

GEONETで観測されたプラズマバブルに伴うGPSロック損失・ROTI分布

菊地 隼人 [1]; 中田 裕之 [2]; 津川 卓也 [3]; 大塚 雄一 [4]; 西岡 未知 [4]; 鷹野 敏明 [5]; 島倉 信 [6]; 塩川 和夫 [4]; 小川 忠彦 [7]

[1] 千葉大・工; [2] 千葉大・工; [3] 情報通信研究機構; [4] 名大 STE 研; [5] 千葉大・工; [6] 千葉大・工; [7] NICT

Distributions of losses of lock on GPS and ROTI associated with equatorial plasma bubbles observed by GEONET

Hayato Kikuchi[1]; Hiroyuki Nakata[2]; Takuya Tsugawa[3]; Yuichi Otsuka[4]; Michi Nishioka[4]; Toshiaki Takano[5]; Shin Shimakura[6]; Kazuo Shiokawa[4]; Tadahiko Ogawa[7]

[1] Chiba university; [2] Graduate Sch. of Eng., Chiba Univ.; [3] NICT; [4] STEL, Nagoya Univ.; [5] Chiba Univ.; [6] Grad. School of Eng., Chiba Univ.; [7] NICT

Equatorial plasma bubbles (EPBs) are local depletions of the electron density in the ionosphere. Hundreds-meter scale irregularities in EPBs, which is Fresnel length for GPS signals, cause scintillation on GPS signals. Strong scintillation leads to loss of lock (LOL) because of rapid variations of signal amplitude and phase. Therefore, it is important to examine the effect of EPBs on GPS systems. We detect 3-400m scale irregularities in the ionosphere by observing scintillations associated with EPBs. In addition, the standard deviation of temporal variations of TEC during 5 minutes is good proxy for kilometer-scale irregularities, in considering the velocity of GPS satellites.

In this study, we analyzed rate of TEC change index (ROTI) and LOL to examine the scale size of electron density irregularities in EPBs. From 38 EPBs observed by an all-sky imager at Sata during 2001-2002, we selected 11 events where EPBs developed above 30 degrees northern latitude. 800 GPS receivers are selected from GPS Earth Observation Network (GEONET) of Japan. ROTI and Rate of LOL during 5 minutes are calculated from GPS data where the elevation angle of satellites was larger than 30 degrees. ROTI and LOL were mapped by projecting the ROTI values and Rate of LOL to the ionospheric pierce point (IPP) at 350km altitude.

As a result, it is shown that LOL occurred inside or in the vicinity of EPBs and ROTI was enhanced wider as compared to LOL. In 4 events, however, LOL didn't occur although ROTI was enhanced. To consider the difference of occurrence of LOL, we estimated the electron density from the airglow intensity. It is found that the occurrence rate of LOL is correlated with electron density gradient. Therefore, small-scale-irregularities easily grow where electron density gradient is sharp.

プラズマバブルとは電離圏において局所的に電子密度が減少する現象で、プラズマバブル内部にはさまざまなスケールの電子密度不規則構造が存在していることから、広い帯域にわたって電波に影響を及ぼす。GPS システムは L 帯の電波を利用していることから、300 ~ 400m 規模の不規則構造による電波のフレネル回折をうけ、GPS 信号に強いシンチレーションが生じる。シンチレーションが激しくなると GPS の位相測定が中断されるロック損失を引き起こす。現在 GPS システムの航空航法への応用研究等進められているため、プラズマバブルが GPS に与える影響を調べることは工学的応用上重要である。

プラズマバブルに伴うシンチレーションを調べることにより、プラズマバブル内部に存在する 300 ~ 400m 程度のスケールの擾乱の発達を調べることができる。さらに、GPS データから TEC(全電子数: Total Electron Content) を求めることができるが、TEC の時間変化 (5 分値) は衛星の移動速度を考慮すると、数 10km 程度の電子密度擾乱の影響を受ける。本研究では、プラズマバブルに伴うこれらの電子密度擾乱のスケールサイズを調べるため、GPS データからプラズマバブル発生時の ROTI(Rate of TEC change Index: TEC の時間変化の標準偏差)・ロック損失について解析を行った。プラズマバブルは鹿児島県佐多に設置された全天大気光カメラにより観測された大気光データから抽出した。2001-2002 年において 38 イベントのプラズマバブルが観測されたが、そのうち北緯 30 度以上まで発達が確認できた 11 イベントを解析対象にした。GPS データについては、GEONET の受信点 800 点、衛星仰角 30 度以上のデータを使用し、5 分 ROTI、5 分間でのロック損失発生率を算出した。それらのデータを高度 350km における電離圏貫通点にマップし、大気光データとの比較を行った。

その結果、ロック損失はプラズマバブルの内部、もしくは近傍で発生し、ROTI はロック損失発生領域よりも広い範囲で上昇していることが確認できた。また 11 イベント中 4 イベントでは、ROTI の上昇は確認できるが、ロック損失の発生が確認できなかった。ロック損失の発生が確認できた 7 イベントとそうでない 4 イベントの違いを明らかにするため、各イベントの大気光強度から電子密度を見積り、電子密度勾配を比較したところ、ロック損失発生イベントでは電子密度勾配が大きく、ロック損失発生の有無と電子密度勾配の大きさに相関が見られた。電子密度勾配が大きいプラズマバブルでは、その内部、もしくは近傍にスケールの小さいイレギュラリティが発達しやすいと考えられる。