

太陽圏のダイナミックな姿を世界で初めて精密に再現

【ポイント】

太陽は、高速の太陽風を吹き出すことで星々の間を流れるガス（恒星間ガス）の中に太陽圏と呼ばれる空間を作っています。この太陽圏の構造は、地球の放射線環境に影響を与えていますが、その広がりが大きいため未だよく判っていませんでした。

本研究では、名古屋大学太陽地球環境研究所（STE 研）徳丸宗利教授の研究グループで実施している長期間の太陽風観測データに基づき、大規模な計算機シミュレーションを実施することで、太陽圏の3次元構造を精密に決定しました。その結果、いくつもの波動が太陽風中を伝搬しているダイナミックな太陽圏の姿が明らかになっています。

【背景】

地球には銀河から宇宙線と呼ばれる高エネルギー粒子が飛来しますが、その伝わり方は太陽圏中の磁場構造により大きく変わります。この磁場構造を決定しているのが、太陽風の吹き方です。また、太陽風は地球に常時吹き付けており、周辺の宇宙環境や超高層大気にも大きな影響を与えています。太陽風の吹き方は場所や時間により変化し、太陽圏には複雑な構造ができるのですが、太陽風の生成機構が未解明なためシミュレーションによって太陽圏の構造を精度よく再現できませんでした。最近、米国の Voyager 探査機が太陽圏の境界に到達したことが大きな話題となりましたが、その観測データを解釈する際にも太陽圏の構造に関する精密な理解が必要になっています。

【研究の内容】

本研究では、STE 研で長期にわたり取得している太陽風データを用いることで、従来困難であった太陽圏構造の精密決定を可能にしました。STE 研の太陽風データは天体電波源の“またたき”現象（惑星間空間シンチレーション）を利用したもので、太陽面上のすべての場所における太陽風の吹き方がわかります。また、この観測は長期にわたって実施されていることから、太陽風の吹き方が時間と共に変化しているのも忠実に再現することができます。解析結果から、太陽圏中にいくつもの波動が伝搬している様子が明らかとなりました。この波動は Voyager 探査機でも見つけていたものですが、3次元的な分布を明らかにしたのはこれが初めてです。

【成果の意義】

本研究で得られた太陽圏（波動現象を含む）の3次元分布に関する精密な情報は、銀河宇宙線の伝搬や目下進行中の Voyager 探査機による太陽圏の境界域に関する研究にとって重要な知見となります。また、本研究成果を応用することで地球に到来する太陽風を精度よく予報することができるようになり、宇宙天気予報の改善につながります。

【用語説明】

太陽風

高温の太陽大気（コロナ）が超音速で流れ出している現象。速度は 300～800 km/s、地球軌道付近での密度は 1cc 当たり数個～10 個程度である。高温のため、太陽風の粒子はすべてイオンと電子の状態に電離されている。太陽系の惑星の間（惑星間空間）は真空ではなく、太陽風で満たされている。

太陽圏

太陽風が星間ガスの中に作る勢力範囲を指す。概ね太陽-地球の距離の約 100 倍に境界があると予想されていたが、2012 年 Voyager 探査機が 122 倍の距離で境界を通過した。太陽系の全ての惑星は太陽圏の中にある。

恒星間ガス

星々の間を満たしている希薄なガス。電離したプラズマ成分と、電離していない中性成分より成る。場所によりその特性は大きく異なるが、太陽圏周辺での密度は 1cc 当たりプラズマ成分が 0.01 個、中性成分が 0.1 個程度。

銀河宇宙線

超新星爆発などで生成した高エネルギー粒子が銀河系内を飛び交っているもの。その一部が常時地球へ降り注いでいる。

惑星間空間シンチレーション

太陽風中の密度揺らぎによって生じる電波の“またたき”現象。見かけの大きさが小さい電波源についてのみ観測される。この現象を使って地上から太陽風の速度を測ることができる。

宇宙天気

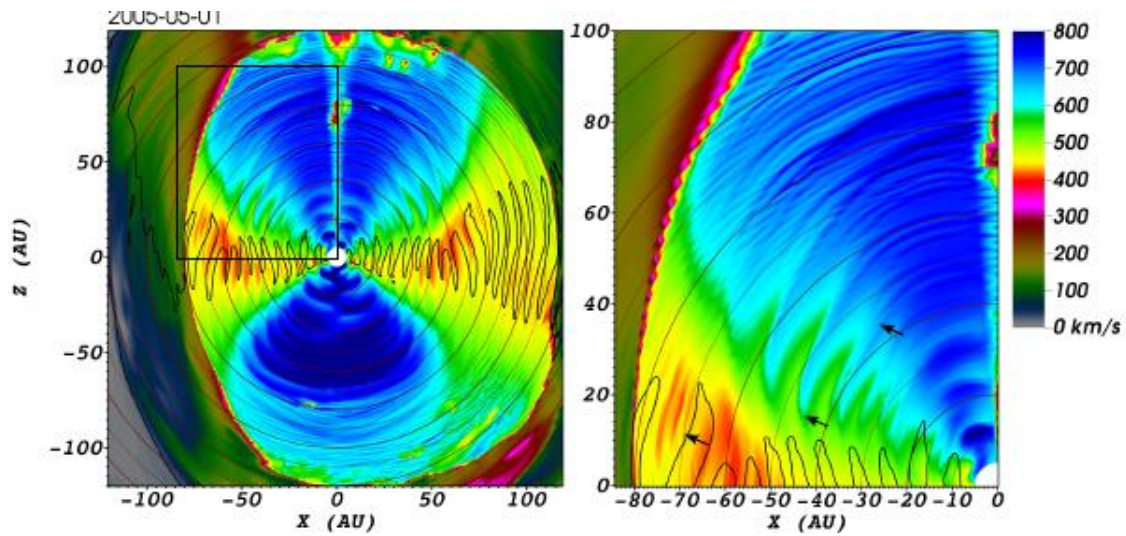
太陽風や太陽面の爆発現象の影響により変化する地球周辺の宇宙環境や超高層大気の状態を指す。宇宙天気の擾乱は、人工衛星や無線通信などに重大な障害をもたらすこともある。

【論文名】

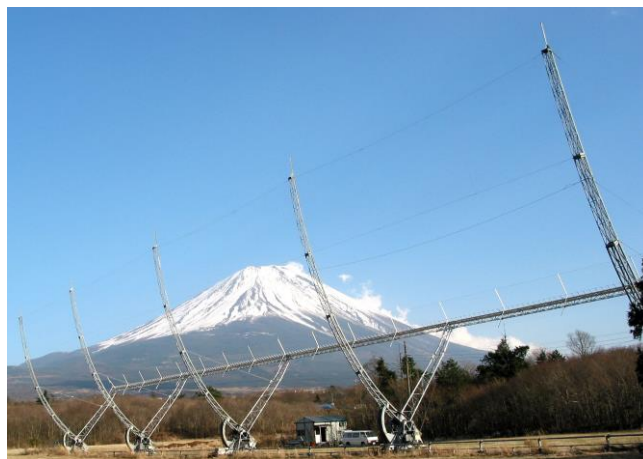
題目：MHD analysis of the velocity oscillations in the outer heliosphere

著者：藤木謙一、徳丸宗利（名古屋大学）、鷲見治一、G. P. Zank、V. Florinski（米国アラバマ大学ハンツビル校）、林啓志（米国スタンフォード大学）、田中高史（九州大学）、久保勇樹（情報通信研究機構）

掲載誌：Geophysical Research Letters（米国地球物理学連合速報誌）、2014 年 2 月 24 日
掲載済み



本研究によって得られた太陽圏の3次元構造。色は太陽風の速度を示す(GRL誌に掲載された論文より引用)。図の中心は太陽の位置に対応。横軸は恒星間ガスの流れの向きに、縦軸は太陽自転軸に沿っている。AUは天文単位(Astronomical Unit)を示し、1AUは太陽と地球の距離、約1.5億キロメートルに相当する。左図中の四角の範囲を拡大したものが、右図である。太陽圏中の波動が明瞭に見える(右図矢印)。左図中、左側から恒星間ガスが太陽圏に吹き付けているため、太陽圏の境界がひしゃげていることがわかる。Voyager探査機はひしゃげた側へ向かって航行している。



名古屋大学太陽地球環境研究所富士観測所に設置された太陽風観測専用の大型アンテナ。このアンテナを含め4台の大型アンテナで同時に惑星間空間シンチレーションを観測することで地上から太陽風の測定を行っている。本研究では、本装置によって取得された太陽風データが用いられた。