

# 宇宙線と雷雲の相互作用と電場による粒子加速を 解明するシチズンサイエンス「雷雲プロジェクト」

えのと てるあき

**榎戸 輝揚**

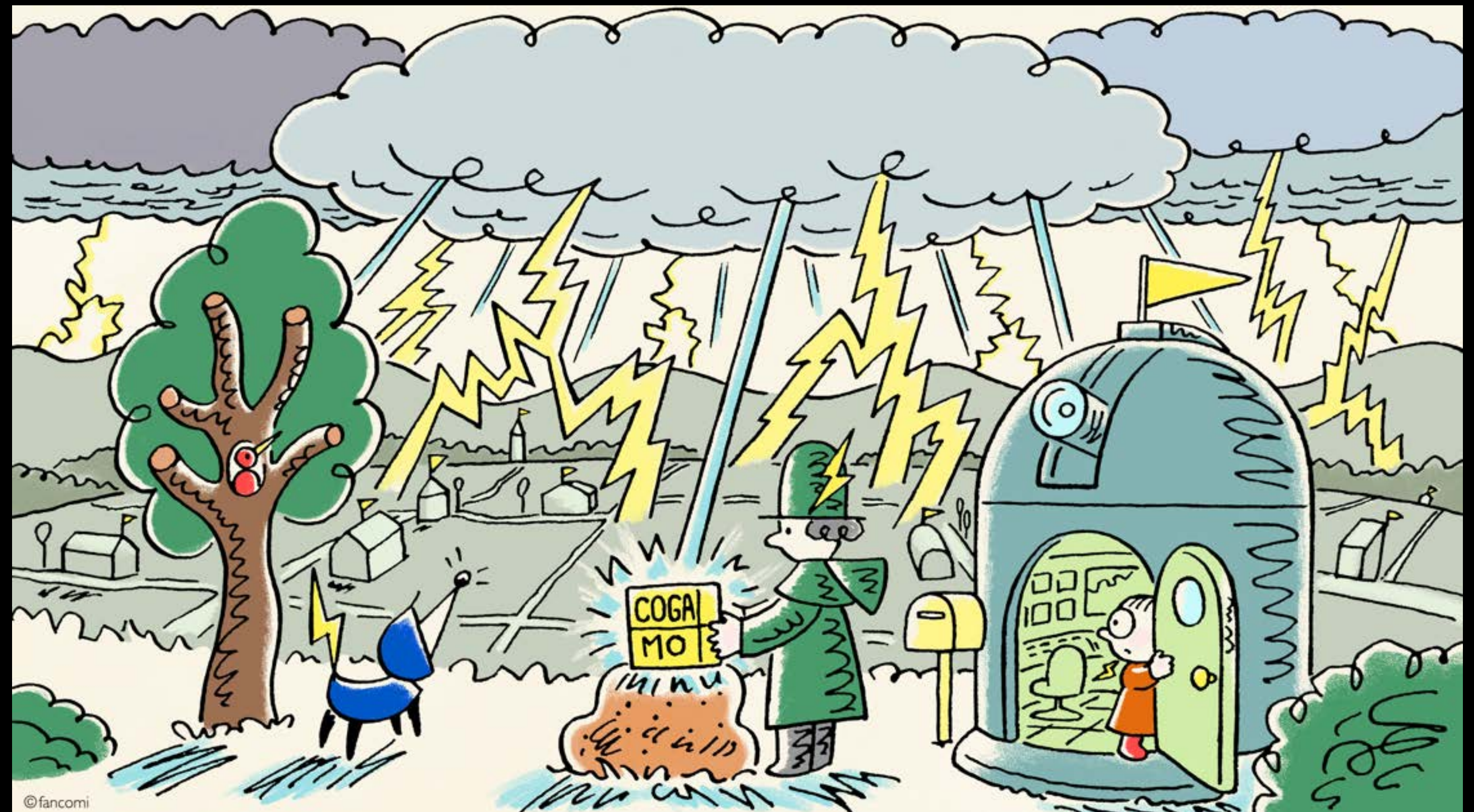
(京都大学, 理研)

雷雲プロジェクト

**助成額 5万円**

共同研究者:

鶴見美和, 辻直希 (京都大学), 一方井祐子 (金沢大学), 中澤知洋 (名古屋大学), 藤井俊博 (大阪公立大学), 鷲見貴生 (国立天文台), 塔隆志 (東京大学), 土屋晴文 (JAEA)



# 雷雲電場と空気シャワーの相互作用→雷雲ガンマ線

- 雷雲の内部で電荷分離が発生し、強い電場領域が形成される
- 宇宙線の空気シャワーをもとに相対論的な電子の雪崩増幅が発生
- 加速電子が大気にぶつかりガンマ線帯域の制動放射が地上へ放射
- 未解明の雷トリガーの謎に、宇宙線や高エネルギー電子が関与？
- 宇宙線と雷雲の相互作用や、電場での電子加速という魅力的テーマ

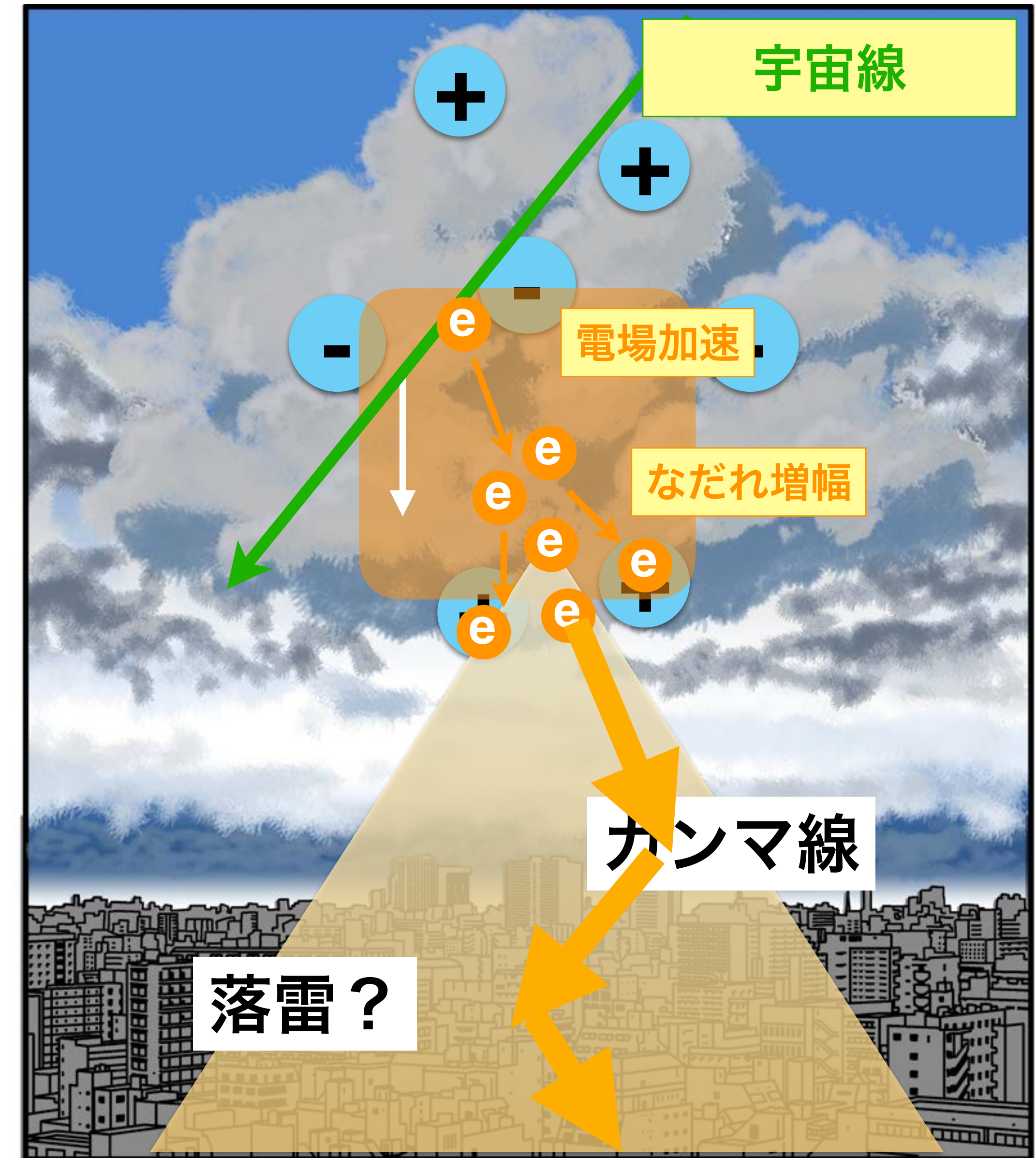
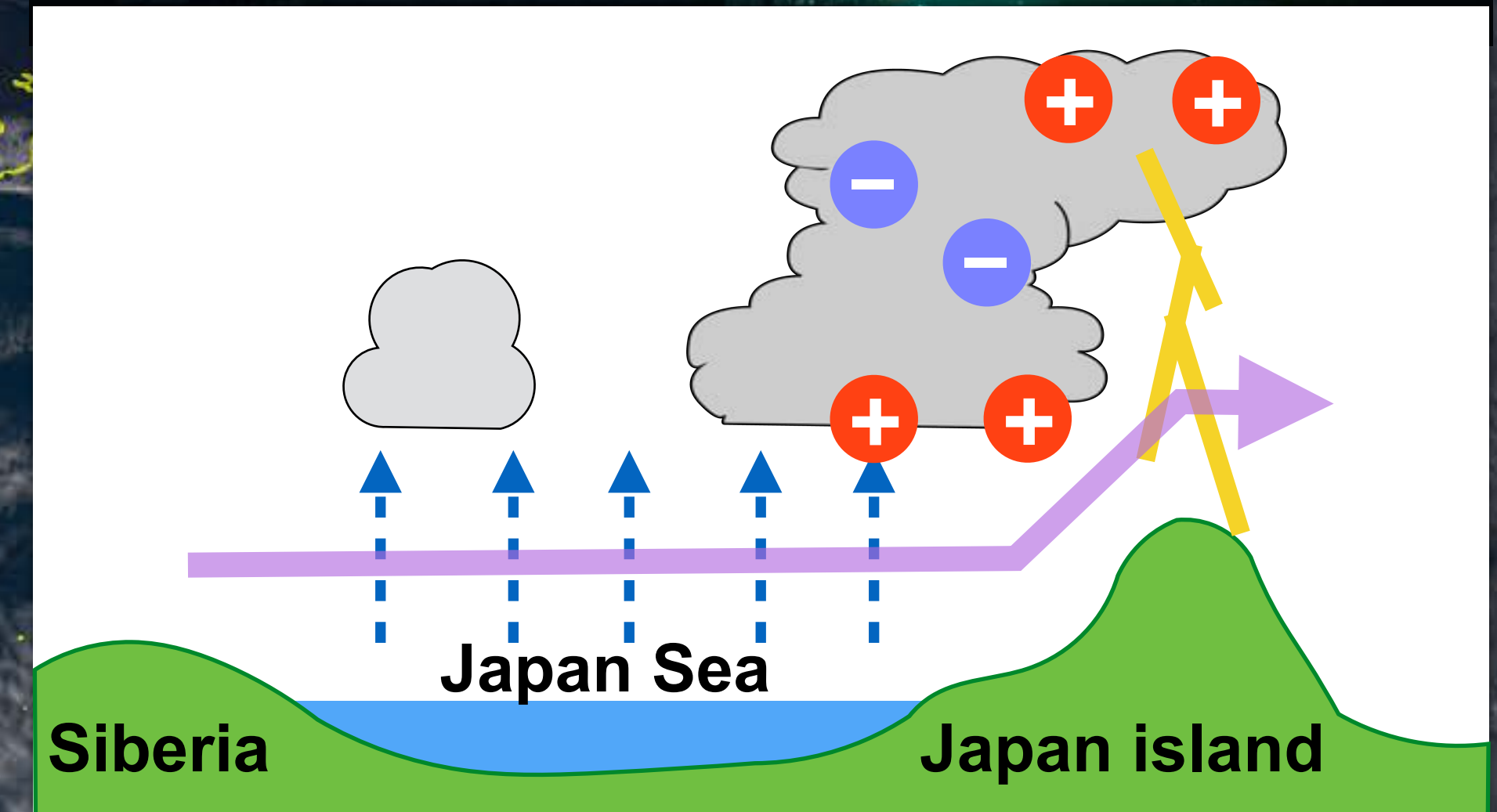


Illustration: Hayanon Science Manga Studio

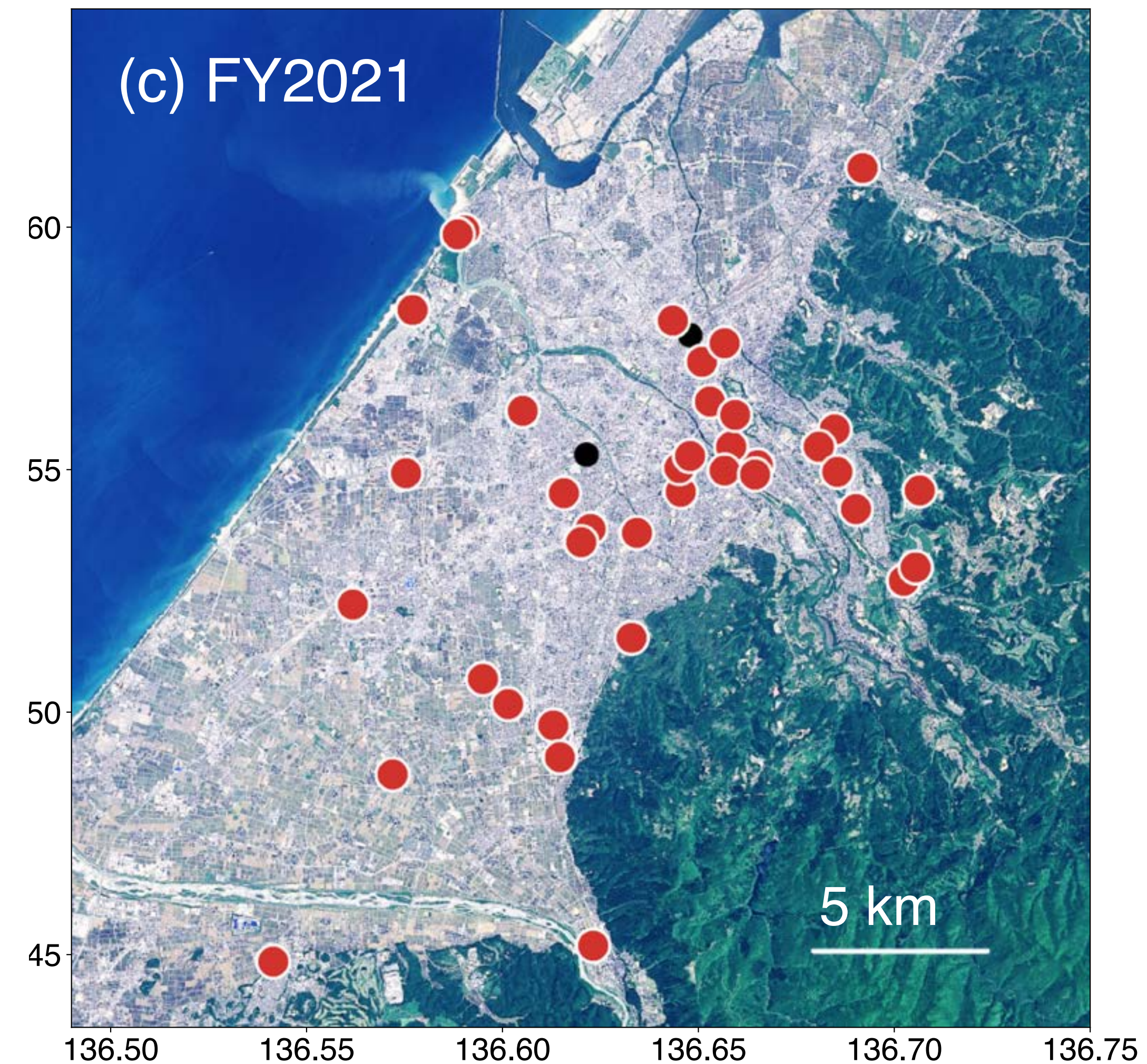
# 日本海沿岸の冬季雷雲や高山は絶好の観測対象

- 大気中でのガンマ線の減衰を考えると雲が地表に近づく環境が望ましい
- 高山や冬季雷雲が絶好のターゲット。乗鞍観測所にも設置予定。神岡にも設置(2021年~)



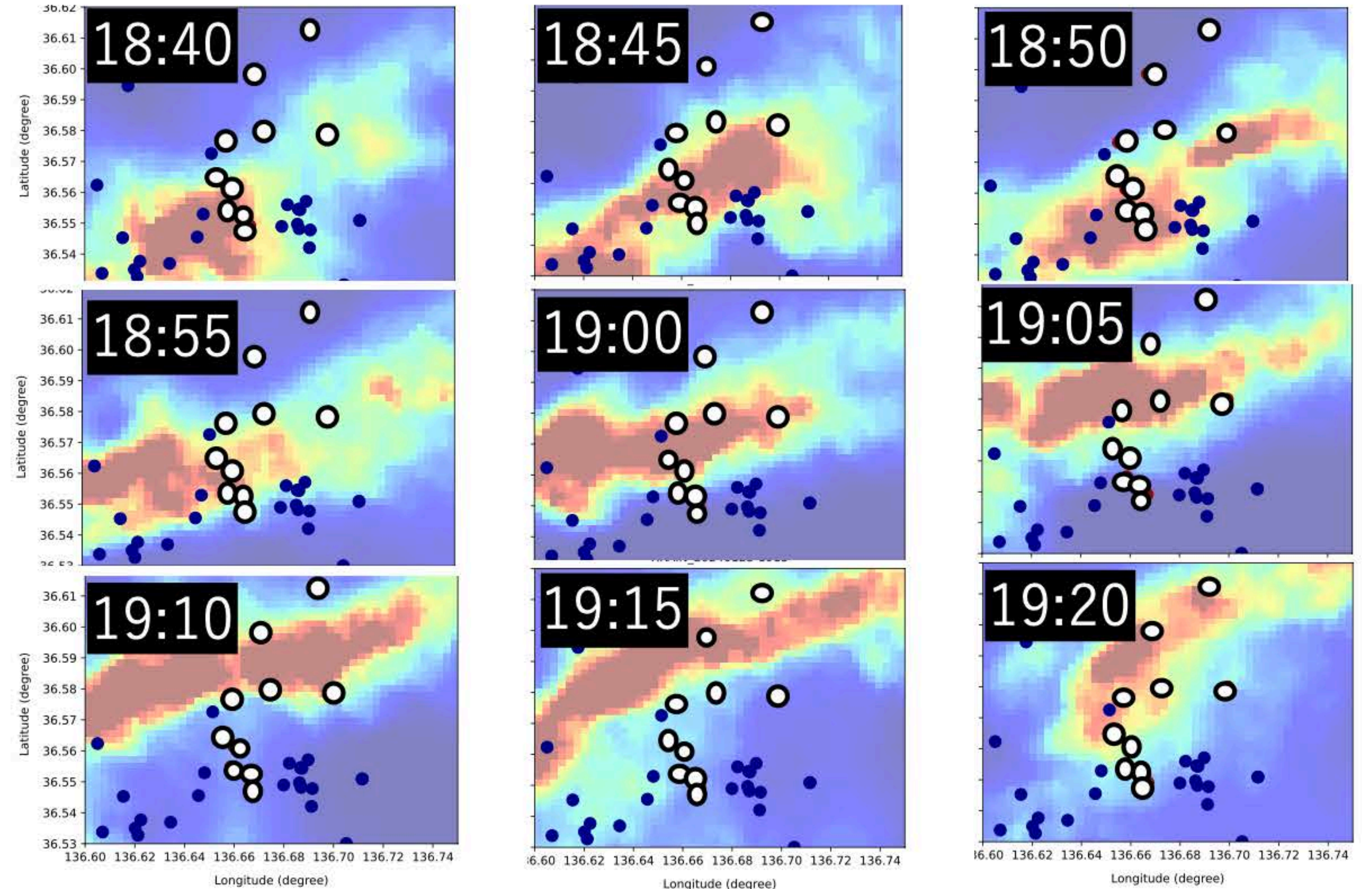
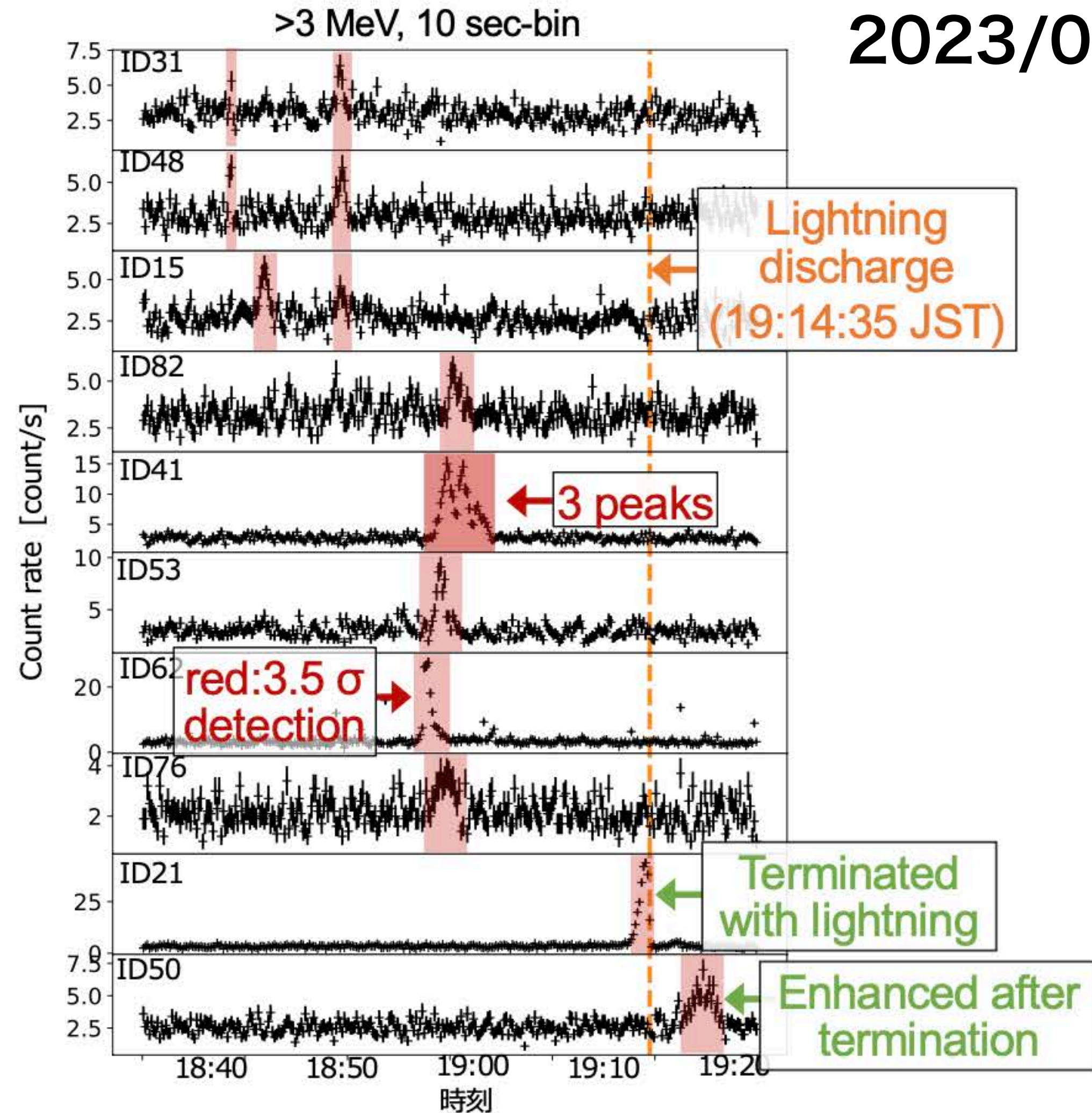
# シチズンサイエンス「雷雲プロジェクト」

- 金沢周辺の市民サポーターのご自宅にコガモを送付し、シチズンサイエンスで雷雲ガンマ線の観測を実施中



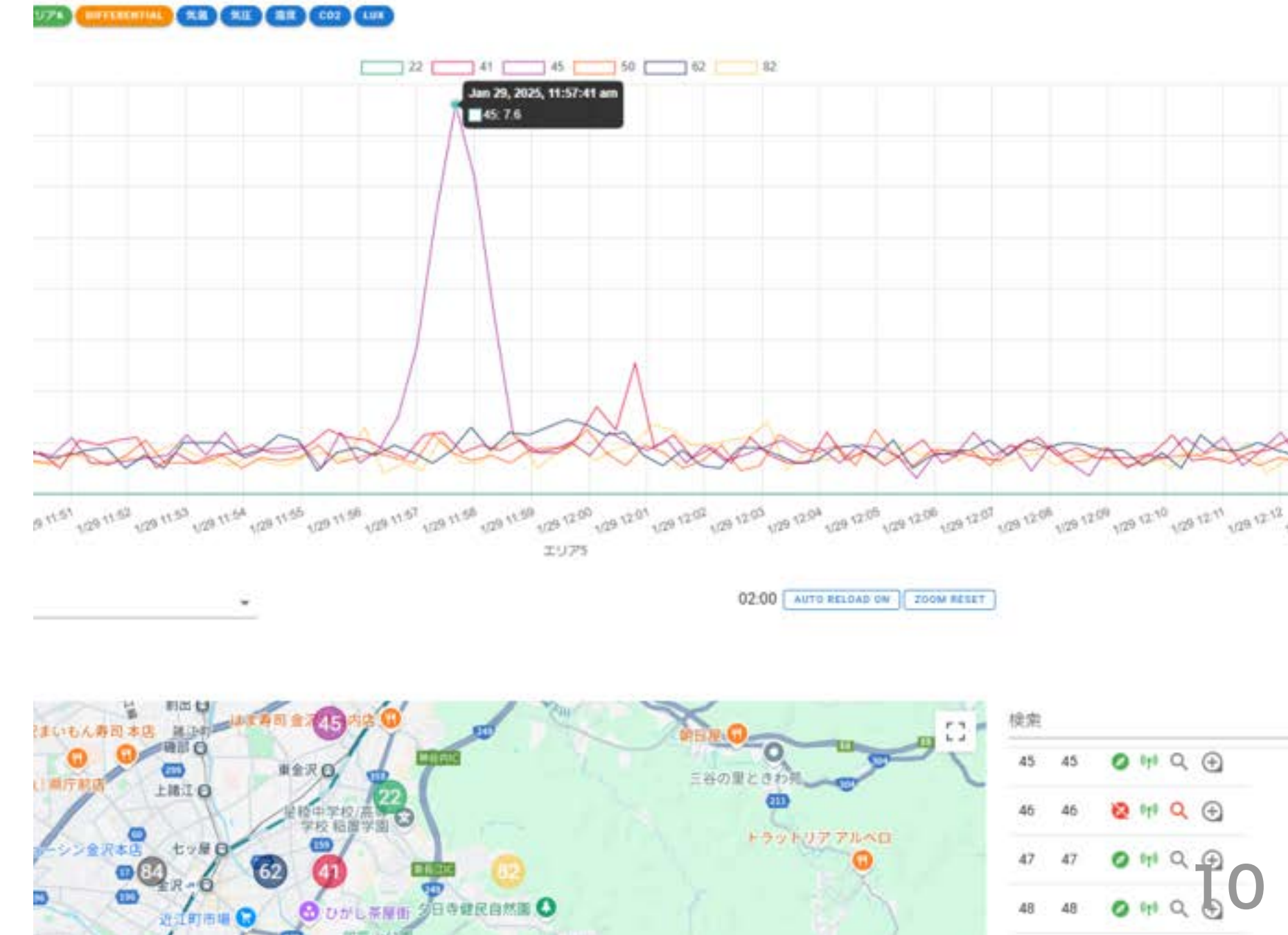
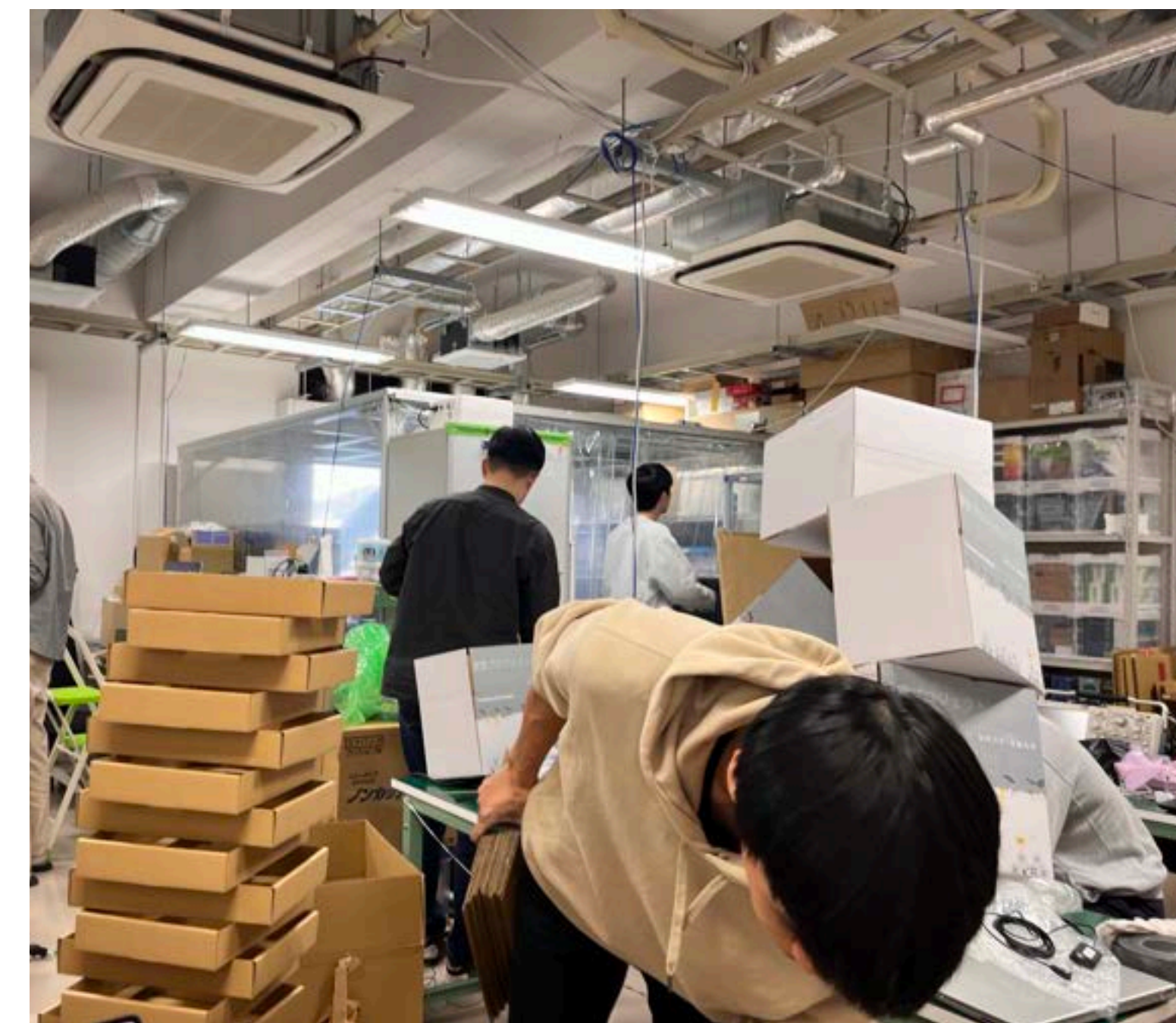
# 2023年度の雷雲プロジェクトの解析状況

- 過去最大の多地点での雷雲ガンマ線の同時測定に成功し、気象レーダーとの相関をして論文を狙う(Tsurumi et al., in prep).



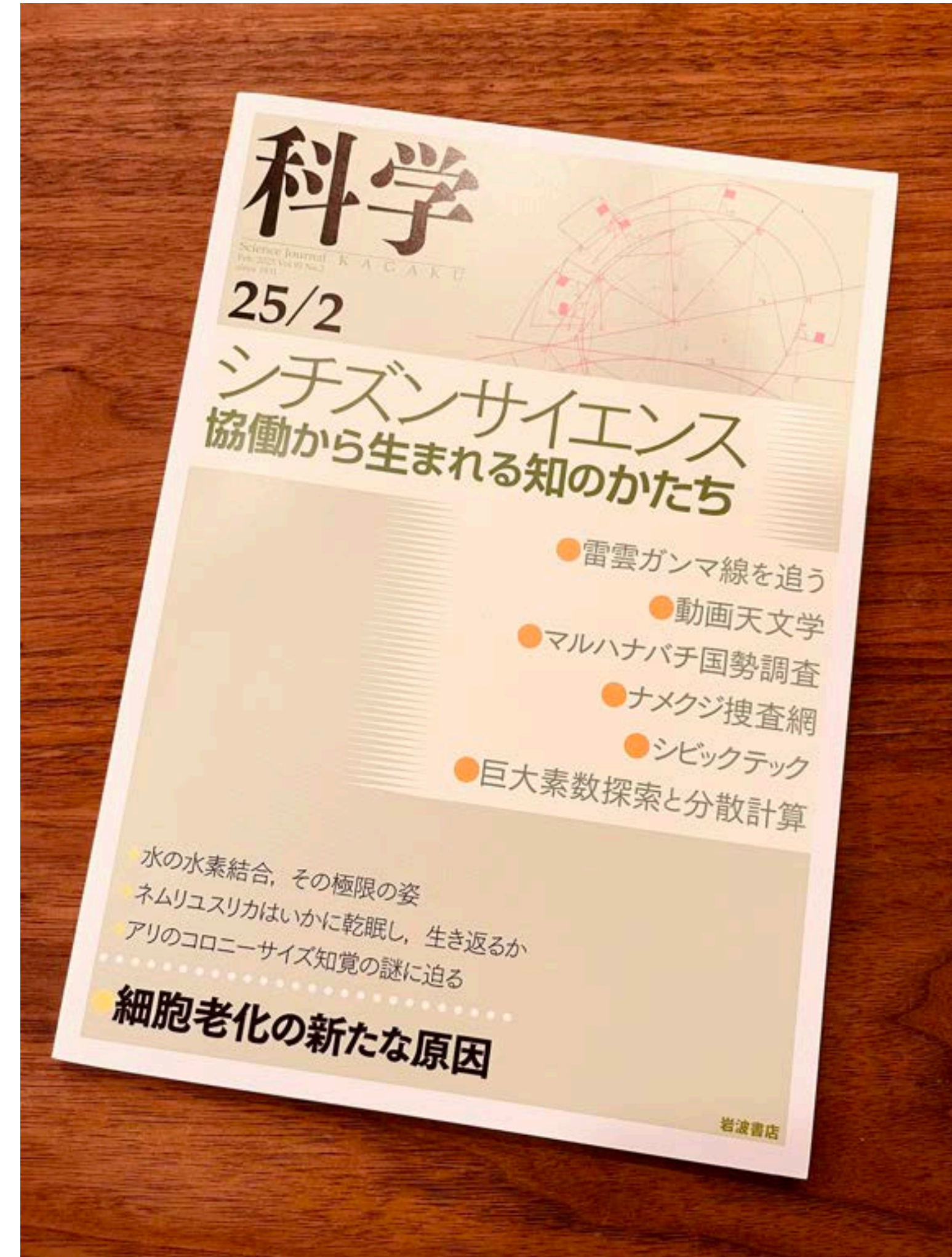
# 2024年度の展開、冬季雷雲の観測状況

- 夏季メンテナンスを終えて 11/21 に市民サポーターに送付。サポーターの参加体験の観点から段ボールパッケージを特注品に変更した。
- コガモから自動送信される、ガンマ線や環境情報（気温、湿度等）の時系列データをサーバー上で研究者と市民サポーターが確認が可能。
- Discord 上で市民サポーターが雷雲ガンマ線の検出を報告。気象観測と合わせつつ研究者と市民サポーターの間で議論が進んでいる。



# 雷雲プロジェクトのアウトリーチ活動

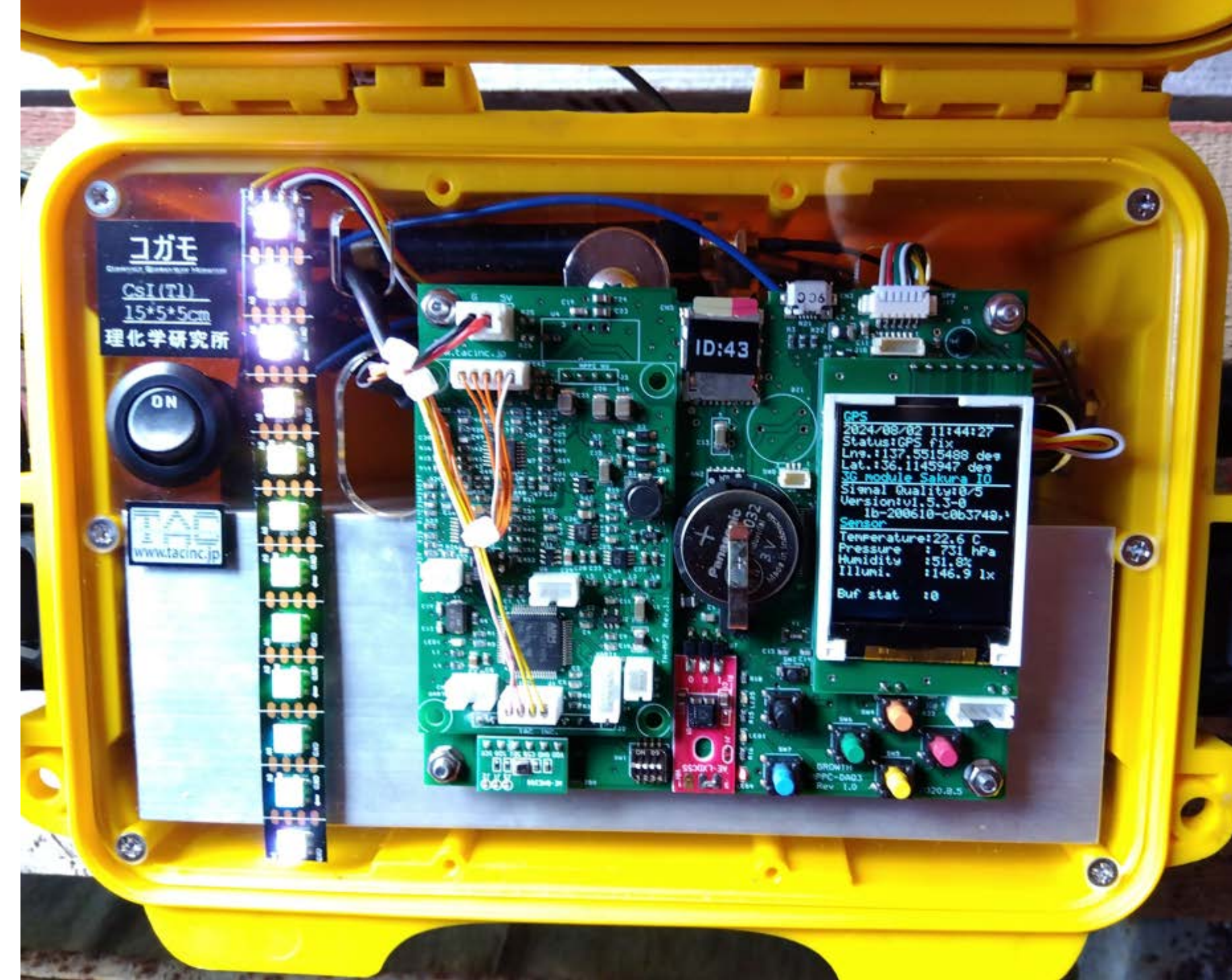
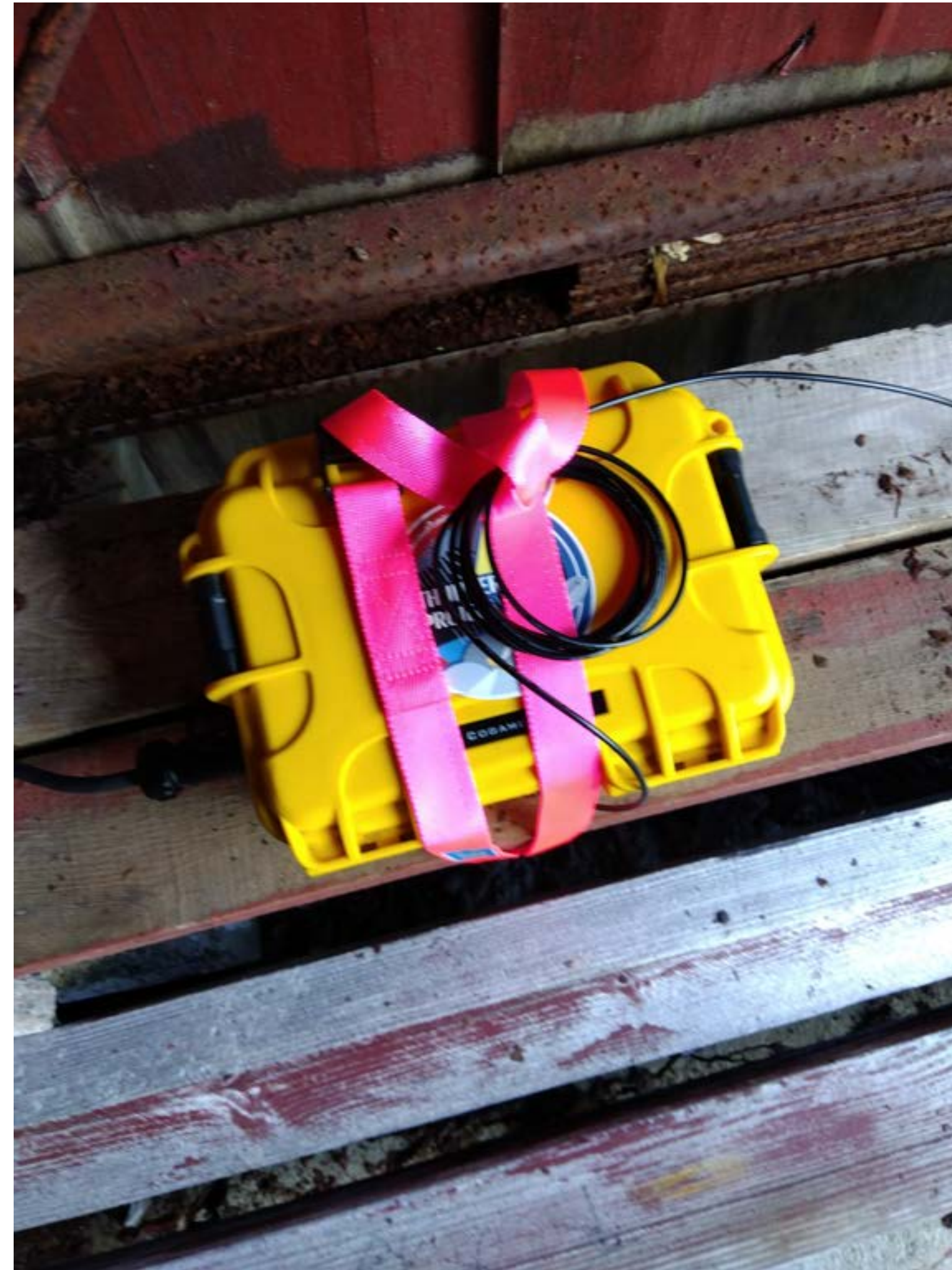
- アウトリーチとして2025年11月24日に金沢でサイエンスカフェを開催。岩波書店「科学」のシチズンサイエンス特集号にも掲載。



岩波書店  
「科学」  
2025年2月号

# 2024年度の夏季雷雲の高山観測@乗鞍観測所

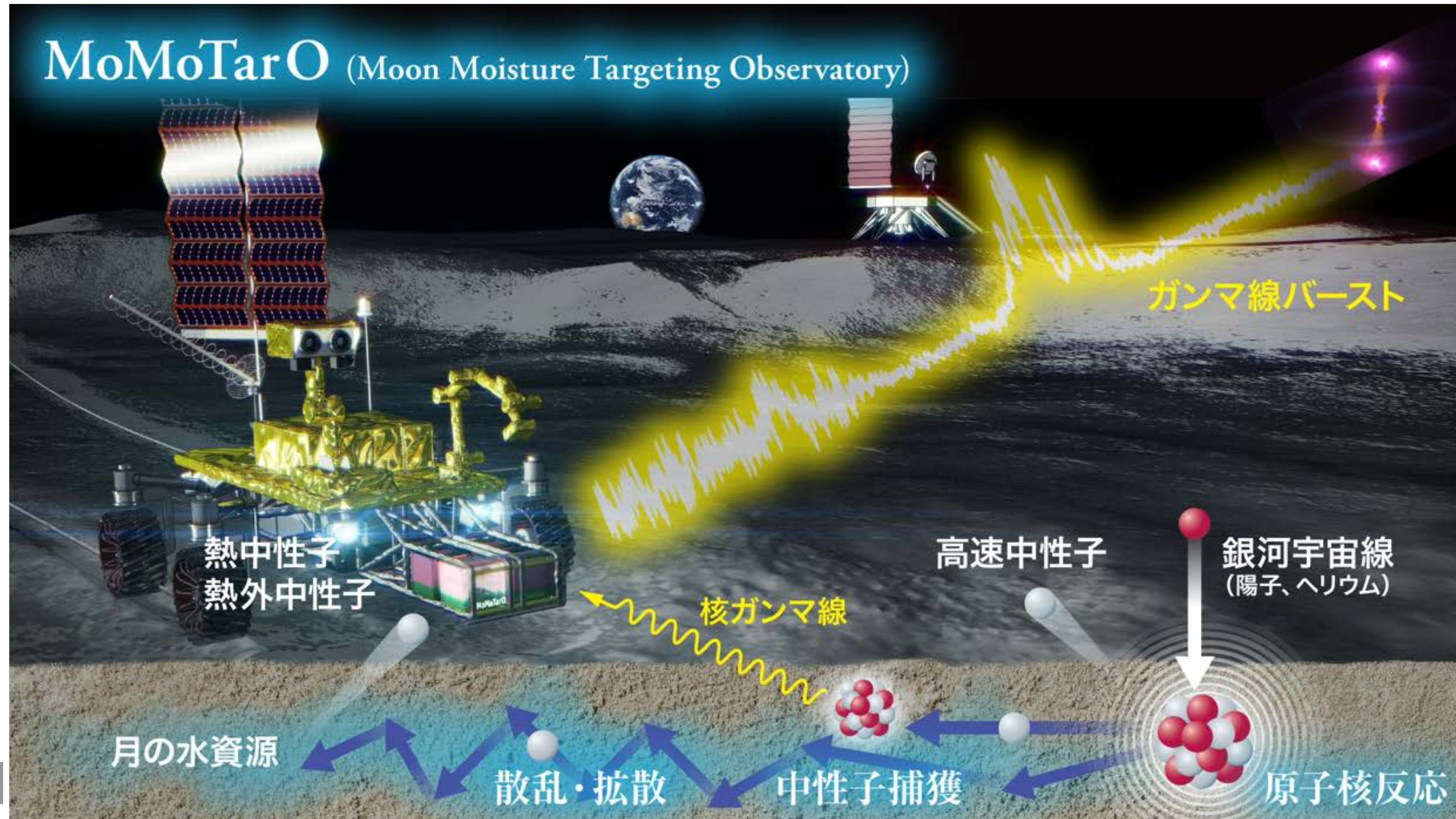
- 塔隆志さんにご協力いただき、乗鞍岳観測所にコガモを1台設置し、夏季雷雲の観測を行った。冬季雷雲と合わせて解析予定。





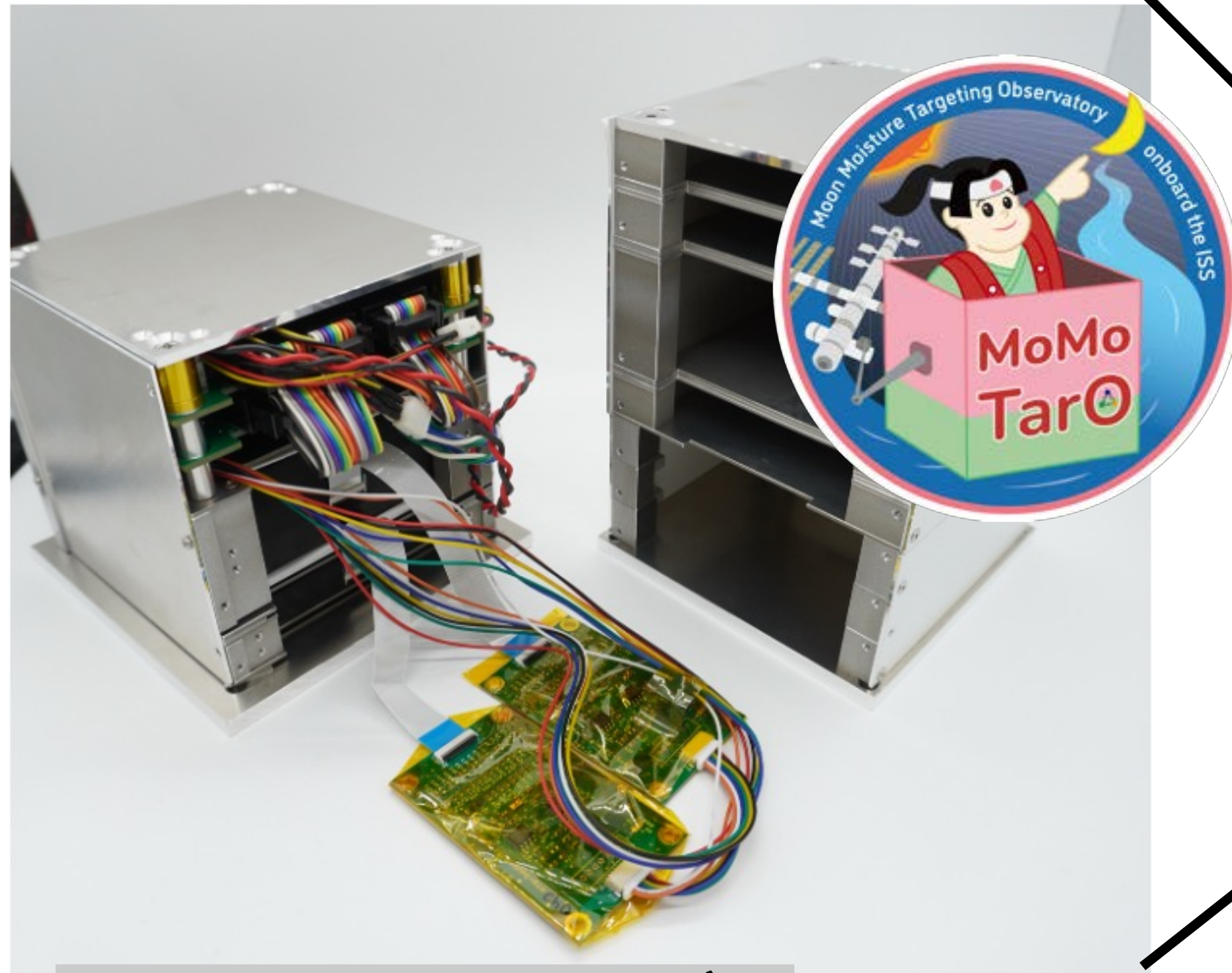
# 宇宙線空気シャワーと雷雲ガンマ線の同期は？

- 空気シャワーが雷雲ガンマ線を引き起こすかを調べるため、両者の同期を統計的に調べたい。月の水資源探査を狙う MoMoTarO 測定システムを転用した観測を開始。COSMOSも活用して理論検討も実施



# 宇宙線空気シャワーと雷雲ガンマ線の同期は？

- 空気シャワーが雷雲ガンマ線を引き起こすかを調べるため、両者の同期を統計的に調べたい。月の水資源探査を狙う MoMoTarO 測定システムを転用した観測を開始。COSMOSも活用して理論検討も実施



MoMoTarO 1U モデル



国際宇宙ステーション  
「きぼう」日本実験棟



鶴見美和さん(D1)

本日、金沢に設置キャンペーン

# Sony Spresense 連携の放射線読み出しボード

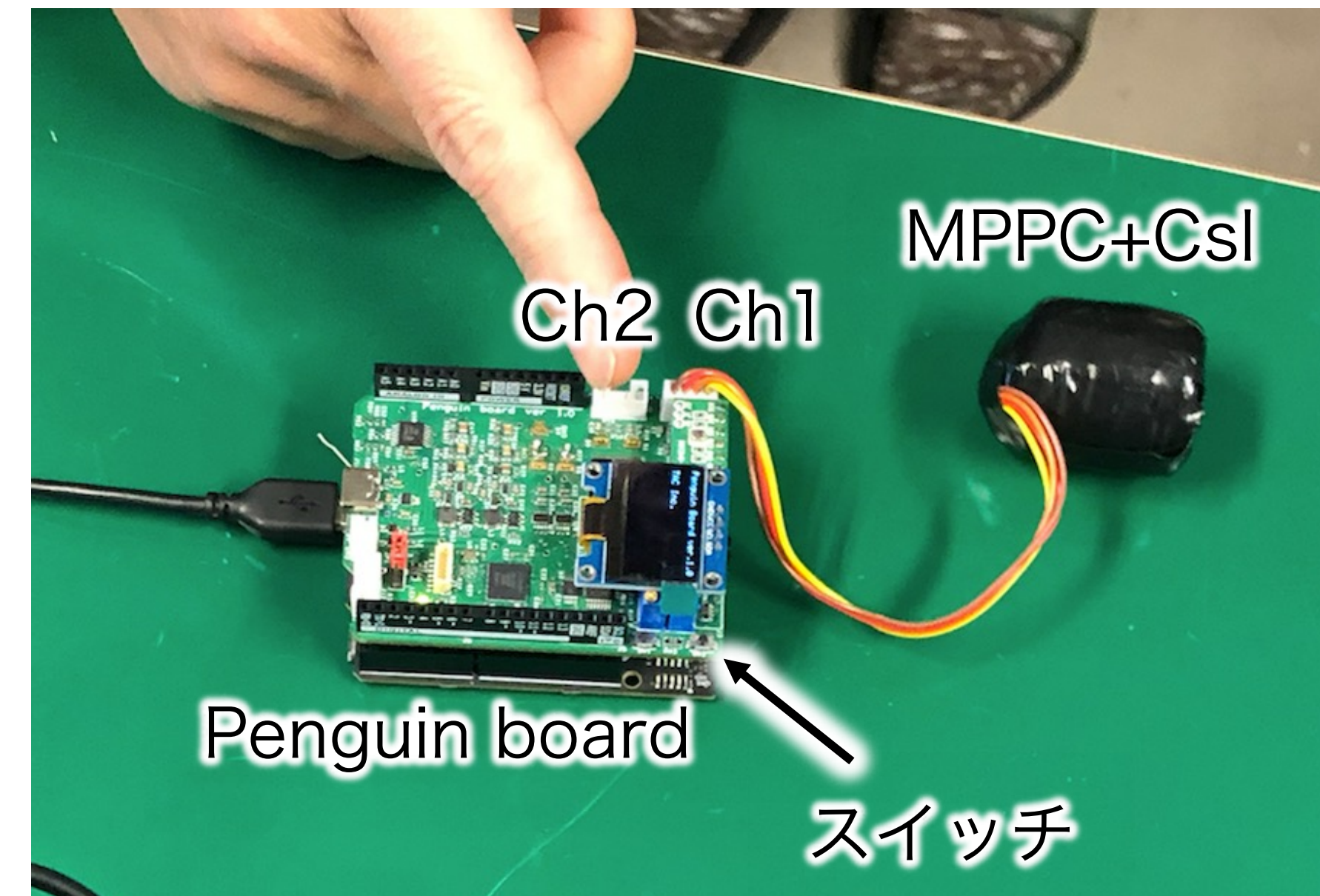
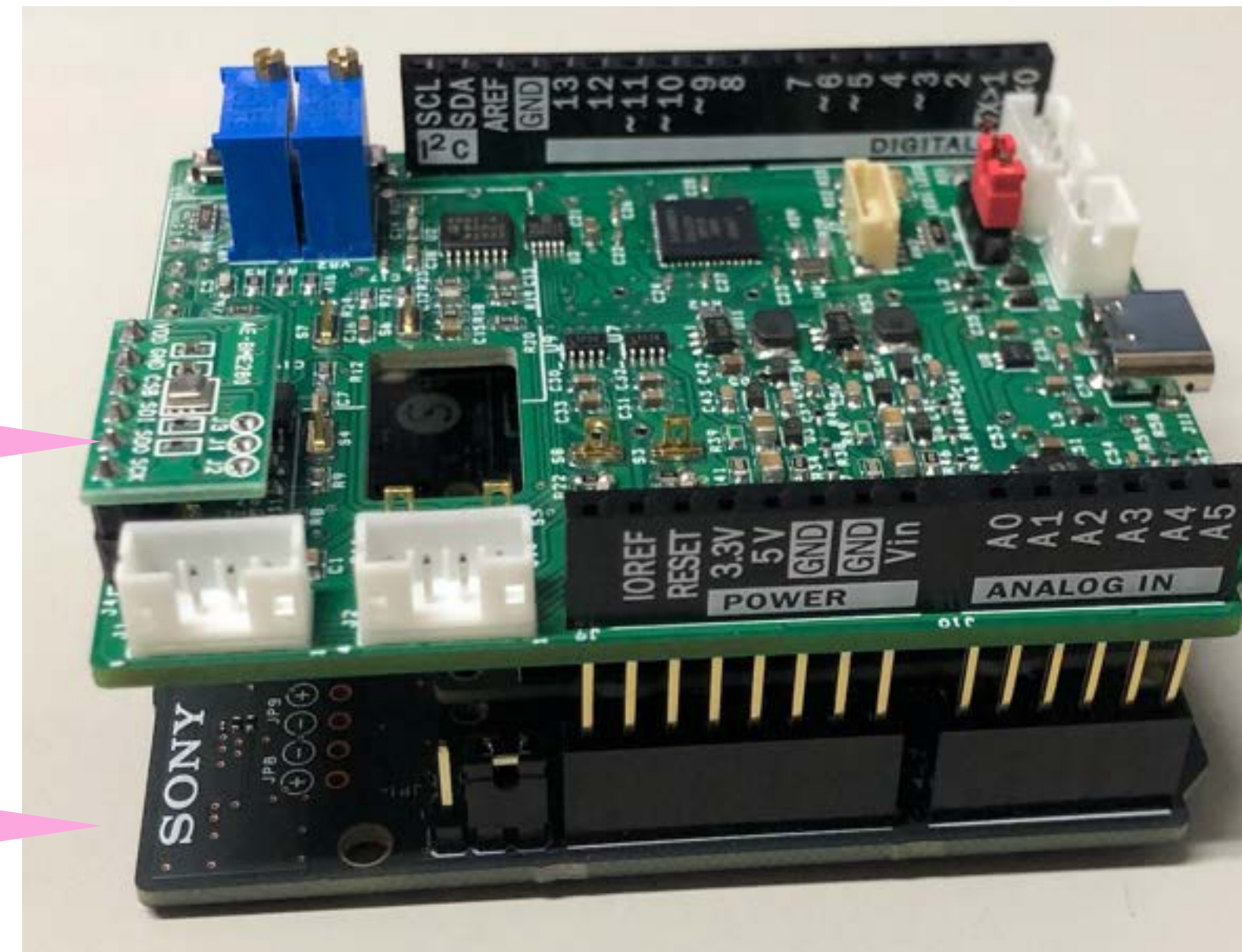
- Arduino 互換のボードコンピュータ Sony Spresense と合わせて使用 **PENGUIN** (Physics and Engineering Utility Introduction) ボードを独自に新規開発した。Python でのデータ読み出しが可能。
- 2チャンネル読み出しで、ミュオン成分とガンマ線を同時計数することで感度向上。京都大学の学部授業（課題演習A7）での活用を開始。次年度はシチズンサイエンスへの転用も視野。販売予定。

## PENGUIN board

- MPPC用のバイアス電圧供給
- 2チャンネルのアナログ波形整形
- MCU/FPGAを装備
- BME280環境センサも配備

## Sony Spresense

- 新しい汎用ボードコンピュータ
- GPSも配備し、多くの適用例



# 本年度のまとめ

- 雷雲電場で加速された電子の制動放射ガンマ線（gamma-ray glow, 雷雲ガンマ線）の観測で宇宙線空気シャワーとの関係を調べる。
- 金沢で冬季雷雲の観測を行うシチズンサイエンス「雷雲プロジェクト」を継続している。2023, 2024年度ともに多数のイベント検出。
- アウトリーチとして2025年11月24日に金沢でサイエンスカフェを開催。岩波書店「科学」のシチズンサイエンス特集号にも掲載。
- 塔隆志さんにご協力いただき、乗鞍岳観測所にコガモを1台設置し、夏季雷雲の観測を行った。冬季雷雲と合わせて解析予定。
- 研究費(助成額5万円)の使徒として防水ボックスの購入を実施。
- COSMOSも活用し、宇宙線空気シャワーとの同期の調査へ。