

平成 26 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：山上の雷雲で発生するガンマ線のバースト現象の研究 英文：Study of gamma ray bursts from mountain-top thunderclouds	
研究代表者	東京大学大学院理学系研究科	蓑輪 眞
参加研究者	東京大学素粒子物理国際研究センター 東京大学大学院理学系研究科 東京大学宇宙線研究所	井上慶純 加藤 陽 瀧田正人
研究成果概要	<p>雷雲に関係して発生するガンマ線のバースト現象について、2014年7月から9月にかけて東大宇宙線研究所乗鞍観測所で観測をした。原子炉運転モニターのために開発したプラスチックシンチレータ 64 モジュールからなる PANDA64 検出器（総質量約 640kg）をトラックに積載した状態で観測所の屋外に設置して測定をおこなった。全測定期間で 12 回の雷雲由来長時間持続性バーストが観測され、そのエネルギースペクトルは最大規模のバーストで 25MeV 程度まで伸びていた。</p> <p>気象庁提供の雷情報との関連を調べたところ、12 回のバースト全てが「雷可能性あり」を示すレベル 1 以上の状態で観測されていた。また全測定期間中に 8 回あった「雷あり」を示すレベル 2 以上の前後では、すべてバーストが観測され、雷情報との強い相関が認められた。乗鞍で観測したバーストについてシミュレーションをおこなうと、40-80MeV の単色の電子を 400-1000m の高度から発射した場合に測定スペクトルをよく再現した。</p> <p>これ以前に、福井県の関西電力大飯発電所でのニュートリノ観測中に冬場の雷雲に関連してやはりガンマ線の長時間バーストを観測しているが、電子のエネルギーは山岳地帯である乗鞍観測所のほうが日本海沿岸の大飯発電所よりも高く、一方で、大気中での電子フラックスは大飯のほうが乗鞍より大きいという結果が得られた。これは、乗鞍の方が空気の密度が低いことと関連していると考えられる。</p> <p>検出器周囲に設置した電場計と光検出器のデータも解析したところ、雷光と同時に電場の強さが急激に変化するケースが観測され、またすべてのバーストのピーク付近では電場計の値が -10kV/m 以下の負の値となっていた。バーストの終わり方として緩やかなものと急激なもの 2 通りが観測され、それぞれ電場との関連から前者は雷雲の通過による終結、後者は放電と同期した終結であることが示唆された。</p> <p>雷雲内に存在する電場の強さが $\sim 300\text{kV/m}$ 以上になると、空気中の電子は電場による加速が大気分子との衝突による減速を上回って加速され、いわゆる相対論的逃走電子が発生する。電子が相対論的速度に達する過程でさらに新しい逃走電子が次々に生成するため、逃走電子数は雷雲電場中 10^5 倍程度まで増倍するという相対論的逃走電子雪崩 (RREA) モデルが提唱されている。RREA モデルに基づく逃走電子の増倍とそれに伴う制動放射ガンマ線が、これまで山岳地帯や日本海沿岸で検出されてきた長時間持続性バーストを十分に説明できるかどうかや、バーストが長時間持続するメカニズムはまだわかっていない。</p> <p>われわれのこの結果は発生機構のモデルに対して新たな制限を与えるものである。</p>	
整理番号	E10	