

雷雲電場による電子加速の ガンマ線観測プロジェクト: 多地点体制への新展開

プロジェクト概要の紹介

土屋



松元



古川



榎戸



中澤



和田



湯浅



奥田



古田



榎本



榎戸輝揚¹, 和田有希², 湯浅孝行³, 中澤知洋²,
土屋晴文³, 中野俊男³, 奥田和史², 古田禄大²,
牧島一夫³, 鴨川仁⁴, 瀧田正人⁵, 米徳大輔⁶,
澤野達哉⁶, 渡會兼也⁷, 米口一彦⁸, 木村光一郎⁹,
北野皓嗣¹⁰, 榎本大悟² ほか GROWTH グループ

1)京大理, 2)東大理, 3)理研, 4)学芸大, 5)宇宙線研, 6)金沢大,
7)金大付属高, 8)泉丘高校, 9)小松高校, 10)サイエンスヒルズ小松

雷雲電場による電子加速の未解決問題

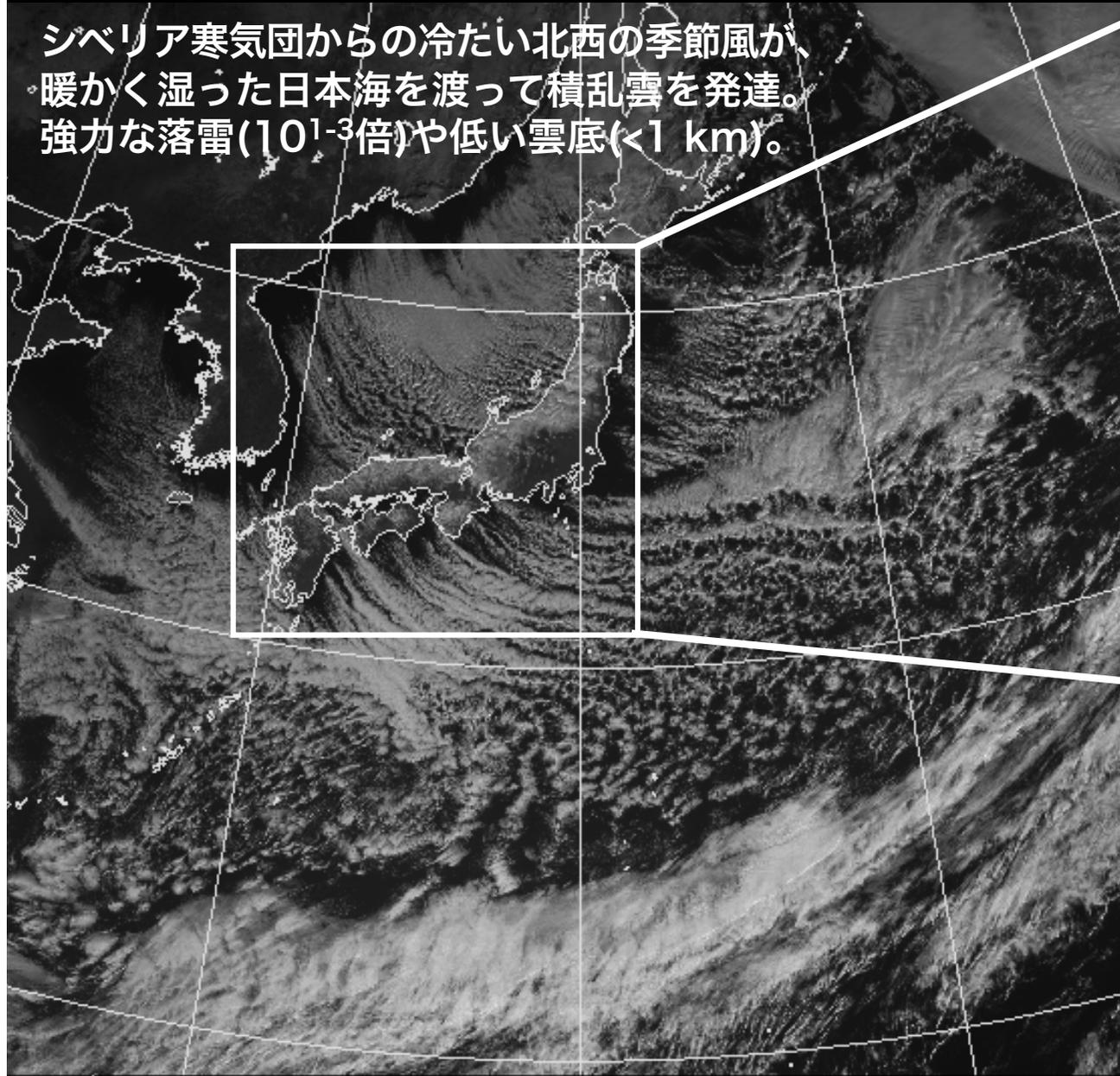
- **【2種類の放射線現象】** 継続時間が数秒～数分の「長時間バースト」とミリ秒以下の「短時間バースト」(放電時)があり、両者の関係は？
→ 前者の準安定な静電加速が、後者の破壊的な放電をトリガー？
- **【種電子と加速の問題】** 雷雲内の準静的な電場加速には種電子が必要。これは宇宙線シャワーが供給するのか？放射性ラドン崩壊か？
→ 発生頻度と真の継続時間はどの程度か？バンチング時間構造？
- **【現象に関わる多様な粒子種】** 加速電子そのものは捉えられるか？雪崩増幅時に陽電子、光核反応で中性子などが発生しているのか？
→ 雷雲の中に入った観測。高山や飛翔体を使った計測は？
- **【TGF との関係】** 人工衛星が軌道上で観測した Terrestrial Gamma-ray Flash と地上で観測される放射線との関係は？
→ 将来的な衛星観測？多波長や理論シミュレーションとの連携？

十分に科学研究に足る性能をもつ放射線検出器を安価に製作し、多地点観測を行い、観測事例を増やしつつ時空間の変化を追う

石川県での多地点モニタリングへの新展開

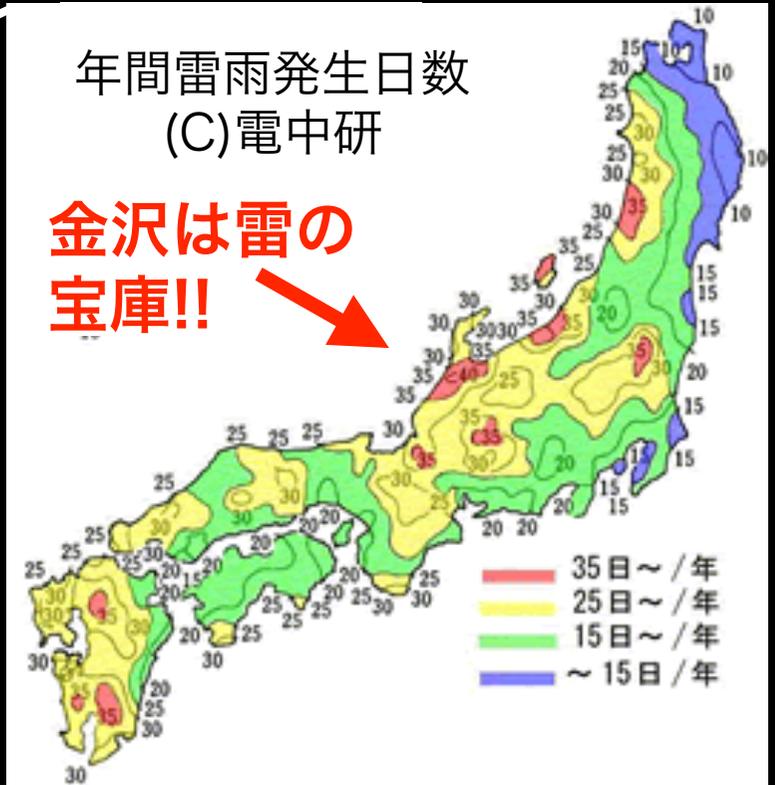
柏崎は内陸に観測地がない。能登半島の西岸は内陸に市街地が広がる。大学や高校と連携し、雷雲と加速域の生成、成長、減衰を記録する。

シベリア寒気団からの冷たい北西の季節風が、暖かく湿った日本海を渡って積乱雲を発達。強力な落雷(10¹⁻³倍)や低い雲底(<1 km)。



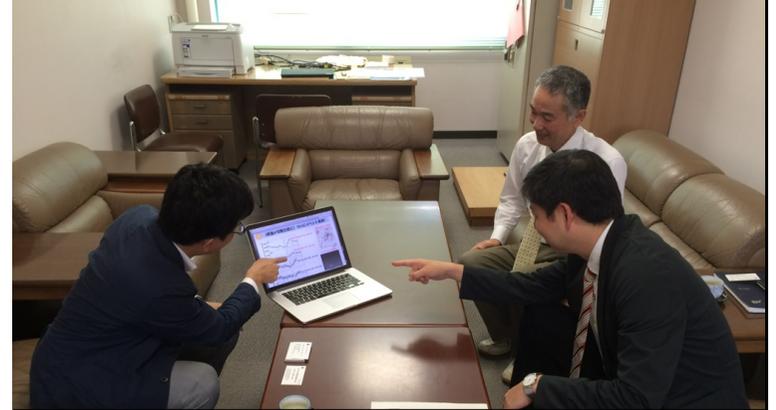
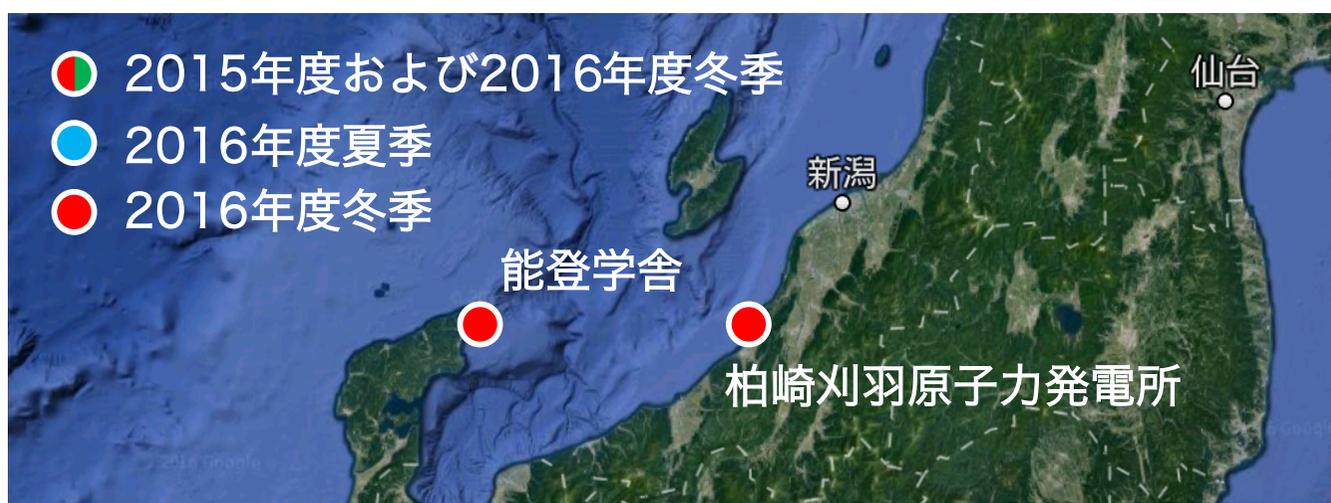
年間雷雨発生日数
(C)電中研

金沢は雷の
宝庫!!

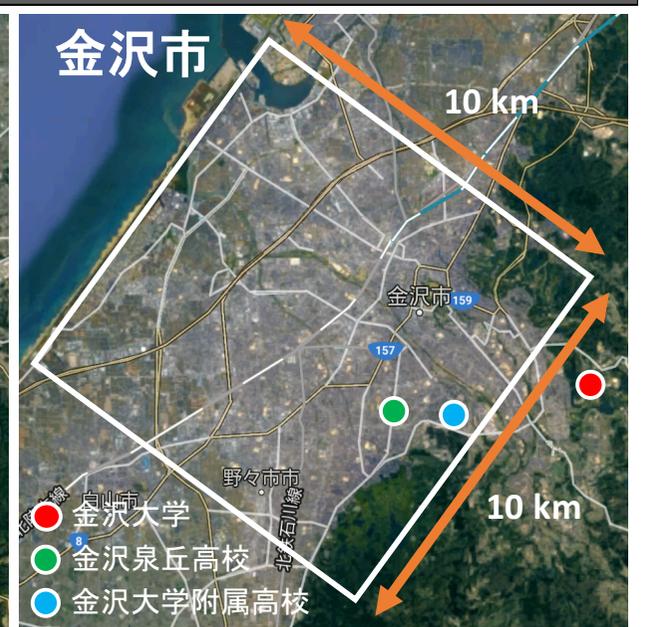
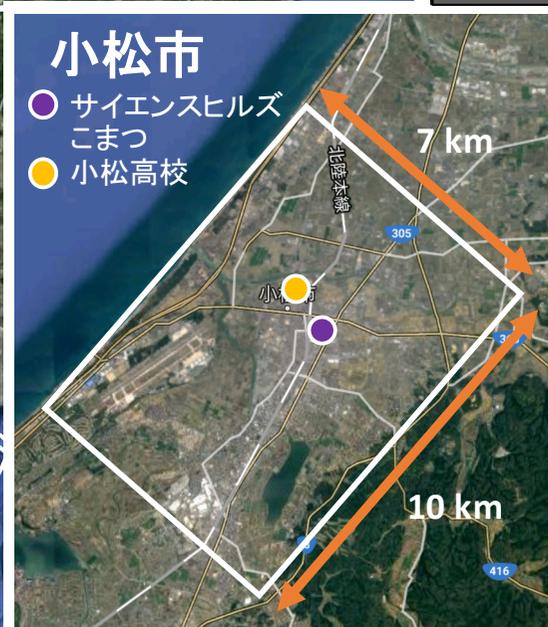


石川県での多地点モニタリングへの新展開

柏崎は内陸に観測地がない。能登半島の西岸は内陸に市街地が広がる。大学や高校と連携し、雷雲と加速域の生成、成長、減衰を記録する。



金大付属高への訪問説明



(c) Google, SK telecom, Zenrin, Data SIO, NOAA, U.S.Navy, NGA, GEBCO, Data Japan Hydrographic Association, Landsat, Data LDEO-Columbia, NSF

(c) Google, ZENRIN, DATA SIO, NOAA, US Navy, NGA, GEBCO, Landsat

平成27年度: 学術系クラウドファンディング SNS を活用して、2ヶ月で100万円を目指す!

学術系クラウドファンディングサイト「academist (アカデミスト)」

オリジナルリターンの準備

(協)アダチ・デザイン研究室



マグカップ

オリジナルTシャツ



**サポートしてくださった方、
ありがとうございます!**

本研究は平成28年度以降は、科学研究費補助金
若手研究(A)や宇宙線研究所共同利用研究の
サポートを得て推進しています。

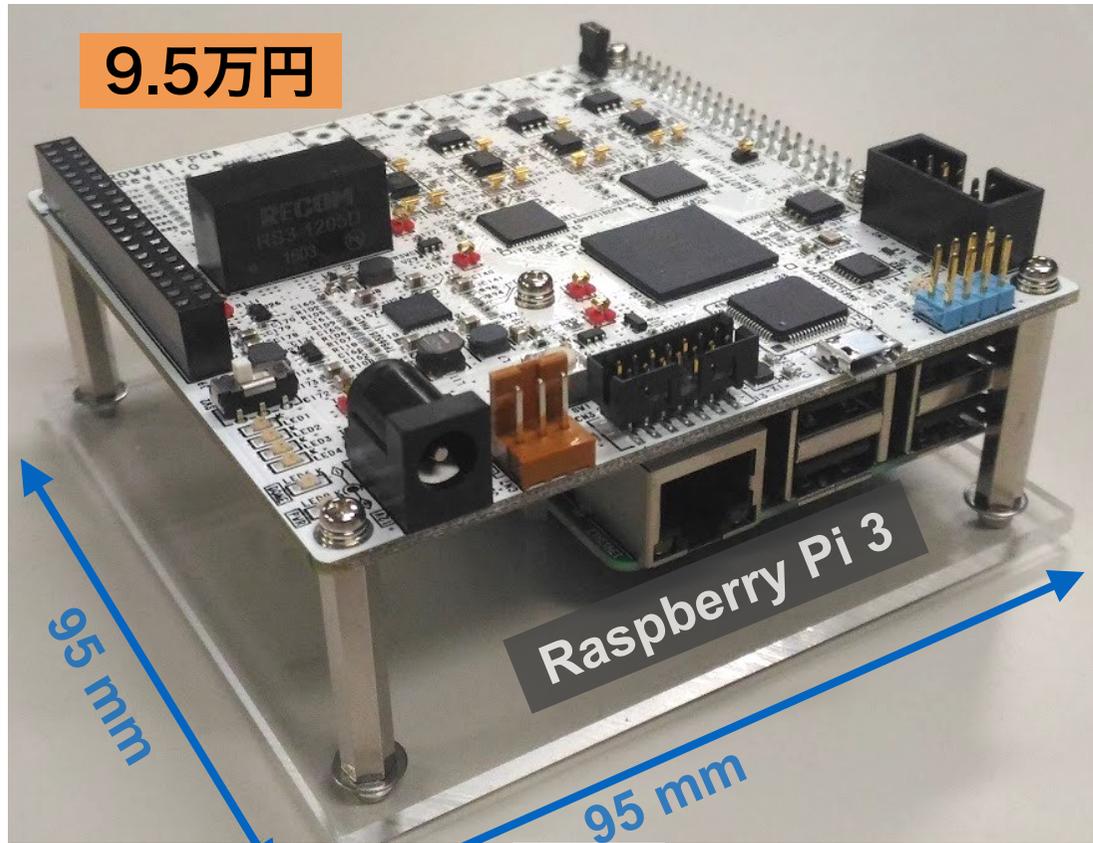
**電源コンセントの
設置に大いに活用**

主んでいたことがあり、冬季の
興味深い研究だと思えます。応

くわく
んが、利
式できる
い!!

Raspberry Pi 駆動の小型・安価な計測システム

9.5万円

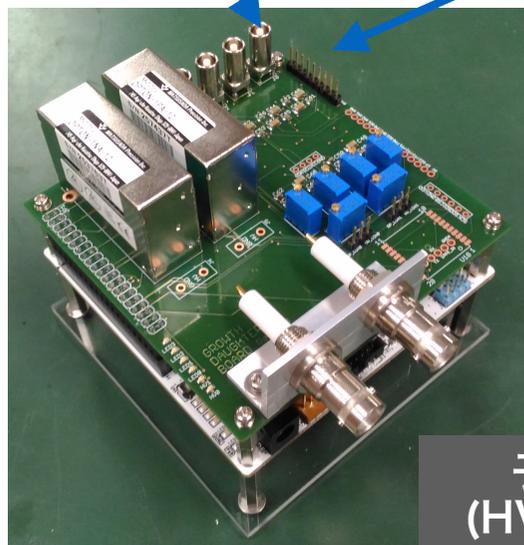


FPGA/ADC ボードを開発

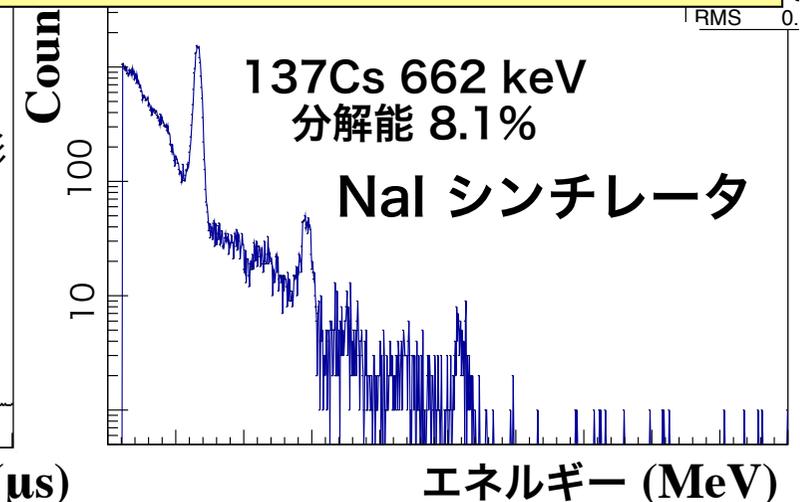
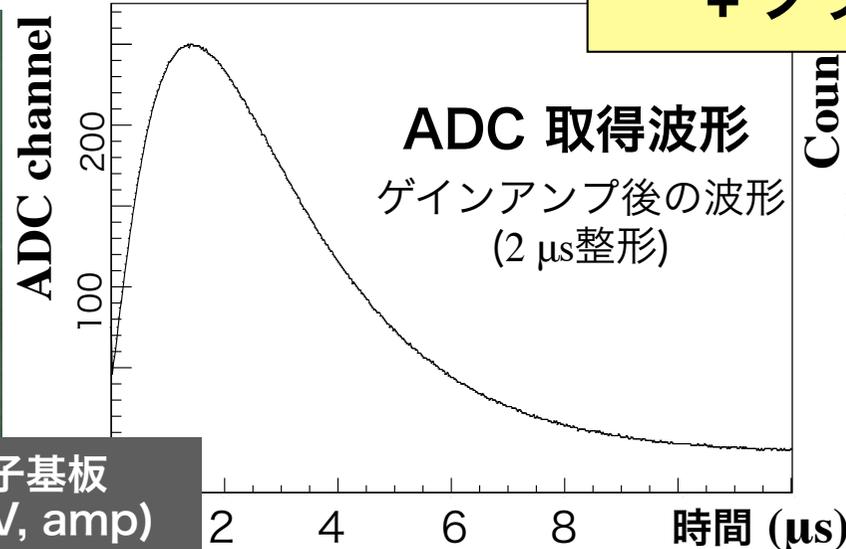
- DC 12 V 駆動
- ADC 入力: $\pm 5V$, 50Ω
- 50 MHz サンプル 12 bit ADC 4ch
- Raspberry Pi / Mac から制御可能
- SpareWire 端子も搭載
- 拡張コネクタで小基板を接続可
- 単体での消費電力 5 W
- 95 x 95 mm

1Uサイズ小型衛星

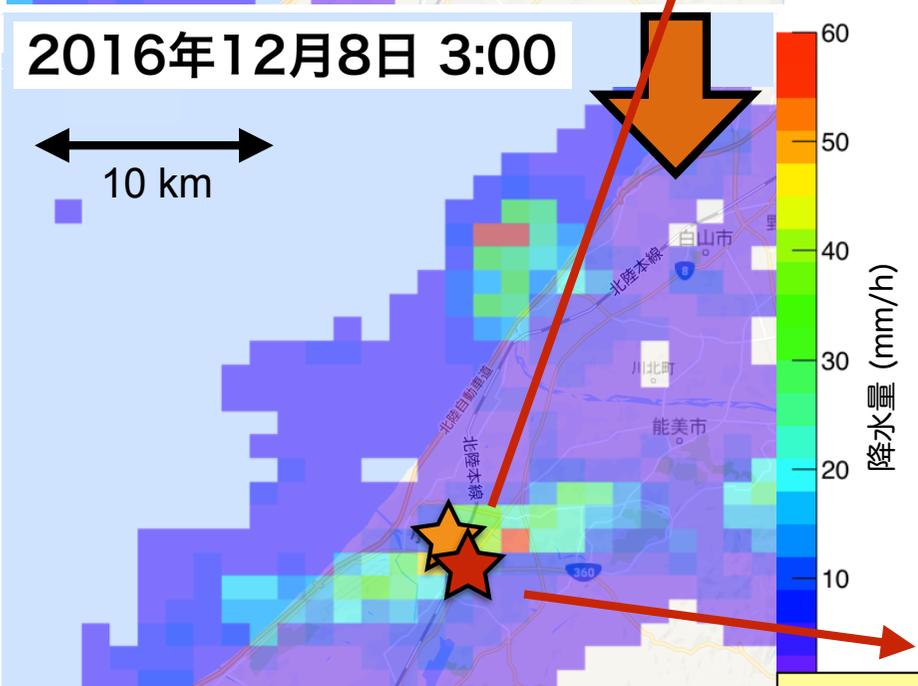
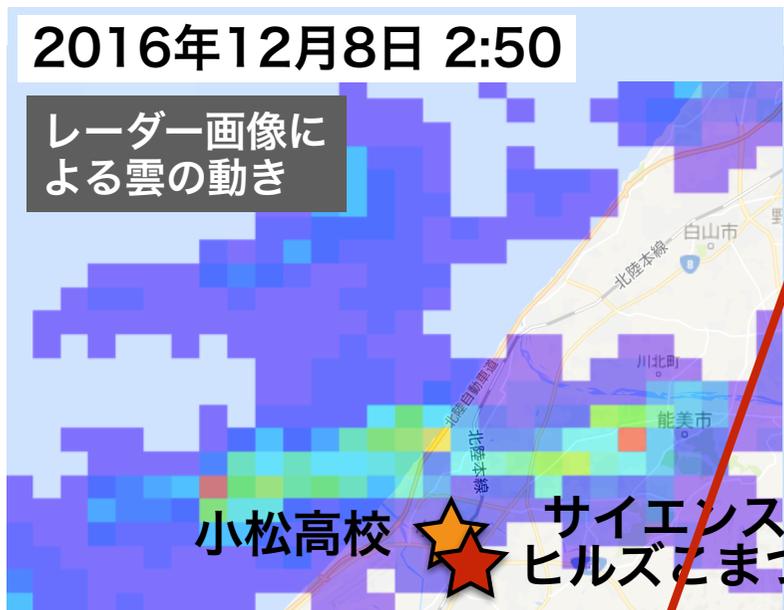
CsI 結晶 (カロリメータ)
+ プラシン(粒子弁別) で利用



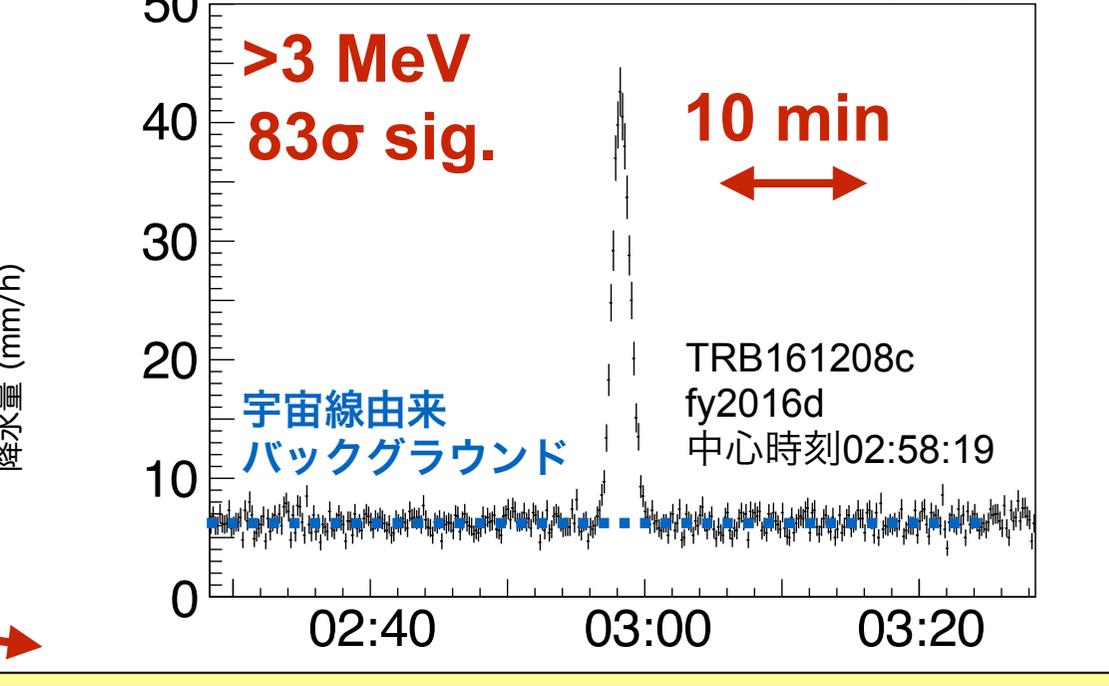
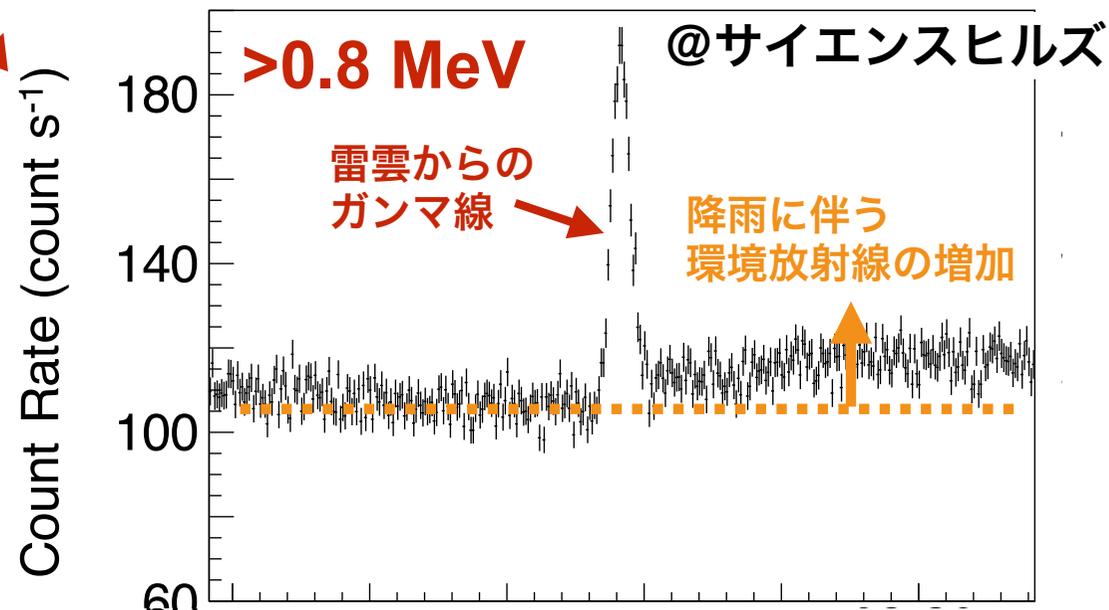
子基板
(HV, amp)



石川県での雷雲ガンマ線の検出の成功！



イベント時刻：2016年12月8日 02:56:26/02:58:19 (c) Google, ZENRIN



2016年12月8-9日にかけて4箇所検出

議論: 雷雲ガンマ線の検出数と今後の戦略

柏崎

N: 観測地点数

観測冬季	N	ロング	ショート
2007年度	1	1	0
2008年度	1	1	0
2009年度	1	3	2
2010年度	2	2	0
2011年度	2	1	1
2012年度	2	0	1
2013年度	2	0	0
2014年度	2	6	2
2015年度	?	解析中	解析中
2016年度	3	解析中	>2
平均(-2014)		1.8 / year	0.8 / year

- 小型の放射線検出器を2016年度までに金沢-小松の5箇所を設置。さらに柏崎にも同一装置を追加展開した。
- **金沢-小松の新展開の観測場所でも雷雲ガンマ線を検出できると判明。**
- これまでの柏崎での観測(榎本講演)と比較して年平均の観測数は増加。
- 次年度までに観測地点数を10個ほどまでに増やし観測網を整備したい。

金沢・小松

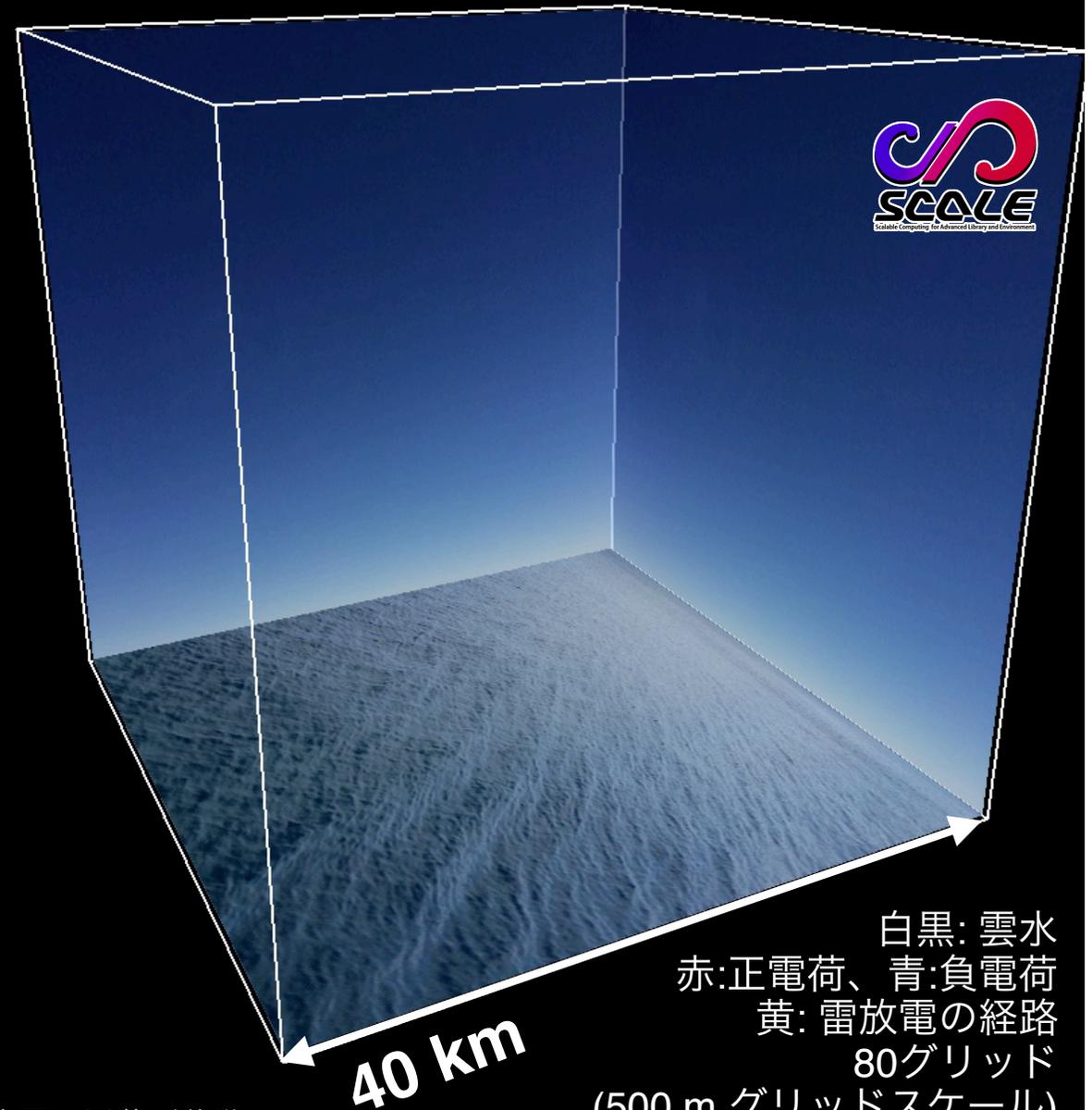
新規開発ボードを使用した

観測冬季	N	ロング	ショート
2015年度	2	3	0
2016年度	5	>3	未回収
平均		>3 / year	?

数値気象シミュレーションとの連携に向けて

氷床電荷の分離機構⁽¹⁾により、雲が電極構造を持ち、電場が生じる。

- ・ 理研 AICS で開発中の大型計算機向け気象・気候ライブラリ SCALE
(Scalable Computing for Advanced Library and Evolution)
に雷モデルを実装する理研の佐藤陽祐さんと連携
- ・ 理想化実験で鉛直方向に正負正の電荷構造が実現
- ・ 今後は現実の地形や実際の気象条件を取り込み、放射線の伝搬シミュレーション(Geant4, CORSIKA)と組み合わせる予定。



白黒: 雲水
赤: 正電荷、青: 負電荷
黄: 雷放電の経路
80グリッド
(500 m グリッドスケール)
(C)RIKEN AICS

(1)氷があられと衝突して、弾んだ際にあられ表面と氷の表面で電荷が移動し、あられ、氷がそれぞれ正または負に帯電する機構 (Takahashi 1978)

まとめ: 雷雲ガンマ線の観測 金沢小松の多地点モニタリングへの展開



1. 小型分散型の観測網の構築

Raspberry Pi 駆動の FPGA/ADC ボードと、前段回路を搭載したフロントエンドボードを開発し、小型安価な放射線システムを用意した。小松、金沢、能登の高校等と協力し観測網を整備した。

2. 金沢~小松、柏崎において新システムでの雷雲放射線の検出

2015年度には3例の雷雲ガンマ線(ロングバースト)を検出し、2016年度にも3例のイベントが見つかった。詳細は次の和田講演を参照。

3. 数値気象シミュレーションの連携と今後の研究方針

今後は雷雲ガンマ線を観測した当日の気象環境を数値気象シミュレーションで模擬し、大気内の放射線モンテカルロシミュレーションと雷雲ガンマ線の観測結果と合わせた研究を進めたい。

➔ 小型モジュール化して飛翔体による観測につなげたい