

Loran-C 電波のプラズマ圏内ホイッスラーモード伝搬と電子サイクロトロン減衰の検証

Propagation property of the Loran-C radio waves inside the plasmasphere

岡本 宏章 [1]; 小野 高幸 [2]; 飯島 雅英 [3]; 熊本 篤志 [4]; 上本 純平 [5]; 池田 貴博 [6]

Hiroaki Okamoto[1]; Takayuki Ono[2]; Masahide Iizima[3]; Atsushi Kumamoto[4]; Junpei Uemoto[5]; Takahiro Ikeda[6]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理; [3] 東北大・理・地物; [4] 東北大・理; [5] 東北・理・地球物理; [6] 東北大・理・地球物理

[1] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [3] Geophysical Inst., Tohoku Univ.; [4] Tohoku Univ.; [5] Geophys Sci, Tohoku Univ.; [6] Dept. Geophys, Tohoku Univ.

宇宙空間媒質中においては、波動場とプラズマ粒子間に多様な波動粒子相互作用が展開し、これに伴って、様々なプラズマ波動が励起されている。あけぼの衛星に搭載された PWS 観測装置によって取得されたダイナミックスペクトルには、波動粒子相互作用によって励起される自然プラズマ波動の他に、強い人工起源の電波が観測されている。本研究では、VLF 帯 100kHz の周波数において頻繁に観測される Loran-C 局送信波の伝搬と強度変動について究明する。

一般にホイッスラー・モード波動はサイクロトロン周波数のレゾナンスが伝搬を制約する。しかし、あけぼの衛星 PWS ダイナミックスペクトル上の Loran-C 局からの周波数 100kHz の人工電波には、サイクロトロン周波数が 100kHz よりも大きい場所でも受信強度が下がる現象が存在する（これを本研究ではカットオフ現象と呼ぶ）。無衝突媒質中での人工電波の受信強度減少については、波動粒子相互作用による減衰の他、伝播経路の制約条件により、観測が阻害され、一見減衰に見える現象が考えられる。この現象の発生メカニズムは、未解明の問題である。特にこの現象が波動粒子相互作用に基づく減衰である場合、逆にこの現象を用いて、プラズマ圏内プラズマ診断への適用が考えられるため、この現象の理解は重要な課題として残されてきた。

この問題を解決するため本研究ではまず、あけぼの衛星 PWS ダイナミックスペクトル観測によって観測された、カットオフ現象の存在する Loran-C 電波の出現・強度変化について統計的に解析を行い、プラズマ圏内ホイッスラー・モード波のサイクロトロン周波数近傍における振る舞いを明らかにした。その結果、典型的なカットオフ現象は、 $f/f_c=0.91\sim 0.95$ の場所で強度が減少し始め、 $f/f_c=0.96\sim 0.99$ の場所で強度がノイズレベルまで減少し、その強度低下は $30\sim 45\text{dB}$ であった。さらに、この統計解析を基にカットオフ現象について、これが波動粒子相互作用によるサイクロトロン減衰であるか、ホイッスラー・モード波動の伝搬経路の制約によるものであるかを判別するため、三次元レイトレーシングを実施した。レイトレーシングによって、伝搬経路の制約による強度変化を見積もった所、伝搬経路の制約では典型的な観測例の強度減少を説明することはできなかった。すなわち、あけぼの衛星観測に現れるカットオフ現象は、波動粒子相互作用によるサイクロトロン減衰によって現れる現象であると考えられる。この結論は、サイクロトロン減衰を用いたプラズマ圏内プラズマ温度のモニタリングを可能とし、プラズマ圏内電子温度の推定が可能であるということを結論づける結果となった。