

情報通信審議会 情報通信技術分科会
5 G H z 帯無線アクセスシステム委員会
報 告

(抜 粋)

第2章 他システムとの共用条件（小電力データ通信システム）

今回検討を行う5GHz帯（5250MHz-5350MHz、5450MHz-5725MHz）の周波数は、我が国では既に気象レーダー、船舶レーダー及びその他の各種レーダーに広く利用されており、また、国際的には、宇宙研究や地球探査衛星に搭載された合成開口レーダーに利用されており、これらのシステムとの共存に関する検討が重要となる。

5250MHz-5350MHzで運用される気象レーダーは、防災、河川・道路管理、気象観測、航空管制及び電力の安定供給等を遂行する上で必要な情報を提供するものとして重要であり、気象レーダーによる高精度な降雨（雪）量や風、雷に関する情報は、台風や集中豪雨等による災害の未然防止等、防災面、社会生活のインフラ維持面等に大きく貢献する上で必要不可欠なものであるとともに、天気予報等により国民生活に密着した情報として定着している。また、気象レーダーのデータは危機管理情報として官邸を始め防災関係機関や報道機関にもリアルタイムで配信され、インターネットでの提供も行われている。これらのことから、新規に導入される無線アクセスシステムが、現用の気象レーダーの運用面及び観測精度に支障を与えることがないよう共用条件を定める必要がある。（参考資料4）上記周波数帯における無線アクセスシステムは免許不要局として広く普及することが想定され、その使われ方は予測し難い面がある。従って、共用条件の策定にあたっては、想定される状況の中で最悪の条件を考慮する必要がある。

一方、5470MHz-5725MHzで運用される各種レーダーについては、船舶及び航空機等に搭載されているものもあることから、安全航行の確保のため、国際的な検討を踏まえることが必要である。

2.1 気象レーダーとの共用条件

2.1.1 気象レーダーの主要諸元例と設置状況

気象レーダーは、レーダーサイトから半径数百kmの降雨状況等を把握するために運用されているものであり、極めて大きな送信電力と高い受信感度を有している。しかし、気象レーダーは極めて短時間内に限って大電力を送信するパルスレーダーであり、指向性の極めて強い送受信アンテナを利用して探索電波の送信方向を比較的ゆっくりとした速度で回転させるために、実際に一定方向に対して電波を送信し、あるいはその方向からの電波を受信する時間は限定されている。従って、これらの特性を利用することで無線アクセスシステムが共用できるよう検討を行う必要がある。

(1) 気象レーダーの主要諸元の例

5250MHz-5350MHzの周波数を主として利用する気象レーダーは、降雨（雪）量の観測を主目的としたタイプやドップラー機能を有するタイプなどいくつかのタイプのものがあり、設置場所も山岳地域から都市部、空港まで幅広く分布している。また、無線アクセスシステムとの共用条件に関連するレーダーのスキャンシーケンスにも、高仰角から順次仰角を下げるタイプと、低仰角から仰角を上げていくタイプがあり、これらのタイプに応じた共用検討を実施する必要がある。

気象レーダーの性能は、設置場所や設置目的により仕様諸元が若干異なるが、一般的な雨（雪）量計気象レーダーならびに空港気象ドップラーレーダー等の主要性能諸元を参考値として表2-1-1に、スキャンシーケンスの例を表2-1-2に示す。

表2-1-1 5GHz帯気象レーダー主要諸元例

主要諸元項目	性能値(雨量計、一般気象)	性能値(雨量計ドップラ)	性能値(空港ドップラ)	性能値(雷レーダー)
1. 空中線装置				
①空中線(種類/径)	直径4(m)円形パラボラ等	直径4(m)円形パラボラ等	直径7(m)円形パラボラ	直径3(m)円形パラボラ
②空中線利得	44(dBi)程度	44.7(dBi)程度	48(dBi)程度	42(dBi)程度
③ビーム幅(水平/垂直)	1.2(deg)	1.05(deg)	0.7(deg)	1.2(deg)
④サイドローブ(1 st)	-25(dB)以下	-28.8(dB)以下	-25(dB)以下	-25(dB)以下
⑤給電線損失(送/受)	2.0(dB)/2.0(dB)min	2.0(dB)/5.0(dB)min	2.0(dB)/5.0(dB)min	2.0(dB)/5.0(dB)min
⑥水平走査(回転数)	3~4/1~3(rpm)	1~10(rpm)	2/4(rpm)	4~10(rpm)
⑦垂直走査範囲	-2~+45(deg)以上	-2~+90(deg)	-2~+90(deg)	+0.7~81(deg)
2. 送信装置				
①発振管	マグネトロン	マグネトロン	クライストロン	マグネトロン
②送信周波数	5.25-5.35(GHz)	5.25-5.35(GHz)	5.25-5.35(GHz)	5.25-5.35(GHz)
③送信出力	250(kW)程度	250(kW)程度	200(kW)程度	250(kW)程度
④送信パルス幅	2.0 ~ 2.5(μsec)/0.5(μsec)	0.5(μsec)	1.0(μsec)	2.0(μsec)
⑤パルス繰返周期	260(pps)	896~1120(pps)	840~1120(pps)	250~1800(pps)の2周波組み合わせ
⑥duty比	-31.8~-32.8(dB)	-29.0~-29.8(dB)	-29.0~-29.8(dB)	-30.0~-33.0(dB)
⑦占有周波数帯幅	8(MHz)以下	9.2(MHz)以下	4(MHz)以下	8(MHz)以下
⑧電波の形式	PON	PON	PON	PON
⑨スプリアス強度	-40(dBc)以下	-40(dBc)以下	-40(dBc)以下	-40(dBc)以下
3. 受信装置				
①通過帯域幅	1.4(MHz)	3(MHz)	1.2(MHz)	1.2(MHz)
②最小受信感度	-113(dBm)程度	-112(dBm)程度	-109(dBm)程度	-113(dBm)程度
4. その他				
①設置高	地上高40~50(m)等	地上高40~50(m)等	地上高40~50(m)等	地上高40~50(m)
②定量観測範囲	半径100~200(km)	半径240(km)	半径120(km)	半径250(km)
③定性観測範囲	半径~400(km)	—	—	—

表2-1-2 スキャンシーケンスの例(各数値は、仰角値で単位は度)

高仰角から低仰角に下げるスキャンシーケンス																			
約10分サイクル																			
30	24	19	15	12	9.5	7.5	6	4.8	3.8	3	2.3	1.7	1.3	0.9	0.6	0.3	0	-0.2	
低仰角から高仰角に上げるスキャンシーケンス																			
約6分サイクル																			
0.7	1.0	1.3	1.7	2.1	2.7	3.4	4.3	5.4	6.8	8.6	11	14	17	22	29				

(2) 気象レーダーの設置状況

現在、全国では約80基の気象レーダーが運用されている。このうち、周波数共用上、最も条件が過酷と考えられる関東地方では9基の気象レーダーがCバンド帯において、設置運用されている。従って、5250MHz-5350MHz帯の全ての周波数が、いずれかの地域で利用されていることになる。また、これら気象レーダーの約半数が標高1,000～1,800m程度の山岳地に設置されており、残りは丘陵地もしくは平地に設置されている。山岳地の気象レーダーは都市部から十分に離れている反面、かなり広範囲の地域から見通すことができる。それに対して、都市部の気象レーダーは比較的低い標高の場所に設置されているため、見通し伝搬で電波が到来する地域は比較的狭い。

また、現在は多くの気象レーダーが降水強度を測定する機能のみを有するのに対し、今後は徐々にドップラー及び二重偏波機能を有するものへと更新されていくことが予想されている。

2.1.2 無線アクセスシステムの電波伝搬のモデル化と許容干渉レベル

共用条件を定めるために、無線アクセスシステム及び電波伝搬のモデル化を行った。

(1) 無線アクセスシステム

現在、導入が検討されている無線アクセスシステムは、DFS及びTPC機能を搭載し、気象レーダーと周波数帯域を共有するシステムである。5150～5250MHz屋内無線LANの帯域拡張として5250MHz-5350MHz帯及び5470MHz-5725MHz帯を使う802.11a HiSWANaなどのシステム（モデルA）と、主に屋外運用を想定した802.16a-Revd（参考資料5）のシステム（モデルB）に大別される。表2-2にその主要諸元を示す。

表2-2 モデル別主要諸元

	モデルA		モデルB
標準	802.11a、HiSWANa		802.16a-Revd
周波数帯	5250～5350MHz	5470～5725MHz	5470～5725MHz
e.i.r.p.	10mW/MHz	1Wかつ50mW/MHz	
送受信アンテナ	基地局：オムニまたはセクタ（送受共用アンテナ） 加入者局：オムニまたはパラボラ（屋外 FWAの場合）		
チャネル配置	20MHz間隔		
変調方式	OFDM(BPSK,QPSK,16QAM,64QAM)		
占有帯域幅	18MHz以下		
雑音指数	8dB以下		
1セルのActive Ratio ^(注1)	75% (802.11a) 100% (HiSWANa)	100% (TDMA)	
所要C/N	20dB(16QAM)		
アクティブシステムの展開密度 ^(注2)	2～20システム /km ² /Ch	1システム/1.75km ² /Ch	
設置場所 ^(注3)	屋内 設置高：6～30m	屋外または屋内 設置高：6～30m	

- (注1) 無線局が実質上送信する時間比率。気象レーダーとの共用検討においては、気象レーダーの平均化処理により実質干渉量が軽減する。CSMA方式の802.11aとTDMA方式のHiSWANaや802.16aでバースト送信時間比率が異なる。HiSWANa、802.16a-RevDとも資料の提出が無いので、最悪を考慮し100%としている。
- (注2) ITU-R 勧告 M.1652に無線アクセスシステムのモデル展開密度があるが、わが国の状況にあわせた展開密度を用いることとした。
- (注3) ITU-R 勧告 M.1652にて干渉評価のためのモデリングが行われており、それに準拠することとし、モデルに合わない地域性の特殊事情については、個々を別途に検討することとする。

なお、802.16a-RevDのDFS機能の標準化がIEEE802.16委員会で行われている状況であり802.11a以外について詳細なパラメータが得られなかったため、気象レーダーとの共用条件検討は、モデルAの802.11aを対象としている。

(2) 電波伝搬モデル

干渉レベルが気象レーダーの許容干渉レベルとなる無線アクセスシステムの最大許容輻射電力を求めるには、対象となる気象レーダーにおけるシミュレーションによるのが適当であり、このシミュレーションでの電波伝搬モデルは、ITU-R 勧告 M.1652 Annex.6 で勧告されているものを用いるのが適当であり概略下記の通りである。

ア レーダー及び無線アクセスシステム空中線特性 : ITU-R勧告 M.1652 Annex.6 Appendix.1及び2

イ 干渉パスにおいて、一般に十分なパスクリアランスは確保されない。また、ある無線アクセスシステムの背後にある無線アクセスシステムは建物等によりレーダーとの見通しが困難である。このことから、伝播定数は、2～3.5の間で一様分布するとし、遮蔽物損として0～20dBに一様分布するものとする。

ウ 5150～5350MHzは屋内でのみ使用が許されているのでこの帯域での干渉計算においては建物遮蔽損を17dBとする。

ただし、上記は、多数の無線アクセスシステムからの干渉量を求めるものであるから、気象レーダーの近隣に設置される無線アクセスシステム等において1システムが比較的強い干渉を及ぼす場合等の検討には適当でない。このような特殊な状況については、短距離であることから電波伝搬モデルとして自由空間損と建物遮蔽損を用いるのが適当である。

(3) 気象レーダーの許容干渉レベル

気象レーダーにおける現行の混信検討の考え方として、S/NのNに最小受信感度(S_{min})と呼ばれるレーダーが処理する最低信号レベルを代入して評価している。これは、Nは熱雑音の他に外来ノイズ等の影響を受けることから、レーダーが処理する最低信号レベルをノイズフロアにマージンを持たせて設定しているものである。よって本干渉計算においては、許容干渉レベルとして気象レーダーの最小受信感度をOFDM変調波に対する許容干渉レベルとするのが適当である。

ITU-R 勧告 M.1652では、1つの無線アクセスシステムから受ける最大許容干渉

レベルは、レーダーの受信機熱雑音 N と干渉レベル I の比 I/N で規定しており、 I/N は、ITU-R勧告 M.1652が参照しているITU-R勧告M.1461及びM.1638では-6dBと規定している。また、無線通信規則脚注5.447F及び5.450Aにおいて、無線標定及び無線測位は、ITU-R勧告 M.1638で規定される干渉基準よりも厳しい保護基準を移動業務に課してはならないとしている。よってレーダーの受信機熱雑音から6dB低いレベルを与干渉波のスペクトラム形態に関係なく一義的に許容干渉レベルとして定義している。この場合の許容干渉レベル $N P$ (dBm) の算出式は、次のとおりである。

$$N P = 30 + 10 \log (k T B F) + I / N$$

k : ボルツマン定数 1.38×10^{-23} (J/K)

T : 絶対温度 290 (K)

B : 等価雑音帯域幅 (Hz)

F : 受信雑音指数

I/N : -6dB

気象レーダーの一般的な受信雑音指数が2dBであることより許容干渉レベルは、-118 dBm/MHzとなる。

気象レーダーは比較的大きなターゲットを観測しており、レーダー反射波を処理する際レーダー反射波の相関を利用して距離、方位、時間平均等を取って S/N を改善させる機能が組み込まれている。バースト送信を行う白色雑音と同等な802.11a OFDM変調波は、無変調波と異なりこれら平均化処理により干渉の影響が相対的に減じられ、無変調波に比べ約10～12dB以上大きな干渉量でも平均化処理やクラッタのような不要波除去処理によってレーダースコープには表示されない(参考資料6)。共用条件の策定にあたっては、無変調波とOFDM変調波を同列に扱うのは適当ではないと思われ、気象レーダーのデータ処理によって所要 S/N が確保できる気象レーダーの最小受信感度を、OFDM変調波に対する許容干渉レベルとするほうが適当である。なお、最新の気象レーダーでは最小受信感度は、もっとも小さいもので-115dBm程度となっている。

2.1.3 干渉軽減方策

気象レーダーへの無線アクセスシステムからの与干渉を回避する方策として、レーダーと周波数共存する無線アクセスシステムにおいてはWRC-03決議229で義務づけられたDFS、TPCを搭載するのが適当である。

①動的周波数選択 (DFS) について

ITU-R勧告M.1652で規定されるDFSは、同一の周波数帯で運用されているレーダーと同一周波数の使用を回避することで、無線アクセスシステム及びレーダーが同一の周波数帯を共用することを可能とするものであり、主に次の3つの基本的機能で構成されている。

ア 利用チャネル確認機能(CAC: Channel Availability Check)

- ・ネットワークを開設する前に、そのチャネルでレーダーが運用されていないことを保証するため、レーダー干渉検出機能により1分間レーダー波検出を行わなければならない。

- ・この時間内はいかなる送信も行ってはならない。
 - ・運用チャンネルを変更する際、変更先チャンネルにおけるレーダー信号の有無がわかっていない場合にもCACを行う必要がある。
- イ 運用中チャンネル監視機能（ISM: In-Service Monitoring）及びチャンネル変更時間(Channel Move Time)
- ・通常運用中にそのチャンネルでレーダーが運用されていないことを保証するため、レーダー干渉検出機能によりそのチャンネルを監視し続けなければならない（In-Service Monitoring）。
 - ・レーダー信号を検出した場合、当該運用チャンネルは使用不可となる。レーダー波を検出した装置は全帰属装置（通信相手）に対しそのチャンネルでの送信をChannel Move Time（=10 s）以内に停止するよう指示しなくてはならない。
 - ・Channel Move Time中の全送信はChannel Closing Transmission Time（= 260 ms）に制限される。
- ウ 非占有時間（Non-Occupancy Period）
- ・レーダー信号が検出されたチャンネルは、検出されてから30分間（Non-Occupancy Period）、いかなる送信も再開してはならない。

レーダー波検出閾値（Interference Detection Threshold）は気象レーダーの最低受信感度より20～35dB低い干渉レベルで無線アクセスシステムがレーダー波を検出し干渉回避するようレーダー波検出閾値を規定しており、表2-3に示す。

表 2-3 レーダー波検出閾値規定

最大等価等方輻射電力	5250～5470 MHz 5470～5725 MHz	5150～5250 MHz
≥200 mW	-64 dBm	適用しない
<200 mW	-62 dBm	適用しない

注：入力は0 dBiのアンテナを使用した場合の装置入力レベル

②送信電力制御（TPC）について

TPCは、多数の無線アクセス装置からの総輻射電力を3dB低下させることによって干渉の影響を減らすために各装置で使われる機能である。TPCのアルゴリズムやトリガについては、すでに各社で様々な方法が考案、実装されており、規定化することが今後の技術開発の妨げとなる可能性もあるので規定しないのが適当である。

2.1.4 共用条件の基本的考え方

レーダーへの与干渉を回避、軽減するためには、レーダーと同一帯域を使用する無線アクセスシステムは、DFS、TPCによって干渉を回避するのが有効である。5150MHz-5250MHzを使用する無線アクセスシステムにおいては、5250MHz-5350MHz帯への帯域外漏洩電力及びスプリアス輻射電力による総干渉量が気象レーダーの許容干渉レベル以下であることとするのが適当である。よって、検討項目は大きく分けて（1）気象レーダーへの与干渉、（2）無線アクセスシステムへの被干渉であるが、

(1) 項において、

- A. 5150MHz-5250MHzを使用する無線アクセスシステムの帯域外漏洩電力やスプリアス電力による与干渉検討、
- B. DFSによるレーダー波検出確率評価、
- C. 周波数隣接するレーダー波の検出検討、
- D. 隠れ基地局問題
- E. 仰角を急峻に下げるレーダーと動的周波数選択(DFS)の動作について

に分け検討を行った。さらにA.項を検討するに当たり、①複数の無線アクセスシステムからの総干渉量による輻射電力制限の検討と、設置状況が特殊で個別に検討するのが適当である②気象レーダー空中線に近接する無線アクセスシステムからの干渉量に分け検討を行った。

(1) 気象レーダーへの与干渉

- A. 5150MHz-5250MHzを使用する無線アクセスシステムの帯域外漏洩電力やスプリアス電力による与干渉検討

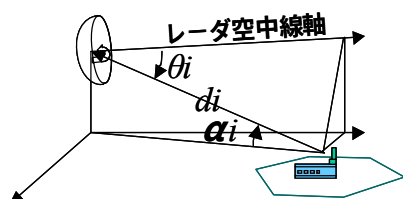
①複数の無線アクセスシステムからの総干渉量による検討

個々の気象レーダーが受ける干渉量が許容干渉レベルとなる無線アクセスシステム1台当たりの許容輻射レベルを干渉シミュレーションにより計算する。以下にシミュレーション手法及び前提条件を示す。

ア シミュレーション手法

気象レーダーを中心に想定される密度で無線アクセスシステムが稼動しているとして無線アクセスシステムと気象レーダー間の空中線指向特性を含んだ総伝搬損失から無線アクセスシステム1局当たりの許容輻射電力を求める。累積対象となるレーダー空中線見通し距離内にある無線アクセスシステムの総数を n として、総伝搬損失 $Lsum$ を

$$Lsum = \sum_{i=1}^n \left[\frac{Gwas(\alpha_i) \times Grad(\theta_i)}{L(di)} \right]$$



$Gwas(\alpha_i)$: i 番目無線アクセスシステム空中線のレーダー方向(角度 α_i)利得

$L(di)$: i 番目無線アクセスシステム-レーダー間(距離 di)伝搬損失

$Grad(\theta_i)$: レーダー空中線の i 番目無線アクセス方向(角度 θ_i)利得

と定義すると干渉総電力 $Isum$ は、下式となる。

$$Isum = A \times p \times Lsum$$

A : 無線アクセスシステムの空中線電力

p : 無線アクセスシステムの送信時間率

$Isum$ をレーダーの許容干渉電力に置き換えれば、 $Lsum$ を求めることによって無線アクセスシステム1台当たりの許容輻射電力 A が求まる。

イ 前提条件

以下にシミュレーションの前提条件を示す。

＜無線アクセス局＞

モデル A : 802.11a

中心周波数 : 気象レーダー帯域に最も近い 5240MHz を対象とする。

アンテナ高 : 都市 30m、郊外 6m

アクティブシステムの展開密度 :

都市	: 20System/Km ² /Ch、	80System/Km ² /4Ch
工場、倉庫地域	: 7System/Km ² /Ch、	28System/Km ² /4Ch
郊外	: 4System/Km ² /Ch、	16System/Km ² /4Ch
山岳・ル-ラル地方	: 2System/Km ² /Ch、	8System/Km ² /4Ch

＜気象レーダー局＞

5150-5250MHz を使用する無線アクセスシステムからの与干渉が多いと想定される 5260MHz、5265MHz、および 30MHz 以上離調した 5270MHz 以上の気象レーダー局であって、アクティブな無線アクセスシステムの展開密度が高い主に関東、関西、北九州の都市内または都市近郊に近い、気象レーダー局を対象にシミュレーションを行った。

ウ シミュレーション結果

気象レーダーへの与干渉レベルが、許容干渉レベルとなる無線アクセスシステム1局あたりの許容輻射レベルを表 2-6 に示す（参考資料 7）。

表 2-4 気象レーダーの許容干渉レベルと無線アクセスシステム1局あたりの許容輻射レベル

周波数差 (MHz)	レーダー局	許容干渉 レベル (dBm/MHz)	レーダー 受信RF 系損 (dB)	Lsum (dB)	建物 損 (dB)	平均/ ピーク比 (dB)	許容輻射電 力 (EIRP) (dBm/MHz)	802.11aスペ クトラムマス ク (EIRP) (dBm/MHz)	マ-ジ ン dB
20	筑波(研究用)	-113	3.1	81.4	17	-1.2	-10.3	-18.0	7.7
	中部新空港	-111	6.2	86.9	17	-1.2	-5.9		12.1
	大鶴峰	-113	5.6	94.7	17	-1.2	-0.1		17.9
	福岡空港	-111	6.2	84.0	17	-1.2	-8.8		9.2
25	伊豆大島	-112	3.7	92.4	17	-1.2	2.3	-24.0	26.3
30以上	羽田	-111	8.8	80.5	17	-1.2	-3.5	-30以下	26.5
	成田	-111	8.8	83.9	17	-1.2	-0.1		29.9
	赤城山	-115	3.7	83.6	17	-1.2	-5.6		24.4
	大阪北区	-113	1.8	79.4	17	-1.2	-9.8		20.2

なお、このシミュレーションは、多数の無線アクセスシステムからの干渉量を求めるものであるから、1つの無線アクセスシステムが気象レーダー空中線に非常に接近して設置される等特殊な場合の検討には適当でない。このような特殊な状況については、次項で検討する。

②気象レーダー空中線に近接する無線アクセスシステムからの干渉量

市街地等に設置される気象レーダーにおいて、近隣に気象レーダー高と同程度のビルが建設されその中で無線アクセスシステムが使われることが考えられる。

5150MHz-5250MHzで稼動する無線アクセスシステムにはDFS機能が搭載されていないため、このように近接して設置される特殊な場合の干渉量の検討も必要である。検討は、5240MHz無線アクセスから5260MHzの気象レーダーへの干渉とし、既存及び計画、建設中を含むデータベースより設置状況を考慮して対象となる気象レーダーを抽出し、近隣地域の状況、地形、建築制限等を参照し干渉量を検討した。

ア 5260MHz で運用するレーダー

計画を含め全国に 13 基ある。

1. 市街地の空港気象レーダーで 近隣に高層建築物が建つ可能性があるもの：1基

2. 海上空港気象レーダー：1基

3. 水防道路用で郊外山頂等に設置：7基

4. 雷レーダーで郊外山頂等に設置：2基

5. 気象レーダーで島の高所に設置：1基

6. 研究用で周りが自敷地、公園、他の研究所で囲まれているもの：1基

2～5は近隣に高層建築物が建つ可能性が無いあるいは、非常に少ないと考えられる。6は、研究用である。以上のことから1.項の市街地の空港気象レーダー空中線近傍の無線アクセスシステムを対象とする。

イ 前提条件

以下に干渉計算の前提条件を示す。

＜無線アクセスシステム局＞

モデル A：802.11a

中心周波数：5240MHz

アンテナ高：建物高+2m

建物高：気象レーダー空中線仰角-1/2 半値角の線分と航空法による高さ限界を結んだ高さ。

送信 e.i.r.p.：802.11a スペクトラムマスクの 20MHz 離調点 -18dBm/MHz

＜気象レーダー局＞

周波数：5260MHz

空中線利得：48.7dBi

空中線特性：ITU-R 勧告 M.1652 による近似と同種空中線の実測値

受信給電線系損失：6.2dB

最小受信感度：-111dBm

レーダー画面に干渉が表示されないレベル：-108.8dBm/MHz（注1）

ドップラー観測時干渉が表示されないレベル：-97.2dBm/MHz（注2）

注1：対象レーダーと同種の新千歳ドップラーレーダーで表示されないことが確認されたレベルであるが、表示されない最大レベルではない。

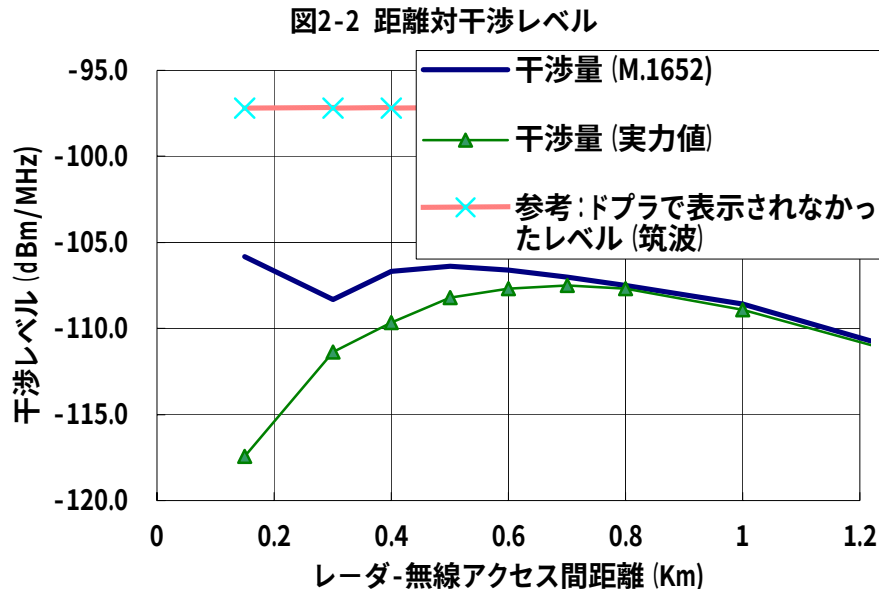
注2：筑波研究用レーダーで表示されないことが確認された最大レベル

＜近隣地域の状況＞

空港気象レーダー局から 150m～200m が容積率 400%、建ぺい率 80%の商業地域、50m 道路を隔てそれ以遠が容積率 200%、建ぺい率 80%の工業地域である。

ウ 検討結果

干渉量計算結果を図2-2に示す。



5240MHz 無線アクセスからの干渉量は、レーダー空中線の指向特性実力値においても最小受信感度-111dBm を超えるが、ドップラー観測においてレーダースコ-プ上に誤表示される干渉レベルまでにはならない。無線アクセスシステムからの干渉問題以前に、建物高がレーダー空中線高より高いため、強勢な建物反射波の影響を受けることとなる。したがって、このような特殊な位置関係においても、レーダーの観測には、無線アクセスシステムの影響とともに建築物の反射が影響することとなり、運用上無線アクセスシステムの影響は小さい

B. DFSによるレーダー波検出確率評価

実環境において干渉の影響を与える無線アクセスシステムにおいては、ほぼ100%のレーダー波検出確率でDFSが機能する必要があるが、干渉の影響を与えない無線アクセスシステムではこのような高い確率である必要はない。一方、無線アクセスシステムは、免許不要局として運用されることから、技術基準適合証明等の認証のためDFSのレーダー波検出能力を測定する必要があるが、そのDFS試験仕様においてほぼ100%のレーダー波検出確率を規定すると1項目の試験で千から1万回以上行わねばならなくなる。対象となるレーダーシステムが複数存在している状況では、費用及び時間の点で適当ではない。

欧米においてもこれらの点を考慮し試験仕様を作成しているところである。DFS試験試験を規定するにあたり、検出確率の試験規格を比較的低く設定し試験所要期間を短縮効率化する代わりに、少ない被検出レーダーパルス数として検出にくい環境で試験する等配慮するのが適当である。このため、試験仕様にある検出確率規定値では実環境においてどの程度の検出確率となるか確認しておく必要がある。（参考資料8）。

①レーダー波検出確率

IEEE802.11a等IPパケット伝送を行うシステムのIn Service Monitoringは、TDDでやりとりしているパケットと次のパケットの間にあるキャリアセンス期間や受

信パケットの先頭にあるプリアンプルを用いてレーダー波の検出を行うことになる。IPパケット伝送を行うシステムの送信パケットの発生時間、パケットのサイズは、一般にランダムであるとみなせ、それに伴い、キャリアセンス位置も周期性が無いので、レーダーパルスがキャリアセンス期間に到来する確率は、無線アクセスシステムの平均キャリアセンス期間比 Pd に等しい。

②利用可能チャネル確認機能(CAC)動作時のレーダー波検出確率

この間送信パケットが無いので全ての時間がレーダー波検出のためのキャリアセンス期間となるため Pd は100%となる。ただし、パルス数を少なくして検出確率の試験規格を低く設定することが出来ない。よって時間短縮に配慮した試験仕様とするのが適当である。

③運用中チャネル監視機能(ISM)動作時のレーダー波検出確率計算式

検出期間内に M 個のレーダーパルスが到来する場合、通常無線アクセスシステムの最大パケット長がレーダーパルス周期より小さいので、ほぼ独立に M 回検出を行うことになる。検出期間内にレーダーパルスを m 回以上検出出来る確率 $P(m, N)$ は、

$$P(m, N) = 1 - \sum_{i=0}^{m-1} \binom{N}{i} Pd^i (1 - Pd)^{N-i}$$

(2.4.1)

で求まる。

④レーダー波検出判定パルス数 m について

検出期間内に m 個のレーダーパルスを検出することによってレーダー波検出と判断するが、 m が小さいほど検出確率は高くなるが、誤検出の確率も高くなる。よって m はある程度の大きさが必要である。また、単にパルス数のみで検出する例を示しているが、今後より確実な検出を実現するために複数のレーダーパルス間の相関などを検出手法に組み込むことも考えられる。この場合 m は少なくとも3以上必要である。これらのことより、レーダー波検出判断の条件等については、すでに各社で様々な方法が考案、実装されつつあり、規定化することが今後の妨げとなるので規定しないのが適当である。なお、本確率推定に当たっては $m=4$ とする。

⑤DFS試験仕様から実環境の検出確率計算

実環境の方がレーダーパルス数が多いので、 N ごとに区切り前後を独立事象として検出するか、実環境の検出期間全体を連続事象として検出するかで $m=2$ 以上において実環境での累積検出確率は異なってくる。当然後者の方が検出確率が高いが、誤検出の確率も高い。本確率推定では前者を理論的な検出確率の最小値として、後者を最大値としてそれぞれ推定することとする。

実環境でレーダー1スキャンで得られる検出閾値を超えるレーダーパルス数を Q とすると検出確率の最大値 $P_{max}(m, Q)$ は、 $P(m, N)$ の N を Q に置き換えたものである。最小値 $P_{min}(m, Q)$ は Q を N で割った商を r 、余りを s とすると下記の式により求まる。

$$P_{min}(m, Q) = 1 - (1 - P(m, s))(1 - P(m, N))^r \quad (2.4.2)$$

⑥DFS試験仕様

DFS試験仕様については、無線アクセスシステムが世界共通の仕様で使用される

ことを考慮すると、欧米とできる限り共通にするのが望ましい。5250MHz-5350MHz帯と5470MHz-5725MHz帯において運用されているレーダーの特性は異なることから、周波数帯の別に試験仕様を定める必要がある。なお、DFS試験の主要要素は、測定に使用されるレーダー波のレーダーモデル及びIn-Service Monitoring テスト時における通信負荷であり、以下のとおりとすることが適当である。

ア 5250MHz-5350MHz帯を使用する無線アクセスシステムの場合

(ア) レーダーモデル

北海道のフィールド実験において、わが国の気象レーダーで広く使われているパルス繰り返し周波数260Hzレーダーに対し、インサービスモニタリングでの検出試験結果は満足できるものではなかった（参考資料9）。これは米国試験仕様にチューニングされた被試験装置がこのレーダー波検出に対応しきれていなかったためである。このことから、欧米試験仕様に含まれていないが、わが国で特に市街地においても広く使われている気象レーダーに対応するDFS試験規格を組み込む必要がある。また、欧米と共通化を図るためにITU-R WP8A等の標準化活動に反映していくことが望ましい。

国内の気象レーダーに対するDFS試験仕様は、国際的な動向をふまえ、調和を図りつつ、表2-7に示すパラメータで検出確率60%以上とするのが適当である（参考資料10）。

表2-7 レーダーパラメータ

レーダー型式	パルス幅 (μ sec)	繰り返し周 波数(Hz)	パルス数
固定パラメータ1	1	700	18
固定パラメータ2	2.5	260	18

(イ) 通信負荷

無線アクセスシステムの運用モデル（参考資料11）及びFWAサービスの計測値（参考資料12）に基づき、CSMA/CAを使用するような送信する情報の種類により送信パケットの大きさが変動するIPパケット伝送に基づく送信を行うものは、無線設備の誤り訂正及び制御信号を含めない信号伝送速度で、無線設備の最大信号伝送速度の50%の伝送を行うことが適当である。

これらより、本検出確率推定では、 $N=18$ 、 $P(m, N)=0.6$ となる。

⑦気象レーダー波検出確率計算のための条件設定、パラメータ

<推定条件>

気象レーダー空中線が無線アクセスシステム方向に向いた時、無線アクセスシステムからの与干渉レベルがレーダーの最小受信感度である場合が、気象レーダーに対し干渉の影響を及ぼさない限界であるので、このときの検出確率を推定することとする。

<無線アクセスシステム局>

モデル A : 802.11a

送信 e.i.r.p. : +23dBm

空中線利得 : 0dBi

空中線系損失 : 0dB

検出閾値 : -64dBm

1 検出単位時間 : パルス数 18 ごとに区切る場合と、区切らない場合の 2 種

＜PRF260Hz 気象レーダー局＞

空中線電力 : 84dBm

空中線利得 : 42dBi (実力 44.6dBi)

空中線特性 : ITU-R 勧告 M.1652 による近似と同種空中線の実測値

無線アクセスシステム方向オフセット角度 : 0.7 度

送信空中線系損失 : 2.0dB

受信空中線系損失 : 3.0dB

最小受信感度 : -115dBm

回転速度 : 4RPM

＜PRF700Hz 気象レーダー局＞

空中線電力 : 83dBm

空中線利得 : 48dBi (実力 48.7dBi)

空中線特性 : ITU-R 勧告 M.1652 による近似と同種空中線の実測値

無線アクセスシステム方向オフセット角度 : 0.7 度

送信空中線系損失 : 8.8dB

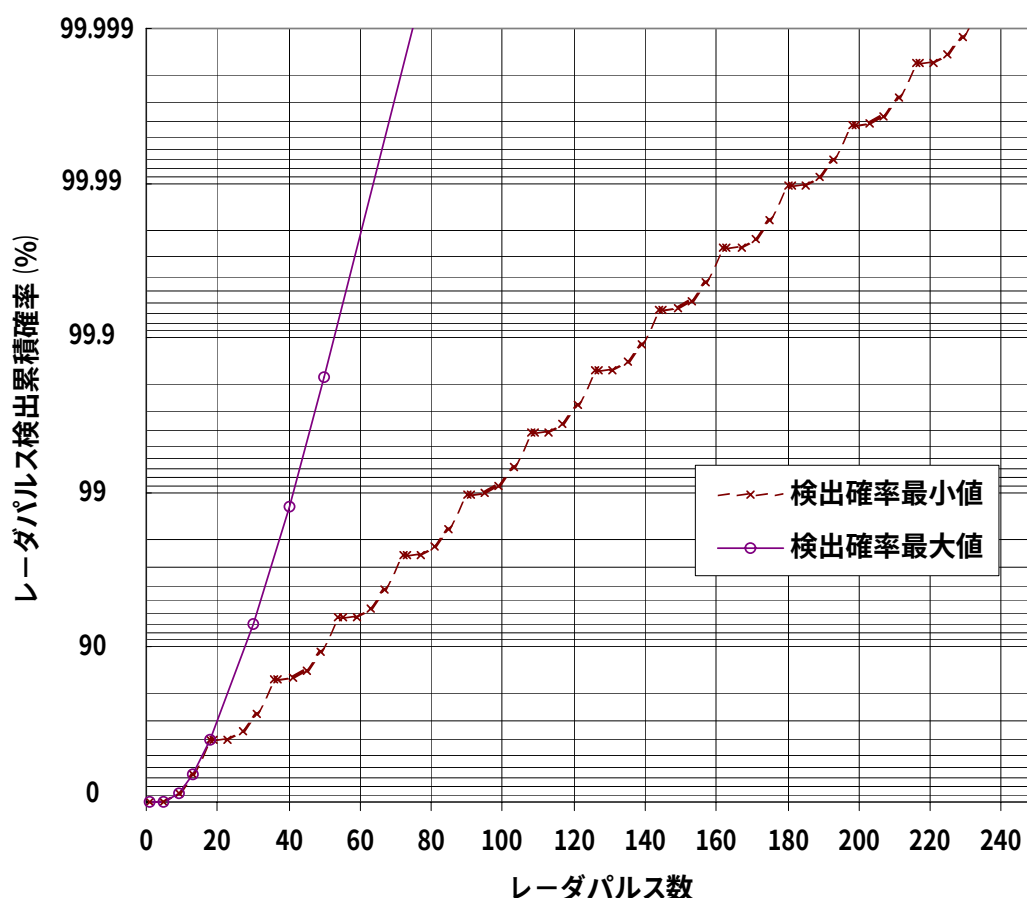
受信空中線系損失 : 8.8dB

最小受信感度 : -112dBm

回転速度 : 4RPM

- ⑧DFS 試験仕様から実環境の検出確率推定
推定結果を図 2-3 に示す。

図2-3 実環境の検出確率推定



PRF260Hzレーダーの場合、レーダーパルス受信電力が無線アクセスシステムの検出閾値 -64dBmになるとき、無線アクセスシステムからの与干渉レベルは -142.2dBmであり、27.2dBの検出マ-ジンがある。同様にPRF700Hzの気象レーダーの場合24.2dBの検出マ-ジンである。これらの検出マ-ジンに相当するレーダー空中線の指向特性のなす角度の間、レーダーパルス受信電力が無線アクセスシステムの検出閾値を越える。検出に有効なパルス数は、PRF260Hzレーダーでは138.7個、PRF700Hzレーダーでは290.5個である。レーダー空中線の実力値を用いるとPRF260Hzレーダーでは47個、PRF700Hzレーダーでは222個となった。これらより実環境における気象レーダー1スキャンでの検出確率推定値を表2-8に示す。実環境においてPRF260Hzレーダー空中線実力値を用いた場合において干渉の影響を及ぼさない無線アクセスシステムでも検出確率は、最小87.5%、最大99.6%の間にある。干渉レベルがレーダースコープ上には表示されない-111dBmを仮定すると、75パルス以上になり最小97.5%、最大99.999%となる。

以上から、DFS試験仕様においてパルス数18、検出確率60%以上と規定すれば、実環境において、十分な検出確率となると判断される。

表2-8実環境での検出確率推定

	空中線特性 (M.1652)			空中線特性 (実力値)		
	パルス数	検出確率 最小	検出確率 最大	パルス数	検出確率 最小	検出確率 最大
PRF260Hz 気象レーダー	138.7	99.89%	100%	47	87.5%	99.6%
PRF700Hz 気象レーダー	230.5	99.999%	100%	222	99.998%	100%

C.隣接チャネルレーダーの検出検討

レーダーと無線アクセスシステムが10,20,30MHz離調している場合であっても、レーダーが無線アクセスシステムから干渉を受ける位置関係にある場合、レーダーから無線アクセスシステムへの干渉レベルがレーダー波検出閾値より十分大きな値となり、DFSが働くことから干渉は生じない。計算結果を表2-8に示す。

表2-8 空港気象レーダー→無線アクセスシステムへの干渉レベル

無線アクセスからレーダーへの干渉							レーダーから無線アクセスへの干渉		
離調周波数 (MHz)	無線アクセス 輻射電力 (dBm/1.4MHz)	壁による減衰 (dB)	空中線利得 (dB)	許容干渉量 (dBm)	所要伝搬損 (dB)	距離 (Km)	レーダー 輻射電力 (dBm/18MHz)	干渉レベル (dBm)	検出閾値 (dBm)
10	1.46	17	44	-111	139.5	42.5	84	-28.5	-64
20	-16.54	17	44	-111	121.5	5.4	49.42	-45.0	-64
30	-28.54	17	44	-111	109.5	1.3	45.31	-37.2	-64

(注) レーダーのスプリアス発射はITU-R勧告 M.1541で規定されるマスクで計算。
また、レーダー、無線アクセスシステムは、無線アクセスシステムから空港気象レーダーへの干渉量がレーダーの最小受信感度となる距離で設置されているものとした。

D.隠れ基地局問題

気象レーダーからレーダー波検出機能を有する無線LAN-アクセスポイントは遮蔽物により見通し出来ないが、当該アクセスポイント配下の端末は、レーダーとの見通しが可能となる場合を検討した。その結果、このような状況が発生する可能性は極めて低く、かつ気象レーダーが運用されている周波数帯では無線アクセスシステムが屋内運用されることから、実用上問題ないと判断される。(参考資料13)

E.仰角を急峻に下げるレーダーと動的周波数選択(DFS)の動作について

動的周波数選択(DFS)を具備する無線設備は、レーダー波を検出してから10秒以内に使用していた周波数を変更し、当該期間における送信時間の合計は、260ミリ秒以下である。

仰角をゆっくり下げて運用するレーダーについては、無線アクセスシステムがレーダーに干渉を与える仰角で運用する前にレーダー波を検知して周波数を変更するため、レーダーに干渉を与えるおそれはない。(参考資料14)

それに対して、空港気象ドップラーレーダーのように、仰角を急峻に下げるレーダーに対しては、ITU-R勧告 M.1652に従う動的周波数選択(DFS)は、周波数を変更する10秒間において、わずかな干渉を与える可能性があることは否定できない

い。しかしながら、当該10秒間において、無線アクセスシステムが間欠的に電波を送信する時間の総計は260ミリ秒以下であること及び空港気象レーダーの運用仰角やビーム幅等により空港気象レーダーに影響する無線アクセスシステムの設置条件が限定されることから、運用上無線アクセスシステムの影響は小さい。

(2) 気象レーダーからの被干渉

無線アクセスシステムにおける符号処理機能（例えばM A C（Media Access Control）再送など）による改善効果を見込むことができるため規定しない。

2.1.5 共用条件の規定

干渉評価の対象とする気象レーダーは、当該割当て周波数帯域の隣接帯域及び帯域内の気象レーダーとし、各々に対して無線アクセスシステムは、以下の規定を満足することが適当である。

(1) 帯域外漏洩電力、スプリアス発射の強度の許容値

5150～5250MHzにおいては5250MHz超、5250～5350MHzにおいては5150MHz以上5250MHz未及び、5350MHz超の帯域外、スプリアス帯域に対し、1MHz当たりの等価等方輻射電力の許容値としてARIB STD-T71（802.11a）OFDMスペクトラムマスク値規定以下とすることが適当である。なお、5150MHz未の帯域に関しては、既存の許容値を変更しない。

(2) 同一帯域内レーダーとの周波数共用

ITU-R 勧告 M.1652のDFS 及びWRC-03 決議229のTPC規定を適用するのが適当である。

① 動的周波数選択（DFS）

ア DFS機能搭載義務

ITU-R勧告 M.1652にて勧告されているDFS機能を当該無線アクセスシステムの通信を制御する装置に搭載すること。

イ アドホック接続の制限

DFS機能を搭載しない無線アクセスシステム装置にあっては、DFS機能を有する装置の制御下以外で通信を行ってはならない。

ウ アクティブスキャンの制限

いかなる無線アクセスシステム装置もチャネルアベイラビリティチェック完了以前に送信を開始してはならない。

② 送信電力制御（TPC）

ア TPC機能搭載義務

多数の装置からの総出力を3dB低下させるために無線アクセスシステム各装置はTPC機能を搭載しなければならない。ただし、規定の最大出力から3dB低い出力で運用する装置にあっては、この限りではない。

(3) 無線アクセスシステム間の周波数共用

周波数有効利用のため、既存の連続する5150～5250MHzと同様に複数システムが周波数の共用によって運用を可能とすることが望ましい。このため、時間軸上の共用のために、既存のキャリアセンスによる周波数共用規定を無線LAN等と周波数共

用する帯域に適用するのが適当である。

2.2 地球探査衛星との周波数共用条件

5GHz帯における移動業務の無線アクセスシステム（無線LANを含む）と地球探査衛星業務（EESS）との周波数共用条件については、共用する帯域により無線アクセスシステムに課せられる運用・技術面での制限が異なっており、それぞれの帯域毎に無線アクセスシステムへの要求条件を記載した勧告が制定されている。以下に、それぞれの共用帯域における無線アクセスシステムと地球探査衛星業務との周波数共用条件を示す。

（参考資料15）

2.2.1 5250MHz-5350MHz帯における地球探査衛星との共用条件

5250MHz-5350MHz帯における移動業務の無線アクセスシステム（無線LANを含む）と地球探査衛星業務（EESS）の周波数共用については、ITU-R WP7Cにて検討が行われ、勧告ITU-R SA.1632がとりまとめられた。ITU-R勧告 SA.1632は、同勧告の付録2に示す制約条件、即ち、

- － 屋内運用のみとする（建物による遮蔽効果17dBを見込む）。
- － 3dBの干渉軽減を保証するTPC機能を具備する。具備しない場合は、許容されるe.i.r.p は3dB低いものとなる。
- － e.i.r.p は200mW(TPC無しときは100mW)以下、e.i.r.p密度は10mW/MHz以下。
- － 5GHz帯無線LAN割当て帯域にわたりチャンネル利用を平均化するためのDFS等のランダムなチャンネル選択機能を具備する。

を満たす無線LANとEESS衛星アクティブセンサー（特性： ITU-R勧告 SA.1632の付録1）が周波数共用可能であること（recommends 1）、EESS保護のために必要なレベルはITU-Rにおいて継続中の共用研究で検討されている運用・技術上の他の制約でも達成できる可能性があること（recommends 2）、を勧告している。

2.2.2 5470-5570MHz帯における地球探査衛星との共用条件

5470-5570MHzにおける移動業務の無線アクセスシステム（無線LANを含む）と地球探査衛星の周波数共用については、ITU-R JRG8A-9Bにて検討が行われ、勧告 ITU-R 勧告M.1653がとりまとめられた。勧告に記載される無線アクセスシステムの運用・技術的制限は、下記に示す2つの条件の何れかを適用することが求められている。

（条件1）

- ・ 最大平均e.i.r.p. 1W且つ最大平均e.i.r.p.密度 17dBm(50mW)/MHz
- ・ 出力を3dB低減させるTPCの具備、TPCを具備しない場合は出力の上限値を減じたものとする
- ・ 5470MHz-5725MHz帯において運用されるものは、利用チャンネルを平均化するためのDFS を具備

（条件2）

- ・ 最大送信機電力は 250mW (24dBm) または $11+10\log B$ dBm (B : 99%送信帯域幅 (MHz))。
- ・ 送信機あたりの最大e.i.r.p. が1W (0 dBW)または $-13+10 \log B$ dBW を超えないこと。

参 考 資 料

小電力データ通信システムのスプリアス・帯域外漏洩電力の規定について

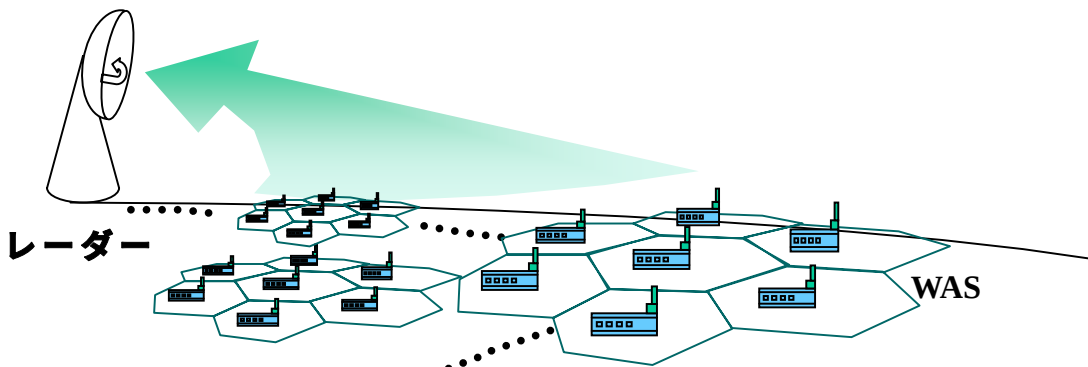
1 はじめに

5250～5350MHz 帯気象レーダーの許容される干渉レベルから、5150～5250MHz 帯小電力データ通信システム（以下、「WAS (Wireless Access System)」という。）1 台当たりの帯域外領域発射やスプリアス領域発射の許容量をシミュレーションによって求め、規定値を検討する。

2 干渉シミュレーション

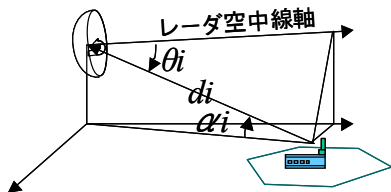
(1) シミュレーション手法

対象となるレーダー局の見通し距離（Radio Horizon：Rh)内に展開される WAS においてレーダー局を中心とした同心円区間ごとにある密度で一様分布するそれぞれの WAS からの干渉量の電力和をとると総干渉量が得られる。このことから総干渉量がレーダーの許容干渉量となる 1 台当たりの帯域外領域発射及びスプリアス領域発射の許容レベルを逆算することができる。シミュレーションでは、総干渉量の代わりに総伝搬損失を求めることによって WAS 1 局当たりの許容輻射電力を求める。



i 番目の WAS から気象レーダーへの干渉量を I_i とすると、 I_i は、

$$I_i = A \times p \times G_{was}(\alpha_i) \times 1 / L(di) \times Grad(\theta_i)$$



I_i : i 番目の WAS からのレーダ空中線 端子干渉電力

A : WAS の空中線電力

p : WAS の送信時間率

$G_{was}(\alpha_i)$: i 番目 WAS 空中線のレーダ方向利得 (角度 α_i)

$L(di)$: i 番目 WAS - レーダ間伝搬損失 (距離 di)

$G(\theta_i)$: レーダ空中線の i 番目 WAS 方向利得 (角度 θ_i)

ここで、累積対象となるレーダー空中線見通し距離内にある WAS の総数を n として、総伝搬損失 L_{sum} を

$$L_{sum} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{G_{was}(\alpha_i) \times Grad(\theta_i)}{L(di)} \right]$$

と定義すると干渉総電力 I_{sum} は、下式となる。

$$I_{sum} = A \times p \times L_{sum}$$

よって、 L_{sum} を求めることによって I_{sum} をレーダーの許容干渉電力に置き換えれば、当該気象レーダーに対する無線アクセスシステム 1 台当たりの許容輻射電力 A が求まる。

(2) 前提条件

以下にシミュレーションで使した電波伝搬等の適用モデル、パラメータを示す。

ア 電波伝搬モデル

ITU-R Rec. M.1652 Annex.6 において、WAS-レーダー間の伝搬モデルや WAS の設置高度等が述べられており、これらを以下のとおり適用することとする。

(1) レーダー及び WAS 空中線特性	M.1652 Annex.6 Appendix.1 及び 2
(2) WAS の設置高度	都市部：30m 住宅地、郊外：6m
(3) 伝搬定数及び遮蔽物損	伝播定数：2～3.5 の間で一様分布 遮蔽物損：0～20dB で一様分布 ※ 干渉パスにおいては、大多数の WAS の設置高度はレーダーの設置高度に対しさほど高くないため、十分なパスクリアランスは確保されない。また、ある WAS の背後にある WAS は一般に建物等によりレーダーとの見通しが困難であり、前面の木立等によりある程度遮蔽されるため、これらを干渉計算に反映する。シミュレーションでは、十分な回数演算を行い、平均を取る。5150～5350MHz は屋内でのみ使用が許されているのでこの帯域での干渉計算においては建物遮蔽損を 17dB とする。

イ 無線アクセス局

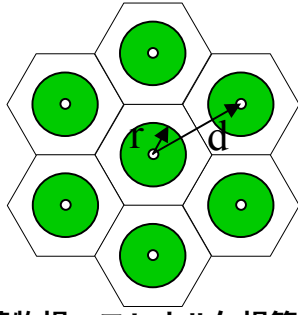
(1) レーダー及び無線アクセスシステム空中線特性	M.1652 Annex.6 Appendix.1 及び 2		
(2) モデル A	ピークアベレージ比について報告のあった 802.11a を対象とする。		
(3) ピークアベレージ比	キャリア占有率：75% (36Mbps での DCF モードフル稼働時程度)		
(4) 中心周波数	気象レーダー帯域に最も近い 5240MHz を対象とする。		
(5) アクティブシステムの展開密度	都市部	20 System/Km ² /Ch	80 System/Km ² /4Ch
	工場、倉庫地域	7 System/Km ² /Ch	28 System/Km ² /4Ch
	郊外	4 System/Km ² /Ch	16 System/Km ² /4Ch
	山岳・ル-ラル地方	2 System/Km ² /Ch	8 System/Km ² /4Ch
	(算出根拠は以下のとおり。)		

【アクティブWASの展開密度について】

(ア) ITU-R M.1652では、半径25Kmで2753台（平均1.4台/km²）同時に稼働し、WASのEIRPは、1W：5%、200mW：25%、100mW：40%、50mW：30%で構成されている。5150～5350MHzは屋内かつEIRP最大200mWであり、わが国の想定される密度を考慮すると適当ではないように思われる。したがって、都市部の密な環境で展開する場合を検討し、それを用いることとした。

(イ) 展開密度

キャリアセンスによりそれぞれが独立Systemとして稼働する条件は、同一周波数の隣接セルからの干渉量がキャリアセンスレベルより低いことである。したがって、

限界干渉レベル	キャリアセンスレベル＝総干渉電力
最低受信電力	総干渉電力+所要C/I＝キャリアセンスレベル+所要C/I
セル半径rとAP間離隔距離dの関係	所要C/I = $20\log(d) - 20\log(r) - 10\log(n) + L_d - L_r$  L_d, L_r : 建物損、フレネル欠損等による追加損失 n : 常時送信の場合6、パケット送信の場合、キャリア使用時間比率を p として $n=6p$

0.2W EIRP、センスレベル-82dBm (802.11aの6Mbps閾値) とすると各セルがほぼ独立に稼働できるAP間離隔距離は233mとなる。よって同時にアクティブとなる可能性があるWASの密度は、1チャンネルあたりセル面積0.047Km² 約20System/Km²/Ch、5150～5250MHzの4チャンネルでは 約80System/Km² となる。この屋内展開密度は、都市部における高密度展開であり、その他の地域では下記とする。

都市部	20 System/Km ² /Ch	80 System/Km ² /4Ch
工場、倉庫地域	7 System/Km ² /Ch	28 System/Km ² /4Ch
郊外	4 System/Km ² /Ch	16 System/Km ² /4Ch
山岳・ル-ラル地方	2 System/Km ² /Ch	8 System/Km ² /4Ch

ウ 気象レーダー局

(ア) 検討対象気象レーダー局

WAS との離調周波数の関係から厳しい順に 5260MHz、5265MHz 及び 5270MHz 以上の周波数を使用するもので、WAS からの干渉が多いと推定される都市内または都市近郊に設置される低高度の空港気象レーダーや、観測レンジを拡大するために俯角観測が行われる気象レーダー局を選択しシミュレーションの対象レーダーとする。

(イ) 検討対象気象レーダー局

気象レーダーにおける現行の混信検討の考え方として、S/N の N に最小受信感度 (S_{min}) と呼ばれる、レーダーが処理する最低信号レベルをノイズフロアにマージンを持たせて設定しているレベルがある。本シミュレーションにおいては、許容干渉レベルとして S_{min} を OFDM 変調波に対する許容干渉レベルとする。

【参 考】

ITU-R Rec M.1652 では、1つの無線アクセスシステムから受ける最大許容干渉レベルは、レーダーの受信機熱雑音 N と干渉レベル I の比 I/N で規定している。I/N は、M.1652 が参照している M.1461 や M.1638 では、-6dB と規定しているため、レーダーの受信機熱雑音から 6dB 低いレベルを与干渉波のスペクトラム形態に関係なく一義的に許容干渉レベルとして定義している。

気象レーダーには、ターゲットからのレーダー反射波を処理する際、レーダー反射波の相関を利用して距離、方位、時間平均等を取って S/N を改善させる機能が組み込まれている。バースト送信を行う白色雑音と同等な 802.11a に準拠する OFDM 変調波は、無変調波と

異なりこれら平均化処理により干渉の影響が相対的に減じられ、無変調波に比べ相当大きな干渉量でも平均化処理やクラッタのような不要波除去処理によってレーダースコープには表示されない。したがって、共用条件の策定にあたっては、無変調波と OFDM 変調波を同列に扱うのは適当ではないと思われ、気象レーダーのデータ処理によって所要 S/N が確保できる気象レーダーの最小受信感度を、OFDM 変調波に対する許容干渉レベルとすることが適当である。

(3) シミュレーション結果

気象レーダーへの与干渉レベルが、許容干渉レベルとなる WAS 1 局あたりの許容輻射レベルを表 7-1 に示す。シミュレーションした WAS の展開密度については表 7-2 に示す。

表 7-1 気象レーダーの許容干渉レベルと WAS 1 局あたりの許容輻射レベル

周波数差 (MHz)	レーダー局	許容干渉 レベル (dBm/MHz)	レーダー受信 RF系損 (dB)	Lsum (dB)	建物 損 (dB)	平均/ ピーク 比 (dB)	許容輻射電 力 (EIRP) (dBm/MHz)	802.11aスペ クトラムマスク (EIRP) (dBm/MHz)	マージン dB
20	筑波(研究用)	-113	3.1	81.4	17	-1.2	-10.3	-18.0	7.7
	中部新空港	-111	6.2	86.9	17	-1.2	-5.9		12.1
	大鶴峰	-113	5.6	94.7	17	-1.2	-0.1		17.9
	福岡空港	-111	6.2	84.0	17	-1.2	-8.8		9.2
25	伊豆大島	-112	3.7	92.4	17	-1.2	2.3	-24.0	26.3
30以上	羽田	-111	8.8	80.5	17	-1.2	-3.5	-30以下	26.5
	成田	-111	8.8	83.9	17	-1.2	-0.1		29.9
	赤木山	-115	3.7	83.6	17	-1.2	-5.6		24.4
	大阪北区	-113	1.8	79.4	17	-1.2	-9.8		20.2

注 赤木山気象レーダーについては、見通し限界+1/2 半値角の 0.5 度の俯角観測、筑波、伊豆大島は 0.5 度、その他は 0.7 度を最低仰角とした。

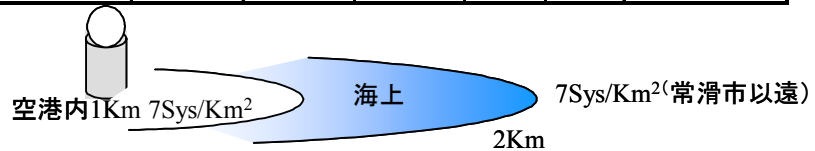
(4) 小電力データ通信システムのスプリアス・帯域外漏洩電力の規定について

表 7-1 に示すとおり、都市中心部に設置されている気象レーダーであっても、WAS がレーダー空中線軸とわずかな角度差で 1Km 程度以内に近接して設置されるような限られた条件を除いては、802.11a のマスク値で、帯域外漏洩、スプリアス発射とも相当なマージンを持って許容が可能である。

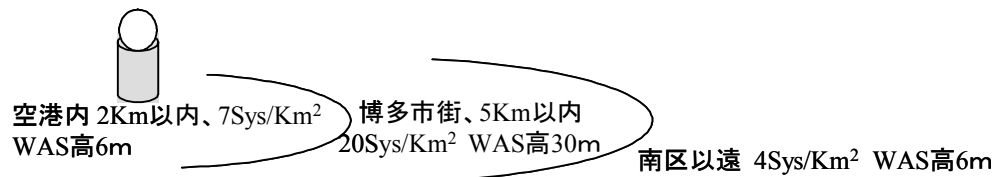
表 7-1 WAS 展開密度

レーダ	レーダ 空中 線高 (m)	WAS密度 (/Km ² /Ch)/設置高(m)				対象WAS 数	見通し 距離	空中 線仰 角	備考
		レーダからの距離(Km)							
		1Km以下	1〜2Km	2〜5Km	5Km以上		Km	度	
筑波	38	4/6				8,109	25.4	0.5	一様分布
中部新空港	38.5	7/6	0	7/6		14,306	25.6	0.7	1〜2Kmは海上
大鶴峰	363	4/6				77,471	78.5	0.7	一様分布
福岡空港	41.7	7/6		20/30	4/6	9,995	26.6	0.7	

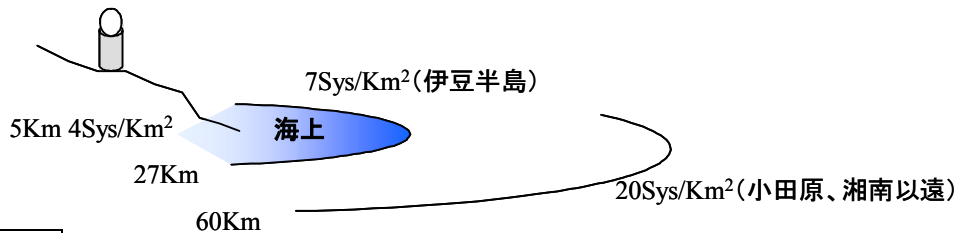
中部新空港



福岡空港



レーダ	レーダ 空中線 高 (m)	WAS展開密度 (/Km ² /Ch)/設置高(m)				対象WAS 数	見通し 距離	空中 線仰 角 度	備考
		レーダからの距離 (Km)							
		5Km以下	5～27Km	27～60Km	60Km以上				
伊豆大島	433	4	0	7	20	299,393	85.8	0.5	5～27Kmは海上



伊豆大島

レーダ	レーダ 空中 線高 (m)	WAS密度 (/Km ² /Ch)/設置高(m)				対象WAS 数	見通し 距離 Km	空中 線仰 角 度	備考
		レーダからの距離(Km)							
		2Km以下	2～5Km	5～10Km	10Km以上				
羽田	47.5	28/6		80/6	80/30	198,708	28.4	0.7	
成田	44.8	28/6	16/6			38,564	27.6	0.7	
大阪北区	144.2	80/30				615,608	49.5	0.7	一様分布

レーダ	レーダ 空中 線高 (m)	WAS密度(/Km ² /Ch)/設置高(m)				対象WAS 数	見通し 距離	空中 線仰 角	備考
		レーダからの距離(Km)							
		5Km以下	5～80Km	80～120Km	120Km以上		Km	度	
赤城山	1696	8/6	28/6	80/30	28/6	3,382,166	169.7	-0.5	注 参照 120～140kmは 海上

注 仰角-0.5度以下では、主ビームが海面に衝突する。東京都心を向く俯角観測の限界で検討する。

