

R007-09

Zoom meeting A : 11/1 PM1 (13:45-15:30)

13:45-14:00

次世代宇宙地球系観測のための汎用デジタルフェーズドアレイ装置の開発

#岩井 一正

名大 ISEE

Development of general purpose digital phased array instrument for next generation space-earth environment observations

#Kazumasa Iwai

ISEE, Nagoya Univ.

Low-frequency radio observations are widely used for the space-earth environment researches such as the Sun, solar wind, ionosphere, and atmosphere. In this frequency band, it is effective to obtain a large aperture area and a wide field-of-view by forming an array with a large number of antennas. There are various kind of phased array radio telescopes and radars in Japan, such as the interplanetary scintillation observation system of the Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University. In this research, we have developed a general-purpose digital phased array instrument for space-earth environment observation, especially to be installed in the next generation interplanetary scintillation observation system of ISEE.

A digital board newly designed for this instrument has 8 analog input ports, 8 analog-digital converters (ADCs), one field-programmable gate array (FPGA), and one 10-Gbit Ethernet output. The size of this instrument is 37 cm x 27 cm, and it can be further downsized. Hence, it can be stored in the front-end part of various observation systems. In addition, the price has been reduced compared to conventional products. Eight input signals are converted to 12-bit digital signals by the ADCs. The ADCs respond to input signals up to several GHz and can process input signals much higher than the clock frequency by using the aliasing. For example, we can measure 308-346.6MHz by the operating clock of 77MSPs, which corresponds to the 38.5MHz bandwidth, using appropriate bandpass filters in the analog stage. The digitized signal is converted to 16384-point complex spectra by the fast Fourier transform by the FPGA, and the beamforming can be performed by adding the eight complex spectra using arbitrary different delay filters. A power spectrum is derived from the complex spectrum after the beamforming, and output power spectra are derived every 10 ms. This system enables us to measure four beams simultaneously by processing four types of different beamforming in parallel. In the laboratory experiments, we confirmed that the beam can be formed in the appropriate direction by setting appropriate delay filters. It is possible to form a larger array by connecting a large number of this instruments. Therefore, this instrument can be applied to various future projects.

低周波の電波観測は、太陽面爆発、太陽風、電離圏、大気圏など宇宙地球環境の観測に広く利用されている。この帯域では多数のアンテナでアレイを形成することで大きな集光力や広い視野を獲得することが有効であり、国内では名古屋大学宇宙地球環境研究所 (ISEE) の太陽風観測装置など多数の望遠鏡やレーダーが運用され、次世代装置の開発も進んでいる。本研究では、ISEE の次世代太陽風観測用望遠鏡に搭載することを念頭にいた宇宙地球系観測のための汎用デジタルフェーズドアレイ装置の開発を行った。

本装置に内蔵するために新たに設計されたデジタルボードは、8つのアナログ入力ポート、8つのアナログデジタル (AD) 変換、1つの FPGA、1つの 10Gbit Ethernet 出力が実装されている。このボードを搭載した本装置の大きさは 37cm x 27cm で、更に小型化も可能なことから、各種観測装置のフロントエンド部分に収納が可能である。また従来品に比べて低価格化も実現された。8 系統の入力信号はデジタル変換部で 12 bit のデジタル信号に変換される。デジタル変換部は数 GHz までの入力信号にตอบสนองし、エイリアシングを用いることで動作クロックよりはるかに高周波の入力信号を処理でき、例えば、77MSPs の動作クロックを入力することで測定できる 38.5MHz バンド幅は前段に適切なバンドパスフィルタを付加することで、308-346.6MHz などになる。デジタル化された信号は FPGA 内部で 16384 点のフーリエ変換がなされ、8つの複素スペクトルに任意の異なる遅延フィルタをかけ、加算することでビームフォーミングができる。加算後の複素スペクトルからパワースペクトルを作り、積算し、10ms 毎に出力する。遅延フィルタ以降の処理を 4 種類並列に処理することで、4つのビームを出力できる。本装置に既知の信号を使って実験した。その結果、適切な遅延フィルタを設定することで、想定した方向にビームを形成できることがわかった。本装置は多数を接続することで、より大規模なアレイを形成することも可能な設計であり、多様な将来計画に応用できる装置であると言える。