

# 太陽と惑星間空間の活動の関係

日本天文学会 2012年秋季年会 記者会見

研究グループ代表 柴崎清登  
(国立天文台 野辺山太陽電波観測所)  
メール:[shibasaki@nro.nao.ac.jp](mailto:shibasaki@nro.nao.ac.jp)  
電話:0267-98-4488  
FAX:0267-98-2506

2012/9/18

日本天文学会2012年秋季年会記者会見

1

研究グループ全員の氏名・所属・身分:

柴崎清登・国立天文台野辺山太陽電波観測所・教授  
下条圭美・国立天文台野辺山太陽電波観測所・助教  
徳丸宗利・名古屋大学太陽地球環境研究所・教授  
藤木謙一・名古屋大学太陽地球環境研究所・助教

関連する講演番号:

M02a「グローバルな太陽活動と惑星間空間構造変化の関係」

ウェブページ:

この資料の内容及び、画像データなどは

<http://www.nao.ac.jp/releaselist/archive/2012091-shibasaki>

で閲覧・取得できます。

2012/9/18

日本天文学会2012年秋季年会記者会見

2

# 研究の概要

太陽を取り巻く惑星間空間は太陽から吹き出す太陽風で満たされており、その構造は太陽風によって決まります。太陽面全体の活動状況は、野辺山太陽電波観測所の電波ヘリオグラフ装置によって長期間観測されています。それによると、20年間に亘って太陽全面の活動が弱まりつつあり、また各部(北半球、南半球、高緯度、低緯度)の間の活動の同期が失われつつあることがわかってきました。一方、太陽風の速度は、名古屋大学太陽地球環境研究所が行っている惑星間空間シンチレーション法によって長期間観測されてきています。この方法では全天の太陽風速度データが得られます。これらふたつの長期間データを比較することにより、太陽の高緯度の活動と惑星間空間の活動が大きく関係していることがわかってきました。

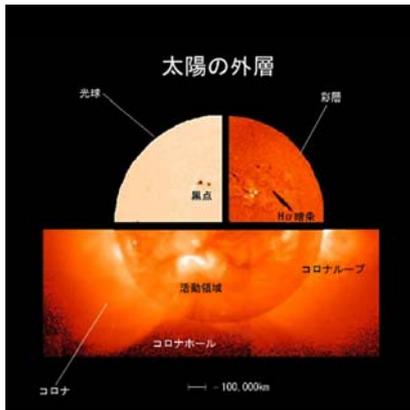
# 資料の概要

1. 太陽大気と太陽風
2. 電波ヘリオグラフ装置による太陽観測
  - － 電波蝶形図
3. 電波シンチレーション法による太陽風観測
  - － 太陽風蝶形図
4. 電波の明るさと太陽風速度の関係
  - － 北半球
  - － 南半球
5. まとめと考察
6. 地球への影響と今後の研究

# 1. 太陽大気と太陽風

## 太陽大気

太陽大気は下層より、光球・彩層・コロナよりなっており、黒点や暗条その他の構造があります。



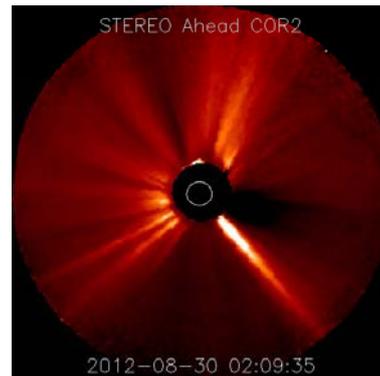
(理科年表オフィシャルサイトより)

2012/9/18

日本天文学会2012秋季年会記者会見

## 太陽風

ステレオ衛星によって観測された、コロナ上層部から太陽風が吹き出しているようす(中心の○が太陽)。惑星間空間は、吹き出した太陽風によって充たされています。



(NASA提供)

5

# 2. 電波ヘリオグラフ装置による太陽観測

国立天文台野辺山太陽電波観測所では、1992年より電波ヘリオグラフ装置(右写真)を用いて太陽の電波撮像観測を継続しています。

電波ヘリオグラフ装置は、口径80cmのパラボラアンテナ84台を、東西490m、南北220mにわたって配置した電波望遠鏡で、周波数17GHzで太陽全面の電波強度の分布(電波写真)を観測することができます。通常1秒間に1枚の画像が一日8時間連続して得られます。

彩層上部～コロナ下部から放射される電波を観測しています。



<http://solar.nro.nao.ac.jp/>

2012/9/18

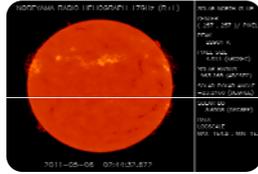
日本天文学会2012秋季年会記者会見

6

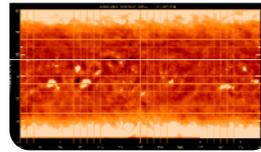
# 電波蝶形図の合成



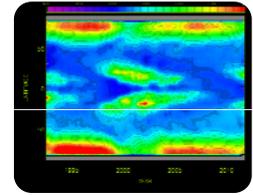
野辺山電波ヘリオ  
グラフによる太陽  
観測  
1992年より



1日1枚の電波画  
像



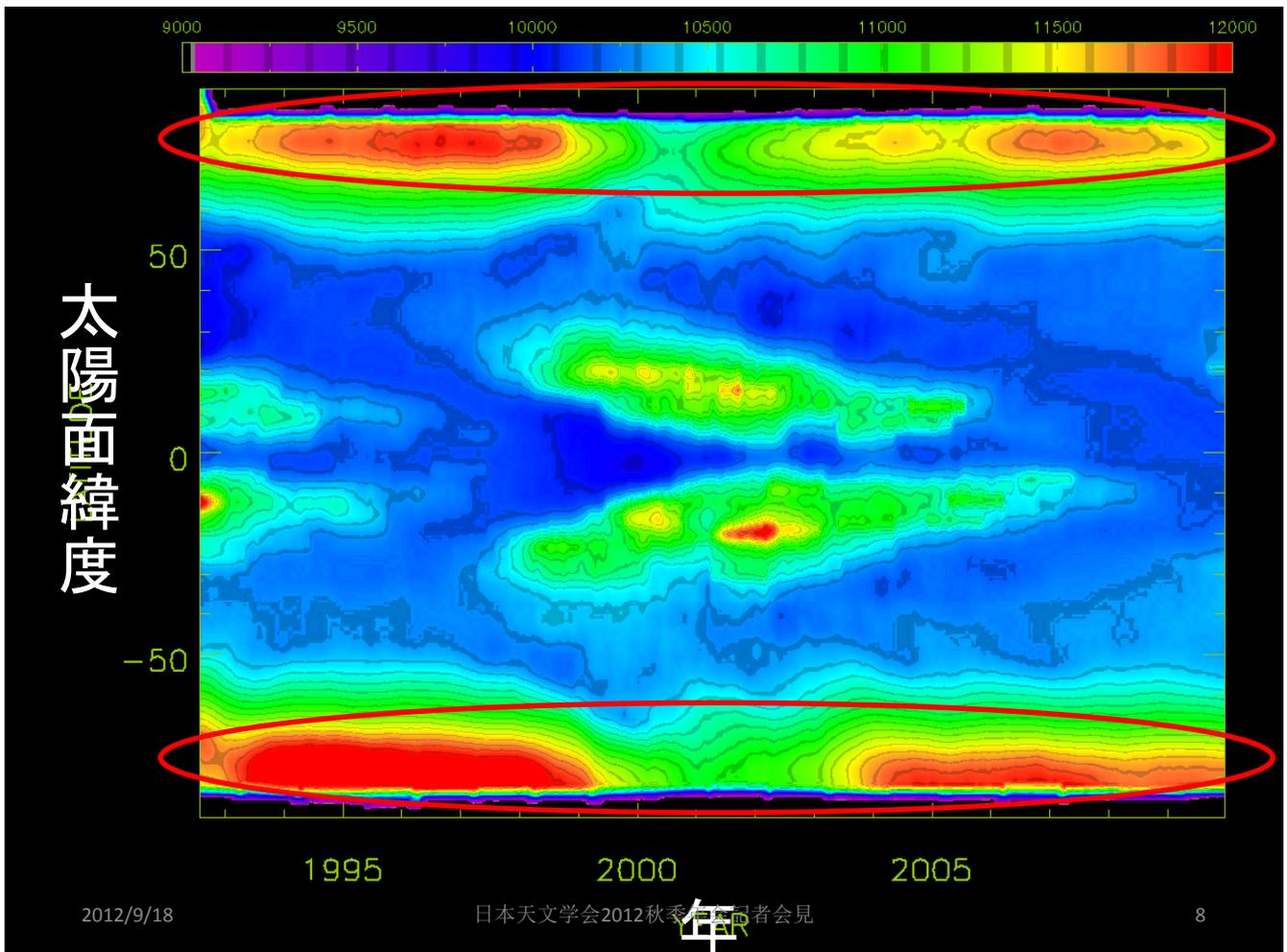
太陽の自転を利用  
して展開図を合成  
(約1ヶ月に1枚)



展開図を経度方  
向に平均し、それ  
らを並べて電波  
蝶形図を合成

1日1枚の画像約1ヶ月分から、太陽の自転を利用して展開図を合成し、さらにそれを経度方向に平均することによって、約17年分のデータから一枚の電波蝶形図を合成しました。

図は横軸が年、縦軸が太陽面の緯度、カラーが電波の明るさ(強さ)を表しています。17年間に限ったのは太陽風と太陽電波の同時観測が行われた期間によります。



# 電波蝶形図から読み取れること

電波蝶形図の中央付近のハの字を右に倒したようなものが蝶の羽に似ているため蝶形図と呼ばれます。11年周期の太陽活動の初期に黒点(活動領域)が中緯度(30度あたり)に出現し、活動が進むにつれて低緯度(中央付近)に出現する様子を表しています(次頁参照)。

これに対して電波で特徴的なのが、極域が明るい(赤い楕円で囲った部分)ことです。これは極域の磁場の強さを反映しており、明るさは極域の活動を示しています。

極が明るい時期と低緯度が明るい時期(横ハの字の部分)は逆相関を示します。極が活発な時期は黒点のほとんどない活動極小期(1996年頃)で、逆に極が暗くなる時は黒点活動が極大の時期(2000~2001年頃)です。高緯度と低緯度を併せた太陽全面の(グローバルな)活動は観測を開始した20年前から次第に低下しています(2000年以前に比べて以後の極の明るさが低下している)。

詳細な解析により、南半球と北半球の活動の同期、南半球における低緯度と高緯度の活動の同期がくずれてきていることがわかりました。これらの結果は、今年5月31日に国立天文台として記者会見を行ってお知らせしています。

( <http://solar.nro.nao.ac.jp/120531PressRelease/> )

2012/9/18

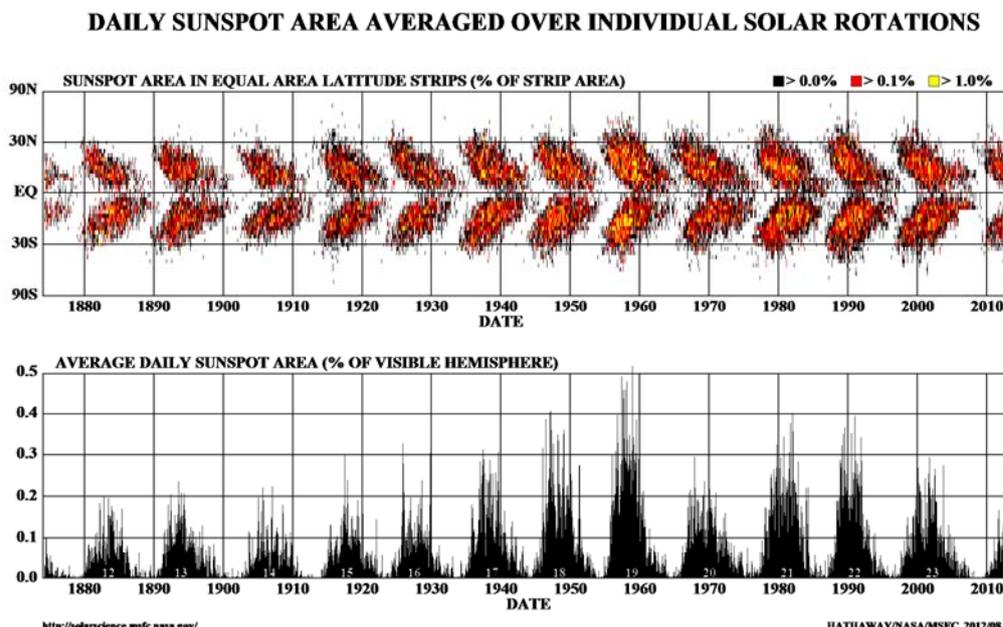
日本天文学会2012秋季年会記者会見

9

## 太陽黒点の蝶形図(Butterfly Diagram)

(上図)蝶形図: 太陽黒点の緯度(縦軸)を時間(横軸)に対してプロットしたもの。太陽黒点の分布が蝶のような形をしていることから、この名前がつけられた。

(下図)太陽黒点の面積の時間変化。約11年の周期が見える。



NASA/MSFCのホームページから (<http://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>)

### 3. 電波シンチレーション法による太陽風観測

名古屋大学太陽地球環境研究所(旧空電研究所)では1970年代より、コンパクトな電波天体の強度変動(シンチレーション)を3~4地点で同時に観測することにより、惑星間空間を吹いている太陽風の速度を観測しています。

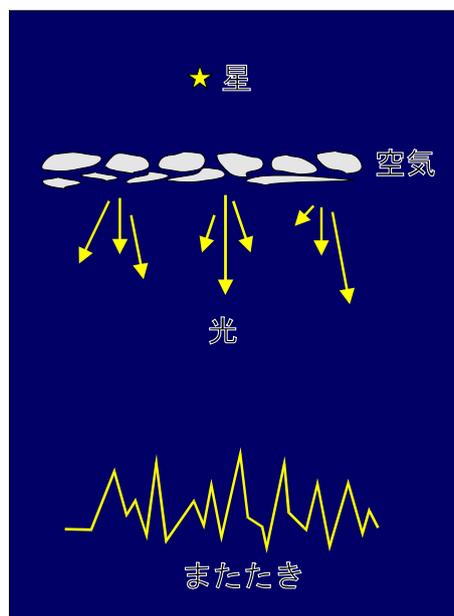
太陽風中の密度のゆらぎが太陽風に乗って電波天体の視線を横切ることによって電波天体の強度ゆらぎ(電波のまたたき)をひきおこしますので、これを地上の複数点で観測し、時間的なずれを求めることによって速度がわかります。

天空に散らばる多くの電波天体を利用することにより、地上において全天の太陽風速度の分布を得ることができる非常にユニークな装置です。

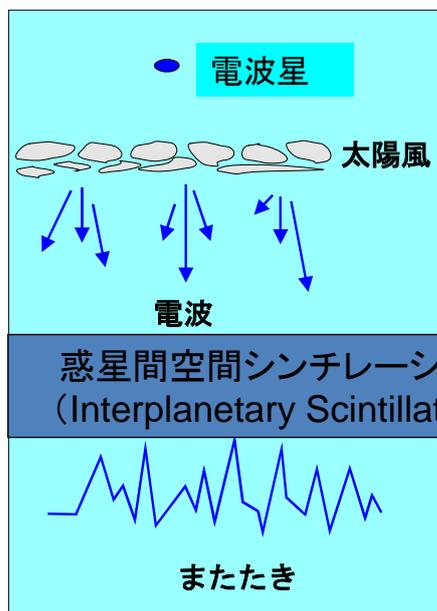
## 電波の“またたき”

- 遙か遠方の天体からの電波が太陽風を通過する時、密度ゆらぎにより“またたき”現象(シンチレーション)が発生する。
  - 光で見たときの星の“またたき”は大気のゆらぎ

星のまたたき



電波のまたたき



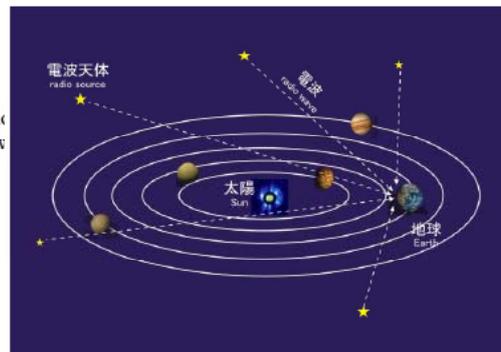
惑星間空間シンチレーションを地上で観測すると、太陽風の情報が得られる。

惑星間空間シンチレーション  
(Interplanetary Scintillation)

天体からの電波は微弱なので大型アンテナが必要

# 電波シンチレーションを観測するアンテナとその配置

Four stations at Fuji, Toyokawa Sugadaira and Kiso construct four-antenna system, which fully dedicated to ground-based solar wind observations. The routine-based solar v observations have been carried out using the interplanetary scintillation method.



<http://stsw1.stelab.nagoya-u.ac.jp/>

2012/9/18

日本天文学会2012秋季年会記者会見

太陽風観測4点システムの観測点の配置。

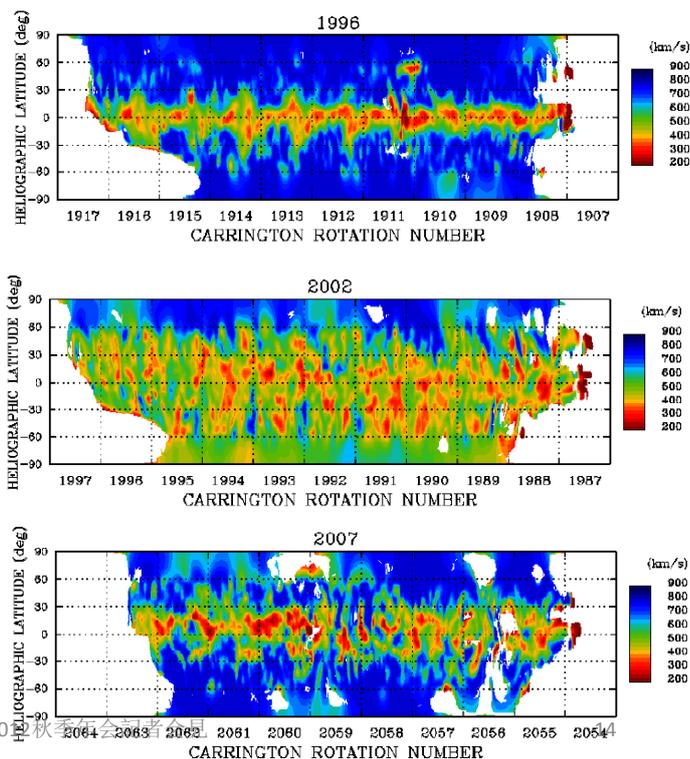
13

# 太陽風展開図と蝶形図の合成

観測された速度の分布から約1ヶ月毎に惑星間空間の太陽風速度分布の展開図を合成しました。(右図)

さらにそれらを経度方向に平均して1本の緯度分布とし、それらを並べて長期変化を示したものが太陽風蝶形図です。横軸が年、縦軸が緯度、カラーが太陽風速度を示します。(右図の色遣いと蝶形図の色遣いは逆なので要注意)

太陽風蝶形図により、惑星間空間全体の太陽風速度分布の長期に亘る変化を一目でとらえることができます。なお、太陽風蝶形図は今回の研究で初めて合成されたものです。

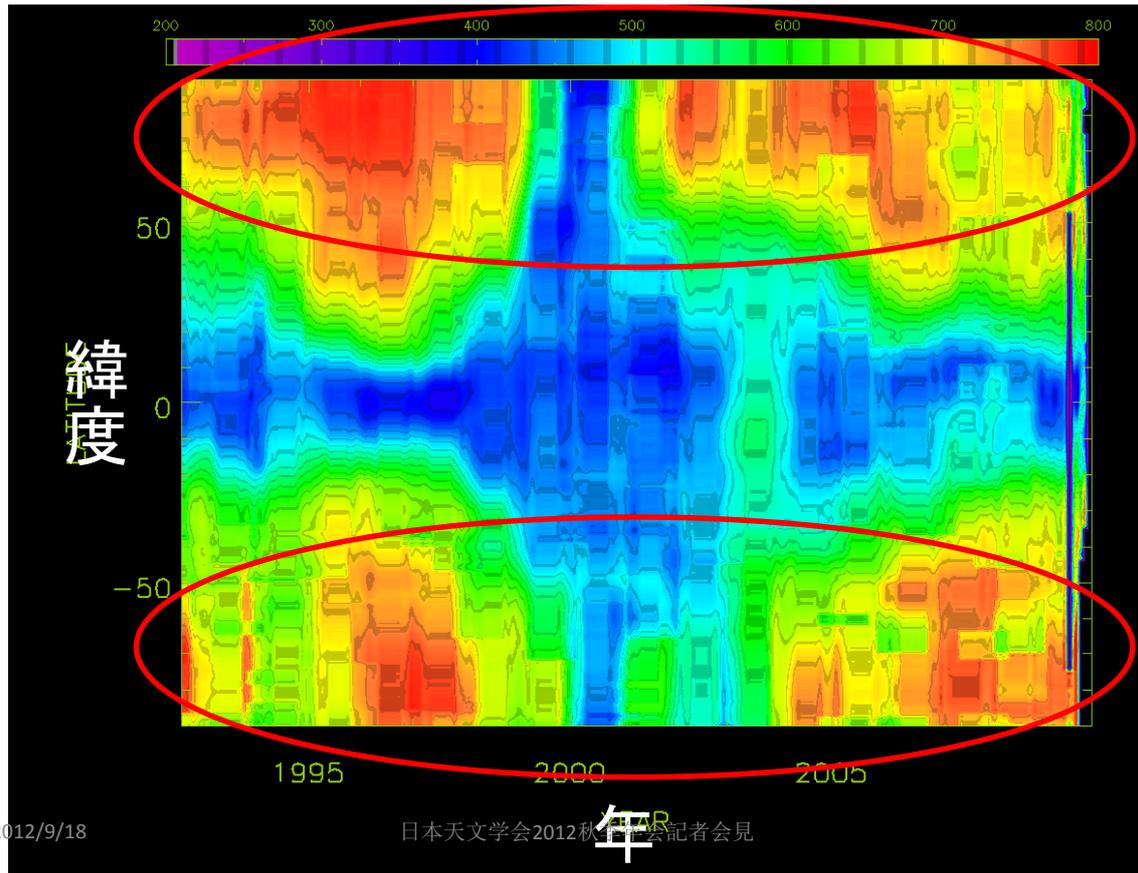


2012/9/18

日本天文学会2012秋季年会記者会見

太陽風速度分布の長期変化を示したものが太陽風蝶形図です。

# 太陽風蝶形図



2012/9/18

日本天文学会2012秋季年会記者会見

15

## 太陽風蝶形図から読み取れること

太陽風分布の特徴は:

- 1) 低緯度帯(中央付近)はいつも低速風(青色、400km/秒程度)で満たされており、
- 2) 高緯度から中緯度に高速風(黄～赤色、700km/秒以上)が広がっていることがわかります(赤の楕円で囲った部分)。また、
- 3) 短期間、高速風が消える時期(2000～2001年)があり、それは黒点活動が最盛期の時期に一致します。
- 4) 2000年以前にくらべてその後は高速(赤)/低速(青)のコントラストが小さくなっているようです。

太陽風の高速風流のふるまいは、電波の極域のふるまいによく似ており、これらふたつのデータを比較してみました。

2012/9/18

日本天文学会2012秋季年会記者会見

16

# 4. 電波および太陽風蝶形図の比較

## 北半球

北半球の高緯度(55~80度)の電波の明るさと太陽風速度の関係を示したのが右図です。

上図の実線が電波の明るさ、点線が太陽風速度の年変化を示します。下図は、横軸が電波の明るさ、縦軸が太陽風の速度をしめします。

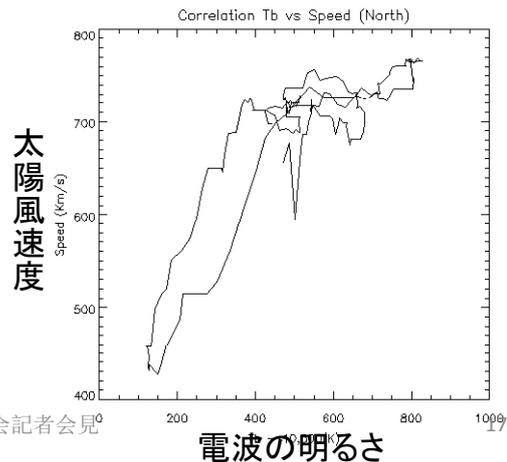
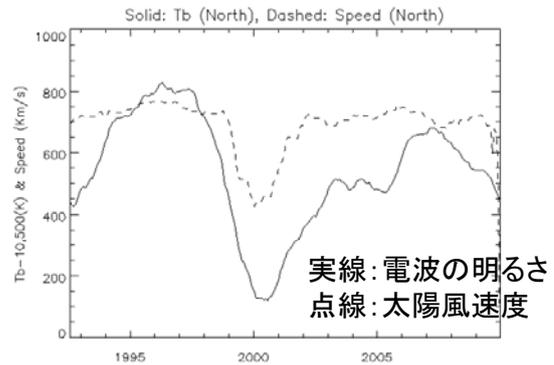
下図より、北半球では電波の明るさと太陽風速度がはっきりとした関係を保っていることがわかります。

秒速700kmまでは電波の明るさと風速は非常によい比例関係を保ち、それ以上では速度がほぼ一定となっています。

20年間にわたる極域の電波の明るさの低下の影響は太陽風速度には現れていません。

2012/9/18

日本天文学会2012秋季年会記者会見



# 電波および太陽風蝶形図の比較(南半球)

## 南半球

南半球の高緯度の電波の明るさと太陽風速度の関係を示したのが右図です。

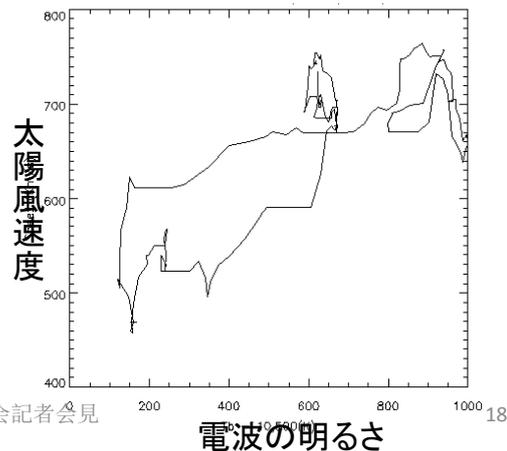
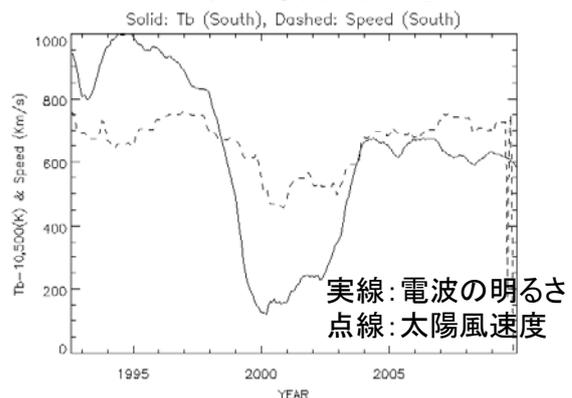
上図の実線が電波の明るさ、点線が太陽風速度の年変化を示します。下図は、横軸が電波の明るさ、縦軸が太陽風の速度をしめします。

下図によると、南半球では電波の明るさと太陽風速度がはっきりとした関係を保っていないことがわかります。

また、太陽活動極大期に高緯度に出現すべき秒速400kmの低速風が出現していません。

2012/9/18

日本天文学会2012秋季年会記者会見



電波の明るさ

## 5. まとめと考察

今回の研究において、太陽風蝶形図をつくることにより、惑星間空間における太陽風速度分布の長期変動を一目で把握することができました。それにより、低緯度が低速風流に、中高緯度が高速風流に覆われており、太陽活動極大期に高速流が消えるなどの特徴を改めて確認することができました。

この太陽風蝶形図を、同じ期間の太陽電波蝶形図と比較しました。それによると、北半球において極域の電波の明るさと太陽風速度が長期間明瞭な関係(中・低速風の速度は電波の明るさに比例し、高速風の速度は一定)を保っていることがわかりました。電波観測は太陽大気の色層上部～コロナ下部の況を反映し、太陽風速度はコロナ上層部を反映しますので、高速太陽風の加速機構を検討する上で下層大気の影響も重要であることがわかります。

しかし南半球では北半球にみられるようなはっきりした関係がみられず、活動周期毎に異なった関係を示します。2000年以降の太陽風速度分布は高速風/低速風というコントラストが小さくなってきていますが、これは太陽風速度の分布が複雑化したものを平均したために生じたものと思われますので、今後の詳細な検討が必要です。

以上2種類の観測データを併せることにより、太陽と惑星間空間の構造の関係をみることができました。ここでは電波の明るさと太陽風の速度の間の統計的関係を議論しただけですが、これらの関係を裏付ける物理機構については今後の研究課題です。

## 6. 地球への影響と今後の研究

地球は惑星間空間の低緯度に位置しており、太陽風蝶形図からわかるように太陽面の高緯度の活動に依存している高速太陽風からは直接的には影響を受けていません。蝶形図には直接現れない、太陽フレアやコロナ物質放出(CME)は低緯度に多く発生し、それらは地球に直接影響を与えています。

しかし、太陽風の風圧によって決まる惑星間空間全体(太陽圏)からは間接的影響を受けます。たとえば太陽風によって外に掃き出される太陽圏外からの銀河宇宙線の量の増減が地球の大気に影響を与える可能性があります。

これが直接地球の温暖化や寒冷化と結びつくかどうかについては、地球の気候の研究との共同研究が必要であり、今後の課題です。

一方、20年間の太陽電波観測によると、太陽全面にわたる活動が低下しているとともに、活動周期の同期がくずれつつあることがわかっています。

今回の太陽風速度の観測によると、太陽風速度の大きな減速の兆候はみられませんが、不規則な年変動を示すようになっています。太陽が原因で太陽圏全体(特に南半球)の活動の同期が狂ってきているようです。このような状況であるために、太陽活動および惑星間空間の長期間にわたる観測は今後ますます重要となってくるとともに、これらの関係の研究を継続し、地球大気への影響の検討することも必要です。

このような研究ができたのは、太陽電波観測および太陽風観測が長期間継続されてきたこと、およびそれぞれのデータが長期に亘って均質でよく較正されていることによりです。これらの観測を支えてきた多くの方々へ感謝いたします。

なお、この研究は名古屋大学太陽地球環境研究所の平成23年度共同研究「グローバルな太陽磁場活動と惑星間空間構造変化の関係」として実施されたものです。