

# 論文内容要旨

(No.1)

氏名	中川 史丸	提出年	平成13年
学位論文の 題名	Study on source characteristics of Jovian hectometric radio emissions (木星ヘクトメータ電波の放射源特性に関する研究)		

## 論文目次

### Acknowledgements

### Abstract

### Chapter 1. General Introduction

### Chapter 2. Review of General Characteristics of Jovian Hectometric Radiation

- 2.1 Jovian non-thermal radio emissions
- 2.2 Observed Characteristics
- 2.3 Polarization and Generation mechanism
- 2.4 Source locations

### Chapter 3. Data and Analysis

- 3.1 Ulysses/URAP, SWOOPS
- 3.2 Galileo/PWS
- 3.3 Wind/WAVES

### Chapter 4. Results of Analysis: Occurrence characteristics of Jovian hectometric radiations

- 4.1 System III periodicity
- 4.2 Declination dependence
- 4.3 North-south asymmetry
- 4.4 Local time dependence
- 4.5 Solar wind dependence
- 4.6 Solar activity dependence
- 4.7 Periodicity

### Chapter 5. 3D Ray-Tracing Analysis

- 5.1 Method of the 3D ray-tracing analysis
- 5.2 Problems of ray-tracing
- 5.3 Simulation results

### Chapter 6. Discussion

- 6.1 Occurrence characteristics of Jovian HOM emissions
- 6.2 Solar wind dependence
- 6.3 Solar activity dependence
- 6.4 Relationship between HOM and DAM emissions

### Chapter 7. Conclusions

### References

## 論文内容要旨

太陽系最大の惑星である木星は、非常に強力な磁場を持ち、高速で自転している。このため太陽系内惑星の中で、最も活動的な磁気圏を有している。この木星磁気圏からは、非常に広い周波数帯域にわたって非熱的な電磁波が放射されていることが知られている。この中で、木星ヘクトメータ電波(以下HOM)は、数100kHzから数MHzの周波数帯で放射されている強い電磁波である。このHOMは、木星極域から放射されることから、その放射特性は、放射源領域でのプラズマ・電磁環境を反映しているものと考えられる。したがって、HOMは木星極域におけるこれらの情報を持つことになり、HOMの出現特性、放射特性を調べることは木星磁気圏内の電磁環境やプラズマダイナミクスを解明する手がかりとなり得る。しかしながら、HOMは周波数帯が低く、地球電離層で反射されてしまうため、地球周回衛星や探査機によってのみ観測が行われてきた。このため、これまで観測例が少なく、詳細な出現特性、放射源位置など解明されていない点、数多く残されている。本研究では、NASAで公開されているUlysses探査機、Galileo探査機、WIND探査機のデータを用いて、統計解析を行い、HOMの詳細な出現特性、周期性を解明した。さらに3次元 Ray-tracingシミュレーションを行い、観測から得られた出現特性の再現を試み、HOMの放射パラメータ、放射源分布の推定を行った。

まず、木星の自転に伴うHOMの放射強度特性及び太陽風変動に伴うHOMの変調を解明することを目的として、Ulysses探査機データを用いた解析を行った。Ulysses探査機のデータ解析では、最小自乗法を用いたノイズの除去により、正確な強度での議論を行うことができた。その結果、以下のようなことが示された。

- 強度データの統計解析により、HOMのSystem III 経度強度特性を調べた結果、これまで明らかにされていた出現特性と一致する結果が得られた。さらに、HOMはすべてのSystem III 経度で放射されていることを明らかにした。
- HOMと太陽風との相関解析を行い、HOMと太陽風動圧との間に相関があることが確認された。さらに、System III 経度によって、この相関に偏りがあることがわかった。このことから、HOMは、太陽風に依存しない成分(non solar wind related HOM: 以下nsw-HOM)と太陽風に依存する成分(solar wind related HOM: 以下sw-HOM)の二種類を持つことが明らかにされた。
- nsw-HOMとsw-HOM、それぞれのSystem III 経度出現特性が明らかになり、それぞれ観測されやすいSystem III 経度があることがわかった。これらの結果から、sw-HOM成分のみ抽出し、太陽風動圧と相互相関を調べた結果、高い相関が得られた。また、lag timeが0で相関が見られ、太陽風動圧に対してレスポンスが早いということが明らかにされた。
- 太陽風動圧が増加すると、2つ存在するsw-HOMが観測されやすいSystem III 経度範囲のいずれかを選択して必ずsw-HOMが出現することが明らかになった。どのSystem III 経度に出現するかは、太陽風動圧の向きによって決定されると考えられる。

次いで、HOM出現のlocal time特性、南北放射域の対称性、周波数特性の解析を行った。この解析ではGalileo探査機のデータを用いることにより、これまでになく広いlocal time帯にわたって、かつ木星磁気圏の広い領域にわたる解析が行われた。その結果、以下の結果が示された。

- Voyagerで観測されたshadow zoneが、Galileoのデータからも確認された。また、HOMの放射強度には南北非対称があることを発見した。この非対称は、電波放射の成長率に関係しているfp/fcの南北非対称が原因と考えられる。
- System III 経度0°付近で観測される強いHOMが発見された。このHOMは、Ulysses探査機では観測されていないことから、夜側でのみ放射されるHOMと考えられる。その出現特性から、放射源がSystem III 経度0°に固定されていると思われ、また、木星の磁場anomaly域に関連して放射されていると考えられる。
- Galileo探査機が、local time 4時にいるときに、低い周波数帯で観測される強いHOMが発見された。その出現特性は、通常観測されるHOMと明らかに異なる出現特性を持つ。このHOMは、非常に強い放射指向性を持っていること、及び低い周波数帯でのみ観測されることから、この特異な放射指向性はIo plasma torusによる屈折が原因と考えられる。
- 周波数解析によるHOMのSystem III 経度出現特性の解析から、sw-HOMのスペクトラムは更に高い周波数域(デカメータ波域)のnon Io DAMへとつながる、すなわちsw-HOMは、non Io DAMの低周波成分であるということが、推測された。

次にHOMの長期変動、特に太陽活動との相関を調べた。解析には、WIND探査機の約6年間に及ぶデータを用いた。その結果、以下のことが明らかになった。

- 木心緯度の変化によるHOMのSystem III 経度出現特性の変化が確認された。
- 統計解析により、HOMの長期変動が明らかになった。さらに、nsw-HOMは太陽黒点数の増加に伴い放射頻度が増大することが示された。

以上の解析結果を元に3次元Ray-tracingによるシミュレーションを行い、探査機で観測された出現特性の再現を試みた。シミュレーションにおいては、磁場モデル、プラズマ分布モデルを採用し、フリーパラメータであるhollow cone angle、beam幅、南北強度比の評価を行いつつ、観測と比較を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- Ulysses探査機によって観測されたSystem III 経度出現特性が、Ray-tracingシミュレーションでよく再現できた。この結果、南北のHOMの強度比が3:1であることがわかり、これは、Galileoで観測された南北強度比とほぼ一致した。また、nsw-HOMとsw-HOMの強度比が約2:1であることが示された。
- nsw-HOMとsw-HOMが同一の放射メカニズム、及び電磁環境で放射されていると仮定した場合、sw-HOMの放射源はnsw-HOMの放射源より高緯度に位置していることが示された。
- Galileoでlocal time4時に観測された周波数の低い、強いHOMを再現することは、現状のプラズマ分布モデルでは、できない。これは、このHOMがIo plasma torusでの屈折に関係していると考えられることから、より現実的なIo plasma torusの密度分布モデルが必要であることが指摘された。