

情報通信審議会 情報通信技術分科会

「気象レーダーの技術的条件」のうち
「次世代高機能気象レーダー等の導入に関する技術的条件等」
の検討開始について

令和4年1月

■ 検討背景

- 気象レーダーは降水分布や風向・風速等の観測に用い、この情報をもとに気象予報や災害情報に役立てられ、国民生活の安全・安心の確保に不可欠なもの。
- ゲリラ豪雨等の発生をいち早く検知し、予報の信頼度を高めるためには、より高性能な気象レーダー（フェイズドアレイレーダー）の導入と自治体等における小型の気象レーダーの配備が求められている。
- このため、次世代高機能気象レーダー等の導入を図るとともに、気象レーダーの周波数確保のために、気象レーダー間及び他システム等との周波数共用を行う等、気象レーダーの技術的条件（※）に関する検討を開始する。

※情報通信審議会諮問第2040号（H29.9.27）

■ 主な検討項目

<5GHz帯>

- ・気象レーダーのパルスパターンの見直し <継続>
- ・チャンネルプランの策定 <新規>

<9.4GHz帯/9.7GHz帯>

- ・9.7GHz帯フェーズドアレイ導入の検討 <新規>
- ・9.4GHz帯汎用型気象レーダー導入の検討 <継続>

<5GHz帯/9.4GHz帯/9.7GHz帯>

- ・気象レーダー間の共用検討 <継続>
- ・他システムとの共用検討 <継続>

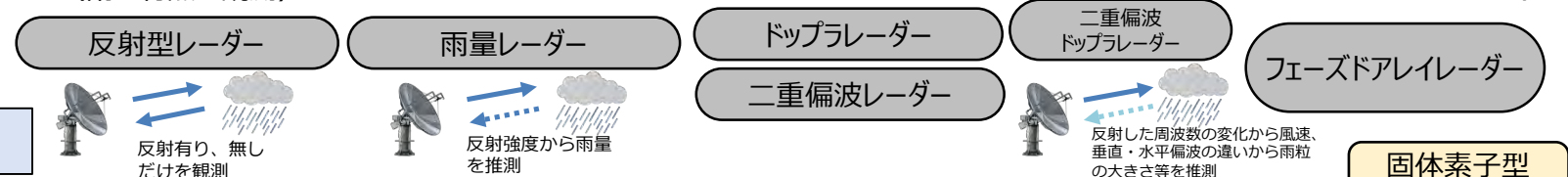
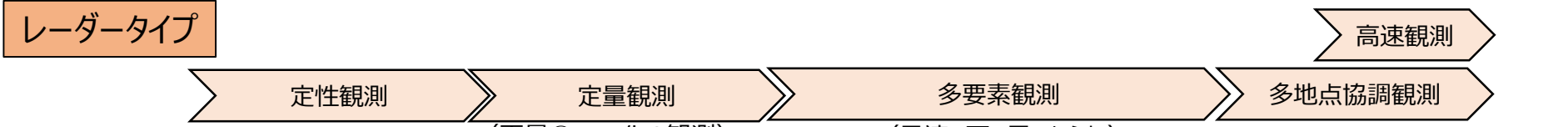
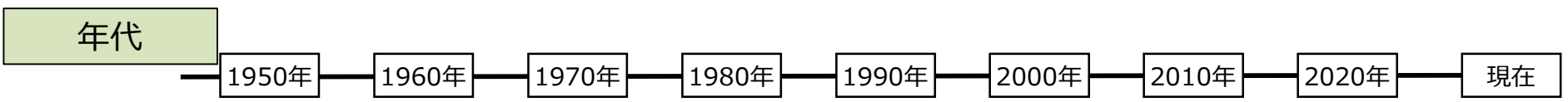
■ 今後の予定

- ・令和3年12月 陸上無線通信委員会 報告
- ・令和4年1月 分科会 報告
- ・令和4年3月～10月 作業班開催（4回程度）
- ・令和4年12月 陸上無線通信委員会 報告
- ・令和5年1月 パブコメ
- ・令和5年2月 情報通信審議会 報告
- ・令和5年3月 一部答申

		5GHz帯気象レーダー	9.4GHz帯/9.7GHz帯気象レーダー
特徴		<ul style="list-style-type: none"> 最大400km程度の広範囲な観測が可能。 気象庁は全国20カ所に気象レーダーを展開。台風・集中豪雨等の気象災害に対して警報や注意報の的確な発表を行い、気象災害の防止・軽減を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> 観測範囲は半径50～80km程度。 国交省等が河川管理等に利用。自治体や民間気象会社等が狭域観測への利用が期待。
これまでの技術的な検討状況	平成29年度以前	<ul style="list-style-type: none"> マグネトロンによる大出力な短パルスレーダーによる観測。 無線LANとの周波数共用を推進。 	<ul style="list-style-type: none"> 9.7GHz帯において、高性能型気象レーダーとして、国や地方自治体において運用。
	平成29年度～令和3年度 5GHz帯及び9.7GHz帯汎用型気象レーダーの技術的条件	<ul style="list-style-type: none"> 気象レーダーの固体素子化及びフィルター性能の改善による周波数利用効率の向上。 	<ul style="list-style-type: none"> 9.7GHz帯に、小型かつ安価な汎用型気象レーダーを導入（高性能型の補完的役割）。 気象レーダーの固体素子化及びフィルター性能の改善による周波数利用効率の向上。
	令和4年度～次世代高機能気象レーダー等の導入に関する技術的条件	<ul style="list-style-type: none"> レーダー間の干渉回避方策の実現により、更なる周波数の利用効率の向上。 気象レーダーのパルスパターンの複雑化に伴い、無線LANのDFS機能を見直し、周波数共用を維持。 	<ul style="list-style-type: none"> 9.7GHz帯高性能型気象レーダーにフェーズドアレイ技術を導入し、更なる高度化を図る。 9.4GHz帯に汎用型気象レーダー導入を図る。

気象レーダーの高度化に向けた取組状況

気象災害の甚大化に対応するため、より精度の高い気象観測を実現するために高性能化と、安価かつ小型化することで高性能型ではカバーしきれない地域への設置を可能とするために汎用化を目指している。



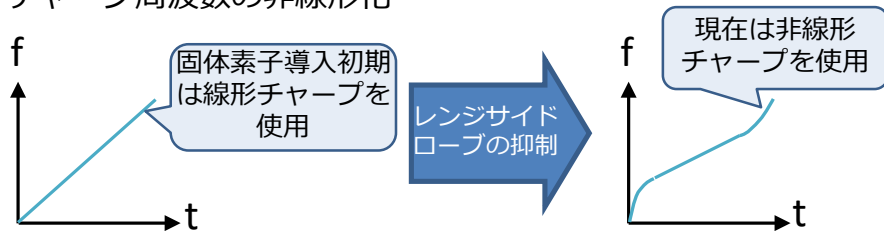
- 増幅器
 - マグネトロン
 - 従来型(電子管)
 - クライストロン
 - 固体素子
- レーダー波の狭帯域化
 - パルス圧縮
 - 狭帯域フィルタ
- 周波数割当・周波数共用
 - (1) 5GHz帯
 - 5GHz帯気象レーダー
 - 無線LANと共用 (無線LANのDFS、気象レーダーパルスパターン)
 - チャンネルプラン策定
 - (2) 9.7GHz帯
 - 高性能型レーダー
 - 汎用型レーダーの導入
 - 次世代高機能型の導入
 - (3) 9.4GHz帯
 - 【周波数共用】航空機搭載気象レーダー、船舶レーダー
 - BS/CS受信設備への影響
 - 汎用型レーダーの導入

■ 概要

- 5GHz帯気象レーダーは5GHz帯無線LANと周波数を共存。このため、5GHz帯無線LANは予め気象レーダーの運用状況を確認するため、DFS(Dynamic Frequency Selection)機能の具備が必須。
 - 5GHz帯気象レーダーの高度化、即ちパルスパターンの複雑化に伴う、無線LANのDFS側の対応が求められている。
- ▼
- 現行の気象レーダーのパルスパターンを調査し、DFSによる動作確認を検証し、新たに登録が必要なパルスパターンを特定する。
 - 加えて、レーダー間干渉除去技術等が有効に機能するパルスパターンを作成する。

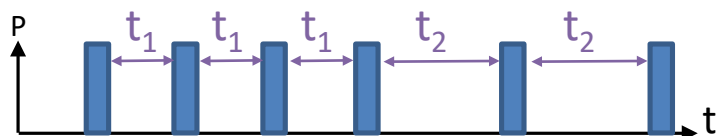
■ パルスパターンの高度化イメージ

- ・チャープ周波数の非線形化



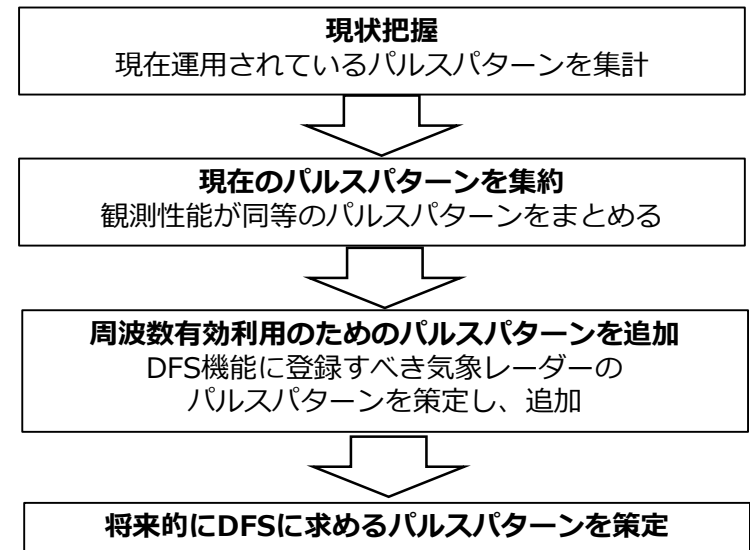
観測領域外からのエコーによるノイズを低減させるため、非線形チャープを使用

- ・繰返し周波数の変化



観測可能な最大風速と観測領域の両立を測るため、繰返し周波数を変化させながら観測

■ 検討手順（案）



(5GHz帯) チャンネルプランの策定

■ 概要

- 5GHz帯気象レーダーは、利用者の要望に応じて個別に周波数を選定しているが、レーダーの高度化に伴い、周波数共用が複雑となり周波数割当の検討に多くの時間を要している。
- 今後は、申請者がレーダーの設置の計画段階において、予め割当て可能な周波数と使用場所を明らかにすることで、気象レーダーの円滑な導入（速やかな無線局免許の申請）を促進する。

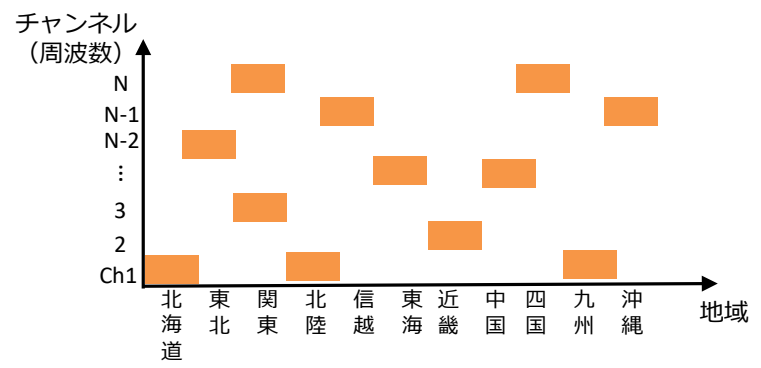
■ 干渉許容基準

干渉許容基準

	メイン-メイン干渉		メイン-サイド干渉		サイド-メイン干渉		サイド-サイド干渉	
モード図								
同一チャンネルの干渉許容基準	基準なし（許容する）		I/N < 0dB				I/N < 0dB	
他チャンネルの干渉許容基準	回避が困難 発生頻度が非常に低い		案1. I/N < 0dB 案2. I/N < 35dB				I/N < 0dB	

案1で成立しない場合、案2※を検討

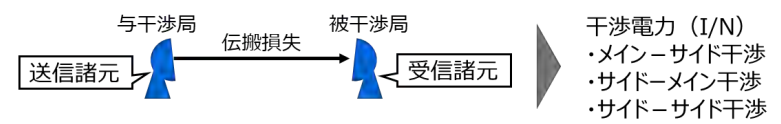
※広帯域受信機による干渉除去方式により、I/N 35dB未満の干渉を除去できる想定



チャンネルプラン (イメージ)

■ 検討手順

- ① 同一チャンネル時の干渉電力 (I/N) 計算
各レーダーの諸元と伝搬損失等から、各レーダー間の同一チャンネル使用時の干渉電力を計算



- ② 必要チャンネル離隔数計算
①で得た同一チャンネル時のI/Nを干渉許容基準以下にするために、各レーダー間で何チャンネル以上の離調減衰量が必要か（必要チャンネル離隔数）を計算する。離調減衰量は、検討中の技術基準案の送信スペクトルマスクおよび受信フィルタ特性から計算した値を用いる。



- ③ チャンネルプラン探索
②で得た必要チャンネル離隔数を満足し、割当周波数帯域幅（割当チャンネル数、下図N）を最小にするチャンネルプランを探索



9.7GHz帯フェーズドアレイ型気象レーダーの共用検討 ①

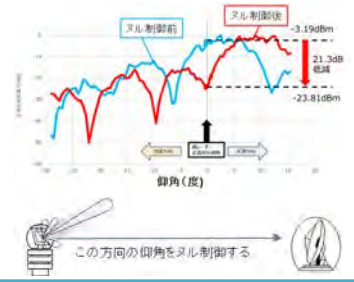
■ 概要

- フェーズドアレイ型レーダーは電波を縦方向に広く発射し、また同時に多角度の観測を可能とすることで高速観測を実現。
- 一方これまでの観測に比べ、縦方向の広い範囲に電波を発射するため、他のレーダー等への影響が生じないように適切な対策が求められている。
- このため、フェーズドアレイ型気象レーダーを含む気象レーダー間の共用検討を行い、レーダーの干渉低減技術を確認する。

■ 電波干渉低減技術の例

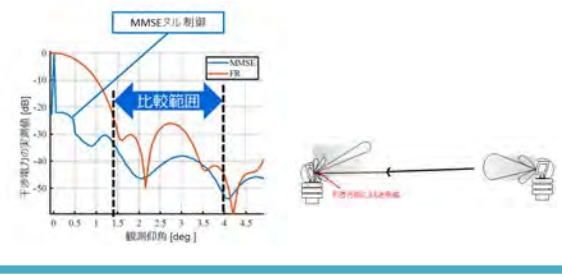
送信対策

【送信ヌル形成】
送信アンテナの鉛直面指向性にヌルを形成し、与干渉方向への放射量低減を行う。



受信対策

【受信ヌル形成】
受信アンテナの重みづけにより、受信ヌル制御を行い被干渉の低減を行う。

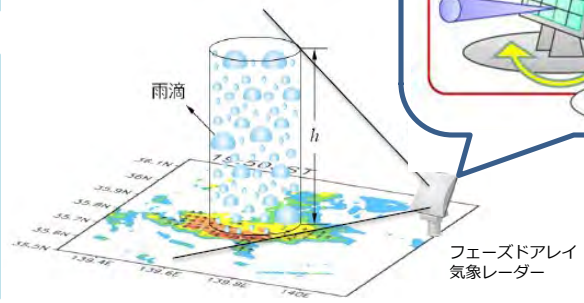
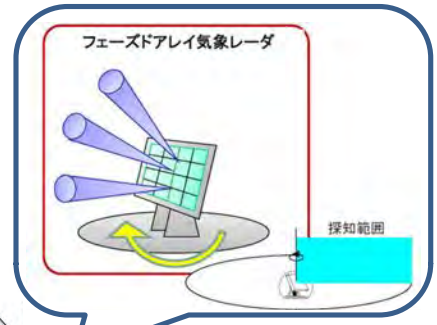
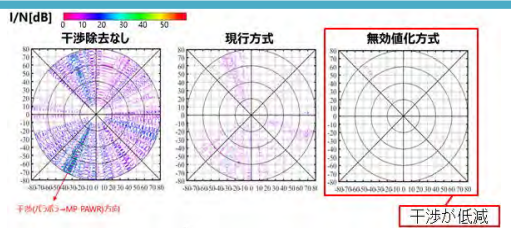


■ フェーズドアレイレーダーの特徴

フェーズドアレイレーダーは、雨粒等の反射により戻ってくる電波の到来方向を複数の受信アンテナの位相差から計算することにより、縦方向の多角度の気象観測を一度に行う事ができ、従来の気象レーダーに比べて10倍以上の高速観測が可能となっている。気象現象は短時間で発達・移動するものが多く、それらの兆候をより迅速に察知するには高速観測が必要である。

送信波情報による干渉低減

【信号処理による対策】
対向レーダーのパルス情報を用いた干渉低減方式である“干渉無効化方式”を用いて、気象レーダー同士の干渉除去を行う。



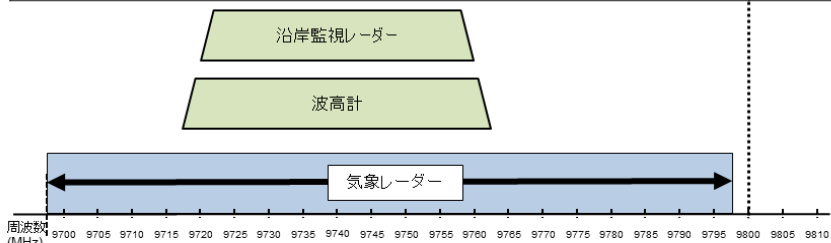
■ 概要

- 9.7GHz帯気象レーダーの使用する周波数は、沿岸監視レーダーや波高計と帯域が重複していることから、共用条件の検討を行う。
- 9.4GHz帯/9.7GHz帯気象レーダーの周波数帯は、BS/CS放送受信器のイメージ周波数帯で重なっていることから、BS/CS受信設備との共用条件の検討を行うとともに、必要に応じてBS/CS受信設備側の対策についても考察する。

■ 他システム及びBS/CS受信との共用検討

他システムとの共用検討

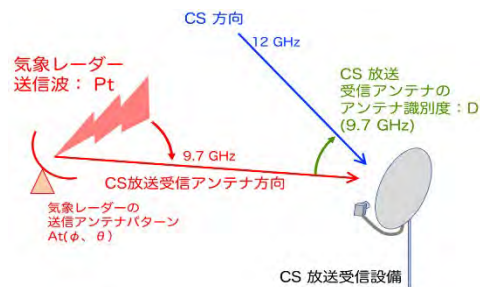
国際分配 (第3地域)	無線標定、無線航行、宇宙研究 (能動)、地球探査衛星 (能動)	無線標定、固定、地球探査衛星 (能動)、宇宙研究 (能動)
国内分配	無線標定、地球探査衛星 (能動)、宇宙研究 (能動)	固定、無線標定



9.7GHz帯の周波数割当状況

BS/CSとの共用条件検討

9.4GHz帯/9.7GHz帯気象レーダーの使用する周波数帯は、BS/CS周波数帯のイメージ周波数と重なっており、衛星放送の受信に影響を与える可能性がある。気象レーダーからBS/CS受信設備に妨害干渉を与える条件 (所要離隔距離) について検証する。



CS受信設備との干渉イメージ

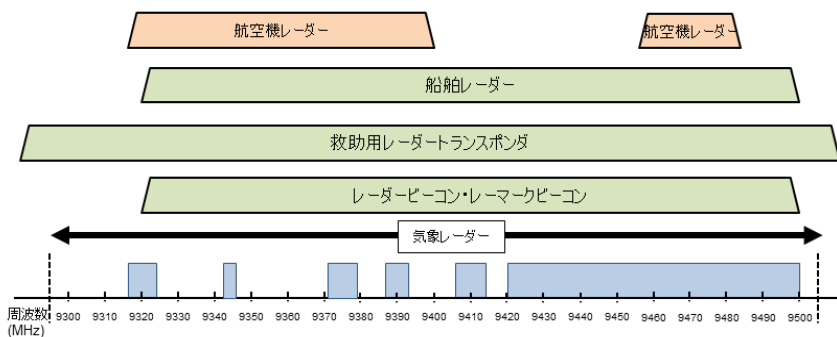
■ 概要

- 9.4GHz帯気象レーダーの使用する周波数は、航空機搭載気象レーダーや船舶用気象レーダー等として使用されていることから、共用条件の検討を行う。
- 9.4GHz帯/9.7GHz帯気象レーダーの周波数帯は、BS/CS放送受信器のイメージ周波数帯で重なっていることから、BS/CS受信設備との共用条件の検討を行うとともに、必要に応じてBS/CS受信設備側の対策についても考察する。

■ 他システム及びBS/CS受信との共用検討

他システムとの共用検討

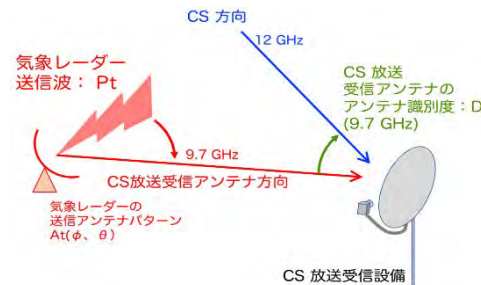
国際分配 (第3地域)	無線航行、無線標定、地球探査衛星 (能動)、宇宙研究 (能動)
国内分配	海上無線航行、航空無線航行、無線標定



9.4GHz帯の周波数割当状況

BS/CSとの共用条件検討

9.4GHz帯/9.7GHz帯気象レーダーの使用する周波数帯は、BS/CS周波数帯のイメージ周波数と重なっており、衛星放送の受信に影響を与える可能性がある。気象レーダーからBS/CS受信設備に妨害干渉を与える条件 (所要離隔距離) について検証する。



CS受信設備との干渉イメージ