

修士論文

太陽静穏時の III 型電波バーストの出現特性の研究

Study of occurrence characteristics of type III radio bursts
in the solar quiet period

東北大学大学院理学研究科
地球物理学専攻

松本 紗歩

指導教員：三澤浩昭 准教授

要旨

太陽電波 III 型バーストは、太陽面の爆発現象であるフレアに伴って出現する突発的な電波放射の一つである。出現周波数は GHz 帯から kHz 帯まで広範囲におよび、周波数の高い方から低い方へ向かって大きな負の周波数ドリフトを示す特徴を持つ。その出現過程としては、磁気リコネクションによって生成された電子ビームが開いた磁力線に沿って上昇し、周辺のプラズマを伝搬する際にプラズマ波(ラングミュア波)を励起し、そのプラズマ波が電磁波に変換されたものと考えられている。一方、磁力線に沿って下降する粒子は、彩層の高密度プラズマ域に突入してクーロン衝突によりプラズマを加熱し、ガス圧が上昇する。この結果、熱化した彩層プラズマがコロナループを満たすことで軟 X 線が発生する。太陽フレアの際に緩やかに上昇して観測される軟 X 線フラックスは、フレアの全エネルギーを表す指標と考えられ、フレアの大きさを表す指標として一般的に用いられている。以上のように、III 型バーストと軟 X 線の放射はフレア発生時の磁気リコネクションの発生が関与していると考えられ、両者の間には高い相関関係があることが想定される。

一方、東北大学の太陽電波望遠鏡 AMATERAS で観測されたメートル波帯 III 型バーストの出現と GOES 衛星で観測された太陽軟 X 線フラックスを比較すると、顕著な軟 X 線フレア時に発生する III 型バーストと同じような特徴(大きな負の周波数ドリフトを持ち、同じような周波数帯で発生)をもつバーストが、フレアが観測されていないときにも数多く出現することが分かった。このことは、軟 X 線フレアとしては認識されないものの、高エネルギー粒子生成に寄与する過程が起きていることを示唆する。そこで本研究では、軟 X 線の変動の小さな、太陽活動静穏時の III 型バーストに着目し、統計解析とイベントスタディを通してその出現特性を明らかにすることを目的に研究を行った。このような、太陽活動静穏時の III 型バーストの特徴について系統的に調査された研究は従来報告されていない。

統計解析では、III型バーストのスペクトルから算出したバーストのエネルギー、ドリフトレート、バーストの開始周波数、帯域幅などのパラメータとGOES衛星による軟X線フラックスの変化分を比較した。その結果、軟X線変動とIII型バーストのエネルギー総量または平均エネルギーの間には相関がみられるものの、分散も大きいこと、軟X線変動とドリフトレート、バースト出現周波数などとは相関が見られないことが分かった。これらのことから、以下のことが示唆された。

- A. III型バースト発生に関わる高エネルギー粒子の数量がフレア発生時の軟X線の変動の要因となる可能性がある。
- B. III型バーストの出現エネルギーは、太陽方向へ降下しプラズマ加熱に寄与する粒子量だけで決定されるのではなく、付加的な原因が必要である。
- C. III型バーストの出現時に発生する高エネルギー粒子のエネルギーや、高エネルギー粒子が発生する太陽光球面からの高さは、太陽方向への降下する粒子によるプラズマ加熱量を決定する主要因ではない。

続いて、イベントスタディでは、硬X線の観測からそのおおよその発生場所が推定されているIII型バーストイベントについて、X線同様にIII型バーストの出現との関与が示唆されている太陽EUVの撮像データを用いて、電波バーストと太陽大気現象の関係の精査を試みた。本研究では、特に、「III型バーストのエネルギーが1桁以内に収まるものの、出現時の軟X線変化量が3桁以上異なる」場合の4例について解析した。この結果、軟X線変動の小さなバーストの場合、EUVの明るさの変化している領域範囲は小さく、特に軟X線変化がほとんどないような太陽活動極静穏時のバーストの場合は、EUVの発光領域がより限定されることが分かった。このことは、フレア発生に関わるリコネクション関与域のサイズにより、リコネクション発生後に太陽面付近に生じる磁気ループサイズは異なり、ループが小さく、太陽面に近づく場合、磁気ループ中のプラズマは速やかに冷却し、軟X線放射量が小さくなるとする先行研究の考えと矛盾しない。一方、統計解析から示された「同程度の軟X線変動量であってもバーストのエネルギー量が2桁程度異なる」場合については、該当するイベントに対して硬X線データから粒子降下域の情報が得られなかったため、本研究ではその原因を探ることが出来なかった。解析する現象数を増やし、更に統計解析並びにイベント解析を進め、より確度の高い考察を行ってゆくことが今後の課題である。

本研究ではさらに、III型バーストのエネルギーと発生頻度を比較することによって、統計的にバースト生成過程の特徴を探った。この結果、太陽活動静穏時に発生するメートル波帯のIII型バーストは、その強弱によらず全て同じ生成過程によって放出されていることが示唆された。