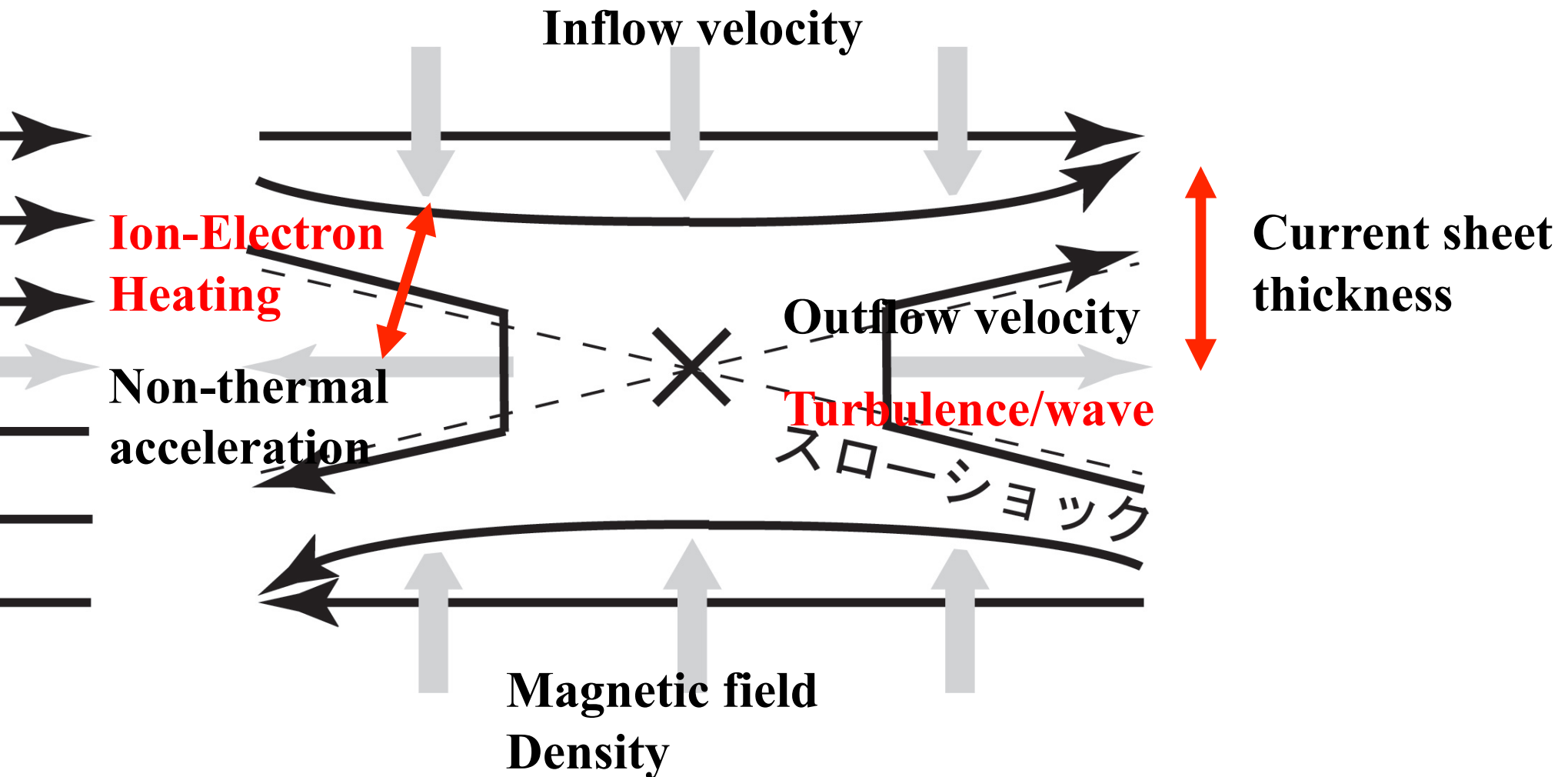


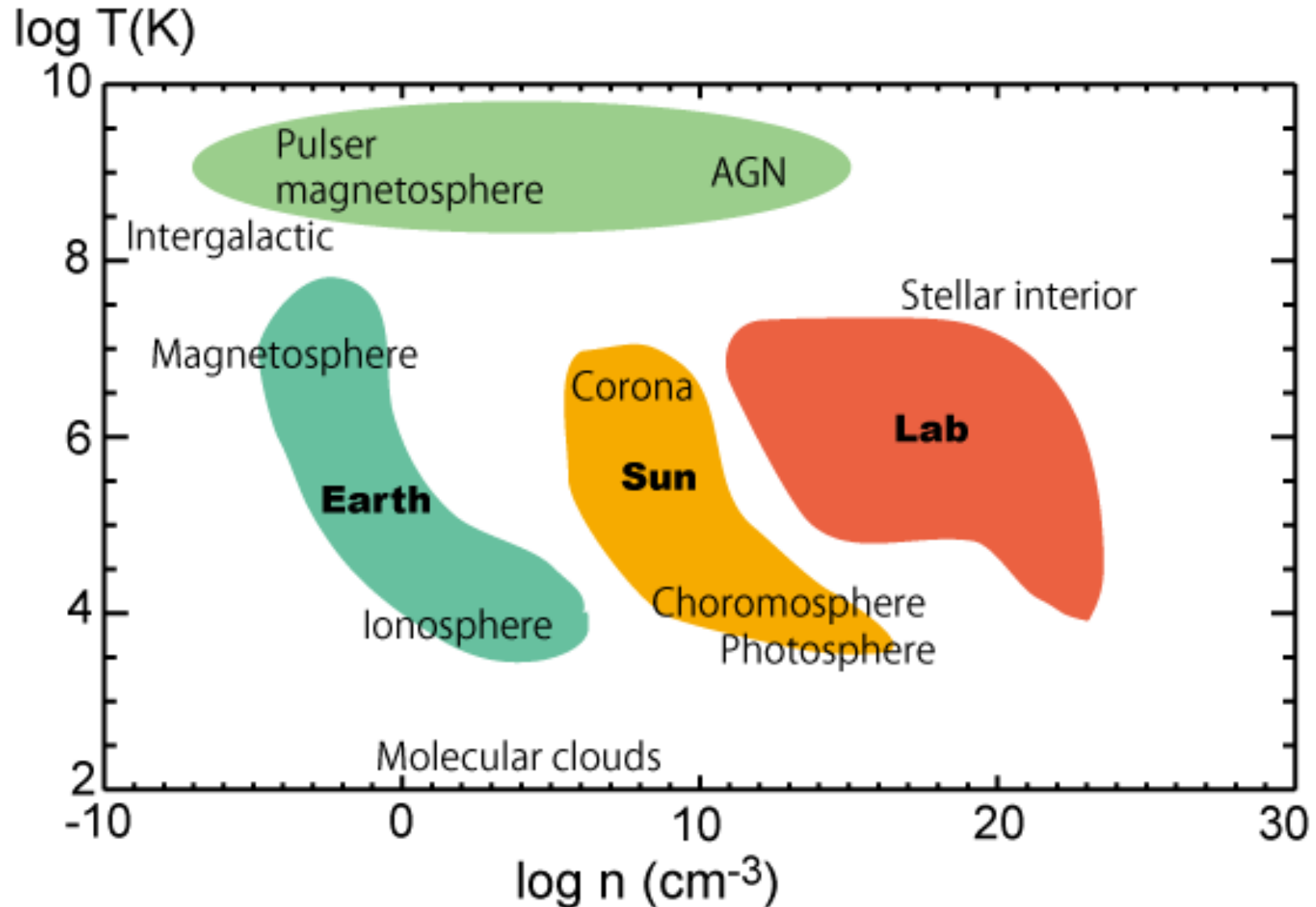
次期太陽観測衛星 (Solar-C) での 磁気リコネクション観測

今田 晋亮
(ISAS/JAXA)

Magnetic Reconnection

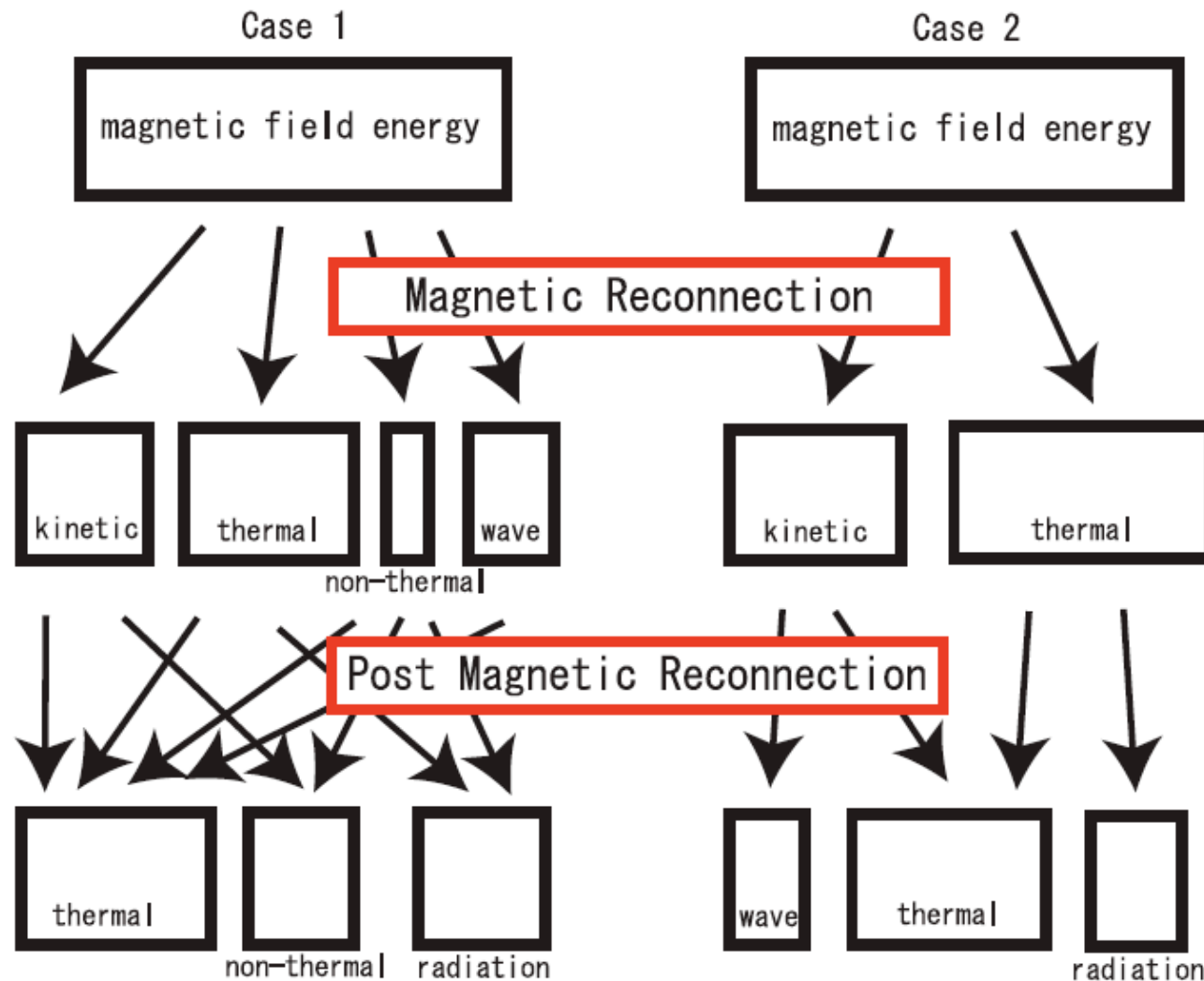


Plasmas in universe



Comparative studies important

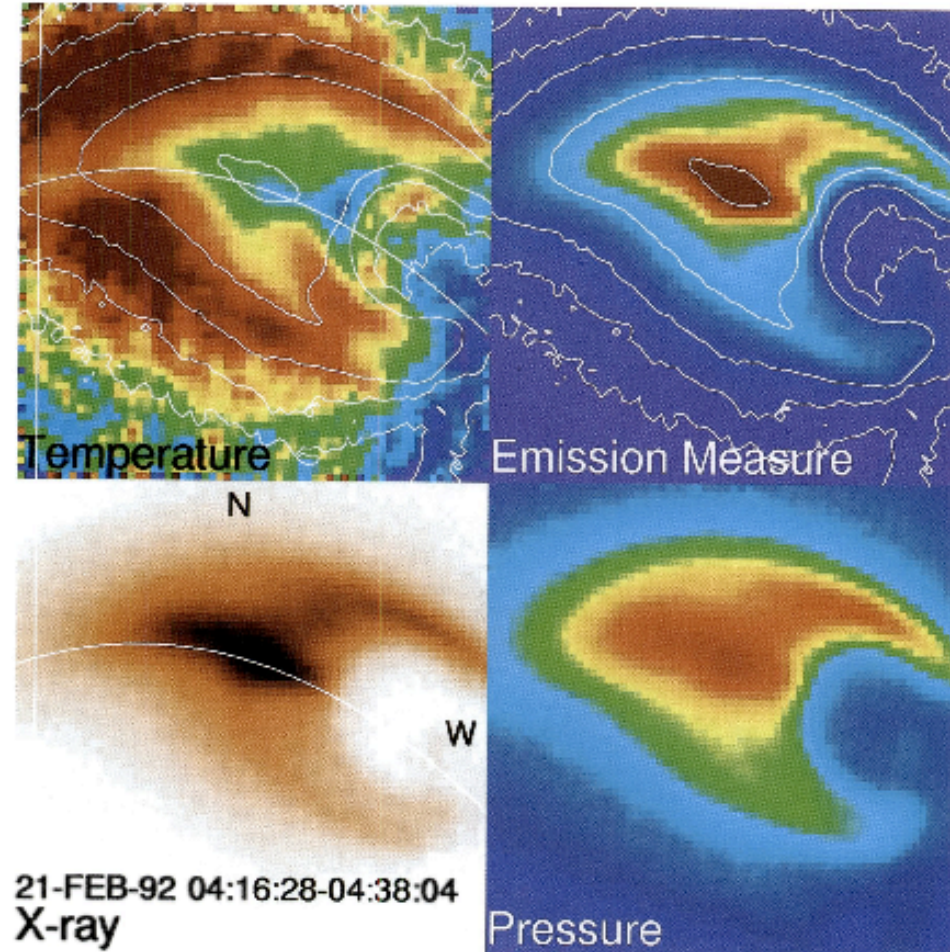
What plasma parameter controls?



What controls the energy conversion rates?

太陽フレア

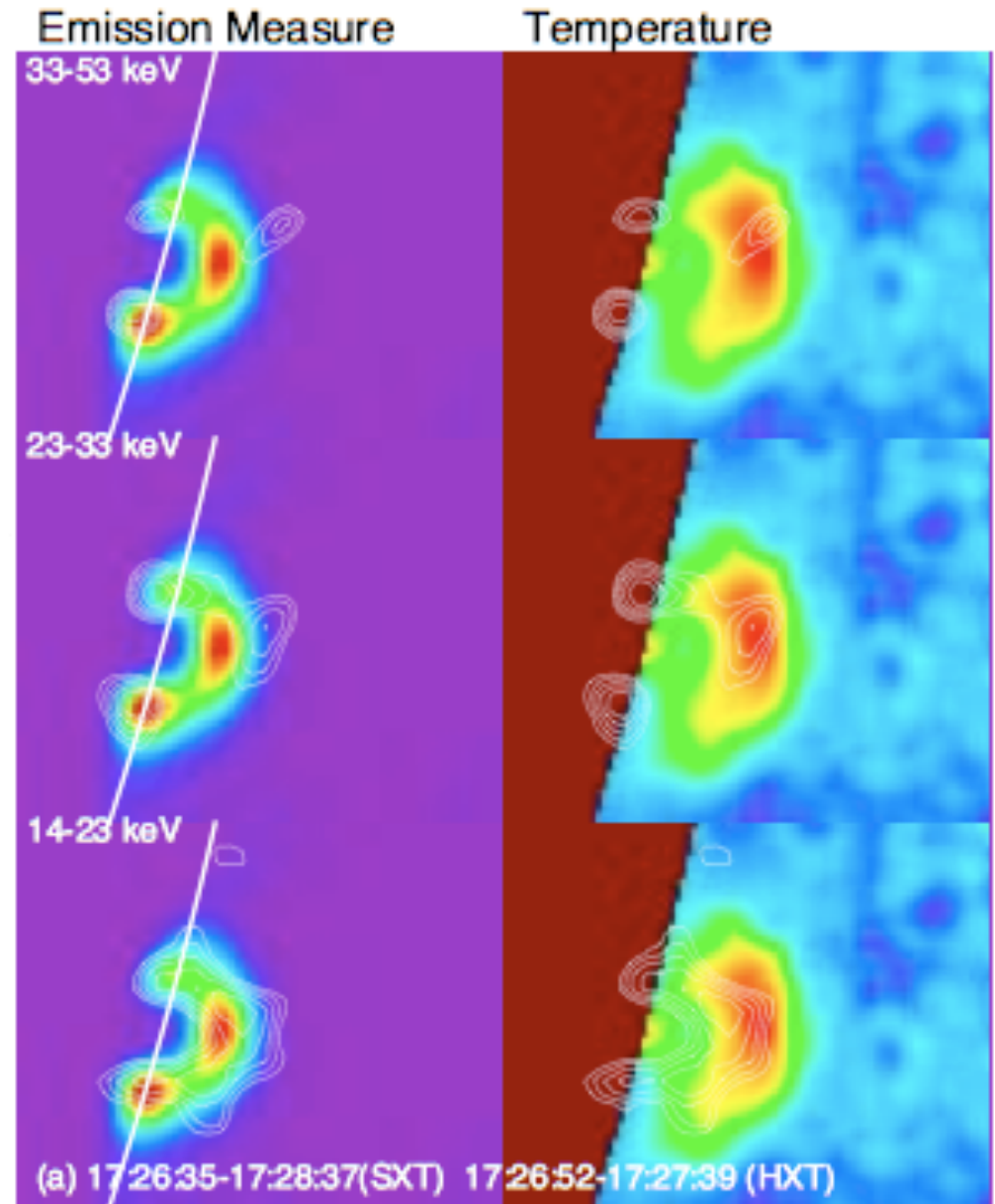
LDE event



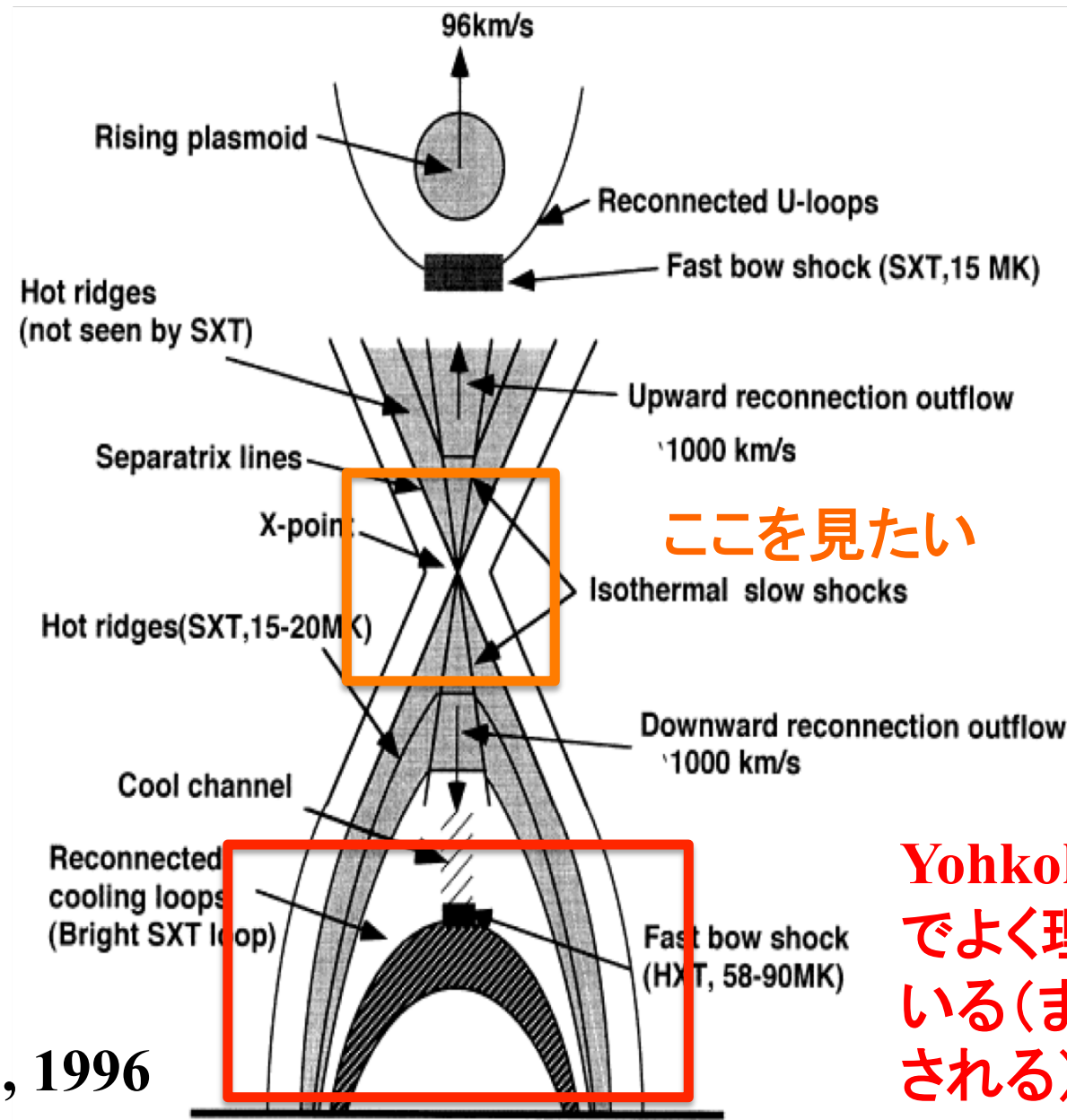
Tsuneta et al., 1996

Tsuneta et al., 1997

Impulsive event



Standard model for Solar Flare



Tsuneta et al., 1996

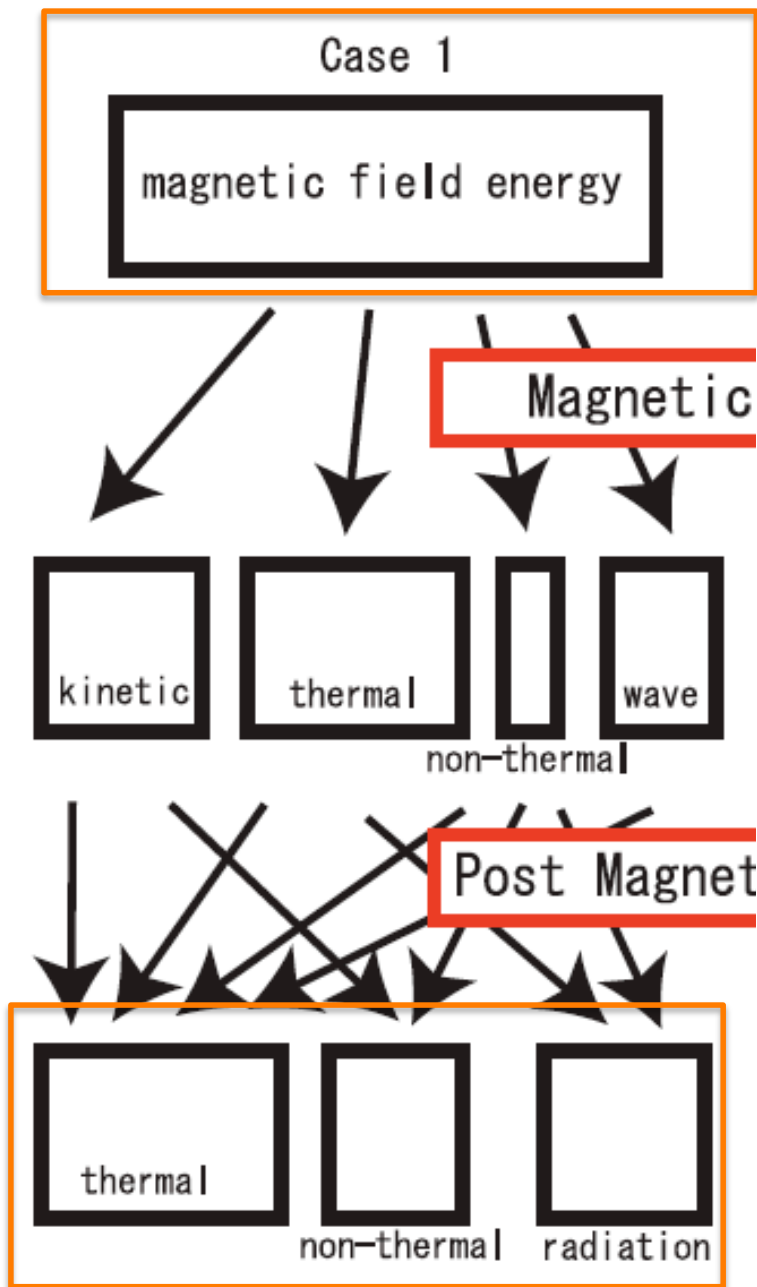


Table 3 Published Papers of 2006 December 13 Solar flare

Energy Category	Stage	Content	Telescope	Authors
Magnetic field	whole	B photosphere	SOT	Kubo et al., 2007
	whole	B configuration	SOT	Guo et al., 2008
	main	reconnection E	SOT	Jing et al., 2008
	whole	B configuration	SOT	Jing et al., 2008
	whole	helicity injection	SOT	Magara & Tsuneta, 2008
	whole	helicity injection	SOT	Zhang et al, 2008
	whole	B configuration	XRT	Su et al., 2007
	whole	sunspot decay	SOT	Tan et al., 2009
	whole	B photosphere	SOT	Wang et al., 2008
	whole	B photosphere	MDI	Zhang et al., 2007
Kinetic	main	ejection & shock	EIS	Asai et al., 2008
	main	microwave burst	Ground	Chen et al., 2008
Thermal	main	density & B	Ground	Yan et al., 2007
Non-thermal	—	energy spectrum	Ground	Abbasi et al., 2008
	main	white light flare	SOT	Isobe et al., 2007
	—	SEP	In-situ	Li et al., 2009
	main	electron acceleration	RHESSI	Minoshima et al., 2009
	main	spectral index	NORP	Ning, 2008
—	—	energy spectrum	Ground	Vashenyuk et al., 2008
Wave/Turbulence	whole	intermittency	SOT	Abramenko et al., 2008
	whole	line broadening	EIS	Harra et al., 2009
	main	line broadening	EIS	Imada et al., 2008
	post	radio oscillation	Ground	Tan et al., 2007
Others	post	dimming	EIS	Imada et al., 2007
	post	CME	EIS	Jin et al., 2009
	main	sunspot oscillation	SOT	Kosovichev & Sekii, 2007
	post	CME	In-situ	Liu et al., 2008
	pre	filament rotation	EIS	Williams et al., 2009

What controls the energy conversion rates?

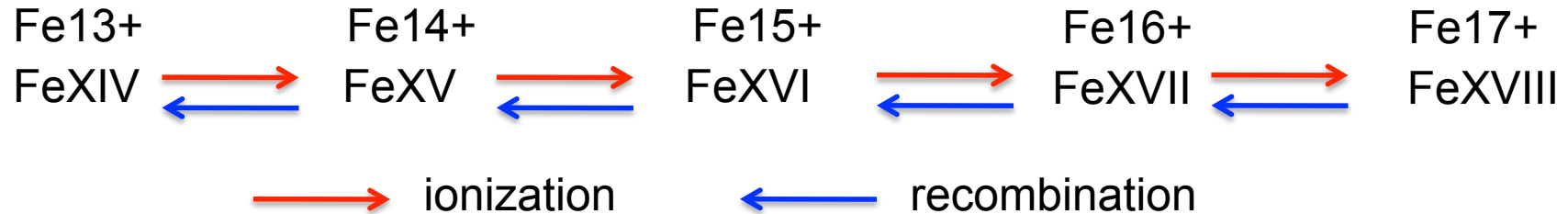
熱的非平衡プラズマ

- プラズマがガウス分布でない
→ 粒子加速、ビーム不安定など
緩和タイムスケールはかなり短い(同種間衝突)

- 異種のプラズマで温度が異なる
→ $T_p > T_e$ など
緩和タイムスケールはやや短い(異種間衝突)

- 電離が平衡に至っていない
→ 急激な加熱、フレアなど(同種間衝突 + α)
緩和タイムスケールはやや短い

Ionization Process



$$\frac{\partial n_i^Z}{\partial t} + \nabla \cdot n_i^Z \mathbf{v} = R_i^Z$$

$$(Z = 1, \dots, N_{\text{elem}}) \quad (i = 1, \dots, N_{\text{ion}}^Z),$$

where

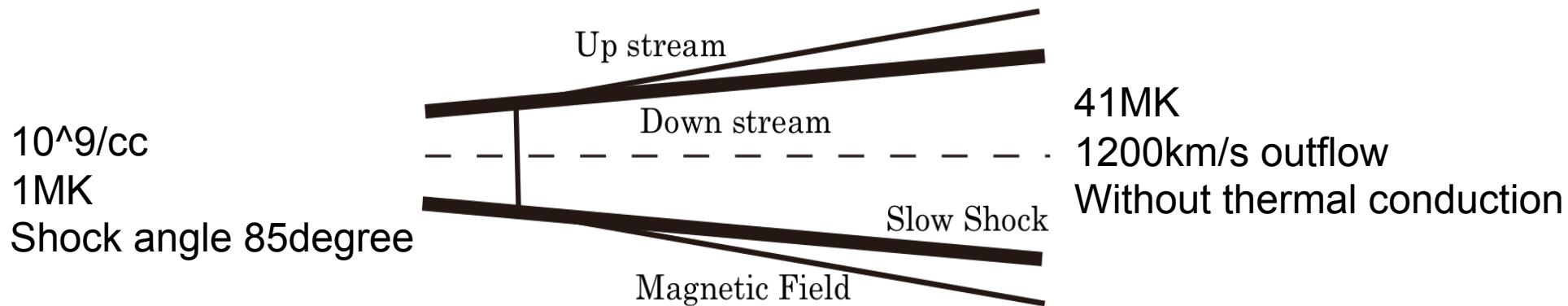
$$R_i^Z = n_e \left[n_{i+1}^Z \alpha_{i+1}^Z + n_{i-1}^Z S_{i-1}^Z - n_i^Z \left(\alpha_i^Z + S_i^Z \right) \right],$$

α collisional and dielectronic recombination

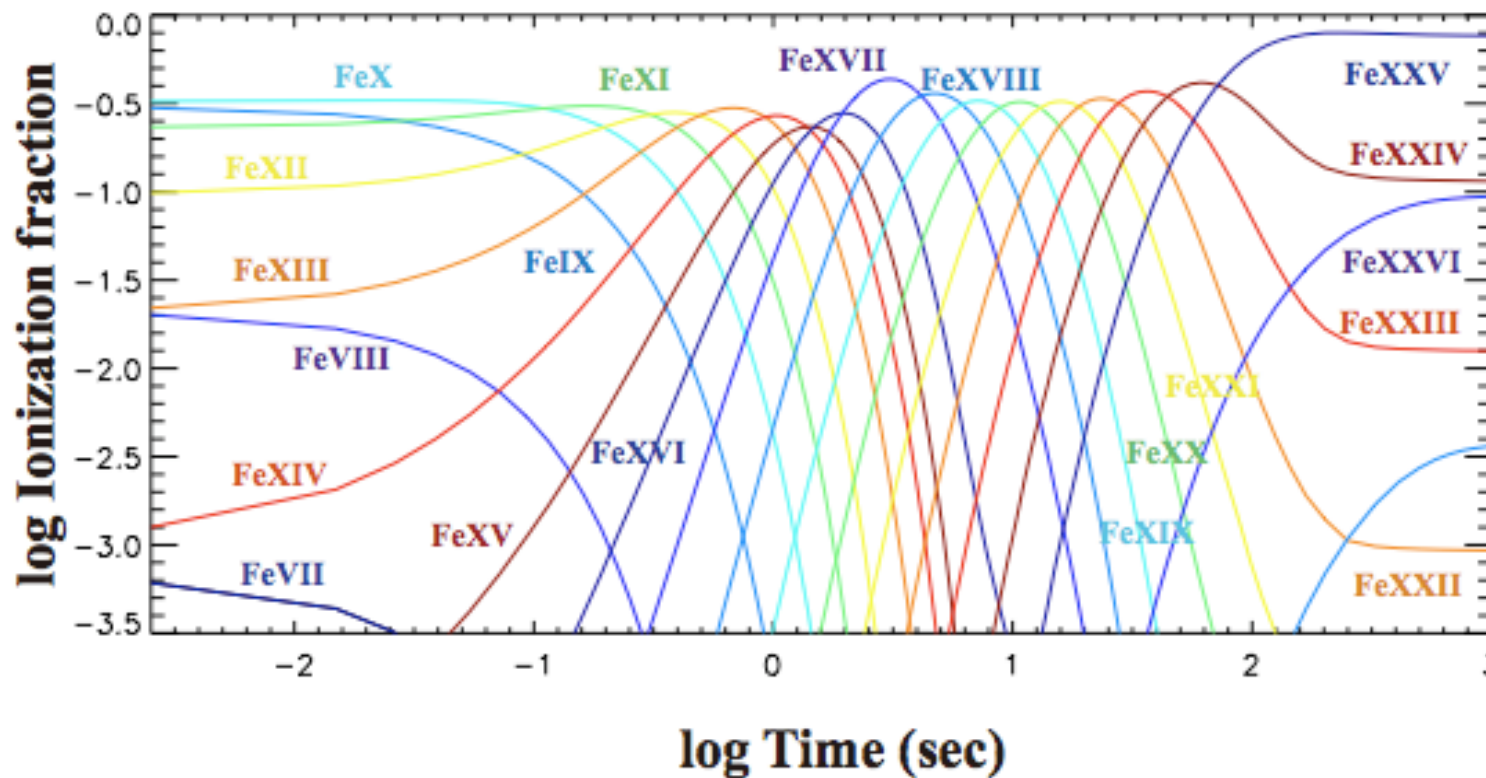
S collisional ionization

These process heavily depend on density

Example of ionization calculation



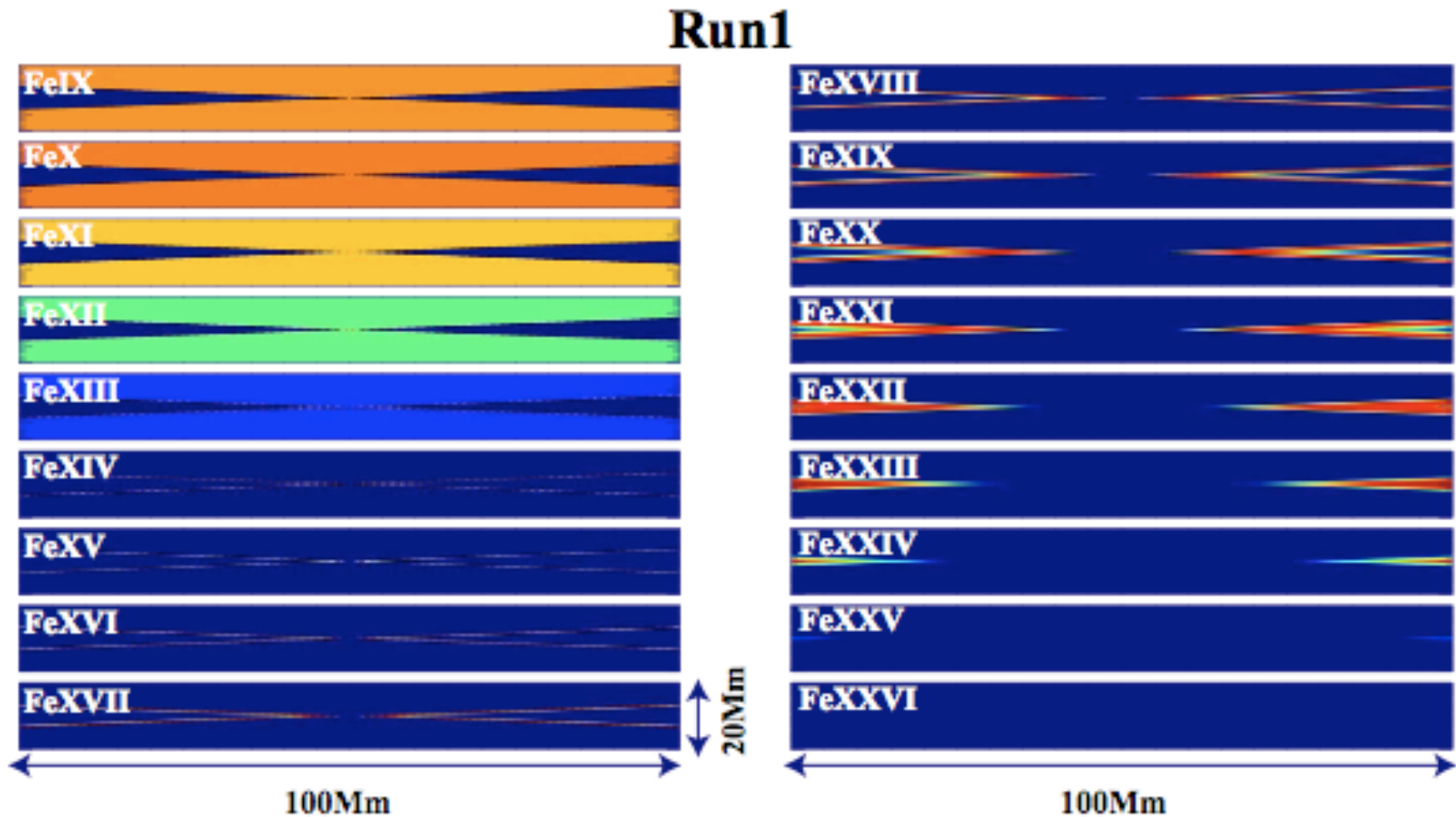
Run1



同位体比から年代測定をするのと同じように、電離非平衡等の熱的非平衡から1~100秒でプラズマの履歴を診断することができる

そのためには高時間分解能は必須

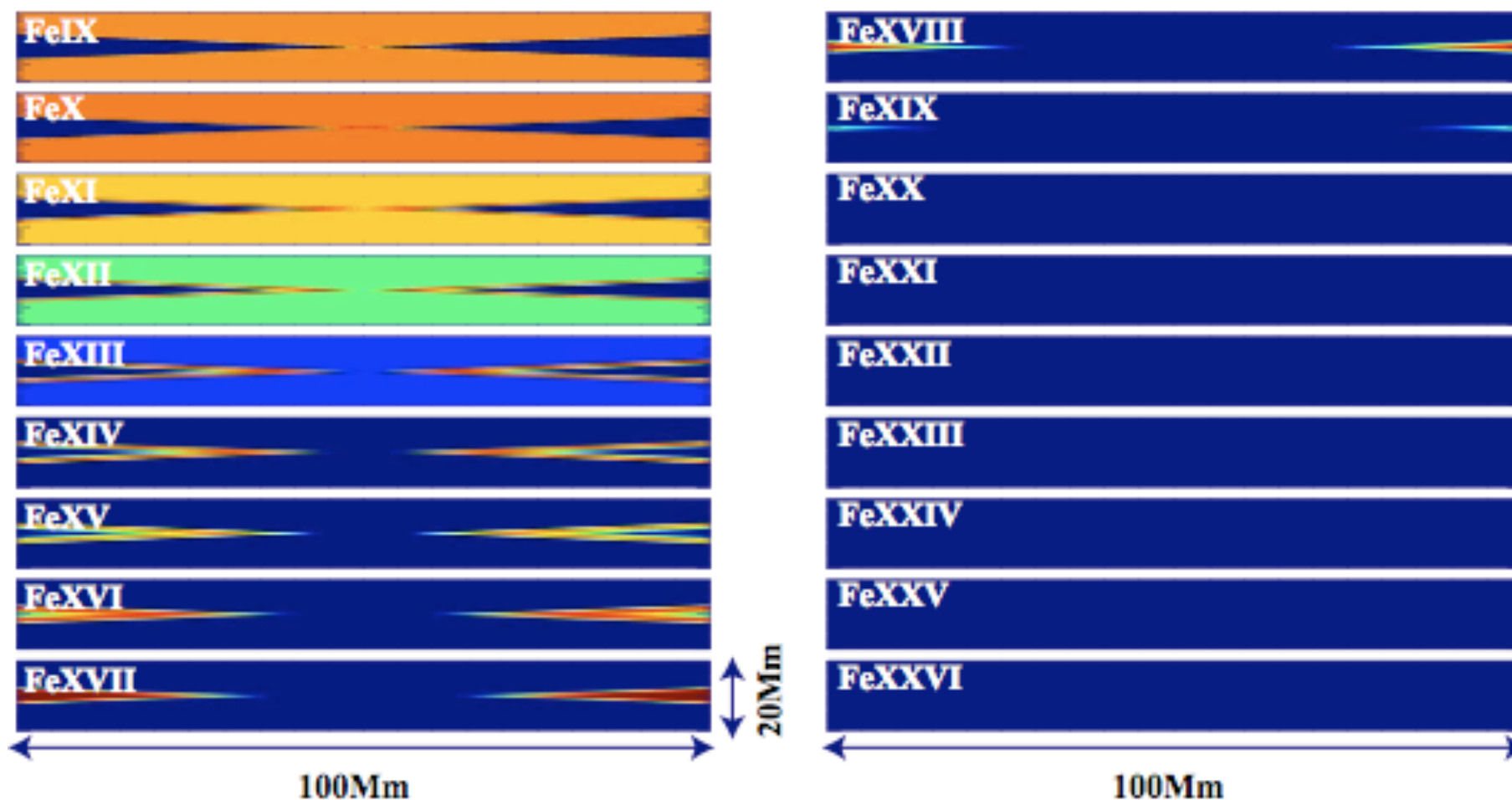
Example of ionization calculation



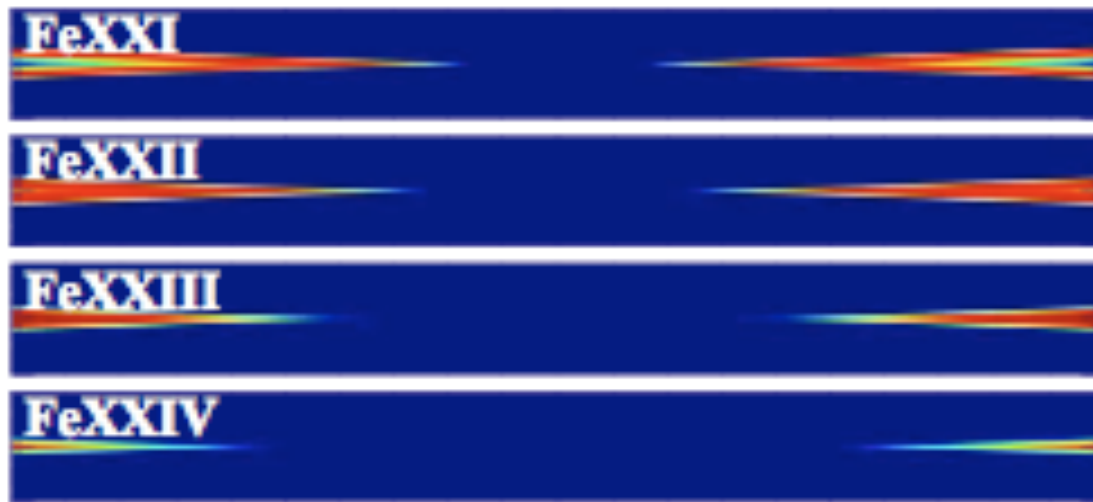
Example of ionization calculation

ちなみに密度を一桁下げると

Run13



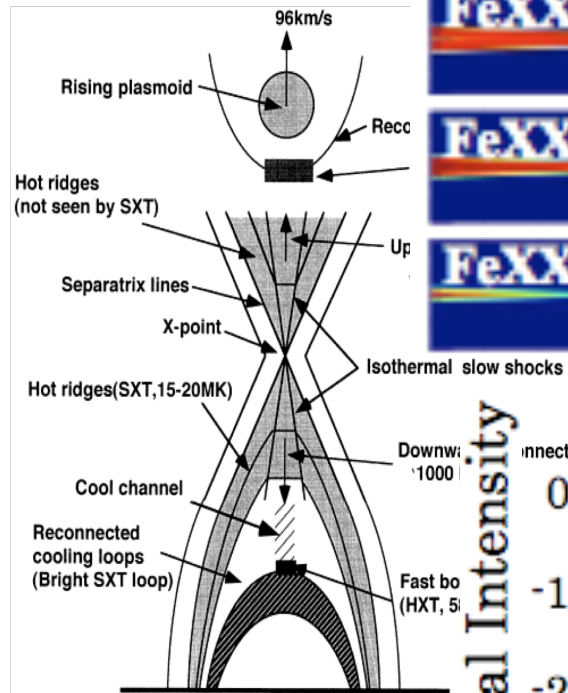
エミッション量



ポストフレアループ

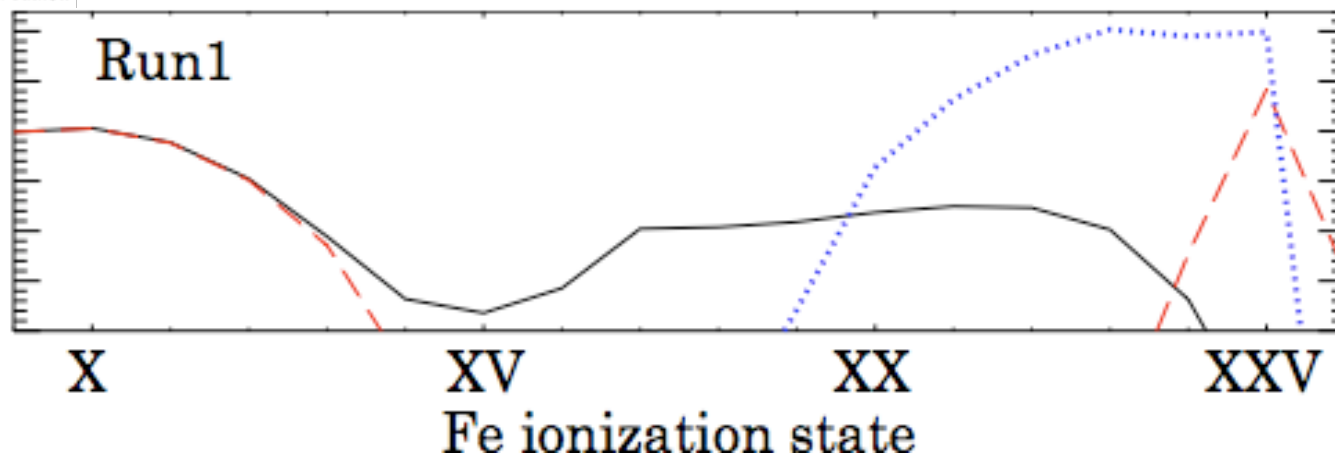
20 x 1 Mm

$10^{11}/\text{cc}$
15MK
電離平衡

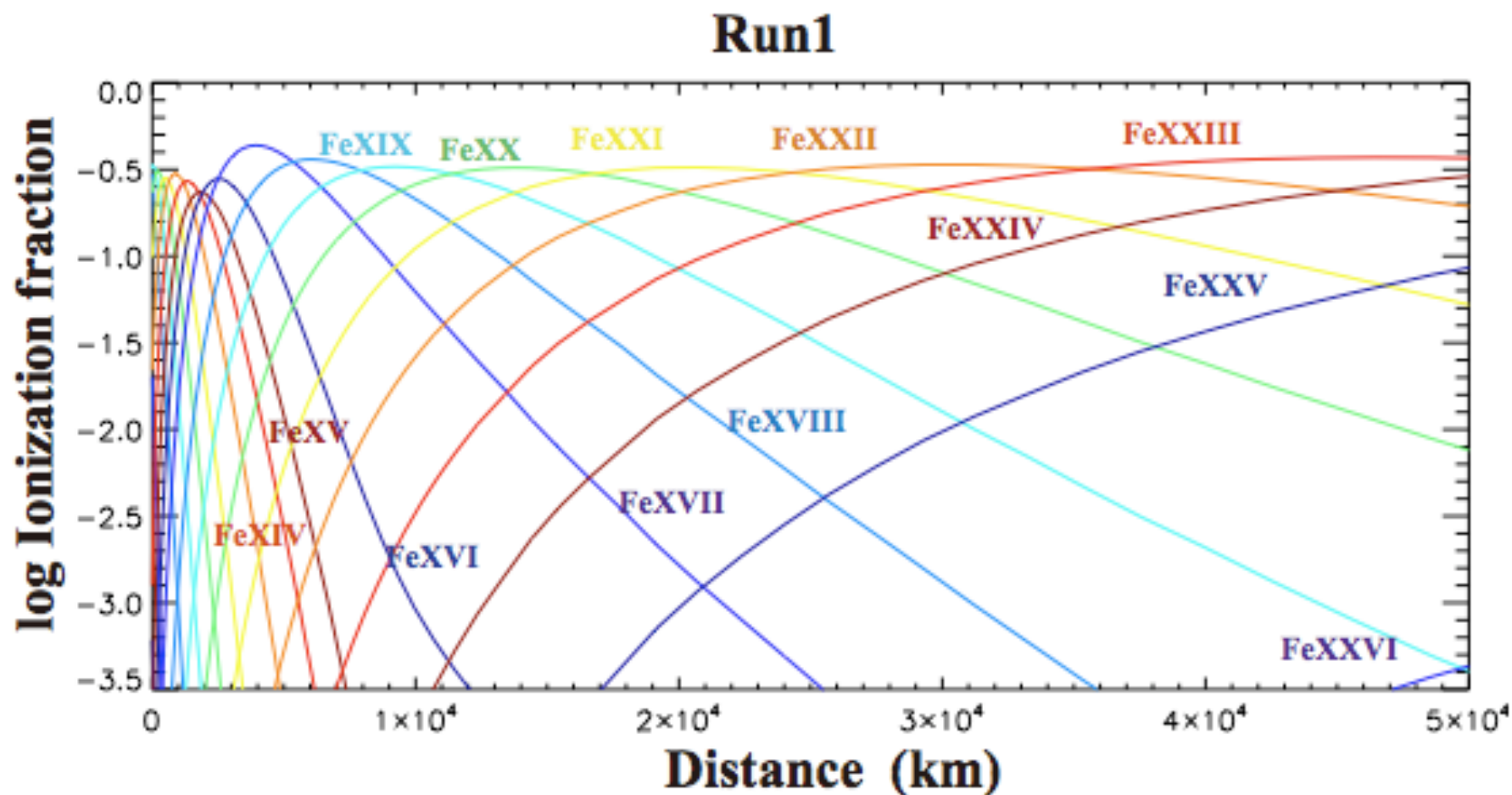


黒: 電離非平衡、赤: 電離平衡、青: ポストフレアループ

Log Total Intensity

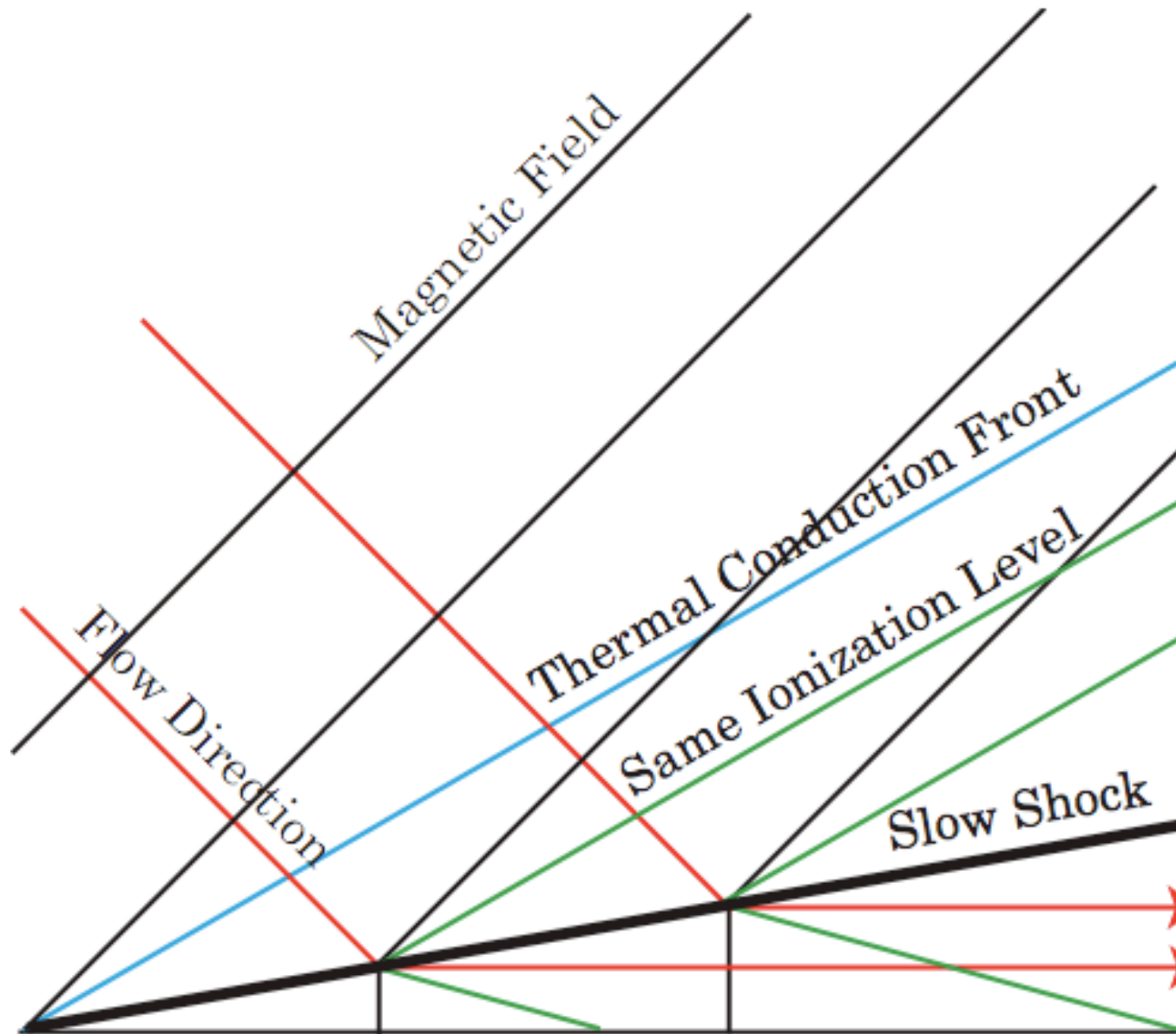


空間分解能について



空間分解能の一つの目安はそれぞれのラインのピークを分離できる約1秒角
SSの開き角度まで考慮すると、厳密にはその10倍欲しい

熱伝導有りだと



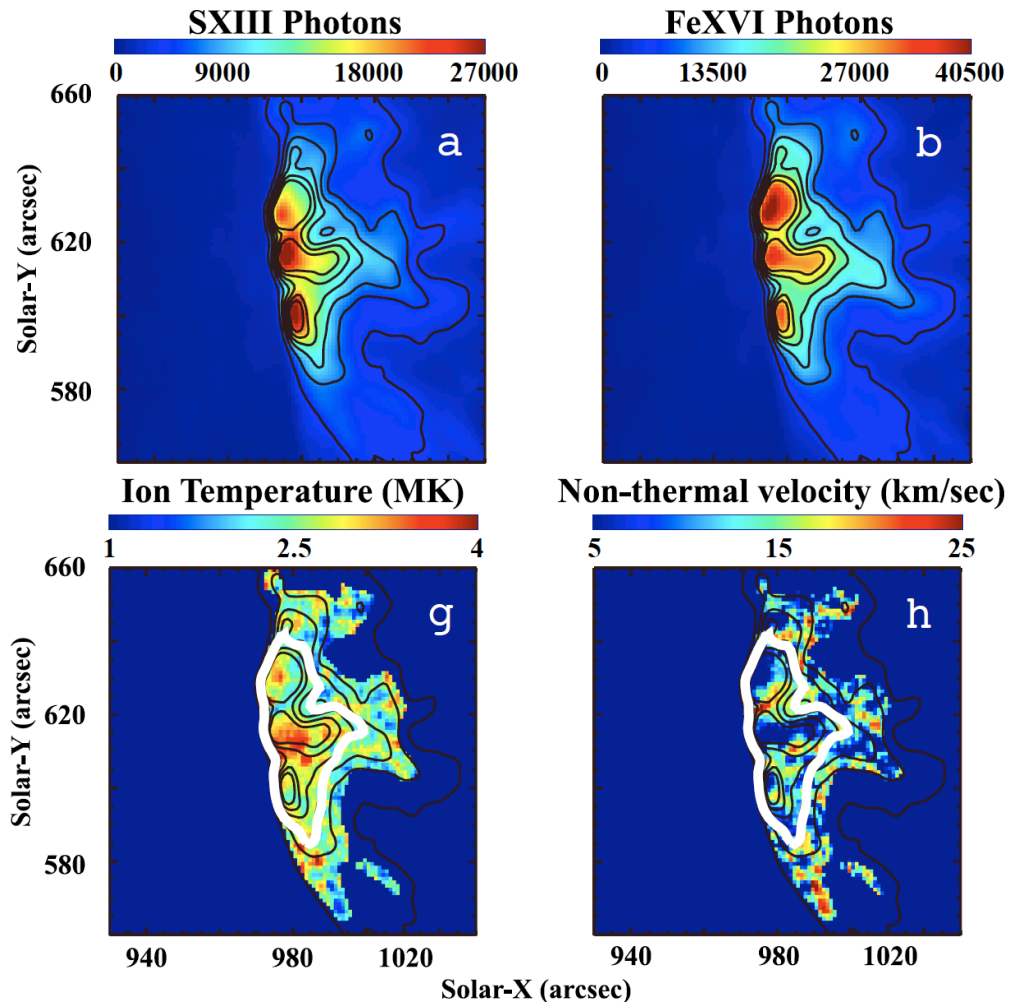
Ti < Te になるはず
本当か??

↑
そもそも本当にSS
は等温衝撃波か?

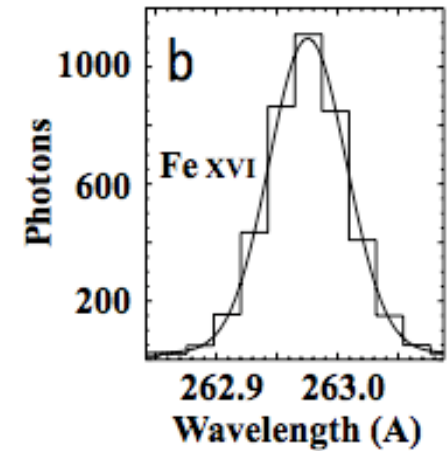
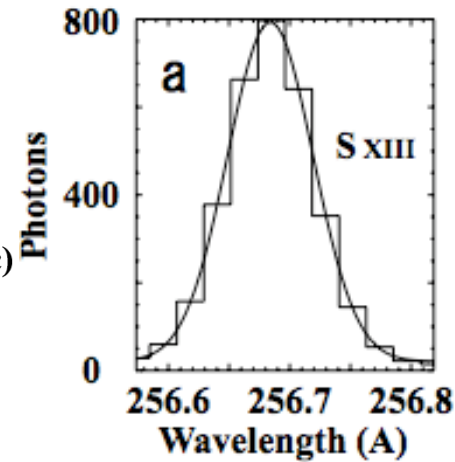
↓
Ti = Te になるのも電
離平衡のタイムス
ケールとほぼ同じ

↑
もしSSの加熱がイオ
ン電子で異なれば違
いが見られる筈

Ion Temperature



$$W_{obs} = \sqrt{W_I^2 + 4 \log 2 \left(\frac{2k_B T_{ion}}{M} + \xi^2 \right)},$$



$$T_{ion} = \frac{\widehat{W}_1^2 - \widehat{W}_2^2}{8k_B \log 2} \frac{M_1 M_2}{M_2 - M_1},$$

$$\xi^2 = \frac{M_2 \widehat{W}_2^2 - M_1 \widehat{W}_1^2}{4 \log 2 (M_2 - M_1)},$$

イオン温度をこの方法で測るには
 EISでは1arcsecを1s露出で10カウント
 必要カウント数は1000カウント→露出100s
 20arcsecをはくには2000sかかる
 100秒ではくには効率を10倍にする必要があり

Imada et al., APJL 2009

次世代の観測に要求されるもの

- 電離非平衡なので、line ratio、filter ratio等では磁気リコネクション領域の電子温度はわからない
- イオン温度の他に、電子温度をcontinuumから測りたい(X線photon counting なら可能??)
- 暗い領域を1分程度でイメージングできる必要有り(アルベントタイム)(効率を1桁上げる)
- ダイナミックレンジが3桁以上必要(オカルターが必要?)

次世代の観測に要求されるもの

- 空間分解能は0.1~0.5 あれば十分(大規模フレアを分解するためには)
- Line数は多ければ多いほど良い(精度が良くなる、EIS程度あれば十分でもある)
- スリットの方法は変えられることが望ましいが、変えられないのであれば、E-W方向に向けたい

