

爆発だらけの太陽と宇宙

—磁場から宇宙の謎にせまる

～私の研究変遷史(1973—2010)～

柴田一成

京都大学 理学研究科 附属天文台 台長

京都大学 宇宙総合学研究ユニット ユニット長

参考文献

参考文献

\$70

(1997,

Addison-Wesley)

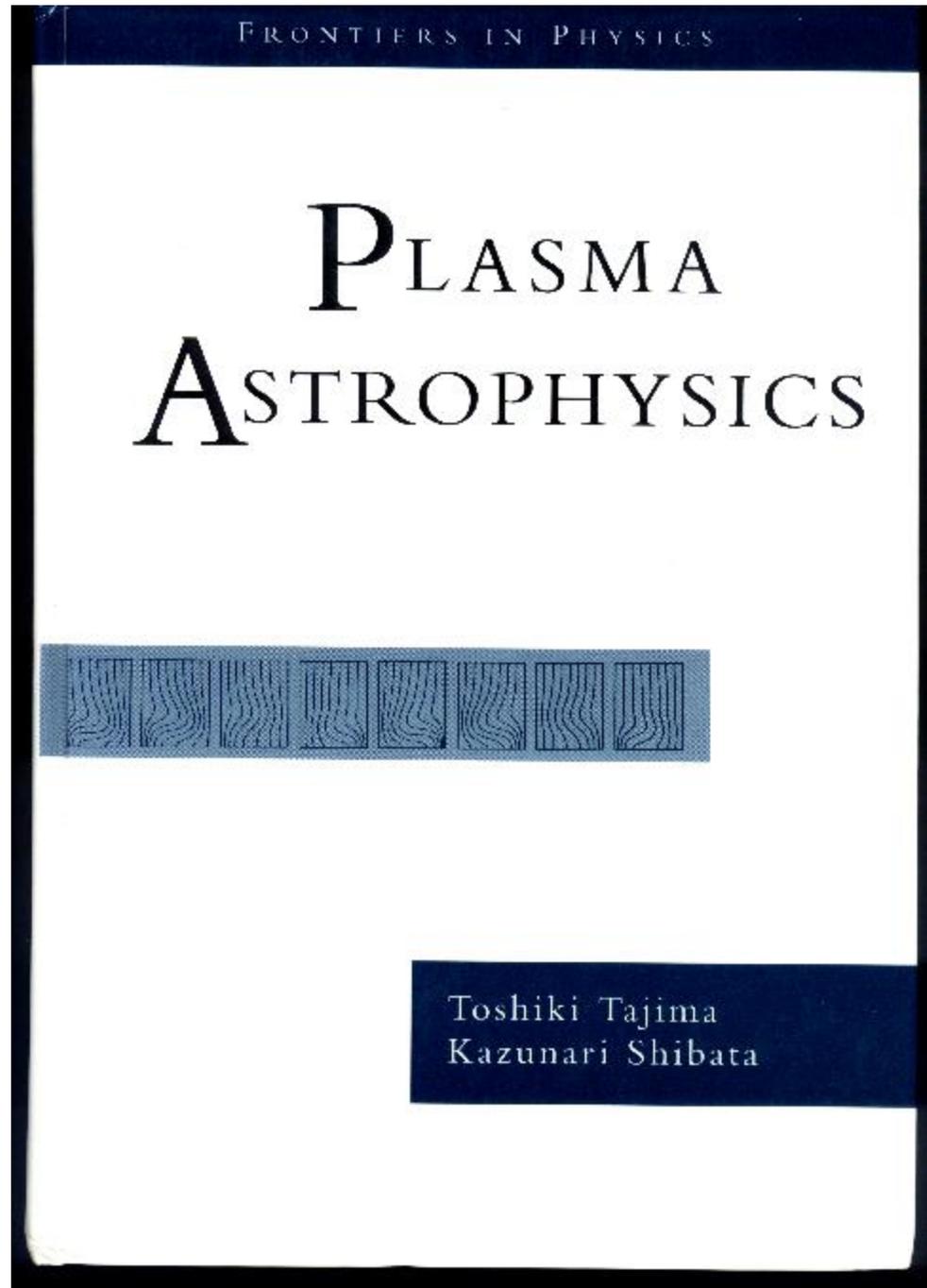
= > \$43

(2002

Westview:

soft cover

version)



- 1999年
- 裳華房
- 4300円



写真集 太陽

—身近な恒星の最新像—

柴田一成・大山真満 共著

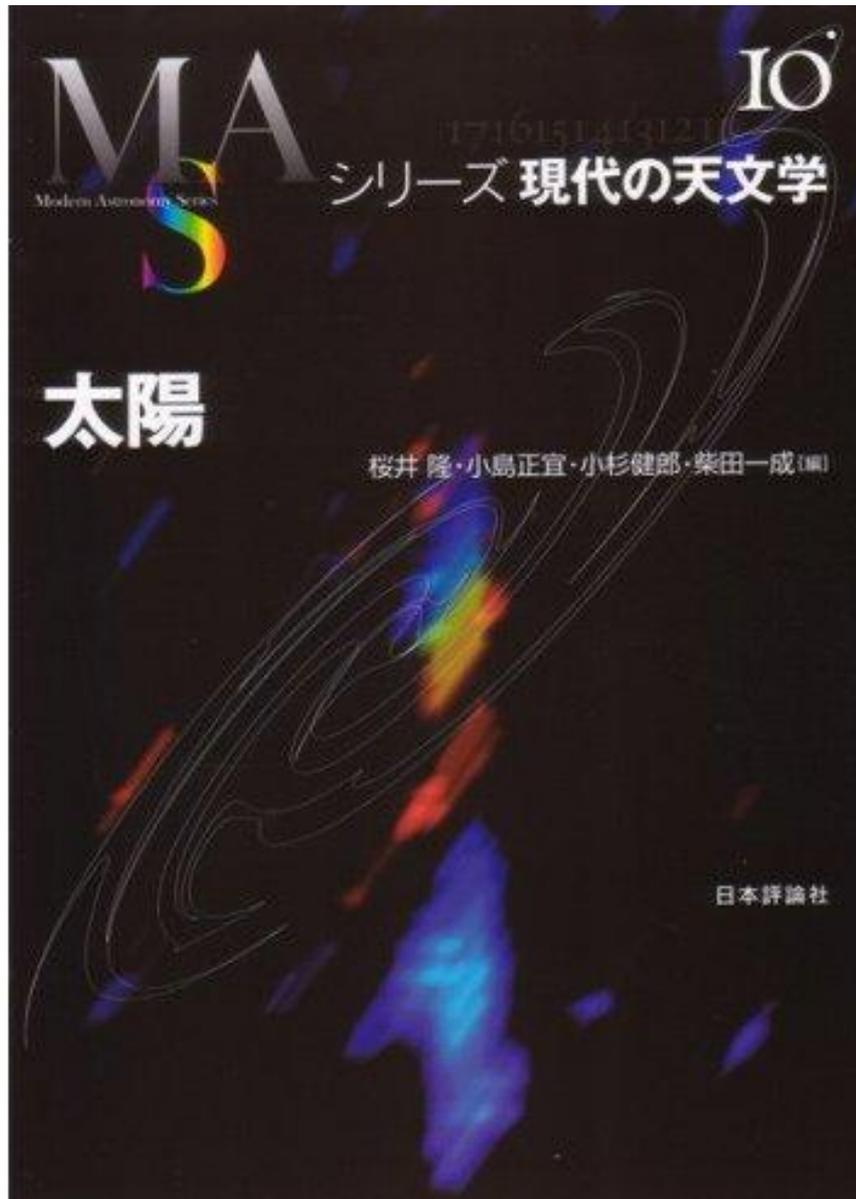


裳華房

2004年2月

定価：

4500円



日本評論社
2009年3月

2835円

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

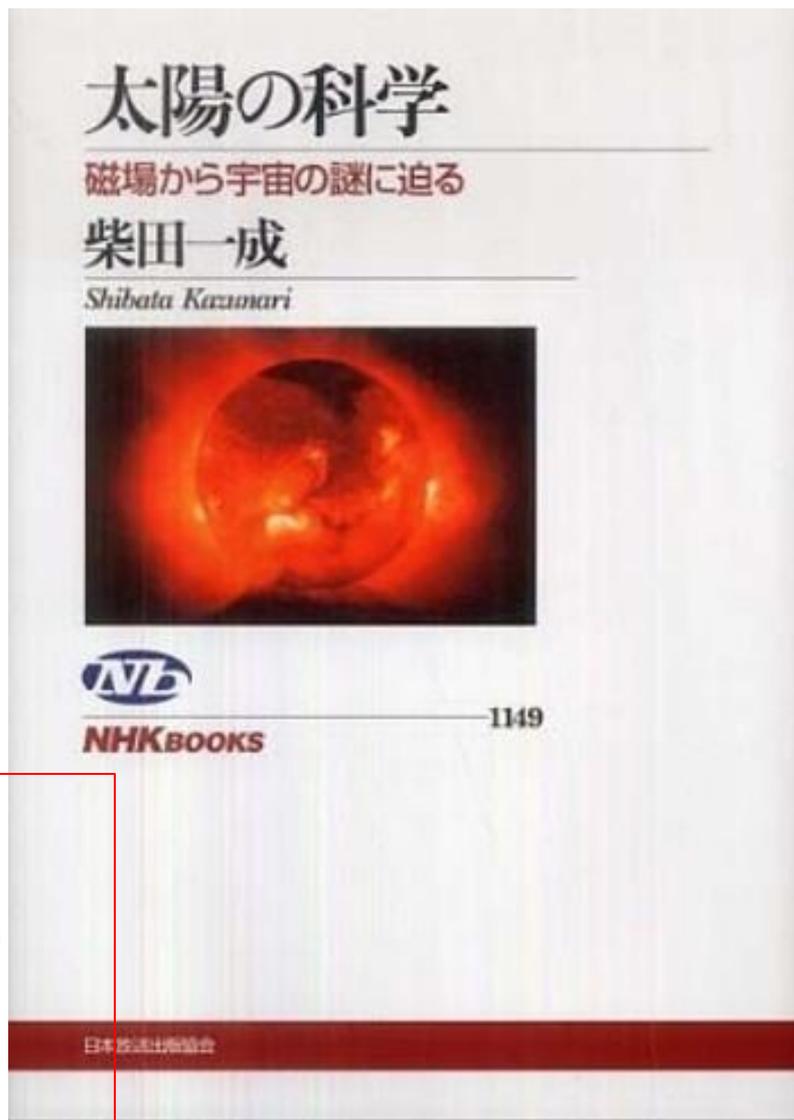
2850円＋税
付録DVD付き



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！



1. 大学(京大理学部)(1973-1977)

活動銀河核とそこから噴出する
ジェットを解明したい

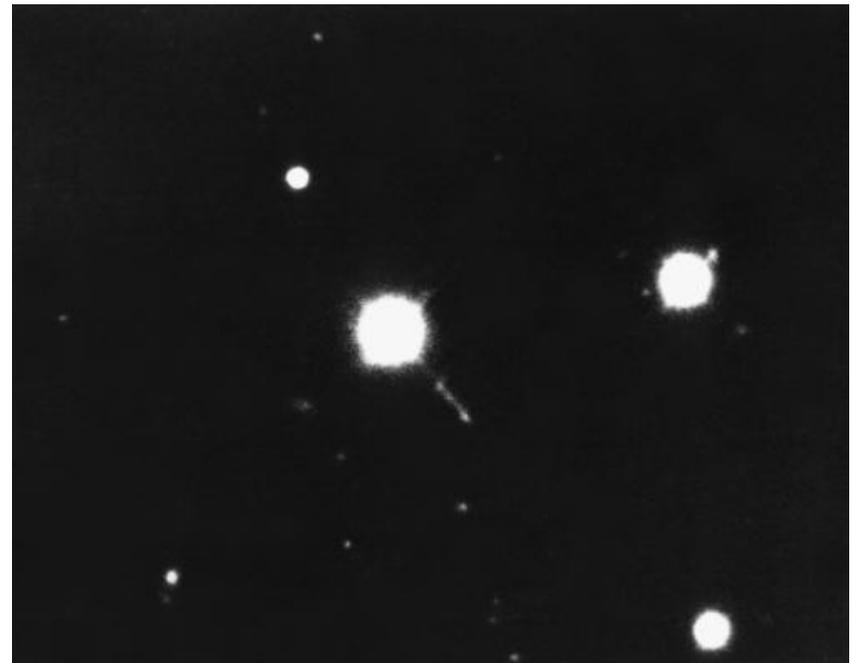
クェーサーの発見 1960年代

可視光(3C273)

星のように見えるが
距離を測ると、25億光年

普通の星までの距離は
数光年～数10光年

ものすごく明るい
(星の明るさの1億倍の1億倍
の明るさ)
膨大なエネルギーを放出



宇宙最大の爆発 = 天文学・宇宙物理学最大の謎！

その正体は「銀河」の中心核

楕円銀河 M87

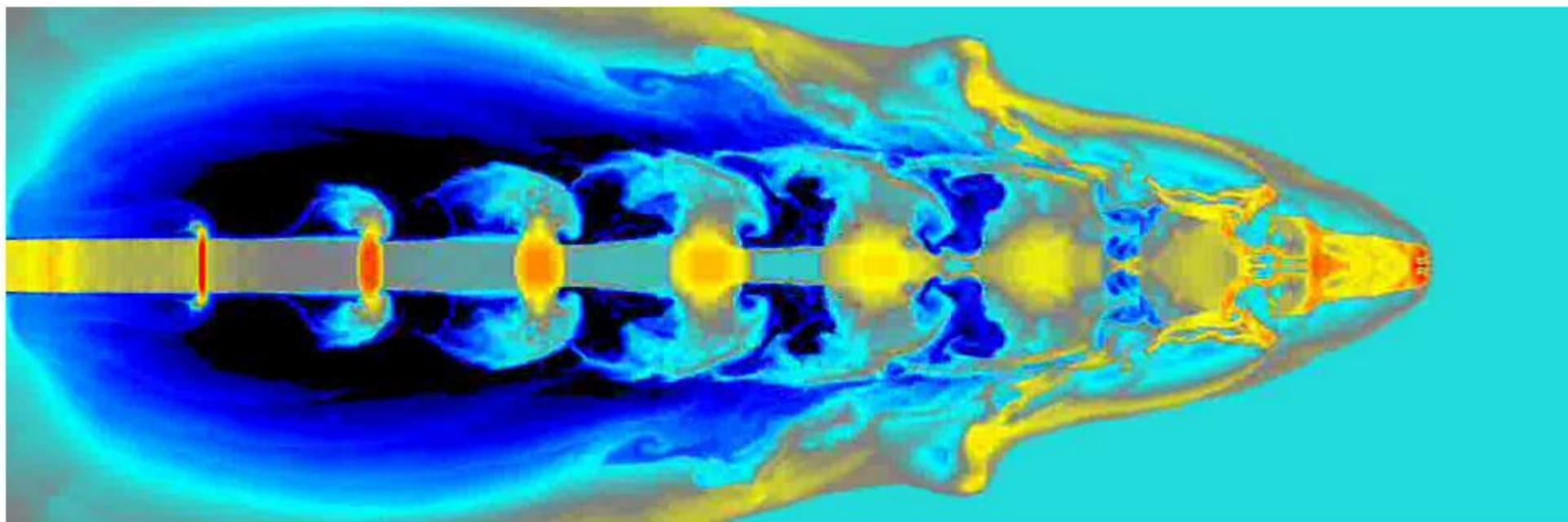


ジェット

中心核

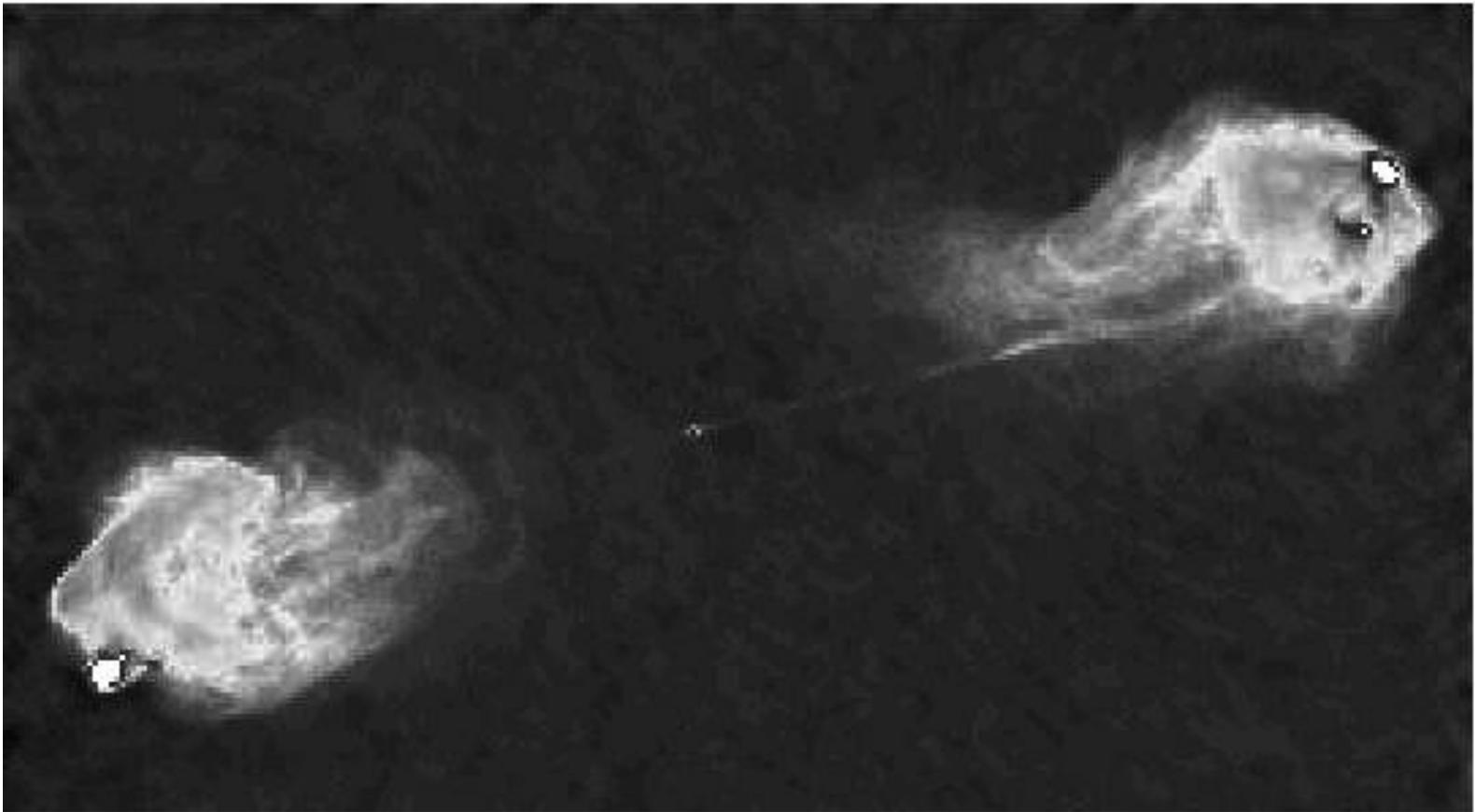
ジェットとは？

細く絞られた高速ガス流



活動銀河核ジェット

(距離 = 5億光年、長さ = 30万光年)



様々な現象のエネルギー

現象	エネルギー(J)	
• 水爆(15メガトン)	6×10^{16}	1
• 地球上の全核兵器	4×10^{19}	1000倍
• 太陽フレア	$10^{22} - 10^{25}$	10万-1億倍
• 原始星フレア	$10^{27} - 10^{29}$	100億-1兆倍
• 超新星爆発	10^{44}	1兆の1000兆倍
• 活動銀河核(全エネルギー)	$\sim 10^{55}$	~ 1 兆の100兆倍の1兆倍

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プラズマ理論でせまる。(私の戦略)

2. 大学院修士(京大宇宙物理) (1977-1979):

天体爆発現象のひな型の太陽フレアと太陽ジェットを研究し、理論、特に、電磁流体シミュレーションでせまる

- ところが、修士論文のテーマは、やりたいジェットの研究テーマとはならなかった、、、
- 川口教授の術中にはまってしまった、、、

修士論文

- 太陽浮上磁場の2次元電磁流体シミュレーション
 - M2の6月: Fortran習得
 - 7月–8月: クーラン・ヒルベルトの本「数理物理学の方法」を勉強
 - 9月: 2次元電磁流体シミュレーション・コードを書きだす
 - 10月–11月: デバッグ
 - 12月: ようやくバグが取れて完成
 - 1月: ところが計算速度が遅すぎて、太陽浮上磁場のシミュレーションは不可能であることが判明
 - 2月: 一応、修士論文にまとめる
(しかし、レフェリー論文にはならず)

浮上磁場(Emerging Flux)とは？

- 生まれたばかりの活動領域(誕生後、3日以内)

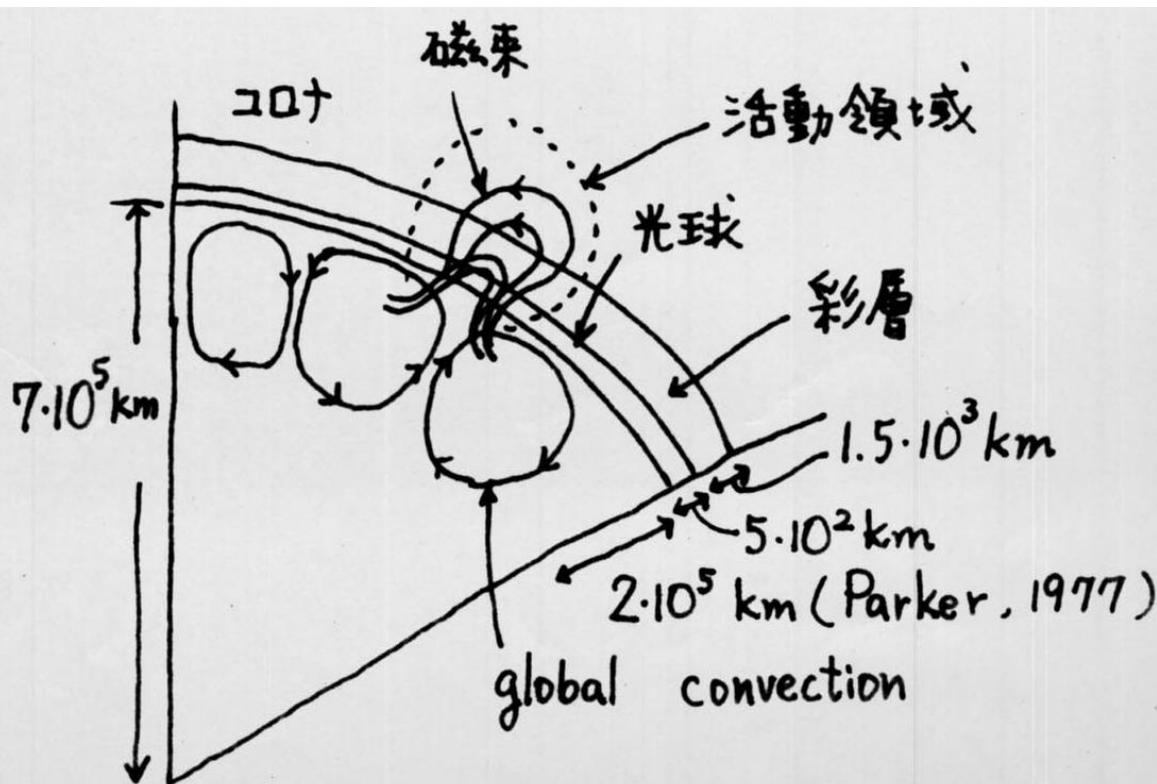


図1.1. 太陽外殻及び大気の構造

私の修士論文の一部

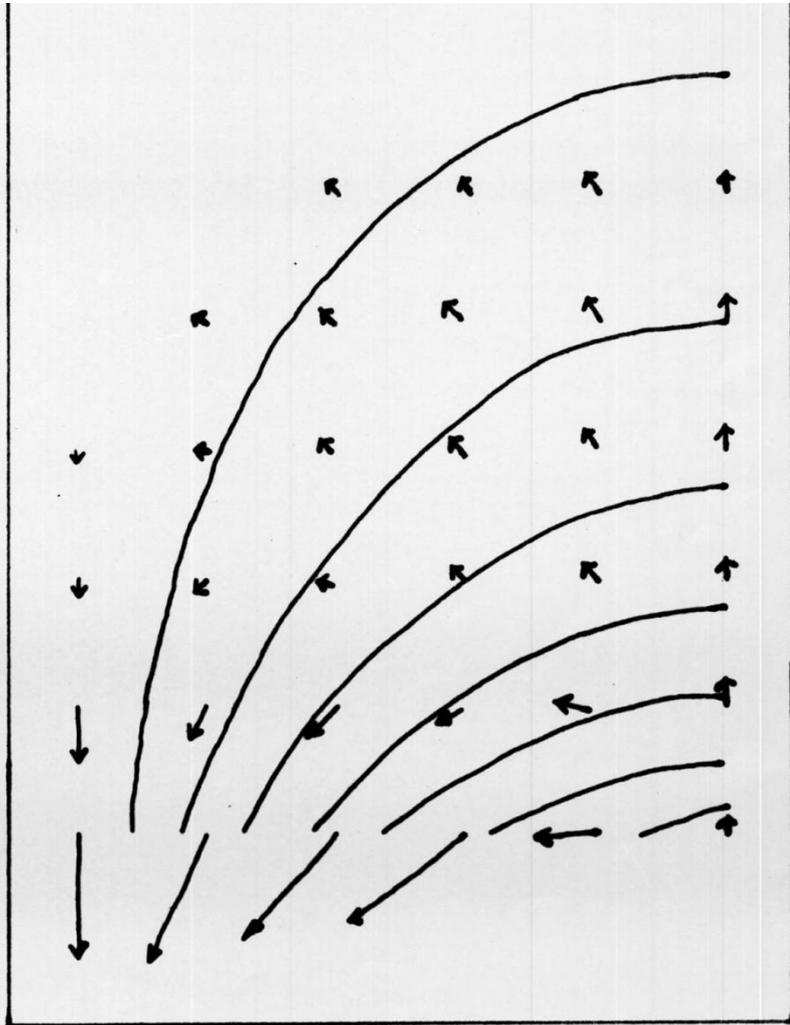
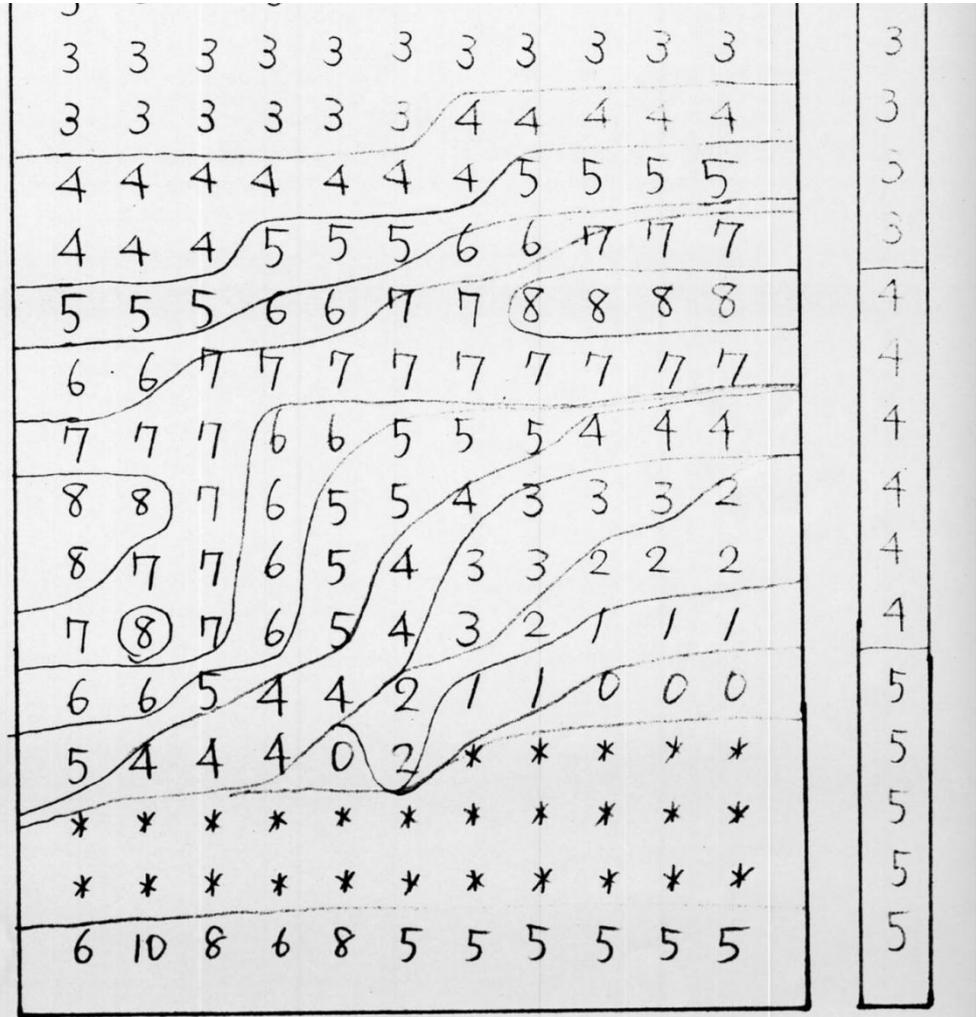


図6.6 速度場と磁場 ($B_0 = 10\text{G}$, $t = 7.0\text{s}$)



($t = 0\text{s}$)

図6.9. 密度分布 ($B_0 = 10\text{G}$, $t = 7.0\text{s}$)

数字は $10^{27}(P - 4.0 \cdot 10^{-16})$ を表わす。
 (g cm^{-3})
 * は $P < 4.0 \cdot 10^{-16}$ (g cm^{-3})

最初のレフェリー雑誌論文

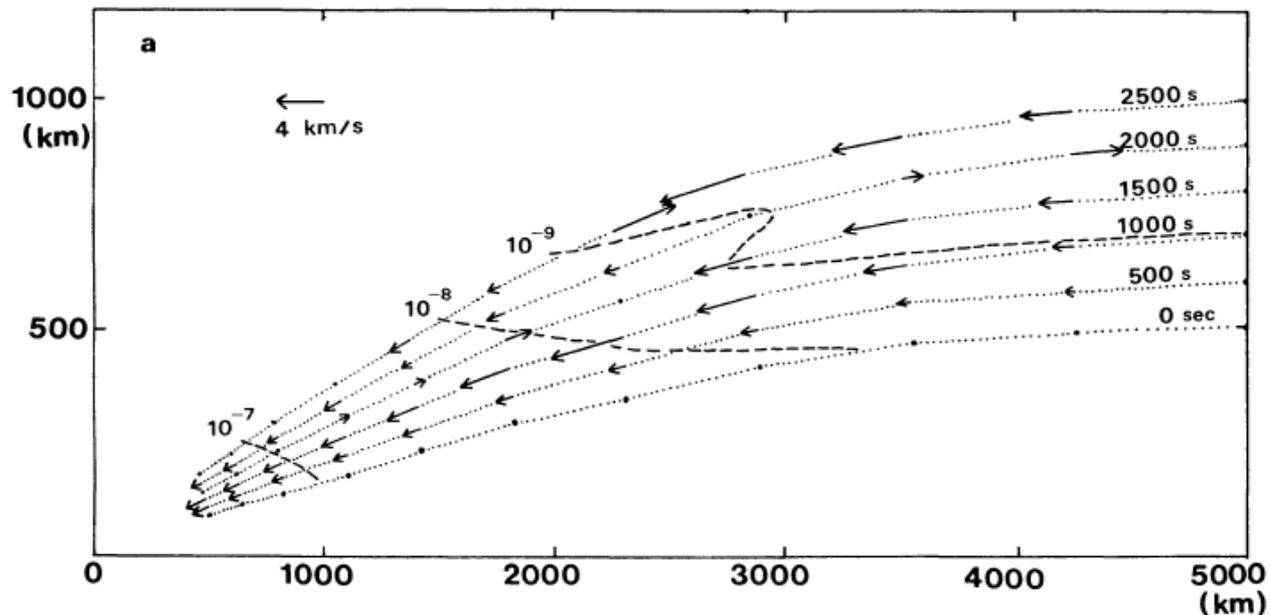
(博士進学後に1次元流体計算、論文執筆投稿)

Solar Physics **66** (1980) 61–70.

ON THE ORIGIN OF STRONG DOWNDRAFTS ASSOCIATED WITH THE BIRTH OF SUNSPOTS

KAZUNARI SHIBATA

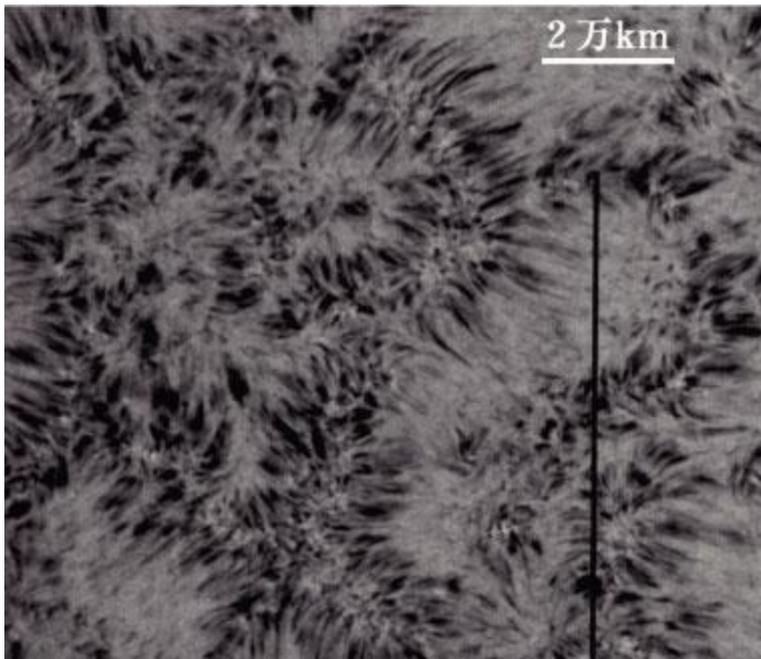
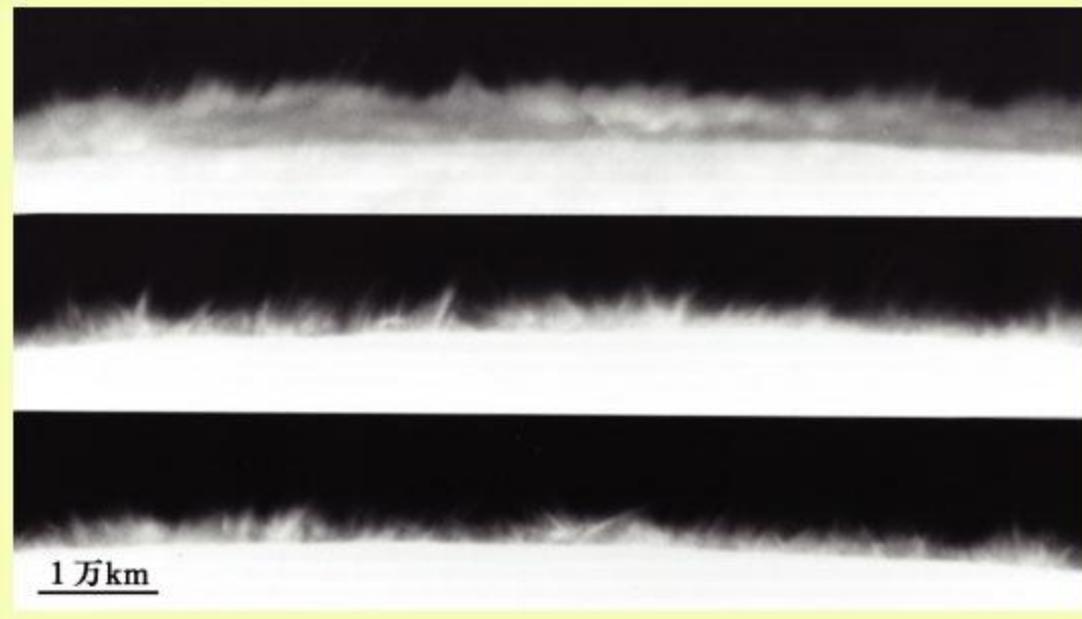
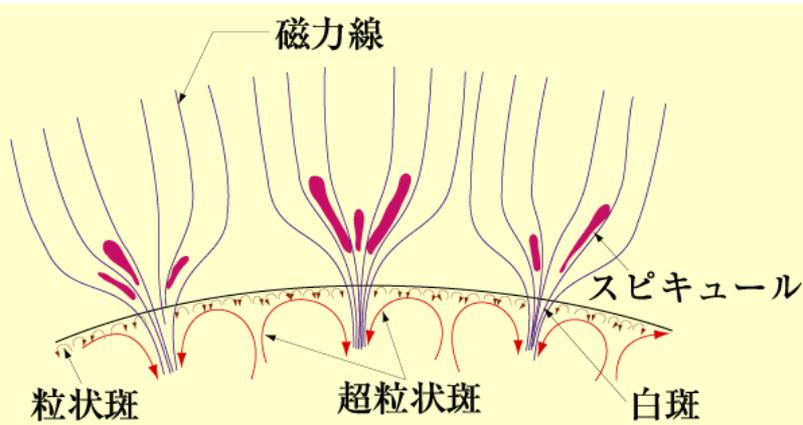
Department of Astronomy, Faculty of Science, University of Kyoto, Kyoto 606, Japan



3. 大学院博士(京大宇宙物理)
(1979—1981):

様々な太陽ジェット
(スピキュール、サージ、、、)を研究

スピキュール

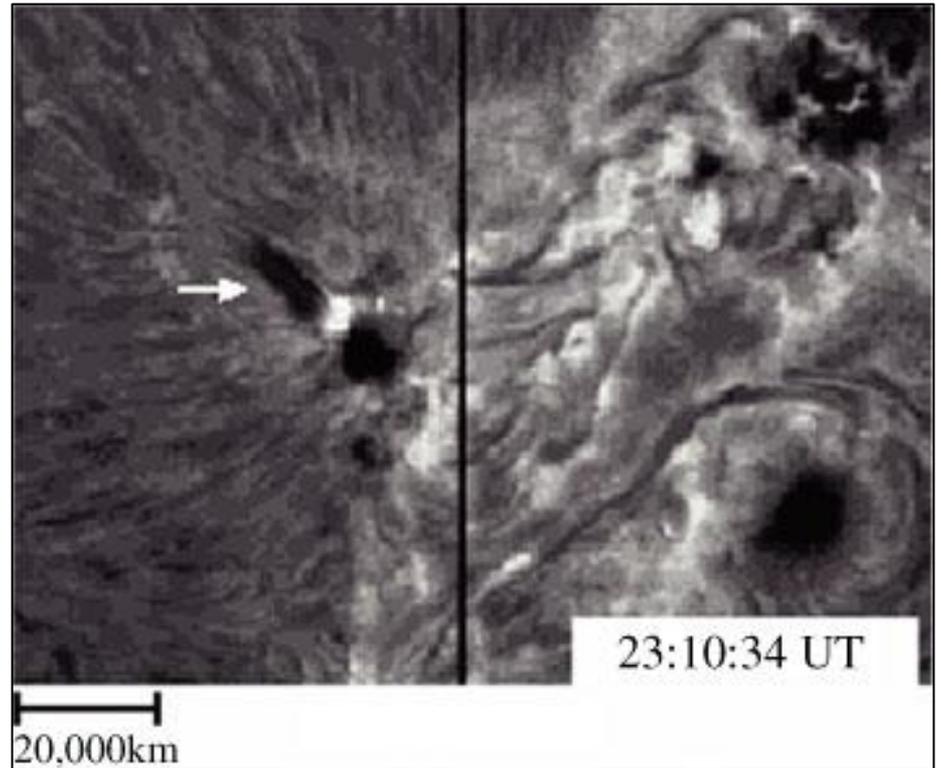


磁力線が超粒状斑のふちに掃き寄せられ
そこで謎の**スピキュール**(ジェット~秒速
約30km)が噴出している。足元に**輝点**。

飛騨天文台 H α 観測

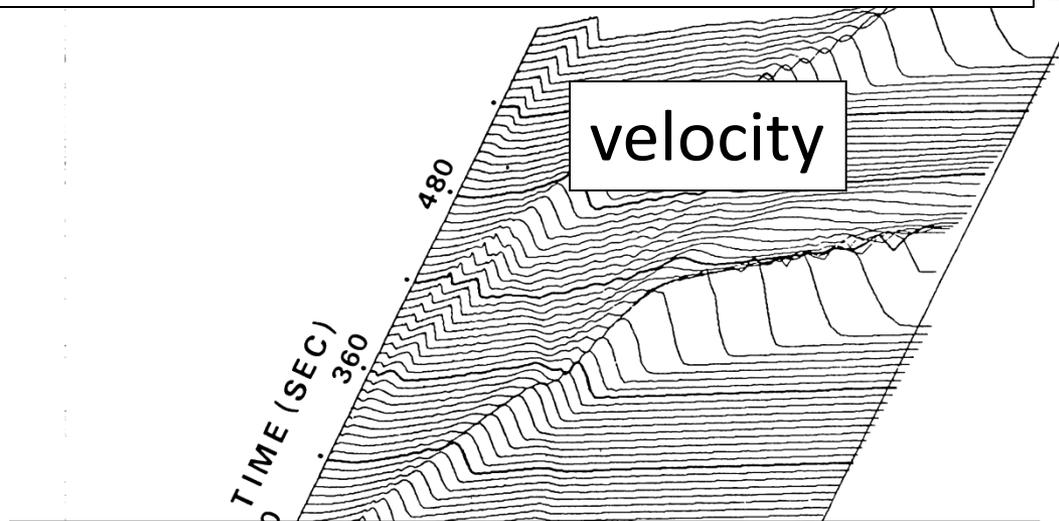
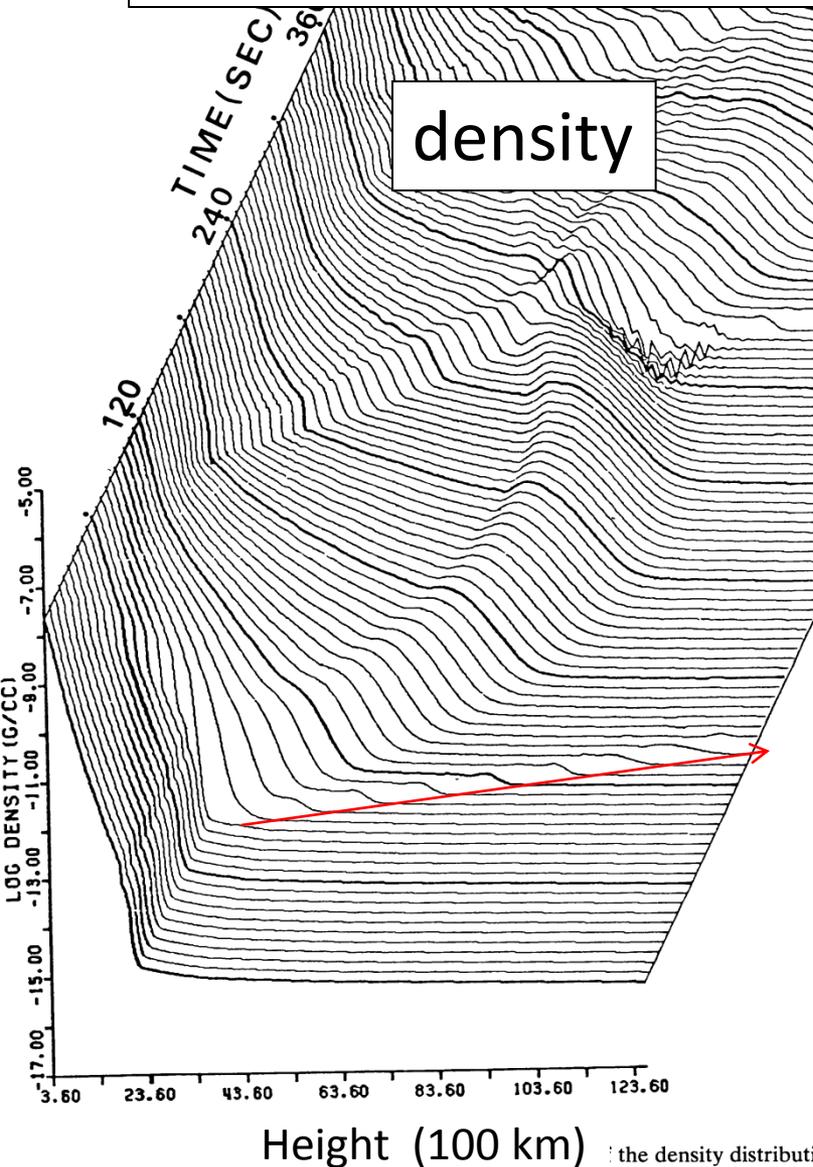
サージ

飛騨天文台
H α 観測



磁力線に沿った運動、速度 100—200 km/s
足元にはサブフレア

スピキュールの1次元流体シミュレーション (末松、柴田、西川、北井 1982)



衝撃波が伝播、増幅、ジェットを加速

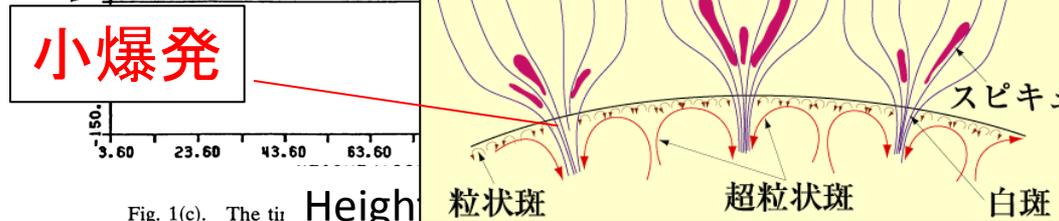
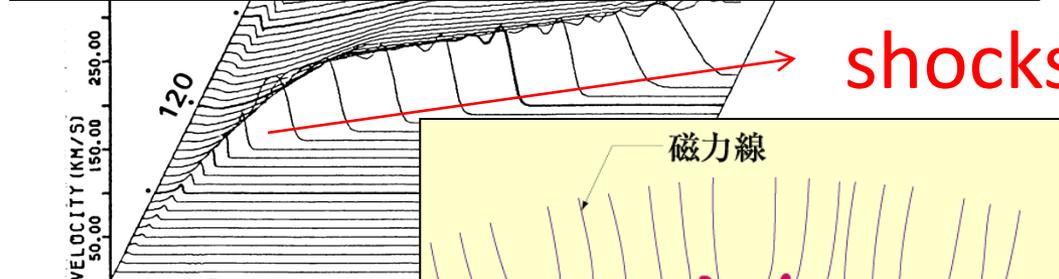
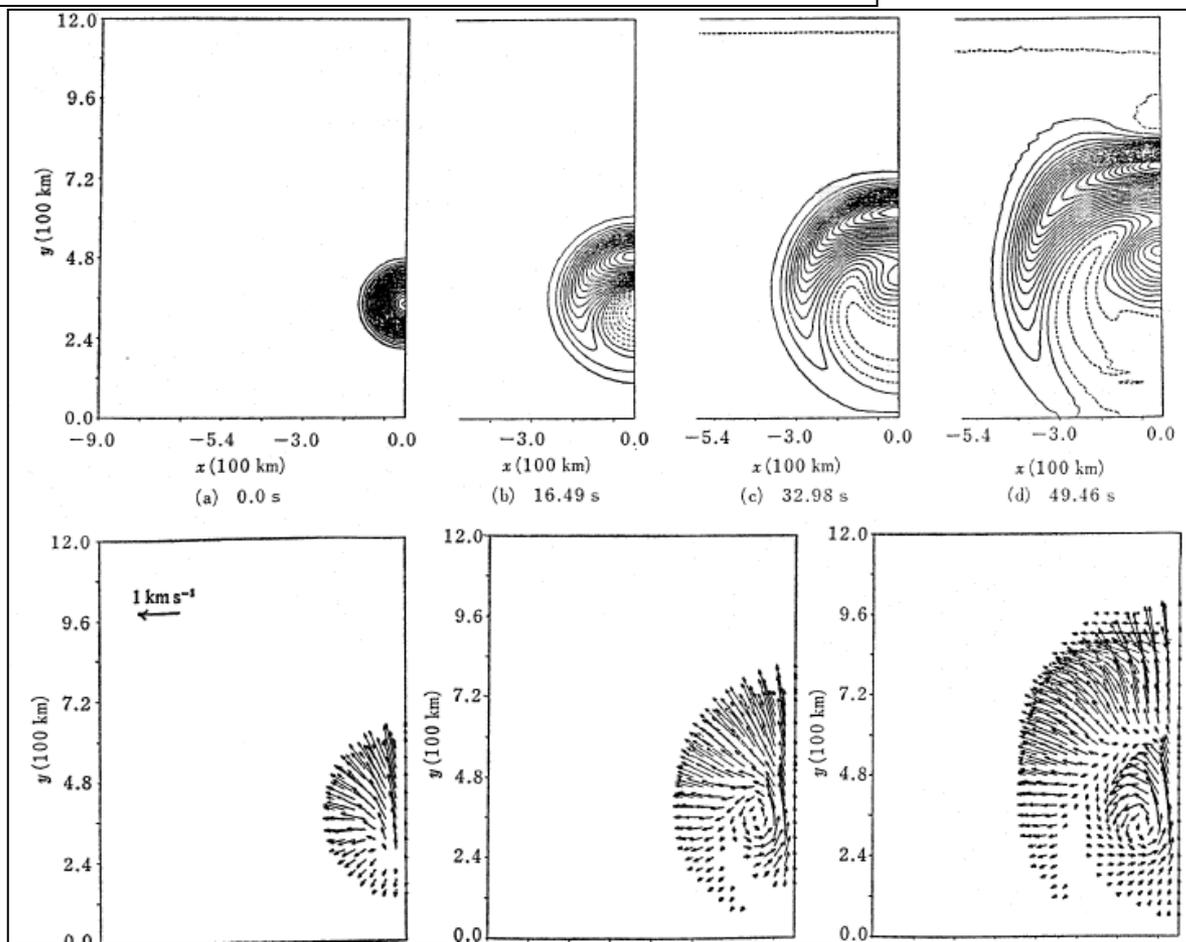


Fig. 1(c). The tit

Nonlinear MHD Wave Propagation in the Solar Chromosphere. I. The Case of a Uniform Vertical Magnetic Field

Kazunari SHIBATA

- ようやく2次元MHDコードを活用
- 小爆発を仮定
- 小爆発の原因は未解決

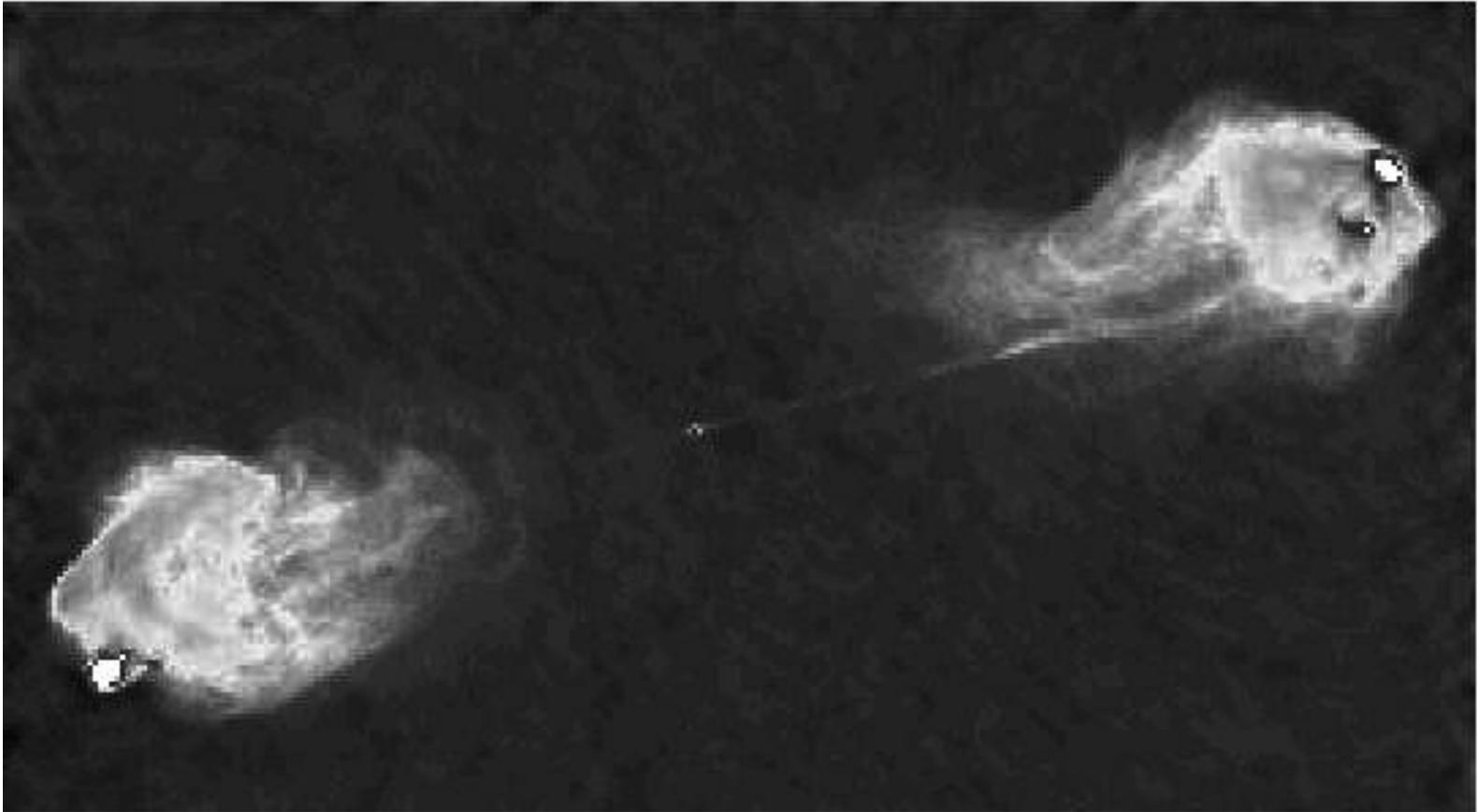


4. 愛知教育大助手・助教授 (1981－1991) :

太陽ジェットモデルを宇宙ジェット
に応用し、世界で最初に宇宙ジェット
の電磁流体シミュレーションに成功
[1985、1986]

活動銀河核ジェット

(距離 = 5億光年、長さ = 30万光年)



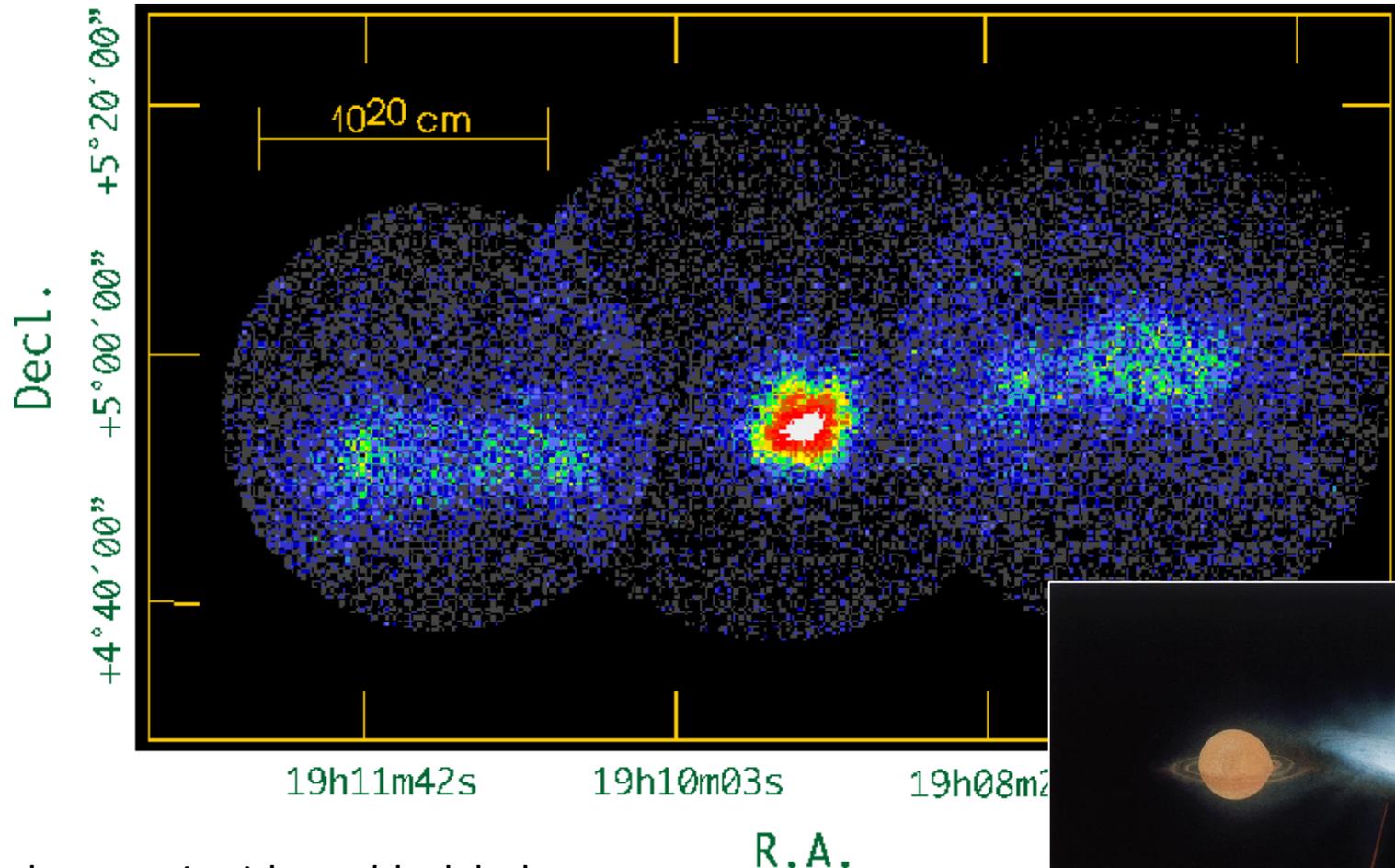
原始星ジェット

(HH1-2 : 長さ約1光年)



(ハッブル宇宙望遠鏡:可視光観測)

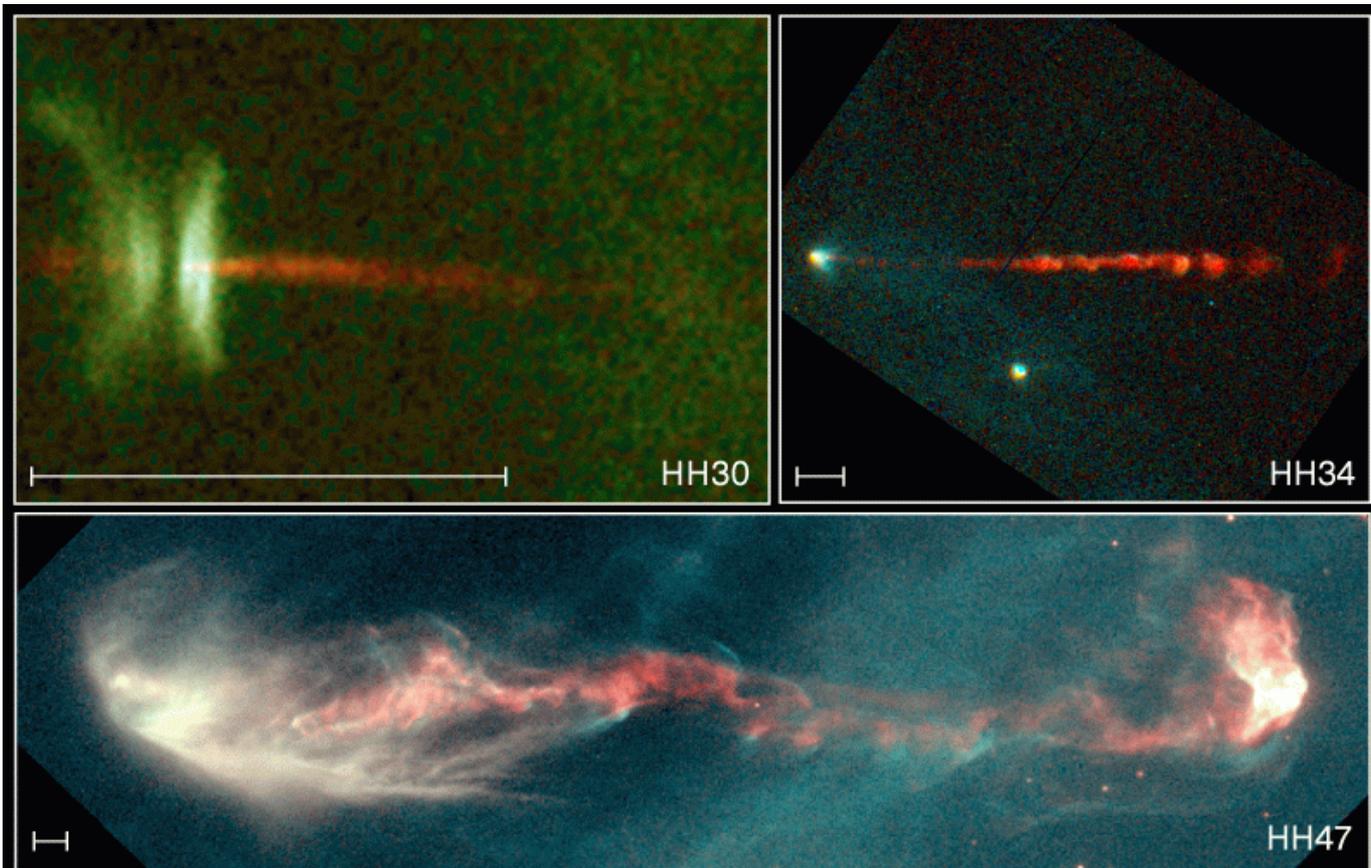
近接連星系 jet (SS433: X-ray/ASCA)



Secondary star is either a black hole or a neutron star



原始星ジェットと降着円盤



Jets from Young Stars

HST · WFPC2

PRC95-24a · ST Scl OPO · June 6, 1995

C. Burrows (ST Scl), J. Hester (AZ State U.), J. Morse (ST Scl), NASA

宇宙ジェットの特徴(まとめ)

	活動銀河核	近接連星系	原始星
中心天体	超巨大ブラックホール	ブラックホールまたは中性子星	原始星
ジェットの長さ	100万光年	10光年	1光年
ジェットの速度	c	0.3c - c	100km/s
脱出速度	c	0.3c - c	100km/s

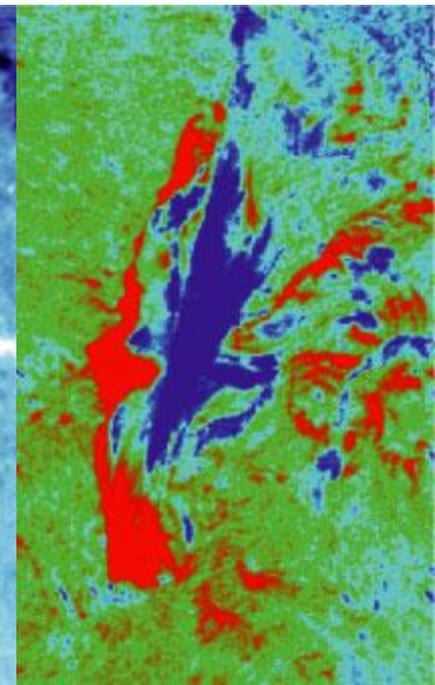
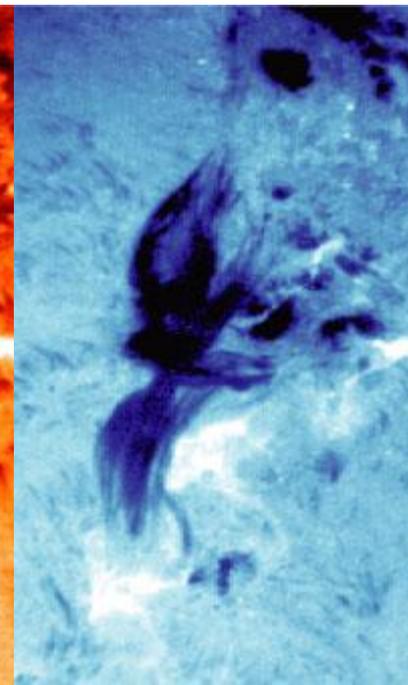
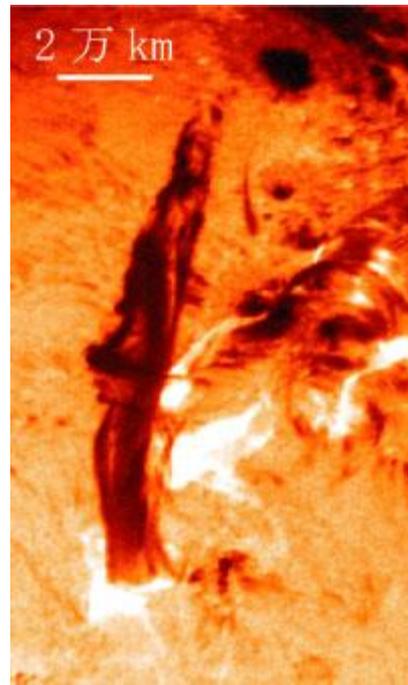
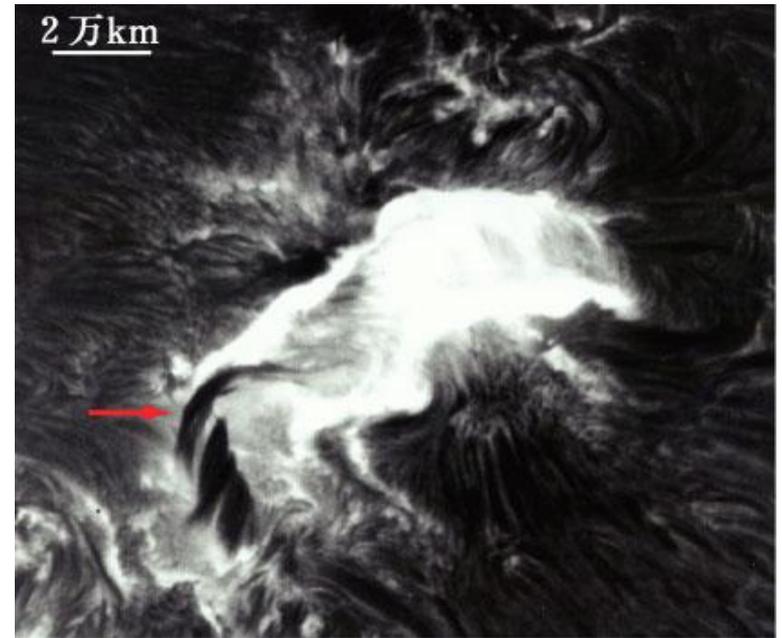
宇宙ジェットは いかにして発生したのか？

- 中心に星またはブラックホール
- そこにガスが降着 ⇒ **降着円盤**
- エネルギー源は**重力エネルギー**
- 重力エネルギーをいかにしてジェットの
運動エネルギーに変換するか？

宇宙ジェットの謎

- 1光年以下から、100万光年の大きなスケールまでジェットが同じ方向に保たれているのはなぜか？
(=>回転)
- ジェットは、いかにして**加速**されるか？
- ジェットを、**細長く絞っている力**は何か？
- これらの謎を解くためのヒントが、
身近な太陽にある！！

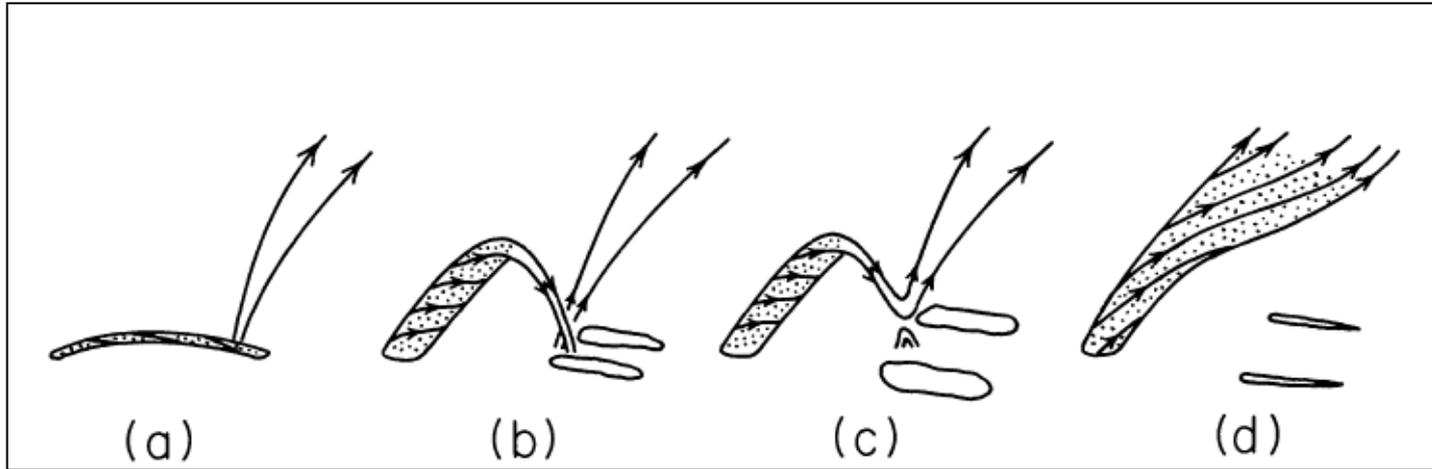
太陽のヘリカル・
回転ジェットの出
噴出
(Kurokawa,
Hanaoka,
Shibata,
Uchida
1988)



太陽フレア／ジェット の観測・理論からのヒント

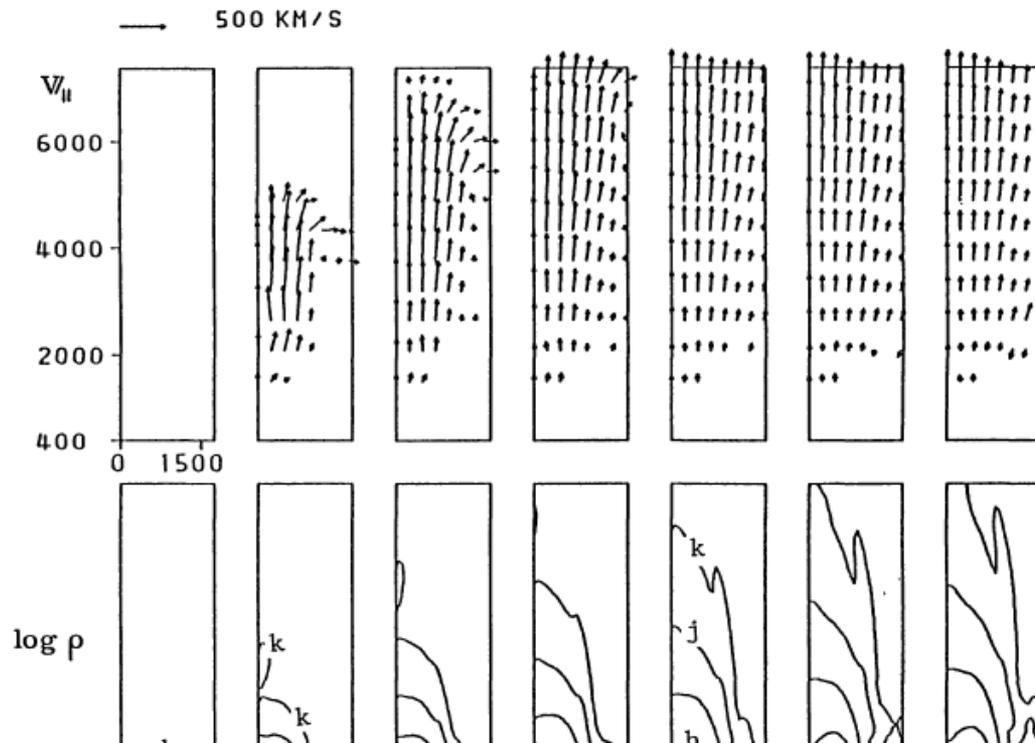
- 直接のエネルギー源は磁気エネルギー（元は核エネルギー）
- プラズマは磁気力によって加速される
- **ヘリカル・フィラメント（磁力線）**構造が普遍的に出現
- 細長い構造は、磁気力によって容易に形成される

太陽のヘリカル・ジェットモデル



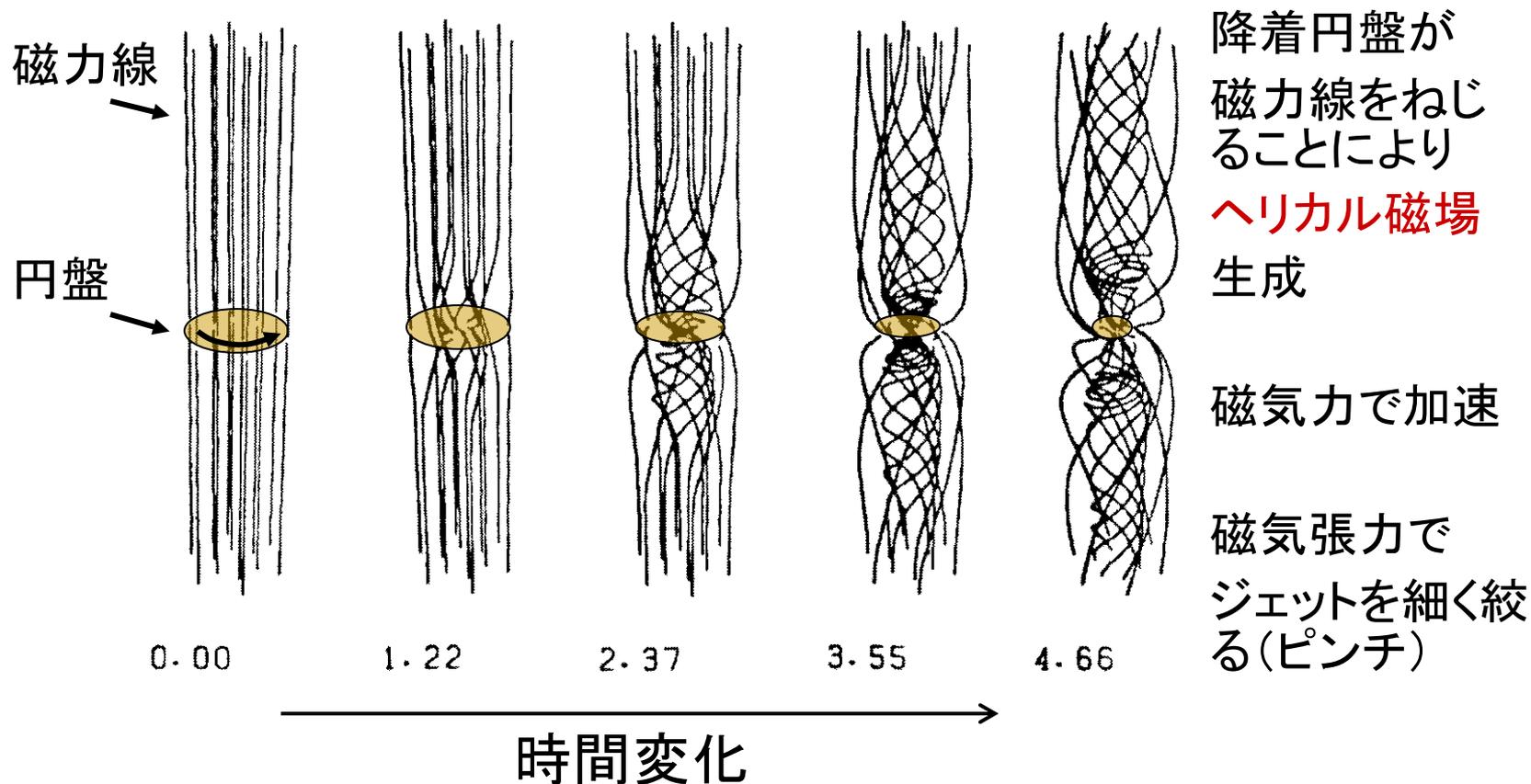
Shibata and
Uchida 1986

捻じれた磁束
がほどけるときの
にジェットが
噴出



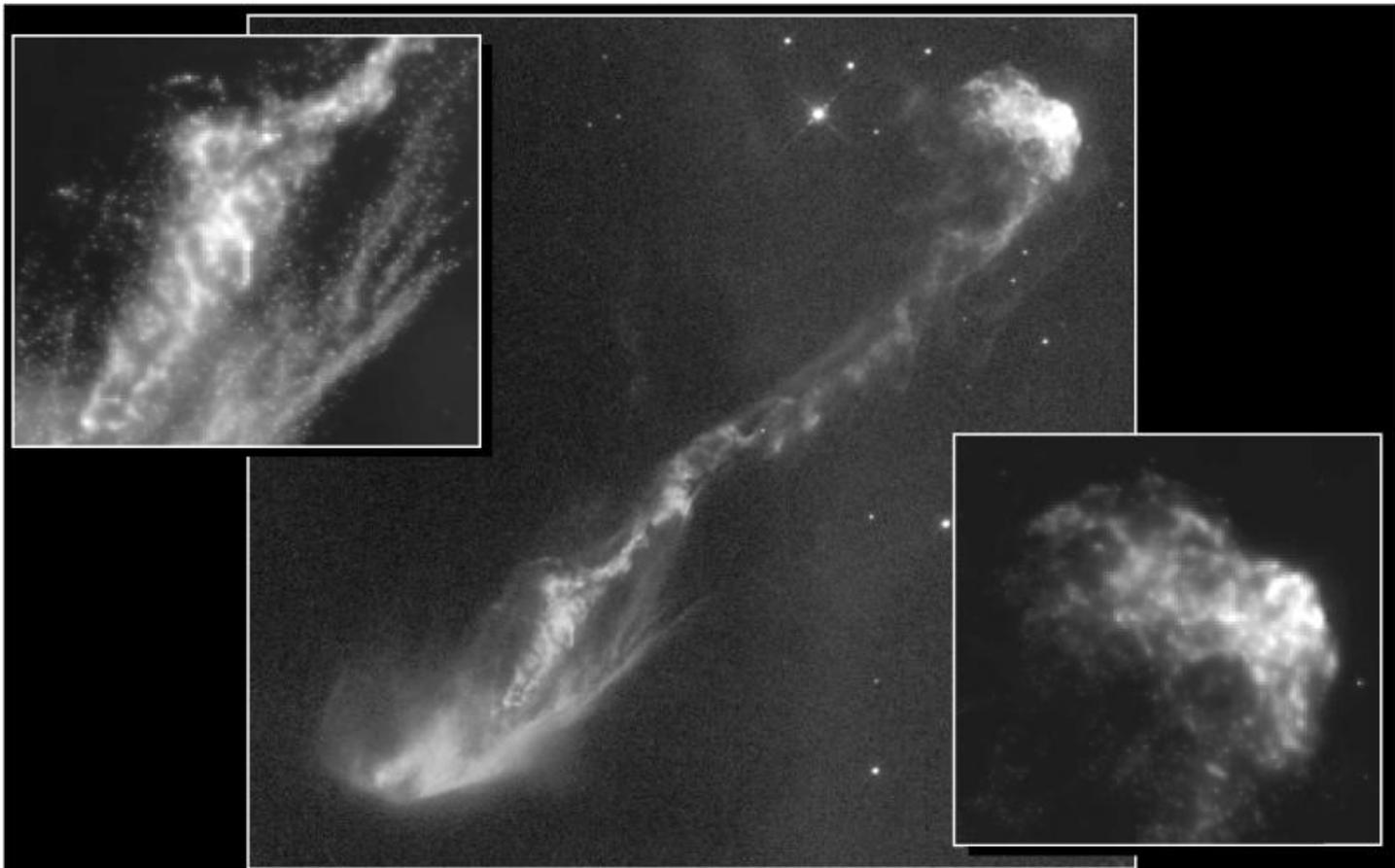
宇宙ジェットの磁気流体シミュレーション

(内田・柴田1985、柴田・内田1986) **世界初**



ジェットの速度～円盤の回転速度程度
～中心天体の脱出速度程度

ヘリカル原始星ジェット



Jets from Young Stars · HH47

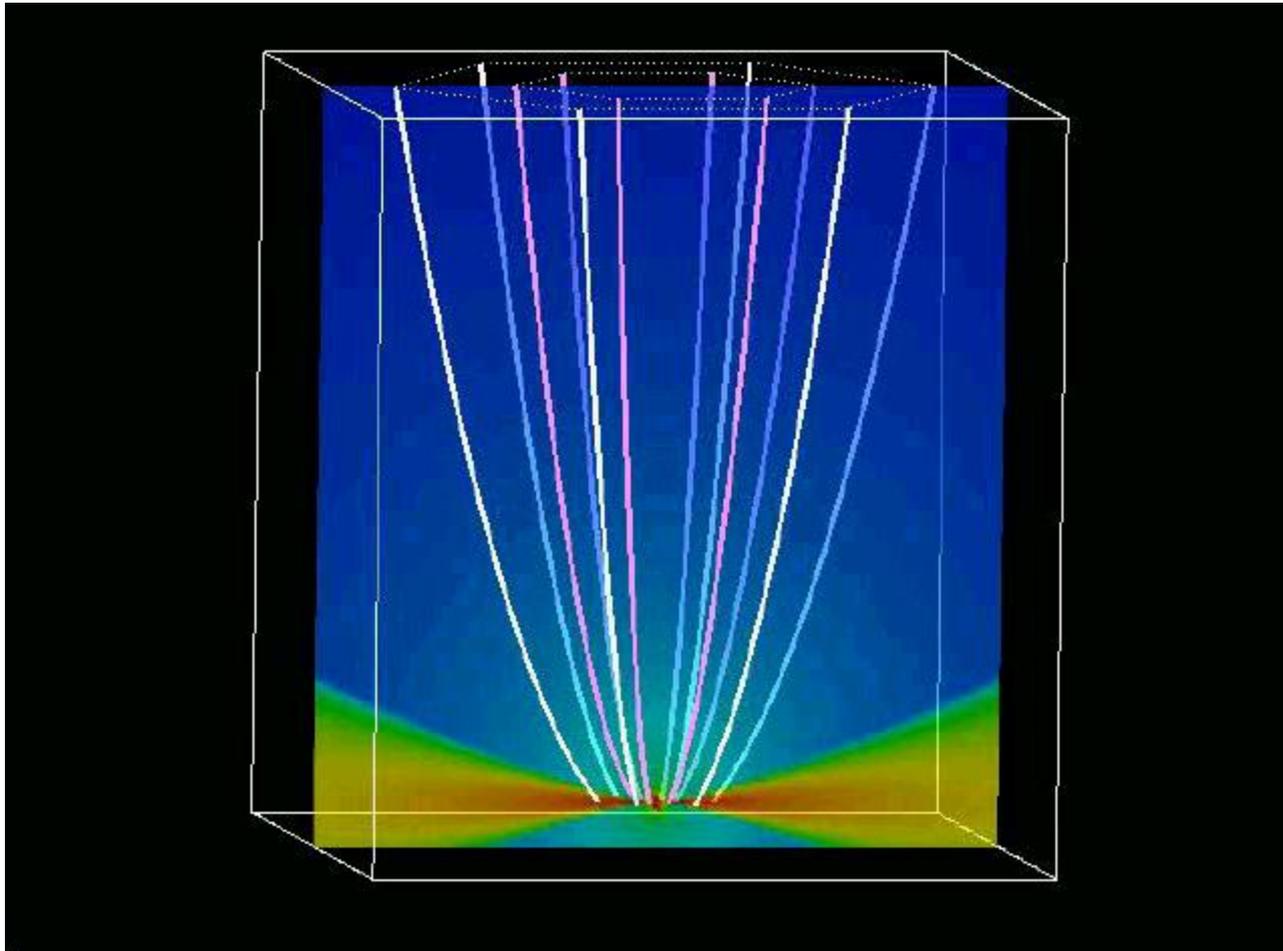
HST · WFPC2

PRC95-24d · ST ScI OPO · June 6, 1995 · J. Morse (ST ScI), NASA

Y. Uchida 内田豊 1986.



宇宙ジェットのエレクトロ流体モデル (工藤、松元、柴田 2000)

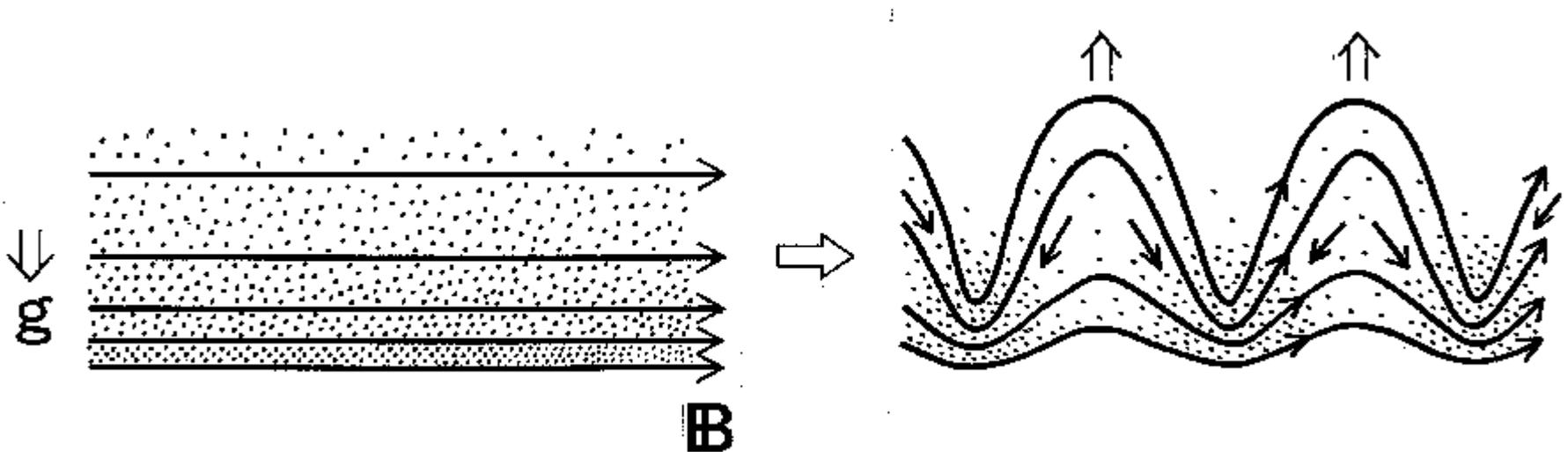


銀河・降着円盤における
パーカー不安定性の研究
(1987, 1988)
太陽浮上磁場のモデル(1989)

松元亮治、堀内敏朗(故人)、
花輪知幸の各氏との共同研究

Parker instability

(Parker 1966)



Instability occurs if magnetic buoyancy becomes larger than Restoring magnetic tension

Typical wavelength :

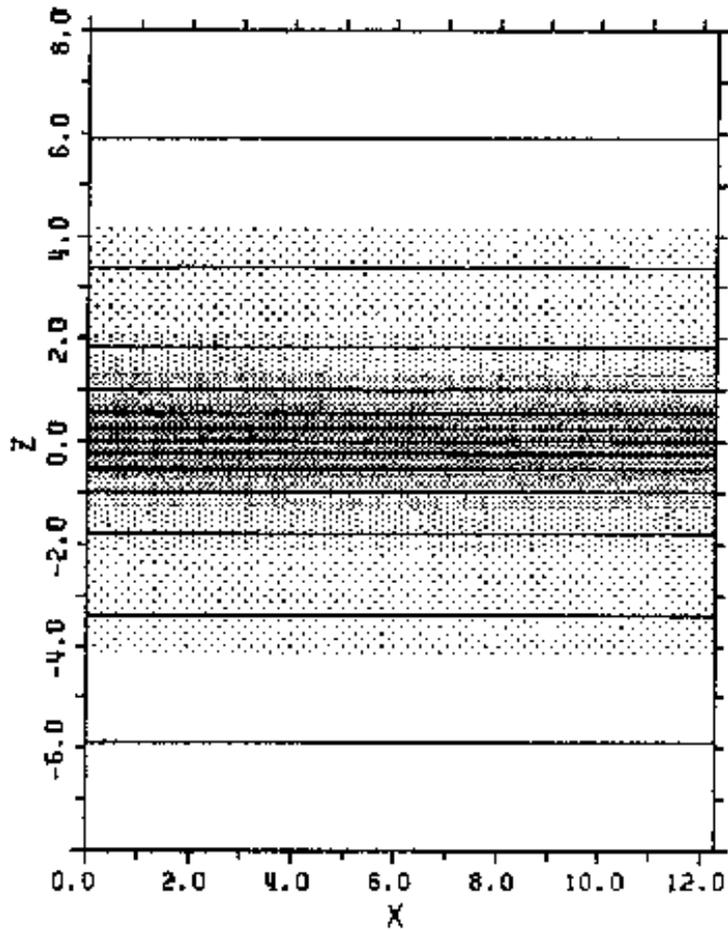
time scale :

$$\lambda > \lambda_c \approx 2\pi H \approx 0.6 \text{ kpc}$$

$$\tau_{\text{Parker}} \approx 3H / V_A \approx 3 \times 10^7 \text{ yr}$$

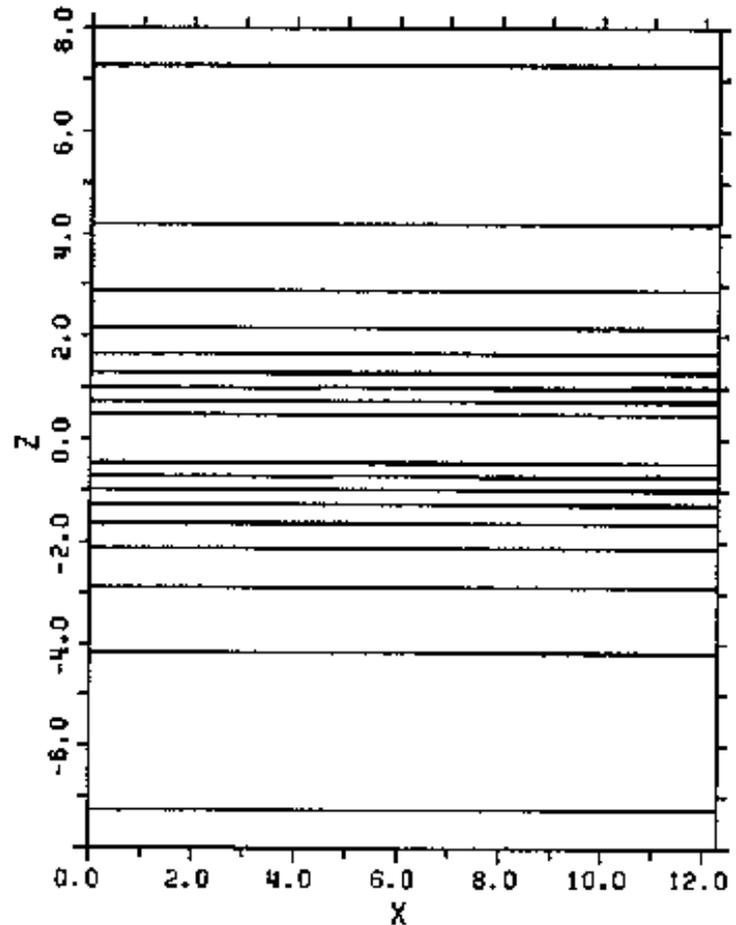
Explains formation of large scale interstellar cloud

Nonlinear evolution of Parker Instability (Matsumoto, Shibata, Horiuchi, Hanawa 1989)



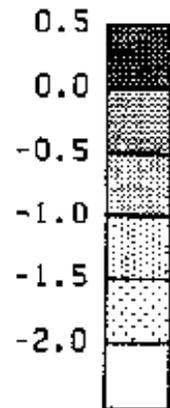
0.00

(a)

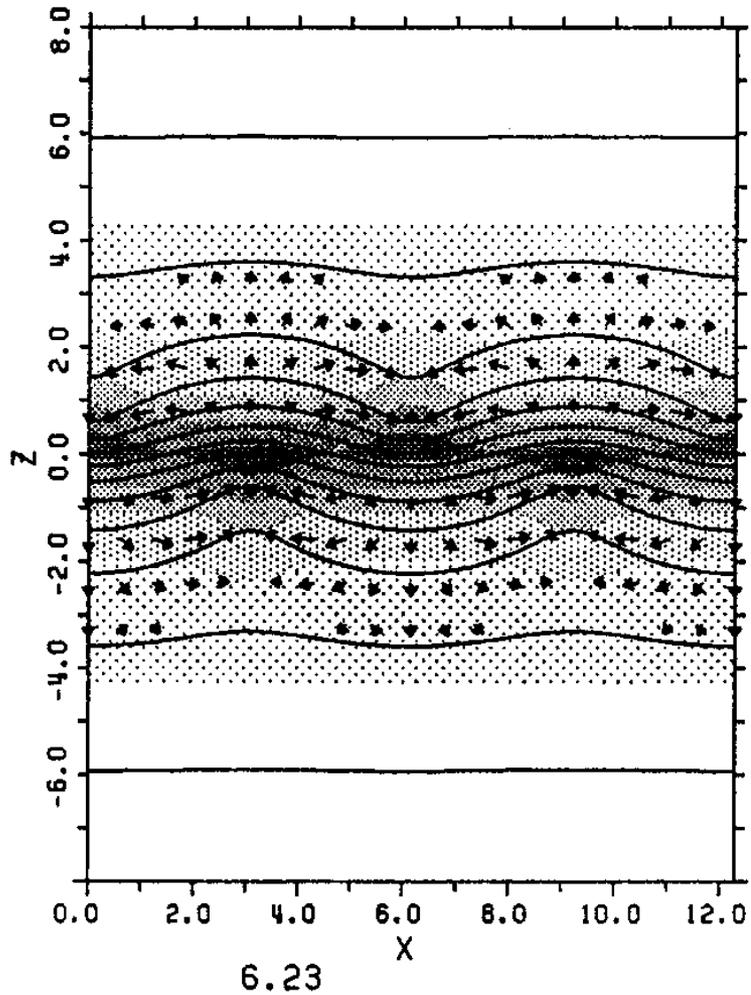


— VNM = 2.00

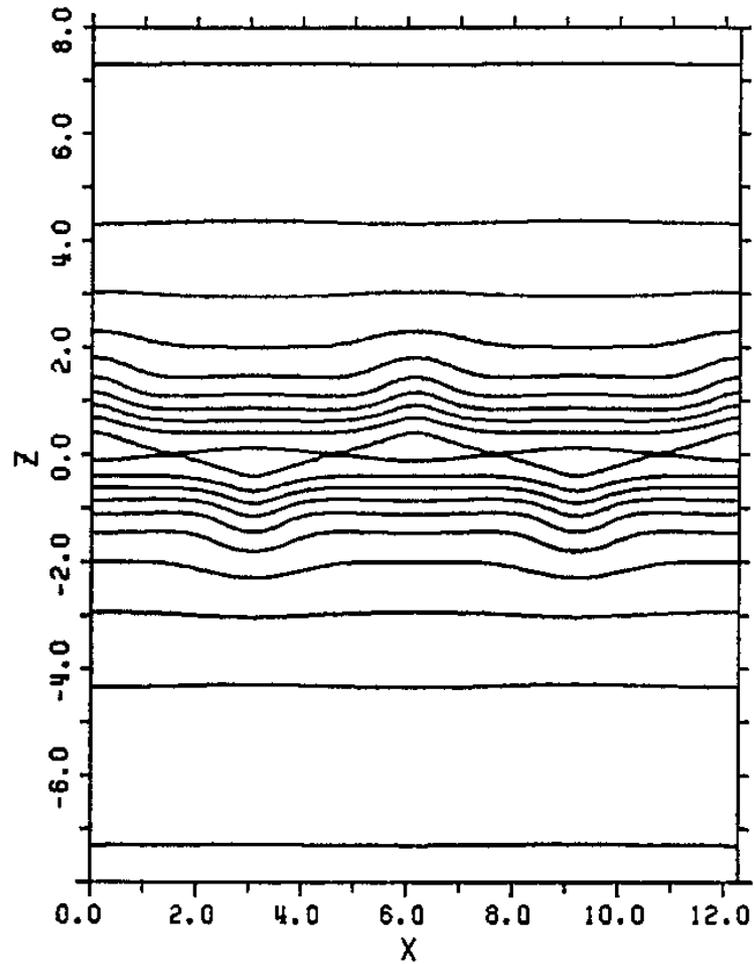
(b)



Nonlinear evolution of Parker Instability (Matsumoto, Shibata, Horiuchi, Hanawa 1989)

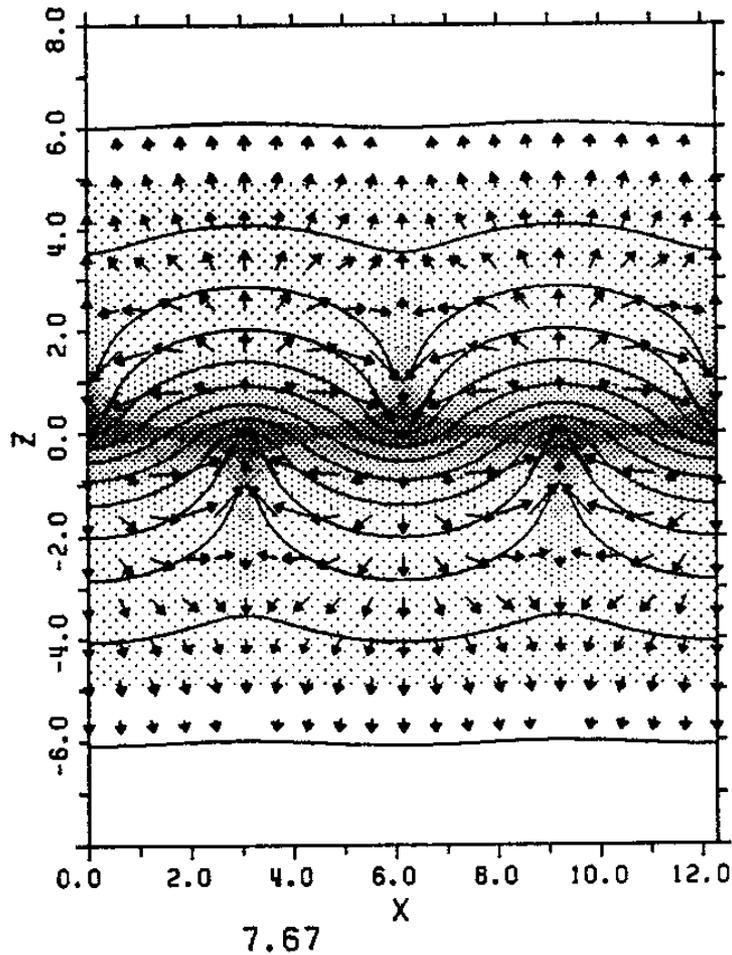


(c)

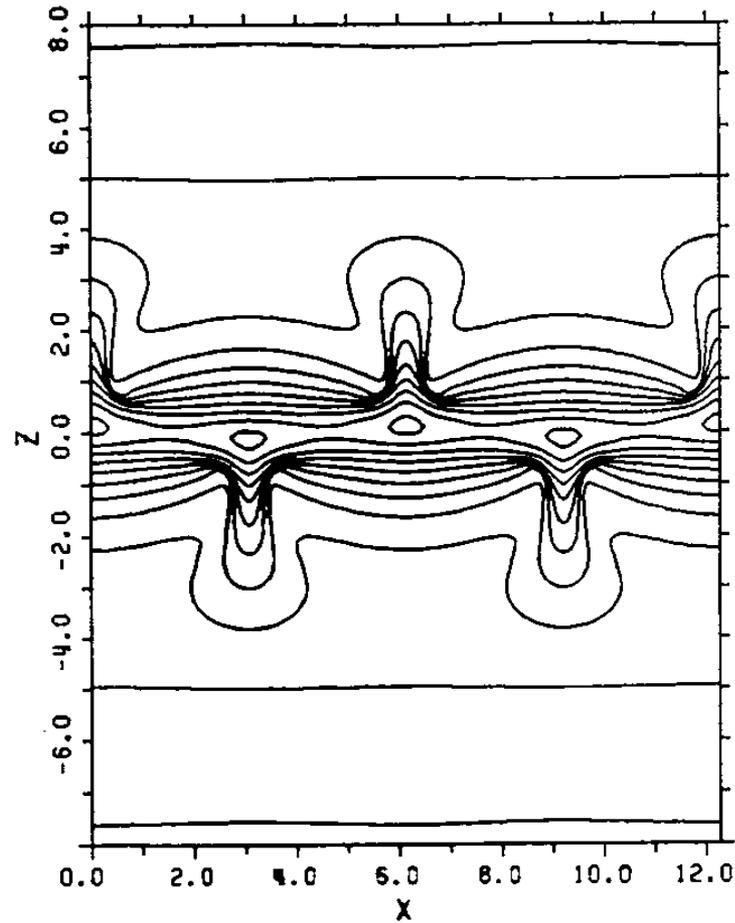


(d)

Nonlinear evolution of Parker Instability (Matsumoto, Shibata, Horiuchi, Hanawa 1989)

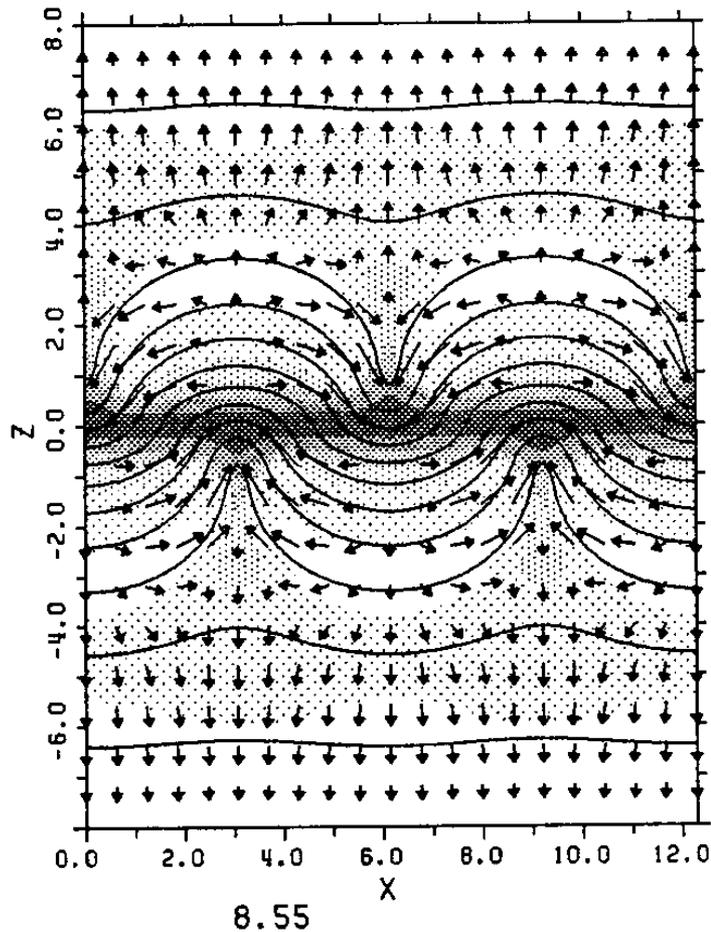


(e)

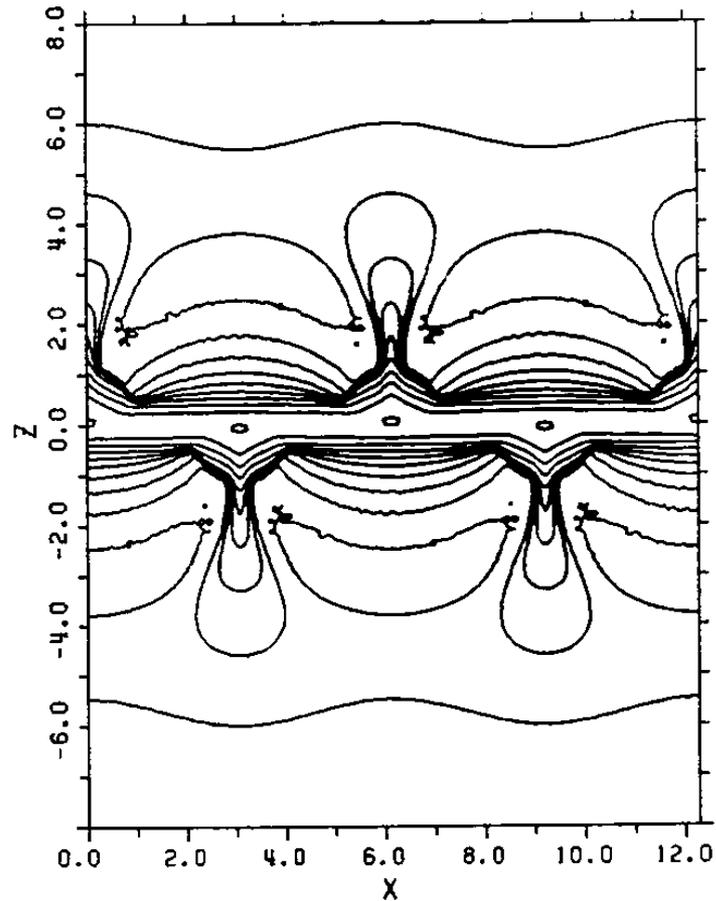


(f)

Nonlinear evolution of Parker Instability (Matsumoto, Shibata, Horiuchi, Hanawa 1989)



(g)

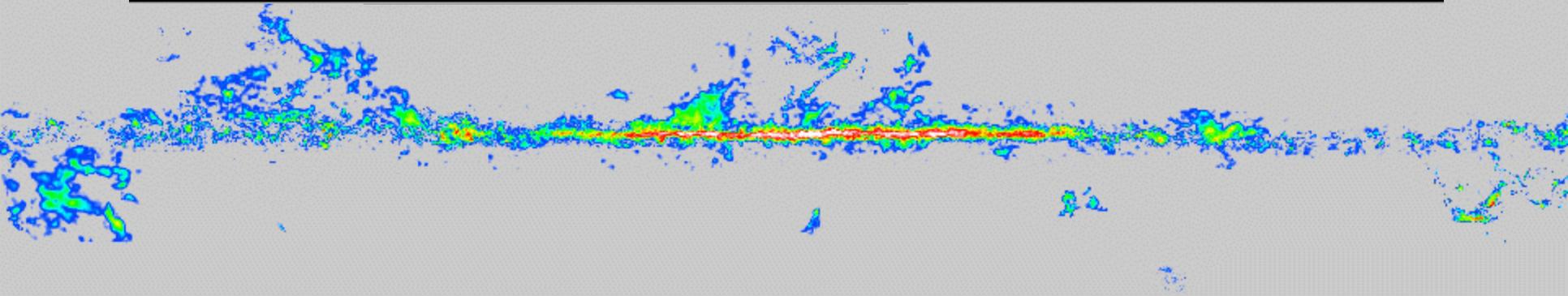


(h)



35mm判一眼レフ用魚眼レンズ (Nikon f=8mm, F2.8/絞り開放), 冷却CCDカメラ (MUTOH CV-16)
露出時間: 赤2分×3, 緑4分×4, 青2分×4, フィルタ: R-60, G-533, B-460, 3色分解撮像カラー合成画像
画像範囲: 対角64°, 観測場所: 乗鞍コロナ観測所

Molecular cloud distribution in our Galaxy



銀河系中心、南十字星、 マゼラン雲

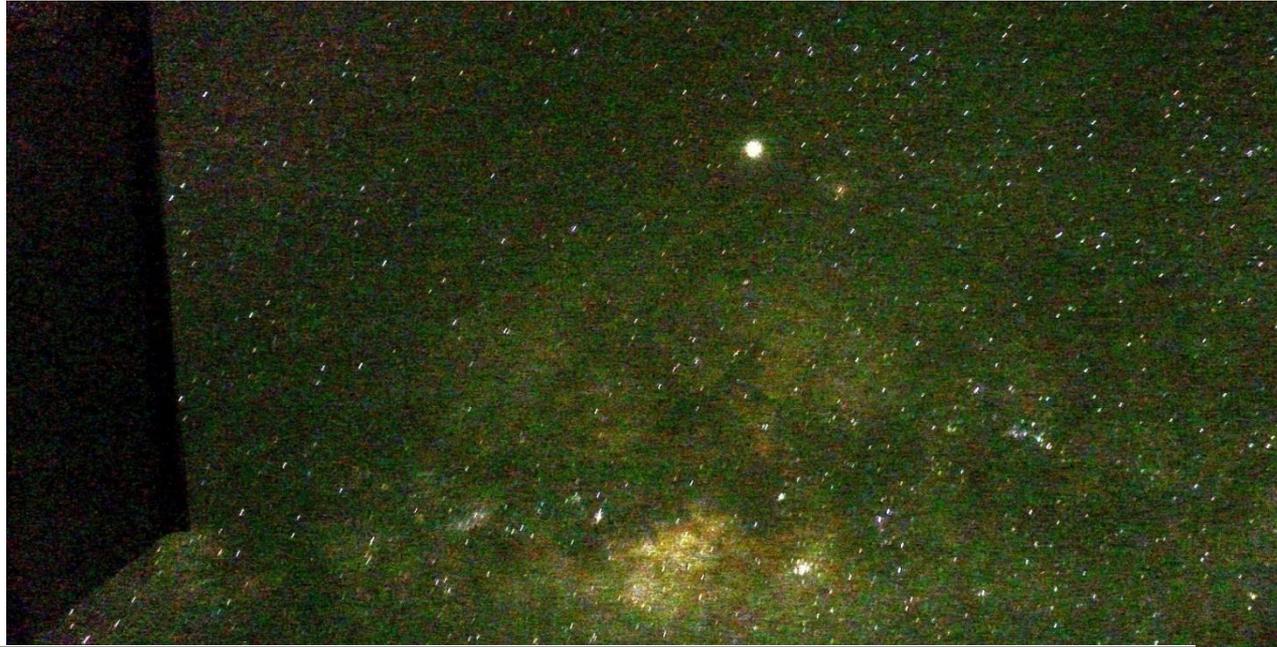
2007年8月7日

Novotel Rockford Palm Cove,
ケアンズ、オーストラリア
(during IPELS2007)

天の川と南十字星



銀河系中心(いて座)

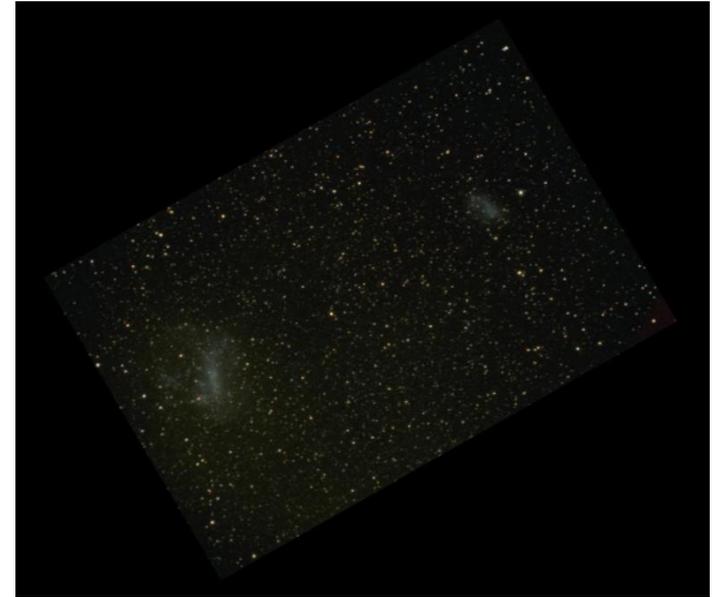


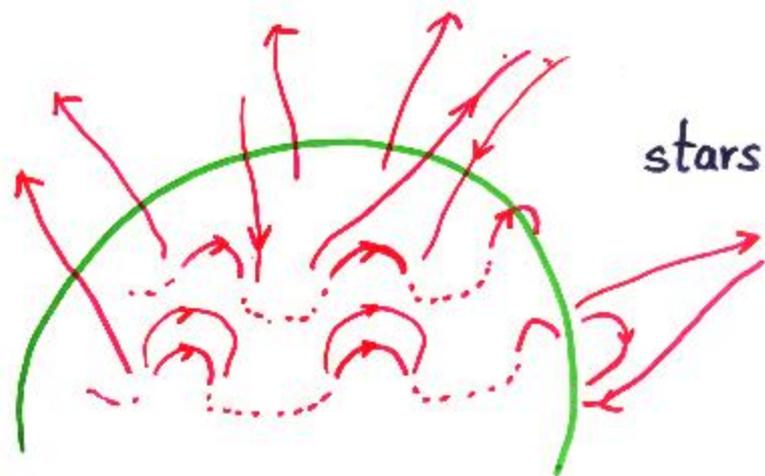
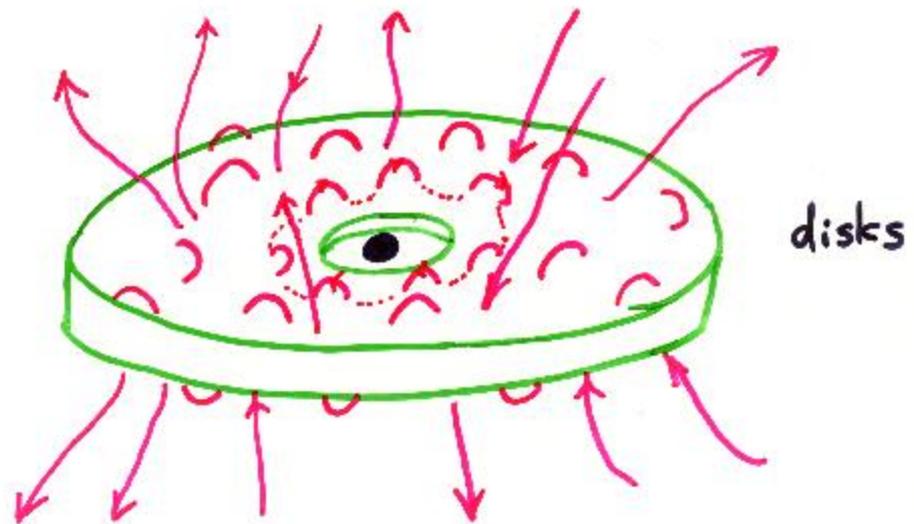
Milky Way Galaxy

大マゼラン雲

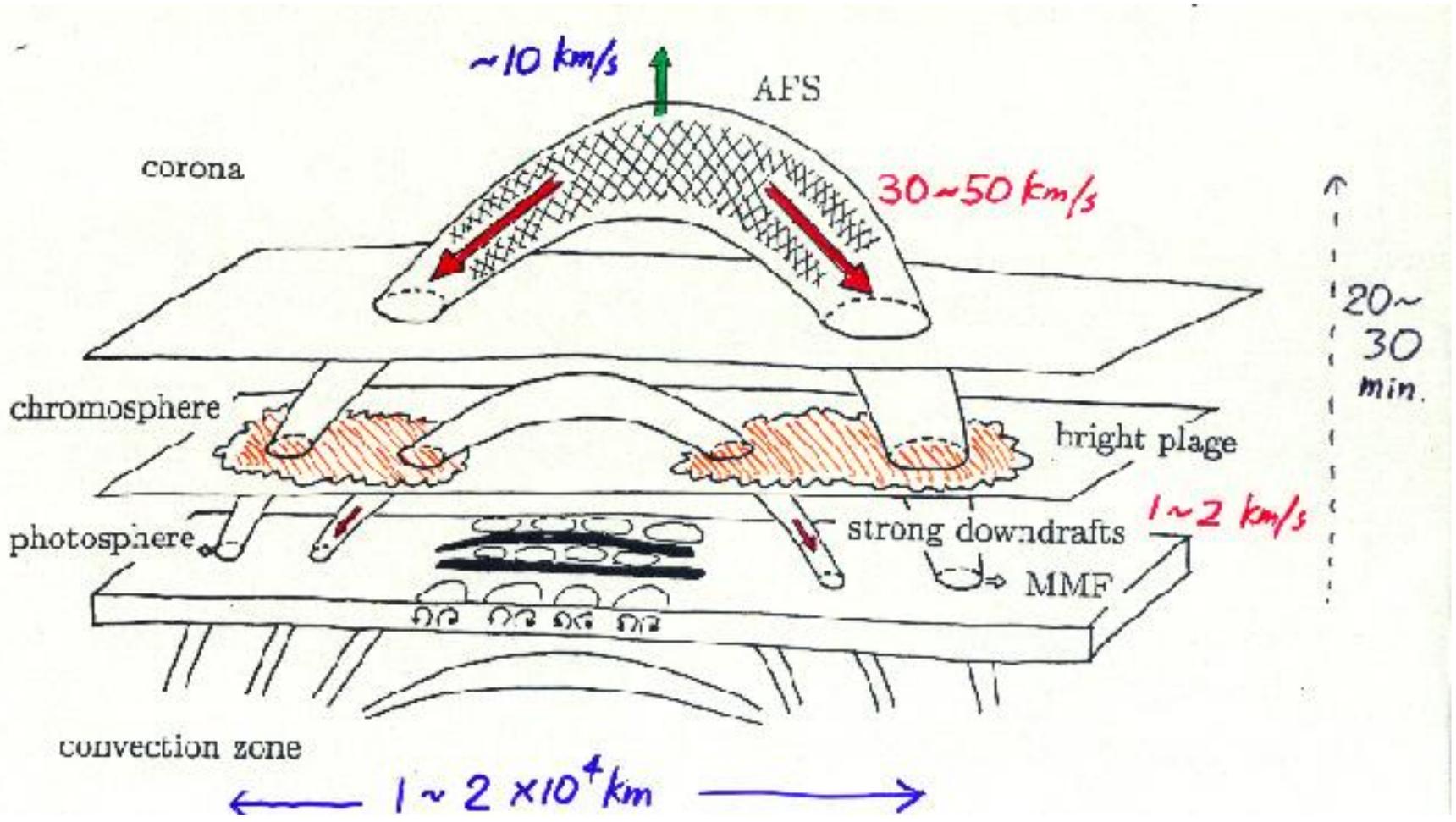
2007年8月8日午前4時16分(JST)

午前5時16分(オーストラリア時間)





太陽浮上磁場の観測

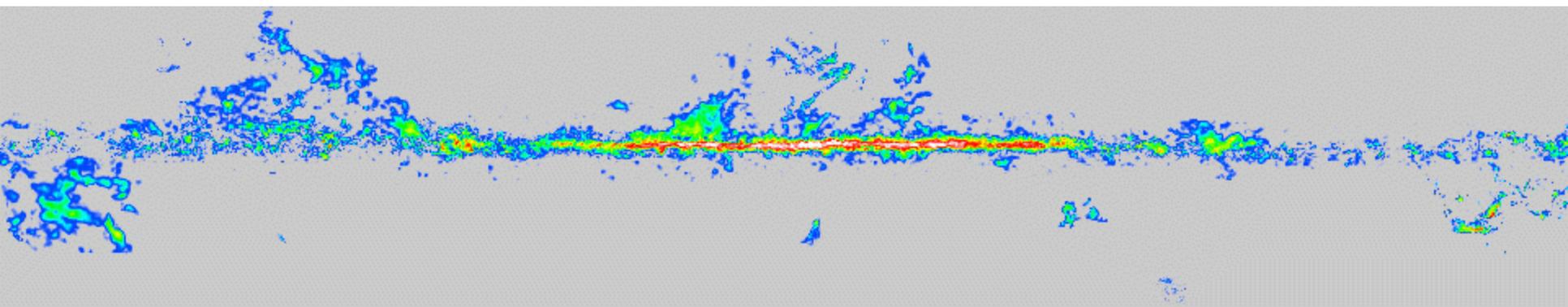
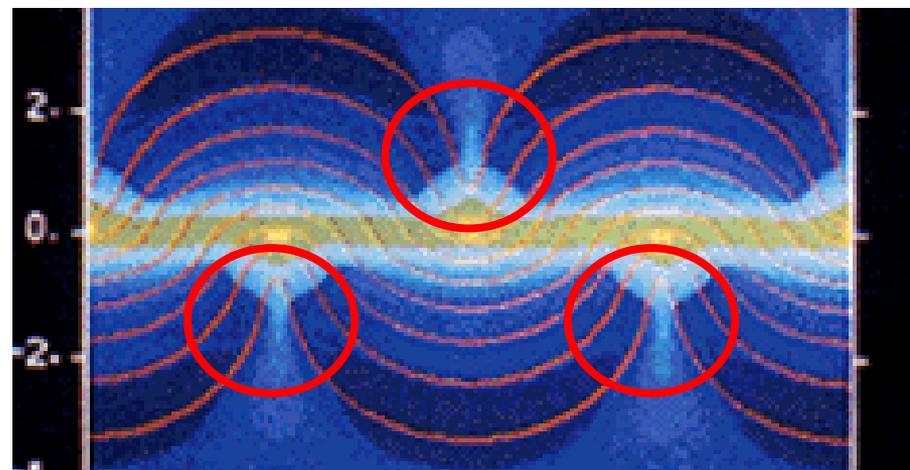


Solar emerging flux due to Parker instability

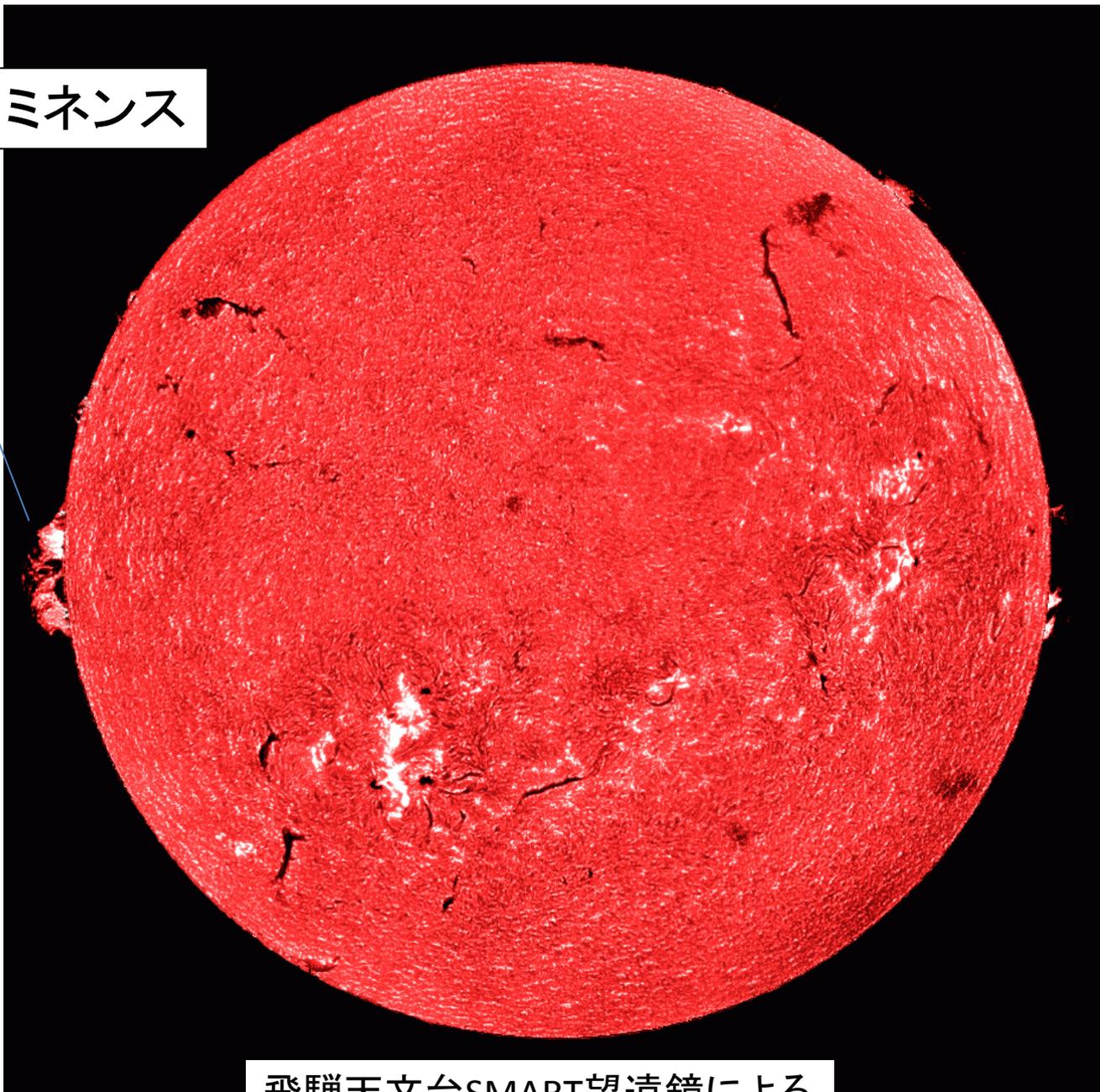
(柴田、野澤、松元 1989, 1990)



分子雲は銀河のプロミネンス



太陽プロミネンス



飛騨天文台SMART望遠鏡による

プロミネンスは なぜ浮かんでいるのか？



京大飛騨天文台撮影



5. テキサス大学核融合研究所・
客員研究員(1987—1988):

Plasma Astrophysics について幅広く
田島教授(理論プラズマ物理学者)
と共同研究、英文教科書を共同執
筆開始(出版は1997)

参考文献

\$70

(1997,

Addison-Wesley)

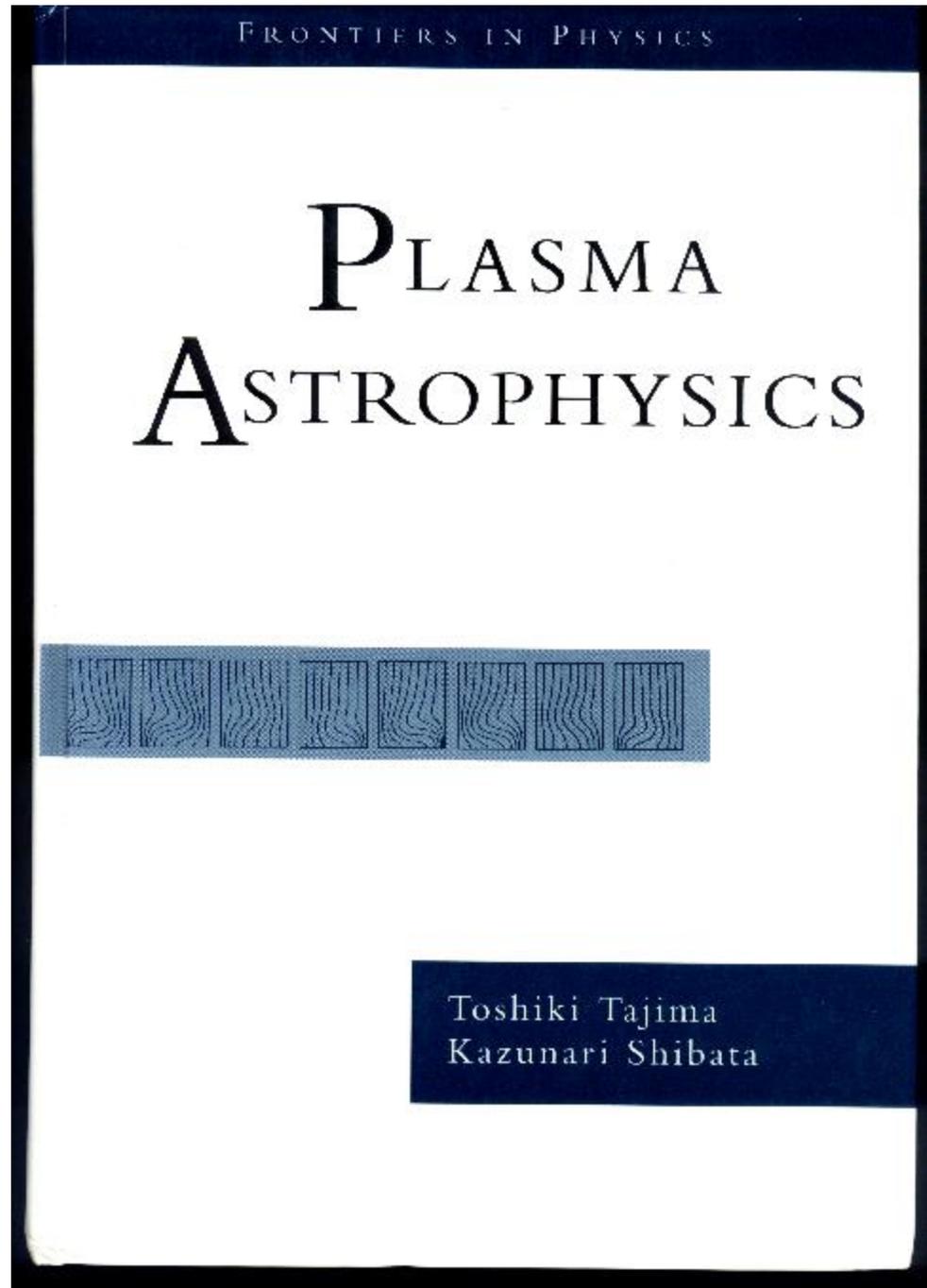
= > \$43

(2002

Westview:

soft cover

version)



6. 国立天文台助教授 (1991－1999)：

ようこう衛星プロジェクトに参加、
観測的研究にはじめて従事。
太陽フレア・ジェットの一モデル
を提唱[1996、1999]。

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

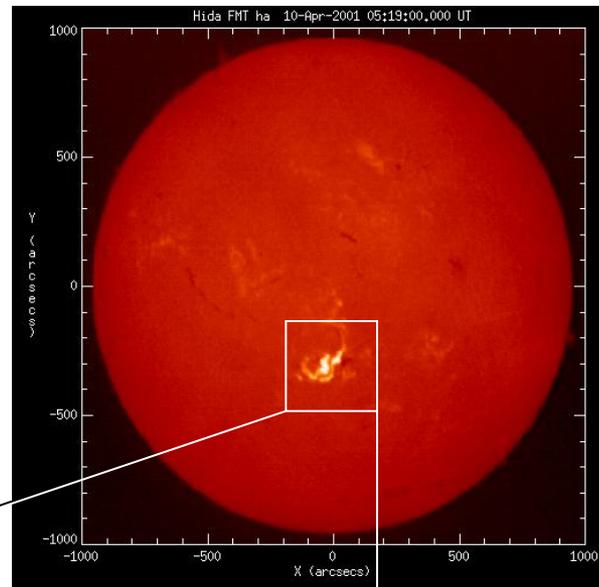
全エネルギー

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

(水爆10万－1億個)

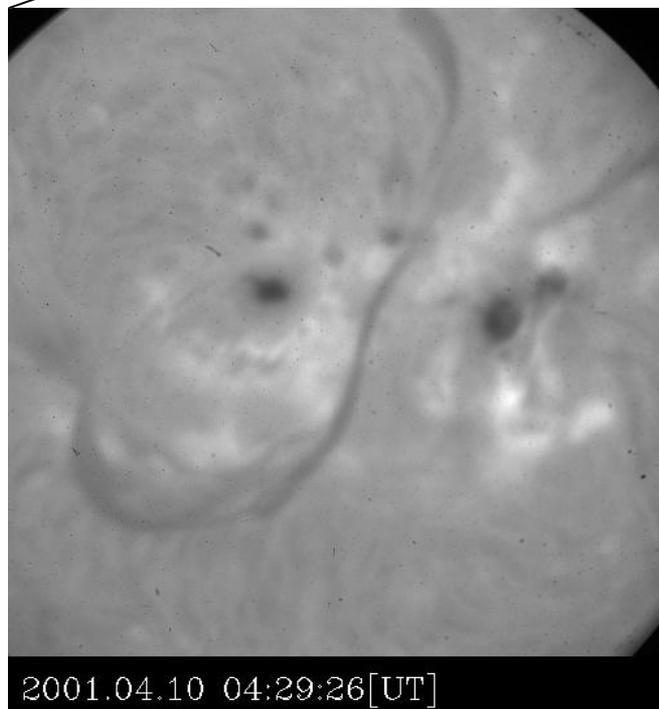
太陽系最大の爆発現象

発生メカニズムが
1世紀以上謎



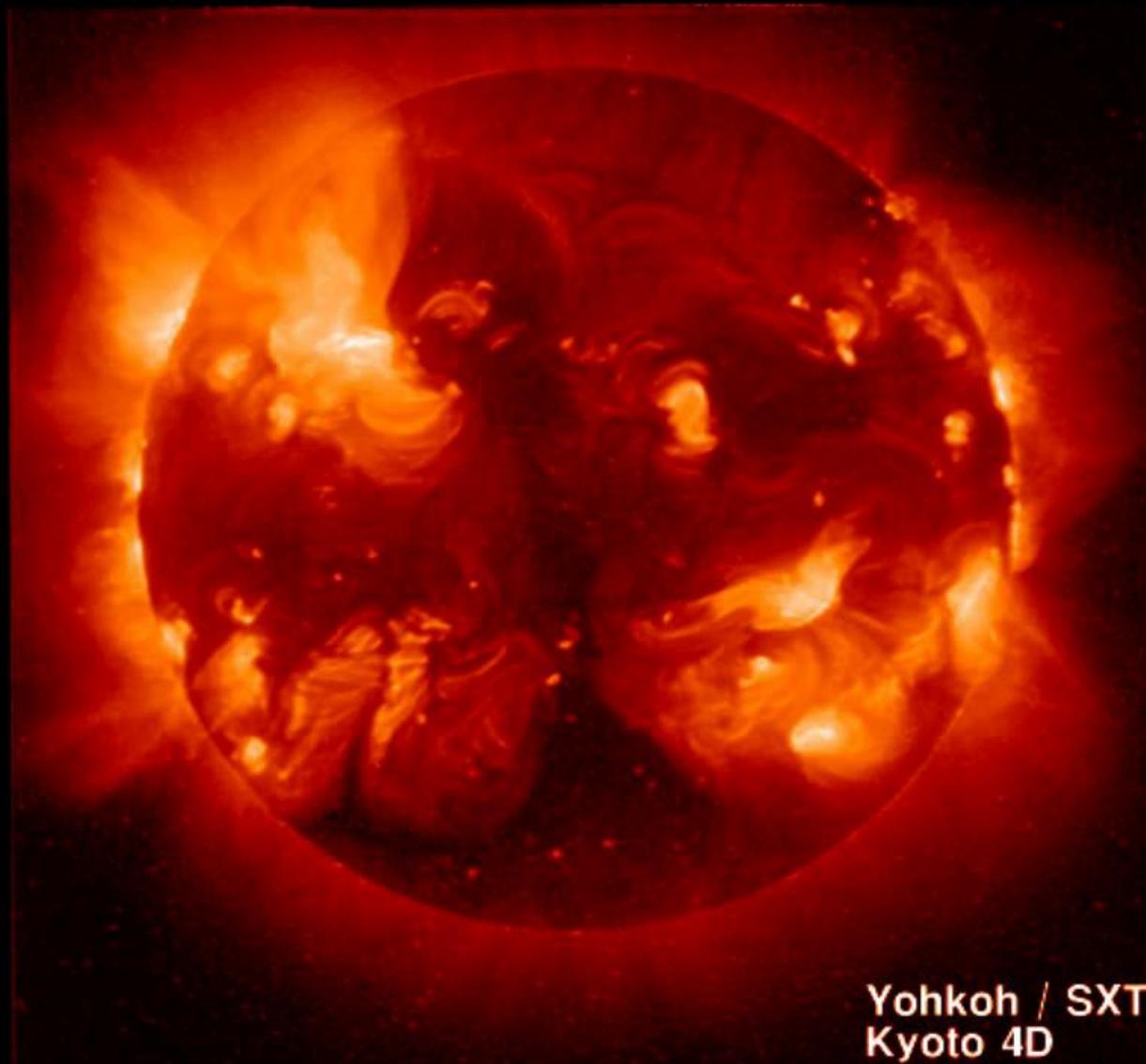
H α

彩層
1万度



X線で見た太陽コロナ

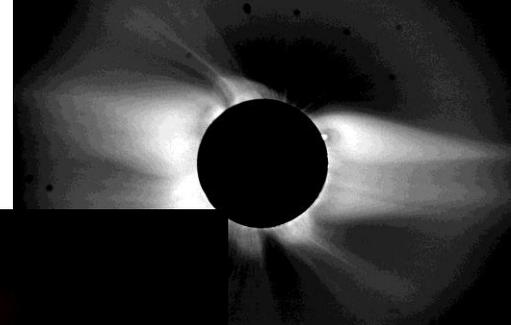
2000/06/05



ようこう
衛星に
よる

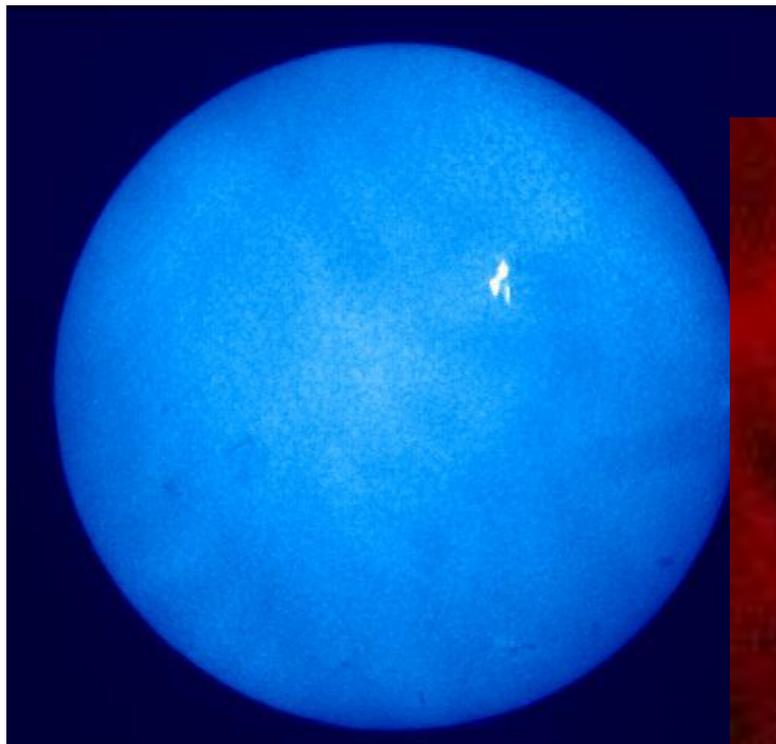
コロナは
爆発
(フレア)
だらけ!

Yohkoh / SXT
Kyoto 4D



フレアの正体

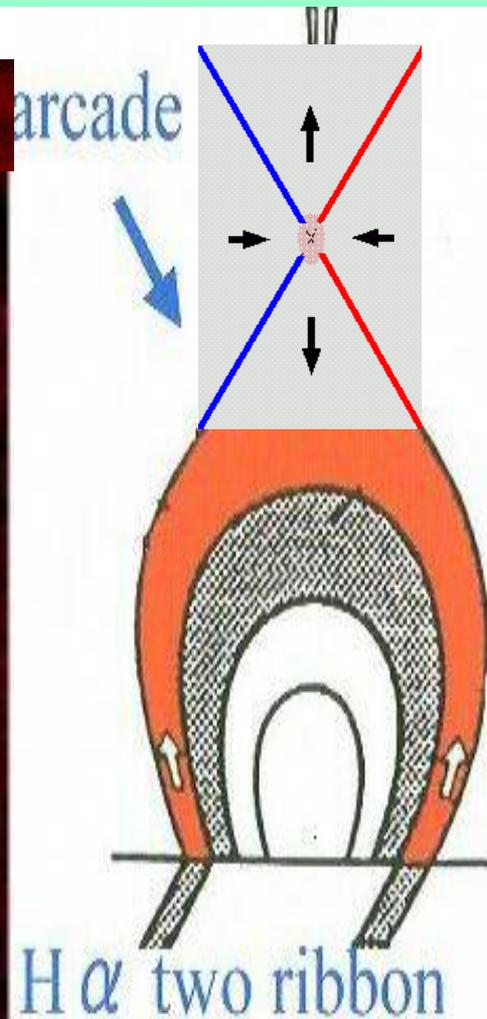
H α



X線

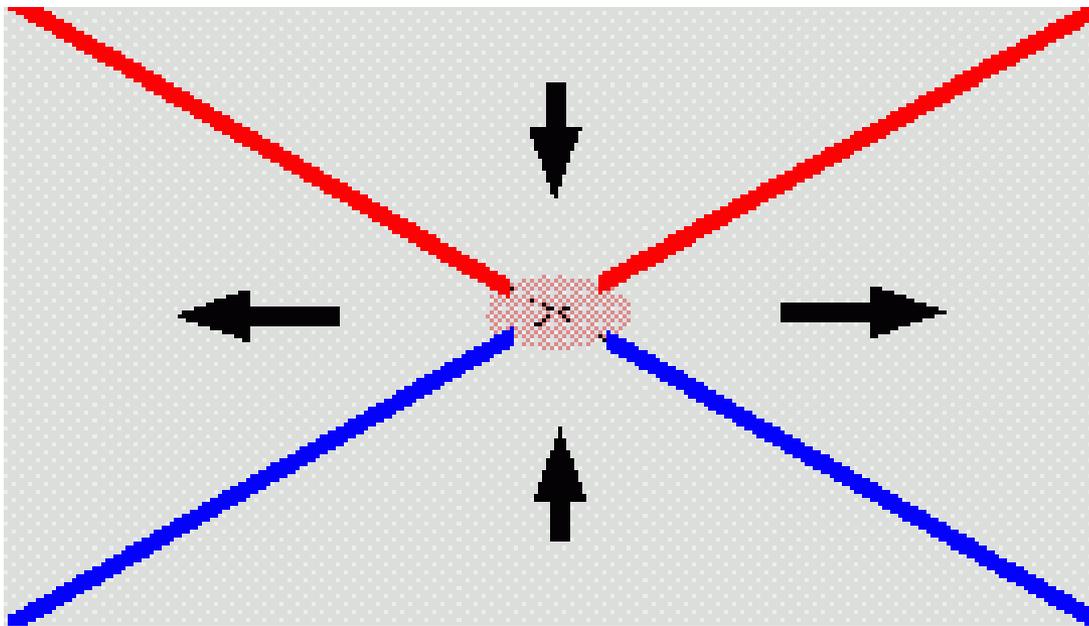


磁気リコネクション
(磁力線つなぎかえ)



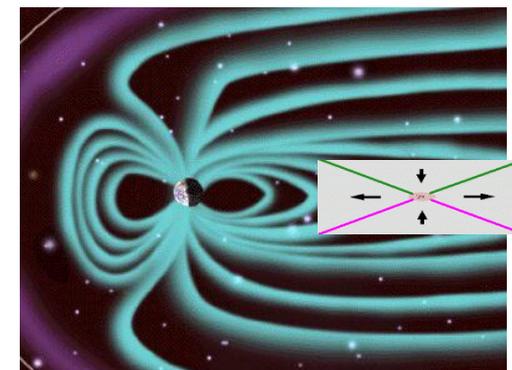
磁気リコネクション とは？

磁力線（「ゴムひも」に似た性質）



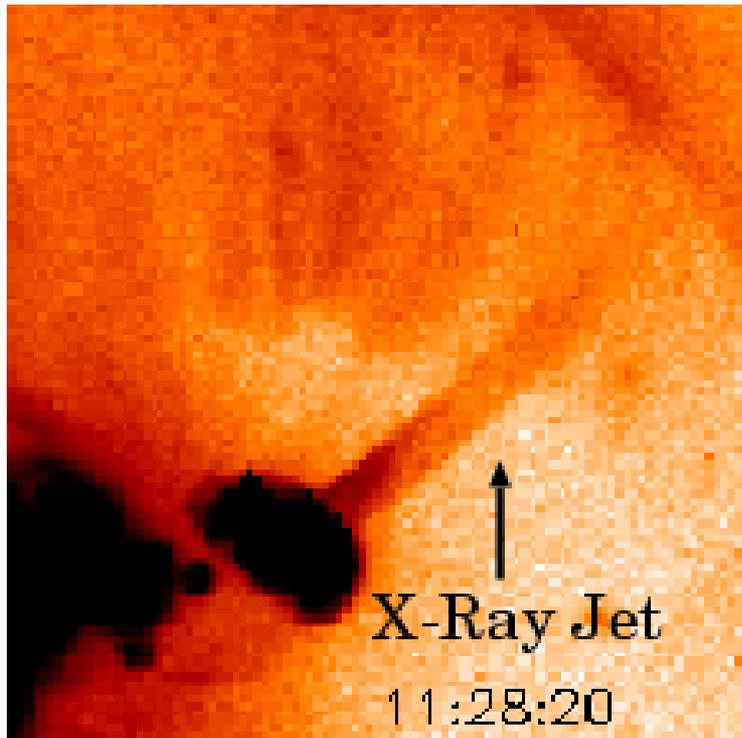
<http://www-solar.mcs.st-andrews.ac.uk/~eric/>

磁気エネルギーを短時間の内にプラズマの
運動エネルギーや熱エネルギーに変換

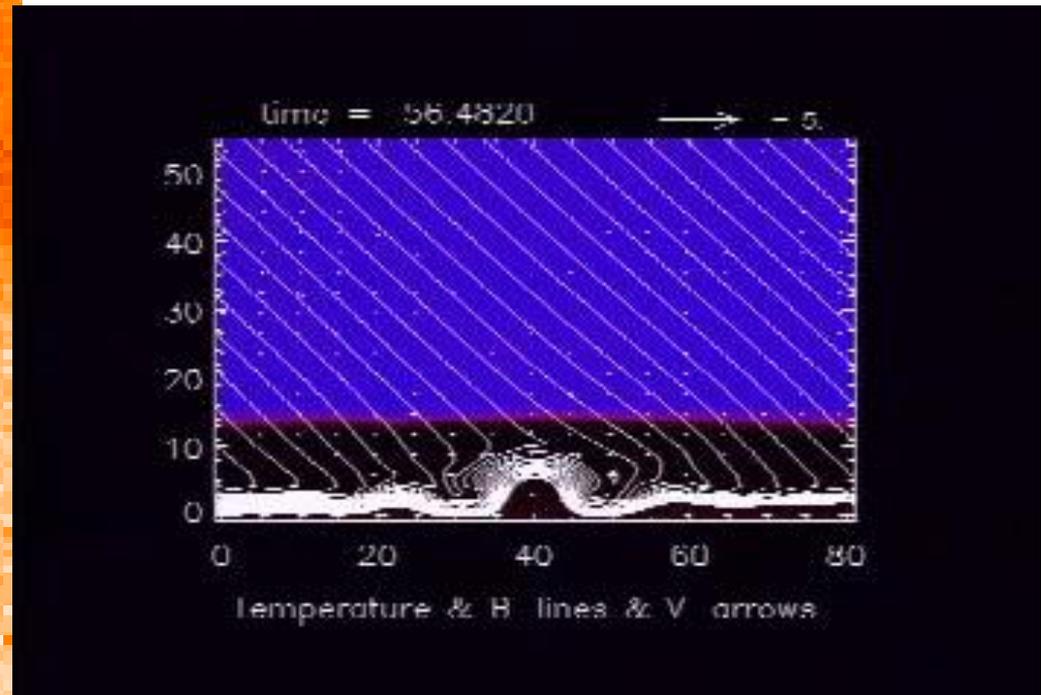


地球磁気圏でも発生

太陽コロナにもジェット発見 (ようこう軟X線)



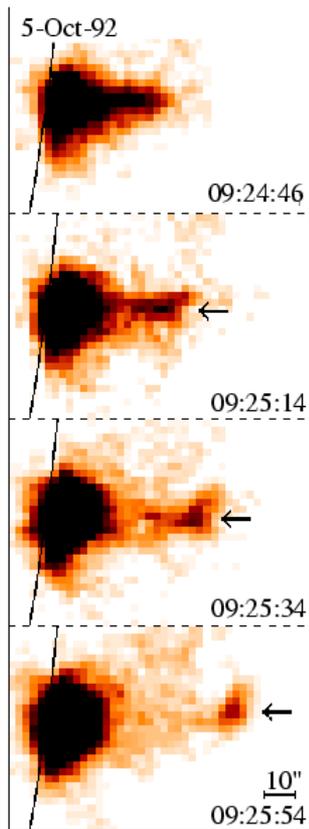
- 足元で小さなフレア
- 長さ=数万—数10万km
- 速度=10—1000km/s



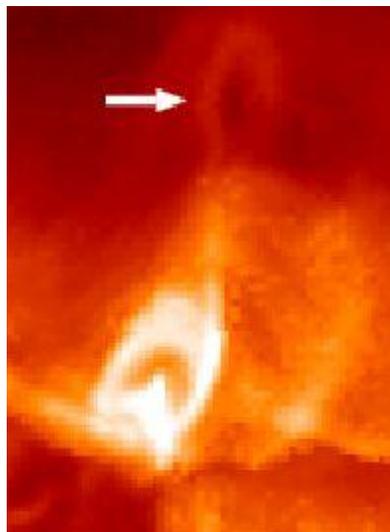
コンピュータ・シミュレーション
(横山と柴田、1995年, Nature)

磁気リコネクション機構により
説明に成功

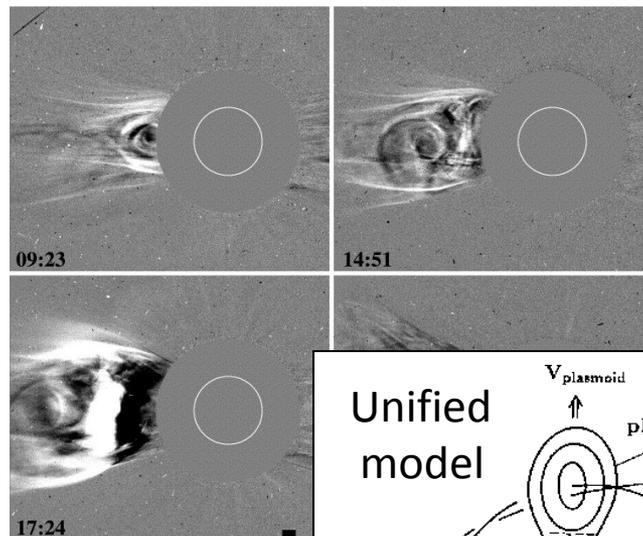
様々なフレア現象から プラズマ噴出 (Plasmoid (flux rope) ejections) が 普遍的に発生していることが発見された



impulsive flares
 $\sim 10^9$ cm
 大山と柴田

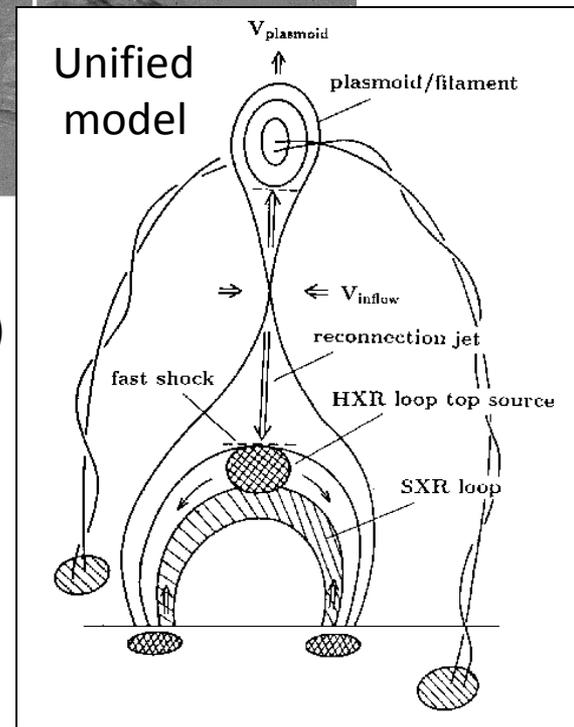


LDE (Long Duration Event) flares
 $\sim 10^{10}$ cm



CMEs
 (Giant arcades)
 $\sim 10^{11}$ cm

Plasmoid-Induced-Reconnection
 (Shibata 1999)



Summary of “flare/CME” observations with Yohkoh

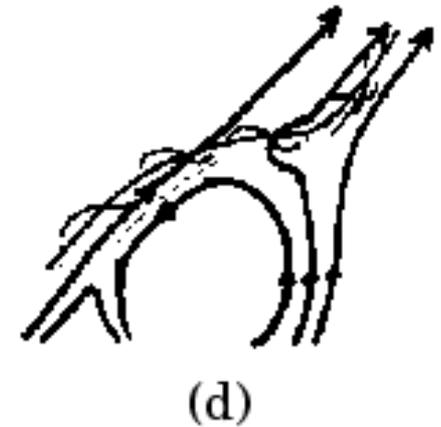
“flares”	Size (L)	Lifetime (t)	Alfvén time (t_A)	t/t_A	Mass ejection
microflares	$10^3 - 10^4$ km	100-1000sec	1-10 sec	~ 100	jet/surge
Impulsive flares	$(1-3) \times 10^4$ km	10 min – 1 hr	10-30 sec	$\sim 60-100$	X-ray plasmoid/ Spray
Long duration (LDE) flares	$(3-10) \times 10^4$ km	1-10 hr	30-100 sec	$\sim 100-300$	X-ray plasmoid/ prom. eruption
Giant arcades	$10^5 - 10^6$ km	10 hr – 2 days	100-1000 sec	$\sim 100-300$	CME/prom. eruption

Unified model

(plasmoid-induced reconnection model)
(Shibata 1996, 1999)

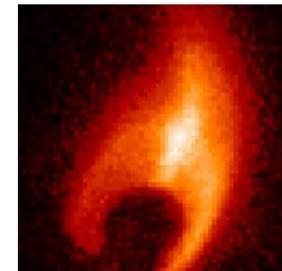
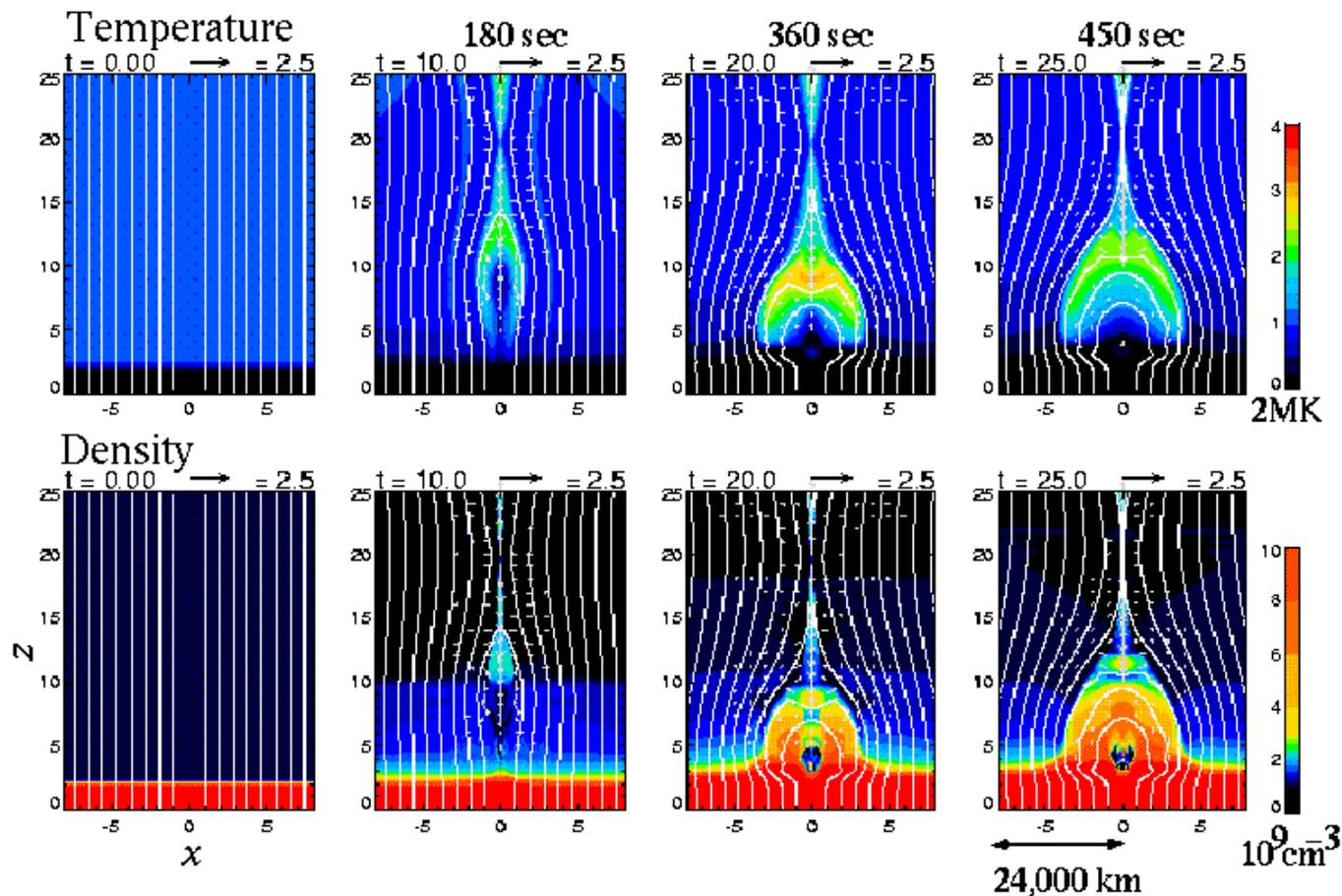
(a,b): giant arcades,
LDE/impulsive flares,
CMEs

(c,d) : impulsive flares,
microflares, jets



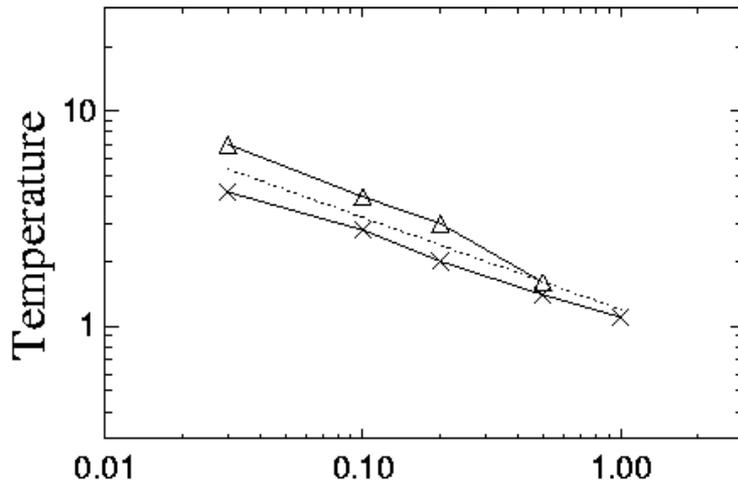
$$\text{Energy release rate} = \frac{dE}{dt} \approx \frac{B^2}{4\pi} V_{in} L^2 \approx 10^{-2} \frac{B^2}{4\pi} V_A L^2$$

世界初の 熱伝導を含むMHDリコネクション計算 (Yokoyama-Shibata 1998)

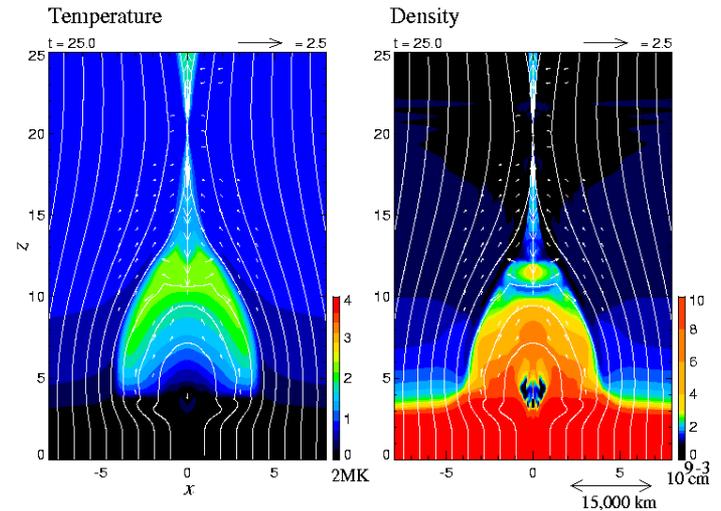


ようこう
軟X線望遠鏡
で観測された
太陽フレア

フレア温度の scaling law の 発見 (Yokoyama and Shibata 1998, 2001)



$$\beta = 8\pi p / B^2$$



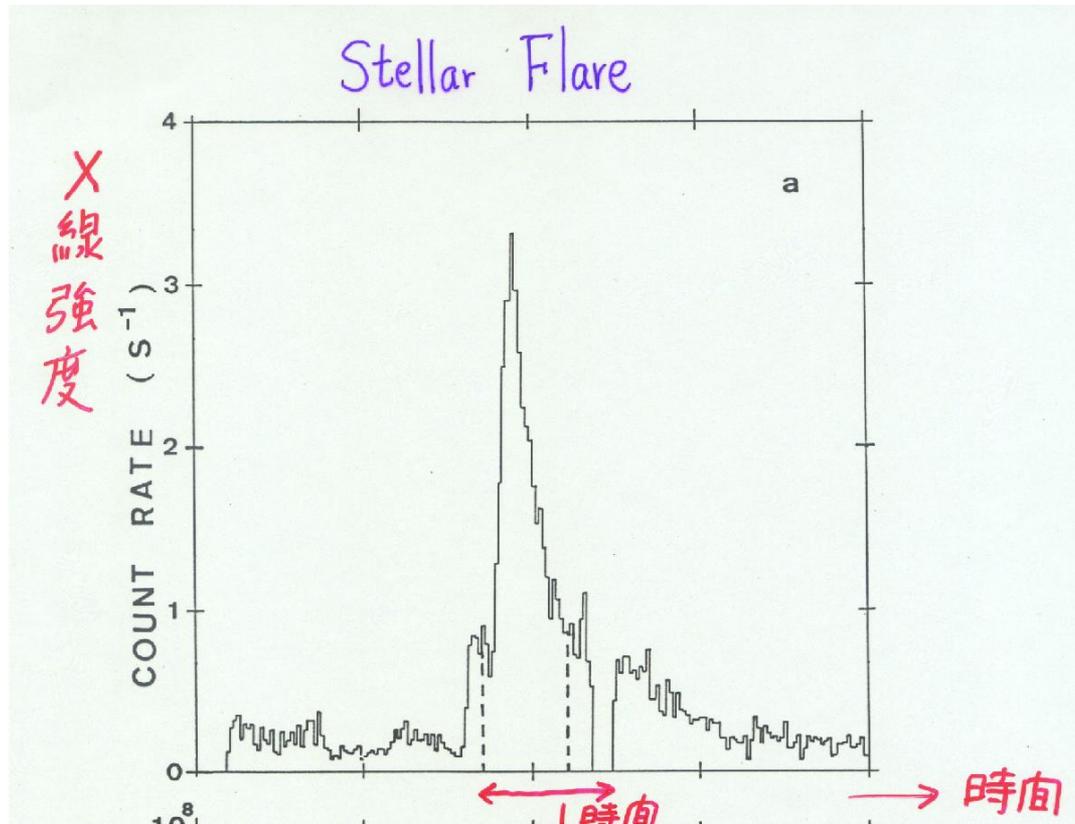
$$T \propto B^{6/7} L^{2/7}$$

7. 京大理附属天文台教授 (1999—)

太陽フレア、恒星フレア、原始星フレアの統一モデル[1999、2002]、さらにマグネター、ガンマ線バースト研究へ。

フラクタル・リコネクション説提唱
[2001]

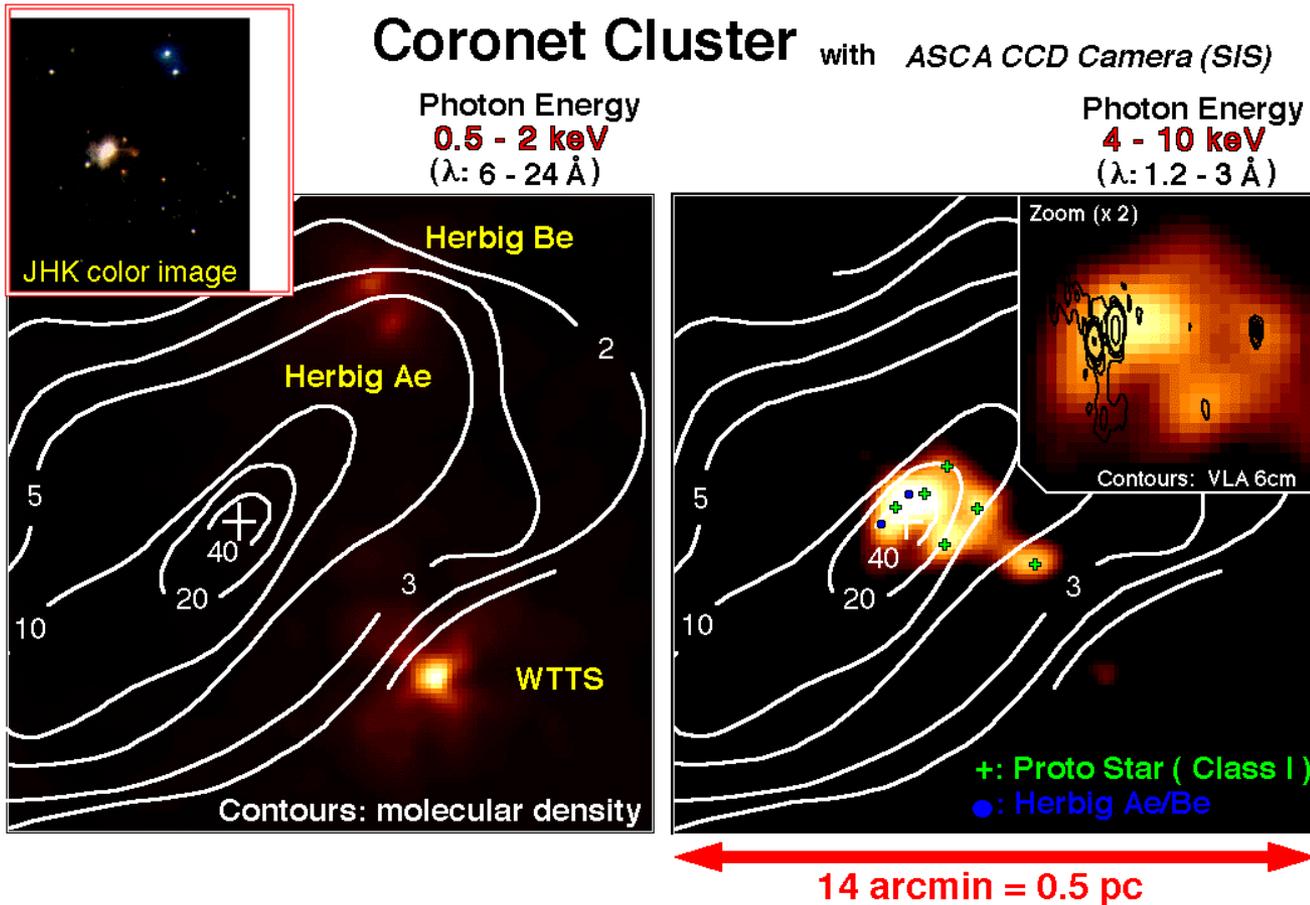
恒星フレア (proxima Cen)



- 太陽フレアにそっくりのX線強度度時間変化を示す

原始星フレア

(X線／あすか衛星：小山ら1995)



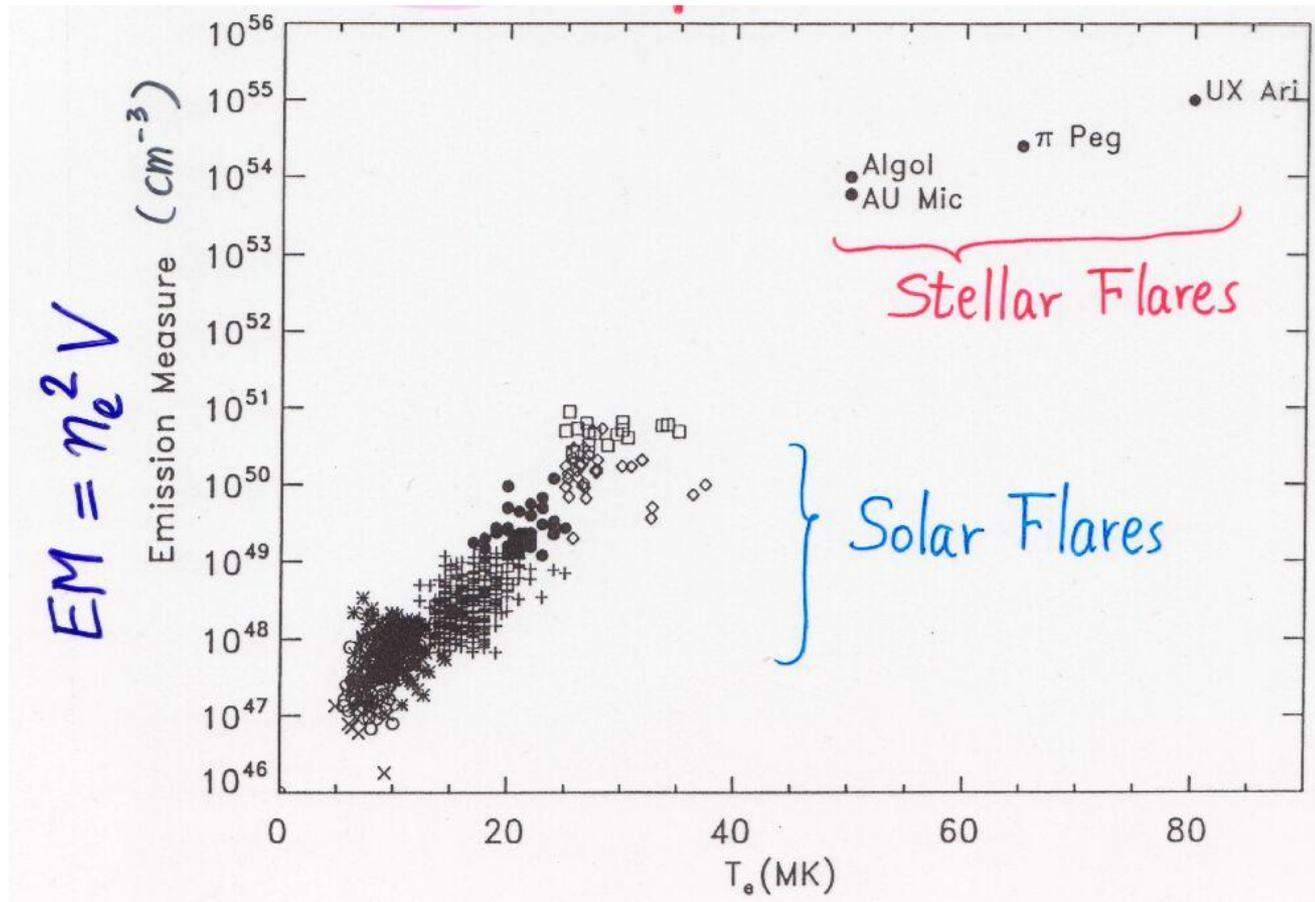
温度～
1億度

太陽フレアの
エネルギーの
1
万倍以上

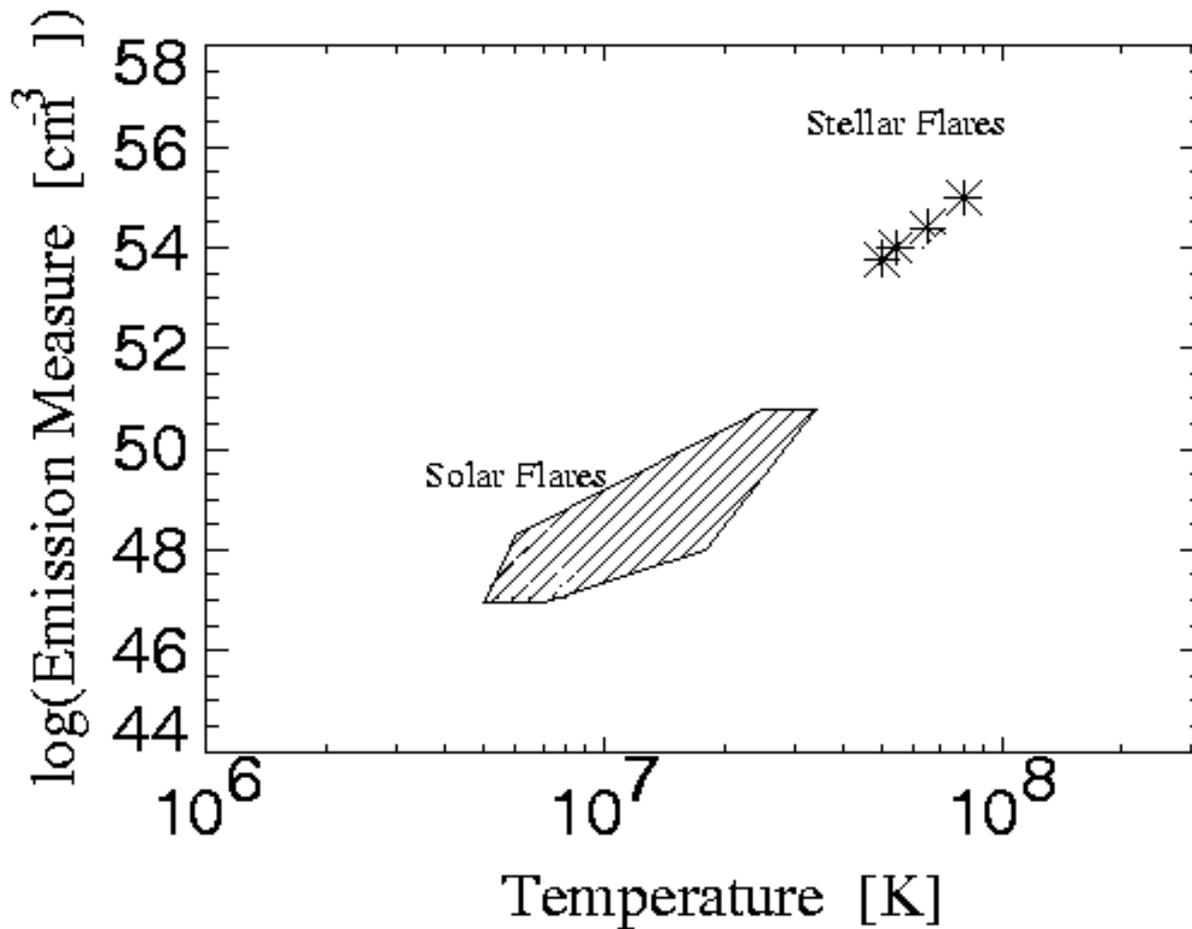
原始星フレアは、磁気リコネクション 説で説明できるか？

- Yes
- 間接的な証拠が、
Emission Measure ($EM = n^2 L^3$)
vs Temperature の関係に見つかった
(Shibata and Yokoyama 1999、2002)

太陽・恒星フレアの Emission Measure ($EM=n^2V$) は温度(T)とともに増大 (n :電子密度、 V :体積)(Feldman et al. 1995)

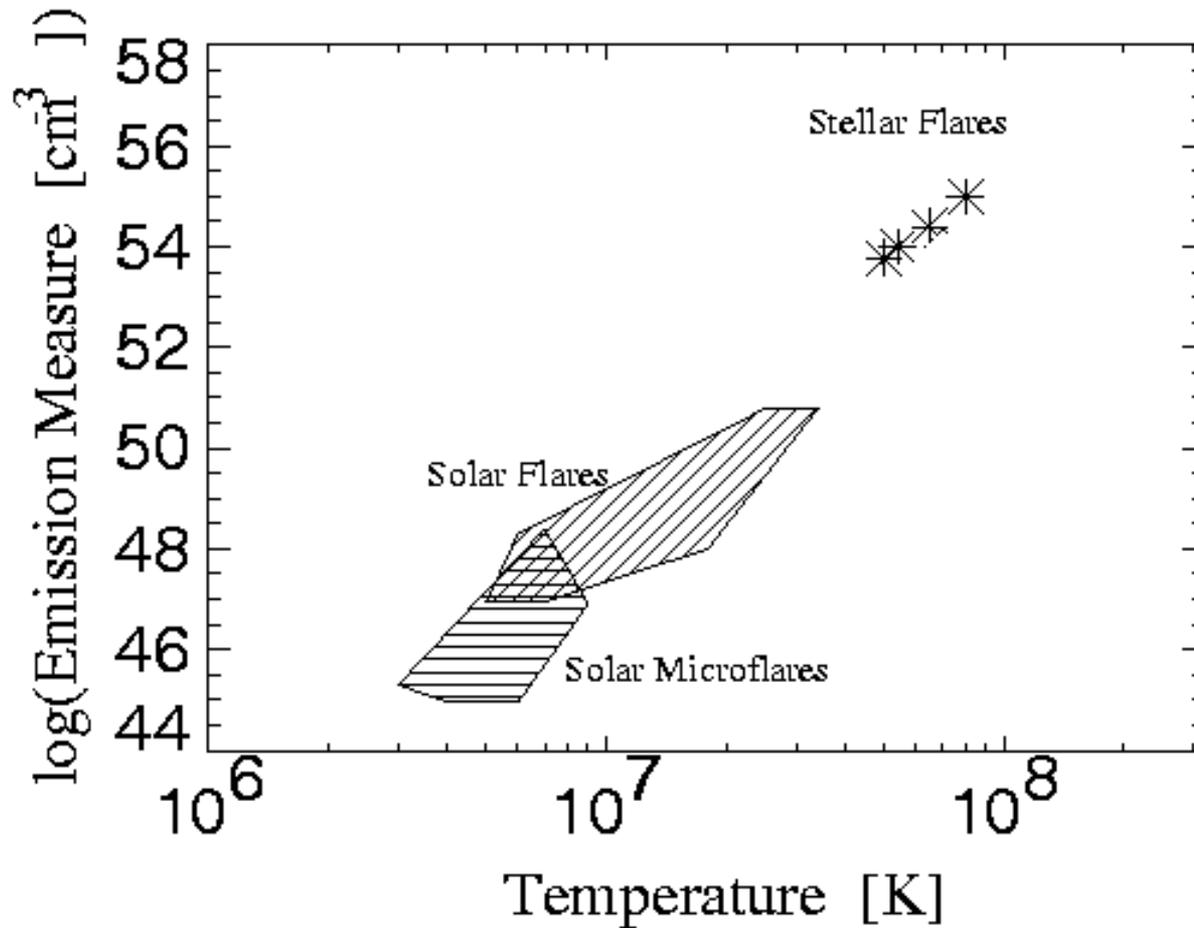


太陽・恒星フレアのEM-T関係



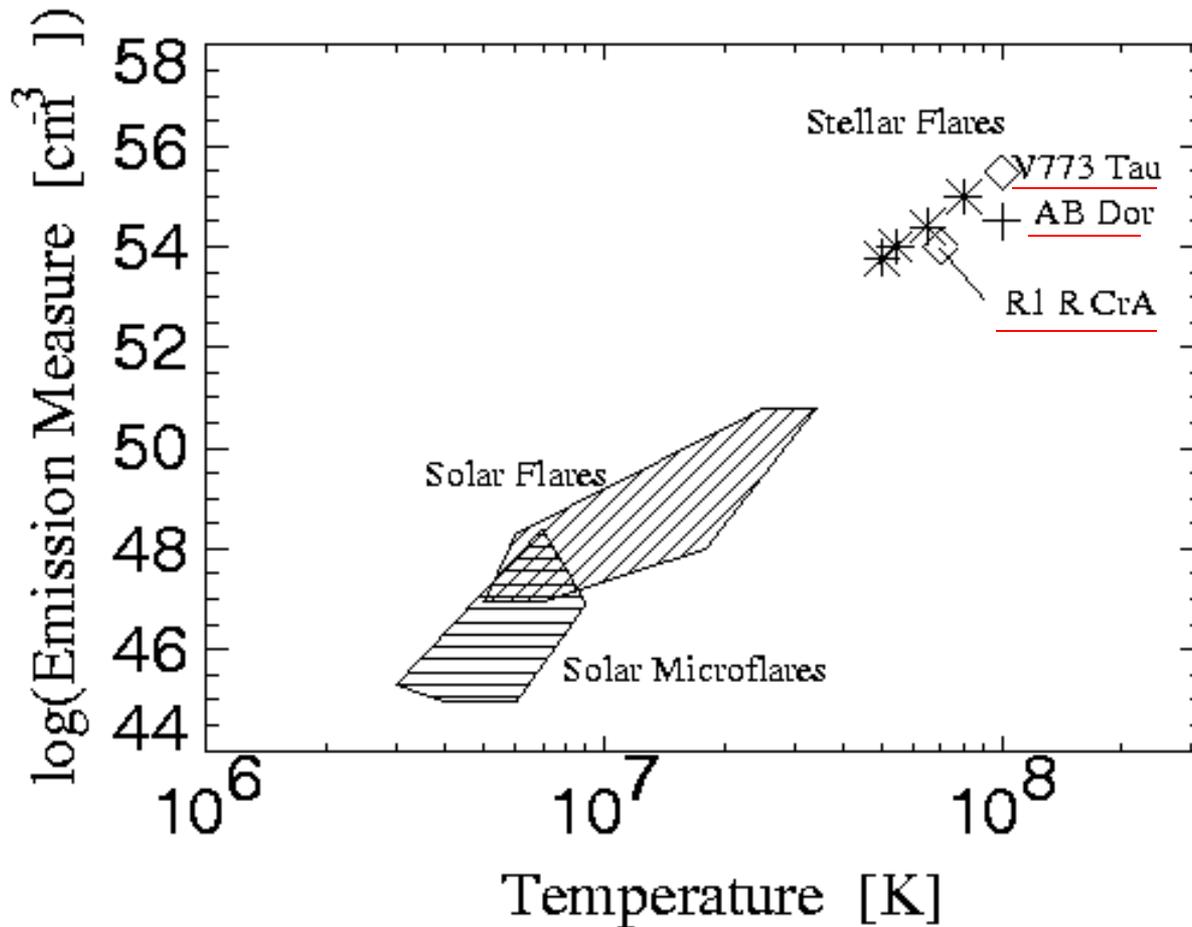
Feldman
et al. (1995)
の図の
Log-log plot

太陽・恒星フレアのEM-T関係



マイクロフレア
(Shimizu 1995)

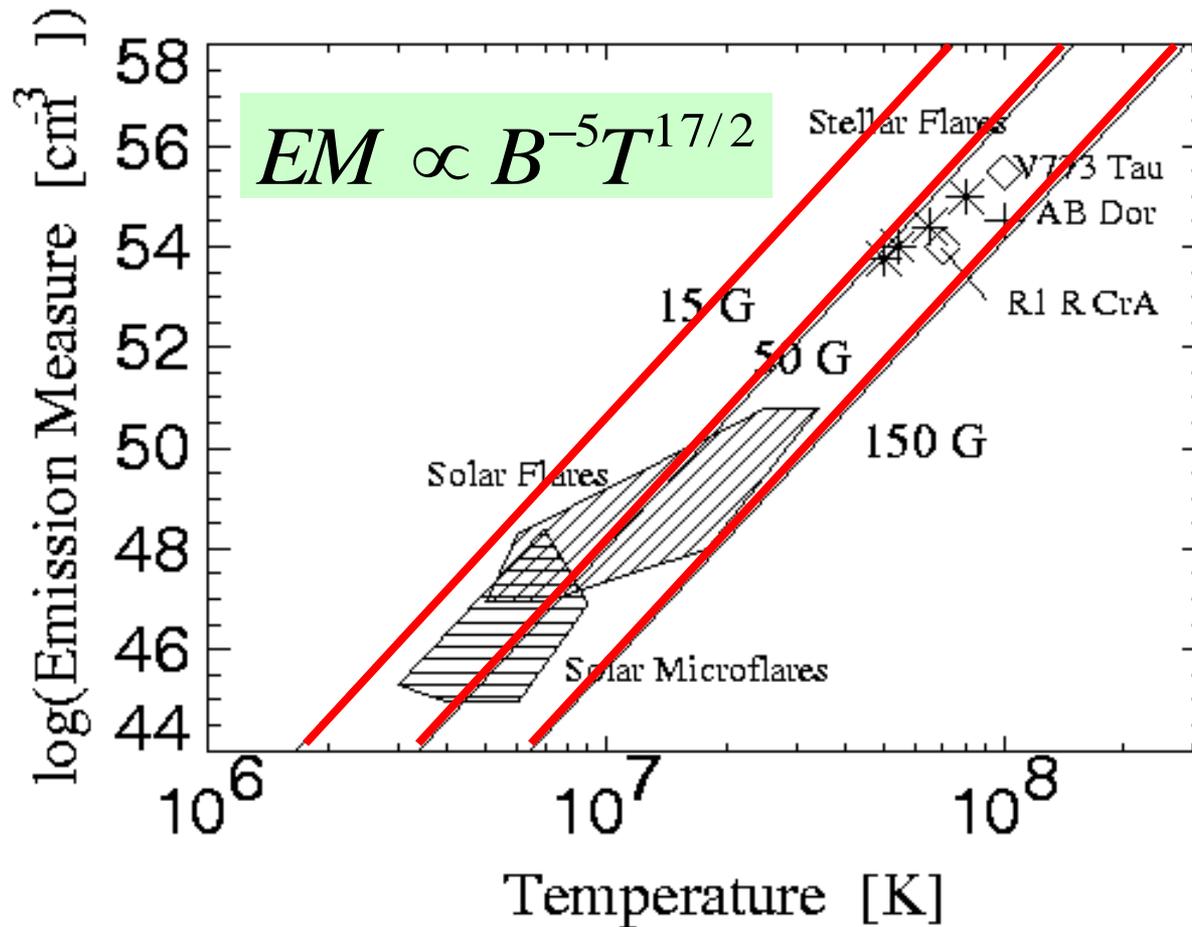
太陽・恒星フレアのEM-T関係



原始星フレア

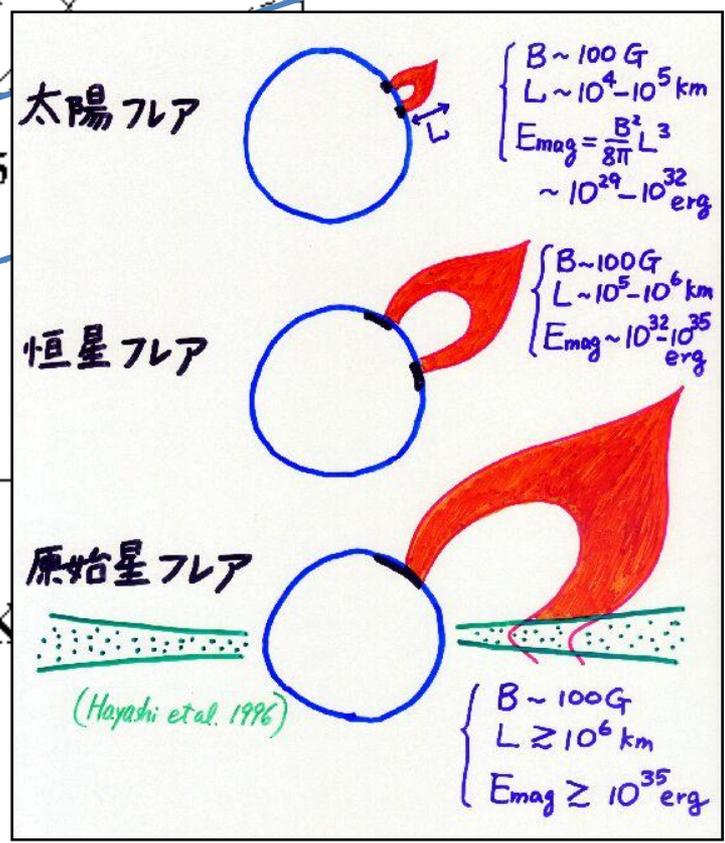
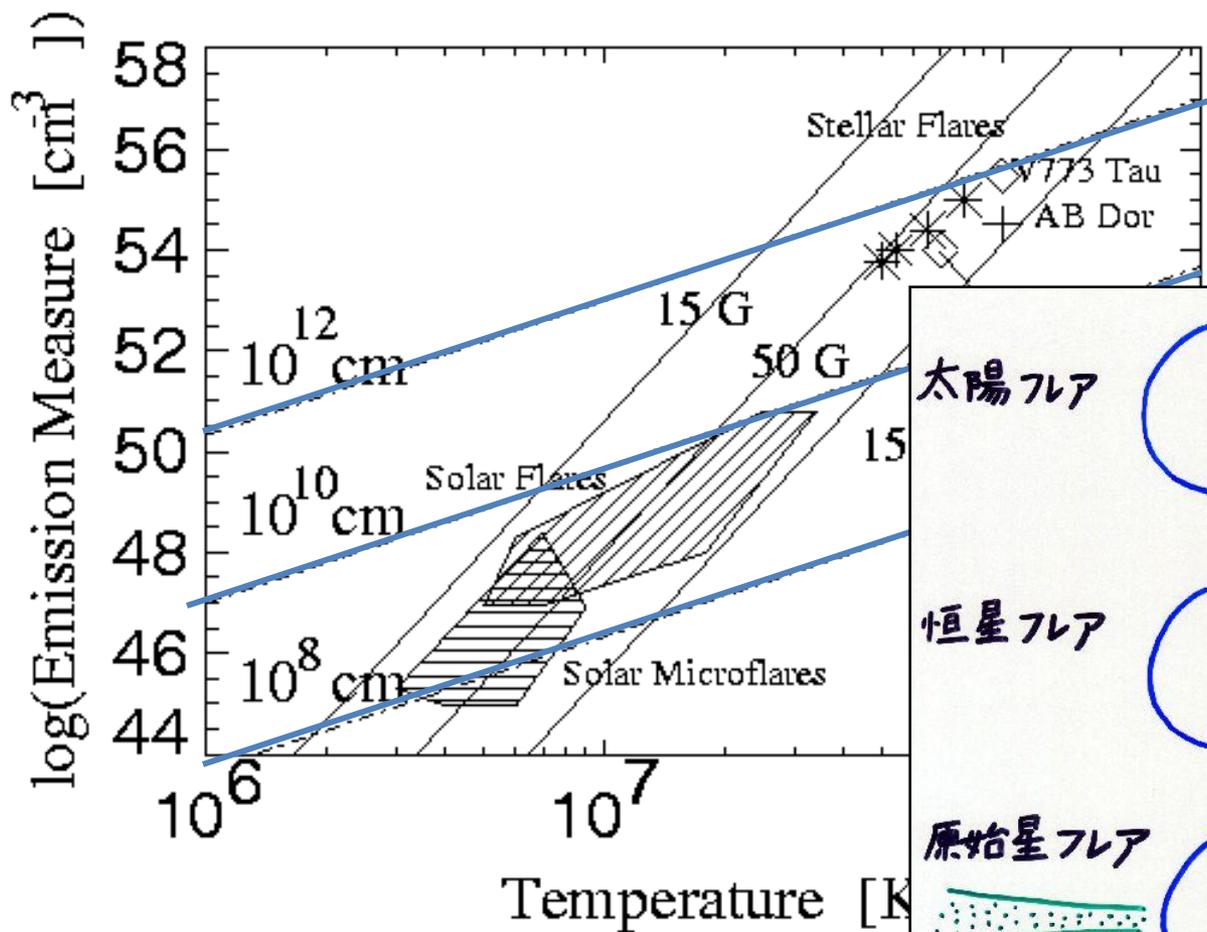
あすか
(Koyama et al.
1996, Tsuboi
et al. 1997)

磁場強度 (B) = 一定



太陽フレアも原始星フレアも、平均磁場強度は同じくらい
50-100G程度

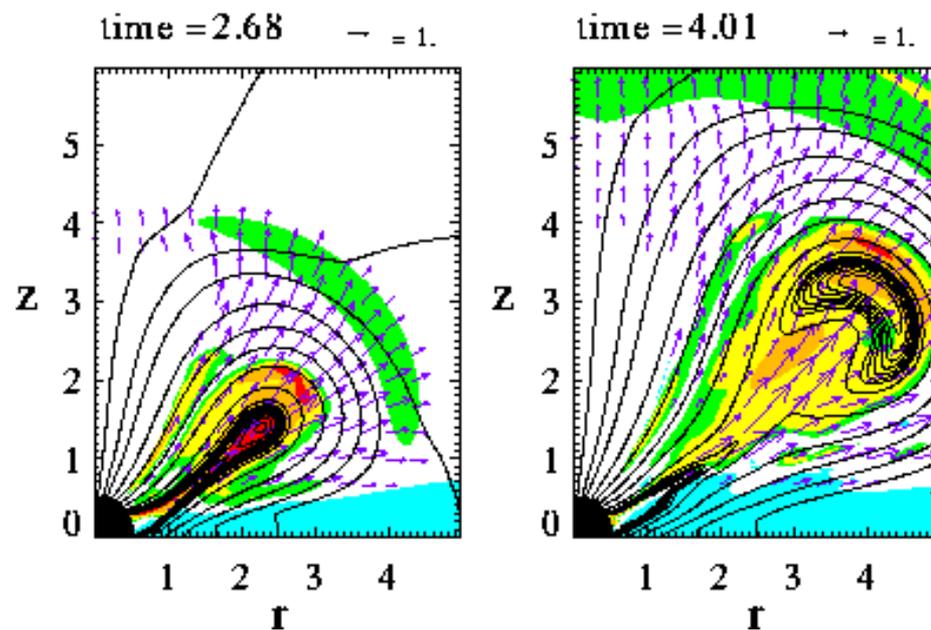
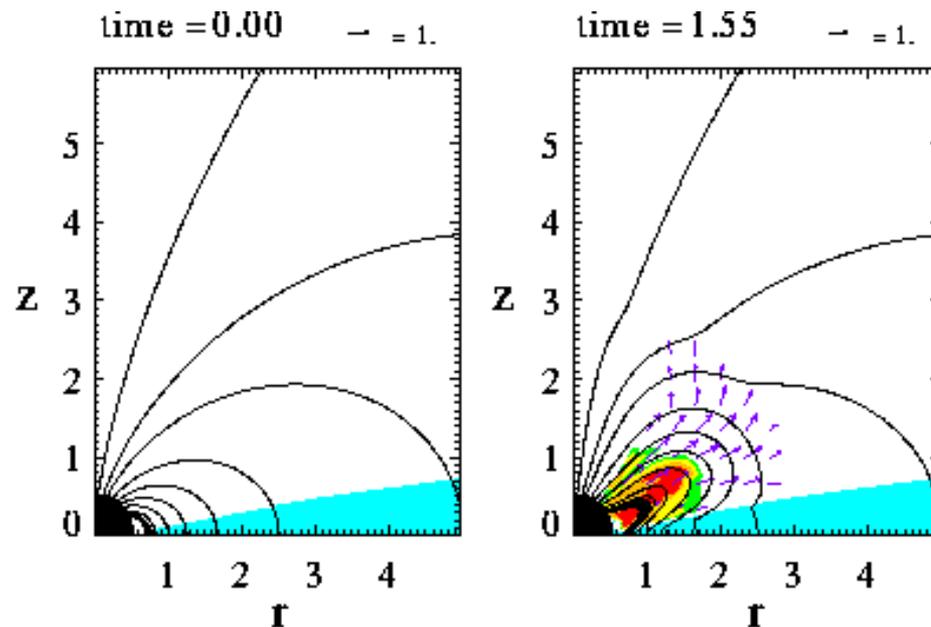
フレアループの長さ＝一定



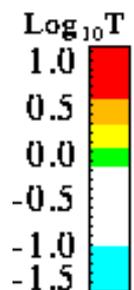
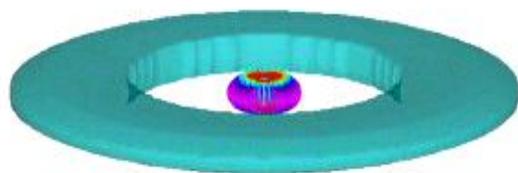
原始星フレアが1億度であるのは、
フレアループのサイズが大きいため

原始星フレアのモデル

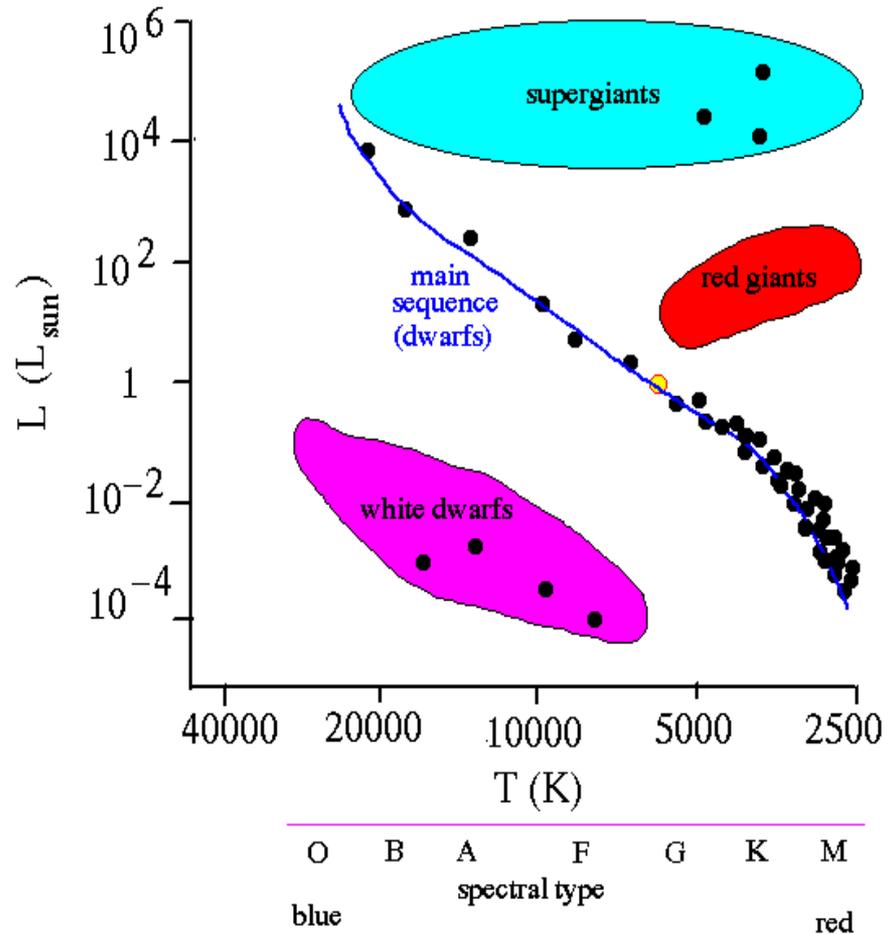
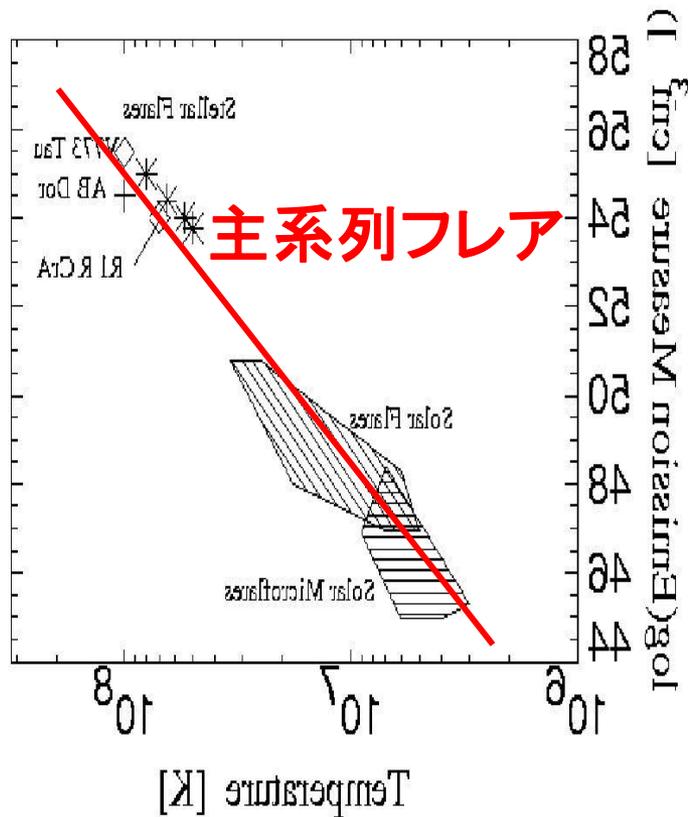
(林、松元、柴田 1996)



Time= 0.000 Orbits



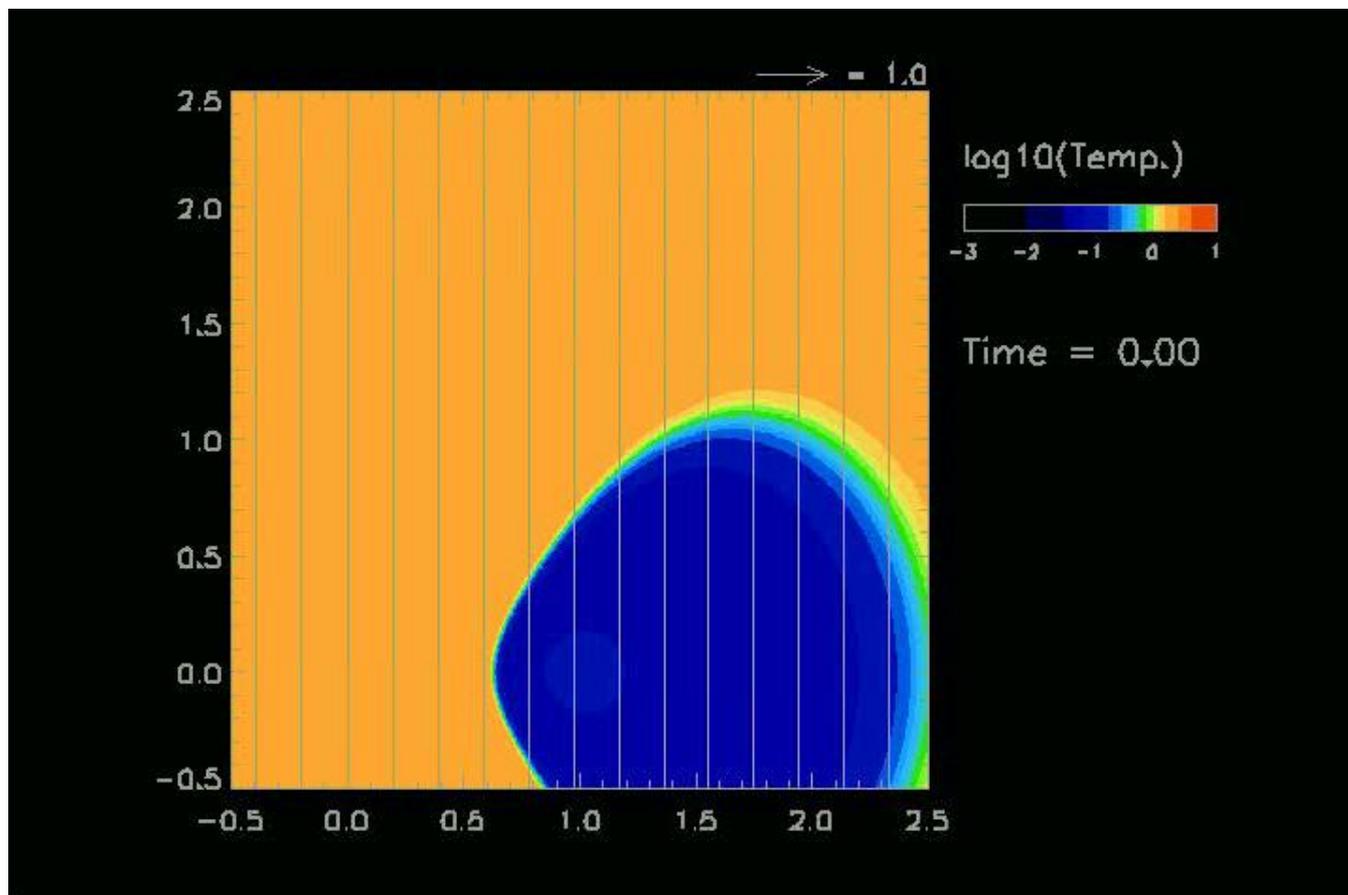
フレアのEM-T図はHR図に似ている！ (Shibata and Yokoyama 2002)



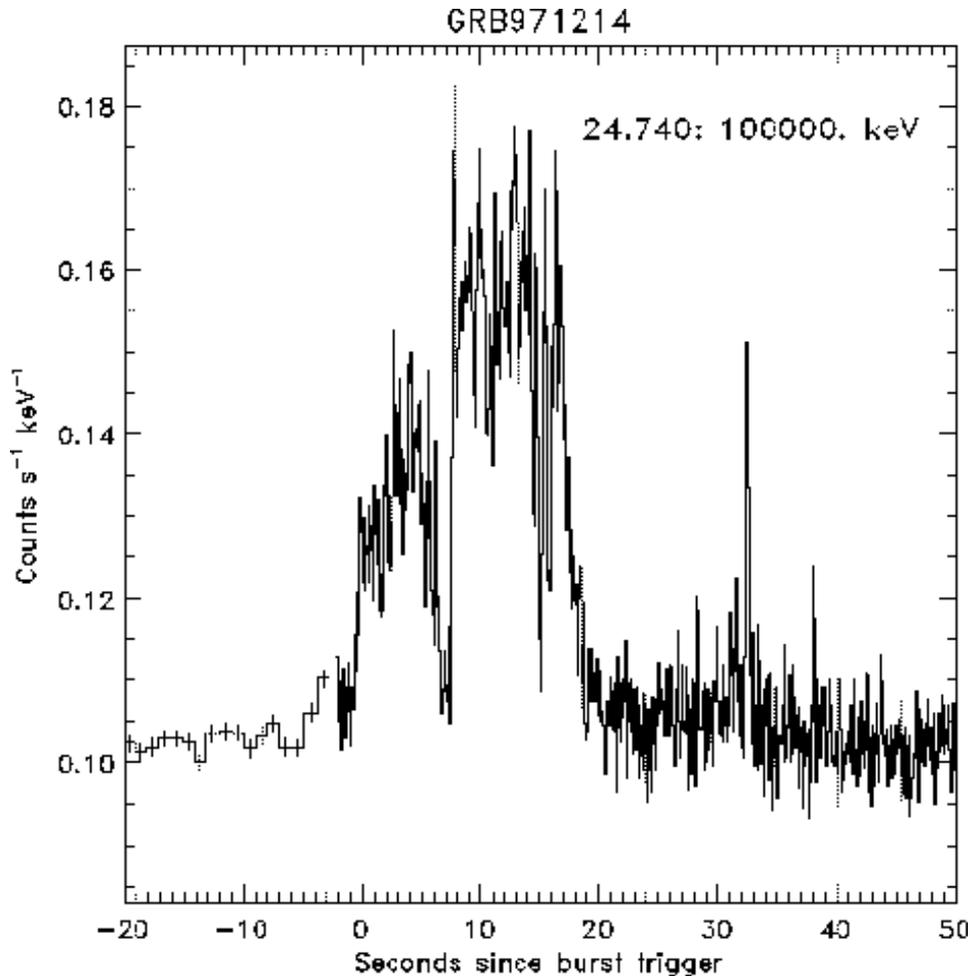
降着円盤でもフレア(リコネクション)が起こる！

(Kudoh, Matsumoto, Shibata 2002, PASJ)

磁気回転不安定性 (Balbus and Hawley 1991) により
円盤は乱流状態になり、磁気リコネクション(爆発)だらけになる



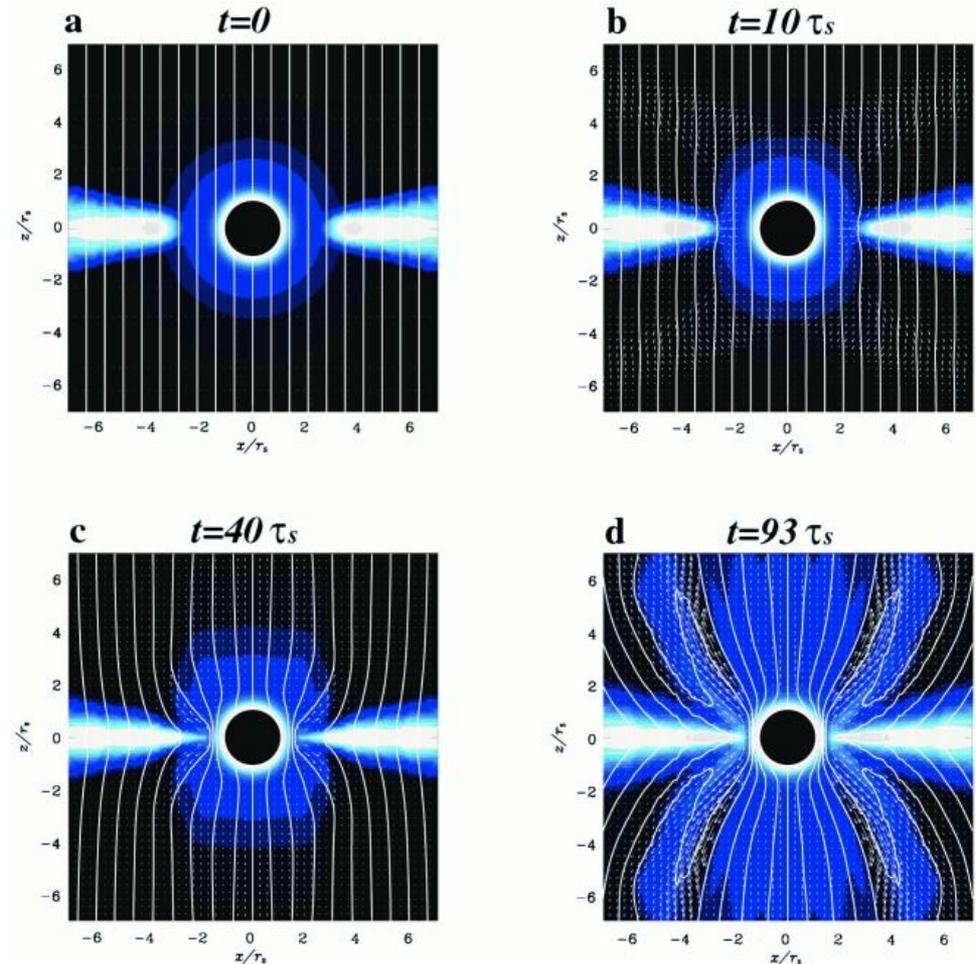
ガンマ線バースト



- 発見以来20年以上、どこで起きているかも謎だったが、最近ようやく数10億光年かなたの銀河で発生していることが判明
- 正体はいまだ謎 (もしや電磁ジェット?)

ブラックホール降着円盤から噴出するジェット的一般 相対論的MHDシミュレーション (Koide, Shibata, Kudoh 1998,1999,2000)

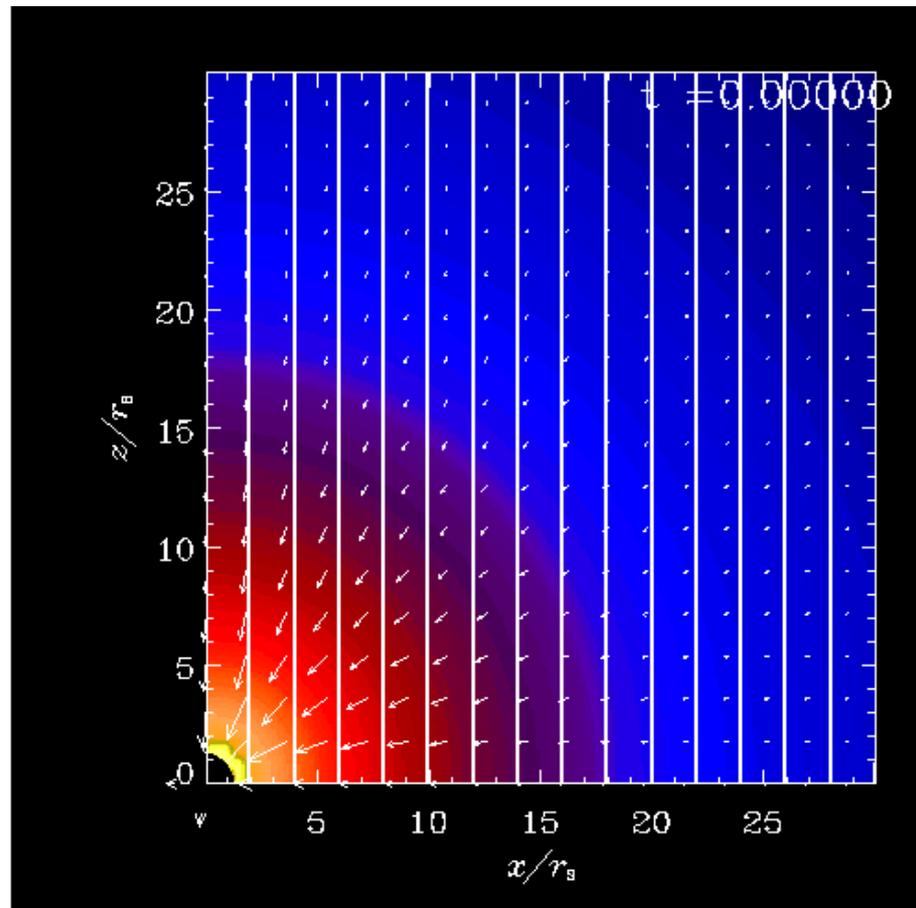
世界初



Maximum Lorentz factor
 $\sim 2 \Rightarrow$ real limit ?

ガンマ線バーストのモデル (コラプサー)のシミュレーション

水野ら(2004)ApJ

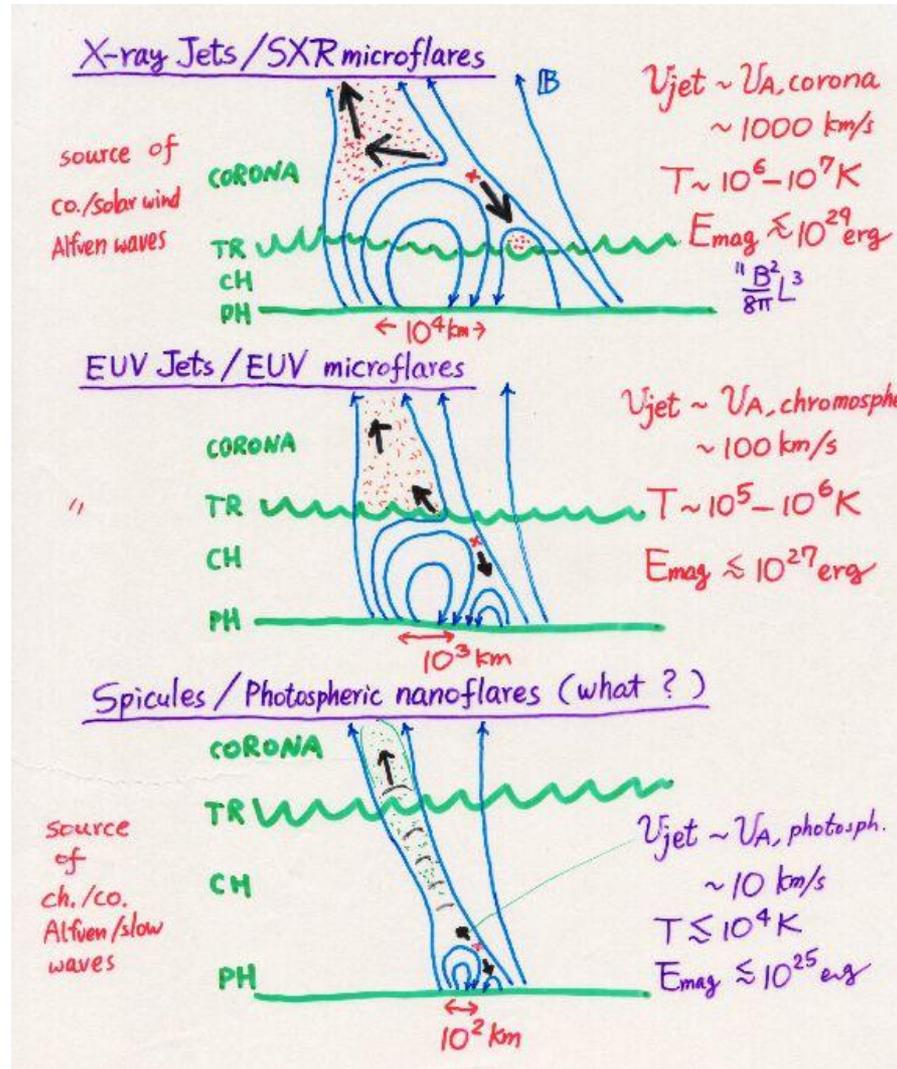


ブラックホールに大量のガスが落ち込むときに、
磁場の力により $0.2c$ の高速ジェットが発生

8. ひので衛星プロジェクト (2006ー)

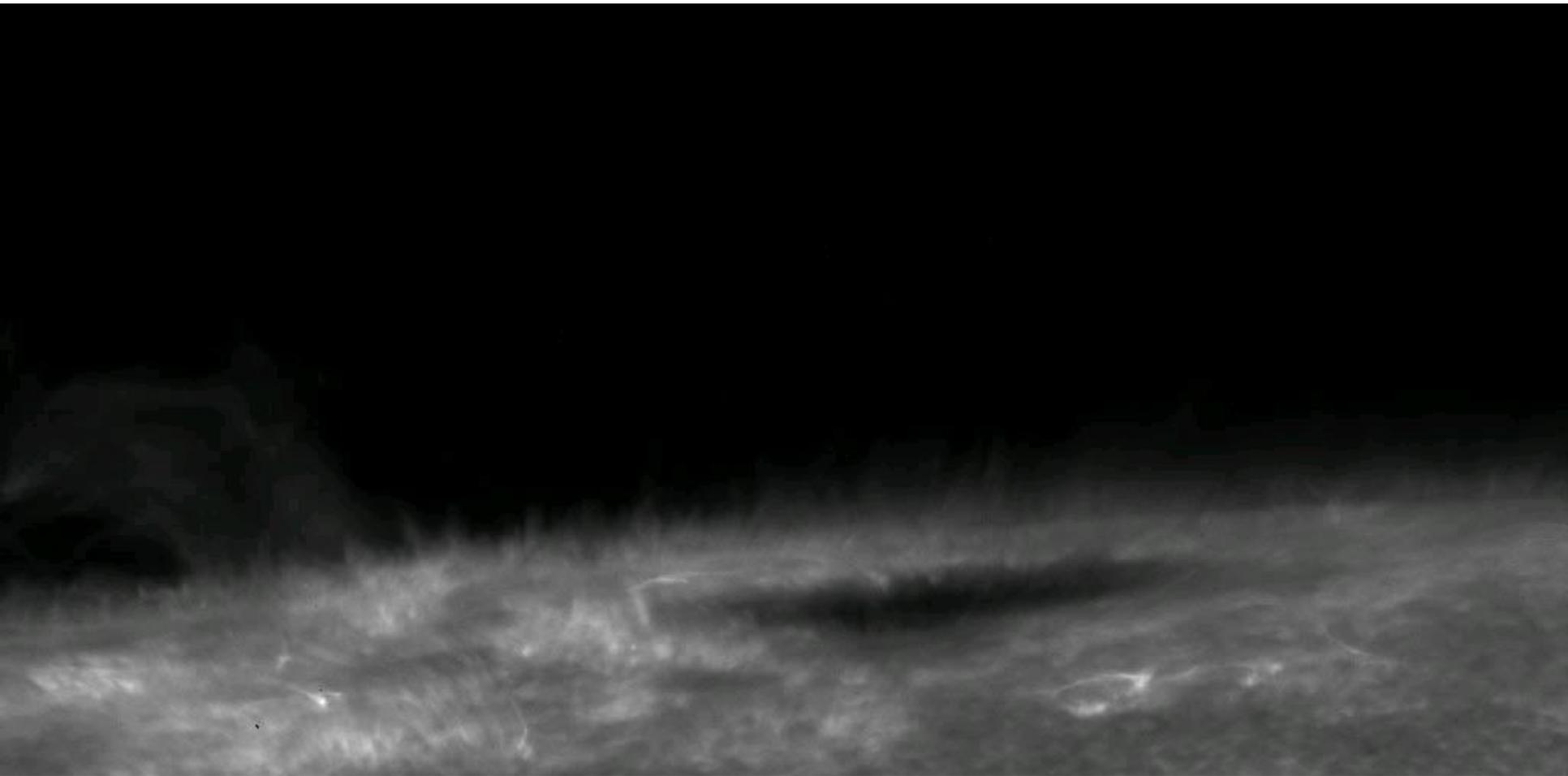
ー彩層アネモネジェット、
ユビキタス・リコネクション説提唱。

Prediction of ubiquitous jets in the solar atmosphere (Shibata 1998)



彩層アネモネ型ジェットの発見

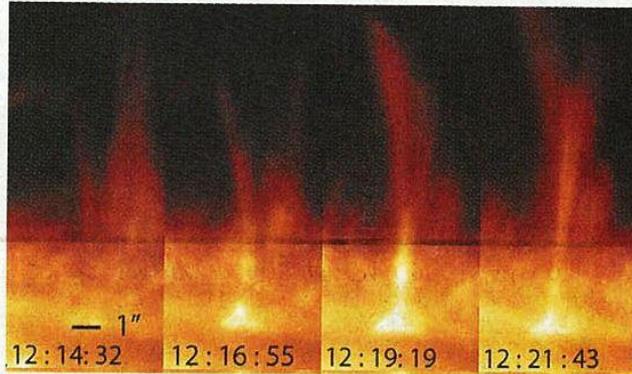
(Shibata et al. 2007 Science)



2006 Dec 17 20:00-21:00 UT ひので衛星可視光望遠鏡で見た彩層 (Ca II H filter)

毎日新聞2007年12月7日朝刊

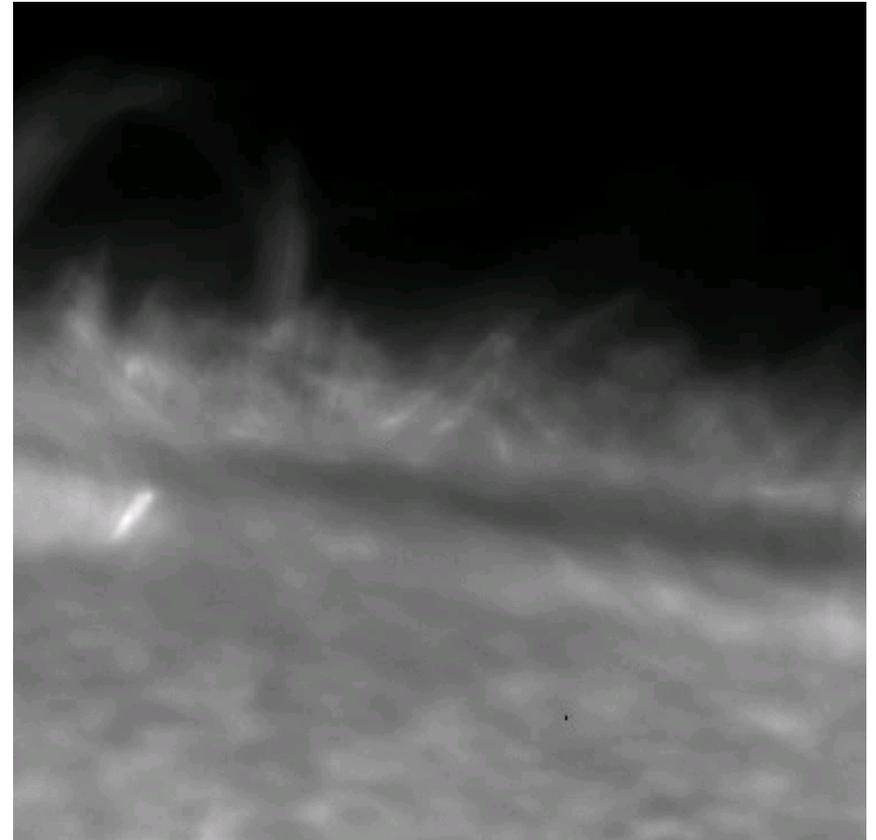
衛星「ひので」が1月14日、約2分ごとにとらえた彩層のジェット—柴田一成教授提供



コロナ超高温の謎迫る 京大チーム

太陽表面とコロナの間にある大気層「彩層（さいそう）」（厚さ2000～1万キロ）で、細長い高速のガスの流れである「ジェット」現象が無数に起きていることを、京都大の柴田一成教授（太陽宇宙プラズマ物理学）らのチームが突き止めた。太陽表面の温度が約6000度なのに対し、コロナが約100万度もの超高温を保つ理由は天文学最大の謎の一つ。柴田教授は「ジェットが運ぶエネルギーがコロナを加熱している可能性がある」としている。7日付の米科学誌「サイエンス」オンライン版に掲載される。

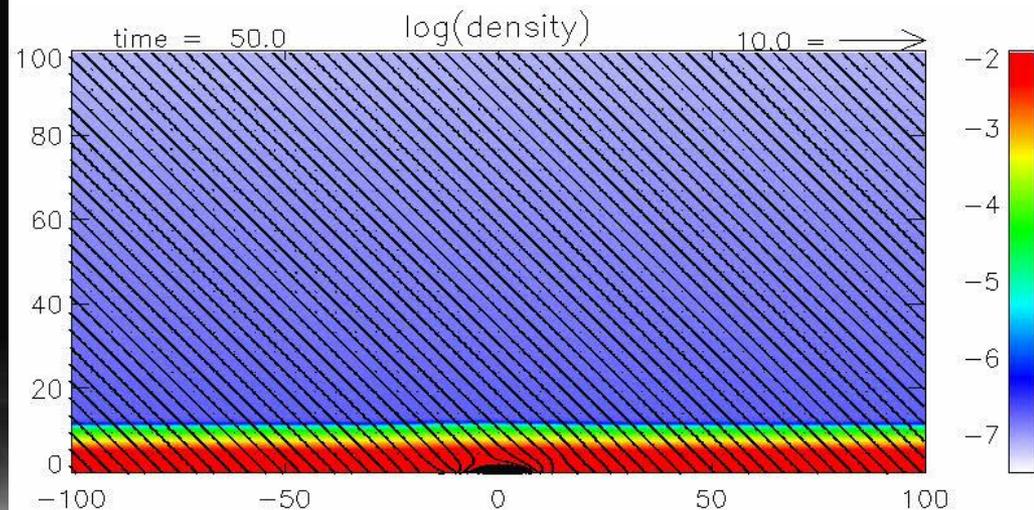
宇宙航空研究開発機構の太陽観測衛星「ひので」のデータを分析。柴田教授らが確認したジェットは長さ2000～5000キロ。コロナ中にジェットが多数存在することは知られているが、彩層のジェットの長さはこの100分の1程度。 【鶴谷真】



巨大ジェット「ひので」による観測と コンピュータシミュレーションの比較

(西塚、清水、柴田ら 2008)

2007-02-09T13:16:36.476



磁気リコネクション・モデルで再現成功

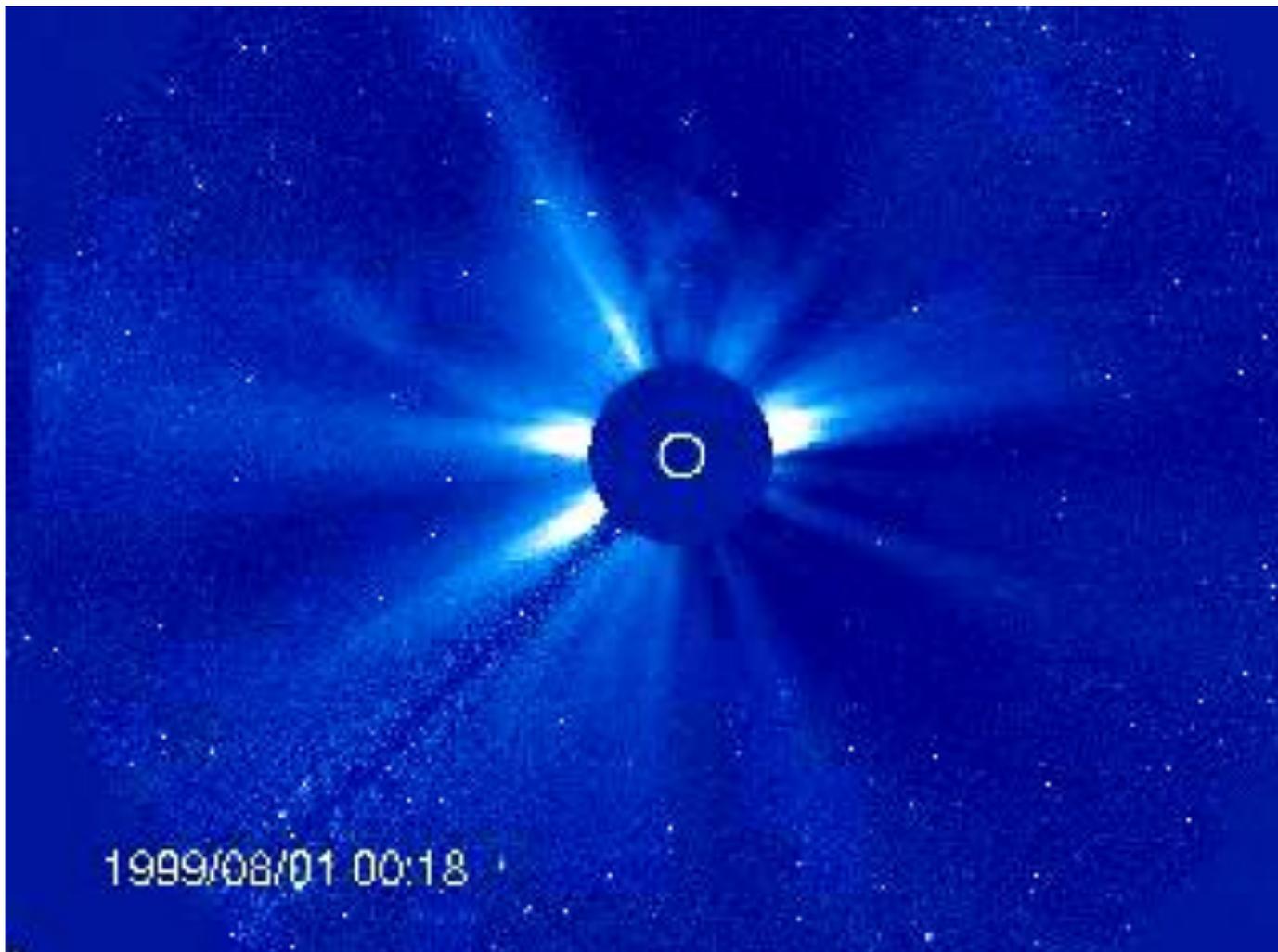
9. 最近(2005－現在)

宇宙天気予報の基礎研究。

地球物理学者と共同研究。

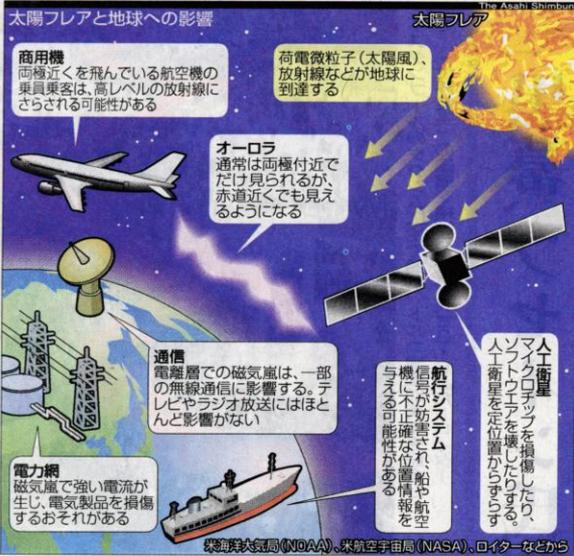
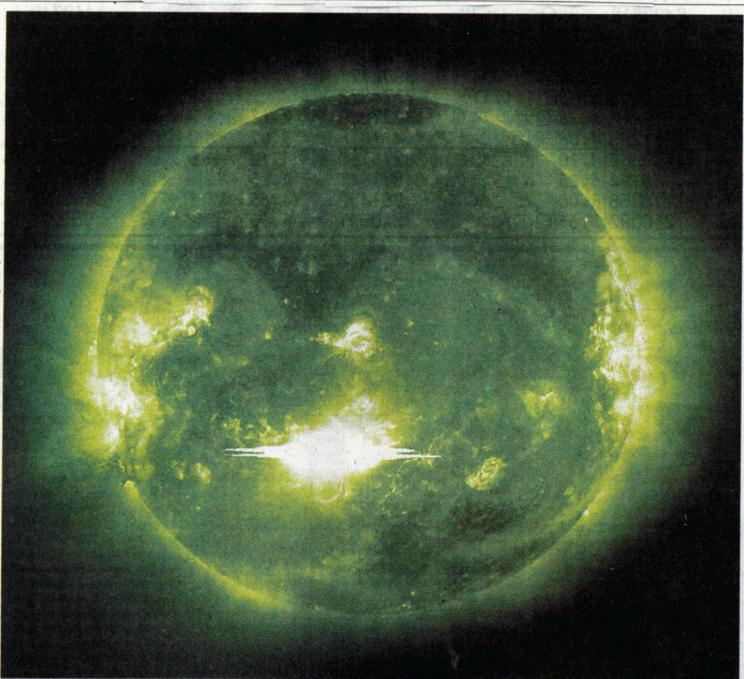
コロナ質量放出 (CME)

(フレアにともなうコロナ・プラズマの噴出流=>地球に影響)



(SOHO/LASCO, 可視光/人工日食)

2003年10月28日の太陽面爆発(太陽フレア)とそれによる磁気嵐



太陽の「嵐」、地球直撃

朝日新聞

夕刊

©朝日新聞社 2003年
〒104-8011 東京都中央区築地5丁目3番2号
朝日新聞東京本社
電話 03-3545-0131

朝日新聞東京本社
電話 03-3545-0131

越の寒中梅

新潟館報株式会社 新潟県中野市東町1-8-59
TEL:025-233-0539
http://www.sake-no-choja.com

14年ぶり「大爆発」
「14年ぶり」の太陽面爆発(太陽フレア)が地球を直撃したと発表された。このフレアは、地球の磁場を乱すほどのエネルギーを放出した。NOAAによると、このフレアは、地球の磁場を乱すほどのエネルギーを放出した。NOAAによると、このフレアは、地球の磁場を乱すほどのエネルギーを放出した。

テキサスでオーロラ

今回のフレアに伴って、電気を帯びた微粒子が時速800万キロの猛スピードで飛散。約19時間後の米東部時間29日午前1時すぎ(日本時間同日午後3時すぎ)、太陽から1億5千万キロの距離にある地球に到達した。カナダでは北緯57度以上の高緯度域を飛ぶ航空機と通信の一部に障害が出た。

「14年ぶり」の太陽面爆発(太陽フレア)が地球を直撃したと発表された。このフレアは、地球の磁場を乱すほどのエネルギーを放出した。NOAAによると、このフレアは、地球の磁場を乱すほどのエネルギーを放出した。

衛星、「太陽大爆発」とらえた

【ワシントン＝村山知博】米航空宇宙局(NASA)は、太陽観測衛星SOHOが28日にとらえた太陽フレア(大爆発)の画像を公開した。写真、ロイター。コロナガスの大噴出も確認された。観測を始めたこの25年間で最大級という。

米海洋大気局は、この影響で地球の磁場が乱れる「磁気嵐」が起きる可能性がある、と警告した。放送や航空機の通信などの障害や停電のほか、人工衛星が故障する恐れがあるという。通信総合研究所は日本でも30日未明から日中にかけて影響が出る可能性がある、と注意を呼びかけている。

解散式があった。遺体発見後も事務局だけ日本国民救援会に残し、慰霊の旅や裁判の経過報告を続けてきたが、裁判も大詰めに迎え、14年間の活動に幕を下ろした。

競馬予想会社が3億円脱税容疑

オーロラ NY州でも

太陽表面での爆発(フレア)により、米ニューヨーク州ポンペイ(北緯43度)で30日夜(日本時間31日午前)、観測されたオーロラ=写真、AP。通信総合研究所によると、日本では29日夜以降、茨城県原里美村、山梨県長坂町、長野県原村など、ほぼ北緯36度以北の地域で観測。日本で広範囲に肉眼で見えたのは89年以來14年ぶり。

キーワード

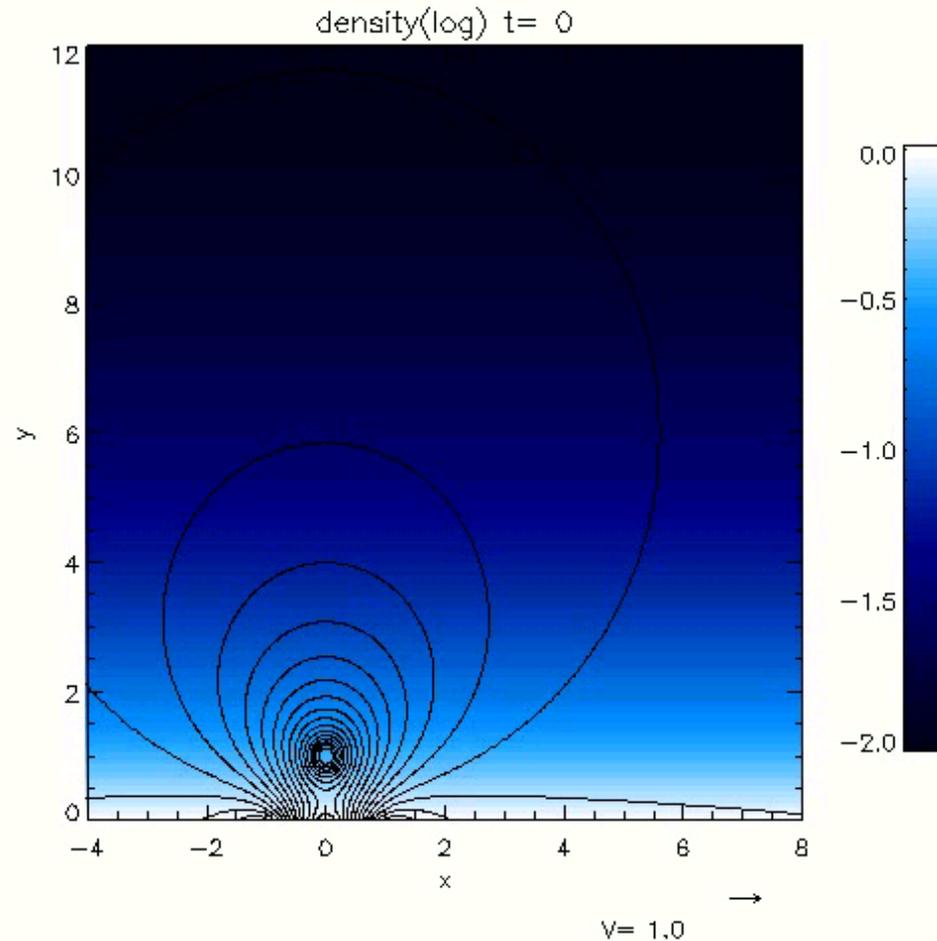
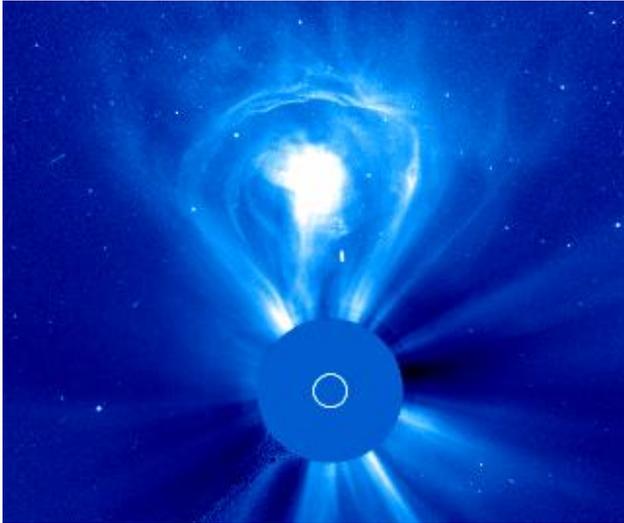
太陽の活動 太陽はほぼ11年周期で激しく活動する極大期を繰り返している。今回の極大期のピークは3年前だったが、先週ごろから急に活発化した。

極大期に爆発した。磁場が爆発するのがフレア。宇宙空間に荷電微粒子が放出される。

「人生凝視の作を振りつけた小津安二郎生誕100年N.Y上映会に静かな人気関心(文化面)」「「これまで若者の邪魔」との(社会)」「(春秋)」「欲言や切らぬやが、まっええ方じやよ。(東京物語)」

フレア・コロナ質量放出のモデル (2次元電磁流体シミュレーション)

(Shiota et al. 2005)

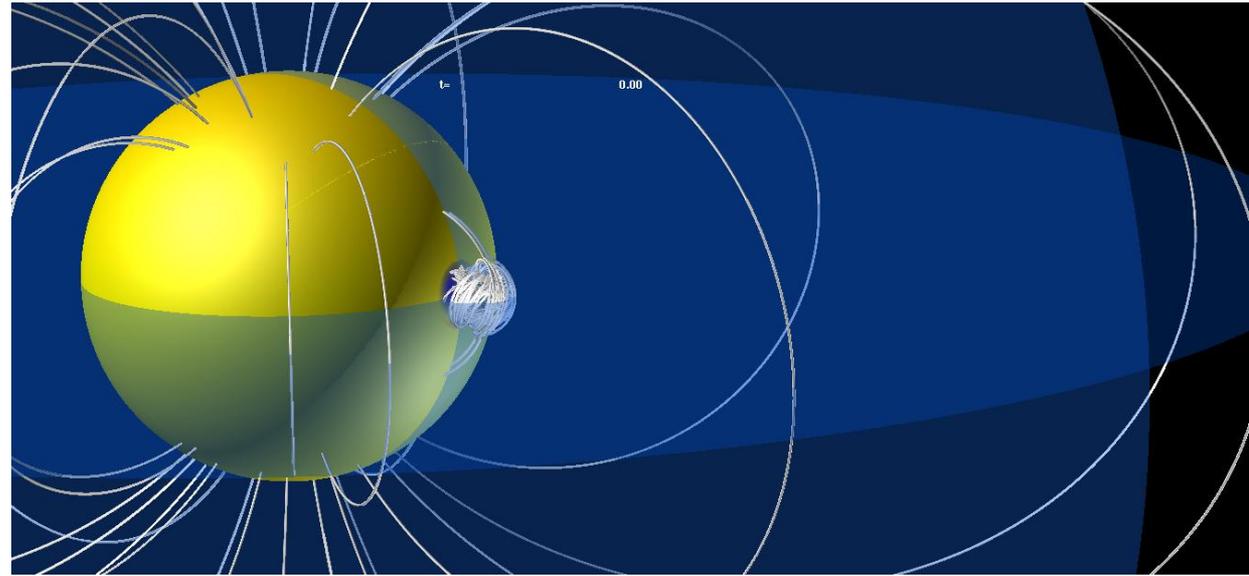
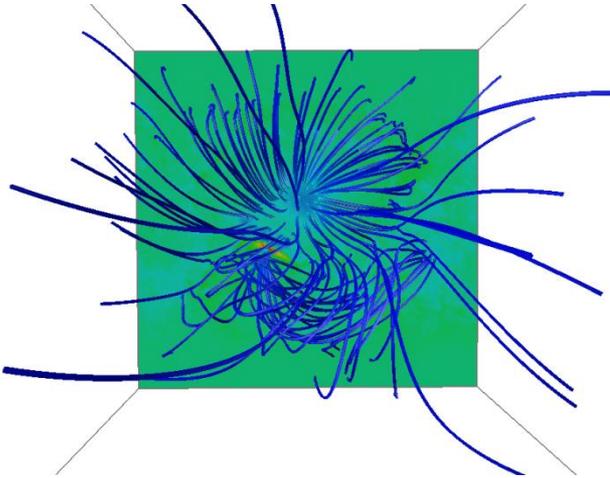


数値宇宙天気予報へ向けて

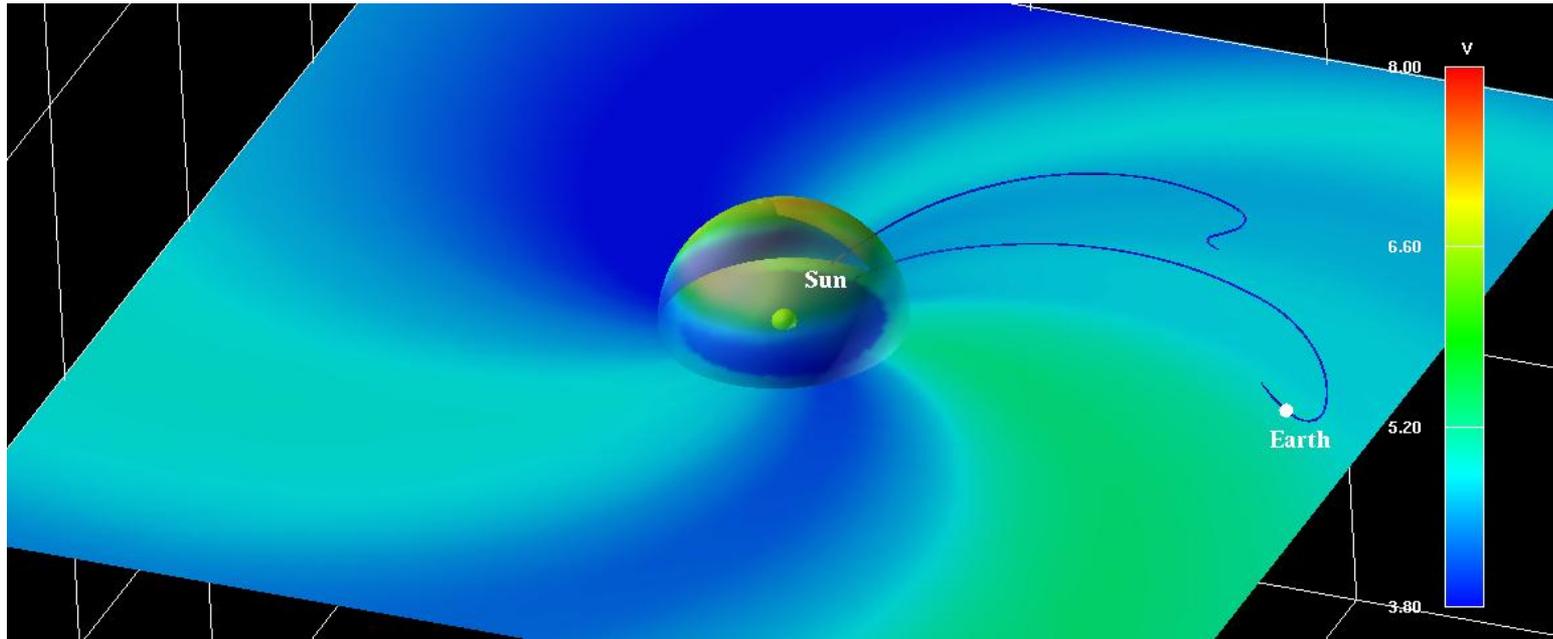
(太陽-地球間現象の数値シミュレーション) 草野、塩田、片岡、柴田ら

太陽コロナ質量放出

太陽フレア



太陽風から地球へ



数値宇宙天気予報へ向けて (太陽一地球間現象の数値シミュレーション)

GROTH ET AL.: MHD SIMULATION OF A SPACE WEATHER EVENT

25,063

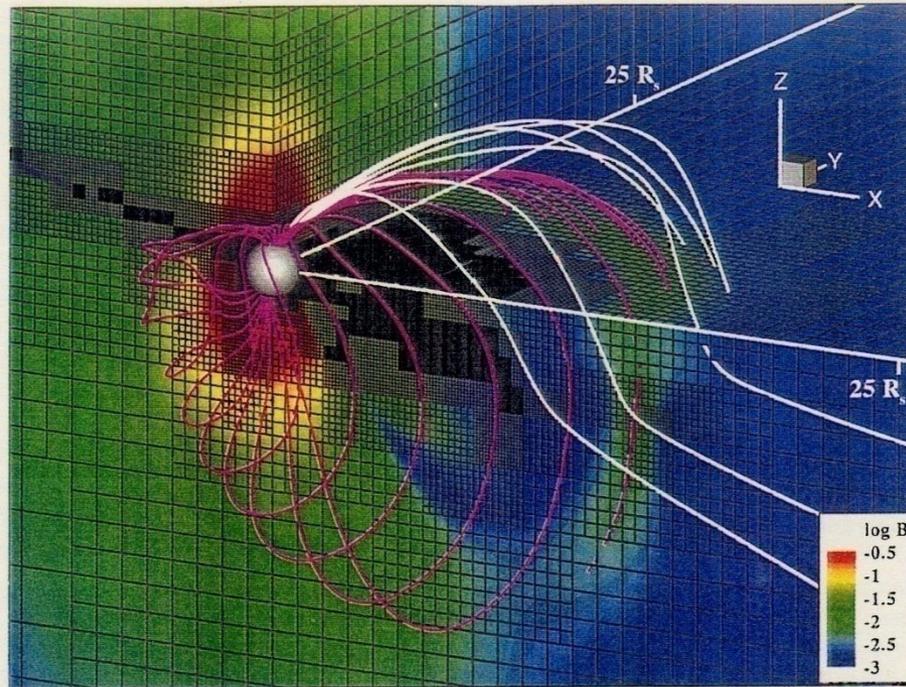
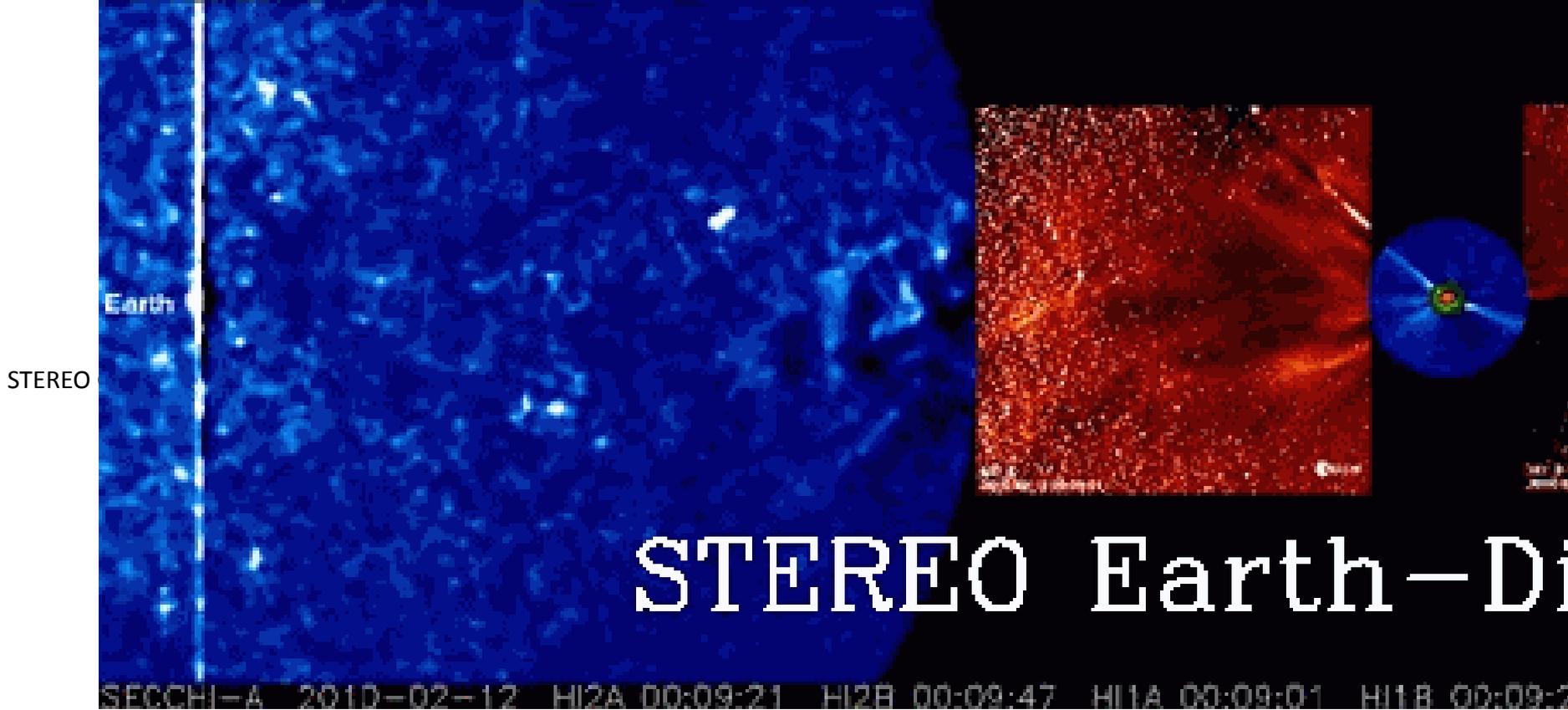
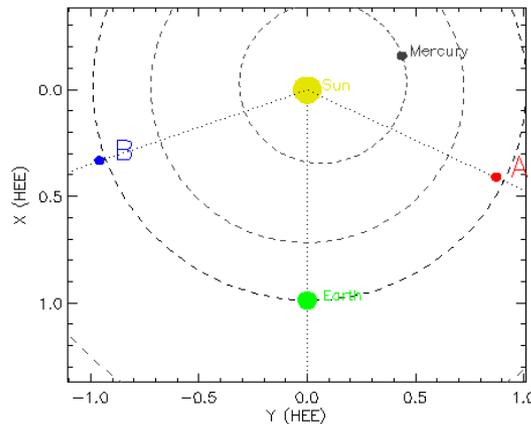


Plate 7. Three-dimensional configuration of magnetic field lines 9 hours after the initiation of the CME. The color shading represents $\log(B)$ in the (x, z) and (x, y) planes. The black lines are the computational mesh, white lines are open magnetic field lines, and magenta lines represent magnetic field lines with both ends connected to the Sun.



- Simultaneous observations from two different vantage points
- STEREO-A(head) STEREO-B(behind)

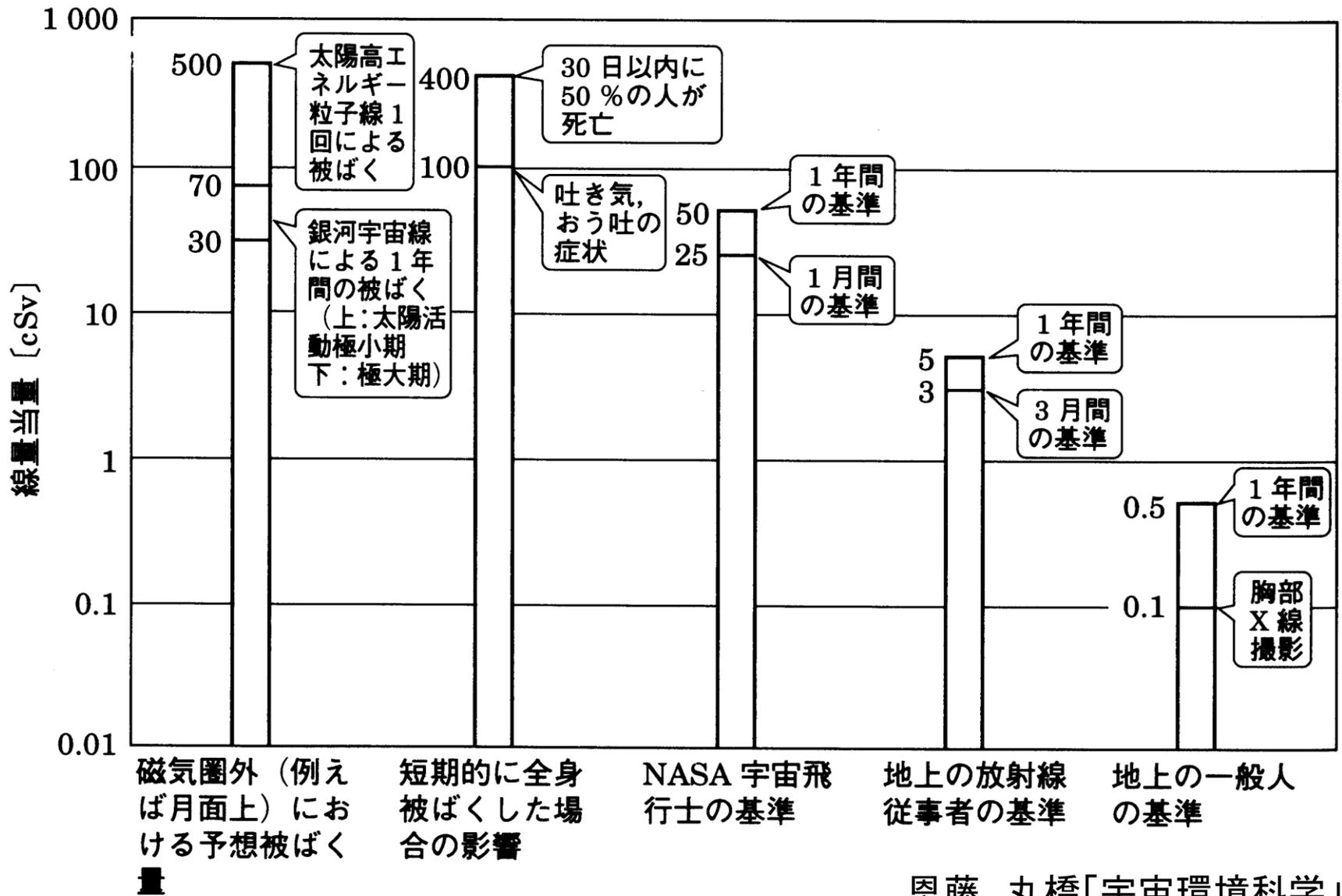


- Seamless observations from Sun to Earth and beyond
- SECCHI instrument suite: EUVI, COR1, COR2, HI1, HI2

Howard et al., 2008

ちよつと こわい話

太陽放射線による被爆の危険性



巨大フレアの発生頻度

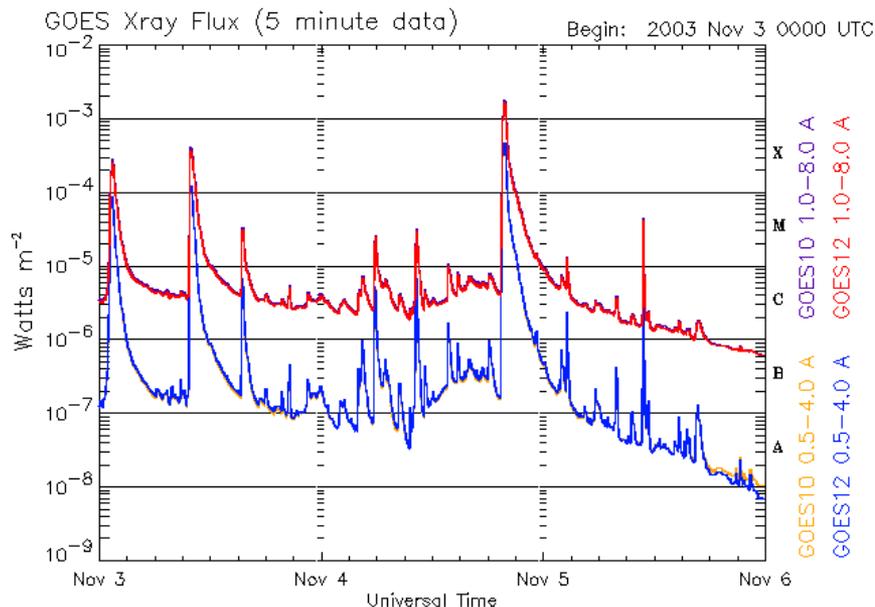
(GOES クラス分類: X線強度で分類)

- 年 X M C
- -----
- 1989 59 620 1929
- 1990 16 273 2262
- 1991 54 590 2653
- 1992 10 202 1922
- 1993 0 74 1142
- 1994 0 25 336
- 1995 0 11 148
- 1996 1 4 81
- 1997 3 21 286
- 1998 14 94 1188
- 1999 4 170 1854
- 2000 17 215 2223
- 2001 21 310 2101

Cクラスフレアは1年に1000回
Mクラスフレアは1年に100回
Xクラスフレアは1年に10回
X10クラスフレアは1年に1回
X100クラスフレアは10年に1回

X線強度が10倍になると発生頻度が10分の1になる

X100000クラスフレアは1万年に1回?

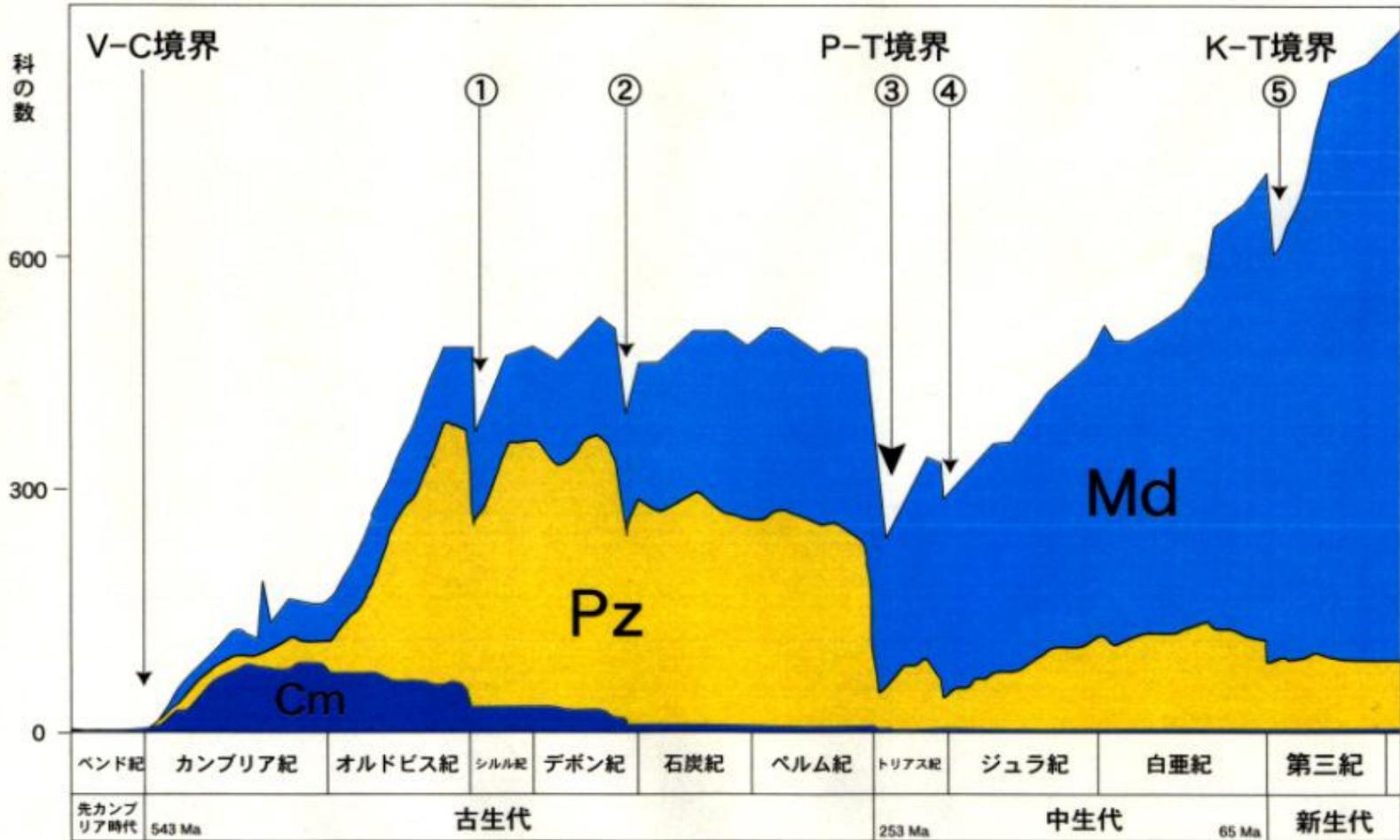


太陽と生命、人間

- 過去に超巨大フレアが起きて生命に影響を与えた
かもしれない
 恐竜の絶滅原因は超巨大フレアか？

生命の大量絶滅

恐竜絶滅



5億4千万年前

2億5千万年前

6500万年前

Md=現代型、Pz=古生代型、Cm=カンブリア紀型

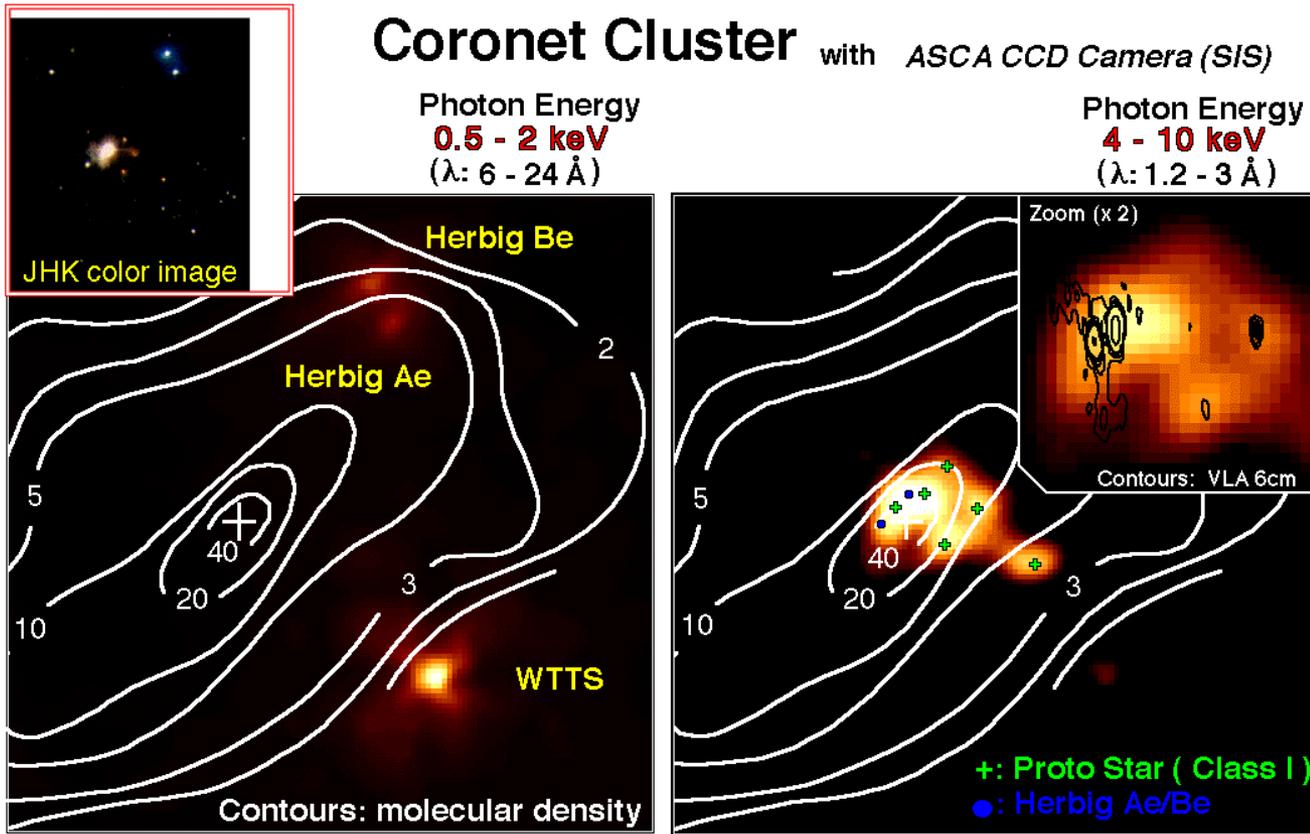
磯崎氏より

太陽と生命、人間

- 過去に超巨大フレアが起きて生命に影響を与えたかもしれない
 恐竜の絶滅原因は超巨大フレアか？
- 生まれたばかりの星は超巨大フレア(太陽フレアの100万倍の強度)を起こしていることが判明

原始星フレア

(X線／あすか衛星：小山ら1995)



温度～
1億度

太陽フレアの
エネルギーの
1万倍以上

太陽と生命、人間

- 過去に超巨大フレアが起きて生命に影響を与えたかもしれない
 恐竜の絶滅原因は超巨大フレアか？
- 生まれたばかりの星は超巨大フレア(太陽フレアの100万倍の強度)を起こしていることが判明
- 地球上の生命は太陽活動の嵐をいかに生き延びてきたのか？

太陽と生命、人間

- 過去に超巨大フレアが起きて生命に影響を与えたかもしれない
 恐竜の絶滅原因は超巨大フレアか？
- 生まれたばかりの星は超巨大フレア(太陽フレアの100万倍の強度)を起こしていることが判明
- 地球上の生命は太陽活動の嵐をいかに生き延びてきたのか？
- 今後、人類は太陽放射線の荒れ狂う宇宙空間に進出することができるのか？ 人類は今後も生き延びることができるのか？

宇宙天気研究から宇宙生物学・宇宙生存学へ

10. 今後:

宇宙天気研究から
宇宙生物学、宇宙生存学へ。

生物学者と共同研究へ。

むすび

- 近年の太陽観測とコンピュータシミュレーションの発展により、太陽フレアのエネルギー解放は**磁気リコネクション**によるという説が、ほぼ確立した。原始星フレアも、磁気リコネクション説が有力。ただし、リコネクションの物理は未解決。
- 宇宙ジェット現象は、太陽面爆発現象と類似の**電磁流体力学的**機構によって発生しているという説が、活発に議論されるようになってきた。ただし、まだ解決にはほど遠い。
- 観測が発展するにつれ、宇宙は爆発現象に満ちていることが明らかになってきた。例えば、**ガンマ線バースト**。
- **宇宙天気予報研究から宇宙生物学・宇宙生存学へ**

太陽研究を出発点にして、天体爆発現象や宇宙生命の謎を一緒に研究しましょう！