

## 固定回線と準ミリ波帯UWBレーダとの共用検討に 考慮すべきパラメータと干渉緩和要素

1. 前回会合資料により提案した規制案
2. 欧州で提案された干渉緩和要素の検討結果の要約
3. CEPT WGPT SE24における固定回線への干渉検討
4. 欧州で提案された干渉緩和要素の詳細
5. 干渉緩和要素の算定

平成19年3月22日

シーメンスVDOオートモーティブ株式会社

## 1 前回会合資料により提案した規制案

- 暫定運用案 欧州の現行規制
- 長期運用案 米国FCCの第2R&O

この規制案に対し固定回線との共用検討で使用すべきパラメータと干渉緩和要素について、欧州SE24のレポートM17\_65R0\_SE24\_24G\_FS\_LF-FMの検討時に使用された数値との差分比較により、その数値が検討・提案された。

- 検討されたパラメータ等は以下のとおり  
降雨減衰  
拡散損失  
偏波面  
雑音指数及びフィーダ損失  
地理的条件(アンテナ高、アンテナ・道路間距離、道路長)  
装置信頼度  
I/Nの制限値。
- 本検討は、ITU-R 1-8/87-E 28 May 2004として纏められている。

## 2 欧州で提案された干渉緩和要素の検討結果の要約

- 降雨減衰;干渉波伝播路側に2dB/Kmの降雨減衰が考慮されるべきである。(2dB/Km 28mm/h 水平偏波)
- 拡散損失;SRRが低いアンテナ高であるがために5dBから8dBの拡散損失を考慮すべきである。
- 偏波差;SRRは製造メーカーにより水平、及び垂直の偏波面が採用されており、3dBの差分を計上すべきである。
- 雑音指数とフィーダ損失;6dB から10dBの損失を標準的に設定すべきである。
- 平均アンテナ高;非市街地及び高速道路沿いでは20m乃至25mのアンテナ高を想定すべきである。
- アンテナと道路間距離;最低限25mの距離を想定すべきである。
- I/N閾値;ITUでは明示されていないが、12dBから14dBの閾値を採用することが合理的と考えられる。

これらのパラメータにより、20GHzから30GHzに於ける固定回線との共用は十分に可能と考えられる。

### 3 CEPT WGPT SE24における固定回線への干渉検討

#### 3.1 CEPT WGPT SE24の検討結果の要約

	SARAの要望	SE 24 (100% penetration) long term	SE 24 (10% penetration) short term
EIRP in dBm/MHz (MPD)	-41.3	-60 to -50	-41.3 [1]
EIRP in dBm/50 MHz (Peak)	0.0	TBD	0.0

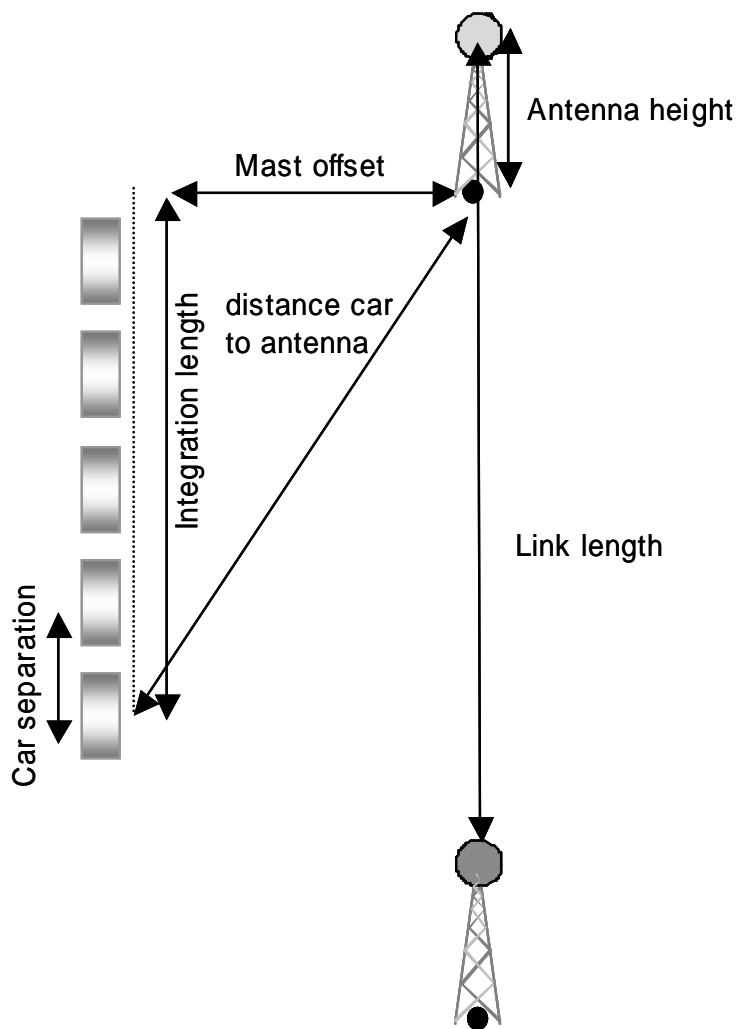
- [1] これらのパラメータは FCC Rule と Order FCC 02-48に等しい。
- 最悪条件設定では固定通信との共用に、100%実装時は相当の乖離がある。
- このため、用いるべき干渉緩和要素を評価し、シミュレーションと実際のパラメータの効果を比較する。

## 3.2 SE24で検討された固定回線の周波数帯と用途

周波数帯	仕様周波数	用途	備考
23GHz帯	22GHz-22.6GHz 23GHz-23.6GHz	Point to Point	伝播長5-10km(40%)最長20km、実働40,000回線
26GHz帯	24.5GHz-25.5GHz 25.5GHz-26.5GHz	Point to Point PMP	伝播長2-10km 実働13,000回線
28GHz帯	27.5GHz-28.5GHz 28.5GHz-29.5GHz	Point to Point PMP	実働システム数は少ない NodeB、RNCに使用

上記の用途・回線数等が日本の実状に合致するかは、運用事業者殿の運用の状態に大きく依存すると思われる。

### 3.3 SE24で用いられた最悪条件のシナリオ



- ・固定回線は直線高速道路に完全平行
- ・干渉積算区間に車輛が充満(1/4レーン)
- ・車輛は2SRRを前面に装備
- ・地勢を未考慮(完全平坦路)
- ・固定受信機は全SRR信号を単純加算
- ・降雨減衰には大雨量を想定(固定回線は完全に減衰)

上記は完全な最悪条件を設定している。

## 4 欧州で提案された干渉緩和要素の詳細

### 4.1 降雨モデルの検討

- 近接した平行伝播路にも係らず固定回線には降雨減衰を最大限に与え、干渉側には減衰は無いとしている。
- この検討は、ITU-R P.530-10,ITU-R P.452-10/838-1を参照する。
- 下表は水平偏波の28mm/h降雨時(0.01%/年)の減衰を示す。

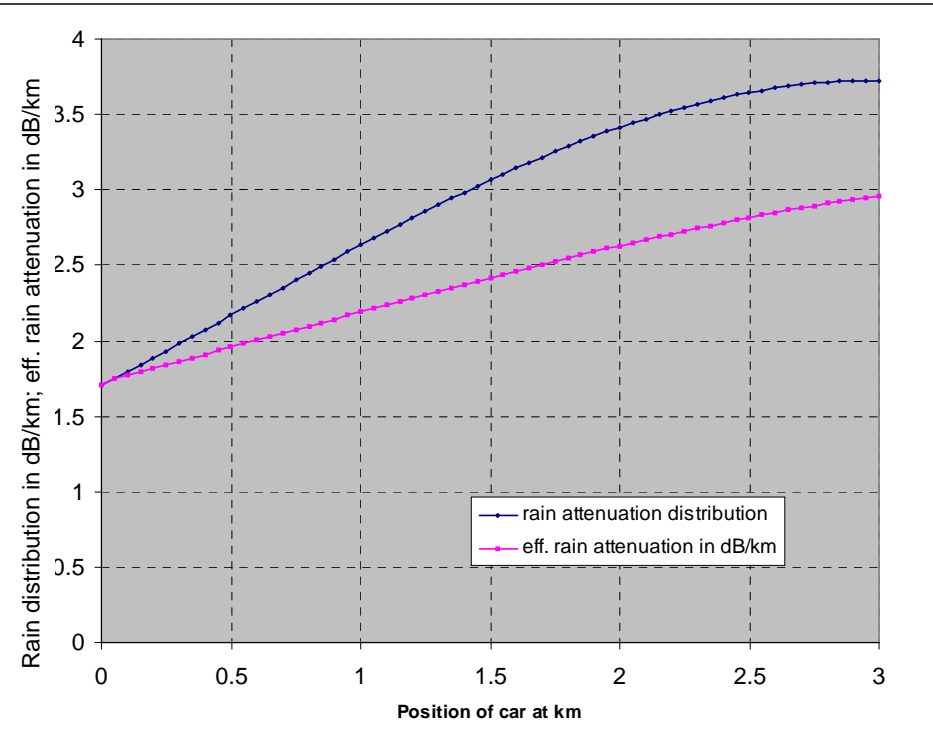
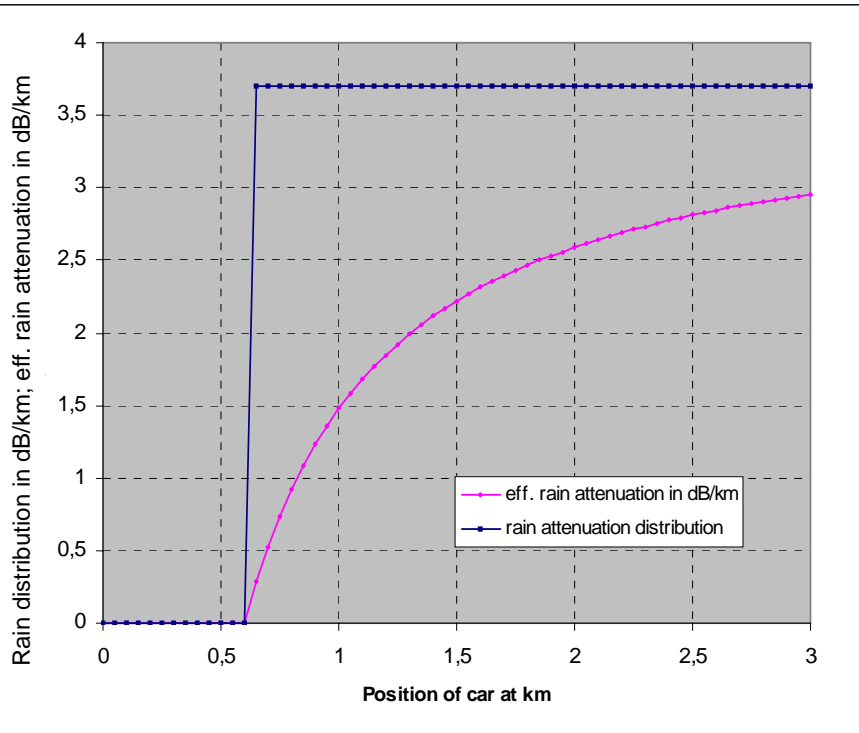
周波数帯	23 GHz	25 GHz	27 GHz	33 GHz
$\gamma_r$ / dB/km	3.70	4.26	4.78	6.36

- 降雨は全伝播路に一様ではないためITU-R P.530-10では実効伝播路長を規定
- 6kmの平均的伝播路長では28mm/h時、実効長は4.8kmとなり、結果として実効雨量減衰は3dB/kmとなる。干渉集積区間は設定どおり3kmとする。

ここで雨が回線上を移動するのに2つの可能性が考えられる。

- 1) 雨雲が回線の中に存在し、実効長中央部分にあり、端では降雨がない。
- 2) 雨雲が回線の中に存在し、中央に最大降雨のあるGaussian分布をする。

## 4.1.2 二つの場合の雨量分布と車輻位置による降雨減衰



1)の場合、固定受信機に対する3km範囲におけるSRRに対する平均減衰は1.8dB/kmとなる。

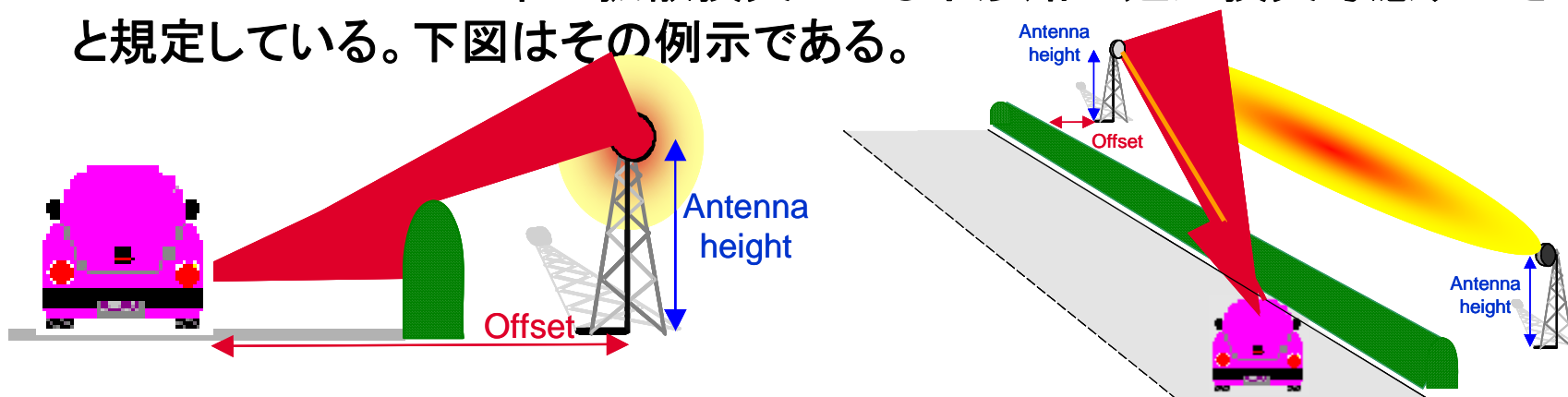
2)の場合、固定受信機に対する3km範囲におけるSRRに対する平均減衰は2.4dB/kmとなる。

1)の例は5km以下の距離では有り得ない為、2dB/kmを採用するのが適切である。

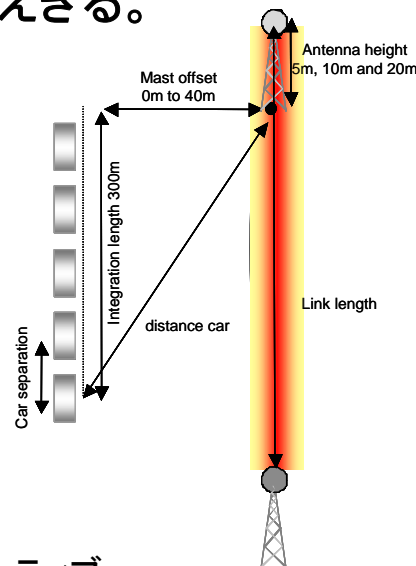
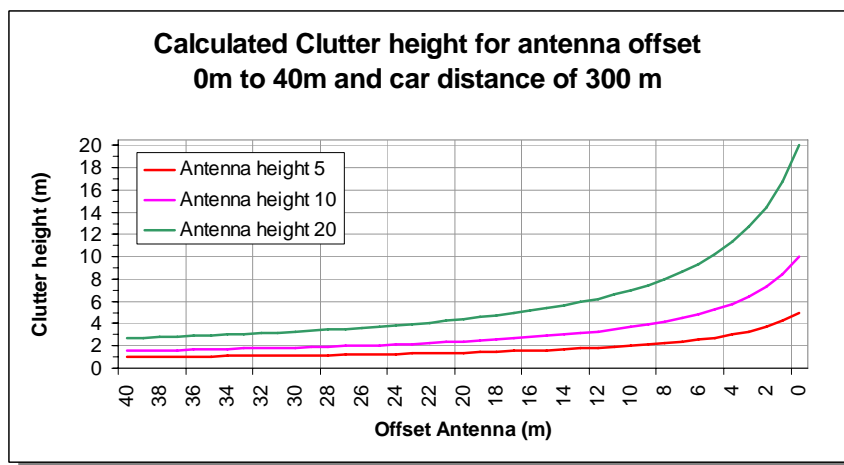


## 4.2 拡散損失の検討

- ITU-R P.452-10 4.6章は拡散損失による干渉路の追加損失考慮すべきと規定している。下図はその例示である。



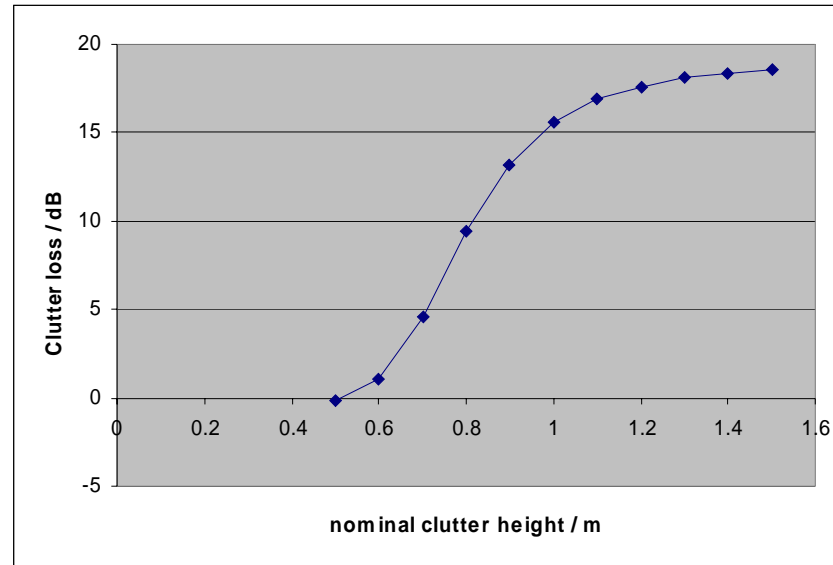
SRRは0.5m程度に設置されるため拡散損失は車輦から4mで始まる。下図は様々なアンテナ高での道路からの距離による、見通しとされる高さである。低アンテナ高で10m離れると4mの高さで見通しをさえぎる。



## 4.2-2 拡散損失の検討

ITU-R P.452-10は拡散損失を計算する式を定義している。

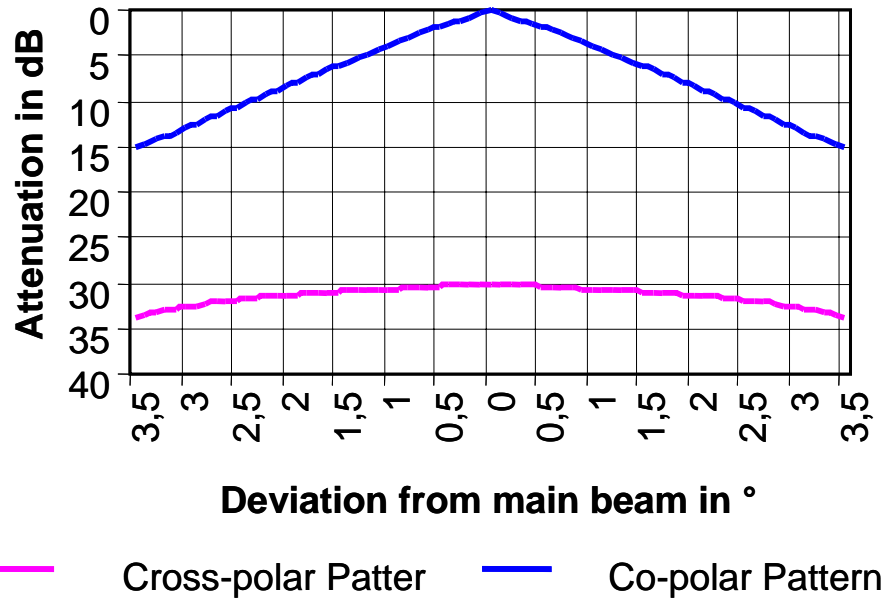
下図は地上高0.5mに設置されたセンサーに対する拡散高による拡散損失を示している。



拡散損失は、センサーの設置高から10cmから20cm高くなると現れる。拡散損失は道路上で統計的に現れるが、ITU-R P.452-10に定義された最悪条件を仮定(草原地帯)して、乗用車で0.5m、トラックで1.5mの設置高で、15dBの損失が見込まれる。道路沿いの拡散が統計的なこと、及び設置高の低さを考慮して5dBから8dBの損失を見込むことが適切と考えられる。

## 4.3 偏波による追加損失(差)

- 各SRR製造メーカーの採用しているアンテナ偏波は一様でなく、その採用数は拮抗している。
- 下図は、同一偏波及び交差偏波の識別度を示している。



- 集合的な干渉量の計算においては、偏波の差による3dBの追加損失を計上するべきである。

## 4.4 固定受信機の雑音指数とフィーダ損失

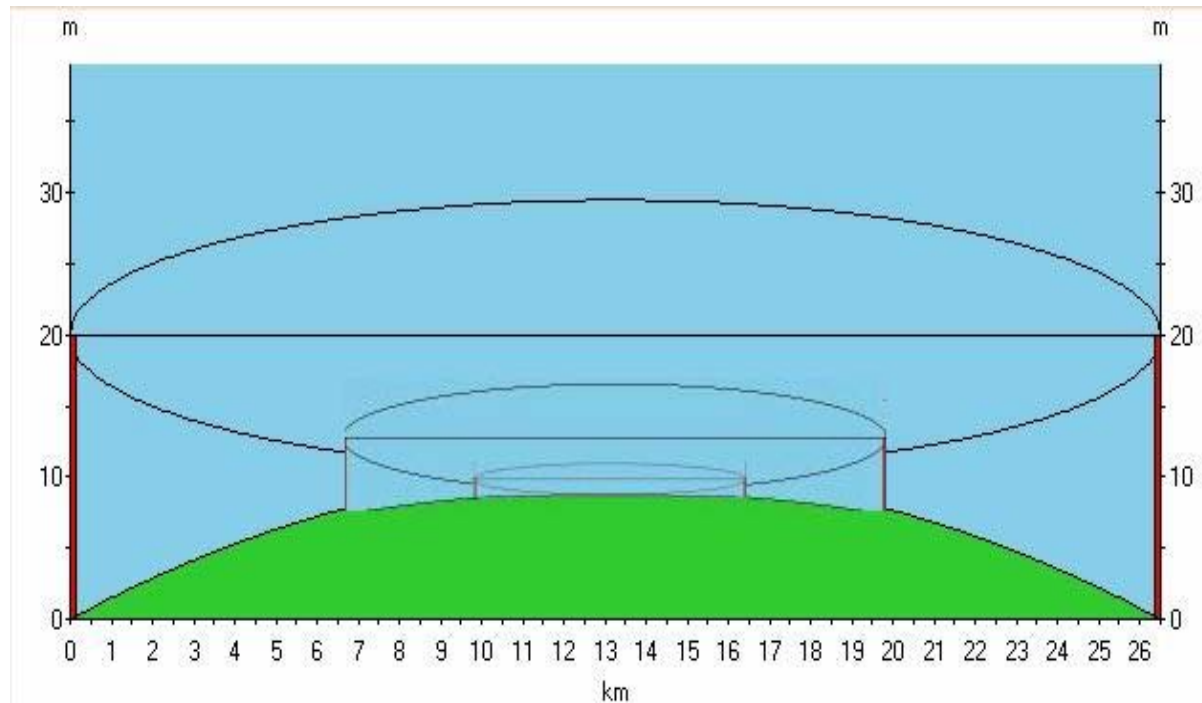
- 最近の固定回線の大部分は、アンテナ設置工事の安全性の観点、及び回線容量増加を目的とした偏波面変更のために屋外装置とアンテナ間をフィーダで接続している。平均的フィーダ長は0.6mから2.0mであり、0.2dBから2dBの信号減衰がある。
- 重要回線においては高信頼化のために2重化されており、この為に5dB程度の共用器の損失が生じている。
- 23GHz帯固定回線の雑音指数としてITU-R F.758-2に5dBから12dBの数値が記載されている。この雑音指数はフィーダロスに加算されるもので、ITU-R F.758-2 (Table 15/16)によれば、総和の最小は7dB、平均は9dBとしている。

上記の検討から、フィーダ損失等を加味した雑音指数として6dBから10dBを固定回線の回線設計に織り込むことが適切である。

## 4.5 アンテナ高と道路までの距離の検討

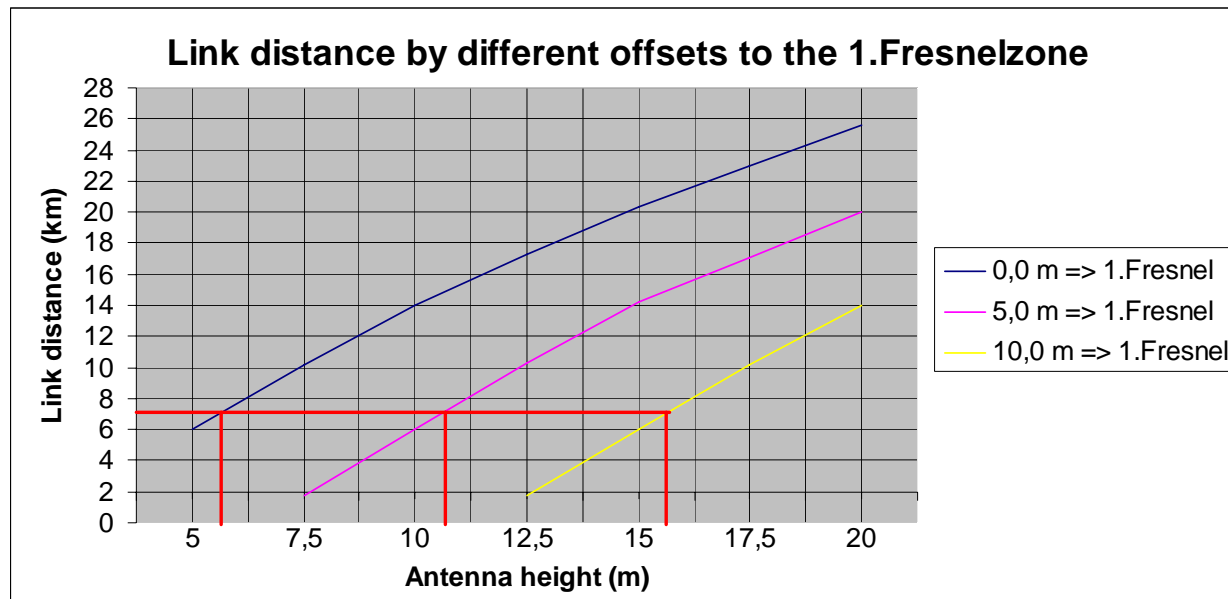
### 4.5.1 アンテナ高

- アンテナ高は、第一フレネルゾーンを常に確保するように設定される。
- $K=4/3$  周波数23GHzで可能なリンク長は、アンテナ高の関数となる。(下図:送受信アンテナ同一高の場合)



## 4.5.1-2 アンテナ高の検討

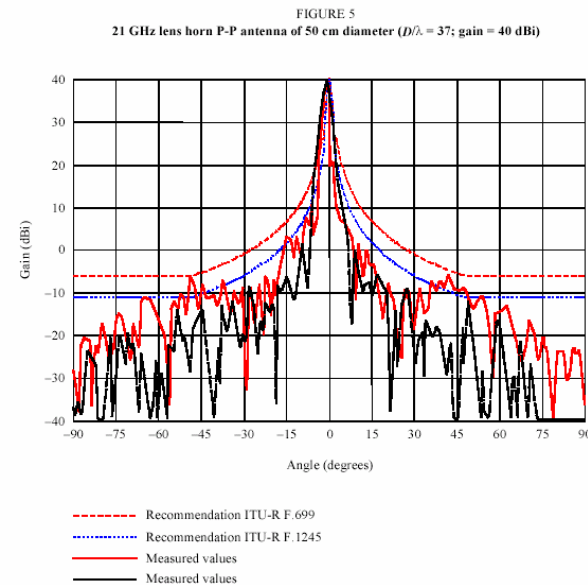
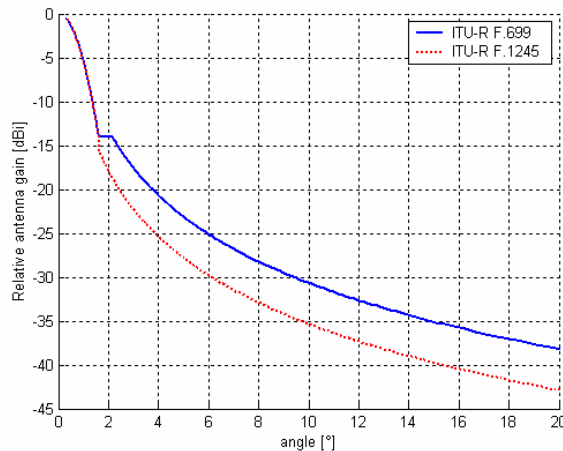
- 下図はアンテナ高による最長回線長を示し、変数は大地からの第一フレネルゾーン迄の距離である。平坦かつ障害のない7kmの回線長で、5.75mのアンテナ高でフレネルゾーンが大地に接する。
- 現実の回線設計では、通常10mから25mのフレネルゾーンの余裕を確保している。理論的にはアンテナ高は16mから26mであるが、欧州のGSM運用者は20m乃至25mを最低限設定している。



上記から、農村地帯及び高速道路では、20mから25mのアンテナ高を用いるべきである。

## 4.5.2 アンテナと道路距離の検討

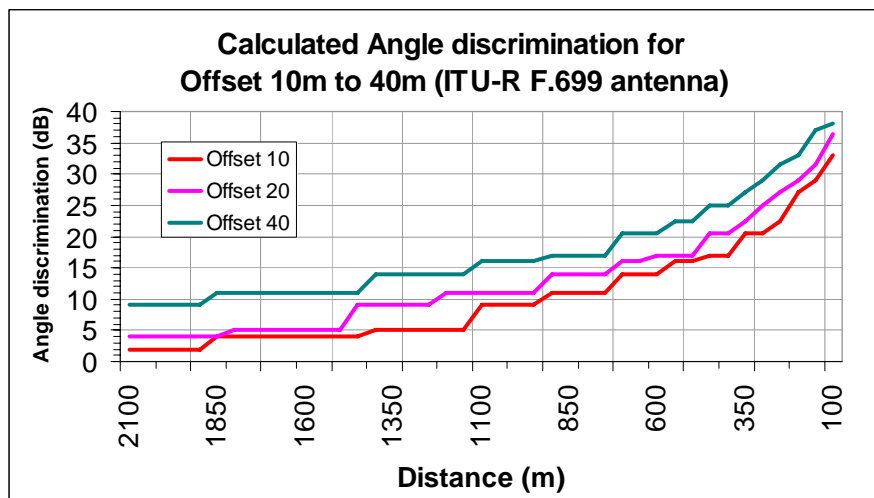
- ECでは標記の距離は規制事項であり、例えばドイツでは40mである。
- アンテナ半値幅は0.8度から2.0度程度であり、ITUのパターンを示す。



固定受信機の主ビームと干渉伝播路の角度が増加すれば、干渉波の強度は減衰する。

## 4.5.2-2 道路からのアンテナの距離の検討

- ITU-R F.699のアンテナパターンに基づく、車輻距離と道路距離を変数とする角度弁別度合(dB)を下図に示す。

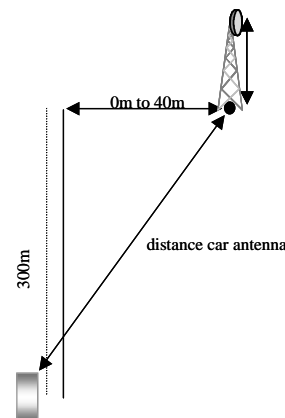
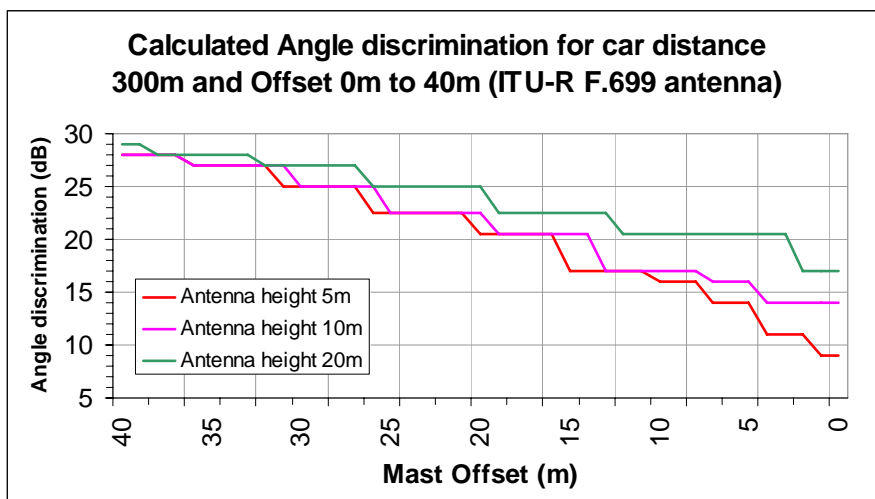


車輻がアンテナに近づけば弁別度は上昇し、遠ざかれば弁別度合いは低下するが、自由空間損失は増加する。



### 4.5.2-3 道路からのアンテナの距離の検討

- 下図は道路距離300m、道路・アンテナ間距離(0m~40m)とする角度弁別度合(dB)である。変数はアンテナ高であり、アンテナが高いほど弁別度は増加する。



欧州ではアンテナマストの転倒対策で、例えば40mの隔離距離が規定されている。干渉計算において、少なくとも25mの隔離距離を考慮すべきと思われる。少なくとも日本の実情に合った隔離距離の設定が要望される。

## 4.6 固定通信装置の障害率

ITU-R F697-2にLocal grade unavailabilityに関し次式が示されている。

$$Unavailability = \left( 1 - \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \right) \cdot 100\%$$

MTBF:平均障害発生間隔 MTTR:平均修復時間

無線局の通常の装置のMTBFは40.000hから60.000hの範囲であり、高信頼システムの場合、80.000hに達する。無線回線は2つの無線局から構成されるので2で割り、20.000hから30.000h、平均として25.000hのMTBFが仮定できる。

MTTRは保守体制により大幅に変わると思われるが、通常は1hから24h程度であろう。

これらから、回線の非利用率(Unavailability)は、0.004%から0.2%の数値が導かれる。これらは次のI/Nの検討の基礎となる。

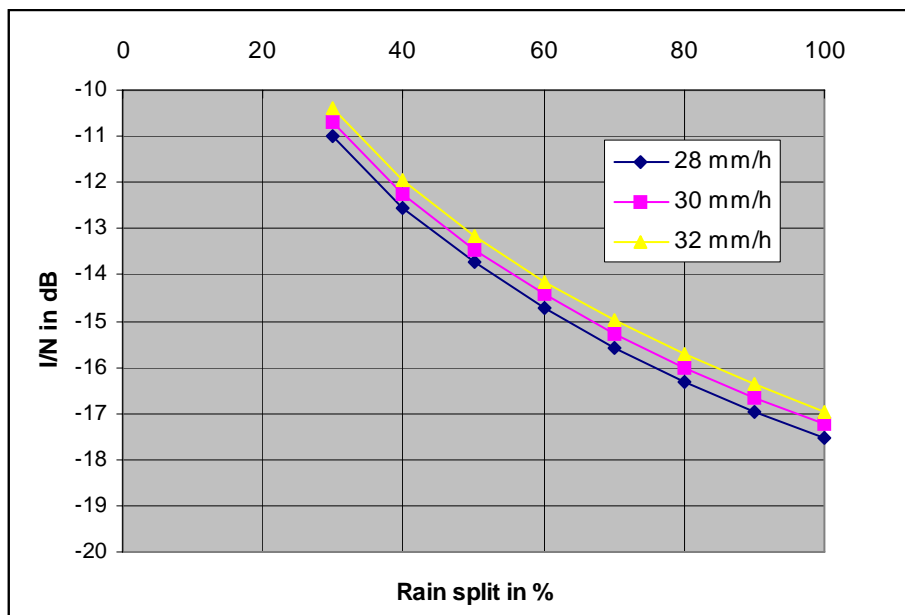
## 4.7 I/N配分の検討

- 全利用率、又は全非利用率で利用率を定義しており、ITU-R F.1091-1では干渉源毎に配分を定めている。
- $X\%+Y\%+Z\%$ で定義されており、 $X=89$ 、 $Y=10$ 、 $Z=1$ が配分率である。
- 平均的回線利用率を99.99%とすると利用できない時間率は0.01%である。Primary Service(1次業務)には0.0089%、Co-Primary Serviceには0.0010%が配分され、SRRは1%のその他の干渉源に相当し、0.0001%の時間率が適用される。
- 非利用率を降雨減衰と装置の非利用率に等しく按分すると各々0.00445%となる。伝播長6kmの23GHzの回線では23.57dBの降雨マーヅンが必要となる。
- ITU-R F.1094-1は2次業務について非利用率の1%の劣化を規定している。これは0.004550%に相当する。これは23.39dBの降雨マーヅンを必要とし、また0.18dBのFadeマーヅンの低下に相当する。Fadeマーヅンの低下 $\Delta$ はI/Nに次式で変換される。

$$\frac{I}{N} = 10 \cdot \log(10^{\Delta/10} - 1)$$

## 4.7-2 I/Nの検討

- 前記のI/Nとして-13.7dBが導かれる。
- 23GHz帯の6Kmの垂直偏波の回線でZ=1%を降雨減衰と装置障害で割り振った場合の、各降雨量に対する計算結果を下記に示す。



割り振りが40%から60%の場合に、I/Nは-12dBから-14dBとなる。以上の検討から理論的に-12dBから-14dBの範囲のI/Nを考慮する事が適切である。

一般的に固定回線は、予見できない事象に対し1から3dBの更なる余裕を見込んでいるのが通常の間線設計であると思われる、

## 5.1 干渉緩和要素の算定

- 欧州SE24、ITU-R TG1/8では、最悪条件設定による検討が行われ、各国において各国の実情に合わせた干渉緩和要素等の検討を行うとされている。
- ここでは、降雨減衰、拡散損失、アンテナ偏波面、雑音指数及びフィーダ損失、地理的条件(アンテナ高、アンテナ・道路間距離、道路長)、装置信頼度、I/Nの制限値について干渉緩和要素等の検討結果を要約した。
- **回線設置条件に拠らず適用可能な干渉緩和要素の算定。**
  - バンパー損失(3dB)
  - SRR車輛搭載率+Activity Factor(7dB)
  - 偏波面の差分(3dB)
  - I/Nの差分(6-8dB)
  - 拡散損失(5-8dB)
- 上記の干渉緩和要素のみで、24dBから29dBに達し、SE24及びITU-R 1/8で必要とされた基準を満たしている。  
(100%搭載率は40%に修正)
- この算定には、回線設置条件により変動する項目は含まれていない。

## 5.2 回線設計基準・設備設置基準により変動する 干渉緩和要素

下記の干渉緩和要素について、被干渉側固定回線の回線設計基準、設備設置基準等を開示頂ければ、これら干渉緩和量の算定が可能となります。これらの干渉緩和要素の算定数値は、5.1項の緩和量に追加される数値であり、十分な余裕を生じることになります。本件ご協力のほど、お願い申し上げます。

- 降雨減衰量の設定： 実回線長に依存する。
- 雑音指数、フィーダ長： 実装置の数値を使用する必要がある。
- アンテナと道路間の距離、アンテナパターン： これらの干渉緩和要素は、日本の設置状況に合わせて見積もられ、検討される必要がある。
- アンテナ高： 日本の設置状況に合わせて検討する必要がある。低アンテナ高の場合、見通しの制限等による干渉緩和要素を計上すべきと考えられる。