

雷や雷雲からのX線・ γ 線を利用して の電場による粒子加速の検証

査定額:29 万円 (旅費15万円, 物品14万円)

旅費: 理研-乗鞍4回

物品: 回路部品, オンボード小型高圧, HDD等

理化学研究所 牧島宇宙放射線研究室

土屋晴文

共同研究者: 榎戸輝揚 (東大牧島研), 鳥居建男 (原子力機構), 岡野眞治(理研), 加藤博(理研)

平成21年度ICRR共同利用研究成果発表会

雷や雷雲の中での粒子加速



雷の電場による電子の加速

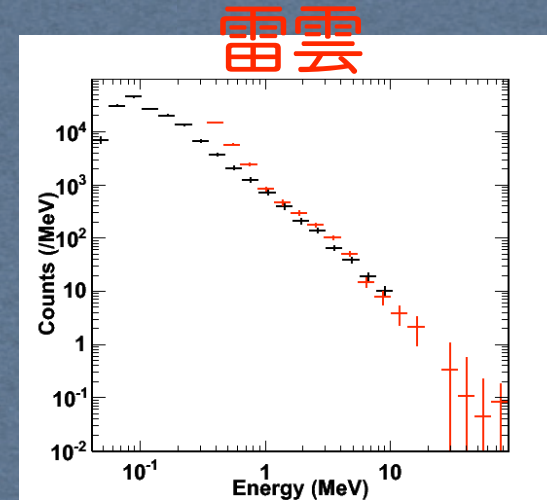
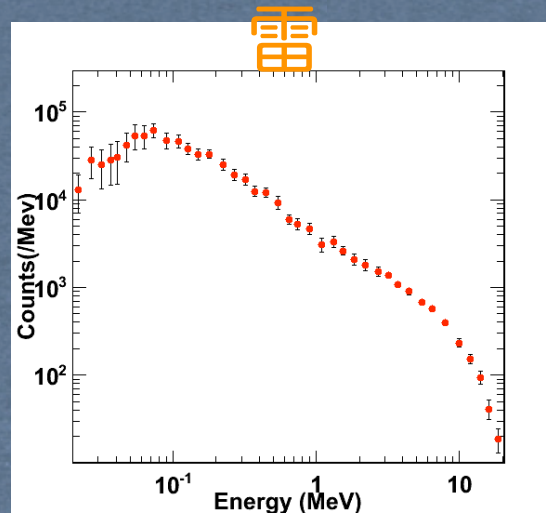
✳️ BATSEやRHESSIによるTGFの観測 (Fishman+,1994;Simith+,2005)

✳️ 自然雷や誘雷からのガンマ線の観測 (Dwyer+,2003)



雷雲の電場による電子の加速

✳️ 日本海側や高山での観測 (Torii+,2002,2009;Tsuchiya+,2007,2009)



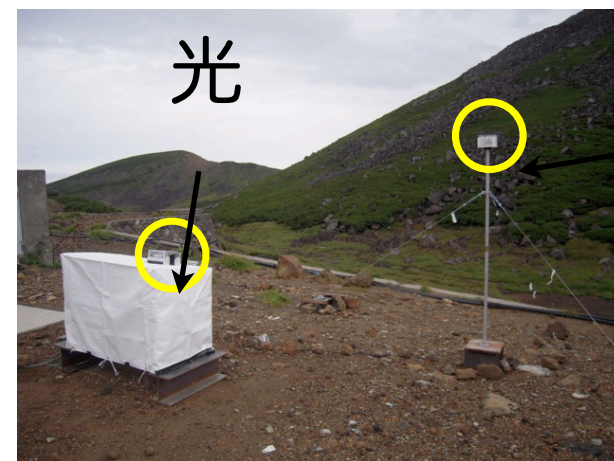
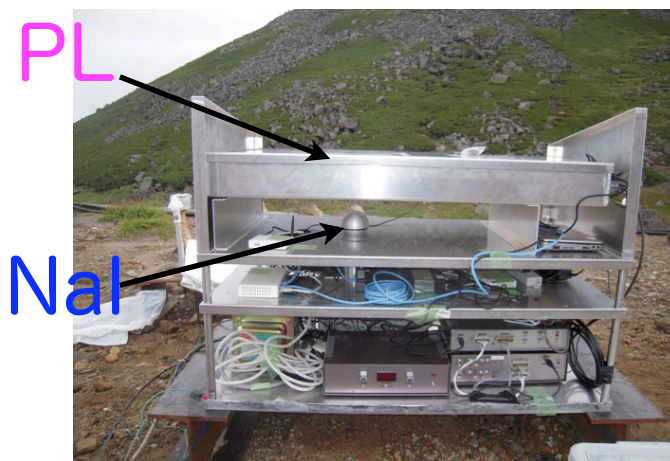
✳️ 継続時間の違いだけなのか？

✳️ 加速限界はあるのか？

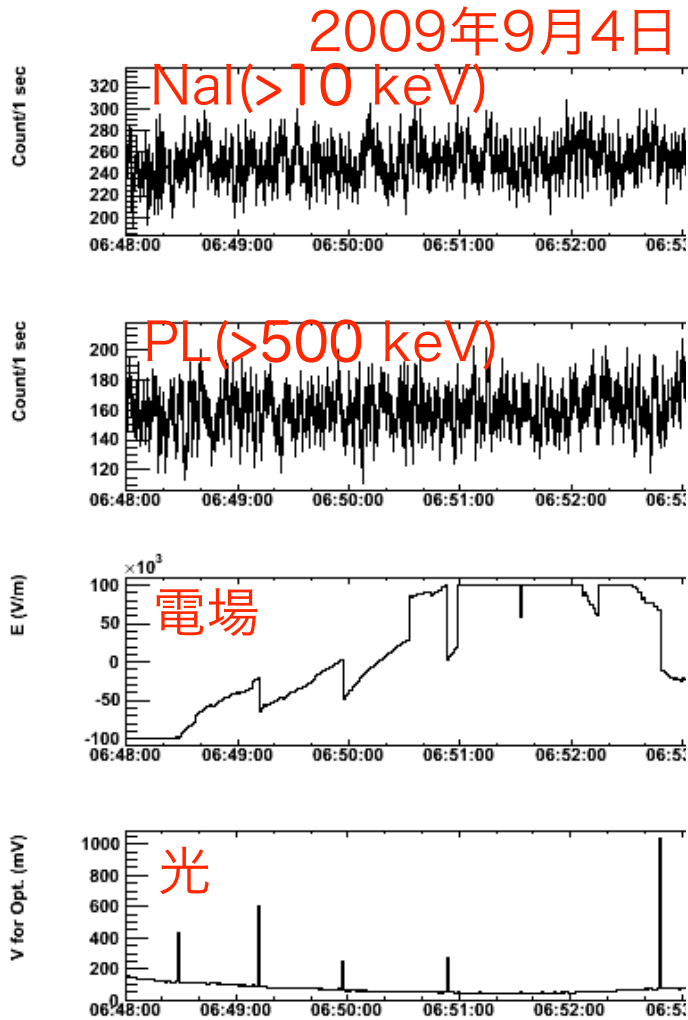
✳️ 宇宙線が種となるのか？

今期の乗鞍観測所での観測体制

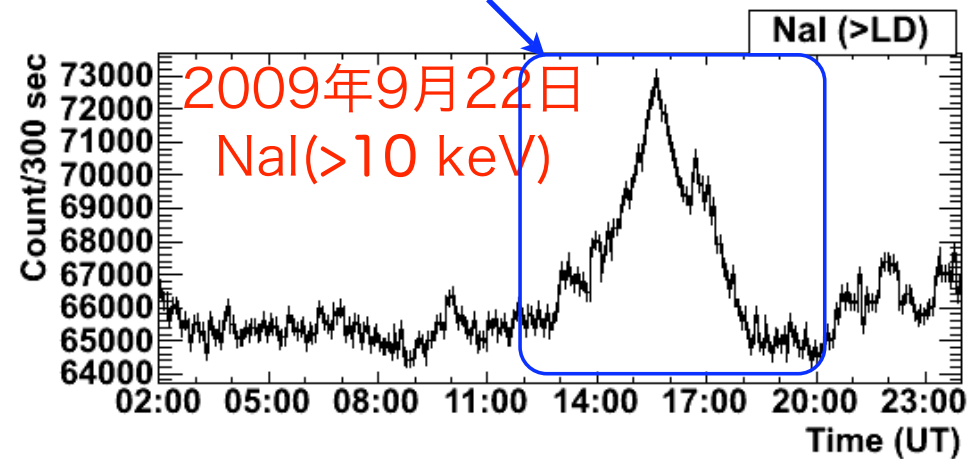
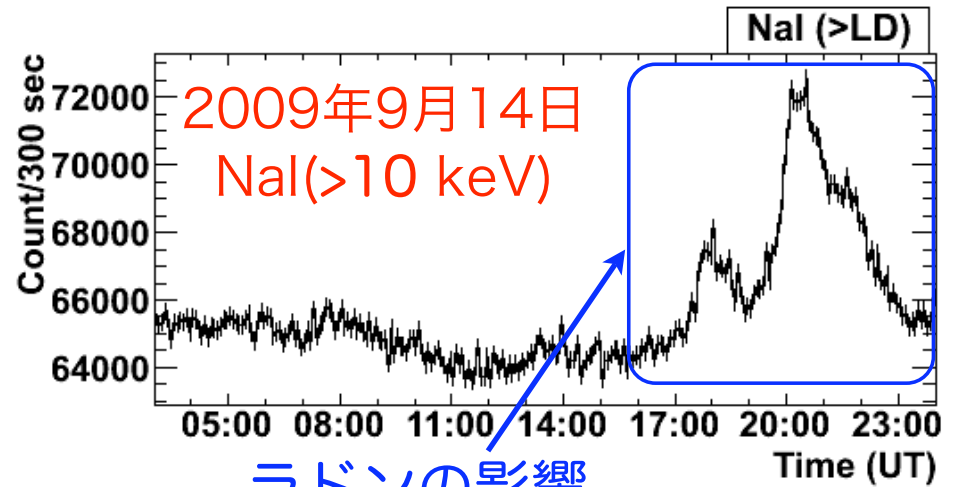
- 2009年9月3日- 2009年10月2日
- 3"球形 NaI, 10 keV - 12 MeV
- 30cmX30cmX0.5cm プラスチックシンチ, > 500 keV
- 100 usec
- 光・電場の測定



今期の観測結果



雪からの放射線の増大は目



イベントリスト

date	t _s	t _e	Δt (sec)	E _{max} (MeV)
070106 ^{*1}	21:43:09	21:43:45	36	10
071213	15:59:41	16:00:47	66	12
080920 ^{*2}	15:45:10	15:46:40	90	10
080921a	2:01:18	2:01:19	<1	N/A
080921b	14:15:19	14:15:20	<1	N/A
080921c	14:20:25	14:20:26	<1	N/A
081223	5:47:38	5:47:39	<1	7
081225	9:28:40	9:29:30	110	10
090112	20:29:49	20:29:50	<1	10
090125	13:32:05	13:34:17	137	15
090211	10:39:54	10:40:06	48	10

乗鞍

date:日付(UT), t_s:開始時刻, t_e:終了時刻, Δt:継続時間

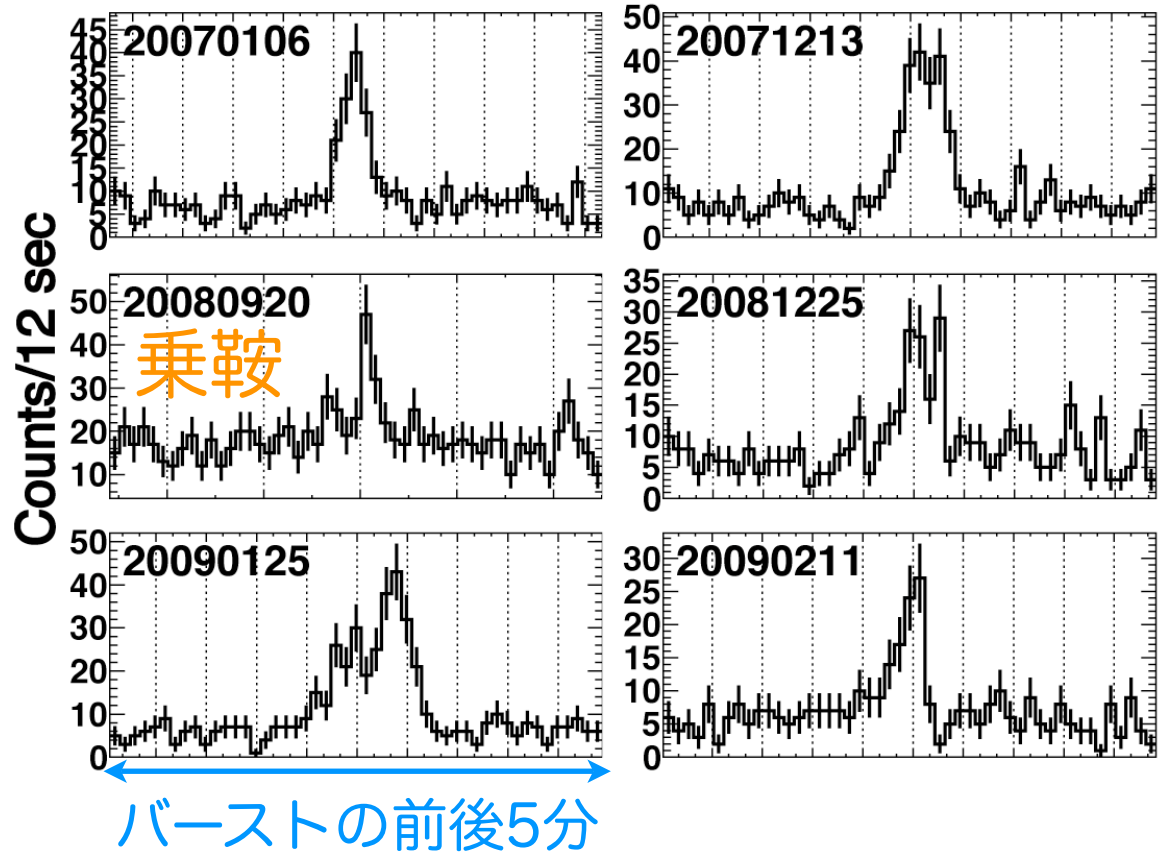
雷からのバースト : 5例

雷雲からのバースト : 6例

^{*1} Tsuchiya et al. PRL 99 160052 (2007) ^{*2} Tsuchiya et al. PRL 102 255003 (2009)

これまでに検出された長時間バースト

>3 MeV の γ 線の時間変動



● 継続時間

数十秒 - 2分



● 雷雲の中で三極構造

雷雲の成熟期

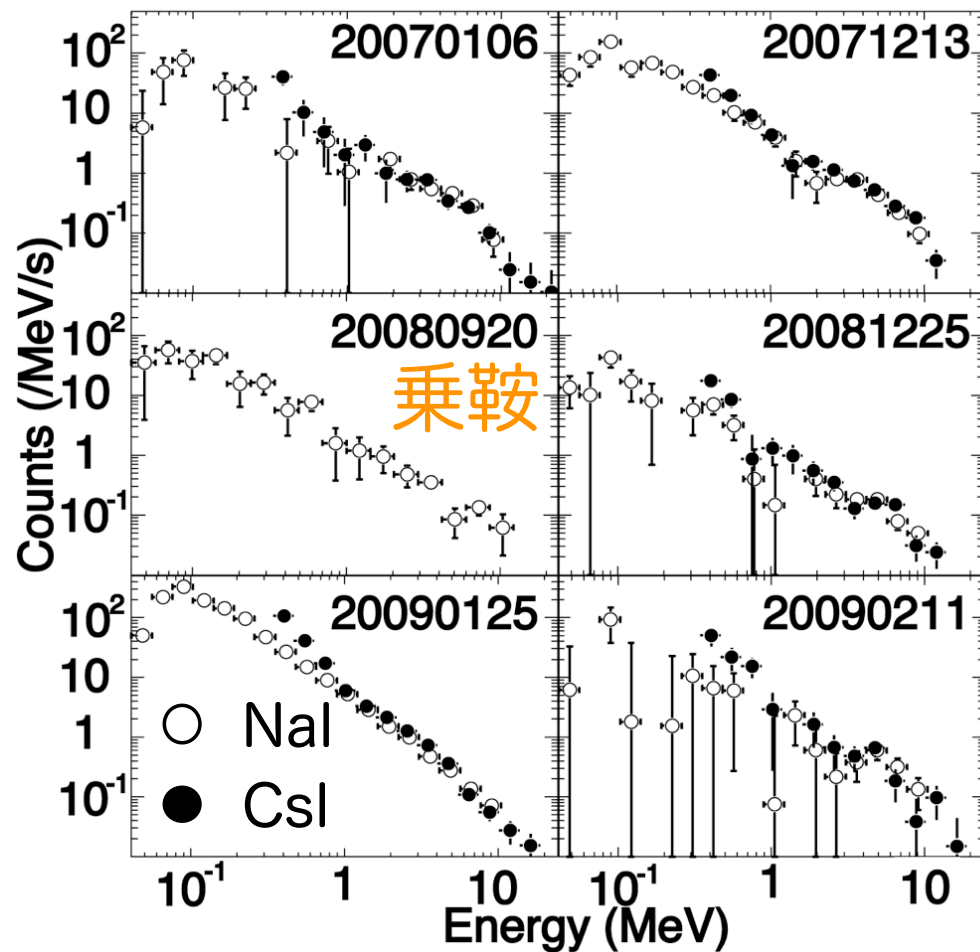
厳冬期には数分以下

せいぜい10分

(Kitagawa &

Michimoto, 1994)

これまでに検出された長時間バースト

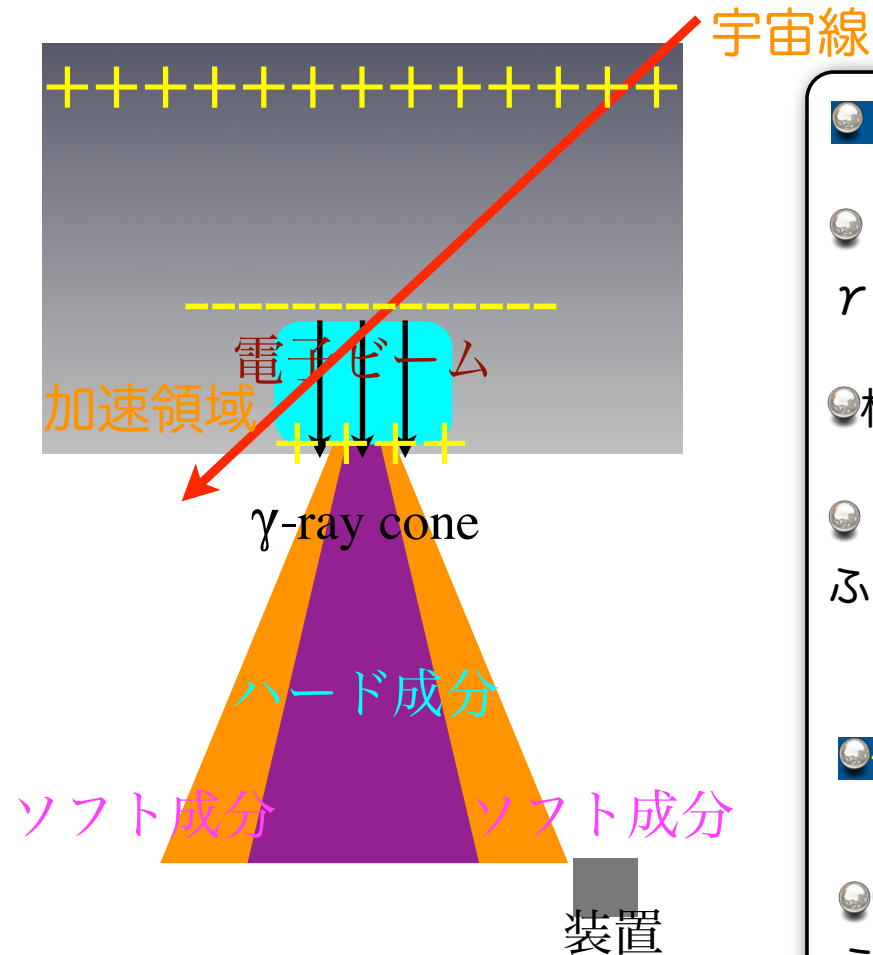


● スペクトラム強度

1- 10 MeV では
違う時期および場所でも
0.5 - 1.0 /cm²/s

● 観測された γ 線の最高エネルギー
15-20 MeV

長時間バーストのモデリング



仮説1:宇宙線による数百keVの種電子の生成

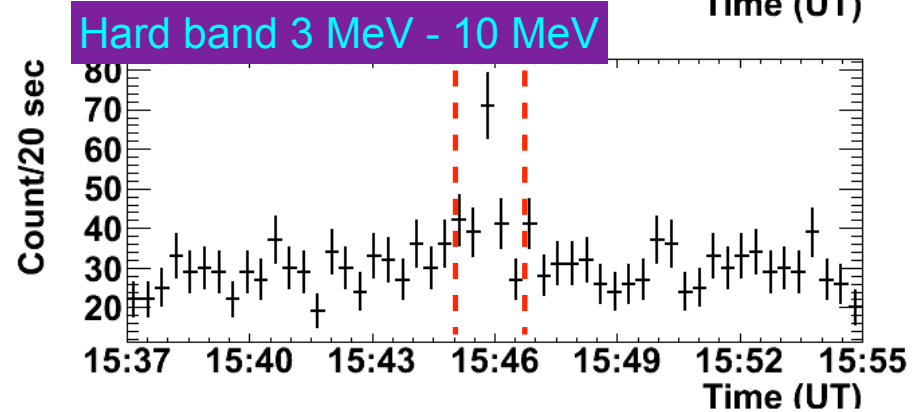
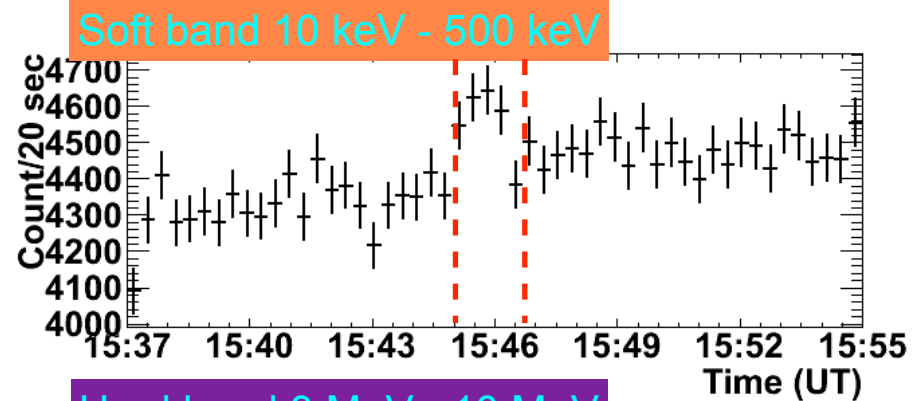
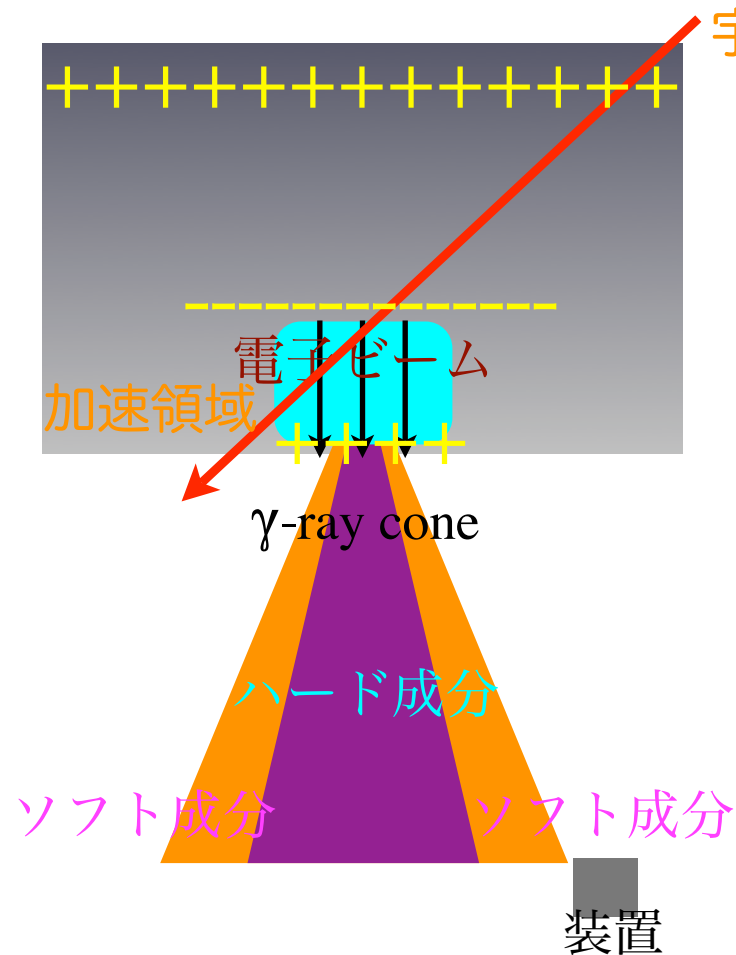
- 電子が10 MeV以上に加速され、制動放射で γ 線をはなつ
- 相対論的なビーミング効果で円錐形状になる
- ビームの中心あたりは高エネルギーが多く、ふちに近づくると低エネルギーが増える。

仮説2:雷雲とともに γ 線が動く

- 雷雲が遠のくか、数分以内に電場領域が消えて γ 線が観測されなくなる。

長時間バーストのモデリング

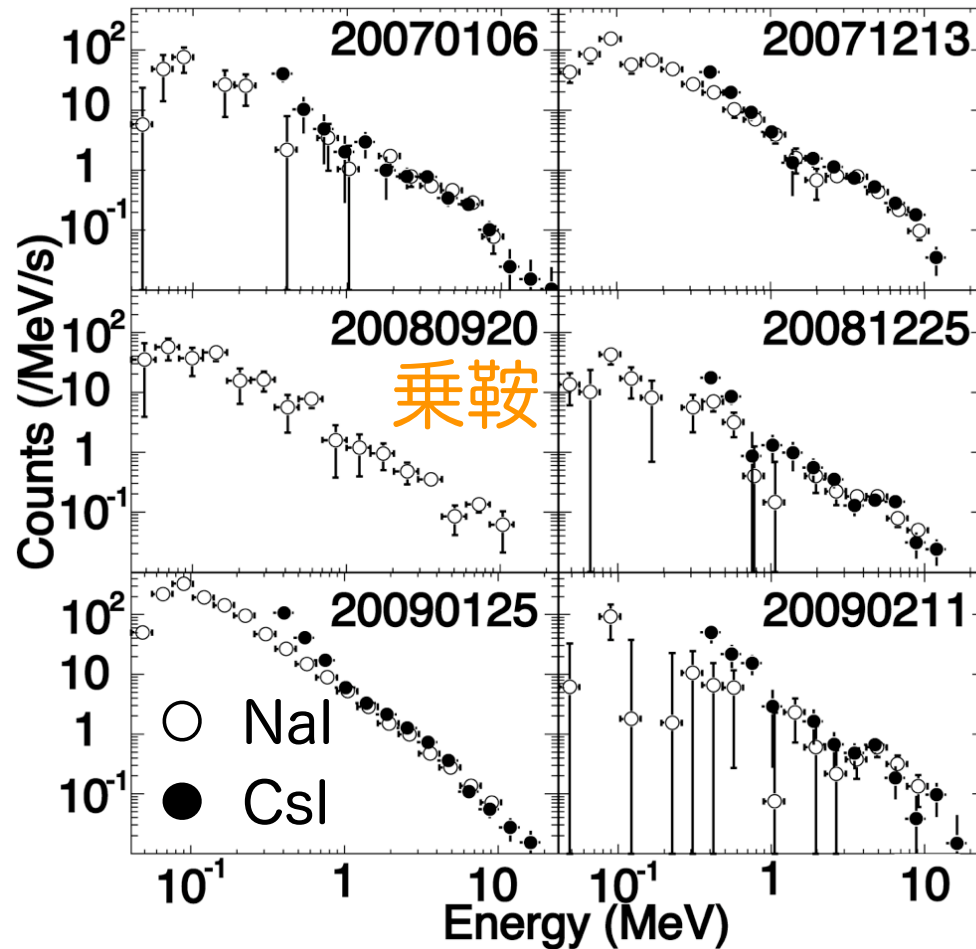
γ 線は動いているのか?



兆候が見えるものもある。

これまでに検出された長時間バースト

宇宙線が起源となるのか？



● 長時間バーストに関わる相対論的な電子の数

観測

走る距離 (加速領域の長さ)を

100 m - 1000 m

制動放射の断面積

$10^9 - 10^{11}$ 個

e.g.

TGFの観測: $10^{16} - 10^{17}$

(Dwyer 2008)

逃走電子なだれモデルからの予測

電場強度 300 kV/m

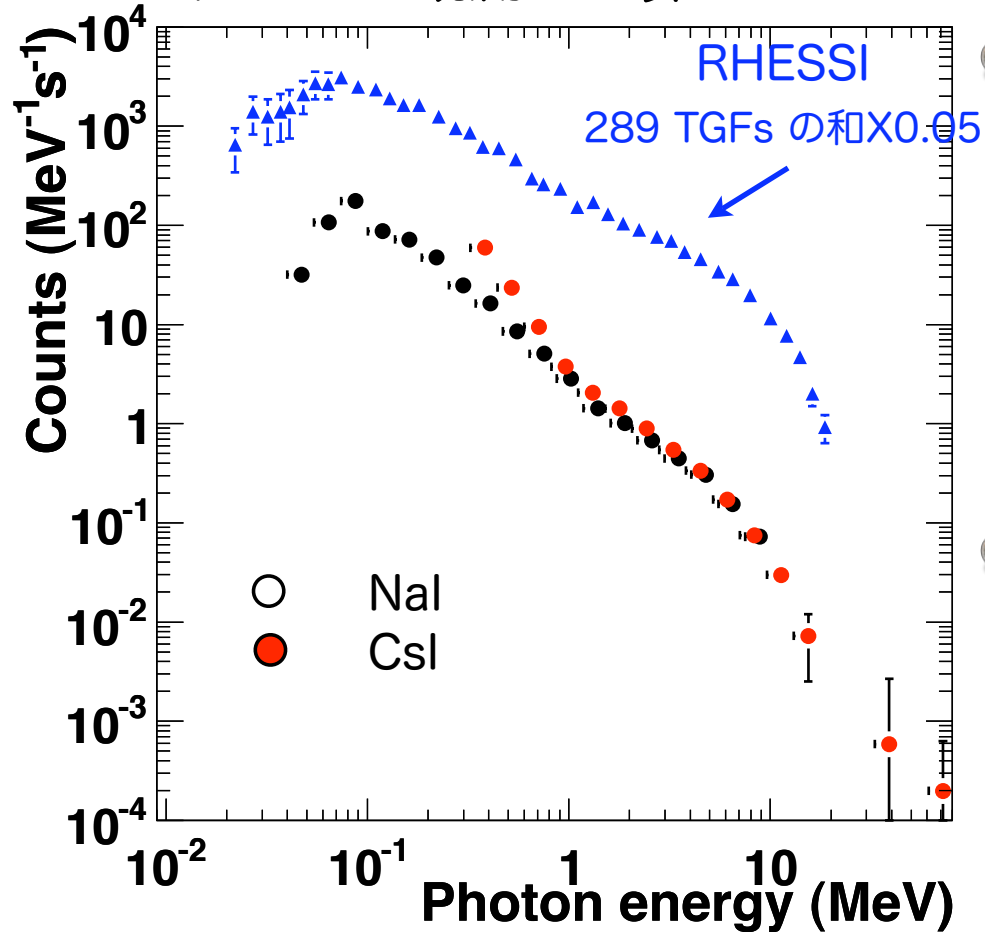
宇宙線電子の頻度 100 - 200 /m²/s

領域の広さ 500 m で1分間

$10^{10} - 10^{11}$ 個

電子はどこまで加速されるか？

これまでの観測の加算スペクトラム



RHESSI: Dwyer & Smith 2005

観測される γ 線の最高エネルギー

雷放電でも雷雲でも 電子の加速限界は ~20 MeV ?

そもそも RHESSI > 20 MeV に感度なし
地上の観測から明らかにできる！

折れ曲がり

7-8 MeV

逃走電子の平均エネルギー

7 MeV に対応か

(Dwyer 2003, Roussel et al., 2008)

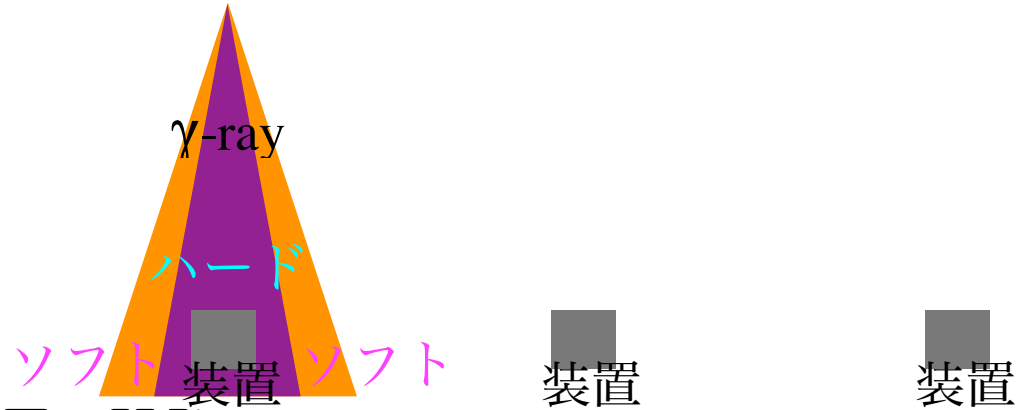
どちらも検出器の応答の補正前

まとめ

- 今期の乗鞍観測はポジティブな結果は得られなかった

今後

- 複数台の装置を設置



- 新装置の開発

