

東南アジア地域における GPS 受信機網と赤道大気レーダーで観測されたプラズマ・バブルの性質

Characteristics of plasma bubbles detected by ground-based GPS receivers and the Equatorial Atmosphere Radar

西岡 未知 [1]; 齊藤 昭則 [2]; 大塚 雄一 [3]; 津川 卓也 [3]; 深尾 昌一郎 [4]; 山本 衛 [5]

Michi Nishioka[1]; Akinori Saito[2]; Yuichi Otsuka[3]; Takuya Tsugawa[3]; Shoichiro Fukao[4]; Mamoru Yamamoto[5]

[1] 京大・理; [2] 京都大・理・地球物理; [3] 名大 STE 研; [4] 京大・生存圏; [5] 京大・生存圏研

[1] SPEL, Kyoto-University; [2] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [3] STELAB, Nagoya Univ.; [4] RISH, Kyoto Univ.; [5] RISH, Kyoto Univ.

東南アジア地域に分布する GPS 受信機網の電離圏全電子数 (Total Electron Content: TEC) 観測データとシンチレーション観測データ、及び赤道大気レーダー (Equatorial Atmosphere Radar: EAR) の電離圏不規則構造 (Field Aligned Irregularity: FAI) 観測データを用いて、プラズマ・バブルの 1,000km スケールでの空間分布やその内部構造についての性質を調べた。

プラズマ・バブルとは、低緯度電離圏でレイリー・テラー不安定性によって成長した低電子密度領域である。磁気赤道付近の電離圏下部で生じた初期擾乱が成長すると、低密度領域は高高度まで上昇する。その東西方向の空間スケールは 100km のオーダーである。

電子密度低下領域の内部には、数メートルから数十キロメートルの様々な波長の電子密度擾乱が存在すると考えられている。数メートル・スケール及び数百メートル・スケールの電子密度擾乱は、地上観測では、それぞれ VHF レーダーの後方散乱観測及び GPS 電波のシンチレーション観測によって観測される。VHF レーダー観測は、Peru の Jicamarca レーダー、Kwajalein 島の Altair レーダーなどを中心に行われてきた。東南アジア地域では、2001 年に Sumatra 島 Kototabang (東経 100.3 度、南緯 0.2 度) にアクティブ・フェイズド・アレイ方式の VHF レーダーである EAR が設置された。他のレーダーにはない EAR の特徴は、磁力線に垂直な平面上の二次元の視野で FAI の出現の様子を捉えられることであり、従来不可能であったプラズマ・バブルの東西方向空間構造の解明が進められつつある。また、GPS の 2 周波受信機による TEC データを用いると、その時間変化の標準偏差 (Rate of TEC Index: ROTI) を計算することで数十キロメートルスケールの電子密度の揺らぎの強さを見積もることが出来る。2 周波 GPS 受信機は数多く設置されているため、従来の電離圏地上観測手法と比べてより広い視野で電離圏観測を行うことが出来る。EAR サイト付近の東南アジア地域には複数の 2 周波 GPS 受信機網があり、それらの観測範囲は、経度方向に 1,000km、緯度方向に 3,000km に及ぶ。

これらの東南アジア地域での GPS 受信機網と EAR サイトの FAI 観測及びシンチレーションデータを用いて、プラズマ・バブルの性質を調べた。用いた GPS 受信機は、北緯 18.3 度から南緯 6.5 度まで、東経 98.7 度から東経 103.7 度までに位置する 8 受信機である。高度 300km と仮定したそれぞれの観測点高度から磁気赤道まで磁力線をたどると、磁気赤道上での磁力線の高度は、300km から 850km の間に分布する。その高度は、最も磁気赤道から離れた BAKO 局で 850km である。最も磁気赤道に近い受信機は PHKT 局であり、ほぼ磁気赤道上に位置する。

2004 年 3 月 8 日から 2004 年 4 月 4 日にかけて行われた電離圏強化観測キャンペーンのデータを中心に事例解析を行い、GPS 受信機網を用いてプラズマ・バブルの経度・緯度広がりについて調べたところ、2004 年 3 月 23 日には、東西方向 1,000km の観測領域全体で日没と同時に ROTI が大きくなっており、広い範囲でプラズマ・バブルがほぼ同時に発生していることがわかった。EAR の視野内において ROTI が高い領域では FAI エコーが発生していることが観測された。高い ROTI を観測した衛星 受信機間では、シンチレーションも発生していた。このことからプラズマ・バブルの内部には、様々なスケールの電子密度擾乱が存在していたことがわかる。また緯度方向に広く分布する GPS 受信機の ROTI を調べたところ、地磁氣的に最も高緯度にあたる BAKO 局以外で ROTI が大きくなっていった。この日に発生したプラズマ・バブルは磁力線沿いに広がったが、高度 800km 以上では数十キロメートル・スケールの電子密度擾乱はほとんど見られないことがわかった。2004 年 3 月 13 日や 31 日に観測されたプラズマ・バブルは、日没直後の磁気赤道付近で発生し東の方向に伝播していたことも明らかになった。

本発表では、ROTI を用いたプラズマ・バブルの観測結果を FAI 観測結果及びシンチレーション発生状況と比較しながら、1,000km メートルスケールでのプラズマ・バブルの空間構造についての研究結果を発表する。