

科学研究費助成事業（特別推進研究）公表用資料
〔平成31（2019）年度研究進捗評価用〕

平成28（2016）年度採択分

令和元（2019）年5月17日現在

研究課題名（和文）地上多点ネットワーク観測による内部磁気圏
の粒子・波動の変動メカニズムの研究

研究課題名（英文）Study of dynamical variation of particles
and waves in the inner magnetosphere using ground-based
network observations

課題番号：16H06286

研究代表者：塩川 和夫（SHIOKAWA KAZUO）
名古屋大学・宇宙地球環境研究所・教授



研究の概要：

本研究では、磁気緯度（地磁気の極を90度とした緯度）で60度付近の緯度帯（サブオーロラ帯）に、北半球で地球を一周するように経度方向に8カ所の観測点を国際協力によって開設し、地球周辺の宇宙空間で地球のまわりを経度方向に周回しているプラズマ粒子の地球大気への降り込みや、これと相互作用する周波数が0.1Hz-10kHzの電磁波動を観測する。これらの観測を、新しい人工衛星による宇宙空間での粒子・波動の直接観測や波動粒子相互作用のモデリングと組み合わせることにより、内部磁気圏におけるプラズマ粒子と電磁波動の変動過程をグローバルに把握するとともに、その変動のメカニズムを定量的に明らかにする。

研究分野：超高層大気物理学

キーワード：磁気圏・電離圏、超高層大気物理学、宇宙科学、超高層大気環境、宇宙空間

1. 研究開始当初の背景

地球周辺の宇宙空間（内部磁気圏）では、磁気圏の最高エネルギーであるメガ電子ボルトのエネルギーのプラズマで構成される放射線帯から、1電子ボルト以下の低エネルギーのプラズマで構成されるプラズマ圏まで、6桁以上の広いエネルギー範囲のプラズマ（電子・イオン）が混在し、周波数が0.1Hz-10kHzのULF/ELF/VLF帯の電磁波動と相互作用しながら、粒子の加速・消失が起きている興味深い領域である。また、大部分の人工衛星はこの領域を飛行しており、高エネルギープラズマとの衝突による衛星障害も多発している。人工衛星により、このプラズマ・電磁場の直接観測を行うことができる。しかしプラズマ粒子は数十分から数時間の周期で地球周辺を経度方向に回りながら加速・消失していくため、衛星による1点観測と同時に特定の経度のみが存在する変動場を地球規模でグローバルに把握していくことが、粒子・電磁場変動の定量的な理解には必須である。このためには、内部磁気圏と磁力線でつながった地上の緯度60度付近に、地球を1周するように経度方向に広がった地上多点ネットワーク観測を展開し、この観測と人工衛星との共同観測をモデリングと組み合わせる必要がある。

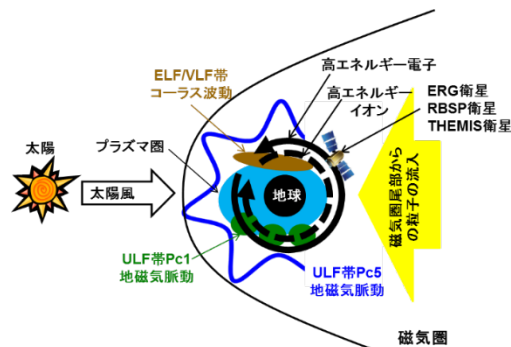


図1. 地球周辺の宇宙空間の模式図

が、そのような汎地球的な地上観測ネットワークはまだ整備されていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、磁気緯度（地磁気の極を90度とした緯度）で60度付近の緯度帯（サブオーロラ帯）に、北半球で地球を一周するように経度方向に8カ所の観測点を国際協力によって開設し、地球周辺の宇宙空間で地球のまわりを経度方向に周回しているプラズマ粒子の地球大気への降り込みや、これと相互作用する周波数が0.1Hz-10kHzの電磁波動を観測す

る。これらの観測を、新しい人工衛星による宇宙空間での粒子・波動の直接観測や波動粒子相互作用のモデリングと組み合わせることにより、内部磁気圏におけるプラズマ粒子と電磁波動の変動過程をグローバルに把握するとともに、その変動のメカニズムを定量的に明らかにする。

3. 研究の方法

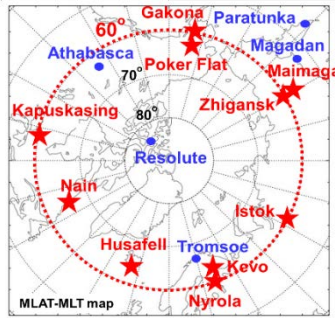


図 2. 設置された観測点

地上観測：本研究では、観測がほとんど行われていないロシア・シベリア域をはじめとして、図 2 に示す新たな観測点を設け、高感度全天カメラ、リオメータ、誘導磁力計、ループ

アンテナ、EMCCD カメラを設置し、既存の観測点と合わせて合計 8 カ所で自動定常観測を行う。これらの観測と、平成 28 年 12 月に打ち上げられた日本の ERG (あらせ) 衛星との同時観測を行い、モデリングやデータベース構築を組み合わせ、変動過程のグローバル把握とメカニズムの定量評価を可能にする。

4. これまでの成果

本事業はすでに 4 年目に入り、98 編の査読付き論文が国際学会誌に出版されるなど、数多くの成果が得られている。代表的成果は、以下のように挙げられる。

(1) オーロラ帯から低緯度に分離する SAR アークの発見 (Shiokawa et al., EPS, 2017; Takagi et al., GRL, 2018)

(2) 地上多点観測と複数の人工衛星観測の組み合わせによる、電磁イオンサイクロトロン (EMIC) 波動と放射線帯電子フラックスの急激な減少の対応の発見 (Kurita et al. GRL, 2018)。

(3) 太陽風中で共回転する相互作用領域の地球への到達に伴うグローバルな EMIC 波動の発見 (Shiokawa et al., GRL, 2018)。

(4) 磁気嵐における地磁気脈動のグローバル分布のモデル計算の地上・衛星多点観測による検証 (Takahashi et al., GRL, 2018)。

(5) EMIC 波動に同期して発生する孤立プロトンオーロラの 1Hz 周波数変動の発見 (Ozaki et al., GRL, 2018)。

(6) 明滅するフラッシュオーロラとその内部磁気圏ソース領域での ELF/VLF 波動との 1 対 1 対応の発見 (Ozaki et al., Nature Comm., 2019)。

(7) オーロラ爆発で中層大気まで降り注ぐ電子降り込みの発生原因の同定 (Kataoka et

al., EPS, 2019)。

(8) 電離圏トラフの経度方向 1000 - 2500 km 構造の発見 (Shinbori et al., GRL, 2018)。

5. 今後の計画

・令和元年以降は、すでに自動定常観測を開始している観測点はなるべくこれを維持し、データの取得に努める。あらせ衛星は順調に稼働を続けており、JAXA により、本事業の最終年度である令和 3 年度までの運用が認められている。Van Allen Probes 衛星も運用はつづけているが、姿勢維持のための燃料が枯渇するために令和元年度の後半に運用が終了される予定である。これらの衛星が PWING 観測点の上空を通過するイベントをリストアップし、観測された現象に対する衛星-地上同時観測のデータの解析を進める。これらの地上観測とあらせ衛星観測で得られる大量のデータを、引き続き名古屋大学の ERG サイエンスセンターでデータベース化し、QL プロットや SPEDAS 解析ツールと合わせて世界の研究者に公開して、国際共同研究を促進していく。モデリングは、平成 29 年 3-4 月の第 1 回 ERG 衛星地上観測キャンペーンに発生した磁気嵐だけでなく、同年 5 月、9 月、11 月などの磁気嵐に関するモデル計算を実施して、観測データとの比較によるモデルの検証を進めている。これらを通して、内部磁気圏における波動粒子相互作用や放射線帯電子の加速・消失に関する定量評価を進めていく。今後、国際会議を開催したり論文の特集号を企画したりして、成果を創出していく。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

研究代表者は二重線、研究分担者は一重下線、連携研究者 (平成 29 年度 (2017 年度) まで) は点線を付す。他は本事業の PD と関連学生。
(査読付き国際誌論文の総数は 98 編)

(1) Ozaki et al., Nature Communications, 10, 10.1038/s41467-018-07996-z, 2019.

(2) Kataoka et al., Earth Planets Space, 71:9, 10.1186/s40623-019-0989-7, 2019.

(3) Takagi et al., Geophys. Res. Lett., 45, 10.1029/2018GL079615, 2018.

(4) Kurita et al., Geophys. Res. Lett., 45, 10.1029/2018GL080262, 2018.

(5) Shiokawa et al., Geophys. Res. Lett., 45, 10.1029/2018GL079103, 2018.

(6) Takahashi et al., Geophys. Res. Lett., 45, 10.1029/2018GL078857, 2018.

(7) Ozaki et al., Geophys. Res. Lett., 45, 10.0002/2017GL076486, 2018.

(8) Shinbori et al., Geophys. Res. Lett., 45, 10.1029/2018GL078723, 2018.

(9) Shiokawa et al., Earth Planets Space, 69:160, 10.1186/s40623-017-0745-9, 2017.

ホームページ等

<http://www.isee.nagoya-u.ac.jp/dimr/PWING/>