

AMATERAS によって観測された太陽電波 IV 型バースト中の zebra pattern の偏波特性 Polarization characteristics of zebra pattern in type IV solar radio bursts observed with AMATERAS

金田 和鷹^{1*}; 三澤 浩昭¹; 土屋 史紀¹; 小原 隆博¹; 岩井 一正²
KANEDA, Kazutaka^{1*}; MISAWA, Hiroaki¹; TSUCHIYA, Fuminori¹; OBARA, Takahiro¹; IWAI, Kazumasa²

¹ 東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター, ² 国立天文台野辺山太陽電波観測所

¹Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University, ²Nobeyama Solar Radio Observatory, National Astronomical Observatory of Japan

太陽電波 IV 型バーストはメートル波長帯からデシメートル波長帯にかけて観測される電波放射で、閉じた磁力線に捕捉された非熱的電子に起因するとされている。IV 型バースト中には様々なスペクトル微細構造が存在することが知られており、それらのスペクトル構造はコロナ中の放射源や電波伝搬域のプラズマ環境を反映したものである。その中に zebra pattern (ZP) と呼ばれる微細構造は狭帯域の放射が周波数方向に並んだ縞模様のようなスペクトル形状を示す現象が時折出現することが知られている。このような ZP の特徴はコロナのプラズマ環境を理解する上で有用であるが、その詳細な生成メカニズムは特定されていない。この ZP について、これまでに考えられているシナリオの検証を通して、その放射及び伝搬過程を明らかにすることがこの研究の目的である。

本研究では、2011 年 6 月 21 日に 200MHz 付近で観測された ZP の偏波について、特にその周波数特性に着目し、太陽電波望遠鏡 AMATERAS により得られた高分解能スペクトルデータを用いた解析を行った。主な観測結果は以下にまとめられる。1) ZP は両円偏波成分に現れていたが、右回り成分が卓越しており、その円偏波率は 50-70% で周波数依存性はほとんど見られない。2) 右回り成分と左回り成分の周波数には数十 kHz のずれが生じており、そのずれは放射周波数により異なっている。3) 右回り成分と左回り成分の出現には顕著な時間差があり、右回り成分に対して左回り成分が約 60ms 遅れて出現し、時間差には弱い周波数依存性がある。ZP が、その発生過程として有力な DPR(Double Plasma Resonance) で放射されたと仮定して、1)~3) の偏波特性が現れた過程を検討した。その結果、ZP が O モードで放射された後、放射源のごく近傍でその一部が、イオン音波やホイッスラーモード波動などの低周波波動との相互作用により X モードに変換されることで周波数ずれが生じ、そこから伝搬する O モードと X モードの群速度の違いにより時間差が発生した可能性が高いことが示唆された。

Keywords: Solar radio, Zebra pattern, Polarization, AMATERAS

AMATERAS で観測された太陽電波 II 型バーストのスペクトル微細構造の統計解析 Statistical analysis of spectral fine structures in solar radio type II bursts observed with AMATERAS

柏木 啓良^{1*}; 三澤 浩昭¹; 土屋 史紀¹; 岩井 一正²; 小原 隆博¹

KASHIWAGI, Hirota^{1*}; MISAWA, Hiroaki¹; TSUCHIYA, Fuminori¹; IWAI, Kazumasa²; OBARA, Takahiro¹

¹ 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, ² 国立天文台野辺山太陽電波観測所

¹Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, ²Nobeyama Solar Radio Observatory, National Astronomical Observatory of

太陽電波 II 型バーストは、太陽コロナ質量放出 (CME) に伴う衝撃波付近で加速された電子によって発生すると考えられている。この中に、継続時間が 1 秒未満と非常に短い多数のスペクトル微細構造によって形成されている現象が存在することが報告されている (佐藤他、第 26 回 JpGU 講演会他)。このようなスペクトル微細構造は加速された非熱的な電子ビームの挙動を反映しているものと解釈されており、衝撃波に伴う粒子加速における貴重な情報を持っていると考えられている。

本研究では、東北大学が所有するメートル波帯太陽電波望遠鏡 AMATERAS (Iwai et al., 2012) を用いてスペクトル微細構造を伴う II 型バーストの一般性の査定と、スペクトル微細構造の特徴を明らかにするための統計解析を行った。AMATERAS は時間分解能 10msec のスペクトルデータを連続的に取得可能で、2010 年秋の観測開始以降、多くの太陽電波バーストの観測に成功している。

本研究では、この AMATERAS データベースから、II 型バーストの出現を 9 例同定した。これらの II 型バーストには、全体的なスペクトル構造に、基本波・二倍高調波、バンドスプリット構造をもつものがみられたが、特筆すべき点は、9 例のどれもスペクトル微細構造が確認されたことである。このことからスペクトル微細構造は II 型バーストにおいて一般的な特徴である可能性が示唆される。また、これら 9 例の中から 3 例の II 型バーストに関して、さらにスペクトル微細構造の周波数ドリフトに関する解析を行った。その結果、3 例ともスペクトル微細構造の個々の周波数ドリフト率は、100MHz/s を越えるような大きな値のものが多く含まれていることが分かった。定常コロナ密度を用いて、この周波数ドリフト率を粒子速度に変換すると光速を越える非現実的な値になることが分かった。これは、過去に報告された II 型バースト微細構造の周波数ドリフト率の結果 (佐藤他、第 26 回 JpGU 講演会他) と同様であり、定常コロナ密度とは異なる密度分布の下で電波が生成された可能性を示唆するが、具体的な電波生成過程や粒子加速機構に関する理解は課題となっている。本講演では、個々の II 型バーストのスペクトル微細構造の周波数ドリフト率の特性を紹介するとともに、想定される II 型バーストの生成過程に関して議論を行う予定である。

キーワード: コロナ, 粒子加速, 電波バースト, スペクトル微細構造, AMATERAS

Keywords: corona, particle acceleration, radio burst, spectral fine structures, AMATERAS

HF～VHF帯太陽電波新観測装置の初期観測結果 Preliminary results of a new solar radio wave observing system in the HF to VHF band

三澤 浩昭^{1*}; 小原 隆博¹; 岩井 一正²; 土屋 史紀¹

MISAWA, Hiroaki^{1*}; OBARA, Takahiro¹; IWAI, Kazumasa²; TSUCHIYA, Fuminori¹

¹ 東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター, ² 国立天文台野辺山太陽電波観測所

¹Planet. Plasma & Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ., ²Nobeyama Solar Radio Obs., Nat'l Astron. Obs. Japan

Tohoku University has developed a new radio receiving system in the HF to VHF band in the Zao observation station. This system enables us to investigate fundamental plasma processes of particle acceleration, heating and plasma environment with the existing solar radio telescope IPRT/AMATERAS in the radial distance of about 1.1Rs - 4Rs from the photosphere. Furthermore, it also potentially contributes to disaster science/space weather research by enabling to obtain early information on occurrence of solar energetic particle events. The new system will consist of wide-band antenna array and high resolution spectro-polarimeter. In the last autumn the first set of antennas was constructed and tentative observations were started with low time and frequency resolutions. Although it is a minimum configuration, some wide-band solar radio bursts have been detected. In the presentation, we will introduce the new radio observing system and also show preliminary results of observed radio bursts.

キーワード: 太陽, 電波, 望遠鏡, HF, VHF

Keywords: solar, radio, telescope, HF, VHF

衛星かぐやが月周辺で観測した周波数帯3—10Hzの磁場変動の強さについて On the intensity of the 3-10 Hz magnetic fluctuations observed by Kaguya near the moon

渡邊 祐輔^{1*}; 照井 孝輔¹; 香川 翔吾¹; 中川 朋子¹; 綱川 秀夫²

WATANABE, Yusuke^{1*}; TERUI, Kousuke¹; KAGAWA, Shogo¹; NAKAGAWA, Tomoko¹; TSUNAKAWA, Hideo²

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

¹Information and Communication Engineering, Tohoku Institute of Technology, ²Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

月には大きな磁場がないため、月面に太陽風が当たるとほとんどの太陽風粒子は吸収されるが、一部は月面で反射することが月周回衛星かぐやの観測によって発見された。反射した太陽風粒子は磁場を変動させることがわかっている。

衛星かぐやが月周辺で観測した0.1Hzから10Hzの周波数帯の磁場変動(ホイッスラー波)は、月の日照側で強く、また固有磁場の上空でさらに強くなる事から、エネルギー源は反射粒子であると考えられるが、その発生メカニズムの詳細はわかっていない。反射粒子は太陽風が速いときに多いので、太陽風が速い時ホイッスラー波も強くなると予想し、太陽風速度と月周辺の磁場変動強度の関係を調べることにした。

月周辺の磁場データとして、衛星かぐやに搭載された磁場観測装置(LMAG)が観測した磁場3成分(サンプリング周波32Hz)を使用した。2008年3月1日から11月30日までのうち、月が太陽風に晒されている期間に観測された磁場データを使用する。この期間の衛星高度は月面から100kmであった。太陽風速度のデータには、衛星ACEに搭載されたSWEPAMが観測した太陽風速度を用いた。衛星ACEは衛星かぐやよりも約100万km上流側で観測を行っていたので、2つの衛星間の距離を太陽風が流れてくるのに要する時間分を遡ったデータを使用した。

磁場データを32秒ずつの区間に分けてフーリエ変換し3Hzから10Hzのパワーを合計して磁場変動の強さとし、これと太陽風速度との相関を調べたが、予想したような相関はみられなかった。月面上の場所によって固有磁場が異なり太陽風の反射率も異なると考えられるので、同じ場所(50m以内)で異なる日時に観測された磁場変動強度同士を比べても、太陽風速度とホイッスラー波のパワーの間に明確な関係はみられなかった。

一方、ほとんど同じ場所であっても、衛星かぐやと月面が磁力線で繋がっているとホイッスラー波は強く観測され、磁力線が繋がっていない時は観測されないことがわかった。衛星と月面上の磁気異常が磁力線で繋がっているときに磁場変動が強く、反射プロトンが衛星で観測されている場合であっても、磁力線の繋がりが途絶えた時には波も途絶えることがわかった。これより、3Hzから10Hzの磁場変動は、衛星より月面に近い高度で発生していると考えられる。

「ひさき」衛星による惑星間空間のヘリウム分布 Helium distribution in interplanetary space by Hisaki satellite

山崎 敦^{1*}; 吉岡 和夫¹; 村上 豪¹; 木村 智樹¹; 土屋 史紀²; 鍵谷 将人²; 坂野井 健²; 寺田 直樹²;
笠羽 康正²; 吉川 一朗³
YAMAZAKI, Atsushi^{1*}; YOSHIOKA, Kazuo¹; MURAKAMI, Go¹; KIMURA, Tomoki¹; TSUCHIYA, Fuminori²;
KAGITANI, Masato²; SAKANOI, Takeshi²; TERADA, Naoki²; KASABA, Yasumasa²; YOSHIKAWA, Ichiro³

¹JAXA 宇宙研, ² 東北大, ³ 東京大

¹ISAS/JAXA, ²Tohoku Univ., ³Univ. Tokyo

ひさき (SPRINT-A) 衛星は長期間継続した惑星観測が唯一無二の特徴であるが、惑星観測の合間を利用して惑星間空間からの極端紫外散乱光も観測している。本講演では、ひさき衛星で観測する惑星間空間からの散乱光を導出し、ひさき衛星を用いた惑星間空間のリモートセンシングを議論する。

キーワード: 惑星間空間ヘリウム, 極端紫外光観測

Keywords: Interplanetary helium, EUV observation

中心星からの高エネルギー粒子の侵襲による惑星中層大気の電離モデルの開発 Model simulations of ionizations at the planetary atmosphere induced by energetic particles from a central star

森前 和宣^{1*}; 佐藤 達彦²; 齊藤 滉介¹; 前澤 裕之¹
MORIMAE, Kazunori^{1*}; SATO, Tatsuhiko²; SAITO, Kosuke¹; MAEZAWA, Hiroyuki¹

¹ 大阪府立大学大学院理学系研究科, ² 日本原子力研究開発機構
¹Osaka Prefecture University, ²Japan Atomic Energy Agency

中心星の活動が、系内外の惑星中層大気にどのような影響を与えているか理解を深めるべく、我々は10m電波望遠鏡SPART(Solar Planetary Atmosphere Research Telescope)を用いて、まずは身近な太陽系の地球型惑星、金星と火星の中層大気の微量分子、特に一酸化炭素(CO)のミリ波帯回転スペクトル線の監視・モニタリングを推進している。例えば二酸化炭素(CO₂)を主大気とする惑星に、中心星からの紫外線が照射されるとCO₂はCOに光解離される。中心星に起因するこうした光解離以外の影響、例えば太陽フレアやコロナ質量放出に伴う高エネルギー粒子が中層大気の物理的・化学的狀態にどの程度影響を及ぼしているかを探るため、我々はベータ・ブロッホの解析公式を用いた高エネルギー粒子の降込みをシミュレーションする数値解析モデルを開発した。金星・火星大気は、磁場で守られていないため太陽イベントに直接暴露された状態であり、またCO₂が主大気であるため、過去の地球含めた系内外の惑星大気環境を理解する上で、重要なシミュレーションのターゲットである。比較的大きなフレアで発生する1 MeV - 1 GeVのプロトンの鉛直入射の場合、金星では高度が80-90 km付近、火星では地表付近で電離度がピークとなることが分かった。我々はさらに日本原子力研究開発機構のParticle and Heavy Ion Transport code System (PHITS)のモンテカルロ・シミュレーションモデルの地球型惑星大気への応用を試みた。このコードでは最新の核反応データベースや、proton, neutron, photonだけでなく、electron, positron, pion, neutron, muon, kaonなどの輸送アルゴリズムも組み込んでいる。このモンテカルロ・シミュレーションの結果は、プロトンの入射に伴う金星・火星大気の電離の高度分布について、前述の解析モデルの結果と非常に良い一致を見せた。また、金星の場合、80 kmよりも低層で生じる電離には、プロトンよりも発生した中性子の寄与が大きいことも分かった。これらCO₂の電離反応の一部がCOの生成を促す。

本講演では、これらモデル計算の結果について報告を行う。

キーワード: 地球型惑星, 惑星大気, フレア・CME, 高エネルギー粒子, ヘテロダイン分光, 電波望遠鏡

Keywords: terrestrial planet, planetary atmosphere, flare and CME, high-energy particle, heterodyne spectroscopy, radio telescope