—技術ノート— TECHNICAL NOTE

送受信アイソレーション向上に関する基礎的検討^{*1} A Fundamental Study on the Isolation Improvement between Transmitting and Receiving

橋 本 修^{*2}・請 川 智 久^{*2}
Osamu HASHIMOTO and Tomohisa UKEGAWA

Key Words: Polarization, Isolation

Abstract

A combination of wave-polarization directions between transmitting and receiving antennas is discussed with a particular interest in an improvement of the isolation on the basis of measurement of the diffractive wave, and the result is compared with theoretical values. The levels of the diffractive wave differ each other depending on a combination of the polarization direction, and the maximum amount of 15 dB obtained as a difference between the maximum and the minimum levels of receiving shows that this method is significantly effective to undergo the improvement. It is also confirmed that the theoretical level of the wave calculated from an approximate equation agrees with the measurement. An extensive discussion of the improvement on the more practical condition remains as our future study.

1. は じ め に

航空機には、限られたスペースにレーダ装置、通信装置等の種々の電子装置が存在するが、特殊な場合には、相手方に電波妨害を与えるために使用される電波妨害装置も装備されている。しかし、電波妨害装置について注目すると、相手方に電波妨害を連続的に与えながら、かつこの送信電波で受信機能（例えば、レーダ機能）を損うことなく送受信を同時に行うことの出来る技術、すなわち、ルックスルー技術に関する技術が重要となる¹⁻³⁾

このような技術分野では、従来、送受信間の距離を十分離す方法、妨害波を非常に低いデューティサイクルでOFFし、その間に信号等を受信する方法さらに位相相殺回路によって、妨害波の受信機への回り込み波を防ぐ方法等が述べられている³⁾。しかし、航空

機においては、送受信アンテナを配置するスペースが限られており、各種装置の送受信アンテナが極めて隣接して配置されていることから、妨害波の他装置への回り込み波レベルが高く、なるべく簡単な方法で送受信アンテナ間のアイソレーションが得られることが期待されている。

このような背景において本論文では、特にレーダ周波数として使用頻度の高いX帯において、送受信アンテナの偏波方向を変化させることにより、どの程度のアイソレーション向上が図れるかについて、実際にアイソレーション量を測定し、実験的に検討するとともに、測定に使用したアンテナ利得の実測値から理論的にアイソレーション量を計算し、実験結果と比較検討した。

2. 実 験 法

実験系及びその様子を第1図～第3図に示す。すなわち、測定においては、第1図、第2図に示すようにシンセサイザから発振した8～11 GHzのマイクロ波をRFケーブルを介してホーンアンテナから送信し、送信と同じホーンアンテナで回り込み波を受信し、そのレベルをスペクトラムアナライザで測定した。第3図は実験で使用したホーンアンテナの開口面と偏波方向（電界方向）の一例を示しており、上記実験では以下の種々のパラメータを変化させて測定を行った。

- ① 送受信アンテナ間の距離 (L)
- ② 送信周波数 (f)
- ③ 偏波方向（電界方向）の組み合わせ

なお、それぞれの測定における送信レベルは、第1図において破線で示すように測定に使用したRFケーブルを直結することにより測定した。このようにして送信レベルを測定することにより、介在するRFケー

^{*1} 平成5年2月18日原稿受理

^{*2} 青山学院大学理工学部電気電子工学科

第1図 実験系

第2図 実験の様子

Horn Antenna: S/A (23-8.2)
 Synthesizer: HP (8673G)
 Spectram
 Analyser: ADVANTEST (R3271)

第3図 偏波方向とアンテナ開口面

ブルの伝搬ロスを考慮する必要がなくなる。第1表にこのようにして測定した各周波数に対する送信レベル

第1表 送信レベルの測定結果

周波数 (GHz)	8	9	10	11
送信パワー (dBm)	-5.2	-6.1	-6.3	-6.1

を示す。

3. 測定結果

回り込み波は、送受信アンテナ間の各種の伝搬パスを通る波の合成波として受信されるため、そのレベルは、わずかな送受信アンテナ間距離の変化でも大きく変化する。そこでここでは測定した回り込み波の上限値の包絡線を描き、このレベルで回り込み波の評価を行った。

第4図は、一例として周波数8GHzにおいて、送受信アンテナ間の距離の変化に対する各種の偏波方向の組み合わせによる回り込みレベルの測定結果を示したものである。ここで、各曲線は、上記した包絡線であり、矢印及び矢印を囲む□印は電界方向(偏波方向)及びアンテナ開口面の方向を示している。この結果、偏波方向の組み合わせによって、その回り込み波のレベルは大きく変化した、回り込み波が最大となる水平偏波の組み合わせ(第3図中(a)参照)に比較して最少となる垂直偏波と水平偏波の組み合わせ(第3図中(b)参照)の間には最大15dB程度のレベル変化があり、アイソレーション向上量が確認できた。

また、第5図は送受信アンテナ間の距離を50cmと固定し、送信周波数を変化させた場合の回り込み波レベルの測定結果を示している。この結果からも各周波数において、最大15dB程度のアイソレーション向上量が確認できた。

次に、この送受信アンテナから送信された電波を遠方解と仮定し、次式を用いて回り込み波のレベルを計算した。ここで解析モデルは、第6図に示す通りであり、実際の計算には、測定した90°方向のアンテナ利得(周波数の変化に対して約-18dBiと一定)および送信レベル(第1表に示す)を用いた。

$$P = P_t G_t(\theta_t) G_r(\theta_r) \left(\frac{\lambda}{4\pi L} \right)^2$$

P_t : 送信パワー

$G_t(\theta_t)$: 受信空中線を見込む角 θ_t における送信空中線の利得

$G_r(\theta_r)$: 送信空中線を見込む角 θ_r における受信空中線の利得

λ : 波長

L : 送受信アンテナ間の距離

この結果を第4図～第5図中に●印で示したが、測定結果と理論値は、最大でも3dB程度の違いで一致

第4図 アンテナ間距離の変化に対する回り込み波レベル

第5図 送信周波数の変化に対する回り込み波レベル

第6図 解析モデル

しており、上式を用いて近似的に回り込み波のレベルの評価が可能であることがわかった。

4. おわりに

本論文では、アイソレーション向上の基礎的検討として、送受信アンテナの偏波方向の組み合わせに対する回り込み波の測定を行い、その結果を理論値と比較検討した。

この結果、偏波方向の組み合わせに対して、回り込み波のレベルも大きく異なり、最大及び最少の回り込みレベルの差は、最大 15 dB 程度となり、アイソレ

ーションの向上が確認出来た。また、送信電波を遠方解と仮定した近似式で求めた理論値は、測定値と比較的一致していることが確認でき、この近似式を用いて、アイソレーション量の検討が可能であることを示した。

今後、この結果をもとに、より実用的なアンテナおよび送受信アンテナ間の距離において、偏波方向の組み合わせによるアイソレーション向上に対する有効性を確認することが課題である。

本研究を進めるにあたり、御指導頂いた防衛庁技術研究本部第2研究所中尾定彦研究所長に感謝致します。

参考文献

- 1) Moran, J. F. and Balser, C. B.: Digital Control for Effective Power Management, EW, Nov. 1975, pp. 55-61.
- 2) Cain, F. L. and Jonson, R. C.: Investigation of Choke Blinders for Feed Horns of Radar Antennas, IEEE Trans., EMC-9, 2 (1967), pp. 65-72
- 3) Van Brunt, L. B.: Applied ECM, Electronic Warfare Engineering, 1978, pp. 263-271.