



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.14 Sep. 2019

INDEX

【研究報告】 観測と数値シミュレーションによる太陽フィラメント噴出・前兆現象の研究	pp.1-2
【研究報告】 IPS 観測データを融合した新しい太陽嵐予報モデルの開発	pp.3-4
【会議報告】 第9回 実験室・宇宙・天体プラズマに関する東アジアスクール&ワークショップ (EASW9)	p.5
【会議報告】 太陽高エネルギー粒子 (SEP) に関するデータ解析ワークショップ 2019	p.6
【会議報告】 VarSITI Closing Symposium	p.6
【会議報告】 SHINE Workshop 2019	p.7
【会議報告】 Space Climate 7	p.7

【国際活動支援班活動報告：招聘】
ホイッスラーモード・コーラス放射のサブパケット構造の研究 p.8

【PSTEP メンバー紹介】
Dr.Tobias Spiegl / Kyoto University, Graduate School of Science p.8

研究室紹介⑬「国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所 航法システム領域」 p.9

研究室紹介⑭「神戸大学計算科学教育センター」 p.9

PSTEP 受賞者リスト p.10

Q&A 宇宙と地球のなぜ? どうして? 「太陽はどうやって気候に影響するの?」 p.10

Project for
Solar-Terrestrial
Environment Prediction

観測と数値シミュレーションによる太陽フィラメント噴出・前兆現象の研究

PSTEP A02 太陽嵐班では、宇宙天気を乱す主たる要因の一つ、フィラメント噴出の予測に向け、観測と理論（数値シミュレーション）の両側面から研究を進めています。太陽コロナ中には、フィラメント（またはプロミネンス）という周囲より低温高密度なプラズマの塊が、磁場に支えられて浮遊しています。フィラメントは、磁場の不安定化によりしばしば噴出し、プラズマ塊の放出現象である「コロナ質量放出」や、突発的な増光現象である「フレア」を伴うこともあります。これらの現象は、宇宙天気を乱す主たる要因の一つであり、広域大停電や人工衛星障害などの社会的影響も危惧されていることから、フィラメント噴出予測は宇宙天気予報において重要と考えられます。

京都大学では、主に観測的側面から、フィラメント噴出の予測を試みています。フィラメントは噴出する前に「もそもそ」動く様子が経験的に知られていましたが、これまでどのくらい活発に「もそもそ」動いているかを定量的に評価し、噴出の予測を試みた研究はありませんでした。そこで京都大学理学研究科附属天文台を中心とした研究グループは、京都大学飛騨天文台 SMART 望遠鏡に新設された Solar Dynamics Doppler Imager (SDDI)（詳細は PSTEP Newsletter No.3 をご覧ください）を用いて、フィラメントの視線方向速度（地球方向に対する速度）を計測し、その速度分布を追跡することで、フィラメント噴出の前兆を捉えようと試みました。SDDI は、世界最高精度でフィラメントの視線方向速度を測定することが

でき、時間分解能（15 秒）もフィラメントの典型的な物理的变化時間よりも短いため、前兆を捉えるには最適な装置と言えます。もし噴出前に「もそもそ」活発に動くのであれば、噴出前にフィラメント速度分布が変化し、それをもって噴出の前兆とすることができるはずです。

その結果、フィラメントが噴出に近づくにつれて、速度分布の標準偏差（分布の広がり）が徐々に上昇していく様子を確認することができました [1]。図 1 は 2017 年 2 月 19 日の代表的なフィラメント噴出の様子で、左の白黒図は SDDI で観測された H α 線太陽全面像、中上の赤青図は SDDI 観測データから測定された視線方向速度図（赤は太陽方向、青は地球方向に、プラズマが動いている）、中下のグラフは視線方向速度図のヒストグラム（速度分布）、右のグラフが速度分布の平均（灰）と標準偏差（黒）の時間発展を表しています。噴出（グラフの右端）に近づくにつれて、標準偏差が上昇していることがわかります。特に 4 時 40 分から 5 時 10 分あたりにかけて、平均速度は 0 km/s で一定であるのに対し、標準偏差のみが 2 km/s から 4 km/s に上昇している時間帯がありますが、これは、フィラメントが全体としては動いていないが、小さなスケールでは活発に動きはじめていて、という「もそもそ」動く様子を反映したものと考えられます。現在、SDDI で観測された 12 例のフィラメント噴出について解析が終了しており、うち 9 例において同様の上昇が確認され、観測状況が良好な 4 例に限ると、噴出の 1.3

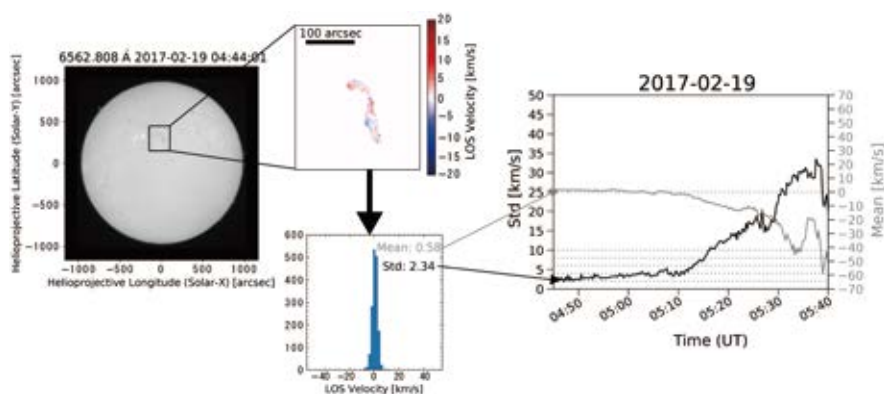


図 1: SDDI で観測された H α 線太陽全面像（左：白黒図。黒い筋模様がフィラメント）、視線方向速度図（中上：赤青図。青が地球方向、赤が太陽方向に動いている）、視線方向速度分布ヒストグラム（中下：青グラフ）、そして速度の平均（灰、値は右縦軸に示す）と標準偏差（黒、左縦軸）の時間発展（右グラフ）。

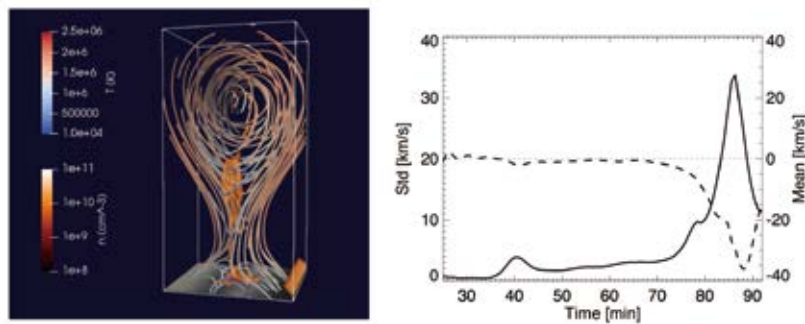


図2左: 数値シミュレーションの3次元可視化 (オレンジ色の部分が噴出中のフィラメント、線は磁力線、線の色は温度。下部境界を太陽表面と想定)。右: フィラメント内 (温度 1 万 K 以下の領域) の速度場の平均 (破線、値は右縦軸に示す) と標準偏差 (実線、左縦軸) の時間発展。

± 0.47 時間前には前兆が確認されました [2]。以上の結果から、フィラメントがどれだけ「もそもそ」活発に動いているかを計測することで、フィラメント噴出は予測できる可能性が高いことが観測的に示されました。

次の課題は、「もそもそ」動く状態が、噴出メカニズムとどのような因果関係にあるか解明することです。速度標準偏差の上昇は乱流強度の上昇と解釈できますが、これがコロナ磁場の不安定化にどのようにつながるのかは定かではありません。名古屋大学では、前兆現象の物理メカニズムを解明するため、数値シミュレーションを用いた理論研究を行っています。シミュレーションでは、放射冷却と熱伝導を含めた磁気流体方程式の時間発展を数値的に解くことで、フィラメントとその周囲の磁場の動きを再現することができます。シミュレーションのメリットは、フィラメントとコロナ磁場の動きを対応づけることが可能な点です。噴出までの過程を議論するためには磁場の情報が不可欠ですが、現在の技術ではコロナ磁場を直接観測することはできません。観測されたフィラメントの挙動をシミュレーションによって定量的に再現し、磁場との関係性を調べれば、前兆現象のメカニズムを解明できると考えられます。

現在までに、観測で報告された標準偏差の上昇を定量的に再現することに成功しています (図2)。本シミュレーションでは、フィラメント内乱流の数値シミュレーション [3] とフレアのシミュレーション [4] を組み合わせ、乱流的なフィラメントの噴出を再現しています。フィラメントとコロナの間には速度差があり、境界不安定性の一つである Kelvin-Helmholtz (KH) 不安定が発生します。KH 不安定の非線形成長段階において、

小さなスケールから大きなスケールへ運動エネルギーが輸送され (インバースカスケード)、フィラメントを支える磁場構造 (磁束管) が全体的にゆっくりと上昇します。最終的に、磁束管は磁気流体力学不安定性 (トラス不安定) の臨界高度に達し、噴出します。標準偏差が上昇する時間帯はインバースカスケードが起こっている段階に対応していました。実際に観測された速度標準偏差の上昇も、境界不安定性を発端とした乱流エネルギー輸送を反映している可能性があります。この結果は、境界不安定性の (非線形) 成長率を求めることで、噴出時刻の予測精度が向上する可能性を示唆します。KH 不安定の場合、成長率はコロナとフィラメントの速度差で決まるため、フィラメントだけでなく周囲のコロナの速度場を正確に求める必要があります。今後、NASA の太陽観測衛星 IRIS や、日本の次世代衛星 SOLAR-C_EUVST のコロナ分光観測と連携した研究が期待されます。

(関 大吉 / 京都大学、金子 岳史 / 名古屋大学)

参考文献

- [1] Seki, et al., 2017, The Astrophysical Journal Letters, 843, L24
- [2] Seki, et al., 2019, Publications of the Astronomical Society of Japan, 71, 56
- [3] Kaneko, T., and Yokoyama, T., 2018, The Astrophysical Journal, 869, 136
- [4] Kusano, et al., 2012, The Astrophysical Journal, 760, 31

IPS 観測データを融合した新しい太陽嵐予報モデルの開発

太陽では大小様々な爆発現象が発生し、太陽大気の一部が「コロナ質量放出（CME）」として宇宙空間に向けて放出されます。CME は地球に到来すると地球周辺環境に擾乱をもたらす、電波通信、人工衛星の運用、航空機の航行、GPS 測位など、社会生活に様々な影響を与えることがあります。そのため、CME の到来を事前に予報することが重要です。本研究では PSTEP の A02 太陽嵐班の公募研究として、内部太陽圏の磁気流体シミュレーションに、名古屋大学の地上電波観測データを取り入れることで、より精度の高い CME 到来予報を可能にする「データ融合型太陽嵐予報モデル」の開発研究を行いました。

太陽に近い場所の CME は白色光の散乱光を利用したコロナグラフ観測で検出されます。この観測で得られる CME の初期速度には、3 次元的に発展する CME を 2 次元で撮像することによる投影の効果が含まれます。また、CME は定常的に太陽圏を流れる太陽風と相互作用することで太陽圏内を伝搬中に加減速しますが、そのメカニズムは詳しく解明されていません。そのため白色光のコロナグラフ観測から得られた初期速度を使って CME の地球への到来時刻を予想する既存の予報システムでは、10 時間以上の誤差が生じてしまう場合があります。

名古屋大学宇宙地球環境研究所（ISEE）では独自の大型電波望遠鏡（図 1）を用いた惑星間空間シンチレーション（IPS）観測により太陽風や



図 1: ISEE 豊川分室（愛知県豊川市）で運用する IPS 観測用の大型電波望遠鏡

CME の測定を行っています。IPS 観測では、電波望遠鏡を用いて地上から太陽系外の天体を電波観測します。その観測中に太陽風や CME が天体と地球との間を横切ると、天体からの電波を散乱することから、太陽風や CME を検出できます。特に CME が背景を流れる太陽風よりも早く伝搬する場合、CME が太陽風を前へ前へと押し出すので、CME の前面に押し出されたプラズマの高密度な領域が形成されます。この領域は電波をより散乱しやすいので、IPS 観測では CME の先端を効率的に検出できる可能性があるのです（図 2）。

今回開発した新しい予報システムでは内部太陽圏の磁気流体シミュレーション SUSANOO-CME（PSTEP Newsletter No.2. pp.1-2）を用いて CME 伝搬の数値シミュレーションを行います。このシミュレーションでは、内側境界から CME を模擬した磁場構造（Spheromak）を任意の初期速度で放出します。その後の伝搬を、磁気流体方程式を用いて解くことで、CME によって時々刻々と変化する内部太陽圏の 3 次元密度分布が得られます。これを元に、地球から各電波天体への視線に沿った電波の散乱を解くことで擬似的な IPS データが再現されます。この計算を様々な CME 初期速度に対してあらかじめ行い、それぞれの計算から得られる擬似 IPS データを記録しておきます。実際の CME はやがて ISEE の IPS 観測で感度のある領域（太陽と地球の距離の 0.2 倍から 1 倍程度）を通過し、天体からの電波を散乱します。このとき観測された IPS データと、あらかじめ計算してある多数の擬似的な IPS データとを比較し、IPS が強く反応する領域の分布が最も近い結果を選択します（図 3）。その CME の地球への到来時刻が予報に採用されます。2017 年 9 月に X9.3 クラスのフレアに伴い発生した CME に対して本シミュレーションによる予報精度の検証を行いました。その結果、実際の IPS 観測に最も近い擬似 IPS データが CME の地球への到来を最もよく予報できることが示唆されました。この結果は、IPS データを用いることで CME の予報精度を向上させるこ

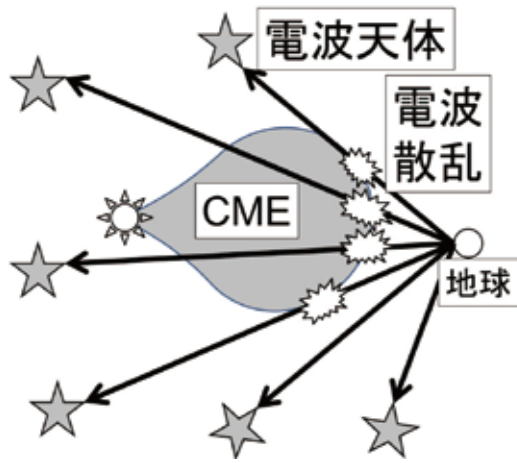


図 2:IPS 観測によって CME の接近を検出する模式図。観測対象である電波天体と地球との間に CME の前面に形成される高密度領域が通過すると、天体からの電波が強く散乱されることを図示している。

とが可能であることを意味します。これらの結果をまとめて Earth, Planets and Space 誌にて発表しました (参考文献参照)。

次に、本システムを日本の宇宙天気予報業務を担う情報通信研究機構 (NICT) の予報システムに組み込む作業を行いました。本システムに用いる ISEE の IPS データは、1 年を通じてほぼ毎日観測データが得られます。そのデータは観測後すぐに NICT に転送されます。一方、NICT では定常的に SUSANOO (太陽風のみ) を運用して太陽圏環境の予報を行う体制がすでに構築されており、この結果から擬似 IPS データを計算するモジュールが新たに組み込まれました。これによって、定常的に SUSANOO の結果と ISEE の IPS 観測結果を比較し、太陽圏環境を予報する体制が構築されました。このシステムは、現在 NICT の日々の予報

業務において、太陽風を予報するための参照情報の作成にも活用されており、本研究で開発した CME を加えたシステムの更なる実装作業も着々と進められています。また本システムを使えば多数の CME に対して磁気流体シミュレーションと IPS 観測結果を比較できるので、CME の内部太陽圏における伝搬の統計的な特徴もわかる可能性があります。

この研究では ISEE による電波観測やそのデータを用いたモデル開発と、NICT における予報運用システムへの実装を一体として推進することで、効率的に成果を出すことができました。PSTEP の理念や枠組みを最大限に活用することができたことがポイントと言えるでしょう。また本研究のような、研究成果を現業のシステムに反映し、さらにその結果を研究に反映させる手法は Research To Operation To Research (R2O2R) と呼ばれ、現在の宇宙天気予報研究の主流になりつつあります。今後、本システムを用いて CME の予報精度が向上するとともに、CME の内部太陽圏における伝搬過程の理解がより深まることが期待されます。

(岩井 一正/名古屋大学, 塩田 大幸/情報通信研究機構)

[参考文献]

Kazumasa Iwai, Daikou Shiota, Munetoshi Tokumaru, Ken'ichi Fujiki, Mitsue Den, Yûki Kubo, "Development of a coronal mass ejection arrival time forecasting system using interplanetary scintillation observations", Earth, Planets and Space, 71,39, 2019, <https://doi.org/10.1186/s40623-019-1019-5>

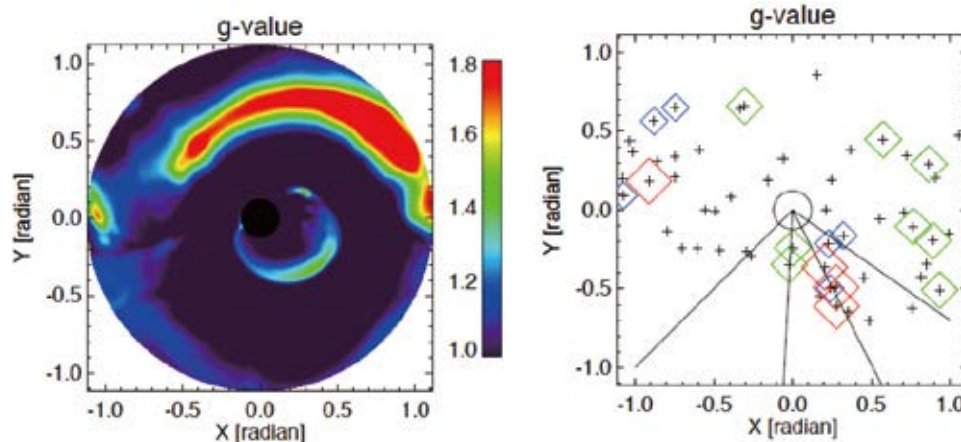


図 3: (左) 本研究で開発した予報システムによって計算された擬似 IPS データの分布。(右) 名古屋大学 ISEE によって実際に観測された IPS データの分布。両図は太陽を中心とした座標系で、右図の + が観測天体の位置を、+ を囲む四角の色が青、緑、赤となるにつれて、より強い IPS 反応があったことを意味する。

会議報告

第9回 実験室・宇宙・天体プラズマに関する東アジアスクール&ワークショップ(EASW9)

2019年7月29日から8月2日まで、名古屋大学 ES 総合館において第9回実験室・宇宙・天体プラズマに関する東アジアスクールとワークショップ(9th East-Asia School and Workshop on Laboratory, Space, and Astrophysical Plasmas; 以下EASW9)を開催いたしました。本会議は、東アジア地域において異なる専門分野に属する大学院生および若手研究者を主な対象としたサマースクールとワークショップから構成されます。その目的は、プラズマ物理学を共通項とした学際分野の交流を通じ、各分野におけるプラズマ研究の進展に寄与するとともに、第一線の研究者によるプラズマ物理学の普遍性の探求に資することがあげられます。これにより、東アジア地域での大学院生や若手研究者の交流促進と、当該学術分野の将来の発展に貢献することも目指しています。

EASW 会議は、2011年に第1回会合が中国・北京で開催されて以降、中国、韓国、日本の持ち回りで、これまで8回の会合が開催されてきました。我が国では、2013年に東京(ホスト:自然科学研究機構、東大、他)、2016年につくば市(ホスト:東大、千葉大)で開催され、今回の名古屋大学での開催が国内で3回目の会合となります。今回は、名古屋大学理学研究科と名古屋大学宇宙地球環境研究所(ISEE)が共同主催となり、地球電磁気・地球惑星圏学会ならびに自然科学研究機構国際連携研究センターとの共催をいただいて開催されました。参加登録者は、国内から69名、海外から39名の総勢108名(学生60名)となり、これまでのEASW会合で最も多くの参加者を得ました。国別では、中国(12名)、韓国(12名)はもとより、インド(6名)、台湾(3名)、米国(4名)、英国(1名)、からも参加がありました。

この会合の特色は、核融合や実験室プラズマ、宇宙・天体プラズマの広い領域をカバーする学際



ポスターセッションの一コマ



EASW9 会議参加者の集合写真(名古屋大学 ES 総合館にて)

性と、90分の時間を割り当てたLectureを設定したこと、さらに大学院生や若手研究者向けに口頭発表の機会を設けたことです。講義内容は、無衝突磁気リコネクションから始まり、核融合プラズマの磁気流体现象、天体での粒子加速、天体での磁気流体乱流、核融合プラズマ中の流れと乱流、ジャイロ運動論的シミュレーション、太陽ダイナモ、電離層プラズマ、星形成過程の物理、と多岐にわたっています。また、今回、新しい試みとして、天文学を題材とした、データ科学の実習を含んだ講義を開催しました。参加者は、事前にPython3とJupyter環境を各自のパソコンにインストールしておき、銀河分布データを用いて統計解析の基礎を実地で体験することができました。講義では簡単な事例を試してみるだけでしたが、各自で構築した環境を持ち帰り、今後の研究に役立てることが期待できるものとなりました。

また、今回の会合では、PSTEPプロジェクトなどが海外から参加する大学院生の旅費・滞在費をサポートすることにより、上記のように多くの学生の参加が可能となりました。あわせて、ISEEと理学研究科の研究者、秘書、大学院生が現地実行委員として組織の枠を越えて協力することで会議の運営にあたりました。こうした協力なくしては、会議を成功裏に終えることは不可能でした。協力いただいたみなさまに紙面をお借りして改めて感謝申し上げます。

第10回となる次回は、中国南西部で開催されることが決まりました。詳細についてはメーリングリストなどを通じて案内が届く予定です。これを機に幅広い分野の大学院生・若手研究者の方々の積極的な参加を期待しています。

(渡邊 智彦、草野 完也 / 名古屋大学)

会議報告

太陽高エネルギー粒子 (SEP) に関するデータ解析ワークショップ 2019

七夕仙台まつりでにぎわう中、2019年8月6日～9日に東北大学において、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 2019 を開催しました。本ワークショップは、日本において SEP 研究が活発に推進することや、SEP 研究を通じて PSTEP での分野間連携を一層進めることなどを企図して 2018 年に開催したワークショップ (ニュースレター 11 号記事参照) を引き継ぐもので、25 名の参加がありました。

今回は、昨年度のテーマを発展させた他、火星環境での SEP 予報を新たなテーマとして設定しました。まず、極地研究所の片岡氏から火星での SEP について、東北大学の寺田氏から火星大気について、情報通信研究機構の久保氏から SEP の伝播について招待講演があり、参加者は SEP の基礎知識や宇宙天気における重要性について理解を深めました。また昨年度の各グループから成果・進捗について報告があり、論文化に向けた成果のとりまとめや新たなテーマについての議論、データ解析が行われました。

今回の成果としては、速度が大きいコロナ質量放出 (CME) が作り出す SEP ほどエネルギースペクトルの

傾きが小さいこと、II 型電波バーストが見え始める周波数と 100MeV 以上の陽子のフラックスとのあいだに相関があること、最近離れた探査機で SEP のタイムプロファイルが似るリザーバーという領域 (現象) の存在が報告されており CME 衝撃波の下流側では場所に依らず似たような加速粒子に満たされていることが示唆されていますが、観測者の位置 (太陽経度) が 180° 以内ならばリザーバー領域が普遍的に存在することなどを発見しました。研究成果については、今後 International Symposium PSTEP-4 をはじめとする学会等でも報告する予定です。

(浅井 歩/京都大学、八代 誠司/米国・カトリック大学)

◆SEPに関するデータ解析ワークショップ 2019 のプログラム
<https://sites.google.com/view/pstep-sep-cdaw2/>



参加者の集合写真

会議報告

VarSITI Closing Symposium

2019年6月10日～14日にブルガリアのソフィアで VarSITI Closing Symposium が行われました。VarSITI は Variability of the Sun and Its Terrestrial Impact という国際科学プログラムで 2014 年～2018 年の間活動が行われました。VarSITI には PSTEP のメンバーも数多く参加しており、PSTEP と非常に親和性の高い国際プログラムです。今回の国際会議は Closing Symposium ということもあり、VarSITI 内のグループによる研究活動のサマリー講演が数多く行われました。

PSTEP からは、草野領域代表が太陽嵐の予測研究に関する招待講演を、塩川さんが超高層大気イメージングシステム (OMTIs) と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 (PWING Project) に関する講演を、今田が次期太陽周期活動予測に関する講演、などを行いました。太陽から地球



Symposium を行った Boyana Residence



Symposium 会場での発表の様子

まで多岐にわたる現象を、長いタイムスケール (1 年～億年規模) から短いタイムスケール (数分～日規模) まで、様々な視点で議論が活発に行われました。

また、VarSITI の次のプロジェクトである Predictability of the variable Solar-Terrestrial Coupling (PRESTO) に関する説明もありました。PRESTO は VarSITI よりも、PSTEP がこれまで目指してきた宇宙天気予測に重点を置くプロジェクトであり、これまで以上に PSTEP で得た知見が生かされると期待されます。

(今田 晋亮 / 名古屋大学)

会議報告

SHINE Workshop 2019, Boulder, Colorado, USA (5–9 August 2019)

The Solar Heliospheric and Interplanetary Environment (SHINE) Workshop is a community-driven meeting sponsored by the US National Science Foundation, with a very different format from e.g. AGU/JpGU meetings. The sessions are developed by community members and address specific questions at the forefront of SHINE science; while not space weather per se, many sessions are relevant to ISEE and PSTEP interests. For each session, 1–2 scientists introduce the subject and the proposed questions, sometimes from opposing viewpoints. Significant time is then devoted to guided discussion with contributed science presented at extended poster sessions. SHINE workshops also include special sessions for (and run by) graduate students. The session descriptions for 2019 and earlier years, including many scene-setting talks, are at shinecon.org.

For 2019, Dr. Leka, a member of PSTEP-A02 working group (with Drs. Graham Barnes and James McAteer) organized a session, "A Potential Field is Unique ... Right!?" to examine the impact of different implementation options when calculating a potential

field from solar photospheric magnetic data; Dr. Dana Longcope was the scene-setting speaker. A SHINE "campaign" approach was taken: potential field models were solicited from the community for a specific target. Drs. Leka and Barnes computed metrics such as the total magnetic energy, to directly compare results. Lively and insightful discussions focused on impactful details. The overall result mirrored what has been accepted for other coronal modeling tasks: using the highest resolution grid attainable (and being aware of side-wall issues) should be considered a "best practice" for computing a potential reference field.

(KD Leka / NWRA, Nagoya University, Yumi Bamba / Nagoya University)



Session of "A Potential Field is Unique...Right!"

会議報告

Space Climate 7

2019年7月8日～11日の日程でカナダのケベック州にて行われた Space Climate 7 に参加してきました。Space Climate は、2004年から2-3年に一度程度の間隔で開かれている宇宙気候研究の国際会議で、今回は7回目になります。本会議では51件の口頭講演と36件のポスター発表が行われました。Space Weather (宇宙天気)ではなく、Space Climate (宇宙気候)の国際会議ということもあり、宇宙天気研究の中心話題であるフレア・CMEなどの爆発出現象よりも、長期の太陽活動・黒点観測などといった話題に会議の焦点が当てられました。

Space Climate の会議としては珍しく、太陽ダイナモに関する議論が独立セッションとして重点的に行われ、堀田の講演を含めて4件の招待講演が行われました。各国の太陽ダイナモ研究の第一人者が一堂に会し、当該分野を研究している堀田としては個人的に貴重な情報交換の機会となりました。当セッションで、堀田は太陽ダイナモと表面観測をつなげる研究について紹介しました。

二日目には長期の太陽活動について、黒点数、太陽表面磁場、太陽放射、プラージュの復元・改訂な

どについて実際の観測史料やその統計処理に関する発表も複数行われました。その中で早川は、中世のオーロラ記録と近現代の宇宙天気現象の比較検討とその解釈に関する招待講演を行いました。

三日目には、太陽サイクル25の予測研究のまとめが行われました。太陽活動予測のためには、極小期の極磁場の強さを知ることが重要というコンセンサスが得られて来ていますが、太陽自体はいまだに極小期を迎えていないようです。そのため、現在でもサイクル25の予測は収束していません。来年2020年には極小期が来て、より信頼できる予測が出されるだろうと期待されます。

(堀田 英之 / 千葉大学、早川 尚志 / 大阪大学)



堀田の招待講演の様子



国際活動支援班活動報告

招聘

ホイッスラーモード・コーラス放射のサブパケット構造の研究

Miroslav Hanzelka
プラハ・カレル大学

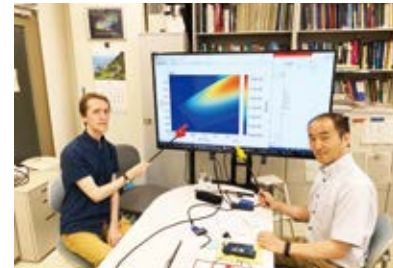


【招聘期間】2019年6月2日～7月26日 【招聘先】京都大学

It has been known for decades that one of the causes for particle acceleration in the Earth's radiation belts is the interaction between electrons and plasma waves. Specifically, the chorus emission, a structured whistler mode emission, can accelerate electrons to highly relativistic energies, making them dangerous to scientific instruments on spacecraft. Recently, a fine subpacket structure of chorus emissions was observed by the Van Allen Probes. This structure must be studied to better understand the process of particle acceleration by the emission.

Miroslav Hanzelka, a PhD student from Charles University in Prague, visited the Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH) of Kyoto University to study the fine structure of chorus emissions and learn more about the nonlinear growth theory of coherent plasma waves. Under the guidance of the hosting professor Yoshiharu Omura, an expert on the nonlinear growth theory, a new theoretical model of subpacket structure of chorus emissions was developed. The model explains the behavior of wave frequency and amplitude observed in spacecraft data and full-particle simulations. Also, the work on test particle simulations of electron acceleration by the chorus emission with subpacket structure has been started. A joint publication is under preparation and a fruitful future collaboration is expected.

M. Hanzelka would like to express here his gratitude to Prof. Omura and RISH for this opportunity and for helping him to make a step forward in his scientific career.



大村 善治教授とのディスカッション

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。



Dr. Tobias Spiegl

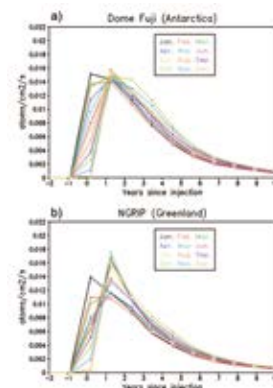
Kyoto University
Graduate School of Science

- Q. 自分を動物にたとえるなら？
- A. Bear.
- Q. 一度は行ってみたい所は？
- A. Patagonia.
- Q. 子どもの頃の夢は？
- A. Becoming a pilot.

Prominent excursions in the content of cosmogenic ^{14}C and ^{10}Be in a variety of tree ring and ice core analyses, are indicative for an extreme solar particle event (SPE) occurring around 774-775 AD. Since such severe SPEs are documented rather infrequent in paleorecords, they are highly valuable for both, geochronology and climate modelling studies. The reconstructed time series of ^{10}Be shows discrepancies between ice cores from Greenland and Antarctica.

These discrepancies may arise from differences in deposition and transport processes in the respective hemisphere. To study the influence of atmospheric dynamics on the characteristics and timing of ^{10}Be surface deposition, we will conduct ensemble simulations of passive tracer experiments using the EMAC (ECHAM/MESSy Atmospheric Chemistry) model in GCM-mode. For our purposes, we use most recent estimates for the 774-775 AD event as ^{10}Be initial conditions, based on WASAVIES (Warning System for Aviation Exposure to Solar Energetic Particles) calculations.

Before joining the PSTEP-A04 working group in April 2019, I focused on the importance of the 11-year solar cycle for decadal climate predictions and implications of future centennial solar variability on the 21st century climate development, in different research projects at Freie Universität Berlin.



Modelled ^{10}Be surface deposition flux with respect to the injection month at a) Dome Fuji and b) NGRIP drilling site (preliminary results).

研究室紹介 13

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所
電子航法研究所 航法システム領域

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。

電子航法研究所は、航空航法及び航空交通管理を目的とした日本で唯一の研究機関として、1967年に設立されました。電子航法研究所は東京都調布市にあり、2016年に他の2研究所と統合され、海上・港湾・航空技術研究所を構成する研究所となりました。電子航法研究所には、航空交通管理、航法システム、監視・通信の3研究領域があります。(図1)

現代の航法は電波と電子技術を応用した電子航法が主となり、GPSなどをを用いた衛星航法が主となりつつあります。電子航法研究所では、電子航法の技術開発を通じて交通の安全の確保とその円滑化を目指しており、必要に応じて実験機(図2)による飛行実験も行います。私が所属する航法システム領域では、主に衛星航法を用いた航空航法システムの開発と、それらを用いた効率的な航空機の運航方式の開発などを行っています。

衛星航法では、電離圏に伴う誤差が最も大きく、また変動が激しく補正が難しいものです。(図3) 航空機を安全に着陸させるための航法システムの開発において、私は電離圏の変動による衛星航法に対する影響の評価と補強・回避方法の開発を行っています。極めて高い安全性が必要



図1: 電子航法研究所航法システム領域 (6号棟)

図2: 実験用航空機「よつば」



とされるため、ごく稀にしか発生しない事象についても対策をとる必要があります。そのため、海外の様々な組織・機関とも協力してできるだけ多くの電離圏観測データを収集して解析しています。(図4)。またPSTEPの一環として、宇宙天気情報を利用した航法システムの性能向上にも取り組んでいます。

このような研究では、衛星航法と航空技術、安全性技術、電離圏物理学といった分野横断的な研究が求められ、日々研究の視野の拡大に努めています。研究成果は、国際民間航空機関(ICAO)の航空航法の国際技術標準にも取り入れられています。(齋藤 享/海上・港湾・航空技術研究所電子航法研究所)

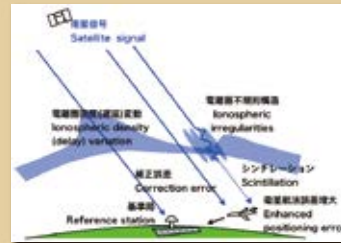
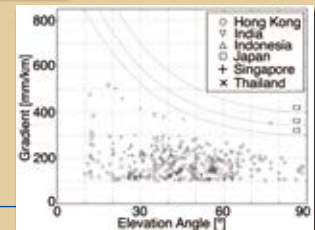


図3: 衛星航法に対する電離圏変動の影響

図4: アジア低緯度地域で観測された電離圏遅延量 (1.57542 GHz、電離圏全電子数に対応)の空間変動 (2000~2016年、データ期間は場所によって異なる) [Saito et al., GPS Solut., 2017]



研究室紹介 14

神戸大学計算科学教育センター

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。

神戸大学計算科学教育センターは、計算機シミュレーションを用いた研究教育を推進し、全国の大学・研究機関及び企業等と連携することで、計算科学技術に関する人材育成の拠点となることを目指して、2014年4月に設立されました。神戸大学のメインキャンパスが六甲山の麓に位置している一方で、当センターは神戸ポートアイランドの神戸大学統合研究拠点(図1)内に設置されており、三宮から約20分、神戸空港から約10分の場所に位置しています。

計算機シミュレーションは、生命、医学、材料、宇宙などあらゆる分野で活用されています。しかし、現代社会で求められる高度なシミュレーション解析を実現するには、課題の数値モデル化、数値計算手法、計算機への並列・最適化実装など、広範な知識が必要で



図1: 神戸大学統合研究拠点

図2: KOBE HPC サマースクールの様子



するためのスーパーコンピュータ環境の提供(図3)を通して、今後ますます社会的な需要が高まる高度な計算科学技術を有する人材の育成に取り組んでいます。

人材育成の一方で、社会的な課題解決のための研究活動も積極的に推進しています。本センターではPSTEPの一環として、ダイナミックに変動する宇宙プラズマ環境と、人工衛星運用の相互干渉過程を、計算科学的アプローチにより調べ上げ(図4)、PSTEP A01 予報システム班とPSTEP A03 地球電磁気班の研究開発に貢献しています。基礎科学としての太陽地球環境に関する知見を、人類の社会生活に還元する役割を担うという、大きな使命感を持って研究開発に取り組んでいます。

(三宅 洋平/計算科学教育センター)



図3: 共有メモリ型スーパーコンピュータ

図4: イオンエンジンのシミュレーション



PSTEP 受賞者リスト

2018年11月～2019年7月までのPSTEP関係者の受賞者リストです。
受賞された皆様には、今後ますますのご活躍を祈念致します。

2018年

- ◆2018/11/26
田中 高史 (A03 研究協力者)
地球電磁気・地球惑星圏学会 長谷川・永田賞
- ◆2018/11/26
徳丸 宗利 (A02 連携研究者)、藤木 謙一 (A02 研究協力者)ほか
地球電磁気・地球惑星圏学会 SGEPS フロンティア賞

- ◆2018/11/26
滝沢 響吾 (公募研究の研究代表者の指導学生)
地球電磁気・地球惑星圏学会 学生発表賞 (オーロラメダル)
- ◆2018/11/26
岩本 昌倫 (A03 研究協力者の指導学生)
地球電磁気・地球惑星圏学会 学生発表賞 (オーロラメダル)

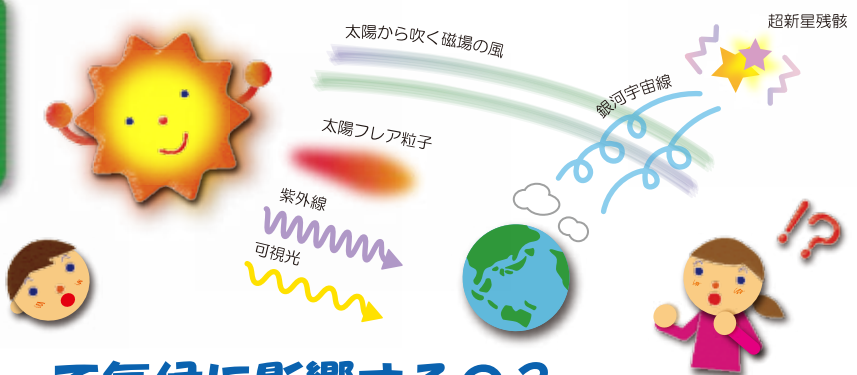
2019年

- ◆2019/3/14
成行 泰裕 (A03 研究協力者)
日本物理学会 第13回 (2019年) 日本物理学会若手奨励賞 (領域2: プラズマ)
- ◆2019/4/17
埜 千尋 (A01 研究協力者)
文部科学省 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞
- ◆2019/5/29
大塚 雄一 (A03 研究分担者)
地球電磁気・地球惑星圏学会 田中館賞
- ◆2019/5/29
藤原 均 (公募研究)
地球電磁気・地球惑星圏学会 田中館賞
- ◆2019/5/29
田中 高史 (A03 研究協力者)
日本地球惑星科学連合 JpGU フェロー

- ◆2019/5/29
Huixin Liu (公募研究)
日本地球惑星科学連合 地球惑星科学振興西田賞
- ◆2019/7/10
礪本 尚義 (公募研究)
国際隕石学会 (Meteoritical Society) レオナードメダル (Leonard Medal)
- ◆2019/7/10
河合 敏輝 (A04 班研究分担者の指導学生)
日本地球惑星科学連合 2019年大会 学生優秀発表賞受賞者
- ◆2019/7/10
徐 何秋岑 (A03 班研究分担者の指導学生)
日本地球惑星科学連合 2019年大会 学生優秀発表賞受賞者
- ◆2019/7/10
南條 壮汰 (公募研究の代表者の指導学生)
日本地球惑星科学連合 2019年大会 学生優秀発表賞受賞者

【各略称表記】 A01: A01 予報システム班、A02: A02 太陽風班、A03: A03 地球電磁気班、A04: A04 周期活動班

『宇宙と地球のなぜ? どうして?』



Q. 「太陽はどうやって気候に影響するの?」

A. 「まだ解明されていない大問題です! いくつかの可能性が考えられています!」

太陽活動と地球の気候変動にはいくつかの相関が見つかっています。その時間スケールは、1か月という気象のレベルから2千年という長期的な気候変動まで、様々です。しかしながら、そのリンクがどのようにして起こるかは、まだ解明されていません。太陽活動がどのようなプロセスで地表の気温や降水に影響するのか、いくつかの可能性について研究が進められています。

その1つは、太陽から放射される紫外線の影響です。太陽の活動が変化しても、可視光の変動はごくわずかで、太陽活動と気候との相関を説明できません。一方で、紫外線の変動はとて大きく、オゾンを加熱することにより、成層圏の温度を大きく変化させます。その影響が対流圏にもおびてきている可能性があるのです。また、銀河宇宙線が気候に影響している可能性についても研究が進められています。地球に降り注ぐ宇宙線の量は、太陽の磁場の強度が低下すると増えます。宇宙線は、大気の成分を電離して雲核を形成したり、雲粒を帯電させたりすることによって、雲の量を変えている可能性があると考えられています。ほかに、大気に降り注いだ太陽フレア粒子によっても、気候が変化する可能性があります。大気中で窒素酸化物が作られ、成層圏のオゾンが破壊されるためです。

PSTEP の A04 周期活動班では、太陽活動が気候に影響するプロセスを解明し、気候変動の予測精度を向上させることも目標の一つとしています。



PSTEP Newsletter

No.14 Sep. 2019

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

発行日：2019年 8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）、宮原 ひろ子・中田 裕之・大塚 雄一（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