

冬季雷雲のガンマ線測定を狙う 多地点観測システムの新規開発

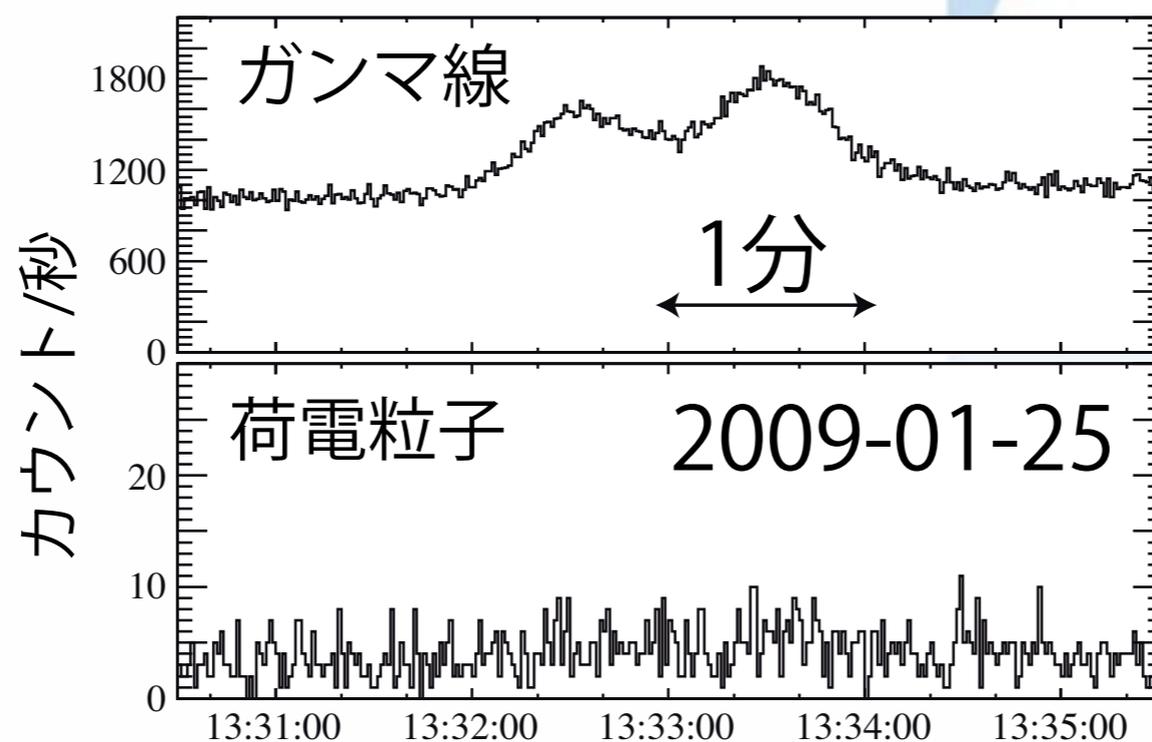
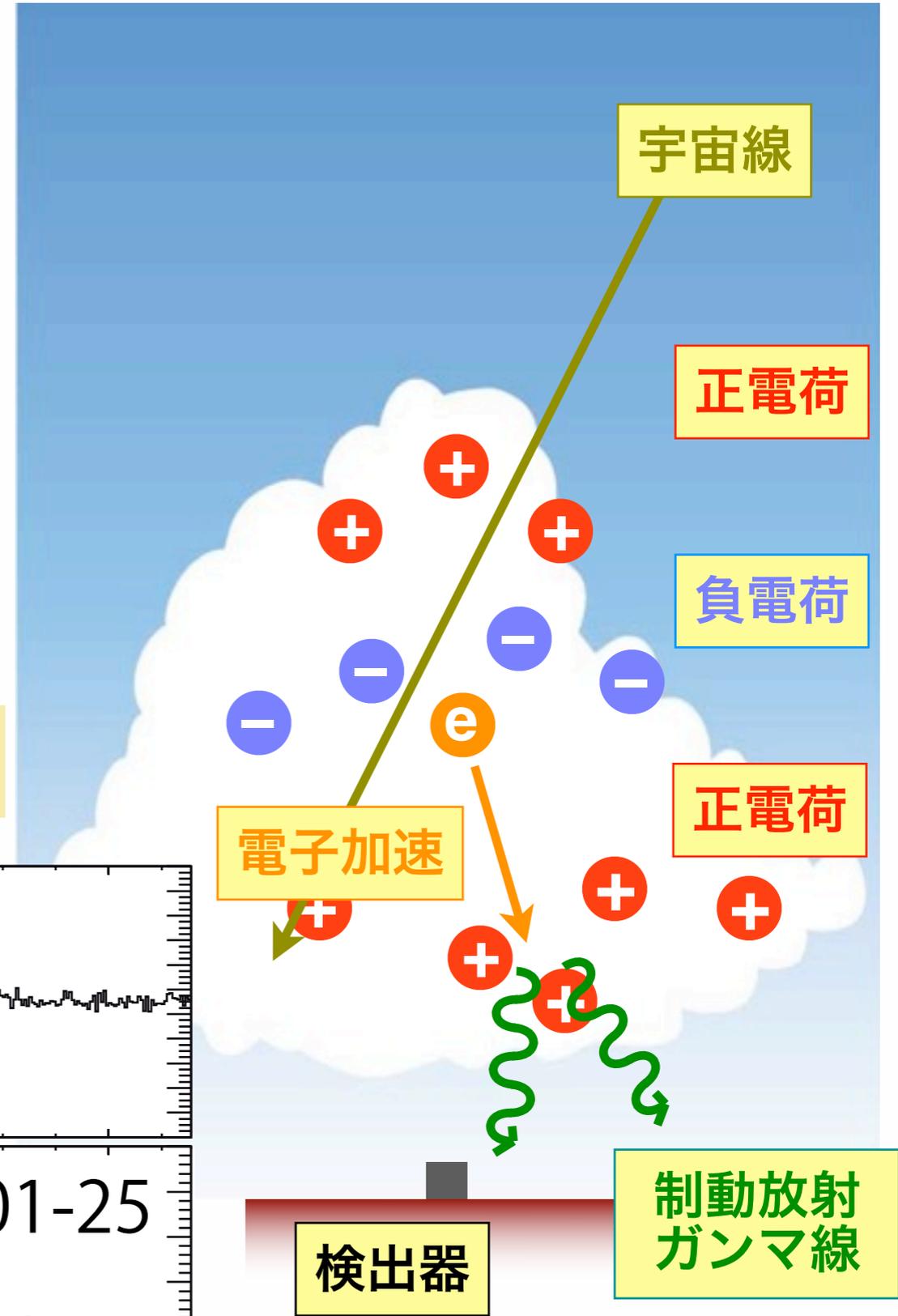
榎戸輝陽(京都大 白眉センター/宇宙物理), 湯浅孝行(理研), 和田有希(東大),
中澤知洋(東大), 土屋晴文, 中野俊男(理研),
米徳大輔, 澤野達哉(金沢大) ほか

雷雲ガンマ線プロジェクト (GROWTH Collaboration)

GROWTH=Gamma Ray Observation of Winter THunderclouds

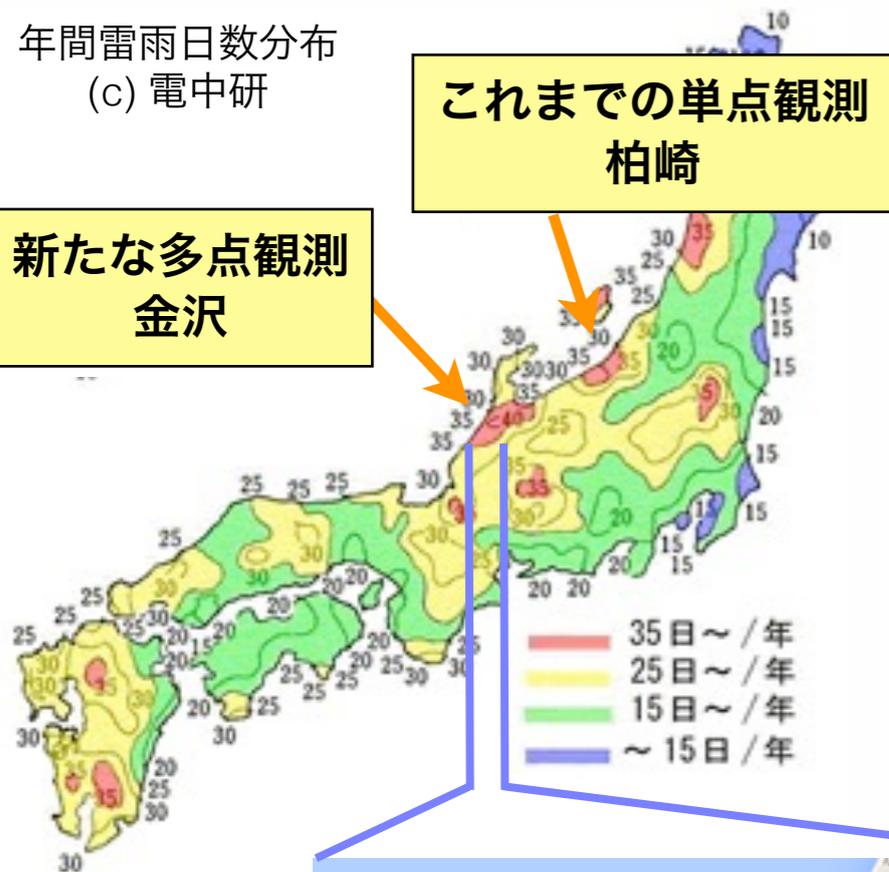
- 雷雲内の電場による電子の相対論的加速
 - ~10 MeV に達する制動放射ガンマ線
 - 日本海沿の冬季雷雲では、地上観測が可能
- 新潟県の柏崎での2006年以降に23例を検出
 - ガンマ線の初観測 (Tscuhiya, Enoto et al. 07)
 - 制動放射ビーミング効果 (古田ほか物理学会15)
 - 511 keV輝線の検出 (Umemoto et al.,16, PRL)
- 高密度な大気内での電子加速という特異な系
 - 大気電気、宇宙物理、宇宙線の学際領域！

「発見の時代」から「戦略的な計測」へ



2015年に米国から帰国して雷雲ガンマ線を再開しました

年間雷雨日数分布
(c) 電中研



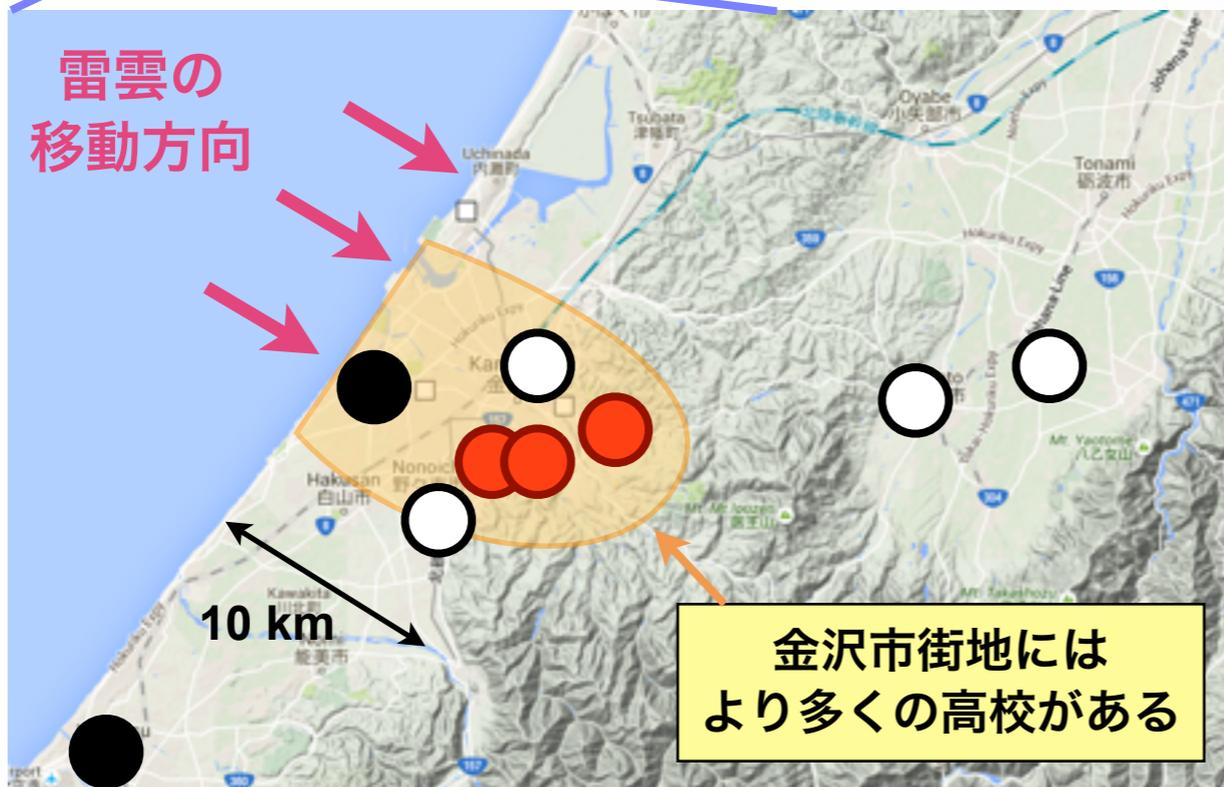
雷雲ガンマ線の観測戦略

- ・ ガンマ線放射を数分間以上も継続する機構は？
- ・ 電子加速域の生成・成長・消失を追跡する観測が必要。
- ・ 単点観測からマッピング観測に展開したい！

最適の観測地と設置場所は？

- ・ 柏崎原発での観測は後背地に山林があり展開が難しい。
- ・ 金沢の市街地の上空は雷雲が通過し、落雷件数も多い。
- ・ 設置間隔は、雲の移動速度(~500 m/分)×継続時間(~1-2分)~1 km が望ましい→現地の高校の屋上に多数配置？

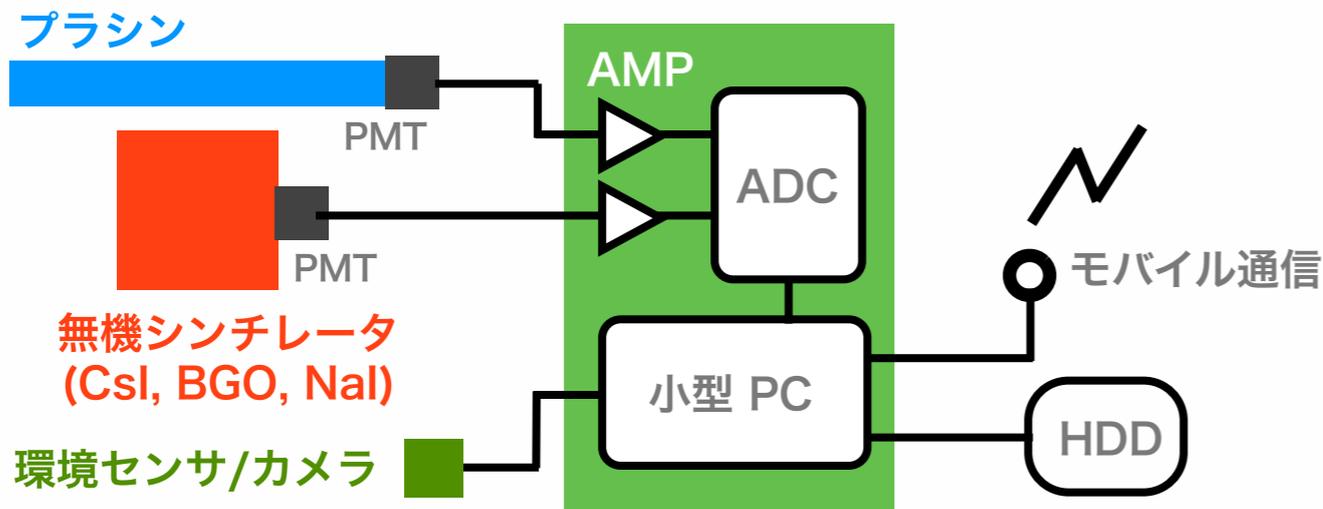
- 設置済
もしくは
許可済みの学校
- 交渉中の
学校
- 設置許可
のある
個人宅



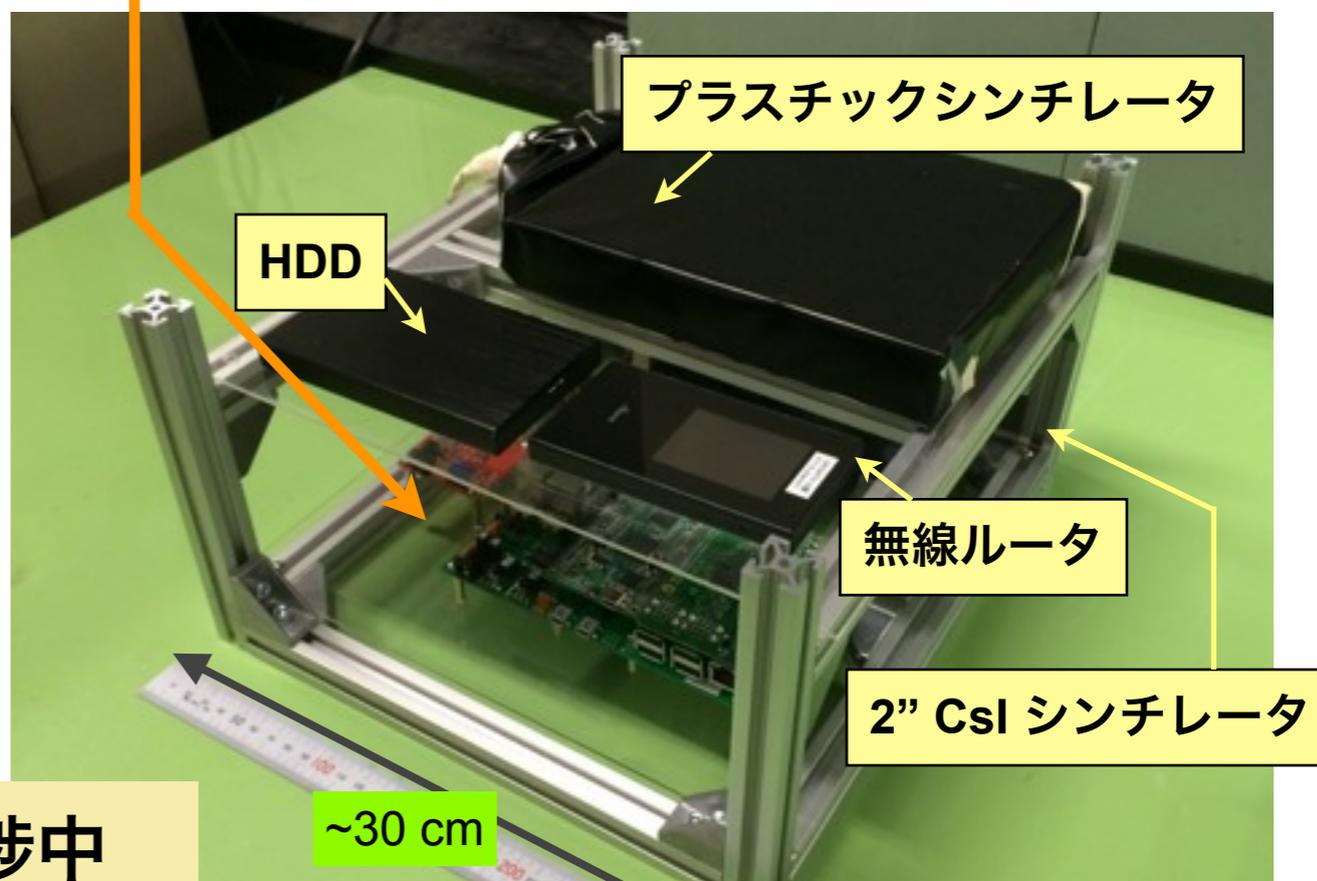
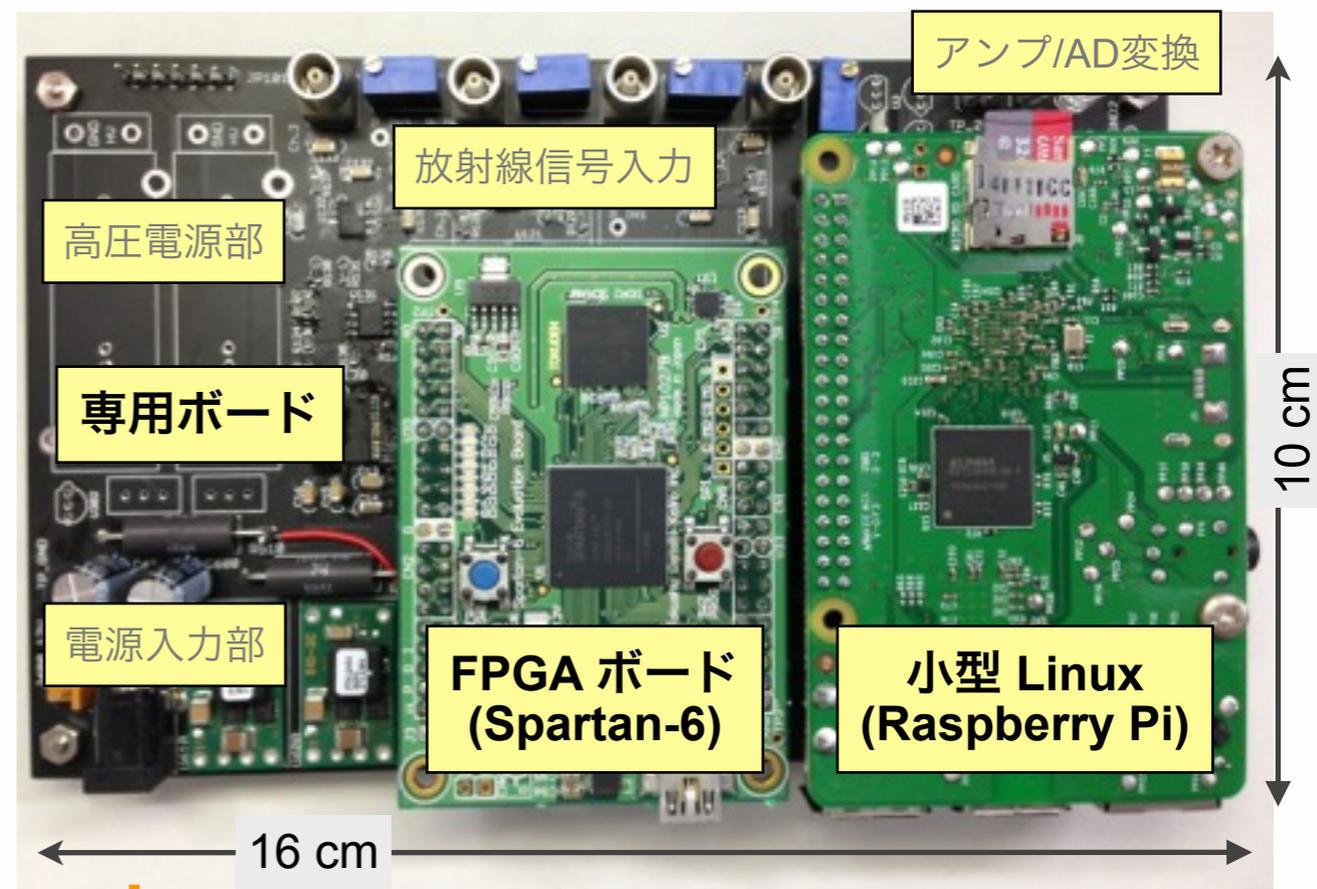
金沢大学附属高校への訪問説明

金沢周辺の5校（大学+高校）を訪問し前向きな返答。15年度は2校に設置。

小型で安価な放射線モニタリング装置の開発



- 放射線イベント測定: 時刻, エネルギー
 - 無機シンチレータ: ~0.5-8 MeV 帯域
 - プラシン: 荷電粒子(宇宙線等)の弁別
 - ~30 byte/event, 波形25MHzサンプル
- データ取得システムの開発 (湯浅ほか)
 - 専用フロントエンドボードの独自開発
 - FPGA+Raspberry Pi の DAQ システム
 - 温度などの複数の環境データも集積
 - ウェブカメラで上空の様子を記録
 - モバイル通信で遠隔操作・データ送信
- 14-15年度で段階的にバージョンアップ
- 製作費用 ~40万円 (シンチレータ含む)



多地点測定システムの開発は順調に進捗中

- ・ 研究開発費の不足、高校屋上のコンセント敷設での手続き上の問題
- ・ 学術系クラウドファンディング「アカデミスト」を利用し、一般の方から寄付金を募る
- ・ **「カミナリ雲からの謎のガンマ線ビームを追え！」**
 - ・ 2ヶ月間に 100万円の目標を達成できないと 0円
 - ・ ウェブでの研究説明、SNS(twitter, Facebook)での宣伝
 - ・ リターン（特製デザインのTシャツ、マグカップ、論文謝辞）
 - ・ 研究への「理解」が第一で、商品化を目的にしていない。
- ・ **2015年10月15日に締め切り、160万円を達成！！**
 - ・ 153人のサポーター、93件の応援コメント。後日、Yahoo ニュース
 - ・ データ解析に市民サポーターが参加できるサイトも試験的に作成



日本海沿岸に住んでいたことがあり、冬季の雷を思い出しました。とても興味深い研究だと思います、応援しています。

お二人のプロジェクトを見て、久しぶりにとてもわくわくしました！今はささやかな資金貢献しか出来ませんが、私もいつか、自分の専門分野を通じて科学技術に貢献できるよう仕事頑張ろうと思いました。がんばってください！！



academist

アダチ・デザイン研究室
adachi design laboratory

高校連携やクラウドファンディングなど市民サイエンスの視点でも進めたい

カミナリ雲からの謎のガンマ線ビームを追え！

Tweet 486

いいね! 17



挑戦者：榎戸輝揚、湯浅孝行
所属：京都大学、理化学研究所
役職：特定准教授、特別研究員

支援総額 1,600,014円

達成率
160%

サポーター
153人

残り時間
終了

支援する

プロジェクト内容

コメント

93

進捗報告

目標金額を達成しました！



二ヶ月にわたった挑戦も幕を閉じ、み...
も達成し、さらにセカンドゴールの150...
いたがくことができました。ご支援いたがいたみなさま、SNSでサポート

サポートしてくださった皆様
ありがとうございました

● お支払について

academistでのお支払はクレジット

THUNDERCLOUD PROJECT

雷雲からのガンマ線放射イベントを見つけよう。

<http://thdr.info/>

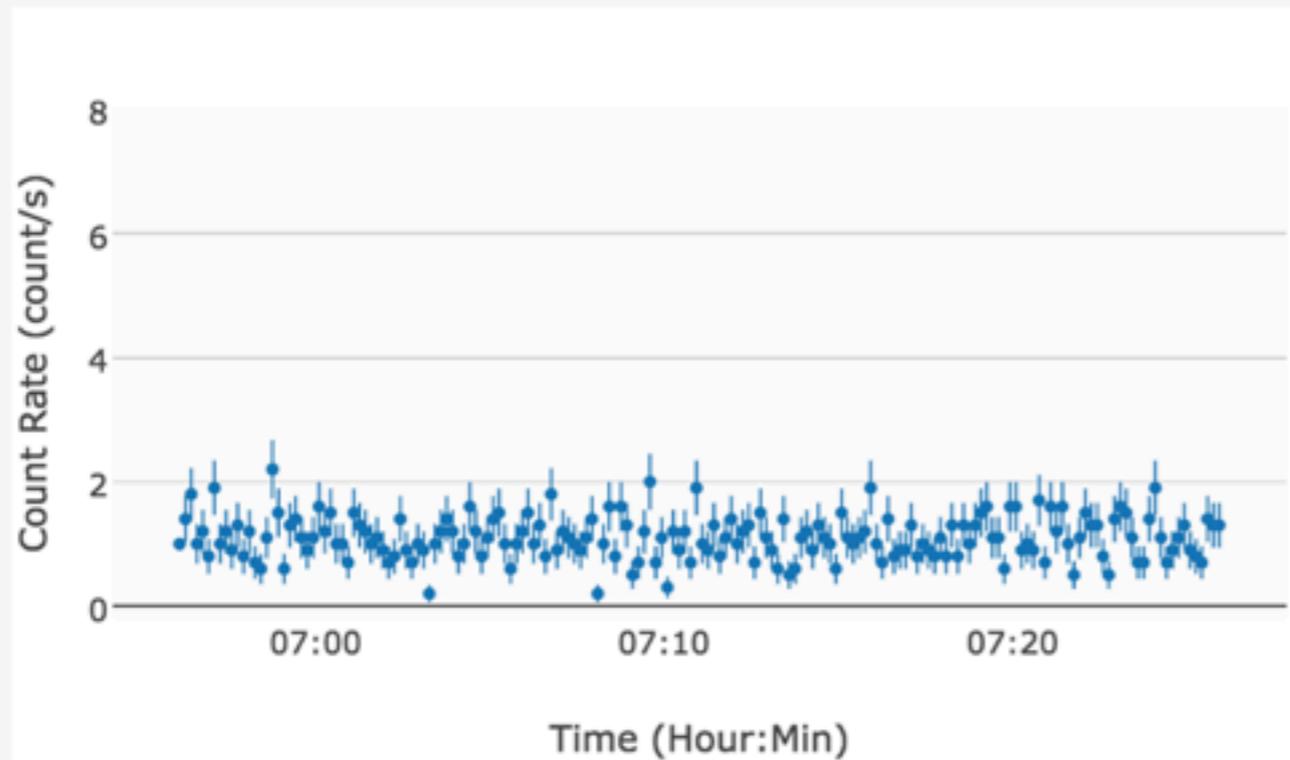
観測データを分類する

総データ量: 3706 シーン (1853.0時間分)

総分類数: 1403 シーン (701.5時間分)

ガンマ線/宇宙線のカウント数の時系列データ

観測装置	growth-fy2015d 	観測開始	2016-01-08 06:56:16
設置場所	金沢大学屋上 	観測終了	2016-01-08 07:25:56



1. 時系列データを分類してください

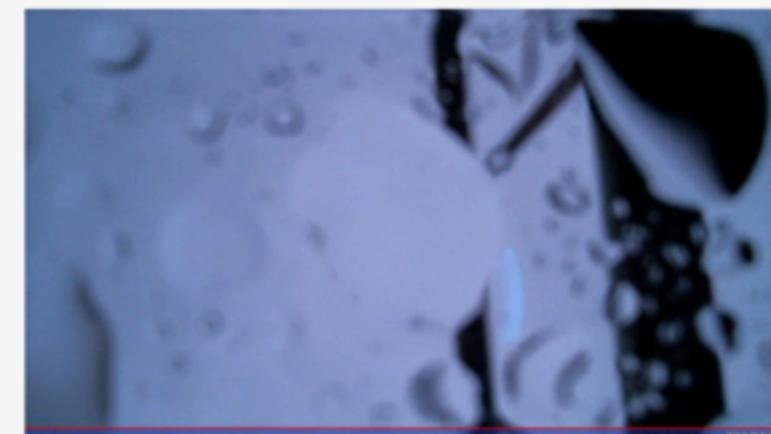
「特徴的な時間変動」が ある ない

参考: 「特徴的な時間変動」とは?

2. 天候を分類してください

参考: 空カメラには何が写っていますか?

夜 晴 曇 雨 雪 不明



結果を送信

次のデータを表示

2015年の金沢パスタファインダー観測



金沢大学



2015/11/13-2016/2/18
1号機 : 2" Csl+Plastic
2号機 : 2" BGO

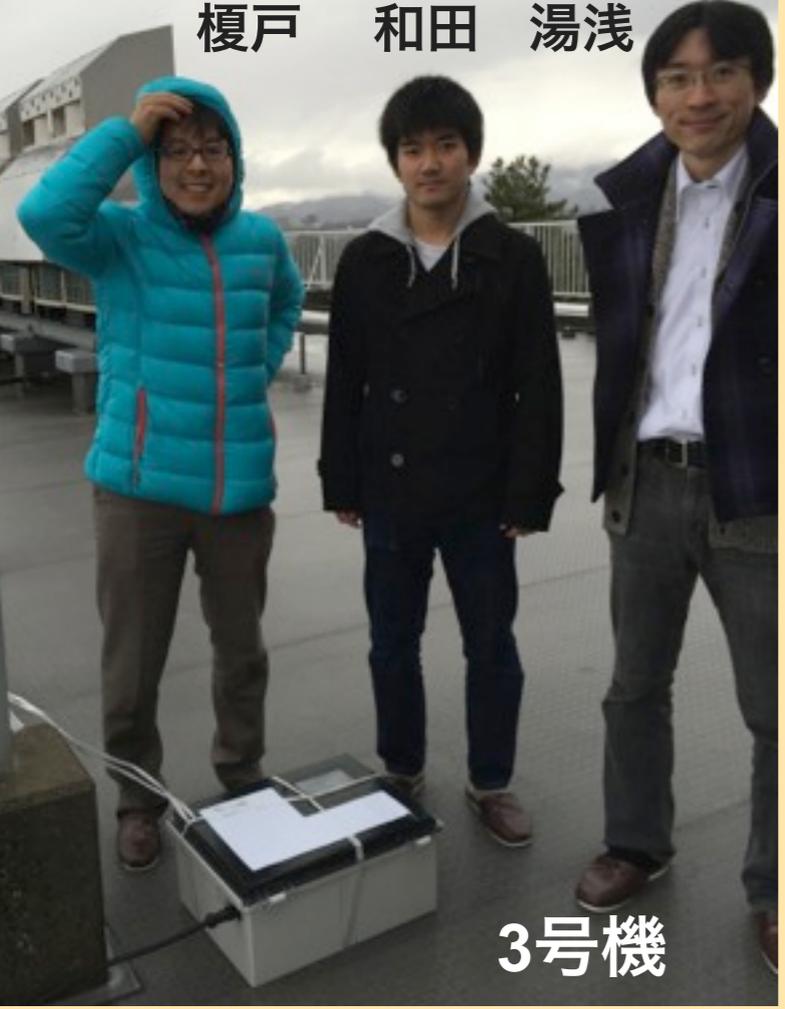
金大付属高校

2016/1/7-2/19
3号機 : 2" BGO



屋上にコンセント設置

榎戸 和田 湯浅

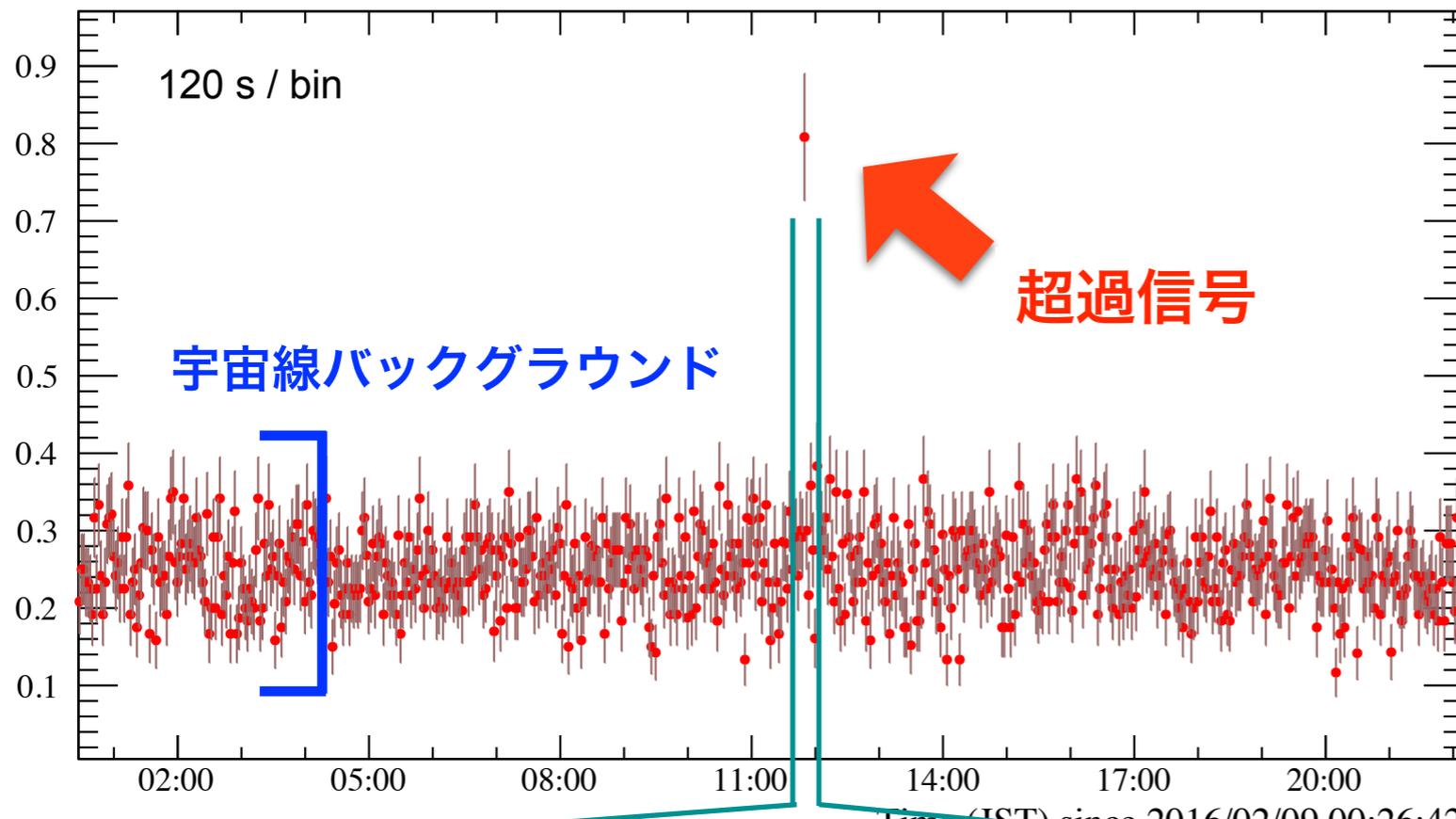


3号機

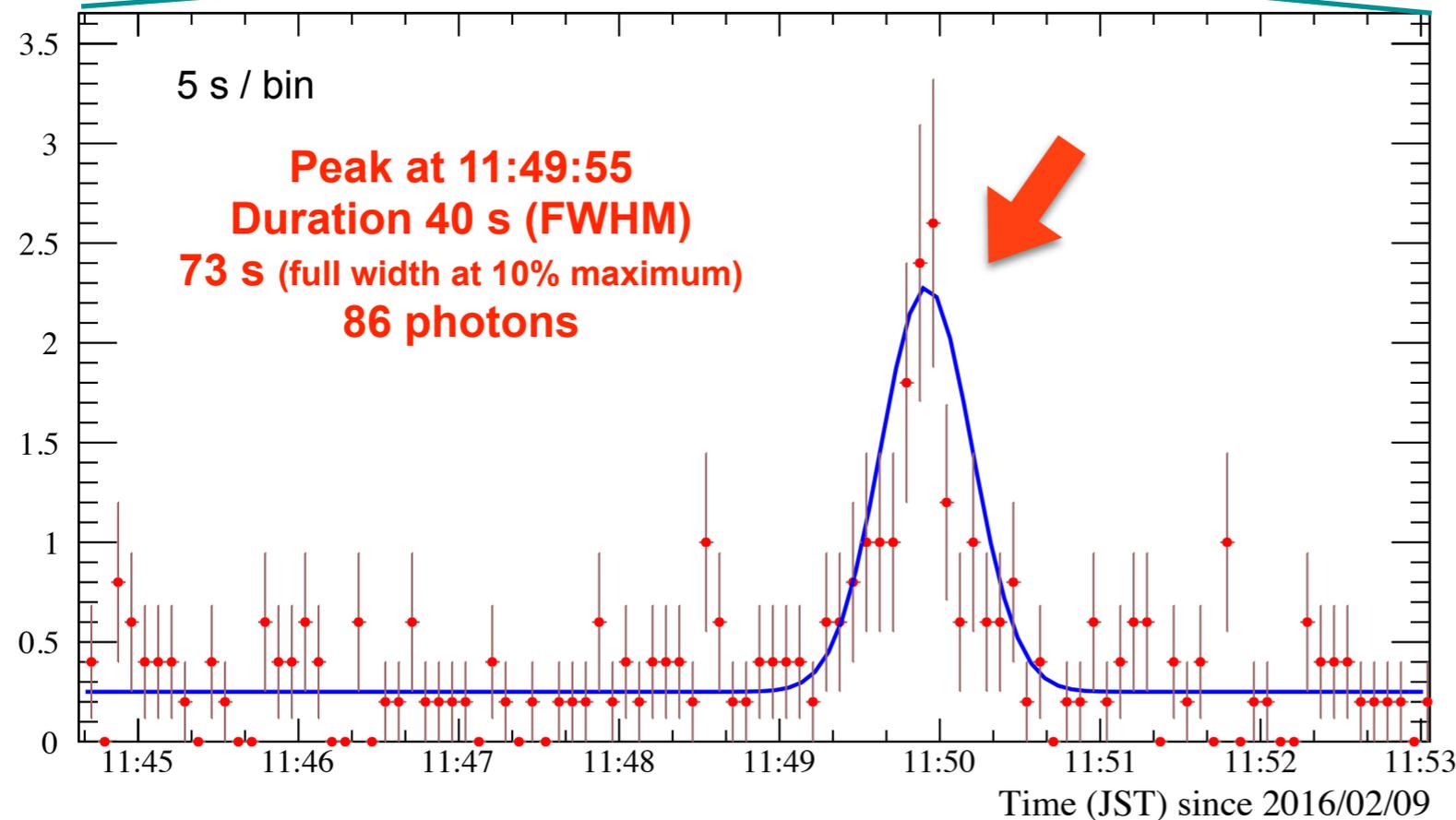
2015年度は2地点で3台による観測網を構築。遠隔通信でのデータ確認も行った。

雷雲ガンマ線イベントの検出！(2016/2/9)

3-7 MeV 放射線 (counts/s)



3-7 MeV 放射線 (counts/s)



金沢大学附属高校の屋上の3号機は、2016年2月9日11:50頃に、約1分ほどの間に3-7 MeVのガンマ線光子^(補)を~86個検出した！

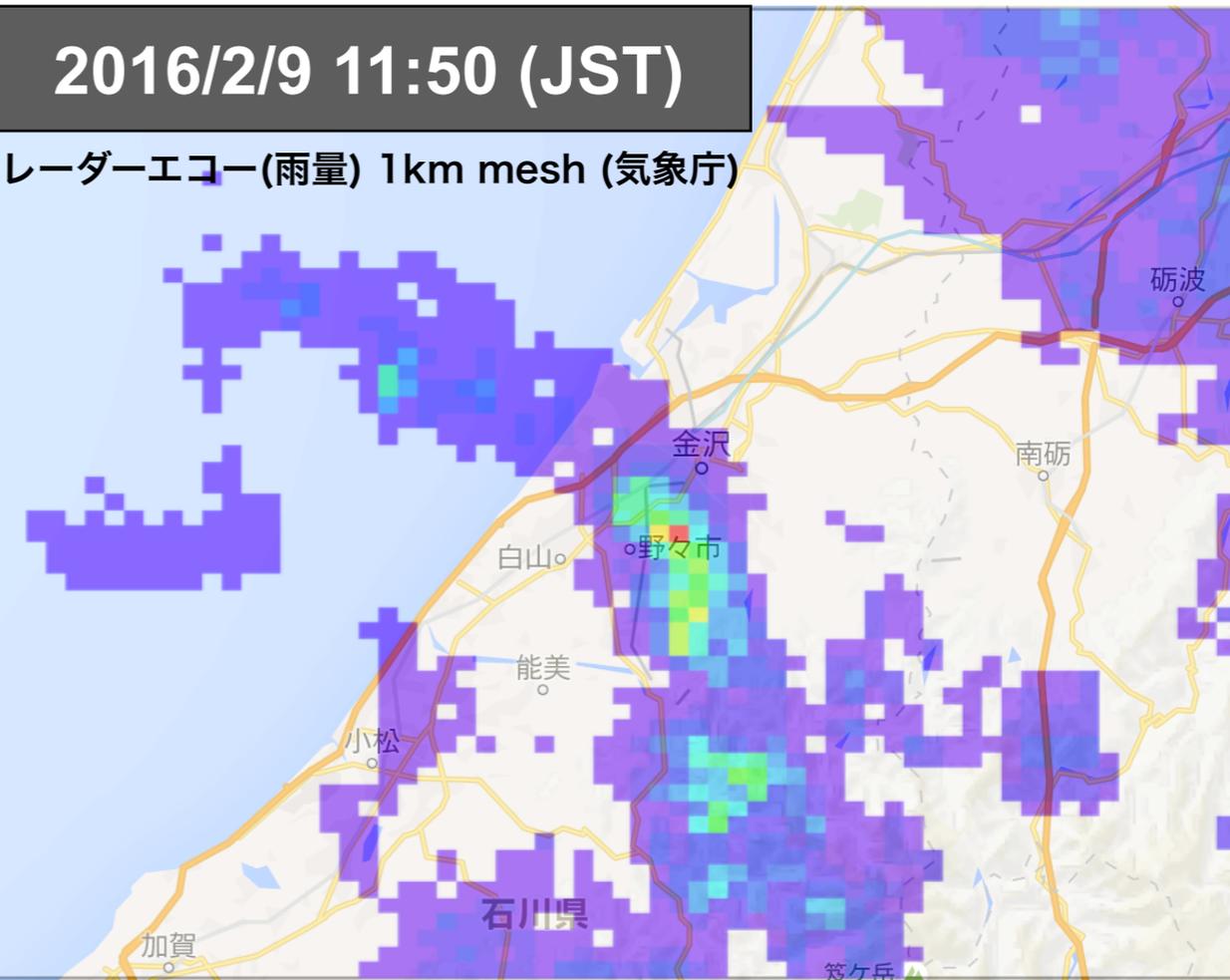
これは通常の宇宙線バックグラウンド信号の変動から有意に(>11σ)超過し雷雲由来の信号と考えられる！

(補)厳密にはプラスチックシンチレータによる電子弁別を行っていないので放射線

webcam: 2016/2/9 11:49:01 (JST)

2016/2/9 11:50 (JST)

レーダーエコー(雨量) 1km mesh (気象庁)



• 雷雲からの信号か？

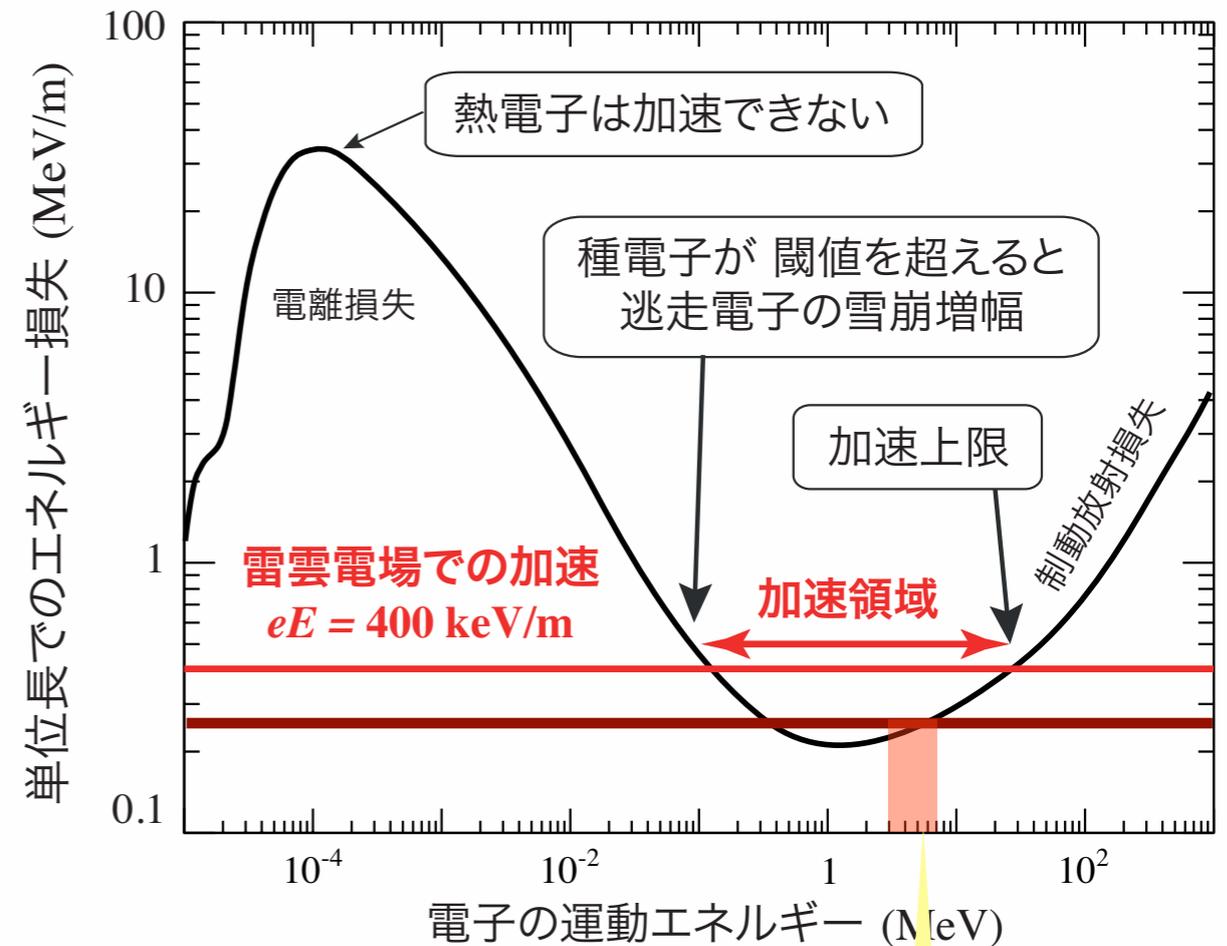
- 北陸に多数の発雷。金沢市で積乱雲の突風被害も発生。
- ガンマ線の検出直後に雷雲が通過し、~2分後に降雨。
- 環境放射線やノイズでは説明できない高エネルギー。
- 継続時間とエネルギーは過去の雷雲ガンマ線に一致。

➔ 雷雲ガンマ線と考えられる！金沢での初めての検出！

- 雷雲は ~1 km/分ほどの速さで金沢大学の方向へ移動。
- 30分内に金大で増大なし→加速域の継続時間等に制限

著作権の関係で非表示

- 3-7 MeV 光子：相対論電子のなだれ増幅で加速された電子からの制動放射ガンマ線
- **意義1: 金沢でも雷雲ガンマ線を初検出!**
 - ➔ 新観測地としての有望さが示された。
- **意義2: 付属高で検出し大学では未検出。**
 - ➔ 今後のモニタリング観測への期待。
- **科研費・若手研究(A)採択により多点展開**
 - 測定システムの改良は進めている。
 - 放射線測定の標準ボードは企業に依頼して設計、生産を計画的に行う予定。
 - 金沢市の周辺も含め、合計10箇所での観測網を構築する。設置場所の準備中。
 - 和田君@東大を中心に乗鞍岳への展開も計画中。高山の高度差の違いを調査。



ガンマ線 3-7 MeV (検出帯域の上限)
 $E > \sim 180 \text{ kV/m}$ の電場が雲内に存在
より高エネルギー帯域までの観測へ

広域の多様な観測網を構築するためのコラボレーションを歓迎します！
放射線に加え、電場測定などのお知恵をお貸しいただけないでしょうか？

- ・ 雷雲電場により加速された相対論的電子からのガンマ線を測定するため、金沢市周辺の大学や高校に、専用の放射線を設置しマッピング観測網の立ち上げを開始した。
- ・ 専用のデータ収集回路ボードを開発し、荷電粒子の弁別も可能で各放射線イベントごとの測定の可能な小型システムを製作して観測した。本年度はさらなる改良を進め、多点観測を行う。
- ・ 2016年2月9日11:50頃に、金沢大学付属高校の屋上において約1分間ほど継続した 3-7 MeV ガンマ線を86個検出した。宇宙線バックグラウンドから有意に超過し、雷雲の通過に同期していることから、金沢でも雷雲ガンマ線を初めて観測出来た。
- ・ 高校連携や学術系クラウドファンディングなど、市民サイエンスの視点も取り入れて進めている。コラボレーションも歓迎。