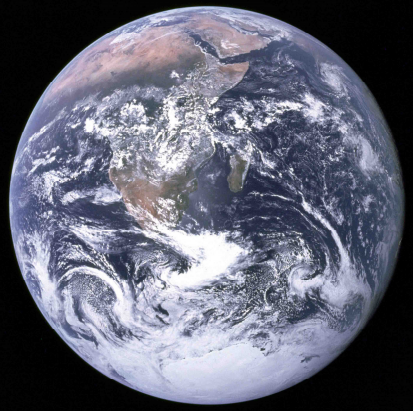
- 恒星は中心の核融合による圧力と重力収縮が均衡したシステム
- 質量により進化シナリオが異なる

8$M_\odot$以下：白色矮星
8～20$M_\odot$：中性子星
20$M_\odot$以上：ブラックホール

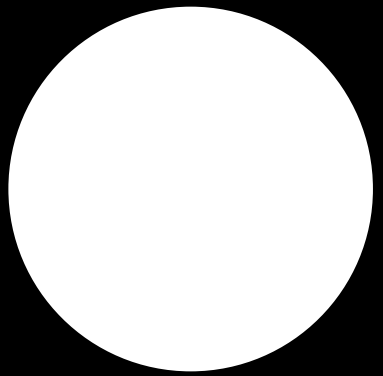
- 白色矮星は恒星の取り得る3つの最終形態のうちの1つ

白色矮星の大きさ

地球
R ～ 6400 km



白色矮星
R ～ 6000 km



中性子星
R ～ 10 km

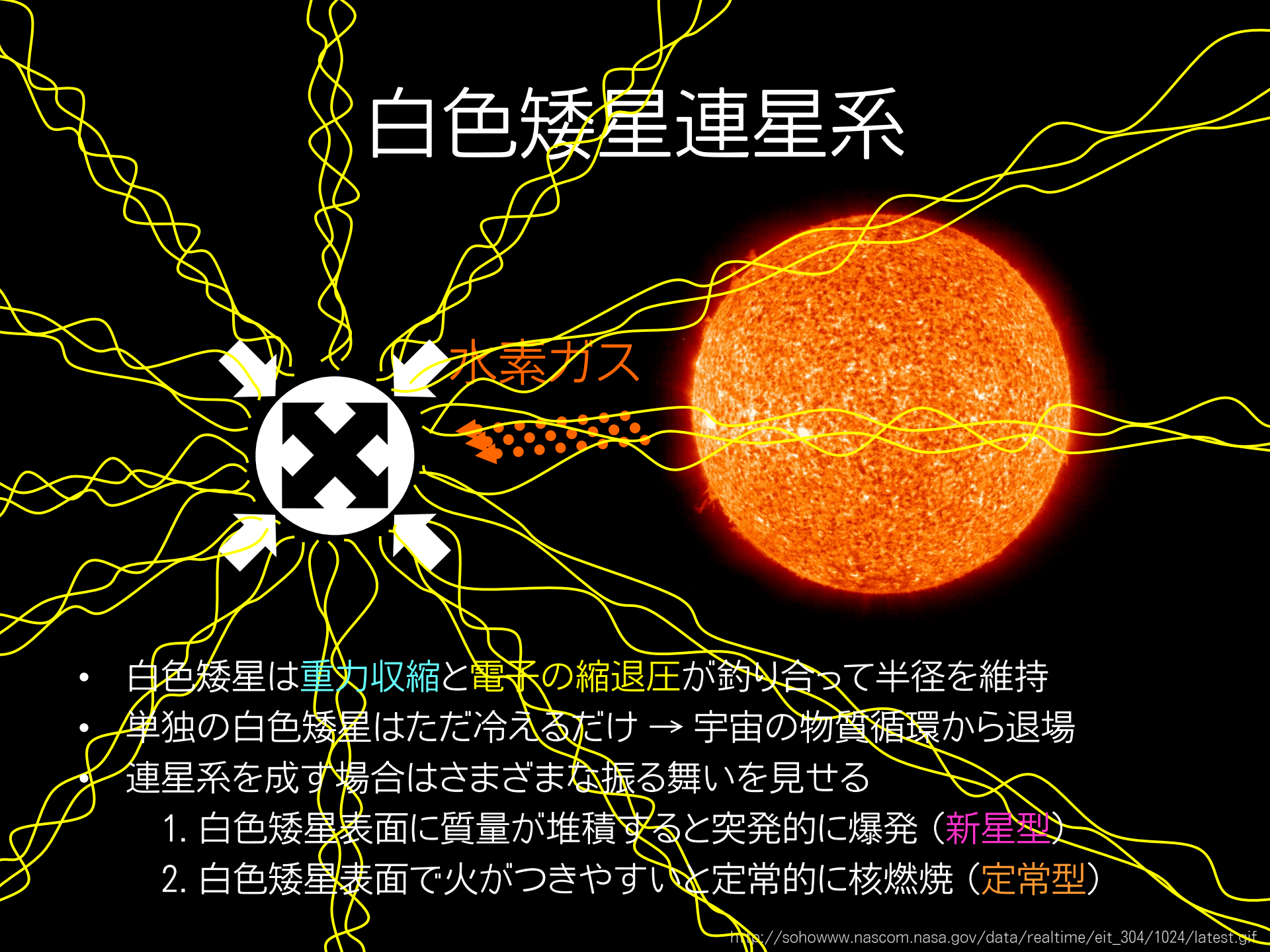
ブラックホール
R ～ $2GM/c^2$

太陽（恒星）
R ～ 696000 km

・

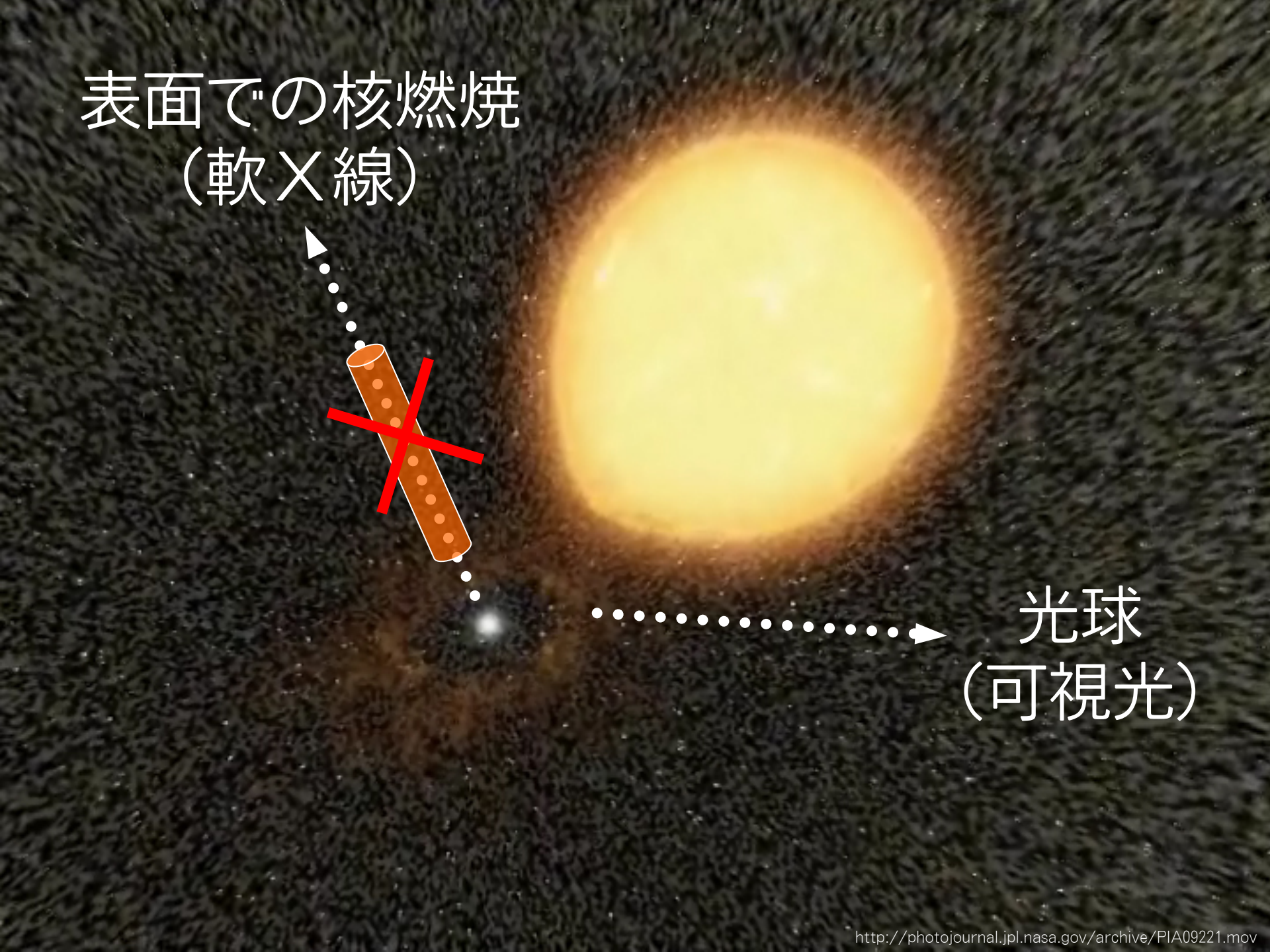
http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime/eit_304/1024/latest.gif
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/97/The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg

白色矮星連星系



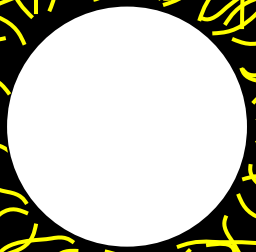
- 白色矮星は重力収縮と電子の縮退圧が釣り合って半径を維持
- 単独の白色矮星はただ冷えるだけ → 宇宙の物質循環から退場
- 連星系を成す場合はさまざまな振る舞いを見せる
  1. 白色矮星表面に質量が堆積すると突発的に爆発（新星型）
  2. 白色矮星表面で火がつきやすいと定常的に核燃焼（定常型）

http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime/eit_304/1024/latest.gif

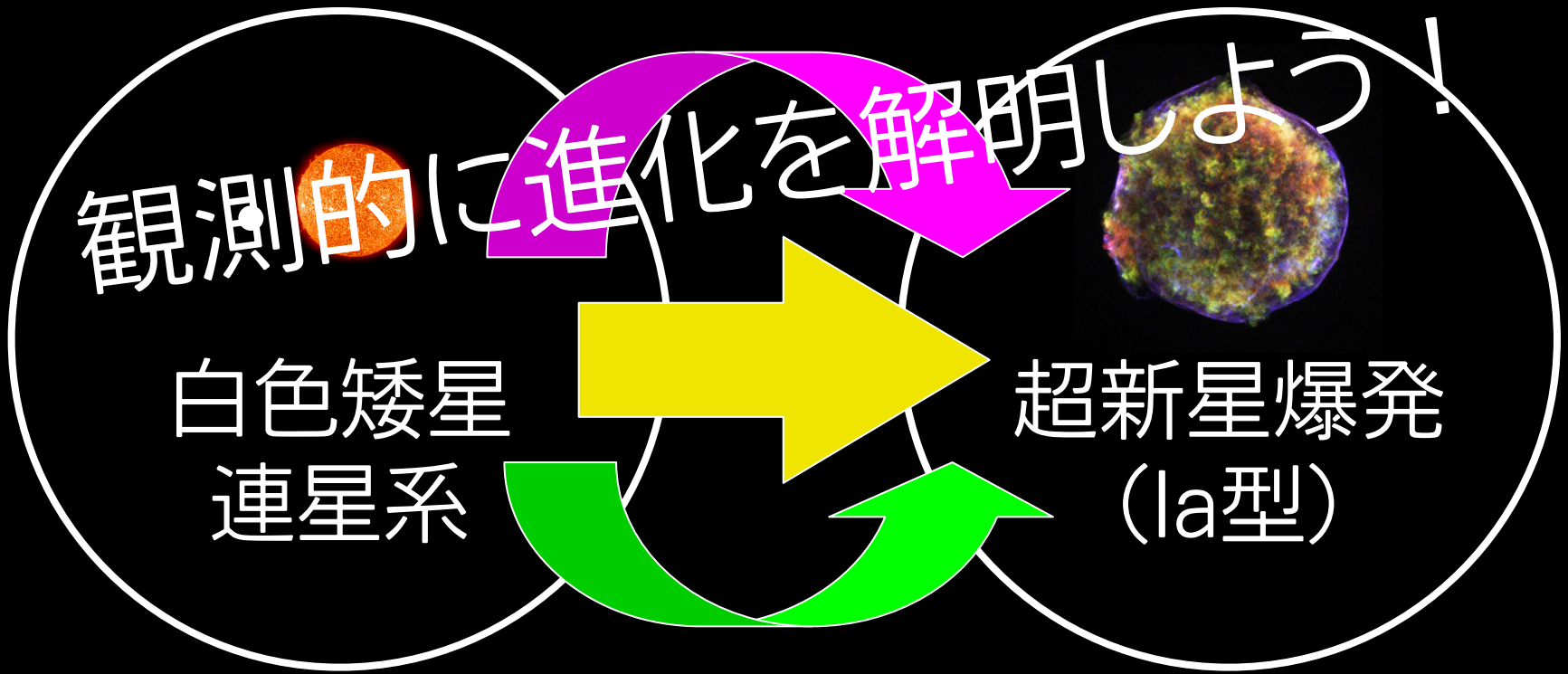

表面での核燃焼
（軟X線）
光球
（可視光）
http://photojournal.jpl.nasa.gov/archive/PIA09221.mov

超軟X線天体

- マゼラン雲銀河のX線探査ではじめて発見された
- 白色矮星表面で水素の核燃焼が起こり軟X線放射
- ROSAT衛星により50個ほど発見されている
- 温度が約100 eV以下の黒体放射が発生
- 放射領域は白色矮星（半径10^8 cm程度）の表面
- 全放射光度は10^{36}〜10^{38} erg s^{-1} 程度



白色矮星連星系と進化

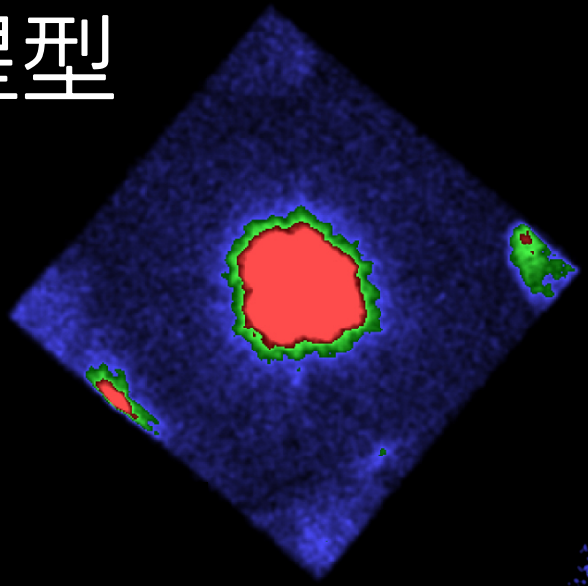


白色矮星に質量が降着すると超新星爆発を起こす
降着の経路（進化の経路）には大きな多様性がある

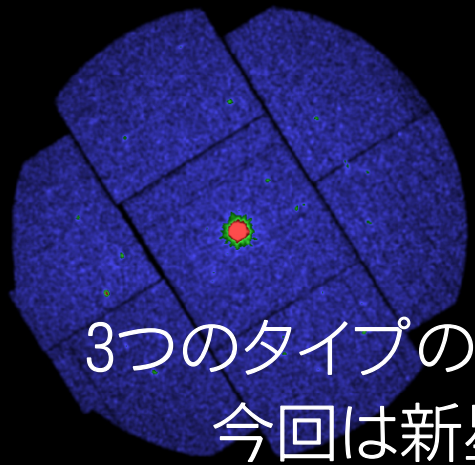
http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/realtime/eit_304/1024/latest.gif
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/14/Tycho-supernova-xray.jpg

3つの研究

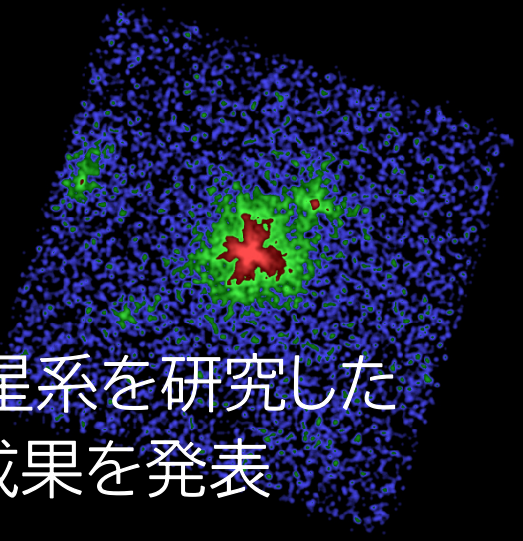
新星型



定常型



星雲型

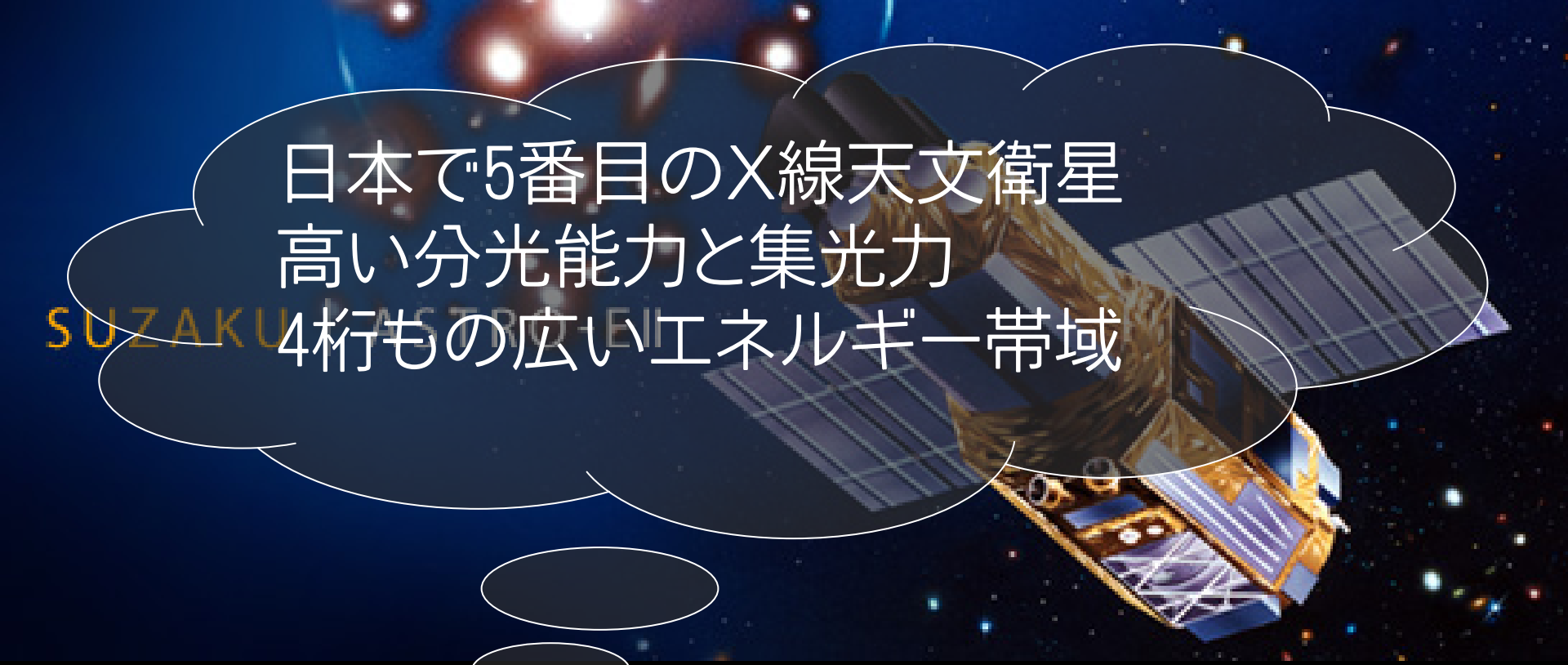


3つのタイプの白色矮星連星系を研究した
今回は新星型の研究成果を発表

目次

1. 白色矮星連星系と超軟Ｘ線天体
2. X線天文衛星「すざく」
3. 超軟X線天体 Suzaku J0105-72
4. まとめ

日本で5番目のX線天文衛星
高い分光能力と集光力
4桁もの広いエネルギー帯域



日本のX線天文衛星
すざく

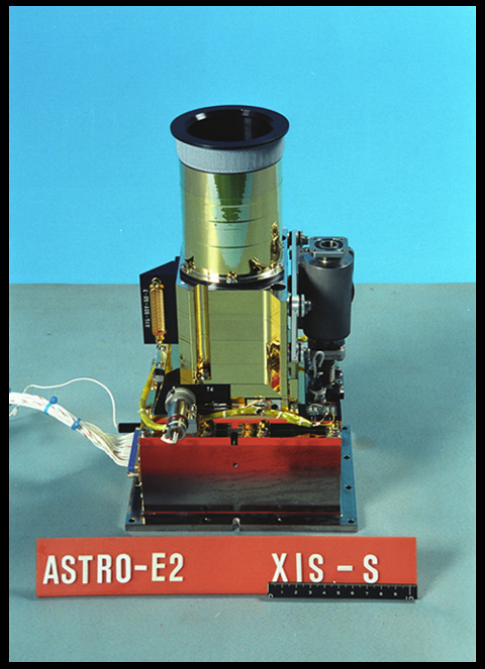
http://www.isas.jaxa.jp/j/enterp/missions/asca/image/pct_main_asuka.jpg
http://eda.plain.isas.jaxa.jp/suzaku_xoops/modules/newbb/download.php?url=/Bamba_Bamba_Aya.ppt.1149042392000

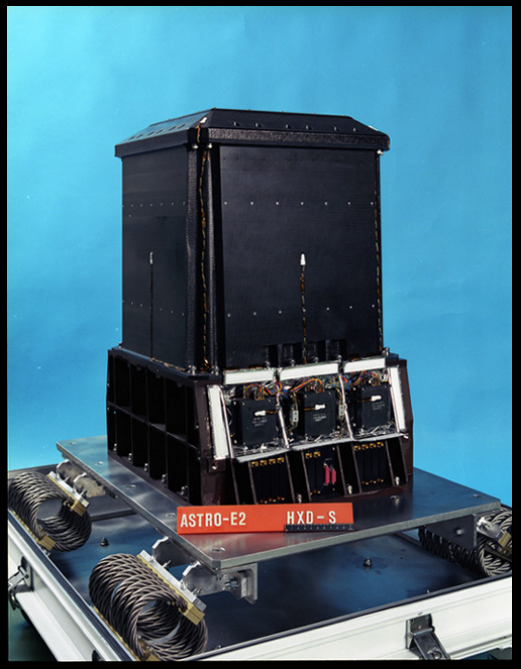
検出器とすざく概要

XRS
0.3-12keV

XIS
0.2-12keV

XRT HXD
10-600keV





http://www.astro.isas.jaxa.jp/suzaku/overview/

最高の精度を保つには機上での較正作業が必須！！！

X線CCDカメラ XIS

X-ray Imaging Spectrometer

軟X線帯域(0.2-12keV)の感度

X線による撮像が可能

高い分解エネルギー分解能

人工衛星は打ち上げたら終わりではありません…

表面照射型(FI)CCD 3台

→ XIS0, XIS2, XIS3

裏面照射型(BI)CCD 1台

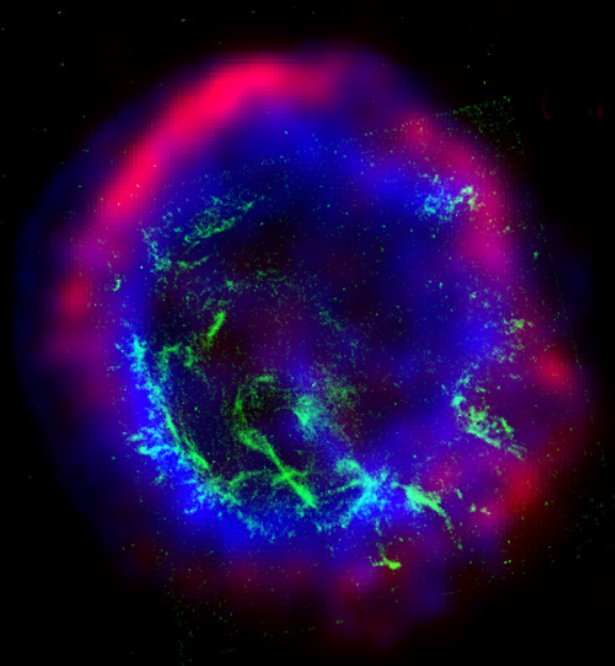
→ XIS1

http://www.astro.isas.jaxa.jp/suzaku/overview/

超新星残骸 1E0102.2-7219

小マゼラン雲で2番目に明るい
Shell-Type SNR（超新星残骸）

年齢：約1000年
距離：約60kpc（200,000光年）
位置：01h04m01.7s, -72d01m40s



輝線が豊富で時間変動がほとんど無い
→ 衛星に搭載した検出器の機上較正に便利
→ 過去に数多くの観測が行われている

http://chandra.harvard.edu/photo/2000/0015multi/

突発天体との出会い

1E0102-72天体を使用したXIS検出器の較正作業を担当

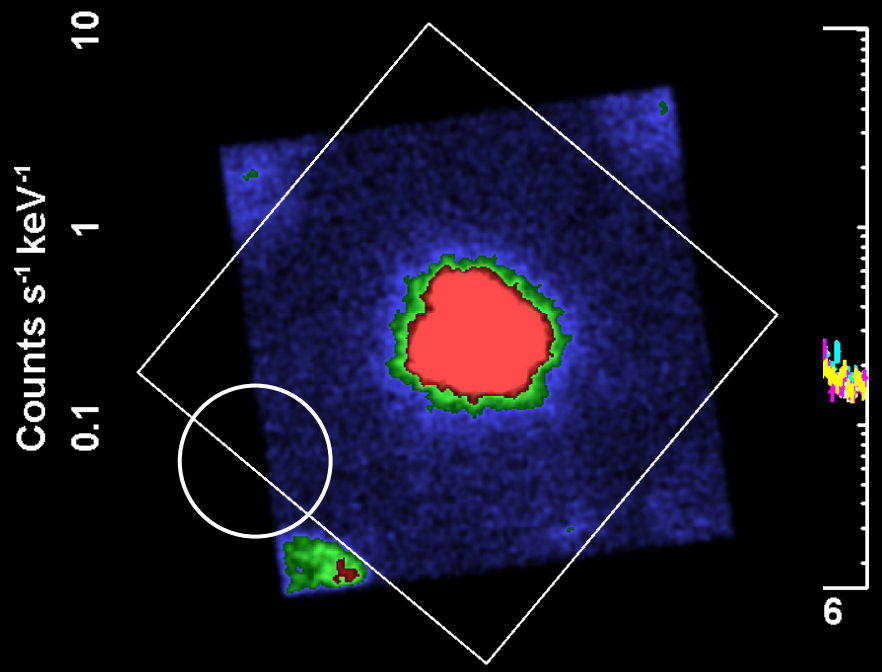
同じ視野内に普段の観測では見られない天体を発見

Table 1. Suzaku observation log

Sequence number	Start date	t_{exp}* (ks)
100001020	2005-08-13	4
100014010†	2005-08-31	24
100044010	2005-12-16	111
100044020	2006-01-17	42
100044030	2006-02-02	21
101005010	2006-04-16	22
101005020	2006-05-21	19
101005030	2006-06-26	22
101005040	2006-07-17	22
101005050	2006-08-25	49
101005060	2006-09-19	11
101005070	2006-10-21	37
101005090	2006-12-13	28
101005100	2007-01-15	24

* Averaged exposure time of operating CCDs.

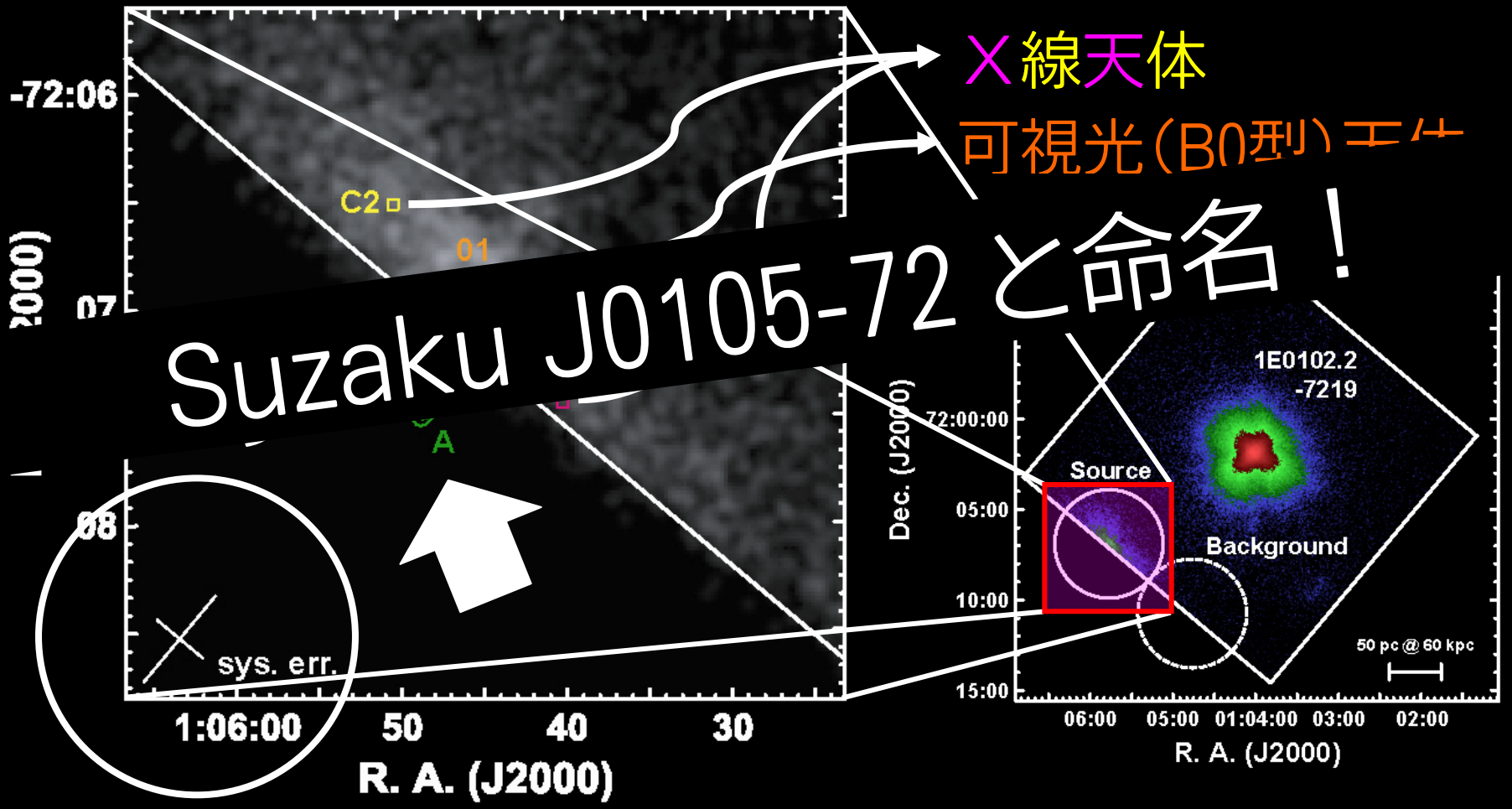
† The transient source was detected during this observation.

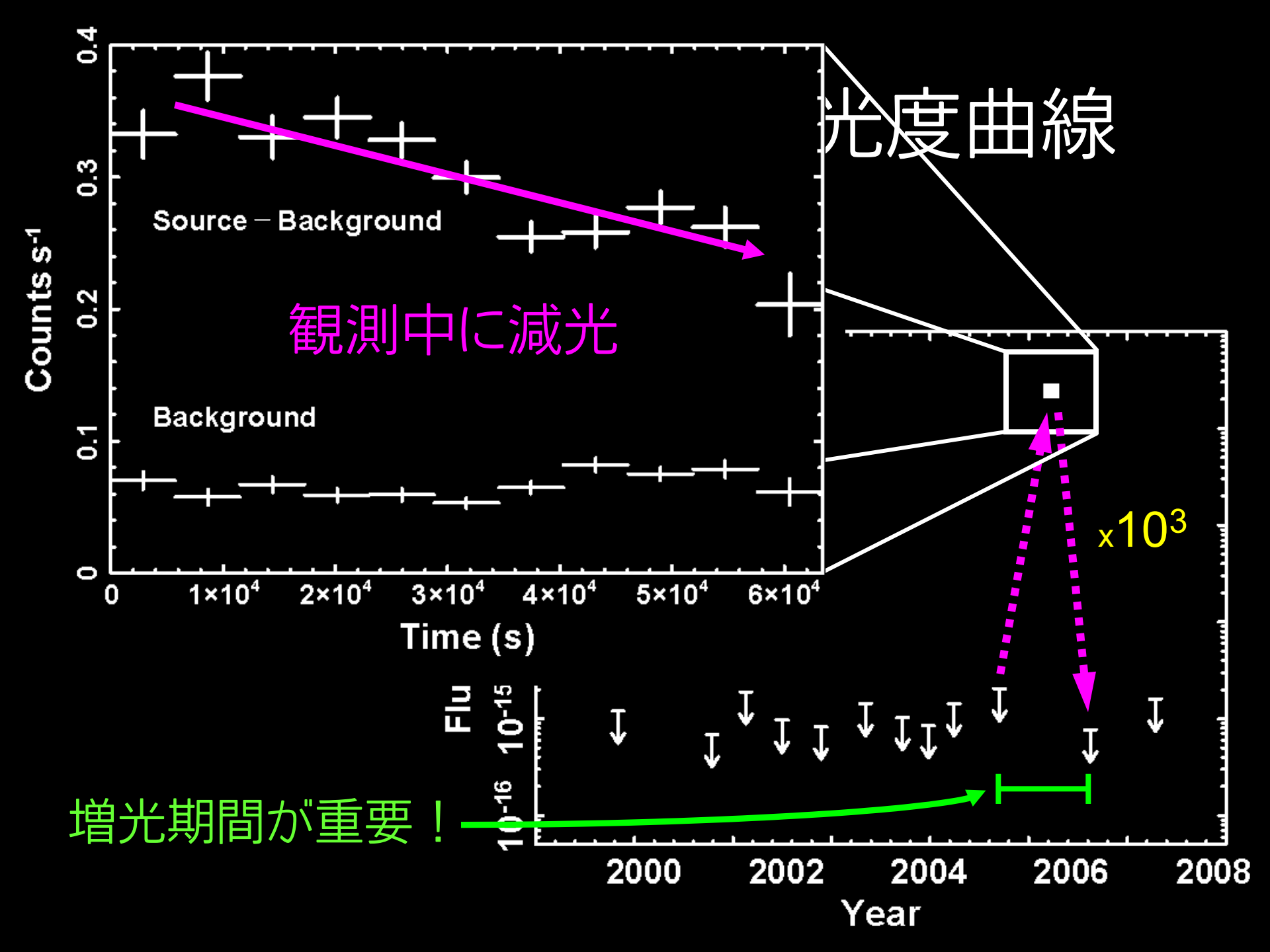


目次

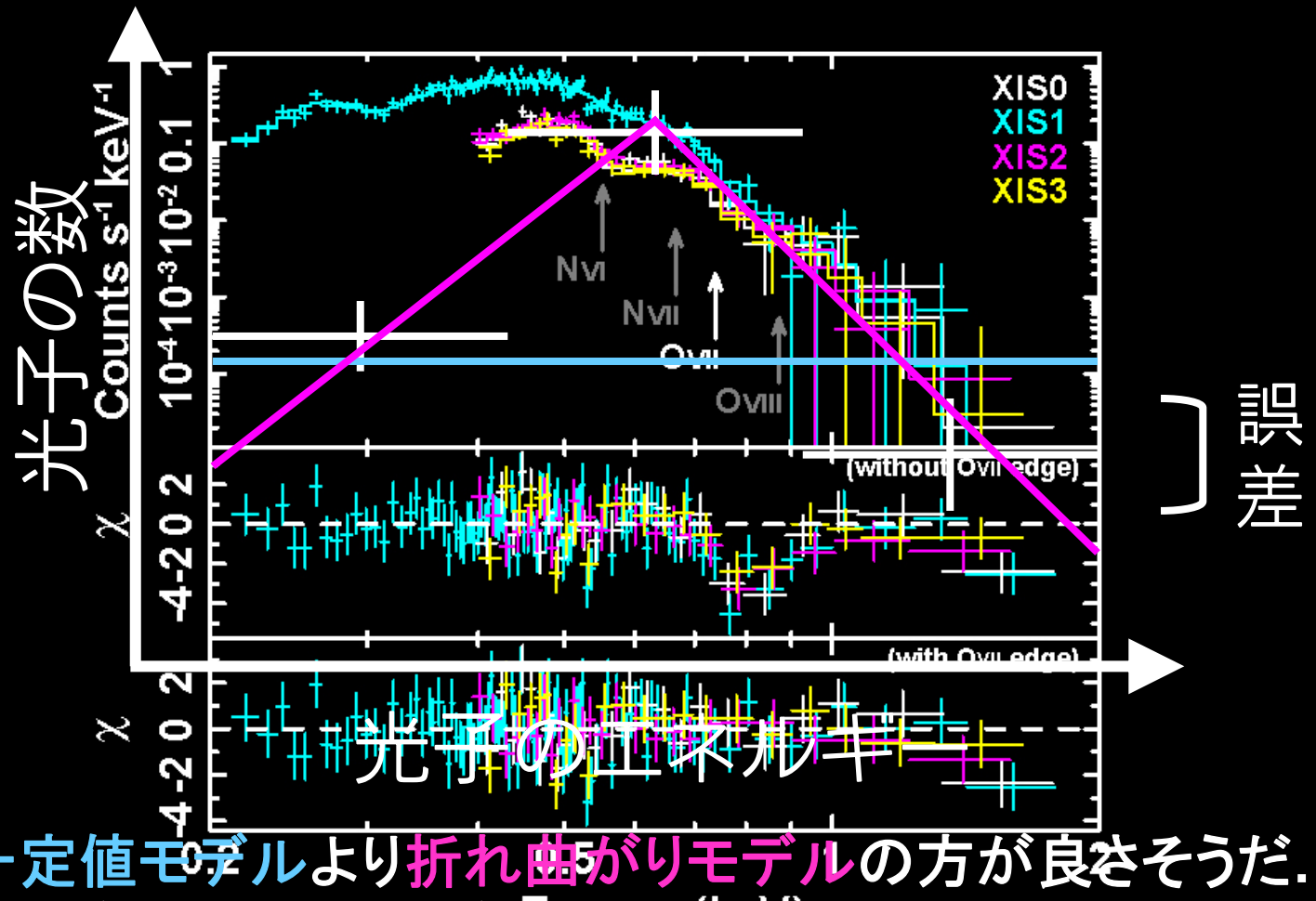
1. 白色矮星連星系と超軟Ｘ線天体
2. X線天文衛星「すざく」
3. 超軟X線天体 Suzaku J0105-72
4. まとめ

突発天体の位置


X線天体
可視光(B0型)天体
Suzaku J0105-72 と命名！
-72:06
07
08
C2
01
A
sys. err.
1:06:00
50
40
30
R. A. (J2000)
Dec. (J2000)
72:00:00
05:00
10:00
15:00
1E0102.2
-7219
Source
Background
50 pc @ 60 kpc
06:00
05:00
01:04:00
03:00
02:00
R. A. (J2000)


光度曲線
Counts s-1
0
0.1
0.2
0.3
0.4
Source − Background
Background
観測中に減光
0
1×10^4
2×10^4
3×10^4
4×10^4
5×10^4
6×10^4
Time (s)
x10^3
Flu
10^-15
10^-16
2000
2002
2004
2006
2008
Year
増光期間が重要！

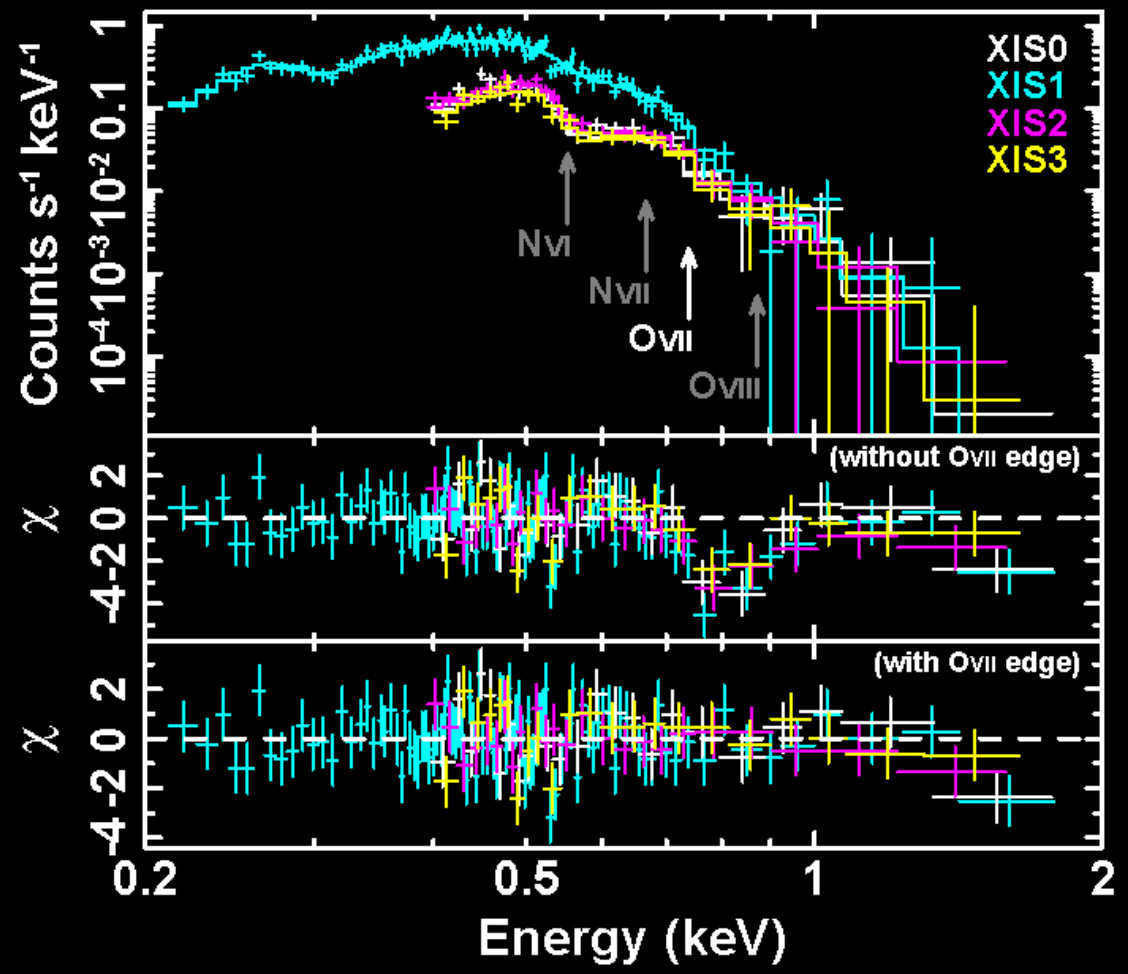
エネルギースペクトの見方）



一定値モデルより折れ曲がりモデルの方が良さそうだ…

観測データと仮定モデルをカイ二乗検定して有意性を見る

Suzaku J0105-72のスペクトル



ベースは黒体放射モデル
酸素の吸収端が有意に存在

黒体放射（温度 72±2 eV）
酸素の吸収端（光学厚 1.2）

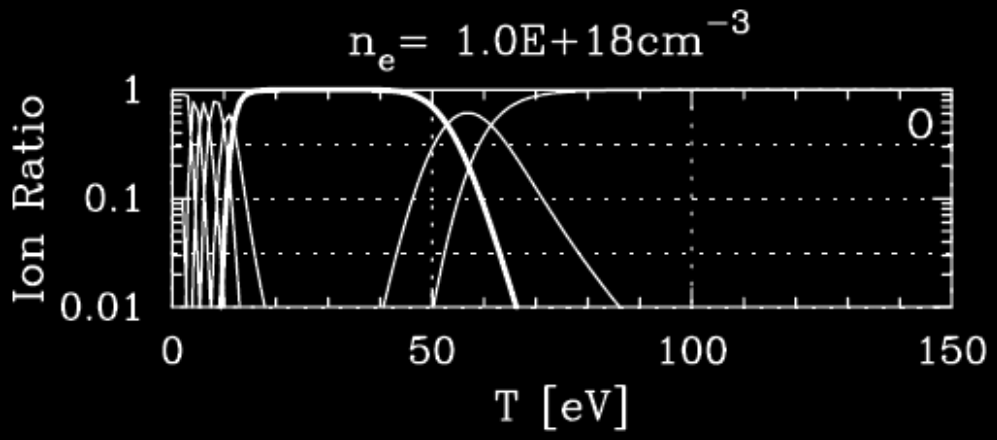
小マゼラン雲銀河（60 kpc）
を仮定すると…

光度 ～10^{37} erg s^{-1}
半径 ～10^{8} cm

超軟Ｘ線天体と断定！！

Suzaku J0105-72 の大気

吸収端のエネルギーから元素の電離度がわかる
元素の電離度がわかれば温度が求まる



酸素イオンの割合（Ebisawa et al. 2001より転載）

これより白色矮星の周囲にある大気の温度がわかる
大気の温度は約 58～68 eV 以下と推定できた！！

Suzaku J0105-72 の質量

新星爆発後には超軟X線が放射される時期がある
放射期間は白色矮星の質量や温度に依存する

堆積した量 ＝ 質量(m)に依存
燃焼の速さ ＝ 質量(m)と温度(T)に依存

$$\text{放射期間} \propto \frac{\text{体積した量(m)}}{\text{燃焼の速さ(m,T)}}$$

放射期間と温度(T)がわかれば質量(m)が求まる
放射期間は長くとも約3.5ヶ月以内、温度は72eV程度
→ 白色矮星の質量は1.2$M_\odot$以上と推定出来る！

超軟X線天体 Suzaku J0105-72

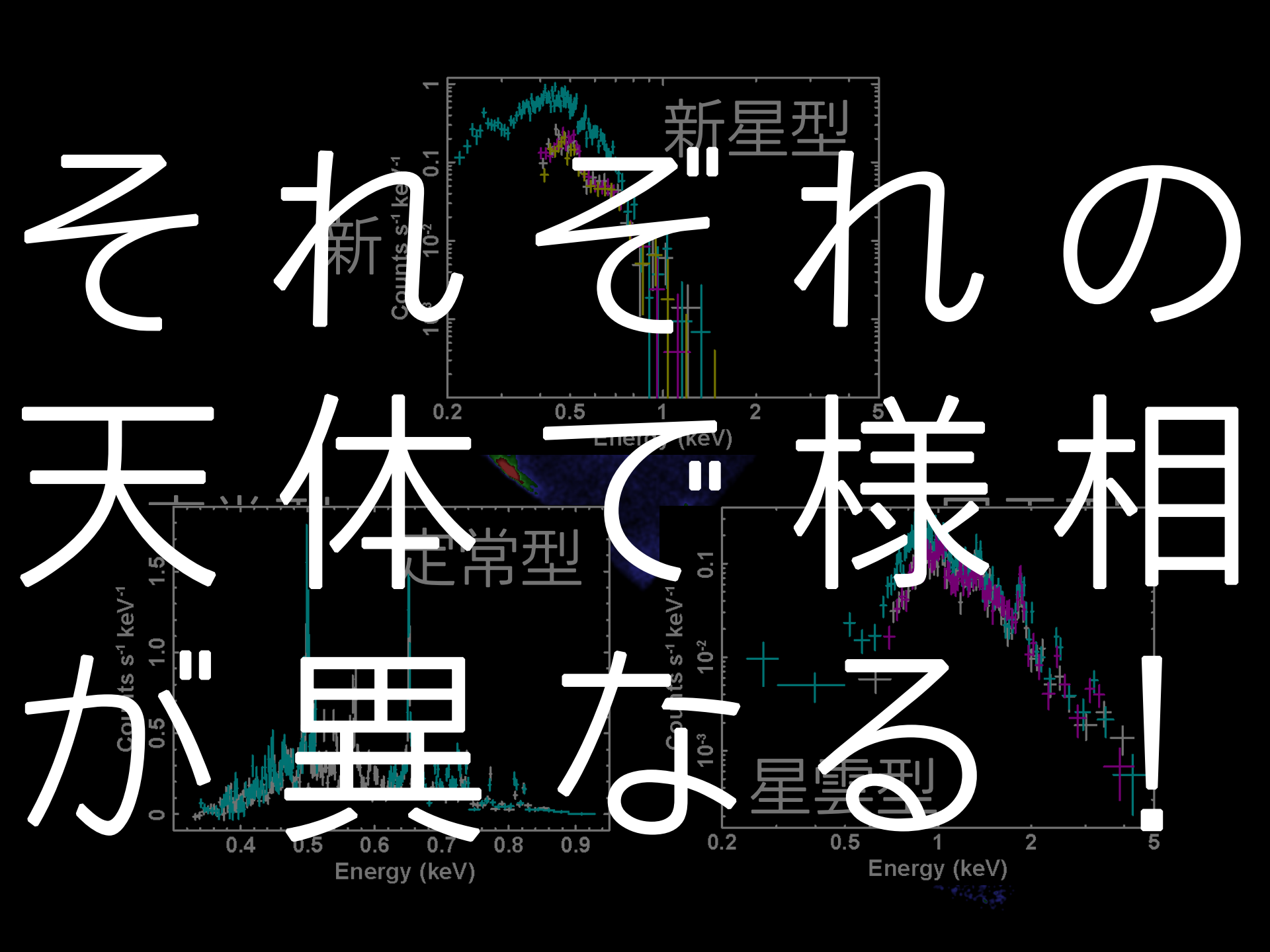
小マゼラン雲銀河で Suzaku J0105-72 を発見
過去、約28年間で検出されていない新たなX線天体
普段の明るさより少なくとも1000倍以上の増光

温度：～72 ± 2 eV（黒体放射）
半径：～10^{8} cm
全放射光度：～10^{37} erg s^{-1}

増光現象やスペクトルの特徴から超軟X線天体と断定
白色矮星の周囲に温度58～68eV以下の大気が存在
増光期間と温度より、白色矮星の質量は1.2$M_{\odot}$以上

目次

1. 白色矮星連星系と超軟Ｘ線天体
2. X線天文衛星「すざく」
3. 超軟X線天体 Suzaku J0105-72
4. まとめ


それぞれの
天体で様相
が異なる!
新星型
Energy (keV)
定常型
Energy (keV)
星雲型
Energy (keV)

まとめ

- 様相が異なる3つの白色矮星連星系を研究
- 進化や分類について大きな手がかりとなる
- 今後は系統的な特徴や進化を明らかにしたい

お　わ　り