

基礎宇宙物理学 II

電磁流体力学入門

第1回 天体活動現象入門

2012年4月13日

○講義計画(2012年)改訂版

- 4月13日 1. 天体活動現象とは
- 4月20日 2. プラズマの基本的性質(デバイ遮蔽、平均自由行路、プラズマ振動)
- 4月27日(講義あり) 2. プラズマの基本的性質(プラズマ振動)および 3節
- 5月4日 祝日
- 5月11日 3. 磁場中の荷電粒子の運動(ラーモア半径、ドリフト)
- 5月18日 4. 流体力学方程式(質量保存、運動量保存、エネルギー保存、の各方程式)
- 5月25日 休講(海外出張)
- 6月1日 5. 電磁流体力学の基礎方程式(MHD近似、MHD方程式)
- 6月8日 6. 磁場の性質(凍結定理、マクスウェル応力、磁気エネルギー)
- 6月15日 休講(ローレンツ祭)
- 6月22日 7. 電磁流体波(音波、アルフベン波、MHD波)
- 6月29日 8. 衝撃波(音波衝撃波、MHD衝撃波)
- 7月6日 9. 爆発(セドフ解の近似的導出、超新星残骸への応用)
- 7月13日 10. 天体風(太陽風、宇宙ジェット)
- 7月20日 休講(海外出張)
- 7月27日 11. 磁気リコネクション(オーロラ、フレア)

参考文献

- 柴田、福江、松元、嶺重編(1999)
「活動する宇宙」、裳華房
- 加藤正二(1989)「天体物理学基礎理論」
ごとう書房

Tajima and Shibata (1997)
“Plasma Astrophysics”, Addison-Wesley

柴田、大山、浅井、磯部(2011)
「最新画像で見る 太陽」 ナノオプトメディア

柴田一成(2010)「太陽の科学」NHKブックス

- 1999年
- 裳華房
- 4300円

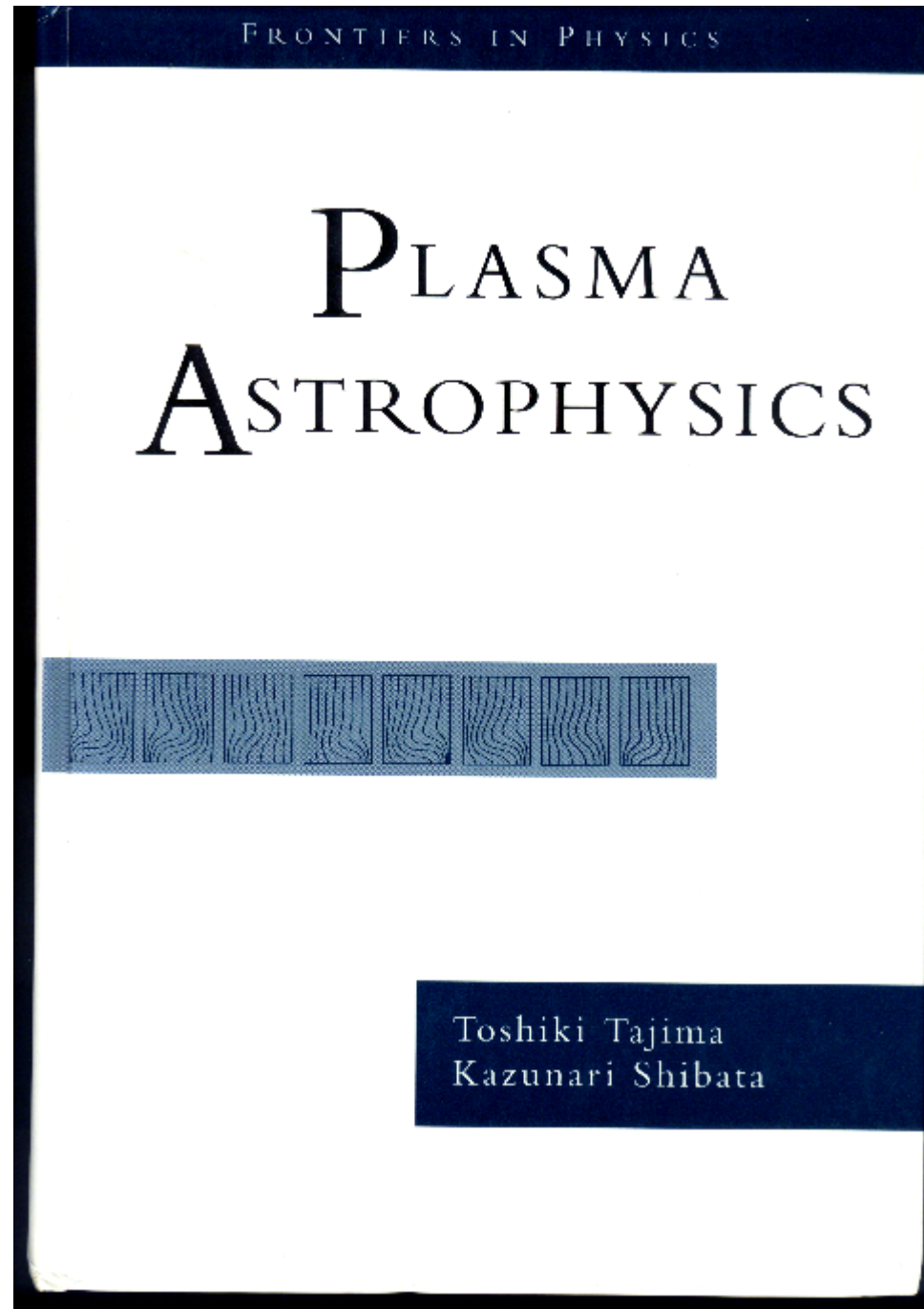


参考文献1
\$70
(1997, Addison-
Wesley)

= > \$43

(2002

Westview:
soft cover
version)



松本紘編
(松本紘、小山勝二、
柴田一成、山川宏、
篠原真樹 共著)

ナノオプトメディア
2009年

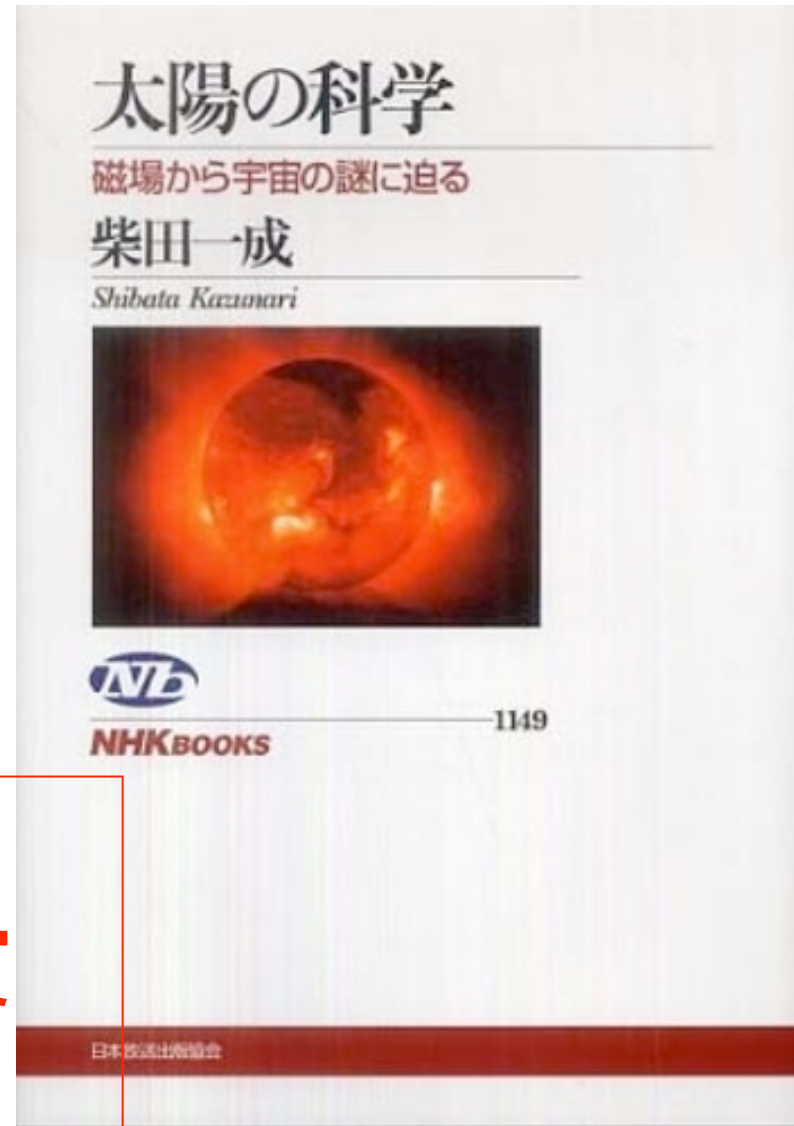
2850円＋税
付録DVD付き



2010年
1月30日発行

税込で
1018円

2010年度
講談社科学出版賞
受賞！



最新画像でみる

著=柴田一成・大山真満・浅井歩・磯部洋明

太陽

柴田一成
大山真満
浅井歩
磯部洋明
共著


ナノオプトニクス・
エナジー出版局
2011年4月

5500円

「ひので」衛星の最新画像をはじめ、
各観測所のベストショットを厳選。

激しく絶え間ない変化を見せるダイナミックな天体、
太陽の知られざる姿に迫る。

太陽研究の第一線で活躍する執筆陣による詳細解説を収録。

 ナノオプトニクス・エナジー出版局



天体活動現象(電磁流体现象) 入門

活動銀河核の発見

- 1960年代— 活動銀河が
続々と見つかる

クェーサー(QSO: 準星)

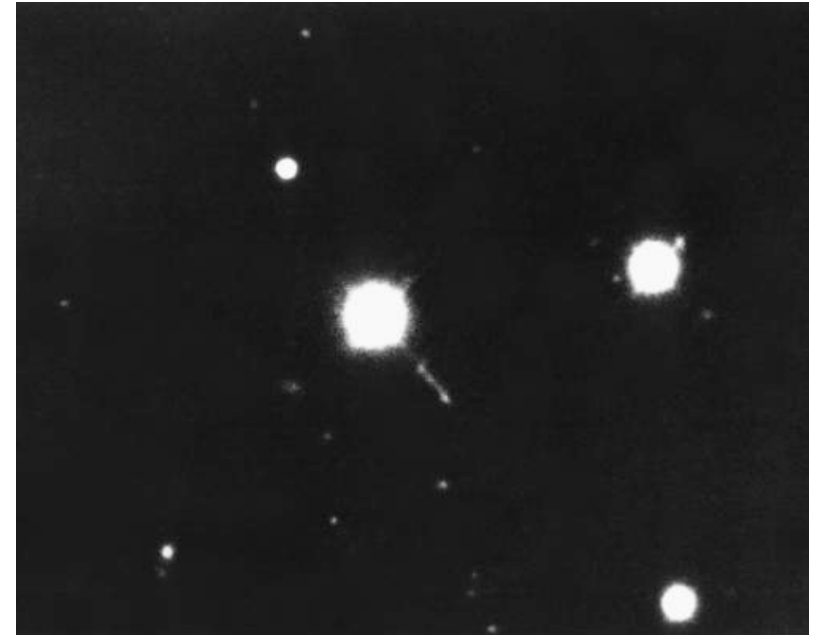
電波銀河

セイファート銀河

=> 中心核活動

きわめて遠方(宇宙初期)

宇宙最大の爆発



クェーサー = 若い銀河の中心核

クェーサー
(3C273)

私の青春の夢

宇宙最大の謎の活動銀河核(とそのジェット)を
生きているうちに解明したい！

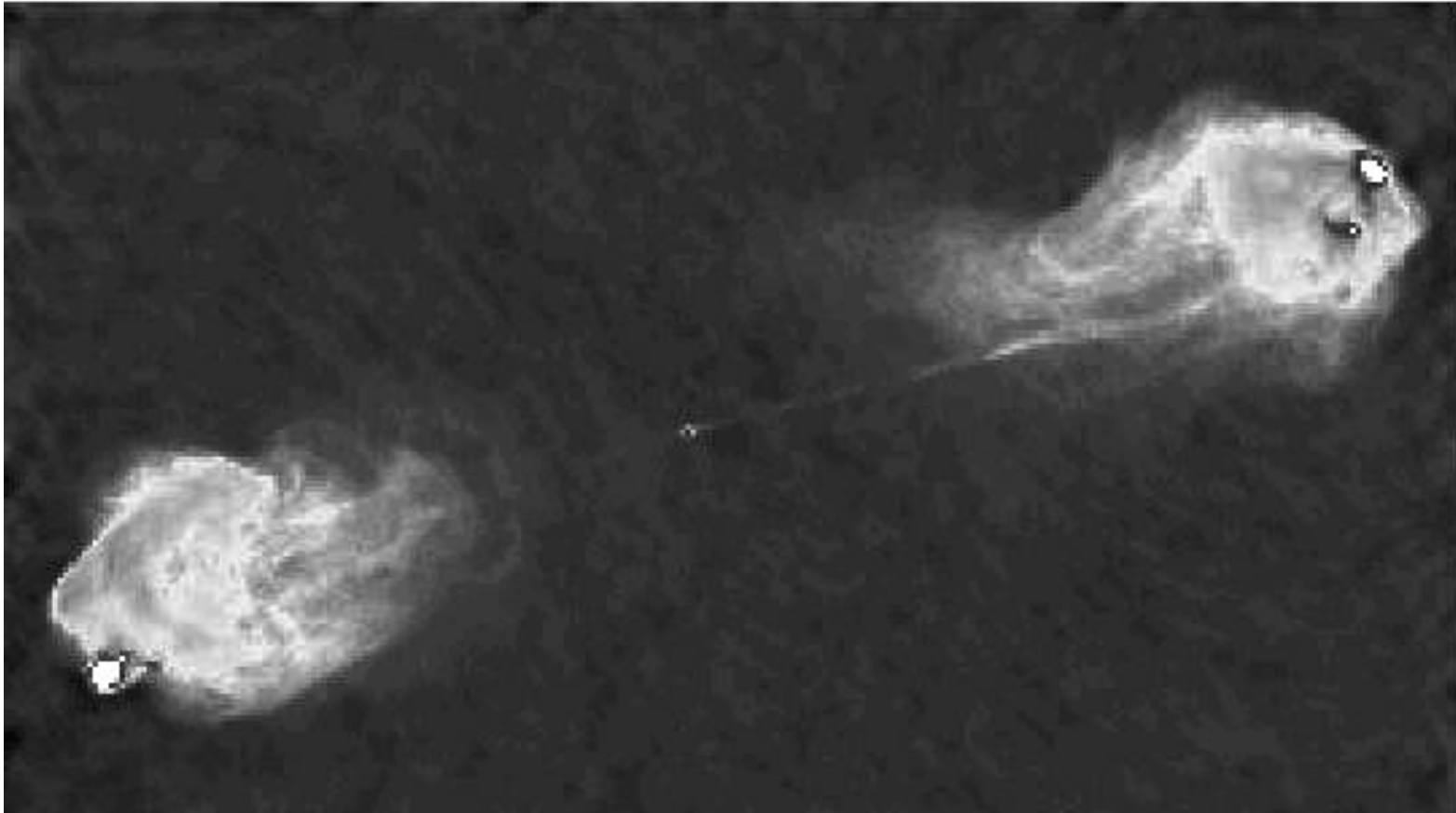
しかし、本体の直接観測は遠い未来。

ならば身近な太陽面爆発(フレア)や他の類似の天体フレア・宇宙ジェットにヒントを探し、MHD(Magnetohydrodynamics = 磁気(電磁)流体力学)プラズマ理論でせまる。(私の戦略)

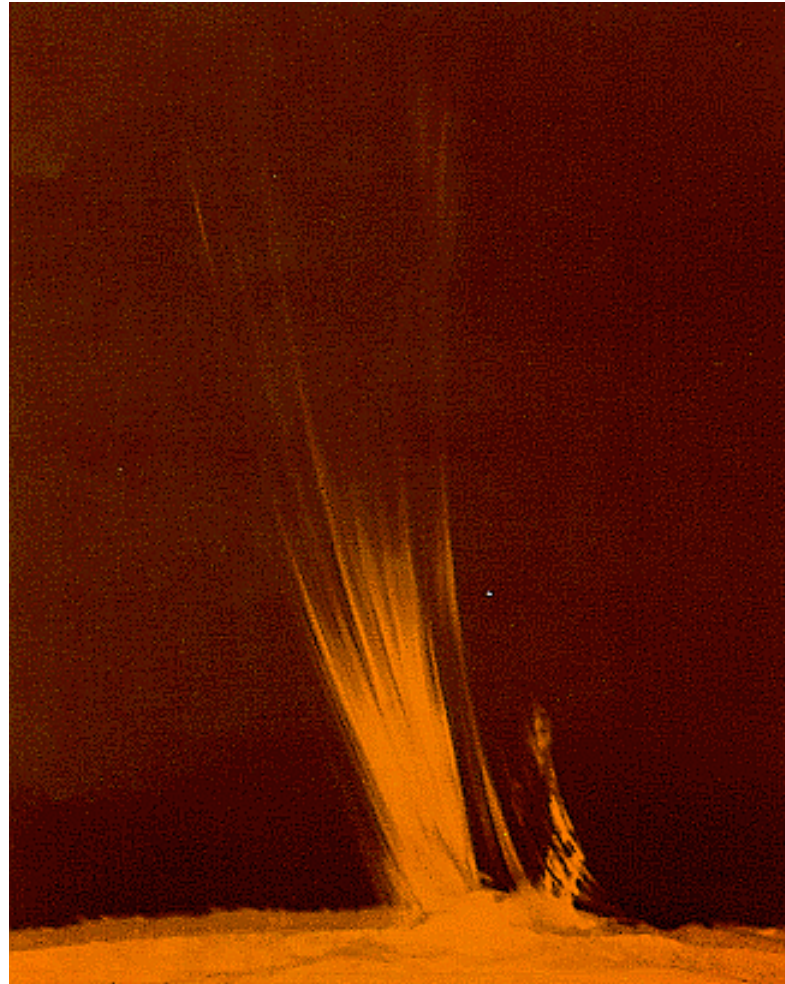
活動銀河核ジェット(白鳥座A)

(距離=5億光年、長さ=30万光年)

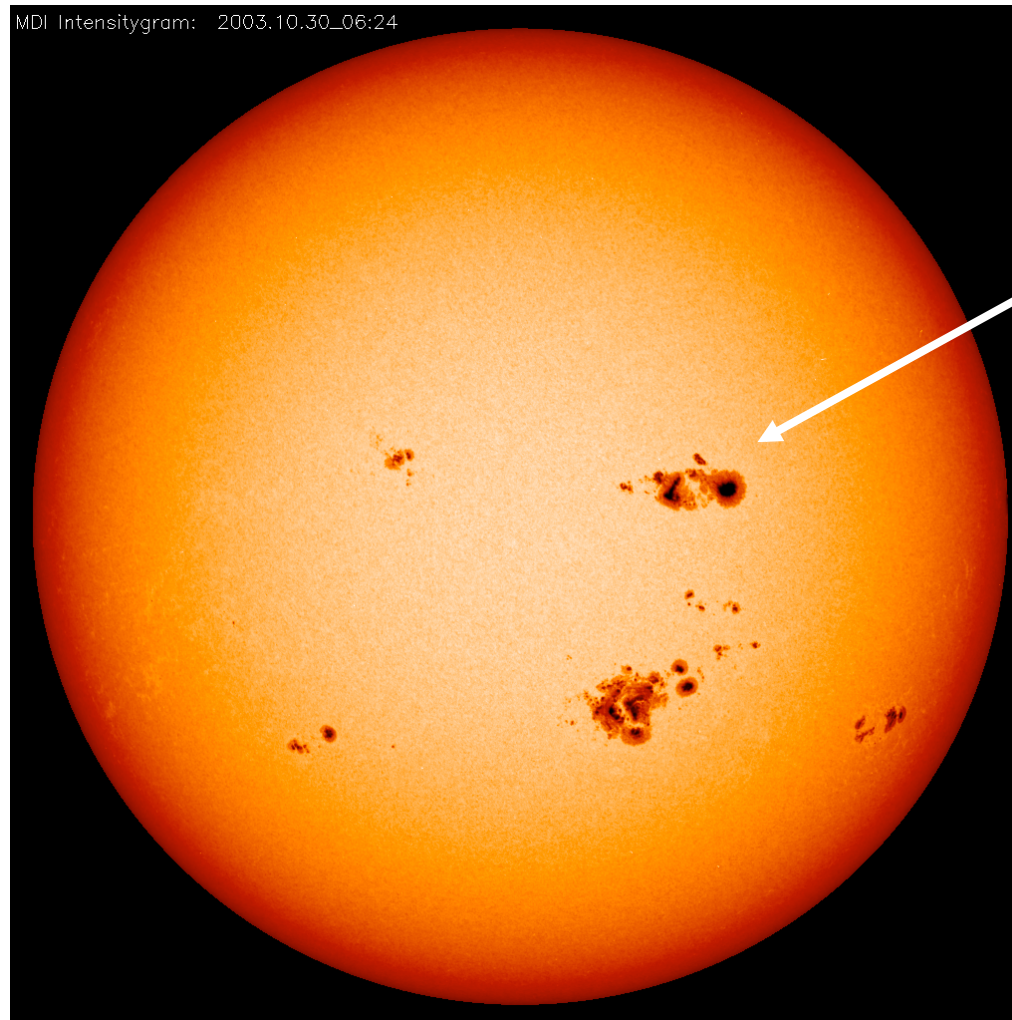
宇宙ジェットの種類



太陽フレア／ジェット (京大飛騨天文台: H α)

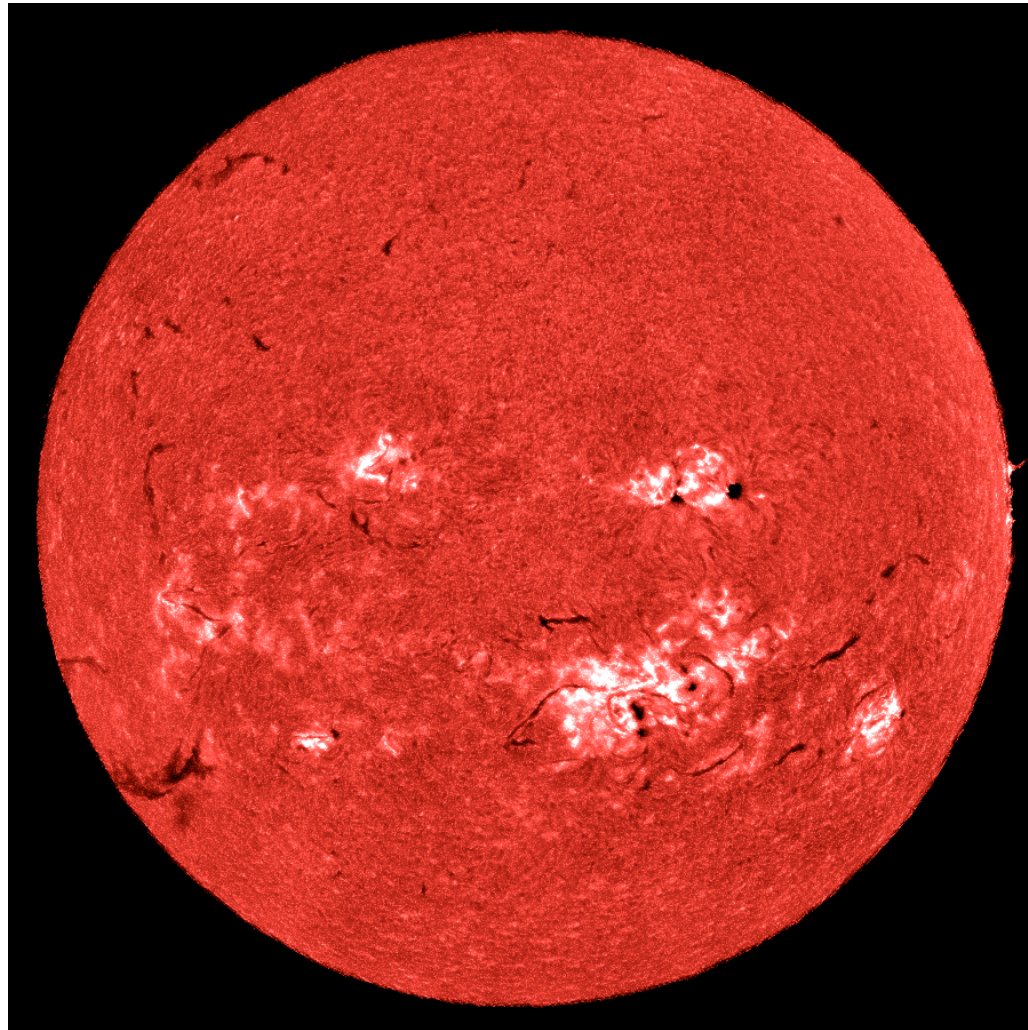


可視光で見た太陽 (光球=6000度)



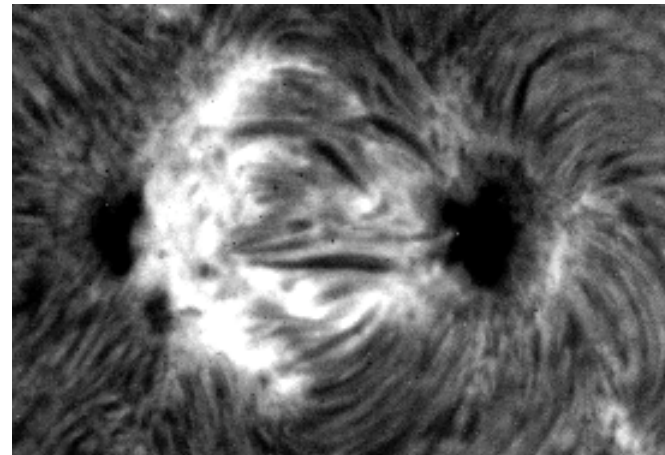
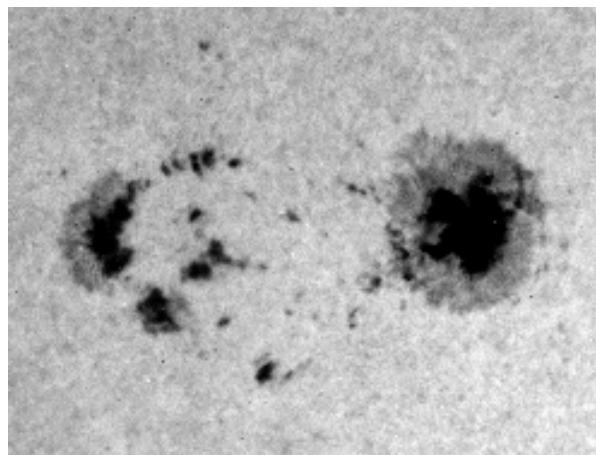
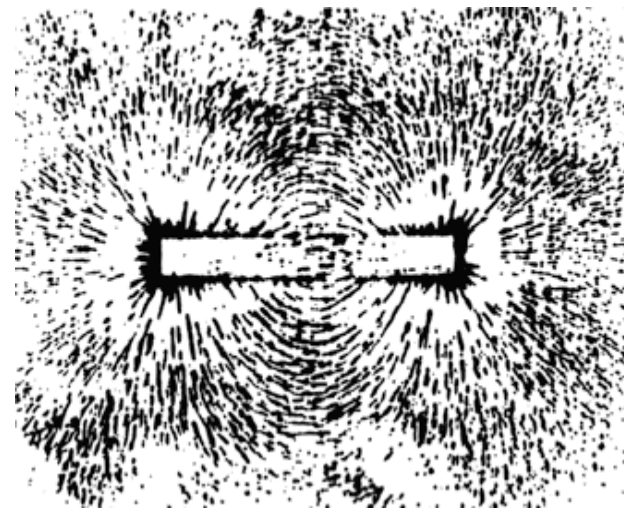
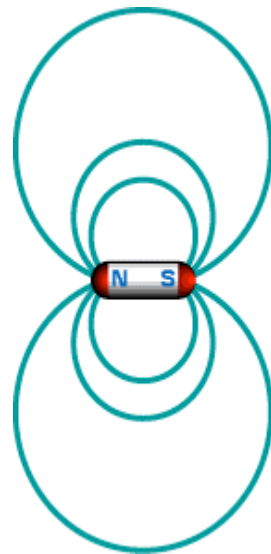
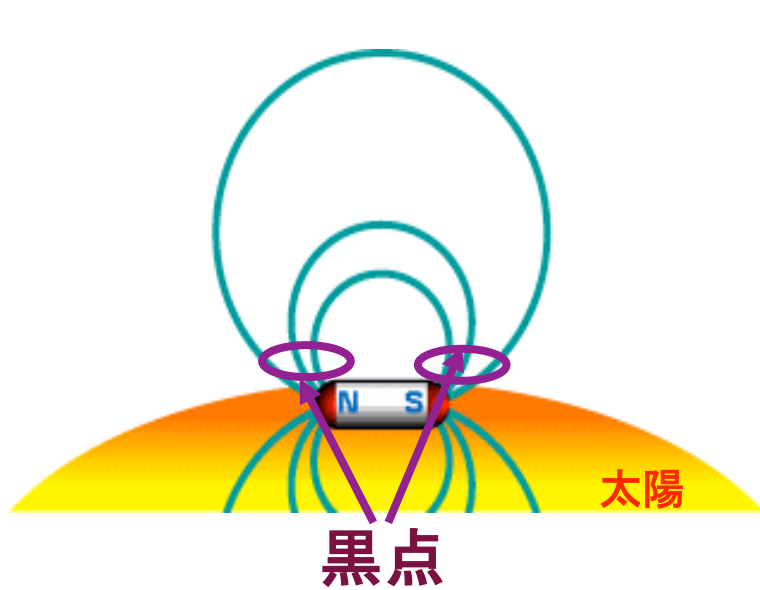
黒点

H α 線(水素原子のスペクトル線)で見た太陽 (彩層=1万度: 光球の上層大気)



2003年10月
京大飛驒天文台

黒点の正体＝巨大な磁石



太陽コロナ(軟X線) (ようこう衛星)

- 軟X線
(1 keV)
200万度—
数千万度



太陽フレア

19世紀中頃発見

黒点近傍で発生 =>

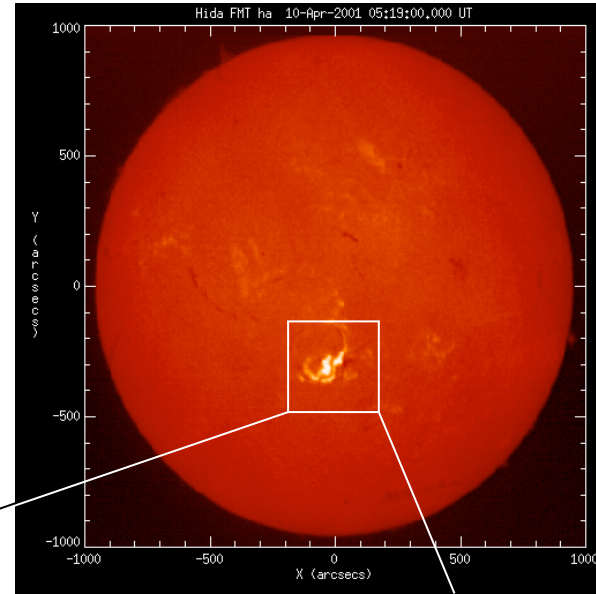
磁気エネルギーが源

サイズ～(1-10)万km

全エネルギー

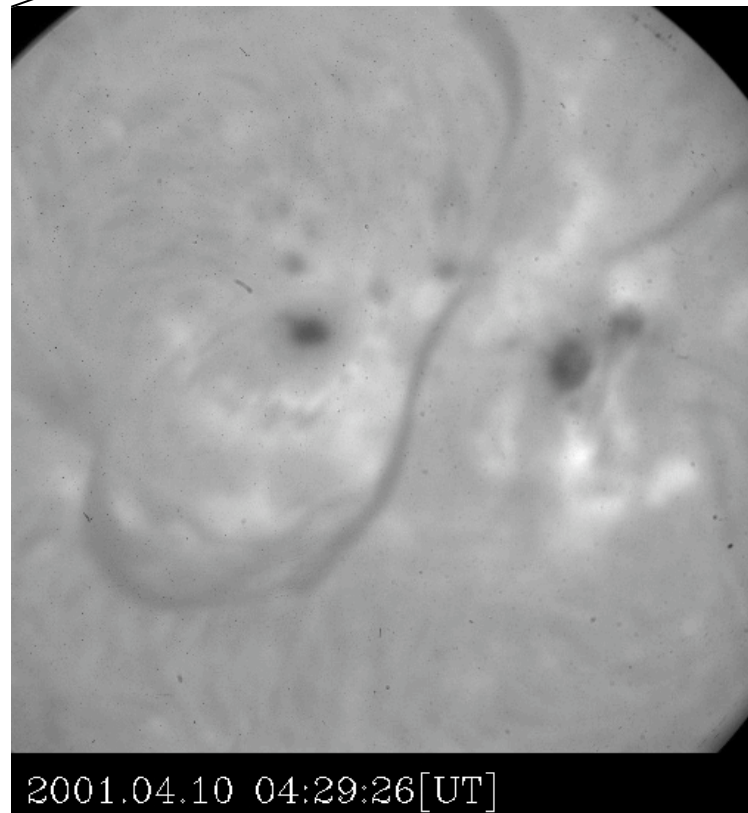
$10^{29} - 10^{32}$ erg

(水爆10万-1億個)



H α

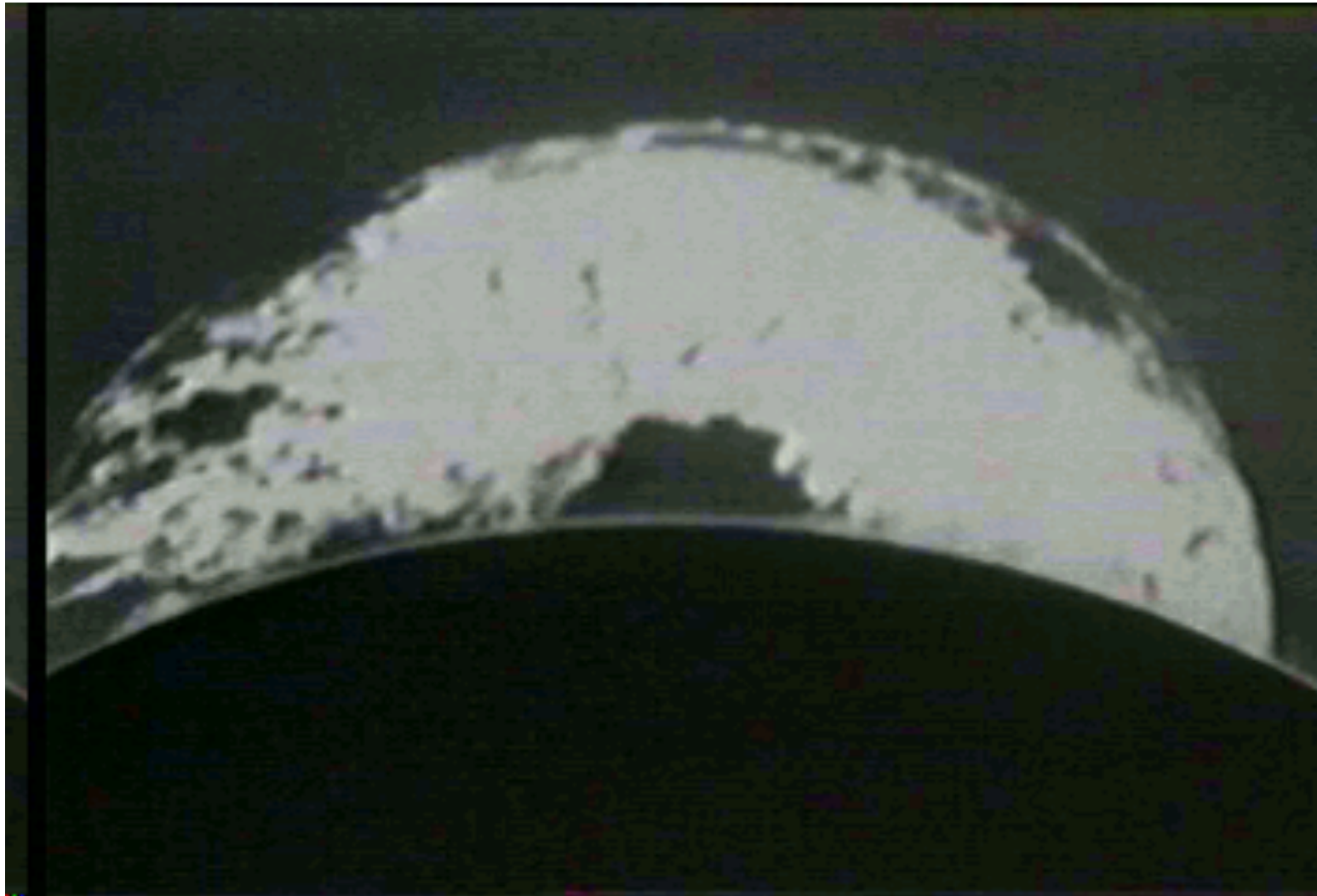
彩層
1万度



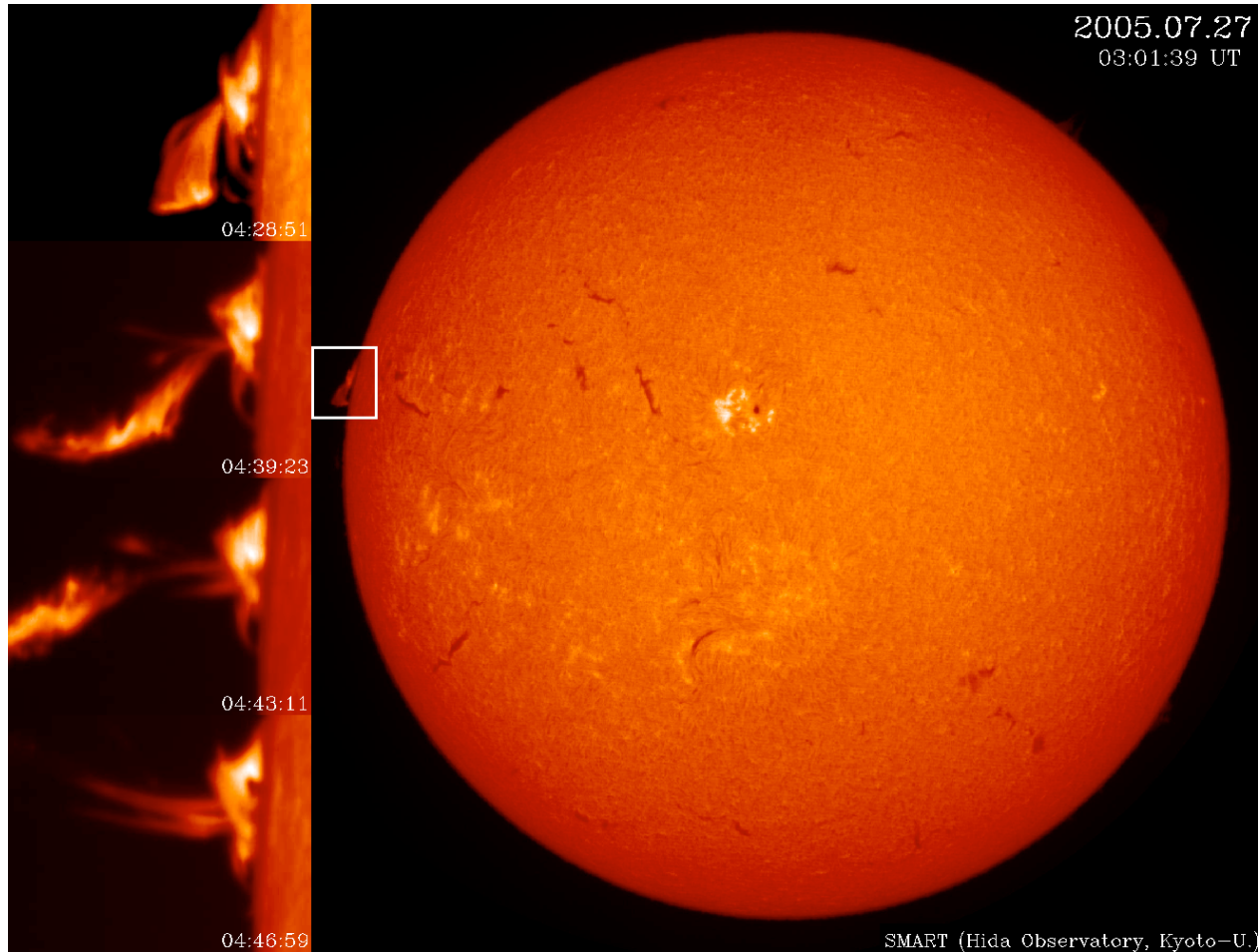
京大飛驒天文台

2001.04.10 04:29:26[UT]

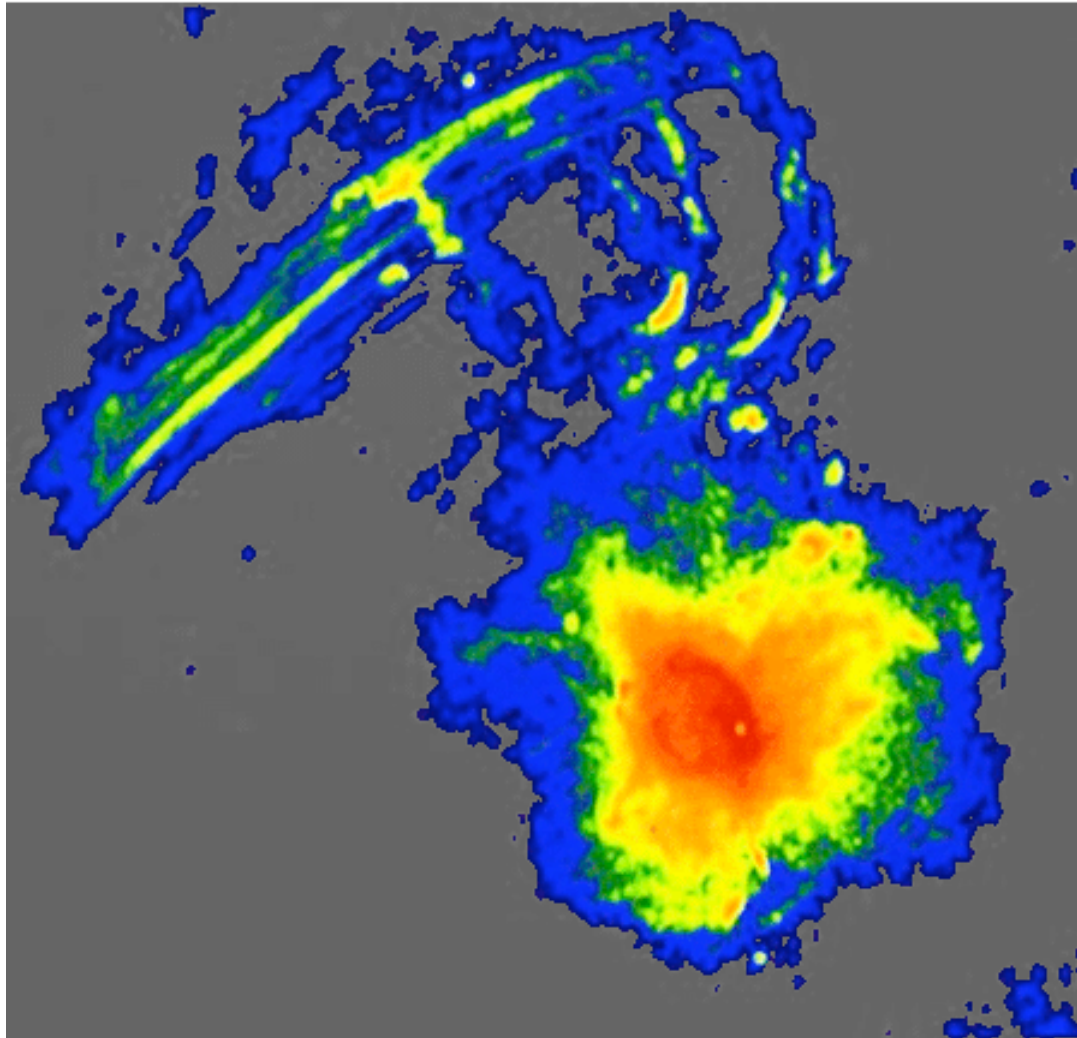
太陽プロミネンス(紅炎)噴出 (史上最大:1946年6月4日)



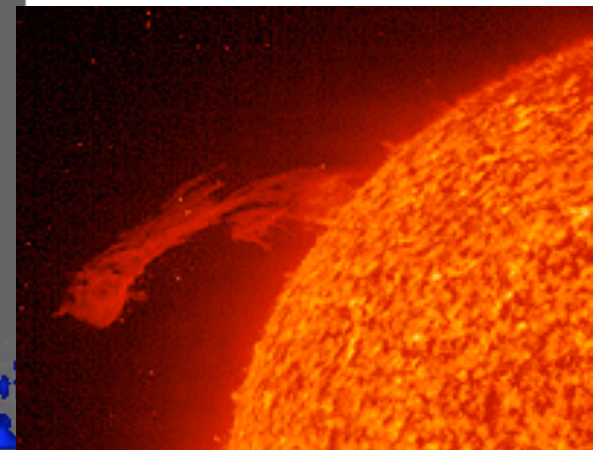
太陽プロミネンス噴出とフレア (飛騨天文台: H α)



銀河中心電波アーク (銀河プロミネンス?)

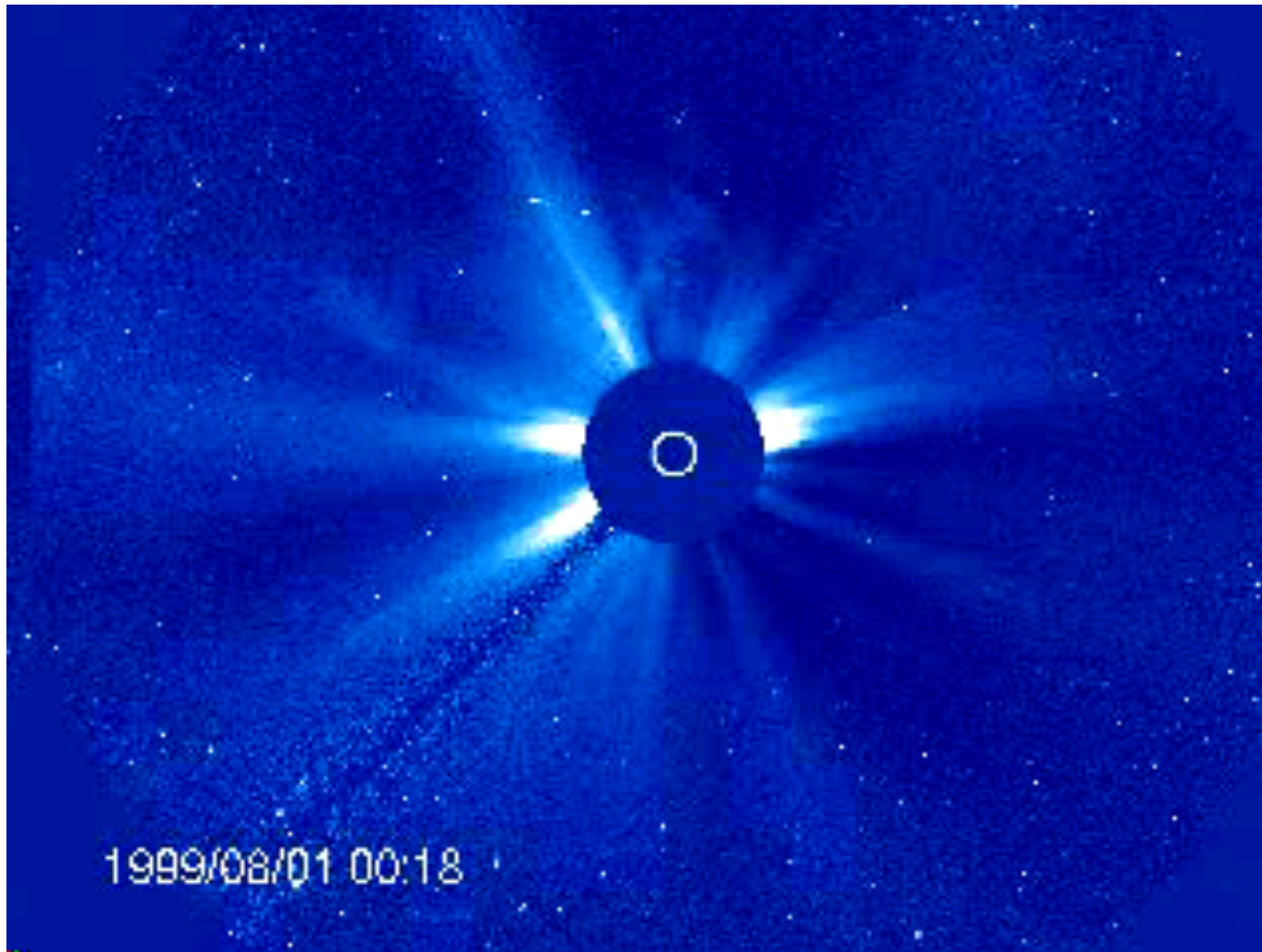


太陽プロミネンス



コロナ質量放出 (CME)

(SOHO/LASCO, 可視光/人工日食)



速度: 100~1000km/s、質量: 10億~100億トン

原始星ジェット

(HH1-2 : 長さ約1光年)
宇宙ジェットの1種

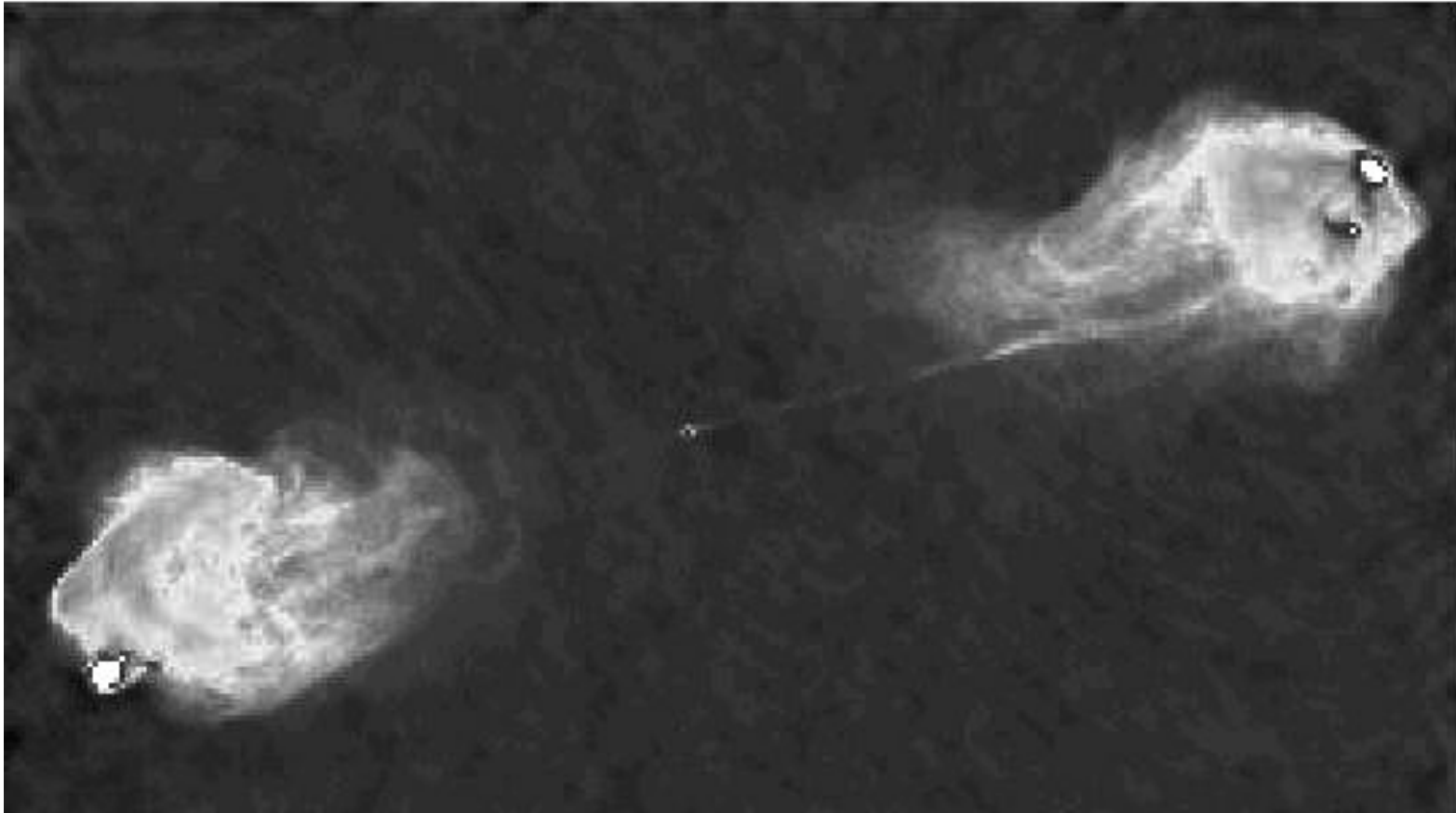


(ハッブル宇宙望遠鏡:可視光観測)

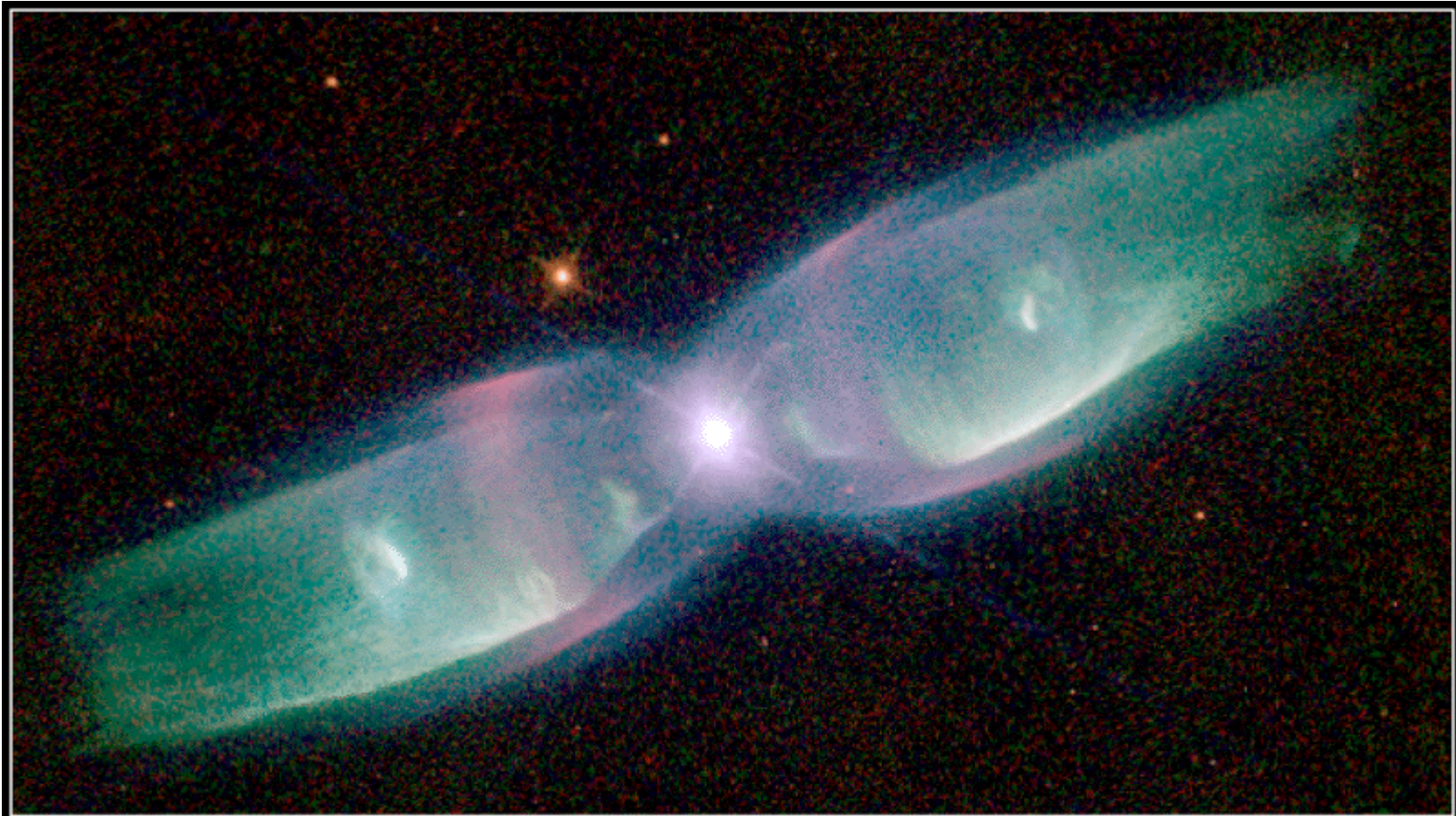
活動銀河核ジェット(白鳥座A)

(距離=5億光年、長さ=30万光年)

宇宙ジェットの種類



惑星状星雲



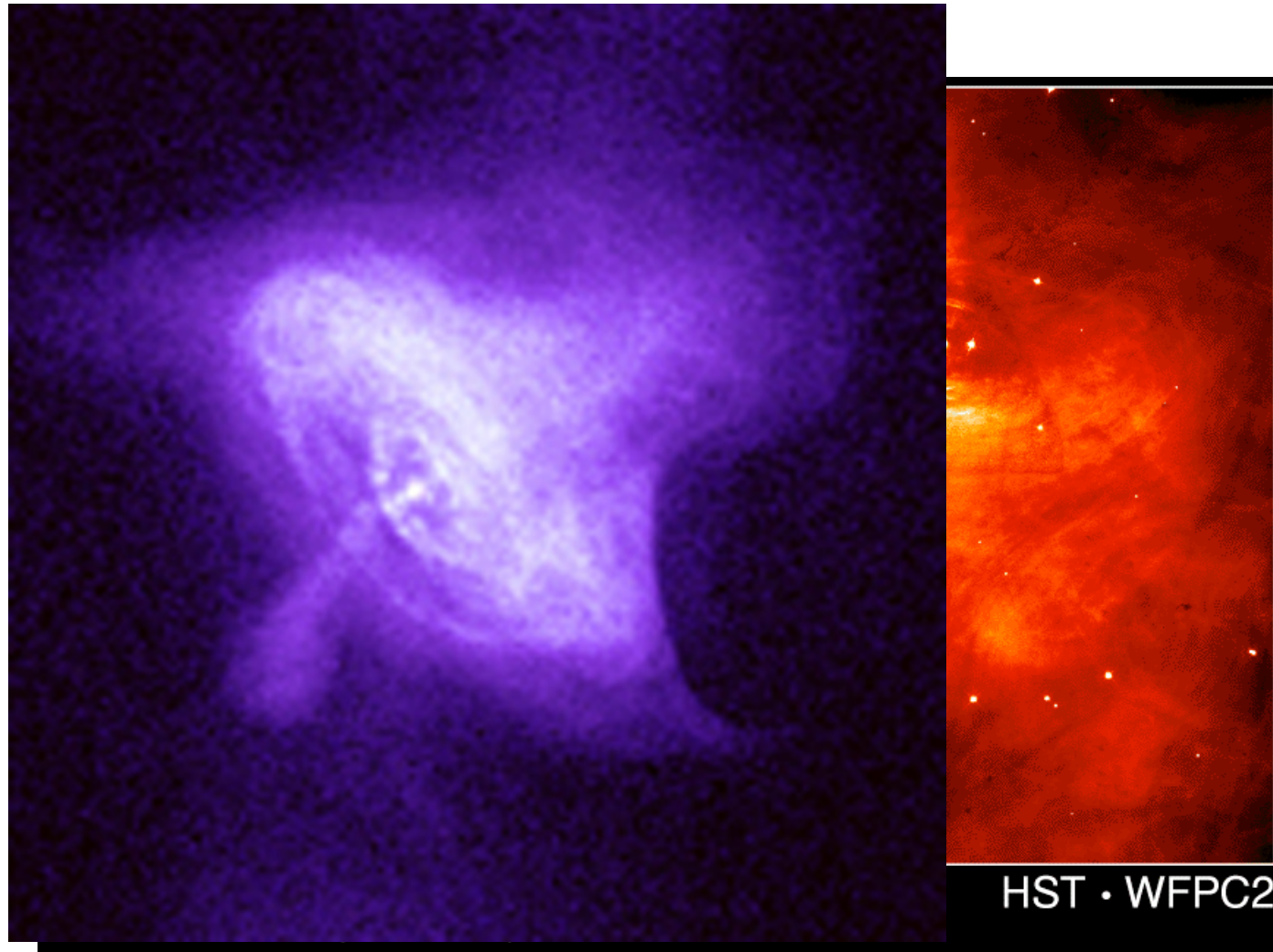
Planetary Nebula M2-9

HST • WFPC2

PRC97-38a • ST ScI OPO • December 17, 1997

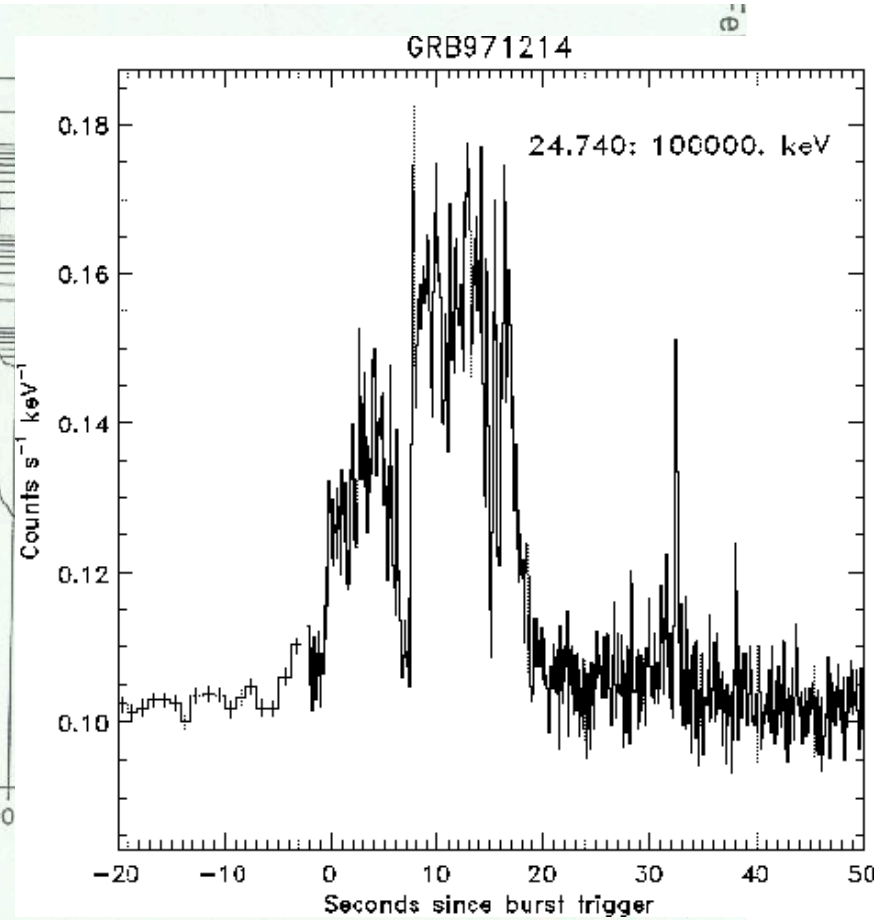
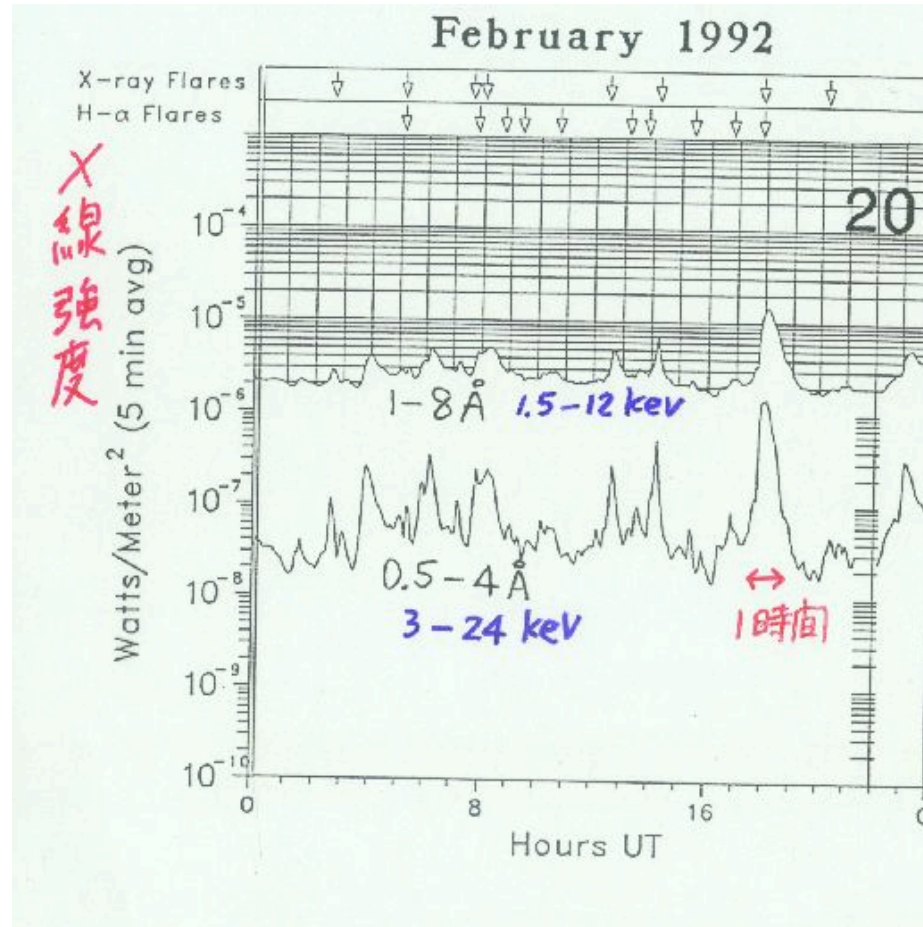
B. Balick (University of Washington) and NASA

超新星残骸(カニ星雲)

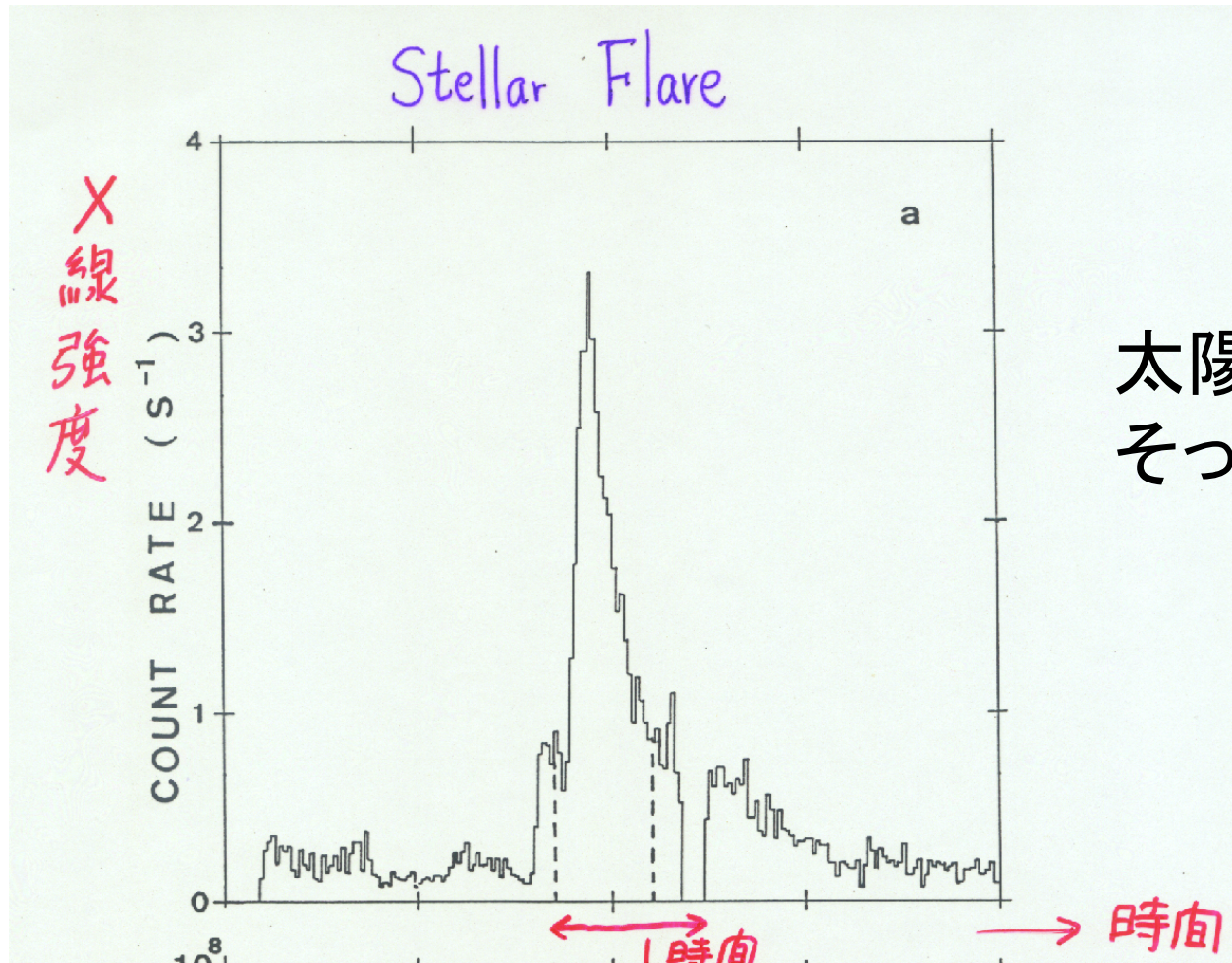


太陽フレア

ガンマ線バースト



恒星フレア



太陽フレアに
そっくり

まとめ

- 宇宙は活動現象に満ち満ちている
- 異なる階層で類似の現象が発生
(天体の形成・起源と密接に関連)

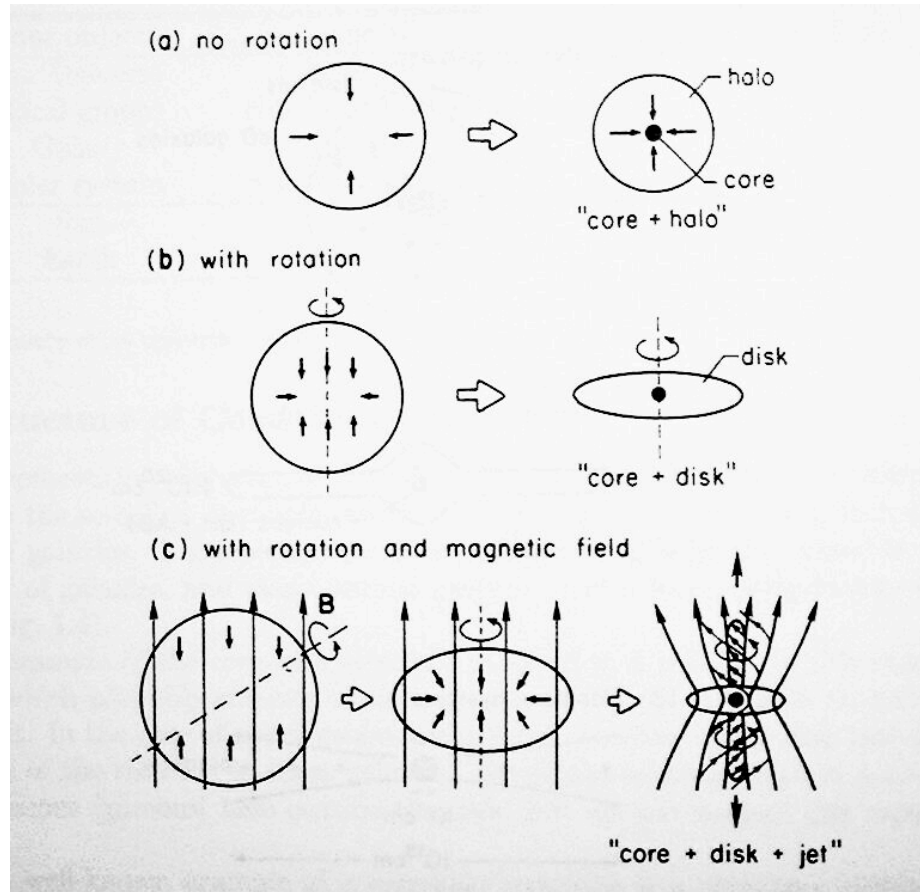
(例1) ジェット(プラズマ加速)

宇宙ジェット(活動銀河核、原始星)
太陽ジェット

(例2) 爆発現象(爆発的プラズマ加熱)

恒星フレア、ガンマ線バースト、
太陽フレア

天体の形成 (恒星と銀河)

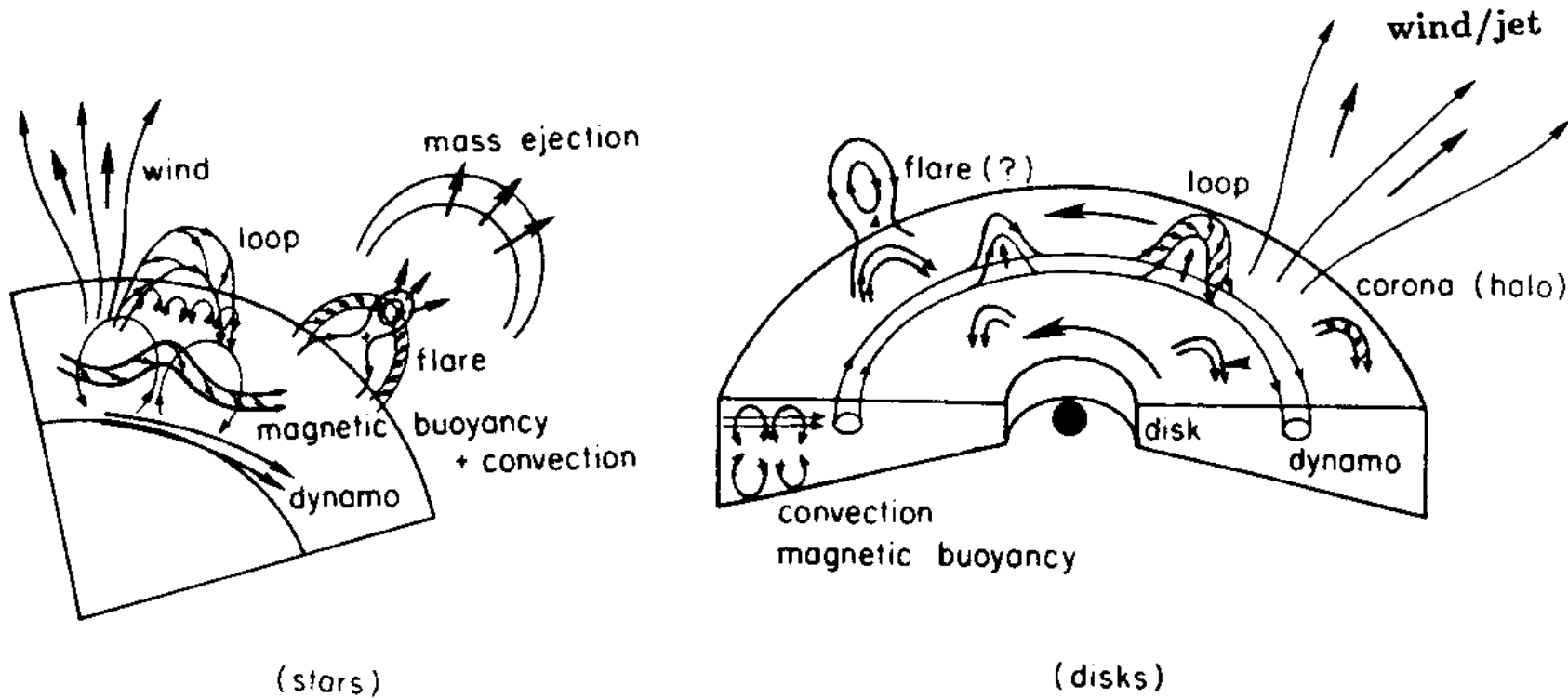


星形成と銀河形成では
基礎物理過程は
共通(重力収縮)。そのため、
活動銀河核ジェットも
原始星ジェットも
相似形をしている。

$$F_{gravity} = \frac{GMm}{r^2}$$

重力には特徴的な長さが無い
=>どこまで行っても長さの逆2乗で減少
=>拡大しても縮小しても同じ形が出現
=>自己相似、フラクタル

太陽・星および降着円盤・銀河円盤 における電磁流体现象



天体活動現象の発生メカニズムは何か？

- これは21世紀の宇宙物理学の基本課題
- これを解明するには、
重力、プラズマ、**磁場**の相互作用
を正しく理解する必要がある
=> **宇宙電磁流体力学**
その基礎は => **太陽電磁流体力学**