

R007-05

C会場：11/25 PM2 (15:30-18:15)

16:30~16:45

次世代太陽風観測装置用のフェーズドアレイアンテナ系の開発

#加賀尾 勇典¹⁾, 岩井 一正¹⁾, 藤木 謙一¹⁾, 竹原 大智¹⁾, 渡部 温¹⁾

¹⁾ISEE

Development of the phased array antenna system for next generation solar wind observation system

#YUSUKE KAGAO¹⁾, Kazumasa Iwai¹⁾, Ken'ichi Fujiki¹⁾, Daichi Takehara¹⁾, Haruto Watanabe¹⁾

¹⁾Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

A radio wave of astronomical object can be scattered by plasma disturbances in solar wind flowing through interplanetary space. This phenomenon is called interplanetary scintillation (IPS). Nagoya University has analyzed solar wind and coronal mass ejections (CMEs) by observing IPS of astronomical radio sources at an observation frequency of 327 ± 10 MHz. Large radio telescopes uniquely developed by the university and installed at three locations in Japan. The obtained data can predict the arrival of solar wind and CMEs to the earth. Hence it is important role in forecasting space weather. In recent years, it has become clear that increasing the number of observations is necessary to provide more accurate space weather forecasts.

Therefore, we are developing a large-scale flat phased array with digital beamforming that can simultaneously synthesize up to eight beams. This observation system enables observations 10 times greater than that of existing instruments (the number of objects is 1,000). As for the antenna system concept, 1024 sets of subarrays will be laid out on a metal reflector. Its subarray consists of 16 dipole antennas arranged at half-wavelength intervals on a straight line.

In this study, we will develop a subarray that satisfies a beam size of $110^\circ \times 7^\circ$ and has impedance matching at the observed frequency. To estimate the beam size, we ran the simulation on the electromagnetic simulator HFSS. Within the simulation, a dipole antenna of the same size as the prototype dipole antenna and a metal reflector were placed at distances of 10, 20, 30, 40, and 50 cm calculate the beam size. As the result, the maximum beam size of 90° was obtained at 30 cm. Since this does not satisfy the desired beam size, modifications are needed, such as adjusting the length of the antenna elements. To investigate the effect of mutual coupling between antenna elements, we placed prototype dipole antennas 3×3 at half-wavelength intervals, measured the S11 (reflection coefficient) of the central antenna, and evaluated it in terms of power transmission loss ratio. From the experiment, it was confirmed that the power transmission loss ratio at the well-matched frequency was more than 99% for both the single element and the 3×3 arrangement, and no change was observed. But the well-matched frequency shifted to the higher frequency side by approximately 5 MHz. This shift to the high-frequency side was also confirmed by the measurement results of different array patterns. Therefore, we consider that it is essential to design antennas that take this result into account. As a perspective, we plan to conduct similar experiments with a modified antenna that is better matched at 327 MHz and evaluate its power transmission loss rate.

遠方に存在する天体の電波が、惑星間空間を流れる太陽風中のプラズマによって散乱される現象を惑星間空間シンチレーション (IPS) と呼ぶ。名古屋大学では、独自に開発した大型電波望遠鏡を国内の3か所に設置し、観測周波数 327 ± 10 MHzにおいて、天体電波源のIPSを観測することで太陽風やコロナ質量放出 (CME) の解析に取り組んできた。得られたデータは、太陽風やCMEの地球到来予測に活用することができ、宇宙天気を予測するのに重要な役割を担っている。近年では、より精度の高い宇宙天気予報を行うために1日に観測可能な天体数を増やすことが必要であるとわかってきた。そこで、既存装置の約10倍の観測量 (1日に約1000天体) を実現するべく、最大8ビームを同時に合成できるデジタルビームフォーミングを搭載した、大規模な平面フェーズドアレイを開発する。アンテナ系統の構想としては、直線上に半波長間隔で配置された16本のダイポールアンテナで構成されるサブアレイを金属反射板の上に1024セット敷設する予定である。

そこで本研究では、 $110^\circ \times 7^\circ$ のビームサイズを満たし、観測周波数においてインピーダンス整合のあるサブアレイを開発する。開発に際して、ビームサイズの大きさを推定するため、電磁界シミュレータ HFSS 内に試作機ダイポールアンテナと同寸のダイポールアンテナと金属反射板を 10, 20, 30, 40, 50 cm の距離でそれぞれ配置しビームサイズを計算した。その結果、30 cm の場合にビームサイズが最大の 90° となった。これは所望のビームサイズを満たさないため、アンテナのエレメント長を調整するなどの改良が必要である。また、アンテナ素子間に生じる相互結合の影響を調査するため試作機ダイポールアンテナを半波長間隔で 3×3 に配置し、中央に配置したアンテナの S11 (反射係数) を測定し電力伝送損失率で評価した。実験から、整合のとれた周波数の電力伝送損失率は単一素子と 3×3 配列時の両方で 99% 以上であり変化は見られなかったが、整合のとれた周波数が約 5 MHz だけ高周波側へ移動することが確認された。この高周波側への移動は、異なる配列パターンの測定結果からも確認されている。そのため、この結果を考慮したアンテナ設計が必要不可欠であると考え。展望として、観測周波数 327 MHz でより整合のとれた改良アンテナで同様の実験を行い、その電力伝送損失率の評価を行う予定である。