

## プラズマバブルの高精細3次元数値シミュレーション Three-dimensional high-resolution plasma bubble modeling

横山 竜宏<sup>1\*</sup>; 品川 裕之<sup>1</sup>; 陣 英克<sup>1</sup>  
YOKOYAMA, Tatsuhiko<sup>1\*</sup>; SHINAGAWA, Hiroyuki<sup>1</sup>; JIN, Hidekatsu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 情報通信研究機構

<sup>1</sup>National Institute of Information and Communications Technology

電離圏のプラズマは、その運動が中性大気との衝突によって強く支配されているため、中性大気と電離大気の相互作用を解明することは電離圏の物理過程を理解する上で非常に重要である。一方、電離圏内では地球磁場に沿った導電率が非常に高く、電場を通じてE-F領域間は強く結合されている。赤道域電離圏においては、赤道スプレッドF/プラズマバブルと呼ばれる現象の研究が古くから行われている。プラズマバブルに伴う局所的なプラズマ密度の不規則構造が発生した場合には、電波の振幅、位相の急激な変動（シンチレーション）が生じるため、GPS等による電子航法に深刻な障害を及ぼすことが知られており、その生成機構と発生の日々変化の解明が強く求められている。現象の発見当初から、プラズマバブルは電離圏F領域下部におけるRayleigh-Taylor不安定が原因であると予想され、磁気赤道上の2次元断面における数値シミュレーションにより、不安定の非線形成長がプラズマバブル生成の主な原因であることが確認された。2000年代後半以降になると、3次元でのプラズマバブルシミュレーションが一般的となり、プラズマバブルの3次元構造、南北中性風の効果、重力波によるシーディング等が研究されてきた。3次元モデルの最大の特徴は、磁力線によって結合された低緯度電離圏E領域の影響を含ませることができる点である。Rayleigh-Taylor不安定の成長率を磁力線に沿って積分して考えた場合、磁力線で結合された南北両半球のE領域の導電率の影響は非常に重要であり、実際、両半球のE領域が同時に日没し、E領域の導電率が急激に減少する時期に、プラズマバブルの発生頻度が高くなることが知られている。しかし、従来の数値モデルによる研究では、E領域プラズマの影響については重視されておらず、また、グリッド間隔も比較的粗く、プラズマバブル内部の構造については議論されてこなかった。本研究では、高精細赤道域電離圏数値モデルを新たに開発し、プラズマバブルの内部構造や、E領域の条件とプラズマバブルの成長との関係について検討した。プラズマバブルの壁面では密度勾配が非常に急峻となるため、その密度勾配を離散グリッド状で再現するためには、精度の高い数値スキームが必要である。本研究で開発した数値モデルでは、水平方向のグリッド間隔を約2kmとし、移流スキームに時間、空間共に3次精度を持つCIP法を用いることにより、プラズマバブルの壁面の非対称性を再現することに成功した。また、E領域の条件に応じてプラズマバブルの成長が大きく異なることも明らかとなった。将来的には、全球大気圏電離圏モデル(GAIA)に組み込み、より現実的な条件におけるプラズマバブルの成長条件について研究を進展させる予定である。

キーワード: プラズマバブル, 赤道スプレッドF, 赤道電離圏, 数値シミュレーション

Keywords: plasma bubble, equatorial spread F, equatorial ionosphere, numerical simulation