

Akebono 衛星を用いた 衛星電位 – 電子密度特性の調査

0855014 遠海 元

1. はじめに

地球の上層には、窒素や酸素などの分子や原子が電離することにより生じたイオンと自由電子からなる電離気体（プラズマ）粒子が存在している。電波伝搬に影響を及ぼす電離気体粒子が存在する領域を電離圏（ionosphere）と呼ぶ。電離圏は高度 50 ~ 1000 km の範囲に存在すると考えられている。さらにその上側で電離圏のプラズマが磁気圏に広がっている領域をプラズマ圏（plasmasphere）と呼ぶ。プラズマ圏のイオンの主成分は水素原子イオン（ H^+ ）で、スケールハイトが大きいため密度が高度とともに減少することがなく、磁気圏まで $10^3 / cc$ から $10^4 / cc$ の高い密度のプラズマ領域が広がる。また、プラズマ圏とその外側の電子密度が低い領域との境界をプラズマポーズ（plasmopause）と呼ぶ。

これまでの研究では、電子密度が $10 / cc$ 以下の磁気圏や太陽風領域における衛星電位と電子密度の関係について調査され、衛星電位と電子密度の特性を示す実験式が導出された。しかし、電離圏、プラズマ圏などの電子密度が大きい領域の調査は行われていない。そこで本研究では、電離圏およびプラズマ圏領域を主に観測している Akebono 衛星により観測された衛星電位と電子密度の特性について調査する。

2. 衛星電位 – 電子密度特性

本研究で用いる衛星電位データは、電場計測装置からシングルプローブ法により計測されている。シングルプローブ法とは、適切なバイアス電流が印加されたプローブと衛星本体の間の電位差を計測する方法である。Akebono 衛星では、プローブに印加されるバイアス電流値を $\pm 0.13 \mu A$ の範囲で分解能 7 bit で設定することができる。また電子密度は、高周波域プラズマ波動及びサウンダ観測装置によって観測された衛星周辺のプラズマ波動スペクトル及び遠方より到来する電磁波を用いて推定されている。本研究では、1989 年 5 月 1 日から 1990 年 8 月 31 日までの期間に観測された衛星電位および電子密度データを用いる。

図 1 は、1989 年 5 月 1 日から 1990 年 8 月 31 日までの期間における衛星電位 – 電子密度特性である。縦軸は電子密度、横軸は衛星電位である。図 1 から、衛

星電位と電子密度との間に良い相関は見られなかった。これはバイアス電流値の設定が観測期間により異なるため、シングルプローブ法により計測される衛星電位の値が変動していることが原因であると考えられる。

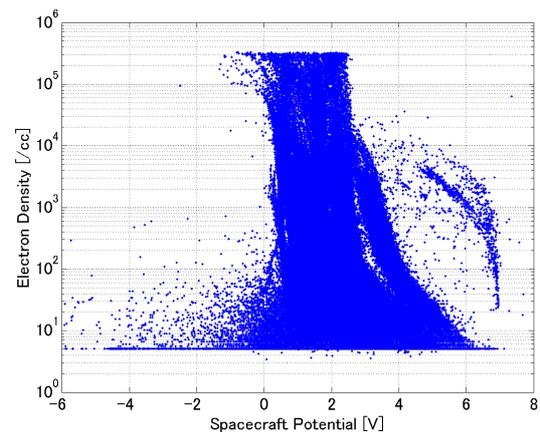


図 1: Akebono 衛星による衛星電位 – 電子密度特性

3. バイアス電流の設定による影響

Akebono 衛星では、バイアス電流の設定値を適宜設定することができる。本研究ではこのバイアス電流の設定が、衛星電位 – 電子密度特性に与える影響について調査する。図 2 は、バイアス電流の設定ごとに衛星電位 – 電子密度特性を色別にプロットしたものである。縦軸は電子密度、横軸は衛星電位である。図 2 より、Akebono 衛星の衛星電位 – 電子密度特性はバイアス電流の設定値によって変化することが分かった。

次に、バイアス電流が正に印加されている期間、負に印加されている期間、印加されていない期間において、それぞれ衛星電位と電子密度の特性を調査する。その結果、バイアス電流が負に印加されている期間では衛星電位と電子密度の間に良い相関が見られ、それ以外の設定の期間では良い相関が得られなかった。このため、衛星電位 – 電子密度特性を表す実験式の導出には負のバイアス電流が印加されている期間のデータのみを使用する。

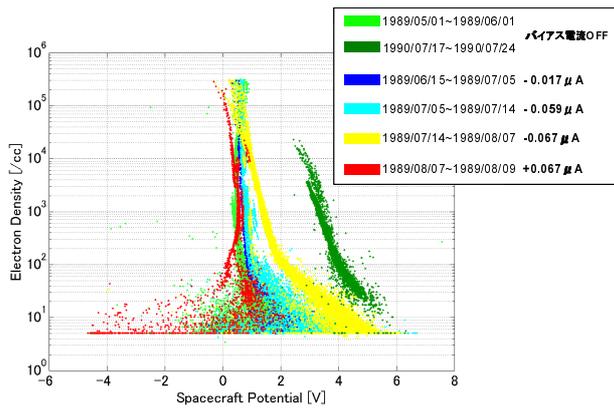


図 2: バイアス電流の設定値ごとの衛星電位 - 電子密度特性

4. 実験式の導出

衛星電位 - 電子密度特性を表す実験式は (1) 式に示す 2 つの指数関数の和で示される関数を用いて、最小二乗フィッティングすることにより導出される。Ne は電子密度、Vsp は衛星電位である。印加された負のバイアス電流は -0.017 μA, -0.059 μA, -0.067 μA の 3 つの期間に分かれており、各設定値についてそれぞれ実験式の導出を行う。

$$N_e = a * \exp\left(-\frac{V_{sp}}{b}\right) + c * \exp\left(-\frac{V_{sp}}{d}\right) \quad (1)$$

図 3 は、導出された実験式によるフィッティング結果である。青色が -0.017 μA, 緑色が -0.059 μA, 赤色が -0.067 μA の期間のフィッティング結果である。縦軸は電子密度、横軸は衛星電位である。図 3 から、印加されたバイアス電流値により衛星電位 - 電子密度特性は異なり、バイアス電流値が負になるほど特性は図面右方向へと推移することが分かる。

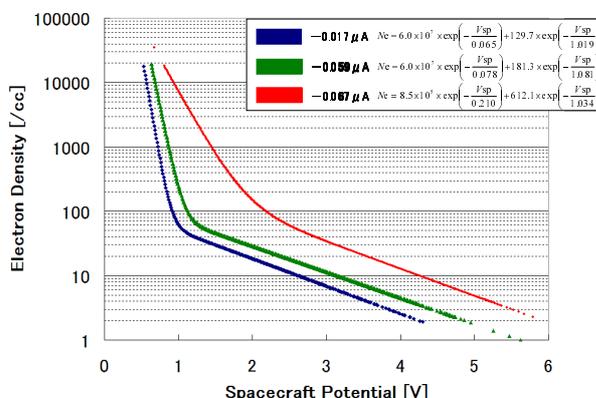


図 3: バイアス電流の設定別フィッティング結果

5. 電子密度空間分布図

図 4 は、負のバイアス電流が印加されている期間において、実験式を用いて衛星電位から推定された電子密度を Akebono 衛星の軌道に沿ってプロットした電子密度の空間分布図である。色は電子密度の大きさを表している。また、地磁気座標系の X - Z 平面で表しており、X > 0 が太陽方向、Z > 0 が磁北方向である。図 4 から、衛星が磁気圏領域に近づくほど電子密度が小さくなり、電離圏領域に近づくほど電子密度が大きくなること分かる。このように、電子密度空間分布図から Akebono 衛星の軌道上における電子密度の違いにより飛翔領域を知ることができる。

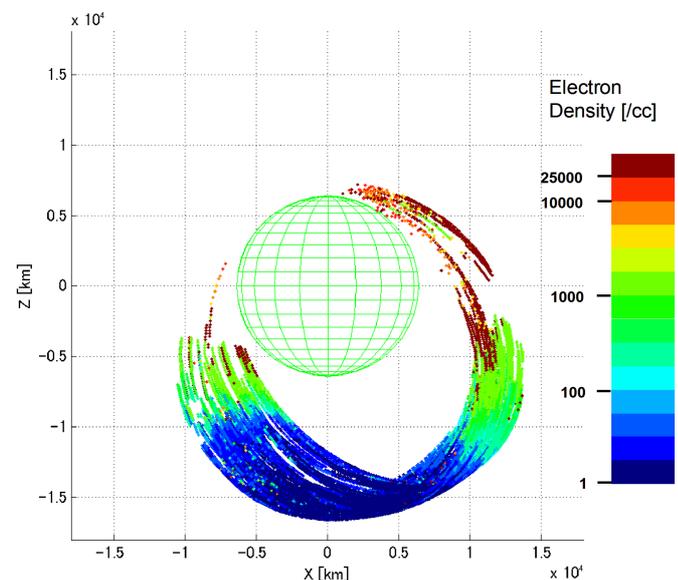


図 4: 衛星電位によって推定された電子密度の空間分布図

6. まとめと今後の課題

本研究では、負のバイアス電流が印加されている期間において、設定された電流値ごとに衛星電位 - 電子密度特性の実験式の導出を行った。また、導出された実験式および衛星電位を用いて、この期間の電子密度を推定し、空間分布図の作成を行った。結果として、バイアス電流が負に印加されている期間では、衛星電位から電子密度を推定することが可能であることが示された。

今後の課題として、本研究では調査できなかった電離圏およびプラズマ圏以外の領域で衛星電位 - 電子密度特性の実験式の導出を行い、Akebono 衛星が飛翔する全ての領域において衛星電位による電子密度推定が可能であるか調査する必要がある。