

GLIMS ミッションに期待される科学：地球ガンマ線現象

高橋幸弘、嘉瀬浩美（東北大学・大学院理学研究科）牛尾知雄，森本健志（阪大），
佐藤光輝（北大）、Umran Inan（スタンフォード大），芳原容英（津山高専），
菊池雅行（極地研），鈴木睦，山崎敦，阿部琢美（ISAS），
吉田和哉，坂本祐二（東北大），奥山圭一（津山高専），石田良平（大阪府大），河崎
善一郎（阪大）

地球ガンマ線現象(TGFs: Terrestrial Gamma-ray Flashes)は、雷雲起源の高いエネルギー(30 MeV)を持つガンマ線現象で、1994年にガンマ線天文衛星搭載 BATSE によって発見された。2004年にガンマ線天文衛星 REHSSI によって大量に検出されたことをきっかけに、雷放電研究分野で最も注目を集める現象の一つとなった。雷放電に伴って発生するによる高エネルギー電子から放射されていると考えられているが、その発生条件やメカニズムについては未解明である。TGFの研究には、それ自体が新しいガンマ線の生成メカニズムの解明という物理学的な先端的研究対象というだけでなく、雷放電による MeV の電子生成、磁気圏への注入の把握や、これまで十分に解明されていない、雷放電における宇宙線のトリガーの役割を明らかにするという可能性を持っている。我々の研究グループでは、これまで REHSSI で観測された TGF イベントの情報と、東北大学の全球 ELF 観測ネットワークのデータに基づき、雷放電の規模（電荷モーメント：C km）毎の、TGF の発生確率の推定を行った。

使用した主なデータは 2004 年に得られた、ELF sferics および TGF の記録である。まず電荷モーメント毎の全球的な雷放電発生頻度を推定する。800 C km 以上の雷放電については、東北大学の ELF ネットワークによる sferics の波形データを用いて、全球の雷放電について TOA(Time of Arrival) の原理で発生位置を求め、そこから電荷モーメントを推定できる。200-800 C km の放電については、ある時間帯の雷放電が特定地域（アジア、アフリカ、アメリカ赤道域）に集中して起きていると仮定することで、その地域における電荷モーメント毎の相対的頻度を推定し、それを先に求めた 800 C km での発生頻度の絶対値と、経度毎の相対頻度を考慮した上で連結する。さらに、200 C km 以下については、米国における地域観測で得られた電荷モーメント毎の相対分布が、他地域でも成り立つと仮定し、200 C km 以上の頻度分布に連結する。以上の操作により、全球の雷放電の年間平均について、電荷モーメント毎の発生頻度を、世界で初めて絶対値として推定した（図 1）。

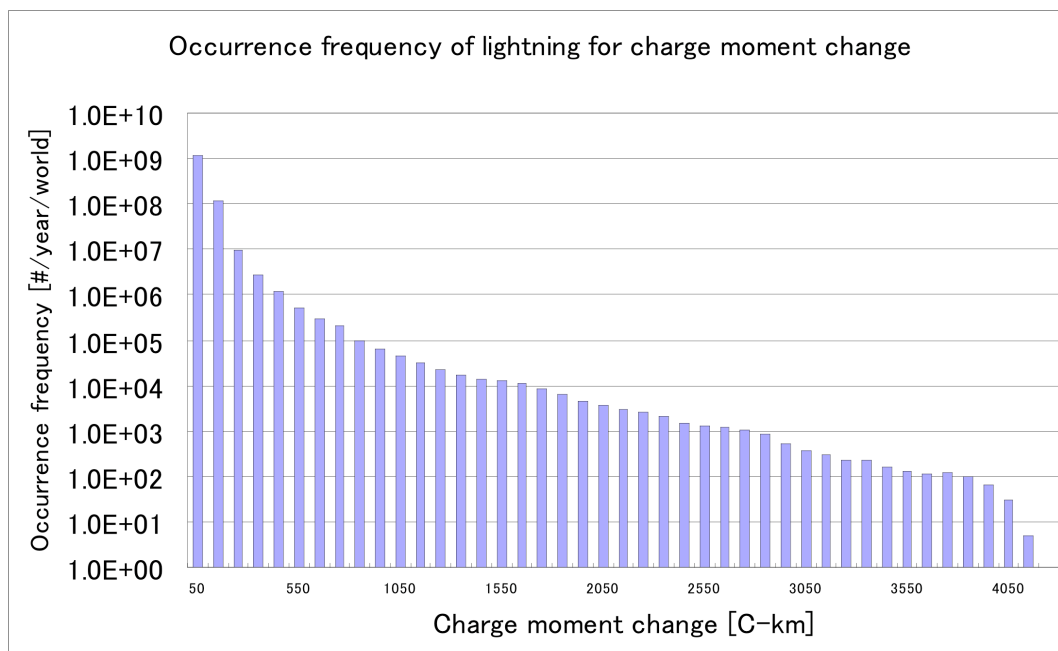


図 1 電荷モーメント毎の全球雷放電発生頻度（2004 年）

次に、個々の TGF イベントの ELF データを考慮し、TGF の上方へ放射角を 15 度と仮定した場合の TGF の全球発生頻度を求め、そこから親雷放電の電荷モーメント毎に発生確率を推定する。ここで、TGF は正極性落雷でのみ観測されていることを考慮している。2004 年の 1 年間のデータについて調べた結果（図 2）、200 C km 以下の正極性放電では約 5%、200-400 C km では約 25%という数字が得られた。

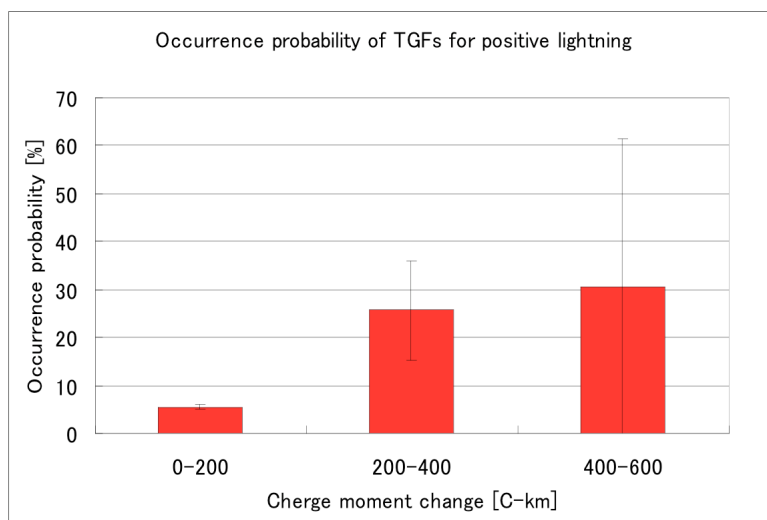


図 2 電荷モーメント毎の TGF 発生確率

これまで TGF は比較的電荷モーメントの小さな雷放電に対応していたため、それが発

生条件ではないかと思われる傾向にあったが、今回の結果は、小規模の放電では発生頻度はむしろ低くなる傾向を示しており、小規模放電であることが発生条件ではないことを示唆している。また、この解析では、雷放電の発生頻度分野や TGF の放射角などで様々な仮定をおいているため、実質的な誤差はかなり大きい可能性がある。5-25%という発生確率の推定値は、仮定の置き方によっては容易に数倍の変化が起こりうる。このことは、発生確率が数 10-100%に近い大きな値である可能性があることを示している。もし、殆どの雷放電から TGF が放射されているとすると、いまだ未解明の雷放電の発生メカニズムを考える上で非常に興味深い。最近の研究では TGF の発生には高エネルギーの宇宙線が不可欠とされていることから、すべての雷放電が宇宙線によるトリガーを受けて起きていることが予想されることになるからである。

今後新たな宇宙ミッションによって、TGF のメカニズムを解明を目指していくわけだが、その際に明らかにたいのは、TGF および親雷放電の発生高度、TGF を放射する雷放電のフェーズや種類、ガンマ線の放射角、発生のタイミング、TGF を放射する MeV エネルギーの電子との関係などである。そのために、雷放電の発生位置と TGF を捉えた衛星の位置関係と、放電と TGF の観測されるタイミングを高精度で記録することが本質である。我々はこうした観測を、GLIMS とヨーロッパが搭載する ASIM との共同で実現していく。GLIMS は多色フォトメータによる高速測光、CMOS カメラによる発光位置の決定、VLF/VHF 波動の波形を高速記録を担当し、ASIM で観測される TGF との精度の高い相関解析を可能にする。