

## 目次

1.1	日本国内における気象レーダのニーズ	1
1.2	9.4GHz 帯汎用型気象レーダの強み	1
1.3	9.4GHz 帯汎用型気象レーダの現状と課題	3
1.4	周波数共用に関する検討	4
1.5	周波数共用に関する検討結果	4
1.6	キャリアセンス機能と周波数変更機能の実現性検討	6
1.6.1	船舶用レーダの電波強度が強い沿岸（兵庫県西宮市西宮浜）	6
1.6.2	航空機用気象レーダの電波強度が強い空港（伊丹空港周辺）	7
1.7	キャリアセンス機能と周波数変更機能の実現性検討結果	8
1.8	まとめ	9

## 1.1 日本国内における気象レーダのニーズ

現在実用局として展開、運用されている5GHz帯や9.7GHz帯の気象レーダのような、公的な目的で広域監視する目的のレーダのみでは、特定の地域の交通機関の安全確保や危険回避対策の支援といった特化した要望に応えていくことが難しくなっている。このようなニーズの高まりに対して、現状では9.4GHz帯の実験試験局として展開している気象レーダにおいて、自ら気象レーダを整備して観測を行い、高速道路や鉄道路線、空港や空路上の付近及び周辺のエリアに対して、実況監視や気象予測にて活用している現実がある。高速道路や鉄道、航空会社などの各交通機関の安全確保や危険回避対策のためには、より局地的で短時間に急変する気象現象の観測が必要だが、5GHz帯や9.7GHz帯の気象レーダは公的かつ広域の観測を目的とすることから、各交通機関にとって必ずしも適切な観測網とは言えない現状がある。また、都市域における局所的集中豪雨に対する雨水監視技術実証事業において、既存の雨水対策施設の機能の最大限活用や浸水ハザードマップの作成・配布、また、土のうの設置や高台への移動など市民の自助・共助の十分な時間を確保するなど、被害縮減効果を実証してきた。

このような局地的に発生する気象現象を早期検知するうえで、雨雲や雪雲の発生～発達を広域かつ早期に検知が可能な気象レーダに対するニーズは高まっている。このニーズの高まりに応えていくためには、展開が進んでいる5GHz帯や9.7GHz帯の公的な気象レーダ（高性能型）だけでなく、ニーズの高い箇所への迅速な設置及び運用が可能な、小型かつ廉価な気象レーダ（汎用型）が必要となる。

## 1.2 9.4GHz帯汎用型気象レーダの強み

9.4GHz帯の周波数を利用すると、既設の9.7GHz帯高性能型気象レーダへの干渉影響を危惧する必要がないことから、高性能型気象レーダでは観測が不十分な場所の観測及び様々な観測が可能となる。

- 同一周波数の場合は、見通しが遮られていても電波は到達する（図1.3-1）

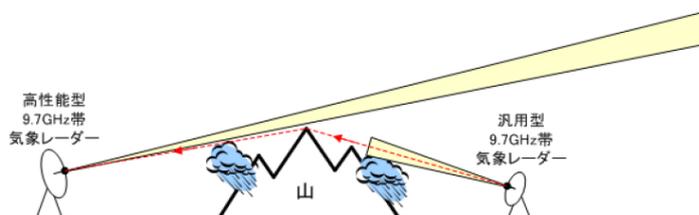


図 1.3-1 同一周波数の場合は干渉影響有り

- 異なった周波数を利用することにより干渉影響が無くなり、高性能型気象レーダの死角となる雨雲を捉えることができる。(図 1.3-2)

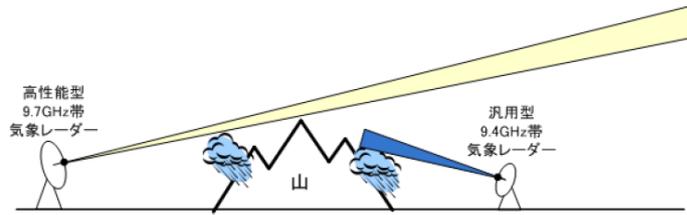


図 1.3-2 異なった周波数の場合は干渉影響が無く、観測エリアの補完が可能

また、9.4GHz 帯汎用型気象レーダは、サイズ、重量が小さいことにより設置場所の制約が少なく、車で観測場所へ移動しての観測が容易に実現できることから、さまざまな観測用途として利活用できる。

- 火山噴火の際に、アンテナを垂直方向に動かす RHI 走査にて、噴煙高度を観測する。(図 1.3-3)

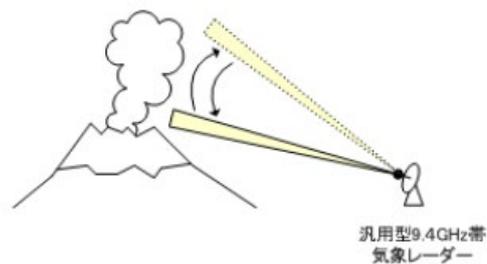


図 1.3-3 噴煙高度の観測

- 移動観測車にて飛び火を観測し、別の場所で着火するのを防ぐ(図 1.3-4)

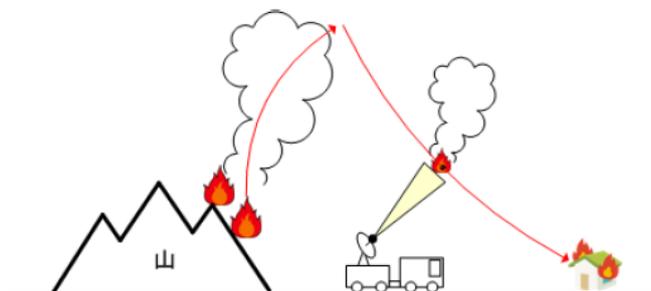


図 1.3-4 移動観測車による飛び火観測

### 1.3 9.4GHz 帯汎用型気象レーダの現状と課題

9.4GHz 帯には、海上無線航行業務、航空無線航行業務、無線標定業務のために使用する周波数が割当られており、当該周波数帯についての無線標定業務は、無線航行業務に対して周波数分配上、劣位の条件となっている。（表 1.3）

表 1.3 9.4GHz 帯における業務の優先順位

優先順位	業務
1位	無線航行業務（船舶、航空機用）
2位	地上に設置した気象用レーダ（無線標定業務）
3位	その他無線標定業務

また、国内における無線航行業務の船舶レーダ、航空機搭載気象レーダの利用割当帯域は、図 1.3 の通りである。

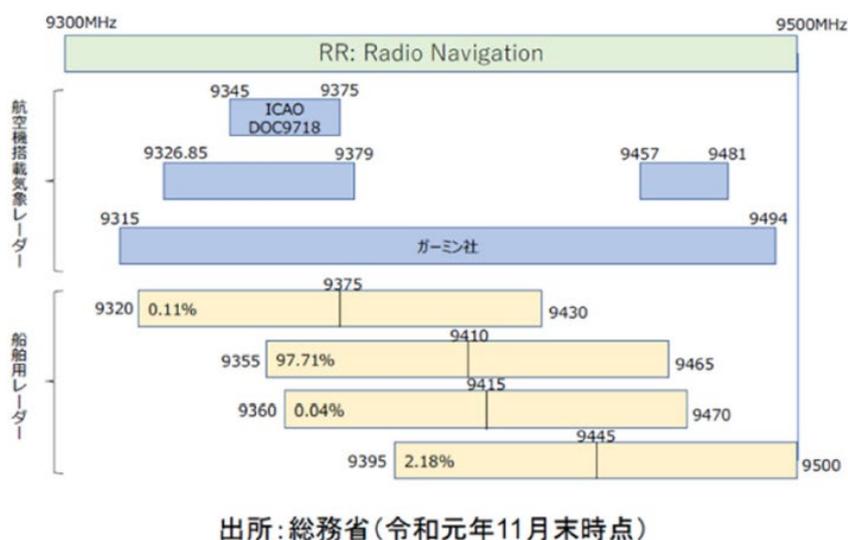


図 1.3 9.4GHz 帯における船舶用・航空機搭載気象レーダの利用割当帯域 (%値は対応する中心周波数のレーダ利用シェアを表す)

9.4GHz 帯汎用型気象レーダを運用するためには、海上無線航行、航空無線航行のレーダに有害な干渉を与えず、実現可能な周波数共用条件を導き出すことが大きな課題である。

## 1.4 周波数共用に関する検討

従来の周波数共用の手法は、ある一定の共用条件を定めて、他の無線システムが運用可能となるよう周波数共用を図っている。しかし、従来の周波数共用の手法においては、無線システムの干渉を避けるため、出力や他の無線システムとの離隔距離等、既存無線システムの運用に影響を与えない共用条件を定めていることから、その共用条件によっては著しく運用の制約も受けている場合がある。

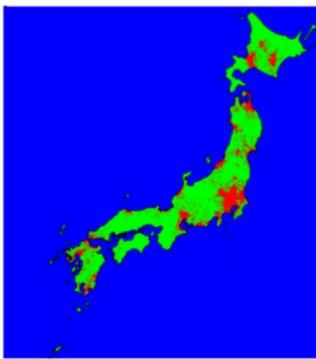
このような状況を踏まえ、周波数がひっ迫している中、今後、多種多様な無線システムが、場所・時間などを考慮すれば、リアルタイムに周波数利用が容易に可能（動的な周波数共用）となるよう検討を進めていく必要がある。

動的な周波数共用を実現するために、9.4GHz帯の周波数帯において、場所・時間を考慮した動的な周波数共用を可能とするための技術基準や運用条件を明らかにし、周波数の有効利用に資することを目的とした調査検討を実施した。

## 1.5 周波数共用に関する検討結果

9.4GHz帯汎用型気象レーダと船舶用レーダ、航空機搭載気象レーダ、公共業務用レーダとの周波数共用条件案を表1.5に示す。

表 1.5 9.4GHz帯汎用型気象レーダと他のレーダとの共用条件案

周波数共用 方策	船舶レーダ	航空機搭載気象レーダ	公共業務用レーダ
周波数離調	①干渉を避けるためには40MHz程度の離調が必要 ②同一周波数であっても干渉除去機能により運行上支障が出ることは少ない	①受信機のフィルタ特性より、中心周波数より2.3MHz以上周波数離調する	①公共業務用レーダの方向へのレーダ照射を行わず、かつ10MHz程度周波数離調する（公共業務用レーダの運用周波数は公表されない）
離隔距離	（サイドローブ間の干渉） 赤の塗りつぶし：干渉エリア 	同一周波数 ・メインローブ間：820km ・メインローブ-サイドローブ間：540km ・サイドローブ-メインローブ間：530km ・サイドローブ間：470km  隣接周波数(±2.3MHz以上離調) ・メインローブ間：82km ・メインローブ-サイドローブ間：5km ・サイドローブ-メインローブ間：4km ・サイドローブ間：0.21km	（サイドローブ-メインローブ間の干渉） 赤の塗りつぶし：干渉エリア 

周波数共有 方策	船舶レーダ	航空機搭載気象レーダ	公共業務用レーダ
対応方策	①干渉が起こらない離隔距離をとる ②離隔距離が取れない場合は40MHz程度周波数を離調する ③離隔距離が取れない場合は周波数利用率の低い周波数帯で運用する	①航空機搭載気象レーダの中心周波数より2.3MHz以上周波数離調する ②サイドローブ（気象）-メインローブ間の干渉が発生する場合は停波する	①公共業務用レーダの運用周波数より10MHz以上送信周波数を離調し、必要な離隔距離を取る ②公共業務用レーダの方向へのメインローブを向けない

表 1.5 に示す通り、9.4GHz 帯汎用型気象レーダが、航空機搭載気象レーダ、公共業務用レーダと周波数共有し、継続的な観測を可能とするためには、キャリアセンス機能を持たせ、停波するのではなく、周波数変更する必要がある。

#### ・キャリアセンスの概要

キャリアセンスとは、送信を開始する前に他の無線局が送信を開始しようとする無線チャネル（自チャネル）を使用していないか確認し、他無線機が自チャネルを使用中であれば、同一周波数での送信を行わないことで干渉を回避する仕組みである。通信中であれば一定時間後に再度通信を試みる。

## 1.6 キャリアセンス機能と周波数変更機能の実現性検討

9.4GHz 帯の共用システムである船舶用レーダ、航空機用気象レーダの送信電波が、どのように周波数範囲で利用されているか、9.4GHz 帯気象レーダの実機にて観測を行った。

- ① 船舶用レーダの電波強度が強い沿岸（兵庫県西宮市西宮浜）
- ② 航空機用気象レーダの電波強度が強い空港周辺（伊丹空港）

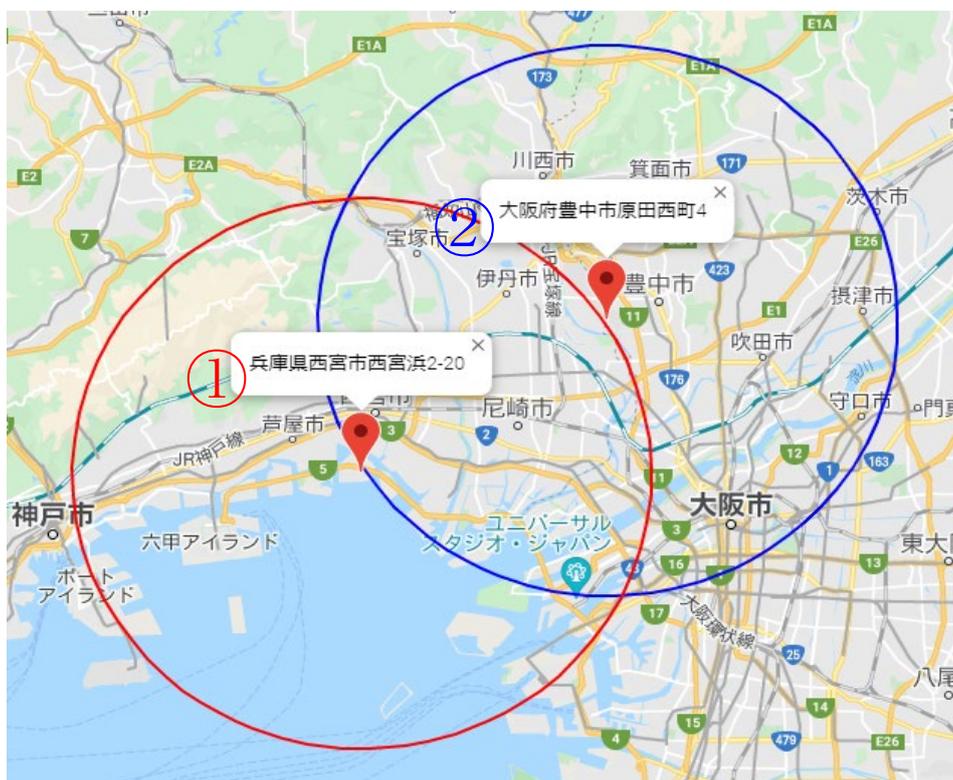


図 1.6 電波観測場所

### 1.6.1 船舶用レーダの電波強度が強い沿岸（兵庫県西宮市西宮浜）

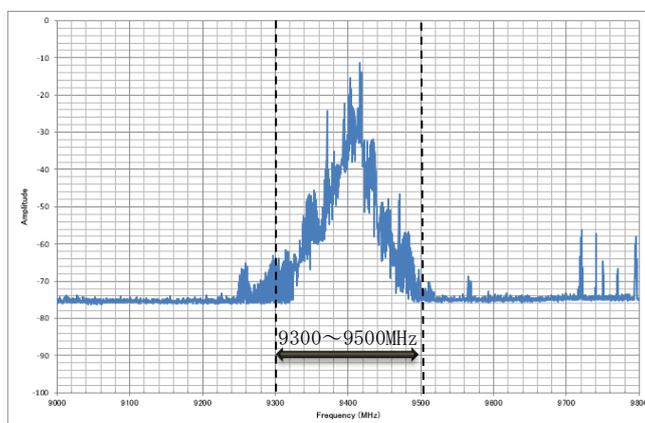


図 1.6.1 西宮浜（高さ約 25m）での電波環境（10分間の MaxHOLD）

- 船舶の多い沿岸では、割り当て周波数帯（9.3GHz～9.5GHz）すべてにおいてスペクトルが観測され、使用されていない周波数が無く、電波を検知しない空き時間が無い（日中）状態である。
- 航空機用気象レーダの電波も混在することにより、使用されていない周波数が無い状態である。
- 沿岸から離れて行くことで、建物の遮蔽減衰により電波強度は小さくなるが、建物は変化するため、遮蔽減衰は考慮しない方がよい。
- したがって、船舶の入出港のある沿岸では、キャリアセンス機能を具備しても使用していない周波数を見つけることができず、9.4GHz 帯汎用型気象レーダは常時停波状態となる。

### 1.6.2 航空機用気象レーダの電波強度が強い空港（伊丹空港周辺）

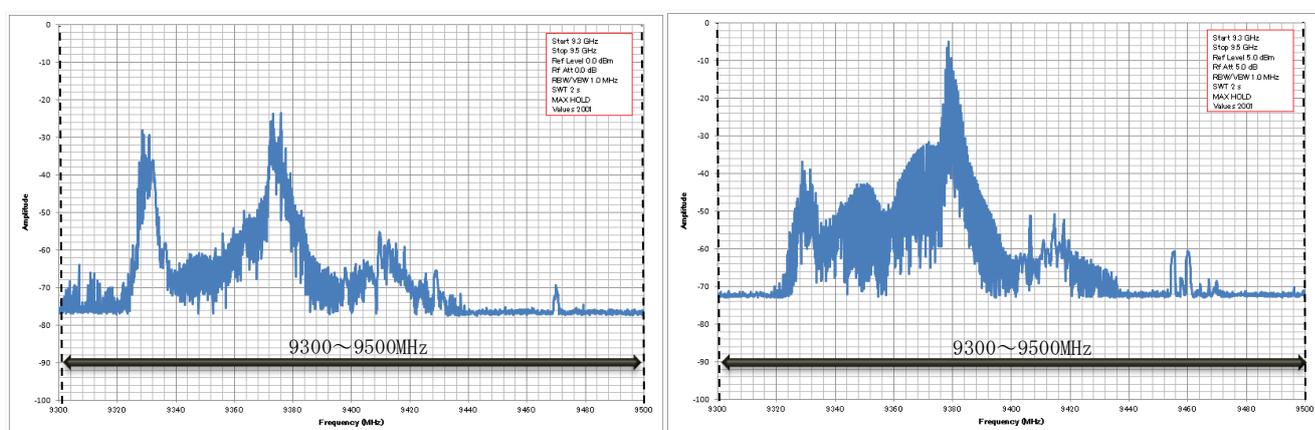


図 1.6.2-1 伊丹空港隣接駐車場での電波環境（10分間のMaxHOLD）

- 伊丹空港は海上から12km程度離れたことと、建物等の遮蔽により、船舶レーダの電波は航空機気象レーダの電波より小さくなった。
- 滑走路に待機する航空機も気象レーダの電波を送信している。そのため、飛行中の気象レーダの電波だけを検知することはできなかった。
- 着陸直前の航空機の周波数を着目していると、スペクトルの広がりから電波型式の種類を変更（遠方検知のQONパルスから近傍検知のPONパルス）している可能性がある。
- 本観測場所では、9440MHz～9500MHz帯の周波数の使用頻度が低い。但し、9455MHz、9458MHz、9460MHz、9465MHz、9470MHzの周波数が稀に検出される。
- したがって、空港周辺では使用頻度の低い周波数帯が存在することから、キャリアセンス機能は有効である。

続いて、航空機用気象レーダの電波強度が強い空港（伊丹空港周辺）にて、共用システムからの干渉影響を受けないための受信帯域フィルタを取り付けた状態で、電波状況の確認を行った。

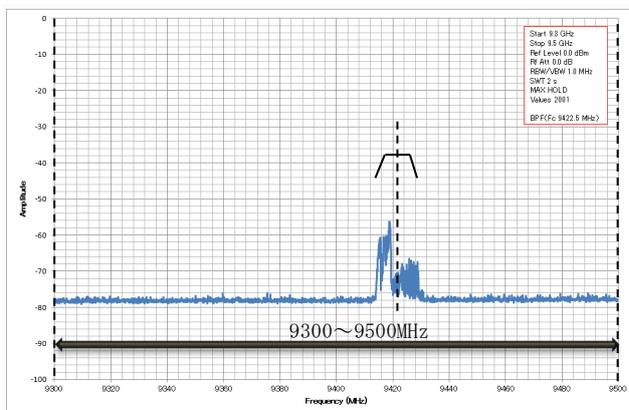


図 1.6.2-2

受信帯域フィルタ 9422.5MHz±10MHz

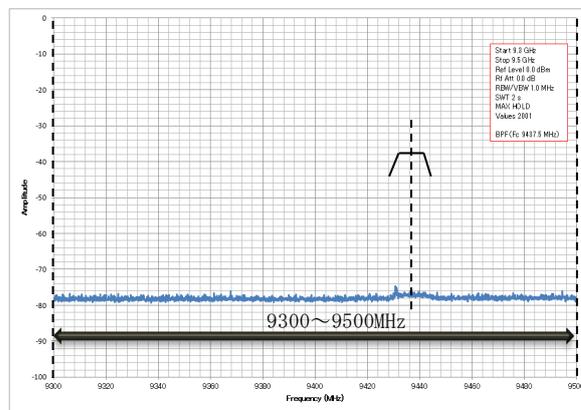


図 1.6.2-3

受信帯域フィルタ 9437.5MHz±10MHz

- 気象レーダは、共用システムからの電波、及び自身のイメージ周波数を除去するために、使用する周波数に応じた受信帯域フィルタを挿入している。
- 9422.5MHz±10MHz の受信帯域フィルタを用いた場合は、船舶用レーダの電波が混入している。
- 9437.5MHz±10MHz の受信帯域フィルタを用いた場合は、混入する電波の検出は無かった。
- したがって、受信帯域フィルタの効果は確認できたが、受信帯域内のみしか共用システムからの電波を検出できないため、気象レーダ自身で電波環境を観測するのは難しい。

## 1.7 キャリアセンス機能と周波数変更機能の実現性検討結果

- 沿岸周辺の日中は、船舶用レーダからの電波が常時観測される頻度が高く、電波強度が強く、スペクトルの広がりも大きいことから、利用頻度の少ない周波数を見つけることは困難である。
- 空港周辺は航空機用気象レーダの 9320MHz～9400MHz の電波が観測される。但し、ガーミン社の航空機用気象レーダの利用周波数 9315MHz～9494MHz を含めると、利用していない周波数は 9300MHz～9315MHz となる。
- キャリアセンス機能を外部機器（測定器）にて実現すると大幅なコストアップになるため、安価な汎用型気象レーダのコンセプトから外れることになる。
- 気象レーダ自身での周波数検出機能を検討したが、受信系に共用システム

からの電波、及び自身のイメージ周波数を除去するために、使用する周波数に応じた物理的な受信帯域フィルタを挿入しているため、受信帯域内の周波数しか検知できず、使用していない周波数の確認ができない。

- 使用頻度の少ない周波数は、9300～9500MHz の範囲の中で両端の周波数であるが、 両端の周波数をカバーするには 9300MHz と 9500MHz の気象レーダを 2 式準備して切り替えて運用する方法しか無く、現実的でない。
- したがって、キャリアセンス機能および周波数変更機能を 9.4GHz 帯気象レーダに具備することは、物理的、コスト面、運用面において困難である。

## 1.8 まとめ

9.4GHz 帯汎用型気象レーダに関する以上の検討結果から、共用システムへの与干渉影響を回避できないことから、実用局化は困難と判断した。しかしながら、海外展開に向けた無線機器製造事業用実験、実証実験および学術研究機関における実験等への活用は引き続き見込まれることから、将来的なイノベーションの促進等を見据え、実験試験局のみでの活用とする。

但し、免許申請の際は十分な与干渉影響を検討すること。

- **無線機器製造事業用実験**

免許人：気象レーダ製造メーカー

目的：海外向け気象レーダの総合試験

－ 運用時間 30 分／台 程度

- **実証実験**

免許人：気象レーダ製造メーカー、地方自治体

目的：雨・雪・風の調査検討、気象レーダが関わる実証事業

海外市場要求に関する実験、評価、検証

－ 欧州の統一規格に気象レーダに関する新たな規格追加

・ ETSI EN 303 347-3

- **学術研究機関**

免許人：大学研究機関、民間気象事業者

目的：雨、雪、風、火山（噴出物）の調査検討