

## 5. 8GHz帯における RLAN と DSRC の周波数共用に関する

### 検 討 報 告 書

2016年10月

ITS 情報通信システム推進会議  
5GHz 帯路車間通信検討 WG

空 白

改定履歴

| 版数 | 番号 | ページ | 改定内容 |
|----|----|-----|------|
|    |    |     |      |
|    |    |     |      |
|    |    |     |      |
|    |    |     |      |

空 白

## 要 旨

本書では、5.8 GHz 帯における RLAN と DSRC の周波数共用について、DSRC の観点から検討を行った。

RLAN から DSRC への干渉シナリオ及び干渉回避技術についてさまざまな可能性を検討した結果として、DSRC ビーコン方式を導入すれば、5.8 GHz 帯で RLAN と DSRC が周波数共用できる可能性がある。

DSRC ビーコン方式とは、

- DSRC 基地局近くに DSRC ビーコンを設置し、
- DSRC ビーコンは常時ビーコン信号を送信し、
- RLAN は DSRC ビーコン信号を検出する機能を備え、
- RLAN は DSRC 帯域で電波を発射するに先立ち、また発射中も、DSRC ビーコン信号を受信し、その RSSI(受信信号強度)が予め決められたスレッシュホールドより低い時に限り、RLAN は電波を発射できる

方式をいう。

なお、DSRC ビーコン方式が具備すべき諸元案についても検討したが、それらの実現可能性と実用性(feasibility and practicality)については更なる検討が必要である。

また、本報告は検討途中の結果を纏めたものであり、検討課題の検証結果に応じて、本報告書の内容は変更・追加される予定である。

空 白

## まえがき

スマートフォンやタブレット端末等の普及により、移動通信システムのトラフィックは年々増加の傾向にある。そのため、急増するトラフィックを迂回するオフロード先として RLAN を活用する傾向にあり、現在の周波数帯では混雑してきているという理由から、5GHz 帯 RLAN の周波数帯の拡張が検討がされている。

しかし、この拡張先にはすでに運用しているシステムが存在し、周波数帯の共用という手段を取らざるを得ない。このことは、2015 年 11 月に開催された世界無線通信会議 (WRC-15) の決議に見られるように、5 GHz 帯における RLAN との周波数共用と、それを実現するための干渉回避技術の検討が、現在国際的な公式の課題となっている。

一方、国内では、5.8 GHz 帯の DSRC 技術は、ETC を始め ETC2.0 や駐車場料金システムなど ITS 用途に広く使われている。ETC については、改めて詳しく述べるまでもなく、全国での利用率が 90%(2015 年 1 月)を越えた、極めてポピュラーな公共サービスとなっている。また、ETC2.0 は、全国の高速道路に ITS スポットとして整備され、道路情報の提供を行っている。

これらのサービスの共通するところは、「特定の場所で、その時に、そこを通過する車両と安全で正確に通信する」であり、走行中の車両と一瞬にして通信を完了する必要がある。そのため、周波数共用に際しては、すでに運用されている DSRC の諸条件に影響を与えないように、理論計算やシミュレーションおよび干渉試験などに基づき慎重に検討するべきであり、安易に数回の実験等で、諸条件を決定するべきではない。

これらの状況を踏まえ、当 ITS 情報通信システム推進会議が ITS を推進する立場から、これら国内 ITS の運用を確保しつつ、5.8 GHz 帯で RLAN と DSRC の周波数共用を実現可能とする干渉回避技術の可能性の検討を行った。なお、当 ITS 情報通信システム推進会議が、理論計算に基づいて行った干渉問題検証の例として「ロボット用電波利用システムと DSRC の周波数共用検討」も別紙として掲載した。

また、5 GHz 帯における RLAN 用周波数帯の拡張については、これまで国内のみならず米国、欧州等でも政策として取り組まれてきたところであり、現時点でまだ結論が出されていないが、いくつかの中間報告書が公表されている。本書は、それらの取り組みと経緯についても記載した。

## 目 次

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 1. ITS サービスが要求する DSRC システム.....                        | 1  |
| 1.1. DSRC システムの要件 .....                                | 1  |
| 1.2. 日本の DSRC の特徴.....                                 | 3  |
| 1.3. ETC システムからの要件 .....                               | 7  |
| 1.3.1. 整備・運用からの観点 .....                                | 7  |
| 1.3.2. ETC 関連法規からの観点 .....                             | 7  |
| 1.4. ETC/DSRC 車載器への配慮.....                             | 7  |
| 2. RLAN と DSRC の周波数共用の検討における前提条件 .....                 | 8  |
| 2.1. 基本的な考え方 .....                                     | 8  |
| 2.2. RLAN と DSRC の周波数共用の基本的条件 .....                    | 8  |
| 2.3. 海外から一時的に持ち込まれる RLAN 端末との共用 .....                  | 8  |
| 2.4. DSRC 側の周波数共用条件 .....                              | 8  |
| 2.4.1. 周波数共用条件.....                                    | 8  |
| 2.4.2. RLAN と DSRC の本質的な相違 .....                       | 9  |
| 3. RLAN から DSRC への想定される干渉シナリオ .....                    | 10 |
| 3.1. RLAN のインフラモード運用 .....                             | 10 |
| 3.2. RLAN の Wi-Fi テザリング運用.....                         | 11 |
| 3.3. RLAN のアドホックモード運用.....                             | 12 |
| 3.4. 各シナリオの比較.....                                     | 13 |
| 4. RLAN から DSRC への想定されるタイミング干渉.....                    | 13 |
| 4.1. RLAN の通信手順.....                                   | 14 |
| 4.2. スキャン信号の DSRC への干渉 .....                           | 15 |
| 4.2.1. パッシブスキャンからの干渉 .....                             | 15 |
| 4.2.2. アクティブスキャンからの干渉.....                             | 15 |
| 4.3. RLAN の長いデータから DSRC への干渉 .....                     | 16 |
| 5. 周波数共用のための干渉回避技術の検討.....                             | 18 |
| 5.1. 干渉回避技術の候補.....                                    | 18 |
| 5.1.1. 案1 5.8GHz 帯 RLAN を「地域的な限定」や「屋内使用に限定」.....       | 18 |
| 5.1.2. 案2 RLAN の CCA 機能を利用 .....                       | 18 |
| 5.1.3. 案2-1 CS/CCA を利用する案 .....                        | 19 |
| 5.1.4. 案2-2 CCA-ED を利用する案.....                         | 19 |
| 5.1.5. 案3 DSRC ビーコン案.....                              | 20 |
| 5.1.6. 案4 RLAN の NAV を利用する案 .....                      | 21 |
| 5.1.7. 案5 電波発射時間を制限する案 .....                           | 21 |
| 5.2. 干渉回避技術の検討結果.....                                  | 22 |
| 別紙1 各国の RLAN 用5GHz帯周波数割当状況 <sup>□, □, □, □</sup> ..... | 23 |



|        |                                                     |    |
|--------|-----------------------------------------------------|----|
| 別紙2    | 5GHz帯周波数の国内使用状況 .....                               | 24 |
| 別紙3    | RLANとDSRCの周波数共用検討一周波数関係チャート .....                   | 25 |
| 別紙4    | RLANとDSRCの周波数共用検討における基本的な考え方 .....                  | 26 |
| 別紙5    | (欠番).....                                           | 35 |
| 別紙6    | RLANのCSMA/CAとDFS.....                               | 36 |
| 6.1.   | CCA .....                                           | 36 |
| 6.1.1. | CS/CCA .....                                        | 36 |
| 6.1.2. | CCA-ED.....                                         | 37 |
| 6.2.   | 仮想キャリアセンス .....                                     | 38 |
| 6.2.1. | RTS/CTS.....                                        | 38 |
| 6.2.2. | NAV (Network Allocation Vector ネットワーク割当てベクトル) ..... | 38 |
| 6.3.   | タイミング制御.....                                        | 39 |
| 6.4.   | DFS .....                                           | 40 |
| 別紙7    | 雑音配分 .....                                          | 41 |
| 7.1.   | 現在のDSRC雑音配分 .....                                   | 41 |
| 7.2.   | DSRC雑音配分の見直し検討 .....                                | 43 |
| 7.2.1. | 概要 .....                                            | 43 |
| 7.2.2. | 周波数共用のための雑音配分の見直し.....                              | 43 |
| 7.3.   | 雑音配分見直しに伴う現行回線設計の見直し.....                           | 45 |
| 7.3.1. | 路側無線装置規格書 <sup>□</sup> の回線設計見直し.....                | 45 |
| 7.3.2. | 路側無線装置仕様書 <sup>□</sup> の回線設計見直し.....                | 56 |
| 別紙8    | DSRCから見た許容干渉電力.....                                 | 57 |
| 8.1.   | RLAN等への許容干渉電力の割当て.....                              | 57 |
| 8.2.   | I/N基準によるRLANからの許容干渉電力.....                          | 59 |
| 8.3.   | DSRC受信機の許容干渉EIRP.....                               | 60 |
| 8.3.1. | DSRC/RSUの許容干渉EIRP.....                              | 60 |
| 8.3.2. | DSRC/OBUの許容干渉EIRP .....                             | 62 |
| 別紙9    | LoS環境でのRLANからDSRCへの集合干渉 .....                       | 64 |
| 9.1.   | RLANのチャンネル再利用距離 .....                               | 64 |
| 9.2.   | 再利用距離内のRLAN局数.....                                  | 65 |
| 9.3.   | RLANの平面上の稠密配置 .....                                 | 67 |
| 9.4.   | RLANからDSRCへの集合干渉モデル .....                           | 68 |
| 9.4.1. | 配置 .....                                            | 68 |
| 9.4.2. | 伝搬モデル.....                                          | 69 |
| 9.4.3. | 集合干渉源のRLAN局数.....                                   | 72 |
| 9.4.4. | RLANからの干渉電力が-100dBmとなる離隔距離.....                     | 73 |
| 9.4.5. | 周波数共用に必要な伝搬損失 .....                                 | 75 |
| 別紙10   | 都市部でのRLANからDSRCへの集合干渉.....                          | 76 |

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| 10.1. ビル超え環境.....                                   | 76  |
| 10.2. ストリートキャニオン(ビルの谷間)環境.....                      | 76  |
| 10.3. タワーマンション環境.....                               | 76  |
| 別紙11 DSRC ビーコン方式の検討.....                            | 77  |
| 11.1. 概要.....                                       | 77  |
| 11.2. DSRC ビーコン周波数の検討.....                          | 79  |
| 11.2.1. DSRC ビーコン周波数案 .....                         | 79  |
| 11.2.2. DSRC ビーコンから DSRC 受信機への干渉モード.....            | 81  |
| 11.2.3. 関係する T75 規格 .....                           | 82  |
| 11.2.4. DSRC ビーコンから DSRC 受信機への干渉評価 .....            | 83  |
| 11.3. DSRC ビーコンの要件 .....                            | 87  |
| 11.4. RLAN に対する新規要件 .....                           | 88  |
| 11.5. ダイバーシティの必要性 .....                             | 89  |
| 別紙12 RLAN の周波数帯拡張に関する国際機関及び各国等の取り組みと その経緯 .....     | 90  |
| 12.1. 国際機関 .....                                    | 90  |
| 12.2. 日本 .....                                      | 90  |
| 12.3. 米国 .....                                      | 91  |
| 12.4. 欧州 .....                                      | 95  |
| 別紙13 ロボット用電波利用システムと DSRC の周波数共用検討.....              | 96  |
| 13.1. 概要 .....                                      | 96  |
| 13.2. ロボット用電波利用システムから DSRC への干渉検討.....              | 98  |
| 13.2.1. 干渉モデル .....                                 | 98  |
| 13.2.2. ロボット用電波利用システムのチャンネル周波数 .....                | 98  |
| 13.2.3. ロボット用電波利用システムの諸元.....                       | 99  |
| 13.2.4. ロボット用電波利用システムから DSRC 受信機への干渉モードと干渉評価方法..... | 100 |
| 13.2.5. ロボット用電波利用システムから DSRC 受信機への干渉評価結果.....       | 100 |
| 13.2.6. DSRC システムからロボット用電波利用システムへ要件.....            | 103 |
| 13.3. まとめ.....                                      | 103 |
| 参考資料.....                                           | 107 |
| 1. 伝搬モデル関連.....                                     | 107 |
| 2. アンテナ指向性と等価指向性幅 .....                             | 109 |
| 2.1. 等価指向性幅.....                                    | 109 |
| 2.2. 等価指向性幅と半値幅.....                                | 109 |
| 3. 主な ETC 用路側アンテナの半値幅 .....                         | 110 |
| 4. ETC フリーフローにおける路側アンテナ .....                       | 110 |
| 5. ETC フリーフロー用アンテナの諸元 .....                         | 112 |
| 略語表 .....                                           | 114 |
| 関連資料 .....                                          | 116 |

空 白

## 1. ITS サービスが要求する DSRC システム

### 1.1. DSRC システムの要件

ITS サービスが、DSRC (ETC を含む、以下同じ) システムに求める要求事項は、

「特定の場所で、その時に、そこを通過する車両と正確に通信する」

である。車載器 (OBU) と路側アンテナ (RSU) は、図 1.1-1 のような位置関係で、特定の位置で、そこを通過する車両と通信する。

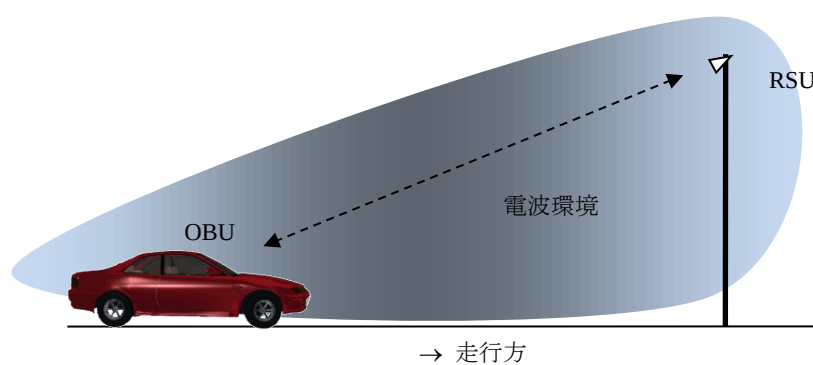


図 1.1-1 ETC 及び DSRC における位置関係

この要求事項を満たすために DSRC システムは、次のような要件を満たす必要がある。

(1) 管理された通信範囲

場所や、運用アプリケーションによって必要な通信範囲を形成するが、特定の場所で通信するために、その範囲は、設計値と実測によって厳密に設定する必要がある。

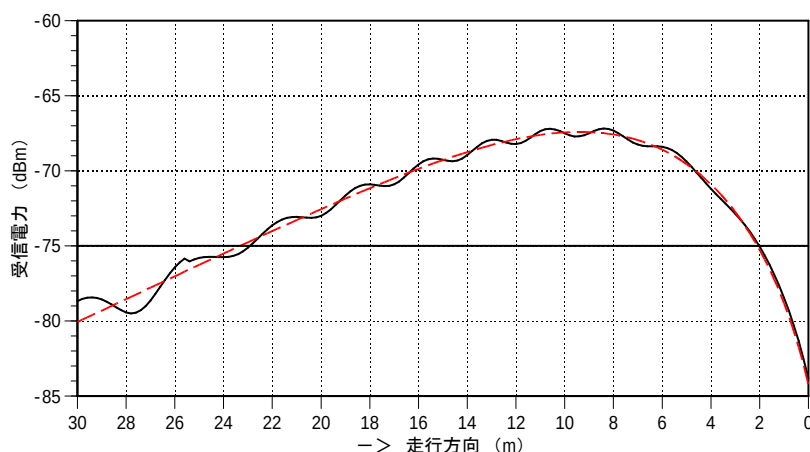


図 1.1-2 DL (ダウンリンク)受信電力の測定例  
(台車測定 1m<sup>h</sup>、実線:実空間、破線:設計値)

(2) 対象とする車両速度

ETC 料金所:80km/h、本線:180km/h に対応する必要がある。

(3) 許容される通信時間

通信範囲と車両速度から、通信に使える最小許容時間は

ETC 料金所:約 180ms

本線(フリーフローETC や ITS スポット等):約 200ms

(4) 走行する車両に対する高い通信成功率

DSRC は、多くは車両の再走行を行うこと(「やり直し」)が困難な環境で用いられる。このため、通信圏内で許容される時間内に通信を確実に完了する必要がある。

であり、(1)～(4)に対応するため、日本の DSRC には、1.2 項のような機能・性能がある。さらに車両に搭載した車載器との通信という意味で、下記のような運用上の工夫もされている。

(5) 多種多様な車両形状への対応

ETC/DSRC システムは、多種多様な車両形状や無線通信環境に対し、無線通信技術による対策に加え、監視カメラや検知器等の路側各種設備との連携により、高度な信頼性のあるサービスを提供している。

(6) 電波反射対策

各サービス事業者は、それぞれの場所に適した通信範囲を設けるが、周辺機器などの反射によって、電波の設定通信範囲外への放射を抑制する目的のために路側機側に電波吸収体を設置している。なお、設置場所が不特定な RLAN からの到来または反射の干渉電波は、経路が特定できず、電波吸収体などによる減衰を期待することはできない。

## 1.2. 日本の DSRC の特徴

伝統的な無線通信方式は、より遠くへ、かつ、より早く通信する手段をいかに経済的に実現するかが、大きな目標であるといえる。例えば現代の携帯電話システムでは、より早い通信が強調され、防災用途の無線システムでは、より遠くへの無線通信が強調されているが、基本概念は同じところにあると思われる。一方、DSRC (Dedicated Short-range Communication: 狭域通信システム) や NFC (Near Field radio Communication) は、限定されたエリアで、即時応答性と正確性をいかに経済的に実現するかが、大きな目標である。本項では、日本で利用されている DSRC (ARIB STD-T75) の特徴についての解説を行う。通信方式を規定するものは、その要求条件であり、1.1 項の要件は、それを示したものである。さらに、無線通信サービスの信頼性に関する分析を進めると、以下の要件が追加される。

(無線通信サービスの信頼性に関する要件)

料金課金や道路情報の提供などは、その運用性 (operability) や有用性 (Availability) などと考慮すると、通信の成功率が極めて高いことが要求される。具体的には、データリンク層レベルで、 $(1 - 1 \times 10^{-6})$  以上の成功率で運用できる高信頼の移動体無線通信を提供する無線通信方式である必要がある。一方、無線チャネルは、同一方式の他システムからの干渉を考慮すると、LoS (Line of Sight : 見通し内通信) 環境において、物理層レベルで BER (Bit Error Rate)  $\leq 1 \times 10^{-5}$  となり、この条件下で、要求されるデータリンク層での成功率を実現できる方式であることが要件となる。以上をまとめると、BER =  $1 \times 10^{-5}$  の物理層条件において、 $(1 - 1 \times 10^{-6})$  以上の通信成功率を実現できる能力を有する方式であることが必要である。〔1〕

上記の要件と 1.1 項の要件から、日本の DSRC (ARIB STD-T75) は、限られた場所、限られた時

---

<sup>1</sup> 干渉波としては、AWGN (Additive White Gaussian Noise) を想定している。従って、バースト誤りを発生させる干渉には注意が必要である。

間で、路側に設置された基地局と走行する車両(移動機)間において、品質を保証した無線通信を実現可能とするために、次のような特徴を備えている。

(1) 通信フレーム

日本の DSRC は、アダプティブスロットドアロハ方式を用いた固定長の通信方式である。固定の長さ(時間)の複数のスロットから 1 フレームが構成され、この 1 フレームの長さ(時間)は、通常運用中は変化しない。定期的に構成される固定長のフレーム内のスロットを使って、路車間通信が行われている。フレームの構造としては、以下の特徴を有している。

- ・帯域保証型であり、短時間内に通信が確実に完了する能力を有する。
- ・要求される通信成功率を実現できるようデータリンク層レベルで、最適なフレーム長と誤り制御方式を採用している。

(2) 迅速なアクティベーション(無線リンク接続)

路車間通信を開始するための DSRC のアクティベーションは、最少 3 フレーム(約 7ms:最小フレーム使用時)で行われ、迅速な無線リンク接続を可能にしている。

(3) 簡略化されたプロトコルスタック(レイヤ)構成

路車間通信では、複雑なネットワーク経路を必要とせず、迅速なアクティベーション(無線リンク接続)と、アプリケーションの高速起動を可能とするため、3 階層のレイヤ(OSI 参照モデルの物理層、データリンク層、アプリケーション層)のみの簡易な構成としている。

また、アプリケーションから、DSRC プロトコルスタックを意識せず、より簡単に DSRC アプリケーションの設計構築が行えるように、3 階層のレイヤの上にアプリケーションサブレイヤ(ARIB STD-T88)を加えることもある。

(4) 管理された通信範囲の実現

基地局設置場所の構造的条件によって、アンテナ技術を使って通信範囲を限定している(図 1.2-1 参照)。また、設定した通信範囲外にある車載器は、アクティベーション(無線リンク接続)を抑止し、電波の有効利用を行っている。さらに、限定された範囲内での通信履歴から厳格な位置情報を得ることができ、この特性をアプリケーションで利用することが可能である。

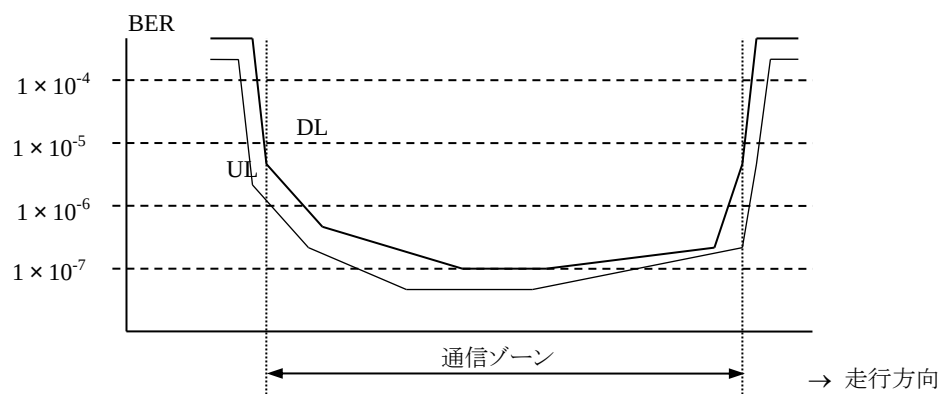


図 1.2-1 BER 特性のイメージ

DL:ダウンリンク、UL:アップリンク



以上、DSRC の特徴について、述べてきた。以降に、DSRC を利用した通信サービス提供の基本的な構成手法について述べていく。

DSRC を利用する通信サービスでは、走行する車両の最大速度と通信範囲が決定されれば、通信に使用できる時間が計算でき、その時間から、必要フレーム数を計算することができる。そしてフレーム数から伝送できる通信データ量が計算できる。つまり、日本の DSRC アプリケーションでは、

最大車両速度 ・ 通信範囲 ・ 最大通信データ量

の 3 つの要素をサービスに合わせて、基本設計値として決定している。サービスの具体的な例と、サービス提供のためのスロット時間構成、および、フレーム長を以下に示す。

- ETC 料金所など    3 スロット時間構成   1 フレーム:2.34ms
- フリーフローなど   5 スロット時間構成   1 フレーム:3.9ms
- ITS スポットなどで情報提供の場合  
                                         9 スロット時間構成   1 フレーム:7.02ms

他の DSRC を使った ITS サービスにおいても、上記の手法により、DSRC の各パラメータが決定されている。

以上のような構成手法を可能にしているのは、物理チャネルの BER が  $1 \times 10^{-5}$  以下であることが前提条件となっている。これをもとに、すでに全国の路側機器と車載器間で確立し運用されているものであり、DSRC と他方式が共用化された場合でも、この前提条件に影響を与えないようにしなければならない。<sup>[2]</sup>

---

<sup>[2]</sup> 許容干渉波レベルから BER が規定されているが、同時に、DSRC 基地局の離隔距離も規定することになる。このことより、DSRC 基地局設置基準(ITS 情報通信推進会議 RC-003)設けられているが、この基準に従い、全国数千か所の路側装置が設置されている。

### 1.3. ETC システムからの要件

#### 1.3.1. 整備・運用からの観点

ETCシステムは道路整備特別措置法で設置される料金徴収施設として、「料金徴収施設設置基準(案)(建設省道企発第28号)」に基づき料金徴収を行うシステムであり、そのアンテナ設備においては確実な料金徴収と安全かつ円滑な道路交通の確保を可能とする設計、配置を必須としている。さらに、路上に設置された検知器等と連携や道路構造令などの物理的な制限、道路交通法の通行区分を踏まえ、道路利用が最適となるような配置も考慮されている。

また、新たな道路・インターチェンジの供用、料金施策の変更、新たな事業者の参加、安全性・信頼性確保のための追加機能などにより、今後も追加整備される計画である。

一方、市場販売される車載器は、国の定めた電波基準等、有料道路事業者等の調達仕様などを踏まえて制定した民間基準にもとづき開発、製造されており、さらにアプリケーションレベルの通信の信頼性確保のための相互接続試験を一般財団法人ITSサービス高度化機構(ITS-TEA)が実施している。車載器メーカーはこれらに加え、既に実運用されている路側機のフィールド状況に適応した車載器技術の積み重ねにより信頼性の高い通信品質を確保している。

ETC は、これらの関係者の長年の連携により高度な通信信頼性が確保されているシステムであり、新たなシステムとの共用(共存)を考慮する場合は、通信の信頼性を損なわない技術条件の確保と実効性の担保のみならず、新たなシステム及び市場流通する端末装置が ETC システムの新規整備(有料道路事業者、民間)、維持運用、信頼性確保(路側及び車載器)に影響を与えないように配慮することが必要である。

#### 1.3.2. ETC 関連法規からの観点

高速道路での料金徴収事務(ETC)は、法律に基づいて行われている事務である。<sup>[3]</sup>

また、料金徴収においては、徴収事務の確実性、効率性及び利用者の利便性を確保するため、情報の適切な管理(「情報の安全確保」)を行うことが省令により定められている。<sup>[4]</sup>

本省令は、直接にはセキュリティ確保と個人情報保護を定めたものであるが、その根底、目的には料金徴収事務全体における確実性、効率性及び利用者の利便性確保という3要件があるものと解される。

### 1.4. ETC/DSRC 車載器への配慮

車載器が搭載されている車両内で RLAN を使う場合が考えられ、その場合でも DSRC 通信に影響を与えないような、RLAN の共用条件、使用条件などを特に考慮する必要がある。

---

[3] 道路整備特別措置法

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S31/S31HO007.html>

[4] 有料道路自動料金収受システムを使用する料金徴収事務の取扱いに関する省令

<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/H11/H11F04201000038.html>

上記省令第4条

## 2. RLAN と DSRC の周波数共用の検討における前提条件

### 2.1. 基本的な考え方

「現在運用中の無線システムの運用に支障がない範囲において周波数共用の検討を進める。」ことを周波数共用の検討における原則とする。

その考え方は別紙 4 参照。

### 2.2. RLAN と DSRC の周波数共用の基本的条件

前項の原則が満たされるとき、また、そのときに限り、DSRC 側として RLAN との周波数共用を許容することとする。

### 2.3. 海外から一時的に持ち込まれる RLAN 端末との共用

米国、中国等の国内では RLAN 用に 5.8GHz 帯を割当て済みである。それらの国で販売されたスマホ、ゲーム機等が日本国内に一時的に持ち込まれ、そこに内蔵された RLAN が 5.8GHz 帯電波を発射した場合の DSRC への干渉も考慮する必要がある。

なお、平成 27 年の電波法改正により、海外から持ち込まれる我が国の技術基準に相当する技術基準に適合する無線設備(携帯電話端末、Wi-Fi 端末等)についても、一定の期間(訪日観光客等の入国から 90 日以内)における利用が可能となった。

### 2.4. DSRC 側の周波数共用条件

#### 2.4.1. 周波数共用条件

2.1 項の原則で言う「現在運用中の無線システムの運用に支障がない」とは、RLAN が DSRC と周波数共用したときでも、現状と同じく、DSRC の通信ゾーン内で DSRC の BER が  $1 \times 10^{-5}$  を確保し、維持できることを条件とする。

この BER に関する要件は、以下の文書で無線システム条件として規定されている。

- ① ETC 電技審答申:電気通信技術審議会答申「ワイヤレスカードシステムの無線設備の技術的条件」、平成9年3月
- ② DSRC 電技審答申:電気通信技術審議会答申「DSRC システムの無線設備等の技術的条件」、平成12年10月
- ③ ARIB STD-T75 狭域通信(DSRC)システム標準規格、平成13年9月6日策定

ETC だけでなく DSRC にあっても駐車場管理等料金徴収に関わるアプリが想定されたことから、DSRC の回線品質を表す BER 規格も上記電技審答申に記載された。

現在運用中の DSRC は RLAN から、干渉がありうることをこれまで考慮してこなかったため、周波数共用に当たり DSRC システムで設計適用したワーストケースでも DSRC 回線品質を保証できるのかどうかを検討することは重要である。

#### 2.4.2. RLAN と DSRC の本質的な相違

RLAN と DSRC の本質的な相違を把握しておくことは重要である。

RLAN では、通信圏内に滞留し、時間を掛けてのアプリケーション利用や、やり直し利用ができる環境で使用されることが多い。このため、RLAN では、ベストエフォート型の通信方式(無線通信環境に対応して最適な通信速度を選定して、アプリケーション利用時のトランザクション時間は短くするように努力するが、限定したトランザクション時間は保証しないもの。)が採用されている。従って、その観点からすれば、RLAN に対する与干渉検討では RLAN システムの代表的な条件、代表的実機試験、または統計上の中央値を用いて検討すれば良いといえる。

一方で、DSRC は、1.2 項にあるように一定のトランザクション時間内でアプリケーションを実行するいわゆる回線品質保証型(ETC 等)が求められることが多い。このため、DSRC システムへの与干渉検討に当っては、一定のトランザクション時間内にアプリケーション実行できるかの観点から、DSRC システムで設計適用した限度条件で、一定以上の回線品質を保証できるのが要点となる。

周波数共用の干渉検討に当っては 1.1 項の要件を考慮して、電技審答申(2.4.1 節参照)で DSRC (ETC)における無線通信回線の回線品質要件として定められた通信誤り率(BER)規格値が基本となる。

### 3. RLAN から DSRC への想定される干渉シナリオ

RLAN から DSRC への干渉シナリオとして、次の 3 種類の RLAN 運用形態が想定される。

- ① RLAN のインフラモード運用
- ② RLAN の Wi-Fi テザリング運用
- ③ RLAN のアドホックモード運用

#### 3.1. RLAN のインフラモード運用

道路脇で、インフラモードで運用中の RLAN から DSRC へ干渉するシナリオである。<sup>[5]</sup>

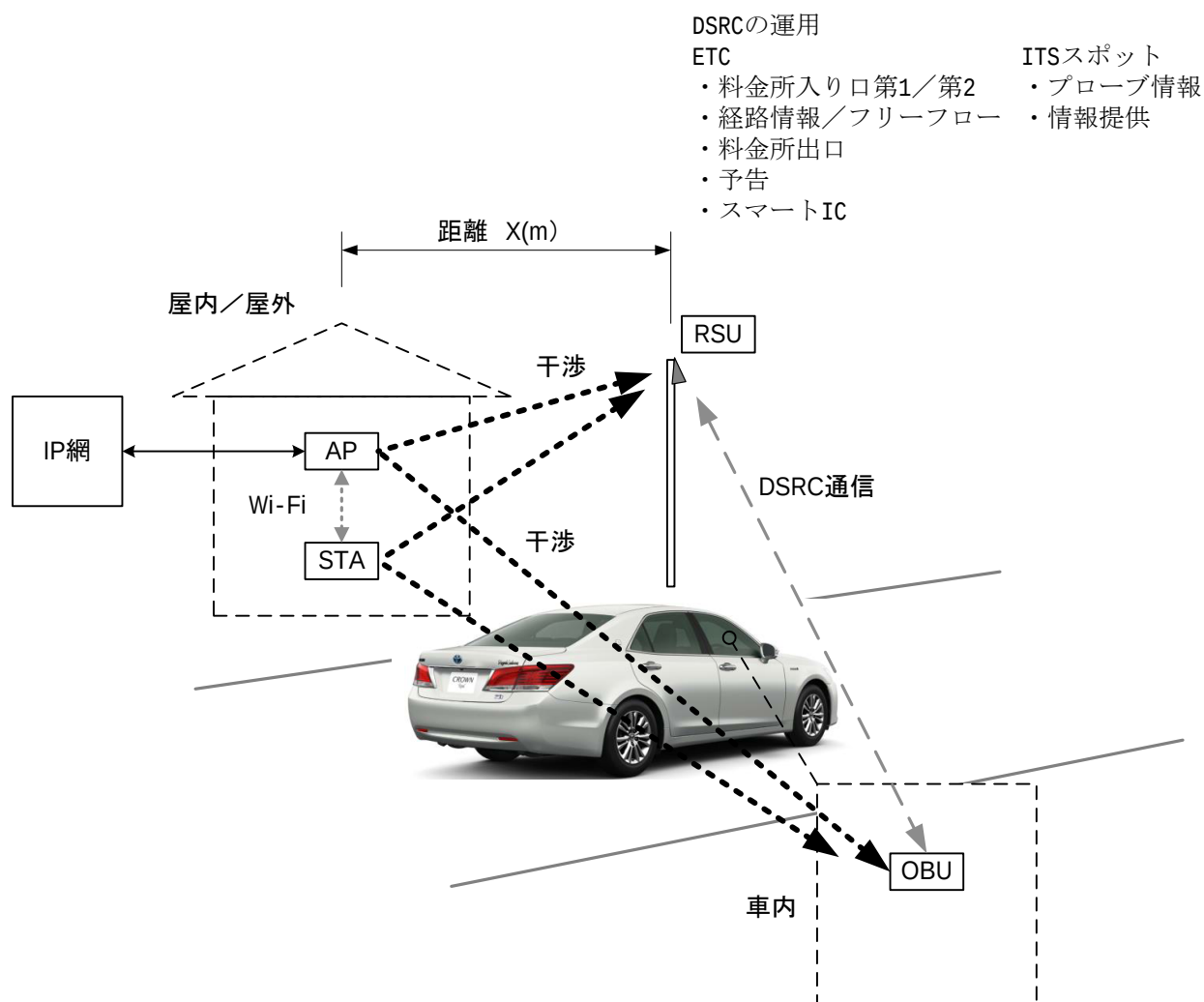


図 3.1-1 インフラモードの RLAN から DSRC への干渉シナリオ

[5] 車両画像はトヨタのホームページより引用

### 3.2. RLAN の Wi-Fi テザリング運用

車内で Wi-Fi テザリング運用中の RLAN から DSRC へ干渉するシナリオである。

このシナリオでは、車内に持ち込まれたスマホを AP とし、タブレットやラップトップを STA と位置付ける。<sup>[6]</sup>

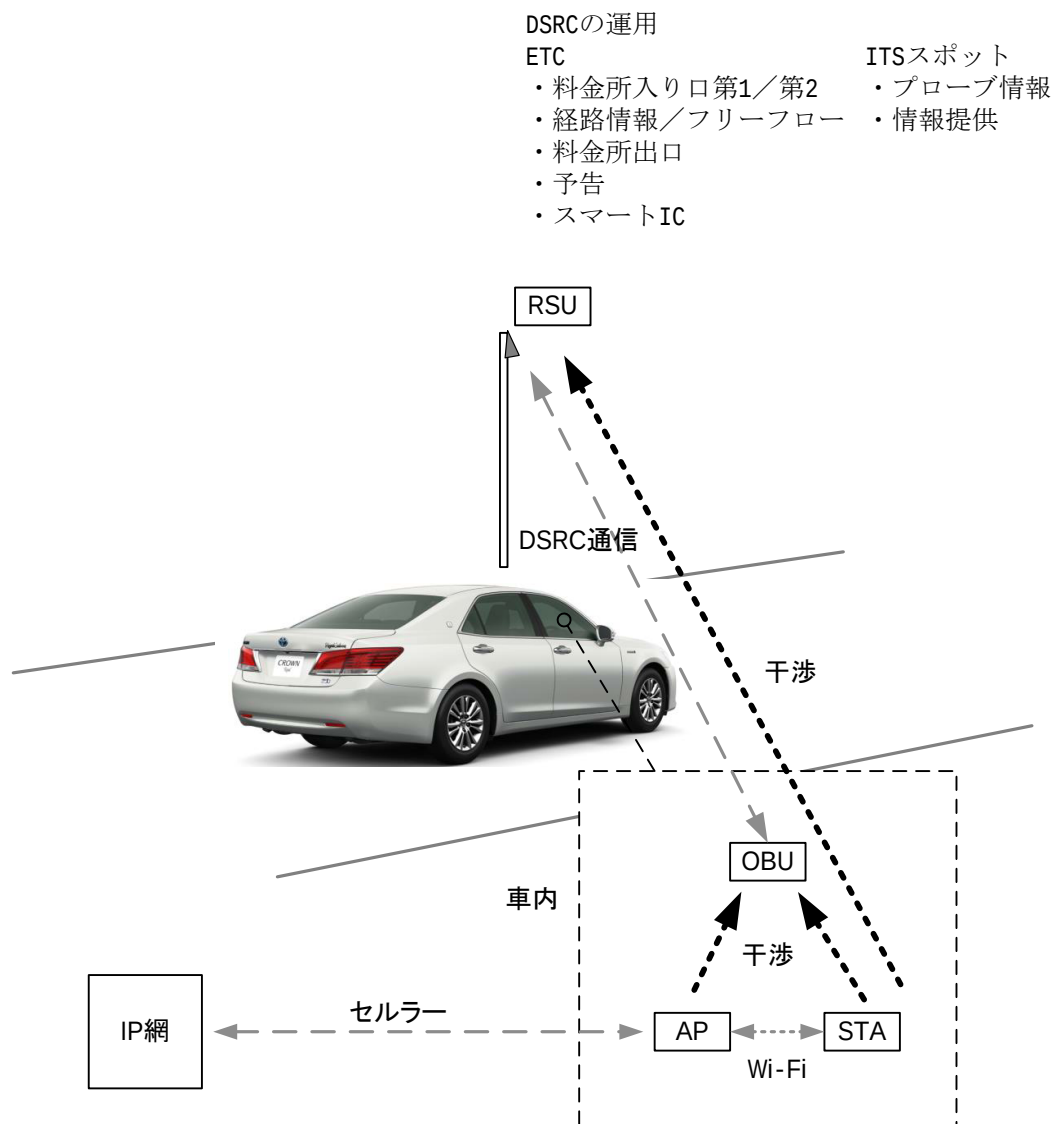


図 3.2-1 Wi-Fi テザリングの RLAN から DSRC への干渉シナリオ

[6] 家庭外で RLAN を使用する場所は、職場、移動中の交通機関内、ホテル等宿泊施設、空港・駅の順で多いとされている。総務省「無線 LAN ビジネス研究会」報告書、[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/02kiban04\\_03000093.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02kiban04_03000093.html)、同、参考資料 [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000168907.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000168907.pdf), p.6 参照。訪日外国人の ICT 利用環境に対するニーズとして、総務省「SAQ2 Japan Project」p.3 [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000296266.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000296266.pdf)

### 3.3. RLAN のアドホックモード運用

車内で対戦ゲームをプレーする等、アドホックモードで運用中の RLAN から DSRC へ干渉するシナリオである。<sup>[7]</sup>

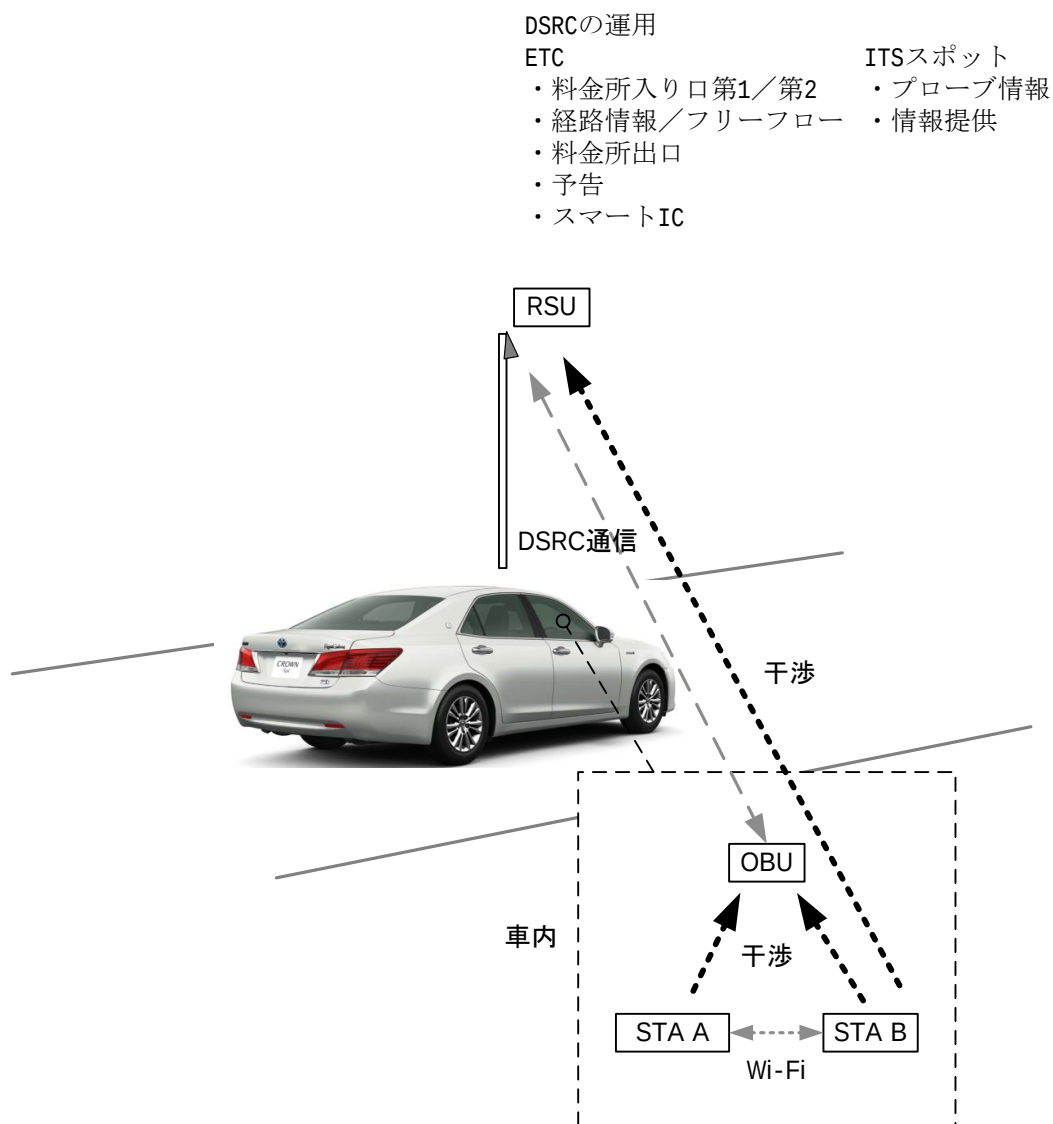


図 3.3-1 アドホックモードの RLAN から DSRC への干渉シナリオ

アドホックモード運用では上記のほか以下のような多くの利用形態がある。

- ・ PC 周辺機器 (プリンタ等) 通信 (これは図 3.2-1 の状況に近い)

[7] ゲーム機として、ニンテンドー DS / Wii, Playstation, Xbox 等。これらのゲーム機に搭載されている RLAN は現時点では 5GHz 帯に非対応だが、今後 5.8GHz 帯での共用が現実となった場合、DSRC に対する干渉源となる可能性がある。

- ・ スマホースマホ通信、スマホースマホマルチホップ通信

### 3.4. 各シナリオの比較

上記の3つのシナリオの中で最も厳しいシナリオとして、車内の OBU 近くに AP または STA が置かれる Wi-Fi テザリング運用とアドホックモード運用のケースが想定される。

## 4. RLAN から DSRC への想定されるタイミング干渉

RLAN から DSRC への干渉モードとして、互いの電波発射のタイミングによるタイミング干渉と、干渉レベルの強いことによるレベル干渉の2種類が想定される。本節では主としてタイミング干渉を検討し、次節でレベル干渉を検討する。



#### 4.1. RLAN の通信手順

RLAN の一般的な通信手順を下图に示す。

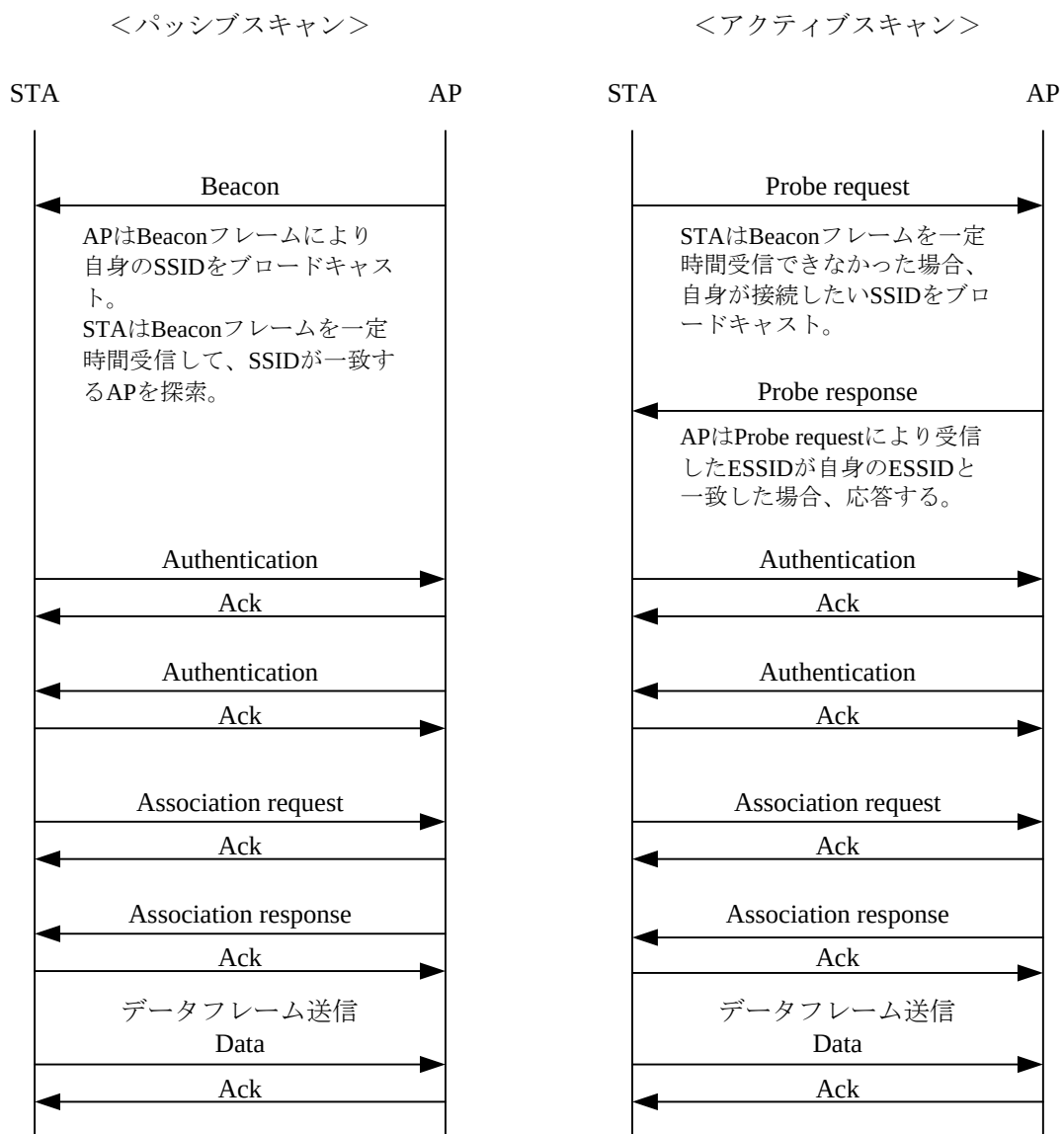


図 4.1-1 RLAN の通信手順例

RLAN の STA は、回線接続に当たって、まず使用可能なネットワーク(無線周波数チャネル)の存在を確認する。このプロセスはスキャンと呼ばれ<sup>[8]</sup>、STA が利用可能な、無線周波数チャネルをスキャンし、ネットワーク(無線周波数チャネル)を特定するものである。

スキャンの方法として、APから送信されるビーコンフレームをSTAが受信して判定する場合(パッシブスキャンと呼ばれる)と、STA がプローブ要求フレームを送信して応答があるか否かを判定する場合(アクティブスキャンと呼ばれる)の2種類がある。

複数のAPが存在する場合、STAは法令上許される全チャネルをスキャンして最も信号強度の強いAPと接続しようとする。

スキャン後、認証、アソシエーションを経てデータの送受信が行われる。

タイミング関係で厳しい干渉シナリオとは、一時的な通信よりも、繰り返し継続的に行われるスキャンフレーム送信と大容量データフレーム送信の状況と考えられる。

## 4.2. スキャン信号の DSRC への干渉

### 4.2.1. パッシブスキャンからの干渉

#### (1) フレーム構成

AP がネットワーク内の相手局を探索するため、ビーコンフレームを送信する。

#### (2) 信号伝送時間

約 1 mS

#### (3) 周期

100 mS

#### (4) DSRC への干渉

ETC の場合、1 スロットが 0.8 mS、1 フレームが 3 スロットの 2.4 mS だから、RLAN のパッシブスキャン信号が ETC の 1~2 フレーム衝突することになる。しかし、周期が長いので ETC のリトライで切り抜けられるか、ETC への影響度については別途検討する必要がある。

なお、パッシブスキャンにも CSMA/CA は適用される。

### 4.2.2. アクティブスキャンからの干渉

#### (1) フレーム構成

STA が相手局を探索するため、プローブ要求フレームを送信する。

#### (2) 信号伝送時間

約 1 mS (ドライバソフト依存)

#### (3) 周期

数秒～数分(電池節約のため)

---

[8] スキャンプロセスとして、BSSType によりアドホックネットワーク、インフラストラクチャネットワークまたはこれらの両方の、どれを探すかをユーザが指定できるが、多くの実装ではドライバソフトによってデフォルト値が決められている。

(4) DSRC への干渉

パッシブスキャンの場合に同じく、ETC への影響度については別途検討する必要がある。

### 4.3. RLAN の長いデータから DSRC への干渉

例として、HD ビデオストリーミング、クラウドへのファイルアクセスやアップロード等、非常に大きいデータを RLAN が送信しているときに、DSRC 通信が行われる状況を想定する。

(1) フレーム構成

RLAN のフレームフォーマットを下図に示す。

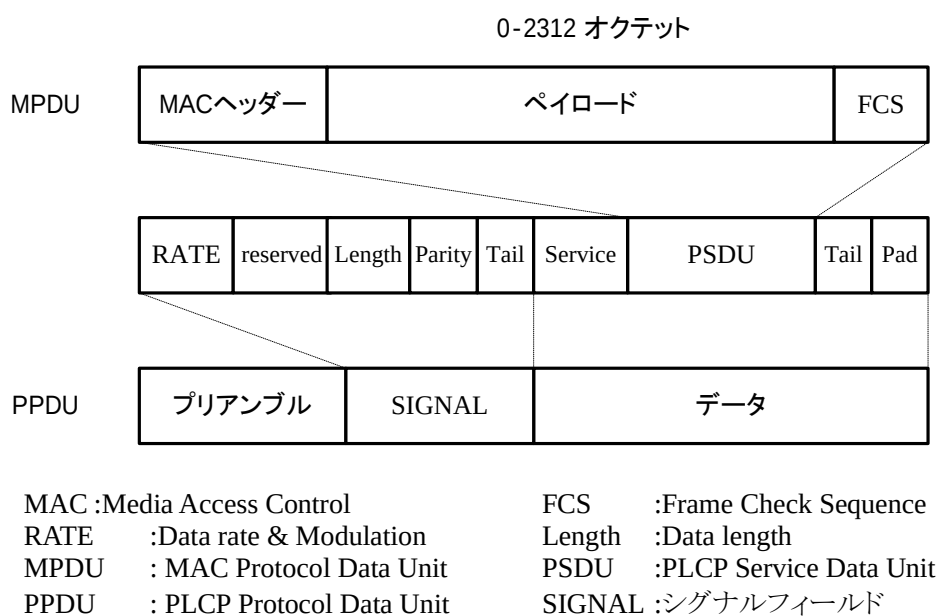


図 4.3-1 IEEE 802.11a のフレームフォーマット

(2) 信号伝送時間

まず、802.11a の場合を検討する。

802.11a では、ペイロードの規格上限は 2312 オクテットであり、そのときの PPDU 伝送時間は、

- ・伝送速度が 11a 最低速 (6 Mbps) のとき、3.2 mS
- ・伝送速度が 11a 最高速 (54 Mbps) のとき、370  $\mu$ S

(3) DSRC への干渉

RLAN の PPDU 伝送時間が ETC のフレーム長 (最短 2.4ms) を上回る場合 3.2 mS と長い場合であっても、アプリケーション無線通信トランザクション時間内で単発的な干渉では影響は限定的である。しかし、RLAN が更に送信すべきデータを大量に持つ

ている場合、あるいは ETC からの干渉により RLAN 送信局が ACK を受信できず、再送しようとする場合、RLAN は、別紙6の3項の DIFS+バックオフ時間内に回線ビジーを検出すれば送信を見合わせるが、DIFS+バックオフ時間を過ぎても回線アイドルと判定すれば、そのときデータを送信しようとする。このとき、DIFS+平均バックオフ時間 = 101.5  $\mu$ S である。

他方、ETC における MAC レイヤのスロットフォーマットでは、下図に示すようにスロット内に電波を発射しない空き時間がある。下図の X 印の時間窓は上記 DIFS+平均バックオフ時間より長いから、RLAN のいかなる CCA 機能も DSRC の電波を検出しない。従って、RLAN は回線がアイドル状態であると判定し、電波を発射する。すると、その時点から後の ETC の約 3 通信フレームで干渉を受ける。(衝突する。)

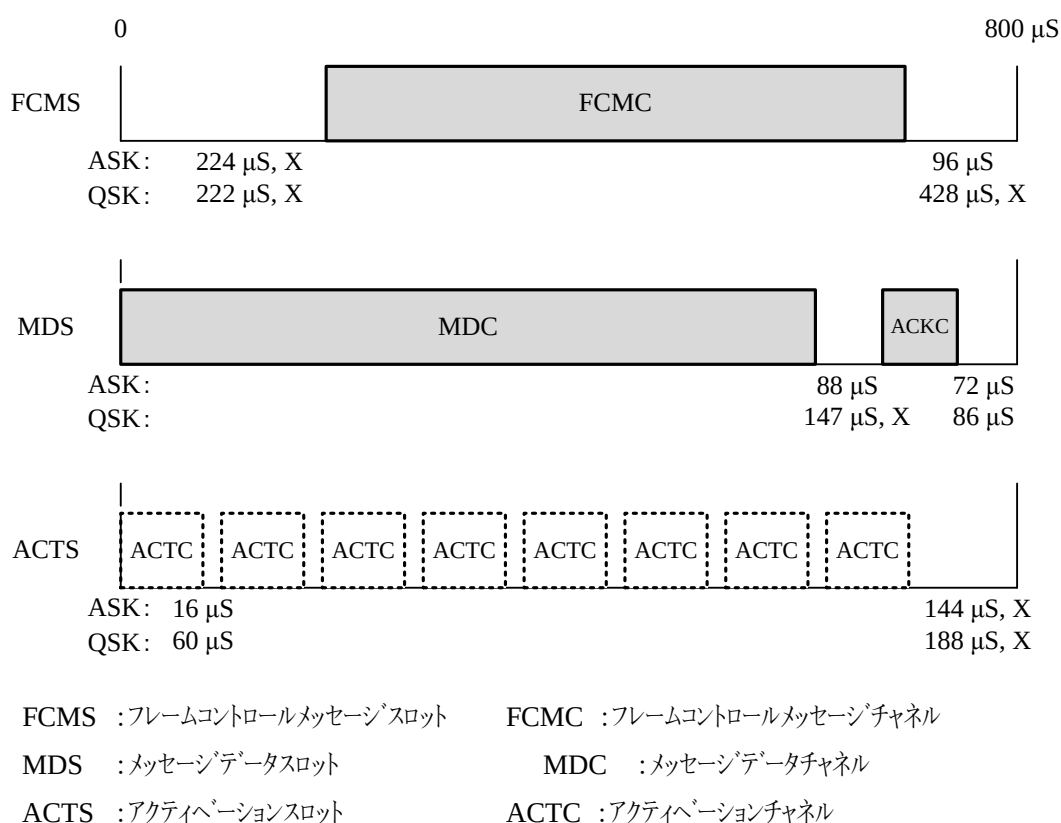


図 4.3-2 DSRC の各種スロットフォーマットの空き時間 <sup>[9]</sup>

この動作が繰り返され、結局、DSRC 側のリトライオーバーまたは通信時間切れ(車両が DSRC 通信ゾーンを抜ける)となって、DSRC のトランザクションは異常終了する。

11a が仮に最高伝送速度に設定されたときでも、RLAN のデータ伝送時間は 370  $\mu$ S

[9] ARIB STD-T75

なので DSRC の 1 スロットがつぶされ、同じ結果に至る。

なお、RLAN が IEEE 802.11n、11ac の場合、11a より伝送速度が高速となるが、他方、フレーム連結 (frame aggregation) により送信データの連結が許されるから、11a の場合のペイロードが最大 2312 オクテットという制限は外される。その結果、大量のデータを送ることができるから、データ伝送時間が著しく短くなることは期待できない。

結論として、何も対策を採らずに RLAN の使用周波数帯を現在運用中の DSRC 側へ拡張すると、RLAN から DSRC へのタイミング干渉により、DSRC の運用が阻害される。

## 5. 周波数共用のための干渉回避技術の検討

RLAN と DSRC の周波数共用のための干渉回避に関する技術的解を見出すことは、本来周波数共用を望む RLAN 側が検討すべきことと考えられるが、周波数共用が可能ならばそれは周波数の有効利用に貢献することになるので、DSRC 側の観点からも干渉回避技術を検討しておくことが望ましい。

以下に干渉回避技術の候補とその有効性を検討する。

### 5.1. 干渉回避技術の候補

#### 5.1.1. 案1 5.8GHz 帯 RLAN を「地域的な限定」や「屋内使用に限定」

地域的な限定は、インフラモード運用に対しては基地局の設置場所が特定されるので有効である。ただし、Wi-Fi テザリングやアドホックモードといった運用形態にあつては、RLAN 機器が移動するので、他の干渉回避技術との組み合わせが必要である。

周波数共用を許容すれば、屋内使用限定とは、自動車内の利用を認めない意味と明記しても、国内で 5.8GHz 帯 RLAN 機器の販売、利用が可能となる。そのとき、利用者がモバイル機器やポータブル機器を車内に持ち込み、RLAN を利用することを止めることは事実上できない。よってこの案は干渉を回避できない。

現在でも、米国、中国等からの外国人が一時的に持ち込むモバイル機器、ポータブル機器の RLAN は、U-NII 3 バンド (5.8 GHz 帯) で電波発射可能であり留意が必要である。

#### 5.1.2. 案2 RLAN の CCA 機能を利用

DSRC は時系列的、間欠的に電波を発射している。その空き時間窓に CW (連続波) 等を送信し、無線 LAN の CCA 機能 (無線 LAN 信号の信号レベルの検出と無線通信待機機能) により、「RSU 付近は DSRC の占有無線通信領域である。RLAN は送信待機せよ。」とすることが干渉回避対策となるか検討する。IEEE 802.11 規格は、CCA (Clear Channel Assessment) として、CS/CCA と CCA-ED の 2 種類を規定している。

### 5.1.3. 案2-1 CS/CCA を利用する案

- (1) CS/CCA 機能  
詳細は別紙 6 参照

- (2) CS/CCA は干渉対策になるか？

CS/CCA は、信号エネルギーでなく RLAN 信号フォーマットを見ている。DSRC は RLAN 信号フォーマットを送信しないから、RLAN は DSRC 信号を認識できない(中心周波数、変調方式、伝送速度、伝送フォーマットが異なるため)。よって、RLAN は回線アイドルと判定し、その時間窓で RLAN も電波を送信する。従って、干渉が生じる。

結論として、この案は干渉を回避できない。

### 5.1.4. 案2-2 CCA-ED を利用する案

- (1) CCA-ED 機能  
詳細は別紙 6 参照。

- (2) CCA-ED は干渉対策になるか？

CCA-ED(無線 LAN 信号の送信フレーム全体レベルの検知と検出と無線通信待機機能)とすることが干渉回避対策となるか検討する。IEEE802.11 の現行規定では、CCA/ED がオプションであることや検知スレッショルドレベルが高いことから、干渉を回避できない。

RLAN に DSRC の電波を検出する”listen before talk”機能を仮に持たせたとき、仮に CCA-ED を必須の要件とし、検知スレッショルドレベルを下げられれば干渉対策になる可能性がある。

ただし、現在の DSRC は断続的に電波を発射しているから、DSRC が電波を発射していない時間窓では RLAN が当該チャネルが空いていると判断し電波を発射する結果、干渉が起きる。

そこで、DSRC は仮に次のように RSU の機能を変更したとする。

- ① RSU が現在電波を発射していない DL の時間窓で、当該 DL チャネル中心周波数で CW を送信する。
- ② UL 時間中も、当該 DL チャネル中心周波数で CW を送信する。
- ③ CW 送信は、変調波と同じ電力、同じ空中線で送信する。
- ④ DL の送信は、変調波か CW とし、送信断の切れ目を作らないようにする。

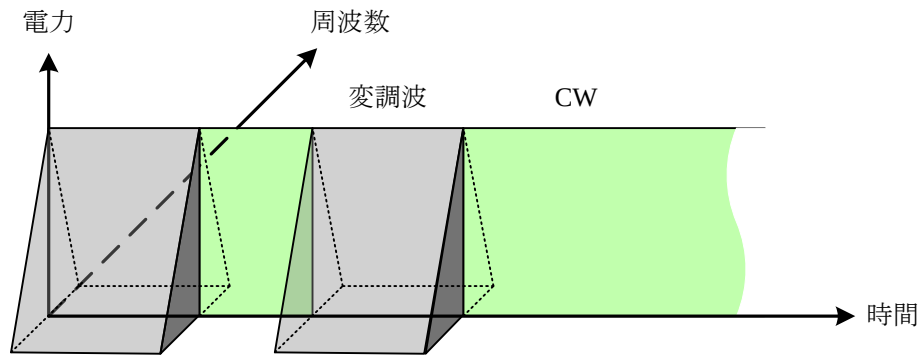


図 5.1-1 DSRC の DL 送信イメージ

(3) 評価

この方法では、以下の問題があり干渉を回避できない。

- ① (1)では、DSRCフレーム中の空白時間をCWで埋める案を示しているが、不要な通信を防止する目的で、そもそも車両が通信圏内にいない時は、電波を発射しない場合がある。

このため、RLAN 側が DSRC 電波を検知した時は RLAN が既に DSRC 近くにある場合があり、そのような DSRC 近傍で RLAN が電波発射すると、RSU と通信中の OBU 受信機に強い干渉を与える。

- ② サービスの形態や、設置場所の状況などで、アンテナの向きや、指向性は多種多様であるため、水平方向の送信 EIRP が同じではない。RLAN は、すべての DSRC 用 RSU に対して、干渉回避のために、スレッシュホールドレベルを設定しなければならないが、アンテナ設置条件が変わるため、適切なレベルは不明である。
- ③ RLAN 側が DSRC の DL 7ch をすべて同時に連続してモニターする必要がある。これは、RLAN が送信中であっても、DSRC の電波 7ch をモニターし続けなければならない。

### 5.1.5. 案3 DSRC ビーコン案

上記の案2-2を改良したもの。

- ① DSRC 側は、周波数共用支援のため、DSRC 路側無線装置近くに DSRC ビーコンを追加設置する。  
DSRC ビーコンは、水平面内無指向性で常時 CW 送信する。

- ② RLAN は、DSRC ビーコン電波を検出する機能 (CCA-ED 類似) を必須の機能として備える。

RLAN が DSRC 帯域で電波発射しようとするとき、また発射中も、DSRC ビーコン電波を検知し、その RSSI (受信信号強度) と所定のスレッショルドを比較することにより、RLAN は電波発射か待機かを判定する。

- ③ DSRC ビーコン用の周波数割当を求める。

この案は、RLAN と DSRC 間の離隔距離に相当する伝搬損失を確保する干渉回避技術として有力である。

詳細は別紙 11 参照。

#### 5.1.6. 案4 RLAN の NAV を利用する案

RLAN の NAV 機能については、別紙 6 参照。

DSRC の RSU に RLAN 機能の一部を付加し、空き時間に全チャンネルに RTS (送信制限信号) を送信することで、ゾーン内の STA に回線ビジーを通知することが干渉回避対策となるか検討する。RTS/CTS は隠れ端末問題対応として導入されたメカニズムであり、RLAN のすべての通信に義務付けられていない。

また、STA に回線ビジーを通知できたとしても、STA の沈黙時間は 32.767 mS である。ETC の 1 フレーム時間は 2.4 mS だから、ETC トランザクション内の 13 フレーム程度の沈黙となり不十分である。

更に、現場の RSU から見て、相手の RLAN 規格 (11a, 11n, 11ac の別)、設定伝送速度等の情報を事前に知ることができないという事情も考慮が必要である。

結論として、この案は干渉を回避できない。

#### 5.1.7. 案5 電波発射時間を制限する案

RLAN の連続大量データ送信を抑止するなど、周波数チャンネルの占有時間を短縮できればタイミング干渉を軽減できる可能性がある。そこで、RLAN が DSRC 帯域 (隣々接チャンネルを含む) で電波を発射しようとするときは、RLAN の電波発射時間に制限を設けることが考えられる。諸元例として下記に示す通り。

- |            |                                 |
|------------|---------------------------------|
| ① 電波発射時間   | 3.2 mS 以下                       |
|            | 11a のデータレートが最低速でペイロードが最長の場合を想定。 |
|            | 11a 以外にも適用。                     |
| ② 電波発射休止時間 | 電波発射後 1 S 以上                    |

実際には、ある DSRC 局の周辺に存在する RLAN 局の数は非常に多いと想定する必要がある。そのような集合干渉環境では各 RLAN 局が時間軸上ランダムに電波を発射するから、DSRC 局から見ると任意の時刻で RLAN 局からの電波が高い確率で到着し、干渉することが起こりうる。



結論として、この案は干渉を回避できない。

## 5.2. 干渉回避技術の検討結果

前項での干渉回避技術の検討結果を表 5.2-1 にまとめる。

表 5.2-1 干渉回避技術の検討結果

| 回避技術 |     | インフラモード | テザリング | アドホックモード | 備考                            |
|------|-----|---------|-------|----------|-------------------------------|
| 案1   |     | △       | ×     | ×        |                               |
| 案2   | 2-1 | ×       | ×     | ×        |                               |
|      | 2-2 | △       | △     | △        | 条件<br>CCD-ED が必須で<br>検知レベルが改善 |
| 案3   |     | △       | △     | △        |                               |
| 案4   |     | ×       | ×     | ×        |                               |
| 案5   |     | ×       | ×     | ×        |                               |

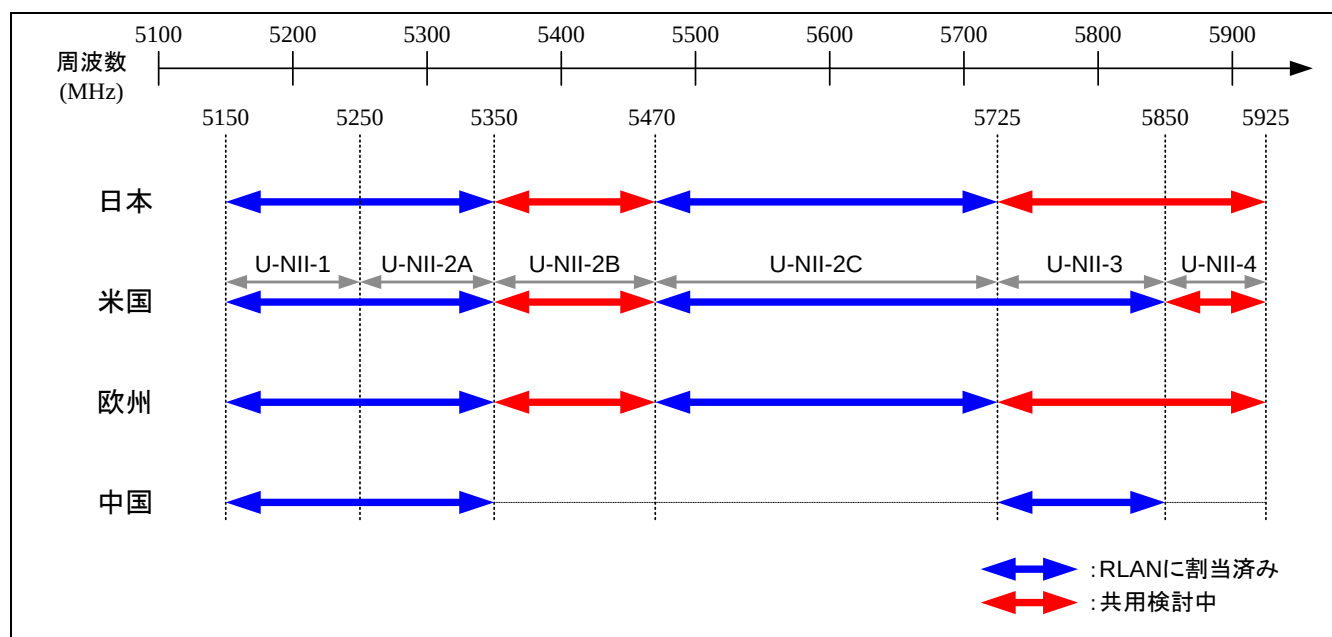
○：干渉を回避できる可能性がある。

△：諸条件を追加することで、干渉を低減または回避できる可能性がある。

×：干渉を回避できる可能性がほとんどなし。

インフラモードでの干渉に対しては、案1(「地域的な限定(DSRC 通信範囲より所要の離隔距離(別紙 9 参照)を取って運用。))または「屋内使用に限定」(屋内で所要の離隔距離を取って運用。))により干渉を回避できる可能性がある。テザリング、アドホックモードに対する干渉対策には、案3(DSRC ビーコン方式)が有効である可能性が高いが、実現可能性と現実性(feasibility and practicality)については更なる検討が必要である。なお、案3のDSRCビーコン方式は本報告書ではじめて発表されたものであり、その実現可能性と現実性(feasibility and practicality)については、今後関係者と十分な意見調整をした上で進めていく必要があると考えられる。

別紙1 各国のRLAN用5GHz帯周波数割当状況 [10], [11], [12], [13]



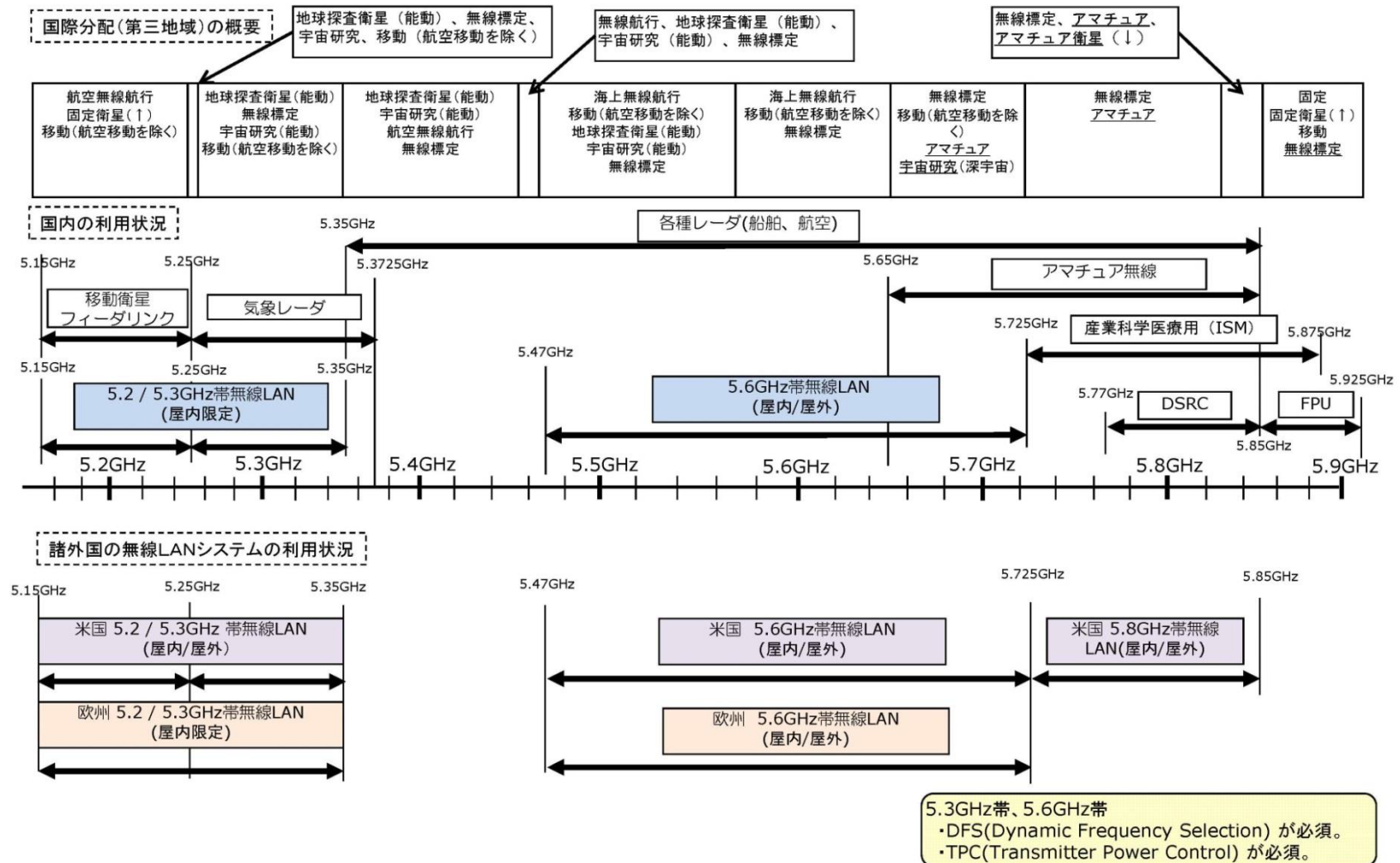
[10] 日本: 電波政策ビジョン懇談会資料 [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000302727.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000302727.pdf)

[11] 米国: FCC Rules, Part 15, Subpart E  
FCC 14-30, 1st R&O

[12] 欧州: <http://www.efis.dk/sitecontent.jsp?sitecontent=ecatable>

[13] 中国: <http://wifiamateur.blogspot.jp/2013/04/china-opened-more-channels-in-5-ghz.html>  
<http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n12843926/n13917072/15140529.html>  
<http://www.silexamerica.com/unwired/understanding-chinas-wireless-regulations-ieee-802-11d/>

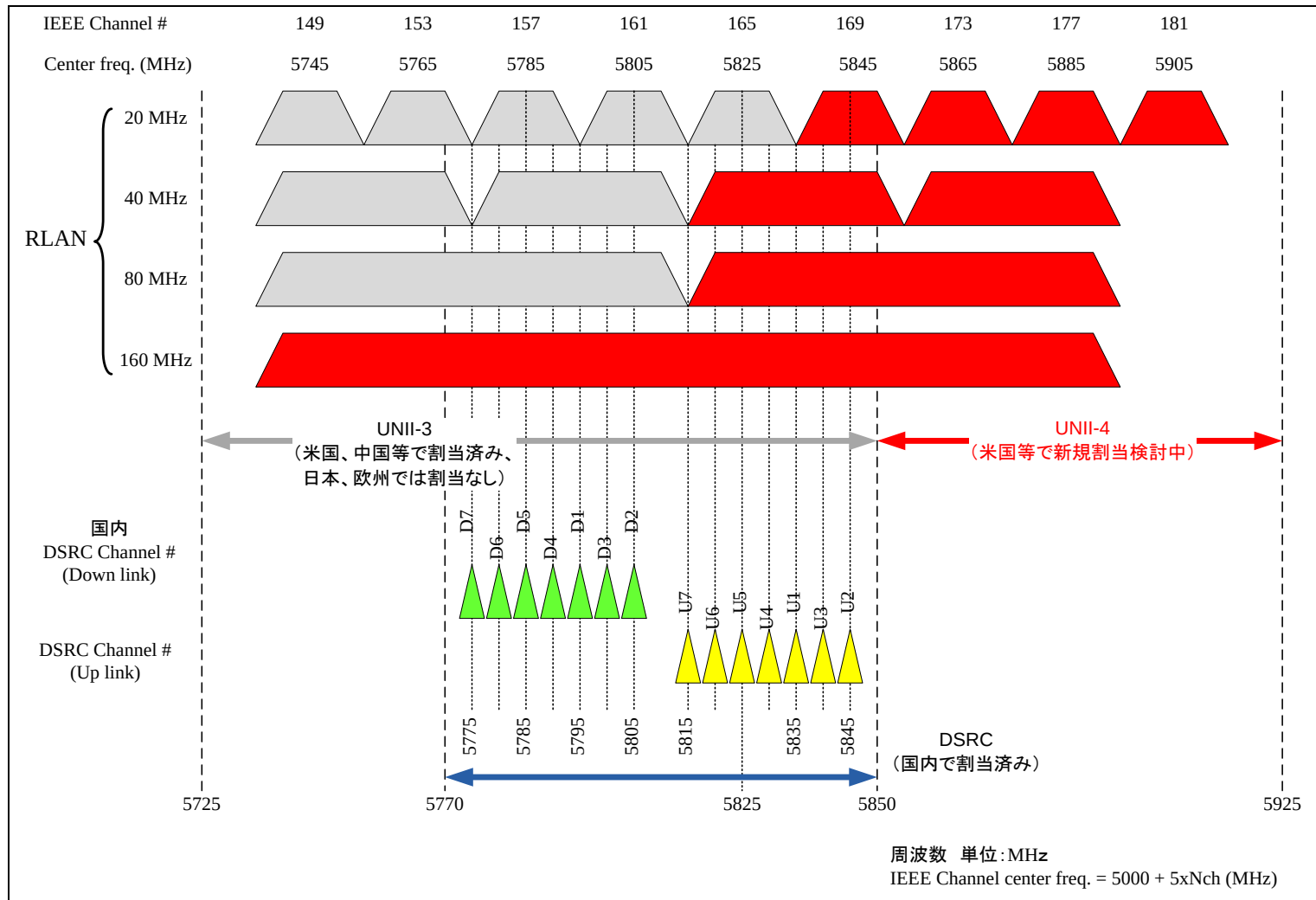
## 別紙2 5GHz帯周波数の国内使用状況



出典：電波政策ビジョン懇談会 最終報告書 平成 26 年 12 月 [http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban09\\_02000151.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000151.html)

© 2016 ITS Info-communications Forum

### 別紙3 RLANとDSRCの周波数共用検討－周波数関係チャート



出典: NTIA レポート(2013.1.25)、FCC 14-30 “1st R & O” (2014.4.1)、無線設備規則、ARIB STD-T75 等

## 別紙4 RLAN と DSRC の周波数共用検討における基本的な考え方

RLAN と DSRC の周波数共用の検討に当たっては、「現在運用中の無線システムの運用に支障がない範囲において周波数共用の検討を進める。」ことを原則とする。

その考え方は、以下の通りである。

### ① WRC-15 決議

2015 年 11 月にジュネーブで開催された世界無線通信会議(WRC-15)にて、次回 2019 年に開催される WRC-19 での議題が、下記 RESOLUTION 809 (WRC-15)として決議された。

その WRC-19 での議題の1つとして、5150 MHz から 5925 MHz までの周波数帯における RLAN 関連事項を検討し、追加の周波数割当を含む適切な法制上のアクションをとることとなった。<sup>[14]</sup>

この 5150 MHz から 5925 MHz までの周波数帯には、国内 DSRC の 5.8 GHz 帯も含まれる。

### RESOLUTION 809 (WRC-15)

#### Agenda for the 2019 World Radiocommunication Conference

The World Radiocommunication Conference (Geneva, 2015),

*considering*

.....(一部省略)

*resolves*

to recommend to the Council that a world radiocommunication conference be held in 2019 for a maximum period of four weeks, with the following agenda:

.....(一部省略)

1.16 to consider issues related to wireless access systems, including radio local area networks (WAS/RLAN), in the frequency bands between 5 150 MHz and 5 925 MHz, and take the appropriate regulatory actions, including additional spectrum allocations to the mobile service, in accordance with Resolution **239 (WRC-15)**;

.....(以下省略)

上記文章で言及している RESOLUTION 239 (WRC-15)(下記参照)では、5150 MHz から 5925 MHz までの周波数帯で RLAN との周波数共用に関し技術的検討を進めることとしており、その”invites ITU-R ”パラグラフの b)項に上記原則と同趣旨のことが記載されている。

---

[14] Final Acts WRC-15

<http://www.itu.int/pub/R-ACT-WRC.12-2015/en>

世界無線通信会議(WRC)は国際電気通信条約に基づき設置された会議で、加盟国無線通信主管庁及び登録団体が出席し、3～4 年毎に開催される。そこで決定された周波数割当に基づき無線通信規則(Radio Regulations)が改正される。

RESOLUTION 239 (WRC-15)  
**Studies concerning Wireless Access Systems including radio local  
area networks in the frequency bands between  
5 150 MHz and 5 925 MHz**

The World Radiocommunication Conference (Geneva, 2015),

*considering*

- a) that there has been considerable growth in the demand for Wireless Access Systems including radio local area networks (WAS/RLAN) applications with multimedia capabilities;
- b) that WAS/RLAN applications contribute to global economic and social development by providing a wide range of multimedia applications;
- c) that there is a need to continually take advantage of technological developments in order to increase the efficient use of spectrum and facilitate spectrum access;
- d) that as technology evolves to meet increasing performance demands and traffic on broadband WAS increases, the use of wider bandwidth channels in order to support high data rates creates a need for additional spectrum;
- e) that the frequency band 5 350-5 460 MHz is allocated worldwide on a primary basis to the aeronautical radionavigation service (No. 5.449);
- f) that the frequency band 5 460-5 470 MHz is allocated worldwide on a primary basis to the radionavigation service (No. 5.449);
- g) that the frequency band 5 350 to 5 470 MHz is allocated worldwide on a co-primary basis to the Earth exploration-satellite service (active) (No. 5.448B), the space research service (active) (No. 5.448C) and the radiolocation service (No. 5.448D);
- h) that the frequency bands between 5 725 and 5 850 MHz are allocated worldwide on a primary basis to the radiolocation service and, in Region 1, to the fixed-satellite service;
- i) that the frequency band 5 850-5 925 MHz is allocated worldwide on a primary basis to the mobile service, the fixed service and the fixed-satellite service;
- j) that there is a need to protect the incumbent primary services including their current and planned use;
- k) that there may be a need to specify potential technical and operational restrictions for WAS/RLAN operating in the mobile service within the 5 GHz frequency range to facilitate sharing with systems of incumbent services,

*considering further*

- a) that adequate and timely availability of spectrum and supporting regulatory provisions are essential to support future growth of WAS/RLAN applications;
- b) that harmonized worldwide bands that support future growth of WAS/RLAN applications are highly desirable in order to achieve the benefits of economies of scale,

*noting*

- a) that the frequency bands 5 150- 5 250 MHz, 5 250- 5 350 MHz and 5 470- 5 725 MHz are allocated to the mobile service on a primary basis for the implementation of WAS/RLAN applications in accordance with Resolution 229 (Rev.WRC-12);
- b) that the frequency band 5 250-5 850 MHz is allocated worldwide on a primary basis to the radiolocation service;
- c) that in the frequency bands 5 350 -5 470 MHz there are no primary mobile allocations;
- d) that in the frequency band 5 725-5 850 MHz there is no primary mobile allocation, however, the band is allocated by footnote to the fixed and mobile service in some countries, and additionally WAS/RLAN use is already authorized in some countries situated in each of the ITU-R regions;
- e) that the Earth exploration-satellite service (active) allocations in the frequency bands 5 350-5 460 MHz and 5 460-5 470 MHz are essential for Earth-observation programmes such as Copernicus (Sentinel-1 and Sentinel-3), Jason, Sentinel-6 and RADARSAT (RADARSAT-2 and RADARSAT-3) and that the data these provide is vital for reliable and up-to-date information on how our planet and its climate are changing;
- ebis) that future Earth exploration-satellite service (active) systems are being planned to utilize up to 300 MHz of bandwidth within the 5 GHz EESS allocated frequency band to improve image resolution and provide improved applications to users;
- f) that the frequency band 5 150-5 250 MHz is also allocated worldwide on a primary basis to the aeronautical radionavigation service and to the fixed-satellite service (No. 5.447A);
- g) that the frequency bands between 5 250 and 5 350 MHz are also allocated worldwide on a primary basis to the Earth exploration-satellite service (active), the space research service and the space research (active) service;
- h) that protection and performance criteria for systems of incumbent services are available in ITU-R,

*recognizing*

- a) that the compatibility studies performed by ITU-R in preparation for this conference indicate that when assuming the use of WAS/RLAN mitigation measures limited to the regulatory provisions of Resolution 229 (Rev.WRC-12), sharing between WAS/RLAN and the EESS (active) systems in the frequency bands 5 350 to 5 470 MHz would not be feasible, as well as being insufficient to ensure protection of certain radar types in this frequency band; for these cases, sharing may only be feasible if additional WAS/RLAN mitigation measures are implemented, however, no agreement was reached on the applicability of any additional WAS/RLAN mitigation techniques;
- b) that the results of ITU-R studies indicate that the minimum spectrum need for WAS/RLAN in the 5 GHz frequency range in the year 2018 is estimated at 880 MHz; this figure includes 455-580 MHz already utilized by non-IMT mobile broadband applications operating within the 5 GHz range resulting in 300-425 MHz additional spectrum being required;

- c) that WAS/RLAN devices utilize the following frequency bands in the 5 GHz frequency range: 5 150-5 250 MHz, 5 250-5 350 MHz, 5 470-5 725 MHz and, in some countries 5 725-5 850 MHz;
- d) that the frequency band 5 850-5 925 MHz is extensively used in some countries by the fixed-satellite service;
- e) that additional global allocations to the mobile service in the frequency bands 5 350-5 470 MHz and 5 725-5 850 MHz would facilitate contiguous spectrum for WAS/RLAN, thereby enabling the use of wider channel bandwidths to support higher data throughput;
- f) that sharing studies should consider additional mitigation techniques to ensure that WAS/RLAN devices would not result in degradation of the performance for existing systems;
- g) that the application of possible additional WAS/RLAN mitigation measures referred to in recognizing a) may also be relevant to enable WAS/RLAN outdoor operation in other frequency bands;
- h) that the frequency band 5 725-5 875 MHz is also designated for industrial, scientific and medical (ISM) applications and that radiocommunication services operating within this frequency band must accept harmful interference which may be caused by these applications in accordance with No. 5.150,

*resolves to invite the 2019 World Radiocommunication Conference*

to consider the results of the ITU-R studies and take appropriate actions,

*invites ITU-R*

to conduct and complete the following in time for WRC-19:

- a) to study WAS/RLAN technical characteristics and operational requirements in the 5 GHz frequency range;
- b) to conduct studies with a view to identify potential WAS/RLAN mitigation techniques to facilitate sharing with incumbent systems in the frequency bands 5 150-5 350 MHz, 5 350-5 470 MHz, 5 725-5 850 MHz and 5 850-5 925 MHz, while ensuring the protection of incumbent services including their current and planned use;
- c) to perform sharing and compatibility studies between WAS/RLAN applications and incumbent services in the frequency band 5 150-5 350 MHz with the possibility of enabling outdoor WAS/RLAN operations including possible associated conditions;
- d) to conduct further sharing and compatibility studies between WAS/RLAN applications and incumbent services addressing:
  - i) whether any additional mitigation techniques in the frequency band 5 350-5 470 MHz beyond those analysed in the studies referred to in recognizing a) would provide coexistence between WAS/RLAN systems and EESS (active) and SRS (active) systems;
  - ii) whether any mitigation techniques in the frequency band 5 350-5 470 MHz would provide compatibility between WAS/RLAN systems and radio determination systems;



iii) whether the results of studies under points i) and ii) would enable an allocation of the frequency band 5 350-5 470 MHz to the mobile service with a view to accommodating WAS/RLAN use;

e) to also conduct detailed sharing and compatibility studies, including mitigation techniques, between WAS/RLAN and incumbent services in the frequency band 5 725- 5 850 MHz with a view to enabling a mobile service allocation to accommodate WAS/RLAN use;

f) to also conduct detailed sharing and compatibility studies, including mitigation techniques, between WAS/RLAN and incumbent services in the frequency band 5 850-5 925 MHz with a view to accommodating WAS/RLAN use under the existing primary mobile service allocation while not imposing any additional constraints on the existing services,

*invites administrations*

to participate in the studies by submitting contributions to ITU-R.

② 日本

- 平成 26 年、電波政策ビジョン懇談会が最終報告書をまとめるに当たり、意見募集を行ったときの懇談会の考え方として、「既存の無線システムが存在する場合、その運用に支障がない範囲において周波数共用等を推進していくことが求められると考えます。」と記載されている。<sup>[15]</sup>

③ 米国

- RLAN の周波数帯拡張に関する FCC の NPRM の中に以下の文言がある。

“what measures should be taken to protect non-radar systems that operate in the U-NII-2B and U-NII-4 bands and what is the cost implication for manufacturers, vendors and consumers?”

We seek comment on what types of sharing technology or techniques could be used to protect non-radar systems, such as the DSRCs which includes both road side units (RSU-fixed) and on board units (OBU-mobile) operating under a primary allocation.”<sup>[16]</sup>

(U-NII-2B 及び U-NII-4 バンドで運用する非レーダーシステムを保護するためにいかなる対策を採るべきか？ 製造者、ベンダー、消費者のコスト面はどうか？ 一次用途割当てで運用する DSRC (路側無線装置と車載器の両方を含む) のような非レーダーシステムを保護するために、どのようなタイプの共用技術を使用しうるかについてコメントを求める。)

“The NPRM proposes to modify certain technical requirements for U-NII devices to ensure that these devices can continue to operate successfully while protecting incumbent

[15] 最終報告書(案)に対する意見募集の結果:「電波政策ビジョン懇談会 最終報告書(案)」に対して提出された意見と懇談会の考え方、p.1, 番号 6 等。

[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban09\\_02000151.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000151.html)

[16] FCC13-22, NPRM, February 20, 2013, para. 101

spectrum users.”<sup>[17]</sup>

(本 NPRM は、現在運用中のスペクトラムユーザーを保護しつつ、U-NII デバイスが成功裏に運用を続けられることを確保するため、技術的要求事項を修正することを提案する。)

- 上記 FCC の NPRM に対する IEEE の回答の中に次の文言がある。

The goal of this document is to inform regulators about initial discussions regarding the feasibility and practicality of sharing the 5.9 GHz band and outlining future analysis and field/lab testing that needs to take place to assure that these techniques will protect DSRC transmissions from harmful interference when deployed in the mass market.

There was no consensus among the participants.<sup>[18]</sup>

(本書のゴールは、5.9 GHz 帯の共有の実現可能性および現実性に関する最初の議論に関して規制者に通知すること、

並びに、

マスマーケットで展開した時、これらの技術が DSRC を有害な干渉から保護することを実現するために必要な将来の分析及びフィールドテスト／ラボテストを概説することである。

参加者の間で合意はとれなかった。)

- RLAN に関する現行法令 (FCC ルール) に以下の規定があり、RLAN の法令上の位置付けを明確にしている。

(b) Operation of an intentional, unintentional, or incidental radiator is subject to the conditions that no harmful interference is caused and that interference must be accepted that may be caused by the operation of an authorized radio station, by another intentional or unintentional radiator, by industrial, scientific and medical (ISM) equipment, or by an incidental radiator.<sup>[19]</sup>

(意図的放射器、非意図的放射器、または付帯的放射器<sup>[20]</sup>の運用は、

有害な干渉を与えないこと、

並びに、

免許を受けた無線局、別の意図的放射器、非意図的放射器、ISM 機器、または付帯的放射器の運用によって生じるかもしれない干渉を受け入れなければならない、

という条件に従うこと。)

---

[17] FCC 13-22, NPRM, February 20, 2013, Appendix D para. 1. A

[18] IEEE 802 Report of DSRC Coexistence Tiger Team, Doc.:IEEE802.18-15/0016r1, March 2015, p.1, Abstract

[19] CFR 47, Part 15--Radio Frequency Devices, Subpart A--General, §15.5 General conditions of operation, (b)

[20] RLAN(U-NII)は付帯的放射器の一種。CFR 47, Part 15--Radio Frequency Devices, Subpart E --U-NII Devices, §15.403 Definitions (s)

(c) The operator of a radio frequency device shall be required to cease operating the device upon notification by a Commission representative that the device is causing harmful interference. Operation shall not resume until the condition causing the harmful interference has been corrected. <sup>[21]</sup>

(無線周波数デバイスの運用者は、FCC から当該デバイスが有害な干渉を与えているとの通知を受けたときは、直ちにデバイスの運用を停止しなければならない。有害な干渉を生じさせている条件が解消されるまで、運用を再開してはならない。)

#### ④ 欧州

- EC(欧州委員会)が CEPT に宛てた周波数共用検討指示の中に次の文言がある。

##### 1. PURPOSE

To mandate CEPT to study and identify harmonised compatibility and sharing conditions for a sustainable and efficient use on a shared basis of the frequency bands 5350-5470 MHz and 5725-5925 MHz ('WAS/RLAN extension bands') for wireless access systems including radio local area networks (WAS/RLANs). Based on the results of the necessary coexistence studies, the operational sharing conditions for WAS/RLANs should in particular ensure that protection is guaranteed for priority systems supporting EU policies, such as GMES (Global Monitoring for Environment and Security) and ITS (Intelligent Transport Systems) and that coexistence with other systems in these and adjacent frequency bands is safeguarded. <sup>[22]</sup>

##### (1. 目的

RLAN(WAS/RLAN)を含むワイヤレス アクセス システムのために、5350-5470MHz および 5725-5925MHz(「WAS/RLAN 拡張バンド」)の周波数帯を、共用ベースで、持続可能かつ効率的に使用するために、調和のとれた互換性と共用条件を研究し識別するよう CEPT に命ずること。

WAS/RLAN に対する運用上の共用条件は、特に、

GMES(環境とセキュリティのためのグローバルなモニタリング)や ITS(高度道路交通システム)のような、EU の政策をサポートする優先システムに対する保護が保障されること、

並びに、

これらの周波数バンド及び隣接周波数バンドで他のシステムとの共存が保障されること、を保障すること。)

ここでいう ITS は、国内の ITS/DSRC に対応する。

---

[21] CFR 47, Part 15--Radio Frequency Devices, Subpart A--General, §15.5 General conditions of operation, (c)

[22] Mandate to CEPT to study and identify harmonised compatibility and sharing conditions for Wireless Access Systems including Radio Local Area Networks in the bands 5350-5470 MHz and 5725-5925 MHz ('WAS/RLAN extension bands') for the provision of wireless broadband services, 02 September 2013

- CEPT から EC (欧州委員会) への報告書の中に次の文言がある。

#### General conclusions

Overall, considering the results of the studies performed under Tasks (1) and (2) of the EC Mandate at the time of finalising this report, it is not possible to specify any appropriate mitigation techniques and/or operational compatibility and sharing conditions that would allow WAS/RLANs to be operated in the bands 5350-5470 MHz and 5725-5925 MHz while ensuring relevant protection of incumbent services in these bands. It should also be noted that some studies (in particular on mitigation techniques) have not been completed in the timeframe for delivering Task (2) of the mandate and additional studies are being conducted within CEPT, the results of these studies could be reported in the expected CEPT Report under Task (3) of the mandate. <sup>[23]</sup>

#### (一般的な結論

全体として、この報告書を終了させる時点で、EC 指示のタスク(1)及びタスク(2)の下で行なわれた研究の結果を考えると、WAS/RLAN が 5350-5470 MHz 及び 5725-5925 MHz のバンド内で現在運用中のサービスの保護を保証しつつ、WAS/RLAN がこのバンドで運用可能となるような適切な緩和技術、運用上の互換性、共用条件を指定することはできない。

また、EC 指示のタスク(2)の結果を出す時間枠の中では、いくつかの研究(特に緩和技術に関し)が完了していないことに注目していただきたい。追加の研究は CEPT 内で 引き続き行われ、EC 指示のタスク(3)に関する今後の CEPT 報告書の中で結果を報告できるかもしれない。)

- IEEE から FCC へインプットされた文書の中で、欧州情報に関し次の文言がある。これも重要なポイント。

#### Conclusion

In its report to the EU commission the European regulators have stated some important requirements for a potential coexistence between future RLAN deployment and ITS in the 5GHz band:

- The European channel allocation and the channel bandwidth of 10 MHz cannot be changed.
- Channel reallocation to avoid interference between C-ITS and 802.11 RLAN is not feasible. In Europe not all channels are allocated yet, therefore channel relocation is not supported by the European regulators. <sup>[24]</sup>

#### (結論

---

[23] CEPT Report 57, Report A from CEPT to the European Commission in response to the Mandate, 6 March 2015, p.4

[24] IEEE 802 Report of DSRC Coexistence Tiger Team, Doc.:IEEE802.18-15/0016r1, March 2015, Appendix C Conclusion

欧州委員会への報告書の中で、ヨーロッパのレギュレーターは、5 GHz 帯の将来の RLAN 配備と ITS の間の潜在的な共存のためにいくつかの重要な要件を述べた:

- ヨーロッパのチャンネル割当て及び 10 MHz のチャンネル帯域幅は変更できない。
- C-ITS と 802.11 RLAN の間の干渉を回避するために、チャンネルを割当てし直すことは実現不可能である。ヨーロッパでは、すべてのチャンネルが割当てられているわけではないが、チャンネル再配置がヨーロッパのレギュレーターによって支持されることはない。)

## 別紙5 (欠番)

## 別紙6 RLAN の CSMA/CA と DFS

IEEE 802.11 規格では、通信の衝突回避のために CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) 機能を規定している。それは CCA (Clear Channel Assessment) とタイミング制御及び NAV ( Network Allocation Vector) より成る。

### 6.1. CCA

CCA は、回線がビジー状態であるか否かを物理的に判定するもので、CS (キャリア検出) 機能である。CS (Carrier Sense)/CCA と CCA-ED (Energy Detection) の 2 種類がある。

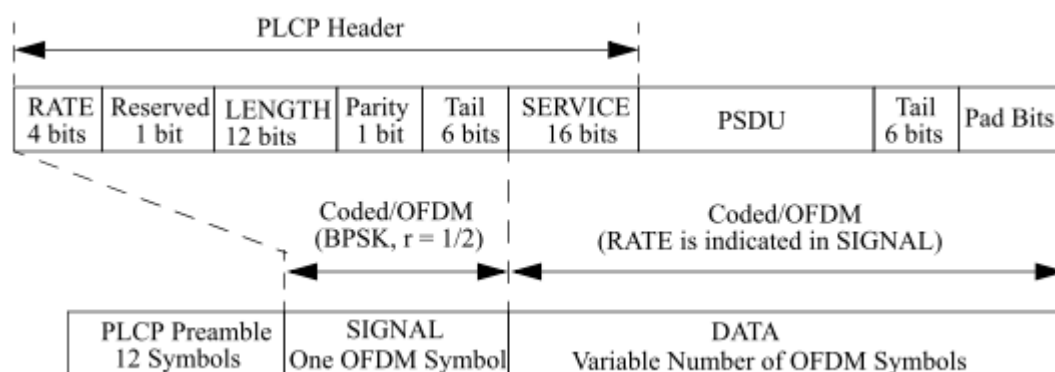
CS/CCA は必須で、CCA-ED はオプションとされている。

#### 6.1.1. CS/CCA

##### (1) CS/CCA 機能

CS (Carrier Sense)/CCA とは、入力された Wi-Fi 信号のプリアンプルを検出し、プリアンプルに続く信号をデコードする RLAN 受信機能力をいう。

CS/CCA は、他局の Wi-Fi 信号から SIGNAL フィールドを検出したとき、回線ビジーを報告する。また、受信した PLCP の LENGTH フィールドで指示された長さのデータを受信する間、回線ビジーを維持する。もし、SIGNAL フィールド以後の DATA を正常に受信できなかったときは、CS/CCA は回線アイドルに戻す。<sup>[25]</sup>



別紙図 6-1 PPDU フレームフォーマット <sup>[26]</sup>

上図先頭の PLCP プリアンプルはトレーニングシンボルで、キャリア同期用。

[25] IEEE 802.11-2012, §18.3.12

[26] IEEE 802.11-2012, Fig. 18-1

SIGNAL フィールド内の RATE は後続データのデータ伝送速度を指示し、LENGTH はデータの長さを表す。

SIGNAL は全 24 ビットで、このフィールドは、OFDM 方式では変調方式が BPSK でコーディングレート  $r = 1/2$  で統一的に変調され、その伝送速度は 6 Mbps 一定と定められている。従って、SIGNAL フィールドの伝送時間は 4  $\mu$ S。

## (2) CS/CCA に関する IEEE 802.11 規格の規定

- ① CS/CCA は必須。<sup>[27], [28]</sup>
- ② 20 MHz/ch (802.11a) では、BPSK で  $r = 1/2$  のときの受信機最小受信感度である -82 dBm 以上を受信したとき、4  $\mu$ S 内に 90 % 以上の確率で回線ビジーを示すこと。<sup>[29]</sup>
- ③ 802.11n では、20 MHz/ch ずつのプライマリーチャネルとセカンダリーチャネルの両方で CCA をセンスする。  
40 MHz/ch 運用のとき、受信レベル -79 dBm 以上を受信したとき、4  $\mu$ S 内に 90 % 以上の確率で回線ビジーを示すこと。<sup>[30]</sup>

### 6.1.2. CCA-ED

#### (1) CCA-ED 機能

CCA-ED (Energy Detection) とは、当該チャネルに存在する周囲のエネルギー、干渉信号、デコード不能な Wi-Fi エネルギー等を検出する受信機能力を言う。

CCA-ED は、スロットタイム毎に回線上のエネルギーの RSSI をサンプリング検出する。検出値が CCA-ED スレッシュホールドを超えているかどうかで回線ビジーかアイドルかを判定する。<sup>[31]</sup>

#### (2) CCA-ED に関する IEEE 802.11 規格の規定

- ① CCA-ED の実装は、country element (国、地域) 別及び operating class (チャネル番号すなわち周波数帯) 別に適用が限定されている。  
たとえば、北米地域では 3.65-3.70 GHz 帯に適用が限定されている。  
国内では適用なし。<sup>[32], [33]</sup>
- ② CCA-ED スレッシュホールドは、20 MHz/ch のとき、受信機入力レベルとして -72 dBm 以下。  
<sup>[34]</sup>

CCA-ED スレッシュホールドは、CS/CCA スレッシュホールドより 10 dB 高い。

[27] IEEE 802.11-2012, §18.3.6, §19.3.5

[28] IEEE 802.11ac-2013, §E.2.2

[29] IEEE 802.11-2012, §18.3.10.6, §18.3.10.2, §20.3.21.5, IEEE 802.11a-1999, §17.3.10.5

[30] IEEE 802.11-2012, §20.3.21.5, IEEE 802.11n-2009, §20.3.22.5.2

[31] IEEE 802.11-2012, §18.3.10.6

[32] IEEE 802.11-2012, §18.3.10.6, Annex B B.4.8, Annex E Table E1~E4

[33] IEEE 802.11ac-2013, §E.2.2, §22.3.19.5

[34] IEEE 802.11-2012, Annex D D2.5



## 6.2. 仮想キャリアセンス

RLAN が回線が使用可能かどうかを決定するために行うキャリアセンスには、物理キャリアセンスと仮想キャリアセンスの 2 種類がある。

いずれかのキャリアセンスで回線がビジーであった場合、MAC は上位層に回線がビジーであると通知する。

### 6.2.1. RTS/CTS

仮想キャリアセンスの代表的なものが RTS/CTS である。

### 6.2.2. NAV(Network Allocation Vector ネットワーク割当てベクトル)

NAV も仮想キャリアセンスの 1 種。

802.11 フレームは duration(持続時間)フィールドを持つ。これは、ある特定の時間、回線を予約するために用いられる。NAV は回線が予約されている時間を示すマイクロ秒単位のタイマーである。

STA は、回線を使用すると予想される時間に NAV を設定し送信する。この NAV を受信した他の STA は NAV が 0 になるまでカウントダウンする。仮想キャリアセンスでは、NAV が 0 でなければ回線がビジーであると認識し、NAV が 0 になると回線がアイドルであると認識する。アイドルとなった時点で送信可能となる。

NAV は、RTS フレームまたは CTS フレームのフレームヘッダで運ばれる。

Duration の最大は、32 767  $\mu$ S。<sup>[35]</sup>

---

[35] IEEE 802.11-2012, §8.2.4.2 Table 8-3

### 6.3. タイミング制御

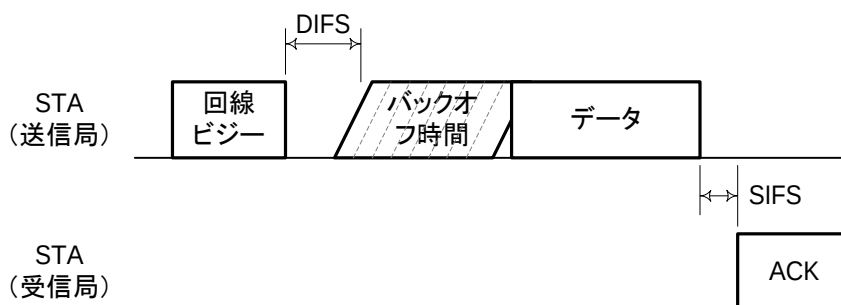
IEEE 802.11 MAC の CSMA/CA は DCF (Distributed Coordination Function) と呼ばれる。DCF はすべての STA への実装が必須。

STA は、CCA によって回線ビジーからアイドル状態に移行したことを認識後、DIFS、SIFS、バックオフ時間の間はキャリアセンスを行い、アイドル状態を確認した上でデータフレームを送信する。特に、DIFS とバックオフ時間制御により衝突確率を下げるようにしている。

DIFS (distributed (coordination function) interframe space) とは、ビジー状態のチャネルから信号が検出されなくなり、アイドル状態に移行したと判断されるまでの時間をいう。

SIFS (short interframe space) とは、フレーム送信間隔における最短の待ち時間。Ack フレームなどに適用される。

バックオフ時間とは、フレームの衝突を回避するために、フレーム送信を待機するランダム時間をいう。



別紙図 6-2 DCF タイミング制御

DIFS:  $34 \mu\text{S}$ ,  $\text{DIFS} = \text{aSIFSTime} + 2 \times \text{aSlotTime}$  [36]

SIFS:  $16 \mu\text{S}$

バックオフ時間 =  $\text{Random()} \times \text{aSlotTime}$  [37]

Random() : 一様分布乱数で  $[0, \text{CW}]$  の範囲の整数

CW : Contention Window,  $\text{CWmin} = 15$

aSlotTime :  $9 \mu\text{S}$  (@20 MHz/ch) [38]

よって、

バックオフ時間 :  $0 \sim 135 \mu\text{S}$ 、

平均バックオフ時間 :  $67.5 \mu\text{S}$

$\text{DIFS} + \text{平均バックオフ時間} = 101.5 \mu\text{S}$

[36] IEEE 802.11-2012, §9.3.7

[37] IEEE 802.11-2012, §9.3.3

[38] IEEE 802.11-2012, §18.3.8.7

11ac ではダイナミックに変化する。IEEE 802.11ac-2013, §9.3.7 参照

## 6.4. DFS

RLANのDFS(Dynamic Frequency Selection)は、レーダー受信機への干渉回避技術である。

### (1)国内法令

平成19年総務省告示第48号(無線設備規則第四十九条の二十第三号ワ及び第四号のホの規定に基づく小電力データ通信システムの無線局の無線設備の技術的条件)にRLAN機器(小電力データ通信システム)のDFSの規定がある。すなわち、

- ① APは、起動後60秒間は電波を出さずに、TDWRなどのレーダー波を確認すること。  
レーダー波の検出スレッショルドは、0dBiアンテナで受信したときの受信電力が、  
無線局の最大EIRPが0.2W未満の場合、-62dBm、  
無線局の最大EIRPが0.2W以上の場合、-64dBm。
- ② レーダー波を6割以上の確率(別表にて規定)で検出できること。
- ③ レーダー波を検出した時は別チャンネルに移行すること。
- ④ レーダー波を検出したチャンネルでは、検出後30分間は電波の発射をしてはならない。
- ⑤ レーダー波を検出後、そのチャンネルで通信していた子局は送信を10秒以内に停止すること。
- ⑥ 上記の条件で送信を停止するまでの時間は、260mS以内であること。

同告示にはキャリアセンス機能の規定もある。

「キャリアセンスは、通信の相手方以外の無線局の無線設備から発射された電波を受信し、受信空中線の最大利得方向における電界強度が毎メートル〇〇ミリボルトを超える場合に、当該無線局の無線設備が発射する周波数の電波と同一の周波数の電波の発射を行わないものであること。」<sup>[39]</sup>

### (2)米国FCCルール

- 5.25-5.35 GHz 及び 5.47-5.725 GHz 帯の U-NII デバイスに DFS 機能を義務付け。  
国内 DSRC と重なる 5.725-5.85 GHz 帯(U-NII 3 バンド)では DFS を義務付けていない。<sup>[40]</sup>
- DFS 規定(2006 年版)は、国内の告示とほぼ同様。  
なお、FCC ルール改定に基づき<sup>[41]</sup>、2006 年版 DFS 規定が 2014、2015 年に改定された。<sup>[42]</sup>

[39] 100mV/m の電界強度とは、周波数 5.8GHz で 0dBi アンテナで受信したときの受信電力が

$$Pr = \frac{\lambda^2 G_a}{4\pi} \cdot \frac{E^2}{120\pi} = -82.5 \text{ dB}_W = -52.5 \text{ dBm} \text{ に相当。なお、センシング時間、周期の規定はない。}$$

[40] FCC 14-30, 1st R&O, Appendix C para. 19

[41] FCC 14-30, 1st R&O, para. 86 & Appendix C para. 9 (h) (2): Radar Detection Function of DFS

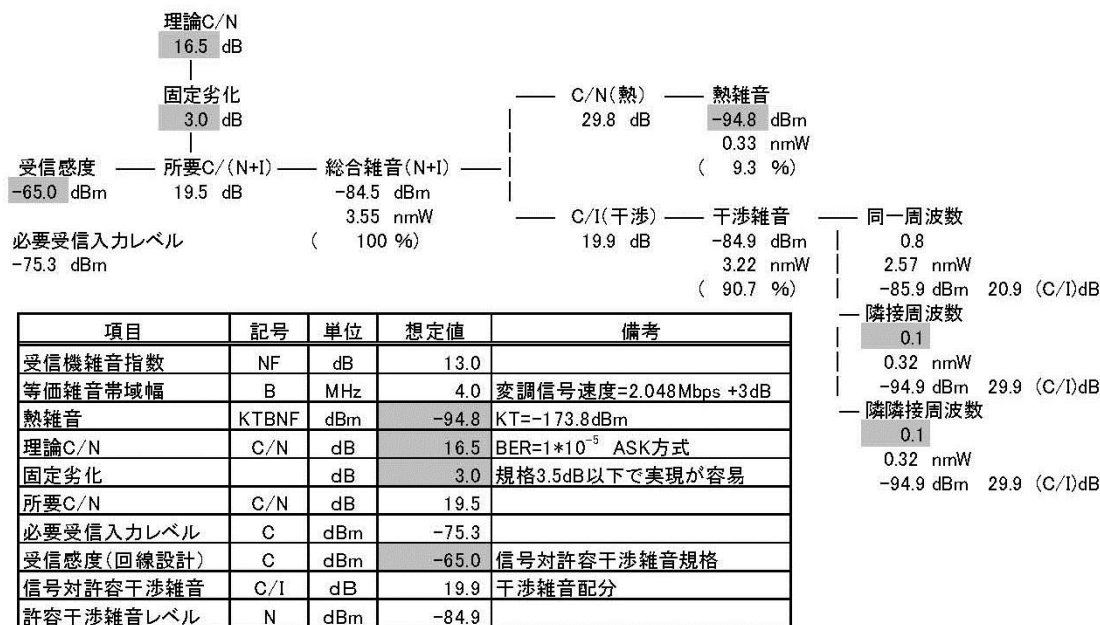
[42] RLAN デバイスはレーダー信号をその放射帯域の 100%で検出すること、DFS 機能はデバイスから無効化できないこと等が追加された。

<https://apps.fcc.gov/oetcf/kdb/forms/FTSSearchResultPage.cfm?switch=P&id=27155>

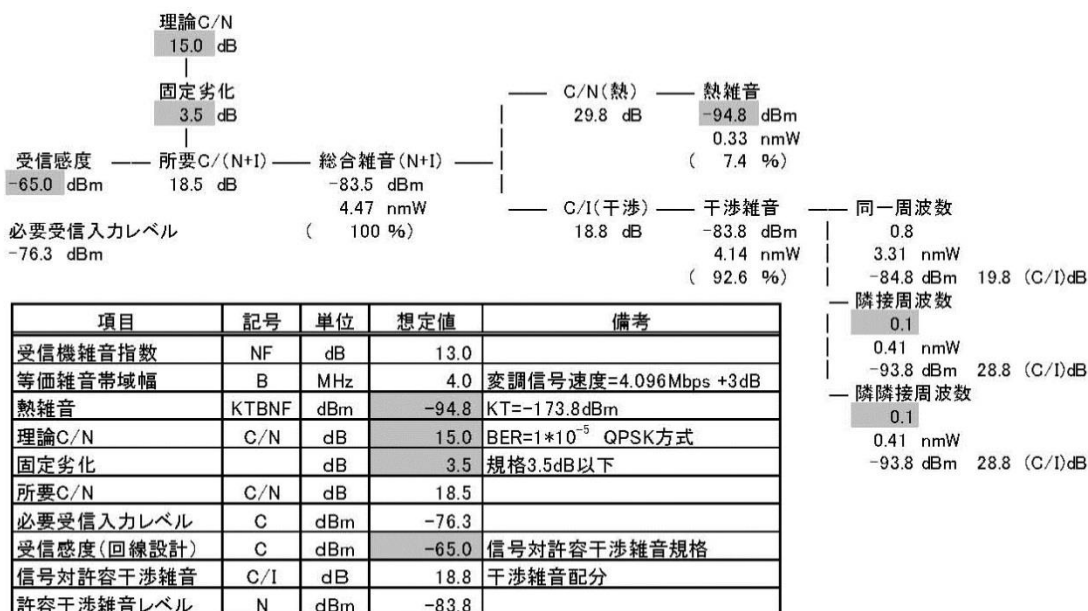
## 別紙7 雑音配分

### 7.1. 現在の DSRC 雑音配分

DSRC が所要 BER 条件を満たす雑音配分は、DSRC システム基地局設置のガイドラインに次のように記載されている。<sup>[43]</sup>



別紙図 7-1 ASK 方式の受信感度と雑音配分(クラス 1)



別紙図 7-2 QPSK 方式の受信感度と雑音配分(クラス 1)

[43] ITS FORUM RC-003 <http://www.itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p23/P23.html>



別紙図 7-3 ASK 方式の受信感度と雑音配分(クラス 2)



別紙図 7-4 QPSK 方式の受信感度と雑音配分(クラス 2)

## 7.2. DSRC 雑音配分の見直し検討

### 7.2.1. 概要

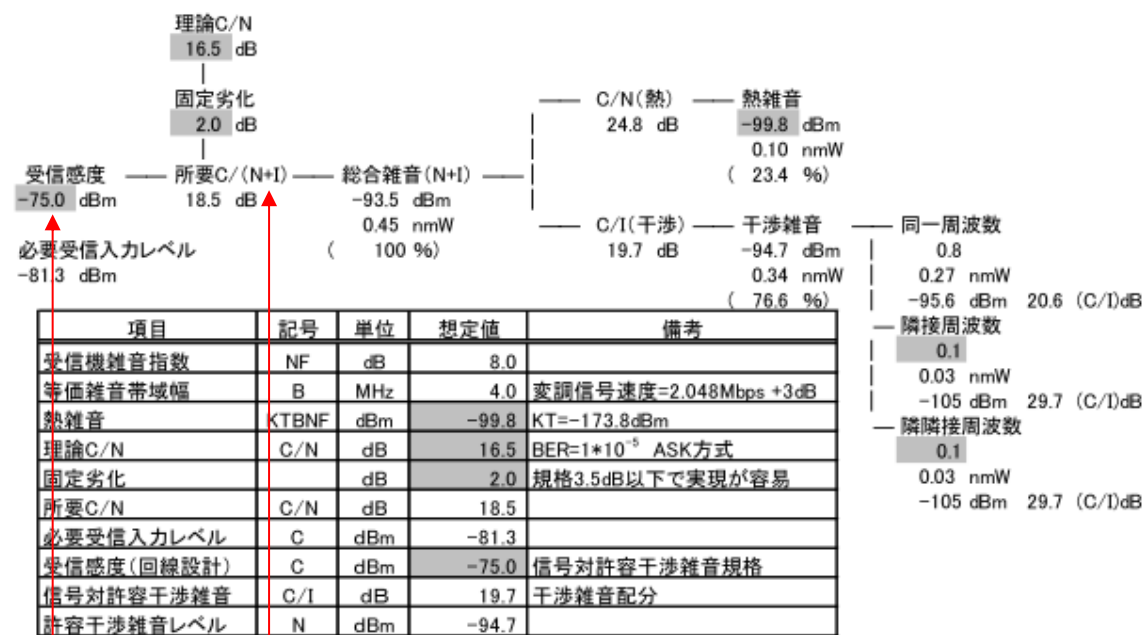
現在の DSRC 用周波数帯は DSRC 専用のため、その雑音配分では DSRC 近傍に設置された他の DSRC 局からの干渉だけを想定していて、RLAN からの干渉に対する割当分はない。すなわち、RLAN からの許容干渉電力はゼロという状況なので、周波数共用のために雑音配分を見直し、RLAN からの許容干渉電力を新たに設定する必要がある。

### 7.2.2. 周波数共用のための雑音配分の見直し

現在の DSRC 局間相互の雑音配分は、周波数共用の検討における原則に基づき、今のままとすべきである。

その条件の下で RLAN に新たに雑音配分を割り当てるには路側無線装置の最小受信入力レベルの規定(現行-75 dBm)を-72 dBmと3 dB程度上げる必要がある。以下最小受信入力レベルを-72 dBm とした時の雑音配分検討を行う。

総合雑音が最も低い ASK 方式クラス2をベースに、他システムからの干渉雑音と受信感度(所要受信入力電力)を次のように設定する。



他システムからの干渉雑音：-93.5 dBm (0.45 nmW)を割り当てる。

受信感度(所要受信入力電力)を -72 dBm に変更する。

別紙図 7-5 DSRC 雑音配分の見直し(ASK 方式クラス2)

上記の「他システムからの干渉雑音」 -93.5 dBm (0.45 nmW)を、DSRC の他の変調方式、クラスにも同様に割当てて。

表 7.2.2-1 雑音配分の見直し

|                                    | DSRC 方式            |                  |                   |                  |
|------------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|
|                                    | ASK 方式<br>クラス1     | QPSK 方式<br>クラス1  | ASK 方式<br>クラス2    | QPSK 方式<br>クラス2  |
| 従来の総合雑音<br>N+Ii (dBm)<br>(3.55nmW) | -84.5              | -83.5            | -93.5             | -93.0            |
| 他システムからの<br>干渉雑音<br>Io (dBm)       | -93.5<br>(0.45nmW) |                  |                   |                  |
| 合計雑音<br>N+Ii+Io (dBm)              | -84<br>(4nmW)      | -83<br>(4.92nmW) | -90.5<br>(0.9nmW) | -90<br>(0.95nmW) |
| 所要<br>C/(N+Ii+Io)                  | 19.5               | 18.5             | 18.5              | 18               |
| 受信感度 C<br>(dBm)<br>旧 → 新           | -65 → -64.5        |                  | -75 → -72         |                  |

以上は RSU 受信機の雑音配分。

OBU 受信機に対しては受信入力レベルが高いので別途設定する。別紙 8 参照。

### 7.3. 雑音配分見直しに伴う現行回線設計の見直し

前項の検討結果を受け、RSU 受信機の受信感度(所要受信入力電力)をクラス1で-64.5 dBm、クラス2で-72 dBm へ上げられるかどうか、ETC 用のすべての空中線タイプに対し現行回線設計諸元の見直しを行い、空中線タイプ11A を除くすべての空中線タイプで、マージンを確保できることを確認した。なお、空中線タイプ11A は漏洩導波管タイプの特種なものである。

現行回線設計の見直し結果を以下に記す。上段の表が現行、下段の表が見直し結果。

#### 7.3.1. 路側無線装置規格書<sup>[44]</sup>の回線設計見直し

表 7.3.1-1 空中線タイプ1A:通信領域 Up link 回線設計諸元(例)

| アップリンク        |       | 第1通信領域<br>(MAX) | 第1通信領域<br>(MIN) | 第2通信領域<br>(TYP) | 備考            |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 車載器送信電力       | (mW)  | 10              | 10              | 10              |               |
| 車載器送信電力       | (dBm) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 車載器送信系H/W損失   | (dB)  | 1以下             | 1以下             | 1以下             |               |
| 車載器送信空中線利得    | (dBi) | 3.0             | 3.0             | 3.0             |               |
| 車載器送信e.i.r.p. | (dBm) | 12.0            | 12.0            | 12.0            | 車載器送信系H/W損失含  |
| 送信電力変動        | (%)   | 50.0            | -50.0           | ± 0             |               |
| 送信電力変動        | (dB)  | 1.8             | -3.0            | 0.0             |               |
| 送信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | 0.0             | 0.0             |               |
| 伝搬距離          | (m)   | 4.3             | 5.3             | 6.0             |               |
| 伝搬損失          | (dB)  | -60.4           | -62.2           | -63.3           |               |
| 変動マージン        | (dB)  | -5.1            | -10.0           | -5.1            |               |
| 受信e.i.r.p.    | (dBm) | -51.7           | -63.2           | -56.4           |               |
| 受信空中線利得       | (dBi) | 12.0            | 12.0            | 12.0            |               |
| 受信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | -3.0            | -8.0            |               |
| 受信系H/W損失      | (dB)  | -2以下            | -2以下            | -2以下            | 受信系H/W損失含     |
| 受信機入力レベル調整    | (dB)  | -10.0           | -10.0           | -10.0           |               |
| 受信機の受信電力      | (dBm) | -49.7           | -64.2           | -62.4           |               |
| 余剰マージン        | (dB)  | 15.3            | 0.8             | 2.6             | 最小受信感度=-65dBm |
| 受信ダイナミックレンジ   | (dB)  | 14.5            |                 |                 |               |

下段の諸元を以下のように改定する。

|        |      |      |     |     |                 |
|--------|------|------|-----|-----|-----------------|
| 余剰マージン | (dB) | 14.8 | 0.3 | 2.1 | 最小受信感度=-64.5dBm |
|--------|------|------|-----|-----|-----------------|

[44] ETC-B14200P 5.8GHz 帯 DSRC 路側無線装置規格書、参考資料 4、高速道路株式会社 6 社、2014 年 7 月



表 7.3.1-2 空中線タイプ1B:通信領域 Up link 回線設計諸元(例)

| アップリンク        |       | 第1通信領域<br>(MAX) | 第1通信領域<br>(MIN) | 第2通信領域<br>(TYP) | 備考            |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 車載器送信電力       | (mW)  | 10              | 10              | 10              |               |
| 車載器送信電力       | (dBm) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 車載器送信系H/W損失   | (dB)  | 1以下             | 1以下             | 1以下             |               |
| 車載器送信空中線利得    | (dBi) | 3.0             | 3.0             | 3.0             |               |
| 車載器送信e.i.r.p. | (dBm) | 12.0            | 12.0            | 12.0            | 車載器送信系H/W損失含  |
| 送信電力変動        | (%)   | 50.0            | -50.0           | ± 0             |               |
| 送信電力変動        | (dB)  | 1.8             | -3.0            | 0.0             |               |
| 送信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | 0.0             | 0.0             |               |
| 伝搬距離          | (m)   | 4.1             | 4.8             | 5.7             |               |
| 伝搬損失          | (dB)  | -60.0           | -61.3           | -62.8           |               |
| 変動マージン        | (dB)  | -5.1            | -10.0           | -5.1            |               |
| 受信e.i.r.p.    | (dBm) | -51.3           | -62.3           | -55.9           |               |
| 受信空中線利得       | (dBi) | 15.0            | 15.0            | 15.0            |               |
| 受信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | -3.0            | -8.6            |               |
| 受信系H/W損失      | (dB)  | -2以下            | -2以下            | -2以下            | 受信系H/W損失含     |
| 受信機入力レベル調整    | (dB)  | -14.0           | -14.0           | -14.0           |               |
| 受信機の受信電力      | (dBm) | -50.3           | -64.3           | -63.5           |               |
| 余剰マージン        | (dB)  | 14.7            | 0.7             | 1.5             | 最小受信感度=-65dBm |
| 受信ダイナミックレンジ   | (dB)  | 14.0            |                 |                 |               |

下段の諸元を以下のように改定する。

|        |      |      |     |     |                 |
|--------|------|------|-----|-----|-----------------|
| 余剰マージン | (dB) | 14.2 | 0.2 | 1.0 | 最小受信感度=-64.5dBm |
|--------|------|------|-----|-----|-----------------|

表 7.3.1-3 空中線タイプ2A:通信領域 Up link 回線設計諸元(例)

| アップリンク        |       | 第1通信領域<br>(MAX) | 第1通信領域<br>(MIN) | 第2通信領域<br>(TYP) | 備考            |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 車載器送信電力       | (mW)  | 10              | 10              | 10              |               |
| 車載器送信電力       | (dBm) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 車載器送信系H/W損失   | (dB)  | 1以下             | 1以下             | 1以下             |               |
| 車載器送信空中線利得    | (dBi) | 3.0             | 3.0             | 3.0             |               |
| 車載器送信e.i.r.p. | (dBm) | 12.0            | 12.0            | 12.0            | 車載器送信系H/W損失含  |
| 送信電力変動        | (%)   | 50.0            | -50.0           | ± 0             |               |
| 送信電力変動        | (dB)  | 1.8             | -3.0            | 0.0             |               |
| 送信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | 0.0             | 0.0             |               |
| 伝搬距離          | (m)   | 20.6            | 35.3            | 35.7            |               |
| 伝搬損失          | (dB)  | -74.0           | -78.2           | -78.8           |               |
| 変動マージン        | (dB)  | -5.1            | -10.0           | -5.1            |               |
| 受信e.i.r.p.    | (dBm) | -65.3           | -79.2           | -71.9           |               |
| 受信空中線利得       | (dBi) | 12.0            | 12.0            | 12.0            |               |
| 受信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | -3.0            | -9.0            |               |
| 受信系H/W損失      | (dB)  | -2以下            | -2以下            | -2以下            | 受信系H/W損失含     |
| 受信機入力レベル調整    | (dB)  | -4.0            | -4.0            | -4.0            |               |
| 受信機の受信電力      | (dBm) | -57.3           | -74.2           | -72.9           |               |
| 余剰マージン        | (dB)  | 17.7            | 0.8             | 2.1             | 最小受信感度=-75dBm |
| 受信ダイナミックレンジ   | (dB)  | 16.9            |                 |                 |               |

下段の諸元を以下のように改定する。

|            |       |       |       |       |                |
|------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 受信機入力レベル調整 | (dB)  | -1    | -1    | -1    | 受信系 H/W 損失含    |
| 受信機の受信電力   | (dBm) | -54.3 | -71.2 | -69.9 |                |
| 余剰マージン     | (dB)  | 17.7  | 0.8   | 2.1   | 最小受信感度= -72dBm |

表 7.3.1-4 空中線タイプ3A:通信領域 Up link 回線設計諸元(例)

| アップリンク        |       | 第1通信領域<br>(MAX) | 第1通信領域<br>(MIN) | 第2通信領域<br>(TYP) | 備考            |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 車載器送信電力       | (mW)  | 10              | 10              | 10              |               |
| 車載器送信電力       | (dBm) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 車載器送信系H/W損失   | (dB)  | 1以下             | 1以下             | 1以下             |               |
| 車載器送信空中線利得    | (dBi) | 3.0             | 3.0             | 3.0             |               |
| 車載器送信e.i.r.p. | (dBm) | 12.0            | 12.0            | 12.0            | 車載器送信系H/W損失含  |
| 送信電力変動        | (%)   | 50.0            | -50.0           | ± 0             |               |
| 送信電力変動        | (dB)  | 1.8             | -3.0            | 0.0             |               |
| 送信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | 0.0             | 0.0             |               |
| 伝搬距離          | (m)   | 7.1             | 9.8             | 12.3            |               |
| 伝搬損失          | (dB)  | -64.7           | -67.5           | -69.4           |               |
| 変動マージン        | (dB)  | -5.1            | -10.0           | -5.1            |               |
| 受信e.i.r.p.    | (dBm) | -56.0           | -68.5           | -62.5           |               |
| 受信空中線利得       | (dBi) | 12.0            | 12.0            | 12.0            |               |
| 受信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | -3.0            | -13.0           |               |
| 受信系H/W損失      | (dB)  | -2以下            | -2以下            | -2以下            | 受信系H/W損失含     |
| 受信機入力レベル調整    | (dB)  | -11.0           | -11.0           | -11.0           |               |
| 受信機の受信電力      | (dBm) | -55.0           | -70.5           | -74.5           |               |
| 余剰マージン        | (dB)  | 20.0            | 4.5             | 0.5             | 最小受信感度=-75dBm |
| 受信ダイナミックレンジ   | (dB)  | 19.5            |                 |                 |               |

下段の諸元を以下のように改定する。

|            |       |       |       |       |                |
|------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 受信機入力レベル調整 | (dB)  | -8    | -8    | -8    | 受信系 H/W 損失含    |
| 受信機の受信電力   | (dBm) | -52.0 | -67.5 | -71.5 |                |
| 余剰マージン     | (dB)  | 20.0  | 4.5   | 0.5   | 最小受信感度= -72dBm |

表 7.3.1-5 空中線タイプ3B:通信領域 Up link 回線設計諸元(例)

| アップリンク        |       | 第1通信領域<br>(MAX) | 第1通信領域<br>(MIN) | 第2通信領域<br>(TYP) | 備考            |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 車載器送信電力       | (mW)  | 10              | 10              | 10              |               |
| 車載器送信電力       | (dBm) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 車載器送信系H/W損失   | (dB)  | 1以下             | 1以下             | 1以下             |               |
| 車載器送信空中線利得    | (dBi) | 3.0             | 3.0             | 3.0             |               |
| 車載器送信e.i.r.p. | (dBm) | 12.0            | 12.0            | 12.0            | 車載器送信系H/W損失含  |
| 送信電力変動        | (%)   | 50.0            | -50.0           | ± 0             |               |
| 送信電力変動        | (dB)  | 1.8             | -3.0            | 0.0             |               |
| 送信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | 0.0             | 0.0             |               |
| 伝搬距離          | (m)   | 5.9             | 9.8             | 11.2            |               |
| 伝搬損失          | (dB)  | -63.1           | -67.5           | -68.7           |               |
| 変動マージン        | (dB)  | -5.1            | -10.0           | -5.1            |               |
| 受信e.i.r.p.    | (dBm) | -54.4           | -68.5           | -61.8           |               |
| 受信空中線利得       | (dBi) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 受信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | -3.0            | -10.0           |               |
| 受信系H/W損失      | (dB)  | -2以下            | -2以下            | -2以下            | 受信系H/W損失含     |
| 受信機入力レベル調整    | (dB)  | -13.0           | -13.0           | -13.0           |               |
| 受信機の受信電力      | (dBm) | -57.4           | -74.5           | -74.8           |               |
| 余剰マージン        | (dB)  | 17.6            | 0.5             | 0.2             | 最小受信感度=-75dBm |
| 受信ダイナミックレンジ   | (dB)  | 17.4            |                 |                 |               |

下段の諸元を以下のように改定する。

|            |       |       |       |       |                |
|------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 受信機入力レベル調整 | (dB)  | -10   | -10   | -10   | 受信系 H/W 損失含    |
| 受信機の受信電力   | (dBm) | -54.4 | -71.5 | -71.8 |                |
| 余剰マージン     | (dB)  | 17.6  | 0.5   | 0.2   | 最小受信感度= -72dBm |

表 7.3.1-6 空中線タイプ4A:通信領域 Up link 回線設計諸元(例)

| アップリンク        |       | 第1通信領域<br>(MAX) | 第1通信領域<br>(MIN) | 第2通信領域<br>(TYP) | 備考            |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 車載器送信電力       | (mW)  | 10              | 10              | 10              |               |
| 車載器送信電力       | (dBm) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 車載器送信系H/W損失   | (dB)  | 1以下             | 1以下             | 1以下             |               |
| 車載器送信空中線利得    | (dBi) | 3.0             | 3.0             | 3.0             |               |
| 車載器送信e.i.r.p. | (dBm) | 12.0            | 12.0            | 12.0            | 車載器送信系H/W損失含  |
| 送信電力変動        | (%)   | 50.0            | -50.0           | ± 0             |               |
| 送信電力変動        | (dB)  | 1.8             | -3.0            | 0.0             |               |
| 送信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | 0.0             | 0.0             |               |
| 伝搬距離          | (m)   | 20.0            | 21.1            | 30.0            |               |
| 伝搬損失          | (dB)  | -73.7           | -74.2           | -77.3           |               |
| 変動マージン        | (dB)  | -5.1            | -10.0           | -5.1            |               |
| 受信e.i.r.p.    | (dBm) | -65.1           | -75.2           | -70.4           |               |
| 受信空中線利得       | (dBi) | 12.0            | 12.0            | 12.0            |               |
| 受信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | -3.0            | -10.0           | 領域を横断         |
| 受信系H/W損失      | (dB)  | -2以下            | -2以下            | -2以下            | 受信系H/W損失含     |
| 受信機入力レベル調整    | (dB)  | -6.0            | -6.0            | -6.0            |               |
| 受信機の受信電力      | (dBm) | -59.1           | -72.2           | -74.4           |               |
| 余剰マージン        | (dB)  | 15.9            | 2.8             | 0.6             | 最小受信感度=-75dBm |
| 受信ダイナミックレンジ   | (dB)  | 15.3            |                 |                 |               |

下段の諸元を以下のように改定する。

|            |       |       |       |       |                |
|------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 受信機入力レベル調整 | (dB)  | -3    | -3    | -3    | 受信系 H/W 損失含    |
| 受信機の受信電力   | (dBm) | -56.1 | -69.2 | -71.4 |                |
| 余剰マージン     | (dB)  | 15.9  | 2.8   | 0.6   | 最小受信感度= -72dBm |

表 7.3.1-7 空中線タイプ5A:通信領域 Up link 回線設計諸元(例)

| アップリンク        |       | 第1通信領域<br>(MAX) | 第1通信領域<br>(MIN) | 第2通信領域<br>(TYP) | 備考            |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 車載器送信電力       | (mW)  | 10              | 10              | 10              |               |
| 車載器送信電力       | (dBm) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 車載器送信系H/W損失   | (dB)  | 1以下             | 1以下             | 1以下             |               |
| 車載器送信空中線利得    | (dBi) | 3.0             | 3.0             | 3.0             |               |
| 車載器送信e.i.r.p. | (dBm) | 12.0            | 12.0            | 12.0            | 車載器送信系H/W損失含  |
| 送信電力変動        | (%)   | 50.0            | -50.0           | ± 0             |               |
| 送信電力変動        | (dB)  | 1.8             | -3.0            | 0.0             |               |
| 送信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | 0.0             | 0.0             |               |
| 伝搬距離          | (m)   | 11.4            | 13.3            | 17.8            |               |
| 伝搬損失          | (dB)  | -68.8           | -70.3           | -72.7           |               |
| 変動マージン        | (dB)  | -5.1            | -10.0           | -5.1            |               |
| 受信e.i.r.p.    | (dBm) | -60.1           | -71.8           | -65.8           |               |
| 受信空中線利得       | (dBi) | 15.0            | 15.0            | 15.0            |               |
| 受信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | -3.0            | -8.6            |               |
| 受信系H/W損失      | (dB)  | -4.8以下          | -4.8以下          | -4.8以下          | 受信系H/W損失含     |
| 受信機入力レベル調整    | (dB)  | -14.0           | -14.0           | -14.0           |               |
| 受信機の受信電力      | (dBm) | -59.1           | -73.8           | -73.5           |               |
| 余剰マージン        | (dB)  | 15.9            | 1.2             | 1.5             | 最小受信感度=-75dBm |
| 受信ダイナミックレンジ   | (dB)  | 14.7            |                 |                 |               |

下段の諸元を以下のように改定する。

|            |       |       |       |       |                |
|------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 受信機入力レベル調整 | (dB)  | -12   | -12   | -12   | 受信系 H/W 損失含    |
| 受信機の受信電力   | (dBm) | -57.1 | -71.8 | -71.5 |                |
| 余剰マージン     | (dB)  | 14.9  | 0.2   | 0.5   | 最小受信感度= -72dBm |

表 7.3.1-8 空中線タイプ6A:通信領域 Up link 回線設計諸元(例)

| アップリンク        |       | 第1通信領域<br>(MAX) | 第1通信領域<br>(MIN) | 第2通信領域<br>(TYP) | 備考            |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 車載器送信電力       | (mW)  | 10              | 10              | 10              |               |
| 車載器送信電力       | (dBm) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 車載器送信系H/W損失   | (dB)  | 1以下             | 1以下             | 1以下             |               |
| 車載器送信空中線利得    | (dBi) | 3.0             | 3.0             | 3.0             |               |
| 車載器送信e.i.r.p. | (dBm) | 12.0            | 12.0            | 12.0            | 車載器送信系H/W損失含  |
| 送信電力変動        | (%)   | 50.0            | -50.0           | ± 0             |               |
| 送信電力変動        | (dB)  | 1.8             | -3.0            | 0.0             |               |
| 送信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | 0.0             | 0.0             |               |
| 伝搬距離          | (m)   | 27.6            | 35.1            | 60.7            |               |
| 伝搬損失          | (dB)  | -76.5           | -78.6           | -83.4           |               |
| 変動マージン        | (dB)  | -5.1            | -10.0           | -5.1            |               |
| 受信e.i.r.p.    | (dBm) | -67.8           | -79.6           | -76.5           |               |
| 受信空中線利得       | (dBi) | 15.0            | 15.0            | 15.0            |               |
| 受信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | -3.0            | -7.0            |               |
| 受信系H/W損失      | (dB)  | -4.8以下          | -4.8以下          | -4.8以下          | 受信系H/W損失含     |
| 受信機入力レベル調整    | (dB)  | -4.8            | -4.8            | -4.8            |               |
| 受信機の受信電力      | (dBm) | -57.6           | -72.4           | -73.3           |               |
| 余剰マージン        | (dB)  | 17.4            | -2.6            | 1.7             | 最小受信感度=-75dBm |
| 受信ダイナミックレンジ   | (dB)  | 15.7            |                 |                 |               |

下段の諸元を以下のように改定する。

|            |       |       |       |       |                |
|------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 受信機入力レベル調整 | (dB)  | -3    | -3    | -3    | 受信系 H/W 損失含    |
| 受信機の受信電力   | (dBm) | -55.8 | -70.6 | -71.5 |                |
| 余剰マージン     | (dB)  | 16.2  | 1.4   | 0.5   | 最小受信感度= -72dBm |

表 7.3.1-9 空中線タイプ7A:通信領域 Up link 回線設計諸元(例)

| アップリンク        |       | 第1通信領域<br>(MAX) | 第1通信領域<br>(MIN) | 第2通信領域<br>(TYP) | 備考            |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 車載器送信電力       | (mW)  | 10              | 10              | 10              |               |
| 車載器送信電力       | (dBm) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 車載器送信系H/W損失   | (dB)  | 1以下             | 1以下             | 1以下             |               |
| 車載器送信空中線利得    | (dBi) | 3.0             | 3.0             | 3.0             |               |
| 車載器送信e.i.r.p. | (dBm) | 12.0            | 12.0            | 12.0            | 車載器送信系H/W損失含  |
| 送信電力変動        | (%)   | 50.0            | -50.0           | ± 0             |               |
| 送信電力変動        | (dB)  | 1.8             | -3.0            | 0.0             |               |
| 送信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | 0.0             | 0.0             |               |
| 伝搬距離          | (m)   | 15.3            | 22.2            | 33.0            |               |
| 伝搬損失          | (dB)  | -71.4           | -74.6           | -78.1           |               |
| 変動マージン        | (dB)  | -5.1            | -10.0           | -5.1            |               |
| 受信e.i.r.p.    | (dBm) | -62.7           | -75.6           | -71.2           |               |
| 受信空中線利得       | (dBi) | 14.0            | 14.0            | 14.0            |               |
| 受信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | -3.0            | -11.3           |               |
| 受信系H/W損失      | (dB)  | -4.8以下          | -4.8以下          | -4.8以下          | 受信系H/W損失含     |
| 受信機入力レベル調整    | (dB)  | -4.8            | -4.8            | -4.8            |               |
| 受信機の受信電力      | (dBm) | -53.5           | -69.4           | -73.3           |               |
| 余剰マージン        | (dB)  | 21.5            | 5.6             | 1.7             | 最小受信感度=-75dBm |
| 受信ダイナミックレンジ   | (dB)  | 19.8            |                 |                 |               |

下段の諸元を以下のように改定する。

|            |       |       |       |       |                |
|------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 受信機入力レベル調整 | (dB)  | -3    | -3    | -3    | 受信系 H/W 損失含    |
| 受信機の受信電力   | (dBm) | -51.7 | -67.6 | -71.5 |                |
| 余剰マージン     | (dB)  | 20.3  | 4.4   | 0.5   | 最小受信感度= -72dBm |



表 7.3.1-10 空中線タイプ8A:通信領域 Up link 回線設計諸元(例)

| アップリンク        |       | 第1通信領域<br>(MAX) | 第1通信領域<br>(MIN) | 第2通信領域<br>(TYP) | 備考            |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 車載器送信電力       | (mW)  | 10              | 10              | 10              |               |
| 車載器送信電力       | (dBm) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 車載器送信系H/W損失   | (dB)  | 1以下             | 1以下             | 1以下             |               |
| 車載器送信空中線利得    | (dBi) | 3.0             | 3.0             | 3.0             |               |
| 車載器送信e.i.r.p. | (dBm) | 12.0            | 12.0            | 12.0            | 車載器送信系H/W損失含  |
| 送信電力変動        | (%)   | 50.0            | -50.0           | ± 0             |               |
| 送信電力変動        | (dB)  | 1.8             | -3.0            | 0.0             |               |
| 送信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | 0.0             | 0.0             |               |
| 伝搬距離          | (m)   | 27.2            | 36.0            | 69.7            |               |
| 伝搬損失          | (dB)  | -76.4           | -78.8           | -84.6           |               |
| 変動マージン        | (dB)  | -5.1            | -10.0           | -5.1            |               |
| 受信e.i.r.p.    | (dBm) | -67.7           | -79.8           | -77.7           |               |
| 受信空中線利得       | (dBi) | 15.0            | 15.0            | 15.0            |               |
| 受信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | -3.0            | -3.4            |               |
| 受信系H/W損失      | (dB)  | -4.8以下          | -4.8以下          | -4.8以下          | 受信系H/W損失含     |
| 受信機入力レベル調整    | (dB)  | -7.2            | -7.2            | -7.2            |               |
| 受信機の受信電力      | (dBm) | -59.9           | -75.0           | -73.3           |               |
| 余剰マージン        | (dB)  | 15.1            | 0.0             | 1.5             | 最小受信感度=-75dBm |
| 受信ダイナミックレンジ   | (dB)  | 15.1            |                 |                 |               |

下段の諸元を以下のように改定する。

|            |       |       |       |       |                |
|------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 受信機入力レベル調整 | (dB)  | -4    | -4    | -4    | 受信系 H/W 損失含    |
| 受信機の受信電力   | (dBm) | -56.7 | -71.8 | -70.1 |                |
| 余剰マージン     | (dB)  | 15.3  | 0.2   | 1.9   | 最小受信感度= -72dBm |

空中線タイプ:11A(漏洩導波管)

表 7.3.1-11 空中線タイプ11A:通信領域 Up link 回線設計諸元(例)

| アップリンク        |       | 第1通信領域<br>(MAX) | 第1通信領域<br>(MIN) | 第2通信領域<br>(TYP) | 備考            |
|---------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 車載器送信電力       | (mW)  | 10              | 10              | 10              |               |
| 車載器送信電力       | (dBm) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 車載器送信系H/W損失   | (dB)  | 1以下             | 1以下             | 1以下             |               |
| 車載器送信空中線利得    | (dBi) | 3.0             | 3.0             | 3.0             |               |
| 車載器送信e.i.r.p. | (dBm) | 12.0            | 12.0            | 12.0            | 車載器送信系H/W損失含  |
| 送信電力変動        | (%)   | +50.0           | -50.0           | ± 0             |               |
| 送信電力変動        | (dB)  | +1.8            | -3.0            | 0.0             |               |
| 送信空中線利得低下     | (dB)  | 0.0             | 0.0             | 0.0             |               |
| 付加伝搬距離        | (m)   | 9.0             | 9.0             | 9.0             | 10.5m-1.5m    |
| 付加伝搬損失        | (dB)  | -16.9           | -16.9           | -16.9           |               |
| 結合損失          | (dB)  | -51.0           | -51.0           | -51.0           | LWG:1.5m離隔    |
| ケーブル伝送距離      | (m)   | 0.0             | 10.0            | 26.0            | LWG:-0.47dB/m |
| ケーブル伝送損失      | (dB)  | 0.0             | -4.7            | -12.2           |               |
| 変動マージン        | (dB)  | -5.1            | -10.0           | -5.1            |               |
| 受信e.i.r.p.    | (dBm) | -59.2           | -73.6           | -73.2           |               |
| 受信系H/W損失      | (dB)  | -2以下            | -2以下            | -2以下            | 受信系H/W損失含     |
| 受信機入力レベル調整    | (dB)  | -2.0            | -2.0            | -2.0            |               |
| 受信機の受信電力      | (dBm) | -61.2           | -75.6           | -75.2           |               |
| 余剰マージン        | (dB)  | 13.8            | -0.6            | -0.2            | 最小受信感度=-75dBm |
| 受信ダイナミックレンジ   | (dB)  |                 |                 |                 |               |

下段の諸元を以下のように改定する。

|            |       |       |       |       |                |
|------------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| 受信機入力レベル調整 | (dB)  | -1    | -1    | -1    | 受信系 H/W 損失含    |
| 受信機の受信電力   | (dBm) | -60.2 | -74.6 | -74.2 |                |
| 余剰マージン     | (dB)  | 11.8  | -2.6  | -2.2  | 最小受信感度= -72dBm |

### 7.3.2. 路側無線装置仕様書<sup>[45]</sup>の回線設計見直し

表 7.3.2-1 空中線タイプ3A:通信領域 Up link 回線設計諸元(例)

| アップリンク           |       | 第1通信領域<br>(MAX) | 第1通信領域<br>(MIN) | 第2通信領域<br>(TYP) | 備考            |
|------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 車載器送信電力          | (mW)  | 10              | 10              | 10              |               |
| 車載器送信電力          | (dBm) | 10.0            | 10.0            | 10.0            |               |
| 車載器送信系H/W損失      | (dB)  | 1以下             | 1以下             | 1以下             |               |
| 車載器送信空中線利得       | (dBi) | 3.0             | 3.0             | 3.0             |               |
| 車載器送信e. i. r. p. | (dBm) | 12.0            | 12.0            | 12.0            | 車載器送信系H/W損失含  |
| 送信電力変動           | (%)   | 50.0            | -50.0           | ±0              |               |
| 送信電力変動           | (dB)  | 1.8             | -3.0            | 0.0             |               |
| 送信空中線利得低下        | (dB)  | 0.0             | 0.0             | 0.0             |               |
| 伝搬距離             | (m)   | 7.1             | 8.7             | 9.6             |               |
| 伝搬損失             | (dB)  | -64.7           | -66.5           | -67.4           |               |
| 変動マージン           | (dB)  | -5.1            | -10.0           | -5.1            |               |
| 受信e. i. r. p.    | (dBm) | -56.0           | -67.5           | -60.5           |               |
| 受信空中線利得          | (dBi) | 12.0            | 12.0            | 12.0            |               |
| 受信空中線利得低下        | (dB)  | 0.0             | -3.0            | -8.0            |               |
| 受信系H/W損失         | (dB)  | -2以下            | -2以下            | -2以下            |               |
| 受信機入力レベル調整       | (dB)  | -6.0            | -6.0            | -6.0            | 受信系H/W損失含     |
| 受信機の受信電力         | (dBm) | -50.0           | -64.5           | -62.5           |               |
| 余剰マージン           | (dB)  | 25.0            | 10.5            | 12.5            | 最小受信感度=-65dBm |
| 受信ダイナミックレンジ      | (dB)  | 14.5            |                 |                 |               |

下段の諸元を以下のように改定する。

|        |      |      |     |     |                  |
|--------|------|------|-----|-----|------------------|
| 余剰マージン | (dB) | 14.5 | 0.0 | 2.0 | 最小受信感度= -64.5dBm |
|--------|------|------|-----|-----|------------------|

[45] ETC-A14200P ETC 路側無線装置仕様書 2014 年 7 月、参考資料 1

## 別紙8 DSRC から見た許容干渉電力

### 8.1. RLAN 等への許容干渉電力の割当て

§ 7. 2. 2で求めた他システムからの許容干渉雑音-93.5 dBm (0.45 nmW)を次の無線システムに割当てて。

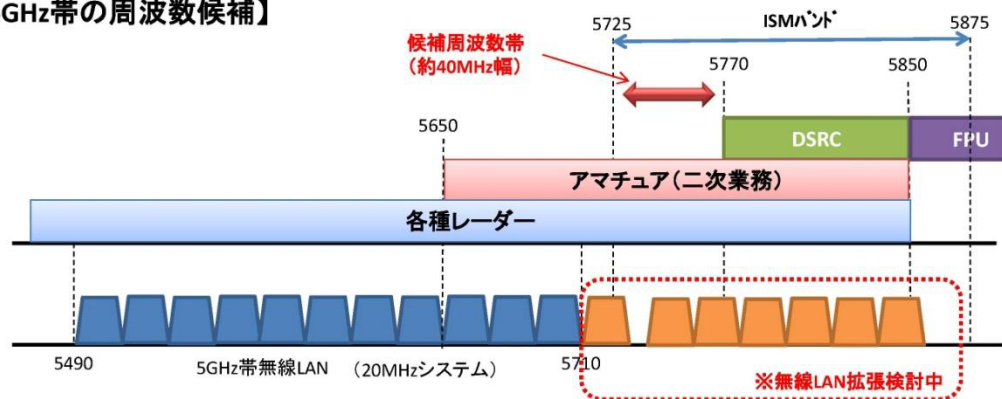
- ① RLAN
- ② ロボット用無線
- ③ DSRC の高度化 (V2V 通信)
- ④ 周波数共用のための DSRC ビーコン

この内、ロボット用無線(ロボット用電波利用システム)は DSRC に対する同一チャネル干渉源ではなく DSRC 帯域に隣接する干渉源となるが、ここでは同等に扱うものとする。

許容干渉雑音 0.45 nmW を上記 4 システムに均等に割当て、

他の1システムに対する許容干渉電力として、-100 dBm (0.1 nmW)を割当てて。

#### 【5GHz帯の周波数候補】



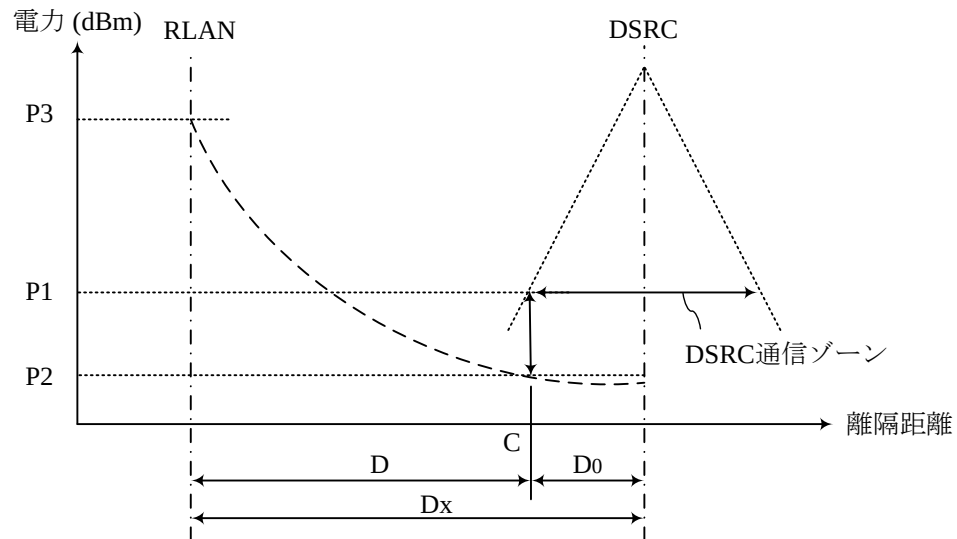
別紙図 8-1 DSRC と他システムの関係 <sup>[46]</sup>

[46] ロボット用電波利用システムに関する要求要件及び候補周波数帯について、平成 27 年 7 月 29 日、ARIB ロボット用電波利用システム調査検討会  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000371386.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000371386.pdf)

結論として、RLAN から発射された干渉電波が

DSRC 通信ゾーンエッジ(下図 C 地点)で、-100 dBm 以下(下図 P2)

となるように制御する。同一チャネル干渉時。



別紙図 8-2 RLAN からの許容干渉電力と位置関係

## 8.2. I/N 基準による RLAN からの許容干渉電力

RLAN から DSRC への許容干渉電力を I/N 基準で設定することも考えられる。

I/N = -10 dB のときの RLAN からの許容干渉電力は下表の通り。<sup>[47]</sup>

表 8.2-1 I/N 基準による許容干渉電力

| 項目 \ 装置                            | 路側無線装置のクラス             |                       |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                                    | クラス1                   | クラス2                  |
| kTB (B = 4MHz)                     | -107.8 dBm             | -107.8 dBm            |
| NF                                 | 13 dB                  | 8 dB                  |
| 熱雑音 $N = kTB + NF$ <sup>[48]</sup> | -94.8 dBm (0.33 nmW)   | -99.8 dBm (0.1 nmW)   |
| I/N                                | -10 dB                 | -10 dB                |
| 許容干渉電力 I                           | -104.8 dBm (0.033 nmW) | -109.8 dBm (0.01 nmW) |

今回提案する雑音配分見直し案では、クラス1、クラス2共通に、

他システムトータルで  $I = -93.5 \text{ dBm}$  (0.45 nmW)

1システム当たり  $I = -100 \text{ dBm}$  (0.1 nmW)

と設定した。

従って、I/N 基準の方が今回の雑音配分見直し案に比べ、クラス1 で約 5 dB 厳しく、クラス2 で約 10 dB 厳しい。

なお、ETC-FF 用路側無線装置の空中線タイプと路側無線装置クラスの対応関係は、路側無線装置規格書より下表の通りで、クラス2 が支配的である。

表 8.2-2 路側無線装置の空中線タイプとクラスの対応

| FF 路側無線装置の空中線タイプ <sup>[49]</sup> | 路側無線装置のクラス |
|----------------------------------|------------|
| 1A                               | クラス 1      |
| 3A                               | クラス 2      |
| 3B                               | クラス 2      |
| 4A                               | クラス 2      |

[47] 欧州(CEPT)の検討では I/N = -6 dB。CEPT report 57, 6 March 2015, p.30

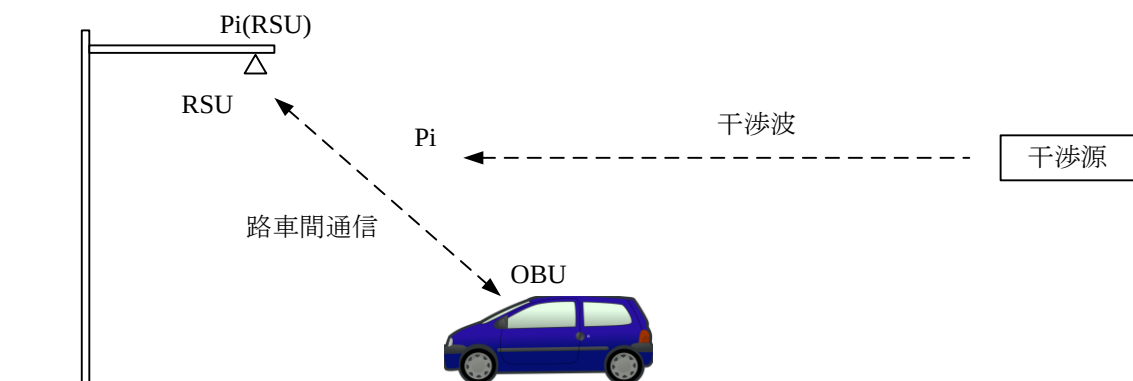
ITU-R M.2039-2 参考

[48] DSRC システム基地局設置のガイドライン (ITS FORUM RC-003) より

[49] 参考資料 4 参照

### 8.3. DSRC 受信機の許容干渉 EIRP

#### 8.3.1. DSRC/RSU の許容干渉 EIRP



別紙図 8-3 路車間通信に対する干渉源モデル

他システムからの干渉波に対し、ETC フリーフローでのアンテナタイプ3A を想定し、RSU 空中線出力での許容干渉電力  $P_i(\text{RSU})$  を空間での許容干渉電力  $P_i$  に換算する。

表 8.3.1-1 干渉源に対する RSU の許容干渉電力

| 干渉源の種類    | 許容干渉電力<br>$P_i(\text{RSU})$<br>(dBm) | RSU アンテナ、3A <sup>[50]</sup> |                  | 空間での許容<br>干渉電力 $P_i$<br>(dBm EIRP) |
|-----------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------------------|
|           |                                      | 利得 (dBi)                    | 水平方向指<br>向性 (dB) |                                    |
| RLAN      | -100                                 | 12                          | -20              | -92                                |
| V2V       | -100                                 | 12                          | -20              | -92                                |
| ロボット用     | -100                                 | 12                          | -20              | -92                                |
| DSRC ビーコン | -100                                 | 12                          | -20              | -92                                |

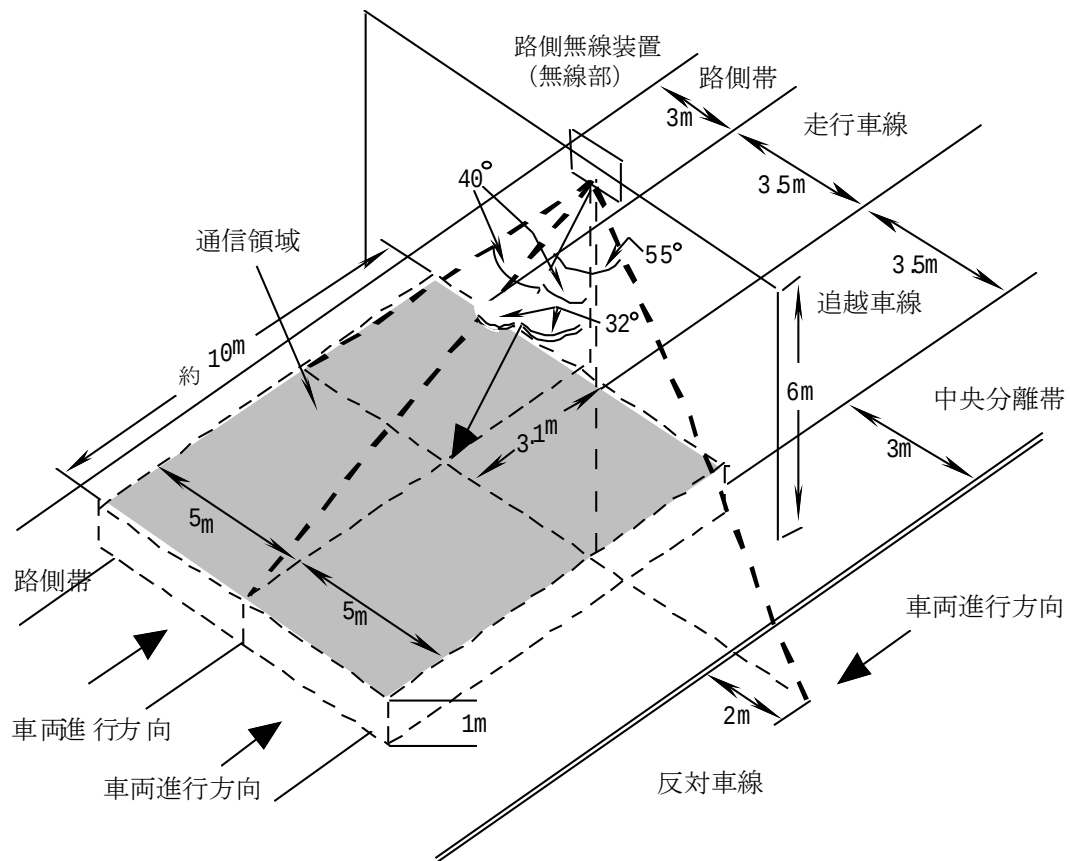
この表から、

RSU アンテナ前面の空間において、干渉源1種類当たりの許容干渉電力は、-92 dBm EIRP

とする。

[50] 参考資料 5 参照

なお、RSU アンテナとして、空中線タイプ3A の標準的な設置角度等は、ETC 規格書より下図である。<sup>[51]</sup>



別紙図 8-4 空中線タイプ3A の標準的な設置角度等

[51] ETC-B14200P 5.8GHz 帯 DSRC 路側無線装置規格書 2014 年 7 月、参考資料 3



### 8.3.2. DSRC/OBU の許容干渉 EIRP

前項では RSU に対する各干渉源からの許容干渉電力及び許容干渉 EIRP として次のように設定した。

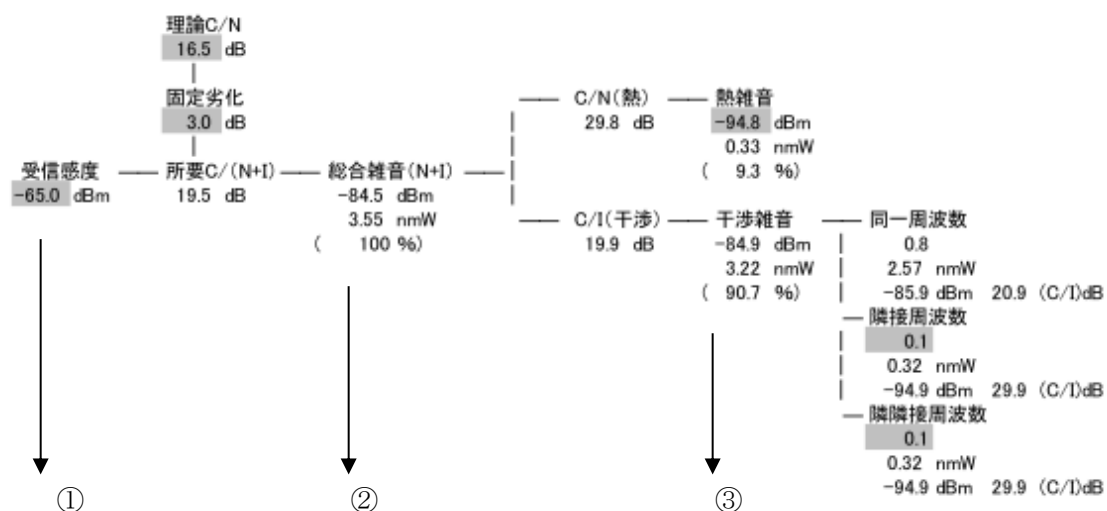
| 干渉源種類     | 許容干渉電力 (dBm) | 許容干渉 EIRP (dBm EIRP) |
|-----------|--------------|----------------------|
| RLAN      | -100         | -92                  |
| V2V       | -100         | -92                  |
| ロボット用     | -100         | -92                  |
| DSRC ビーコン | -100         | -92                  |

OBU は RSU との通信を行うとき空間的に RSU の近くにあるので、この空間における EIRP 条件を OBU の許容干渉 EIRP にも適用する。他の1システム当たり許容干渉 EIRP は-92 dBm EIRP であり、他システム全体ではこれが 4 種(+6 dB)なので、

OBU から見た他システム全体の許容干渉 EIRP = -86 dBm EIRP と設定する。

OBU の許容干渉 EIRP をこのように設定してよいかどうかを以下検算する。

OBU のレベル配分は実際には RSU のクラス1に近い。そこで ASK 方式クラス1の RSU 雑音配分を基に OBU の雑音配分として以下のように想定する。



#### ① 受信感度の変更

ARIB STD-T75 は、OBU に対して、通信ゾーンエッジで回線マージンを取った上で希望波最小受信 EIRP を-60.5 dBm EIRP 以上と規定している。そのとき OBU は BER =  $1 \times 10^{-5}$  を保証する。従って、アンテナ分離型 OBU に対して、

$$\begin{aligned}
 \text{最小受信信号電力 (C)} &= -60.5 \text{ dBm EIRP} + 5 \text{ dBi (空中線利得)} - 3 \text{ dB (指向性損失)} - 3 \text{ dB (フ} \\
 &\quad \text{ィーダーロス)} - 0.5 \text{ dB (送受切替器ロス)} \\
 &= -62 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

#### ② 総合雑音の変更

$$\begin{aligned}
\text{総合雑音 (N+Ii+Io)} &= \text{最小受信信号電力 (C)} - \text{所要 (C/(N+Ii+Io))} \\
&= -62 - 19.5 \\
&= -81.5 \text{ dBm (7.1 nmW)}
\end{aligned}$$

③ 他システムからの干渉雑音の追加

DSRC システム外からの許容干渉電力 (Io)

$$\begin{aligned}
&= \text{総合雑音 (N+Ii+Io)} - \text{熱雑音 (N)} - \text{DSRC システム内からの許容干渉電力 (Ii)} \\
&= 7.1 \text{ nmW} - 0.33 \text{ nmW} - 3.22 \text{ nmW} \\
&= 3.55 \text{ nmW (-84.5 dBm)}
\end{aligned}$$

< 検算 >

上記③の Io = -84.5 dBm を空間の EIRP に換算すると、

$$\text{DSRC システム外からの許容干渉 EIRP} + 5 \text{ dBi (空中線利得)} - 3 \text{ dB (フィーダーロス)} - 0.5 \text{ dB (送受切替器ロス)} = -84.5 \text{ dBm (No)}$$

より(干渉波の方向は特定できないので OBU 空中線の指向性損失は見込まない)、

DSRC システム外からの許容干渉 EIRP = -86 dBm EIRP。

この値は、前記 OBU から見た他システム全体の許容干渉 EIRP の値に一致する。

なお、アンテナ一体型 OBU でもこれと同じ結果となる。

## 別紙9 LoS 環境での RLAN から DSRC への集合干渉

1 つの DSRC 局周辺には多くの RLAN 局が存在する。それら RLAN 局から発射された電波のトータルが DSRC 局への干渉となる。この状況が集合干渉 aggregate interference と呼ばれる。

本検討では、ETC が社会インフラとして重要であることを考慮し、RLAN 局の空間分布が統計的中央値でなくワーストケースの状況にあっても、ETC の運用を保護することを共用条件とする。<sup>[52]</sup>

ワーストケースとして、RLAN 局の再利用距離に基づく稠密分布での同一チャネル干渉を想定する。

まず、郊外の平坦で開けた場所で、RLAN 局から DSRC 局への電波を遮る障害物がない LoS (見通し内) 環境を想定する。

### 9.1. RLAN のチャネル再利用距離

RLAN のチャネル再利用距離は、送信電力と CS/CCA レベルで決まる。

送信電力は国内省令より、<sup>[53]</sup>

最大送信 EIRP            17 dBm/MHz  
占有周波数帯幅            19.7 MHz (B=12.9dB)  
よって、送信電力    29.9 dBm EIRP

CS/CCA 規格は下表の通り。

表 9.1-1

| IEEE 規格  | チャネル幅 (MHz) | CS/CCA スレッシュホルド |
|----------|-------------|-----------------|
| 802.11a  | 20          | -82 dBm         |
| 802.11n  | 40 のとき      | -79 dBm         |
| 802.11ac | 80 のとき      | -76 dBm         |

RLAN のアンテナ利得を 0 dBi と仮定する。

11a を想定すると、所要伝搬損失 =  $29.9 + 82 = 111.9$  dB

後述 § 9. 4. 2 の 3.5 乗則伝搬モデルで伝搬損失から伝搬距離を求める。

ただし、人がスマホを屋外で使用する状況を想定し、送信局高さを  $h_b = 1$  m、受信局高さも  $h_m = 1$  m とする。これからブレイクポイントは  $R_{bp} = 77.3$  m。この条件で伝搬損失が 111.9 dB となる伝搬距離=792 m である。

よって、本検討では再利用距離を  $R = 800$  m と暫定的に設定する。

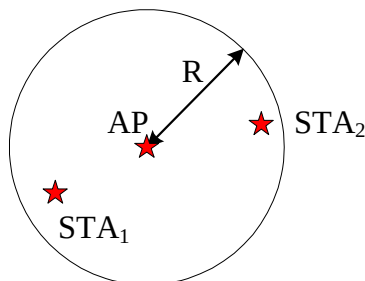
[52] 欧州では RLAN の現状の電力分布とチャネル分布に基づいて検討している。

CEPT Report 57, Report A from CEPT to the European Commission in response to the Mandate, 6 March 2015, §3.3

[53] 無線設備規則第 49 条の 20 第 1 項第 4 号。5.47-5.725GHz 帯の OFDM 方式で占有周波数帯幅が 19.7MHz 以下のときは 17dBm/MHz EIRP 以下、TPC 機能を具備しないときは 14dBm/MHz EIRP 以下。

## 9.2. 再利用距離内の RLAN 局数

通常は、再利用距離内に複数の局があっても、CS/CCA とバックオフ時間制御により、RLAN の STA (station) が任意の時刻に同一チャンネルで電波を発射するのは1局に限定される。



別紙図 9-1

しかし、左図の状況では、STA1、STA2 は互いに再利用距離  $R$  以上離れているので、相手の電波発射を認識できず、独自に電波を発射しようとする。これが隠れ端末問題。

隠れ端末問題対策として RTS/CTS を導入することで、STA1 と STA2 が同時に電波を出さないように制御される。<sup>[54]</sup>ただし、RTS/CTS は規格上必須とされていない。<sup>[55]</sup>

本検討では、DSRC 帯域内でRLANが電波を発射するとき、再利用距離内で任意の時刻に電波を発射する AP または STA は1局に限る、という条件を設定する。

RTS/CTS は、個別アドレス通信に適用できるが、グループアドレス通信には適用されない。<sup>[56]</sup>グループアドレスは、通常 AP から複数の STA に同報送信する場合に使われる。AP から送信される場合は、再利用距離内に送信局が1局だから問題ない。

しかし、将来の V2V 通信 (DSRC 高度化) で、走行中の車両から周囲の車両に対し、自車の位置、走行方向、速度等のデータを、グループアドレスを使って同報送信することを各車が実行すると、再利用距離内の STA 送信局数が増えることになるから、周波数共用の観点からの検討課題となる。V2V の場合も再利用距離内で時分割を行い、実質的に送信局数が1局になるような通信制御が必要になると思われ、DSRC システムに干渉を与えない通信制御方法も周波数共用の検討課題となる。

RLAN の再利用距離と再利用距離内の局数問題は、本検討で本質的に重要なので更に検討する必要がある。<sup>[57]</sup>

RLAN の検討課題として、

1. RLAN のチャンネル再利用距離はいくらか？
2. 再利用距離内で最大何局の RLAN が同時に送信しうるか？

注. 統計的中央値は不要、ワーストケースにて。

[54] Tanenbaum “Computer Networks” 4<sup>th</sup> ed. §4.2.6

[55] RTS/CTS メカニズムの利用は、dot11RTSThreshold アトリビュートで制御される。このアトリビュートは STA 毎に設定してよい。これは、STA が RTS/CTS を使うことを、常に使うか、決して使わないか、指定長より長いフレームのときだけ使うかを指定する。IEEE 802.11-2012, §9.3.1

[56] IEEE 802.11-2012, §9.3.1

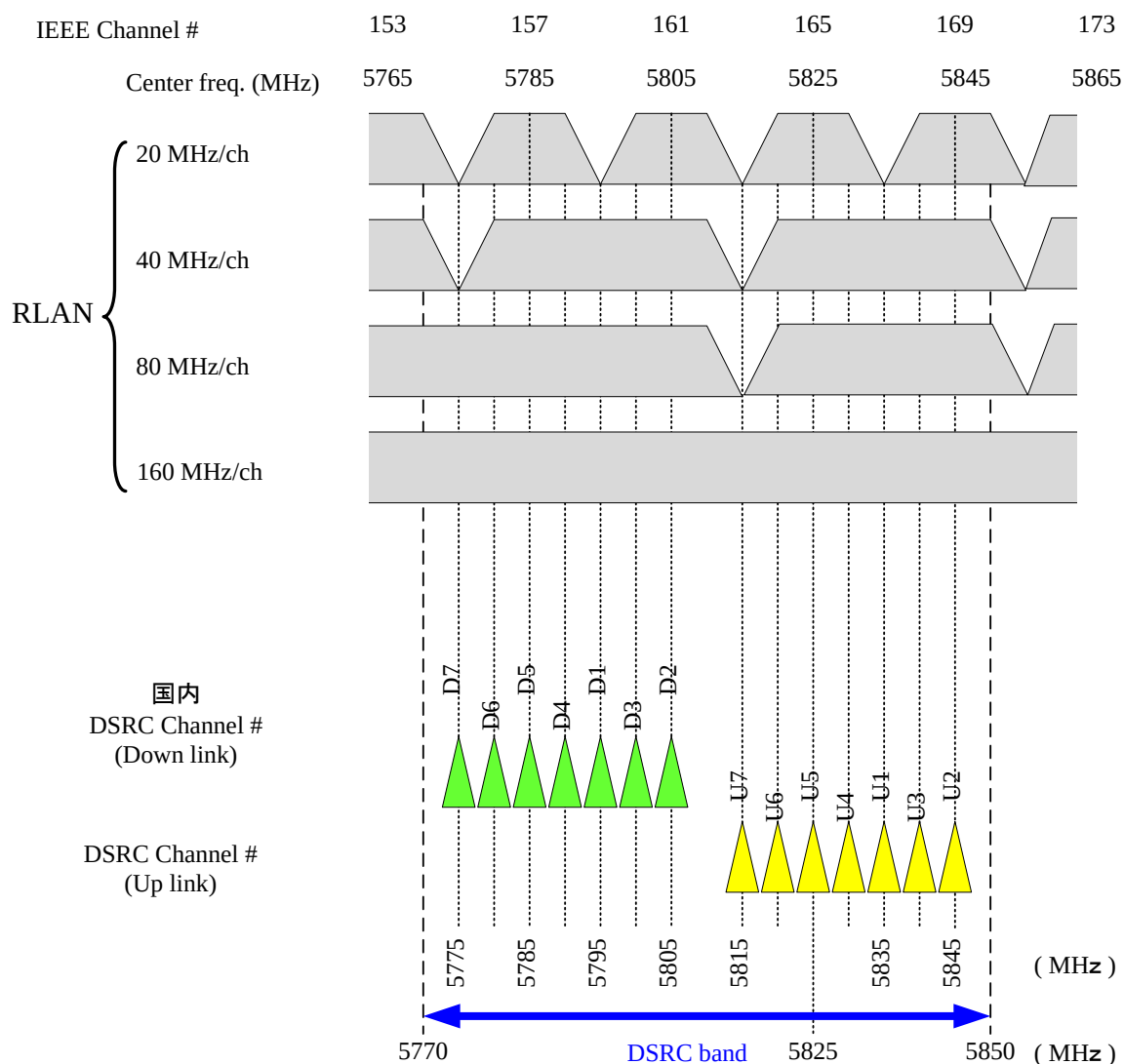
[57] 現在の RLAN の輻輳制御は不十分、不完全である。このため既に 2.4GHz 帯は都市部の稠密な利用環境では RLAN 同士が互いにつぶしあってつながりにくい状況を生み出している。

<関連検討> 別チャネルのときの状況

DSRC ビーコンが指定する DSRC 専用領域の外側で、ある RLAN 再利用距離内で回線ビジーが長ければ、RLAN の AP は別チャネル（通常は隣々接チャネル）を使おうとする。DSRC から見ると、同一再利用距離内にあってチャネルの異なる複数の AP からの干渉がありうる。

しかし、RLAN の隣々接チャネルは、例えば 11a で 20 MHz 以上離れる。DSRC から見れば、自局チャネルに対し、RLAN が同一チャネル及び隣接チャネルに重ならないければ、干渉の程度は弱く影響度は少ないものと思われる。

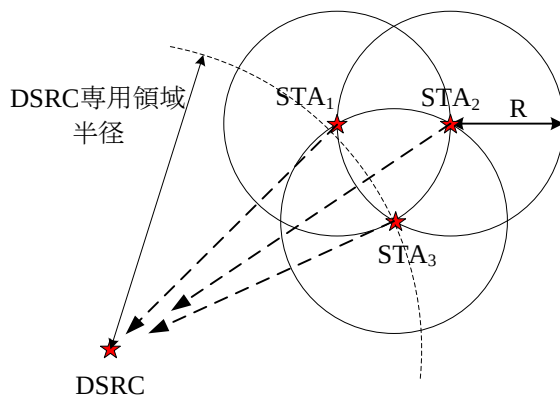
11a の場合、互いに隣々接チャネルとなる 2 局の RLAN から DSRC のダウンリンクとアップリンクのそれぞれに入射される可能性がある。しかし、OBU 受信機は RSU クラス 2 より規格感度が 10 dB 以上大きく、干渉に強いので干渉の影響は少ないものと思われる。



別紙図 9-2 RLAN の周波数帯域拡張と DSRC チャネル関係

### 9.3. RLAN の平面上の稠密配置

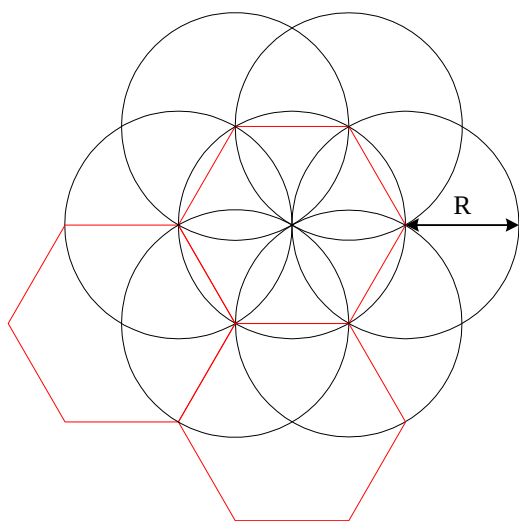
複数の RLAN から DSRC への同一チャネル干渉を考える。ワーストケースとして、DSRC 専用領域の外部にあるすべての RLAN が同一チャネルで送信した状況を想定する。



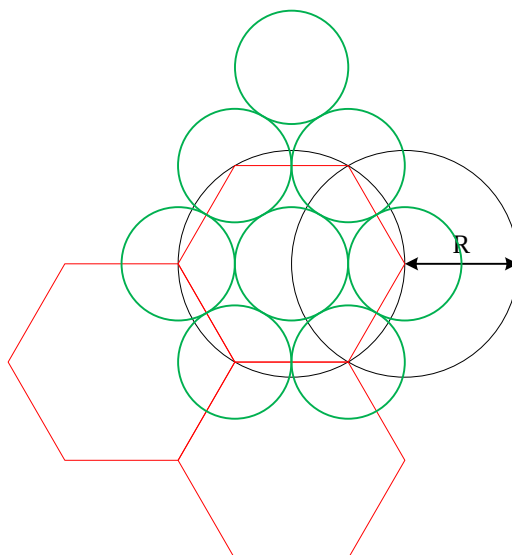
別紙図 9-3 複数の RLAN から DSRC への干渉

RLAN を DSRC への干渉源として見たとき、RLAN の再利用距離  $R$  を確保しつつ、最も稠密に RLAN を平面上に配置できるのは、半径  $R$  の円に内接する正六角形の頂点と中心に RLAN を置くとき。下図左参照。

このことは、半径  $R/2$  の円で、それらが互いに重なり合うことなく稠密に平面を埋めたとき、円の数 が RLAN の局数に一致する。下図右参照。



別紙図 9-4

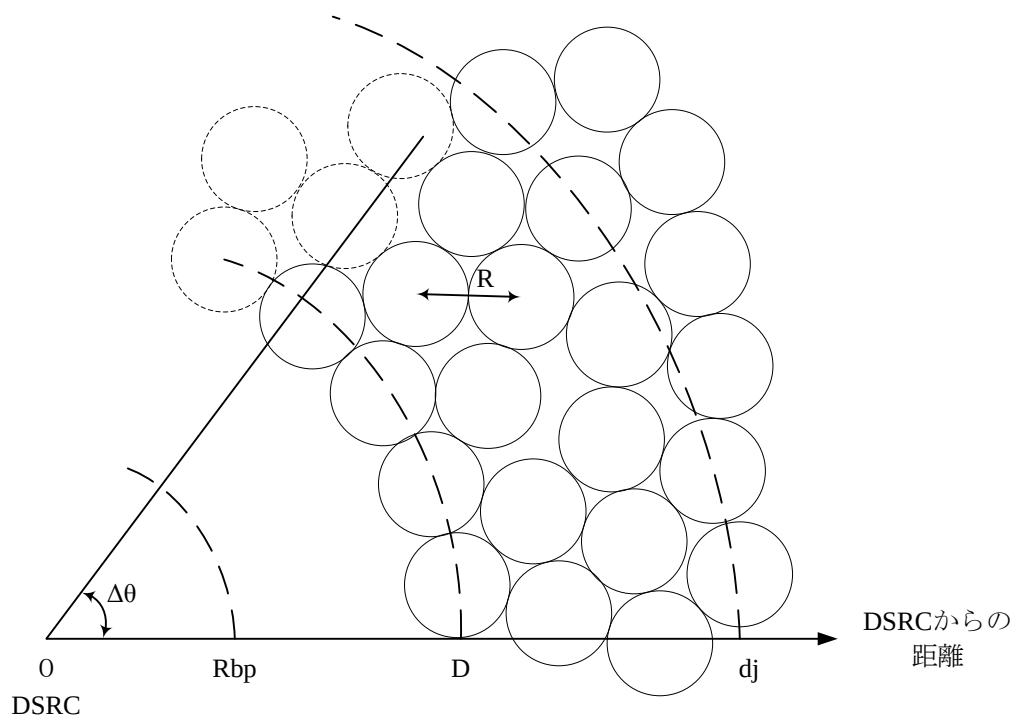


別紙図 9-5

## 9.4. RLAN から DSRC への集合干渉モデル

### 9.4.1. 配置

集合干渉 (aggregate interference) モデルとして、DSRC 専用領域の外側平面を半径  $R/2$  の円で稠密に埋めた下図を想定する。



別紙図 9-6 集合干渉モデル

ここで、

- $G_t \cdot P_t$  : RLAN の最大送信 EIRP (W)、1 局
- $P_r$  : DSRC 受信電力 (W)
- $G_r$  : DSRC 受信アンテナの水平方向最大利得
- $\Delta\theta$  : DSRC アンテナの水平面半値幅 (rad) <sup>[58]</sup>
- $D$  : DSRC 専用領域の半径 (m)
- $R$  : RLAN の再利用距離 (m)
- $R_{bp}$  : ブレークポイント (m)

[58] ここで半値幅との関わりについては参考資料 2 を参照

#### 9.4.2. 伝搬モデル

RLAN が 1 局のとき DSRC が受信する干渉電力は、伝搬距離  $d$  の伝搬損失を  $L(d)$  として、

$$Pr = L(d) \cdot Gr \cdot Gt \cdot Pt \quad (1)$$

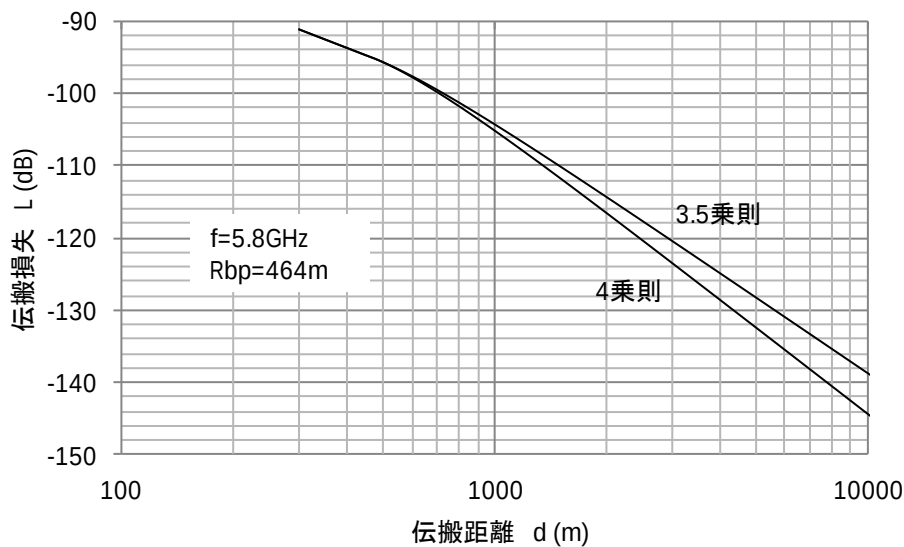
ここで、伝搬損失  $L(d)$  はブレイクポイント以遠で 4 乗則よりも現実的(厳しい) 3.5 乗則とし、次式で評価する。<sup>[59]</sup>

$$L(d) = \left( \frac{\lambda}{2\pi} \right)^2 \frac{1}{d^2} \quad (d \leq Rbp) \quad (2)$$

$$L(d) = \left( \frac{\lambda}{2\pi} \right)^2 \frac{1}{d^2} \left\{ \sin \left( \frac{\pi}{2} \frac{Rbp}{d} \right) \right\}^{1.5} \quad (d > Rbp) \quad (3)$$

$$Rbp = \frac{4h_b h_m}{\lambda} \quad (4)$$

今  $f = 5.8 \text{ GHz}$ 、 $h_b(\text{DSRC}) = 6 \text{ m}$ 、 $h_m(\text{RLAN}) = 1 \text{ m}$  とすると、ブレイクポイント  $Rbp = 464 \text{ m}$  である。<sup>[60]</sup>



別紙図 9-7 伝搬損失特性

ここで、半径  $R/2$  の円で平面を互いに重なり合うことなく稠密に埋めたとき、すなわち RLAN を稠密に設置したとき、面積  $S$  の中に存在する RLAN の局数の期待値  $N$  は近似的に

$$N = \frac{S}{\pi \left( \frac{R}{2} \right)^2} \quad (5)$$

[59] 大地、路面が完全フラットでないとき 3.5 乗則とされる。関連事項として参考資料 1 参照

[60] ブレイクポイント  $Rbp$  以内では  $Pr$  にヌルが生じる。



ここで、 DSRC から A までの距離は、 $D + (j-1)R$   
 DSRC から B までの距離は、 $D + j R$   
 $J=1, 2, 3...$   
 扇形領域 ABCD の面積  $S_j$  は、

面積  $S_j$  の中の RLAN 局数は、

ここで、DSRC から距離 A と B の中間を距離 dj とし、半径 dj の同心円上の  $\Delta\theta$  内に RLAN が Nj 局あるものとする。

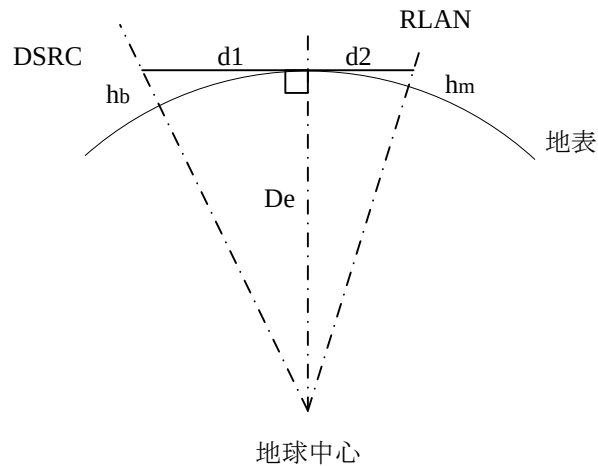
更に、DSRC が受信する RLAN からの集合干渉電力  $P_r$  は、 $G_r$  を半値幅内で一定、その外で利得 0 とみる。<sup>[61]</sup>

70

DSRC 受信局において、複数の RLAN からの干渉波の合成電界に基づく平均電力  $P_r$  は

$$P_r = \sum_{j=1}^{j_{\max}} N_j \cdot L(d_j) \cdot G_r \cdot G_t \cdot P_t \quad (9)$$

ここで、 $j_{\max}$  を無限大までとると、上記級数が収束するかどうか一目では分からない。そこで、物理的に見通し内から外れるときを上限と考える。



別紙図 9-9

ここで、

$De$  (地球半径) : 6,378,137 m

$h_b$  (DSRC 高) : 6 m

$h_m$  (RLAN 高) : 1 m

とすると、

$$\begin{aligned} d1 + d2 &= \sqrt{(2De + h_b)h_m} + \sqrt{(2De + h_m)h_m} \\ &= 12.3 \text{ km} \end{aligned} \quad (10)$$

これから、(8)式で  $d_j$  が 12.3 km を超えない範囲で  $j$  の上限を  $j_{\max}$  とする。 $j_{\max}$  は整数。

次にシミュレーションパラメータを次のように設定する。

- $G_t \cdot P_t$ : RLAN の最大送信 EIRP (W)**  
 省令の上限 : 17 dBm/MHz EIRP  
 DSRC 受信機の等価雑音帯域幅 : 4 MHz  
 よって、 $G_t \cdot P_t$  : 200 mW EIRP (23 dBm EIRP)
- 被干渉局である DSRC の受信アンテナとして、ETC のフリーフローで最も設置実績の多い

アンテナタイプ3A をシミュレーション対象とする。<sup>[62]</sup>

Gr:DSRC 受信アンテナの水平方向最大利得

$$Gr = 0.1585 (-8 \text{ dB})$$

$\Delta\theta$ :DSRC アンテナの水平面半値幅(rad)

$$\Delta\theta = \pi/3.6 \text{ rad}$$

- R :RLAN の再利用距離 <sup>[63]</sup>

$$R = 800 \text{ m}$$

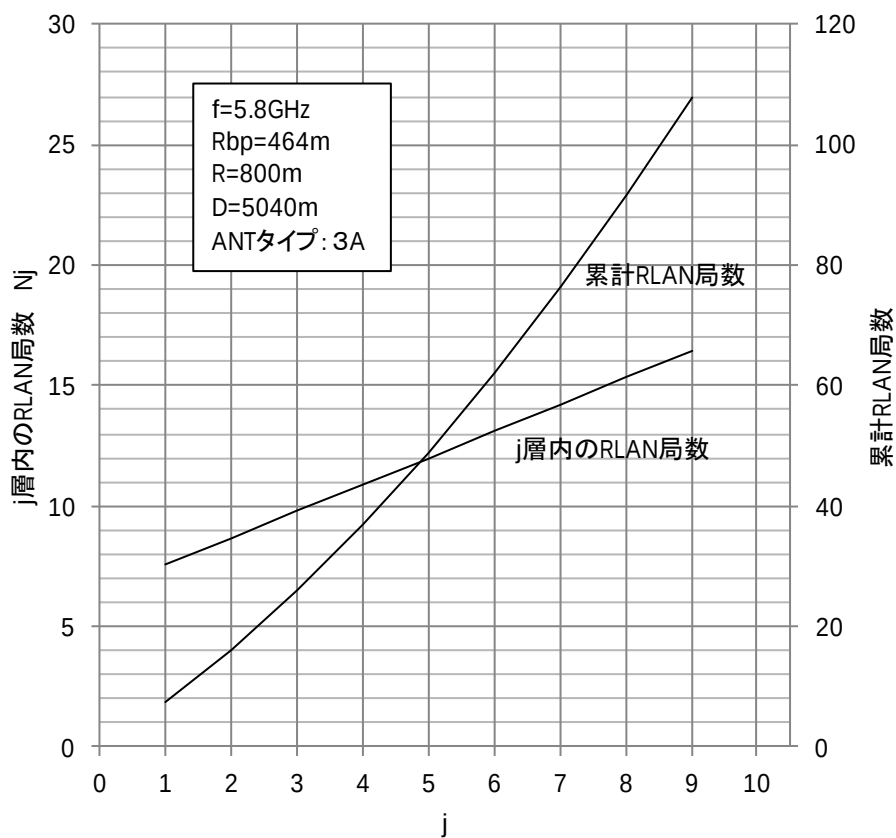
- Rbp:ブレイクポイント <sup>[64]</sup>

$$Rbp = 464 \text{ m}$$

### 9.4.3. 集合干渉源の RLAN 局数

扇形領域層の  $j$  番目の層の中にある RLAN 局数及び  $j$  番目の層より内側にある累計 RLAN 局数が下図。

$j=10$  で見通し内を超える。



別紙図 9-10  $j$  番目の層対  $N_j$  及び累計局数

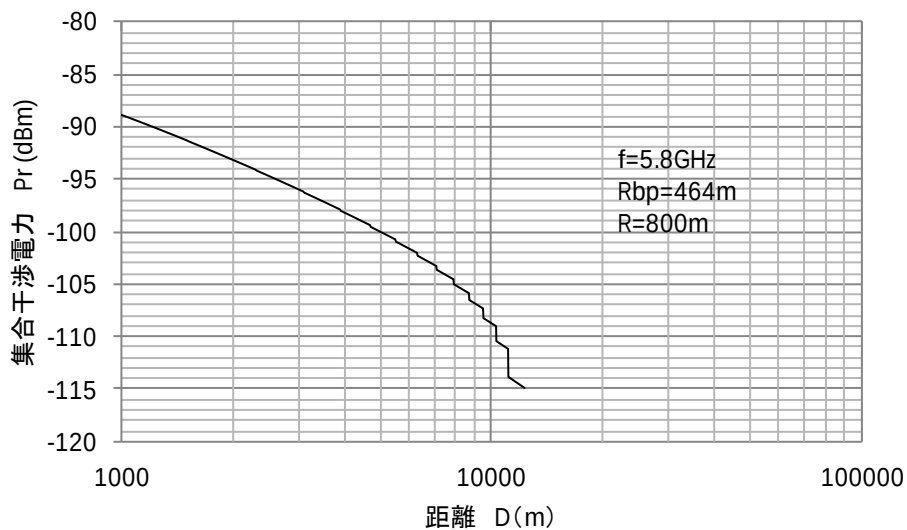
[62] 参考資料 3, 4, 5 参照

[63] §9.1 参照

[64] §9.4.2 参照

#### 9.4.4. RLAN からの干渉電力が-100dBm となる離隔距離

上記条件に基づくシミュレーション結果が下図。



別紙図 9-11 RLAN からの集合干渉電力の距離特性

Pr = -100 dBm 以下にするには、この図の基にしたシミュレーションデータから RLAN と DSRC の離隔距離として D = 5040 m という結論が得られる。<sup>[65]</sup>

[65] 参考として、干渉源が RLAN1 局のみの場合の離隔距離は 2100m。

備考

半径 5 km 圏の例

東名高速、横浜町田 IC から半径 5 km 圏 <sup>[66]</sup>

平坦で見通し内の環境では、この圏内で RLAN は DSRC 帯域を使えない。



[66] 地図は国土地理院 HP による。

<http://maps.gsi.go.jp/#12/35.509313/139.479675/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0l0u0f0>

#### 9.4.5. 周波数共用に必要な伝搬損失

前記の RLAN と DSRC との離隔距離  $D = 5040 \text{ m}$  は RLAN から DSRC 通信ゾーンエッジまでの距離なので、これに DSRC 通信ゾーンエッジから DSRC 中心への距離  $30 \text{ m}$  を加えた  $5070 \text{ m}$  が RLAN と DSRC との所要離隔距離になる。すなわち、

LoS 環境での集合干渉モデルでは RLAN と DSRC 間の所要離隔距離は  $5070 \text{ m}$ 。

$5070 \text{ m}$  に相当する伝搬損失は、3.5 乗則で  $128.4 \text{ dB}$ 。別紙図 9-7 参照。

よって、周波数共用に必要な RLAN と DSRC 間の伝搬損失は  $130 \text{ dB}$  と設定する。

結論として、RLAN と DSRC 間の伝搬損失が常に  $130 \text{ dB}$  以上を確保できれば、RLAN と DSRC の周波数共用は可能である。

なお、この伝搬損失  $130 \text{ dB}$  が確保できれば RLAN と DSRC の周波数共用には十分であって、物理的離隔距離  $5070 \text{ m}$  はもはや主たる要件ではなく参考情報という位置付けになる。

## 別紙10 都市部での RLAN から DSRC への集合干渉

### 10.1. ビル超え環境

今後検討

### 10.2. ストリートキャニオン(ビルの谷間)環境

今後検討

### 10.3. タワーマンション環境

今後検討

- 2次元配置の他に3次元配置(例:タワーマンション内の RLAN)も要考慮。

RLAN と DSRC 間の伝搬損失として前記 130 dB を確保できれば、それは LoS 環境での干渉回避技術となる。その伝搬損失を確保するために DSRC ビーコンを導入すれば、都市部の NLos 環境における集合干渉も解決できるか？

この状況は、DSRC ビーコン方式の実現可能性と現実性(feasibility and practicality)を検討するとき、更に詳しく検討する必要がある。

## 別紙11 DSRC ビーコン方式の検討

RLAN と DSRC の周波数共用を実現するための干渉回避技術として、DSRC ビーコン方式を検討する。

### 11.1. 概要

DSRC ビーコンによる干渉回避の仕組みは次の通りである。下図の①、②、③、④に対応して、

- ① DSRC ビーコンは常時ビーコン電波を発射する。

DSRC ビーコンは DSRC-RSU アンテナ近くに設置する。

- ② RLAN が DSRC 帯域で電波発射しようとするとき、また発射中も、RLAN は DSRC ビーコン電波を検知する。

RLAN は、その検知信号の RSSI と所定のスレッショルドを比較する。

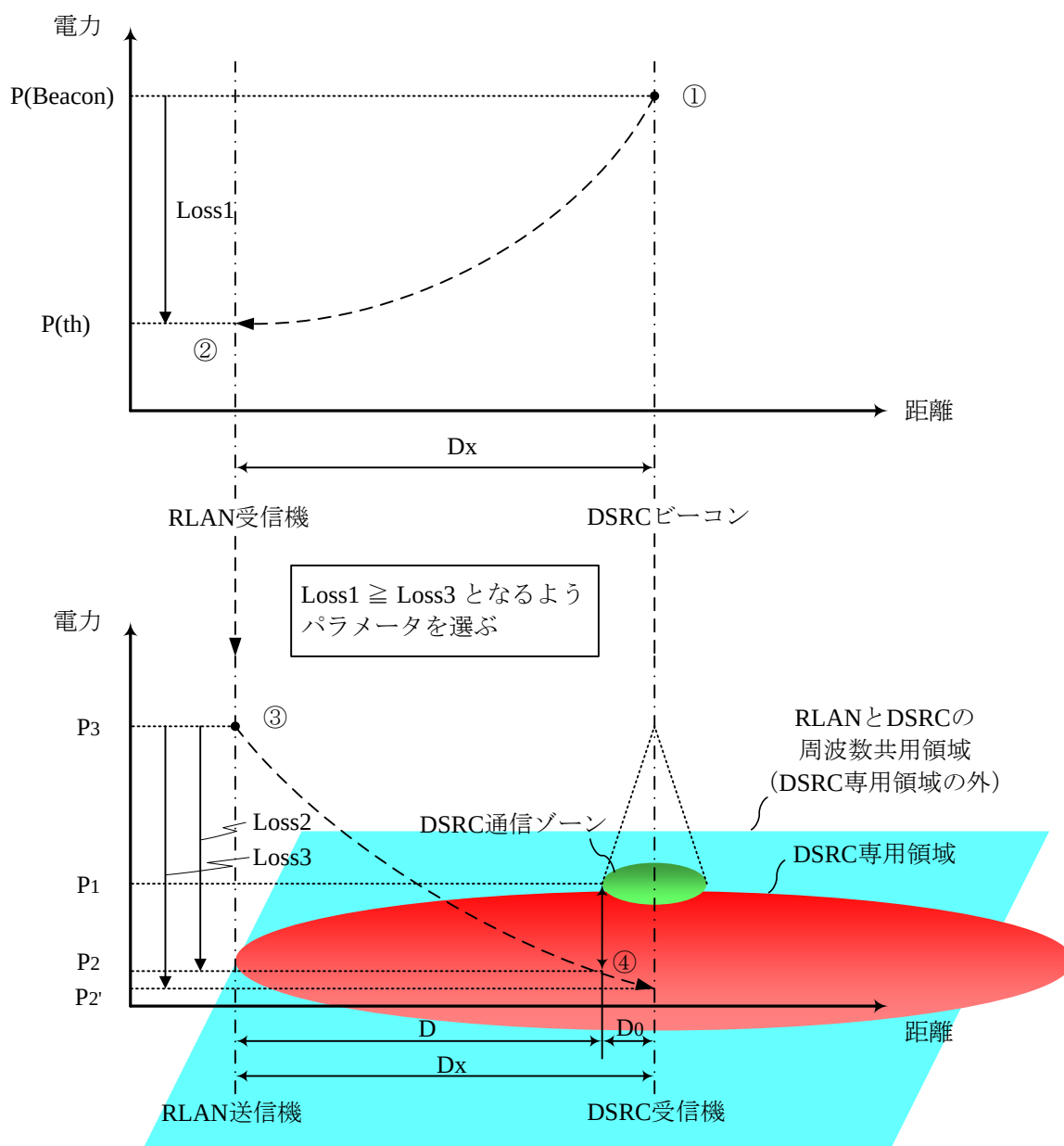
- ③ RLAN は、検知した RSSI が所定のスレッショルドより低いときに限り、DSRC 帯域で電波を発射してよい。

つまり、RLAN はいわゆる “listen before talk” 及び “listen while talking” 機能をもつ。

- ④ RLANs が DSRC 帯域で電波を発射したとき、DSRC が RLANs から受ける集合干渉電力は-100dBm 以下となるように関係する諸元を設定する。

なお、DSRC ビーコン方式では、RLAN と DSRC 間の地理上の離隔距離を確保するのではなく、離隔距離が短くとも伝搬損失を確保できれば十分である。





$P(\text{Beacon})$  : DSRCビーコンの送信EIRP  
 $P(\text{th})$  : RLANのビーコン信号検知スレッシュホルド  
 $P_1$  : DSRC-OBUSUの希望波最小受信電力  
 $P_2$  : RLANからの干渉波に対する許容受信EIRP  
 $P_3$  : RLANの最大送信EIRP

$D_x$  : RLANとDSRCの間の  
干渉防止離隔距離  
(DSRC専用領域の半径、 $D_x = D + D_0$ )  
 $D$  : DSRC通信ゾーンエッジから  
RLANまでの離隔距離  
 $D_0$  : DSRC通信ゾーン半径

別紙図 11-1 DSRC ビーコンによる干渉回避の仕組み

郊外の平坦で開けた場所で、RLAN から DSRC への電波を遮る障害物がない LoS (見通し内) 環境を想定する。

RLAN からの許容干渉電力は、DSRC の周囲に配置される全ての RLAN から当該 DSRC 受信機に届く干渉電力の合計 (これを集合干渉 **aggregate interference** と呼ぶ) であることに留意する。

集合干渉は、統計的中央値でなくワーストケースで考慮する。

LoS 環境での集合干渉検討は別紙 9 参照。

結論として、周波数共用に必要な RLAN と DSRC 間の伝搬損失は 130 dB であった。

この伝搬損失は別紙図 11-1 の Loss1、Loss3 に相当する。

従って、別紙図 11-1 で、DSRC ビーコンの送信 EIRP を例として  $P(\text{Beacon}) = 30 \text{ dBm EIRP}$  と設定したとき、RLAN 側の DSRC ビーコン電波の検知スレッシュホールド  $P(\text{th})$  は  $-100 \text{ dBm EIRP}$  となる。

DSRC ビーコンの送信 EIRP はなるべく低いほうが望ましいが、他方 RLAN 側は DSRC ビーコン電波の検知スレッシュホールド  $P(\text{th})$  がなるべく高いほうが望ましいから、両者のバランスをとって設定する必要がある。

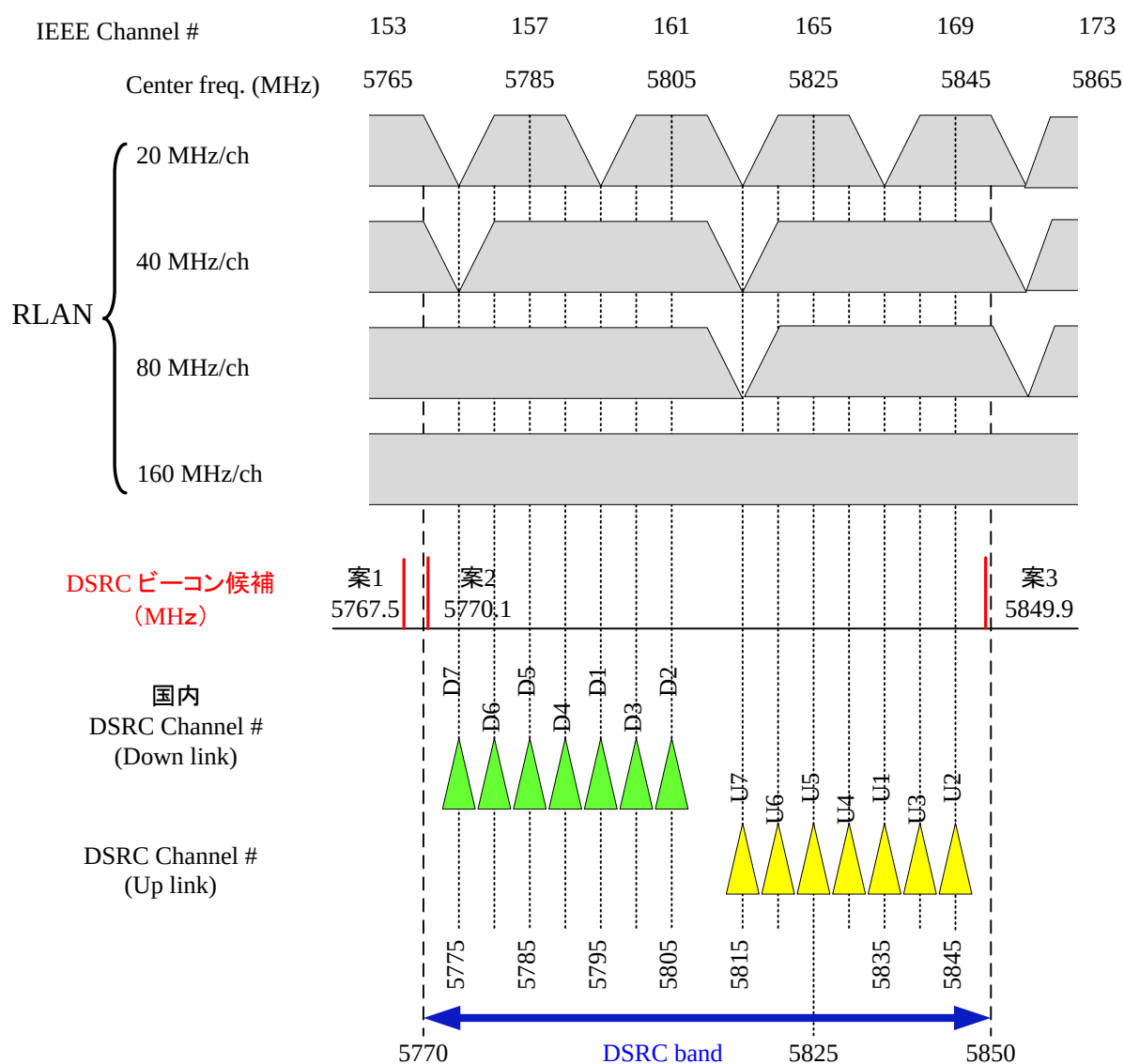
更に、DSRC ビーコンから DSRC 受信機への干渉も考慮して DSRC ビーコンの送信 EIRP と送信周波数を設定する必要がある。

## 11.2. DSRC ビーコン周波数の検討

### 11.2.1. DSRC ビーコン周波数案

DSRC ビーコン周波数  $F_b$  の候補として下記3案を検討する。

|       |                                            |
|-------|--------------------------------------------|
| 送信周波数 | 案 A: $F_b = 5767.5 \text{ MHz}$ (DSRC 帯域外) |
|       | 案 B: $F_b = 5770.1 \text{ MHz}$ (DSRC 帯域内) |
|       | 案 C: $F_b = 5849.9 \text{ MHz}$ (DSRC 帯域内) |



別紙図 11-2 周波数の相互関係

案 A:  $F_b = 5767.5$  MHz (DSRC 帯域外) は、OBU 受信機の D7 に強い干渉を与える。

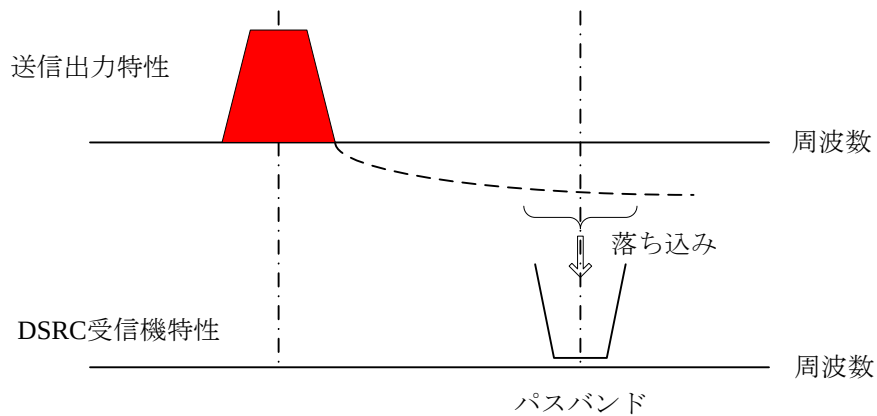
案 B:  $F_b = 5770.1$  MHz (DSRC 帯域内) は、OBU 受信機の D7 に強い干渉を与える。

案 C:  $F_b = 5849.9$  MHz (DSRC 帯域内) は、RSU 受信機の U2 に強い干渉を与える。

なお、D2 と U7 の中間に入れることも考えられるが、そのとき、案 B と案 C の合成となり RSU と OBU の両方の受信機に影響を与えるので外した。また、DSRC 帯の上側は FPU (Field Pickup Unit: TV 放送用無線中継伝送装置) に割当てられているので候補から外した。

### 11.2.2. DSRC ビーコンから DSRC 受信機への干渉モード

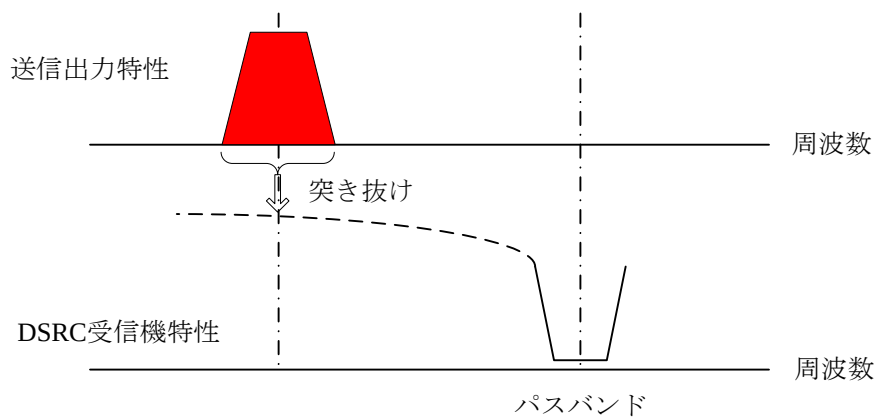
#### (1) 送信スペクトルの広がりによる干渉



別紙図 11-3

この干渉は、送信機のスペクトラムマスクの広がりや隣接チャネル漏洩電力に起因する。

#### (2) 受信機への突き抜けによる干渉



別紙図 11-4

この干渉は、受信機の隣接波選択度やスプリアス・レスポンス・リジェクションに起因する。

#### (3) 受信機の非線形性による干渉

ここでは想定しない。

### 11.2.3. 関係する T75 規格

DSRC ビーコンから DSRC 受信機への干渉に関する ARIB STD-T75 規格として隣接波選択度とスプリアス・レスポンス・リジェクションがある。<sup>[67]</sup>

隣接波選択度は 2 値疑似雑音系列で変調された妨害波を入力したときの受信機特性を示し、スプリアス・レスポンス・リジェクションは無変調の妨害波を入力したときの受信機特性を示す。

また、スプリアスとは自分の帯域外(DSRC 帯域外)の周波数での妨害波をいう。

今の場合、案 A の周波数に対しては DSRC 帯域外なのでスプリアス・レスポンス・リジェクションの規格を適用し、案 B と案 C の周波数に対しては DSRC 帯域内なので隣接波選択度の規格を適用する。

ただし、各案ともパスバンドに対する離調周波数が大きくないので、最終的に確認する必要がある。<sup>[68]</sup>

---

[67] 隣接波選択度については ARIB STD-T75, §3.4.3.6、スプリアス・レスポンス・リジェクションについては §3.4.3.8 を参照。

[68] 隣接波選択度及びスプリアス・レスポンス・リジェクションは、現状、DSRC 機器に関する技術基準適合証明の試験項目には含まれていない。  
周波数共用を実現するに当たっては、送信機だけでなく受信機の性能も試験項目に追加する必要が出てくる。今後の検討課題。

#### 11.2.4. DSRC ビーコンから DSRC 受信機への干渉評価

##### 11.2.4.1. 案 A の場合

案 A のビーコン周波数( $F_b = 5767.5$  MHz)に対し、離調周波数が小さい D7 チャンネル、U7 チャンネルの受信機が最も厳しい干渉を受ける。

このビーコン周波数は DSRC 帯域外なので、スプリアス・レスポンス・リジェクション(以下 SRR)の規格を適用する。

|                |                                      |
|----------------|--------------------------------------|
| SRR の規格は、      | 24 dB(OBU)、<br>30 dB(RSU、クラス 2)。     |
| 規格感度+3dB の値は、  | -57 dBm(OBU)、<br>-72 dBm(RSU、クラス 2)。 |
| 従って、許容妨害波レベルは、 | -33 dBm(OBU)、<br>-42 dBm(RSU、クラス 2)。 |

更に、DSRC 受信機への妨害源として暫定的に

- RLAN、
- ロボット用、
- DSRC ビーコン
- V2V、DSRC 他局

の 4 種を想定し、DSRC ビーコン起源の妨害波に 1/4(-6 dB)を割り当てる。

以上により DSRC ビーコンから DSRC 受信機への許容妨害波レベルを下記とする。

- 39 dBm(OBU)、
- 48 dBm(RSU、クラス 2)。

この条件で、OBU 受信機及び RSU 受信機が受ける干渉レベルは下表の通りである。

表 11.2.4.1-1 案 A のときに OBU 受信機の受ける干渉

|                              | 送信スペクトルの広がり<br>による干渉 | 受信機への突き抜けによ<br>る干渉 |
|------------------------------|----------------------|--------------------|
| DSRC ビーコンの送信 EIRP (dBm EIRP) | 30                   | 30                 |
| スペクトラムマスク (dB)               | 55                   | —                  |
| 伝搬損失 (dB)、自由空間               | X1                   | X2                 |
| 受信 EIRP (dBm EIRP) A         | -25-X1               | 30-X2              |
| 受信アンテナ利得 (dBi)               | —                    | 5                  |
| 水平方向指向性損失 (dB)               | —                    | 0                  |
| 受信電力 (dBm) B                 | —                    | 35-X2              |
| 許容干渉電力 (dBm EIRP) C          | -92                  | —                  |
| 許容妨害波レベル (dBm) D             | —                    | -39                |
| 所要伝搬損失 (dB)*                 | 67                   | 74                 |
| 所要伝搬距離 (m)                   | 9.2                  | 20.6               |

\* A=C 又は B=D となるとき X1, X2

注 最終的には 2 つの干渉電力の和が受信機への干渉電力となる。

表 11.2.4.1-2 案 A のときに RSU 受信機の受ける干渉

|                              | 送信スペクトルの広がり<br>による干渉 | 受信機への突き抜けによ<br>る干渉 |
|------------------------------|----------------------|--------------------|
| DSRC ビーコンの送信 EIRP (dBm EIRP) | 30                   | 30                 |
| スペクトラムマスク (dB)               | 55                   | —                  |
| 伝搬損失 (dB)、自由空間               | X3                   | X4                 |
| 受信 EIRP (dBm EIRP) A         | -25-X3               | 30-X4              |
| 受信アンテナ利得 (dBi)               | —                    | 12**               |
| 水平方向指向性損失 (dB)               | —                    | -20**              |
| 受信電力 (dBm) B                 | —                    | 22-X4              |
| 許容干渉電力 (dBm EIRP) C          | -92                  | —                  |
| 許容妨害波レベル (dBm) D             | —                    | -48                |
| 所要伝搬損失 (dB)*                 | 67                   | 70                 |
| 所要伝搬距離 (m)                   | 9.2                  | 13.0               |

\* A=C 又は B=D となるとき X3, X4

\*\* ETC フリーフローを想定

結論として、DSRC ビーコンと DSRC との離隔距離を約 20 m とする必要がある。

#### 11.2.4.2. 案 B の場合

案 B のビーコン周波数に対し、離調周波数が小さい OBU 受信機の D7 チャネルが最も厳しい干渉を受ける。

このビーコン周波数は DSRC 帯域内なので、隣接波選択度の規格を適用する。

表 11.2.4.2-1 案 B のときに OBU 受信機の受ける干渉

|                                    | 送信スペクトルの広がりによる干渉 | 受信機への突き抜けによる干渉    |
|------------------------------------|------------------|-------------------|
| DSRC ビーコンの送信 EIRP<br>(dBm EIRP)    | 30               | 30                |
| スペクトラムマスク (dB)                     | 50               | 0                 |
| 伝搬距離 (m) (仮設定)                     | 100              | 100               |
| 伝搬損失 (dB)、自由空間                     | 87.7             | 87.7              |
| 受信 EIRP<br>(dBm EIRP)              | -107.7           | -57.7             |
| 離調周波数 (MHz)<br>OBU-D7 ch の中心周波数に対し | 0                | 4.9               |
| OBU の隣接波選択度 (dB)                   | 0                | 7 <sup>[69]</sup> |
| OBU の等価受信 EIRP<br>(dBm EIRP)       | -107.7           | -64.7             |
| 等価受信 EIRP<br>(mW EIRP)             | (A)              | (B)               |
| (A) + (B)、(mW EIRP)                |                  |                   |
| (A) + (B)、(dBm EIRP)               | ≈ -64.7          |                   |
| 許容干渉電力-92 dBm EIRP に対するオーバー分       | 27.3 dB          |                   |

表から、この条件下で「許容干渉電力-92 dBm EIRP に対するオーバー分」を 0 にするには、伝搬距離すなわち DSRC ビーコンと DSRC との離隔距離を約 2 km にする必要があり、現実的でない。

[69] OBU の隣接波選択度の規格は、10MHz 離調で 15dB なので、4.9MHz 離調では 7dB とみる。



#### 11.2.4.3. 案 C の場合

案 C のビーコン周波数に対し、離調周波数が小さい RSU 受信機の U2 チャンネルが最も厳しい干渉を受ける。

このビーコン周波数は DSRC 帯域内なので、隣接波選択度の規格を適用する。

表 11.2.4.3-1 案 C のときに RSU 受信機の受ける干渉

|                                    | 送信スペクトルの広がり<br>による干渉 | 受信機への突き抜け<br>による干渉 |
|------------------------------------|----------------------|--------------------|
| DSRC ビーコンの送信 EIRP<br>(dBm EIRP)    | 30                   | 30                 |
| スペクトラムマスク (dB)                     | 50                   | 0                  |
| 伝搬距離 (m) (仮設定)                     | 100                  | 100                |
| 伝搬損失 (dB)、自由空間                     | 87.7                 | 87.7               |
| 受信 EIRP<br>(dBm EIRP)              | -107.7               | -57.7              |
| 離調周波数 (MHz)<br>RSU-U2 ch の中心周波数に対し | 0                    | 4.9                |
| RSU の隣接波選択度 (dB)                   | 0                    | 10 <sup>[70]</sup> |
| RSU の等価受信 EIRP<br>(dBm EIRP)       | -107.7               | -67.7              |
| 等価受信 EIRP<br>(mW EIRP)             | (A)                  | (B)                |
| (A) + (B)、(mW EIRP)                |                      |                    |
| (A) + (B)、(dBm EIRP)               | ≈ -67.7              |                    |
| 許容干渉電力-92 dBm EIRP に対するオーバー分       | 24.3 dB              |                    |

表から、この条件下で「許容干渉電力-92 dBm EIRP に対するオーバー分」を 0 にするには、伝搬距離すなわち DSRC ビーコンと DSRC との離隔距離を約 1.4 km にする必要があり、現実的でない。

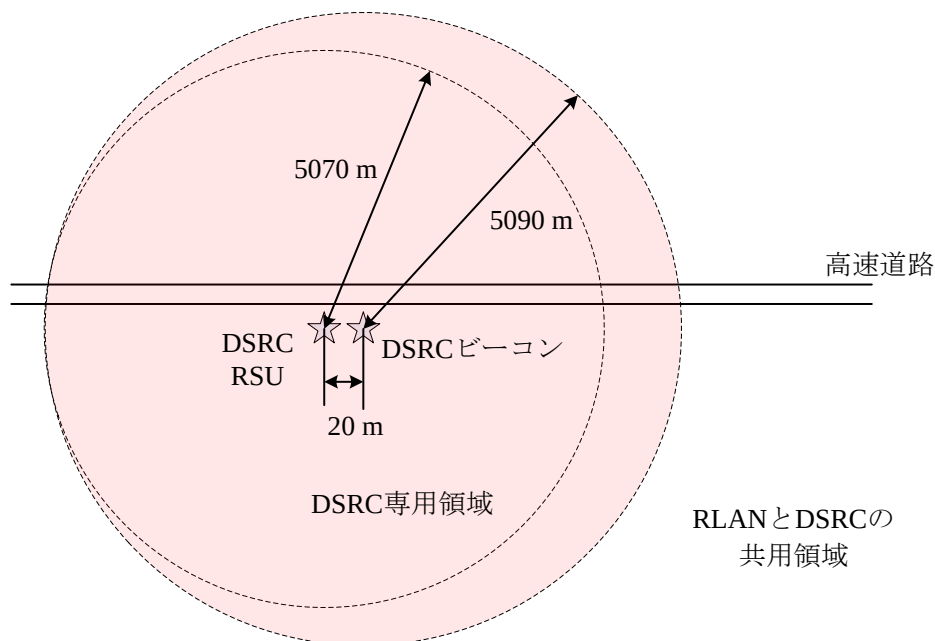
[70] RSU クラス 2 の隣接波選択度の規格は、10MHz 離調で 20dB なので、4.9MHz 離調では 10dB とみる。

#### 11.2.4.4. 干渉評価のまとめ

DSRC ビーコン周波数は、案 A だけが実現可能性がある。

DSRC ビーコンから DSRC への干渉を避けるため、DSRC ビーコンと DSRC 基地局との離隔距離を約 20 m 設ける。

このとき、DSRC 基地局と DSRC ビーコンの位置関係、RLAN と DSRC の共用可能領域の位置関係は下図。



別紙図 11-5 RSU、DSRC ビーコンの位置関係と共用可能領域

#### 11.3. DSRC ビーコンの要件

##### (1) 諸元

|           |                                         |
|-----------|-----------------------------------------|
| 送信周波数     | 5767.5 MHz (DSRC 帯域外)                   |
| 送信 EIRP   | 30 dBm EIRP                             |
| 変調        | なし                                      |
| 送信指向性     | 水平面内無指向性                                |
| スペクトラムマスク | 55 dB 以上 (2 MHz 以上離調)                   |
| 周波数安定度    | ± 5 ppm 以内                              |
| 送信タイミング   | ETC - FF 用 : 常時<br>ETC - 料金所用 : (車両接近時) |

##### (2) 設置条件

|             |                 |
|-------------|-----------------|
| RSU からの離隔距離 | 約 20 m          |
| 空中線設置高      | 約 6 m           |
| 設置場所        | 周囲に障害物があるべく無い場所 |

#### 11.4. RLAN に対する新規要件

DSRC との周波数共用のために RLAN が具備すべき条件は以下。下線部は未定または暫定値。

##### (1) DSRC ビーコン信号検出機能

- ① RLAN 受信アンテナ前面で -100 dBm EIRP 以上、xx dBm EIRP 以下の DSRC ビーコン信号を検出できること。
- ② 上記①は、速度が最大 120 km/h のドップラーシフト環境でも検出できること。
- ③ DSRC ビーコン信号の検出タイミングは常時とすること。
- ④ DSRC ビーコン信号入力後、100  $\mu$ S 以内にこれを検出できること<sup>[71]</sup>。

##### (2) タイマー制御機能

- ① DSRC ビーコン信号検出後、直ちにタイマーをセットすること。
- ② DSRC ビーコン信号を検出中は、タイマーセットを維持すること。
- ③ DSRC ビーコン信号を検出しなくなった後、T 秒間はタイマーをセットしたままとし、タイマーのセット、リセットにヒステリシスを持たせる。
- ④ タイマーセット中に DSRC ビーコン信号の中断があったときは、中断終了後から再び T 秒間のタイマーをセットすること。
- ⑤ タイマー時間 T は、

・DSRC 高度化(V2V) : 2 秒

(周波数帯が違うとき必要性は別途。仮設定。)

・ロボット用無線 : 3 秒

(周波数帯が違うので必要性は別途。仮設定。)

・RLAN : 4 秒

とする。誤差は $\pm 0.1$  秒以内。

##### (3) 送信制御機能

上記タイマーがセットされているときは、DSRC バンド及びその隣接バンドで電波を発射しないこと。既に発射中であっても、直ちに電波発射を停止すること。

##### (4) 法令上の担保

上記項目を RLAN の技術基準適合証明の試験に追加し、法令上の担保案とする。

---

[71] 暫定値。802.11a の CS/CCA 検出時間は  $4\mu\text{S}$  以下。 $100\mu\text{S}$  は DSRC の 1 スロット時間 ( $800\mu\text{S}$ ) の  $1/8$  として設定。

### 11.5. ダイバーシティの必要性

以上のように DSRC ビーコン及び RLAN の諸元を設定した場合、DSRC ビーコンから RLAN に至る経路と RLAN から DSRC へ至る経路は、空間的にも周波数的にも互いに少し異なる。従って、フェージング環境に置かれたとき、RLAN が受信した DSRC ビーコン電波の強度が検知スレッシュホールドを下回るほど低いため RLAN が電波を発射したところ、RLAN から DSRC へ至る経路では所要の伝搬損失を確保できず、結果として DSRC へ干渉を与えてしまう、という事象が起きる可能性が理論的にある。

ダイバーシティの必要性の検討は、DSRC ビーコン方式の実現可能性と現実性 (feasibility and practicality) を検討するとき、更に詳しく検討する必要がある。

## 別紙12 RLAN の周波数帯拡張に関する国際機関及び各国等の取り組みと その経緯

### 12.1. 国際機関

- ① 2015 年 11 月に開催された世界無線通信会議(WRC-15)にて、次回 4 年後の WRC-19 では、5150 MHz から 5925 MHz までの周波数帯における RLAN 関連事項を検討し、追加の周波数割当を含む適切な法制上の措置をとることが決議された (Resolution 809)。ただし、周波数共用の検討に当たっては現在運用中のサービスの保護を保証しつつ行うこととされた (Resolution 239)。

関連資料 A1 参照。

### 12.2. 日本

- ① 総務省は周波数の再編を、透明性及び予見可能性を確保しつつ、周波数の円滑かつ着実な移行・再編を推進するための取組を示す「周波数再編アクションプラン」を策定し、公表している。その内容は毎年見直されているが平成 25 年(2013 年)10 月改定版以来毎年、5.8 GHz 帯について 5 GHz 帯 RLAN 用周波数の拡張検討が盛り込まれた。

関連資料 B1 参照。

- ② 平成 26 年 12 月の電波政策ビジョン懇談会最終報告書において、5.4 GHz 帯及び 5.8 GHz 帯の RLAN への追加割当可能性について検討していく必要があるとされた。

関連資料 B2 参照。

- ③ 情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会では、「5GHz 帯無線 LAN の周波数帯拡張等に係る技術的条件」について、平成 27 年 12 月 8 日から検討を開始した。

関連資料 B3 参照。

### 12.3. 米国

- ① 2010年6月28日付大統領覚書 **Unleashing the Wireless Broadband Revolution** (ワイヤレスブロードバンド開放革命)にて、オバマ大統領が、米国の経済的競争力の強化、雇用創出を目的に、10年以内に500 MHzのスペクトルをワイヤレスブロードバンドで使えるようにすべく、政府保有スペクトルの民間共用を図るという政策を発表した。ただし、この時点で具体的な周波数帯の指示はなし。

関連資料 C1 参照。

- ② 2012年7月大統領に対する科学技術助言評議会 (PCAST) が、上記大統領覚書を受け、「経済成長に拍車をかけるために政府保有スペクトルの十分な可能性の実現」というレポートを発表し、干渉なくスペクトルを共有するための技術的、法的条件の検討が必要と問題提起した。過去の干渉事例を挙げつつ、スペクトル共用 (規制緩和) を今のままやると干渉問題が発生するので、新しい規制が必要と助言した。

関連資料 C2 参照。

- ③ 2012年に法律 **Middle Class Tax Relief and Job Creation Act of 2012** が制定された。

この法律は、FCCとNTIAに対し以下の検討を行い、議会に報告することを義務付けた。<sup>[72]</sup>  
法律の指示内容は、

- FCCに対し、5.35-5.47 GHz帯をU-NIIデバイスが使えるようにFCCルールを改定すること。ただし、次の条件が満たされた場合に限る。

(a) 免許を受けたユーザは、DFS等の技術で保護される。

(b) 一次用途の連邦政府のユーザがU-NII導入で妥協する必要はない。

- NTIAに対し、5.35-5.47 GHz帯及び5.85-5.925 GHz帯をU-NIIデバイスが使えるようにしたときのリスクを評価すること。
- また、米国のDSRC用5.9 GHz帯に対してもU-NIIデバイスとのスペクトル共用の検討を両者に義務付けた。

関連資料 C3 参照。

- ④ 上記法律に従い、2013年1月にNTIAがNTIA 5 GHz Reportを公表した。5 GHz帯をRLAN用に拡張したとき、政府機関が使用しているレーダー機器その他に有害な干渉を与えるリスクがあり、その対策として現行RLANのTPCやDFSでは不十分かもしれないとし、干渉リスクと回避技術については更なる定量的検討が必要であるとした。

関連資料 C4 参照。

---

[72] 米国では、FCCが民間用の周波数を管理し、NTIAは政府(軍を含む)が利用する周波数を管理している。

- ⑤ 上記法律に従い、2013年2月にFCCがNotice of Proposed Rule Making (FCC 13-22)を公表し、コメント要請を行った。その骨子は、

- U-NII-3バンドを上側へ25 MHz 拡張し、5.725-5.85 GHz 帯とする。<sup>[73]</sup>
- 5.15-5.25 GHz 帯(U-NII-1 バンド)と5.25-5.35 GHz 帯(U-NII-2A バンド)の規格(パワー限界と使用場所)を統一する。
- U-NII デバイスの違法改造及び違法運用に対する新しい防止方法を導入する。
- 5.35-5.47 GHz 帯(U-NII-2B バンド)及び5.85-5.925 GHz 帯(U-NII-4 バンド)でもU-NIIを新しく使用可能とする。

このNPRMに対し、これまでに膨大な量のコメントが提出されている。

特に、5.9 GHz 帯でU-NIIを使用可能とする(すなわちRLANの使用周波数帯域を5.9 GHz 帯まで拡大する)ことについては、その帯域が現在米国DSRCに割当てられていることから慎重な対応を求める多くのコメントがFCCへ提出された。

関連資料 C5 参照。

- ⑥ 2013年6月14日付大統領覚書Expanding America's Leadership in Wireless Innovation(無線の革新でアメリカのリーダーシップを拡大)にて、オバマ大統領が、更なる経済発展のために、ブロードバンド共用検討対象として1.696-1.71 GHz 帯、1.755-1.85 GHz 帯、5.35-5.47 GHz 帯、5.85-5.925 GHz 帯を指示した。

関連資料 C6 参照。

- ⑦ 2014年4月に、上記FCCのNPRM(FCC 13-22)に対するさまざまなコメントを評価した結果として、FCCがFCC 14-30, R&Oを公表し、FCCルールを改定した。その骨子は、

- 5.15-5.25 GHz 帯(U-NII-1 バンド)で、屋内限定の制限を外すとともに許容送信電力を上げた。
- 従来5.725-5.825 GHz 帯のU-NII-3バンドの上限を5.85 GHz まで上げた。
- すべてのU-NII デバイスのソフトウェア改造ができないようにした。
- 5.25-5.35 GHz 帯(U-NII-2A バンド)及び5.47-5.725 GHz 帯(U-NII-2C バンド)でTDWR等を保護するため、技術基準及び測定手順を修正した。

関連資料 C7 参照。

- ⑧ 2014年6月に、NTIAが2010年と2013年の大統領覚書を受け、第4次中間進捗報告を公表した。NTIAはそこで周波数共用に係る定量的検討の計画を策定したが、米国DSRC用の5.9 GHz 帯についてはIEEE 802.11 DSRC Coexistence Tiger Teamが検討中であるとした。

関連資料 C8 参照。

---

[73] U-NII バンドの呼称は米国内で使用。別紙 1 参照。

- ⑨ 2015 年 3 月に、IEEE の DSRC Coexisting Tiger Team が 5.9 GHz 帯における RLAN と米国 DSRC の周波数共用に関する検討結果を公表した。報告では下記の 2 案を併記した。  
1 案は、“detect & vacate”: RLAN が DSRC 信号を検出する機能を備え、検出時に送信しないことで RLAN と DSRC で 5.9 GHz 帯を周波数共用する案、  
提案2は、“rechannelization”: 5.9 GHz 帯を RLAN 用途と DSRC 用途に帯域分割する案。実際には、RLAN 用途に帯域を増やし DSRC 用途の帯域を減らす案。  
2 案のうちどちらが望ましいかについて、IEEE の検討参加者の間で最終的な合意形成ができなかったとしている。  
関連資料 C9 参照。
- ⑩ 2015 年 5 月に上記 DSRC Coexisting Tiger Team の検討結果を IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee Chairman から FCC へ報告し、公表した。この検討結果は 5.9 GHz 帯での RLAN と米国 DSRC の周波数共用に関する実現可能性と現実性 (feasibility and practicality) 検討の最初のディスカッションであると位置付けている。  
関連資料 C10 参照。
- ⑪ 2015 年 2 月 10 日付で Wi-Fi Innovation Act 法案が連邦議会下院に提出された。その骨子は、
- FCC は現在米国 DSRC に割り当てられている 5.85-5.925 GHz 帯でも RLAN が使えるように FCC ルールを変更すること。その目的のため、
  - FCC は米国 DSRC との干渉回避技術についてコメント要請を公表すること。
  - FCC は NTIA とともに試験計画を立て、公表すること。その試験計画は、米国 DSRC へ干渉を与えないことが確認できるように設計されたものであること。
- 本法案は、現在関係する下院小委員会で検討中。  
関連資料 C11 参照。
- ⑫ 2015 年 8 月に DOT (米国運輸省) の 1 部局である NHTSA は、RLAN と米国 DSRC の周波数共用のための試験計画のドラフトを公表し、コメントを要請した。  
試験は、試験機材を産業界から受領後 12 カ月以内に完了させる計画。  
関連資料 C12 参照。
- ⑬ 2015 年 9 月 9 日付で連邦議会上院の Commerce, Science, and Transportation 委員会の委員長及び 2 人の上院議員が連名で、DOT 長官、DOC 長官及び FCC 委員長の 3 者宛てに書簡を送った。その骨子は、現在 5.9 GHz 帯における米国 DSRC と RLAN の周波数共用はペンディングとなっているが、
- 周波数共用に向け 3 機関が協力しつつ、FCC がリードして試験を行うことを強く激励する。
  - その際、もし民間部門のパーティーが周波数共用の提案を行うときは、彼らが十分な仕様と試験用のプロトタイプ U-NII デバイスを用意することとする。
  - 実行可能であればだが、試験は 2016 年 12 月 31 日までに完了すべきである。



この書簡に対し、2016 年 1 月 12 日付で FCC 委員長、DOT 長官及び DOC 長官の 3 者が連名で回答した。その骨子は、

- DOT が現在 5.9 GHz 帯周波数共用のための試験を計画中であるが、FCC の試験計画として DOT、NTIA 及び FCC が協力して試験することを提案する。

- 試験は 3 つのフェーズに分ける。

フェーズ 1: プロトタイプ U-NII デバイスの技術的特性と DSRC への有害な干渉を回避する方法を決定すべく FCC ラボラトリで試験する。この試験には DSRC 信号を検出するスレッショルドやチャネル監視時間といったパラメータの評価を含める。

フェーズ 2: DOT 試験計画のセクション 6 に基づき DOT サイトで数台の車両を使って基礎的なフィールドテストを行い、フェーズ 1 のラボテストの結果をフィールドで検証する。

フェーズ 3: 実環境に近い状態で多くの車両、多くの試験機材を使って行う。DOT 試験計画のセクション 4, 5, 9 に相当。

- 5.9 GHz 帯における RLAN と DSRC の周波数共用について何らかの結論を出す前に、これら 3 つのフェーズの試験を完了させる必要がある。

関連資料 C13 参照。

⑭ 2016 年 6 月 1 日付で FCC は、Public Notice (FCC 16-68)を発行した。その骨子は以下。

- 5.9GHz 帯における米国 DSRC と RLAN の周波数共用のための試験に関し、上記⑬項と同様の内容を正式に公表した。
- これまでの NPRM (FCC 13-22)に対する記録を更新し、リフレッシュする。また、改めて周波数共用の方法(“detect and avoid”と“rechannelization”)についてコメントを求める。
- FCC から見た論点整理を行った。それらについてコメントを求める。
- 干渉回避可能な試験用プロトタイプ U-NII デバイスの FCC への提出は、2016 年 7 月 30 日を期限とするが、延長も考慮する。全フェーズの試験は 2017 年 1 月 15 日までに終わらせる予定。

関連資料 C14 参照。

## 12.4. 欧州

- ① 2013 年 8 月 1 日付で EC (欧州委員会) が公表した新しい研究は、高まる Wi-Fi 需要に応えるべく、欧州全域で 5150-5925 MHz (帯域幅で 775 MHz) の周波数帯域を Wi-Fi で利用可能にすることを提言した。

関連資料 D1 参照。

- ② 2013 年 9 月 2 日付で EC (欧州委員会) は CEPT (欧州郵便電気通信主管庁会議) に対し、ワイヤレスブロードバンドサービス提供のために、5350-5470 MHz 及び 5725-5925 MHz 帯で RLAN との周波数共用条件を検討するよう指示した。<sup>[74]</sup>

関連資料 D2 参照。

- ③ 上記 EC 指示を受け、2015 年 3 月に CEPT は Report 57 を公表した。その報告書の ITS に関する報告の骨子は、

- 干渉回避のためにはかなりの離隔距離を設ける必要がある。
- “listen-before-talk” 機能についても検討したが、今後更なる検討が必要である。

関連資料 D3 参照。

- ④ 上記 EC 指示を受け、2016 年 1 月に CEPT の 1 部局である ECC が 5725-5925 MHz 帯の周波数共用について Report 244 を公表した。その報告書の骨子は、

- RLAN と ITS との周波数共用のための干渉回避技術として次のアプローチを検討中である。
  - i 一般的なエネルギー検出法によるもの
  - ii エネルギー検出とキャリアセンシングの組み合わせ
- RLAN と ETC との周波数共用のための干渉回避技術として次のアプローチの検討を開始した。
  - i エネルギー検出に基づき RLAN が ETC を検出するメカニズムの実現
  - ii ETC から予め決められた信号 (ビーコン) の送信
  - iii ETC 近傍に ITS があることを前提にした ITS の検出による ETC との共存
  - iv ETC 設置場所 (geo-location) データベースの利用

関連資料 D4 参照。

---

[74] 欧州では日本と同様、既に 5150-5350 MHz 及び 5470-5725MHz 帯を RLAN 用に周波数割当済みである。5350-5470 MHz 及び 5725-5925 MHz 帯は割当なし。別紙 1 参照。

## 別紙13 ロボット用電波利用システムと DSRC の周波数共用検討

### 13.1. 概要

情報通信審議会答申「ロボットにおける電波利用の高度化に関する技術的条件」(平成 27 年 3 月 12 日付け諮問第 2036 号)は、情報通信分科会、陸上無線通信委員会およびロボット作業班における調査・審議や、陸上無線通信委員会が実施した提案募集(平成 27 年 3 月 19 日から同年 4 月 3 日)及び意見募集(平成 28 年 2 月 3 日から同年 3 月 4 日)の結果を踏まえて、平成 28 年 3 月 22 日に行われたものである。陸上無線通信委員会報告(案)の狭域通信システムとの共用検討結果を表 13.1-1～13.1-3 に掲載する。

表 13.1-1 狭域通信システムへの与干渉

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会報告書(案)表参 4.3 を抜粋

| 干渉タイプ |   | 所要離隔距離(m) |        | 離隔距離 100m に対する<br>所要改善量(dB) |        |
|-------|---|-----------|--------|-----------------------------|--------|
|       |   | ダウンリンク    | アップリンク | ダウンリンク                      | アップリンク |
| 20MHz | A | 124       | 688    | 1.9                         | 16.8   |
|       | B | 257       | 1431   | 8.2                         | 23.1   |
| 10MHz | A | 180       | 1000   | 5.1                         | 23.0   |
|       | B | 257       | 1431   | 8.2                         | 23.1   |
| 5MHz  | A | 254       | 1415   | 8.1                         | 23.1   |
|       | B | 257       | 1431   | 8.2                         | 23.0   |

干渉タイプ A : 11.2.2 項の送信スペクトラムの広がりによる干渉に相当

干渉タイプ B : 11.2.2.項の受信機への突き抜けによる干渉に相当

表 13.1-2 狭域通信システムからの被干渉

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会報告書(案)表参 4.4 を抜粋

| 与干渉<br>(DSRC) | 被干渉<br>(ロボット) | 狭域通信システム帯域外漏えい<br>電力(dBm) | 許容干渉レベル<br>(dBm) | 所要減衰量<br>(dB) | 所要<br>離隔距離<br>(m) |
|---------------|---------------|---------------------------|------------------|---------------|-------------------|
| 路側機           | 20MH<br>システム  | 2                         | -92              | 94            | 208               |
|               | 10MHz<br>システム | -1.5                      | -95              | 93.5          | 197               |
|               | 5MHz<br>システム  | -4.5                      | -98              | 93.5          | 197               |
| 車載機           | 20MH<br>システム  | -18                       | -92              | 74            | 21                |
|               | 10MHz<br>システム | -21.5                     | -95              | 73.5          | 20                |
|               | 5MHz<br>システム  | -24.5                     | -98              | 73.5          | 20                |

表 13.1-3 狭域通信システムとの周波数共用条件および留意事項

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会報告書(案)4.3.3(イ)を抜粋

| ■周波数共用条件                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>a. 狭域通信システムへの与干渉</p> <p>狭域通信システムへの与干渉については、ロボット用無線システムの不要発射の強度の許容値を、狭域通信システムに配慮した値(5775MHz 以上 5815MHz 未満において、<math>3\mu\text{W/MHz}</math> 以下、5815MHz 以上において <math>0.63\mu\text{W/MHz}</math> 以下)とすることにより、許容干渉量を下回るための離隔距離は 100m 程度となる。</p> <p>このため、ロボット用無線システムの不要発射の強度の許容値を、上の値とすることで、共用は可能と考えられる。</p> <p>b. 狭域通信システムからの被干渉</p> <p>狭域通信システムからの被干渉については、100m 程度の離隔距離の場合に、十分に許容干渉量を下回ると考えられることから、共用は可能と考えられる。</p>                                            |
| ■その他留意事項                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>➤ 既存の無線システムと円滑な周波数共用を図るためには、ロボット用無線システム側において既存無線局の運用に配慮する必要がある。また、ロボット用無線システムは、今後、多種多様なロボットに搭載され、様々な用途で活用される可能性もあることからロボット用無線システム相互間の運用調整を行うことが必要となると考えられる。</p> <p>➤ このため、本検討によるロボット用無線システム(73MHz 帯ラジコン操縦用を除く)については、運用者を把握して円滑な運用調整を図るため、また、ドローンに関しては航空法においては目視範囲を超える長距離を飛行させる場合には許可が必要であること等を勘案し、本件無線システムにより長距離伝送が可能となることを踏まえ、無線局免許の取得を必要とすることが適当と考えられる。</p> <p>➤ また、円滑な周波数利用の観点から、ロボット運用者側が主体となって、既存の無線システムやロボット用無線システム相互間の運用調整のための仕組み作りが行われることが望ましい。</p> |

当 ITS 情報通信システム推進会議「5GHz 帯路車間通信検討 WG」は DSRC システム関連規格の維持する立場から、ロボット用電波利用システムとの周波数共用の技術的条件の検討を実施した。その検討内容を 13.2 節以降で述べる。

## 13.2. ロボット用電波利用システムから DSRC への干渉検討

### 13.2.1. 干渉モデル

ロボット電波利用システムから DSRC 車載器への干渉モデルを図 13.2-1 に示す。車載器空中線ボアサイト方向に無人機上空が存在するワーストケースを想定し、干渉計算では DSRC 車載器のアンテナ指向性損失を考慮しない。

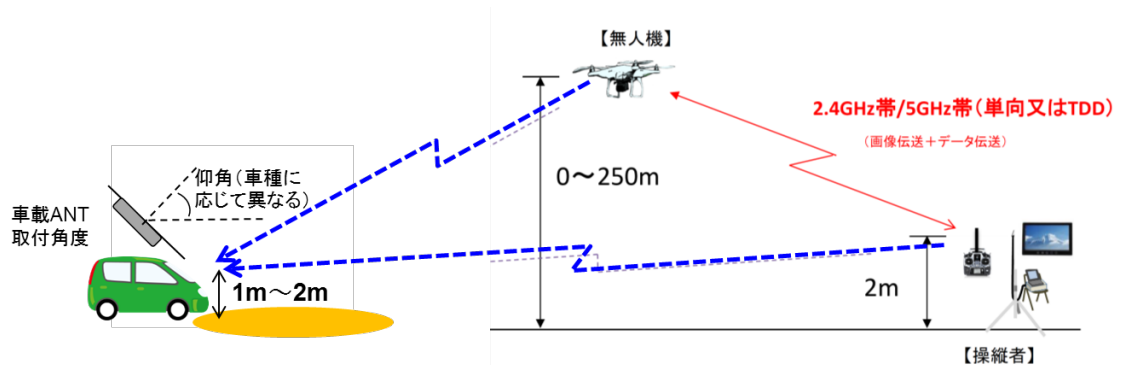


図 13.2-1 DSRC 車載器とロボット用電波利用システムの干渉

図 13.2-2 はロボット電波利用システムから DSRC 路側機への干渉モデルである。路側機水平方向に操縦者または無人機が存在する場合をワーストケースとし、干渉計算では DSRC 路側機の水平方向指向性損失を考慮する。

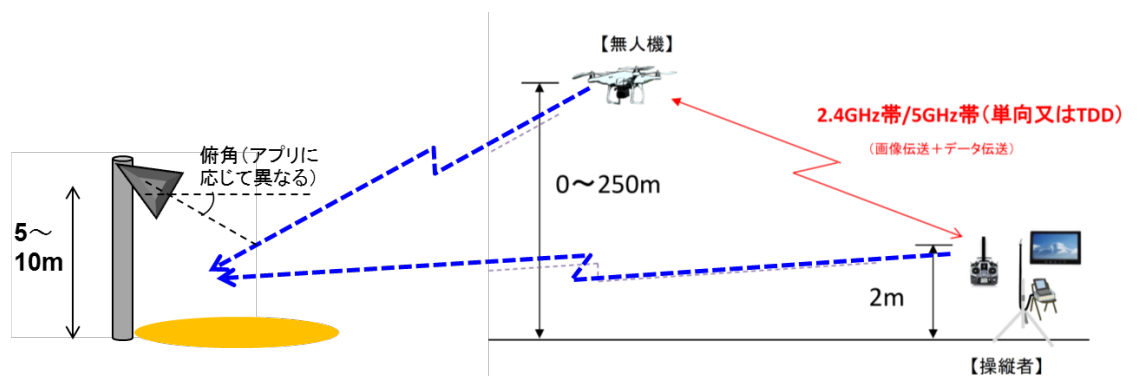


図 13.2-2 DSRC 路側機とロボット用電波利用システムの干渉

### 13.2.2. ロボット用電波利用システムのチャンネル周波数

図 13.2-3 にロボット用電波利用システムと DSRC システムのチャンネル配置関係を示す。1 次検討結果を踏まえ、Ch153 については、D7 チャンネルと帯域が重なるため、周波数の共用は困難であると判断し、必要な周波数確保のため、Ch149 より低い周波数を対象としている。

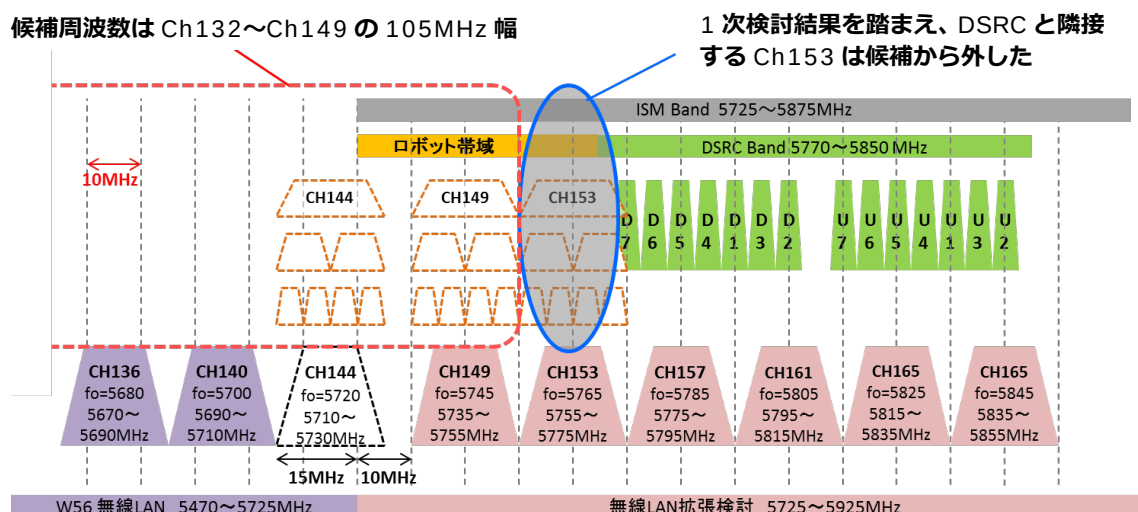


図 13.2-3 ロボット用電波利用システムのチャンネル周波数

### 13.2.3. ロボット用電波利用システムの諸元

ロボット用電波利用システムの主な諸元を以下に示す。

- 送信出力 e.i.r.p:4W
- 送受信アンテナ:6dBi の無指向性
- 送信時間:画像伝送を主目的として、連続送信とする
- 送信スペクトラムマスク:図 13.2-4 を参照
- 受信電力:表 13.2-1 を参照

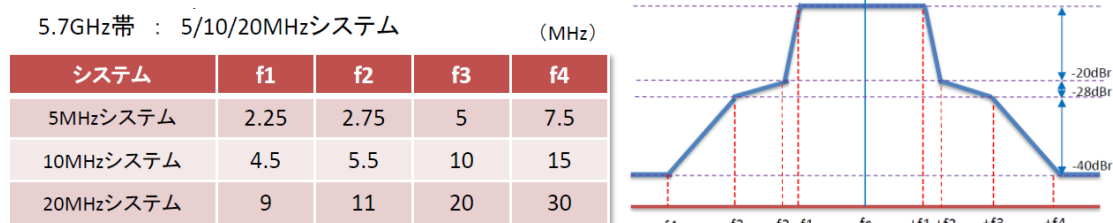


図 13.2-4 ロボット用電波利用システムの送信マスク

表 13.2-1 ロボット用電波利用システムの受信特性

| 変調方式  | コーディングレート | 同一chのD/U | 隣接chのD/U (dB) | 次隣接chのD/U (dB) | 受信感度(dBm) |        |       |
|-------|-----------|----------|---------------|----------------|-----------|--------|-------|
|       |           |          |               |                | 20MHz幅    | 10MHz幅 | 5MHz幅 |
| BPSK  | 1/2       | 10       | -16           | -32            | -82       | -85    | -88   |
| QPSK  | 1/2       | 13       | -13           | -29            | -79       | -82    | -85   |
| 16QAM | 1/2       | 18       | -8            | -24            | -74       | -77    | -80   |
| 64QAM | 2/3       | 26       | 0             | -16            | -66       | -69    | -72   |

※ ARIB STD-T71 より抜粋。受信感度(5MHz 幅)は 10MHz 幅の値に 3dB 改善したもの

※ 受信帯域幅は、5MHz/10MHz/20MHz システムでは、それぞれ、5MHz 幅/10MHz 幅/20MHz 幅とする

#### 13.2.4. ロボット用電波利用システムから DSRC 受信機への干渉モードと干渉評価方法

ロボット用電波利用システムからDSRC受信機への干渉モードとして、11.2.2 項と同様に送信スペクトラムの広がりによる干渉と受信機への突き抜けによる干渉の 2 通りを想定した。

受信機への突き抜けによる干渉評価方法に関しては、1 次検討では、ロボットに割当て可能な許容干渉雑音量を  $I/N=-10\text{dB}$  と設定し、受信機フィルタ減衰量を用いて所要離隔距離を算出したが、周波数共用にはチャネルスペースを確保する必要があるため、隣接する Ch153 をロボットのチャネル周波数候補から除外している。1 次検討以降では、ロボット用電波利用システムの周波数は、DSRC 周波数帯域外となったため、DSRC 規格のスプリアス・レスポンス・リジェクションを用いて再評価を実施した。

表 13.2-2 ロボット用電波利用システムから DSRC 受信機への干渉モードと干渉評価方法

| 干渉モード<br>(※)      | 送信スペクトラムの広がりによる干渉                                    | 受信機への突き抜けによる干渉                                                                                                  |
|-------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主な要因              | 与干渉システム(ロボット)の送信スペクトラムマスク                            | DSRC システムの受信特性(受信フィルタ、隣接 CH 選択度、スプリアス・レスポンス・リジェクション)                                                            |
| 干渉評価方法<br>(1 次検討) | ロボットに割当て可能な許容干渉雑音量を $I/N=-10\text{dB}$ として、所要離隔距離を算出 | ITS FORUM RC-003「DSRC システム基地局設置のガイドライン」の受信フィルタ減衰量(推奨値)を用いて、ロボットに割当て可能な許容干渉雑音量を $I/N=-10\text{dB}$ として、所要離隔距離を算出 |
| 干渉評価方法            |                                                      | ARIB STD-T75 スプリアス・レスポンス・リジェクション(以下、SRR)規格を用いて、所要離隔距離を算出                                                        |

※ 干渉モードに関する説明は、11.2.2 項を参照

#### 13.2.5. ロボット用電波利用システムから DSRC 受信機への干渉評価結果

各干渉モードにおける干渉評価結果として、所要離隔距離と所要干渉電力減衰量を表 13.3-3、13.3-4 にまとめた。赤色のセルは、目標の所要離隔距離 100m を確保できていないことを示している。また、これら干渉評価の計算例を表 13.2-5～13.3-7 に示す。

表 13.2-3 送信スペクトラムの広がりによる干渉の評価結果

|              | 所要離隔距離<br>[m]                     |      | 所要干渉電力<br>減衰量[dB] |      |
|--------------|-----------------------------------|------|-------------------|------|
| ロボットシ<br>ステム | ETC フリーフロー, ETC2.0 (ITS スポッ<br>ト) |      |                   |      |
|              | DLch                              | ULch | DLch              | ULch |
| 20MHz        | 124                               | 688  | 1.9               | 16.8 |
| 10MHz        | 180                               | 1000 | 5.1               | 20.0 |
| 5MHz         | 254                               | 1415 | 8.1               | 23.0 |

表 13.2-4 受信機への突き抜けによる干渉の評価結果

|          | 所要離隔距離[m]                     |      |      |      | 所要干渉電力減衰量[dB]                 |      |       |      |
|----------|-------------------------------|------|------|------|-------------------------------|------|-------|------|
|          | 1 次検討結果                       |      |      |      | 1 次検討結果                       |      |       |      |
| ロボットシステム | ETC フリーフロー, ETC2.0 (ITS スポット) |      |      |      | ETC フリーフロー, ETC2.0 (ITS スポット) |      |       |      |
|          | DLch                          | ULch | DLch | ULch | DLch                          | ULch | DLch  | ULch |
| 20MHz    | 257                           | 1431 | 13   | 92   | 8.2                           | 23.1 | -17.7 | -0.7 |
| 10MHz    |                               |      |      |      |                               |      |       |      |
| 5MHz     |                               |      |      |      |                               |      |       |      |

表 13.2-5 ロボット 20MHz システムと ITS スポット干渉計算結果

| CH組合せ    |                     |         | ロボット 20MHzシステム            |        |                           |        |                           |       |                           |       |
|----------|---------------------|---------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|
|          |                     |         | 1次検討                      |        |                           |        |                           |       |                           |       |
|          |                     |         | RLAN: CH149<br>DSRC: 全Dch |        | RLAN: CH149<br>DSRC: 全Uch |        | RLAN: CH149<br>DSRC: 全Dch |       | RLAN: CH149<br>DSRC: 全Uch |       |
| 離調周波数    |                     |         | 30MHz～                    |        | 70MHz～                    |        | 30MHz～                    |       | 70MHz～                    |       |
| 干渉種別     |                     |         | 帯域内干渉                     | 帯域外干渉  | 帯域内干渉                     | 帯域外干渉  | 帯域内干渉                     | 帯域外干渉 | 帯域内干渉                     | 帯域外干渉 |
| ロボット仕様   | 最大空中線電力             | mW/MHz  | 52.9                      | 52.9   | 52.9                      | 52.9   | 52.9                      | 52.9  | 52.9                      | 52.9  |
|          |                     | dBm/MHz | 17.2                      | 17.2   | 17.2                      | 17.2   | 17.2                      | 17.2  | 17.2                      | 17.2  |
|          | 空中線利得               | dBi     | 6.0                       | 6.0    | 6.0                       | 6.0    | 6.0                       | 6.0   | 6.0                       | 6.0   |
|          | 水平方向指向性損失           | dB      | 0.0                       | 0.0    | 0.0                       | 0.0    | 0.0                       | 0.0   | 0.0                       | 0.0   |
|          | 最大EIRP              | W       | 4.0                       | 4.0    | 4.0                       | 4.0    | 4.0                       | 4.0   | 4.0                       | 4.0   |
|          |                     | dBm     | 36.0                      | 36.0   | 36.0                      | 36.0   | 36.0                      | 36.0  | 36.0                      | 36.0  |
| 既存DSRC仕様 |                     |         | dBm/MHz                   | 23.2   | -                         | 23.2   | -                         | 23.2  | -                         | 23.2  |
|          | 送信マスク               | dB      | -40.0                     | 0.0    | -40.0                     | 0.0    | -40.0                     | -     | -40.0                     | -     |
|          | ガラス損                | dB      | -4.0                      | -4.0   | 0.0                       | 0.0    | -4.0                      | -4.0  | 0.0                       | 0.0   |
|          | 偏波減衰                | dB      | -3.0                      | -3.0   | -3.0                      | -3.0   | -3.0                      | -3.0  | -3.0                      | -3.0  |
|          | アンテナ利得              | dBi     | 2.0                       | 2.0    | 10.0                      | 10.0   | 2.0                       | 2.0   | 10.0                      | 10.0  |
|          | 水平方向指向性損失量          | dB      | 0.0                       | 0.0    | -2.0                      | -2.0   | 0.0                       | 0.0   | -2.0                      | -2.0  |
|          | 受信フィルタ減衰量           | dB      | 0.0                       | -40.0  | 0.0                       | -40.0  | 0.0                       | -     | 0.0                       | -     |
|          | 許容干渉雑音電力 (AWGN+I/N) | dBm/MHz | -111.3                    | -104.9 | -116.2                    | -109.8 | -111.3                    | -     | -116.2                    | -     |
|          |                     | dBm     | -104.9                    | -104.9 | -109.8                    | -109.8 | -104.9                    | -     | -109.8                    | -     |
|          | 帯域換算                | -       | -6.43                     | 0.00   | -6.43                     | 0.00   | -6.43                     | -     | -6.43                     | -     |
| 伝搬損      | スプリアスリジェクション        | dB      | -                         | -      | -                         | -      | -                         | -39.0 | -                         | -46.0 |
|          | 必要空間減衰量             | dB      | 89.6                      | 95.9   | 104.5                     | 110.8  | 89.6                      | 70.0  | 104.5                     | 87.0  |
|          | 必要離隔距離              | m       | 123.8                     | 257.3  | 688.4                     | 1430.6 | 123.8                     | 13.0  | 688.4                     | 92.4  |
|          |                     | 所要改善量   | dB                        | 1.9    | 8.2                       | 16.8   | 23.1                      | 1.9   | -17.7                     | 16.8  |

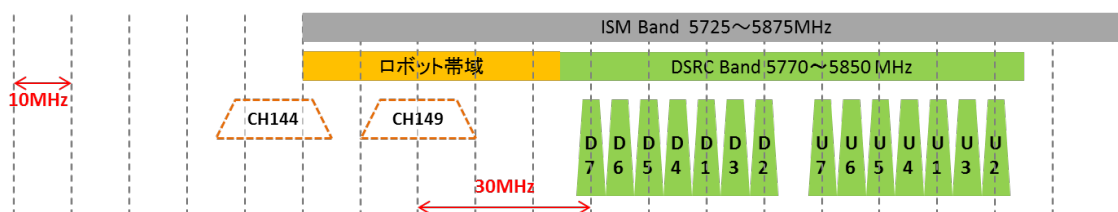




表 13.2-6 ロボット 10MHz システムと ITS スポット干渉計算結果

| CH組合せ            |                        |         | ロボット 10MHzシステム            |        |                           |        |                           |       |                           |       |
|------------------|------------------------|---------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|
|                  |                        |         | 1次検討                      |        |                           |        |                           |       |                           |       |
|                  |                        |         | RLAN: CH149<br>DSRC: 全Dch |        | RLAN: CH149<br>DSRC: 全Uch |        | RLAN: CH149<br>DSRC: 全Dch |       | RLAN: CH149<br>DSRC: 全Uch |       |
| 離調周波数            |                        |         | 25MHz～                    |        | 65MHz～                    |        | 25MHz～                    |       | 65MHz～                    |       |
| 干渉種別             |                        |         | 帯域内干渉                     | 帯域外干渉  | 帯域内干渉                     | 帯域外干渉  | 帯域内干渉                     | 帯域外干渉 | 帯域内干渉                     | 帯域外干渉 |
| ロボット<br>仕様       | 最大空中線電力                | mW/MHz  | 111.6                     | 111.6  | 111.6                     | 111.6  | 111.6                     | 111.6 | 111.6                     | 111.6 |
|                  |                        | dBm/MHz | 20.5                      | 20.5   | 20.5                      | 20.5   | 20.5                      | 20.5  | 20.5                      | 20.5  |
|                  | 空中線利得                  | dBi     | 6.0                       | 6.0    | 6.0                       | 6.0    | 6.0                       | 6.0   | 6.0                       | 6.0   |
|                  | 水平方向指向性損失              | dB      | 0.0                       | 0.0    | 0.0                       | 0.0    | 0.0                       | 0.0   | 0.0                       | 0.0   |
|                  | 最大EIRP                 | W       | 4.0                       | 4.0    | 4.0                       | 4.0    | 4.0                       | 4.0   | 4.0                       | 4.0   |
|                  |                        | dBm     | 36.0                      | 36.0   | 36.0                      | 36.0   | 36.0                      | 36.0  | 36.0                      | 36.0  |
| 既存<br>DSRC<br>仕様 |                        | dBm/MHz | 26.5                      | -      | 26.5                      | -      | 26.5                      | -     | 26.5                      | -     |
|                  | 送信マスク                  | dB      | -40.0                     | 0.0    | -40.0                     | 0.0    | -40.0                     | -     | -40.0                     | 0.0   |
|                  | ガラス損など                 | dB      | -4.0                      | -4.0   | 0.0                       | 0.0    | -4.0                      | -4.0  | 0.0                       | 0.0   |
|                  | 偏波減衰                   | dB      | -3.0                      | -3.0   | -3.0                      | -3.0   | -3.0                      | -3.0  | -3.0                      | -3.0  |
|                  | アンテナ利得                 | dBi     | 2.0                       | 2.0    | 10.0                      | 10.0   | 2.0                       | 2.0   | 10.0                      | 10.0  |
|                  | 水平方向指向性損失              | dB      | 0.0                       | 0.0    | -2.0                      | -2.0   | 0.0                       | 0.0   | -2.0                      | -2.0  |
|                  | 受信フィルタ減衰量              | dB      | 0.0                       | -40.0  | 0.0                       | -40.0  | 0.0                       | -     | 0.0                       | -     |
|                  | 許容干渉雑音電力<br>(AWGN+I/N) | dBm/MHz | -111.3                    | -104.9 | -116.2                    | -109.8 | -111.3                    | -     | -116.2                    | -     |
|                  |                        | dBm     | -104.9                    | -104.9 | -109.8                    | -109.8 | -104.9                    | -     | -109.8                    | -     |
|                  | 帯域換算                   | -       | -6.43                     | 0.00   | -6.43                     | 0.00   | -6.43                     | -     | -6.43                     | -     |
|                  | スプリアスリジェクション           | dB      | -                         | -      | -                         | -      | -                         | -39.0 | -                         | -46.0 |
| 伝搬損              | 必要空間減衰量                | dB      | 92.8                      | 95.9   | 107.7                     | 110.8  | 92.8                      | 70.0  | 107.7                     | 87.0  |
|                  | 必要離隔距離                 | m       | 179.9                     | 257.3  | 1000.3                    | 1430.6 | 179.9                     | 13.0  | 1000.3                    | 92.4  |
|                  | 所要改善量                  | dB      | 5.1                       | 8.2    | 20.0                      | 23.1   | 5.1                       | -17.7 | 20.0                      | -0.7  |

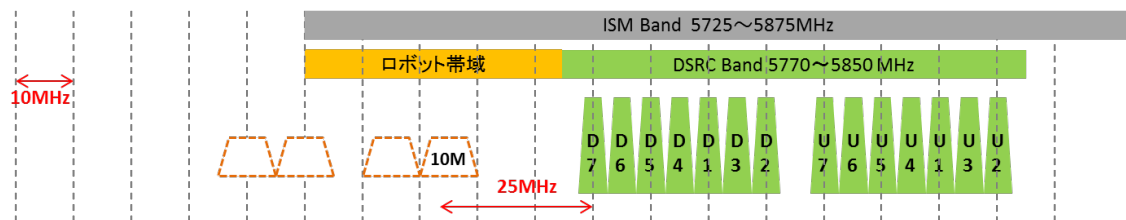
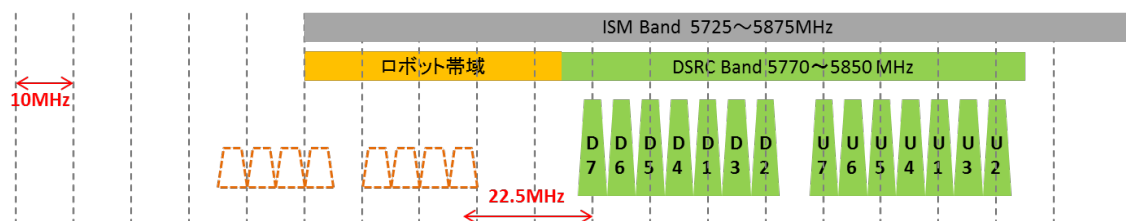


表 13.2-7 ロボット 5MHz システムと ITS スポット干渉計算結果

| CH組合せ            |                        |         | ロボット 5MHzシステム             |        |                           |        |                           |       |                           |       |
|------------------|------------------------|---------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|
|                  |                        |         | 1次検討                      |        |                           |        |                           |       |                           |       |
|                  |                        |         | RLAN: CH149<br>DSRC: 全Dch |        | RLAN: CH149<br>DSRC: 全Uch |        | RLAN: CH149<br>DSRC: 全Dch |       | RLAN: CH149<br>DSRC: 全Uch |       |
| 離調周波数            |                        |         | 22.5MHz～                  |        | 62.5MHz～                  |        | 22.5MHz～                  |       | 62.5MHz～                  |       |
| 干渉種別             |                        |         | 帯域内干渉                     | 帯域外干渉  | 帯域内干渉                     | 帯域外干渉  | 帯域内干渉                     | 帯域外干渉 | 帯域内干渉                     | 帯域外干渉 |
| ロボット<br>仕様       | 最大空中線電力                | mW/MHz  | 223.3                     | 223.3  | 223.3                     | 223.3  | 223.3                     | 223.3 | 223.3                     | 223.3 |
|                  |                        | dBm/MHz | 23.5                      | 23.5   | 23.5                      | 23.5   | 23.5                      | 23.5  | 23.5                      | 23.5  |
|                  | 空中線利得                  | dBi     | 6.0                       | 6.0    | 6.0                       | 6.0    | 6.0                       | 6.0   | 6.0                       | 6.0   |
|                  | 水平方向指向性損失              | dB      | 0.0                       | 0.0    | 0.0                       | 0.0    | 0.0                       | 0.0   | 0.0                       | 0.0   |
|                  | 最大EIRP                 | W       | 4.0                       | 4.0    | 4.0                       | 4.0    | 4.0                       | 4.0   | 4.0                       | 4.0   |
|                  |                        | dBm     | 36.0                      | 36.0   | 36.0                      | 36.0   | 36.0                      | 36.0  | 36.0                      | 36.0  |
| 既存<br>DSRC<br>仕様 |                        | dBm/MHz | 29.5                      | -      | 29.5                      | -      | 29.5                      | -     | 29.5                      | -     |
|                  | 送信マスク                  | dB      | -40.0                     | 0.0    | -40.0                     | 0.0    | -40.0                     | -     | -40.0                     | 0.0   |
|                  | ガラス損など                 | dB      | -4.0                      | -4.0   | 0.0                       | 0.0    | -4.0                      | -4.0  | 0.0                       | 0.0   |
|                  | 偏波減衰                   | dB      | -3.0                      | -3.0   | -3.0                      | -3.0   | -3.0                      | -3.0  | -3.0                      | -3.0  |
|                  | アンテナ利得                 | dBi     | 2.0                       | 2.0    | 10.0                      | 10.0   | 2.0                       | 2.0   | 10.0                      | 10.0  |
|                  | 水平方向指向性損失              | dB      | 0.0                       | 0.0    | -2.0                      | -2.0   | 0.0                       | 0.0   | -2.0                      | -2.0  |
|                  | 受信フィルタ減衰量              | dB      | 0.0                       | -40.0  | 0.0                       | -40.0  | 0.0                       | -     | 0.0                       | -     |
|                  | 許容干渉雑音電力<br>(AWGN+I/N) | dBm/MHz | -111.3                    | -104.9 | -116.2                    | -109.8 | -111.3                    | -     | -116.2                    | -     |
|                  |                        | dBm     | -104.9                    | -104.9 | -109.8                    | -109.8 | -104.9                    | -     | -109.8                    | -     |
|                  | 帯域換算                   | -       | -6.43                     | 0.00   | -6.43                     | 0.00   | -6.43                     | -     | -6.43                     | -     |
|                  | スプリアスリジェクション           | dB      | -                         | -      | -                         | -      | -                         | -39.0 | -                         | -46.0 |
| 伝搬損              | 必要空間減衰量                | dB      | 95.8                      | 95.9   | 110.7                     | 110.8  | 95.8                      | 70.0  | 110.7                     | 87.0  |
|                  | 必要離隔距離                 | m       | 254.5                     | 257.3  | 1414.6                    | 1430.6 | 254.5                     | 13.0  | 1414.6                    | 92.4  |
|                  | 所要改善量                  | dB      | 8.1                       | 8.2    | 23.0                      | 23.1   | 8.1                       | -17.7 | 23.0                      | -0.7  |



### 13.2.6. DSRC システムからロボット用電波利用システムへ要件

13.2.5 項の干渉評価結果を踏まえ、DSRC 周波数帯におけるロボット用電波利用システムの送信スペクトラムマスクおよび不要発射強度の所要減衰量を表 13.2-8、表 13.2-9 に示す。赤色のセルは、現行の無線 LAN 規格値が、目標離隔距離 100m を確保する要件値に対して不足していることを意味する。

表 13.2-8 目標離隔距離を確保するロボットの送信スペクトラムマスク

| 20MHz システム  |          |     | 10MHz システム  |          |     | 5MHz システム   |          |     |
|-------------|----------|-----|-------------|----------|-----|-------------|----------|-----|
| 離調<br>[MHz] | 減衰量[dBr] |     | 離調<br>[MHz] | 減衰量[dBr] |     | 離調<br>[MHz] | 減衰量[dBr] |     |
|             | 現行       | 要件  |             | 現行       | 要件  |             | 現行       | 要件  |
| 9           | 0        | 0   | 4.5         | 0        | 0   | 2.25        | 0        | 0   |
| 11          | -20      | -20 | 5.5         | -20      | -20 | 2.75        | -20      | -20 |
| 20          | -28      | -28 | 10          | -28      | -28 | 5           | -28      | -28 |
| 30          | -40      | -42 | 15          | -40      | -40 | 7.5         | -40      | -40 |
| 70          | —        | -57 | 25          | —        | -45 | 22.5        | —        | -48 |
|             |          |     | 65          | —        | -60 | 62.5        | —        | -63 |

「—」:規定なし

表 13.2-9 目標離隔距離を確保するロボットの不要発射の強度(対送信電力比)

| 20MHz システム  |          |     | 10MHz システム  |          |     | 5MHz システム   |          |     |
|-------------|----------|-----|-------------|----------|-----|-------------|----------|-----|
| 離調<br>[MHz] | 減衰量[dBr] |     | 離調<br>[MHz] | 減衰量[dBr] |     | 離調<br>[MHz] | 減衰量[dBr] |     |
|             | 現行       | 要件  |             | 現行       | 要件  |             | 現行       | 要件  |
| 30          | -42.1    | -42 | 25          | -45.5    | -45 | 22.5        | -48.5    | -48 |
| 70          | -49.1    | -57 | 65          | -52.5    | -60 | 62.5        | -55.5    | -63 |

### 13.3. まとめ

当路車間通信検討 WG の検討結果では、DSRC システムとの周波数共用においては、ロボット用電波利用システムの無線設備を 4W(EIRP)、目標離隔距離を 100m とした場合、表 13.2-8 および 13.2-9 のとおり、ロボット用電波利用システムの送信スペクトラムをオフセット周波数に応じた低減が必要との結果となった。一方、情報通信審議会答申では、既存の小電力データ通信システム(無線 LAN 等)の不要発射の強度は、DSRC の周波数帯において、 $12.5 \mu\text{W/MHz}$  又は  $2.5 \mu\text{W/MHz}$  以下の規定値であり、現状の無線 LAN との共用状況を踏まえ、DSRC の車載受信帯域は、約 -42dBr 相当の  $12.5 \mu\text{W/MHz}$  以下(20MHz システムの場合)とし、基地局受信周波数帯は、約 -50dBr 相当の  $2.5 \mu\text{W/MHz}$  以下(20MHz システムの場合)にて共用可能という審議結果となった。情報通信審議会答申における 5.7GHz 帯ロボット用電波利用システム(20MHz システム、10MHz システム及び 5MHz システム)のそれぞれの不要発射の強度の許容値を図 13.3-1～13.3-3 に掲載する。

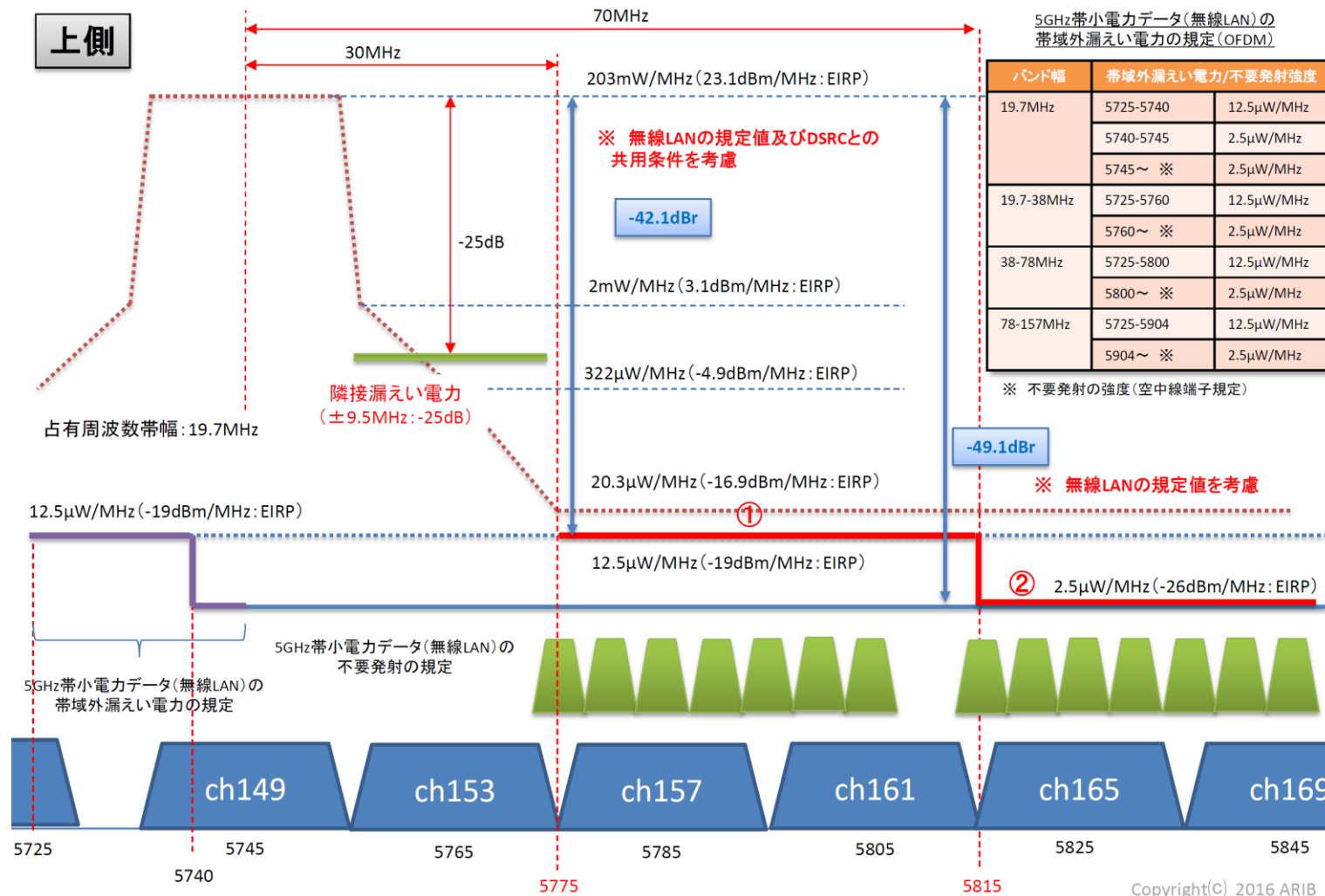


図 13.3-1 ロボット 20MHz システムの不要発射の強度の許容値

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会報告書(案)図参 6.3 を抜粋

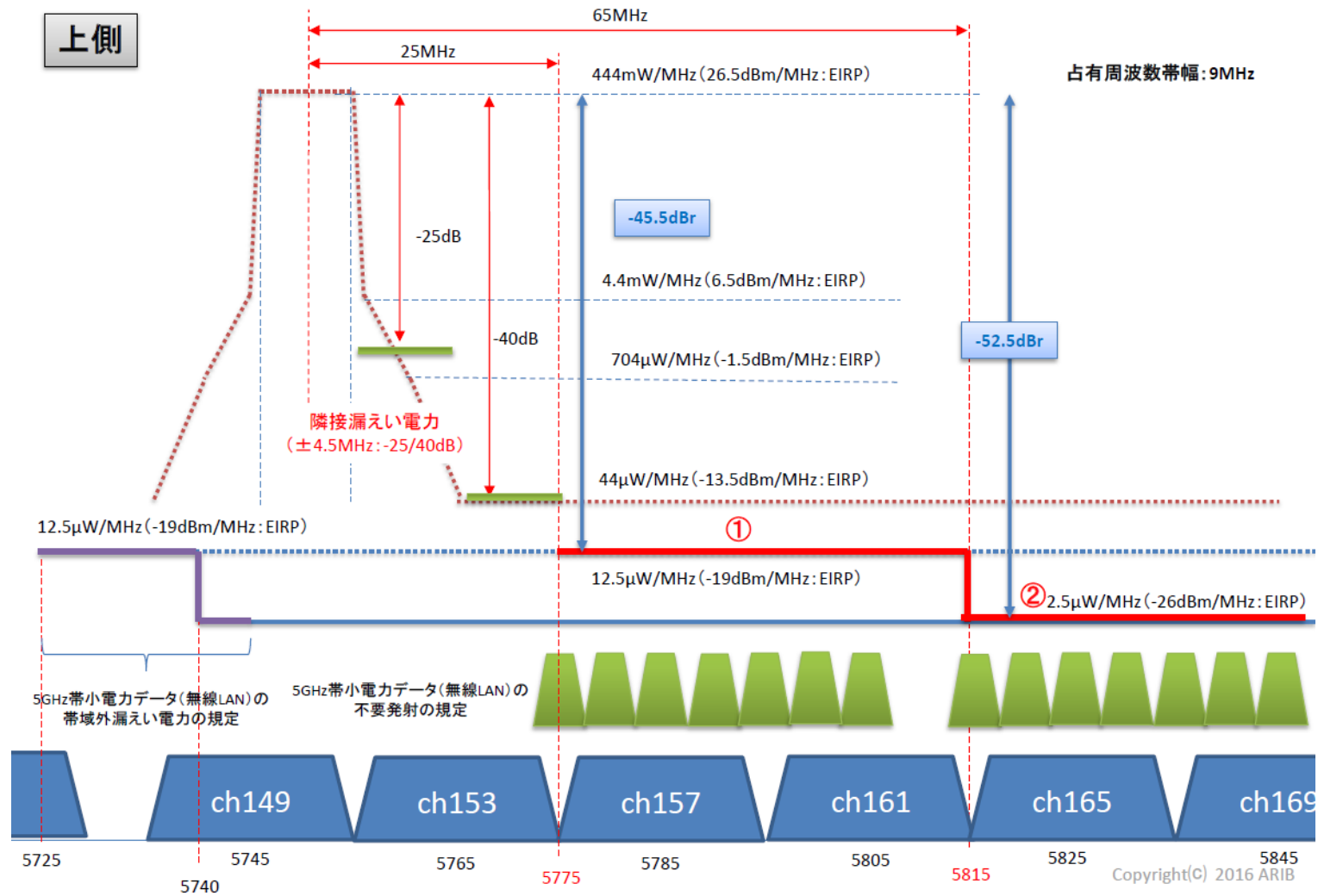


図 13.3-2 ロボット 10MHz システムの不要発射の強度の許容値

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会報告書(案)図参 6.5 を抜粋

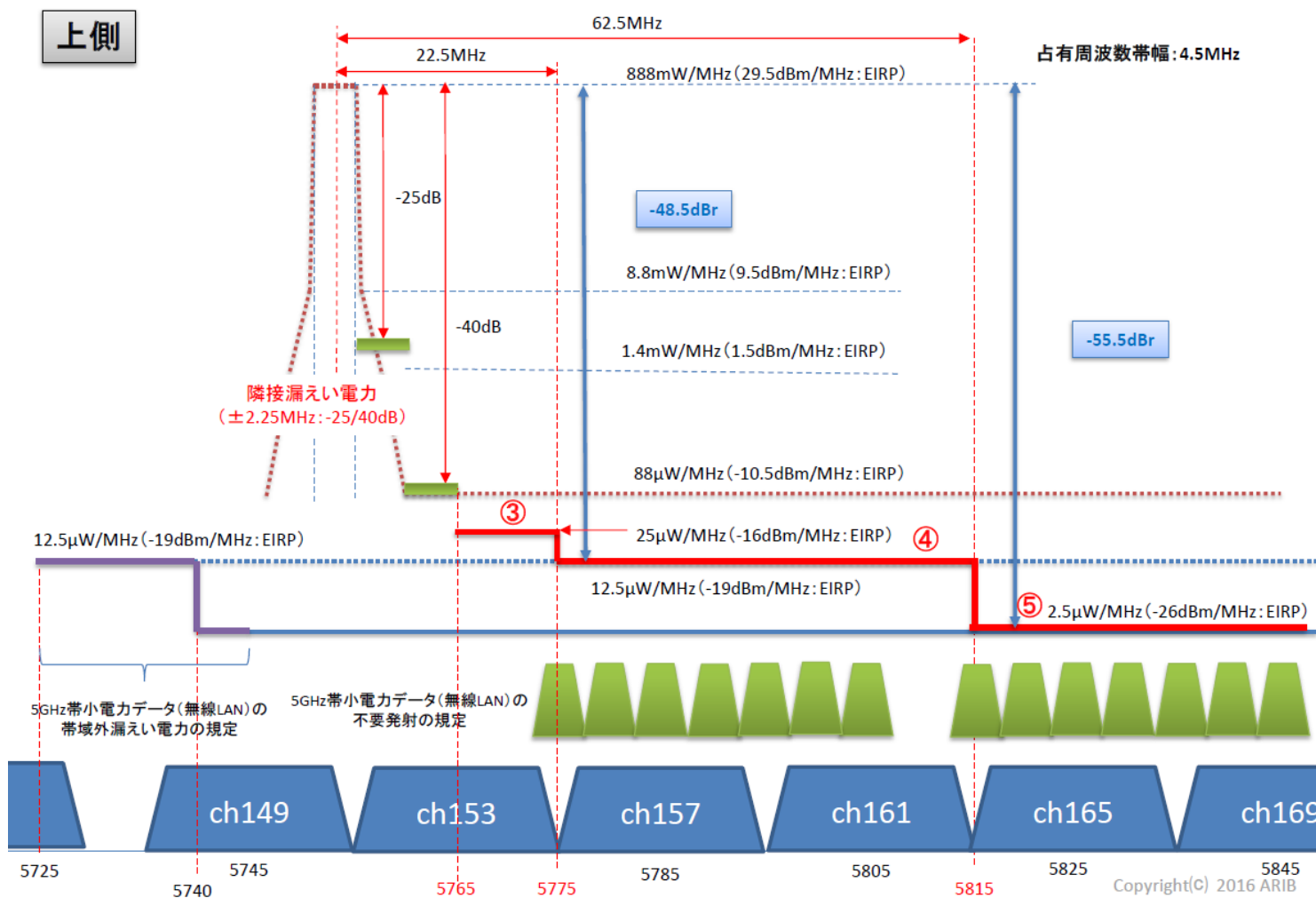


図 13.3-3 ロボット 5MHz システムの不要発射の強度の許容値

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会報告書(案) 図参 6.7 を抜粋

## 参考資料

### 1. 伝搬モデル関連

伝搬モデルとして、いくつかのモデルが知られている。

#### (1) 拡張秦モデル

このモデルの適用条件は次のとおりである。

- ・周波数範囲      30 MHz – 3 GHz
- ・基地局高           $\geq 30$  m
- ・移動局高           $\leq 10$  m

従って、本検討には適用できない。

#### (2) ITU-R Rec. P.1411-8(2015) <sup>[75]</sup>

これは、LoS 内では直接波と大地(路面)反射波の理論的2波モデルであり、遠方では距離の4乗則で減衰するモデルである。

#### (3) 欧州 CEPT/ECC 報告書 <sup>[76]</sup>

##### Terrestrial compatibility scenarios

The following propagation model with two breakpoints is used for MCL calculations with terrestrial systems such as ITS, TTT and other transportation systems, Wireless Industrial Applications, and BFWA:

$$PL = \begin{cases} 20 \log \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right) & d \leq d_0 \\ 20 \log \left( \frac{\lambda}{4\pi d_0} \right) - 10n_0 \log \left( \frac{d}{d_0} \right) & d_0 \leq d \leq d_1 \\ 20 \log \left( \frac{\lambda}{4\pi d_0} \right) - 10n_0 \log \left( \frac{d_1}{d_0} \right) - 10n_1 \log \left( \frac{d}{d_1} \right) & d > d_1 \end{cases}$$

The values of the breakpoints and pathloss factors depend on the environment and are given in the following table.

Table 20: Description of the propagation model considered for MCL calculations

|                                                    | Urban | Suburban | Rural |
|----------------------------------------------------|-------|----------|-------|
| Breakpoint distance $d_0$ (m)                      | 64    | 128      | 256   |
| Pathloss factor $n_0$ beyond the first break point | 3.8   | 3.3      | 2.8   |
| Breakpoint distance $d_1$ (m)                      | 128   | 256      | 1024  |
| Pathloss factor $n_1$ beyond the first break point | 4.3   | 3.8      | 3.3   |

[75] Propagation data and prediction methods for the planning of short-range outdoor radio-communication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz  
<http://www.itu.int/rec/R-REC-P.1411/en>

[76] ECC Report 244, Compatibility studies related to RLANs in the 5725-5925 MHz band, Jan. 2016, §4.2

このモデルでは、受信電力が、Suburban 環境の遠方では 3.8 乗則で減衰し、Rural 環境の遠方では 3.3 乗則で減衰する。

## 2. アンテナ指向性と等価指向性幅

### 2.1. 等価指向性幅

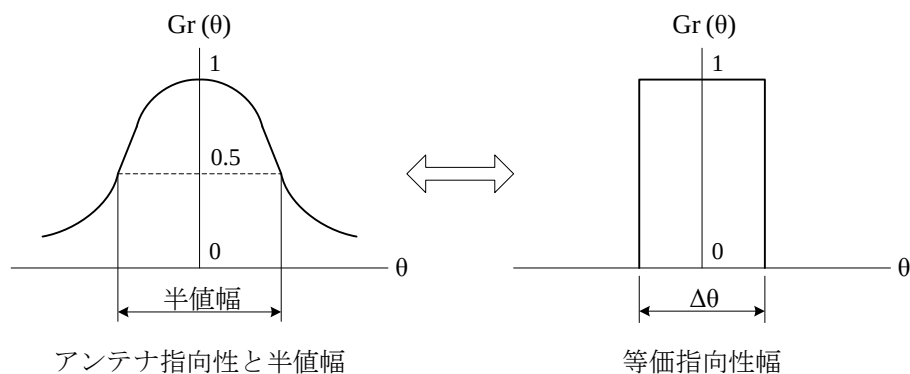
ある受信アンテナがあって、その水平面の相対電力指向性を  $G_r(\theta)$  とする。その受信アンテナに対し水平面の全方向から一様に大きさ 1 の電波が到来したとき、相対受信電力  $P$  は

$$P = \int G_r(\theta) d\theta$$

他方、これと等価な受信電力  $P$  を与える仮想アンテナを想定し、それは水平面内  $\Delta\theta$  では  $G_r(\theta)=1$ 、 $\Delta\theta$  外では  $G_r(\theta)=0$  とする。この仮想アンテナでは

$$P = \Delta\theta$$

であって、この  $\Delta\theta$  を等価指向性幅とここでは呼ぶ。



図参 2.1-1 アンテナ指向性と等価指向性幅

### 2.2. 等価指向性幅と半値幅

アンテナが微小ダイポールアンテナの場合、等価指向性幅は半値幅に一致する。

微小ダイポールアンテナの水平面内相対電力指向性は<sup>[77]</sup>

$$G_r(\theta) = \cos^2 \theta$$

このアンテナの等価指向性幅は

$$\Delta\theta = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos^2 \theta d\theta = \frac{\pi}{2}$$

ただし、背面特性は考慮しない。

他方、アンテナの半値幅は電力指向性が  $1/2$  (-3dB) になる幅であり、微小ダイポールアンテナでは上記指向性より  $-\pi/4$  から  $\pi/4$  (rad) まで (-45 から 45 (deg) まで) の範囲、すなわち半値幅は  $\pi/2$  (rad) (90(deg)) である。

一般的なアンテナの場合に等価指向性幅と半値幅が一致するとは必ずしも言えないが、ここでは近似的にそのように扱う。

[77] 微小ダイポールアンテナの相対電界指向性は  $\cos\theta$



### 3. 主な ETC 用路側アンテナの半値幅

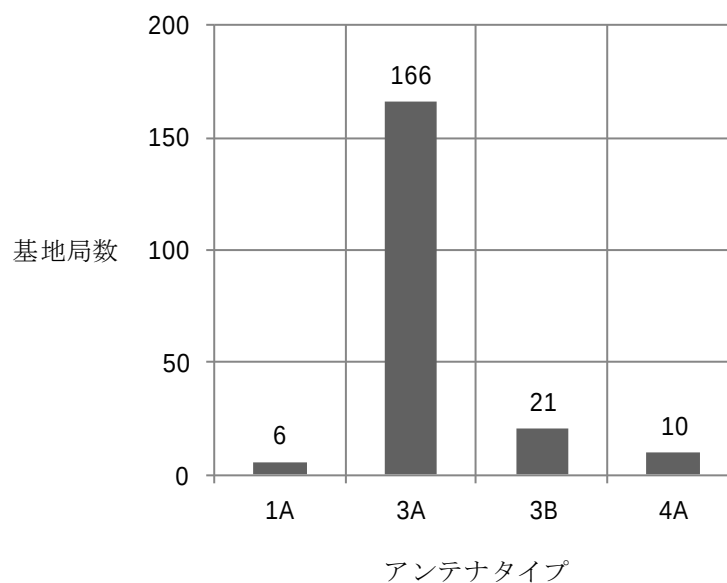
ETC 用アンテナはタイプ別(用途別)に次のように規定されている。<sup>[78]</sup>

表参 3-1 ETC 用路側アンテナの水平面指向性の半値幅

| アンテナタイプ | 用 途 | 水平面指向性の半値幅(度) |
|---------|-----|---------------|
| 1A      | 料金所 | 20以上          |
| 1B      | 料金所 | 12以上          |
| 2A      | 本線  | 18以上          |
| 3A      | 本線  | 32以上          |
| 3B      | 本線  | 12以上          |
| 4A      | 予告  | 22以上          |

### 4. ETC フリーフローにおける路側アンテナ

ETC フリーフローにおける基地局アンテナの設置実績 203 件のうち、アンテナタイプ別に調査した結果は下図の通りで、3A タイプが支配的である。<sup>[79]</sup>



図参 4-1 フリーフロー用アンテナの実績

[78] ITS 路側無線装置規格書の参考資料 3

[79] NEXCO における実績調査(暫定)

各アンテナタイプの設置例は次の通りである。



1A の例、東海北陸自動車道、岐阜各務原



3A の例、札幌自動車道、小樽入口 FF



3B の例、名古屋第2環状、名古屋第3FF



4A の例、東名阪自動車道、四日市

## 5. ETC フリーフロー用アンテナの諸元

RSU 用基地局アンテナタイプ別の諸元及びシミュレーションパラメータとしての等価指向性幅  $\Delta\theta$  は以下の通りである。

表参 5-1 シミュレーションパラメータの想定 <sup>[80]</sup>

|                                                      | 基地局アンテナタイプ                        |                                   |                                   |                                   |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                      | 1A                                | 3A                                | 3B                                | 4A                                |
| 設置場所の実例                                              | 本線合流ランプ、<br>1 車線                  | 本線、2~3 車線                         | 1~2 車線                            | SA 入口、出口<br>統計情報収集<br>(本来予告用)     |
| 方式、クラス                                               | ASK クラス1                          | ASK クラス2                          | ASK クラス2                          | ASK クラス2                          |
| 空中線絶対利得<br>(dBi)                                     | 12                                | 12                                | 10                                | 12                                |
| 空中線俯角<br>(直下より)                                      | 23 deg                            | 32 deg                            | 32 deg                            | 20 deg                            |
| 主輻射方向から水平方向への<br>角度                                  | 67 deg                            | 58 deg                            | 58 deg                            | 70 deg <sup>[81]</sup>            |
| Elevation 指向性損失規格値                                   | 63 deg 以上で-25<br>dB 以下            | 49 deg 以上で<br>-20 dB 以下           | 49 deg 以上で<br>-20 dB 以下           | -10 dB 以下                         |
| Gr(dB) (水平方向)                                        | -13 dB                            | -8 dB                             | -10 dB                            | 2 dB                              |
| Gr(真数)                                               | 0.05                              | 0.1585                            | 0.1                               | 1.5849                            |
| Azimuth 半値幅<br>規格値                                   | 20 deg 以上                         | 32 deg 以上                         | 12 deg 以上                         | 22 deg 以上                         |
| Azimuth 半値幅<br>想定値 $\Delta\theta$                    | 32 deg<br>$= \pi/5.7 \text{ rad}$ | 50 deg<br>$= \pi/3.6 \text{ rad}$ | 19 deg<br>$= \pi/9.6 \text{ rad}$ | 34 deg<br>$= \pi/5.3 \text{ rad}$ |
| Gr(真数)・ $\Delta\theta$                               | 0.0276                            | 0.1383                            | 0.0327                            | 0.9395                            |
| タイプ3A を基準にした相対 dB<br>$10\log(Gr\Delta\theta/0.1383)$ | -7 dB                             | 0 dB                              | -6.3 dB                           | +8.3 dB                           |

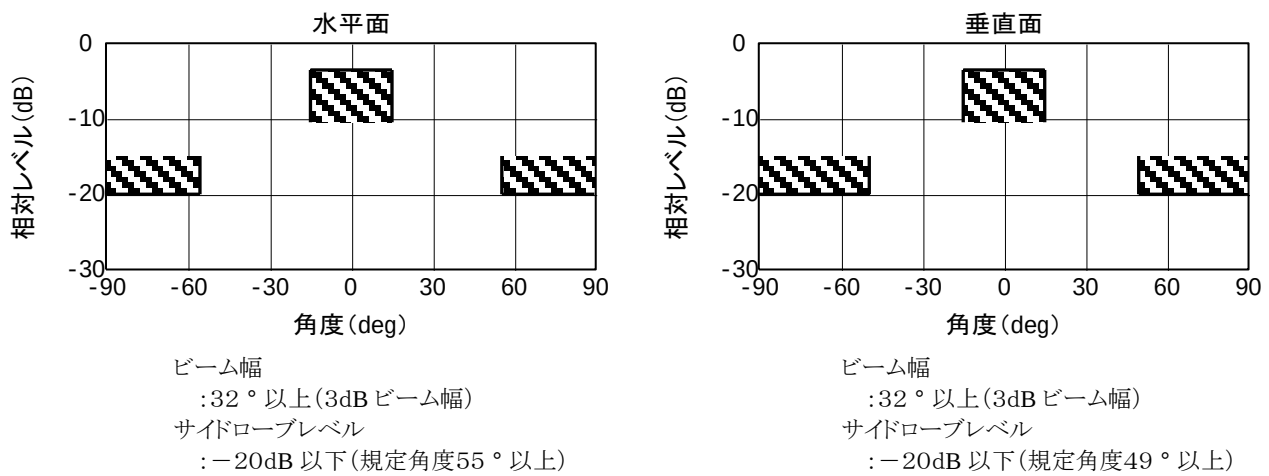
(注)ETC 路側無線装置仕様書にも3A の回線設計があるが<sup>[82]</sup>、これは ASK クラス1 方式である点だけが異なり、他の諸元は上記と同じである。

[80] ETC-B14200P 5.8GHz 帯 DSRC 路側無線装置規格書 2014 年 7 月、参考資料 3、4

[81] これは空中線の向き。4A はコセカント特性を持たせるため主輻射方向はより水平方向

[82] ETC-A14200P ETC 路側無線装置仕様書 2014 年 7 月、参考資料 1

この表から、ETC フリーフロー用基地局アンテナタイプとして最も設置個所の多い3A をシミュレーション条件として本検討では取り上げた。3A タイプのアンテナ指向性は次の通りである。<sup>[83]</sup>



参図3-2-4.3 空中線タイプ3A の指向特性

なお、RLAN からの集合干渉電力  $P_r$  は、(6)、(7)、(9)式から  $Gr \cdot \Delta\theta$  に比例する。1A、3B は3A の場合より  $Gr \cdot \Delta\theta$  が小さいから3A より RLAN からの干渉に強い。4A は3A の場合より  $Gr \cdot \Delta\theta$  が大きいので、別途対策が必要になるかもしれない。

[83] ETC-B14200P\_5.8GHz 帯 DSRC 路側無線装置規格書 2014 年 7 月、参考資料 3

## 略語表

|         |                                                                                       |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| ACK     | Acknowledgement                                                                       |
| AP      | Access point                                                                          |
| ASK     | Amplitude Shift Keying                                                                |
| BER     | Bit Error Rate                                                                        |
| BSS     | Basic Service Set                                                                     |
| CCA     | Clear Channel Assessment                                                              |
| CEPT    | European Conference of Postal and Telecommunications Administrations<br>欧州郵便電気通信主管庁会議 |
| C-ITS   | Cooperative ITS                                                                       |
| CS      | Carrier Sense                                                                         |
| CSMA/CA | Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance                                |
| CTS     | Clear To Send                                                                         |
| CW      | Continuous Wave                                                                       |
| dBm     | Decibel-milliwatts                                                                    |
| DCF     | Distributed Coordination Function                                                     |
| DFS     | Dynamic Frequency Selection                                                           |
| DIFS    | Distributed (coordination function) Inter-Frame Space                                 |
| DL      | Down Link                                                                             |
| DOT     | U.S. Department of Transportation 米国運輸省                                               |
| DSRC    | Dedicated Short Range Communications                                                  |
| EC      | European Commission 欧州委員会                                                             |
| ECC     | Electronic Communications Committee, CEPT                                             |
| ED      | Energy Detection                                                                      |
| EIRP    | Equivalent Isotropically Radiated Power                                               |
| ESSID   | Extended Service Set Identifier                                                       |
| ETC     | Electronic Toll Collection                                                            |
| FCC     | Federal Communication Commission 連邦通信委員会                                              |
| FDD     | Frequency Division Duplex                                                             |
| FF      | Free Flow                                                                             |
| IEEE    | Institute of Electrical and Electronics Engineers                                     |
| I/N     | Interference to Noise ratio 干渉電力対熱雑音電力                                                |
| ISM     | Industrial, scientific and medical                                                    |
| ITS     | Intelligent Transport Systems 高度道路交通システム                                              |
| ITU     | International Telecommunication Union 国際電気通信連合                                        |
| ITU-R   | ITU Radiocommunication Sector                                                         |
| LAN     | Local Area Network                                                                    |

|       |                                                                                       |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| LoS   | Line-of-sight                                                                         |
| MAC   | Media Access Control                                                                  |
| MAN   | Metropolitan Area Network                                                             |
| MCL   | Minimum Coupling Loss                                                                 |
| MPDU  | MAC Protocol Data Unit                                                                |
| NAV   | Network Allocation Vector                                                             |
| NHTSA | National Highway Traffic Safety Administration, U.S. Department of Transportation     |
| NLoS  | Non-line-of-sight                                                                     |
| NPRM  | Notice of Proposed Rulemaking                                                         |
| NTIA  | National Telecommunications & Information Administration, U.S. Department of Commerce |
| OBU   | On-Board Unit                                                                         |
| PHY   | Physical Layer                                                                        |
| PPDU  | PLCP (physical layer convergence procedure) Protocol Data Unit                        |
| QPSK  | Quadrature Phase Shift Keying                                                         |
| R&O   | Report and Order                                                                      |
| RLAN  | Radio Local Area Network                                                              |
| RSSI  | Received Signal Strength Indication                                                   |
| RSU   | Road Side Unit                                                                        |
| RTS   | Request To Send                                                                       |
| SIFS  | short interframe space                                                                |
| SRR   | Spurious Response Rejection                                                           |
| SSID  | Service Set Identifier                                                                |
| STA   | Station                                                                               |
| TDWR  | Terminal Doppler Weather Radar 空港ドップラー気象レーダー                                          |
| TPC   | Total Power Control                                                                   |
| UL    | Up Link                                                                               |
| U-NII | Unlicensed National Information Infrastructure                                        |
| V2V   | Vehicle to Vehicle                                                                    |
| WAS   | Wireless Access System                                                                |
| Wi-Fi | Wireless Fidelity: Wi-Fi Alliance の登録商標                                               |
| WRC   | World Radiocommunication Conference 世界無線通信会議                                          |

## 関連資料

### 国際機関

[A1] Final Acts WRC-15, **World Radiocommunication Conference** 2015

<http://www.itu.int/pub/R-ACT-WRC.12-2015/en>

### 日本

[B1] 周波数再編アクションプラン

平成 25 年 10 月改定版、平成 26 年 10 月改定版、平成 27 年 10 月改定版

<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/saihen/>

[B2] 電波政策ビジョン懇談会 最終報告書、平成 26 年 12 月 26 日

[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban09\\_02000151.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000151.html)

[B3] 情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会、平成 27 年 12 月

[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban12\\_02000064.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban12_02000064.html)

### 米国

[C1] Presidential Memorandum: Unleashing the Wireless Broadband Revolution, June 28, 2010

<http://www.whitehouse.gov/the-press-office/presidential-memorandum-unleashing-wireless-broadband-revolution>

[C2] PCAST Report: Report to the President, “Realizing the full potential of government-held spectrum to spur economic growth”, President’s Council of Advisors on Science and Technology, July 2012

[http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast\\_spectrum\\_report\\_final\\_july\\_20\\_2012.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_spectrum_report_final_july_20_2012.pdf)

[C3] MIDDLE CLASS TAX RELIEF AND JOB CREATION ACT OF 2012, PUBLIC LAW 112–96—FEB. 22, 2012

<http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-112publ96/pdf/PLAW-112publ96.pdf>

[C4] NTIA 5 GHz Report: EVALUATION OF THE 5350-5470 MHZ AND 5850-5925 MHZ BANDS PURSUANT TO SECTION 6406(b) OF THE MIDDLE CLASS TAX RELIEF AND JOB CREATION ACT OF 2012, Jan. 2013

[http://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/ntia\\_5\\_ghz\\_report\\_01-25-2013.pdf](http://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/ntia_5_ghz_report_01-25-2013.pdf)

[C5] FCC 13-22, NPRM: Revision of Part 15 of the Commission's Rules to Permit Unlicensed National Information Infrastructure (U-NII) Devices in the 5 GHz Band, Feb. 20, 2013

<https://www.fcc.gov/document/5-ghz-unlicensed-spectrum-unii>

[C6] Presidential Memorandum -- Expanding America's Leadership in Wireless Innovation, June 14, 2013

<http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/06/14/presidential-memorandum-expanding-americas-leadership-wireless-innovation>

[C7] FCC 14-30, 1st R&O: Revision of Part 15 of the Commission's Rules to Permit Unlicensed National Information Infrastructure (U-NII) Devices in the 5 GHz Band, April 1, 2014

<https://www.fcc.gov/document/5-ghz-u-nii-ro>

[C8] Fourth Interim Progress Report on the Ten-Year Plan and Timetable and Plan for Quantitative Assessment of Spectrum Usage, U.S. Department of Commerce, June 5, 2014

<https://www.ntia.doc.gov/report/2014/fourth-interim-progress-report-ten-year-plan-and-timetabl>  
[e](#)

[C9] IEEE 802 Report of DSRC Coexistence Tiger Team, Doc. IEEE802.18-15/0016r1, March 2015

[https://mentor.ieee.org/802.11/documents?is\\_group=0reg](https://mentor.ieee.org/802.11/documents?is_group=0reg)

[C10] Letter from IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee Chairman to FCC, May 12, 2015

<http://apps.fcc.gov/ecfs/comment/view?id=60001059591>

[C11] H.R.821 - Wi-Fi Innovation Act, IN THE HOUSE OF REPRESENTATIVES, Feb. 10, 2015, 114th Congress (2015-2016)

<https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/821>

[C12] DOT releases dedicated short-range communications (DSRC) spectrum sharing test plan, “DSRC - Unlicensed Device Test plan”, August 2015

<http://www.nhtsa.gov/Vehicle+Safety/dot-dsrc-testplan>

[C13] “Secretary Pritzker, Secretary Foxx and Chairman Wheeler Response to Senators Thune, Booker and Rubio Regarding Maximization of Spectrum Resources, Promoting Private Sector Deployment and Improving Vehicle Safety”, January 12, 2016

<https://www.fcc.gov/general/chairman-wheelers-letters-congress>

[C14] FCC 16-68, PN: The Commission Seeks to Update and Refresh the Record in the “Unlicensed National Information Infrastructure (U-NII) Devices in the 5 GHz Band” Proceeding, June 1, 2016

<https://www.fcc.gov/document/59-ghz-public-notice>

## 欧州

[D1] European Commission Press release, “Europe loves Wi-Fi: new study recommends more spectrum should be made available”, 1 August 2013

[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-13-759\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-759_en.htm)

[D2] EC Mandate to CEPT to study and identify harmonised compatibility and sharing conditions for Wireless Access Systems including Radio Local Area Networks in the bands 5350-5470 MHz and 5725-5925 MHz (‘WAS/RLAN extension bands’) for the provision of wireless broadband services, 2 September 2013

<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/radio-spectrum-cept-mandates-0>

[D3] CEPT Report 57: Report A from CEPT to the European Commission in response to the Mandate, 6 March 2015

<http://www.erodocdb.dk/doks/doccategory.aspx?doccatid=16>

[D4] ECC Report 244: Compatibility studies related to RLANs in the 5725-5925 MHz band, 29



January 2016

<http://www.erodocdb.dk/doks/doccategoryECC.aspx?doccatid=4>

ITS 情報通信システム推進会議 5GHz 帯路車間通信検討 WG 構成員名簿

|                      |          |               |
|----------------------|----------|---------------|
| 一般財団法人 ITS サービス高度化機構 | 主任研究員    | 吉羽 治峰         |
| AMEC コンサルタンツ株式会社     | 技術アドバイザー | 柳内 洋一         |
| AMEC コンサルタンツ株式会社     | 技術アドバイザー | 山田 好          |
| 沖電気工業株式会社            | 部長       | 浜口 雅春         |
| 沖電気工業株式会社            | 課長       | 関根 博行         |
| 沖電気工業株式会社            | チームリーダー  | 金子 富          |
| 株式会社高速道路総合技術研究所      | 室長       | 松下 之憲         |
| 首都高速道路株式会社           | 課長代理     | 高橋 義隆         |
| 首都高速道路株式会社           | 課長代理     | 平野 琢磨         |
| 住友電気工業株式会社           | 主幹       | 日根野谷 俊男       |
| 総務省                  | 室長       | 中村 裕治         |
| 総務省                  | 室長補佐     | 増子 喬紀         |
| 総務省                  | 係長       | 佐竹 紘彰         |
| 総務省                  |          | 北城 崇史         |
| ティーエヌコンサルティング        |          | 長嶋 敏夫         |
| 株式会社デンソー             | 担当係長     | 阿部 光成         |
| 一般社団法人 電波産業会         | 主任研究員    | 小山 敏          |
| 株式会社東芝               | 主幹       | 中村 順一 (WG 主査) |
| 株式会社東芝               | 主査       | 村上 康          |
| トヨタ自動車株式会社           | 担当課長     | 菅沼 英明         |
| 株式会社豊田中央研究所          | 主任研究員    | 鈴木 徳祥         |
| 中日本高速道路株式会社          | 担当リーダー   | 宇野 秀保         |
| 日産自動車株式会社            | 主査       | 藤本 浩          |
| 日本電気株式会社             | マネージャ    | 笠置 賢          |
| 日本電気株式会社             | 主任       | 山下 浩二         |
| 日本無線株式会社             |          | 吉元 昭          |
| パナソニック株式会社           | チームリーダー  | 吉田 青史         |
| パナソニック株式会社           |          | 衛藤 郁雄         |
| 東日本高速道路株式会社          | 調査役      | 狩野 雄一         |
| 株式会社日立製作所            | 主任技師     | 坂本 敏幸         |
| (有) フェアウェー           | 取締役社長    | 大山 満澄         |
| 三菱重工業株式会社            | 顧問       | 野口 直志         |
| 三菱重工業株式会社            | 担当部長     | 藤田 一郎         |
| 三菱重工業株式会社            | 課長       | 前田 孝士         |
| 三菱重工業株式会社            | 主席チーム統括  | 早川 祥史         |
| 三菱電機株式会社             | 主席技師長    | 津田 喜秋         |