

## 第8章 調査検討のまとめ

本調査検討会では「1.2 調査検討項目」で挙げたとおり、周辺情報の整理、机上検討、実験試験局による実証試験、技術的条件、及び運用条件について検討を行った。

本章ではそれらの結果についてまとめた。

### 周辺情報の整理

気象レーダーの現状と課題に関する下記の項目についての情報を整理した。

- 気象レーダーの概要  
気象レーダーの仕組み及び使用されている周波数帯等について整理した。
- 小型化・軽量化のメリットと課題  
従来の大型のレーダーに比して設置が容易であり、高密度配置することにより、半径 30～50 km の狭い観測域で高解像度・高頻度雨量計測が可能である点、及び大型のレーダーの役割を補完できる点について述べ、一方、電波遮へいやブラインド現象等の課題があることについて述べた。
- 9.4 GHz 帯を使用するメリットと課題  
9.4 GHz 帯を使用するメリットとして、空中線の小型化や、現状の船舶用レーダーの部品が流用可能であり、技術的・経済的にメリットが大きいこと（ただし、空中線の小型化には、空中線指向角が広がることによる角度方向の解像度が低下するという欠点もある。）、及び無線航行業務のレーダーに有害な混信を与えないための検証の必要性について述べた。
- 国内の 9.7 GHz 帯におけるレーダー等の利用状況  
日本国内で 9.7 GHz 帯を用いて運用されている気象用のマルチレーダーシステム (X-NET 及び XRAIN) の概要と取得されたデータの活用方法について述べた。
- 海外の動向  
海外では既に 9.4 GHz 帯を使用している例も多いため、その中で米国の CASA、欧州の RAINGAIN、フランスの RHYTMME について概要を述べた。

### 机上検討

- 干渉除去後のパラメータ評価  
本章では、気象レーダーとして最低限の機能である単偏波の振幅情報を用いた、面的な強度分布測定とドップラ速度について気象エコーに比べて著しく強い干渉

波が与えられた場合の検討を行っており、干渉波が気象エコーと同程度のレベルで入力された場合は、ドップラ観測精度が悪化する可能性があり、マルチパラメータレーダーのような偏波間の特性差を解析するようなレーダーでは、原理的にさらに大きな干渉が生じることを述べた。

- 検証 1 離隔周波数による干渉状況変化

離隔距離を 100 m とし、互いが近距離レンジで観測している場合に離隔周波数を変化させた場合の干渉状況変化について検証した。

小型気象用レーダー同士については、正負両側について、10 MHz 離隔すればほぼ影響はないという結果になった。

与干渉機を小型気象用レーダー、被干渉機を船舶用レーダーとした場合、離隔距離が 100 m の場合は受信機が飽和するため、55 MHz 程度離隔しないと干渉が顕著に減少しないことが示された。また、受信機が飽和しない離隔距離 (17.8 km) の場合は 20 MHz 程度離隔することによって、干渉除去機能が OFF の場合でも干渉が問題にならない程度になることを確認した。

- 検証 2 観測レンジによる干渉状況変化

離隔距離を 100 m とし、観測レンジを切り替えた場合の干渉状況について検討した。

与干渉機が船舶用レーダー、被干渉機が小型気象用レーダーの場合、観測レンジが近距離・遠距離のいずれの場合でも干渉除去機能によって良好に干渉が除去できることを確認した。

与干渉機が小型気象用レーダー、被干渉機が船舶用レーダーの場合、観測レンジが近距離及び遠距離の場合で干渉の表示状況は異なるものの、いずれの場合も干渉除去機能によって良好に干渉が除去できることを確認した。

- 検証 3 与干渉機増加時の干渉状況変化

与干渉機を正多角形の頂点に配置するモデルで与干渉機が増加した場合の干渉状況変化について検証を行った。与干渉機が船舶用レーダー4台、被干渉機が小型気象用レーダー1台の場合、及び与干渉機が小型気象用レーダー4台、被干渉機が船舶用レーダー1台の場合において、それぞれの離隔距離を 100 m と 500 m とし検証した結果、いずれのケースでも干渉除去が可能であることを確認した。

- 検証 4 離隔距離による干渉状況変化

同一周波数で離隔距離を 100 m, 1, 5, 10, 20, 50 km と変化させた場合の影響を検討した。離隔距離 100 m の場合においても定性的には良好に干渉が除去されて

いることが確認され、50 km 離隔した場合には、干渉除去機能を OFF にしても干渉はごく少量であり、離隔距離による対策でも顕著に干渉を低減できることを確認した。

- SART 応答波への干渉影響

SART 及び小型気象用レーダーが同高度、仰角  $0^{\circ}$  で連続回転しているという最悪条件下で机上検討を行った。その結果、船舶用レーダーの干渉除去機能により SART 信号は除去されないこと、及び小型気象用レーダーによって SART が起動する可能性についても実用上問題無いと考えられることを確認した。

### 実験試験局による実証試験

実機を用いて以下の 4 つの実証試験を行った。

- ・実証試験 1 : 小型気象用レーダー相互の干渉状況
- ・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
- ・実証試験 3 : 小型気象用レーダーと航空機用レーダーの干渉状況
- ・実証試験 4 : 小型気象用レーダーの運用実力値検証

実証試験 1 及び 2 では広島大学東広島キャンパスの駐車場にて、下記の (1) ~ (3) の項目について干渉試験を行った。

- (1) 離隔距離の増加に伴う干渉状況の変化
- (2) 空中線走査方法の変化に伴う干渉状況の変化
- (3) 離隔周波数の増加に伴う干渉状況の変化

実証試験 3 では岡山県岡南飛行場にて小型気象用レーダーの周波数を航空機用レーダーの周波数に極力近づけた状態で干渉試験を行った。

実証試験 4 では広島大学東広島キャンパスの校舎屋上に小型気象用レーダーを実際に設置し、運用実力値の検証を行った。

- 評価基準について

机上検討と同様に、気象レーダーとして最低限の機能である単偏波の振幅情報を用いた、面的な強度分布測定とドップラ速度について、気象エコーに比べて著しく強い干渉波を与えた場合の検討を行っており、干渉波が気象エコーと同程度のレベルで入力された場合はドップラ観測精度が悪化する可能性があり、マルチパラメータレーダーのような、偏波間の特性差を解析するようなレーダーでは原理的にさらに大きな干渉が生じることを述べた。

- 実証試験 1 : 小型気象用レーダー同士の干渉状況
  - (1) ~ (3) のいずれのケースにおいても (最も干渉波が強くなる場合においても) 干渉は除去されることが確認された。ただし、干渉波と気象エコーが同レベルになった場合のドップラ、マルチパラメータ観測の精度悪化については検討の対象外とした。
  
- 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
  - 与干渉機を小型気象用レーダー、被干渉機を船舶用レーダーとした (1) ~ (3) のいずれのケースにおいても干渉は除去されることが確認された。
  - また、与干渉機を船舶用レーダー、被干渉機を小型気象用レーダーとした (2)、(3) においても被干渉機側の干渉は除去されることが確認された。
  
- 実証試験 3 : 小型気象用レーダーと航空機用レーダーの干渉状況
  - 被干渉機が航空機用レーダーの場合、5 NM レンジで離隔周波数を 2.5 MHz とした場合は、離隔周波数が 0 MHz の場合に比べ干渉はかなり減少するものの、無くなるわけではないことが確認された。また、300 NM レンジで観測した場合はいくつかの小さな輝点が残り、干渉波の占有面積が低下することが確認された。
  - 被干渉機が気象用レーダーの場合、(1) において被干渉機側の干渉は除去されることが確認された。
  
- 実証試験 4 : 小型気象用レーダーの運用実力値検証
  - XRAIN 及びアメダスの観測結果と比較し、20 mm/h を超える強雨時には過小評価の傾向があるものの、それ以下の降雨強度においては雨域の分布を定量的に観測するという役割において、一定の成果が得られることを確認した。

#### 技術的条件

- 小型気象用レーダーに求められる技術的条件
  - 9.7 GHz 帯の気象レーダーを参考とし、9.4 GHz 帯で想定している条件を勘案し仕様検討を行った。
  
- 既存システムとの共用条件
  - 周波数プラン、船舶用レーダー及び航空機用レーダーとの干渉、小型気象用レーダー相互の干渉、BS 放送受信機への干渉について検討した。干渉への対応策として周波数離隔、送信方位制限、サイドローブ抑圧フェンスの設置等を挙げた。

- 技術的条件

実効的な干渉を抑制するという観点から、放射エネルギーは EIRP で管理し、また、与干渉時間は空中線指向角で管理しつつ電力・パルス幅積で制限するのが適切であるとした。この観点から無指向性空中線を許容することはできない為、指向性空中線の使用を要件とした。

放射エネルギーについては、優先度が 2 番手であるために、既存業務への干渉をできるだけ低減する必要があるため、最小限の出力である 92 dBm とした。

また、スプリアスマスクに関しては、ITU-R RR の現行規定である -30 dB/dec を基準とした。

以上の検討を元に、技術的条件及び参考となる諸元例を提示した。

6.3-表 32 技術的条件を満足する諸元例 (再掲)

項目	仕様 1	仕様 2	仕様 3	備考
空中線指向角 [deg]	1.2	2.0	3.0	
空中線利得 [dBi]	42.0	38.0	33.0	
空中線電力 [W]	100	250	400	両偏波合計
最大 EIRP [dBm]	92.0	92.0	89.0	
PRF1 [Hz]	1500	1500	1500	
PRF2 [Hz]	1200	1200	1200	
P0N パルス幅 [ $\mu$ s]	1.0	1.0	1.0	
Q0N パルス幅 [ $\mu$ s]	50	50	50	
Q0N 周波数偏移幅 [MHz]	1.6	1.6	4.0	
最小距離分解能 [m]	150	150	50	
一秒間の平均 EIRP [dBm]	80.3	80.3	77.3	
EIRP・パルス幅積 (最大) [W・s]	79.8	79.8	39.7	

なお、船舶用レーダーについては、現在、情報通信審議会において、9 GHz 帯船舶用固体素子レーダーの技術的条件の検討を行っている状況であることから、小型気象レーダーの技術的条件の策定にあたっては、当該船舶用レーダーの諸元について考慮したうえで、技術的条件を検討する必要があることに留意すべきと考えられる。

### 運用条件

小型気象用レーダーの使用目的より、運用者については、気象観測業務を行う法人又は団体とするが、個人については不適當であるとした。

なお、現に使用されているシステムへの干渉という観点において、今回の周波数案の妥当性について定量的な検討が今後の課題である。