4.3 実証試験結果

4.3.1 実証試験1(小型気象用レーダー相互干渉状況について)

4.3.1.1 実証試験1の概要

小型気象用レーダー相互間の干渉について実証試験を行った。

与干渉機、被干渉機をそれぞれ車両上に設置し、116mの離隔距離で配置して実験を行った。試験時の設置状況写真を図1、図2に示す。



図 1 与干涉機設置状況

図 2 被干涉機設置状況

両試験機の位置関係を図3に示す。駐車場内に段差があり、空中線相互の総合的な高低 差は約1mであった。これは空中線の指向角に換算して0.49度であり、試験機空中線の半 値角1.5度に対して十分小さいといえる。また、空中線の直径は0.75mであるので、遠方 界の基準距離は35.54mとなり、116mは評価に十分な離隔距離である。



図 3 試験機の相互位置関係

4.3.1.2 実証試験1の結果

(1)離隔距離の増加に伴う干渉状況の変化

被干渉機・与干渉機双方の周波数を 9470MHz とし、与干渉機の空中線を被干渉機に正対 させて停止させるという、アンテナ走査設定上は最悪条件において、離隔距離を変化させた 場合の干渉状況変化を示す。

この中でも最も短距離設定の場合(最悪条件)を図 4、同状態で干渉除去機能を ON に した場合を図 5 に示す。この状況下でも、干渉を除去できていることがわかる。したがっ て、状況が緩和される他状況については干渉除去機能を OFF にした状態のみとし、それら を図 6 から図 13 に示す。



与干涉機:9470 MHz、正対停止、被干涉機:9470 MHz、PPI



図 6 離隔距離: 1.20 km

図 7 離隔距離: 3.55 km



同周波数 (9470 MHz)、与干涉機:正対停止、被干涉機: PPI

図 8 離隔距離:11.5 km

図 9 離隔距離: 20.5 km



図 10 離隔距離: 37.3 km

図 11 離隔距離: 66.8 km



(2) 空中線走査方法の変化に伴う干渉状況の変化

前項では、与干渉機の空中線を正対停止するという、通常運用時には生じない最悪条件での検証を行った。本項では、現実的に起こり得る最悪条件として、与干渉機・被干渉機双方が仰角零度で水平回転している場合(PPI)の結果を示す。

実際の運用では、随時仰角を変更しての三次元走査が主流である為、本項で示す条件とな るのは稀であると考えられる。したがって、この条件において運用に支障が無ければ、実用 上は問題無いといえる。

離隔距離が最も小さい場合を図 14、同条件で干渉除去した場合を図 15 に示す。また、 離隔距離を大きくした場合を図 16、図 17 にそれぞれ示す。正対停止と比べて、離隔距離 がそれぞれ数十倍程度の時と近い状態まで干渉が緩和されていることがわかる。



与干涉機:9470 MHz、PPI、被干涉機:9470 MHz、PPI

図 14 離隔距離: 372 m

図 15 離隔距離: 372 m、干涉除去: 0N



(3) 離隔周波数の増加に伴う干渉状況の変化

与干渉機の周波数を 9415MHz、被干渉機の周波数を 9470MHz とし、離隔周波数を 55MHz 確保した場合の干渉状況の変化を示す。距離設定を 2 種類示しているが、いずれの 場合も干渉が大幅に減少し、また、干渉機能によって除去できていることが分かる。



与干涉機:9415 MHz、正対停止、被干涉機:9470 MHz、PPI

図 18 離隔距離: 372 m

図 19 離隔距離: 372 m、干渉除去: 0N



4.3.1.3 考察

ここまで示したように、全ての条件において、干渉除去機能を ON とした場合には干渉 を除去できるということがわかった。表示画像を評価する範囲で定性的には干渉除去後の 違いが見られないが、念のために定量評価も行う。

与干渉機が無い場合に、0dB の設定で干渉除去機能を OFF とした場合の観測結果を図 22、被干渉としては最悪の状態(同一周波数、正対停止、372m 離隔)から干渉除去した結 果を図 23 に示す。図 23 の状態の理想形が図 22 であり、この乖離度を評価する。なお、 各図の[A]は通常用いる極座標表示であるが、[B]は縦軸をレーダーからの距離、横軸を空中 線指向角度として表示したものである。

評価方法としては、両者の観測データをデータ点毎に比較し、残すべきもの(陸地)を消 さずに干渉のみを消しているかどうかを指標として考察する。



正対停止で干渉除去を ON とした場合の各測定結果から与干渉機が無い状態(図 22)を を減じた後、離隔距離別に降雨量のヒストグラムを作成した。つまり、完全に基準画像と一 致した場合の理想状態は、全てのデータが 0 mm/h へ集まる。

縦軸を線形プロットしたヒストグラムを図 24 に示す。ほぼ、0 mm/h を中心とする中

央の区間にデータが集まっていることが分かる。また、離隔距離毎の差は微差であること が分かる。次に、データ量の少ない区間を詳細に見るため、縦軸を対数として微小値を拡 大したものを図25に示す。全区間において、中心区間に対して二桁以上低い値となって おり、良好に干渉を除去できていることがわかる。



■372m ■1.2km ■3.55km ■11.5km ■20.5km ■37.3km ■66.8km ■116km ■1139km



4.3.2 実証試験2(小型気象用レーダーと船舶用レーダーの干渉状況について)

4.3.2.1 **実証試験2の概要**

小型気象用レーダーと船舶用レーダーの干渉状況について実証試験を行った。 基本的には実証試験1と同様であり、片方を船舶用レーダーに置換して試験を行った。 た。試験機の設置状況を図 26、図 27 に示す。



図 26 気象用設置状況

図 27 船舶用設置状況

両試験機の位置関係は実証試験1と同様であるが、図28に示す。駐車場内に段差があ り、空中線相互の総合的な高低差は約1mであった。これは空中線の指向角に換算して 0.49度であり、気象用空中線の半値角1.5度、船舶用空中線の半値角12度に対して十分 小さいといえる。また、気象用空中線の直径が0.75m、船舶用空中線の長辺が1.20mであ るので、遠方界の基準距離は90.4mとなり、116mは評価に十分な離隔距離である。





4.3.2.2 実証試験2の結果

(1)離隔距離の増加に伴う干渉状況の変化

船舶用の周波数を実測し、気象用の周波数をこれに出来るだけ近付ける。また、気象用の 空中線を船舶用に正対させて停止させるという、アンテナ走査設定上は最悪条件において、 離隔距離を変化させた場合の干渉状況変化を示す。

この中でも最も短距離設定の場合(最悪条件)を図 29、この最悪状態で干渉除去機能を ONにした場合を図 30に示す。最悪状態でも、干渉を除去できていることがわかる。した がって、状況が緩和される他状況については干渉除去機能を OFF にした状態のみを図 31 から図 37に示す。離隔距離が増加するに従って干渉の強度・頻度が低下していくが、概ね 100km を超えると差が無くなってくることがわかる。これは、減衰量が大きくなりすぎた 為にアンテナ以外からの放射等、他要因が支配的となっているのだと考えられる。つまり、 少なくとも 40km 程度までは十分に離隔距離を模擬出来ていると考えて良い。



与干涉機(気象用):9415 MHz、正対停止、被干涉機(船舶用):9414.38MHz、PPI

図 29 離隔距離: 372 m

図 30 離隔距離: 372 m、干渉除去: 0N



図 31 離隔距離: 1.20 km

図 32 離隔距離: 3.55 km



与干涉機(気象用):9415 MHz、正対停止、被干涉機(船舶用):9414.38MHz、PPI

図 33 離隔距離: 11.5 km

図 34 離隔距離: 37.3 km



図 35 離隔距離: 116 km

図 36 離隔距離: 376 km



図 37 離隔距離: 1139 km

同条件において、表示距離レンジを 32km とした場合を図 38 から図 46 に示す。0.5km レンジの場合と同様に、最悪条件でも干渉を除去できている為、その他の距離については干 渉除去機能を OFF とした場合のみを示す。0.5km レンジと同様、100km 以上では離隔距 離の増加効果を模擬できていないが、40km 以下では評価に値することが分かる。

なお、0.5km レンジの場合と比べて全体的に干渉が増加しているように見えるのは、STC (Sensitivity Time Control) と呼ばれる機能の効果である。これは、表示範囲内での物標反 射波に対する感度を均等にする目的で、近距離ほど受信機の感度を低下させるという機能 であり、概ね数 km 程度まで効果が及ぶ。そのため、0.5km レンジでは全体的に感度が低 下しているが、32km レンジでは中心付近のみに効果が及んでいる為、このような差異が生 じる。



与干涉機(気象用):9415 MHz、正対停止、被干涉機(船舶用):9414.38MHz、PPI







(2) 空中線走査方法の変化に伴う干渉状況の変化

前項では、与干渉機である気象用の空中線を正対停止するという、通常運用時には生じない最悪条件での検証を行った。本項では、現実的に起こり得る最悪条件として、与干渉機・ 被干渉機双方が仰角零度で水平回転している場合(PPI)の結果を示す。

気象用の実運用では、随時仰角を変更しての三次元走査が主流である。また、大地反射を 除去する為に空中線の利得半値角以上の仰角のみを使用するのが通常状態である為、本項 で示す条件となるのは稀であると考えられる。したがって、この条件において運用に支障が 無ければ、実用上は問題無いといえる。

(A) 与干渉機:気象用、被干渉機:船舶用の場合

離隔距離が最も小さい場合を図 14、同条件で干渉除去した場合を図 15、に示す。また、 離隔距離を大きくした場合を図 16、図 17 にそれぞれ示す。正対停止と比べて、離隔距離 がそれぞれ数十倍程度の時と近い状態まで干渉が緩和されていることがわかる。



与干涉機(気象用):9415 MHz、PPI、被干涉機(船舶用):9414.38 MHz、PPI

図 47 離隔距離: 372 m

図 48 離隔距離: 372 m、干渉除去: 0N



図 49 離隔距離: 37.3 km

図 50 離隔距離:1139 km

同条件で、表示距離レンジを 32km とした場合を図 51 から図 54 に示す。同様に、最悪 条件でも干渉を除去できている為、その他の距離については干渉除去機能を OFF とした場 合のみを示す。



与干涉機(気象用):9415 MHz、PPI、被干涉機(船舶用):9414.38MHz、PPI



(B) 与干渉機:船舶用、被干渉機:気象用の場合

離隔距離が最も小さい場合を図 55、同条件で干渉除去した場合を図 56、に示す。また、 離隔距離を大きくした場合を図 57、図 58 にそれぞれ示す。最悪条件においても、干渉を 除去できていることが分かる。

なお、外縁部の水色になっている領域はシステム雑音である。距離を模擬するために受信 機へも減衰器を挿入している為、雑音電力が増加し、このように見えている。



与干涉機(船舶用):9414.38MHz、PPI、被干涉機(気象用):9415 MHz、PPI

図 55 離隔距離: 372 m

図 56 離隔距離: 372 m、干渉除去: 0N



図 57 離隔距離: 37.3 km

図 58 離隔距離: 1139 km

(3) 離隔周波数の増加に伴う干渉状況の変化

船舶用の周波数は手を加えず、(実測で 9414.38MHz)、気象用の周波数を通常の 9470MHz とし、離隔周波数を 55.62MHz 確保した場合の干渉状況の変化を、気象用、船舶 用が各々与干渉機・被干渉機となる場合の双方について示す。

(A) 与干渉機:気象用、被干渉機:船舶用の場合

結果を図 59 から図 62 に示す。距離設定を3種類示しているが、いずれの場合も干渉が 大幅に減少し、干渉機能によって容易に除去できていることが分かる。また、3.55km とし た場合(図 62)には干渉が見えないレベルまで低減していることが分かる。

与干涉機(気象用):9470 MHz、正対停止、被干涉機(船舶用):9414.38MHz、PPI



図 59 離隔距離: 372 m

図 60 離隔距離: 372 m、干渉除去: 0N



図 61 離隔距離: 1.20 km

図 62 離隔距離: 3.55 km

同条件で、表示距離レンジを 32km とした場合を図 63 から図 66 に示す。同様に、最悪 条件でも干渉を除去できている為、その他の距離については干渉除去機能を OFF とした場 合のみを示す。

干渉源である気象用の方向のみに干渉が出ており、容易に除去できている。



17

(B) 与干渉機:船舶用、被干渉機:気象用の場合

結果を図 67 から図 70 に示す。距離設定を2種類示しているが、いずれの場合も干渉が 大幅に減少し、干渉機能の ON/OFF で有意な差が見られない。つまり、この程度の周波数 差を設ければ、干渉除去は不要であるといえる。



与干涉機(船舶用):9414.38MHz、PPI、被干涉機(気象用):9470 MHz、PPI

図 67 離隔距離: 372 m

図 68 離隔距離: 372 m、干涉除去: 0N



4.3.2.3 考察

ここまで示したように、全ての条件において、干渉除去機能を ON とした場合には干渉 を除去できるということがわかった。表示画像を評価する範囲で定性的には干渉除去後の 違いが見られないが、念のために定量評価も行う。

(4) 与干渉機:気象用、被干渉機:船舶用の場合

与干渉機が無い場合に、0dB の設定で干渉除去機能を OFF とした場合の観測結果を図 71、被干渉としては最悪の状態(同一周波数、正対停止、372m 離隔)から干渉除去した結 果を図 72 に示す。図 72 の状態の理想形が図 71 であり、この乖離度を評価する。なお、 各図の[A]は通常用いる極座標表示であるが、[B]は縦軸をレーダーからの距離、横軸を空中 線指向角度として表示したものである。

評価方法としては、両者の観測データをデータ点毎に比較し、残すべきもの(陸地)を消 さずに干渉のみを消しているかどうかを指標として考察する。



図 71 与干渉機無し、干渉除去: OFF

図 72 最悪状況、干渉除去: ON

まず、評価系の安定性について考察を行う。本実験系では送受信タイミングとアンテナの 指向角度は厳密に言えば非同期であり、各周における同一スイープでも同一方向とは限ら ず、多少の誤差が生じると考えられる。また、実際に空間へ電波を放射している為、同じ物 体であっても必ずしも同強度で反射波を観測できるとは限らず、更に、航空機等の移動物体 が映り込んでしまうことも考えられ、これらが誤差要因となる。

この様な懸念を評価する為、干渉源の無い状態で複数回のデータ収録を行い、基準画像と の差を評価した。結果を図 73 から図 76 に示す。完全に同一画像であれば中央区間のみに データが存在するが、実際は中央区間以外にも懸念した分布が見られる。しかし、中央区間 に対して 0.5km レンジでは 2 桁程度、32km レンジでは 3 桁弱少ないデータ点数であり、 評価に値する程度の誤差であるといえる。



なお、横軸は表示機の表示階調であり、値域は-63~+63である。

20





2 3 4 5 6 7 8

21



次に、実際の観測結果を評価する。

与干渉機(気象用)の空中線を正対停止させた状態で送信電力を低減していき、離隔距離 の増加を模擬した場合について、干渉除去後のデータと基準画像の差をヒストグラムで表 したものを図 77 から図 80 に示す。いずれも、特に中央から離れた区間で誤差評価時より はデータ点数が増加しているが、中央の隣接区間(-30~-10、を超えない程度であり、十分 に干渉を除去しつつ、残すべき大地反射は残せているということが分かる。

資料2-4



図 77 基準画像との差のヒストグラム(理想値:0mm/h、縦軸:線形、0.5km レンジ)



図 78 基準画像との差のヒストグラム(理想値:0mm/h、縦軸:対数、0.5km レンジ)

23

資料2-4



図 79 基準画像との差のヒストグラム(理想値:0mm/h、縦軸:線形、32 km レンジ)



図 80 基準画像との差のヒストグラム(理想値:0mm/h、縦軸:対数、32 km レンジ)

 $\mathbf{24}$