

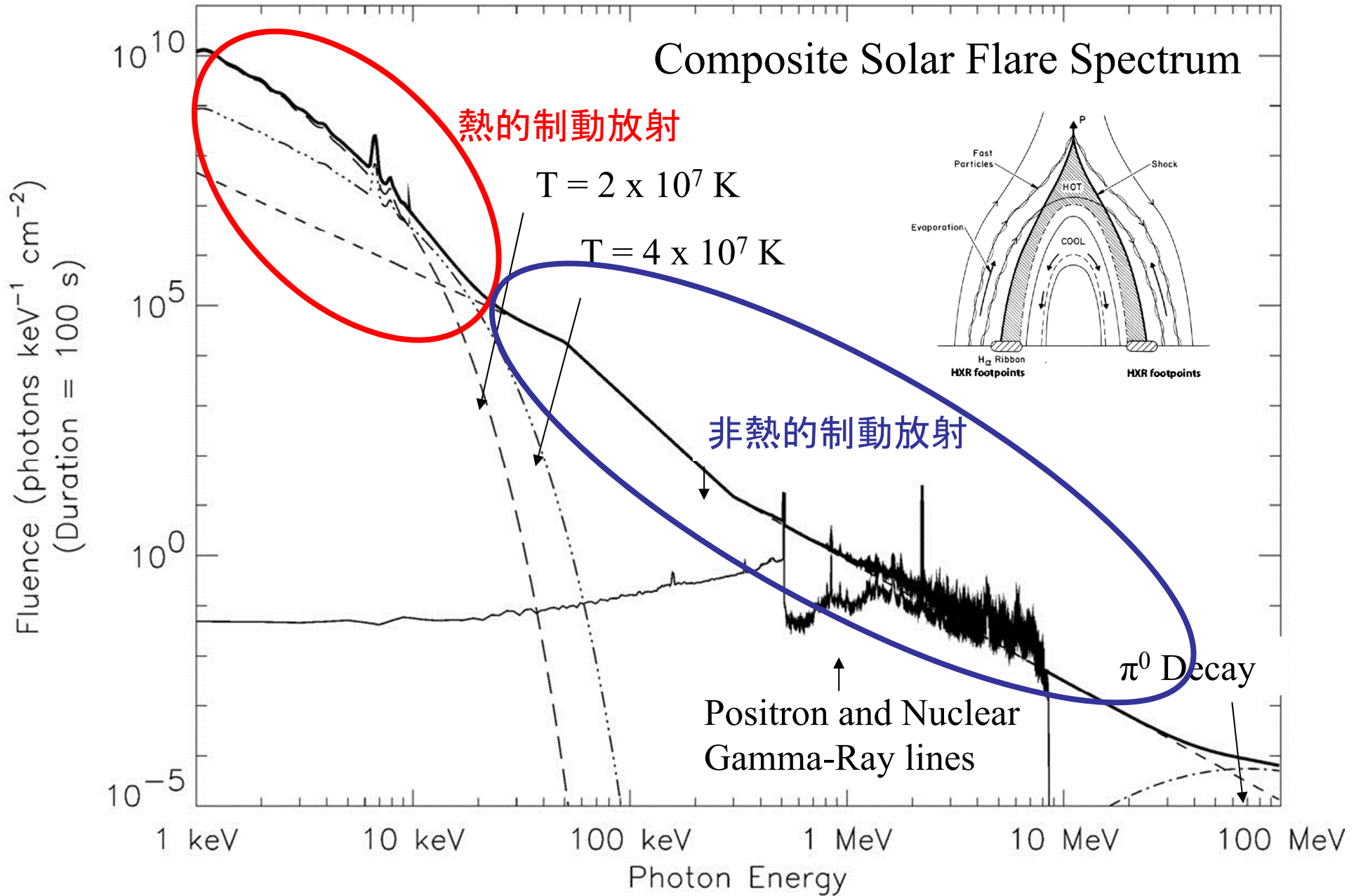
太陽フレア粒子加速に関するコメント

増田智 (名大STE研)

太陽フレアにおける電子加速の特徴

- べき型のスペクトル。
- **0.1秒以下のタイムスケールで加速。**
- **~数十MeV以上のエネルギーまで加速。**
- **大量の電子が加速される。**
- **グローバルな物理量(電場)に相関。**
- ループトップ領域で加速？

Composite Solar Flare Spectrum



軟X線

硬X線

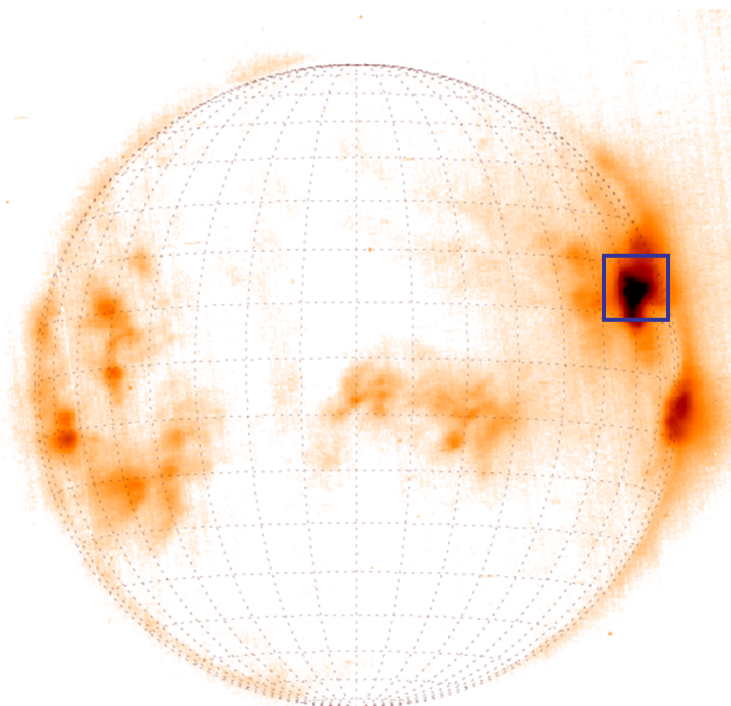
ガンマ線

X線撮像観測

例:

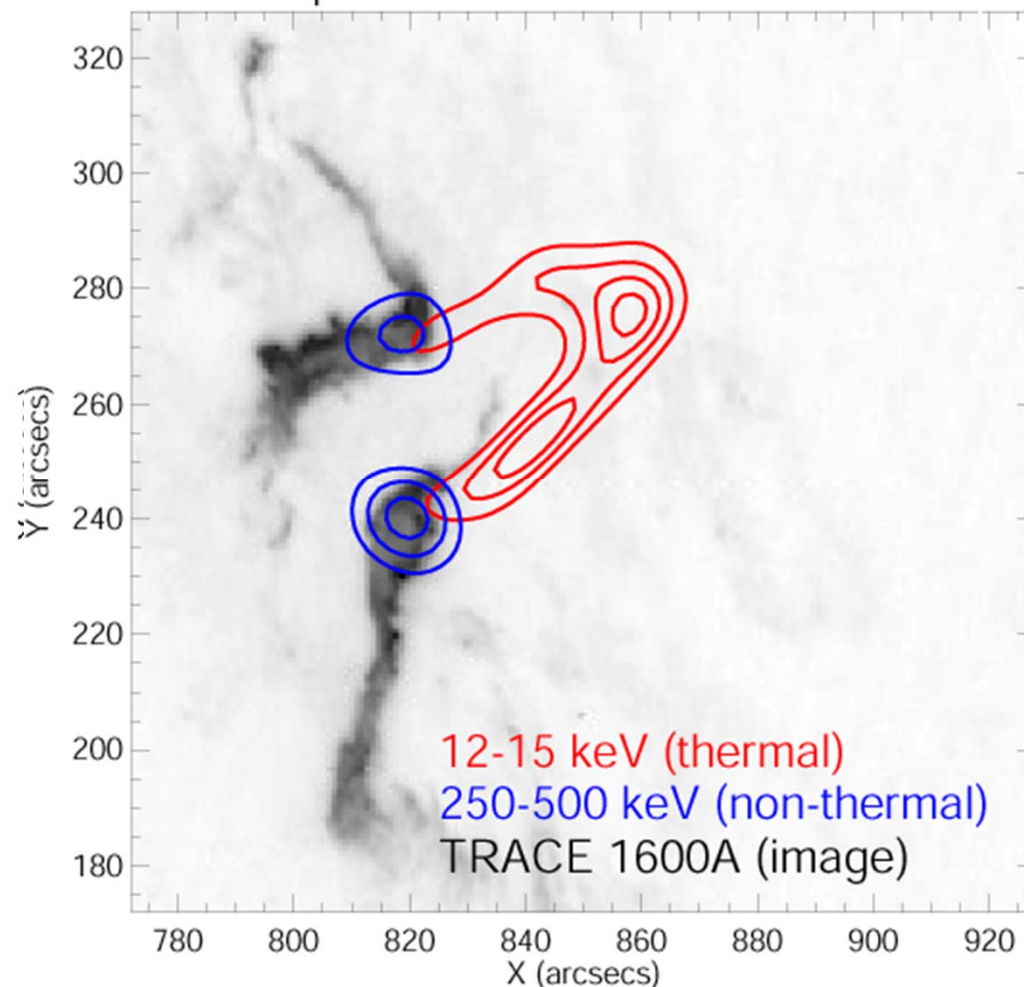
リム近くで起きたひじょうに
大きなフレア (side view)

GOES SXI: 20-Jan-2005 06:44:29.148 UT



Krucker氏提供

flare peak: 20-Jan-2005 06:45:10.994 UT

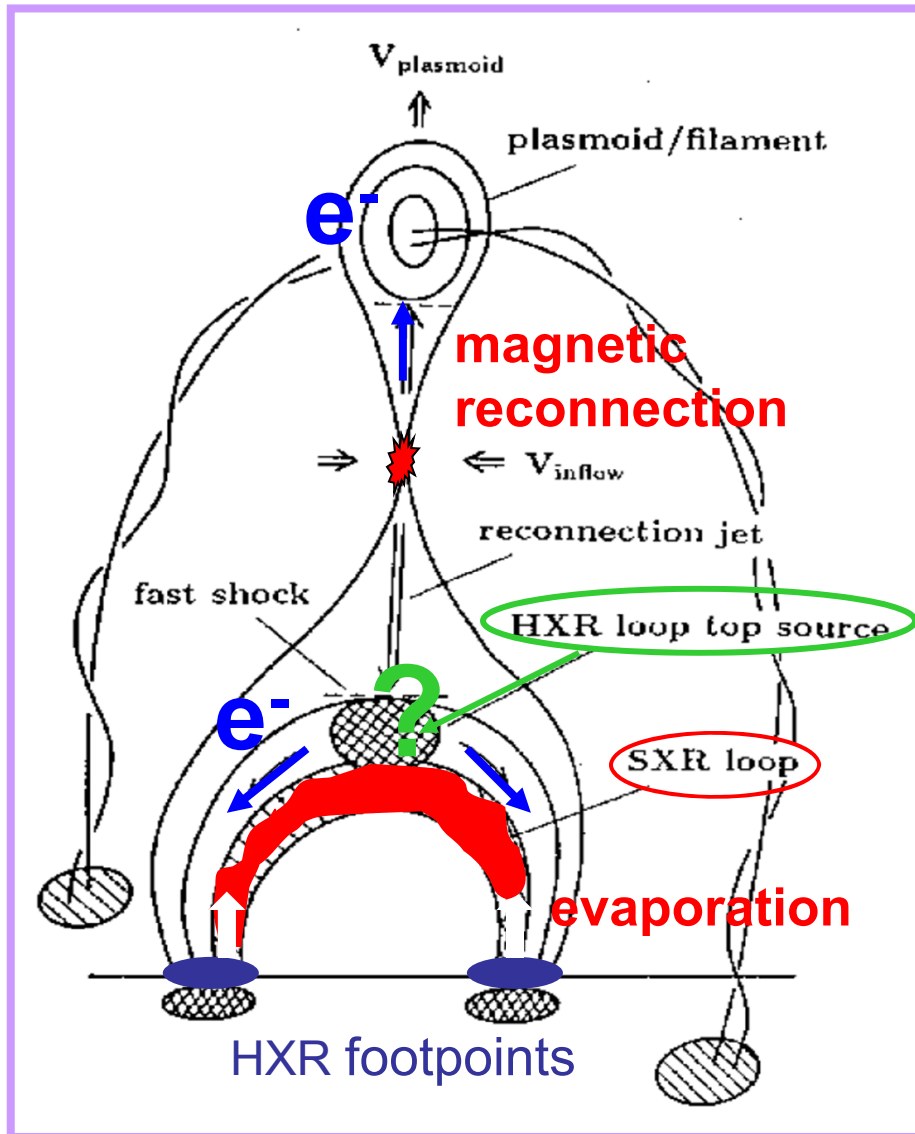


Two-ribbon flare

足元の硬X線源 (青)

超高温ループ 30-40 MK (赤)

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

大量の電子が加速される

フレアのエネルギー

磁場のエネルギー → 熱エネルギー

粒子加速エネルギー → 熱エネルギー
運動エネルギー

Neupart Effect (Neupart 1968)

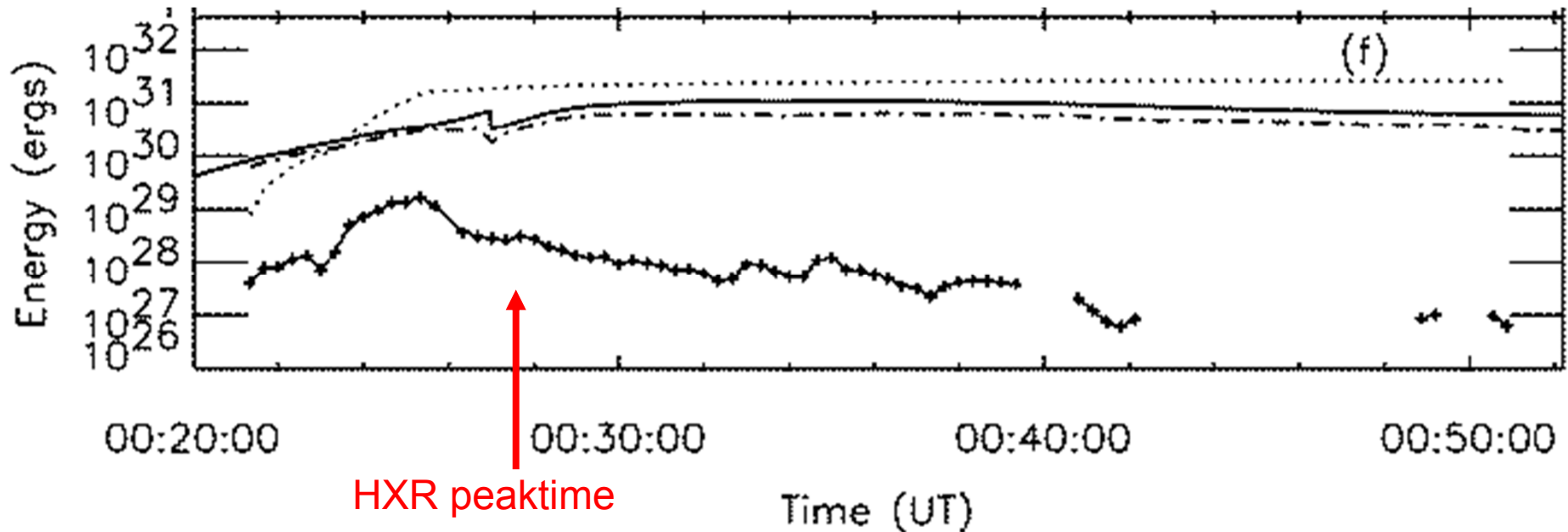
非熱的放射 (硬X線) 強度の時間積分

→ 熱的放射 (軟X線) 強度の時間変化

フレアで解放される磁気エネルギーのうち、無視できない量のエネルギーが粒子加速エネルギーに変換されている。

nonthermal energy vs thermal energy

(Holman *et al.* 2003)



Solid: thermal energy derived from GOES

Dotted: time-integrated nonthermal energy

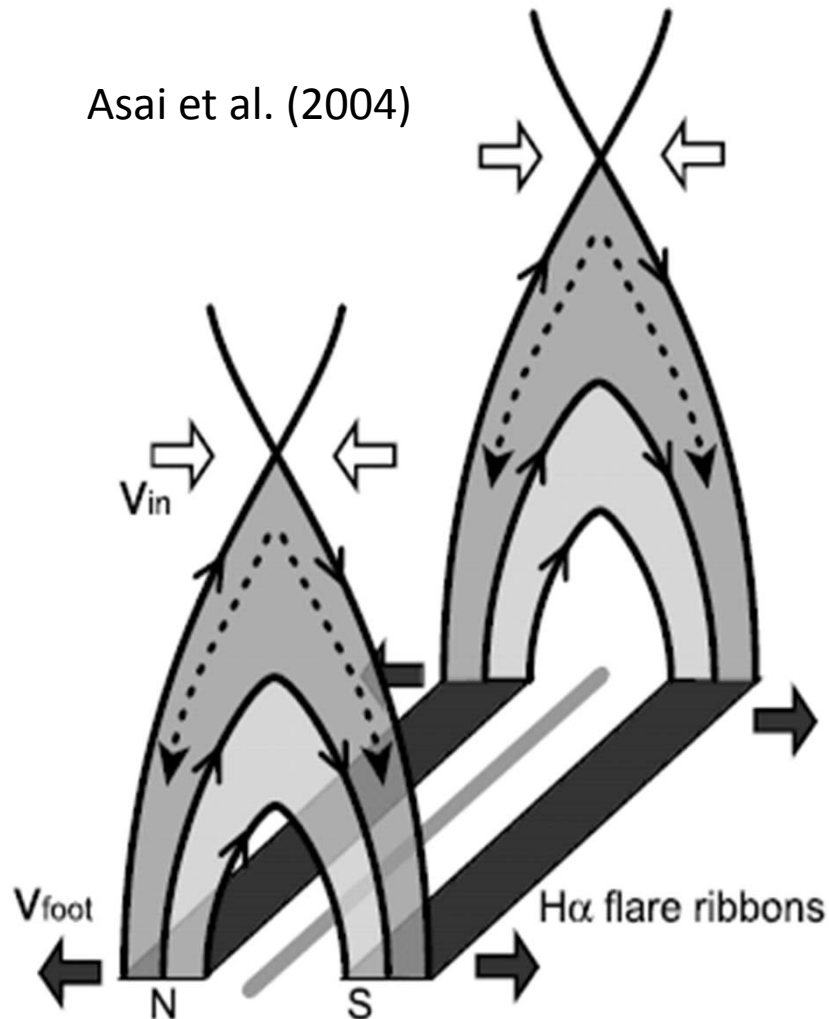
Dot-dashed: thermal energy derived from RHESSI

+: injection rate of nonthermal energy

**most of nonthermal energy input in the rise phase
integrated nonthermal energy \sim thermal energy**

リコネクション電場と電子加速の相関

$E_{\text{rec}} = -\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ を観測から推測する。



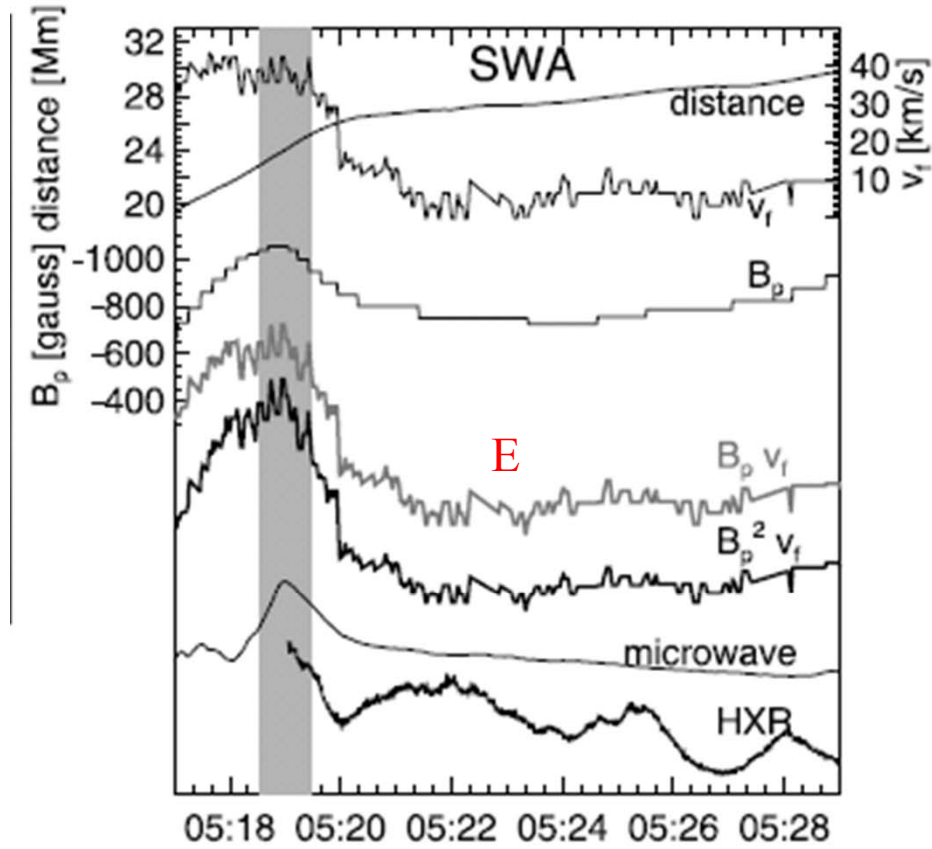
\mathbf{v} : リボン構造(彩層)の広がる速度

\mathbf{B} : 光球面磁場

フレアリボン (硬X線源)
= コロナでの連続した磁気リコネクションの最前線

リコネクション電場と電子加速の相関

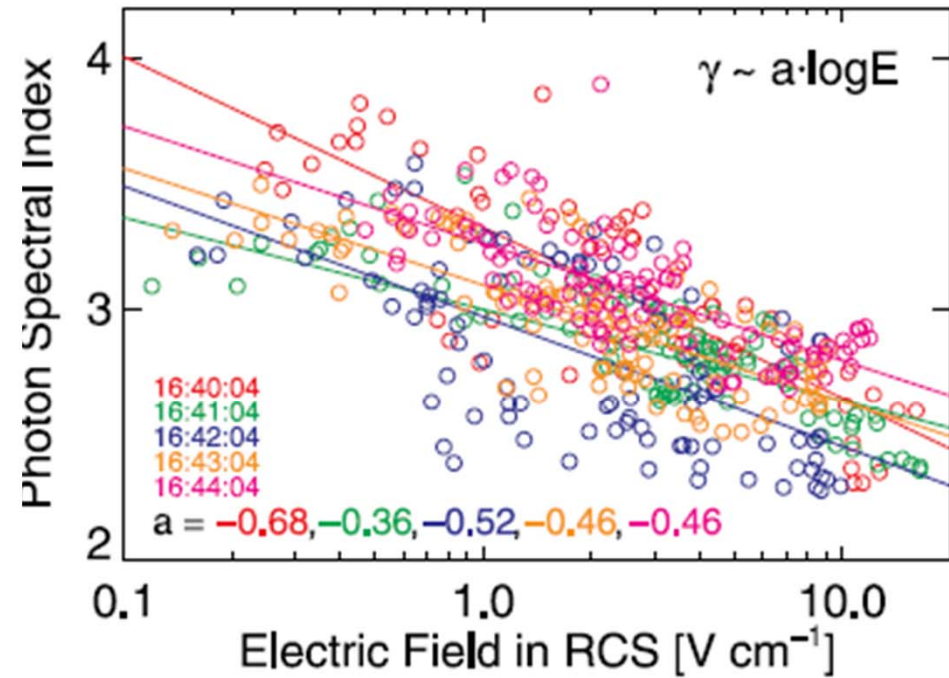
電場vs 硬X線強度



(Asai et al. 2004)

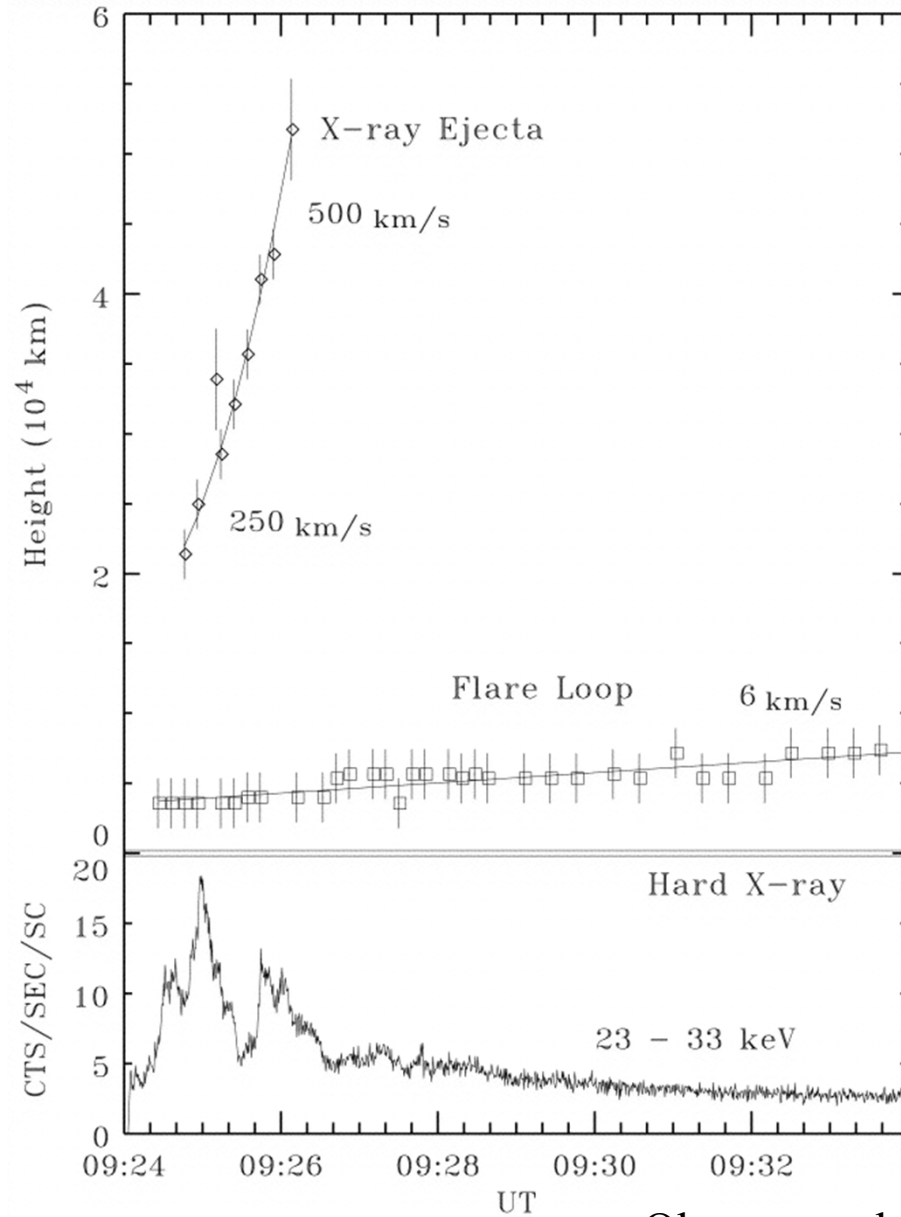
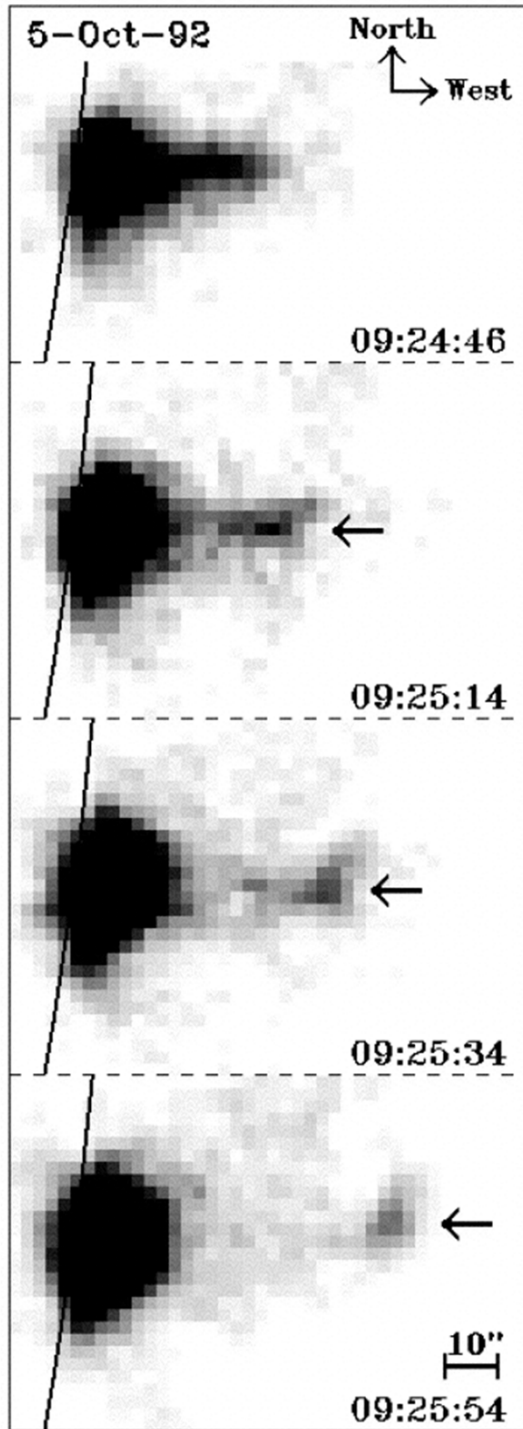
↑
HXR/microwave peak

電場vs 硬X線スペクトルのべき指数



(Liu et al. 2008)

プラズマ放出現象と粒子加速(硬X線)



Ohyama and Shibata (1998)

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。

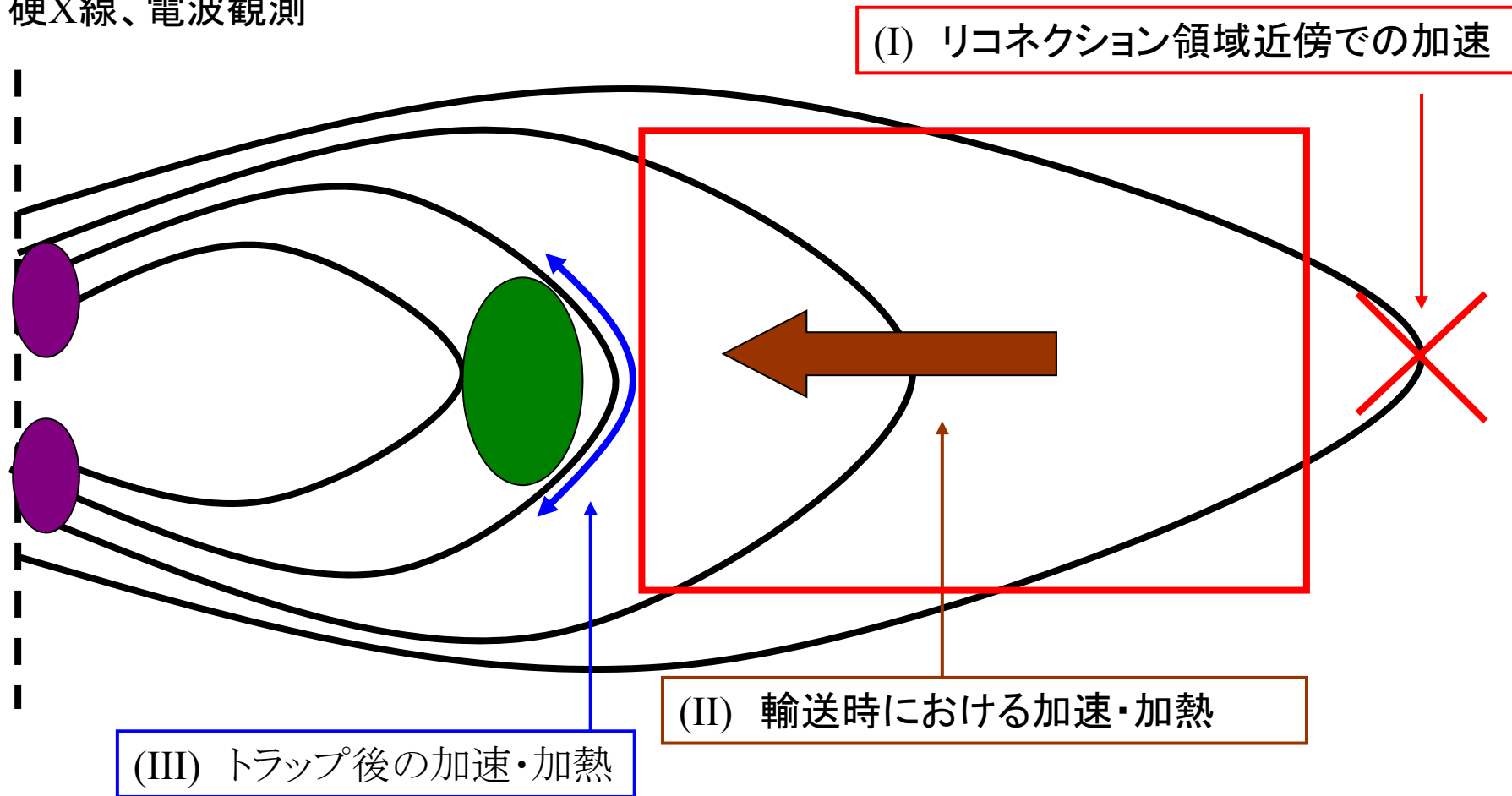


硬X線強度変化が示す粒子加速は、プラズモイド放出が加速されている時間帯 = エネルギー解放(磁気リコネクション)率が大きい時間帯に効率よく起きている。

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。

磁気リコネクションシナリオにおける粒子加速

(IV) 硬X線、電波観測



(Minoshima 2007)