

# 雷や雷雲からのX線・ $\gamma$ 線を利用して の電場による粒子加速の検証

査定額:40 万円 (旅費28万円, 物品12万円)

旅費: 理研-乗鞍5回, 東大-乗鞍3回

物品: 定圧電源, 回路製作, HDDなど

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 (原研),  
岡野眞治(理研), 加藤博(理研), 瀧田正人(宇宙線研)

平成20年度ICRR共同利用研究成果発表会

## 二種類の放射線バースト

**Short bursts**  $\Delta T$ :ミリ秒かそれ以下

- 地球の大気上層 (TGFs)
- 自然の雷放電
- 人工的な雷放電(ロケット誘雷)



雷放電に同期している

**Long bursts**  $\Delta T$ :数秒から数分

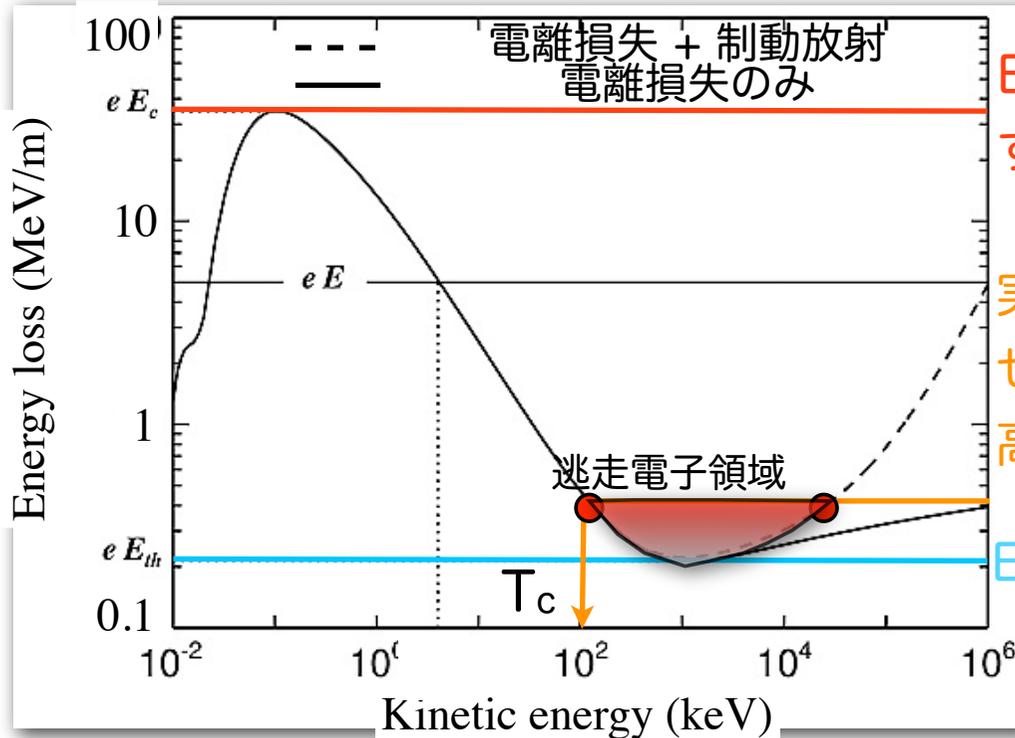
- 夏季の高山
- 冬の日本海側



雷放電にはっきりとは同期していない

# 大気内での逃走電子

逃走電子なだれモデル Gurevich et al., Phys. Lett. A 165,463,1992



$E_D$  (Dreicer field  $\geq 30$  MV/m)  
すべての電子は逃走電子になる

実際に観測される電場：  
せいぜい100 - 400 kV/m.  
高エネルギー電子(>100 keV)のみ

$E_c$  (しきい値電場@1atm)

逃走電子が発生する条件：

(1) 電場

$$E_c(\text{kV/m}) = 220P(\text{atm})$$

(2) 高エネルギー種電子

$$T_c = \frac{mc^2}{2} \times \frac{E_c}{E}$$

(3) ある程度の発達距離

$$l_{av}(\text{m}) = 50 \times \frac{E_c}{E} (P/1\text{atm})^{-1}$$

考えられる源

宇宙線  
や  
ラドン崩壊

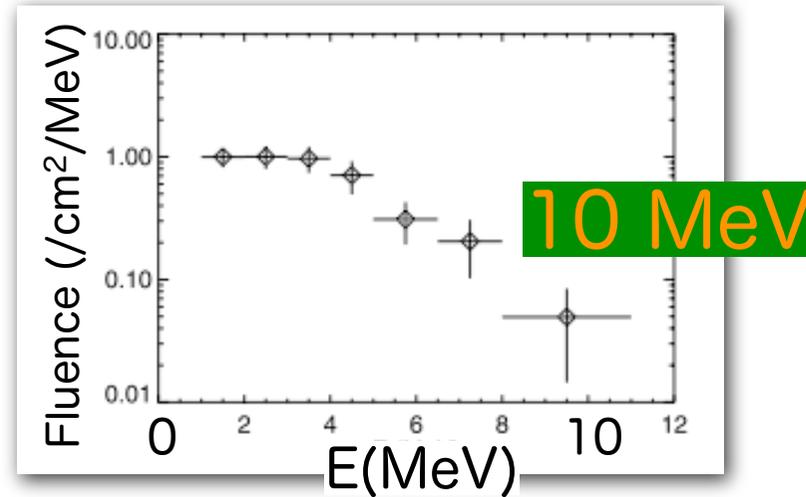
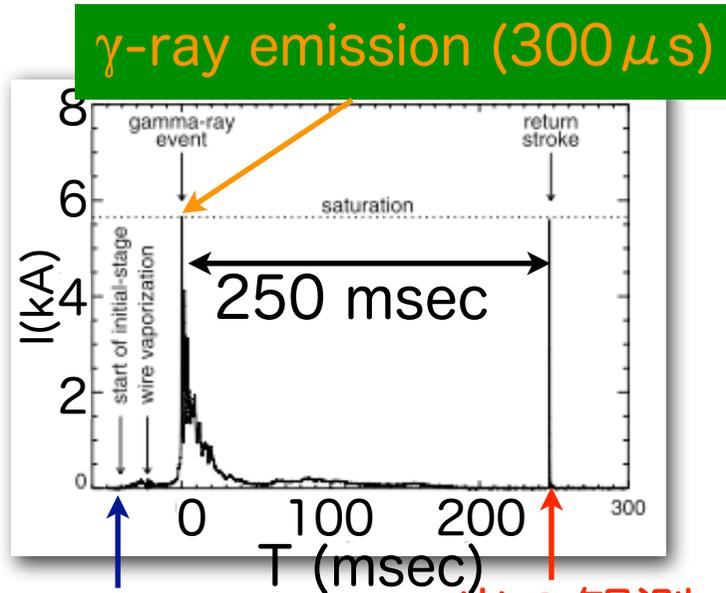
# Short-burst の観測

★誘雷実験 (フロリダ)



<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/s>

Dwyer et al., GRL 2004



雷放電の開始  
(leader stage)

光の観測  
(return stroke)

ほとんどのX線・γ線は光より前に  
観測される

制動放射による生成モデルとよく合う

# Long-burstの観測

## ★日本海沿岸での観測

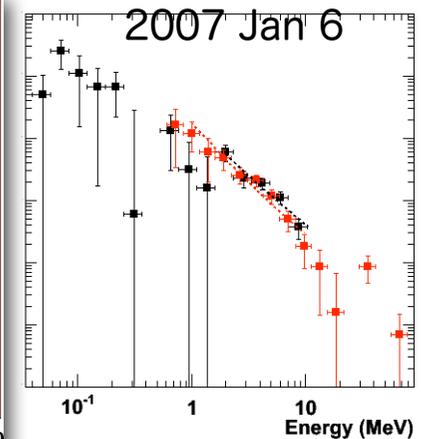
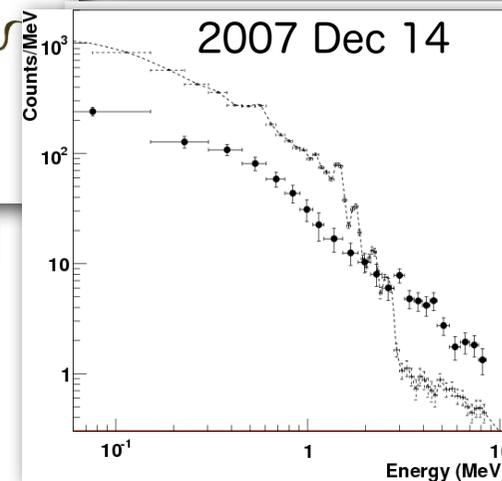
### 日本海側の特徴など



- ・ 冬季に雷活動が活発
- ・ 原子力発電所の放射線モニタ
- ・ Gamma-Ray Observation of Winter Thunderclouds
- ・ 制動放射  $\gamma$  線



GROWTH



Torii et al., JGR 107, 4324(2002);Proc. ICRC 30th, (2007)

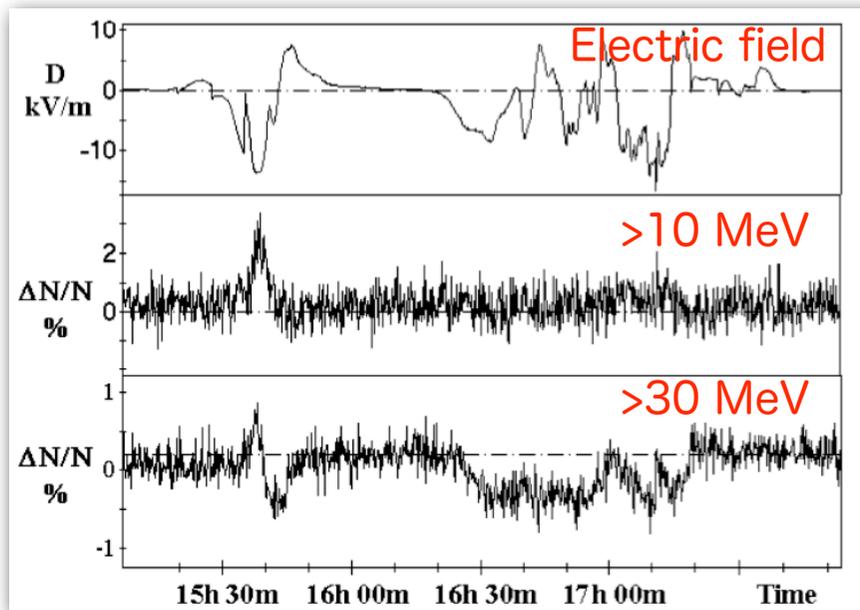
Tsuchiya, Enoto et al., PRL 99, 165002(2007);Proc. ICRC 30th (2007)

# Long-burst の観測

★高山での実験

Baksan (1770 m)

Scintillation-counter array



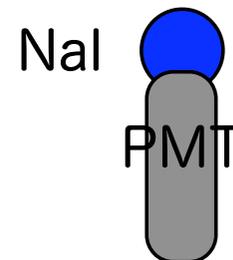
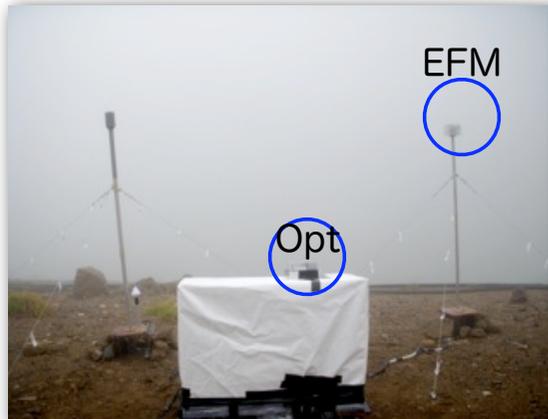
●さまざまな荷電粒子の観測  
ex. 乗鞍 : Muraki et al., PRD (2004)

●X線・ $\gamma$ 線観測  
<~100 keV (Chubenko+,2000).  
MeV領域はまれ(Brunetti et al., 2000).

高エネルギー電子

# 今期の乗鞍宇宙線観測所での観測

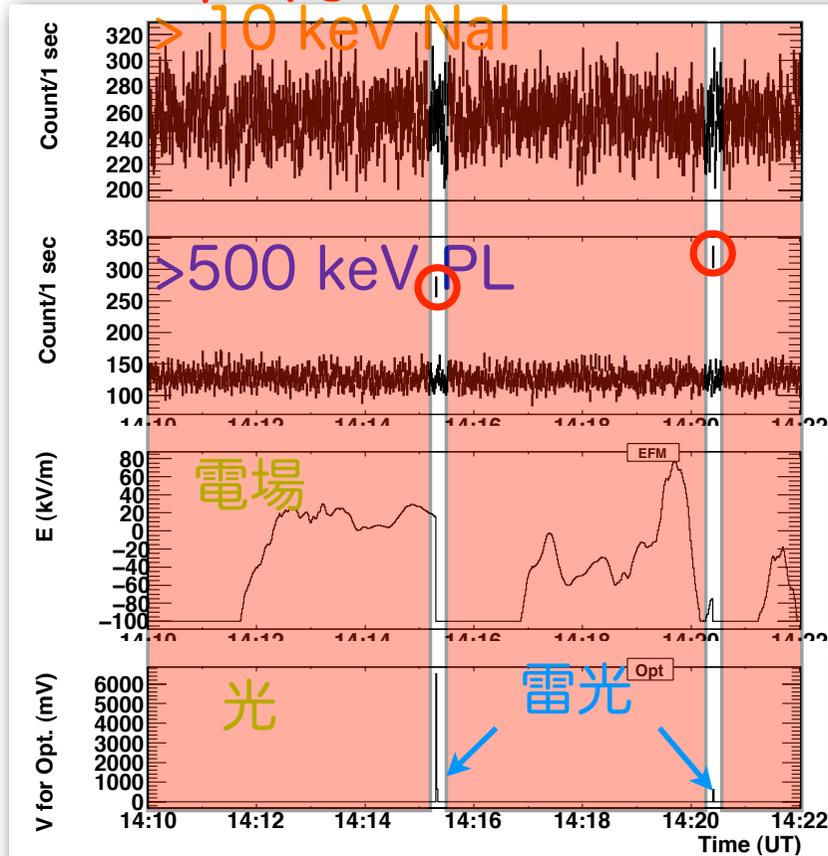
- 2008年9月4日 - 2008年10月2日
- 3"球形 NaI & 45cmX40cmX0.5cm プラスチックシンチ  
10 keV - 12 MeV, > 500 keV
- 5cmX5cmX15cm BGO (屋内)
- 光・電場の測定



# 乗鞍実験

## ★ Short bursts の観測

2008年9月21日 Preliminary



NaIには有為な増加なし

プラスチックシンチでのみ増加  
14:18:15UT, 14:20:24UT  
 $7\sigma (4 \times 10^{-6})$ ,  $9\sigma (3 \times 10^{-13})$

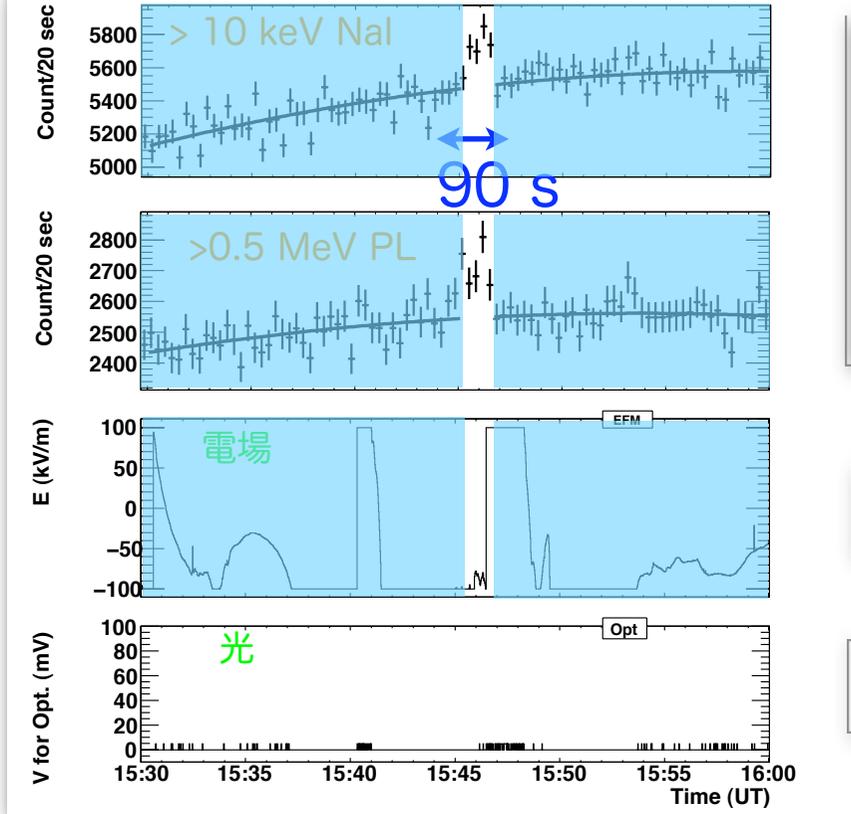
電場が負 = 負電荷の粒子が地面へ加速される向き

負電荷の荷電粒子が雷放電に同期して観測

日本時間では9/20の真夜中ちかく

# 乗鞍実験

★ Long burstsの観測  
2008年9月20日 Preliminary



NaI&PLの両者で増加  
15:45:10-15:46:40UT  
NaI  $1216 \pm 159$  ( $8.1 \sigma$ )  
PL  $672 \pm 104$  ( $6.5 \sigma$ )

電場が負のときにバースト

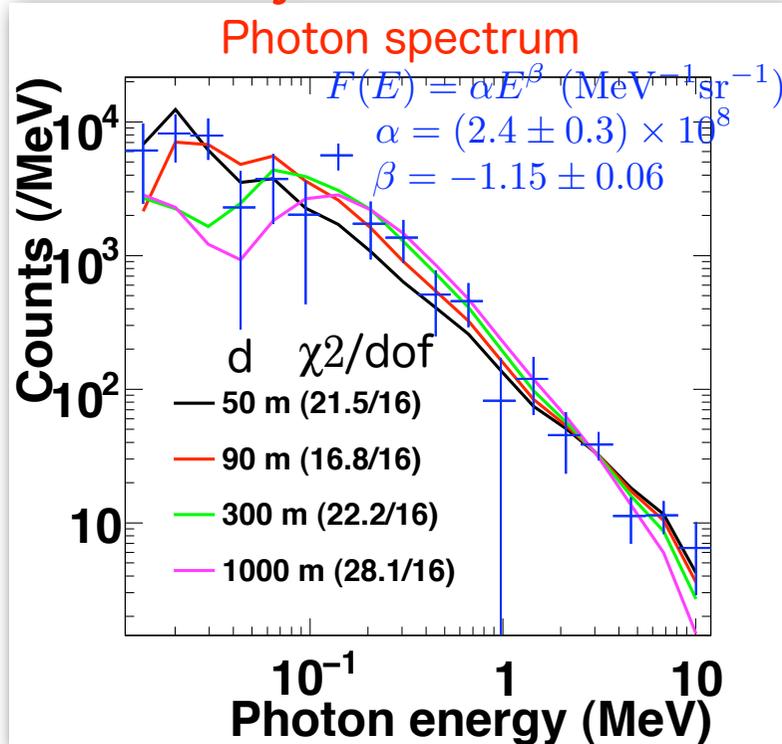
雷光なし

準定常的な電場による電子の加速

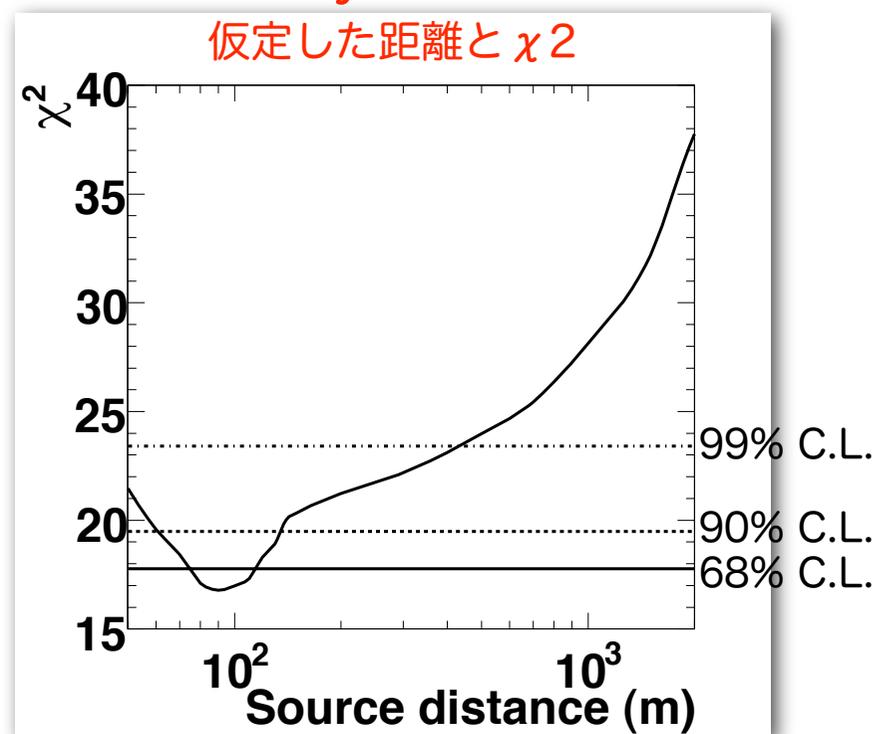
# 乗鞍実験

★ Long burstsの観測  
2008年9月20

Preliminary



Preliminary



ごく近傍(60-130m@90%C.L.)で発生した  
制動放射  $\gamma$  線であることを示唆

# まとめ

- 乗鞍宇宙線観測所において2008年9月4日から10月2日まで問題なく観測.
- Short bursts 2例, Long burst 1例を検出.
- Short bursts:雷放電に同期した負電荷粒子を観測.
- Long burst:  $\gamma$ 線+荷電粒子を観測.
- Long burst:光子スペクトラムより  
 $\beta = -1.15 \pm 0.06$  -> 制動放射とよく合う  
源までの距離が60-130 m (90%C.L.)と推定