

可搬型検出器による雷雲由来の電子加速と 高エネルギー現象の多地点観測

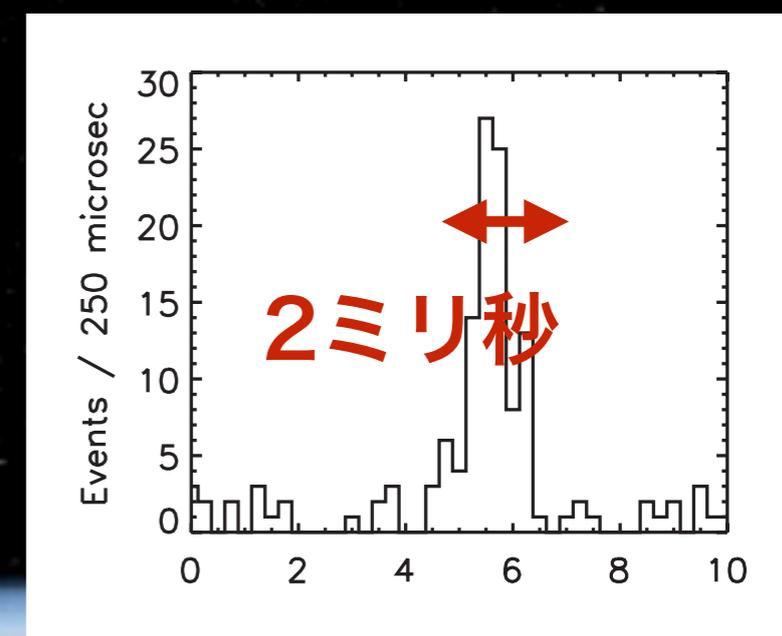
雷雲電場による電子加速の観測的研究: 海沿いの冬季雷雲と高山の夏季雷雲の比較
(研究代表者: 榎戸輝揚)

2017年7月13日～9月28日まで
乗鞍観測所で検出器を運用
査定額: 23万円
用途: 設置・メンテナンス・
撤収の交通費 (22万2000円)
検出器の送付代 (8000円)

和田有希 (東大理/理研), 榎戸輝揚 (京大理) 古田禄大, 松元崇弘,
中澤知洋 (東大理), 湯浅孝行 (元理研), 土屋晴文 (原研),
ほかGROWTHコラボレーション

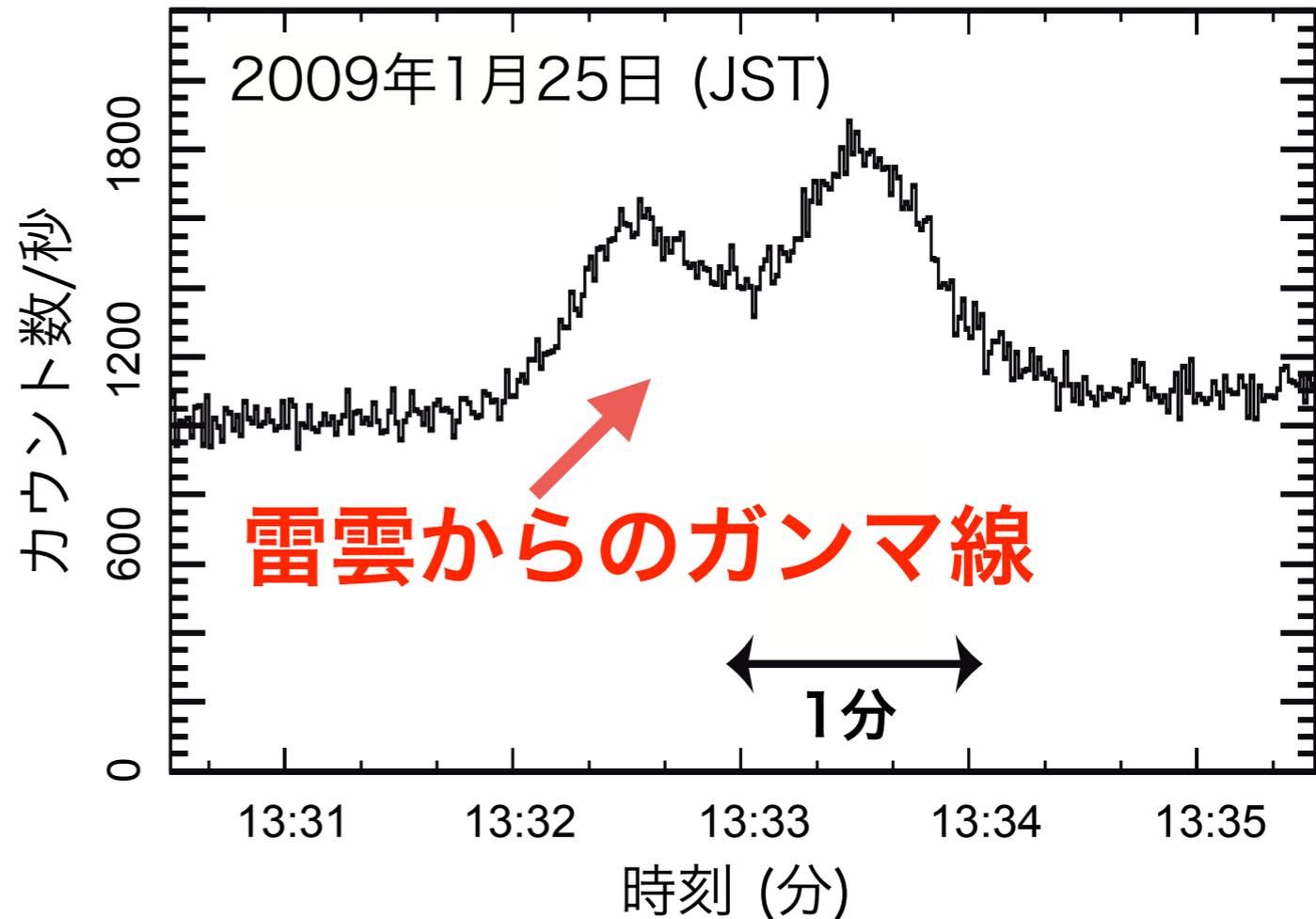
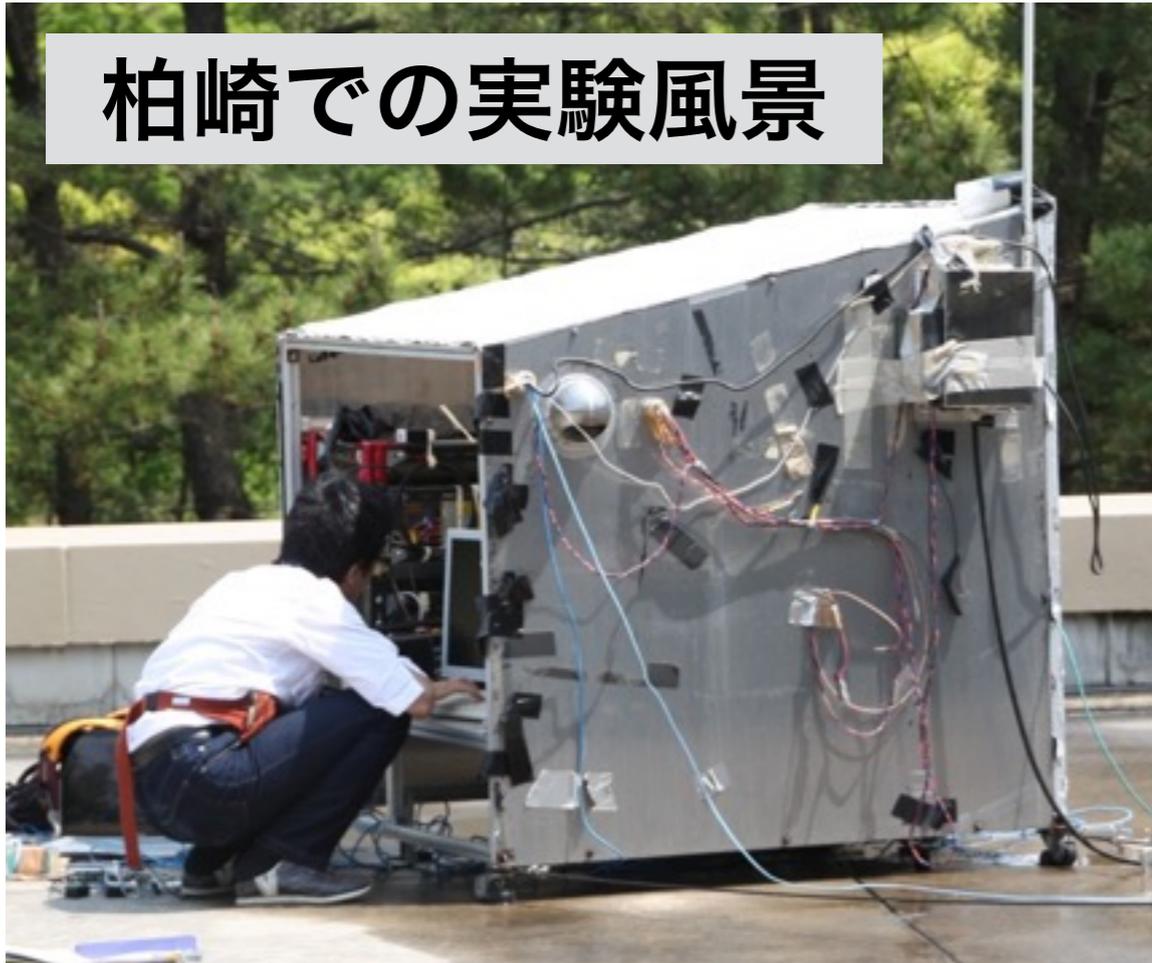
地球ガンマ線フラッシュ (TGF)

- ガンマ線天文衛星が地球から到来するガンマ線バーストを宇宙から発見。地上で発生した雷と同期。
- 雷雲から宇宙に向かって駆け上がる電子の制動放射ガンマ線。ミリ秒と極めて短いですが、10 MeV以上の高エネルギーに達する。



日本での雷雲や雷の高エネルギー放射線の観測

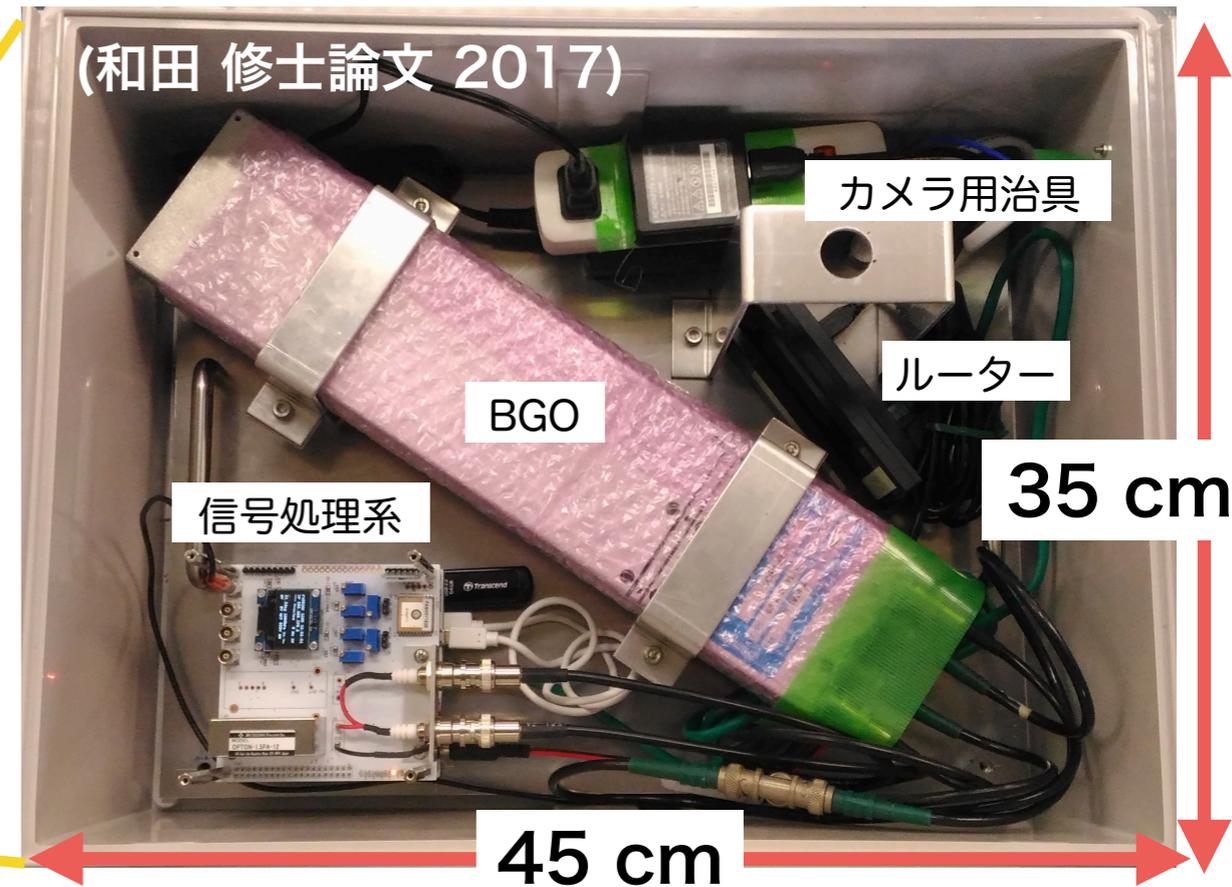
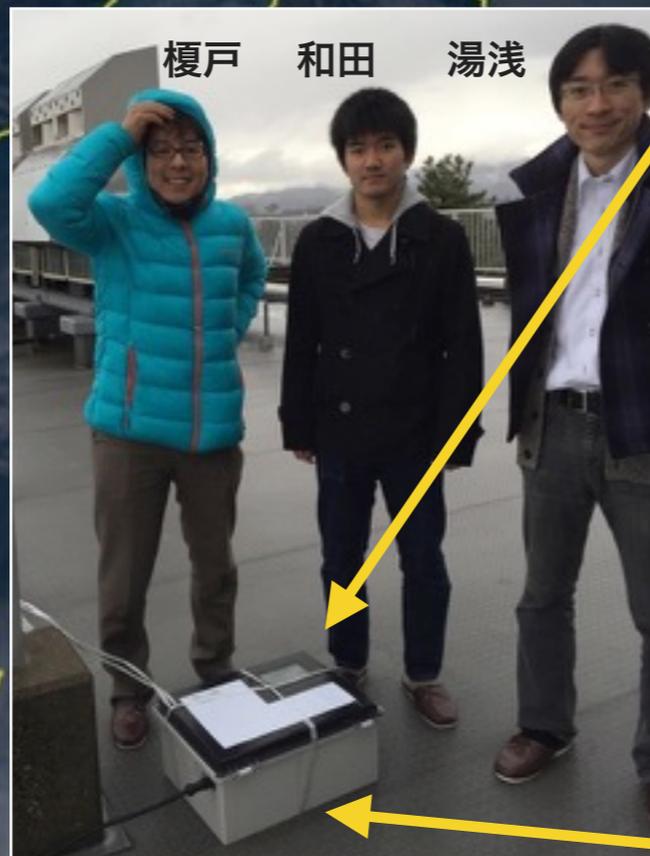
柏崎での実験風景



- 日本海沿岸の冬季雷雲は世界的に見ても強力な雷と雷雲の観測場所。
- 土屋、榎戸らを中心に新潟県柏崎市で2006年より放射線測定を実施。
- 雷や雷雲そのものからのガンマ線を20例以上観測。(Tsuchiya, Enoto et al., PRL, 2007)

観測拠点を増やした次世代の多地点マッピング観測へ向け、
榎戸 (京大)・湯浅 (理研)らで小型検出器プロジェクトを始動！

可搬型の放射線検出器を日本各地へ設置



- 湯浅らを中心に小型で安価な信号処理回路を開発。
- 名刺サイズの小型コンピュータ Raspberry Piを使用。
- 持ち運びできる小型検出器が完成。(和田 修士論文 2017)
- 日本海沿岸の観測拠点に設置し、多地点マッピング観測を実現！

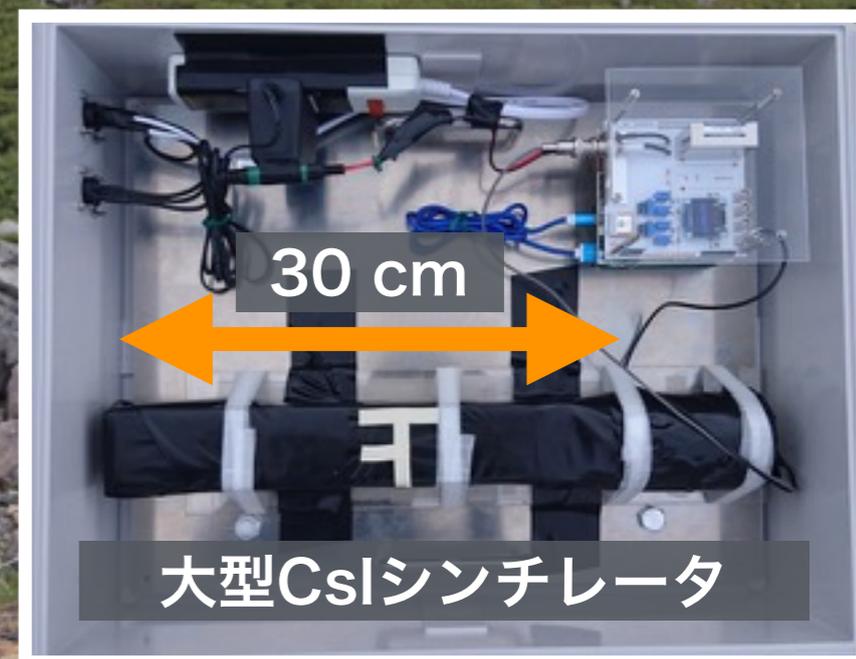
乗鞍観測所での放射線観測

- 2017年7月13日～9月26日まで2台の可搬型検出器を運用
- ガンマ線や熱中性子に感度を持つシンチレータを設置



1号機：大型CsIシンチレータ (大有効面積)

2号機：GSO/GAGG (Gdの中性子捕獲)
BGOシンチレータ (大強度ガンマ線用)
Blank PMT (ノイズ判別用)



簡易解析ではイベントは発見されず (詳細解析中)。

2016年度冬季の観測成果

雷雲由来の長時間バーストを10例、雷放電由来の短時間バーストを2例検出

| 検出日 | 時刻 | 種別 | 検出場所 |
|----------|-------|-------|------|
| 20161208 | 00:14 | 雷雲同期 | 金沢市 |
| | 02:56 | 雷雲同期 | 小松市 |
| | 02:58 | 雷雲同期 | 小松市 |
| 20161209 | 16:29 | 雷雲同期 | 金沢市 |
| 20170113 | 01:43 | 雷雲同期 | 金沢市 |
| | 05:05 | 雷雲同期 | 金沢市 |
| 20170115 | 05:01 | 雷雲同期 | 金沢市 |
| 20170116 | 12:19 | 雷放電同期 | 柏崎市 |
| 20170206 | 05:07 | 雷雲同期 | 金沢市 |
| | 05:10 | 雷雲同期 | 金沢市 |
| | 17:34 | 雷放電同期 | 柏崎市 |
| 20170211 | 17:10 | 雷雲同期 | 珠洲市 |

世界初の中性子と陽電子の同時検出で
雷放電で誘発された光核反応を観測的に実証

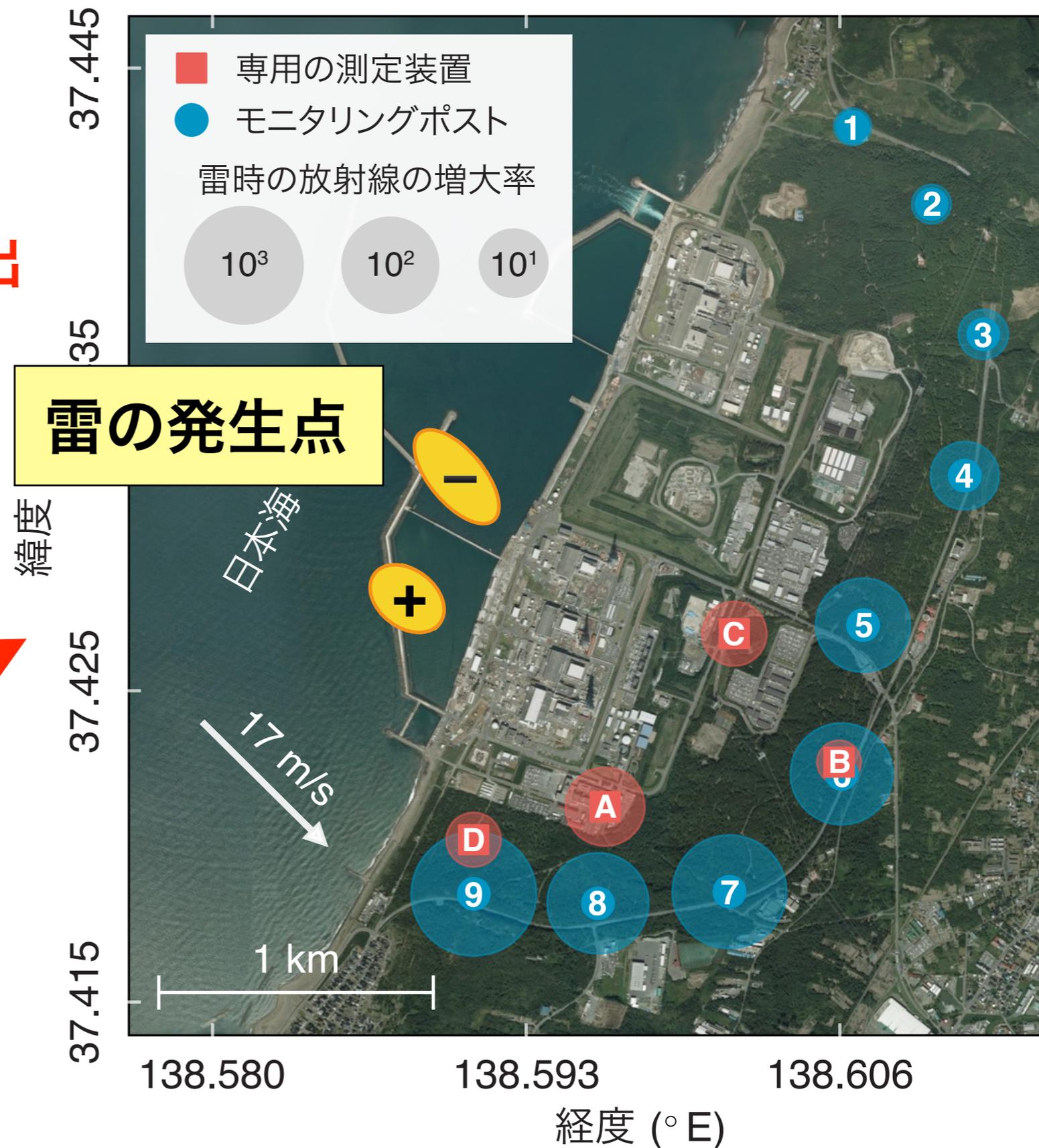
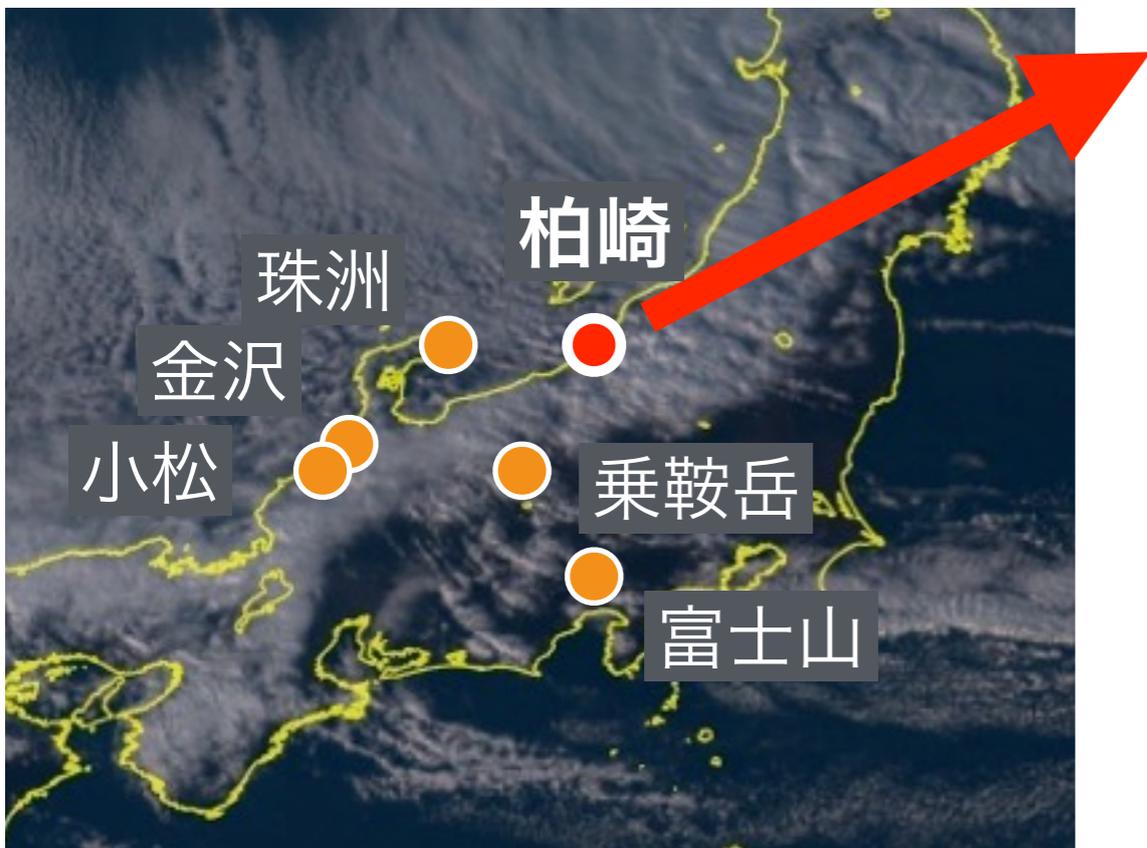
(榎戸, 和田, et al. Nature 2017)

雷と同期したガンマ線バーストを検出

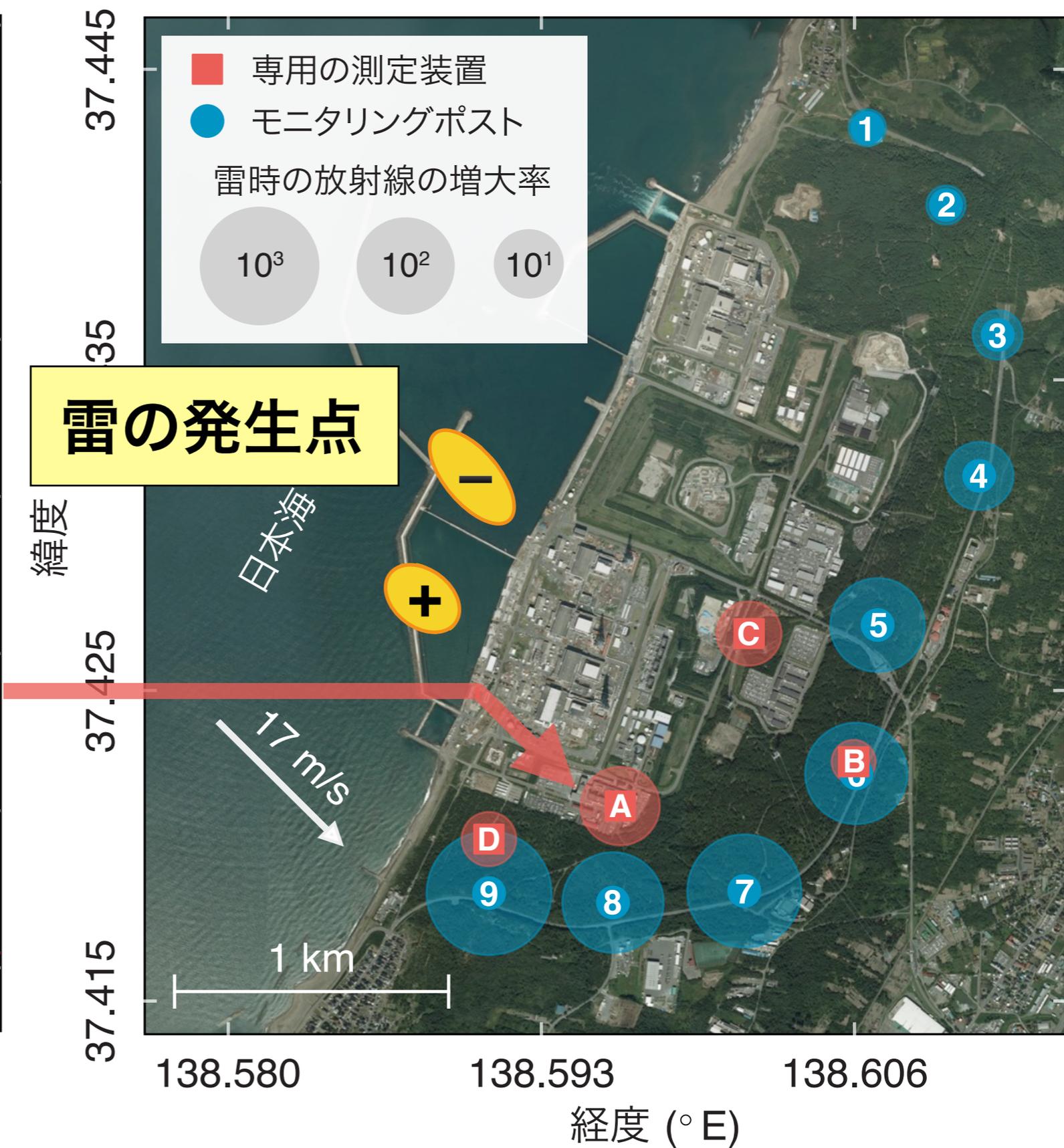
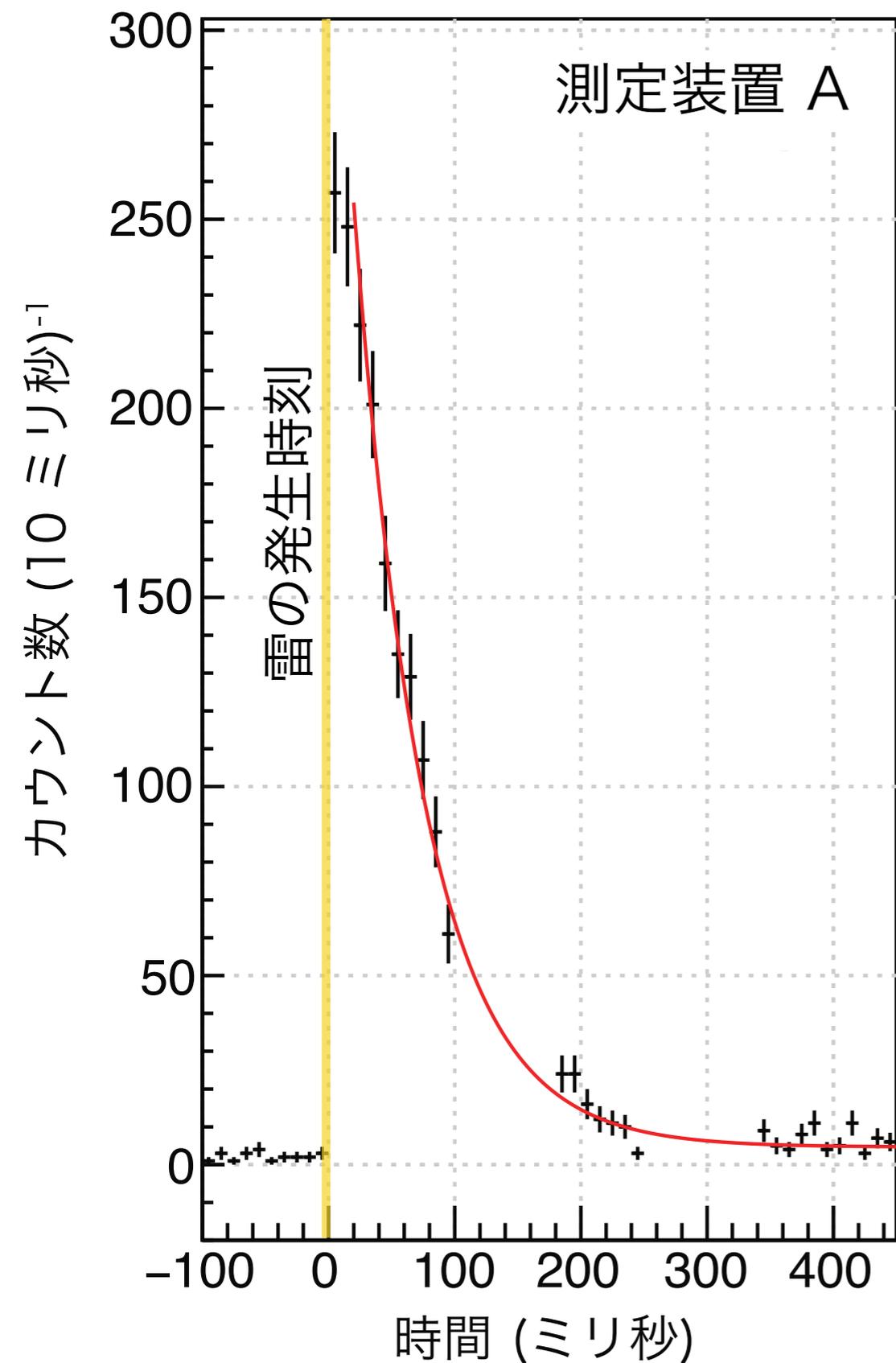
- 2017年2月6日 17:34:06 (日本時間) に柏崎で雷が発生。

→ 放射線イベントを同時検出

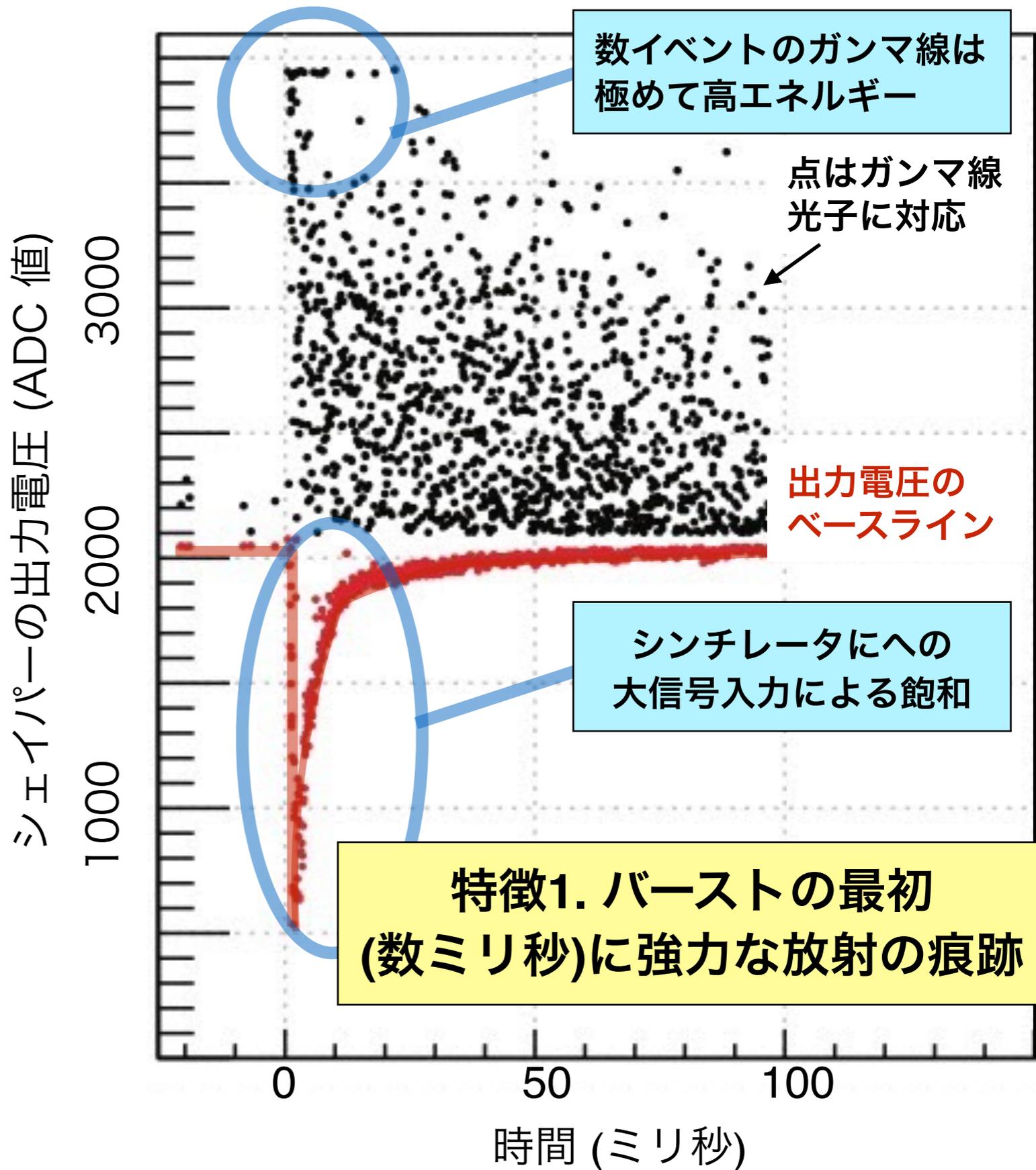
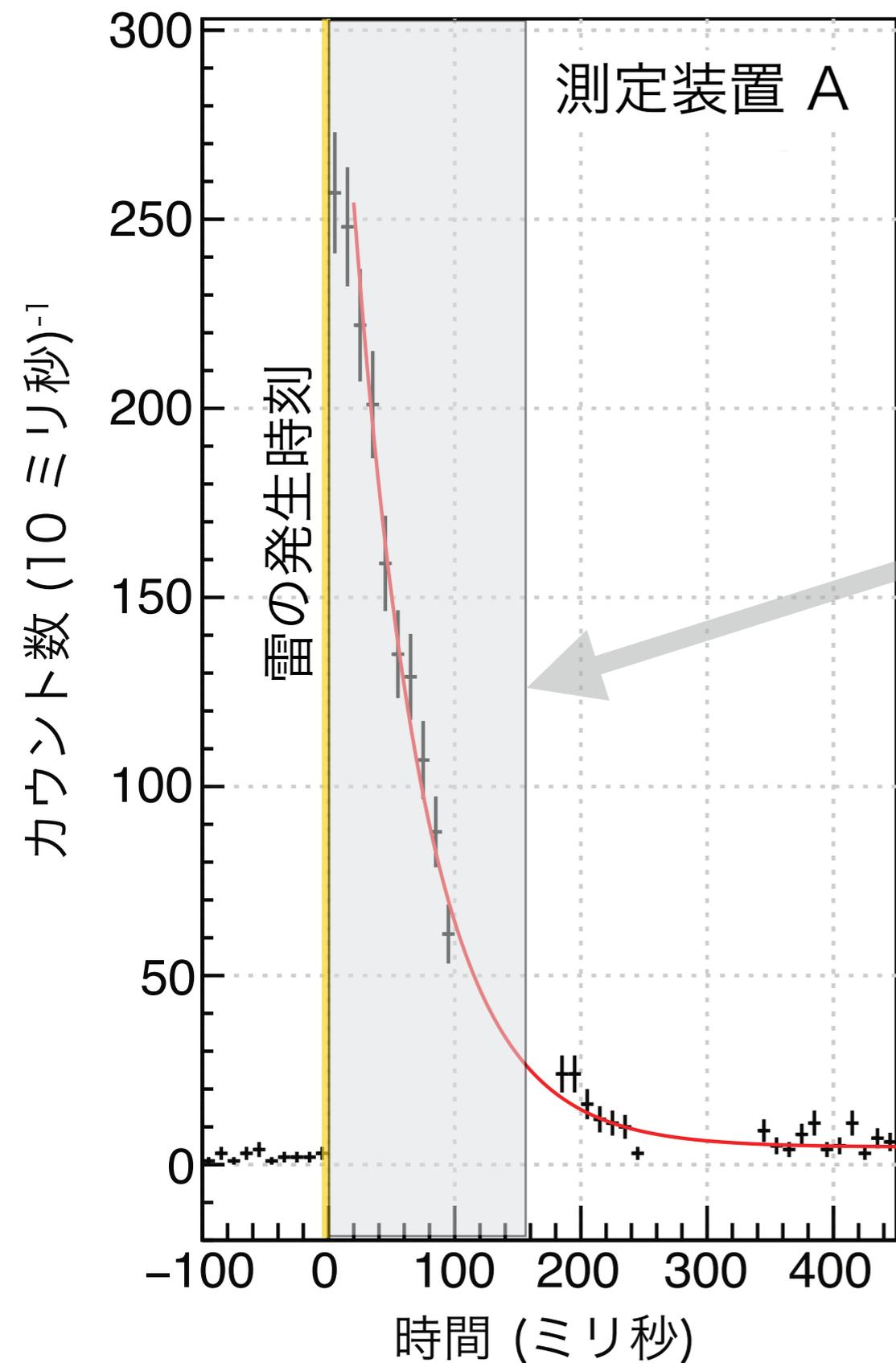
- 雷観測ネットワーク (JLDN) に加え、佐藤ら (北大) の電波観測で雷の発生を確認。



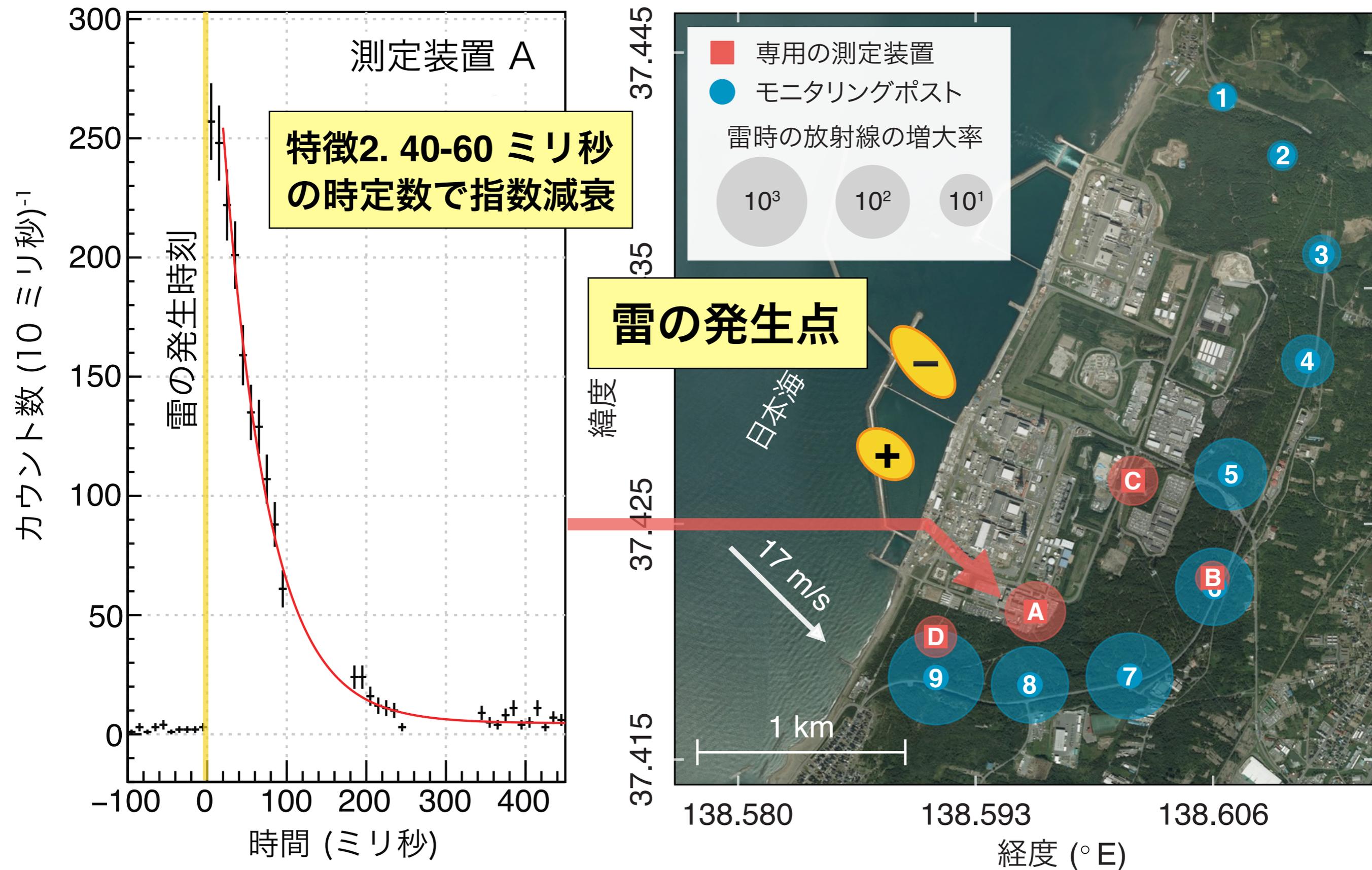
雷と同期したガンマ線バーストを検出



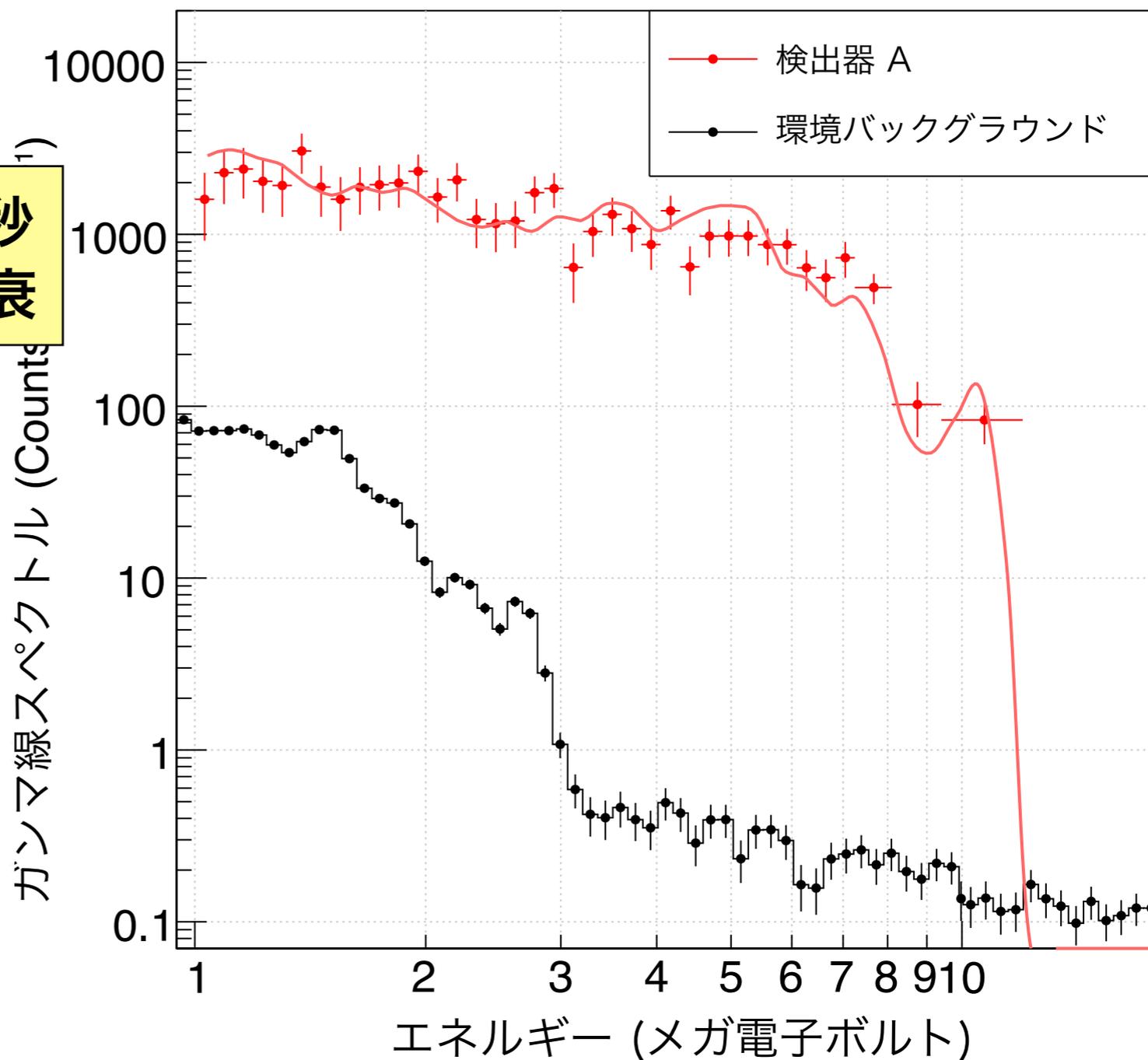
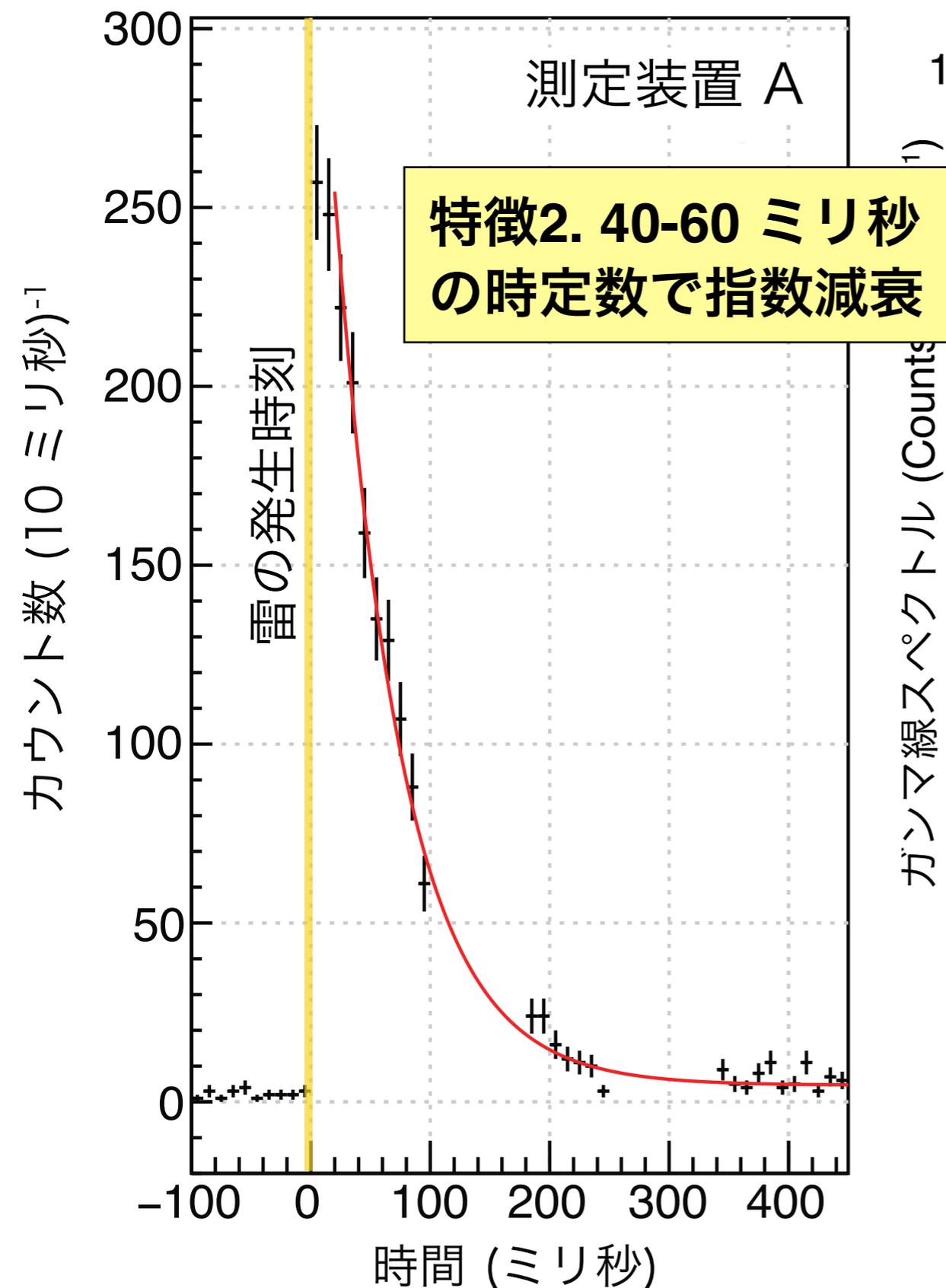
バースト放射の初期の大信号入力



雷の直後に ~50 ミリ秒続くガンマ線のバースト



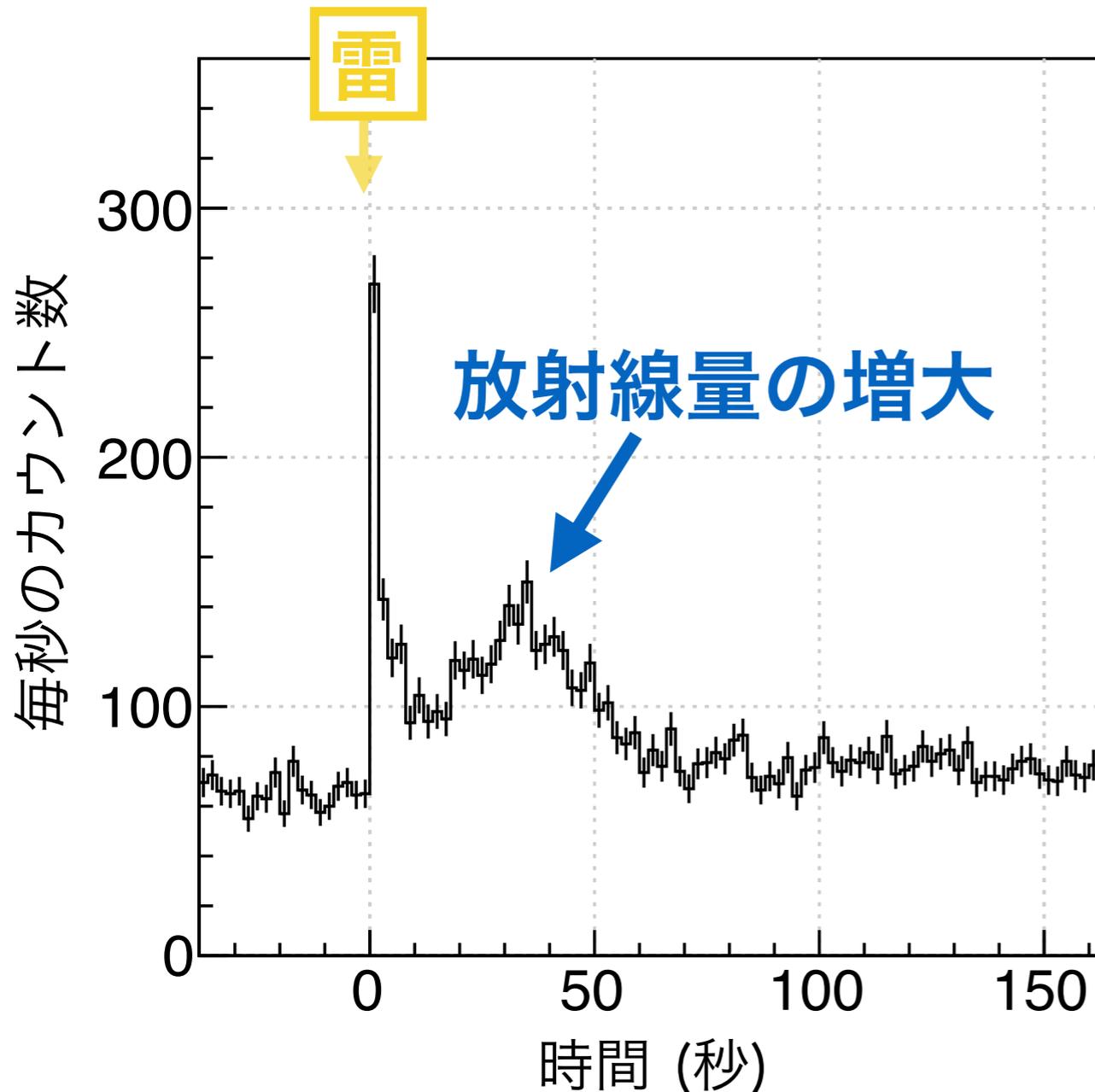
雷の直後に ~50 ミリ秒続くガンマ線のバースト



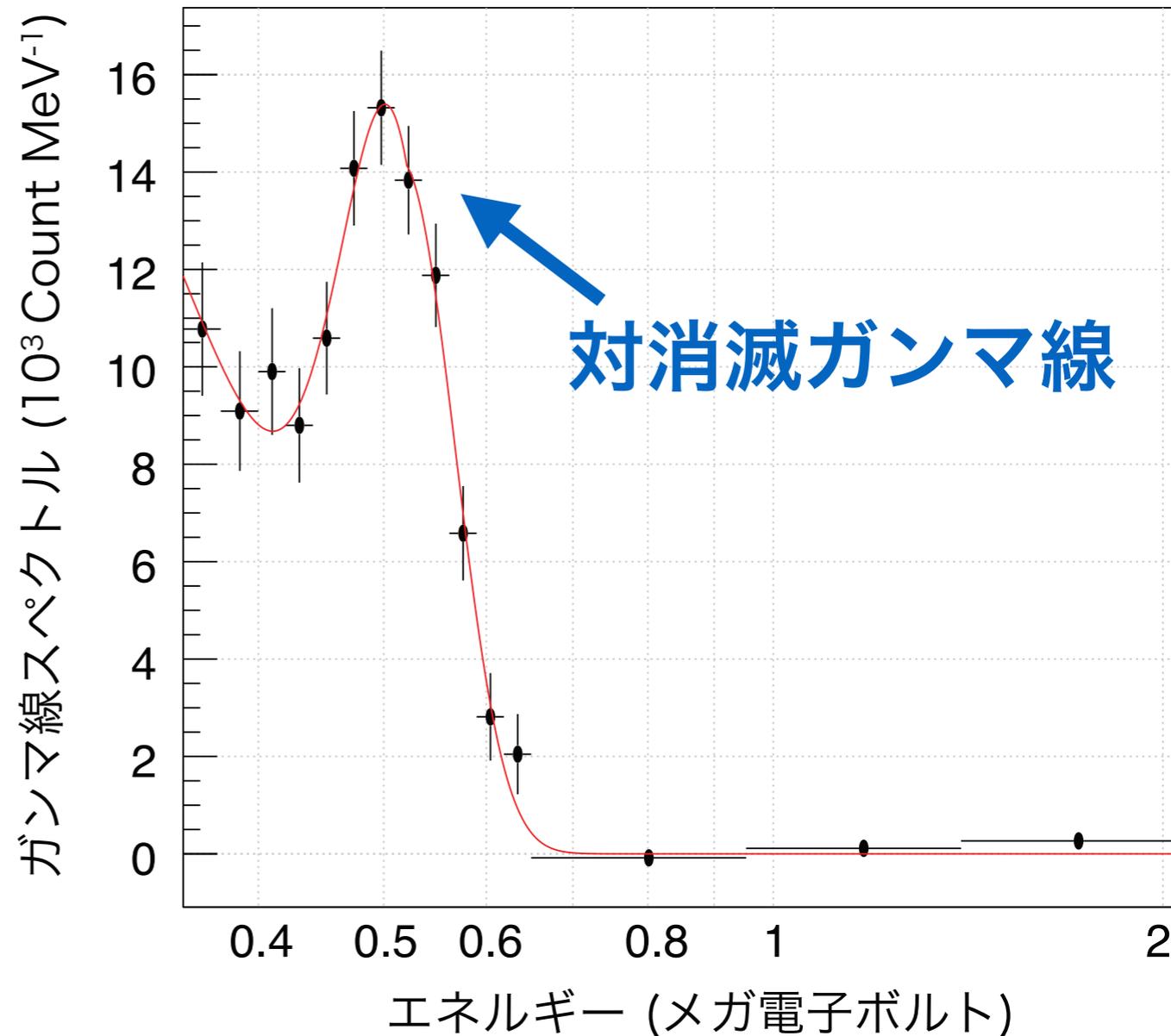
特徴3. 約10メガ電子ボルトのエネルギーまで続く放射線の到来。

雷から ~40秒 遅れた 0.511 MeV 対消滅線!?

放射線量の変動 (0.35-0.60 MeV)



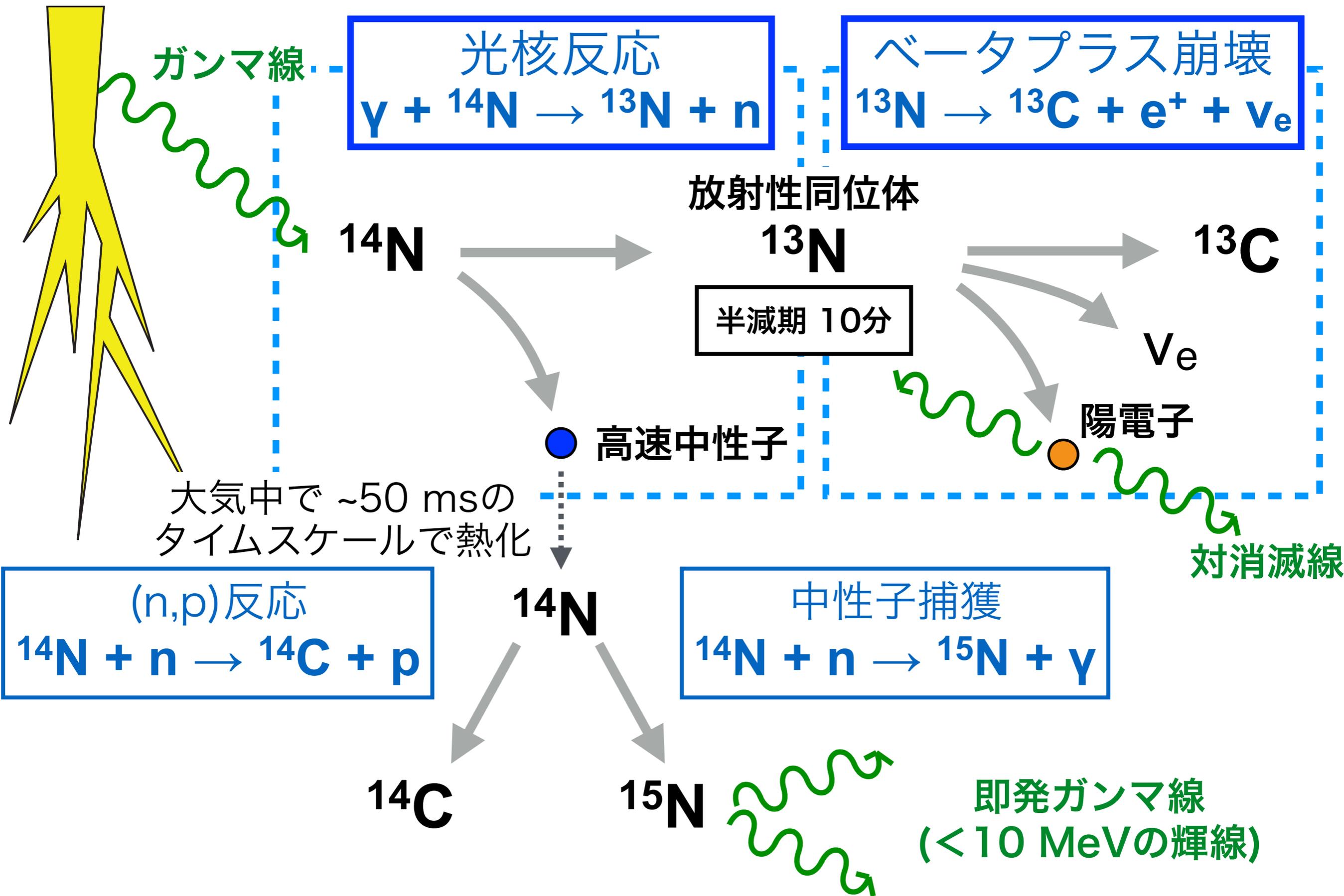
雷の後 1-63秒の間のスペクトル



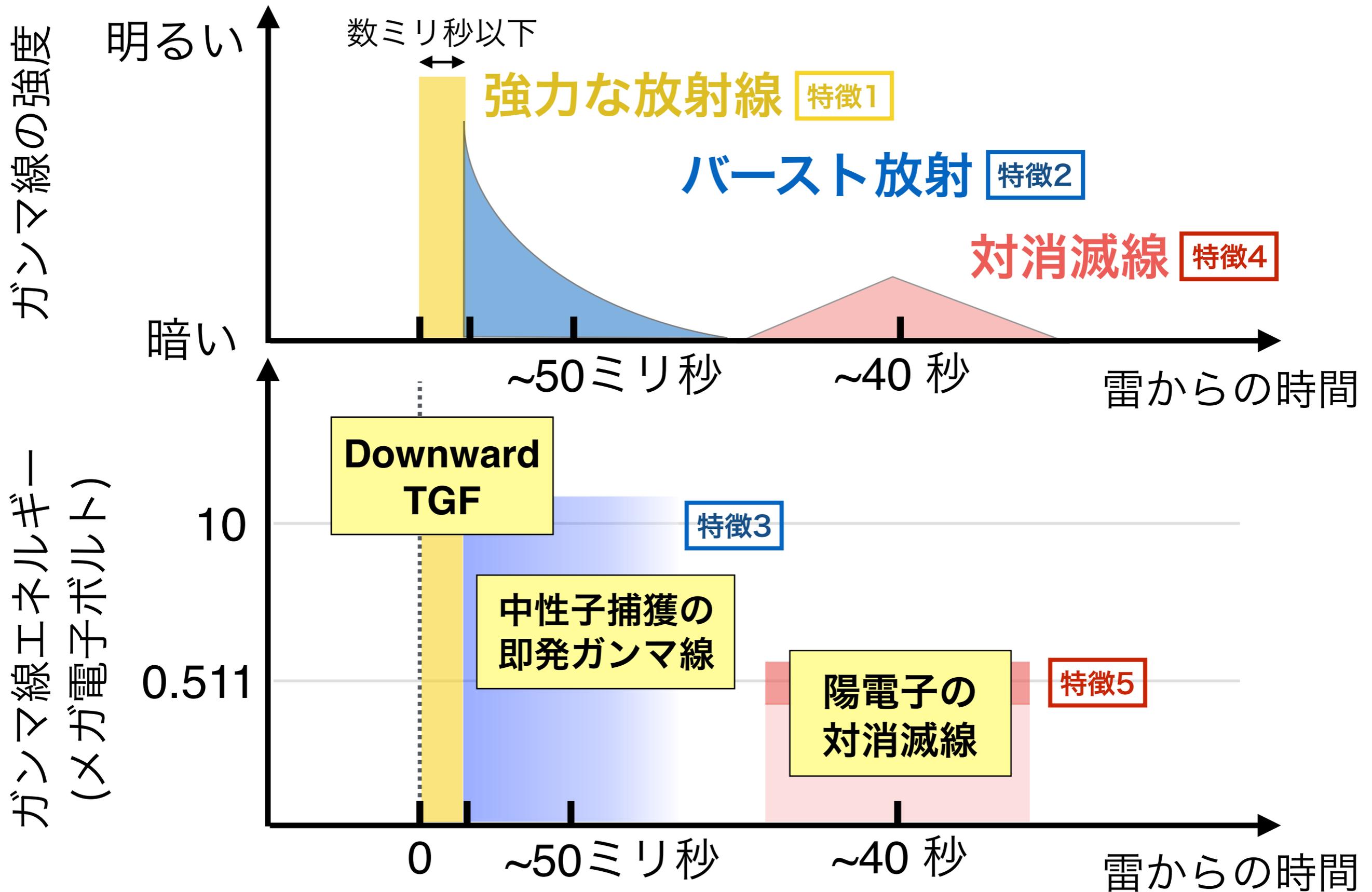
特徴4. およそ35秒ほど遅れて、雷の下流の検出器で放射線が増大!

特徴5. 高エネルギーガンマ線はなく対消滅ガンマ線のみが検出!

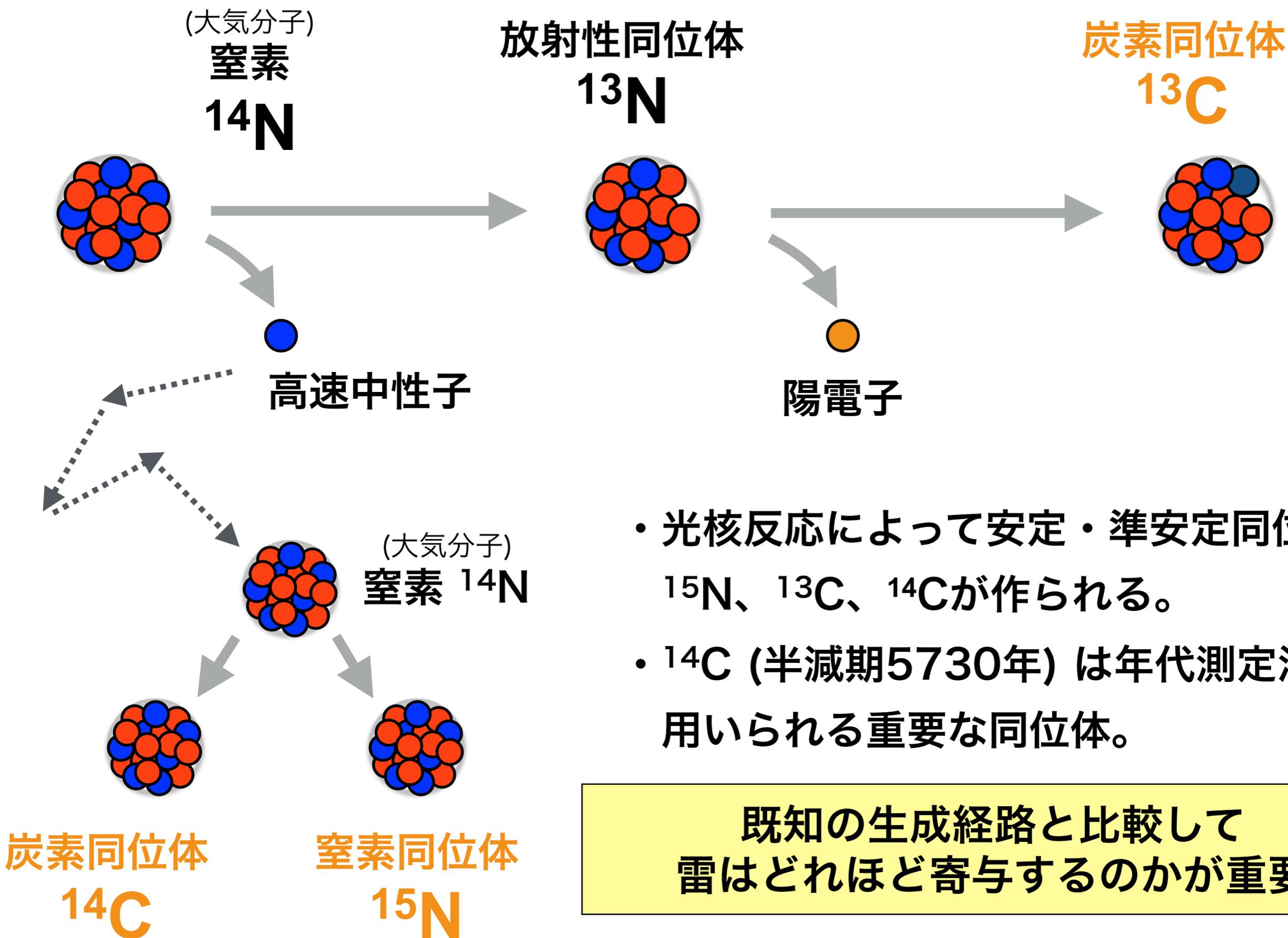
雷ガンマ線による光核反応



観測のまとめ (模式図)



光核反応による窒素・炭素同位体の生成



- 光核反応によって安定・準安定同位体 ^{15}N 、 ^{13}C 、 ^{14}C が作られる。
- ^{14}C (半減期5730年) は年代測定法で用いられる重要な同位体。

既知の生成経路と比較して
雷はどれほど寄与するのが重要

まとめ

- 可搬型の放射線検出器を開発。夏季は乗鞍観測所へ、冬季は日本海沿岸に設置し、雷雲や雷放電からの放射線を観測している。
- 新潟県柏崎市での観測において、雷が作り出した強力なガンマ線が、大気中の原子核を壊す「光核反応」を引き起こすことを、中性子と陽電子の同時検出から観測的に解明した。
- 炭素、窒素の同位体が雷で作られることが解明され、他の生成経路と比較して雷の寄与が大きいのか、といった研究が重要になる。

詳しくは [Enoto, Wada, et al., Nature 511, 481-484 \(2017\)](#)

今回の発見を軸に、放射線、電波、可視光、大気電場、気象などの
観測・シミュレーションを融合した学際領域
「高エネルギー大気物理学」を確立したい。

引き続きご支援・ご協力をよろしく申し上げます！