

科学研究費補助金（特別推進研究）公表用資料
〔研究進捗評価用〕

平成19年度採択分

平成21年 3月31日現在

研究課題名（和文）マイクロサテライト・地上観測連携による
高々度放電発光と地球ガンマ線現象の解明

研究課題名（英文）Investigations on TLEs and TGFs
using micro-satellite and ground observation network

研究代表者

氏名 高橋幸弘（Takahashi Yukihiro）

所属研究機関・部局・職 東北大学・大学院理学研究科・准教授



研究の概要：

本研究課題では、独自に製作する専用マイクロサテライトと地上観測設備の戦略的運用によって、雷雲活動に伴う高々度放電発光現象、地球ガンマ線、グローバルな雷放電活動とそれらの大気及び電離圏・磁気圏への影響について、メカニズム解明と定量的理解を確立することを目的とする。

研究分野：

科研費の分科・細目：

キーワード：高高度放電発光、地球ガンマ線、小型衛星

1. 研究開始当初の背景

この15年余りの間に、雷放電に関する研究状況は大きく変化した。地上の高感度カメラによって、1989年に偶然、スプライトと呼ばれる中層・超高層大気放電現象が発見される。2004年にはスプライトなど高々度発光現象（TLEと呼ぶ）の観測を目的とした観測器ISUALが台湾の衛星FORMOSAT-2に搭載され観測を開始した。また、雷雲活動に伴うガンマ線が、1994年、人工衛星に搭載された宇宙ガンマ線センサーCGRO/BATSEでも確認された。

2. 研究の目的

本研究課題では、3つのテーマすなわち、1) 高々度発光現象（TLE）のメカニズムの解明、2) 地球ガンマ線（TGF）のメカニズムの解明、3) グローバルな雷放電活動とそれらの大気及び電離圏・磁気圏への影響の定量的理解を研究の目的とする。

3. 研究の方法

研究目的を達成するために、A) マイクロサテライトの開発・製作・打上、および得られたデータの解析、B) ローカルな地上観測キャンペーンと永続的地上モニタリング観測の実施、C) 統合的なデータ解析とメカニズム解明のためのシミュレーションを柱とした研究計画を実施してきた。

4. 研究の主な成果

A. マイクロサテライト

衛星の機構モデルを製作し、つくばのJAXAセ設備を用いて振動試験を実施した。

フライト用特注部品の仕様決定・入手、市販部品の選定・入手、それらの各種試験を完了し、現在衛星の最終組み立てを行った。途中電気回路素子の一部変更やマスト伸展機構の設計変更などで遅延と想定外の予算が生じたが、8月頃までに完成し、その後本体の環境試験をパスした後、HIIAロケット相乗りのための12月のJAXAへの搬入に間に合わせる事ができた。

仙台の地上アンテナおよび送受信設備を衛星打上げまでに完成させた。またキルナ受信局についても、2008年度末までに設置が完了した。

衛星は1月23日に打上げられ、衛星バスの立ち上げと一部観測機器の試験まで順調であった。高感度魚眼CCDカメラによる大気光撮像にも初めて成功している。2月初めに電源電圧低下に伴う通信障害が発生し、現在予定していた本観測の開始が現時点（5月）で約2ヶ月遅れている。米国スタンフォード大学の所有する大型アンテナなどの協力なども得て、問題解決を急いでいる。同時に、同衛星からの電波を用いて、高高度放電にも関連する、雷放電による電離圏擾乱を検出する観測を開始した。B. 地上観測キャンペーン及び地上モニタリング観測

本研究ではアジアでの雷放電関連現象の集中観測を目的の一つとしている。研究期間中にアジアに3カ所の観測拠点を設置、定常運用を開始する予定である。台湾についてはこれまでの暫定観測地から恒久的な観測地への移転・設置を完了し、イ

[4. 研究の主な成果 (続き)]

インターネットを活用した定常運用を開始した。タイ及びインドネシアについてはそれぞれ現地担当者と直接協議し、設置場所の選定を完了し、直ちに観測装置の搬入に入れる状態になった。

雷放電活動のグローバルな活動の把握と、グローバルサーキットを考慮した大気への影響を評価する上で、大気電場計測が不可欠との結論に至った。東京学芸大学(鴨川仁・助教)及び北海道大学との研究協力により、観測好適地に大気電場観測器を設置する作業を進めている。これまでに小笠原に1台を設置して観測開始した。

海外ELF観測網と国内のVLF観測の設備維持と観測の継続をおこなった。

アジア及びヨーロッパでの観測キャンペーンの企画を進めてきた。

C. 統合的データ解析とメカニズム解明のためのシミュレーション

全球ELF波動観測ネットワークのデータに基づき、電荷モーメント毎の全球落雷頻度を初めて推定した。また、落雷の極性を考慮し、正味の電流の世界分布を初めてマッピングした。

TGFの全球での発生頻度を親落雷の電荷モーメント毎に初めて推定し、TGFは電荷モーメントの小さな落雷に限らず発生し、また落雷に対し高い確率(数パーセントから数10パーセント)で起きている可能性を初めて示した。今後TGFの特性に注目し、メカニズム解明を目指す。

雷放電活動と雲量の持つ大振幅の27日周期に着目し、雲量の27日変動はインドネシア東海上で特別顕著であること、一方雷放電は、数10日周期の変動は経度によらず同位相で変化していることを発見した。

5. 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

小型衛星による科学観測の開拓

現在休止状態にあるものの、短期間で製作して打上げた大学衛星が、観測機器が正常に動作して高感度の撮影に成功したことは、海外の研究者からも驚嘆に近い大きな反応があり、小型衛星による本格的なサイエンスという世界的な流れの源流を作っている。本衛星の機器開発実績は、ISSプロジェクト実現の技術的な基礎であり、観測機器は台湾の新衛星の搭載候補になり、さらに獲得した設計技術は日本がフランス小型衛星に搭載する光学観測機器の製作に活かされている。

エルブスの発生条件を定量的に提示

独自の気球観測データに基づき、エルブスを発生させるのに必要な電場強度を初めて定量的に推定し、発生メカニズムの全容解明に大きく貢献した。世界初の気球からのTLE画

像とともに、大きなインパクトを与えている。

スプライトの発生条件の解明

東北大学のELF観測網と私たちが搭載した台湾衛星のフォトメータを用いて、スプライトの絶対光度と親雷放電の規模を初めて定量的に比較し、明瞭な関係を見出した。スプライト発生メカニズムに迫るクリアな結果として注目されている。

雷放電位置評定精度の飛躍的向上

従来の広域雷放電位置評定の精度と感度を大幅に向上させ、全球を完全にカバーできる手法を確立した。このことは、雷放電活動の全球的把握と、大気圏・電磁圏に及ぼす影響を定量的に議論できる土台を初めて築いたことになり、広範囲の研究に多大な波及効果をもたらすと期待される。

6. 主な発表論文

Chen, Alfred B., Cheng-Ling Kuo, Yi-Jen Lee, Han-Tzong Sul, Rue-Ron Hsu, Jyh-Long Chern, Harald U. Frey, Stephen B. Mende, **Yukihiro Takahashi**, Hiroshi Fukunishi, Yeou-Shin Chang, Tie-Yue Liu and Lou-Chuang Lee, Global distributions and occurrence rates of transient luminous events, *J. Geophys. Res.*, 2008, 113, A08306, doi:10.1029/2008JA013101.

Enell, C.-F., E. Arnone, T. Adachi, O. Chanrion, P.T. Verronen, A. Seppala, T. Neubert, T. Ulich, E. Turunen, **Y. Takahashi**, and R.-R. Hsu, Parameterisation of the chemical effect of sprites in the middle atmosphere, *Ann. Geophys., Ann. Geophys.*, 26, 13–27, 2008

Cheng-Ling Kuo, J.K. Chou, L.Y. Tsai, A.B. Chen, H.T. Su, R.R. Hsu, S.A. Cummer, H.U. Frey, S.B. Mende, **Y. Takahashi**, and L.C. Lee, Discharge processes, electric fields and electron energy in ISUAL-recorded gigantic jets, accepted by *JGR-A*, 2008.

高橋幸弘、高高度過渡発光及び地球ガンマ線現象の観測と理論の展望、日本電気学会(基礎・材料・共通部門誌(解説)、2009.

高橋幸弘、雷放電に伴う中層・超高層大気発光現象、日本物理学会誌(交流)、2009年5月号.

ホームページ等

<http://www.astro.mech.tohoku.ac.jp/SPRITE-SA>
[T/](#)