

電離圏プラズマ中におけるインピーダンスプローブ周辺のイオンシース等価容量値の評価

鈴木 朋憲 [1]; 小野 高幸 [2]; 西村 幸敏 [3]; 飯島 雅英 [4]; 熊本 篤志 [5]

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

Equivalent capacitance of an ion sheath around impedance-probe in the ionospheric plasma

Tomonori Suzuki[1]; Takayuki Ono[2]; Yukitoshi Nishimura[3]; Masahide Iizima[4]; Atsushi Kumamoto[5]

[1] Dep. of Geophys, Graduate School of Sci., Tohoku Univ.; [2] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [3] Department of Geophysics, Tohoku University; [4] Geophysical Inst., Tohoku Univ.; [5] Tohoku Univ.

Impedance-probe developed by Oya [1966] is the accurate measurement technique to identify the electron number density by measuring the equivalent capacitance of conductor probe immersed in plasma. This method enables us to determine the UHR frequency to deduce the absolute electron density with high accuracy. Impedance-probe has been applied to many sounding rockets and satellites as unique electron density measurement equipment (e.g., Oya & Obayashi, 1967; Takahashi et al., 1985; Wakabayashi & Ono, 2005). However, it has been proposed that characteristics of the equivalent capacitance include much more information, such as electron temperature, ion sheath, and charging effect of electrode as well as electron density (e.g. Oya & Aso, 1969; Oya & Morioka, 1975; Wakabayashi & Ono, 2006). The purpose of this study is to extend application range of the impedance-probe. In this presentation, we will report equivalent capacitance of an ion sheath around the probe, based on more realistic evaluation method.

Due to the difference of thermal velocities between electrons and ions, a probe takes negative potential in plasma. As a consequence, the ion sheath is formed around the probe, and the probe capacitance is affected by the equivalent capacitance of the ion sheath region. It is recognized that probe capacitance measured at low frequency compared with characteristic frequency (such as cyclotron frequency) is nearly equals to the sheath capacitance. Oya & Aso [1969] proposed the method to estimate electron temperature from the sheath capacitance, applying sheath model of empty in the sheath region. Based on similar sheath model, variation of the sheath thickness due to charging effect of the probe by auroral particle precipitation was suggested observationally (Watanabe, 2000; Wakabayashi & Ono, 2006). In this investigation, sheath capacitance is calculated on the basis of more realistic sheath model obtained by solving Poisson's equation numerically in cylindrical coordinate system.

In this presentation, analysis results of sheath capacitance varying due to the change of electron temperature and probe surface potential will be shown. We also compare the calculated value of sheath capacitance and the observed value by the impedance probe on-board a sounding rocket in auroral ionosphere. Furthermore, we will evaluate the validity of the sheath model and discuss charging effect caused by the auroral particle. Based on this study, more accurate method of measuring electron temperature by the impedance probe is promised and also it becomes possible to understand charging effect of electrode.

インピーダンスプローブ法は、プラズマ中に伸展したプローブに高周波電圧を掃引しながら印加することにより、プローブの等価容量の周波数特性を計測し、UHR 周波数から電子密度を導出する方法である。この方法は電子密度を高精度で測定できるため、Oya [1966] によって開発されて以来、数多くのロケット実験、衛星観測に用いられてきた (e.g., Oya & Obayashi, 1967; Takahashi et al., 1985; Wakabayashi & Ono, 2005)。これまで、主に電子密度計測に特化して利用されてきたが、インピーダンスの特性は密度のみならず電子温度やイオンシース、降込み粒子によるプローブの帯電効果等の情報を含むことが指摘されている (e.g. Oya & Aso, 1969; Oya & Morioka, 1975; Wakabayashi & Ono, 2006)。現在、そのような特性を利用して、インピーダンスプローブの応用範囲を広げることを目指して研究を行っている。本発表では、プローブ周辺のイオンシースの等価容量をより現実的な形で評価した結果を報告する。

光電子放出がない場合、電子とイオンの熱速度の違いにより、プラズマ中のプローブは一般に負に帯電する。その結果、プローブ周辺にはイオンシースといわれる電子の希薄な領域が形成される。シースは等価的な容量値を持つため、インピーダンスプローブ計測においては、シース容量値の影響が生じる。サイクロトロン周波数等の特性周波数よりも十分に低い周波数におけるプローブ容量は、シース容量値にほぼ一致することが知られている。Oya & Aso [1969] においては、シース領域に電子が存在しないという極端なモデルを適用して、シース容量値から電子温度を概算する方法が考案されている。また Watanabe [2000], Wakabayashi & Ono [2006] においては、同様のシースモデルを用いて、オーロラ粒子の降込みに伴ったプローブの帯電により、シースの厚さが変化することが観測的に示されている。本研究では、円筒座標系で Poisson 方程式を数値的に解くことによって、プローブ周辺の電位分布、電子密度分布をより厳密に求めた上で、シース容量値を算出し、電離圏プラズマ中における実測値との比較検討を行った。

本発表では、電子温度やプローブ表面電位の変化に対するシース容量値の応答について報告する。また、算出したシース容量値を極端ロケット実験時のインピーダンスプローブ計測によるシース容量の実測値と比較し、算出方法の妥当性やオーロラ粒子の降込みの効果について議論を行う。本研究により、インピーダンスプローブ法による、より精度の良い電子温度の導出法を確立することやプローブの帯電効果に関する知見が得られることが期待される。