

S-N burst の解析にもとづく木星デカメートル波 S バーストの放射機構の可能性

Possibility of the radiation mechanism of the S-bursts deduced from the results of analyses of the S-N bursts

大矢 克[1], 大家 寛[1], 飯島 雅英[2]
Masaru Oya[1], Hiroshi Oya[2], Masahide Iizima[3]

[1] 東北大・理・地球物理学, [2] 東北大・理・地物

[1] Geophysical Institute, Tohoku University, [2] Geophysical Ist. Tohoku Univ., [3] Geophysical Inst., Tohoku Univ.

木星デカメートルSバースト電波は、しばしば500kHz程度のバンド幅をもつ狭帯域放射と相互作用を起こしている。このときS-burstとは別に、Trailing edgeという周波数下降性スペクトルが観測されている。これらの解析から、従来議論されてきたS-burstの出現は見かけ上のものではなく、物理的な放射領域の出現、ひいては加速領域の生成によるものであると結論できた。このことは、従来述べられてきたように、加速領域は電離層上部のみに存在するのではなく、高度数千kmから3万kmと広い範囲にごく狭い加速領域が存在すると考えられる。

1. 従来の仮説

木星デカメートル電波S-burstは、100msecの間に数MHzにわたる周波数ドリフト率をもって連続的にディスクリットスペクトルの周波数を変化させる特徴ある電波放射現象として知られ、その起源はIo Flux Tubeに沿って光速の10%前後の速度で上昇する電子ビームによるコヒーレント放射と考えられている。しかしながら、この電子ビームの具体的な加速メカニズム、ひいてはその加速領域がどこに存在するか、未だ未解明のままになっている。従来から、この加速領域の位置を解明する手がかりとして、S-burstのダイナミックスペクトル上での傾きを表すDrift Rateの周波数依存性の解析が行われてきた。Leblanc et al. (1980)、Riihimaa (1975, 1978)などによって5MHz~32MHzで観測されたS-burstのDrift Rateが観測周波数に対して正の相関があることが示されている。このことから、電子ビームは木星電離層上部で加速され、磁気モーメントを保存しつつ上昇する現象であり、速度は光速の10、赤道でのピッチ角は、0.5度程度と推測されてきた。しかしながら最近、Zarka et al. (1998)によってより高い周波数において急激にドリフトレートが減少するとの報告がなされた。彼らは、電子ビームの加速領域はIo衛星付近とし、加速された電子ビームが磁力線沿いに降下、ミラー反射により上昇するモデルを提案している。これらの結果の相異は、高い周波数でのS-burstの観測例が少ないことが原因と考えられ、未だ加速領域がIo付近なのか、また木星電離層上部なのか結論が出ていないのが現状である。

2. S-N burst の解析

このS-burstが、他の種類の木星デカメートル電波現象と相互関係を示す場合がしばしば観測される。これはスペクトルのみかけ上の問題ではなく物理的な相互作用が予測されるが、この様相を解明することは、S-burstの発生機構を一般的に解明する鍵となる可能性がある。本研究では、特に500kHz程度のバンド幅をもち、ほぼ一定の放射周波数を示す狭帯域放射とSバーストが相互関係を示すS-N burstに着目して解析をおこなった。高時間分解能によるダイナミックスペクトル上で、この相互関係は、狭帯域放射とSバーストが交差し、狭帯域放射が一時的に中断する形で起こる。したがって、この場合、周波数ドリフト率の異なるディスクリットな2つの周波数下降性スペクトルが観測され、この内、ドリフト率の少ない、すなわち、スペクトル上で傾きの緩い放射は、Trailing Edgeと呼ばれている。

従来、この種の放射は同じ場所から二つの傾きの違うSバーストが発生し、そのバーストには含まれた領域での狭帯域放射はなんらかの作用で、放射が中断、もしくは放射角度が変わり地球で観測されないと考えられていた。しかし、今までの我々がおこなった解析の結果により、Trailing Edgeを示す放射は、基本的に、相互関係を持つS-burstの出現位置から始まる狭帯域放射そのものであり、この放射源位置が平衡して持続する狭帯域放射源位置まで移動過程として起こる周波数下降現象であることを確認している。

3. 新しいS-burstモデルの提唱

このことは、従来議論されていたS-burstの発生機構を大きく考え直す必要を示している。Io付近で加速するモデル、木星電離層上部で加速するモデルどちらも共通して、S-burstの移動周波数幅が数MHz程度と予想される電子ビームの移動距離と比較して狭い領域でしか観測されない問題が存在する。従来この原因として、放射源と観測者の位置関係に関わって波動の伝搬方向に関連する受信条件に関わって起きるみかけの現象によると考えられていた。つまり、電子ビームは、電離層上部付近で加速され、上層に移動、そして放射方向が地球にむく条件に入った位置でS-burstとして観測されていると考えられていた(Ellis, 1982; Zarka, 1998)。しかし、今回の研究に

において、Trailing Edge が S-burst と同時に発生することが明確になり、このことは S-burst の周波数範囲が、放射源と観測者の位置関係による見かけの現象という仮定を否定し、S-burst の出現位置は物理的にも放射源が出現することを示している。さらに、S-burst の加速領域は、電離層上部のような低い高度に限るのではなく、その範囲が高度数千 km から 3 万 km にわたる領域に比較的狭い加速領域が出現すると結論できる。また関連する N-burst の発生領域は、S-burst を発生させる磁力線にかかる電位差を反映していると考えられる