

マイクロ Type-III 電波と外部コロナ域 Micro-TypeIII radio bursts and outer corona

森岡 昭^{1*}; 三好 由純²; 笠羽 康正³; 増田 智²; 岩井 一正⁴; 三澤 浩昭¹
MORIOKA, Akira^{1*}; MIYOSHI, Yoshizumi²; KASABA, Yasumasa³; MASUDA, Satoshi²; IWAI, Kazumasa⁴; MISAWA, Hiroaki¹

¹ 東北大学理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所, ³ 東北大学理学研究科, ⁴ 国立天文台 野辺山太陽電波観測所

¹PPARC, Tohoku University, ²STEL, Nagoya University, ³Dep. of Gephys. Tohoku University, ⁴NSRO, NAOJ

我々は、Type-III 型太陽電波の亜種としてマイクロ Type-III (μ T-III) 電波と称されるべき電波が存在する事を示した (Morioka et al., 2007, ApJ)。この電波は通常のフレアに伴う Type-III 型電波に比べて、強度、頻発性、強度対発生頻度特性、スペクトル構造が明らかに異なり、電波放射をおこす電子ビームの発生源が異なることを示している。今回、この μ T-III の特性をさらに詳しく調べるとともに、その特性から外部コロナ域の探測を試みる。

得られた特性の主なものは、

1. 太陽活動に対する出現特性は、heliospheric current sheet (HCS) の緯度分布変化と良い相関を示す。このことは、 μ T-III の発生域がコロナホール近傍の streamer の出現と深く関係していることを示唆する。
2. 頻発する μ T-III のグループ (継続時間: 数日~10 日) はグループ毎に一定の下限周波数を持ち、かつその下限周波数の分布は統計的に 200 kHz 付近で最大となり 100 kHz を下ることではない。このことは μ T-III を励起する電子ビームは、ある高度までは進めるが、 $f_p=100$ kHz の高度 (およそ 50 Rs) より先には進めない事を示している。
3. この下限周波数の分布は太陽活動依存性を示し、活動期にはより低い周波数 (~100 kHz) まで伸びる。このことは、streamer のプラズマ圧の太陽活動依存性を示唆しているかも知れない。
4. コロナー惑星間空間のプラズマ密度分布を仮定することにより、 μ T-III の周波数トレースから電波が放射されている磁力線形状を推定することが出来る。その結果、太陽面から開き角 $\pm 10-15^\circ$, apex 距離 20-30 Rs の磁力線が導出された。太陽面上に孤立した active region が現れた時のこの磁場形状と STEREO 衛星による streamer 観測とを照合すると、streamer を取り囲むように μ T-III 磁力線が張り出している様子が推定された。

キーワード: マイクロタイプ III バースト, 外部コロナ, 太陽電波, 惑星間空間, 内部陽圏

Keywords: micro-type-III burst, outer corona, solar radio burst, interplanetary space, inner-heliosphere

野辺山電波ヘリオグラフと衛星多視線観測によるコロナのベクトル磁場の導出 Coronal vector magnetic field and the plasma beta determined from the NoRH and multiple satellites observations

岩井 一正^{1*}; 柴崎 清登¹; 野澤 恵²; 高橋 卓也³; 澤田 真平²; 北川 潤⁴; 宮脇 駿²; 柏木 啓良⁵
IWAI, Kazumasa^{1*}; SHIBASAKI, Kiyoto¹; NOZAWA, Satoshi²; TAKAHASHI, Takuya³; SAWADA, Shinpei²; KITAGAWA, Jun⁴; MIYAWAKI, Shun²; KASHIWAGI, Hirota⁵

¹ 国立天文台野辺山太陽電波観測所, ² 茨城大学理学部, ³ 京都大学大学院理学研究科, ⁴ 名古屋大学太陽地球環境研究所, ⁵ 東北大学惑星プラズマ・大気研究センター

¹Nobeyama Solar Radio Observatory, National Astronomical Observatory of Japan, ²Department of Science, Ibaraki University, ³Graduate School of Science, Kyoto University, ⁴Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University, ⁵Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University

太陽コロナでは、フレアやコロナ質量放出現象に代表される爆発現象が数多く発生する。これらはコロナの磁場とプラズマの相互作用によって引き起こされる。よって、コロナ中の磁場、プラズマ密度、温度という環境パラメータを正確に計測することは、コロナにおける諸現象を理解するうえで非常に重要である。

本研究では、野辺山電波ヘリオグラフ (NoRH) による熱制動放射の観測と、STEREO 衛星・SDO 衛星による紫外線の多視線観測を組み合わせることで、コロナのベクトル磁場、プラズマ密度、温度を精密に計測することに成功した。観測では、2013年4月11日に西のリムで発生したフレアのポストフレアループを対象とした。ポストフレアループの視線方向磁場は、NoRHによる熱制動放射の偏波観測によって導出された。ループの地球から見た場合の傾き角はSTEREO衛星から導出された。両者を合わせることで、コロナループのベクトル磁場が導出された。プラズマ密度と温度はSDO衛星に搭載された紫外撮像装置AIAの6枚のフィルタの撮像データから導出された。NoRHによる熱制動放射の電波強度とAIAから求められたプラズマ温度を組み合わせることで、電波放射に寄与するプラズマの密度も導出された。その結果、電波観測から導出された密度は、紫外線観測から導出された密度に対して約40%大きかった。この原因は、AIAの温度感度外の低温プラズマの影響によるものと考えられる。導出された磁場、密度、温度を用いてコロナループの磁気圧とプラズマ圧の比(プラズマベータ)を導出した結果、ループトップ領域で 6.2×10^{-3} であった。本研究で導出したプラズマパラメータはすべて観測に基づいており、特にコロナのベクトル磁場はこれまで導出された中で、最も仮定やモデルの影響が小さいものの一つである。

キーワード: 太陽, コロナ, 磁場, 偏波観測, 野辺山電波ヘリオグラフ

Keywords: Sun, corona, magnetic fields, polarization observation, Nobeyama Radioheliograph

宇宙線強度と光球磁場および太陽風速度 Relationships among cosmic ray intensity, the photospheric magnetic field, and solar wind speed

袴田 和幸^{1*}; 徳丸 宗利²; 藤木 謙一²; 小島 正宜²
HAKAMADA, Kazuyuki^{1*}; TOKUMARU, Munetoshi²; FUJIKI, Ken'ichi²; KOJIMA, Masayoshi²

¹ 中部大学, ² 名古屋大学太陽地球環境研究所
¹ Chubu University, ² Solar-Terrestrial Environment Laboratory

本研究ではまず、袴田が開発したコロナ磁場モデル (Radial-Field Model) とキットピークの光球磁場観測値を用いてコロナ中の磁力線三次元構造を可視化し、光球面から惑星間空間へと開いた磁力線上の、光球磁場動径成分 (Br_{pho}) とソース面上のコロナ磁場動径成分 (Br_{sou}) を計算する。また、名古屋大学太陽地球環境研究所の IPS 観測を用いて太陽風速度 (SWS) を求める。今までに行った、カリントンローテーション毎のデータ解析によれば、 $\text{Log}_{10}|Br_{\text{pho}}|$ と $\text{Log}_{10}|Br_{\text{sou}}|$ の値が、(1) $-1.0 \leq \text{Log}_{10}|Br_{\text{pho}}| \leq 1.5$, ($0.1 \text{ G} \leq |Br_{\text{pho}}| \leq 31.6 \text{ G}$), (2) $-1.5 \leq \text{Log}_{10}|Br_{\text{sou}}| \leq 0.0$, ($0.0316 \text{ G} \leq |Br_{\text{sou}}| \leq 1.0 \text{ G}$), の範囲の磁力線に限ると、SWS, $\text{Log}_{10}|Br_{\text{sou}}|$, $\text{Log}_{10}|Br_{\text{pho}}|$ の間に強い相関のあることが分かっている。本研究では、さらに、Oulu 中性子モニター強度 (NM) を加え、NM, SWS, $\text{Log}_{10}|Br_{\text{pho}}|$ のカリントン周期にわたる平均値の関係について調べた。その結果、(1) と (2) の範囲の磁力線に限ると、 $\text{Log}_{10}|Br_{\text{pho}}|$ -NM の間には単相関係数で $r=-0.773$ の良い負の相関があり、SWS-NM の間には単相関係数で $r=0.703$ の良い正の相関があることが分かった。また同時に、 $\text{NM} = a + b * \text{SWS} + c * \text{Log}_{10}|Br_{\text{pho}}|$ の回帰式を仮定すると、 $a = 6363$, $b = 1.186$, $c = -1400.0$, となり、NM, SWS, $\text{Log}_{10}|Br_{\text{pho}}|$ の間には $r = 0.785$ の良い重相関のあることも分かった。しかしながら、以前の研究結果から、 $\text{Log}_{10}|Br_{\text{pho}}|$ -SWS の間にも単相関係数で $r=-0.802$ の非常に良い負の相関があることが分かっているため、(a) $\text{Log}_{10}|Br_{\text{pho}}|$ -NM, (b) SWS-NM, (c) $\text{Log}_{10}|Br_{\text{pho}}|$ -SWS の間の偏相関係数を調べたところ、それぞれの間に、(a) $r=-0.294$, (b) $r=0.130$, (c) $r=-0.364$ の偏相関のあることが分かった。この結果は、中性子モニターで観測される地球周辺の宇宙線強度は、太陽から惑星間空間へと開いている磁力線の根元の光球磁場強度と、その磁力線が満たす惑星間空間の太陽風速度により決まっているが、光球磁場強度への依存性の方が太陽風速度への依存性よりも強いことを示している。

キーワード: 宇宙線強度, 光球磁場, 太陽風速度

Keywords: cosmic ray intensity, photospheric magnetic field, solar wind speed

アイソン彗星 (C/2012 S1) のプラズマテイルは惑星間空間シンチレーションを引き起こしたか？ Does a Plasma Tail of Comet ISON (C/2012 S1) Cause the Interplanetary Scintillation?

伊集 朝哉^{1*}; 阿部 新助²; 徳丸 宗利³
IJU, Tomoya^{1*}; ABE, Shinsuke²; TOKUMARU, Munetoshi³

¹ 名大・理学・素粒子宇宙物理, ² 日大・理工・航空宇宙工学, ³ 名古屋大学太陽地球環境研究所
¹Particle and Astrophysical Science, Nagoya-University, ²Aerospace Engineering, CST, Nihon-University, ³Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya-University

C/2012 S1 (ISON) (以下アイソン彗星) は、2013年11月28日の近日点通過までの間に0.1天文単位以上に発達したプラズマテイルを見せた。プラズマテイルは、彗星核から噴出して電離したガスが太陽からのプラズマ流(太陽風)と相互作用して太陽と反対の方向にたなびいたものである。今回我々は、惑星間空間シンチレーション(IPS)データを用いてアイソン彗星のプラズマテイルを調査した。IPSは、太陽風のプラズマ密度ゆらぎによる電波の散乱現象であり、コロナ質量放出(CME)のような惑星間擾乱がIPSの突発的増加を引き起こすことが良く知られている。彗星のプラズマテイルもIPS増加の原因になりうると予想されており、これまでに複数の研究者によってC/1973 E1 (Kohoutek) や1P/Halleyなどを対象に調査が行われた(e.g. Ananthakrishnan *et al.*, 1975, 1987; Slee *et al.*, 1987; Abe *et al.*, 1997; Roy *et al.*, 2007)。しかしながら、現在のところ彗星プラズマテイルによるIPSについて確定的な結論は得られていない。我々は、11月1日から28日までの期間にアイソン彗星のプラズマテイルに接近した電波天体を特定し、名古屋大学太陽地球環境研究所のSolar Wind Imaging Facility (Tokumaru *et al.*, 2011) で取得したIPS観測データを解析した。その結果、プラズマテイル由来のIPSの可能性のあるシンチレーション指数の増加を4例確認した。本発表では、これら4例の初期観測成果を報告し、彗星プラズマテイルによるIPSについて議論する。

キーワード: アイソン彗星 (C/2012 S1), 彗星プラズマテイル, 電波シンチレーション
Keywords: Comet ISON (C/2012 S1), Cometary plasma tail, Radio scintillation

太陽風中で観測される波動スペクトルに対する位相速度と群速度の影響 Effects of phase and group velocities on wave spectra observed in the solar wind

津川 靖基^{1*}; 加藤 雄人¹; 寺田 直樹¹
TSUGAWA, Yasunori^{1*}; KATOH, Yuto¹; TERADA, Naoki¹

¹ 東北大学理学研究科地球物理学専攻
¹Department of Geophysics, Tohoku University

Waves propagating in a plasma medium which has a relative velocity to the observer are differently observed in the spectra from those in the plasma rest frame. As known in general, the observed frequency is Doppler shifted by the relative velocity between the medium and the observer, V_{rel} . The frequency shift is the result of the difference of the phase velocities of the waves in the medium rest frame and in the observer frame. When the wave vector has a finite angle with respect to V_{rel} and the component of V_{rel} parallel to the wave vector is considerable to the phase velocity, the difference of the phase velocities between the frames and the frequency shift become significant.

We note that the observed spectral density is also modified by V_{rel} . The modification of the spectral density is the result of the difference of the group velocities of the waves in the medium rest frame and in the observer frame. When the component of V_{rel} parallel to the group velocity vector is considerable to the group velocity, the difference of the group velocities between the frames and the modification of the spectral density become significant. In order to estimate the amount of the modification, we derive the analytical expression of the modified spectral density in the observer frame.

It is important to consider not only the frequency shift but also the modification of the spectral density of waves observed by spacecraft in a moving plasma, such as the solar wind. Indeed, the phase and group velocities of whistler-mode waves cause significant frequency shift and modification of the spectral density in the solar wind. By the modification of the spectral density, we can explain the characteristic properties of '1 Hz waves', which have been generally observed in the upstream regions of various bodies, and suggest that the broadband upstream whistlers are the same source waves. The understanding of the effects is necessary to reveal the true nature of waves propagating in a moving plasma and to discuss their generation processes.

かぐや衛星によって月の昼夜境界付近で観測された8Hzホイッスラー波 Monochromatic whistler waves at 8 Hz observed by Kaguya above the terminator of the Moon

橋本 彰¹; 中川 朋子^{1*}; 綱川 秀夫²; 高橋 太²; 渋谷 秀敏³; 清水 久芳⁴; 松島 政貴²
HASHIMOTO, Akira¹; NAKAGAWA, Tomoko^{1*}; TSUNAKAWA, Hideo²; TAKAHASHI, Futoshi²; SHIBUYA, Hidetoshi³
; SHIMIZU, Hisayoshi⁴; MATSUSHIMA, Masaki²

¹ 東北工業大学工学部情報通信工学科, ² 東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻, ³ 熊本大学大学院自然科学研究科, ⁴ 東京大学地震研究所

¹Information and Communication Engineering, Tohoku Institute of Technology, ²Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, ³Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto, ⁴Earthquake Research Institute, University of Tokyo

月には地球のような大規模な磁場がなく、太陽風プラズマが直接月面や局所磁場に衝突するため、地球とは異なる太陽風相互作用が起きている。月の近傍、特に昼間側及び昼夜境界付近で観測される磁場変動には、大きく分けて(1)月面で反射した太陽風イオンとのサイクロトロン共鳴によって起こる約100秒周期の磁気流体(MHD)波動と、(2)反射された太陽風電子との共鳴で起こる0.3-10HzのELF帯のホイッスラー波があるが、(2)のホイッスラー波のうち、帯域の狭いもの周波数は1-2Hzのことが多い。これは、反射粒子によって太陽風の上流に向かって伝搬する波の位相速度が太陽風速より遅く、衛星座標から見た場合にドップラーシフトによって周波数が下がって見えるためである。偏波も、もともと背景磁場に対して右回りだったホイッスラー波が衛星から見た場合に左回りに裏返って見えることが多い。

今般、かぐや衛星によって8 Hz付近に周波数幅の狭い波が発見された。2008年1月1日から9月30日までの間で月が太陽風にさらされていた期間中に観測された磁場データ(サンプリング周波数32Hz)を使用し、32秒ずつフーリエ変換してえたスペクトル中4-16 Hzの範囲で周波数幅0.15Hz以上にわたって周囲の周波数帯よりも10倍以上パワーが強くなっている場合4529例を現象として検出した。発生頻度の分布をとると、昼夜境界と極付近(これも昼夜境界)に多かった。月に固定した座標で見た場合は、地球から遠い側の南半球に集中していたが、これは月の磁気異常の位置と一致する。最小変化法で伝搬方向を求めると背景磁場に沿っており、偏波方向は右回りであった。これらの性質から、この波は反射電子との共鳴によって励起されたホイッスラー波が下流に向かって伝搬し、ドップラーシフトによって周波数が上昇して観測されたものと考えられる。

キーワード: 月, かぐや衛星, ホイッスラー波, ホイスラ, 太陽風, ドップラーシフト
Keywords: moon, SELENE, KAGUYA, MAP/LMAG, whistler wave, solar wind