



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.2 July 2016

INDEX

【研究成果】

磁気嵐の予測に向けた新しいコロナ質量放出シミュレーションの開発に成功 pp.1-2

【会議報告】

第3回 PSTEP 領域会議の報告 (湘南国際村センター) p.3

【会議報告】

第1回 宇宙天気ユーザー協議会 開催報告 p.4

【研究紹介】

平成28年度 新学術領域 PSTEP 『公募研究紹介』 pp.5-7

平成28年度 PSTEP 若手支援について p.8

NHK BSプレミアム コズミックフロント☆NEXT

『太陽の脅威 巨大フレア』に草野領域代表が出演 p.9

研究室紹介①『名古屋大学 宇宙地球環境研究所』 p.9

Q&A コーナー『宇宙と地球のなぜ? どうして?』 p.10

Project for
Solar-Terrestrial
Environment Prediction

磁気嵐の予測に向けた新しいコロナ質量放出シミュレーションの開発に成功

宇宙天気は、太陽から地球に到来した高速のプラズマの流れ「太陽風」の影響を受けて大きく変動します。特に、太陽風中に地磁気と逆向き（南向き）の強い磁場が含まれ、地球がその磁場に包まれると、地球の磁場（地磁気）と宇宙の環境（宇宙天気）が大きく乱される「磁気嵐」が発生します。これは、太陽風が吹き付ける地球の前面で太陽風の南向き磁場と地磁気の北向きの磁場が接することで、磁力線のつなぎ替えが発生し、太陽風のプラズマが磁気圏の中に入ってくるができるためです（図1）。つまり、いつでもどの規模で太陽風の南向きの磁場が地球に向かって到来するのかを正確に予測することが、磁気嵐の予報にとって必要不可欠な情報なのです。

では、太陽風の状態はどこで決まるのでしょうか。太陽の周囲には太陽コロナと呼ばれる100万度を超える大気が存在しています。その上空で開いた磁力線に沿ってプラズマが外部に向けて常に流出している流れが「太陽風」です。太陽風は、太陽の複雑な磁場構造を反映した分布を持っており、太陽が自転することで、地球に到来する太陽風が刻一刻と変動します。太陽の自転によって太陽風の持つ磁場はスプリングローのように自転と反対方向になびいたスパイラル状の形を持ちます。つまり、太陽風の磁場は、普段は主に東西方向を向いてお

り、磁気嵐を引き起こす南向きの磁場は、太陽風中にさらに大量のプラズマの塊が放出される現象「コロナ質量放出 (Coronal mass ejection, CME)」によってもたらされます。

太陽の黒点周辺の磁場が強い領域では、コロナ中の磁気エネルギーが突発的に解放される爆発現象「太陽フレア」が発生します。太陽フレアにともなって、大量のプラズマとともに大量の磁場（磁束）が惑星間空間へと放出されます。これをCMEと呼びます。CME内部の磁場構造は、ねじれて複雑になっていることが観測されています。さまざまな方向を向いた磁場の一部が南を向いていて、その部分が地球を通過したときに磁気嵐を引き起こすのです。

近年の宇宙天気予報では、太陽風とCMEの影響を観測データに基づいて数値シミュレーションを行い、磁気嵐の発生の開始時刻を予測する試みが米国を中心に行われています。しかし、従来のシミュレーションでは、CMEにおける「プラズマの流れ」は考慮されていましたが、磁場は考慮されていませんでした。そのため、地球に衝突する強い南向き磁場を早い段階で予測することは困難でありました。このことが、磁気嵐の正確な予報を阻害する要因となっていました。

私たちは、太陽表面の磁場の分布と実際に発

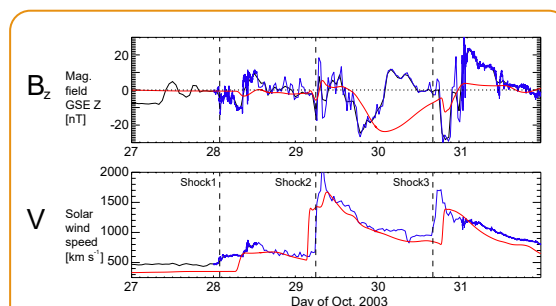
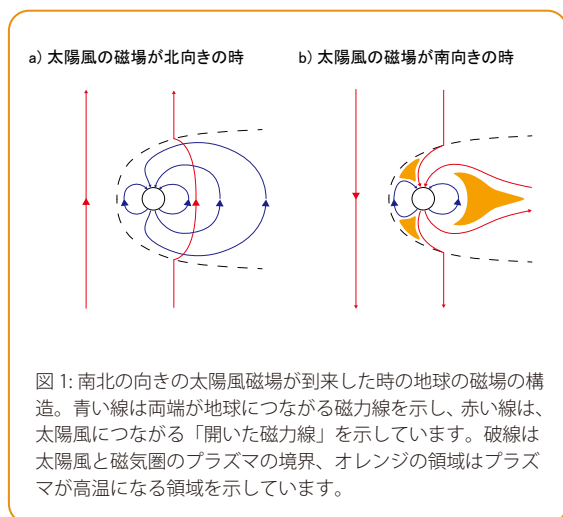


図2: 2003年10月27日～31日の地球の位置に到来した太陽風（太陽嵐）の磁場の南北成分と速度の時間変動のグラフ。青・黒の曲線が実際に探査機で観測されたデータを示し、赤色が数値シミュレーションで再現されたデータを示しています。太陽嵐による高速のプラズマの流れとともに、その後続く強い南向きの磁場が到来する過程が再現されています。

生した太陽フレアと CME の観測データをモデルに取りこむことにより、太陽から地球に向けて運ばれる磁場の強さと構造を磁気流体力学方程式と呼ばれる理論式に基づいてコンピュータで再現するシミュレーションを開発しました。さらに、この磁気流体力学シミュレーションにより、2003年10月末に発生した地球に向かう巨大 CME の再現実験を行い、この CME に伴って南向きの強い磁場が地球に到来する過程を再現することに成功しました(図2、図3)。

図2は、2003年10月27日-31日の期間に、地球の位置で実際に観測された太陽風の速度と磁場の南北成分の時間変動を示したグラフです。このグラフは、シミュレーションによって再現された結果を赤線で重ねてあります。3本の破線(Shock1~Shock3)は、CMEの前面にできる衝撃波(流れと磁場の不連続面)が通過した時刻を示しています。Shock2を伴う CME は、「ハロウィーン磁気嵐」と呼ばれる大きな磁気嵐を引き起こしました。この衝撃波の通過によって地磁気の擾乱が始まり、その後、10月29日の午後に到来する南向きの強い磁場によって、激しい磁気嵐を引き起こしました。従来のシミュレーションは衝撃波の再現だけが行われてきましたが、本研究では衝撃波の到来

[出版論文]

Shiota, D. and R. Kataoka (2016), Magnetohydrodynamic simulation of interplanetary propagation of multiple coronal mass ejections with internal magnetic flux rope (SUSANOO-CME), Space Weather, 14, 56-75, DOI:10.1002/2015SW001308

時刻を 2 時間半の誤差で再現するだけでなく、29 日から 30 日にかけて到来する南向きの強い磁場を再現することにも成功しました。

ちょうどこの強い南向き磁場が地球を通過している時刻(10月30日0:00UT)の惑星間空間の様子について可視化したものが図3です。南を向いている CME 内部の複雑な磁場構造部分が地球に到達していることが確認でき、この数値シミュレーションが磁気嵐を引き起こす南向き磁場の到来の過程を正しく再現していることがわかります。さらに、このシミュレーションの解析によって、複数の CME が連続して発生した場合、それらが互いに影響し合うことで、結果として磁場が複雑に変動し地球に到来する磁場の向きが決定づけられることが明らかにされました。

現在、名古屋大学宇宙地球環境研究所では、全自動実証型宇宙天気統合システム「SUSANOO (Space weather forecast Usable System Anchored by Numerical Operations and Observations) (スサノオ)」の実験的運用を行っています。今回の成果を SUSANOO に実装することで、より精度と信頼性の高い予測システムの開発を計画しています。

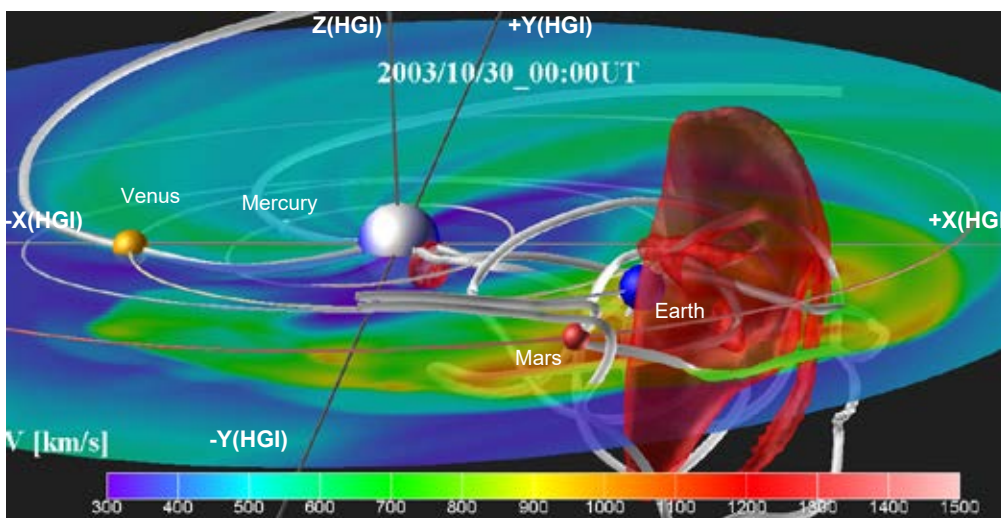


図3: 2003年10月28日に発生した巨大太陽嵐(コロナ質量放出)が地球周辺を通過したときの磁力線と速度場の3次元描像。背景の色は速度分布を表しています。コロナ質量放出の前面の衝撃波に伴う高速のプラズマの流れ(秒速1200km)の領域が、赤い曲面で3次元的に描画されています。座標の原点に太陽があり、色のついた球体は、この日時の惑星の位置を示しています。惑星の周囲につながる磁力線を白いチューブで示しています。

第3回 PSTEP 領域会議の報告

2016年3月4日～5日、神奈川県葉山にある湘南国際村センターにおいて、1泊2日の泊まり込みで第3回 PSTEP 領域会議が開催されました。参加者は総勢で39名にのぼり、朝から晩まで今年度の本領域で得られた成果及び来年度の計画に関して活発な議論をおこないました。



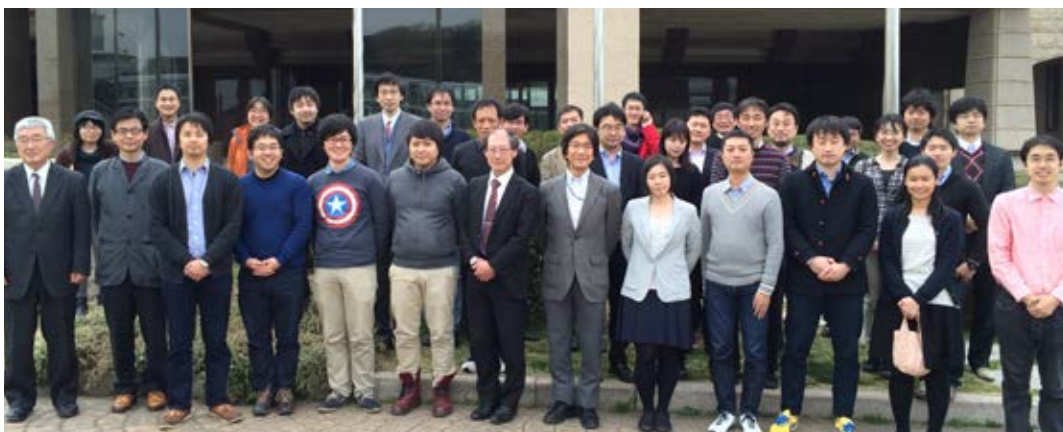
草野領域代表による領域全体の計画について及び総括班活動の報告に始まり、各計画研究の代表者による進行の下、A01予報システム班、A02太陽嵐班、A03地球電磁気班、A04周期活動班の今年度の報告及び来年度の計画についての発表が続きました。また、各班の間での連携、さらには国際連携計画まで密に議論しました。

今回の領域会議には PSTEP 領域評価担当の

先生や学術調査官の先生にも参加いただき、来年度に向け様々な視点から重要なご意見をいただきました。また、PSTEPの一つの独自の試みである「若手研究支援」の成果報告もおこないました。太陽地球圏環境予測研究の発展が期待できる非常に素晴らしい報告の数々でした。

今回の領域会議は、それぞれのグループによる活動・成果を報告するだけでなく、今年度わかった問題点及び改善すべき点を明確にし、平成28年度の計画を皆で議論する事を目的とした会議です。今回の会議により、明らかとなった研究計画の課題、またその解決策についての議論は、今後のPSTEPの計画の遂行にとって極めて重要です。

(今田 晋亮 / 名古屋大学)



「第3回 PSTEP 領域会議」参加者の集合写真

会議報告

第1回宇宙天気ユーザー協議会 開催報告

情報通信研究機構（NICT）宇宙環境研究室は、2016年2月5日（金）にNICT麹町オフィスにおいて、第1回宇宙天気ユーザー協議会を開催しました。

NICTでは2005年から10年以上にわたり、宇宙天気ユーザーズフォーラムを開催し利用者との交流を深め、宇宙天気情報の正しい利用方法をユーザーにレクチャーするとともにそのニーズの把握に取り組んできました。

2015年に新学術領域研究「太陽地球圏環境予測」（PSTEP）が採択され、宇宙天気に関する学術研究成果を実利用展開と結び付ける双方向システムの構築が本格的にスタートし、そのインタフェースを主にNICTが担うことになりました。

この流れを受け、利用者の中でも宇宙天気情報利用に関心の高い方々にお声掛けし、ニーズ調査および今後作成されるプロダクトの試用によるフィードバックを目的として、宇宙天気ユーザーズフォーラムのコアメンバーを中心に、新たに宇宙天気ユーザー協議会を発足させたところ です。

当日は気象庁等中央省庁、JAXA・電子航法研究所等研究機関、ANA、JAL等航空会社をはじめとする民間企業などから計27名が参加しました。

会議においては、まず当室石井室長より協議会設立に向けた趣旨や宇宙天気をめぐる国内・国際動向の説明、協議会メンバーに期待する要件の説明を行った後、フリーディスカッションを行いました。参加者からは本協議会の趣旨に賛同頂くとともに、今後の進め方を中心に多くの意見を賜りました。

今後は電波利用・衛星保全・電力・人体被ばくなど、今後PSTEPの活動の中で整備されていくプロダクトを中心としたサブグループを立ち上げ、その試用から生まれるニーズのフィードバックを初めとした深い議論を展開していく予定です。

（石井 守 /
情報通信研究機構 宇宙環境研究室）



第1回宇宙天気ユーザー協議会の様子

平成 28 年度 新学術領域 PSTEP『公募研究紹介』

本領域の第 1 期公募研究（平成 28～29 年度）として
17 件の課題が採択され、研究が開始されました。

齊藤 昭則 『電離圏擾乱が衛星搭載合成開口レーダー観測へ
AO1(京都大学) 与える影響の評価と補正』

高度 100km-1,000km に広がる電離圏では、太陽活動の変動と下層大気の変動を受け、さまざまな変動が発生しています。中でも比較的長時間スケールの短い変動は突発的で、急激なプラズマ密度の変動を伴うことから電離圏擾乱と呼ばれています。電離圏擾乱は電離圏を通過する電波伝搬に影響を与え、群速度の遅延や、電波の干渉による信号強度や位相の乱れを生じさせています。このような「宇宙天気現象」の通信・放送・測位等の電波インフラへの影響は深刻なもので、その影響のひとつに人工衛星搭載の合成開口レーダー (SAR: Synthetic Aperture Radar) 観測への影響があります。本研究では、電離圏観測データと衛星搭載 SAR 観測データとの比較を行い、衛星搭載 SAR 観測に対する電離圏擾乱影響の評価指数を作成します。また、そのような影響を補正するための手法の試行も行います。防災の面においても重要なインフラである衛星搭載 SAR に対して宇宙天気現象が与える影響を評価・軽減することができるという点で、本新領域研究の目指す太陽地球圏変動に対応する社会基盤の形成に寄与することを目指します。

保田 浩志 『太陽地球圏における宇宙線被ばくに関する
AO1(広島大学) リアルタイムデータの提供』

本研究では、研究項目 A01「次世代宇宙天気予報のための双方向システムの開発」の一環として、太陽フレアの発生に伴う太陽地球圏内における高エネルギー粒子 (SEP) の増加を迅速に検知・解析し、できるだけ早期の段階で航空機高度や宇宙ステーション内での被ばく線量率の上昇を定量化するためのプログラムの構築に取り組みます。具体的には、極域における中性子強度および衛星高度での太陽粒子強度の 5 分毎の観測データをリアルタイムに取得・解析し、地上における宇宙線強度の急激な上昇 (GLE) を検知してから数時間内に、太陽地球圏 (大気圏内を含む) の任意の地点での被ばく線量率の変動を予測し共有できるようにします。その情報をフライトスケジュールの変更などに迅速に反映できれば、SEP に因る被ばく線量を効果的に低減することができます。

阿南 徹 『コロナ磁場モデリングに
AO2(京都大学) 最適なスペクトル線の選定』

太陽地球圏環境を変動させる太陽フレアやコロナ質量放出は、太陽コロナに蓄積された磁気エネルギーの解放であると解釈されています。太陽コロナの磁場を直接測定することは困難なので、これまでは測定し易い太陽表面「光球」の磁場から外挿してきました。一方近年では、光球とコロナの間にある彩層の磁場が測定できるようになってきました。そこで本研究では光球、光球上層、彩層、彩層上層の磁場に感度がある複数のスペクトル線を同時に偏光分光観測できる装置を京都大

学飛騨天文台のドームレス太陽望遠鏡に開発します。そして、測定された偏光分光データから各大気層の磁場ベクトルマップを導出します。それらを用いてコロナの磁場を外挿しコロナの磁力線を表すと考えられている構造と比較することで、どのスペクトル線が太陽コロナの磁場の外挿に適しているか明らかにします。

渡邊 恭子 『太陽フレア多波長スペクトルモデルの構築』
AO2(防衛大学校)

太陽フレア現象は、太陽地球圏環境に影響をもたらす根源の現象です。現在、太陽フレアの X 線の強度を指標としていますが、この軟 X 線強度と太陽地球圏環境の変動度はあまり比例していません。どのような特徴を持つ太陽フレアが発生すると地球まで影響するのか、その特徴を見積もるために、本研究ではまず、太陽フレアが多波長スペクトルを観測データから経験的に導出します。軟 X 線強度やその放射の継続時間、フレア領域の大きさとその位置などを太陽フレアの基本パラメータとして、電波から硬 X 線・ガンマ線までの電磁波だけでなく、高エネルギー粒子のスペクトルについても統計的な解析を行う予定です。また、観測結果より導出される太陽フレア放射モデルをもとに、これを説明可能な数値計算モデルも構築します。

以上から得られる観測モデルと計算モデルの両者を比較することによって、現実的な太陽フレア放射モデルの構築を目指します。これによって、GOES クラスとその継続時間などの太陽フレアの基本パラメータを入力値として、地球に降り注ぐ電磁波と高エネルギー粒子のスペクトルが、スペクトル観測なしで推定することが可能になります。

津田 卓雄 『電離圏擾乱予測に資する金属イオン・原子層
AO3(電気通信大学) の動態研究: 高エネルギー粒子に対する応答』

スプラディック E (Es) 層は、短波を利用した通信や放送に影響を及ぼすことから社会貢献の観点においても重要度の高い電離圏擾乱現象であり、動態の解明や予測が求められています。本研究では、Es 層の主成分イオンを構成する金属イオンの動態、及び金属イオンの予備軍である金属原子の動態に焦点をあて、人工衛星データを用いて、高エネルギー粒子に対する金属イオン・金属原子層の動態をあきらかにしていきます。更に、化学的考察から多種の金属イオン層の応答推定を展開し、高エネルギー粒子に対する金属イオン層の動態変化を探っていく予定です。これらの研究を通じ、AO3 班と連携しながら、Es 層などの電離圏擾乱の動態解明や予測研究に資することを目指していきたいと考えています。

長谷川 精 『湖成年縞から探る白亜紀の太陽活動周期と
AO4(名古屋大学) 十年規模気候変動』

地球の気候変動が太陽活動の変化に相関していることは広く知られていますが、その両者をつなぐメカニズムや、過去の地球においてもそれらがリンクしていたかどうかは良くわかっていません。本研究では、年縞の存在が確認されたモンゴルの湖成層 (シネフダグ層) を対象とし、白亜紀 (約 1 億 2 千万年前) における年～十年スケールの気候変動の復元を試みています。シネフダグ層の年縞は、春～夏の藻類起源有機物層と秋～冬の碎屑物層からなり、季節変動の情報も記録していると期待されます。そこで、この年縞記録に対して、蛍光

顕微鏡を用いた画像解析と、走査型電子顕微鏡と X 線分析装置を用いた微小領域化学分析を行うことにより、白亜紀における季節変動や年スケール気候変動の復元を進めています。そして、白亜紀という 1 億年前においても、太陽活動と地球の気候変動が関係していたという証拠が見られるかどうかを実証的に解明することを試みています。

藤原 均 『中間圏・下部熱圏H₂O・HOx
AO4(成蹊大学) 光化学モデルの開発研究』

中間圏・下部熱圏におけるH₂O(水蒸気)、HOxの時空間変動を再現・推定可能な数値モデルの開発を目的とする。中間圏・熱圏でのH₂OやHOxは、上層大気の大気寒冷化の結果生じている夜光雲や中間圏・上部成層圏でのオゾン破壊とも深く関係する大気成分であり、観測、モデリング研究の両方を進める必要がある。本研究では、特に我が国では実施されてこなかったモデリング研究をスタートさせ、既存の大気大循環モデル(GCM)に組み込むことにより、気候変動や太陽活動変化によって生じるH₂OやHOx変動の推定を試みる。

これまでに当研究グループによって、中間圏・熱圏・電離圏領域での大気変動を調べるために、全大気領域と電離圏領域を包含する3次元モデル(Ground-to-topside model of Atmosphere and Ionosphere for Aeronomy: GAIA)が開発されてきた。このモデルは、下層大気の影響による中間圏・熱圏・電離圏変動などを良く再現し、変動の物理機構の解明に極めて有効であることが確認されている。本研究では、GAIAに組み込むための化学モデル(H₂O、HOxモデル)を開発し、太陽活動変化や高エネルギー粒子の降り込みがあった際のH₂O、HOx変動を調べる計画である。地球温暖化などの結果として現れる上層大気変動の理解に加え、太陽活動変化等による地球環境変動の理解を深めたいと考えている。

黒田 友二 『太陽活動が海洋変動と気候に
AO4(気象庁気象研究所) 与える影響の解明』

本研究課題では、観測された海洋および気象データと、計算機上で太陽黒点周期変動として想定される太陽放射等の変動で駆動した地球大気海洋を模した地球システムモデルとよばれる数値モデルを用いて、太陽活動が海洋変動を作り出すメカニズム及びそれと気候変動との関係を明らかにすることを目的としている。研究にあたっては、名古屋大学宇宙地球環境研究所客員教授の小寺邦彦氏らと連携し、主に以下のテーマについて研究を行う。

- 1、観測データの解析: 気象庁等で収集された水深700mまでの海洋水温と塩分データを気象場の再解析データと組み合わせることで解析することにより、太陽活動に同期した海洋および大気の変動を抽出する。
- 2、地球システムモデルの実行と解析: 太陽活動の変動に伴う放射変動等を外力とした気象研究所地球システムモデルの長期積分を実行し、モデル中に現れた海洋および大気の変動を観測と比較しながら解析する。

堀田 英之 『太陽対流層大規模数値計算を用いた
BO1(千葉大学) 平均場パラメータ推定の精密』

太陽活動の5年前予想を目指して、PSTEPのAO4計画研究では、平均場モデルや表面磁束輸送モデルを用いたアプローチを行っている。これらは、計算が簡単でかつ容易に観測データと数値計算を融合できる反面、乱

流に関するパラメータについては、大きな仮定をしなければならず、そこが予測やマウンダー極小期のような極端な状況下を考えるときの問題となってしまう。本公募研究では太陽内部の熱対流の直接計算により、ほとんど仮定なく計画研究に必要な乱流パラメータを導出することを目的とする。本研究で特に見積もりをするのは角運動量輸送のパラメータである。これまでに磁場については、テスト場法と呼ばれる方法で磁場生成の乱流パラメータを見積もることが確立しているが、角運動量輸送については、まだ上手い方法がない。本研究では、テスト場法を角運動量輸送にも拡張することで、直接計算からパラメータを求める。また、我々のチームでは、これまでに世界最大解像度の計算を実行しており、これまで無視されていた乱流的磁場のエネルギーが運動エネルギーと同程度になっている。そのため、磁場生成の乱流パラメータについても高解像度化での見積もりを再度行う必要があると考えている。

天野 孝伸 『大規模運動論的シミュレーションで解き明かす
BO1(東京大学) 内部磁気圏の物理素過程』

宇宙環境の変動予測に重要な地球内部磁気圏の数値シミュレーションモデルの開発・整備は世界的にも大きな課題となっています。内部磁気圏領域でプラズマ圧力の大部分を担う高エネルギーの環電流粒子のダイナミクスを記述するには運動論的取り扱いが必須であると同時に、背景プラズマ・電磁場との自己無撞着な結合をモデル化する必要がありますが、既存の数値手法では取り扱うことが困難でした。本研究では背景の冷たいイオン・電子を流体とし、高エネルギーの環電流粒子を運動論的粒子として扱う新しい数値手法を用いた大規模数値シミュレーションによって、内部磁気圏物理の素過程を明らかにします。大規模磁気嵐を引き起こす主要因である環電流粒子のダイナミクスを理解し、それによって引き起こされる磁気流体波動や巨視的な磁場変動、更にはそれらに伴う放射線帯電子の加速や輸送過程に迫ることが本研究の大きな目的です。

笠原 禎也 『プラズマ波動の伝搬特性を利用した
BO1(金沢大学) 地球磁気圏環境の解析システムの開発』

本研究では、地球磁気圏内を伝搬するプラズマ波動の特性を利用して、科学衛星による in situ の観測データから地球磁気圏プラズマ環境の全体像を推定する技術開発に取り組みます。そのために、ELF/VLF帯のプラズマ波の伝搬ベクトルやポインティングフラックスを衛星観測データから精度よく推定し、得られた伝搬パラメータと矛盾しない磁気圏内のプラズマ空間分布や波動の波源分布を同定する方法を確立します。これらの解析手法はいずれも少ない観測データ(結果)から原因を推定する「逆問題」と呼ばれますが、我々は(1)「波動分布関数法」を用いた波動の伝搬パラメータ推定、(2)波動の伝搬路を理論的に求めるレイ 트레이シングを駆使することで、これらの問題に取り組んでいきたいと考えております。

堀 久美子 『回転磁気流体波動に注目した
BO1(名古屋大学) 太陽周期活動の多様性の究明』

太陽磁場における多様な時間変動は、太陽内部の対流層の物理状態を反映している可能性がある。本公募研究では、太陽磁場(特にグローバル構造)における時間変動の精査とそのデータ解釈にむけた基礎理論の構築とを目指す。注目するのは、11年周期の他に優位な周期性の有

無、その空間構造、そして、その周期性と対流層内部ダイナミクスとの関連である。対流層内部、特に、その深部に位置するタコライン層で励起される波動が、多様な磁場変動を生成している可能性が指摘されている。もし波動による寄与が確認できた場合には、その伝播速度と理論分散関係式を用いることで、対流層内の物理量を推定することも原理的には可能である。直接観測することができない太陽内部物理量の推定は、太陽ダイナモモデルにとって重要な制約を与えるため、新学術領域が目指す次期太陽周期の活動予測や太陽地球圏環境の長期予測への貢献が期待できる。

本公募研究は、地球内部物理学などの他分野で蓄積されてきた手法や知見を太陽内部物理学に適用可能かどうか検討しながら進めていく予定である。

木村 芳文 『太陽活動から地球環境への影響予測のためのBO1(名古屋大学)の数理モデル』

本研究課題は太陽活動の周期性 / 間欠性における数理的構造とそこに存在するメカニズムを解明し、それらが地球環境に及ぼす影響を数理モデルの構築によって理解し、予兆を察知し正確な予測に寄与することを目的としています。研究にあたっては、名古屋大学多元数理科学研究科の大平 徹教授と藤江双葉准教授と連携し、以下の2つのテーマについて研究を行います。

[a] 太陽活動における非線形現象の考察とモデルの構築:
(1) 渦と磁力線のリコネクションモデル、(2) 地球双極子磁場の摂動モデル

[b] 太陽活動の地球環境への影響を示すための指標の考察:
(1) 電力通信ネットワークのもつ脆弱性の指標のグラフ理論に基づく開発、(2) グラフダイナミカルシステムによるネットワークの過渡的現象

三宅 洋平 『地球電磁気環境じょう乱—衛星表面相互作用BO1(神戸大学)に基づく衛星帯電の数値モデリング』

本研究では、衛星障害の原因となりうる衛星帯電現象と、太陽活動度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解析により明らかにし、太陽地球圏環境予報システムの開発に役立てます。特に粒子モデルの大規模プラズマシミュレーションを用いて、衛星帯電現象をプラズマ—固体表面相互作用の過渡応答を含めて正確に再現することを目指します。これにより、従来の帯電解析ソフトウェアではカバーされなかった、プラズマシース、航跡、電位障壁など衛星表面近郷環境中での荷電粒子加減速プロセスや、プラズマ波動現象の効果を含めた、より高精度な帯電予測が可能になります。

このような試みは、地球電磁気環境変動の詳細な物理描像と、人工衛星システムという社会インフラとの間の関わりを、経験則に頼らずシステムティックに評価できるようにするという点で大きな意義があります。

松本 倫明 『適合格子細分化法を用いたBO1(法政大学)太陽圏磁場の動的モデルの構築』

この研究はMHDシミュレーションにもとづいて、太陽圏の数値モデルを構築することを目的としています。この研究の特色は、MHDシミュレーションに適合格子細分化法(AMR法)を採用することです。AMR法を用いることにより、分解能が必要な太陽圏の内側と電流シートを選択的に高解像で分解し、全体として高精度な数値シミュ

レーションを実現すると考えています。AMR法を用いた太陽圏のシミュレーションは米国が先行していますが、国内ではまだ未着手なので、この研究の推進が急務です。

この太陽圏の数値モデルは、現在の太陽圏を再現するだけでなく、マウンダー極小期をはじめとするグランドミニマムにおける太陽圏も再現することも目標としています。グランドミニマムは太陽活動の静穏期で、地球の気候が寒冷であった小氷期と関係があると言われていいます。太陽圏と気候変動との関係には、銀河宇宙線が介在すると指摘されていますが、物理過程はよくわかっていません。太陽圏内の環境変化に呼応して銀河宇宙線がどのように変調するかという問題も視野にいれてこの研究を進めています。

秋吉 英治 『化学気候モデルを用いた太陽プロトンイベントBO1(国立環境研究所)のオゾンと気候に及ぼす影響に関する研究』

本研究では、太陽プロトンイベントによるNO_x、硝酸、オゾンの変動を介した下層大気への影響のメカニズムの解析を行って、太陽活動変動と中・下層大気の変動との関連を明らかにすることを目的とする。そのために、中・下層大気気候と中性大気微量成分の化学反応、光解離反応、3次元分布を計算することができる国立環境研究所の3次元化学気候モデルと、それらの反応に加えてプロトンによる大気分子の解離反応、イオン反応、イオン再結合反応等も計算することができる理化学研究所の化学ボックスモデルを組み合わせたシミュレーションを行う。

まず、2003年に起こったハロウィンイベントに関するシミュレーションを行う。このシミュレーションでは、NO_x、硝酸、オゾン等の衛星観測データとの比較を行ってモデルの検証を行う。さらに、1859年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)に関するシミュレーションを行い、中層・下層大気に対する影響の解析を行う。

村主 崇行 『深層学習を利用したリアルタイムBO1(理研)太陽フレア予報システムの開発』

いま、深層学習とよばれる、神経網をコンピュータで再現し学習により課題を解かせる方法が開発され、囲碁でトッププロに勝ったり、自動運転に使われたりするなど話題になっています。ところで、この深層学習を使いものにするには膨大な量のデータを与えてやる必要があります。最先端の深層学習研究を行えるのは大量のデータを保有するIT関係の大企業などに偏っています。ひるがえって、太陽分野では、同一の物理法則にもとづいて時間発展する対象の観測データが、数十年分にはわたって蓄積されており、しかも太陽活動の予測は大きなチャレンジとなっています。この二分野が出会うことで、双方にブレークスルーをもたらす可能性があります。観測事実にもとづき予言能力のあるモデルを作るという目的で、機械学習と物理とは連続しているのです。

本研究では、深層学習技術を、経験則に基づくフレア予測に適用する場合、どのような手法が有効で、どれほどの精度が出るのか、予報性能を測定することで定量的に明らかにしていきます。また、これまでの宇宙天気予報で蓄積されてきた経験知を機械化し、機械学習が認識しているフレア前兆構造を可視化することで、太陽物理学の進展に寄与していきます。

平成 28 年度 PSTEP 若手支援について

PSTEP では、大学院博士後期課程学生ならびに 30 歳未満の若手研究者を対象とする、公募に基づいた若手支援を本領域独自のプログラムとして行っています。平成 28 年度も多く申請をいただき、以下の計 9 件の課題を採択いたしました。今年度も本経費を有効に活用し、活発な研究活動が推進されることが期待されます。

平成 28 年度 PSTEP 若手支援者リスト

氏名	所属	研究課題
清水 健矢	東京大学大学院理学系研究科	大規模電磁粒子シミュレーションを用いたイオン慣性長を超える分厚い電流層中での磁気リコネクションのトリガー過程に関する研究
飯島 陽久	名古屋大学宇宙地球環境研究所	輻射磁気流体計算による表面磁束輸送モデルの数値的検討
高橋 直子	東北大学大学院理学研究科	地上・衛星同時観測による大規模擾乱にともなう電場伝搬・エネルギー輸送過程の研究
河村 聡人	京都大学大学院理学研究科	オーロラ観測の歴史的資料に基づく過去の太陽活動の研究
廣瀬 公美	京都大学大学院理学研究科	H α 線太陽全面像から探るフィラメント消失の要因解明、及び宇宙天気予報の研究
Hsieh Yikai	京都大学大学院工学研究科	斜め伝搬ホイッスラーモード波動粒子相互作用のシミュレーション
北原 理弘	東北大学大学院理学研究科	THEMIS 衛星データを用いた EMIC 波動によるイオンピッチ角散乱の直接の実証研究
庄田 宗人	東京大学大学院理学系研究科	コロナ加熱・太陽風加速の新たな 1 次元モデルの提唱とその数値シミュレーション
Prayitno Abadi	名古屋大学宇宙地球環境研究所	Effects of latitudinal variation of zonal neutral wind on azimuthal distribution of scintillation occurrence

◆ 平成 27 年度 若手支援者から

本研究で私は、歴史学の研究者と協力して歴史文献に現れる低緯度オーロラや肉眼黒点の記録を抽出・検討し、それらを近代的科学観測開始以前の長期変動や極端宇宙天気現象の頻度・規模を知る手がかりとなる科学データとして整備を行っています。基礎データ整備として、中国正史にみられるオーロラ・黒点候補表現のある記録を抽出・検討し、データベース化を進めています。歴史文献中では、オーロラ（候補）を指す言葉として「赤氣」「白氣」などがこれまでも知られていましたが、私たちは、必ずしもオーロラ候補とは認識されていなかった「白虹」という言葉に着目し、これもオーロラを指すものが含まれる可能性が高いことを、歴史学・自然科学の両面から詳細に検討することで示しました(図)。この他にも、国内外の未指摘資料の再発見や、極端イベントのケース

スタディなどを進めています。

本研究のような歴史学と太陽地球環境学という異分野連携の学際的研究でかつ学生が主体となった研究は、通常の経費を利用しにくいのですが、PSTEP の若手支援は本研究の遂行に適しており、有効に使わせていただきました。

玉澤 春史 (京都大学大学院 理学研究科附属天文台・博士後期課程)



明代の天文占書『天象地異の解釈書』
『天元玉曆異賦』における「白虹」の図説記載場所



草野 完也
名古屋大学
宇宙地球環境研究所
副所長・教授

**NHK BSプレミアム コズミックフロント☆NEXT
『太陽の脅威 巨大フレア』(2016年1/14放送、1/21再放送)
に領域代表の草野完也教授が出演しました。**

NHK BSプレミアム コズミックフロント☆NEXT 『太陽の脅威 巨大フレア』(2016年1月14日放送)に本領域代表の草野完也教授が登場しました。この番組では、太陽で起き得る超巨大爆発「スーパーフレア」について、そのメカニズムや発生可能性と共に、地球に与える甚大な影響の数々が紹介されました。

番組内で草野教授は、太陽の磁力線のねじれやひずみの大きさなどをゴム糸を巻いて飛ばす模型飛行機やゴムチューブを用いて分かりやすく解説しました。さらに、最新の観測衛星によって得られた精密なデータとスーパーコンピュータによる大規模な電磁流体力学シミュレーションを融合させて、巨大フレアの発生を事前に予測する本領域の研究とその成果について説明しました。この番組はNHK オンデマンドでも配信されています。

NHK BSプレミアム『コズミックフロント☆NEXT』ホームページ
<http://www.nhk.or.jp/cosmic/broadcast/160114.html>

研究室紹介 ①

**名古屋大学
宇宙地球環境研究所**

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

名古屋大学宇宙地球環境研究所は、2015年10月1日に宇宙科学と地球科学を結び付ける全国で唯一の研究所として新たに発足し、地球・太陽・宇宙を1つのシステムとしてとらえ、そこに生起する多様な現象のメカニズムや相互関係の解明を通して、地球環境問題の解決と宇宙に広がる人類社会の発展に貢献することをミッションとして活動しています。本ミッションの実現のためには、宇宙・太陽圏・



宇宙地球環境研究所(研究所共同館Ⅰ)

大きな木製の扉が印象的なエントランス



3階ラウンジから天井を見上げたところ
7階まで続く吹き抜けが明るい

電磁気圏・大気圏・水圏・生物圏・地圏が密接に相互作用するシステムを包括的に理解する科学の構築と推進が必要です。

そこで、本研究所は、3つの学内組織(太陽地球環境研究所、地球水循環研究センター、年代測定総合研究センター)を統合して設立され、宇宙・太陽圏・電磁気圏・大気圏・水圏・生物圏・地圏までシームレスに研究し、境界領域の連続性と領域間の相互作用を明らかにすることを目指しています。

新学術領域 PSTEP は、本研究所の目指す科学の中核の一つをなしています。そのため、研究所内の総合解析研究部、電磁気圏研究部、太陽圏研究部に所属する多くの研究者が、中心メンバーとして PSTEP に参加し研究を進めています。

Q&A

Q. 『太陽の直径は地球の何倍あるでしょう?』



太陽

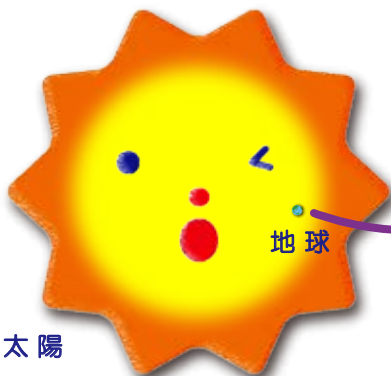


地球



A. 『太陽の直径は地球の約109倍もあります!』

5円玉を親指と人差し指でつまんで、手を伸ばして見て下さい。5円玉の穴の大きさ、それが太陽の見かけ上の大きさです。地球から見る太陽の直径は、角度でいうと約0.5度しかありません。このように見かけ上は小さいのですが、それは太陽が遠くにあるためです。太陽の直径は、実は地球の約109倍、約140万kmもあります。もしも太陽の周りを旅するとしたら、飛行機を使ってノンストップで飛んでも、200日近くかかってしまいます。太陽の質量は地球の約33万倍もあり、実に太陽系全体の質量の99%以上を占めているのです。地球よりもずっと大きな木星や土星などの惑星を集めてみても、太陽に比べるとずっと小さいのですね。



太陽



注) けっして、太陽を直接見ないでください!目を傷める危険性があります!



PSTEP Newsletter

No.2 July 2016

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

発行日：2016年7月29日

発行所：新学術領域「太陽地球圏環境予測」事務局

〒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