

ノルウェー・トロムソにおける GNSS 受信機を用いたシンチレーション観測

伊藤裕作¹、大塚雄一¹、塩川和夫¹、細川敬祐²、小川泰信³
¹名古屋大学太陽地球環境研究所 ²電気通信大学 ³国立極地研究所

Ionospheric scintillation measured by closely-spaced GNSS receivers in Tromsø, Norway

Yusaku Ito¹, Yuichi Otsuka¹, Kazuo Shiokawa¹, Keisuke Hosokawa², and Yasunobu Ogawa³

¹Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya Univ. ²The University of Electro-Communications

³National Institute of Polar Research

A radio signal passing through small-scale irregularities in the ionospheric electron density fluctuates in amplitude and phase because the irregularities act as diffraction gratings. This phenomenon is known as scintillation. The GNSS (Global Navigation Satellite System) scintillation is caused by irregularities with a scale-size of several hundred meters.

In this study, we have installed GNSS receivers at the EISCAT radar site in Tromsø, Norway, where observations with several optical and radio measurements are carried out. In January, 2012, we installed a GNSS receiver at the radar site. The receiver enables us to measure phase and signal-to-noise ratio of radio waves from the GNSS satellites at dual frequency (L1 and L2) with sampling rate of 50 Hz, so that ionospheric total electron content (TEC) and phase and amplitude scintillations of the ionosphere can be obtained. In September, 2012, we installed two more receivers at the radar site. The distances between the three GNSS receivers are 172 m, 242 m, and 218 m, respectively. Drift velocities of irregularities can be derived using cross-correlation analysis with the time series of the GNSS signal intensity and phase obtained from the three receivers.

Weak scintillation with S4 index of 0.15 was observed between 1545 and 1605 UT on November 20, 2012. Period of the signal intensity variation was approximately 0.5 seconds. Since the scale-size of the irregularity causing the GPS scintillation is approximately 200 m, drift speed of the irregularity causing the scintillation is estimated to be 400 m/s. On the other hand, the drift velocity derived from the cross-correlation analysis is 350-400 m/s, close to that estimated from the period of the signal intensity variation. During this event, an aurora was observed in the vicinity of the scintillation position and moved westward.

In this presentation, we will discuss relationship between the drift velocities of irregularities and auroral motions.

人工衛星から送信された電波は、電離圏中に生じたプラズマ密度不均一構造を通過することにより回折する。このため、地上で受信した信号は振幅及び位相の変動を伴う。この現象をシンチレーションという。現在、GPSをはじめとするGNSS(Global Navigation Satellite System)受信機が広く普及し、電離圏観測においても有力な手段の一つとなっている。GNSS受信機で観測されるシンチレーションは数100m~数kmのスケールのイレギュラリティによるものである。

本研究では、まず2012年1月にノルウェーのトロムソEISCAT(欧州非干渉散乱)レーダーサイトにGNSS受信機を1台設置した。L1とL2の2周波をサンプリング周波数50Hzにて受信し、振幅・位相シンチレーションや全電子数(TEC)の連続観測を開始した。2012年9月11日にはGNSS受信機をさらに2台追加し、計3台での連続観測を開始した。3台の受信機間の距離はそれぞれ172m、242m、218mである。これら複数の受信機で得られた信号強度及び位相変動の相関を調べることで、電離圏イレギュラリティのドリフト速度を推定することができる。

2012年11月20日の15時45分から16時05分UTにかけて、GPS衛星(PRN20)からの受信電波に、S4指数が0.15である弱い振幅シンチレーションが観測された。この時の信号強度変動の周期は0.5秒程度であった。このシンチレーションを起こす電離圏イレギュラリティの空間スケールは200m程度である(イレギュラリティの高度を150kmと仮定)ので、約400m/sの速度でイレギュラリティは移動していたと考えられる。さらに、3台の受信機で観測された信号強度変動について、それぞれ1分間の時系列データの相互相関係数を計算し、相互相関係数が最大になるラグを求めた。3通りの受信機の組合せで求めたラグを用い、イレギュラリティが平面波であると仮定してドリフト速度を求めたところ、西北西方向に約350-400m/sとなった。

このドリフト速度の値は、信号強度変動の周期から予測される値ともほぼ一致する。さらに、同サイトに設置されたデジタルカメラで撮影された同時刻のオーロラ全天画像を調べたところ、GPS衛星(PRN20)の電波が電離圏を通過する位置に、弱い発光強度のオーロラが見られ、そのオーロラが西向きに動いていることが分かった。

本講演では、オーロラ活動に伴うシンチレーション・イベントについて、シンチレーション・ドリフト速度とオーロラの動きとの対応関係を議論する予定である。