

5.6GHz 帯無線 LAN の導入について（報告）

- 5470-5725MHz（以下「5.6GHz 帯という。」）の周波数の電波を使用する無線 LAN の導入のため、その技術基準を以下のスケジュールで策定する予定。
なお、技術基準の概要については別紙のとおり。

- 併せて、5030-5091MHz の周波数の電波を使用する無線アクセスシステムについて、その周波数の使用期限（2007 年 11 月末）を 5 年間延長（2012 年 11 月末）する予定。

《導入スケジュール》

平成 18 年

- 10 月 11 日 電波監理審議会に改正省令案等（注）を諮問
改正省令案等についてパブリック・コメントを募集開始
- 11 月 8 日 電波監理審議会における関係者からの意見聴取
- 11 月中 改正省令案についてのパブリック・コメント募集終了
- 12 月 13 日 電波監理審議会から答申

平成 19 年

- 1 月中 改正省令を公布・施行予定

注 電波法施行規則、無線設備規則及び特定無線設備の技術基準適合証明等に関する規則の各一部を改正する省令案、周波数割当計画の一部を変更する告示案

※ その他関係告示も改正予定

周波数帯	2.4-2.4835GHz	4.9-5.0GHz	5.03-5.09GHz <small>(注3)</small>	5.15-5.25GHz	5.25-5.35GHz	5.47-5.725GHz <small>(注4)</small>
使用場所	屋内外			屋内限定		屋内外
チャンネル間隔	規定なし	5/10/20MHz		20MHz		
最大空中線電力	2.427-2.47075GHzを使用するFH方式の場合 :3mW/MHz以下 FH方式を用いない OFDM・DS方式の場合 :10mW/MHz 上記以外の方式の場合 :10mW	250mWかつ50mW/MHz		OFDM・DS方式の場合 : 10mW/MHz シングルキャリア方式の場合 : 10mW		
最大空中線利得	12.14dBi	13dBi		規定なし		
最大e.i.r.p.	規定なし			10mW/MHz		50mW/MHz
DFS <small>(注1)</small> ・TPC <small>(注2)</small>	不要				必要(親局のみ)	
接続形態	任意	親局-子局(中継可能)		任意	任意(子局-子局は不可)	
備考						
最大伝送速度	54Mbps <small>(注5)</small>					
主な国際規格	IEEE802.11b/g	IEEE802.11a/j		IEEE802.11a		
免許・登録	免許不要	登録(10mW以下の子局は不要)		免許不要		
周波数を共用する主なシステム	ISM機器(電子レンジ等)	マイクロ固定局	マイクロ波着陸システム(MLS)	移動衛星 フィーダリンク	気象レーダー、 地球探査衛星	各種レーダー

注1 DFS(Dynamic Frequency Selection)無線LANがレーダーと周波数を共用して使用するための機能
 注2 TPC(Transmitter Power Control)無線LANの一の通信系における平均の空中線電力を3dB下げる機能
 注3 2007年11月末までの暫定使用(2012年11月末まで延長予定)
 注4 今回拡大する周波数帯及び導入する技術基準
 注5 情報通信審議会において実効速度100Mbps以上を実現する規格(高速無線LAN)の技術的条件を検討中

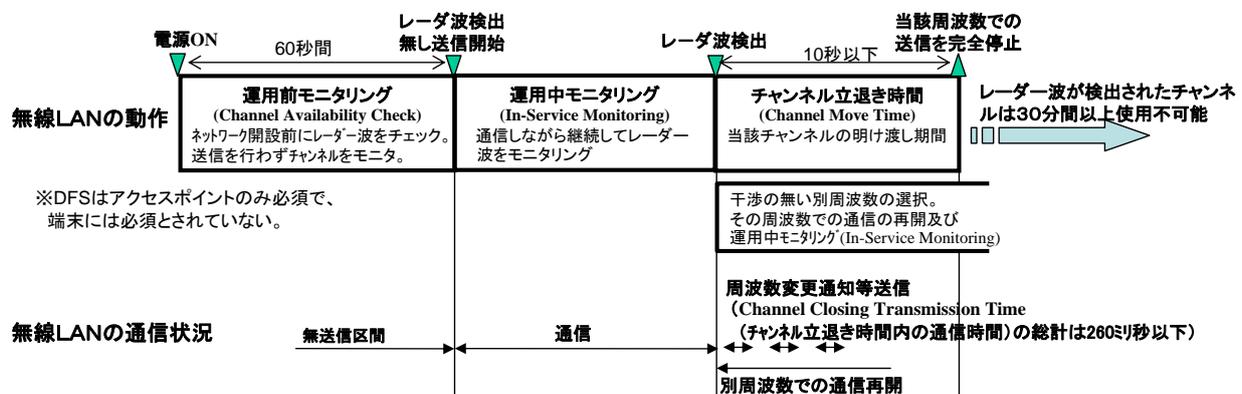
技術基準の概要② 《DFSシーケンス等》

1 レーダー波検出閾値

最大e.i.r.p.	200mW未満	200mW以上
検出閾値	-62dBm	-64dBm

※ 検出閾値は、絶対利得0dBiの空中線で受信する1μ秒あたりの平均電力

2 シーケンス



- > Channel Availability Check (運用前モニタリング)により運用前に60秒間レーダー波のモニタリング
- > 運用前モニタリングでレーダー波を検出しなければ、運用(送信)開始。
- > 運用中もIn-Service Monitoring(運用中モニタリング)によりそのチャンネルでのレーダー波をモニタリング
- > In-Service Monitoring中にレーダー波が検出された場合にChannel Move Time(チャンネル立退き時間 10秒)以内にチャンネルを立ち退かなければいけない。
- > Channel Availability Check又はIn-Service Monitoringの最中にレーダー波が検出されたチャンネルは、Non-Occupancy Period(30分)の間、いかなる送信も再開してはならない。

技術基準の概要③ 《レーダー試験波形①》

3 レーダー試験波形

(1) 5250-5350MHzを使用する無線LANが検出すべきレーダー試験波形

- ・ ショートパルスレーダー試験波形(無変調パルス列)

種別	パルス幅	繰返周波数	連続するパルスの数	検出確率
1	1.0 μ 秒	700Hz	18	60%以上
2	2.5 μ 秒	260Hz	18	60%以上

※ 通信負荷率50%(親局 \rightarrow 子局)

(2) 5450-5725MHzを使用する無線LANが検出すべきレーダー試験波形

- ・ ショートパルスレーダー試験波形①(無変調パルス列)

種別	パルス幅	繰返周波数	連続するパルスの数	検出確率
1	0.5 μ 秒	720Hz	18	60%以上
2	2.0 μ 秒	250Hz	18	60%以上

※ 通信負荷率50%(親局 \rightarrow 子局)

- ・ ショートパルスレーダー試験波形②(無変調パルス列)

種別	パルス幅	繰返周波数	連続するパルスの数	検出確率
1	1.0 μ 秒	700Hz	18	60%以上
2	1.0-5.0 μ 秒 (1.0 μ 秒間隔)	4,347-6,667Hz (1.0Hz間隔)	23-29	60%以上
3	6.0-10 μ 秒 (1.0 μ 秒間隔)	2,000-4,000Hz (1.0Hz間隔)	16-18	60%以上
4	11-20 μ 秒 (1.0 μ 秒間隔)	2,000-4,000Hz (1.0Hz間隔)	12-16	60%以上

※1 通信負荷率50%(親局 \rightarrow 子局)

※2 種別1から4までの検出確率の平均値が80%以上

3

技術基準の概要④ 《レーダー試験波形②》

(3) ロングパルスレーダー試験波形(線形周波数変調パルス列)

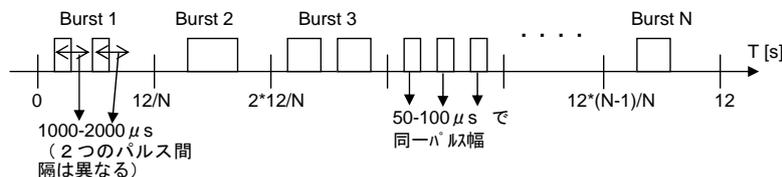
種別	パルス幅	繰返周波数	連続するパルスの数(バーストあたりのパルス数)	検出確率
1	50-100 μ 秒 (1 μ 秒間隔)	500-1000Hz	1-3	80%以上

※1 通信負荷率50%(親局 \rightarrow 子局)

※2 バースト数は8-20、バースト間隔は12秒間をバースト数で除したもの

※3 チャープ幅は、5-20MHz(1MHz間隔)で、同一バースト内で同じ

※4 同一バースト内でのパルス幅は同じであり、繰返周波数は異なる



(4) 周波数ホッピングレーダー試験波形

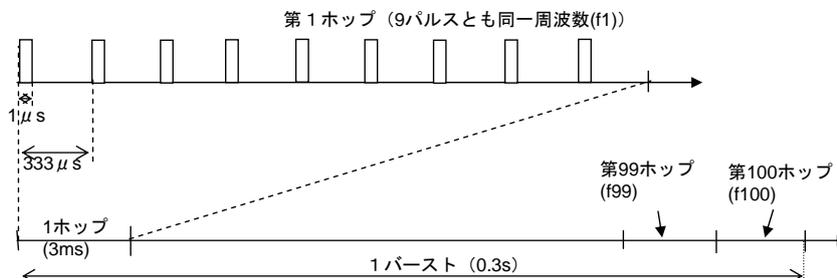
種別	パルス幅	繰返周波数	連続するパルスの数(バーストあたりのパルス数)	検出確率
1	1.0 μ 秒	3000Hz	9	70%以上

※1 通信負荷率50%(親局 \rightarrow 子局)

※2 ホッピング周波数は、5250-5724MHzの1MHz間隔の周波数

※3 ホッピング間隔は3m秒、全てのホッピング間隔の合計は300m秒

※4 バースト間隔は、3m秒



4

5.6G帯雷レーダに対する検出確率

1

検討対象

事業地域	レーダ名	最小PRF (Hz)	回転数 (RPM)	空中線		半値角 (度)	半値角内 パルス数
				直径(m)	利得(dBi)		
関東	Hレーダ	250	6	3	42.6	1.29	9.0
	Kレーダ	250	6	3	42.1	1.39	9.7
	Oレーダ	250	6	3	41.3	1.37	9.5
関西	Nレーダ	450	10	4	43.4	1.03	7.7
	Oレーダ	450	10	4	43.4	1.03	7.7
北陸	Hレーダ	622	4	4.4	45	0.95	24.6

注：空中線利得、水平方向半値角は実測値。

- レーダ波検出手がかりであるパルス数が最も低いレーダ群は、関西のN,Oレーダであり、関東K,Oレーダを含め実検出確率報告が2004年11月になされている。
- 今回の対象レーダは5.6GHz帯を使った雷レーダで関東Hレーダ。
- 高仰角から低仰角のPRFは720/900Hzで3rpm、パルス数が250Hz 6rpmに比べ6倍多く、700Hzレーダとして試験仕様がすでに確立している。よって低仰角から高仰角に向かって観測する時の250Hz 6rpmの検出確率について検討する。

パラメータ

関東Hレーダ諸元		屋外WAS諸元	
送信電力 (KW)	250	WAS EIRP (dBm/MHz)	17-TPC3dB
空中線利得(dBi)	42.6	WAS送信RF系損 (dB)	0
ビーム幅(度)水平	1.29	WAS空中線利得(dBi)	7
ビーム幅(度)垂直	1.39	(参)802.11aデューティー比	0.75
空中線回転数(rpm)	6		
WAS方向オフセット角	0.7		
送信系損失(dB)	4.19		
受信系損失(dB)	6.00		
受信機帯域 (MHz)	1.6		
最小受信感度(dBm/0.6MHz)	-113.0		
MTI、時間平均処理等利得(dB)	0.0		
許容干渉量 (dBm/0.6MHz)	-113.0		

WAS空中線電力10mw/MHz、EIRP制限50mW/MHzから空中線利得7dBiとする。
従い、レーダ検出レベルはWAS 空中線前方で-64dBm - 7dBi=-71dBmとなる(受信機入力端では-64dBmで変わらず)。

WASの信号は白色雑音とみなせるのでMTI onや距離、方位平均化処理によりS/I改善がある。
検討評価は二段階で行った。一次評価では、5.3GHz帯レーダでの検出確率検討と同様、これらの改善効果を見込まない場合の検出確率を求めた。二次評価では、MTI onによる改善効果を組み込み検出確率を求め評価した。

3

干渉電力試算

WAS 屋外設置、自由空間の場合

PRF 250HzRadar
WAS->レーダ (3dBオフセット(0.7°)したレーダ空中線の場合)

周波数 MHz	送信電力 dBm/MHz	送信RF系 損 dB	WAS空中 線利得 dBi	壁の損失 dB	自由空間 損 dB	レーダ空 中線利得 dBi	受信RF系 損 dB	受信帯域 損 dB	干渉波受 信レベル dBm
5700	7	0	7	0.00	162.64	39.6	6.0	-2.0	-113.00
				距離(Km)	567.79	11.9	6.0	-2.0	-140.75

レーダ->WAS

周波数 MHz	送信ピーク 電力 KW	送信RF系 損 dB	レーダ空 中線利得 dBi	自由空間損 dB	壁の損失 dB	WAS空中 線利得 dBi	受信RF系 損 dB	干渉波受 信レベル dBm	検出マー ジン dB
5700	250	4.19	39.6	162.64	0.00	7	0	-36.25	27.75

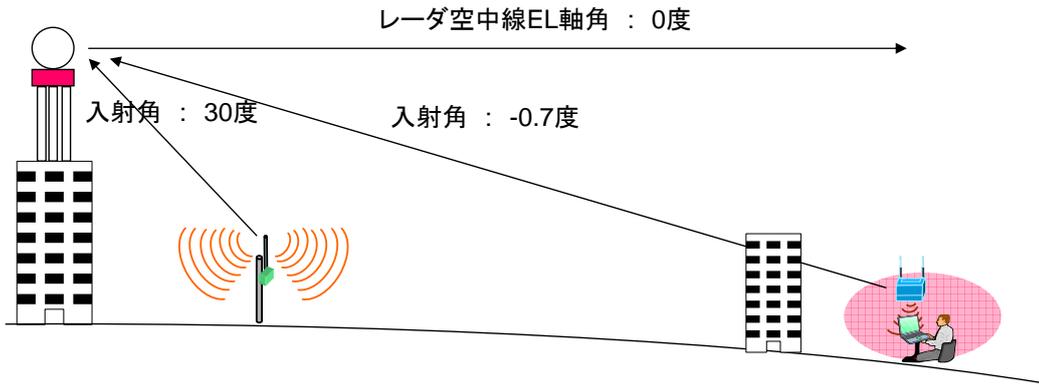
WASからレーダへの干渉が-113dBm/1.6MHzであるときのWASのレーダ波受信レベルと検出閾値(-64dBm)の差が検出マージン27.75dBとなる(レーダへの与干渉レベル-140.75dBm/1.6MHzで検出閾値-64dBmを超える)。上の表では、WASの水平方向にレーダHがあり、そのときの距離は567.8Kmとなっている。設置状況や計算上の見通し距離59Kmから検討モデルとしては適当ではない。そこで、下記2つのケースを検討対象とする。

Case1 遠方干渉 : レーダ空中線軸から3dBオフセットした0.7度俯角延長線上の地表面にWASがあり、遮蔽物損等によって与干渉量が-113dBm /1.6MHzを超えない場合。

Case2 近傍干渉 : WASがレーダ設置場所近辺で屋外に比較的低高度で設置されレーダ/WASとも空中線指向特性減衰及び遮蔽物損によって、与干渉量が-113dBm/1.6MHzを超えない場合。

4

検討モデル



Case 2 : 近傍干渉

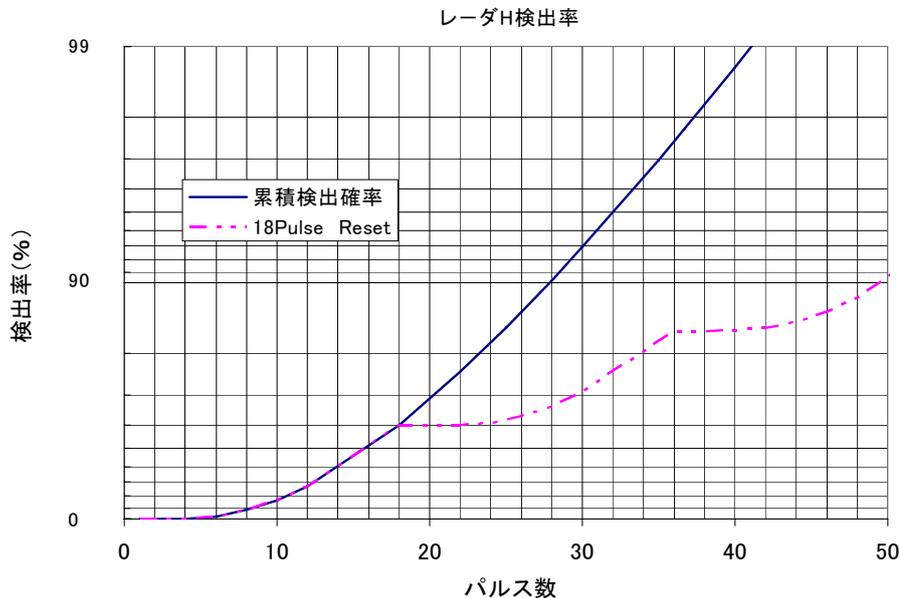
レーダとの水平距離 : 330m
 (WAS高 : 15m)
 レーダ仰角 : 0度
 干渉バス仰角 : -30度
 空中線指向特性・遮蔽損等で最大干渉量が
 レーダ最低受信感度になる状況

Case 1 : 遠方干渉

レーダとの距離 : 18.2Km
 (WAS高 : 0m)
 レーダ仰角 : 0度
 干渉バス仰角 : -0.7度
 遮蔽損等で最大干渉量がレーダ最低受信
 感度になる状況
 等価地球半径係数 $K=4/3$ とする。

DFS試験検出確率

- DFS試験仕様検出確率 : 18パルスで60%以上の規格を用いた場合。
 - 18Pulse Reset : レーダパルス検出期間を 最初のパルス検出から17パルス周期(68msec)で区切り その期間内に4個以上検出したら検出と判断する場合。
 - 累積検出確率 : レーダパルス検出期間を区切らず、累積して4個検出したら検出と判断する場合。
 - 18Pulse Resetが4個検出での検出確率の最小値、累積検出確率がその最大値を示すことになる。



一次評価 Case1 遠方干渉検出確率

Case1 遠方干渉

WAS->レーダ

周波数 MHz	送信電力 dBm/MHz	送信RF系 損 dB	WAS空中 線利得 dBi
5700	7.0	0.0	7.0

遮蔽物等 損失 dB	自由空間 損 dB
29.82	132.76
距離(Km)	18.21

レーダ空 中線利得 dBi	受信RF系 損 dB	受信帯域 損 dB	干渉波受 信レベル dBm
39.6	6.0	-2.0	-113.00
11.8	6.0	-2.0	-140.80

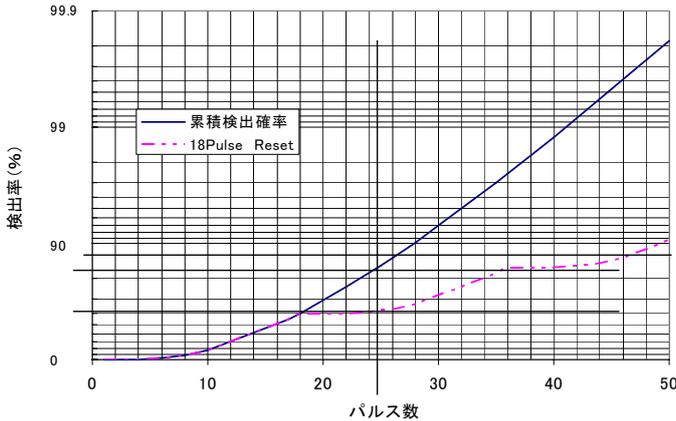
レーダ->WAS

周波数 MHz	送信ピーク 電力 KW	送信RF系 損 dB	レーダ空 中線利得 dBi
5700	250	4.19	39.6

自由空間損 dB	遮蔽物等 損失 dB
132.76	29.82
距離(Km)	18.21

WAS空中 線利得 dBi	受信RF系 損 dB	干渉波受 信レベル dBm	検出マー ジン dB
7.0	0	-36.20	27.80

レーダH検出率



- ・レーダ空中線指向性：-3dB(仰角-0.7度)
- ・1スキャン内でレーダ波受信レベルが閾値を超えるレーダ空中線累積角度幅：3.57度(付図-1参照)
- ・パルス数：24.8
- ・最初の1スキャンでの検出確率
最小値：61.8%
最大値：84.2%
- ・参：5.3G帯260Hzレーダ
0.6度オフセット 37パルス
最小値：84%
最大値：97.9%

7

一次評価 Case2 近傍干渉検出確率(1/2)

Case2 近傍干渉

WAS(仰角30度)->レーダ(仰角0度) (WAS方向指向性はITU-R F1225を用いた)

周波数 MHz	送信電力 dBm/MHz	送信RF系 損 dB	WAS空中 線利得 dBi
5700	7	0	-4.5

遮蔽物等 損失 dB	自由空間 損 dB
5.65	99.19
距離(Km)	0.38

レーダ空 中線利得 dBi	受信RF系 損 dB	受信帯域 損 dB	干渉波受 信レベル dBm
-6.7	6.0	-2.0	-113.00
-34.4	6.0	-2.0	-140.75

レーダ->WAS

周波数 MHz	送信ピーク 電力 KW	送信RF系 損 dB	レーダ空 中線利得 dBi
5700	250	4.19	-6.7

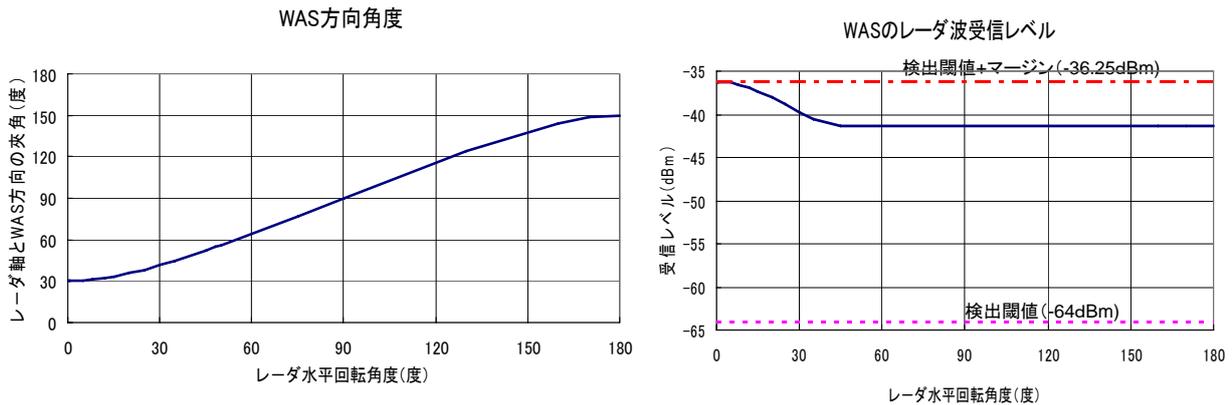
自由空間損 dB	遮蔽物等 損失 dB
99.19	5.65
距離(Km)	0.38

WAS空中 線利得 dBi	受信RF系 損 dB	干渉波受 信レベル dBm	検出マー ジン dB
-4.5	0	-36.25	27.75

WAS方向指向性について、レーダHの離角5度以上の実力パターンが無いので、ITU-R Rec F1245を用いた

注)：ITU-R M1652やF699では近似パターンがさらに甘いのでF.1245を用いることとしたもの。レーダ空中線の場合クラッタ、ゴーストの影響を減らすため、一般にサイドローブ値を下げたペンシルビーム整形をおこなう。このため、離角の大きいところでは逆にF1245近似より指向特性が低い。よって離角の大きいところにおいてF1245近似を用いることによって、WASが受ける計算上の干渉量は、実際の干渉量より低いことになる。

Case2 近傍干渉検出確率(2/2)



・右上図より、レーダ空中線がどの方向に向いていようとWASのレーダ波受信レベルは検出閾値を大幅に超え、DFSが機能する。1スキャンのパルス数は2500あるが、パルス数225で検出確率最小値でも99.999%であり、1スキャン以内にすべてのWASがレーダ波を検出すると考えられる。

なお、レーダ干渉量が検出閾値-64dBmになるレーダ空中線の利得は-38.9dBiでありF/B比は81.5dBとなる。一般にこのような大きなF/B比を達成することは困難であり、且つ設置状況から近隣のビル反射等の影響があり、マルチパスによる瞬時的な相殺によるもの以外検出閾値以下になることは考えにくい。

二次評価：Case1 MTI-onによる検出確率の変化

- 一次評価では距離、方位などの平均化処理、MTI(Moving Target Indication)処理によるS/N改善効果を考慮していない。二次評価では、MTI処理によるS/N改善効果を組み込み検討した。
- MTI処理による改善度は、平成16年10月7日の筑波気象レーダでの実験から5dBとする。
- 等価的に干渉量の5dB上昇を許容することであるから干渉波受信レベル-113dBmを-108dBmとする。

Case1 遠方干渉
WAS→レーダ

周波数 MHz	送信電力 dBm/MHz	送信RF系 損 dB	WAS空中 線利得 dBi	遮蔽物等 損失 dB	自由空間 損 dB	レーダ空 中線利得 dBi	受信RF系 損 dB	受信帯域 損 dB	干渉波受 信レベル dBm
5700	7.0	0.0	7.0	24.82	132.76	39.6	6.0	-2.0	-108.00
				距離(Km)	18.21	6.8	6.0	-2.0	-140.80

レーダ→WAS

周波数 MHz	送信ピーク 電力 KW	送信RF系 損 dB	レーダ空 中線利得 dBi	自由空間損 dB	遮蔽物等 損失 dB	WAS空中 線利得 dBi	受信RF系 損 dB	干渉波受 信レベル dBm	検出マー ジン dB
5700	250	4.19	39.6	132.76	24.82	7.0	0	-31.20	32.80
				距離(Km)	18.21				

- Case 1において、MTI-on効果を考慮すると、マージンは32.8dBとなる。
 - 64dBmを超える角度幅5.25度、パルス数36.4(付図-3)。
 - 1スキャンで検出確率
 - 最小値84%、
 - 最大値97.5%、
 - これらは5.3GHz帯260Hzレーダに対する検出率と同じ値。

5.3GHz帯レーダとの与干渉WAS数の比較

- ほぼ同一地域からの干渉を受ける赤城山レーダと比較。

レーダ局	海拔高 (m)	垂直半値角 (°)	最低仰角 (°)	半値角/2 接地距離 (Km)	見透し距離 (Km)
Hレーダ	209	1.4	0	18.2	59
赤城山	1696	1.4	-0.5	125	170

- 垂直半値角/2の接地距離から見透し距離までの範囲内におけるWASの総数を比較。

- 水平半値角内で最も多いと推定される方向について

レーダ局	水平半値角 (°)	対象エリア(注1) (°)	エリア面積 (Km ²)	WAS密度(注2) (/Km ² /Ch)	対象エリア内 WAS数
Hレーダ	1.3	さいたま市～熊谷市東方向	35.7	4	143
赤城山	1.4	千葉市～茂原市方向	162.2	7(125～132Km), 4(132～170Km)	715

- 注1 衛星画像を市街地判別処理した画像により方向を求めた。
- 注2 5.3GHz帯においては平成16年度の諮問2014号答申、参考資料7にある7System/Km²/Ch等を用いた。5.6GHz帯チャンネル密度については、2007年度以降に遅れて普及ということ、チャンネル数が2倍以上となることなどから5.3GHz帯の半分とした。

- 全周及び赤城山から関東平野方向1/4周

レーダ局	対象エリア	エリア面積 (Km ²)	面積比率(%)注3				エリア内 WAS数
			市街地	郊外	山岳・ルーラル	海	
Hレーダ	全周	9895	39	43	7	11	24,639
	全周	41705	3	17	47	33	76,319
赤城山	関東平野	10426	9	41	0	50	23,605

- 注3 概算パーセント。

- WASの数は、最も多いと推定される観測方向においても、全周においても赤城山レーダのほうが多い。
- また、WASの数は、赤城山レーダの実際の観測範囲と同程度である1/4周到相当する関東平野エリアと同程度である。

赤城山レーダとHレーダ 対象エリア

国土地理院承認 平14総線 第149号



まとめ

- Case1では、一次評価のMTI処理を考慮しない場合、5.3GHz帯260Hz気象レーダと比べ検出確率は低い。これはレーダ空中線の指向特性が鋭く、且つ回転速度が速くそのため検出の手がかりとなるパルス数が少ないからである。
- 二次評価のMTI処理による改善効果を5dB見込んだ場合、5.3GHz帯レーダとほぼ同一の検出確率になる。
- Case2ではレーダ空中線がどこを向こうが計算上常に検出閾値を超える。
- WASの干渉波は一樣雑音と等価で、隣接するサンプリング間で相関が小さく、また方位平均においてはほぼ無相関な振幅成分である。よって距離・方位平均処理により更なるS/N改善が見込める状況である。
- 5.3GHz帯レーダとHレーダの対象エリアにおけるWASの総数比較において、同一地域の赤城山レーダと比較すると、赤城山レーダの関東平野方向で1/4周の面積におけるWAS総数と同程度となっている。
- 以上からCase1,Case2どちらの場合においても、5.3G帯PRF260Hzの気象レーダに対するDFS試験規格の18パルスで検出確率0.6以上を本レーダに対する試験規格として適用できると思われる。
- 参考：
これまでの5.3GHz帯DFS試験において最初の20回で15回の検出を満足しないWASにおいても40回の試験で合格しており、これより実力検出確率は概略0.75以上であると考えられる。これで実検出率を推定するとCase 1においてMTI処理による改善を考慮しない場合最小値76.5%、改善を考慮する場合最小値93.8%となる。