

Group 2: RHESSI で数百 keV までの光子が受かっているイベントの解析

中島 弘

I. Motivation

Shih et al. (ApJL, 698, 152 (2009))は、300 keV 以上で $>3\sigma$ の強い硬X線が観測されたイベントをリストアップした(2002–2005)。このイベントと電波ヘリオグラムの共通のイベント(11イベント)をとりあげ、硬X線とマイクロ波のスペクトルを比較する。

歴史的背景: Silva et al. (ApJ 545, 1116 (2000))によれば、硬X線のスペクトル指数(δ_x photons)とマイクロ波から求めたスペクトル指数(δ_r photons)は一致しない、即ち、 $\delta_x - \delta_r = -2.25 \sim 3.75$ (平均値:1.0)。通常、17GHzとか35GHzのマイクロ波バーストは、数100keV から数 MeV(～数10MeV)程度の高エネルギー電子から放射されており、100keV の硬X線バーストは、100から 200keV 程度の電子から放射されているので、放射に寄与する電子エネルギーに違いがある。本来は、100keV から1MeV 程度のガンマ線とマイクロ波を比較するのが最もよいが、感度のよい前者の観測は難しい。

II. 電波と硬X線からの electron-number spectrum index

電波と硬X線からの spectral index をそれぞれ α 、 γ とする。

電波から求められる photon-spectrum index、 δ_r 、は、一意的にもとまる。

$$\delta_r = (1.22 + \alpha)/0.9 \quad (\text{Dulk の式}) \quad (1)$$

硬X線放射から電波放射に対応する electron number-spectrum index、 δ_x 、を求めるためには、放射メカニズムが必要である。電波と硬X線からの photon-spectrum index をそれぞれ α 、 γ とする。

- (a) 硬X線は footpoint emission (thick target)、電波はループを流れ落ちる電子から放射されている場合:

$$\delta_x = \gamma + 1 + 0.5 = \gamma + 1.5 \quad (2)$$

- (b) 硬X線は footpoint emission (thick target)、電波はループにトラップされている電子から放射されている場合 (γ =一定の場合):

$$\delta_x = \gamma + 1 - 1.5 = \gamma - 0.5 \quad (3)$$

- (c) 硬X線も電波もループにトラップされている電子から放射されている場合。

$$\delta_x = \gamma - 0.5 \quad (4)$$

- (d) その他の場合

III. 具体的な解析:

1. 光学的に薄い電波スペクトルの指数 (power-law index: α) の時間変化を求める。

偏波計データの時間分解能は、0.1秒だが、S/Nを良いスペクトルを求めるためには1秒程度積分する。また、80GHzは感度が悪いので、5秒程度積分した方がよい。また、80GHzデータは、正しいフラックス値を出すためには、必要な倍率(別紙参照)をかける必要がある。

$$\alpha = -\log(35 \text{ GHz flux}/17 \text{ GHz flux})/\log(35/17) \text{ または、} \\ -\log(80 \text{ GHz flux}/35 \text{ GHz flux})/\log(80/35)$$

xdrデータを使うか、rawデータから解析するか。

rawデータの場合、イベント前後のcalibrationを含んだデータを取り込む。

Background subtractionを注意深く。

スペクトルのピークの周波数に注意する。

2. 硬X線の時間変化を求める。

どのエネルギー範囲でスペクトル解析するか。3 keV ~ 300 keV??

Thermal + two power-law または thermal + three power-law?

300 keV以上に伸びる成分がないかどうか注意深く解析する。

Background subtractionを注意深く。

3. 獲得すべきデータ

(1) 電波スペクトル、 δr 、を silva et al.の paper の Fig.6 と比較する。

(2) ピーク時間(17GHzとする)における、硬X線とマイクロ波のスペクトル指数(electron-number spectrum index)を比較する。このとき、硬X線放射からの electron-number spectrum index は、(2)式を仮定する。

(b) 両放射の時間変化を比較する。また、それぞれの特徴は?

4. もっと詳しい解析

電波に対応する放射メカニズム、すなわち(2)~(5)を特定して、両放射から electron-number spectrum index を比較する。これには、少なくとも電波と硬X線の画像を使った解析が必要である。

5. もっともっと詳しい解析:

硬X線から求めた electron-number spectrum から電波スペクトルを計算し、観測された電波スペクトルにあわせられるかどうか?

こういう硬いスペクトルの電子を加速するイベントに何か特徴がないか。例えば、prominence eruption の仕方に何か特徴がないか? 等等。

IV. グループ分および論文書き

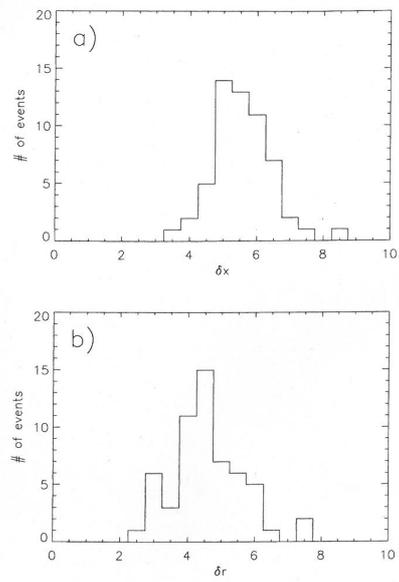


FIG. 5.—Distribution of the electron spectra indices inferred from (a) hard X-ray (δ_x) and (b) microwave (δ_r) spectra.

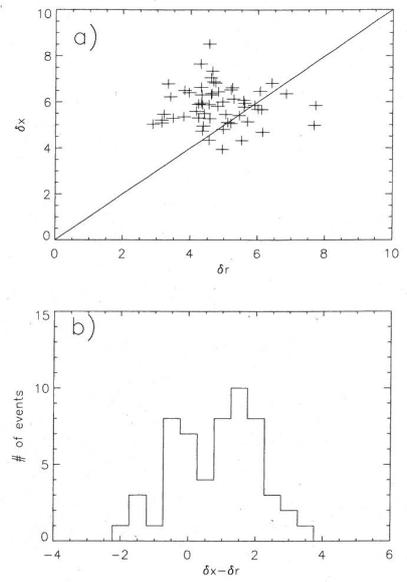
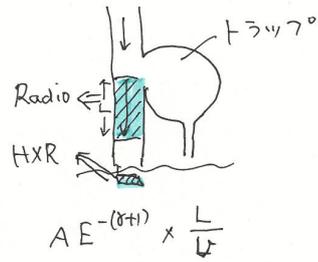


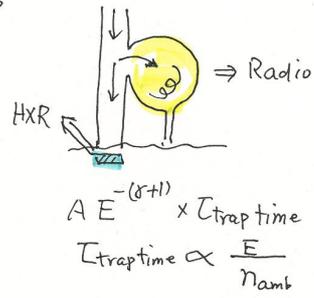
FIG. 6.—(a) Electron spectral index δ_x plotted against δ_r . The $\delta_x = \delta_r$ line is also plotted for reference. (b) Histogram of the difference between δ_x and δ_r .

II

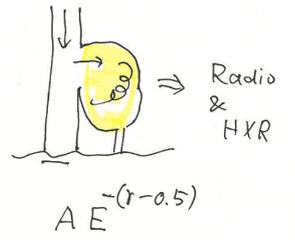
(a)



(b)



(c)



RHESSIで数百keVまで光子が受かっているイベントの解析

No.	NoRP Event No.	Class	Limb?	Start	Peak*	End	9.4GHz	17GHz	35GHz	80GHz	80GHz倍率	NoRP: xdr or raw
1	20020531_0007	M2.4	limb	0:04	0:07:20	0:25	296	186	113	21?	x8.1	raw
2	20020720_????	X3.3	limb	21:04	21:28:00	21:54					x8.4x2.0	raw
3	20020723_0030	X4.3	disk	0:18	0:30:30	0:47	11728	11798	14821	709?	x8.5	xdr
4	20030527_2302	X1.4	disk	22:56	23:02:00 23:05:30	23:13	2737	1372	679	19?	x12.0	raw
5	20030617_2253	M6.8	disk	22:27	22:46 22:52:30	23:12	3903	2782	1841	73?	x12.1	raw
6	20040106_0622	M5.8	near limb	6:13	6:22:30	6:36	3603	2589	1081	58?	x13.3	xdr
7	20040715_0318	X1.8	disk	1:30	2:38:00	1:48	760	723	500	?	x16.1	xdr
8	20040716_0203	X1.3	disk	1:43	2:03:00	2:12	1348	1676	1549	?	x16.1	xdr
9	20050825_0438	M6.4	near limb	4:31	4:38:10	4:45	2335	4188	4385	1726	x1.0	xdr
10	20050910_????	X2.1	disk	21:30	21:35:00	22:43					x1.0	raw
11	20050913_2321	X1.7	disk	23:15	23:18:30 23:20:00	22:43	1605	3121	5039	2566	x1.0	xdr

備考:

1. Condition of event selection: simultaneous observations by NORP and RHESSI (flux $>3\sigma$ at energies >300 keV; Shih et al. 2009, ApJ, 698,L152).

2. Start and end times are obtained from Solar Geophysical Data ("pr_gev" command on SSW) .

Peak times are obtained from NoRP (nonthermal emission peak).

3. RHESSI preliminary data:

Spectrum: http://hesperia.gsfc.nasa.gov/hessidata/metadata/qlook_spectrum_plot/

Image: <http://sprg.ssl.berkeley.edu/~tohban/browser/?show=grth+qlpcr>

Parent directory No.:

20020720--2072061, 20030527--3052721, 20030617--3061751,
20040106--4010604, 20040715--4071547,
20050825--5082502, 20050910--5091026