



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.10 Sep.2018

INDEX

【研究報告】 GAIA を用いた赤道プラズマバブルの発生予測	pp.1-2
公募研究 (第 1 期) 成果報告②	pp.3-6
【会議報告】 PSTEP-3 国際シンポジウム開催報告	p.7
【会議報告】 第 6 回 宇宙天気ユーザー協議会	p.8
【会議報告】 JpGU-AGU「Space Weather, Space Climate, VarSIT」セッション	p.8
【PSTEP メンバー紹介】 岩井 一正 / 名古屋大学	p.9
【国際活動支援班活動報告: 派遣】 ラザフォード・アップルトン研究所での共同研究、 王立天文学会・ケンブリッジ大学所蔵写本の史料調査 / 早川 尚志	p.9
研究室紹介⑨ 京都大学生存圏研究所	p.10
Q&A 宇宙と地球のなぜ? どうして?	p.10

Project for
Solar-Terrestrial
Environment Prediction

GAIA を用いた赤道プラズマバブルの発生予測

地球大気の高さ約 80km から約 1000km までの領域は、中性大気（熱圏）の一部が太陽 X 線や紫外線、高エネルギー粒子などで電離されてできた荷電粒子（プラズマ）からなる電離圏が存在します。電離圏は電波を反射・屈折する性質があるため、古くから短波帯の電波を用いた通信や放送に利用されてきました。また、近年では衛星電波を利用した測位システムのほか、航空機や船舶の航法システムなどが実用化されています。しかし、電離圏は磁気嵐や中性大気の流れなどの影響を受けて大きく乱れる時があり、電波を利用したさまざまなシステムに影響を及ぼすことがあります。そのため宇宙天気予報においては、電離圏の状態のモニターとじょう乱の予測が重要課題の一つとなっています。

情報通信研究機構（NICT）では、電離圏現象の研究と予測を行うため、電離圏モデルと下層から超高層までを全て含む大気圏モデルを結合した「全大気圏—電離圏結合モデル GAIA（Ground-to-topside model of Atmosphere and Ionosphere for Aeronomy）」を開発してきました。GAIA は下層大気に実際の気象データを用いており、下層大気から伝搬してくる大気波動の影響も含めて電離圏の日々の変動を調べることができます。本研究では、

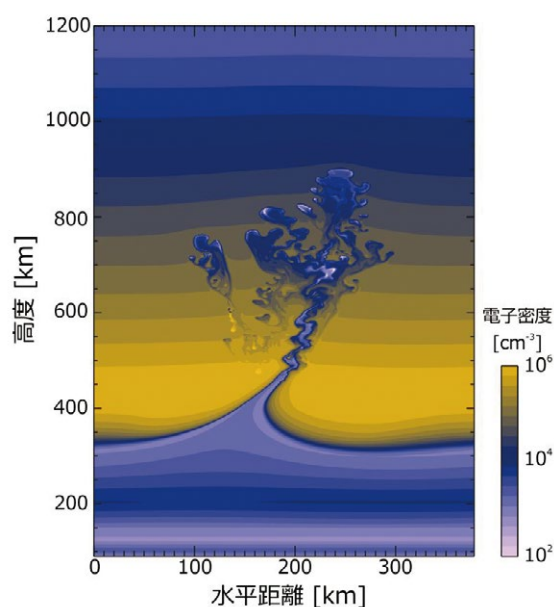


図 1: プラズマバブルの数値シミュレーション (Yokoyama et al., JGR, 2014 より)

PSTEP A03 地球電磁気班で進めている電離圏じょう乱予測に関する研究の一つとして、GAIA を使った赤道プラズマバブルの発生予測の研究を行いました。

赤道プラズマバブルは、赤道域の電離圏の電子密度が局所的に極端に低下する現象で、磁気赤道付近に現れ、発達すると電離圏を上昇しながら広がっていきます。大きく発達した場合には、測位衛星からの電波の位相や振幅を急激に変化させ、システムの障害を引き起こすことがあります。一般に最も発生しやすい時間は日没後で、特に太陽活動極大期の春分と秋分頃に最も頻繁に現れますが、日々の変動が大きく経度によっても現れ方が異なることが知られています。

その形成メカニズムは、電離圏プラズマ中のレイリー・テイラー（R-T）不安定性によると考えられています。通常の R-T 不安定は、鉛直下向きの重力に対して、密度の高い流体が密度の低い流体の上に乗っている時に起こりますが、電離圏プラズマは中性大気や電磁気的な力の影響を受けるため、不安定を引き起こす要因は鉛直方向の密度の違いだけでなく、熱圏の風やそれによって励起される電場、磁気圏から侵入してくる電場、極域や下層大気から伝搬してくる大気波動などがあります。最近ではこれらのプロセスを含めた局所的な高精度電離圏モデルを用いたシミュレーションによって、かなり現実的な構造が再現できるようになりました（図 1）。

しかし、グローバル電離圏モデルの中で、プラズマバブルを自然に発生させて、その発生のタイミングや構造を観測と合うように再現することは現在でも困難です。そのため、R-T 不安定の発生しやすさの指標である「線形成長率」を用いて、プラズマバブルの発生傾向を予測する手法が提案されています。R-T 不安定の線形成長率は数式で与えられているので、グローバルモデル中のパラメータを用いて計算することができます。米国やオーストラリアのグループではこの手法を用いた研究が始められており、最近の研究では、線形成

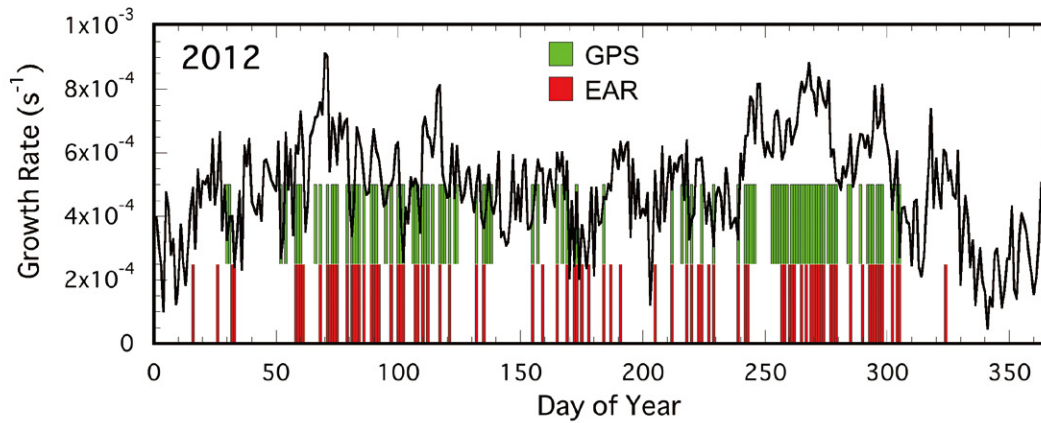


図 2: GAIA で求められたインドネシア・コタバン上空の電離圏における 2012 年の R-T 不安定の線形成長率 (黒の実線)。緑と赤の縦棒は、GPS (緑) と赤道大気レーダー (赤) によるプラズマバブル観測日を示す。

長率は電離圏の状態によって変化し、その値が増大した場合に赤道プラズマバブルが頻繁に発生する傾向があることがわかってきましたが、下層大気の影響を含めた研究はまだ行われていませんでした。我々のグループは、GAIA の長期シミュレーションデータベースを用いて、プラズマバブルの発生頻度が高かった 2011 年から 2013 年の期間について、各日毎に R-T 不安定の線形成長率の最大値を求め、観測データと比較しました。赤道プラズマバブルはレーダーや全地球測位システム (GPS) の電波などを使って検出することができますが、本研究では、インドネシア・コタバン (東経 100.32 度、南緯 0.2 度) にある赤道大気レーダー (EAR) 及び GPS の観測データから導出されたものを用いました。観測精度や観測方向の違いで、EAR と GPS で検出されたプラズマバブル発生日は異なる場合がありますが、少なくともどちらかで一方で観測された日を「プラズマバブルの発生日」としています。

図 2 は、2012 年の各日における GAIA から導出された線型成長率の最大値とプラズマバブルの発生日を示したものです。概ね線形成長率が高い日ほど、赤道プラズマバブルが発生しやすい傾向があります。ヒストグラムにしてみるとその関係がよりはっきりわかります (図 3)。今回の結果から、電離圏の R-T 不安定の線型成長率を用いることによって地上の天気予報のような発生確率の予報を行える可能性が見えてきました。ただし、この手法はプラズマバブルの発生予測情報を与えるもので、発生したプラズマバブルがどのくらいの規模まで発達するか、そして日本周辺の中緯度

地域にまで伝搬してくるかどうかなどについての情報は与えることができません。これに関しては、GAIA の中にプラズマバブルを再現できる高分解能電離圏モデルを含めるなどの研究を行っていく予定です。

(品川 裕之/情報通信研究機構)

この成果は、

Shinagawa, H., Y. Miyoshi, H. Jin, H. Fujiwara, T. Yokoyama, and Y. Otsuka (2018), Daily and seasonal variations in the linear growth rate of the Rayleigh-Taylor instability in the ionosphere obtained with GAIA, Progress in Earth and Planetary Science, 5:16 <https://doi.org/10.1186/s40645-018-0175-8>.

として出版されました。

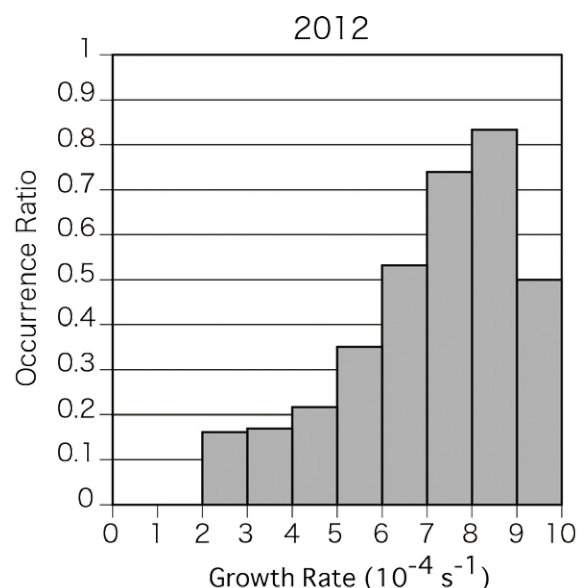


図 3: GAIA で求められた R-T 不安定の線形成長率とプラズマバブルが発生した日の割合の関係を示すヒストグラム。

黒田 友二 / 気象研究所

太陽活動の北大西洋域への影響について

太陽活動の 11 年周期変動の北大西洋域への影響を、最近の約 40 年分の気象観測データ (図 1)、194 年分のヨーロッパの観測所の気圧データ (図 2)、そして 160 年分の気象研究所の地球システムモデルを用いた過去再現実験結果を用いて解析しました。過去の研究では、太陽活動の 11 年周期変動への応答は、北大西洋振動 (NAO) と呼ばれるアイスランドとリベリア半島の 2 か所を中心とする地表面気圧変動のパターンとして現れ、太陽活動が強い冬季にアイスランドが低圧気味になり、リベリア半島側が高圧気味になる変動 (正の NAO 変動) を示すと考えられていました。今回は解析期間を延ばすと共に現実を再現したモデル結果との比較も行うことで太陽活動と NAO の関係についてより深く調べました。

解析の結果、太陽活動はまず 11 月ごろに亜熱帯上部成層圏に顕著な温度勾配を作り、それが東西風速の変動となり、極夜ジェット振動 (PJO) とよばれる対流圏=成層圏結合変動を通じて地表面へと伝搬し、正極の NAO を 2 月ごろに励起するという形で作用していることが分かりました。しかしこの関係性は同時に海洋による数十年変動の影響を強く受けるため、太陽活動ピーク年からの年が遅れば遅れるほど正の NAO の出現しやすい月の時期が早まってくる傾向にあること、NAO に対応する海洋変動の十年変動は太陽活動との相関が正また

は負で大きいときほどその振幅が大きくなること、太陽活動と NAO の関係性は 50 年スケールで不規則に揺らぐため、データ長を伸ばせば伸ばすほど統計的有意性が単調に高まっていくというような単純な関係では無いことなどが分かりました。

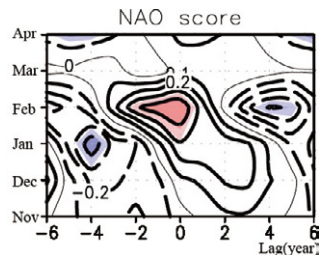


図 1: 最近の 40 年の観測データに基づく太陽活動に対する北大西洋振動指数の振幅 (等圧線) と有意性 (赤と青の影)。横軸は、太陽活動のピーク年からのずれ年で、NAO が正の年が太陽活動のピークに対して何年遅れたかを示します。赤と青の濃い影と薄い影はそれぞれ 95% 有意な領域と 90% 有意な領域を示します。

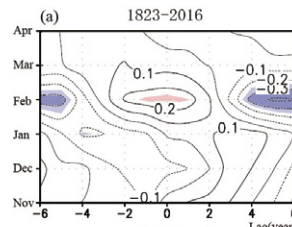


図 2: 図 1 と同じ、但し 194 年分のヨーロッパの観測所の気圧データに基づく。

堀田 英之 / 千葉大学

太陽対流層大規模数値計算を用いた平均場パラメタ推定の精密化

太陽対流層は、放射層からのエネルギー注入により乱流的な熱対流によって占められています。この熱対流によって、太陽で観測されるような差動回転が形成・維持されていると考えられています。最近のスーパーコンピュータの進展により、太陽対流層全体を包括するような熱対流の数値計算が可能になってきました。一方で、PSTEP で目指すような予測を可能にするためには、精密な数値計算というよりは、乱流をモデル化した平均場計算が必須です。そこで本研究では、精密な数値計算において乱流を計算し、そのモデル化を目指しました。磁場の生成に対する乱流のモデル化については、テスト場法 (test field method) という手法が有用であることが知られているのですが、差動回転が形成されるために必要な角運動量輸送の乱流効果をモデル化する方法はこれまでに知られていませんでした。そこで、本研究では新しく、乱流と平均場の時間発展を追うことで乱流の効果をモデル化する手法を提案しました。このようにすることで、磁場のあるとき・ないときについて、乱流効果をモデル化する手法を提案しました。

本研究では実際に、精密な数値計算を行い (図 1)、磁場のあるとき・ないときについて角運動量輸送の乱流効果がどのように変化するかを新しく開発した手法を用いて調査しまし

た。図 2 で緯度方向の角運動量輸送の乱流効果を示しています。磁場のないとき (左) に比べて、磁場のあるとき (右) は、高緯度でも赤道に向けて角運動量を輸送し続けていることがわかりました。今回、開発した手法を用いることで、太陽活動の予測計算に役立てていきたいと考えています。

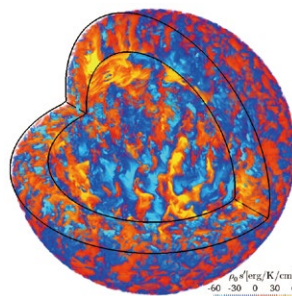


図 1: 乱流効果同定のための精密計算の図。エントロピーの擾乱を示しています。

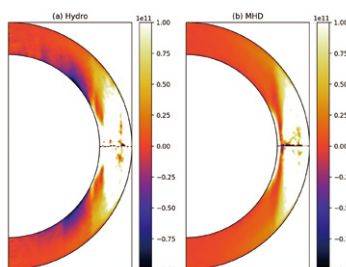


図 2: 緯度方向の角運動量輸送の乱流効果。磁場なし (左) と磁場あり (右) を示しています。

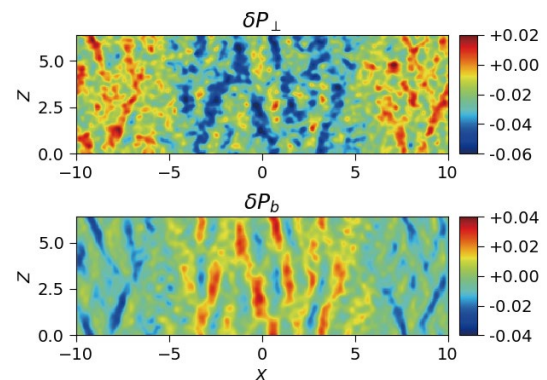
天野 孝伸 / 東京大学

大規模運動論的シミュレーションで解き明かす内部磁気圏の物理素過程

地球の内部磁気圏領域ではリングカレントと呼ばれる1-300keV 程度のエネルギーを持ったイオン（水素イオンや酸素イオン）がプラズマ圧を支えています。特に磁気嵐時にはリングカレントが発達し、その圧力が双極子磁場の圧力（磁気圧）と同程度にまで達することが知られています。磁気嵐時に見られる Storm time Pc5 と呼ばれる地磁気脈動の成因として、高圧になったリングカレントプラズマが励起する運動論的不安定性の可能性が古くから理論的に指摘されてきましたが、自己無撞着な数値シミュレーションによって再現された例はありません。理論的に提唱されている不安定性には電磁流体的なバレーニング不安定性と温度異方性が励起するミラー不安定性が関与し、更にはドリフト・バウンス共鳴効果による不安定化の効果も考えられています。

このように複雑な物理を自己無撞着に取り扱うために、本研究では電磁流体モデルにリングカレント粒子の運動論効果を組み込んだ新たな数値シミュレーションモデルを開発しました。図には開発したコードを用いて得られた温度異方性を起源として励起される不安定性の数値シミュレーションの一例を示しています。ここでは初期条件ではミラー不安定性に対して安定な条件を用いていますが、電磁サイクロトロン不安定性によるピッチ角散乱の結果として、変形した分布関数

がミラー不安定性を励起することが分かりました。実際に、ミラー不安定性に特徴的な磁気圧とプラズマ圧の負の相関が見られています。この例は圧力勾配のみを考えたモデルのため、バレーニング不安定性やドリフト・バウンス共鳴の効果は含まれていませんが、今後はより現実に近い初期条件・境界条件を用いた数値シミュレーションを行っていく予定です。



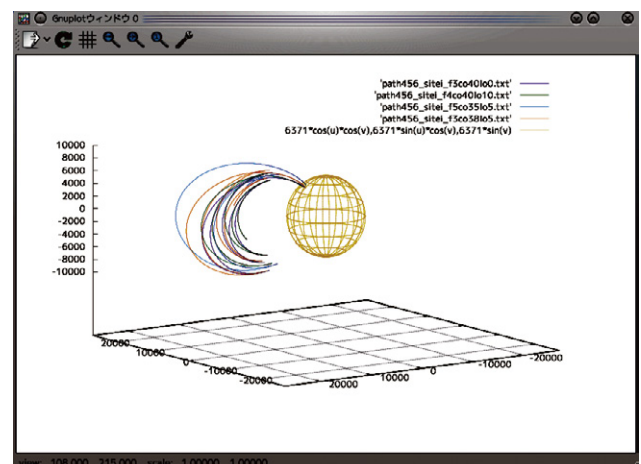
図：温度異方性が励起する不安定性の数値シミュレーション結果。非線形段階におけるプラズマ圧（上）と磁気圧（下）を表す。ミラー不安定性に対して安定な初期条件にも関わらず、非線形効果によって背景磁場（Z 方向）に対してほぼ垂直な波数を持ったミラー不安定性の構造が発展している。

笠原 禎也 / 金沢大学

プラズマ波動の伝搬特性を利用した地球磁気圏環境の解析システムの開発

科学衛星による「その場」観測は、地球周辺プラズマ（地球磁気圏）環境の直接計測に大変有用ですが、1 点観測であるため、プラズマ環境の時間・空間変化の識別や、グローバルな描像の把握には困難を伴います。本研究では、磁気圏を伝搬するプラズマ波の伝搬特性を活用し、疎な観測情報から磁気圏の全体像を掌握する技術の獲得を目指して、(1) 科学衛星で観測したプラズマ波の強度・屈折率・伝搬方向などの特徴パラメータを網羅的に求める解析ツールの整備、(2) 太陽や地磁気活動、ローカルタイムなどに依存して時々刻々と変化する磁気圏内のプラズマ密度分布や地球磁場構造を考慮して、波動の伝搬通路を理論計算するレイトレイシング法の開発を行いました。まず、あけぼの衛星による長期連続観測データから、GPS が普及する前に電波航法信号として地上局から送信されていた 10.2kHz のオメガ信号を自動抽出し、電離層・プラズマ圏における VLF 波の伝搬特性のローカルタイム・季節・太陽活動度などの依存性を明らかにしました。さらに 2016 年末に打上げられたあらせ衛星で観測したプラズマ波の伝搬パラメータを、網羅的に導出する方法を確立しました。一方、従来から我々が保有するレイトレイシングプログラムに、磁場モデルとして Tsyganenko model、プラズマ密度モデルとして Global core plasma model を導入し、

あらゆる飛翔領域におけるプラズマ波の伝搬通路を理論計算できるようにしました。科学衛星による波動の伝搬パラメータの実測値と、レイトレイシングによる伝搬通路に沿った理論値を照合することで、磁気圏内のプラズマ密度やイオン組成比のグローバルな分布、さらには放射線帯の生成・消失に寄与するとされる EMIC やコーラス等の波源分布が推定可能となり、「その場」観測から磁気圏全体の空間構造推定につながることを期待できます。



図：ホイッスル波の3次元レイトレイシング計算例。

木村 芳文 / 名古屋大学

太陽活動とその影響を明らかにする数理モデルの開発

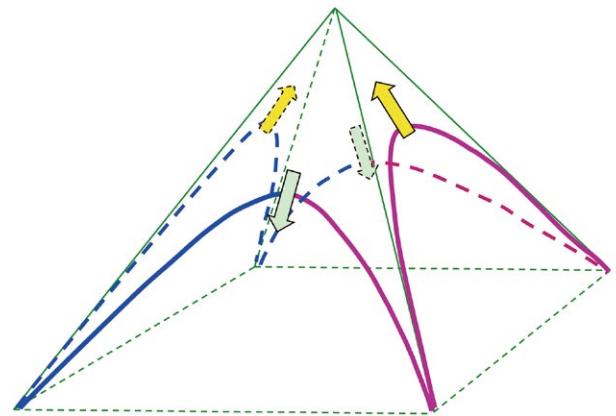
本研究期間においては特に渦と磁力線のリコネクションモデルについて考察を行いました。太陽フレアの発生には磁力線のリコネクションが大きな役割を果たしていることが知られています。一方、渦のリコネクションは乱流中の素過程として活発に研究が行われており磁力線と渦との類似性により、渦における知見が磁力線のリコネクションの理解に適用できることが期待されています。

渦リコネクションに関してケンブリッジ大学の H.K Moffatt 教授との共同研究での成果は次の2項目にまとめることができます。

(1) 3次元で8の字型の閉曲線を描く渦系の運動を Biot-Savart モデルを用いて解析しました。このモデルは渦糸を空間曲線で近似し Biot-Savart 積分によって渦上の速度場を求め、渦糸の位置を時間発展させるものです。この初期条件では有限時間で8の字の中心のクロスポイントが近づき、速度場が発散して特異点が出現します。Kimura & Moffatt は t を時間変数とし、その特異点を t_c とするとき t_c の近傍で渦糸の最小距離 d が $(t_c - t)^{1/2}$ という関数で0に近づくのに対し、最大速度 v と軸方向の渦伸張 σ がそれぞれ $(t_c - t)^{-1/2}$ 、そして軸方向の渦伸張 σ が $(t_c - t)^{-1}$ という関数でス

ケール発散することを示しました。

(2) 8の字型渦糸の特異点近傍の解析から2つの渦糸の形状に一对の双曲線の構造が現れることが観察されました。これに基づき、テントモデルを提唱してその解析を行い、渦近傍の変形速度場が Biot-Savart モデルと矛盾していないことを確かめることができました。



図：[テントモデル] 一对の双曲線状の渦糸（赤い実線と青い破線）がテントの相対する面に沿って近づき、頂点付近でリコネクションを起こして残りの2面に沿って遠ざかるモデルです。

三宅 洋平 / 神戸大学

地球電磁気環境じょう乱—衛星表面相互作用に基づく衛星帯電の数値モデリング

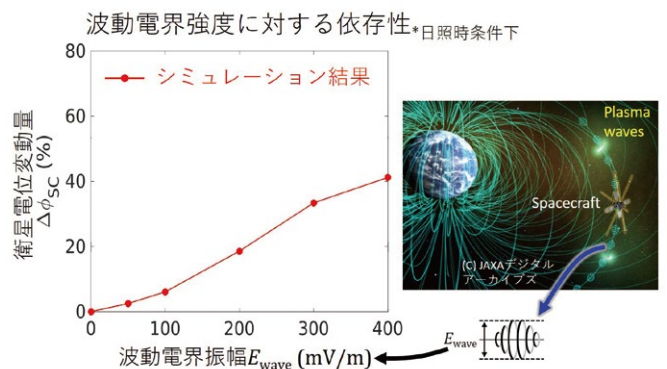
太陽地球圏環境に対する物理側面の理解を人間社会に結び付けるには、宇宙環境変動が人間の社会インフラに及ぼす影響を定量的に理解する必要があります。宇宙空間で運用されている人工衛星は、プラズマ荷電粒子を吸着することにより電気を帯びた（帯電した）状態にあり、宇宙環境変動の影響を真っ先に受ける存在と言えます。

本研究では、衛星障害の原因となりうる人工衛星帯電と、太陽活動によりダイナミックに変動するプラズマ環境の間の相関を数値シミュレーションにより明らかにし、太陽地球圏環境予報システムの開発に役立てます。粒子モデルのプラズマシミュレーションを用いて、衛星近傍プラズマ領域の過渡応答を含めて帯電現象を再現し、上述の課題に挑みます。

期間中に、宇宙空間に普遍的にみられるプラズマ波動の存在が衛星帯電現象に及ぼす影響を明らかにしました。従来の衛星帯電評価は、静的なプラズマ条件（密度や温度等）を入力としたものが主流であり、時間的に振動するプラズマ波動の存在は考慮されていませんでした。本研究において、地球の内部磁気圏で頻繁に観測されるコーラス波動の変動電場を取り込んだ粒子モデル帯電シミュレーションを実施した結果、図に示すようにプラズマ波動電界振幅に依存して衛星電位が最大で数 10% 上昇することを明らかにしました。また

この物理機構を調査したところ、衛星をとりまく非中性プラズマであるシース領域の非線形電流電圧特性が衛星電位上昇に関与していることを発見しました。

今後は、より幅広い宇宙電磁気圏じょう乱現象に関連した時間変動パラメータを取り入れた帯電モデル開発を計画しています。実際に衛星障害の危険性が高まる条件下での衛星帯電機構を明らかにし、より実用的な予報システム構築につなげていきたいと考えています。



図：時間変動する波動電界環境下での衛星帯電。

松本 倫明 / 法政大学

適合格子細分化法を用いた太陽圏磁場の動的モデルの構築

太陽活動は、日々の変動だけではなく、代表的な約 11 年周期、さらに複数の周期をまたぐ長周期の変動も重なって、変化しています。

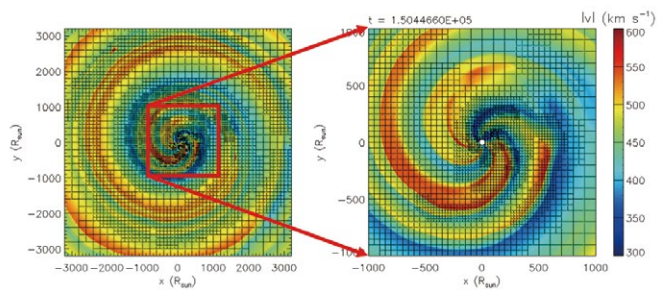
太陽活動の変化は、惑星間空間に吹き出す太陽風と磁場の構造に影響を与え、地球に到来する銀河宇宙線や地球磁気圏の状態といった地球環境に影響を与えます。太陽活動と地球環境の関係にはいくつかのパスが存在しますが、これらを調べるためには太陽圏の高精度なモデルが必要になります。本研究ではその第一歩として、AMR 法（適合格子細分化法）を用いた高精度太陽風モデルの構築に成功しました。

AMR 法は高い分解能が必要な箇所を局部的に細かい格子で覆い、それ以外の箇所を粗い格子で覆うことにより、実効的に高い解像度を得つつも少ない計算時間で効率的に計算する手法です。どの場所を細かい格子で覆うかという細分化条件が鍵になります。本研究ではいくつかの細分化条件を試し、経験的に密度が高いプラズマシートを細分化すると良いことがわかりました。この細分化条件を採用すると、太陽圏電流シートをよく分解します。太陽圏電流を高い解像度で分解することは、銀河宇宙線の伝播を計算する

上で重要なポイントです。

太陽風モデルでは、1 日毎に更新される GONG 太陽風磁場観測データをもとに、時間的に変動する現実的な太陽風を計算しています。図は、計算された 2017 年 3 月 1 日の太陽圏の赤道面断面です。色は太陽風の色を表しています。大小の格子は AMR 法のブロックを表し、格子が細かいほど高解像度になります。

今後この太陽圏モデルを銀河宇宙線の伝播のシミュレーションに応用することが計画されています。



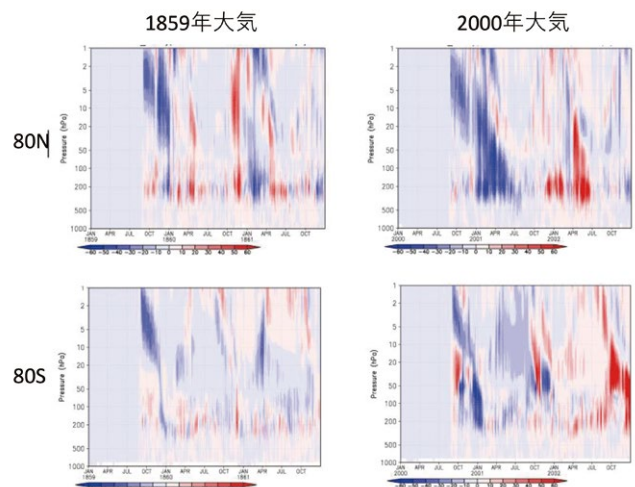
図：高精度太陽風モデルによって計算された 2017 年 3 月 1 日の太陽圏の様子。赤道面上の太陽風速度を表す。

秋吉 英治 / 国立環境研究所

化学気候モデルを用いた太陽プロトンイベントのオゾンと気候に及ぼす影響に関する研究

前年度には、2003 年に起こったハロウィーンイベントのイベント中・後の約 2 週間程度の期間について、オゾン層がプロトンイベントから受ける影響を、国立環境研究所の化学気候モデルを用いて計算し、The Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding (MIPAS) によって得られた観測データと比較し、良好な結果を得ました。これによってモデルの検証を行うことができました。今年度は、同じモデルを用いて 1859 年 9 月 1 日に起こった巨大太陽プロトンイベント（キャリントンイベント）のオゾンへの影響を調べました。1956 年のイベントによる影響を参考にして作成された、キャリントンイベントによって引き起こされる大気中のイオン化率のデータから、それによって生成される NO_x の量を推定し、それを化学気候モデルの両極域（北緯 60-90 度、南緯 60-90 度）にインプットして計算を行いました。2003 年のハロウィーンイベントと違って、当時の全球の気温や風のデータがありませんので、当時予想される二酸化炭素濃度、塩素化合物濃度、海面温度を設定した計算を行いました（左図上：北緯 80 度、左図下：南緯 80 度）。また、大気微量成分の違いによる影響の違いを調べるため、大気中の塩素濃度がピークに達した 2000 年の二酸化炭素濃度、塩素化合物濃度、海面温度を設定した計算も行いました（右図上：北緯

80 度、右図下：南緯 80 度）。特に、オゾン全量への寄与の大きい下部成層圏オゾンへの影響を調べたところ、塩素量が増加することによって、下部成層圏オゾンへの影響（オゾン減少）が拡大することがわかりました。また、別の実験からイベントによるオゾン、気温、風の変化が下部成層圏オゾンの減少を長期間にわたって拡大していることもわかりました。



図：オゾン混合比変化率 (%) の時間-高度分布。

会議報告

PSTEP-3 国際シンポジウム開催報告

2018年5月16日(水)～18日(金)に、情報通信研究機構小金井本部4号館2階大会議室において、第3回「太陽地球圏環境予測」国際シンポジウム(Project for Solar-Terrestrial Environment Prediction; PSTEP-3)が開催されました。今回の国際シンポジウムは3回目となり、主に電離圏・磁気圏研究及び宇宙天気現象の社会影響を中心テーマとして開催されました。

会合はNICT細川瑞彦理事の開催宣言および歓迎の辞で始まり、国内外から71名(外部外国人研究者15名)が出席するなか、口頭講演36件、ポスター講演13件が発表されました。特に事業者として、ロイズジャパンのイアン・ファーガソン社長が講演されたほか、三菱電機、NEC等民間企業の参加もあり活発な議論がなされました。

電離圏および電波伝搬のセッションでは、GAIAを始めとするモデル構築の現状とCOSMICやGNSS等の衛星を用いた観測等の先進的な研究成果の発表に加え、それらの結果を電波伝搬シミュレータに利用したリアルタイムシミュレーションの可能性が議論されました。また磁気圏放射線帯では人工衛星“あらせ”で得られた放射線帯情報を衛星帯電等のモデルに生かしていく議論がなされました。航空機被ばくの分野においては、日本が構築している被曝予測システムWASAVIESと欧州で開発しているAVIDOSの比較を行い、今後共同で検証していく可能性等が議論されました。地磁気誘導電流については、豪州および日本



講演の様子

についての電力網への影響について最新の成果が発表されました。

また、各国が宇宙天気災害についての国家戦略を構築する中で、PSTEPの枠組みの中で進めているハザードマップや電力網・人工衛星への定量的な影響について検討しました。さらに、今後の国際連携の一例として、11月にベルギーで開催されるEuropean Space Weather Weekに欧州の研究者と共同セッションを立ち上げるなどの検討がなされました。

今後PSTEPの成果を取りまとめるにあたり、国際展開をより活発にする足がかりのひとつとして成果を挙げることができました。外国人招聘等会議運営につきましては、特に名古屋大学宇宙地球環境研究所のスタッフの方々の多大なるサポートを頂きました。この場をお借りして御礼申し上げます。

(石井守/情報通信研究機構)



PSTEP-3 国際シンポジウム集合写真

会議報告

第6回 宇宙天気ユーザー協議会

2018年3月28日に、NICT大手町イノベーションセンターにおいて、第6回宇宙天気ユーザー協議会を開催しました。宇宙天気の情報を利用する事業者の方を中心に31名が参加し、主にPSTEP A01 予報システム班の活動を中心に現状と今後の展開について議論しました。特に今回はPSTEP開始から3年が過ぎ、サブグループで検討しているユーザー向けコンテンツが現実のものとして形作られてきた状況でもあり、そのインターフェース等も含めて活発な議論を行いました。

会合はA01班代表のNICT石井から開会挨拶と経緯の説明を行った後、1. ICAOの動向、2. 電波伝搬、3. GAIAの社会利用、4. 航空機被ばく、5. 電力網への影響、6. ハザードマップ、7. 電離圏トモグラフィ、8. テーラーメイド宇宙天気の各課題について現状報告を行いました。特に電波伝搬ではシミュレータおよびリアルタイム3次元電離圏モデルを組み合わせた電波利用への情報提供、航空機被ばくでは2018年度中のWeb上での情報提供が紹介され、利用者からも高い関心が寄せ

られました。またICAOの現状報告では、宇宙天気センター選定に関する現状が紹介され、情報提供開始が今年11月と間近に迫る状況から、主に航空関係から多くの質問が出されました。

最後に、NICT平所長からの挨拶をもって閉会となりました。実際に使える情報提供のために今後ますますユーザーとの議論が必要となると思いますので、活動を活発に行っていきたいと思えます。(石井 守 / 情報通信研究機構)



ユーザー協議会の様子

会議報告

JpGU-AGU「Space Weather, Space Climate, VarSITI」セッション

2018年5月22日と23日の2日間、JpGU2018において、Space Weather, Space Climate, VarSITI国際セッションを英語で、昨年同様AGUとの合同セッションとして開催しました。海外からの招待講演者の旅費の大半をPSTEPから支援して頂きました。22日午後と23日午後における合計24件の口頭発表と、23件のポスター発表に加え、23日朝には、2020年代の日本の宇宙天気研究と国際協力という題目で、パネル討論という形式を初めて試みました。司会者1名(Pulkkinen)とパネリスト4名(石井、塩川、片岡、Onsagar)によるそれぞれ10分程度の題材紹介の後に、約30分の参加者とのオープンな議論の時間を確保しましたが、参加者からの積極的な意見を引き出すことには失敗した感があります。学生からは、NASAやNOAAの研究者が、複雑な応用研究に



パネル討論の様子

関する国際協力をどうリードするかという実態を近くで見られて非常に興味深い、という感想があり、これは今後もパネル討論を試みる理由になるかもしれません。口頭発表では、経済学者による招待講演から雷活動の27日周期の発見まで、本セッションならではの特徴が出たものになりましたが、学生による口頭発表が過去最大の9件で、いずれも太陽物理の学生でした。いずれも優れた発表で驚きました。地球磁気圏の学生たちが、あらせ衛星の特別セッションで発表していたことを考慮すれば不自然ではありませんが、多様なトピックは本セッションの特徴でもあり、今回に刺激を受けた他の分野の学生の登場も楽しみにしています。

(片岡 龍峰 / 国立極地研究所)



パネル討論中の参加者からの質問

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。



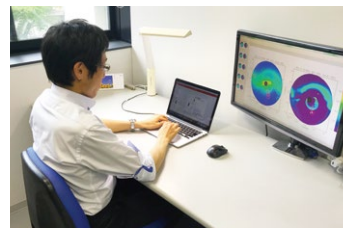
岩井 一正
Iwai Kazumasa

名古屋大学

- Q. 好きなアーティストは？
A. いきものがかり
Q. マイブームは？
A. 料理（希望）
Q. あなたの趣味は？
A. ドライブです。

今まで太陽物理学や電波天文学の分野で活動してきました。電波望遠鏡や電波観測機を開発したり、新しい観測手法や較正手法を考案したり、それらを用いて太陽から惑星間空間にかけての環境を遠隔探査することが主な研究内容です。現在は、名古屋大学宇宙地球環境研究所（ISEE）で太陽風を電波で観測しています。PSTEP では、サマースクールの校長をさせていただいたことが大きな思い出です。ご参加いただいた皆様、ご協力いただいた皆様には改めて御礼申し上げます。私自身、大変勉強になりました。

現在は PSTEP AO2 太陽嵐班の公募研究として、名古屋大学の電波望遠鏡による太陽風観測データを応用した、新しい太陽嵐の到来予報システムの開発を進めています。太陽風は希薄なため、それ自体が発する電波が観測されることはありませんが、太陽風の密度ゆらぎによって電波が散乱されます。そのため、遠くの天体から来る電波を観測していると、その手前を太陽嵐に伴う強い太陽風の擾乱が通過するときに電波が散乱される現象（惑星間空間シンチレーション：IPS）が観測されます。PSTEP で開発している予報システムでは、まず磁気流体シミュレーションを用いて様々な条件で惑星間空間を伝搬する太陽嵐を再現し、ここから地球で観測されるべき電波の散乱の程度を計算します。その計算結果を実際の電波観測結果と比較すれば、どの条件が正しいのか検証することができるのです。この検証をリアルタイムで行えば、太陽嵐の地球への到来予測を大幅に向上させることができると期待されています。



■ 研究中の様子（研究所：自室にて）



国際活動支援班活動報告 派遣

ラザフォード・アップルトン研究所での共同研究、
王立天文学会・ケンブリッジ大学所蔵写本の史料調査

早川 尚志
大阪大学



【派遣期間】2018年4月10日～5月14日【派遣先】London, Oxford, Cambridge

PSTEP AO4 周期活動班の研究の一環として、本国際活動支援班のサポートを受け、2018年4月10日～5月14日の間、英国オックスフォード近郊のラザフォード・アップルトン研究所に滞在し、歴史文献による太陽活動復元についての共同研究を行ないました。また、ロンドンの王立天文学会やケンブリッジ大学等の写本室も訪れ、17～19世紀の未公開の観測記録群の調査を行いました。

ラザフォード・アップルトン研究所では、David Willis 博士、Matthew Wild 博士、Chris Scott 博士などと共同研究を行い、東アジアの新出文献と英国所蔵の観測記録を組み合わせ、キャリントン・イベントの13年後の1872年の宇宙天気イベントの研究を行い、当イベントがオーロラオーバルの広がり方ではキャリントン・イベントに匹敵するものであったことを検証するなど、過去の宇宙天気イベントと宇宙気候の変遷の復元を進めつつあります。

また、王立天文学会とケンブリッジ大学図書館では17～19世紀の未公開の観測記録群の調査を行い、太陽活動極小期近辺での未報告の黒点やオーロラ、磁力観測についての記録の閲覧・複写を行いました。事前に所蔵目録を精査していたことにより、効率良い調査が行えた一方、依然多くの史料が未調査のまま残されていることも判明しました。今後もラザフォード・アップルトン研究所との共同研究を続けながら、未公開史料の精査を集中的に行い、より長期での太陽活動の復元の基礎にしていければと考えております。



オックスフォード大学図書館と科学史博物館

研究室紹介 ⑨

京大生存圏研究所

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。

京大生存圏研究所は京都府宇治市にあり、十円硬貨や一万円紙幣に描かれている平等院鳳凰堂や、日本の三禅宗の一つとされている黄檗宗の大本山萬福寺など歴史的建造物が点在しています。また、京都駅から最寄りの黄檗駅まで電車で約20分と交通の便にも恵まれています。

生存圏研究所は旧・木質科学研究所と旧・宙空電波科学センターが統合再編される形で平成16年に設立されました。現在、共同利用・共同研究拠点として文部科学省の認定を受けています。生存圏研究所の目標は、人間生活圏、森林圏、大気圏、宇宙圏など人類の生存に不可欠な空間を「生存圏」として捉え、それを学術的に正しく評価・理解し、持続的社会的基盤となる先進的科学技術を探求することです。

PSTEPでは主にA03地球電磁気班に参画し、地磁気誘導電流の測定やシミュレーションの開発、そして放射線帯変動



周辺の俯瞰図 ©google

に重要な役割を果たすと考えられている非線形波動粒子相互作用の理論・シミュレーション研究を行っています。大規模シミュレーションを実施する上で高

京都大学宇治キャンパス入り口



性能なスーパーコンピュータは欠かせません。平成5年、宇宙プラズマや宇宙電磁環境などの計算機実験による研究を推進するために京都大学電波科学計算機実験装置(KDK)が設置されました。現在のKDKは第6世代にあたり、総理論ピーク演算性能は約0.5ペタフロップス、総ディスク容量は約2ペタバイトに達しています。KDKは全国共同利用設備として全国の研究者に活用され、多くの成果が創出されています。

生存圏としての宇宙圏を正しく理解することはPSTEPが目指す所と同じです。KDKを活用した大規模な物理シミュレーションによって宇宙圏を正しく理解し、PSTEPの成功に貢献していきたいと考えています。

(海老原 祐輔/京都大学)



京都大学電波科学計算機実験装置(KDK) (京都大学学術情報メディアセンターと共同調達)

ザマース先生を囲んで



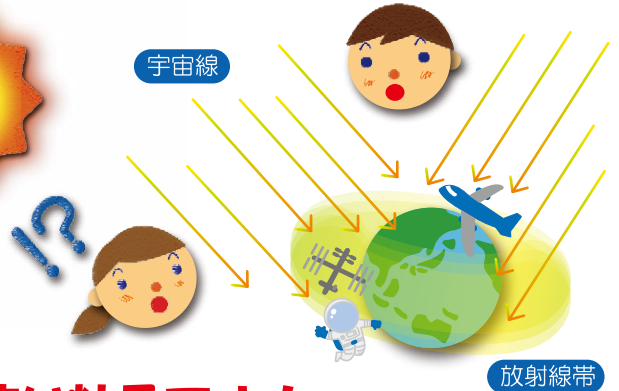
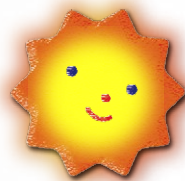
『宇宙と地球のなぜ? どうして?』



Q. 「宇宙放射線ってなに?」

A. 「宇宙を飛び交うとても速い粒子です!」

光に近い速さで飛び交っていて、宇宙飛行士や人工衛星に強い影響を与えます。中でも銀河や太陽からやってくる宇宙放射線は宇宙線と呼ばれ、とてもエネルギーが高いために地球の磁場や上層の大気をすり抜け、高い高さを飛んでいる航空機の乗員・乗客にも影響を与えます。一方、地球の磁場に捕まった宇宙放射線粒子の集まりを放射線帯と呼びます。放射線帯は1958年に発見され、地球を取り囲むドーナツのように分布していることがわかっています。放射線帯というドーナツは太陽風の速度が高まると強くなるという傾向はあるものの、必ずしもそうではない場合もあり、その変動は大きな謎となっています。放射線帯が強まる原因として、粒子が外から運ばれてきたという説と、もともと地球の近くにいた粒子が何らかの仕組みによって加速されてきたという説があり、よく分かっていません。人と社会に与える影響の大きさから、PSTEPでは宇宙放射線の理解と予測を重要テーマの一つに掲げています。2016年に打ち上げられた「あらせ」衛星で得られた観測データ、地上観測で得られたデータ、シミュレーションの結果などを組み合わせ、放射線帯変動の予測精度向上に向けた基礎研究が進められています。また、航空機の乗員・乗客や宇宙飛行士に対する宇宙線被ばく線量の予測を目指した研究も進められています。宇宙放射線は取り除くことはできませんが、その影響を上手に回避するための方法が模索されています。





PSTEP Newsletter No.10 Sep. 2018

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

発行日：2018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)、塩田 大幸・金子 岳史・中溝 葵(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 : inquiry@pstep.jp