

大型 CsI 結晶を用いた 冬季雷雲由来ガンマ線検出器の量産と それを用いたマッピング観測

松元崇弘^A

和田有希^{A, B}, 古田禄大^A, 清野愛海^A, 中澤知洋^{A, C},
榎戸輝揚^D, 湯浅孝行^B, 牧島一夫^B, 中野俊男^B, 土屋晴文^E

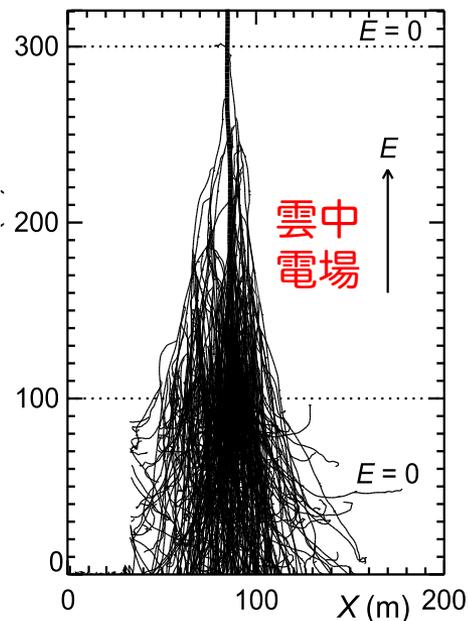
東大理^A, 理研^B, 名大理^C, 京大理^D, 原研^E

1. 雷雲からの放射線

雷雲内の電場による電子加速

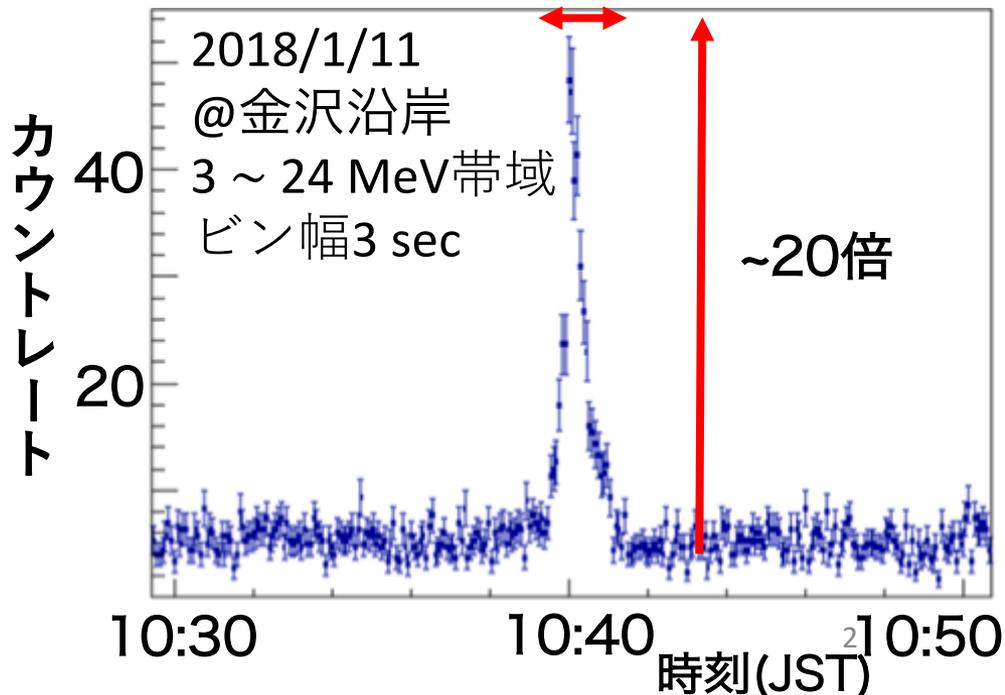
逃走電子雪崩 (Gurevich+1992)

- 時おり雷活動に伴う放射線が観測される (鳥居+02, 土屋+07など)
- 雷雲内の電場で加速・増幅された電子が制動放射を生じる
- 磁場が関与しない自然界唯一の電場加速



典型的雷雲ガンマ線

- 雷雲が上空を通過する数十秒間、線量が増加する
- 一般的に落雷は伴わない
- ~ 20 MeVまで延びるスペクトル



1.1. 北陸での観測とGROWTH

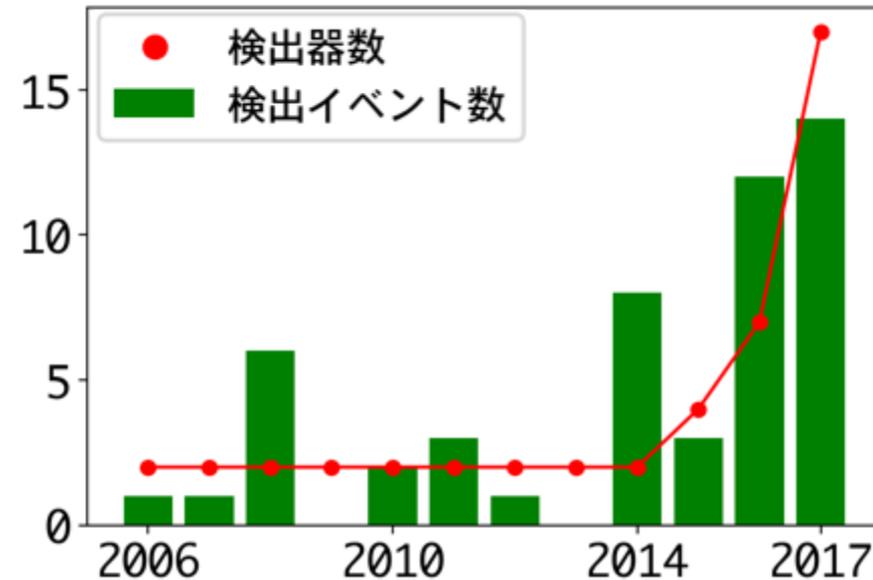
北陸の冬季雷雲の特徴

- 夏季雷雲より低い雲底(< 1 km)
→ ガンマ線が地上に届きやすい
- エネルギーの大きい落雷が多い
→ 北陸は雷雲ガンマ線研究のメッカ

GROWTH実験

(Gamma-Ray Observation of Winter THundercloud) 年度

- 2006から新潟県柏崎市で行なっているガンマ線の地上観測
- 柏崎で雷雲ガンマ線を初めて詳細に観測 (土屋+07)
- 制動放射ビーミング効果を示す (古田+年次大会15)
- 雷放電が引き起こす光核反応を観測的に解明 (榎戸+17)



2. 多地点観測(2015~)

多地点観測の意義

- 「生成→成長→消滅」という雷雲加速器の時間発展を追跡したい
- 加速機構の空間的構造に制限

→ 2015年度から金沢で
多地点観測に着手
(和田+年次大会16)

GROWTH金沢サイト

- 海岸から山間部に至る広い平野部
- 検出器を設置可能な公共施設が多い
- 冬期の雷日数が多い

10 km四方に~30台設置を目標

← 安価で設置しやすく、かつ
高性能な検出器が多数必要



2. 多地点観測(2015~)

多地点観測の意義

- 「生成→成長→消滅」という雷雲加速器の時間発展を追跡したい
- 加速機構の空間的構造に制限

→ 2015年度から金沢で
多地点観測に着手
(和田+年次大会16)

GROWTH金沢サイト

- 海岸から山間部に至る広い平野部
- 検出器を設置可能な公共施設が多い
- 冬期の雷日数が多い

10 km四方に~30台設置を目標

← 安価で設置しやすく、かつ
高性能な検出器が多数必要

冬期季節風



● 2016年度金沢での検出器設置場所

2. 多地点観測(2015~)

2017年度は沿岸部の
石川メッキ工業（株）敷地内に設置

- ・沿岸での雷雲ガンマ線の検出
- ・日本海から上陸した雷雲の発展を
沿岸部と内陸部から観測

GROWTH金沢サイト

- ・海岸から山間部に至る広い平野部
- ・検出器を設置可能な公共施設が多い
- ・冬期の雷日数が多い

10 km四方に~30台設置を目標

← 安価で設置しやすく、かつ
高性能な検出器が多数必要

冬期季節風



- 2016年度金沢での検出器設置場所
- ▲ 2017年度金沢での検出器設置場所

3. 開発した検出器

2016年度に開発した検出器

- 小型、軽量で取り回しやすい(45 x 35 x 20 cm, 10kg)
- 商用電力で駆動し、低消費電力(10 W)
- ひと冬放置しての連続観測が可能
- スイッチ一つで立ち上げ容易

設置作業

- 現地での検出器の組み上げが必要

3. 開発した検出器

多地点観測にフォーカスした改良型検出器

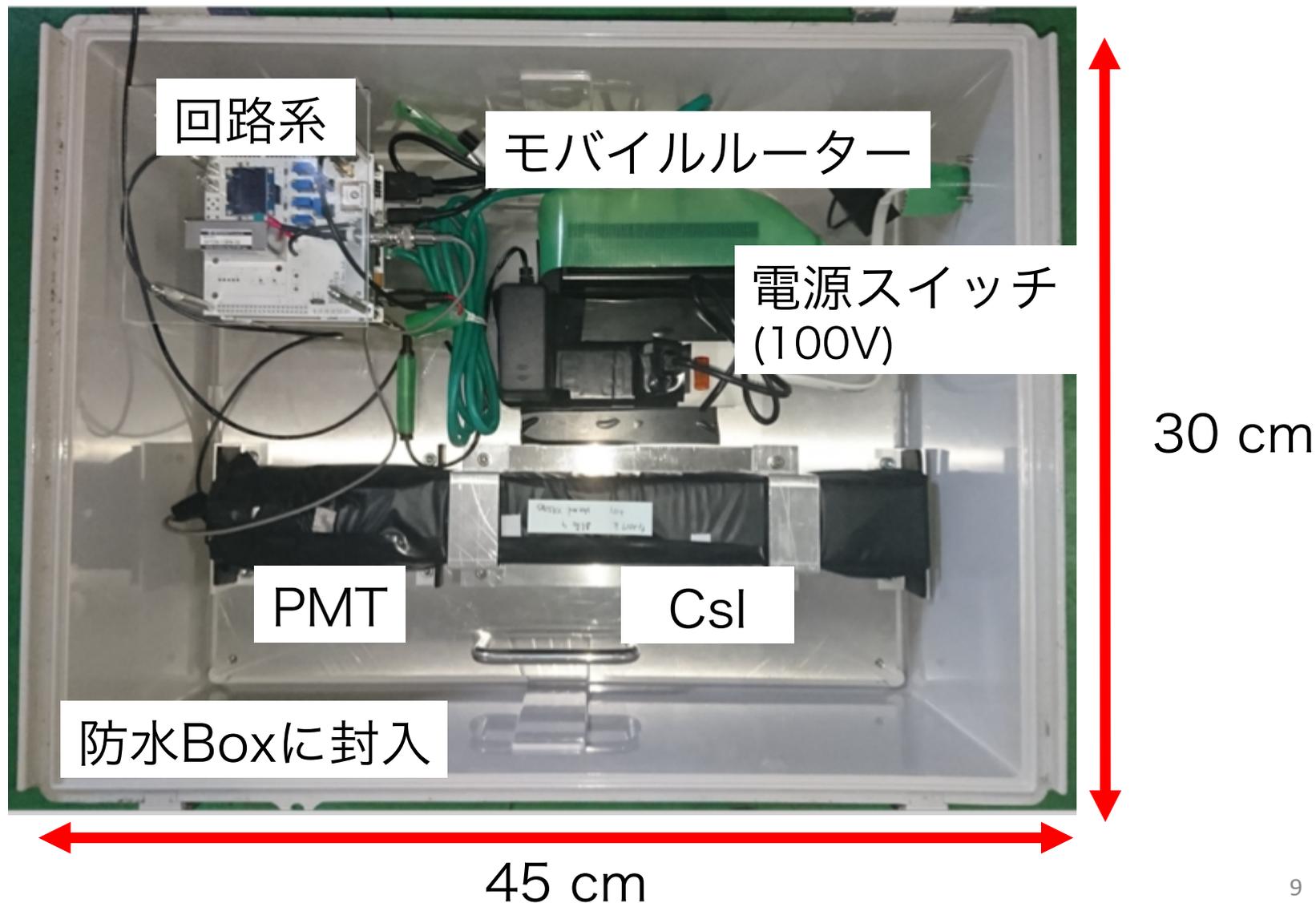
- 小型、軽量で取り回しやすい
(45 x 30 x 25 cm, 10kg)
- 商用電力で駆動し、低消費電力(10 W)
- ひと冬放置しての連続観測が可能
- スイッチ一つで立ち上げ容易
- 比較的安価なCsIの大型結晶を用いることでコストと有効面積を両立
- 簡素な設計で大量生産が容易
- シンチレータを搭載したまま郵送可能

設置作業～1時間未満

- 現地での検出器の組み上げが**不要**
- 郵送してコンセントにつなぎ、スイッチを入れるだけ



3.1. 検出器全景



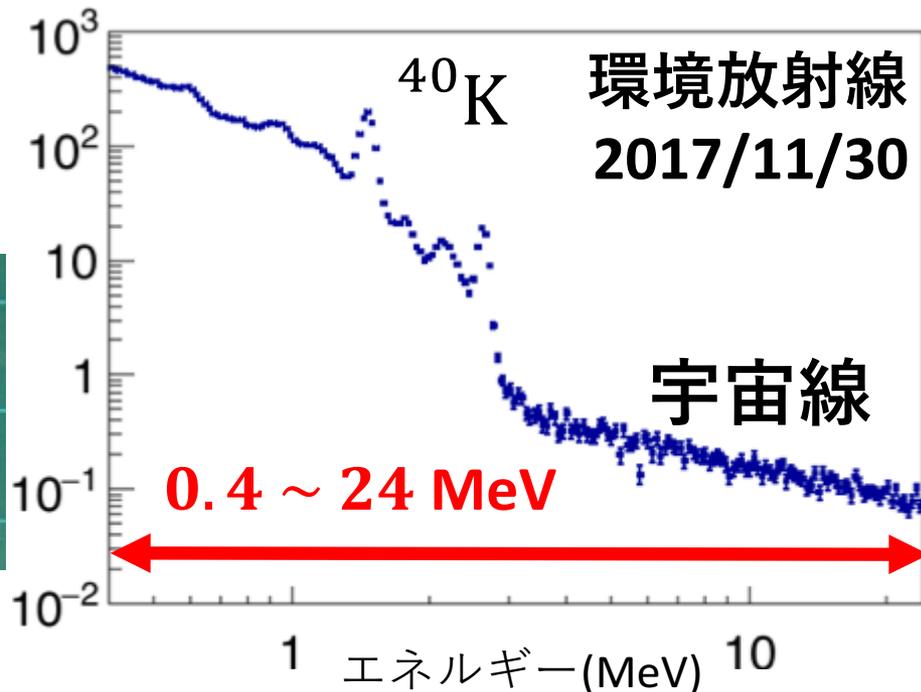
3.2. ガンマ線検出部

大型のCsIシンチレータ：5 cm x 5 cm x 30 cm：大有効面積

- 研磨した結晶をESR反射材とゴアテックスと遮光幕で覆う
 1. 光量の増加
ゴアテックス二重と比較して最大37 %の増光
 2. 潮解性のあるCsIを湿気から守る
設置直後と撤収直前で光量変化は3%未満→CsIは劣化していない
- 0.4~24 MeVの広帯域
511 keV対消滅線から
雷雲ガンマ線cutoff~10 MeV



30 cm



4. 設置箇所と運用

新型検出器は2017/11/29～2018/3/9（三ヶ月）運用
正常にデータ取得を行った

- 沿岸部で3件、内陸部で3件の雷雲ガンマ線を確認

日時	場所
2017/12/05 11:51頃	3
2017/12/05 18:30頃	4
2018/1/10 3:00頃	5
2018/1/10 3:00頃	6
2018/1/10 12:02頃	3
2018/1/11 10:40頃	3



金沢の沿岸部で初めてイベントを検出
内陸部まで追跡できたイベントはなかった

- 従来型の検出器
- ▲ 改良型検出器

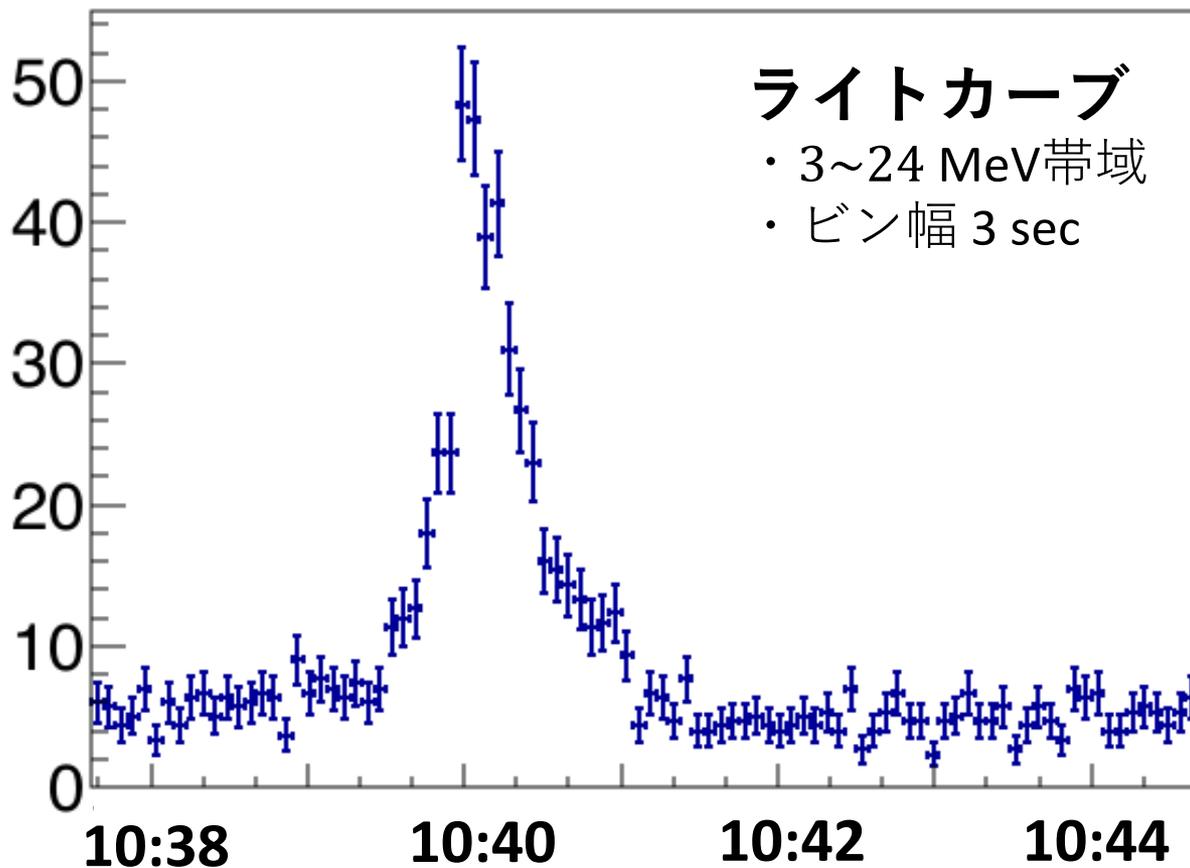
5. 代表的な観測例

2018/1/11 10:40頃 イベント

観測地点

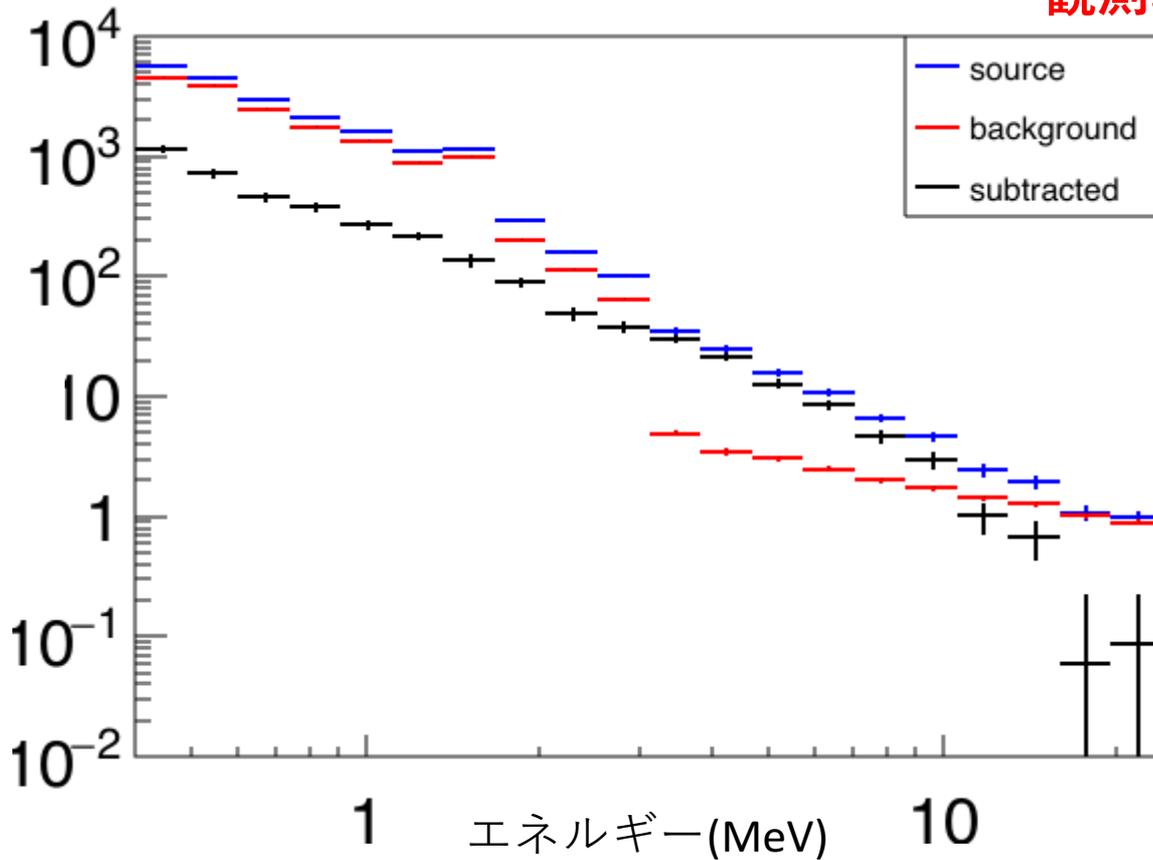
← ~60 sec →

カウントレイト

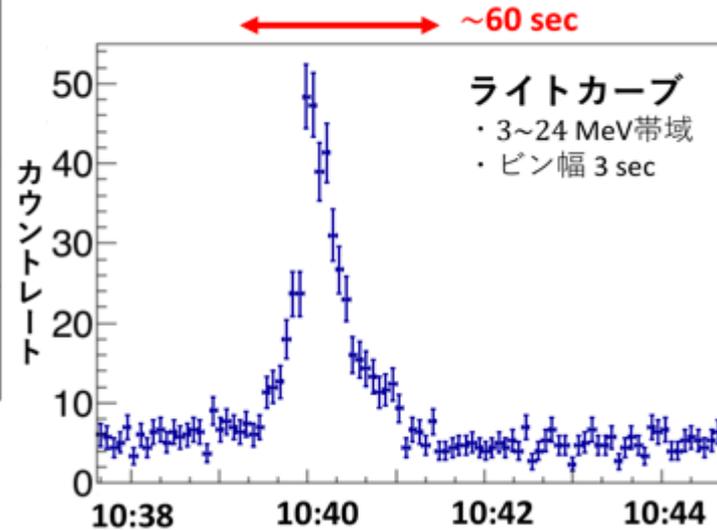


5. 代表的な観測例

2018/1/11 10:40頃 イベント

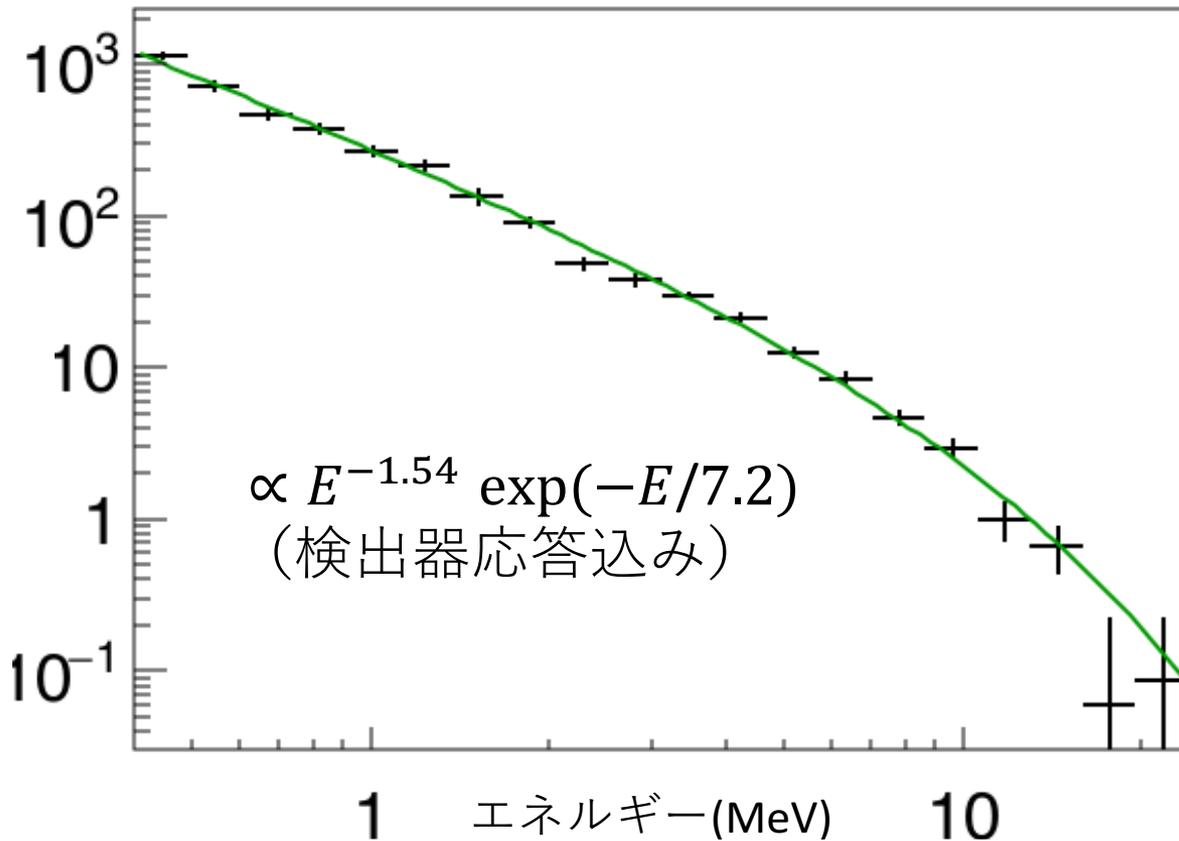


観測地点



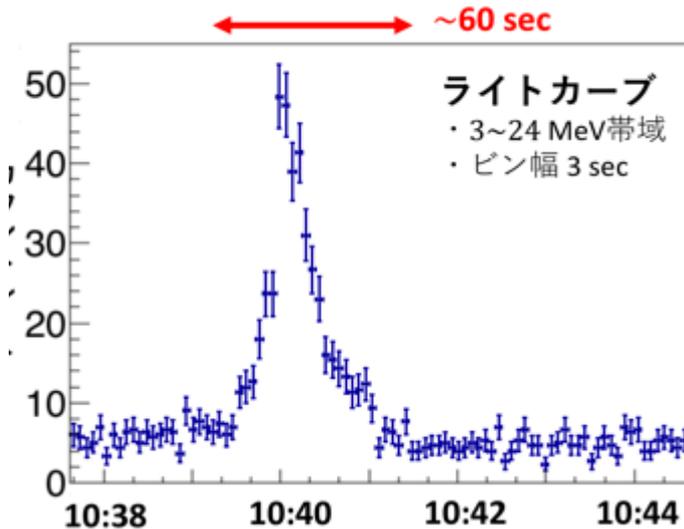
5. 代表的な観測例

2018/1/11 10:40頃 イベント



制動放射のカットオフを検出

観測地点



6. まとめ

- 多地点観測に焦点を合わせ、安価で設置しやすく、大有効面積で広帯域を観測できる改良型検出器を開発した。
- 改良型検出器を沿岸部に3台設置し、日本海から上陸した雷雲の発展を沿岸部と内陸部から観測する体制を整えた。
- 三ヶ月間、正常にデータ取得を行い、3件の雷雲ガンマ線イベントを観測した。制動放射のcutoffを確認した。