

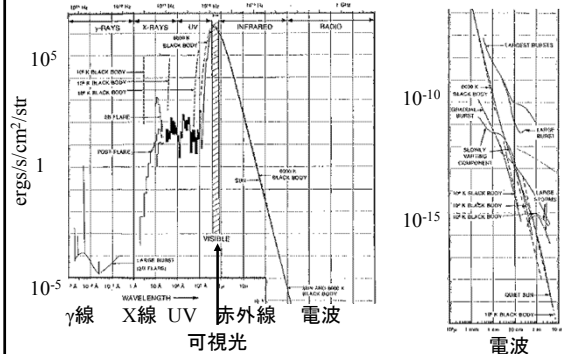
太陽フレアにおける粒子加速

名古屋大学太陽地球環境研究所総合解析部門
 名古屋大学大学院理学系研究科素粒子宇宙物理学専攻SS&研

准教授 増田 智

1. 硬X線放射と観測装置
2. 太陽フレアの硬X線観測
3. 太陽フレアにおける粒子加速問題

太陽からの電磁波放射



増田智 経歴

1985 - 1989 京大理学部 (宇宙物理学)
 花山天文台 (飛騨天文台)
 黒点磁場強度の測定

1989 - 1994 東大大学院理学系研究科天文学専攻
 国立天文台三鷹、野辺山、宇宙研(相模原)
 太陽フレア (ひのとり衛星、ようこう衛星)

学位論文

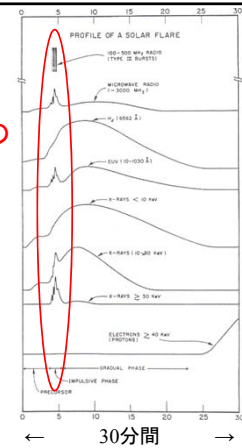
Hard X-ray Sources and the Primary Energy-Release Site of Solar Flares

1994 - 2002 名古屋大学太陽地球環境研究所 助手

2002 - 現在 名古屋大学太陽地球環境研究所 准教授

フレアの性質

- さまざまな波長の電磁波で増光
- 継続時間
数分から数時間
- 温度
1千万度以上
- エネルギー
 10^{27} - 10^{33} ergs

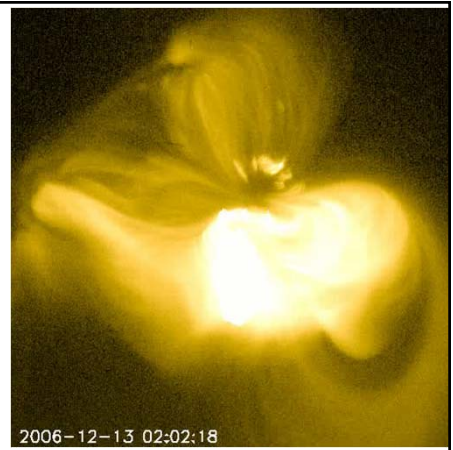


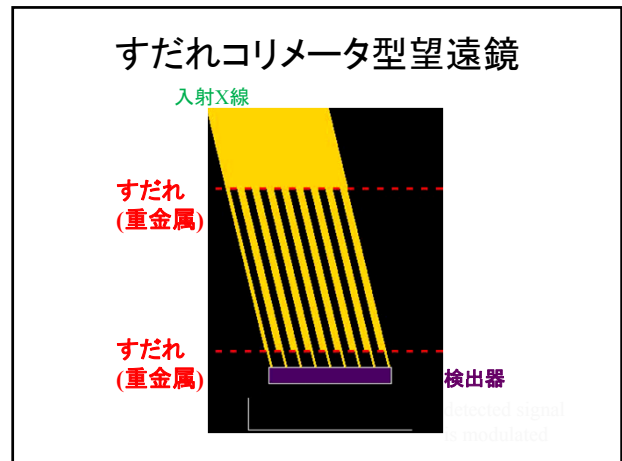
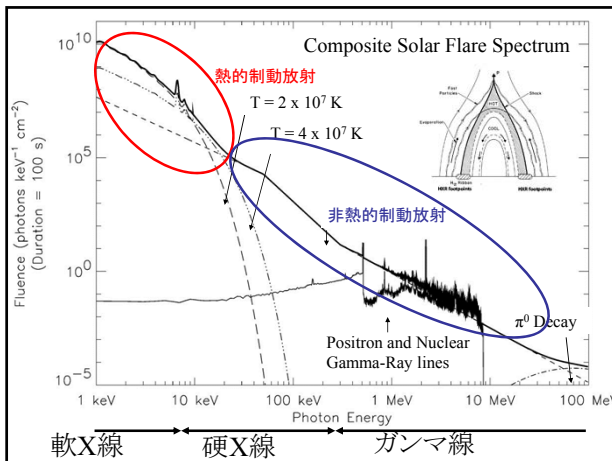
電波
 水素輝線
 紫外線
 X線
 電子

1. 硬X線放射と観測装置

Hinodeによる
 フレアの
 X線観測

フレアの急激な増光に伴い、観測の露出時間が短くなり、フレア以前に見えていた明るいコロナが見えなくなる。





制動放射 Bremsstrahlung emission

フレアで加速された電子は周囲のプラズマ(イオン)と衝突

Accelerated Electron Proton

X-ray Photon

加速電子と周囲のイオン・陽子の衝突 → 硬X線放射
加速電子と周囲の電子の衝突 → エネルギーロス、熱化

0	0	1	3	0	0
0	1	2	5	2	1
0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	0
0	5	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

太陽フレアで粒子加速現象を観測するには、

硬X線(エネルギーの高いX線)、ガンマ線を用いる。

どのようにして観測するか？

硬X線は、

- 鏡を使って集光することはできない
- 透過性が高いため
- 直進性が高い

→ すだれコリメータ型望遠鏡

High-Resolution Spectroscopic Imaging of Solar Flares in X Rays and Gamma Rays

RHESSI

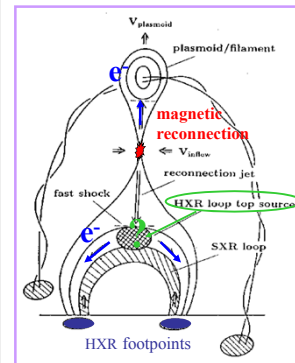
THE REUVEN RAMATY HIGH ENERGY SOLAR SPECTROSCOPIC IMAGER

To explore the basic physics of particle acceleration and explosive energy release in solar flares

Reuven Ramaty 1937 - 2001

2. 太陽フレアの硬X線観測

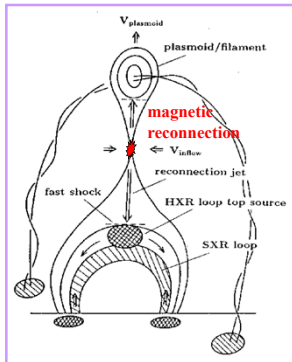
太陽フレアモデル



- 1) 磁気再結合によるエネルギー解放
- 2) 粒子加速 (機構は不明)
- 3) 加速された粒子がループ足元に降り込み、硬X線を放射。ループ上空の硬X線源の生成機構は不明

from Shibata

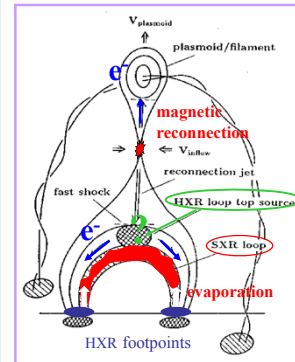
太陽フレアモデル



- 1) 磁気再結合によるエネルギー解放

From Shibata

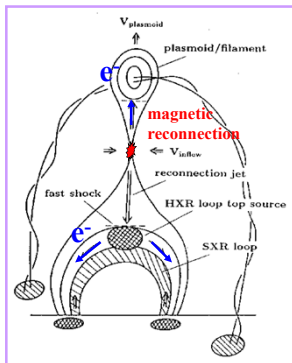
太陽フレアモデル



- 1) 磁気再結合によるエネルギー解放
- 2) 粒子加速 (機構は不明)
- 3) 加速された粒子がループ足元に降り込み、硬X線を放射。ループ上空の硬X線源の生成機構は不明
- 4) ループ足元での彩層加熱。彩層蒸発により、高温高密度のフレアループの形成

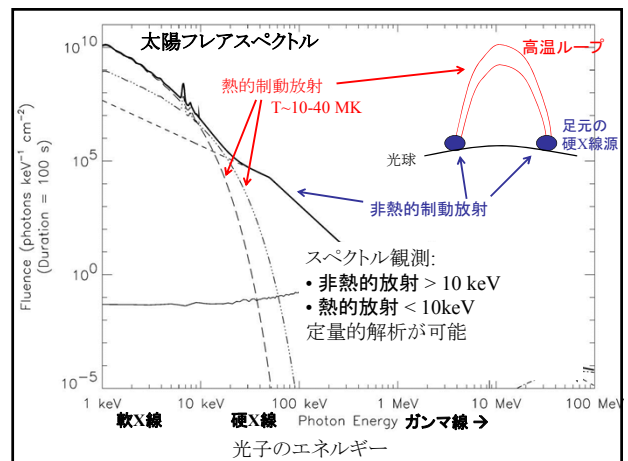
from Shibata

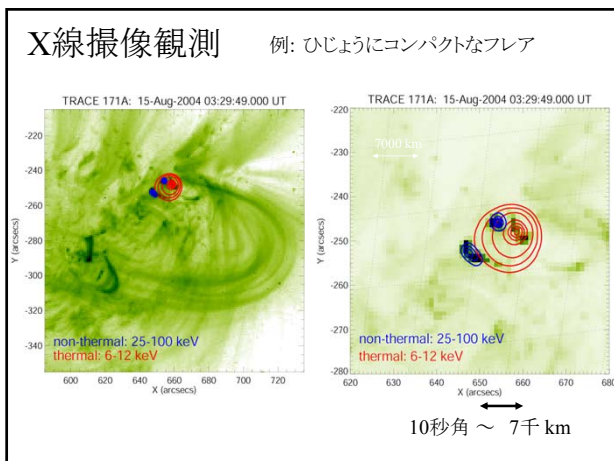
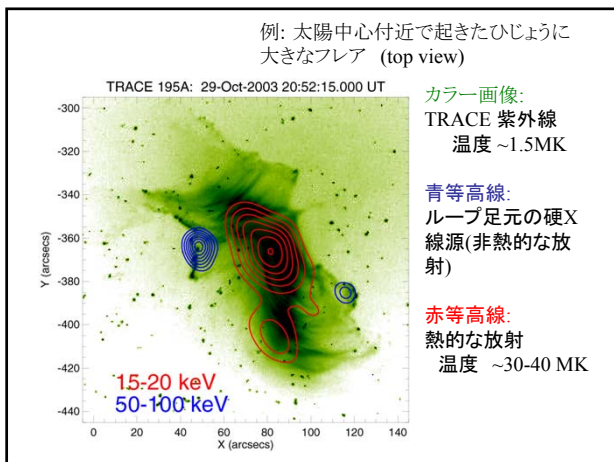
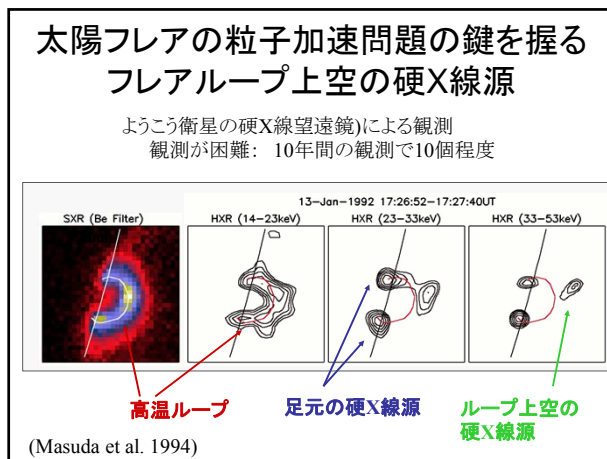
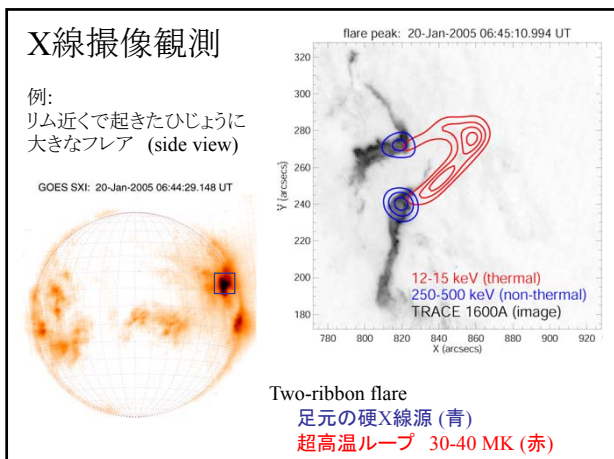
太陽フレアモデル



- 1) 磁気再結合によるエネルギー解放
- 2) 粒子加速 (機構は不明)

from Shibata





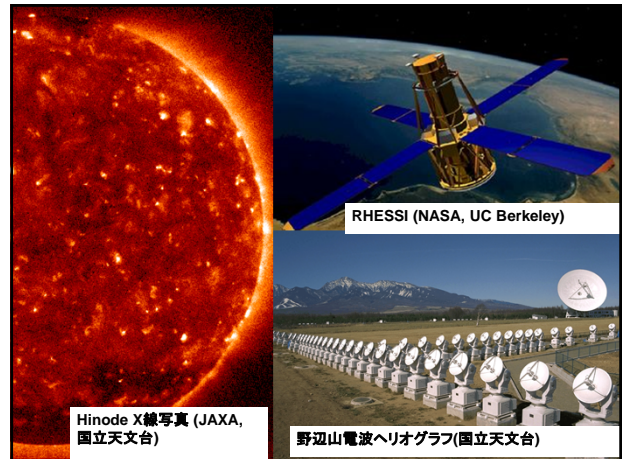
3. 太陽フレアにおける 粒子加速問題

粒子加速は、宇宙のいたるところで見られる現象

超新星残骸、パルサー、地球放射線帯、惑星間空間、木星磁気圏、、、

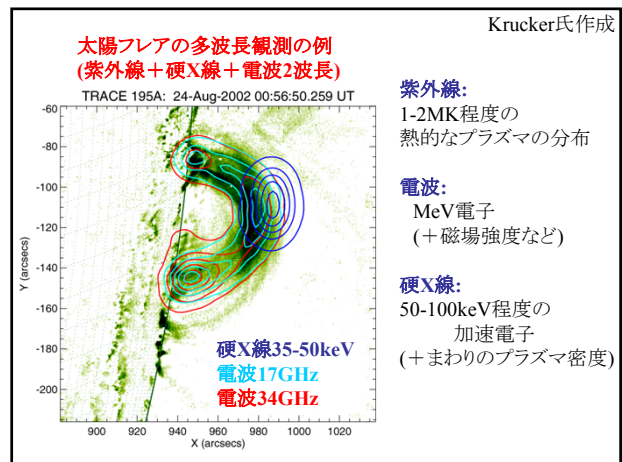
太陽フレアにおける粒子加速に関する研究テーマ

- 多量の電子は、どのように加速されているのか？
- 電子を高いエネルギー(>MeV)に加速する機構は？
- 電子とイオンで加速場所や加速機構は違うのか？
- 磁気リコネクションと粒子加速の関係は？
- 小さなフレアでも粒子加速が起きている？



太陽における粒子加速研究の難しさ

- 加速粒子そのものの観測データが無い。**
→ すべての情報はリモートセンシングで得ることになる。
- 電磁波観測から粒子の情報に戻す際にモデルが必要。**
→ モデルの精度の問題
→ 「放射無し = 粒子無し」ではない
→ 磁力線に対する運動方向の情報を得ることは困難
- 粒子の運動する場の情報も直接観測無し。**
→ コロナ磁場は光球面磁場から推測
→ プラズマ密度・温度の導出も仮定が必要



太陽フレアにおける粒子加速研究の有利な点

- 現象の起きているシステムの**全体像**を把握できる
- 空間スケールやトポロジー
 - 時間変動と空間変動を同時に観測可能
 - エネルギー収支の考察が可能 (熱/加速粒子/運動エネルギー)

ただし、全体像を把握するには、さまざまな波長での観測が必要。

→ **多波長観測 (電波、可視光、紫外線、軟X線、硬X線、 γ 線)**

逆に、太陽フレアのモデルには、すべての波長での観測結果を同時に説明可能であることが要求される。

