



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.15 Feb. 2020

INDEX

【研究報告】 赤道プラズマバブルの高解像度シミュレーション	pp.1-2
【会議報告】 第7回 PSTEP 領域会議	p.3
【ニュース】 情報通信研究機構 (NICT) が ICAO 宇宙天気情報サービスを開始	p.4
【ニュース】 WASAVIES WEB 公開 (太陽放射線被ばく警報システム)	p.4
【会議報告】 Hinode-13/IPELS 2019 の開催	p.5
【会議報告】 Solar-C_EUVST に関する企画セッション (日本天文学会秋季年会)	p.5
【会議報告】 地球電磁気・地球惑星圏学会 (SGEPSS) 2019 年秋学会「宇宙天気・宇宙気候」セッション	p.6
【会議報告】 16th European Space Weather Week において PSTEP 関連会合を開催	p.6

【会議報告】
赤道電離圏プラズマバブルに関する国際ワークショップ p.7

【会議報告】
L5 Consortium Meeting 2019 p.7

柴田 一成氏がチャンドラセカール賞を受賞 p.8

【開催報告】
宇宙天気ユーザーズフォーラム p.8

【国際活動支援班活動報告：招聘】
中緯度電離圏擾乱の2次元イメージングに関する共同研究 p.9

【PSTEP メンバー紹介】
Sivakandan Mani・Priyanka Ghosh p.9

研究室紹介⑩「武蔵野美術大学」 p.10

Q&A 宇宙と地球のなぜ? どうして? 「宇宙天気って何?」 p.10

Project for
Solar-Terrestrial
Environment Prediction

赤道プラズマバブルの高解像度シミュレーション

電離圏の擾乱現象が電波伝搬に影響を及ぼすことは、1930年代のイオノゾンデによる観測から明らかになっています。短波の電離圏反射を利用した長距離通信が盛んだった時代には、安定した通信手段を確保するために、電離圏擾乱現象の研究が積極的に進められてきました。人工衛星を用いた通信・測位などにも電波は用いられており、衛星から地上に向けて送信された電波は必ず電離圏を通過するため、現代においても電波伝搬に及ぼす電離圏の影響は重要な研究課題と位置づけられています。電離圏のプラズマ密度の増減は、電波伝搬の遅延時間として観測されますが、背景の電場や磁場との相互作用により密度分布が不安定となり、微細な不規則構造を形成する場合があります。このような現象が生じた場合、電波の振幅や位相にシンチレーションと呼ばれる激しい変動が生じ、測位衛星の電波を捕捉することが不可能となる場合があります。

赤道プラズマバブルは、電波伝搬への影響が特に大きい現象として知られています。極域とは異なり、赤道域では地球磁場は閉じたダイポール構造をしているため、磁気圏との結合は地磁気静穏

時にはほぼ無視できるのですが、地球磁場が地面と水平である（重力場と垂直である）という特性により、磁気赤道特有のプラズマ不安定現象が発生します。この不安定は、レイリーテ일러不安定としてよく知られており、プラズマバブル発生の基本的な原理として受け入れられています。しかし、プラズマバブルの発生を事前に予測し予報することは非常に難しく、PSTEPにおいても重要なプロジェクトの1つに挙げられています。

レイリーテ일러不安定の線形理論では、プラズマ密度勾配と重力が逆向きとなる場合に不安定が成長するとされていますが、実際には、密度勾配が重力と同じく下向きとなる電離圏上部においても擾乱現象が観測されます。この謎は、1970年代から始められたプラズマバブルの数値シミュレーションにより解明され、電離圏下部で成長した密度変動が泡のように非線形成長し、電離圏上部にまで到達するということが明らかとなりました。その後、計算機性能の向上とともに、より解像度の高いモデルへと、また、2次元から3次元のモデルへと発展を遂げてきました。モデル内で計算されている方程式系と、モデルの発展

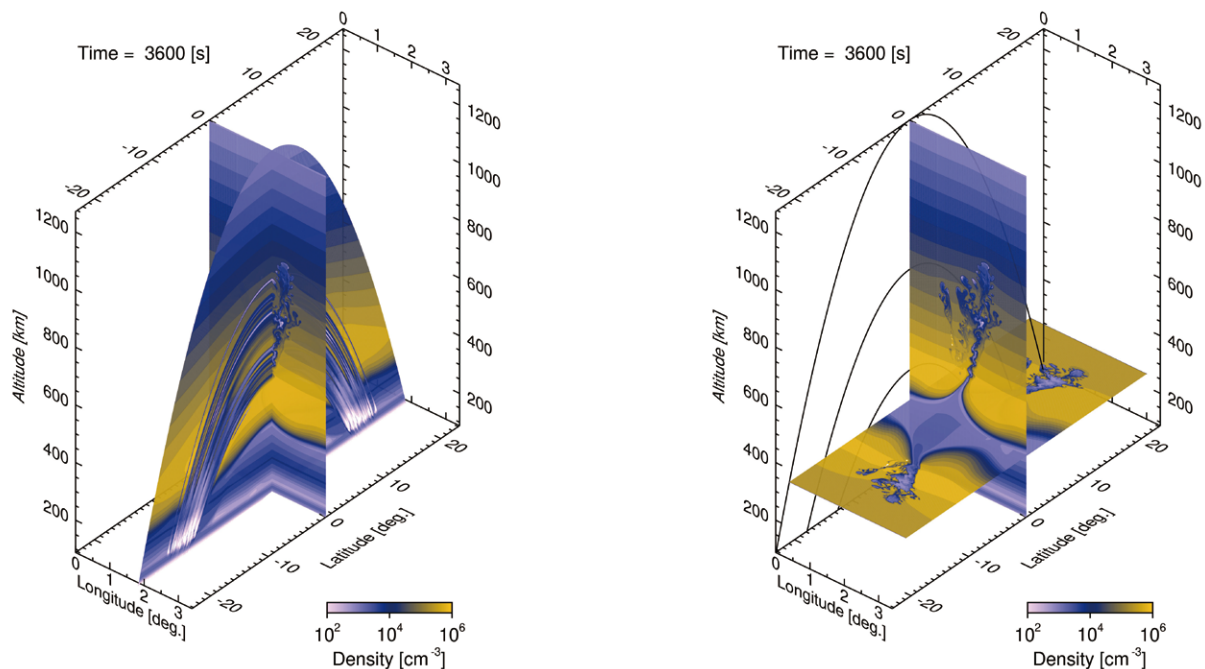


図1: HIRBモデルによるプラズマバブルシミュレーションの結果例。
カラーコンターはプラズマ密度を表す。

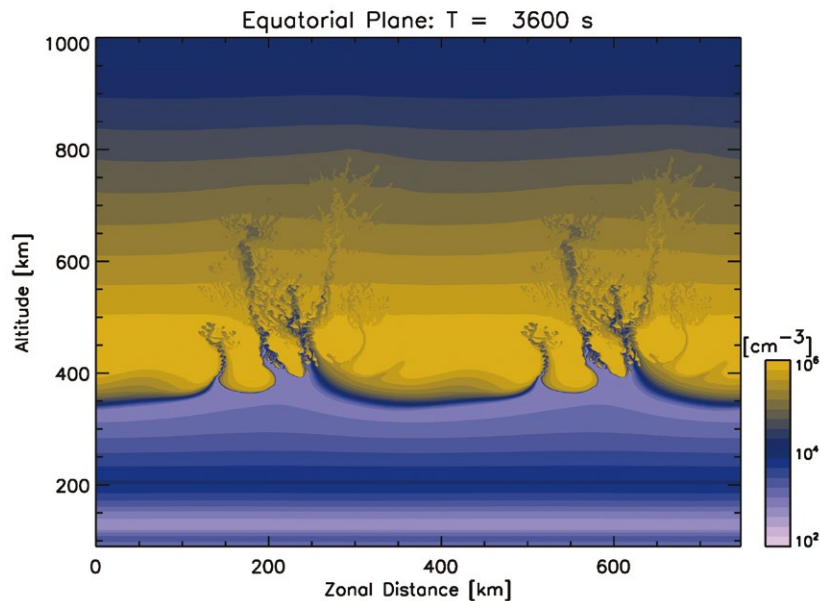


図 2: 高解像度 HIRB モデルによるプラズマバブルの東西 - 高度断面図。
カラーコンターは図 1 と同じ。

の歴史については、参考文献をご参照下さい [1] [2]。以下では、我々が開発を進めてきた超高解像度の High-Resolution Bubble (HIRB) モデルについて簡単に紹介します。(「はーぶ」と読まれることを想定していましたが、あまり浸透していないでしょうか。)

HIRB モデルは、筆者が情報通信研究機構に異動した 2013 年から開発を始めました。宇宙天気予報に必要な数値モデルの充実が望まれており、筆者の興味とうまくタイミングが合った時期でした。それまでに完成していた中緯度電離圏モデルの座標系を赤道域に適用できるように改良することで、比較的短期間で完成に至りました。高度 100km 付近に突発的に発生する非常に薄いスポラディック E 層を対象としたモデルが元になっており、急峻な密度勾配を再現することに特化した数値スキームを採用していました。このスキームがプラズマバブルのシミュレーションにおいても非常に適しており、滑らかな電離圏下部の密度変動が、乱流的な構造を持つプラズマバブルにまで発展する様子を再現することに初めて成功しました [3]。図 1 は成長したプラズマバブルの 3 次元構造を示しています。この図は Radio Science 誌の表紙にも採用されました [4]。また、数 m/s 程度の中性鉛直風がプラズマバブルの生成源 (シーディング) になり得ることも明らかとなりました [5]。現時点において、磁力線直交方向の解像度は 200m にまで細かくすることが可能であ

り、GPS 等の電波にシンチレーションを起こすスケールの構造を直接再現できるようになりつつあります (図 2)。今後は、全球大気圏電離圏モデルである GAIA と結合させることを計画しています。GAIA から得られた現実に近い背景の条件を用いることで、プラズマバブル発生の日々変化を解明できると考えています。

(横山 竜宏 / 京都大学)

【参考文献】

- [1] Yokoyama, T., and C. Stolle, Low and midlatitude ionospheric plasma density irregularities and their effects on geomagnetic field, *Space Sci. Rev.*, 206, 495-519, doi:10.1007/s11214-016-0295-7, 2017.
- [2] Yokoyama, T., A review on the numerical simulation of equatorial plasma bubbles toward scintillation evaluation and forecasting, *Prog. Earth Planet. Sci.*, 4, 37, doi:10.1186/s40645-017-0153-6, 2017.
- [3] Yokoyama, T., H. Shinagawa, and H. Jin, Nonlinear growth, bifurcation and pinching of equatorial plasma bubble simulated by three-dimensional high-resolution bubble model, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 119, 10,474-10,482, doi:10.1002/2014JA020708, 2014.
- [4] Issue Information, *Radio Sci.*, Vol. 53, No. 12, doi:10.1002/rds.20597, 2018.
- [5] Yokoyama, T., H. Jin, H. Shinagawa, and H. Liu, Seeding of equatorial plasma bubbles by vertical neutral wind, *Geophys. Res. Lett.*, 46, 7088-7095, doi:10.1029/2019GL083629, 2019.

第7回 PSTEP 領域会議

2019年10月9日より11日まで、海洋研究開発機構（JAMSTEC）横浜研究所の三好記念講堂にて第7回 PSTEP 領域会議を開催しました。本年度は研究期間の最終年度であることから、最終的なまとめに向けて研究を加速させるため以下の議論を行いました。

【総括班】

本領域では、新学術としての太陽地球圏環境予測研究を推進し、研究期間終了後も本領域の成果を発展させるため、以下の活動を進めることになりました。

- ・PSTEP セミナー：現在までに36回実施したPSTEP セミナーを2020年3月まで実施し、研究期間終了後も同様のセミナーを継続し、分野横断の貴重な場として発展させることになりました。
- ・PSTEP-WEB 教科書：新学術としての太陽地球圏環境予測研究を体系的に学ぶための教科書を作成し、名古屋大学学術機関リポジトリとして自由にアクセスできるものとして公開します。
- ・国際シンポジウム PSTEP-4：第4回目の総合国際シンポジウム“International Symposium PSTEP-4”を名古屋大学宇宙地球環境研究所の第2回 ISEE Symposium として合同で、2020年1月28日～30日に名古屋大学坂田・平田ホールで実施することになりました。
- ・EPS 誌特集号：本領域の研究活動を中心とした太陽地球圏環境予測に関する複数の論文を Earth, Planets and Space (EPS) 誌の特集号として出版します。詳細は、<https://earth-planets-space.springeropen.com/pstep> をご覧ください。
- ・PSTEP Newsletter：2020年3月発刊予定の第16号まで継続して発行する予定です。

【計画研究 A01 予報システム班】

計画研究代表者の石井氏（情報通信研究機構：NICT）から A01 班のこれまでの研究活動の総括と今後の計画に関する報告が行われました。それに続いて、電波伝搬、衛星帯電、被ばく、統合モデル、宇宙天気ハザードマップ、関連公募研究に関する報告が行われ、それぞれ今後の展望を議論しました。また、近年における宇宙天気予報体制の強化について、石井氏より報告がありました。特に、国際民間航空機関（ICAO）によるグローバル宇宙天気センターが組織され、NICTがそのメンバーとなったことから、今後の宇宙天気予報業務の強化とそれに向けた本領域の研究の在り方について議論を行いました。

【計画研究 A02 太陽嵐班】

計画研究代表者の一本氏（京都大学）からの総合報告の後、各テーマについての議論を行いました。A02 班では、基本目標として、①フレアトリガ機構の解明とフレア発生予測スキームの開発と、②太陽嵐による地球軌道上変動のリアルタイム予測を、発展目標として次世代宇宙天気予報の基盤形成を掲げて研究を進めてきましたが、概ね目標を達成できることが報告されました。特に、太陽フレア物理予測

モデルの開発、観測データと数値モデルの連携による CME 到来予測、黒点形成の数値モデルでは目標以上の成果を得ることができています。一方で、フィラメント磁場観測とそれに基づく惑星間空間磁場（IMF）の予測などについては未だ発展途上にあり、今後の研究戦略について議論を行いました。

【計画研究 A03 地球電磁気班】

計画研究代表者の三好氏（名古屋大学）から計画研究全体の報告がされた後、各サブグループなどからの個別報告が行われました。A03 班では地球放射線帯変動の理解と予測、地磁気誘導電流（GIC）の予測、電離圏擾乱の発生確率予測を基本目標にすると共に、激甚宇宙天気災害の予測を発展目標にしています。すでにそのほとんどの項目で目標を達成あるいは達成予定であるとの報告がありました。特に、日本の電力網を考慮した GIC 予測の実現、電離圏モデルによるプラズマバブルとスポラディック E 層の予測については特に優れた成果をすでに生み出しており、A01 班との協力によって予報運用への実装が実現しつつあります。また、査読付き論文 325 編などを発表し十分な成果を生み出していることが確認できました。

【計画研究 A04 周期活動班】

計画研究代表者の余田氏（京都大学）から全体報告が行われた後、各サブグループの報告と議論を行いました。A04 班では基本目標として①次期太陽活動サイクルの予測及び②太陽活動気候影響メカニズムの特定を、発展目標として①数百年スケールの太陽活動長期変動の機構解明と②地球システムモデルによる長期変動再現を設定し研究を続けてきました。その結果、各研究項目で概ね目標を達成しつつあることが報告されました。ただし、太陽物理学と気象学・気候学の連携については発展途上であり、今後サブグループ間の連携を活性化することが確認されました。さらに、極端な宇宙線急増現象における宇宙線生成同位体の大気中輸送沈着を数値実験で再現するなど、当初計画していなかった成果も生み出されているとの報告がありました。

以上の議論と共に、研究期間終了後の発展についての議論も行いました。本領域会議を通して、最終的なまとめへ向けた取り組みを推進することができました。（領域代表 草野 完也 / 名古屋大学）



第7回 PSTEP 領域会議の参加者（2019年10月9日、海洋研究開発機構横浜研究所にて）

ニュース

情報通信研究機構（NICT）が ICAO 宇宙天気情報サービスを開始

2019年11月7日に国際民間航空機関（ICAO）は民間航空運用へのサポート情報として、宇宙天気情報の提供を開始しました。NICT は豪州・カナダ・フランスとともに ICAO 宇宙天気グローバルセンター“ACFJ”を組織し、今後本活動を進めていきます。

近年、航空運用において宇宙天気が原因となる短波および衛星通信、衛星測位等電波利用障害が問題となっています。また乗務員や高頻度の利用者については、人体被ばくのリスクも高まると考えられます。これらのリスクを避けることを目的に、2011年より ICAO を中心に検討が進められてきました。ICAO は 2017 年 6 月にこのセンターの公募を開始し、22 か国がエントリー、書面・対面審査を経て 2018 年 11 月にグローバルセンターとして米国、欧州連合（PECASUS）、ACFJ の 3 つが認証されました。その後約 1 年間にわたり調整グループを結成し



ICAO 宇宙天気情報サービスのテープカット

手順の整備および試験を重ね、2019年11月7日よりサービスを開始することになりました。

本サービス開始にあたり、NICT では小金井本部において、徳田理事長による記者説明会およびオープニングセレモニーを開催しました。総務省、日本航空等からの来賓をお迎えし、テープカットおよび情報配信セレモニーを行い、盛況のうちに遂行することができました。記者説明会では併せて PSTEP で開発した航空機被ばく推定システム“WASAVIES”の報道発表も行い、複数のメディアに掲載されました。（石井 守 / 情報通信研究機構）



ICAO 宇宙天気情報サービスの集合写真

ニュース 太陽放射線被ばく警報システム WASAVIES WEB 公開

Warning System for Aviation Exposure to Solar Energetic Particles（WASAVIES）が公開されました！ A01 予報システム班の航空機被ばくサブグループは、日本原子力研究開発機構の佐藤 達彦氏をリーダーとして、地上の中性子モニターでの太陽放射線の突発的な増加（GLE）をリアルタイムで検出し、それをトリガとして大気圏内の任意の地点における太陽放射線による被ばく線量率をリアルタイムで推定する、「太陽放射線被ばく警報システム WASAVIES」を開発、2019年11月7日に記者説明会を行い、実運用システムとして公開しました。

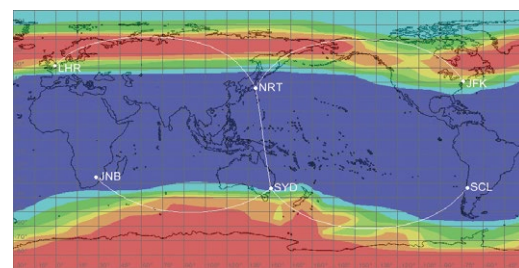
太陽放射線による被ばく線量率を推定するシステムは世界数か国で開発されていますが、これらのシステムは米国の気象衛星 GOES か地上の中性子モニターのどちらかの観測データのみを用いたものです。一方、WASAVIES は、他のシステムと異なり、中性子モニターで GLE を検出した直後に GOES の観測データと共に評価することで、高い精度での被ばく線量率の推定が可能になりました。WASAVIES は、原理的には GLE 発生直後に、GLE 終了までの被ばく線量率の予測ができます。現時点では、実運用に耐え得る予測精度には達していませんが、今後は予測精度向上を目指して開発を

続けていきます。WASAVIES は、宇宙天気、太陽物理、超高層大気、原子核工学、放射線防護など様々な分野の研究者が連携して、それぞれ開発したモデルを一つに統合することで、太陽から飛来する粒子が被ばくを起こすまでの様々な過程を精度良く再現することに成功した異分野融合研究の成功例といえます。

WASAVIES により、航空機乗務員の太陽放射線による被ばく線量率をリアルタイムに監視することができるようになりました。これにより太陽放射線上昇時には、被ばく線量率が高い航路を避けたり、運航高度を下げたりするなど、世界中の民間航空機の運航に必須の情報として利用されることが期待されます。

（久保 勇樹 / 情報通信研究機構）

◆WASAVIES : <https://wasavies.nict.go.jp/>



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。白い線は被ばく線量を特に詳細に推定する航空路を表す。

会議報告

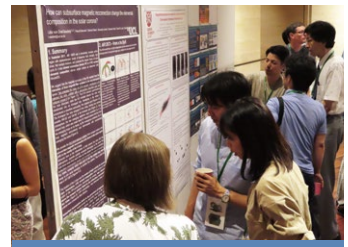
Hinode-13/IPELS 2019 の開催

第 13 回ひので国際科学会議とプラズマ科学分野横断会議 (IPELS) の合同会議を 9 月 2 日～6 日に東京大学 (本郷キャンパス) で開催しました。ひので会議は「ひので」衛星による科学成果を議論することを目的に、日米欧の持ち回りで毎年開催されています。今回初めての試みとして、実験室と磁気圏や太陽・天体プラズマの分野間連携をプラズマ科学の視点から取り組んでいる IPELS との共同で開催しました。PSTEP が取り組む「フレアにおける磁気エネルギー解放や噴出過程」や「太陽周期活動性をつくるダイナモ」も主要セッションとして組織され、草野領域代表をはじめ PSTEP に関わる何人もの研究者が招待講演等を行いました。波動・



参加者の集合写真

乱流、磁気リコネクションなどプラズマ物理のキーワードを核に、太陽観測や実験室プラズマなど異なった視点から、基礎的知識から最新研究の成果、さらには将来計画までカバーされ、プラズマの基礎物理的観点を中心に議論が行われました。ポスターセッションやコーヒー休憩では、複数分野の参加者が混在した話の輪があちこちに出来上がっていました。会議には世界 20 か国から 208 名の参加がありました。新鮮な情報交換ができ非常に有意義な会議であったと多数の参加者から賛辞をいただきました。また、PSTEP からの支援により、Banerjee 教授 (インド) と Polito 博士 (米国) には会議が始まる前の週から滞在していただくことができました。京大・名大・東大・宇宙研を訪問し、セミナーの開催や PSTEP に関する共同研究の討議を行いました。



ポスターセッションの様子

(清水 敏文 / JAXA 宇宙科学研究所)

会議報告

Solar-C_EUVST に関する企画セッション (日本天文学会秋季年会)

2019 年 9 月 11 日～13 日に熊本県の熊本大学にて日本天文学会 2019 年秋季年会が行われました。2016 年の地震の影響もまだまだ残っているようで、熊本城は今も入場できない状態でした。本年度の天文学会では通常の「太陽」セッションに加え、企画セッションとして「Solar-C_EUVST を軸とした将来スペースミッションと太陽研究の将来展望」セッションが開催されました。この企画セッションでは口頭発表 17 件、ポスター発表 2 件が行われ、常時 50 人程度の参加者がありました。日本の太陽コミュニティでは Solar-C_EUVST という次世代太陽観測衛星を 2020 年代中盤に打ち上げ予



熊本城 修復工事の様子



口頭発表の様子

定です。一方で、先日打ち上げられた Parker Solar Probe (PSP) をはじめとして、2020 年にファーストライトを迎えるハワイの 4m 地上望遠鏡 DKIST など様々な太陽観測計画が 2020 年代中盤までに開始されます。本企画セッションでは、最初に太陽物理学と親和性の高い分野である恒星物理・X線天文学の方にレビュー講演していただきました。その後、現在の太陽物理学における未解決問題を現在の観測・理論研究より明確にし、今後の Solar-C_EUVST を軸とした将来計画に向けてどのような準備を行えば良いか活発に議論が行われました。

(今田 晋亮 / 名古屋大学、宇宙地球環境研究所)

会議報告

地球電磁気・地球惑星圏学会 (SGEPSS) 2019 年秋学会「宇宙天気・宇宙気候」セッション

2019年10月23日～26日の日程で熊本市国際交流会館にて開催された第146回地球電磁気・地球惑星圏学会総会および講演会(SGEPSS 2019年秋学会)において、レギュラーセッション「宇宙天気・宇宙気候～観測、シミュレーション、その融合～」を開催しました(セッション日程は23日～24日)。

今回は、宇宙天気・宇宙気候の研究者のみならず、宇宙天気との関連が深い研究分野との繋がりを意識したプログラム構成にすることを旨として、招待講演2件およびチュートリアル講演1件を依頼しました。九州工業大学の増井先生には招待講演として小型衛星の製作・打ち上げ・帯放電の最前線の研究についてご紹介いただきました。同じく招待講演として、東京大学の中島博士には火山活動と電離圏擾乱についての最前線の研究をご紹介いただきました。チュートリアル講演として草野領域代表をお招きし、PSTEPのこれまでの取り組みと代表的な成果を総括してもらうと共に、草野代表自身が進められている太陽フレアの発生予測を可能にする最新の物理モデルについてご講演いただきました。「科学研究と宇宙天気予報

の研究者の間の死の谷をつなぐ」というPSTEPの取り組みの紹介の中で、「基礎科学の研究者に『予測研究は面白い』と言わせ、予報の現場の研究者に『基礎研究は役に立つ』と言わせられたら成功の証だ」という言葉が、PSTEPの本質を端的に表しており、強く印象に残りました。

石井代表(A01予報システム班)のハザードマップについての講演やPSTEPによってもたらされた新しい成果の講演もなされ、PSTEPの狙いが実現されつつあると感じました。

(塩田 大幸 / 情報通信研究機構)



草野代表の講演の様子

会議報告

16th European Space Weather Week において PSTEP 関連会合を開催

2019年11月18日～22日に、ベルギー・リエージュにおいて、16th European Space Weather Weekが開催され、39か国から417名が参加しました。

PSTEPでは国際連携の一環として、2016年より4回続けて本会議の Topical Discussion Meeting を主催し、欧州を中心とした研究者と活発に議論してきました。

今回は“International Collaboration for Researching “Radio-Weather””というタイトルで、電波伝搬に

関するセッションを開催しました。

セッションではまず NICT 石井から本会合の趣旨を説明した後、NICT

穂積さんによるHF-STARTの紹介、ENRI 斎藤 亨さんから航空運用への宇宙天気の影響、そして最後に共同コンビーナの Dr. Iwona Stanislawski より “Radio Science in Planetary Exploration” というタイトルで講演を頂きました。

前のセッションが遅れたこともあり、議論の時間は充分ではありませんでしたが、会場は立ち見が出るほどの盛況でした。また講演後には複数の機関から、HF-STARTについて導入、共同研究の申し入れがあるなどの大きな反響があり、PSTEPの成果の国際展開として大きな成果になりました。

(石井 守 / 情報通信研究機構)



Dr. Iwona Stanislawski の講演の様子



NICTの穂積さんによる講演の様子

会議報告

赤道電離圏プラズマバブルに関する国際ワークショップ

2019年9月5日～6日の二日間、中国・北京にある Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences (IGGCAS) において、赤道電離圏プラズマバブルに関する二回目の国際ワークショップを開催しました。本ワークショップには、中国をはじめ、日本、インド、インドネシア、イタリアの5ヶ国から合計50名を超える参加者がいました。プラズマバブルは、全球測位衛星システムGNSS(Global Navigation Satellite System)による測位によって誤差の原因となるため、プラズマバブルの専門家だけでなく、GNSS測位に関する研究者も参加していました。

今回のワークショップでは、中国の研究者から、東経120度線に沿って電離圏観測用レーダーや大気光撮像装置などの観測網を展開しているメリディアン・プロジェクトで得られた結果が多数発表されていました。PSTEPの関係では、京都大学の横山氏が、高解像度モデルにより、プラズマバブルの内部に発生するプラズマ密度擾乱を再現できることを示しました。また、大塚は、プラズマバブル

の発生に最も影響を与える日没時における電離圏F層高度の急激な上昇について、大気圏-電離圏結合モデルであるGAIAと東南アジア域における観測との比較を示し、プラズマバブル発生の日々変化について議論しました。

本ワークショップで発表された成果は、特集号として、中国のオープンアクセス誌であるEarth and Planetary Physics(EPP)誌に出版する予定です。(大塚 雄一 / 名古屋大学)



会議参加者の集合写真(中国・北京のIGGCASにて)

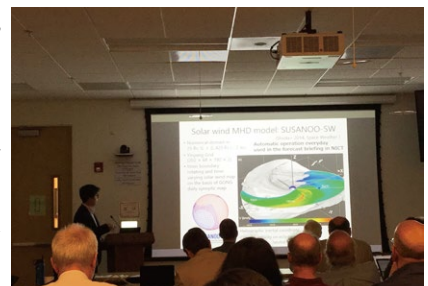
会議報告

L5 Consortium Meeting 2019

2019年10月1日～3日の日程で米国Stanford大学で開催されたL5 Consortium Meeting 2019に参加しました。L5とは、地球の公転軌道上で経度60度東に離れた位置にある太陽と地球の重力と遠心力が釣り合う第5ラグランジュ点のことです。この点に太陽と地球の間を真横から監視する宇宙機を配置することができれば(L5ミッション)宇宙天気予報が飛躍的に進展すると期待されます。

この研究集会は、2010年より不定期で4回開催されて、5回目になる今回は61名の参加があり、L5ミッションのみならずほかのラグランジュ点であるL1におけるミッションや黄道面脱出計画を含めた遂行中・検討中・構想中の観測ミッションおよび観測装置の紹介とともに、それらの観測で進展が期待される科学的課題についての議論・情報共有がなされました。私は、SUSANOO-CMEによる太陽風伝搬予測システム開発の紹介とL5からのイメージング観測の有用性について紹介するとともに、金星観測ミッションあかつきのチームとの共同研究で行なった太陽コロナの電波シンチ

レーション観測の紹介とそれを応用した太陽風・CME観測提案について招待講演を行いました。



塩田の招待講演の様子

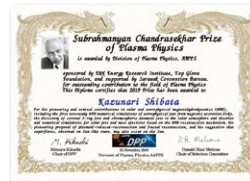
2024-25年打ち上げ予定の計画として、ESAのL5ミッションが進められていると聞き、かつて1990年代終わりから2000年代前半に情報通信研究機構でL5ミッションが検討されていたことを思い起こし、先見の明に長けた先人に敬意を表するとともに、ようやく時代が追いついてきたことを感じました。今後打ち上げが決まっているNOAAの次世代L1ミッション(2024年)、インドのL1ミッションAditya(2020-21年)に加え様々なミッションの報告・紹介があり、2025年頃に到来が予想されるサイクル25の極大期へ向けて観測体制の充実とともに宇宙天気予報の技術の向上が期待されます。(塩田 大幸 / 情報通信研究機構)

柴田 一成氏がチャンドラセカール賞を受賞

本領域の総括班メンバーである柴田一成氏（京都大学理学研究科教授）が、アジア・太平洋物理学会連合・プラズマ物理分科会（AAPS-DPP）においてプラズマ物理学の顕著な進歩に貢献した研究者に授与される第6回チャンドラセカール賞（Subrahmanyan Chandrasekhar Prize of Plasma Physics）を受賞されました。受賞理由は、「太陽及び宇宙磁気流体力学における先駆的かつ独創的な貢献；特に、降着円盤から噴出する宇宙ジェット形成の最初の非定常磁気流体（MHD）シミュレーション、太陽コロナ中の X線ジェット及び彩層アネモネジェットの発見、磁気リコネクション機構に基づく太陽ジェット形成と質量放出の理論シミュレーション、プラズモイド誘起リコネクションとフラクタルリコネクションの先駆的提唱、太陽に類似した恒星で観測されたスーパーフレアが太陽でも発生する可能性があることを指摘したことに対して。」とされており、同氏のプラズマ物理における幅広い貢献が評価されたものです。

11月20日には、マレーシア・クチンで開催された第14回アジア太平洋物理学会議において、受賞記念の基調講演が行われました。受賞対象となった柴田氏のプ

ラズマ科学におけるさまざまな研究成果が紹介されるとともに、柴田氏が音楽家の喜多郎氏とコラボして制作された映像コンテンツ『古事記と宇宙』が上映されると、大きな拍手に包まれました。また当日夕方には、授賞式が開催されました。



チャンドラセカール賞の賞状



授賞式の様子。右から3人目が柴田氏。

開催報告

宇宙天気ユーザーズフォーラム

情報通信研究機構（NICT）では、宇宙天気予報利用者との情報交換を目的として、宇宙天気ユーザーズフォーラムを開催しています。第14回目になる今年は、100人以上の参加者を迎えて2019年11月11日に日本科学未来館で開催されました。まず、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所の吉川真氏より、「はやぶさ2と宇宙天気情報」と題した講演がありました。NICTは、試行的に「はやぶさ2」に向けた宇宙天気情報を提供していることもあり、吉川氏には快く講演を引き受けていただきました。続いて、「航空機の運航と宇宙天気」と題して、日本航空株式会社の本間史也氏より講演がありました。国際民間航空機関（ICAO）宇宙天気グローバルセンターの運用が始まり、航空業界との密接な連携がますます重要になってきたこの時期、非常にタイムリーな話題を提供していただきました。昼休みをはさんで、九州工業大学宇宙環境技術ラボラトリーの豊田和弘氏より、「宇宙機の帯電放電」と題した講演がありました。宇宙機の帯電・放電の基礎的な部分からわかりやすく話していただき、とても有意義な講演でした。その後、毎

年恒例の、石井守 NICT 宇宙環境研究室長による今年の宇宙天気現象の概況説明がありました。休憩時間を利用して、NICT 小金井の宇宙天気予報センターと ZOOM でつないだオンライン宇宙天気予報会議を行いました。未来館ホールのスクリーンに予報センターに表示されている観測データを映し出し、未来館ホールの NICT 研究者と予報センターの予報担当者による議論の末、予報が決定される様子を公開しました。フォーラム再開後、NICT 研究員による3つの宇宙天気ミニ講座が行われました。活発な質疑が行われ、参加者の宇宙天気予報に関する高い関心を感じました。年々、業務として宇宙天気ユーザーズフォーラムに参加している方々が増えてきているように感じられ、宇宙天気予報の実用化が目前にきていると改めて実感しました。（久保 勇樹 / 情報通信研究機構）



オンライン宇宙天気予報会議の様子



国際活動支援班活動報告

招聘

中緯度電離圏擾乱の
2次元イメージングに関する共同研究

佐藤 博厚

DLR(ドイツ航空宇宙センター)



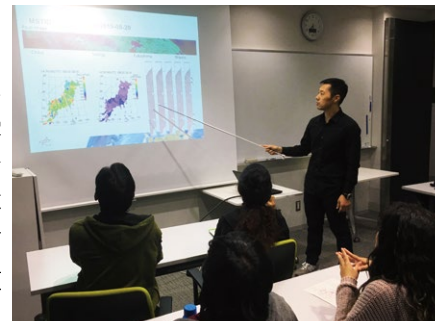
【招聘期間】 2019年10月29日～2020年3月31日

【招聘先】 名古屋大学

日本などの中緯度上空の電離圏を伝搬するプラズマ波動現象である伝搬性電離圏擾乱 (Traveling Ionospheric Disturbances :TIDs) およびこの現象に付随すると考えられている微細な電子密度イレギュラリティの構造を解明するため、名古屋大学宇宙地球環境研究所に滞在しています。

しばしば中緯度で夜間に発生する TID は、数百メートルから数百キロメートルの空間スケールの構造を有しています。このような空間スケールをもつ TID が伝搬する様子は、地上の GPS 受信機ネットワークから得られる二次元全電子数 (TEC) マップによって観測されてきました。TEC マップによる観測は GPS 衛星信号が電離圏の影響で遅延する現象を利用しています。近年の研究によって、GPS 衛星と同じ周波数帯 (1 ~ 2GHz) を使用する合成開口レーダー衛星 (SAR) のデータからも、同様の原理で電離圏の構造を観測できることがわかってきました。

今回の共同研究では、GPS を用いる手法では観測が難しいキロメートルスケール以下の TID の構造を詳細にイメージングするために、日本上空の電離圏を対象にして合成開口レーダー、GPS 受信機ネットワークおよび京都大学の MU レーダーとの共同観測を行いました。この共同観測により得られたデータをもとに、日本上空の中緯度 TID の二次元電子密度構造を詳細にイメージングする手法を開発し、TID に付随する電子密度イレギュラリティの微細構造の解明を目指しています。



研究室内のミーティング

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。



Sivakandan Mani

Institute for Space-Earth
Environmental Research,
Nagoya University

- Q. What is your motto?
- A. Be focused
- Q. Who is your favorite artist?
- A. Charlie Chaplin



Priyanka Ghosh

Institute for Space-Earth
Environmental Research,
Nagoya University

- Q. Where would you like to visit once in your life?
- A. Switzerland
- Q. What was your childhood dream?
- A. To win Noble prize

【Sivakandan Mani】 Before I joined ISEE, Nagoya University as a postdoc for PSTEP-A03 working group, I worked at Physical Research Laboratory (PRL), India to study mesospheric gravity wave dynamics and their coupling processes with ionospheric disturbances, especially Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances (MSTIDs), which are wave-like perturbations of the ionospheric plasma with horizontal wavelengths of 100-1000 km. One of the mechanisms generating the MSTIDs is atmospheric waves propagating from below. MSTIDs degrade accuracy of the Global Navigation Satellite System (GNSS) positioning. To mitigate such degradation of the positioning accuracy, we aim to reproduce MSTIDs by simulations of GAIA, which is an atmosphere-ionosphere coupled model.

【Priyanka Ghosh】 I moved from PRL, India to ISEE. My current research as a postdoc at ISEE contributes to the understanding of generation mechanisms of equatorial plasma bubble (EPB), which is a localized plasma depletion in the ionosphere. Pre-reversal enhancement (PRE), which is an enhancement of the eastward electric field at the evening terminator, is believed to be one of the main controlling factor for the generation of EPB. I explore the day-to-day variation of PRE observed by ionosondes and simulated by GAIA, and investigate the probable mechanism controlling the PRE over the equatorial ionosphere using GAIA.



Activity: All-sky airglow imager calibration at National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan.

研究室紹介 15

武蔵野美術大学

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。

武蔵野美術大学(図1)は、東京郊外の小平市に位置し、タヌキが生息する玉川上水に隣接した自然豊かなエリアにあります。1929年に創立された帝国美術学校にルーツを持ち、今年90周年を迎えました。「教養を有する美術家養成」を教育理念とし、語学を含め教養科目が充実しており、選択肢が幅広いのが特徴です。全12学科で、アーティスト、デザイナー、キュレーターの育成を行っています。

その全学の教養教育と学芸員の育成を担う「教養文化・学芸員課程研究室」で、私たちは、太陽活動や宇宙線強度の長期変動とその気候への影響を研究しています。屋久杉などの年輪(図2)に含まれる宇宙線生成核種の分析から、過去に太陽活動が極端に低下した時代の太陽活動や宇宙線変動の様子を調べたり、古気候データをもとに太陽活動や宇宙線変動



図1. 武蔵野美術大学のキャンパス

が気候変動に及ぼす影響などを調べています。また、太陽活動の数十日程度の変化が雷などの気象現象に及ぼす影響についても研究を推進しています。

図2. 太陽活動の復元に用いる屋久杉の円盤



PSTEP が始動した翌年の2016年には、本学創立以来初となる科研費研究員が誕生しました。小さな研究グループですが、PSTEP AO4 周期活動班のメンバーとして、国内外の先生方の協力を得ながら、研究を進めています。最近、中国との国際共同研究により、トラパーチンと呼ばれる石灰質堆積岩(図3)を用いた新たな太陽活動 / 宇宙線変動の復元手法の開拓に成功し、念願の実験室の整備も実現しました。今後はより古い年代まで太陽活動の11年周期の復元を目指して行く予定です。

(宮原 ひろ子 / 武蔵野美術大学)



図3. 中国雲南省から採取されたトラパーチン堆積物

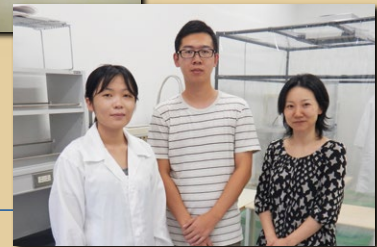


図4. 研究室メンバー (右端が宮原)

『宇宙と地球のなぜ? どうして?』



Q. 「宇宙天気って何?」

A. 「太陽地球圏環境のことです!」

「宇宙天気」という言葉は、聞き慣れない言葉かもしれませんが。もちろん、宇宙に雨や雪、台風が発生するということはありませんが、それに似た現象により私たちの生活は様々な影響を受けています。これまでのこのコーナーで解説してきましたように、太陽からはX線や紫外線などの電磁波・エネルギーの高い粒子(放射線)・高温の電離したガスといった様々な影響が到来し、地球の磁気圏、電離圏が受け止めることで、こういった地球周辺の宇宙環境「宇宙天気」は大きく変動しています。

宇宙天気が乱れることによって生じる私たちの生活への影響は多岐に渡ります。まず、宇宙空間の放射線環境が乱れることで、人工衛星の不具合のリスクや国際宇宙ステーションにいる宇宙飛行士の被ばくのリスクが高まります。電離圏が乱れることで、短波などの無線通信やGPS等の測位が乱れて、時には使用できなくなることがあります。また、影響が地上・地下に伝わることで、地磁気誘導電流が生じて、送電網が障害を受けることもあります。通信・測位の乱れが深刻になる分野として、航空運用があり、4ページの記事にありますように国際民間航空機関(ICAO)では正常運用に宇宙天気情報を利用する取り組みを2019年11月に開始しました。

ちなみに、情報通信研究機構では30年以上にもわたって、宇宙環境の変動を毎日予測し「宇宙天気予報」として発信しています。今後、宇宙利用はさらに拡大する傾向にありますので、宇宙天気予報の重要性はさらに増していくと考えられます。PSTEPでは次世代の宇宙天気予報を確立するために、太陽地球系科学の研究者と宇宙天気予報運用を支える技術者・研究者、そして宇宙天気ユーザーの間の協力体制を作ることで、予測技術を飛躍的に向上させる研究開発を実現してきました。



PSTEP Newsletter

No.15 Feb. 2020

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

発行日：2020年 1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）、大塚 雄一・海老原 祐輔・金子 岳史（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