

# 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:16.8 万円

旅費12万円：理研-乗鞍4回

物品4.8万円:装置製作費の一部

(独) 理化学研究所 玉川高エネルギー宇宙物理研究室  
土屋晴文

榎戸輝揚 (Stanford.U), 鳥居建男 (原子力機構),  
岡野真治(理研), 加藤博(理研)

# 1. はじめに

- 宇宙における粒子加速

磁場が決定的な役割を担う（衝撃波加速）

- 宇宙は大局的に電氣的に中性である。
- 電場の推定が難しい。

電場加速の現場：地球磁気圏や太陽、パルサー..

- 地球の雷や雷雲での粒子加速

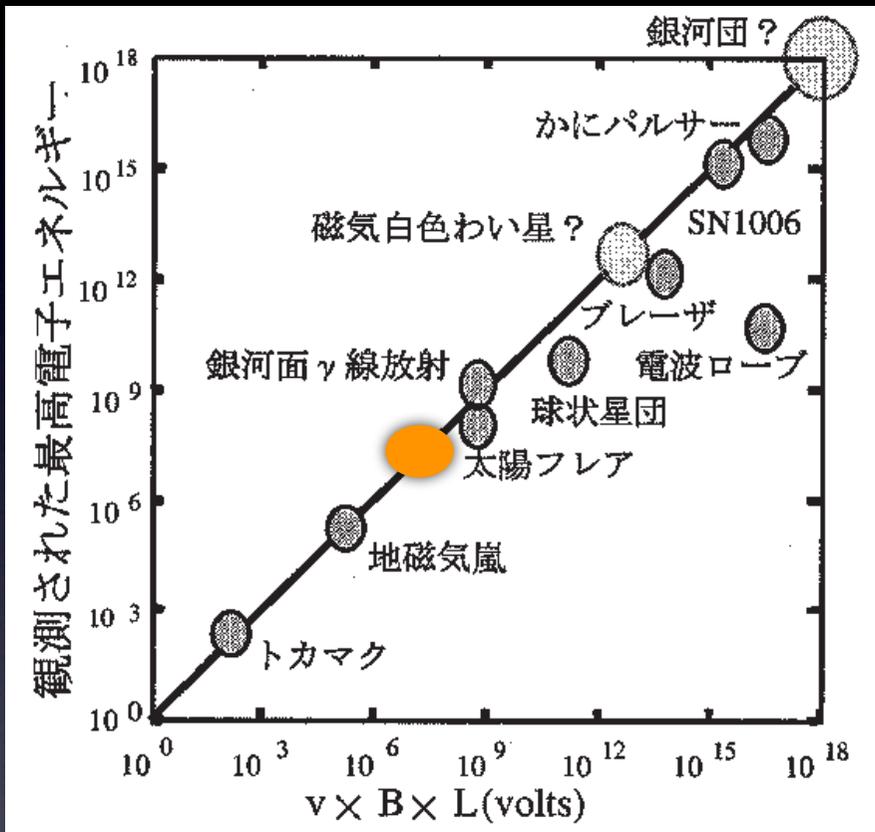
非熱的な光子の観測

- BATSE, RHESSI, AGILE, FERMI によるミリ秒ほどのガンマ線
- 高山の宇宙線観測装置によるガンマ線などの観測
- 冬季にのみ日本海側でのガンマ線の観測

宇宙物理：電場加速を検証できる実験場

地球物理：雷の発生メカニズムへの貢献

# 雷や雷雲での加速



Makishima, 1999

観測されている電場

0.1 - 0.4 MV/m

X

電場領域のスケール

100 - 1000 m

数十MeV - 100 MeVへ

加速が可能か？

# 大気での電子なだれモデル (雷発生モデル)

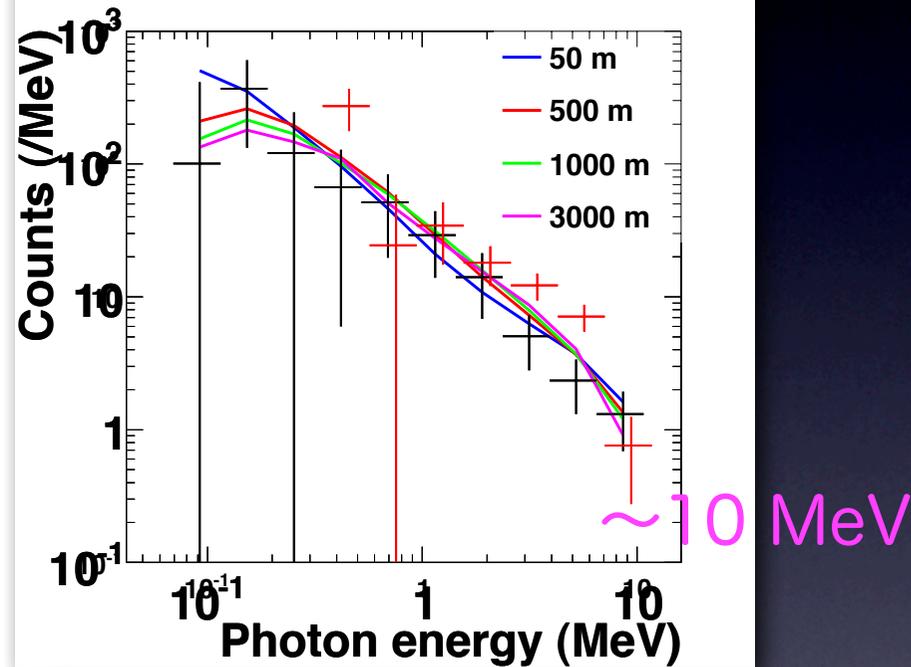
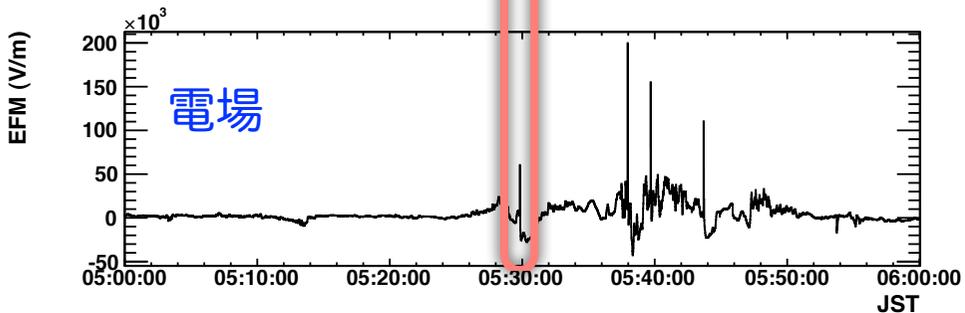
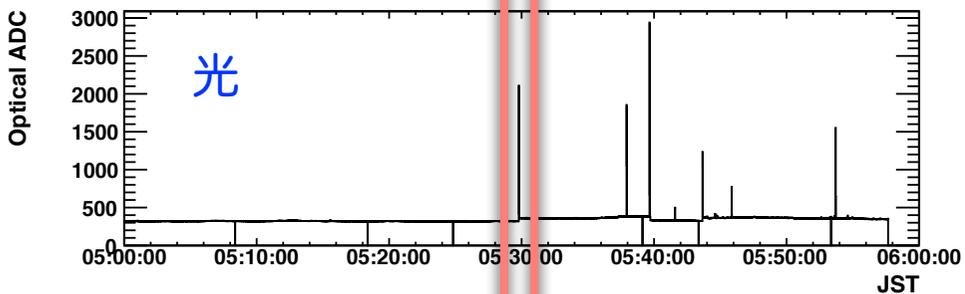
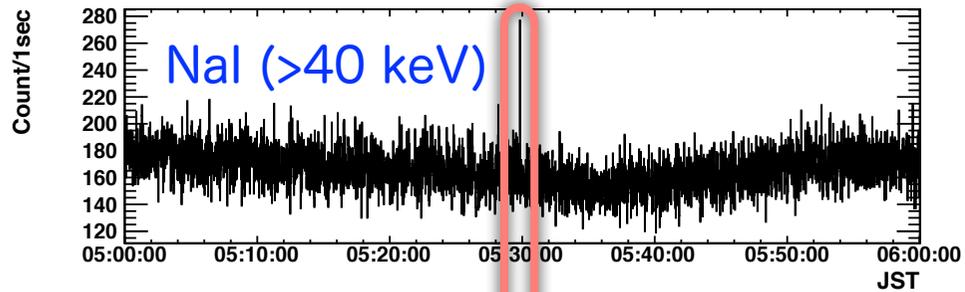
- Gurevich モデル (Gurevich + 1992)  
50 MeV or higher への加速:容易  
相対論的電子の数:  $10^{10} - 10^{11}$
- Dwyer モデル (Dwyer 2003, 2007)  
50 MeV or higher への加速:難しい  
相対論的電子の数:  $> 10^{13}$

最高加速エネルギーと数の測定

# これまでの観測



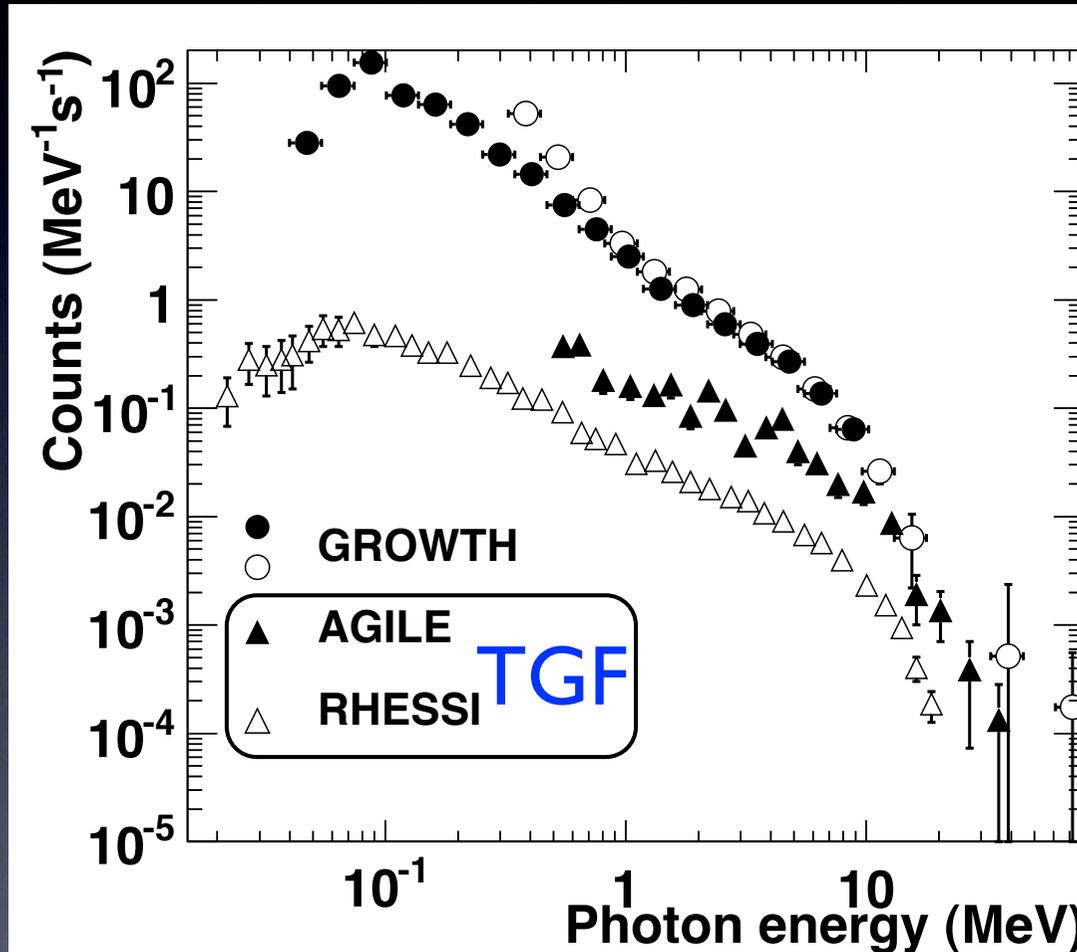
## 地上観測[GROWTH 090112]



雷との関連は明瞭  
10 MeVまでの放射  
電子数 $\sim 10^{12}$

# これまでの観測

## 衛星(TGF) VS地上観測



TGF:40 MeVまでの放射  
電子数:10<sup>16</sup>-10<sup>17</sup>

TGFと雷の相関：不明瞭

地上観測が必要

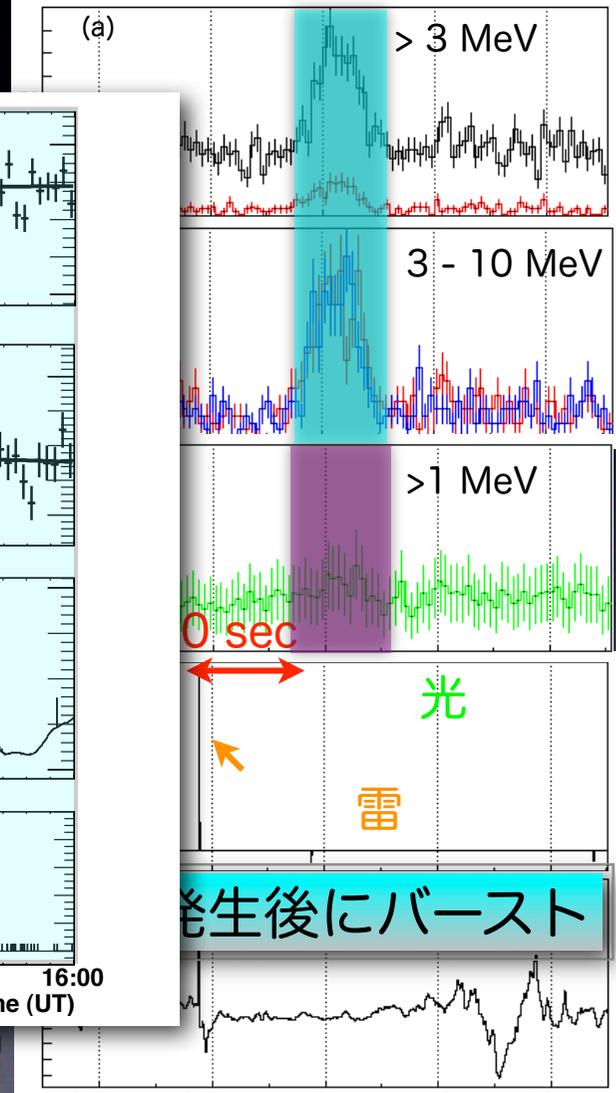
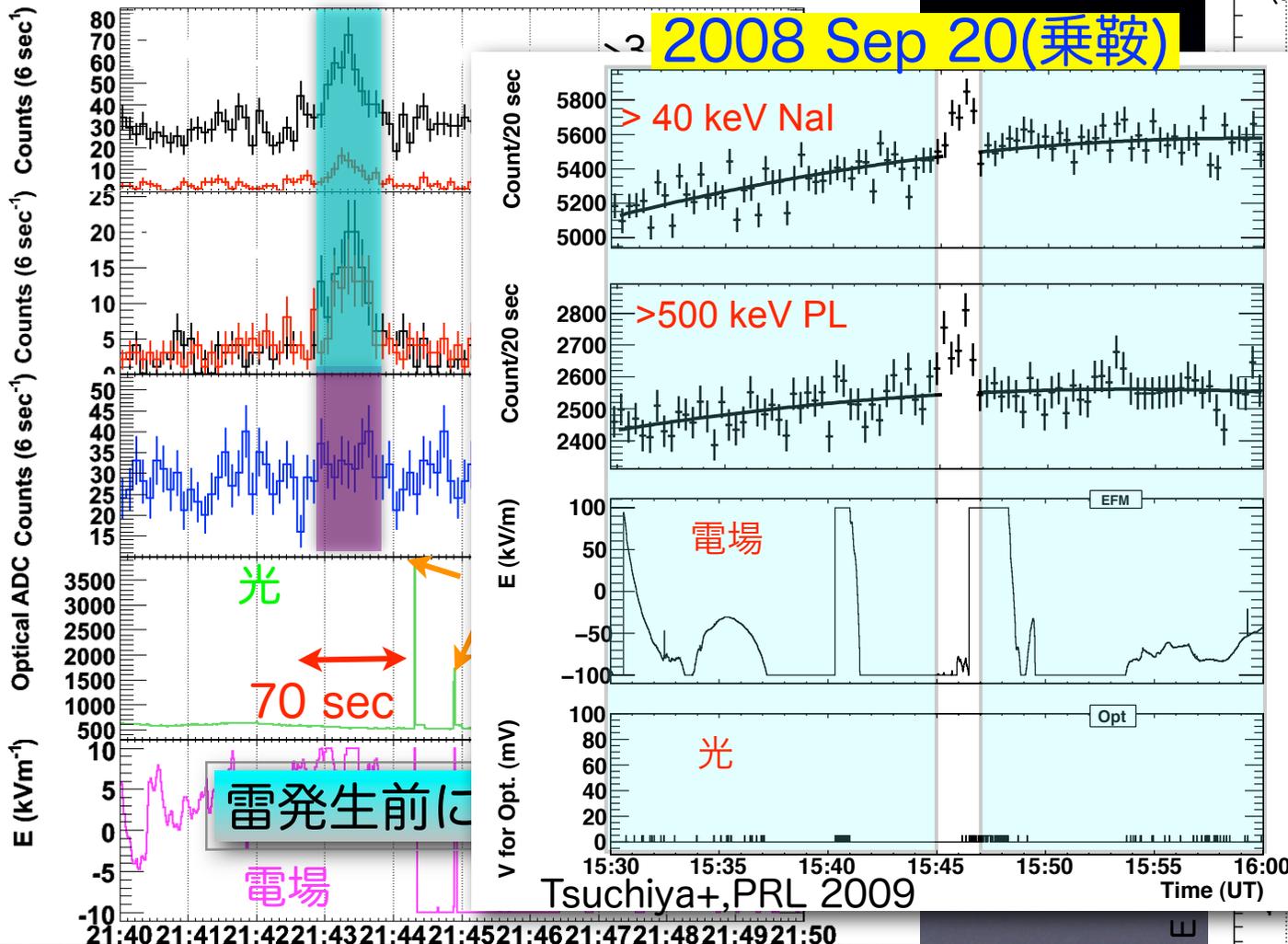
# これまでの観測



2007 Jan 6

2007 Dec 14

2008 Sep 20(乗鞍)

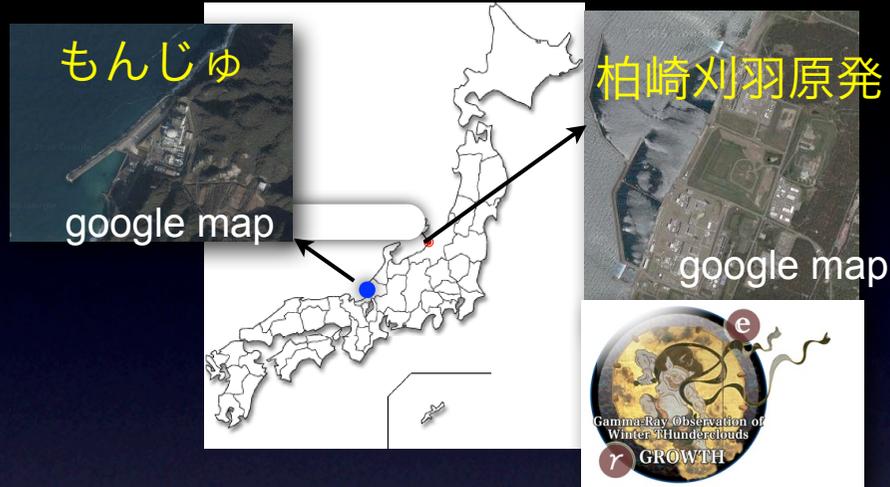


Tsuchiya+,PRL 2007

Tsuchiya+,JGR 2010 submitted

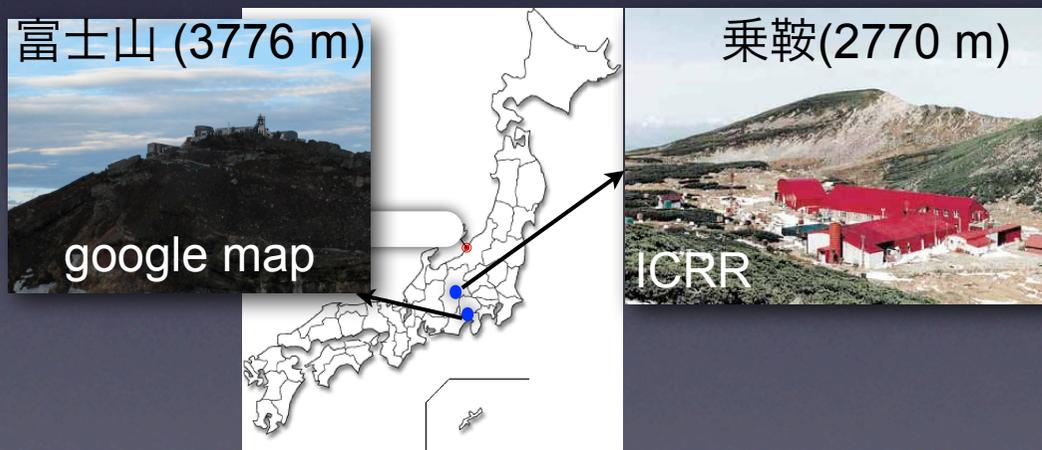
# 日本での観測

## ● 冬季の日本海側での観測



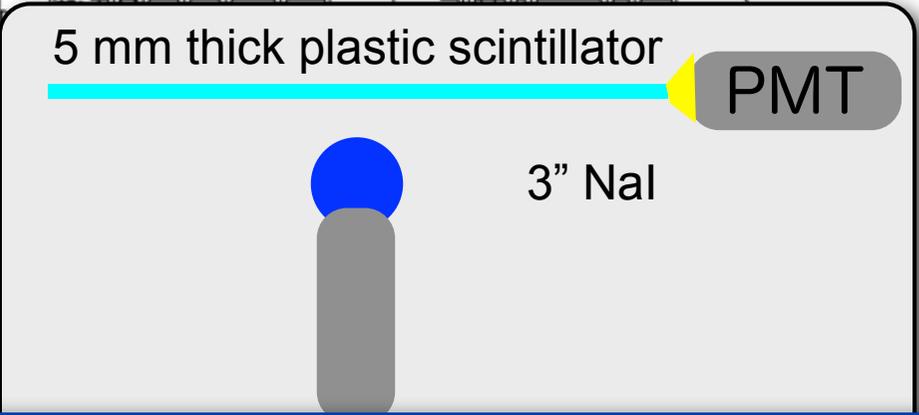
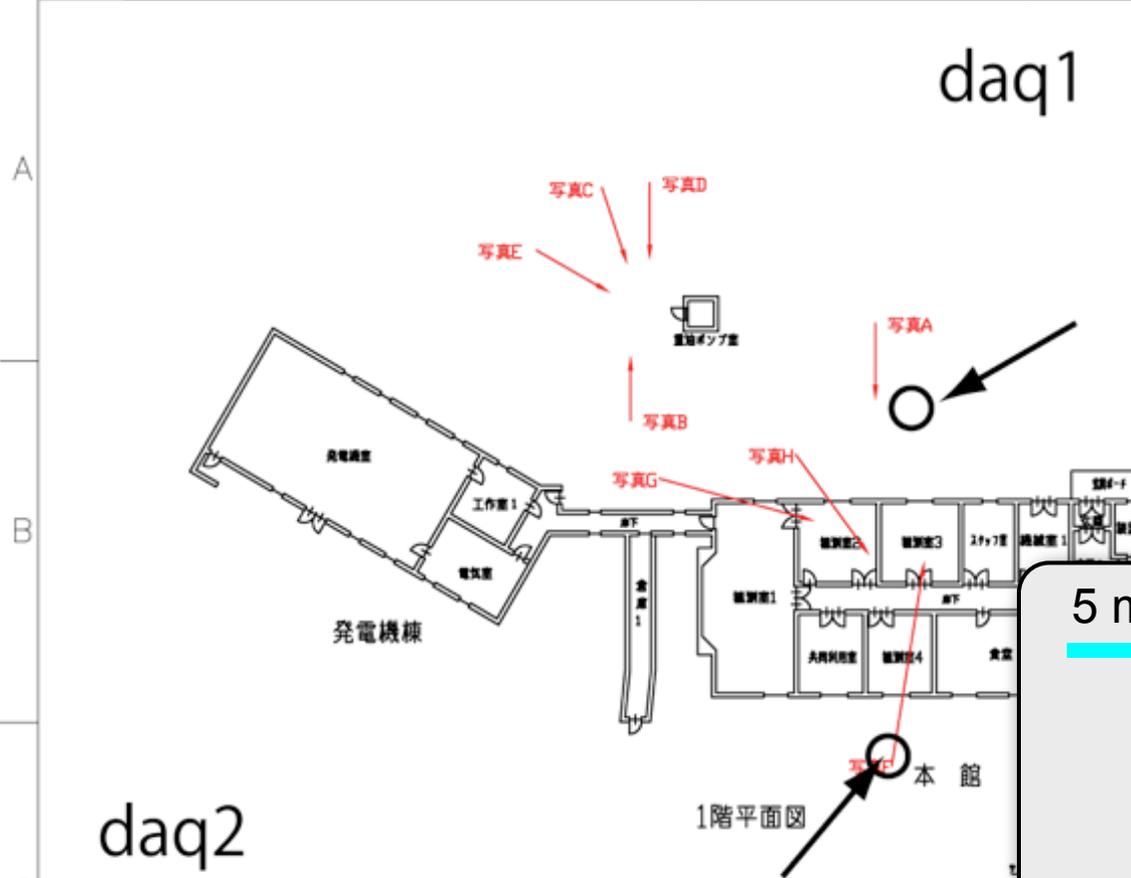
冬の雷雲：低高度で発達(<2km)

## ● 夏季の高山での観測



夏の雷雲：高高度で発達(>3 km)

# 2010年度の乗鞍観測所での観測



daq2



- 2010年7月20日—2010年9月26日
- 40 keV - 30 MeV
- plastic scintillator, > 100 keV
- 光および電場計

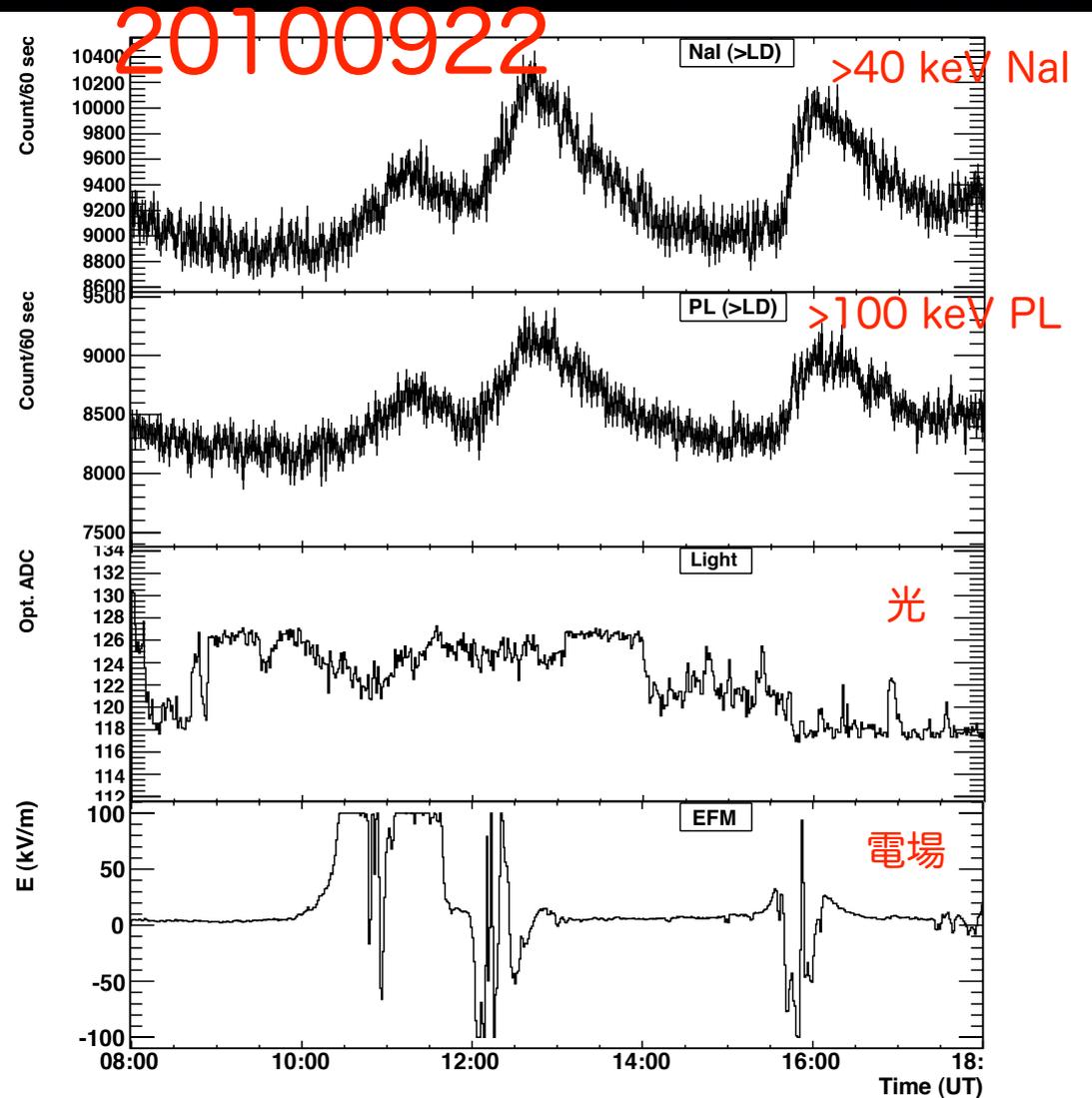
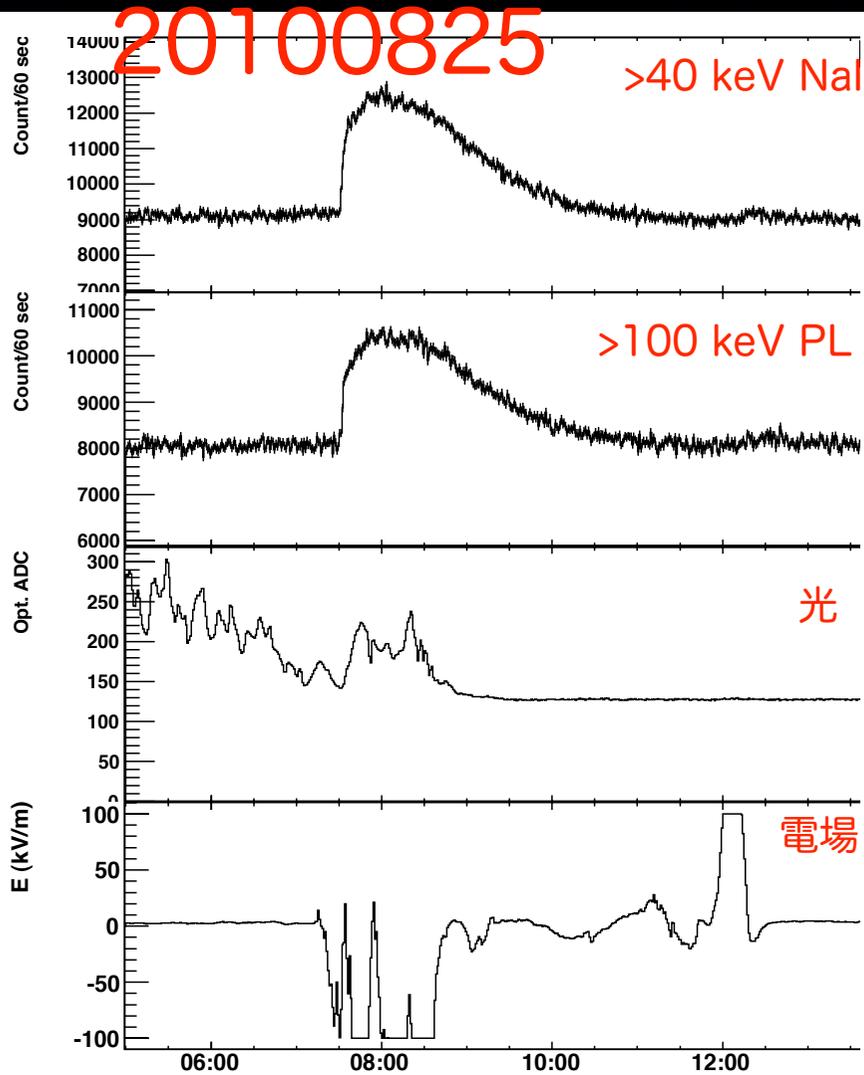
附属乗鞍観測所

図面番号

尺度  
1/500

# 今期の観測結果

● およそ2ヶ月の観測で、雷の発生および雷雲の接近はあった。

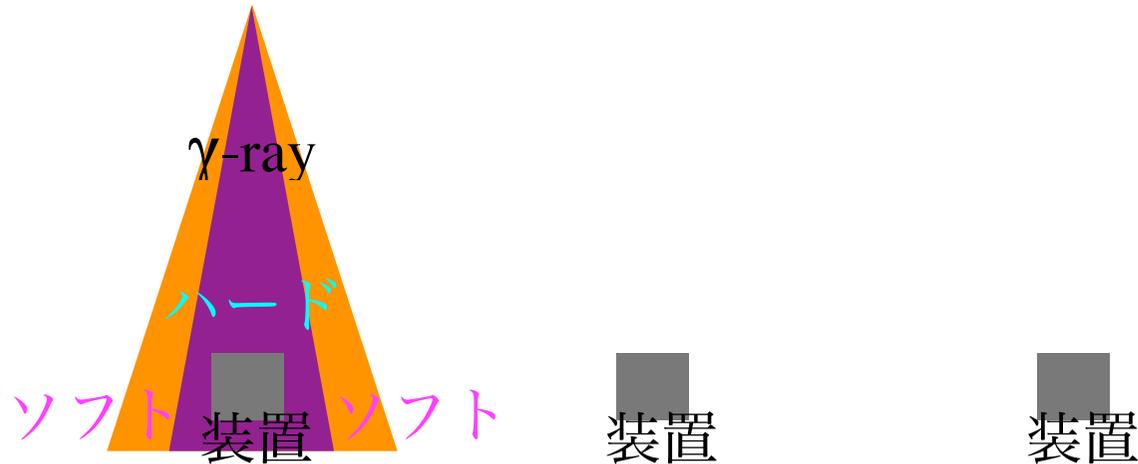


# まとめ

●今期の乗鞍観測のデータ解析中

# 今後

●(引き続き) 複数台の装置を設置し、4-5月の観測も可能にしていく。



●空気シャワーとの関連：日本以外でも展開できれば...

チベット（羊八井）、ボリビア（チャカルタヤ）、  
ユタ.....