



# X線天文学の歴史と 世界のX線天文アーカイブス



宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究本部

宇宙科学情報解析センター

海老沢 研



# データアーカイブスとは？



Chandra  
X-ray Center

Data Archives and Transmission System

DARTS

ISAS\*  
PLAIN



世界中の誰でも無料で利用し、それから得られた成果を  
発表できるデータベース

データは半永久的に保存される

天文衛星を上げるのは...



INTEGRAL Science Data Centre

Home Outreach Newsletter Data Software Science Support

データを取得するため

データを取得するのは...

それを使って研究するため

衛星の寿命は有限だがデータアーカイブスは無限

現在では各X線天文衛星が  
アーカイブスセンターを持っている

XMM-NEWTON  
esa

XMM-Newton Science Archive (XSA)

1962

1987

私の歩んできた道



Chandraデータセンター(アメリカ)  
<http://cxc.harvard.edu>

Data Archives and Transmission System

**DARTS**



Data Archives and Transmission System  
(宇宙研) <http://darts.isas.jaxa.jp>

2005

BeppoSAX  ARS  
Science Data Center - SDC

1992

BeppoSAXデータセンター(イタリア)  
<http://bepposax.gsfc.nasa.gov/bepposax/>



INTEGRALデータセンター(スイス) **2004**  
<http://isdc.unige.ch>

2001



HEASARC(アメリカ)  
<http://heasarc.gsfc.nasa.gov>

XMM-NEWTON  


XMM-Newton Science Archive (XSA)

XMM-Newtonデータセンター(スペイン)  
<http://xmm.vilspa.esa.es>

# 1962年

- 大気が宇宙からのX線を吸収する
  - そのお陰で地球上に生命が存在している...
  - 大気圏外に出ないと宇宙からのX線は観測できない
  - 1962年までX線を出す天体の存在は知られていなかった
- 1962年6月18日
  - ジャコーニら(2002年ノーベル物理学賞受賞)が放射線検出装置を搭載したロケットを打ち上げ
  - 月による太陽からのX線反射の観測が目的
  - 全天で一番明るいX線源Sco X-1を偶然発見
  - X線天文学の誕生



# The Nobel Prize in Physics 2002

"for pioneering contributions to astrophysics, in particular for the detection of cosmic neutrinos"

"for pioneering contributions to astrophysics, which have led to the discovery of cosmic X-ray sources"



**Raymond Davis Jr.**

1/4 of the prize  
USA

University of Pennsylvania  
Philadelphia, PA,  
USA

b. 1914



**Masatoshi Koshiba**

1/4 of the prize  
Japan

University of Tokyo  
Tokyo, Japan

b. 1926



**Riccardo Giacconi**

1/2 of the prize  
USA

Associated Universities Inc.  
Washington, DC,  
USA

b. 1931  
(in Genoa, Italy)

# VIEW

NUMBER 11

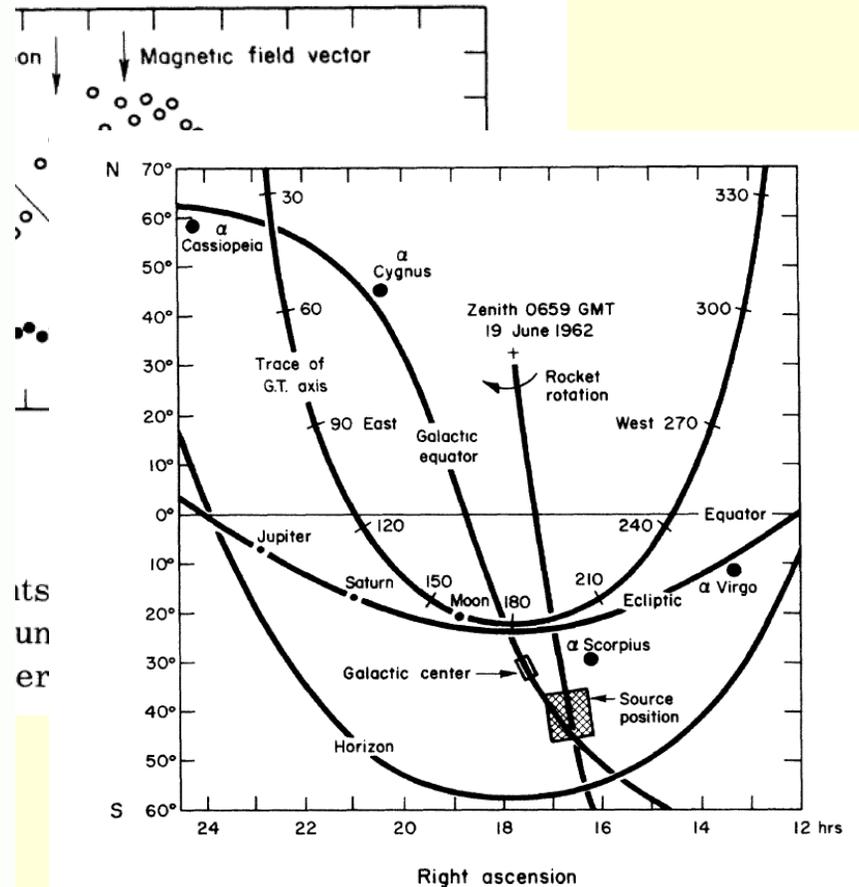


FIG. 2. Chart showing the portion of sky explored by the counters.

# 1960年代

- すだれコリメーターの発明(小田稔)
  - X線源の位置が正確に決まるようになった
  - 白色矮星、中性子星、ブラックホールに物が落ちるときの重力エネルギーがX線に変換される
- 宇宙開発の進歩
  - 1957年、最初の人工衛星スプートニク打ち上げ
  - 1958年、アメリカのエクスポローラ1号
  - 各国から人工衛星が次々と打ち上げられる(おおすみ1970年)
  - スペースからの宇宙観測の黎明期

# 1970年Uhuru(アメリカ)打ち上げ

- すだれコリメーターを搭載して全天観測
- 339個のX線天体を発見
- 本格的なX線天文学の幕開け

# 1970年Uhuru(アメリカ)打ち上げ

No. 4, 1978

FOURTH UHURU CATALOG

409

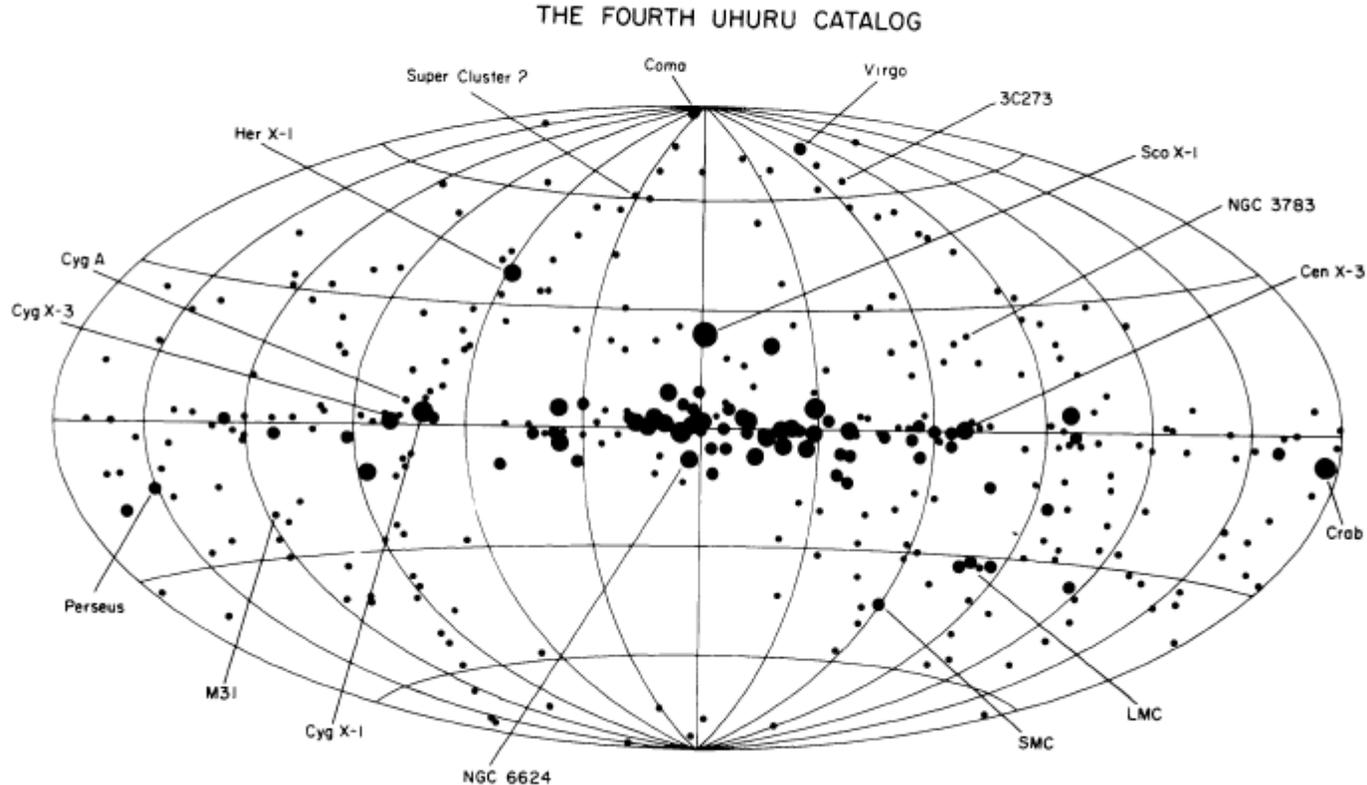


FIG. 5.—The sources listed in Table 1 are displayed in galactic coordinates. The size of the symbols representing the sources is proportional to the logarithm of the peak source intensity.

ほとんどが銀河系(天の川)内の中性子星かブラックホール  
銀河、活動的銀河中心核、銀河団からのX線の発見

# 1970年代

- 多くのX線天文衛星が打ち上げられた
- Uhuruが発見した天体をさらに詳細に研究
- 「はくちょう」(1979年)
  - 日本で最初のX線天文衛星
- Einstein Observatory(アメリカ、1979年)
  - X線鏡を積んだ初めての衛星
  - 飛躍的に感度が向上

# 1970年代までのX線天文学の研究手法

- 天文学と言うよりも「実験物理学」
- 検出器を作ったチームがデータを保有していた
- 「ゲスト観測者」は存在しない
- 特殊なデータフォーマット
- 未熟なコンピューターとソフトウェア
- もちろんインターネットもなかった！
- データアーカイブスは存在しえなかった

# 1980年代

- 「てんま」(1983年)
- EXOSAT (ESA, 1983年)
  - 観測時間を広く開放(ヨーロッパに限る)
  - 「ゲストオブザーバー」の誕生
  - すぐれたアーカイブシステムとソフトウェア

# 1980年代後半

- アメリカ、ヨーロッパのX線天文学は冬の時代
- Mir-Kvant(ソ連、1987年)
- 「ぎんが」(1987年)
  - 日本の衛星では初めてプロポーザル制を採用
  - アメリカ、ヨーロッパに観測時間を開放
    - 450本以上の投稿論文が出版
  - 2000年以降アーカイブスが完成
    - まだまだ論文が出つつある

# 1990年代

- ROSAT(ドイツ、1990年)
  - Einstein衛星よりも高感度
  - 優れたデータアーカイブスがされている
- CGRO(アメリカ、1991年)
  - 最初の本格的なガンマ線天文台
  - 大体のデータはアーカイブス化されている

# 1990年代

- あすか(1993年)
  - Advanced Satellite for Cosmology and Astrophysics (ASCA)
  - 最初の日米共同X線ミッション
  - データアーカイブスはアメリカが担当
  - 標準FITSフォーマットを採用した最初の衛星
  - データの占有権をはっきりと規定
  - 1400本以上の投稿論文が出版されている

# 1990年代後半

- XTE (1995年、アメリカ)
  - 「ぎんが」以上に大面積の比例計数管
  - 機動力に富む観測、オープンなポリシー
  - 全天モニターデータはただちに公開
- BeppoSAX (1996年、イタリア、オランダ)
  - 複数の検出器で広いエネルギー範囲をカバー

# 「あすか」以降の衛星のデータ公開ポリシー

- 初期データは衛星、検出器チームに帰属
  - 一定期間の後にアーカイブ化されて公開
- オープンタイムは世界に公開
  - 年に一回、観測公募のアナウンス
  - ゲストオブザーバーは厳しい競争を経て観測時間を得る
  - データは一定期間(通常は一年)の後にアーカイブ化される
- 突発的現象の観測データは直ちに公開
- 衛星によっては、ほぼすべてのデータが最初から公開
  - Swift衛星のガンマ線バーストデータなど

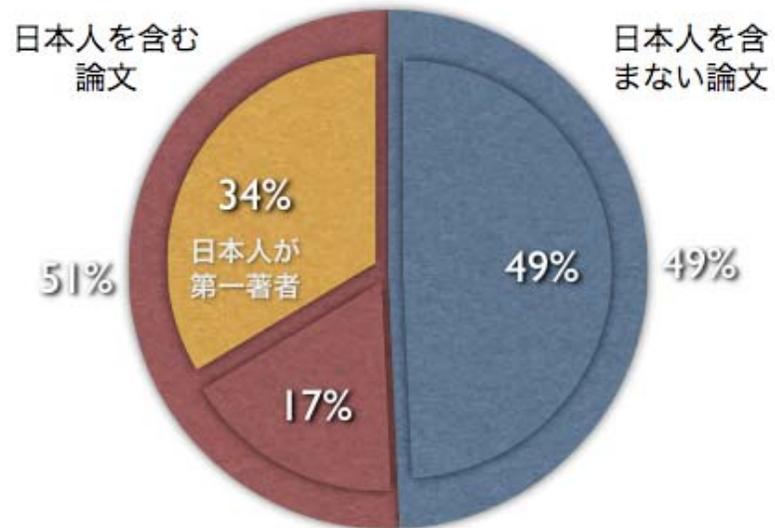
# あすか衛星（観測期間=1993-2000）の国際的な貢献

観測対象は国際公募で決定。観測後1年半を経過したデータは全て公開し、世界の研究者が利用。  
現在も観測データを用いた論文が出版されている。

ドイツのマックスプランク研究所がまとめた  
X線天文衛星の論文数（2002年まで）

衛星	打ち上げ国	観測期間	査読つき学術誌論文数
UHURU	アメリカ	1970-1973	251
Ariael-5	イギリス	1974-1980	199
Einstein	アメリカ	1978-1982	980
EXOSAT	ヨーロッパ	1983-1986	897
Ginga	日本	1987-1991	575
GRANAT	ロシア	1989-1997	239
ROSAT	ドイツ	1990-1998	2848
ASCA	日本	1993-2000	1343
RXTE	アメリカ	1995-	587
BeppoSAX	イタリア	1996-2002	652
Chandra	アメリカ	1999-	806
XMM-Newton	ヨーロッパ	1999-	347

あすか(ASCA)衛星による論文の著者



(2003年までの論文によるISAS/JAXAのまとめ)

2006年8月までの論文数 = 1460編 (ISAS/JAXAのまとめ)

第一著者の所属国 = 21カ国 (2002-2006の675論文, ISAS/JAXAのまとめ)

アメリカ	カナダ	イギリス	イタリア	ドイツ	フランス	オランダ	ポーランド	フィンランド	ギリシャ	アイルランド	スペイン	スイス	イスラエル	ロシア	中国	インド	韓国	インドネシア	南アフリカ	日本
173	4	48	45	40	12	4	11	2	4	6	5	5	8	5	14	11	2	1	1	274

# 2000年代

## ● X線天文衛星とアーカイブスの黄金期

- Chandra(アメリカ、1999年)
  - 史上最高(今後10年以上?)の位置分解能( $\sim 0.6$ 秒角)と感度
- XMM-Newton(ESA, 1999年)
  - Chandraをはるかにしのぐ有効面積
- INTEGRAL(ESA, 2002年)
  - 20keV以上でのイメージング
- HETE2(アメリカ、2001年)
  - ガンマ線バーストミッション
- Swift(アメリカ、2004年)
  - ガンマ線バーストミッション、データはただちに公開
- すざく(2005年)
  - 20keV $\sim$ 300 keVで過去最高の感度
  - 低エネルギー側でChandra, XMMをしのぐエネルギー分解能

# 将来に向けて

- 宇宙科学と国際社会
  - ヨーロッパ宇宙機構の目的のひとつ: 非軍事に限った宇宙開発を国際協力によって行う
  - その結果、宇宙の軍事利用をやりにくくする。相互信頼醸成。
- 科学衛星データアーカイブスの役割
  - ロケット、衛星ハードウェアの国際協力はしばしば政治的に困難
  - データの共有、交換は技術的に簡単
  - 金銭的、政治的な利害や倫理的価値判断が絡まないからこそ、天文衛星データの公開ができる
  - 地上観測データ、原子核データ、生命科学データはそうもいかない
  - できる国が衛星を上げて天文データアーカイブスを作り、広く公開する。世界中の研究者は必要に応じてデータを得て研究を行う。
- 願わくは、宇宙の研究が世界をひとつに結びつけ、この世界から少しでも争いを減らす力になるように...