

雷や雷雲からの放射線観測実験における光検出器の製作と解析

Development of photodetector and analyze for observations of high energy radiations from activity

宇宙情報解析研究室 P07017 岩田 憲一

指導教員：久保田 あや 准教授

2011 年 2 月 11 日

1 はじめに

近年、自然雷からの X 線・ γ 線検出が報告され、これは雷雲等の電場によって相対論的領域まで加速された電子からの制動放射 X 線を検出している可能性が指摘されている。具体的な例として、柏崎刈羽原子力発電所に設置されている環境モニタリングポストが雷雲活動に同期した放射線量の増大を感知がある。この現象をより詳しく解析するために理化学研究所を中心とした研究チームが結成され、雷からの放射線検出器の製作が行われた。芝浦工業大学でも昨年度の総合研究として菅野が γ 線、荷電粒子の絶対強度是正のための環境モニターを製作した (文献 [1])。

放射線検出器に入力があった際、その入力が本当に雷に由来していたか、それ以外の原因があったのかどうかを知る必要がある。本研究では、放射線が観測された際に雷が間違いなく発生していたかどうかを把握するため、雷光をとらえる光検出器を製作した。また得られたデータを特に光検出器に強い反応のあった時間について詳細に解析した。

2 光検出器の製作と測定試験

2.1 光検出器の製作

今回の光検出器ではフォトダイオードを使用して、光を電気信号に変換する。使用するフォトダイオードは浜松ホトニクス製の S1226-18BU である。図 1 に製作する光検出器の回路図を示す。なおゲイン調整回路によって昼間と夜間または曇りの時等、外の明るさの変動によって 2 段階で増幅度を自動で変動させることで昼間に雷が発生した場合でも光検出器で捉えることが可能となる。

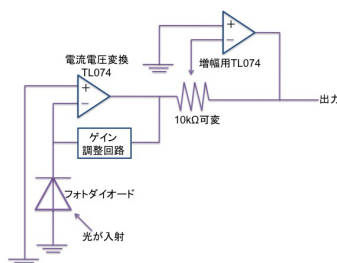


図 1: 光検出器の回路図

2.2 電源回路

光検出器中の素子を動作させるためには安定した DC5V 電源が必要であるため、その製作を行った。図 2 に電源回路を示す。まずコンセントからトランスの一次側に 100V の交流電圧を入力し、トランスの二次側から 30V の交流電圧を出力する。ここではセンタータップ付きのトランスを用い、これを GND に落とす。そしてトランスの出力をダイオードブリッジで整流し、コンデンサーで平滑化することで 15 V 及び -15 V の直流電圧を発生させることが

出来る。これを三端子レギュレータに入力して ± 5 V の電源を作る。

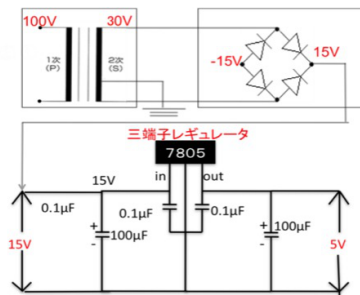


図 2: 電源回路

2.3 動作確認試験

図 3 に 2010 年 12 月 21 日から 27 日にかけて理化学研究所で行った動作確認試験のセットアップを示す。本来ならば ADC に NaI シンチレータ等の出力も入力されるがそれらは外した状態で行った。

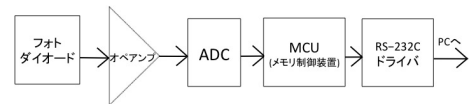


図 3: 動作確認試験のセットアップ

図 4 に動作試験のうち 12 月 26 日のデータを示す。図 4 の上側は光検出器の出力のうち 1 秒間で最も大きい出力をとったもの (ピークホールド)、下側はピークホールドを行わなかったものであり、時刻は UT 表記である。UT8:00 頃つまり JST17:00 頃に明るさが下がり、翌日の JST7:00 頃に上昇している、つまり昼は明るく夜は暗い事に連動している。

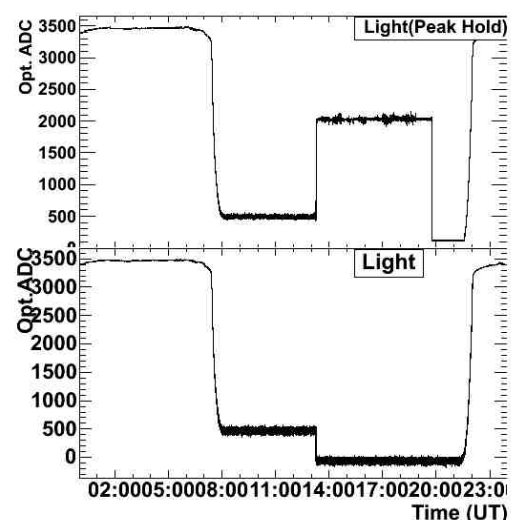


図 4: 動作試験結果

3 放射線計測データの解析

3.1 放射線検出器と実験の概要

本実験では放射線を捉えるメインの検出器として NaI シンチレータを使用し、捉えた放射線が γ 線なのか荷電粒子なのかを判別するためにプラスチックシンチレータ (PL) を使用している。また周囲からの環境放射線の影響を軽減するために NaI シンチレータの周りを BGO シンチレータで囲い、パッシブにシールドしている (文献 [2])。なお、NaI シンチレータの大きさは直径 3 インチである。

柏崎刈羽原子力発電所に設置されていた放射線検出器、及び新規に製作した放射線検出器を 2010 年 12 月 2 日に設置、起動し、12 月 27 日と 2011 年 1 月 29 日にデータを回収した。

12 月 27 日に回収したデータでは雷が発生したと思われるデータは 11 日分存在しており、特に原発側のモニタリングポストで増大が感知された 12 月 9 日のデータについて詳細に解析したが、全てのデータで放射線の有意な増大は見られなかった。しかし 1 月 29 日に回収したデータのうち 12 月 30 日のものには原発側で増大が報告されていたため、このデータの解析を行った。図 5 は原発側が 9 台設置している電離箱の 24 時間分の出力である。

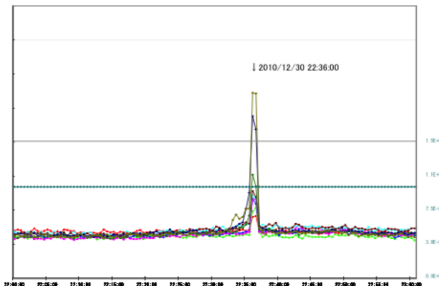


図 5: 原発側が設置している電離箱の 12 月 30 日の出力

3.2 検出器の出力データの解析

図 6 に検出器からの出力の時間変化を示す。出力データは上から順に NaI シンチレータ、PL シンチレータ、光検出器であり、時刻は UT 表記である。時刻 13:30 頃に放射線量が増加していた。

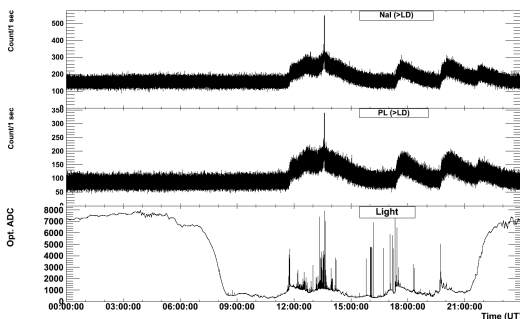


図 6: 12 月 30 日の検出器からの出力

図 7 は図 6 を 13:30:20 から 13:39:40 で拡大した図であり見方は同様である。13:35:00 から γ 線の増大が始まり、13:35:56 に落した雷と同期して終了していることがわかる。また、NaI シンチレータとプラスチックシンチレータの増大が同期している。

図 8 に過去の実験で得られたデータを示す。こちらでは γ 線の増大と雷が同期していないことがわかる。またプラスチックシンチレータに増大が見られないことから、

荷電粒子が検出器に入ってきていないといえる。以上の 2 点から図 7 とは全く違うことがわかる。

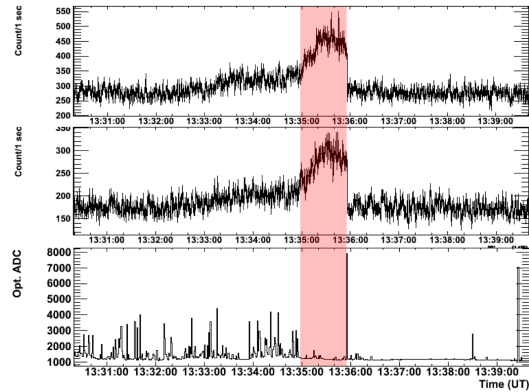


図 7: 図 6 を γ 線が増大した時間周りで拡大したもの

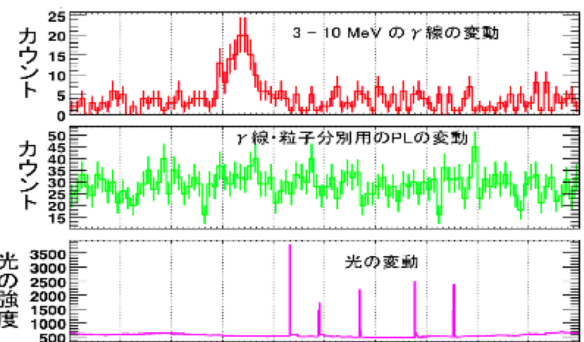


図 8: 過去の観測で得られたガンマ線増大イベント (文献 [1])

4 まとめと考察

光検出器は完成したが、動作に怪しい点が残っているので卒業までに直す予定である。

幸運にも γ 線の増大が雷と同時になくなるという過去例のない結果を得ることができた。これは雷が落ちることで雷雲内の電荷が少なくなり、雷雲内に存在した電場による粒子加速領域がなくなるのではないかと考えることができる。

今まで γ 線の増大は時間経過によって電場領域が弱まることで自然に止まる、もしくは γ 線の放出点が検出器から離れたことによって検出できなくなったかの 2 通りだと考えられていたが、今回の結果から雷が原因となって γ 線の放出が止まる可能性があることがわかった。さらに過去観測されていたイベントの中で、ガンマ線が検出出来なくなった後に雷が観測されていたものについても同様に、雷の発生によって雷雲からの放射線の増大がなくなっていた可能性もある。

また、プラスチックシンチレータが同期して増大していたことから、 γ 線がコンプトン散乱することによって空気中の電子にエネルギーを与えることで荷電粒子化させていると推測される。しかし、過去の例で荷電粒子が観測された事はなぜ今回だけ観測されたのかについても現在調査中である。

参考文献

- [1] 菅野雄太 総合研究論文 (芝浦工業大学) 2009
- [2] 檀戸輝明 修士論文 (東京大学) 2007
- [3] 浜松ホトニクス Si フォトダイオード S1226-18BU
http://jp.hamamatsu.com/products/sensor-ssd/pd041/pd042/pd044/S1226-18BU/index_ja.html