



新学術領域「太陽地球圏環境予測」我々が生きる宇宙の理解とその変動に対応する社会基盤の形成

PSTEP Newsletter

No.13 Jun.2019

INDEX

| | |
|---|--------|
| 平成30年度活動報告 計画研究班 | pp.1-4 |
| 【会議報告】 JpGU Meeting 2019(日本地球惑星科学連合2019年大会)で関連セッションを実施 | pp.5-6 |
| 【会議報告】 AO4 班「太陽活動変動の地表気候影響過程」に関する国際ワークショップ | p.6 |
| 【会議報告】 European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2019 | p.7 |
| 【会議報告】 Chapman Conference on Scientific Challenges Pertaining to Space Weather Forecasting Including Extremes | p.7 |
| 【会議報告】 Space Weather Workshop2019, ICAO 関連会合、およびISES Meeting | p.8 |
| 【会議報告】 第7回 宇宙天気ユーザー協議会 | p.8 |

【国際活動支援班活動報告：招聘】
太陽フレアに伴う彩層活動現象とCMEとの関係についての国際共同研究 p.9

【PSTEPメンバー紹介】
栗田 怜 / 名古屋大学 p.9

研究室紹介@「兵庫県立大学大学院 シミュレーション学研究科」 p.10

Q&A 宇宙と地球のなぜ? どうして? 「太陽って地球の気候にも影響するの?」 p.10

Project for
Solar-Terrestrial
Environment Prediction

A01: 予報システム班

石井 守 (情報通信研究機構)

次世代宇宙天気予報のための双方向システムの開発

A01 予報システム班は、宇宙天気現象に起因する電波伝搬異常、電力網への影響、衛星帯電、放射線被ばくについての研究を行うとともに、宇宙天気情報のニーズシーズンマッチング、宇宙天気災害ハザードマップの作成を進めています。

【電波伝搬異常】

宇宙天気の影響を大きく受ける短波および L 帯について、電波伝搬シミュレータを構築し、その影響を定量的に見積もるとともに、ウェブを通じてユーザーがインタラクティブに利用出来るコンテンツの作成を目指しています。これまで 3 次元短波伝搬シミュレータ “HF-START” を開発してきました。今年度はその実証実験として稚内・山川・沖縄等の国内の観測拠点に短波受信機を設置し、シミュレータの結果との比較検証を行いました。また背景となる電離圏モデルとして、簡易的な IRI モデルに加え、GAIA モデルおよび全球測位衛星システム (GNSS) トモグラフィで求められたリアルタイム電離圏モデルを、ユーザーが選択して使用できるよう開発を進めました。

GNSS の利用に影響を与える L 帯については、フランス国立宇宙研究センター (CNES) との共同研究契約を締結し、共同でのシミュレータ開発を開始しました。

【衛星帯電】

人工衛星の帯電による被害を低減するため、「テーラーメイド宇宙天気予報 (衛星帯電リスク情報システム)」の開発及びジオスペース粒子環境現況マップの作成を進めてきました。テーラーメイド宇宙天気予報の開発においては、まず表面帯電について、磁気圏 MHD シミュレーションから、衛星帯電シミュレータ (MUSCAT および SPIS) へ受け渡すパラメータについて算出するスキームを開発しました。また、SPIS を用いた準天頂衛星の衛星帯電モデルを開発しました。更に、静止衛星モデルを用いて、与えられた姿勢とプラズマ環境をもとに、衛星全体の電位と局所的電位を瞬時に推定する手法を開発しました。衛星深部の帯電については、1 次元の簡易

モデルを仮定し、過去の電子フラックスデータを用いた積算電荷密度が計算可能なシステム開発を行いました。

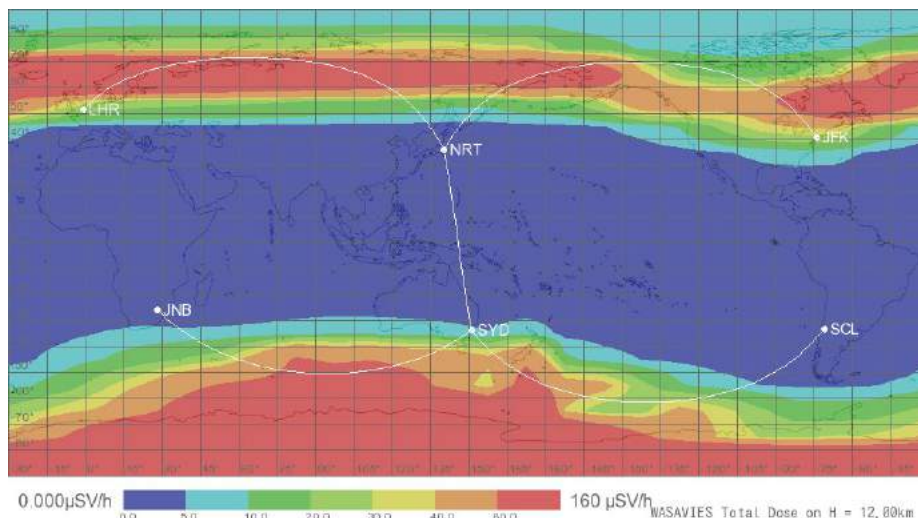
【放射線被ばく】

航空機パイロットや宇宙ステーションに滞在する宇宙飛行士の放射線被ばく予測のため、高エネルギー太陽陽子イベント (SPE) が発生した際の航空機被ばく警報システム (基本目標) および宇宙飛行士被ばく警報システム (発展目標) を開発し、宇宙天気情報の一環として発信することを目標とし、研究を進めてきました。

上記の 2 つの目標を解決するため、被ばく線量推定システム WASAVIES (Warning System for Aviation Exposure to SEP) の開発を進めてきました。基本目標である航空機被ばくについては平成 29 年度までにほぼ完成しており、平成 30 年度については計算アルゴリズムの地球軌道への拡張、および航空機被ばくについての Web システムの開発を行ってきました。前者については、JAXA が開発した国際宇宙ステーションのパーティクルモデルを用い、宇宙飛行士の被ばく線量を推定した後過去に過去のイベント時の線量計の測定結果と比較検討しました。後者については、通常時は 1 日単位、イベント発生時には 5 分単位で計算した被ばく線量率を表示するシステムを作成し、公開に向けて最終調整を行っています。

【宇宙天気災害ハザードマップ】

ハザードマップは、第 1 部：宇宙天気の社会への影響 (定性的議論)、第 2 部：宇宙天気の社会への影響 (定量的議論)、第 3 部：宇宙天気災害の被害額推定の、3 部構成で作成することとしています。第 1 部についての作成は終了しており、平成 30 年度は第 2 部および第 3 部の検討を進めました。第 2 部については、電力網への影響、衛星運用への荷電粒子の影響、衛星軌道への大気ドラッグの影響、航空機および地上での人体被ばくへの影響、そして通信や測位への影響について、ニーズシーズンマッチングによる調査結果等も参考にして、太陽活動の影響の最悪値に関する定量的な議論を進めました。



WASAVIES により推定された過去の大規模太陽フレア時の航空機高度における宇宙・太陽放射線による被ばく線量分布

A02: 太陽嵐班

一本 潔 (京都大学)

太陽嵐の発生機構の解明と予測

本計画研究では、太陽面磁場の発達や爆発に至る過程、フレアや噴出するプロミネンスの運動、およびそれに伴って発生するコロナ中の衝撃波と質量放出 (CME) を全国の関連機関で連携して観測し、電磁流体方程式に基づく数値モデルでこれらを再現することによって、これまでよりも確度の高いフレア発生予測スキームと、地球を襲う太陽嵐を実時間予測する方法論の開発を目指しています。

平成 30 年度も引き続き、ひので衛星による光球磁場観測、国立天文台のフィラメント磁場観測、京大飛騨天文台のプロミネンス放出速度観測、NICT 山川観測所の電波バースト観測、名大惑星間シンチレーション観測システム (IPS) による太陽風の観測が順調に実施されました。ただ、太陽活動の低下に伴い平成 30 年度は無黒点日が 212 日に達し (平成 29 年度は 124 日)、太陽嵐現象の発生頻度は下がっています。しかしこれまでに蓄積されたデータを用いて、以下のような太陽嵐予報への実用化に向けた研究を進展させました。

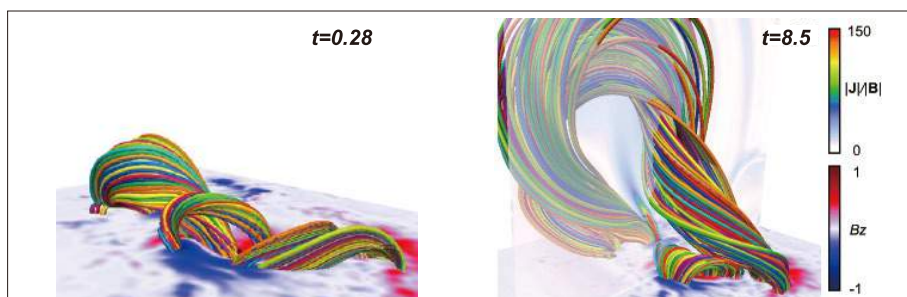
まずフレア発生予測に関しては、光球面磁場データと非線形フォースフリー磁場モデルに基づいて算出される磁気中性線上の磁場捻れに関連したパラメータが、数時間のリードタイムでの大きなフレアの発生予測に有効であることを見だし、予測システムに実装する道筋を明らかにしました (草野 [1])。コロナ磁場の高精度化を目的に、データ駆動型シミュレーション (井上 [2]) や非フォースフリー磁場計算 (三好) といった新たな手法の開発にも着手しました。また、フィラメント噴出の引き金となる光球面局所的磁場構造の同定 (伴場、箕浦)、CME の発生予測に有効であることがわかってきたコロナシグモイド構造を自動検出するアルゴリズムの開発 (川畑、飯田 [3]) を進めるとともに、深層学習によるフレア発生予測システムの運用を NICT で開始しました (西塚)。太陽嵐の実時間予測に関しては、フィラメント噴出に先立ちフィラメント内のプラズマ運動が活性化することを多数の事象で確認し (関 [4])、これらを磁気流体モデルで再現することに成功しました (金子)。また、コロナの衝撃波から放出される II 型電波バーストを自動検出するアルゴリズムの作成 (久保) 及び、IPS の観測を CME 伝搬モデルであらかじめ計算したデータベースと比較することによる実時間 CME 到達予測システムの開発 (塩田、岩井 [5]) を行い、それぞれ予

報システムへの実装準備を整えました。飛騨天文台で行った高速赤外カメラの試験観測では、世界で初めて高速モードでの偏光変調との同期機能を実現し (花岡)、フィラメント磁場計測の高精度化にむけて一歩前進しました。

また、8 月 6 日～9 日の日程で、京都大学理学研究科において、太陽高エネルギー粒子 (SEP; Solar Energetic Particle) に関するデータ解析ワークショップを開催しました。このワークショップは、SEP 研究を通じて PSTEP での分野連携が一層推進されることなどを目的に、海外から招いた 3 名の講師を含め、国内大学院生から教授まで、23 名の参加がありました。コロナ質量放出 (CME) やフレア、SEP についてまとめたイベントリストを元にデータ解析をおこなった結果、SEP の強度は、II 型電波バーストの周波数幅と相関が見られること、CME 衝撃波の速度だけでなくショックの形状や空間スケールや伝播方向にもかなり依存が見られること、またフレアの特性和も (意外にも) 関係があること、などがわかり、ワークショップ後も解析や議論を継続しています。そして、本ワークショップの第二弾となるデータ解析ワークショップを、2019 年夏に東北大学で開催する予定です。

[参考文献]

- [1] Muhamad, et al., A Study of Magnetic Field Characteristics of the Flaring Active Region Based on Nonlinear Force-free Field Extrapolation, *The Astrophysical Journal*, 10.3847/1538-4357/aad181, 2018
- [2] Inoue et al. "Magnetohydrodynamic Modeling of a Solar Eruption Associated with an X9.3 Flare Observed in the Active Region 12673", *The Astrophysical Journal*, 867, 83 (2018)
- [3] Kawabata, et al., Statistical Relation between Solar Flares and Coronal Mass Ejections with Respect to Sigmoidal Structures in Active Regions, *The Astrophysical Journal*, 10.3847/1538-4357/aaebfc, 2018
- [4] Seki, et al., Small-scale motions in solar filaments as the precursors of eruptions, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 10.1093/pasj/psz031, 2019
- [5] Iwai, et al., Development of a coronal mass ejection arrival time forecasting system using interplanetary scintillation observations, *Earth, Planets and Space*, 10.1186/s40623-019-1019-5, 2019



光球磁場から外挿した 3 次元磁場を初期条件として用いた磁気流体シミュレーション。線は磁力線、右図の垂直断面には電流を磁場の大きさと割った値 ($J/|B|$) を、光球面には磁場の法線成分の強さ (B_z) を色で表示している。ねじれた磁力線が上空へと放出される結果を得た [2]。



SEP データ解析ワークショップ (八代氏による講義の様子)。

A03: 地球電磁気班

三好 由純 (名古屋大学)

地球電磁気圏擾乱現象の発生機構の解明と予測

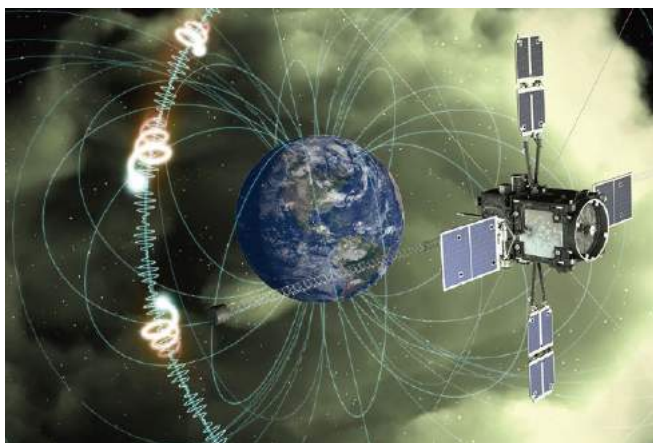
A03 地球電磁気班では、宇宙天気現象のうち、特に人間活動に影響を及ぼす宇宙放射線、電離圏変動、また地磁気誘導電流についての研究を進めています。

放射線サブグループでは、衛星あらせのデータ解析研究を進め、ホイッスラーモード波動、電磁イオンサイクロトロン (EMIC) 波動による内部磁気圏の高エネルギー電子の加速や消失過程の研究を実証的に進めました。特にコーラス波動による局所的な電子の降り込みの観測に成功し、波動粒子相互作用が起きている空間的な広がり最小スケールを特定しました。また、高速太陽風が引き起こす宇宙嵐時の放射線帯の変動についての研究も進め、数 MeV を超える電子加速は、惑星間空間磁場が継続して南向きを維持し、コーラス波動が活性化しているときにおこる傾向があることを示しました。シミュレーション研究においては、コーラス波動の励起に関して、波動の成長を担う電子の分布の温度異方性および背景電子密度に対する高温電子密度の比についてのパラメータサーベイを実施し、強い非線形波動成長が起こるパラメータの条件を特定しました。さらにコーラスと電子の非線形波動粒子相互作用によっておこる電子降り込み過程についてのシミュレーションを進め、波動の振幅が増加するにつれて、降り込み電子フラックスが抑制される傾向にあることを示しました。

電離圏サブグループでは、大気圏 - 電離圏結合モデル GAIA を用いて求めたプラズマ不安定の線形成長率がプラズマバブルの発生予測に有用であることを観測結果と比較することにより示し、さらに地磁気活動度を考慮することにより、発生予測の精度を向上させられることを確認しました。また、電離圏局所モデルにより、鉛直中性風の速度と空間スケールがプラズマバブルの発生及び成長に強く関わっていることを明らかにしました。さらに、スプラディック E (E_s) 層に関連する鉛直イオン収束率を GAIA から求めて観測と比較した結果、鉛直イオン収束率が発生予測に有効なパラメータであることを確認しました。これらに加え、数 100km スケール

の中規模伝搬性電離圏擾乱 (MSTID) の再現や、電離圏 S_q 電流系の再現、準リアルタイム計算による数日先までの全電子数の予測試験を行うとともに、中層大気微量成分 (NO_x , HO_x) の化学過程を組み込む作業を A04 周期活動班と協力して進めました。一方、観測の方では、既存の国内・海外観測の維持に努めるとともに、ペルーに FM-CW レーダーを設置し、観測を開始しました。また、大気重力波と夜間 MSTID の中緯度、サブオーロラ帯における発生特性や夜間 MSTID に関する南北両半球の F 領域・ E_s 層結合状態などを明らかにしました。

太陽でコロナ質量放出現象 (CME) が起こると地球では磁気嵐が発生することがあります。このとき宇宙空間を流れる大電流によって送電網に地磁気誘導電流 (GIC) と呼ばれる電流が流れます。GIC サブグループでは、日本の送電網を流れる GIC を物理的に正しくモデル化するため、宇宙空間を流れる電流が日本列島に誘導する電場 (GIE) を有限差分時間領域 (FDTD) 法によって解きすすめました。日本は海に囲まれた島国であるという地理的特徴に加え、限られた大都市に人口が集中している (つまり変電所等が偏在している) ため、一様な電離圏電流を仮定しても GIC の流れ方は複雑になることが明らかになりました。また大気、地面、送電線をシームレスに組み込んだ FDTD シミュレーションを実施し、送電線に電流が流れる仕組みを明確化しました。さらに、500 kV 送電網に加え、187 kV 以上の電圧階級を持つ全国の送電網をモデル化し、一様地電場を仮定し、GIC の流れ方の調査を行いました。



宇宙空間で電子の加速を観測する衛星あらせ (©JAXA)



ペルーに設置された電離圏観測用 FM-CW レーダー

A04: 周期活動班

余田 成男 (京都大学)

太陽周期活動の予測とその地球環境影響の解明

本計画研究班の研究目的は、先端的な太陽観測・解析と太陽ダイナモモデルを結び付けて次期太陽周期の活動を予測すること、最新の観測と情報処理技術を駆使してマウンダー極小期のような低活動状態が発生する可能性を吟味すること、および、太陽活動に関連した種々の外部強制変動に対する気象・気候応答過程を地球システムモデルに組み込み、シミュレーション実験を行うことです。平成 30 年度の主な活動結果は次の通りです。

【太陽磁場変動観測】

国立天文台三鷹キャンパスの赤外ポラリメータは安定した運用を続けており、装置の詳細を記述した論文を出版しました [1]。今後はデータ処理のパイプラインを整備し、全データを測定値から磁場値に変換したのち、太陽全面にわたるヘリシティの緯度分布について考察する予定です。2015 年の国際黒点数の大改訂を受け、東京天文台及び国立天文台の黒点相対数の再校正についても評価は終了し、論文を準備中です。極磁場の反転を示すと考えられる、プロミネンスの極方向移動の速度とタイミングについては、古い写真乾板のデジタル化を進めてきましたが、まだ若干作業が残っています。2019 年度の早いうちに作業を完了させ、解析を進める予定です。

【次期太陽周期予測】

太陽における活動は約 11 年の周期で変動することが知られており、この周期活動を予測することは宇宙天気研究において非常に重要です。これまで本グループでは次期太陽周期活動を予測するモデル計算コードの開発、実装、および計算に必要なパラメータの観測精度の向上を行ってきました。本年度はモデル計算に必要なパラメータである速度場について、衛星観測データを用いて算出しその磁場依存性などを主に解析しました。結果、磁場の強い領域での子午面方向の流れは、磁場の弱い領域に比べて遅いことがわかりました。この結果はすでに論文として出版しました [2]。

【太陽放射・紫外線強度推定】

太陽紫外線放射の強度変動を太陽彩層画像から推定する線みのため、引き続きガラス乾板にあるごみの除去など、データの整備を行いました。過去の乾板データは、いずれもカルシウム K 線で観測を行っていますが、京都大学・国立天文台・

インドコダイカナルなどの観測所によってバンド幅（透過幅）が異なっています。このことから、プラージュ領域とそこから見積られる紫外線放射の変動は若干異なる挙動を示します。そこで、京都大学飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡を用いてカルシウム K 線でのスペクトルヘリオグラムを取得し、このカルシウム K 線のバンド幅の違いによるプラージュ領域の見え方の違いについて調べました。

【宇宙線強度変動詳細解析】

長期にわたり太陽活動が低下し黒点が消失する時期がどのようなプロセスで発生するのか、その物理メカニズムを解明するため、樹木年輪中の炭素 14 の高精度分析により、15 世紀に発生したシュペラー極小期等の開始時期の太陽周期の復元を重点的に行いました。また、炭素 14 分析のさらなる高精度化のための加速器質量分析法の最適化もあわせて行ってきました。これまでに 0.1% を下回る精度で炭素 14 濃度を測定することに成功し、太陽周期のより詳細な議論が実現しています。

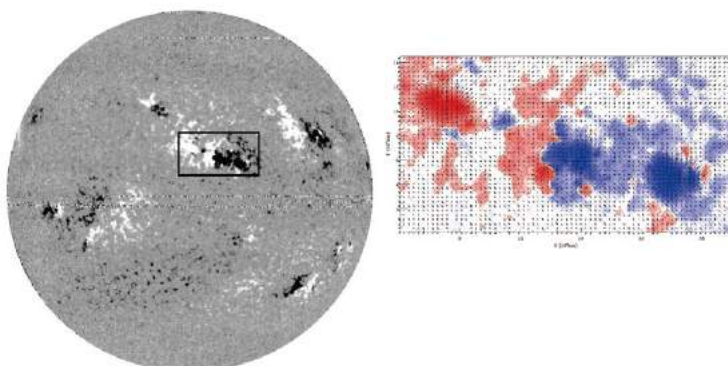
【地球システムモデリング研究】

本グループでは、太陽活動の気候変動への影響を明らかにするため、気象・気候シミュレーションを通して調査を行っています。将来の気候予測や太陽活動変動の気候への役割を明らかにするための国際相互比較プロジェクトに参加し、気候変化に関して包括的な評価を行う国連気候変動に関する政府間パネル (IPCC) に貢献しています。加えて、顕著な高エネルギー粒子降下イベントと下部熱圏からの NOx 流入増加イベントを組み合わせたアンサンブル実験を行い、下層大気へのインパクトを調査しました。さらに、高精度雲解像モデルに大気の電離度が雲やエアロゾルに与える効果を導入しました。

【参考文献】

[1] Sakurai, et al., Infrared spectro-polarimeter on the Solar Flare Telescope at NAOJ/Mitaka, Publications of the Astronomical Society of Japan, 10.1093/pasj/psy050, 2018.

[2] Imada, and Fujiyama, Effect of Magnetic Field Strength on Solar Differential Rotation and Meridional Circulation, The Astrophysical Journal Letters, 10.3847/2041-8213/aad904, 2018.



図：国立天文台三鷹キャンパスの赤外スペクトロポラリメータで観測された太陽表面の磁場。左の全面像で白はN極、黒はS極。四角で示した活動領域を拡大した右図では、赤がN極、青がS極で、横向き磁場成分の強さを矢印の長さで表している。データは2013年1月15日のもの（文献 [1]）。

JpGU Meeting 2019(日本地球惑星科学連合 2019 年大会)で関連セッションを実施

日本地球惑星科学連合 (JpGU) 2019 年大会 (千葉市幕張) において開催されたアメリカ地球物理学連合 (AGU) とのジョイント国際セッション「Space Weather and Space Climate」と今回初めての開催となったセッション「太陽物理学の最前線」について報告します。

「Space Weather and Space Climate」セッション

本セッションでは 5 月 27 日と 28 日午前の 1.5 日間にわたって開催され、会期中のセッションの中でも最大のセッションになりました。コンビーナとして、片岡 龍峰 (極地研)、AGU より Antti A Pulkkinen (NASA/GSFC)、PSTEP を代表して草野 完也 (名大)、情報通信機構より坂口 歌織の 4 名が主催を務めました。AGU とのジョイントとしてのセッション開催は、2016 年から継続しており、今回が 4 度目になります。昨年度で、太陽地球系科学に関する国際共同研究プログラム VarSITI が終わりましたが、本セッションの目的は、VarSITI の意思を受け継いでおり、様々な時定数での太陽地球環境変動を理解することに加え、その変動に対してどう国際協力や異分野協力で研究を推進するか、というものです。

本セッションには、世界各国の宇宙天気関連の研究者が参加し、35 件の口頭発表、26 件のポスター発表が行われました。NASA や NOAA が主導する人工衛星ミッションや宇宙天気災害への戦略に関する概要からはじまり、太陽フレア、フィラメント噴出、コロナ質量放出、オーロラジェット電流、地磁気誘導電流、宇宙放射線等、PSTEP の予測研究成果と宇宙天気オペレーションに関する

現状や成果報告の他、特に今年は、SuperDARN によるリアルタイム電離圏対流マップや電波を使った通信や GPS 測位精度に影響を与える電離圏擾乱など電離圏に関する研究も多く発表されました。

また、PSTEP の支援により Chigo Ngwira 氏を招待講演者として招き、急成長中の民間会社アストラによる宇宙天気関連の観測やモデル運用の現状を紹介していただきました。Alexa Jean Halford 氏からは The Aerospace Corporation の開発基準 AUL (Application Usability Levels) の有用性も紹介していただきました。お二人の参加は、PSTEP の掲げる研究と運用の「死の谷」を埋める実例を示すものだったと思います。セッションは全体的に盛況であり、研究分野や官民を問わず、様々な視点や手法の研究発表がなされ、まさに宇宙天気ならではの多様性に富んだ活発な議論が行われました。

「太陽物理学の最前線」セッション

また、今年は新たな試みとして、JpGU にこれまでなかった太陽物理学のセッション「太陽物理学の最前線」を開催しました。コンビーナは今田 晋亮 (名大)、横山 央明 (東大)、清水 敏文 (宇宙研)、勝川 行雄 (国立天文台) の 4 名が務めました。初めてのセッションのため、口頭発表は 6 講演の枠しかありませんでしたが、ポスターセッションを含め、合計 18 件の発表がありました。講演内容は、太陽物理学と地球磁気圏分野などとの連携に始まり、次世代の太陽観測、数値計算研究の展望、さらには機械学習を用いたコロナ加熱に関する研究の講演など様々な方向から今後の太陽物理学の展望が議論されました。また、初めてのセッションだったにも関わらず、30~40 名ほどの方に参加いただき、非常に盛況でした。

これまで、日本の太陽コミュニティは「ひのとり」、「ようこう」、「ひので」と 3 機の太陽観測衛星ミッションを実施し、磁気プラズマ活動現象の解明において国際的にも重要な役割を果たしてきました。太陽の磁気活動現象の本質的



発表の様子 (Space Weather and Space Climate セッション)

な理解を深めるためには太陽外層大気を十分な空間分解能 (0.4") で観測し、また、現象を十分な時間分解能 (アルベン波伝搬時間以下) で捉え、さらに太陽表面 (光球 6000 度) から外層大気 (コロナ数百万度) までをシームレスに観測することが重要です。それを実現するため、日本の太陽コミュニティは 2020 年代中盤に Solar-C_EUVST という次世代太陽観測衛星を計画しています。本セッションでは、現在の太陽物理学において何が未解決であるかを観測・理論研究により明確にし、今後の将来計画に向けてどのような準備を行えば良いかを議論しました。

今年度の JpGU2019 両セッションの成功を受け、来年度以降の JpGU では、招待講演者の選定やプログラム構成等を、両セッションのコンビ

ナで密に協力しながら進めていくことを予定しています。

(片岡 龍峰 / 国立極地研究所、今田 晋亮 / 名古屋大学)



発表の様子 (太陽物理学の最前線セッション、発表者は飯島さん)

会議報告

A04 班「太陽活動変動の地表気候影響過程」に関する国際ワークショップ

2019 年 2 月 19 日～ 20 日、京都大学理学研究科において、A04 班「太陽活動変動の地表気候影響過程」に関する国際ワークショップを開催しました。ベルリン自由大学から Ulrike Langemaz 教授と Tobias Spiegl 博士を招き、PSTEP A04 周期活動班の太陽活動変動・気候変遷試料解析および地球システムモデル実験の関係者をまじえて、最新研究成果の紹介と国際共同研究実施に関する議論を行いました。

西暦 775 年の巨大太陽プロトンイベントである「Miyake event」発見者である三宅 美沙名古屋大学准教授には、樹木年輪に残された宇宙線生成核種の詳細解析による太陽活動急変の研究成果をレビューいただき、小寺 邦彦気象研究所研究員、望月 優子理化学研究所室長には、南極ドームふじ氷床掘削試料の高分解能解析データによる太陽活動変動と気候影響に関する最新研究成果を発表いただきました。

Langemaz 教授には、ベルリン自由大学の EMAC 化学 - 気候モデルの概要と応用研究例について、Spiegl 博士には、様々な時間スケールでの太陽活動変動の気候影響に関する同モデルを用いた最新研究結果について、講演いただきました。また、気象庁気象研究所の吉田 康平研究官には、顕著な高エネルギー粒子降下イベント実験等、気象

研究所地球システムモデルを用いた研究成果の概要を報告いただきました。

Spiegl 博士は 2019 年 4 月から京都大学理学研究科の外国人共同客員研究者として PSTEP に参加することになり、この機会に、ベルリン自由大学のモデルを用いた Miyake event 関連研究の具体的な計算と試料解析との連携について打合せを行いました。また、2 月 21 日、Langemaz 教授には京都大学大気科学コロキウムで「オゾンホール：まだ危険？ - 成層圏オゾン変動と対流圏との関係」という題目で講演いただきました。PSTEP はあと一年となりましたが、国際連携の更なる取り組みとしてベルリン自由大学との共同研究を進展させていきます。

(余田 成男 / 京都大学)



A04 班国際ワークショップの参加者集合写真

会議報告

European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2019

2019年4月8日～12日にオーストリア、ウィーンで開催された国際会議 EGU General Assembly 2019 に参加してきました。EGU は地球科学に関する欧州で最大の学会で、毎年1万人以上の多分野の研究者が集って分野横断的な議論が行われます。今年にはドナウ川沿いの Austria Center で行われました。

今回は『太陽フレアと噴出予測：観測・理論・モデリング』というセッションを石井守 A01 予報システム班代表とともに主催し座長を務めました。世界気象機関 (WMO) における宇宙天気検討グループ "IPT-SWeISS" では国際協力のもとでの「科学と運用の橋渡し」「予報評価」「宇宙天気と気候のつながり」の重要性が指摘され、様々な活動が行われています。今回のセッションはその活動の一環として企画したもので、前半は宇宙天気予報運用に関わる方々による講演を、後半は太陽紫外線と気候変動に関する講演としました。口頭セッションは草野領域代表の招待講演から始まり、各講演者が理論や観測、運用の立場から講演をしてくださいました。会議室は太陽だけでなく電離圏や気候の研究者も参加され、最終的には60名ほどの聴講者でいっぱい

になり議論も盛況でした。

EGU で私が一番面白く感じたのは機械学習セッションです。3つのセッションで約80の講演があり、どれも立ち見が多く大盛況でした。地質・大気・海洋・宇宙の予測分類など対象は多様でしたが、共通する手法や考え方があり参考になりました。私はポスター講演で『Deep Flare Net による太陽フレア予測運用』について発表しましたが、機械学習に興味のある方達が15名ほど聞きにきて下さり、とても刺激になりました。

(西塚 直人 / 情報通信研究機構)



「太陽フレアと噴出予測：観測・理論・モデリング」セッションの様子

会議報告

Chapman Conference on Scientific Challenges Pertaining to Space Weather Forecasting Including Extremes

2019年2月11日～15日の日程で、米国カリフォルニア州パサデナ市の Westin Pasadena で開催された Chapman Conference on Scientific Challenges Pertaining to Space Weather Forecasting Including Extremes に国際交流班の支援を受けて参加して来ました。Chapman Conference は、地球物理学の様々な研究分野における特定のトピックを深く掘り下げて議論する場として、アメリカ地球物理連合 (AGU) が主催となり年数回ペースで開催される研究集会です。

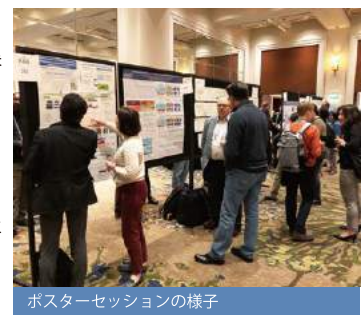
今回は、極端現象を含む宇宙天気予報に関する科学的挑戦についての研究集会と題して開催され、米国の大学・研究機関からの宇宙天気の研究者や学生を中心として約200名の参加者があり、日本からは草野領域代表、名古屋大学の三宅英紗さん、九州大学の Huixin Liu さん、大阪大学の早川さん、NICT が



口頭発表の様子

ら陣さん、西塚さん、塩田の7名が参加しました。

研究集会のタイトルにもあるように、過去の極端現象についてのセッションが複数あったほか、近年発展の著しい機械学習を利用した宇宙天気研究や R2 O2 R (Research to Operation to Research) についてなど最新の研究成果の講演が多くなされ、また幅広いフィールドにおける科学的なチャレンジについての議論が盛り上がりました。私は PSTEP のプロダクトの一つである SUSANOO の開発状況の報告と、日本原子力研究開発機構の佐藤さんの代理として WASAVIES の紹介の2件の招待講演を行い、両講演ともに好評を得ることができました。今回の研究会で米国の宇宙天気研究の最先端に触れることができ、ここで得られた情報はハザードマップの作成など今後の PSTEP の研究活動に活かしていく予定です。(塩田 大幸 / 情報通信研究機構)



ポスターセッションの様子

会議報告

Space Weather Workshop 2019、ICAO 関連会合、および ISES Meeting

2019年4月1日～5日に米国コロラド州ボルダーで開催された Space Weather Workshop 2019 に、情報通信研究機構 (NICT) から、石井室長、久保研究マネージャー、田主任研究員とともに参加しました。

今回特に、国際民間航空機関 ICAO への宇宙天気情報提供が 2019 年 11 月に始まることを受けて、初日に関連会合があり、午前中は関係者限定で情報提供開始に向けた各課題の議論、午後は航空会社も対象としたオープンセッションとして ICAO 向け宇宙天気情報の概要について講演がありました。ここで、NICT 久保研究マネージャーが宇宙線 / 太陽高エネルギー粒子について担当し、PSTEP メンバーが開発している WASAVIES の紹介も行いました。

ワークショップは大統領行政府からの宇宙天気政策の動向報告で始まり、衛星アノマリ、極端現象ベンチマーク、電力分野、国際協力、地上および衛星観測などについて、政府 / 軍、民間を含む研究機関からの報告がありました。個別の研究内容をはじめ、極端現象の上限値の理論的予測の難しさ(大きな現象の単純な重ね合わせではない)、R2O2R (Research to Operation

to Research) の在り方など、PSTEP で議論している課題と重なる部分が多くありました。

また、4 日目夕刻に ISES (国際宇宙環境サービス) Meeting が開かれ、特に極端現象時の対応に向けた協力体制について活発な議論がなされ、今後も議論が継続される予定です。私はどの会合も初めての参加でしたが、会期中に NOAA の Space Weather Prediction Center の見学ツアーに参加したり、ICAO や ISES 関係の方々とは知り合うことができ、今後の活動に活かしていきたいと考えています。

(中溝 葵 / 情報通信研究機構)



初日午後のパネルディスカッション：パネリストの1人に久保研究マネージャー

会議報告

第7回 宇宙天気ユーザー協議会

2019年3月19日、情報通信研究機構 (NICT) 小金井本部において、第7回宇宙天気ユーザー協議会を開催しました。宇宙天気情報を利用する事業者を中心に 25 名が参加し、PSTEP A01 予報システム班の活動を中心に現状報告と今後の展開について議論を行いました。

会合は A01 班代表である NICT 石井室長の開会挨拶で始まり、PSTEP の活動紹介の後、UN/COPUOS における UNISPACE+50 の検討、NICT が事務局を務める AOSWA 等の国際動向および ICAO での宇宙天気情報提供開始に向けた活動について報告が行われました。続いて衛星帯電についての検討状況の報告が行われ、宇宙天気予報会議の見学を挟んで、GIC、電波伝搬、航空機被ばくおよびハザードマップの検討状況報告を行いました。

ICAO 関連では、3 つのグローバルセンターの体制やそれぞれの特色について質問があり、測位に影響する赤道域のプラズマバブルに関して情報提供できる唯一の国として日本が注目されている事などが紹介されました。衛星帯電では、衛星事業者から「自社の衛星でも使えるか」等活発な質問が出さ

れ、衛星スペックをどう開示していくか議論されました。GIC では、予測精度向上の為にユーザーの要望によって優先すべき項目が変わるため情報交換が重要となること、また電波伝搬では今後の展望としてシンチレーション予測モデルの必要性が議論されました。ハザードマップについては次期太陽周期予想について議論されました。最後に、NICT 電磁波研究所の平所長からの挨拶で閉会しました。

PSTEP の活動は残すところ1年となりましたが、実際に使われる情報提供をする為にユーザーとの議論が今後とも重要となりますので、当ユーザー協議会の活動は PSTEP 終了後も継続していきたいと考えております。(中山 健司 / 情報通信研究機構)



第7回 宇宙天気ユーザー協議会の様子



国際活動支援班活動報告

招聘

太陽フレアに伴う彩層活動現象と CME との関係についての国際共同研究

Maria Victoria Gutierrez Escate
ブエノスアイレス大学



【招聘期間】2019年1月14日～2月16日 【招聘先】京都大学

京都大学大学院理学研究科附属天文台では、太陽が地球周辺環境に与える影響を明らかにするため、太陽観測望遠鏡を複数の海外適地に設置し活用する、国際観測ネットワーク事業（CHAIN project）を推進しています。この事業では、太陽面爆発（フレア）や活動現象を24時間監視し、また太陽から噴出するガスの速度場を測定することを目的としており、その一環として、2010年にペルー国立イカ大学に、フレア監視望遠鏡を設置しました。

Maria Victoria Gutierrez Escate 氏（以降ビクトリア氏）は、上記望遠鏡設置当初にはイカ大学の学生として、また現在はアルゼンチン・ブエノスアイレス大学の大学院生として、ペルーのフレア監視望遠鏡における太陽観測・データ解析に継続して参加してきました。さらに太陽観測衛星「SDO」、「STEREO」などの観測データと組み合わせることで、2011年3月8日に発生したフレアに伴う彩層活動現象とCMEとの関係などのテーマに焦点を当てて、京都大学との国際共同研究を進めてきました。今回、これらの研究テーマについて追加解析や結果を論文としてまとめるためにビクトリア氏を京都大学に招聘しました。

前述の研究テーマについては、彩層フィラメントがコロナ中のループと接触してループを拡大させ、CMEへと発達して行く過程を、ビクトリア氏を筆頭著者とする論文にまとめ、PASJ誌に投稿済みで、現在改訂中の段階にあります。今回の招聘を契機に、他のテーマについても、さらに国際共同研究を進めて行く予定です。



ビクトリア氏による京都大学でのセミナーの様子

PSTEPメンバー紹介

>> PSTEP を推進している研究者の素顔を紹介します。



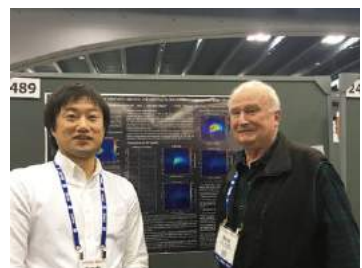
栗田 怜
Kurita Satoshi

名古屋大学

- Q. 一度は行ってみたい所は？
- A. 晴れた日のウユニ塩湖
- Q. マイブームは？
- A. たくましくて絞られた体作り
- Q. 最近あったうれしかったことは？
- A. 車を買って、生活が豊かになった

私は磁気圏物理学を専門とし、人工衛星や地上観測のデータを組み合わせた解析を用いて、地球磁気圏に存在する高エネルギー電子の生成・消失過程に関する研究を行っています。高校時代に物理が好きで、大学へ入学後、身の回りで起こる地震・気象現象を理解していく地球物理学の分野に魅力を感じ、現在にいたります。今の宇宙に関する分野を選んだのは、「宇宙空間が真空ではなく、プラズマで満たされている」ということに衝撃を受けたことだったと思います。

PSTEP A03 地球電磁気班では、放射線帯電子の変動に関する観測的研究を担当しています。地球磁気圏には、高エネルギー電子が地球の固有磁場に閉じ込められた放射線帯と呼ばれる領域があり、多くの人工衛星が飛翔する領域と対応しています。放射線帯の高エネルギー電子は、人工衛星の故障を引き起こす原因となることが知られており、どのようなときに電子が増加・減少するかを理解することは、人工衛星の安全な運用において重要です。磁気圏に存在する電磁波は放射線帯の変動に対して重要な役割を果たしていると考えられており、放射線帯の変動を理解する上で、放射線帯の変動と電磁波の関わり合いについて明らかにすることが必須です。2016年にJAXAによって打ち上げられた、あらせ衛星のデータを中心とした解析を通じて、放射線帯電子と電磁波が宇宙嵐の発生・発達に伴い、どのように変動していくかを明らかにしていくことに挑戦しています。観測から得られた知見を通して、PSTEPで目指すモデル構築に貢献していきたいと考えています。



放射線帯電子の研究の大家である J. B. Blake 先生と

研究室紹介 ⑫

兵庫県立大学大学院
シミュレーション学研究科

新学術領域「太陽地球圏環境予測」には全国から数多くの研究室が参加しています。このコーナーではそれらの研究室を紹介していきます。

シミュレーション学研究科は、スーパーコンピュータ「京」とともに神戸ポートアイランドに 2011 年 4 月に設置された、兵庫県立大学の独立大学院です。(図 1)

シミュレーションを用いた学問(シミュレーション学: simulation studies)の研究対象は多方面にわたりますが、本研究科においては、シミュレーションを用いて現代社会の諸問題を解決し、人類の幸福と科学の発展に寄与するための研究を行います。社会科学系及び自然科学系など幅広い分野から学生を受け入れ、シミュレーションの基本技法を身につけてもらい、自立的にシミュレーション技法を活用して社会の諸課題の解決



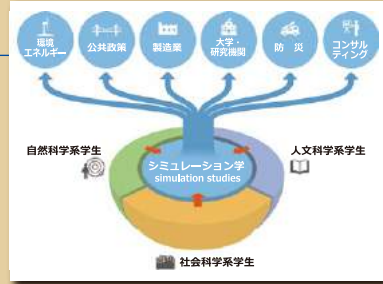
図 1. 3-5 階がシミュレーション学研究科です

に貢献できる「シミュレーションの実践能力の高い研究者・技術者」を養成しています。修了後は、様々な分野でシミュレーションのスペシャリストとして活躍が期待できます。(図 2)

研究教育のための計算機環境も充実しており、70TFlops のスパコン、4TB の共有メモリマシン、600TB のストレージ、CAVE 没入型 3 次元立体可視化装置を占有しています。(図 3)

本研究科は基盤開発、政策問題、

図 2. 実際的な問題への応用に重点を置いています



産業の新展開、自然環境の 4 つの研究領域から成ります。しかし、現代社会が抱える様々な問題には、1 つの分野の専門的な知識だけでは解決

できないものが多く存在します。したがって、これらのグループが相互に協力し合いながら問題解決に取り組んでいます。

私の研究室は自然環境領域に属します。近年精力的に取り組んでいるのが、超水滴法 (Super-Droplet Method) という先進的な手法を使った、高精度な雲解像モデルの研究開発です。PSTEP AO4 周期活動班では、このモデルをさらに発展させることにより、太陽活動の変動に伴う大気中のエアロソール粒子・雲粒・降水粒子の帯電量の変化が、雲のふるまいに及ぼす影響を評価する研究に取り組んでいます。(図 4)

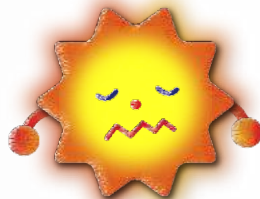


図 3. 70TFlops のスパコンを専有しています



図 4. 超水滴法による雲のシミュレーション

『宇宙と地球のなぜ? どうして?』



Q. 「太陽って地球の気候にも影響するの?」

A. 「太陽のダイナミックな変動は気候にも影響します!」

太陽の活動は、毎年少しずつ変化しています。一番大きな変化は、太陽がもつ約 11 年のリズムによって起こります。例えば、現在は太陽の活動がとても弱くなっていて、黒点もほとんど現れませんが、これから数年かけて少しずつ活発な状態へとシフトしていきます。そして、黒点の数がとても多い状態が 2~3 年ほど続くと、その後はまた数年をかけてゆっくりと活動が下がっていきます。このようにして、太陽は、ゆっくりと活発になったり静穏になったりを繰り返しているのです。

太陽はほかに、数十年、数百年といった、とても長いリズムを持っています。確認されている中で一番長いリズムは 2 千年というものです。こういった長いリズムが原因で、太陽の活動は時おりとても弱くなってしまふことがあります。例えば、13 世紀後半から 19 世紀初頭にかけて、太陽の黒点が数十年以上消えたままになってしまう時代がたびたび発生しました。このように太陽の活動が極端に弱くなってしまうと、地球の気候にも影響がおよびます。この時代、地球は小氷期と呼ばれる寒冷化にみまわれ、場所によっては平均気温が 2.5℃も下がってしまいました。降水量にも変化があったことが判明しつつあります。

ですから、太陽の活動を予測したり、太陽のさまざまな影響について理解を深めていくことが、社会にとっても大変重要なのです。



PSTEP Newsletter

No.13 Jun.2019

<http://www.pstep.jp/>

発行日：2019年 5月 31日

発行所：新学術領域「太陽地球圏環境予測」事務局

編集委員：草野 完也（領域代表・編集長）、成瀬 千恵代（副編集長・デザイン）、海老原 祐輔・宮原 ひろ子・中田 裕之（校閲責任者）

〒464-8601 名古屋市千種区不老町

TEL 052-747-6333（名古屋大学宇宙地球環境研究所） E-mail：newsletter@pstep.jp