

インピーダンスプローブ計測におけるサイクロトロン高調波共鳴の特性

Characteristics of cyclotron harmonic resonances detected by an impedance probe experiment

鈴木 朋憲 [1]; 小野 高幸 [2]; 飯島 雅英 [3]; 若林 誠 [4]; 上本 純平 [5]

Tomonori Suzuki[1]; Takayuki Ono[2]; Masahide Iizima[3]; Makoto Wakabayashi[4]; Jyunpei Uemoto[5]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理; [3] 東北大・理・地物; [4] 新居浜高専 電気情報工学科; [5] 東北・理・地球物理
[1] Dep. of Geophys, Graduate School of Sci., Tohoku Univ.; [2] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [3] Geophysical Inst., Tohoku Univ.; [4] Niihama-N.C.T.; [5] Geophys Sci, Tohoku Univ

プラズマ中のアンテナインピーダンスは、高域混成共鳴 (UHR) 周波数において絶対値が極大を取るという特性を有している。この特性をプラズマ診断へ応用したユニークな計測器がインピーダンスプローブである (Oya, 1966)。インピーダンスプローブは、これまでプラズマ中の電子密度を高精度に測定できる計測器として活用されてきた。しかしながら、インピーダンスプローブによって計測されるプローブ等価容量値には、電子密度のみならず、プラズマ媒質の様々な物理的特性が反映されている。本研究は、インピーダンスプローブを用いた飛翔体観測や室内実験を通して、熱的プラズマ中における共振現象の特性を解明することを目的としている。

熱的プラズマ中のアンテナインピーダンスが、サイクロトロン高調波において直列共振となることは、既に理論的に示されている (e.g., Crawford et al., 1967)。しかしながら、その出現特性や共鳴の Q 値の変化に関しては、これまで議論がなされてこなかった。本研究では、Ohzora 衛星観測や室内実験において、インピーダンスプローブによって取得されたプローブ等価容量値を解析することによって、サイクロトロン高調波に関する共振現象の特性を調査した。その結果、新たな二つの側面が見出された。

一点目は、サイクロトロン周波数付近における並列共振の存在である。Ohzora 衛星観測、室内実験の両データから、サイクロトロン周波数付近にプローブ等価容量値の極小 (アンテナインピーダンスの極大) が生じている測定結果が確認された。この現象は、当該の周波数において、インピーダンスの大きい静電波の一種である Bernstein モード波の分散関係式が満たされるために生じる並列共振現象と解釈される。

二点目は、プローブとプラズマ間のエネルギー授受の変化である。コールドプラズマ中では、プローブにシース共鳴周波数における交流電圧が印加された際にプラズマに最も効率よくエネルギーが吸収される。そのため、シース共鳴周波数において等価容量値は最大値を示す。しかしながら、サイクロトロン高調波の直列共振周波数において、シース共鳴を遥かに上回る等価容量値を示す場合があることが判明した。このような現象は、直列共振周波数がシース共鳴周波数に比較的近い場合に顕著になる傾向が見出された。

本研究結果は、新たな温度測定法の確立や RF プローブとプラズマの相互作用の理解につながるものが期待されるものである。