

GNUradioを用いた衛星ビーコン観測用2周波デジタル受信機の開発

山本 衛 [1]
[1] 京大・生存圏研

Development of 2-frequency digital receiver with GNUradio for satellite beacon experiment

Mamoru Yamamoto[1]
[1] RISH, Kyoto Univ.

The total electron content (TEC) of the ionosphere can be measured by means of the radio beacon experiment. We measure two or three frequency signals on the ground, and determine phase difference between the signals that is proportional to the TEC along the propagation path. There are commercial beacon receivers available from some companies, but they are special equipment that are fairly expensive. Recent development of fast digital signal processing can now make it possible to assemble VHF or UHF receivers from general-purpose digital receiving board and signal processing software. In this study we utilized GNUradio, which is a software framework on LINUX PC for digital receivers, to develop a new 2-frequency digital beacon receiver system. Hardware development was limited to antennas, amplifiers, and filters. Software is divided into 'digital receiver program', 'observation scheduling and control program' and 'signal processing program'. We will show the developed receiver and results from test experiments.

電離圏の観測手法のひとつとしてビーコン観測がある。衛星・ロケット搭載のビーコン送信機から2あるいは3周波数の電波を送信し、地上の受信機で周波数間の位相差や電波強度を測定することによって、送受信点間に存在する全電子数 (Total Electron Content; TEC) や電子密度の空間変動が得られる。古典的なこの観測手法は、最近では、GPS衛星からの電波と、日本全国あるいは全世界に設置されたGPS受信機のネットワークに対して適用され、電離圏の電子密度分布とその変動を面的に捉えることに成功している。一方、我々は2002年に実施したSEEK-2観測において打ち上げた2機の観測ロケットにおいてビーコン観測を実施し、電子密度の高度プロファイルを得るとともに地上の2点から得たTEC値のトモグラフィ解析から電子密度の高度・水平距離分布を得てスホラディックE層の空間構造の一端を明らかにすることに成功した。我々は今年夏季に打上げ予定の観測ロケットS-520-23号機でも同様の実験を予定している。更に、例えばFORMOSAT-3/COSMIC衛星(極軌道の6機の編隊飛行で全球をくまなくカバー)にも3周波数のビーコン送信機が搭載されるなど、衛星・ロケットを使ったビーコン観測は、現在も盛んである。

ビーコン観測では、地上の受信点を増すほどに多くの観測成果が期待できる。複数の受信機を衛星(あるいはロケット)軌道に沿って配置することによって、トモグラフィ解析も可能となる。ビーコン電波を受信してTECを求める受信機は、専門メーカーによる既製品があるが、特殊装置であり200~300万円と高額である。しかし最近のデジタル信号処理技術の向上にともなって、従来までの「特別のアナログ回路を持つ専用受信機」は「汎用デジタル受信ボードとコンピュータとソフトウェア」に置換えでき、さらにむしろ安価になってきている。そこで本研究では、GNUradioと呼ばれるLINUX PC上のフリーソフトウェアの枠組みと、これに親和的な汎用受信ハードウェアを活用して、衛星ビーコン観測で一般的な150MHzと400MHzの2周波数を受信するデジタル受信システムをできるだけ安価に開発した。ハードウェアとしての開発要素は、アンテナ、レベル調整のためのアンプ類、外付けフィルタ等だけであり、アンプ類には既製品を活用し、アンテナは簡単な工作で製作した。ソフトウェアの開発要素は、2周波数の信号を同時受信する機能、観測自動化の機能、観測データの解析機能の3点であり、それぞれほぼ完成している。これらはフリーソフトウェアとして提供できる。発表においてはハードウェア・ソフトウェアの機器構成と機能を示すとともに、テスト観測からの結果と性能を明らかにする。