

電波伝搬特性を用いた小型衛星コンステレーションによるプラズマ圏微小構造観測

福原 始 [1]; 小嶋 浩嗣 [2]; 笠原 禎也 [3]; 後藤 由貴 [3]; 山川 宏 [2]
[1] 京大・工・電気; [2] 京大・生存圏; [3] 金沢大

Nanosatellite constellation observation of small structures in plasmasphere using the characteristics of radio wave propagation

Hajime Fukuhara[1]; Hirotsugu Kojima[2]; Yoshiya Kasahara[3]; Yoshitaka Goto[3]; Hiroshi Yamakawa[2]
[1] Electrical Engineering, Kyoto Univ.; [2] RISH, Kyoto Univ.; [3] Kanazawa Univ.

<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/space/people/fukuhara/index-j.html>

Spatial plasma structures in the plasmasphere have been studied for a long time by numerous scientists. The plasmasphere is located in the inner magnetosphere and filled with cold plasmas. The typical distribution is simply modeled with diffusive equilibrium model. The plasma distribution and the shape of the plasmapause dynamically changes during the geomagnetic disturbances. Kimura et al[1] showed that ray tracing of the whistler mode waves can reveal more appropriate plasma density profile by Akebono satellite.

IMAGE satellite enabled us to discover the helium ion distribution with the EUV (Extreme Ultraviolet) imager and the steep electron density gradient with the RPI (Radio Plasma Imager). The EUV and RPI measurement results have also contributed study on density structures, such as plasmaspheric plumes, channels, troughs, notches, shoulders, and fingers. The small-scale and local structures with short-term temporal density variations probably have large influence to global-scale variation during the geomagnetic activities. Then, it is important to observe small or smaller structures and understand their spatiotemporal variations in the plasmasphere.

We propose an observation system with constellation of three nanosatellites. Radio waves in HF band are artificially transmitted from one of the satellites, named 'Source'. While the emitted radio waves propagate through the space, the phase and the wave normal direction change from moment to moment if the frequency is not too higher than the electron plasma frequency. The other satellites, named 'Receivers', receive the emitted radio wave at a site distant from 'Source'. Assuming 'Receivers' have appropriate instruments and enough performance to observe the phase and the wave normal direction of the emitted radio waves, the phase and the wave normal direction imply the density profile on the ray path. For instance, if there are more points at which electron density gradient turns over, the ray path becomes longer, and the phase and wave normal changes more. Two or more 'Receivers' enable us to compare the phases and wave normal directions of the radio wave received in each satellite at the same time. The comparison shows more information of the small structures in the closed region to two paths.

The concept and computed simulation results are demonstrated.

プラズマ圏においてプラズマがどのような空間的な構造を持っているのかについて、多くの科学者により研究が成されている。プラズマ圏は内部磁気圏において冷たく高密度な電子が存在している領域であり、大まかには拡散モデルにより物理的に妥当なモデル化がなされている。プラズマ圏におけるプラズマの分布やプラズマポーズは、磁気圏の擾乱に際して大きく変動することが知られている。

Kimuraら [1] は、あけぼのによって得られた VLF 帯のホイッスラーモード波のレイトラッキングから、より適切なプラズマ密度プロファイルを得た。IMAGE 衛星では EUV(Extreme Ultraviolet) イメージングと RPI (Radio Plasma Imager) によってヘリウムイオンの分布と急峻に電子密度が減少する領域の存在を示し、様々な様相の小さな空間的な構造が存在することを明らかにした。局所的な時々刻々と変動する構造は、グローバルな構造の変化へと影響、あるいは発展する可能性を秘めており、そのような小さな空間スケールの構造を観測し、それらがより大きな空間スケールの現象にどのように関連しているか理解することは非常に重要である。

我々は、そのような小さな空間スケールの構造を観測するための 3 機の小型衛星によるコンステレーションを用いた観測システムを提案する。"発信機"となる衛星 1 機から HF 帯の電波を放射する。放射された電波は、周波数がプラズマ周波数よりも極端に高くなければ、伝搬することによって位相が進むだけではなく波面の法線方向も変化する。他の 2 機の衛星は適切な機器を搭載した"受信機"であり、伝搬過程において位相と波面の法線方向が変化した電波を受信する。もし、伝搬経路上に小さな構造が多数あり密度勾配の符号が変化する点が多くあれば、それらが伝搬経路を曲げ、位相の進み方、波面の法線方向を変化させるはずである。2 機以上の"受信機"が存在すれば、その組み合わせにより、より多くの伝搬経路上の情報が得られる。

本発表では、このシステムのプロットと観測例を数値計算を用いて示す。