

太陽活動の衰退に伴って太陽風の南北非対称性が顕著になることを発見

【概要】

太陽からは常時高速のプラズマ流「太陽風」が吹き出しています。この太陽風の吹き方は緯度・経度や太陽活動の状態によって大きく異なり、時には北半球と南半球で速度が大きく異なることがあります。我々は、太陽地球環境研究所 (STE 研) で長期間にわたって取得されている太陽風データを使って太陽風の南北非対称性について解析を行いました。

その結果、南北非対称性は太陽活動と密接に関連していること、そして最近太陽活動が衰退しているのに伴って南北非対称性が顕著になっていることを発見しました。

【背景】

太陽面上に出現する太陽黒点の数は、約 11 年の周期で増減します。現在は太陽黒点がピークとなる時期(極大期)ですが、今極大期は太陽黒点の発生が 100 年来の少なさです。このことは太陽の磁場をつくるメカニズム(太陽ダイナモ機構)に何か異変が発生しているのではないかと考えられおり、研究者の関心が集まっています。太陽観測衛星「ひので」による観測から、最近の太陽磁場が南北非対称な特性を持っていることが報告されました。このような磁場の南北非対称性は太陽ダイナモ機構を考える上で重要な要素です。また、太陽活動の衰退によって周辺の宇宙空間にどのような変化が浮かれるかも興味ある課題となっています。17 世紀には約 50 年にわたって太陽黒点はほとんど観測されない期間(マウンダー極小期)があり、その時に地球の気候が寒冷化していたことが知られています。太陽活動と地球気候のつながりは未解明であり、現在の太陽活動の衰退がその謎を解く手がかりを与えると期待されています。

【研究の内容】

本研究では、1985 年から 2013 年までの期間に取得された STE 研の太陽風観測データを使って太陽風の南北非対称性を調査しました。南北非対称性を調べるには、高緯度を含む広い範囲を連続的に観測する必要がありますが、それは探査機では困難なことでした。STE 研の太陽風観測は、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 IPS)を利用したもので、高緯度を含む広い領域について太陽風速度を精度よく決定することができ、約 30 年間のデータが利用可能です。調査の結果、極大期の高緯度において太陽風の分布が南北非対称になること、北極の変化が先行する傾向があること、さらに太陽活動の衰退に伴って大きな南北非対称性が長期間出現していることが判明しました。これらの事実は太陽磁場の南北非対称性と密接に関係しており、特に後者は磁場の双極子成分に対して四重極子成分が優勢になっていることを反映したものと考えられます。

【成果の意義】

太陽風全体の構造が太陽活動とともに如何に変化しているかは、観測が困難なため十分な知見が得られていなかった。この情報は銀塊宇宙線の伝搬や地球周辺の宇宙環境(宇宙

天気)の変動を理解する上で不可欠であり、さらには銀河宇宙線・宇宙天気への影響を通じて地球気候にまで影響している可能性が指摘されている。特に、本研究で明らかになった太陽活動の衰退に伴う太陽風の変化はマウンダー極小期などの期間にも起こっていたと考えられ、太陽活動と地球気候のつながりを解明する上で重要な示唆を与えている。

【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。

太陽黒点: 太陽面上で磁場が集中した領域。強い磁場により熱エネルギーの伝達が抑制され周囲より暗く見える。

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。

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。

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。

四重極子(磁場): N 極、S 極の対が2組存在する磁場構造。通常は N 極、S 極の対が1組の双極子磁場が卓越している

【論文名】

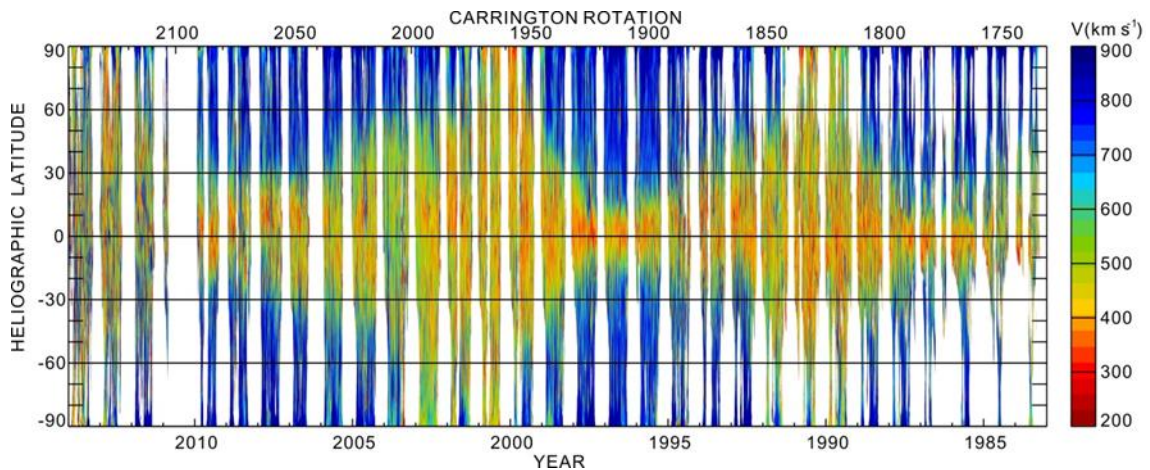
題目: North-South Asymmetry in Global Distribution of the Solar Wind Speed During 1985-2013

著者: 徳丸宗利、藤木謙一、伊集朝哉(名古屋大学太陽地球環境研究所)

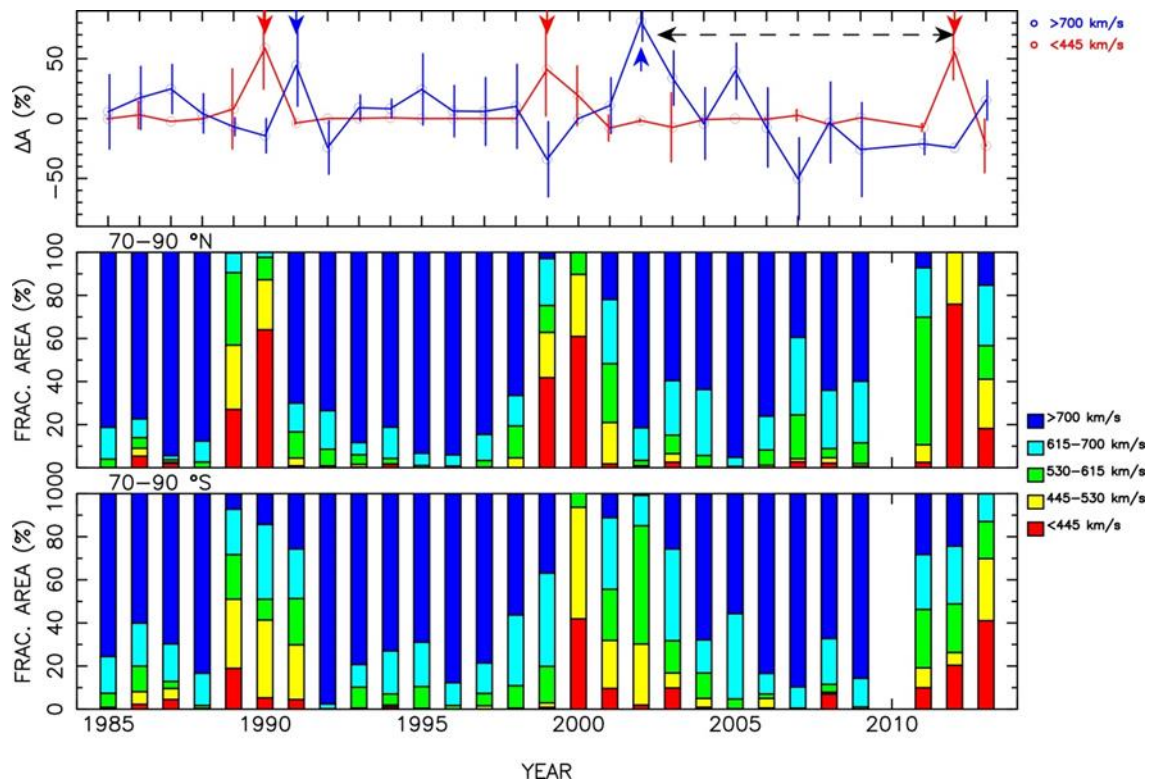
掲載誌: Journal of Geophysical Research - Space Physics (米国地球物理学連合学会誌-宇宙空間物理学分野)受理済み、2015 年掲載予定



名古屋大学太陽地球環境研究所富士観測所(左)および木曽観測施設(右)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。



1983年から2013年までの期間に太陽地球環境研究所のIPS観測から得られた太陽風速度の全球的な分布。横軸:時間、縦軸:太陽面緯度。図中時間は右から左に進むことに注意。色は太陽風速度を表す。青色:高速風、赤色:低速風。(Tokumaru et al., J. Geophys. Res., 2015より引用)。



1985～2013 年における北極域(中段)と南極域(下段)の太陽風速度の分布と高速風／低速風の南北非対称性(上段)。青色は高速風、赤色は低速風のデータを示す。上段の図中、太陽活動の極大期に低速風と高速風の非対称性が増大している(赤色と青色の矢印)。また、高速風の非対称性は、2000 年以降に顕著になっている(破線矢印)。(Tokumaru et al., J. Geophys. Res., 2015 より引用)