

欧米におけるUWBレーダに関する 規制及び干渉検討の状況

- 1 米国 FCC 1st Report & Order
- 2 米国 FCC 2nd Report & Order
- 3 欧州 に於ける車載レーダの規制
- 4 固定回線に対する欧州の共用検討と見解

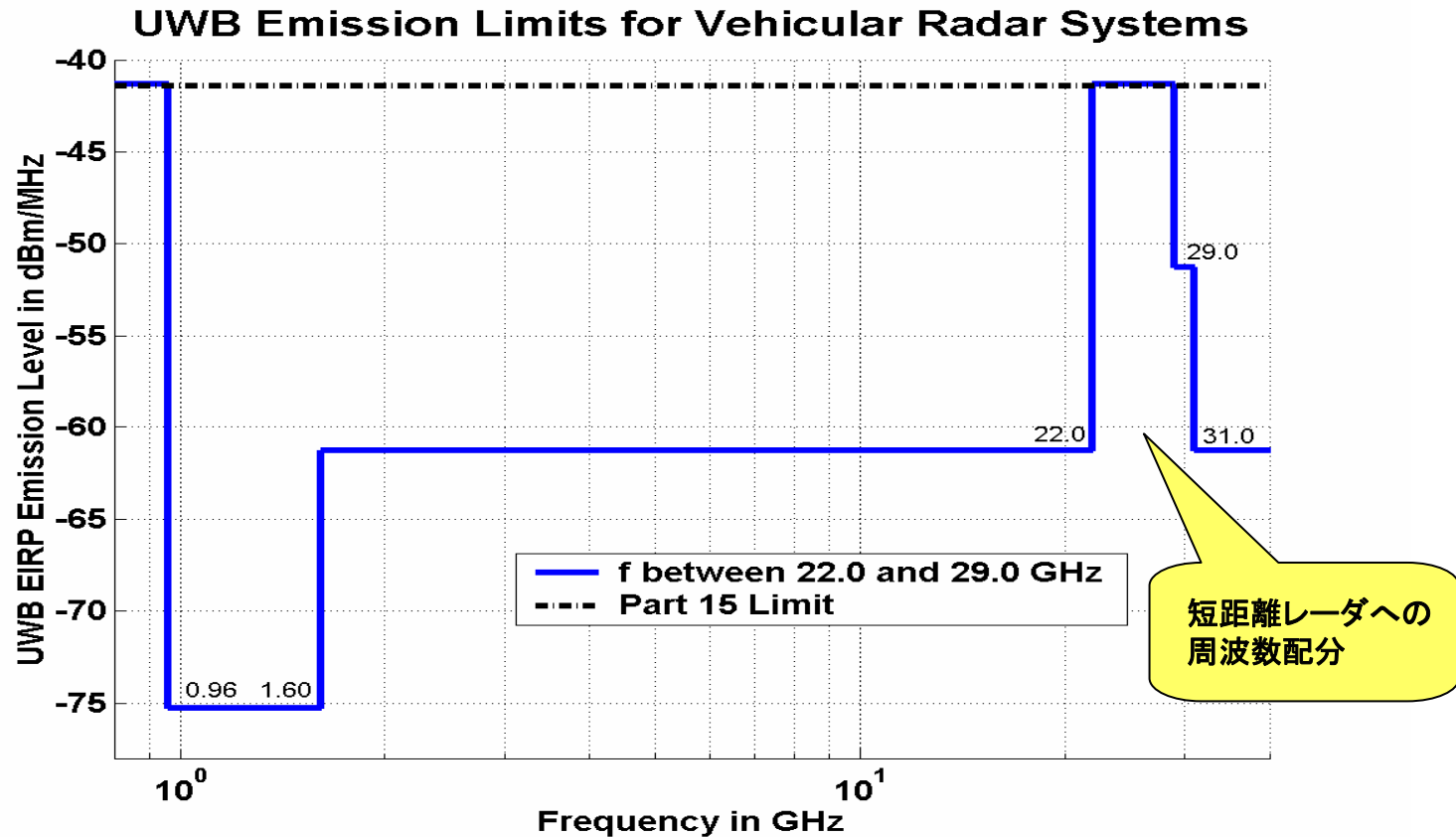
平成19年1月31日
シーメンスVDOオートモーティブ

1 米国FCC Part15／First Report and Order FCC02-48 ET Docket 98-156(2002年2月14日採録)

1.1 (Section 15.515) 車載レーダの技術的要件

- UWB障害物検知レーダは、自動車エンジンが起動している、ギアチェンジ、方向指示器の動作等、動作中にのみ運用される。
- 車載レーダは、22GHz－29GHzの帯域であり(-10dB)、かつ最大輻射レベルは24.075GHz以上でなければならない。
- 23.6GHzから24.0GHzの周波数帯の輻射レベルは垂直方向38度以上において25dB以上減衰させなければならない。更に2005年1月1日以降に製造され輸入される装置は、垂直方向30度以上25dB、2010年1月1日以降は30dB以上、減衰させなければならない。更に2014年1月1日以降は、35dB以上減衰させなければならない。これらはアンテナの指向性のみならず、どのような方法を用いても良い。
- 22GHz－29GHzの車載レーダのEIRPは、-41.3dBm(分解能帯域1MHz)
- 最大輻射周波数におけるピーク電力は 50 MHz 帯域幅にて0dBm EIRP以下でなければならない。

1.2 FCCの準ミリ波帯車載レーダのスペクトラムの規制値



FCC: “死亡率削減への車載レーダの効果はエアバッグ並の重要性”
無期限の規制を実現した。

1.3 1st Report and Order (米国FCC Part15 / FCC 02-48)の周波数及び用途

Frequency Band in MHz	Imaging Systems			Communication and Measurement systems		Vehicular radar systems
	Imaging, below 960 MHz	Imaging, Mid- Frequency	Imaging, High Frequency	Indoor Applications	Hand held, including outdoor	
960 - 1610	-65.3	-53.3	-65.3	-75.3	-75.3	-75.3
1610 - 1990	-53.3	-51.3	-53.3	-53.3	-63.3	-61.3
1990 - 3100	-51.3	-41.3	-51.3	-51.3	-61.3	-61.3
3100 - 10600	-51.3	-41.3	-41.3	-41.3	-41.3	-61.3
10600 - 22000	-51.3	-51.3	-51.3	-51.3	-61.3	-61.3
22000 - 29000	-51.3	-51.3	-51.3	-51.3	-61.3	-41.3
29000 - 31000	-51.3	-51.3	-51.3	-51.3	-61.3	-51.3
above 29000	-51.3	-51.3	-51.3	-51.3	-61.3	-61.3

1.4 First Report and order時の干渉検討

- 車載レーダシステムは、米国においてFCC02-48 ET Docket 98-156(2002年2月14日採録)として規定された。
- これらは22GHz – 29GHzの周波数帯で、最大輻射周波数は、24.075GHz以上とされ、宇宙受動センサーの保護のために23.6GHz – 24.0GHzに対する輻射レベルの減衰量が規定された。
- この規制検討時の干渉検討は、NTIA(National Telecommunication and Information Administration)により実施された。
- NTIAの干渉計算はmeteorological satellitesを含む 23.6GHz – 24.0 GHz 帯域の低軌道衛星について行われた。(RAについては隔離されているため、FSは未利用であるため検討されなかった)
- NTIA の EESS passive satellite receiversに対する意見は、24GHz以下の輻射に対し、垂直方向30度以上で22–23dBのアンテナの弁別を必要とすることであった。現時点で30度以上で25dBの減衰量は可能であるとした。
またNTIAは短距離レーダの車輛搭載率予測を踏まえ、アンテナ指向性に関し、経時的な次のような減衰増加の提案を行った。2005年1月1日以降25dB、2010年1月1日以降30 dB、2014年1月1日 以降 35 dB。

1.5 FCC 02-48に記載されたNTIA干渉評価の問題点

197.195の記載内容

- FCCは、NTIAの干渉評価はあまりにも用心深すぎると考えている。
- 累積的な影響を完全に避けるために水平より38度以上の方向で、23.6 GHz – 24.0 GHz帯において通常のPart15の規定値より25dB以上減衰させることとした。この減衰はアンテナ指向性、送信出力の低下等の、何らかの方法によることが出来る。2005年1月1日以降に製造され輸入される装置については、垂直方向30度以上で25dB以上、2010年1月1日以降は30dB以上、減衰させなければならない。更に2014年1月1日以降は、35dB以上減衰させなければならない。FCCは新たなる知見によりこの標準を見直すつもりである。また、車載レーダからの宇宙受動センサ方向への輻射は、スプリアスとみなせると考えている。
- 例えばNTIAは、樹木、地勢、建物、他の自動車による輻射電力の減衰を考慮しなかった。NTIAは各々の自動車が宇宙受動センサ方向へ4台のレーダを装備すると仮定し、干渉電力を6dB増加させ、NTIA評価で用いられた低いLOSの仰角33.2度においてアンテナ指向性による減衰量は21.9dBであるとした。
- NTIAはその4種の干渉計算において、結果としてアンテナの指向性が水平より33.2度の点で、31.9dB、35.2度の点で33.2dB、90度の点で40dBとなる10dBの追加減衰量が必要であるとした(2項の仕様を参照)。しかしNTIAはその減衰量を超える30度仰角で35dBの、より厳しいアンテナ指向性を要求した。この更なる保護マージンについて、NTIAは何の理由(証拠)も提示しなかった。

2 Second Report and Order

2.1 FCC 04-285の概要

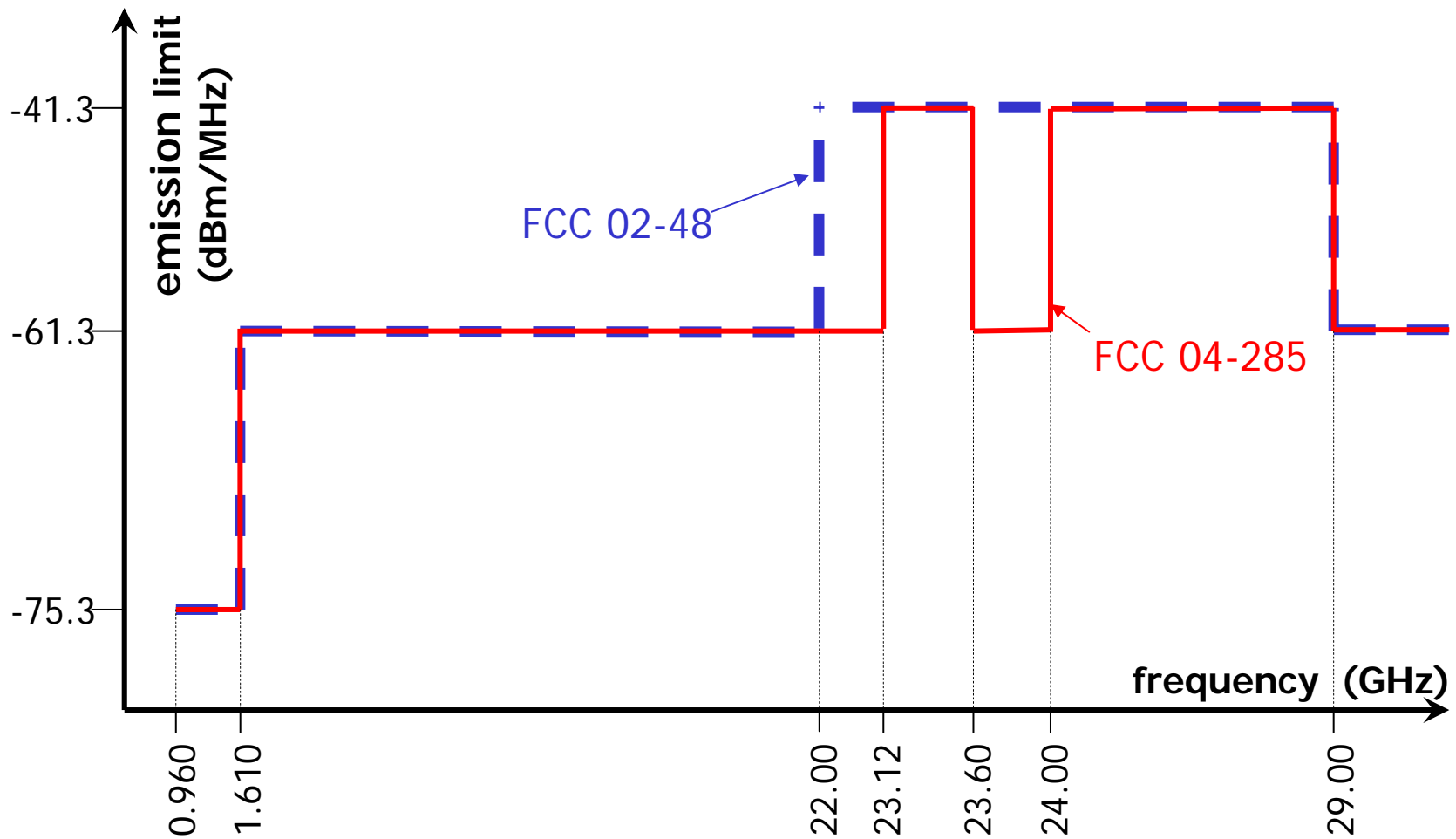
- Part15のUWB伝送に対し2004年12月15日にFCC 04-285が採用された。
- 周波数の下限が23.120GHzに修正され、発射禁止帯23.6GHz-24.0GHz帯が下記の如く-61.3dBmとされた。

周波数 (MHz)	EIRP in dBm
960-1610	-75.3
1610-23,120	-61.3
23,120-23,600	-41.3
23,600-24,000	-61.3
24,000-29,000	-41.3
Above 29,000	-61.3

上記の変更以外にはFCC 02-48と全く同一の技術仕様である。

この規定は、UWBを規定するSubpart Fとは異なり一般の免許を要しない装置であるSection 15.252に記載されている。

2.2 スペクトラム・マスクの比較 (first and second R&O)



2.3 Second Report and Order (FCC 04-285)の改善点

- 発射禁止帯を保護することにより、仰角方向の経時的輻射減衰量の規定を廃止した。これにより技術上、実装上の隘路を改善した。
- 意図的な輻射禁止帯への輻射を避けることにより無期限の短距離車載レーダの実現を図った。
- UWBを前提とした規定であるが、その他の様々な現行の変調方式の採用を可能とし、現行のUWBの定義よりも狭帯域なシステムをも導入可能とした。

このSecond Report and Orderにより

道路の安全に有効、かつ安価な準ミリ波UWB車載レーダ・システムを永続的に使用することが可能となった。

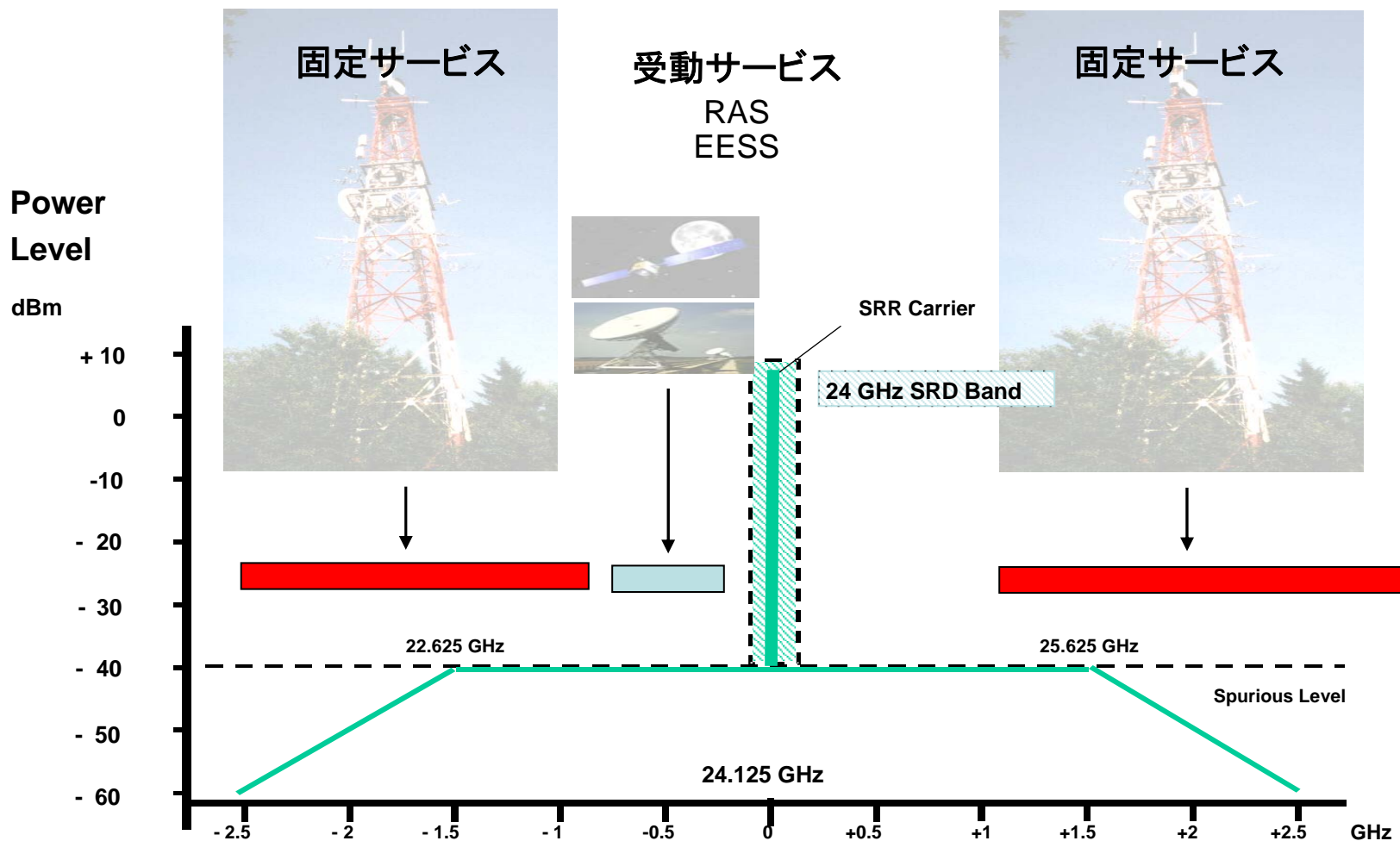
3 欧州に於ける準ミリ波帯車載レーダの規制の概要

ECC Decision (2004年11月12日) 及び EC Decision (2004年12月8日)

3.1 ECC Decision (2004年) の概要

- 周波数帯域 24.125GHz +/- 2.5GHz
- e.i.r.p.平均輻射密度 -41.3dBm
- e.i.r.p.尖頭電力 0dBm/50MHz
- 使用可能期限 2013年6月末まで (2013年7月1日以降は79GHz帯へ移行)
- 道路上の車両搭載率は7%以下
- 2007年7月以降は、24GHzを使用するRA基地局周辺では自動的送信停止 (発射禁止帯に輻射する場合)
- 仰角30度以上において、2009年までは25dB以上、2010年以降は30dB以上の減衰
- 2009年に見直し。車両搭載率の把握を行う。

3.2 CEPTで検討されたスペクトラム・マスク (ETSI EN 301 091 standard)



3.3 欧州に於ける準ミリ波車載レーダの共用検討結果

(WG SE 24 Meeting Dec. 2002)

SRR e.i.r.p. levels (dBm/MHz)	RAS	EESS	Fixed
-30	No, Note1	No	No
-41.3(100%), Note4	No, Note1	No	No
-41.3(10%), Note4	No, Note1	Yes	Yes, Note2
-50(100%), Note4	No, Note1	No	Yes, Note3

Note 1 : 地勢、散乱損失、搭載車両密度等の可能な干渉緩和要素が考慮され、
それらが十分な減衰を与えるならばRAと24GHzSRRの共用は可能であろう。

Note 2 : 最悪条件による計算では、車両装備率は数%にかぎられる。

Note 3 : 最悪条件による計算では、e.i.r.p.輻射電力は -60dBm/MHzが限度となる。

Note 4 : 装備率100%の場合。

SE24における検討結果が、ECC Report 23に全て反映された。

3.4 欧州に於ける準ミリ波帯車載レーダの干渉検討

検討はCEPTのWG SE 24で RAS, EESS 及び FSに対し行われ、結果は 2003年5月にECC Report #23に取り纏められた。これらの検討結果は、次表1A及び1Bに取り纏められている。(Noは共用は不適當、Yesは共用可能を示している。)

Table 1A 共用検討の要約

(見渡せる範囲の車輛は全て100%車載レーダを実装していると仮定している。)

SRR e.i.r.p. levels (dBm/MHz)	RAS	EESS	Fixed
-30	No, see note 1	No	No
-41.3	No, see note 1	No	No
-50	No, see note 1	No	See note 2A
-60	No, see note 1	Yes	Yes

Note 1: 地勢、散乱損失、搭載車輛密度等の可能な干渉緩和要素が考慮され、それらが十分な減衰を与えるならばRAと24GHzSRRの共用は可能であろう。

Note 2A: 保護マージンを考慮するならば、固定との共用は可能であろう。しかし最悪条件に基づく計算が行われるならば、共用は困難である。

3.5 短距離レーダの実装率を10%と仮定した場合の共用評価結果 (ECC Report #23)

Table 1B 共用評価結果の概要
(被干渉装置の視野範囲における短距離レーダの車両実装率を10%以下としている。)

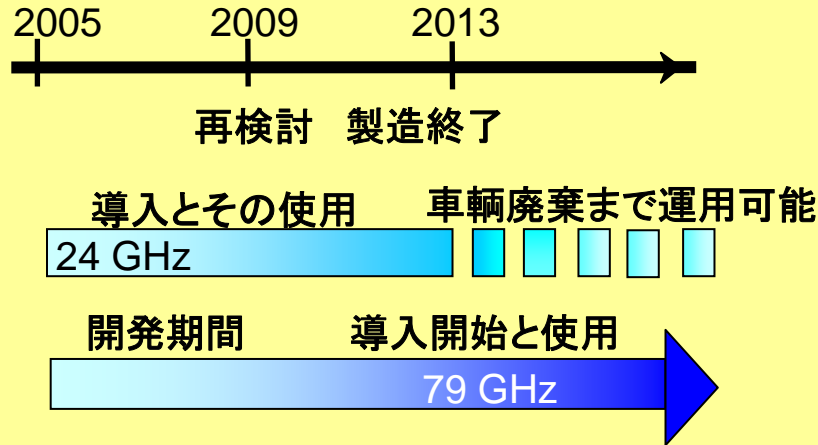
SRR e.i.r.p. levels (dBm/MHz)	RAS	EESS	Fixed
-30	No, see note 1	No	No
-41.3	No, see note 1	Yes	See note 2B
-50	No, see note 1	Yes	Not studied

Note1 : 地勢、散乱損失、搭載車両密度等の可能な干渉緩和要素が考慮され、それらが十分な減衰を与えるならばRAと24GHzSRRの共用は可能であろう。

Note 2B : Note 2Aと同様に、保護マージンを考慮するならば、被干渉装置の、視野範囲における短距離レーダの車両実装率が10%であるならば固定との共用は可能であろう。しかし最悪条件に基づく計算が行われるならば、数%の搭載率(10%よりはっきりと少なく)であるならば共用は可能であろう。

3.6 欧州の規制は24GHzと79GHzのパッケージ・ソリューション

2-Phase Plan 24/79 GHz



24 GHzに関する規制:
(21.625 – 26.625)

時限運用及び運用数制限

79 GHzに関する規制:
(77-81GHz)

永続運用及び数量無制限

24GHzの規制には、

- 装備率7%
- 2013年の製造終了
- RA基地局周辺における自動停止機能(2007年7月以降)
- 仰角30度以上における輻射制限(2009年までは25dB以上、2010年以降は30dB以上減衰)がある。装備率の監視が義務づけられており、2009年までに再検討が予定されている。

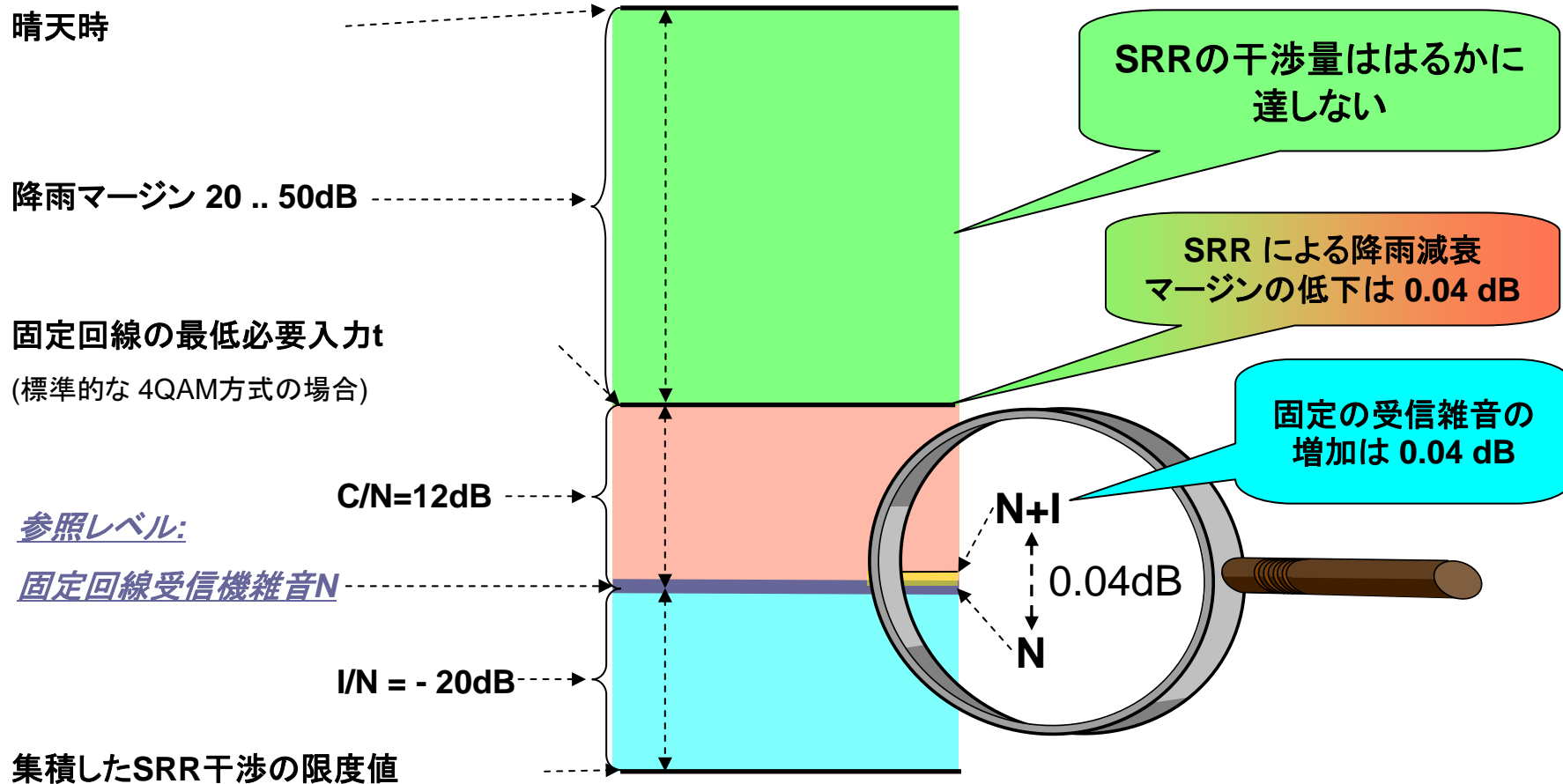
この暫定的運用は、早期の市場展開と交通安全確保のために合意されている。

4 固定回線に対する欧州の共用検討と見解

4.1 欧州に於ける固定通信との共用検討に用いられた最悪条件のシナリオ

アンテナ高 (Aerial height 支柱基底高):	10m* , (18m, 25m)
支柱基底の地上高 (Mast offset):	10m* , (30m)
車輻集積の距離 (Aggregation length):	3km* (straight road)
低雨量減衰 (Low rain attenuation):	0.6dB/km* , 3dBm/km
車輻間隔 (Car Separation)	20m* , 50m, 100m, 150m
拡散損失 (No clutter loss):	0dB*
Spray attenuation:	0dB*
稼働率 (Activity factor):	0dB (100%)
干渉基準 (Interference criteria):	受信雑音より 20dB 以下 (受信機のスレシヨルドの低下は、 0.04dB に過ぎない)

4.2 大きなフェージングの余裕: SRR による影響はきわめて微小である。



0.04 dB

- 降雨量 28 mm/h の場合、追加される雨量は 0.06 mm/hに過ぎない。
- 雑音温度で比較すれば 3 Kelvinの温度増に過ぎない。
- 干渉により回線不良が増加する時間は、年間で16秒に過ぎない。

4.3 干渉の可能性(確率)の見積方法

- 1.) 各パラメータについて確率分布を想定した。(Monte Carlo)
 - 固定受信アンテナの高さ (10m.....35m)
 - 固定受信アンテナマスト基底高 (10m.....90m)
 - 道路に対する受信アンテナの方位 (0...360°)
 - 干渉集積道路長 (500m....3000m)
 - 車輻間隔 (15m.....95m)
 - その他

- 2.) 全ての可能性のあるパラメータの組み合わせに対し、干渉量を計算

- 3.) 各々のシナリオに対し可能性を重みづけ

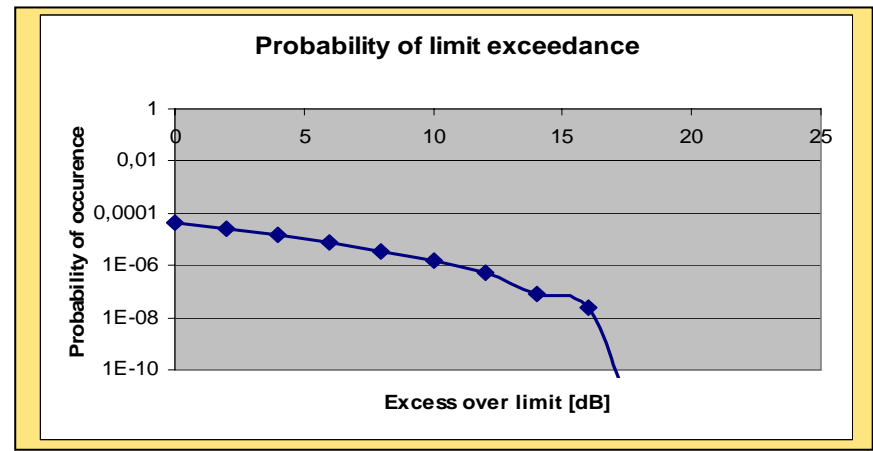
- 4.) 全てのシナリオに対し集積する干渉確率を計算

4.4 パラメータ確率評価の結果 (ISOP approach)

SE24のモデルの計算では、非常に厳しい干渉限度 ($I/N=-20\text{dB}$) に対する確率は、100%の車輛搭載率で、またヨーロッパの約50000回線に対して、0.004%であった。

考慮されなかった要素:

- 稼働率
- 拡散損失
- 伝播モードの極性差
- Spray 減衰
- 車輛による反射 (c.f. EESS study)
- その他の干渉緩和要素

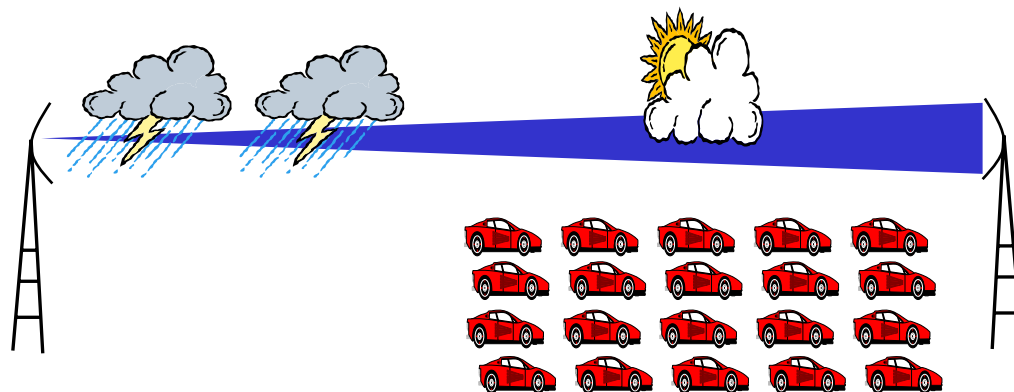


ISOP = interference scenario occurrence probability

=>最悪条件に基づく場合でも、全ヨーロッパで最大1回線が、1年間に16秒を超えてSRRの輻射から干渉を受けるだけである。

4.5 固定サービスと短距離レーダの共用に対する見解 (e.i.r.p. -41.3dBm/MHz)

この短距離レーダにより影響を受ける1回線については、共用は困難である。しかし、この計算に使用したシナリオは、実際には有り得ないに近いと考えられる。例えば干渉を累積する高々の距離において、固定回線には降雨減衰があり、車載レーダ側は降雨が無いものとしている。



下図のごとく、通常ありえる降雨状況を仮定するならば、完全な周波数共用が得られるはずである。

