

リフレクトアレーアンテナにおける残留収差の簡易評価法

A Simple Evaluation Method for Residual Aberration in Reflectarray Antenna

皆森 勇甫¹ 重光 賛志郎¹ 瀧能 翔太¹ 牧野 滋¹ 瀧川 道生² 中嶋 宏昌²
 Yusuke Kaimori Sanshiro Shigemitsu Shota Takino Shigeru Makino Michio Takikawa Hiromasa Nakajima

金沢工業大学¹
 Kanazawa Institute of Technology

三菱電機株式会社²
 Mitsubishi Electric Corporation

1. まえがき

リフレクトアレーアンテナ（以下、リフレクトアレー）において、残留収差は回転楕円面の一部であり、これを球面波に近似することで簡易的に評価することが可能であることを示した[1]。本報告では、球面波に近似した残留収差の簡易評価法の妥当性を示す。

2. 残留収差の導出

一次放射器からリフレクトアレー上の任意の素子に至るベクトルを \mathbf{r} とすると、その素子が補正すべき収差 Δ は次式で表される。

$$\Delta = |\mathbf{r}| - \mathbf{r} \cdot \mathbf{k} - C \quad (1)$$

ここで、 \mathbf{k} は所望のビーム方向、 C は任意の定数である。設計周波数外で発生する残留収差は以下の式で表される[2]。 λ_0 は設計周波数 f_0 における波長である。

$$\delta = d\Delta = \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0} \Delta = \alpha \Delta \quad (2)$$

従来の検討より、入射波面を半径 R の球面波面と近似したとき、残留収差は回転楕円面の一部であることが示されている[1]。また、回転楕円面の一部を球面波と近似したときの波面の曲率半径 R' は以下の式で表される。

$$R' \approx -\frac{R}{\alpha} \cos^3 \theta \quad (3)$$

3. 解析結果

図1に鏡面構成の図を示す。図に示すように、イメージホーン角 θ が20度、0度、-20度の3パターンを検討することで、2章で示した残留収差の影響を考える。

設計パラメータは設計周波数 $f_0 = 12.0\text{GHz}$ 、開口径 $D = 20.0\lambda_0$ 、一次放射器から鏡面までの距離 $R = 20.0\lambda_0$ である。

一例として $\theta = 20$ 度、-20 度の解析結果をそれぞれ図2、3に示す。ここでグラフの縦軸は位相誤差、横軸は開口面の寸法を示しており、緑が設計周波数 $f_0 = 12.0\text{GHz}$ 、赤が $f = 11.0\text{GHz}$ 、青が $f = 13.0\text{GHz}$ である。

12.0GHzの電磁界解析シミュレーションを用いた解析結果は、素子設計による誤差がある。そのため、11.0GHzまたは13.0GHzの結果から12.0GHzの結果を引くことで素子設計の誤差を取り除く。この時の位相誤差を解析値とする。それぞれ点線は電磁界解析シミュレーションソフトを用いて解析を行った位相誤差、実線は解析値、破線は簡易評価法を用いた位相誤差（以下、近似値）、一点鎖線は式(1)で求めた厳密な収差から導出した位相誤差（以下、理論値）である。これより、解析値、近似値、理論値の3つの値が近い値であることがわかる。

そのため、近似値を用いた評価は妥当であると考えられる。

4. むすび

以上の結果より、球面波に近似した残留収差の簡易評価法の妥当性を示した。

本研究は、科研費 JSPS (20K04491) の助成を受けたものである。

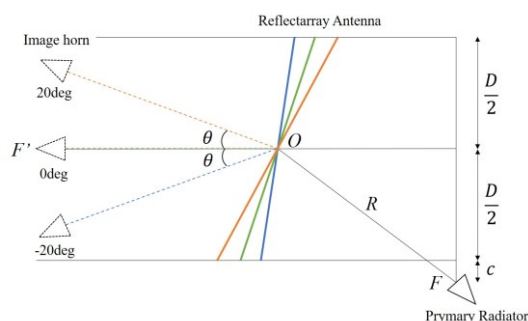


図1 鏡面構成

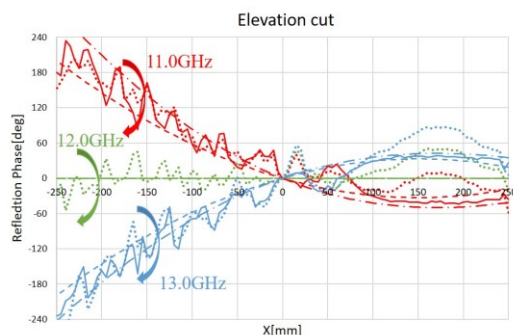


図2 解析結果 ($\theta = 20$ 度)

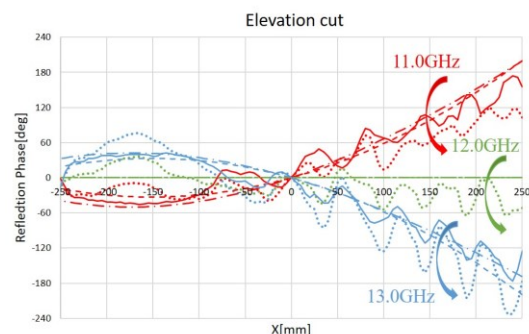


図3 解析結果 ($\theta = -20$ 度)

参考文献

- [1] 琴浦 葵, 他, 信学総大, B-1-83, 2019
 [2] S.Makino. et al., EUCAP2017, Mar, 2017