

宇宙天気予報に新しい手がかり

長寿命科学衛星「あけぼの」によって、放射線帯の高エネルギー電子が増える太陽風の条件を解明

概要

国際宇宙ステーションの高度から、ひまわり衛星などが運用されている静止軌道付近までの宇宙空間には、エネルギーの高い電子(宇宙放射線)が大量に存在しており、放射線帯と呼ばれています。この放射線帯の電子の数が増えすぎると、気象衛星や放送衛星の障害がおこりやすくなります。放射線帯の電子の数は、宇宙嵐と呼ばれる擾乱現象のときに10~100倍以上大きく増えますが、電子の数が増える条件はわかっていませんでした。名古屋大学太陽地球環境研究所の三好由純准教授らのグループは、「あけぼの」衛星等の長期観測データを用い、放射線帯の電子の数を増やすために必要な太陽風の条件を明らかにしました。この結果は、宇宙天気予報の精度向上に貢献し、人工衛星の安全な運用につながることを期待されるものです。この成果は、米国地球物理学連合の発行する速報論文誌「ジオフィジカルリサーチレターズ」に、9月25日に掲載されました。

【背景】

国際宇宙ステーションの高度から、ひまわり衛星などが運用されている静止軌道付近までには、放射線帯と呼ばれる宇宙放射線が存在しています(図1)。この放射線帯にある電子の数が増えすぎると、気象衛星や放送衛星の障害がおこりやすくなります。過去には、電子の数が増えた際に、米国の通信衛星が障害を起こし、その後数か月間、復旧しなかった例なども報告されています(文献1)。したがって、放射線帯の電子がいつ、どのくらい増えるのかを予測することは、人類が宇宙を安全に利用するために重要です。

地球を取り巻く宇宙空間は、しばしば太陽からのプラズマの嵐(宇宙嵐)に見舞われ、このとき放射線帯の電子の数が10倍から100倍以上に増えることが知られています。しかし、宇宙嵐がおきると、必ず電子の数が増えるというわけではありません。このようなことから、宇宙嵐と電子の数の関係性は複雑であり、どのようなメカニズムによって電子の数の変化が決まっているのかわかっていませんでした。

文献1) Space weather impacts on satellites and forecasting the Earth's electron radiation belts with SPACECAST, R. Horne et al., Space Weather 誌, 11号, 169-186ページ, 2013年

【研究の内容】

名古屋大学太陽地球環境研究所の三好由純（みよしよしずみ）准教授（宇宙プラズマ物理学）らの研究グループは、「あけぼの」衛星等の人工衛星の長期観測データを用いて、地球にやってくる太陽風とエネルギーの高い電子の関係を統計的に解析しました。その結果、1)宇宙嵐時に電子の数が増えるためには、スピードの速い太陽風の中に南向きを向いた磁場が含まれていること、2)このとき数日間にわたって「コーラスと呼ばれる宇宙の電波」が強く発生しやすい状況になり、電子の数が増えることを示しました（図3）。スピードが速く、南向きを向いた磁場が含まれているときには、80%以上の確率で電子の数の増加が起こります。また、このような状態のときには、オーロラの活動も数日間にわたって活発になっています。

【成果の意義】

- 1) **宇宙天気予報の新たな手がかりとなる成果**：本研究の結果から、放射線帯の電子の数の変化を予測し、宇宙天気予報の精度向上に貢献することが期待されます。
- 2) **長寿衛星「あけぼの」ならではの成果**：本研究は、世界でもっとも長く24年間にわたって放射線帯で観測を行っている「あけぼの」衛星の長期データによって初めて可能となったものであり、日本の人工衛星のユニークな成果です。
- 3) **2015年度に打ち上げられる「ジオスペース探査衛星(ERG)」につながる成果**：放射線帯の電子が増える仕組みの詳細を解明することを目的として、2015年度にイプシロンロケット2号機で日本の科学人工衛星「ジオスペース探査衛星(ERG)」が打ち上げられます。本研究の「あけぼの」長期データを用いた統計的な解析の結果により、ジオスペース探査衛星による素過程の発見に向けた観測計画の立案にも大きな貢献が期待されます。

【論文名】

題目： High-speed solar wind with southward interplanetary magnetic field causes relativistic electron flux enhancement of the outer radiation belt via enhanced condition of whistler waves

著者：三好由純（名古屋大学）、片岡龍峰（国立極地研究所）、笠原禎也（金沢大学）、

熊本篤志（東北大学）、長井嗣信（東京工業大学）、M. Thomsen（米国ロスアラモス国立研究所）

掲載誌：米国地球物理学連合速報誌：Geophysical Research Letters(オンライン)に2013年9月25日に掲載。

【研究チーム】

三好 由純	名古屋大学太陽地球環境研究所 准教授
片岡 龍峰	国立極地研究所 准教授
笠原 禎也	金沢大学大学院自然科学研究科 教授
熊本 篤志	東北大学大学院理学研究科惑星・プラズマ大気研究センター 准教授
長井 嗣信	東京工業大学大学院理工学研究科 教授
M. Thomsen	米国ロスアラモス国立研究所 スタッフ研究員

【用語説明】

- 放射線帯 (ヴァン・アレン帯): 地球周辺の宇宙空間にある、エネルギーの高い電子が捕捉されている領域。国際宇宙ステーションの高度から、静止軌道付近に存在 (図1)。
- 太陽風: 太陽から宇宙空間に向かって噴きだしているプラズマの風。地球は常に太陽風にさらされている (図2)。
- 「あけぼの」衛星: 1989年に文部省宇宙科学研究所 (現:独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所) によって打ち上げられた日本で最も長寿の科学衛星。現在に至るまで24年間にわたって、世界で一番長く、放射線帯を観測している。
- コーラス: 宇宙空間に存在する電波の一種。音声に変換すると、“小鳥のさえずり”のように聞こえる。
- 宇宙天気: 人類の宇宙利用に密接にかかわる太陽や宇宙空間などの環境変動の総称。その変動の予測研究を宇宙天気研究と呼ぶ。
- ジオスペース探査衛星(ERG): 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所が進めている人工衛星計画。2015年度にイプシロンロケット2号機で打ち上げ予定。放射線帯の電子の数が変化する仕組みの詳細が解明されることが期待されている。

図 1：放射線帯の中で観測するあけぼの衛星（想像図）

地球からでてるのが、地球の磁石の磁力線。その周りの黄色の部分、放射線帯のエネルギーが高い電子を表している。また、手前のらせん状のものはコーラスと呼ばれる電波を表し、電子のエネルギーを高めている。

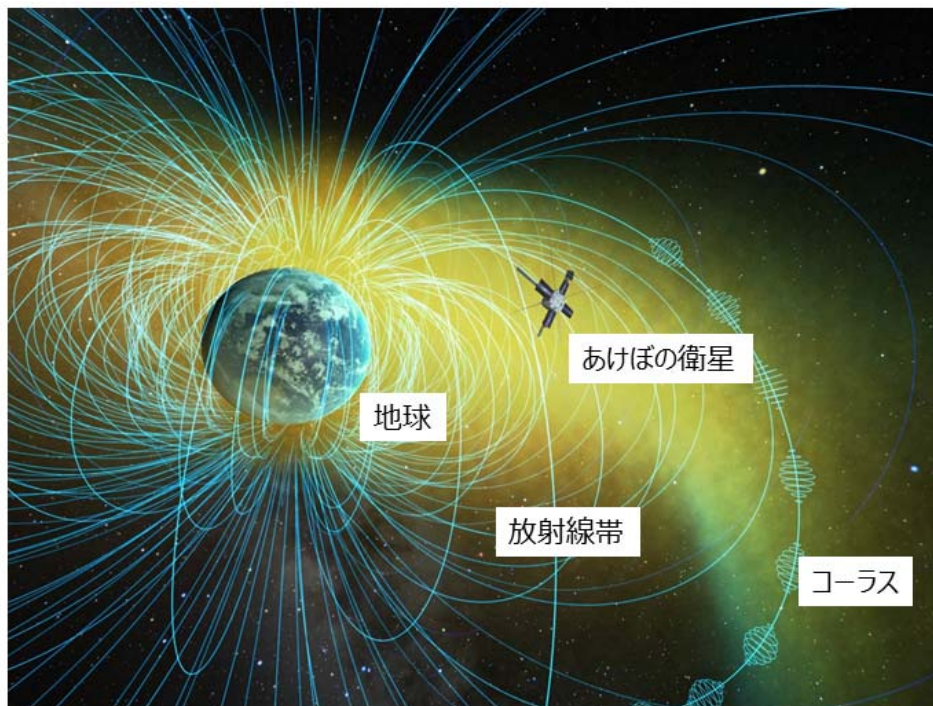


図 2：太陽から流れているプラズマの風（太陽風）と地球の磁場の勢力範囲（磁気圏）の模式図（コピーライト：ERG プロジェクト）。

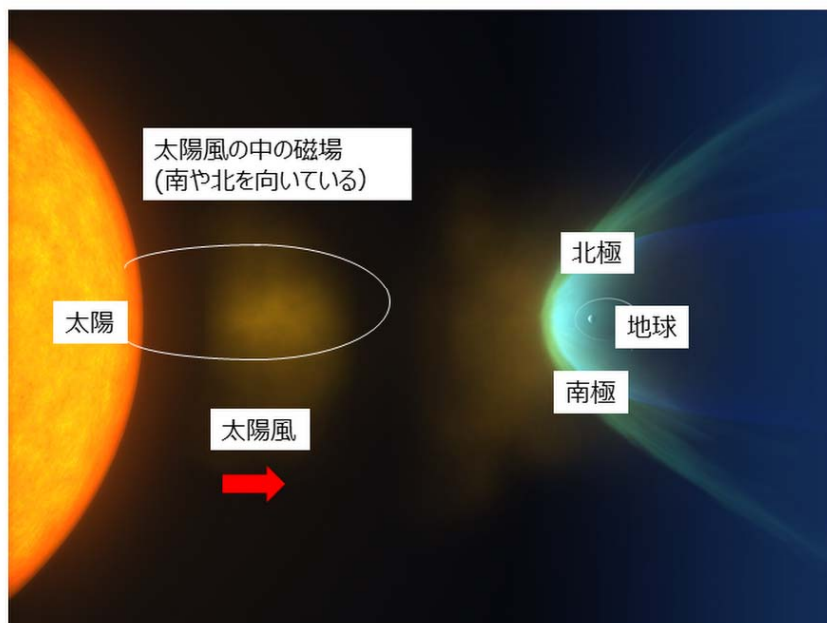


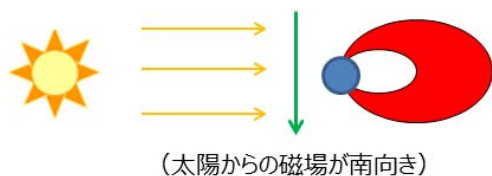
図3: 本研究が明らかにした、放射線帯の電子の数が増える条件。この条件を考慮するとこれから地球に到来する太陽風が、放射線帯の電子の数を増やしやすいかどうかを予測することができる。

これまでの考え方:

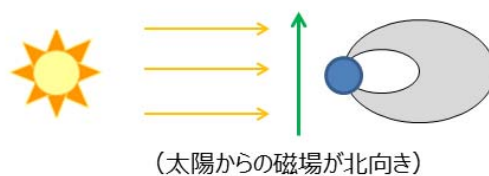


太陽風のスピードが速いと、放射線帯の電子の数は増えやすい。
しかし、スピードが速くても増えないときもたくさんあり、因果関係がよくわかっていなかった。

本研究の結果:



太陽風のスピードが速い
太陽からの磁場が南向き
-> 放射線帯の電子の数は増えやすい
オーロラ活動も活発になる



太陽風のスピードが速い
太陽からの磁場が北向き
-> 放射線帯の電子の数は増えにくい