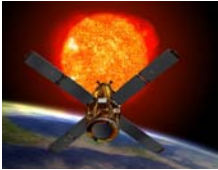


太陽フレアにおける粒子加速

名古屋大宇宙地球環境研究所総合解析研究部
名古屋大学大学院理学研究科素粒子宇宙物理学専攻SSi研

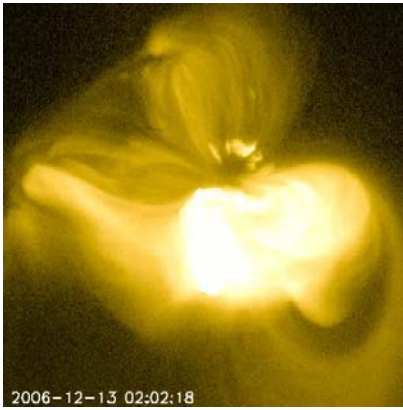
准教授 増田 智




RHESHI衛星 (NASA)
野辺山電波ヘリオグラフ (名古屋大)

Hinodeによる
フレアの
X線観測

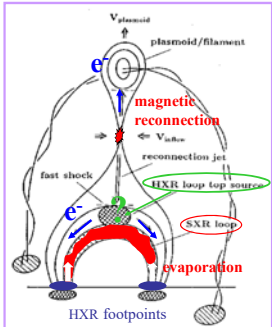
フレアの急激な増光に伴い、観測の露出時間が短くなり、フレア以前に見えていた明るいコロナが見えなくなる。



2006-12-13 02:02:18

1.太陽フレア中に加速電子された高エネルギー電子の観測

太陽フレアモデル

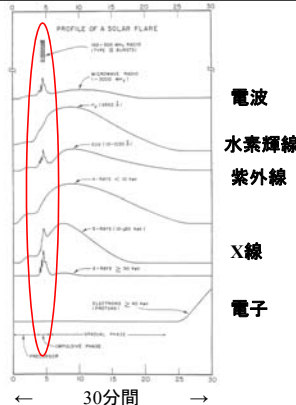


- 1) 磁気再結合によるエネルギー解放
- 2) 粒子加速 (機構は不明)
- 3) 加速された粒子がループ足元に降り込み、硬X線を放射。ループ上空の硬X線源の生成機構は不明
- 4) ループ足元での彩層加熱。彩層蒸発により、高温高密度のフレアループの形成

From Shibata + Krucker

フレアの性質

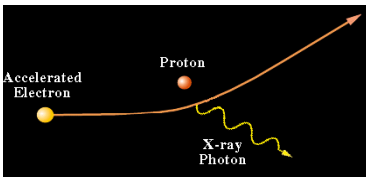
- さまざまな波長の電磁波で増光
- 継続時間
数分から数時間
- 温度
1千万度以上
- エネルギー
 10^{27} - 10^{33} ergs



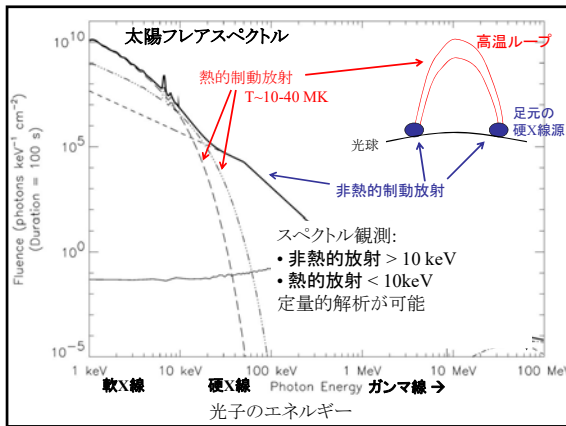
← 30分間 →

制動放射 Bremsstrahlung emission

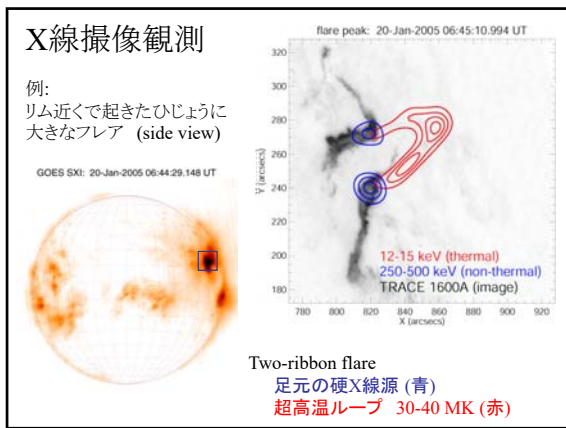
フレアで加速された電子は周囲のプラズマ(イオン)と衝突



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



2. 硬X線望遠鏡



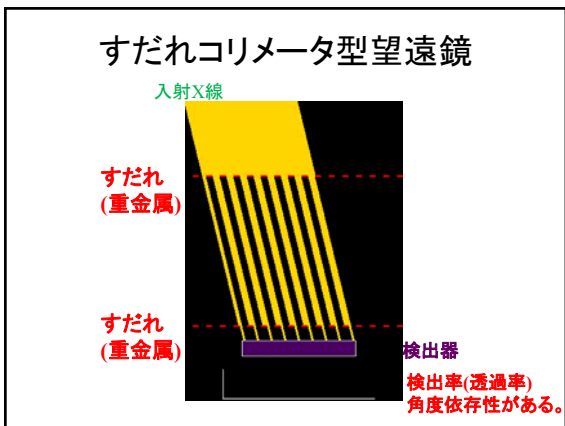
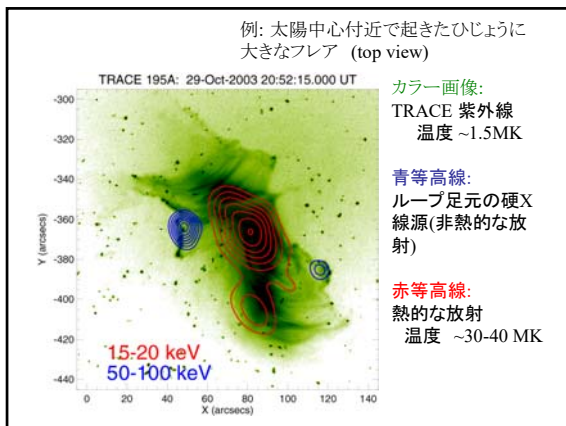
太陽フレアで粒子加速現象を観測するには、
 硬X線(エネルギーの高いX線)、ガンマ線を用いる。

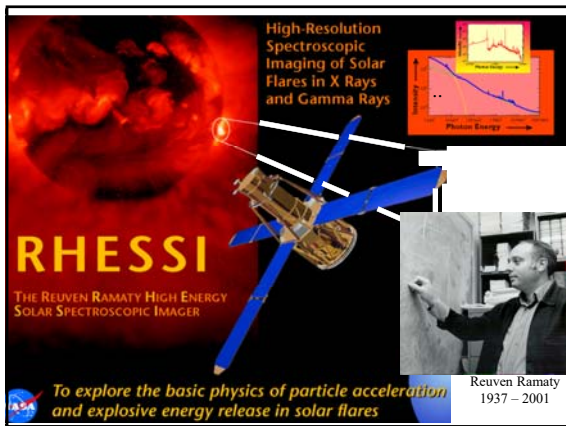
どのようにして観測するか？

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





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

3. 太陽フレアにおける粒子加速問題

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)**

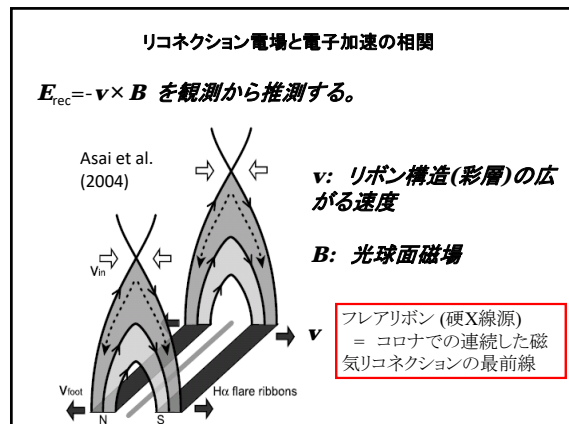
逆に、太陽フレアのモデルには、すべての波長での観測結果を同時に説明可能であることが要求される。

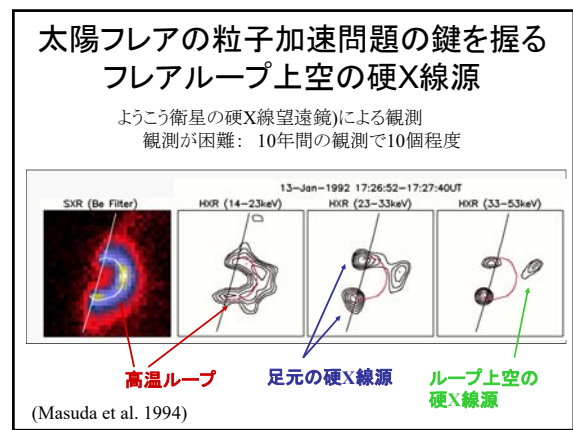
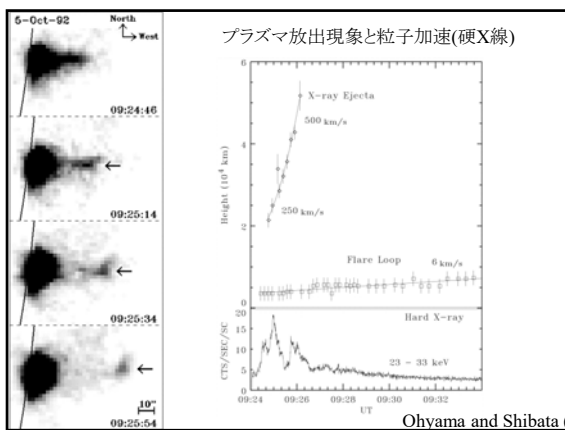
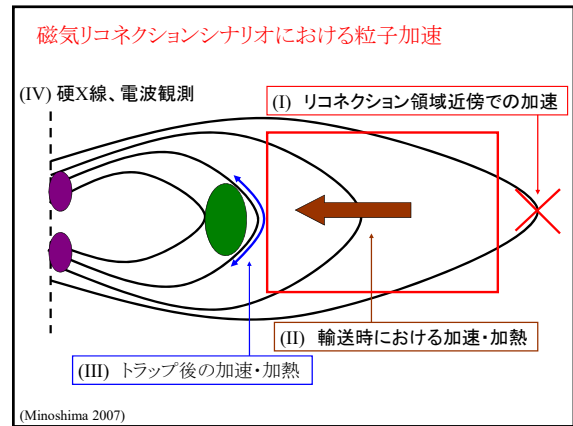
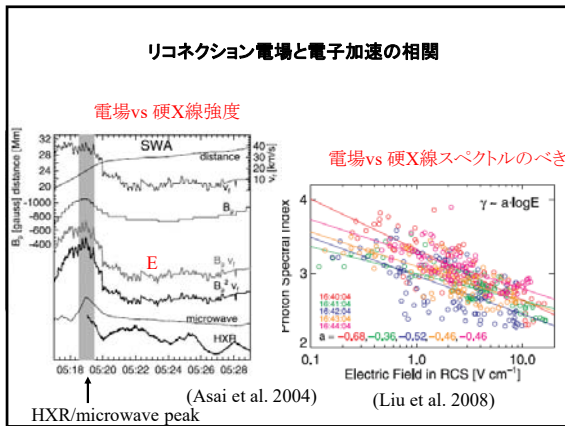
粒子加速は、宇宙のいたるところで見られる現象

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？





高温プラズマの放出速度は、硬X線強度の強い時間帯 = 粒子加速が激しく起きている時間帯 = エネルギー解放(磁気リコネクション)率が大きい時間帯に加速されている。

↓

硬X線強度変化が示す粒子加速は、プラズモイド放出が加速されている時間帯 = エネルギー解放(磁気リコネクション)率が大きい時間帯に効率よく起きている。

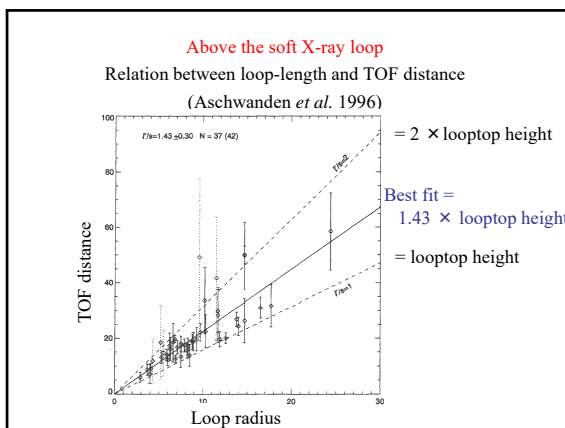
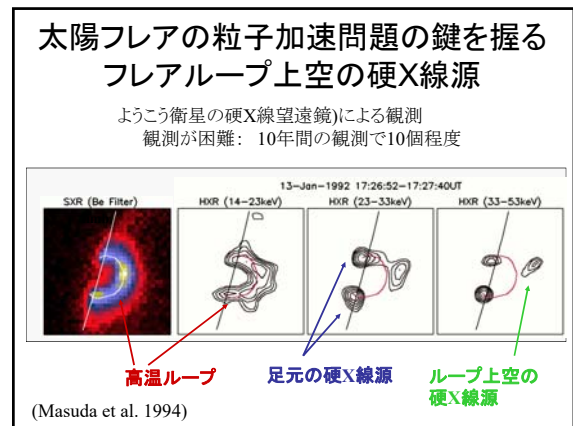
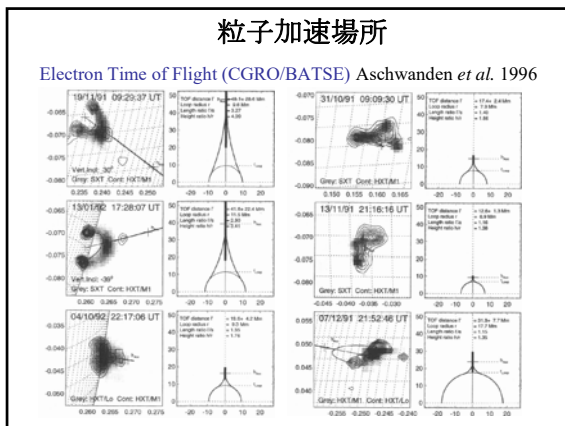
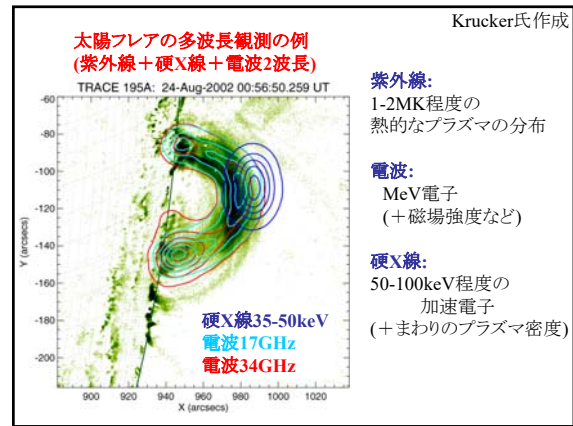
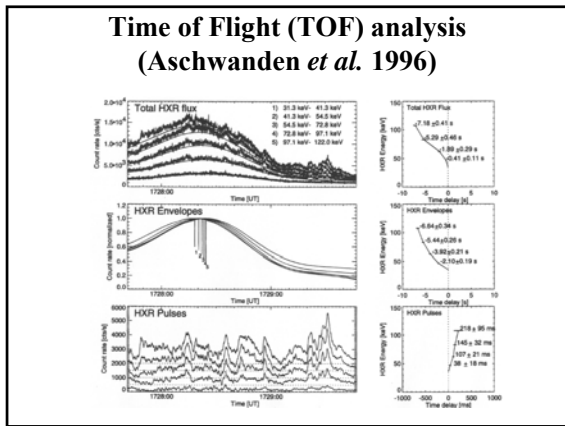
太陽フレアにおいて、粒子加速と磁気リコネクションは深くカップルしている。

フレアループ上空の硬X線源

HXR (33-53keV)

ループ上空の硬X線源

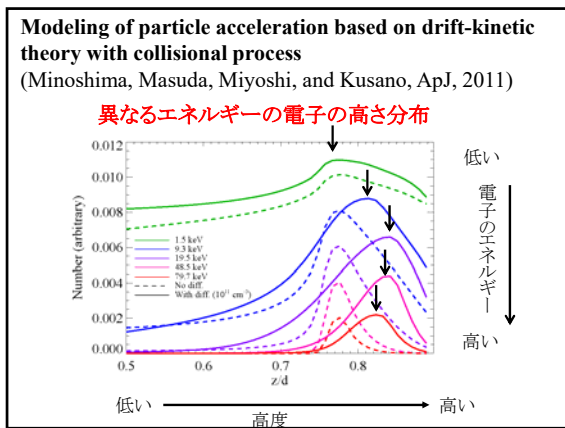
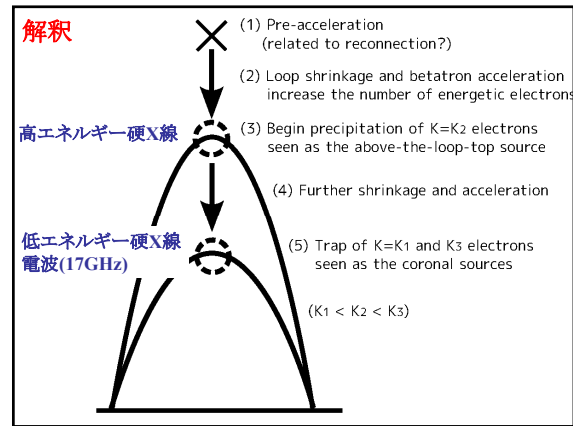
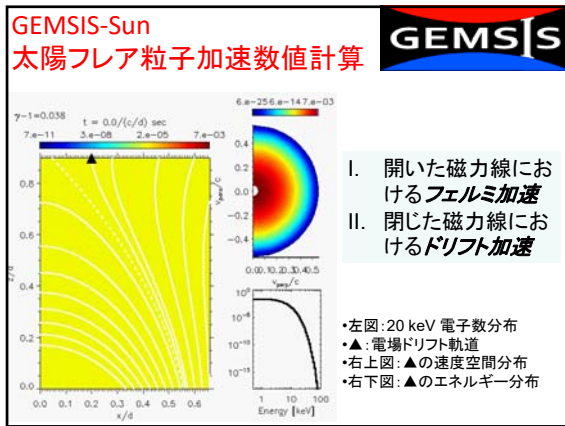
- すべてのフレアがこの硬X線源を持っているのか。(数が少ないのは、観測装置の問題?)
- 放射機構は何?
 - 熱的制動放射?
 - 非熱的制動放射?



観測結果のまとめ

放射	元の電子	高さ
低エネルギー硬X線	~ 50 keV	低高度
高エネルギー硬X線	~100keV	高高度
電波(17GHz)	~1 MeV	低高度

どのような機構がこのような結果を生み出すのか?
→ モデリング/シミュレーション



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？

まだまだ解くべき問題は多く残されています。

太陽フレア研究をやってみませんか？

