

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(案)

「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」

のうち、

「80GHz 帯高速無線伝送システムのうち狭帯域システムの技術的条件」

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 目次

I	検討事項	1
II	委員会及び作業班の構成	1
III	検討経過	1
IV	検討概要	3
第1章	高速無線伝送システムの検討の背景	3
1-1	高速無線伝送システムの検討経緯	3
1-2	高速無線伝送システムの現状	3
1-3	高速無線伝送システムの利用イメージと需要動向	7
1-4	高速無線伝送システムの海外動向	12
第2章	80GHz 帯高速無線伝送システムの概要	16
2-1	求められる要件	16
2-2	基本的な無線方式	18
第3章	他システム等との共用検討	31
3-1	狭帯域システム間及び狭帯域システムと広帯域システム間の共用検討	31
3-2	電波天文業務との共用検討	37
3-3	近傍周波数の他システムとの共用条件	41
第4章	80GHz 帯高速無線伝送システムのうち狭帯域システムの技術的条件	57
4-1	一般的条件	57
4-2	無線設備の技術的条件	58
4-3	防護指針	60
4-4	測定法	62
別表1	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 構成員	65
別表2	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 80GHz 帯高速無線伝送システム作業班 構成員	66

I 検討事項

情報通信審議会情報通信技術分科会移動通信システム委員会は、情報通信審議会諮問第 2009 号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」(平成 14 年 9 月 30 日)のうち、「80GHz 帯高速無線伝送システムの技術的条件」について当時技術提案のあった 5GHz の広帯域を使用するシステム(広帯域システム)の技術的条件を平成 23 年 5 月に答申した。その後、大容量伝送が可能な 80GHz 帯高速無線伝送システムを移動通信システムの基地局間を結ぶネットワーク回線として利用するニーズが顕在化したことから、当該帯域の効率的な利用に向けて、平成 24 年 3 月に国際電気通信連合において帯域内のチャンネルを細分化する規定が勧告化されたところである。これらを踏まえ、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は、情報通信審議会諮問第 2033 号「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」(平成 25 年 11 月 19 日)のうち、「80GHz 帯高速無線伝送システムのうち狭帯域システムの技術的条件」について先の広帯域システムに追加するシステムとして検討した。

II 委員会及び作業班の構成

別表 1～2 のとおり

III 検討経過

1 委員会

① 第 4 回(平成 25 年 11 月 19 日)

「80GHz 帯高速無線伝送システムのうち狭帯域システムの技術的条件」に関し、委員会の運営方針について検討を行ったほか、検討の促進を図るため、作業班を再開することとした。また、狭帯域システムに関し広く提案を募集することとし、その説明が行われた。

② 第 6 回(平成 26 年 2 月 19 日)

「80GHz 帯高速無線伝送システムのうち狭帯域システムの技術的条件」に対する提案募集の結果について説明が行われた。

2 作業班

① 第 3 回(平成 25 年 12 月 24 日)

委員会の運営方針、検討体制等について説明が行われ、検討に着手した。

② 第 4 回(平成 26 年 1 月 15 日)

提案募集結果報告及び、チャンネル分配案、共用検討の検討を行った。

- ③ 第5回（平成26年2月6日）
隣接システムとの共用検討、報告書案の検討を行った。
- ④ 第6回（平成26年2月25日）
隣接システムとの共用検討、報告書案の検討を行った。
- ⑤ 第7回（平成26年3月4日）
隣接システムとの共用検討、報告書案の検討を行った。

IV 検討概要

第1章 高速無線伝送システムの検討の背景

1-1 高速無線伝送システムの検討経緯

情報通信審議会情報通信技術分科会移動通信システム委員会では、大容量通信に適した連続した周波数分配があり、国内では未だ利用の進んでいない80GHz帯の周波数帯において5GHz幅を使用する高速無線伝送システムの導入に必要な技術的条件について検討を行い、平成23年5月に答申したところである。

これは、従来は、マイクロ波・ミリ波を利用した無線通信システムが、主として百数十Mbpsの伝送速度をもつものが運用されてきたが、大容量の伝送速度を有する光ケーブルの敷設が困難な地域などに、比較的柔軟かつ容易に、これに相当する回線構築が可能なシステムの実現が期待されていたこと、さらに高精細映像の伝送として、遅延の少ない非圧縮の伝送が可能な1Gbps以上の伝送速度をもつ無線通信システムの実現が求められていたことに対応したものである。

上記答申の後、移動通信システムの高度化に向けた技術開発や標準化の進展等を受け、移動通信システムの基地局間を結ぶ回線として、大容量通信が可能な80GHz帯高速無線伝送システムに対する利用ニーズが顕在化しつつある。また、同帯域の効率的な利用を可能とするため、平成24年3月に国際電気通信連合において帯域内をチャンネルで細分化する規定が勧告化されるなど、国際的には、大容量通信かつ周波数利用効率の高い狭帯域システムの開発・商用化が進展している。

このような状況を踏まえ、80GHz帯高速無線伝送システムについて、新たなシステムの導入に向けた技術的条件について検討を行うものである。

1-2 高速無線伝送システムの現状

80GHz帯高速無線伝送システムの利用イメージの概要は図1-1のとおりである。

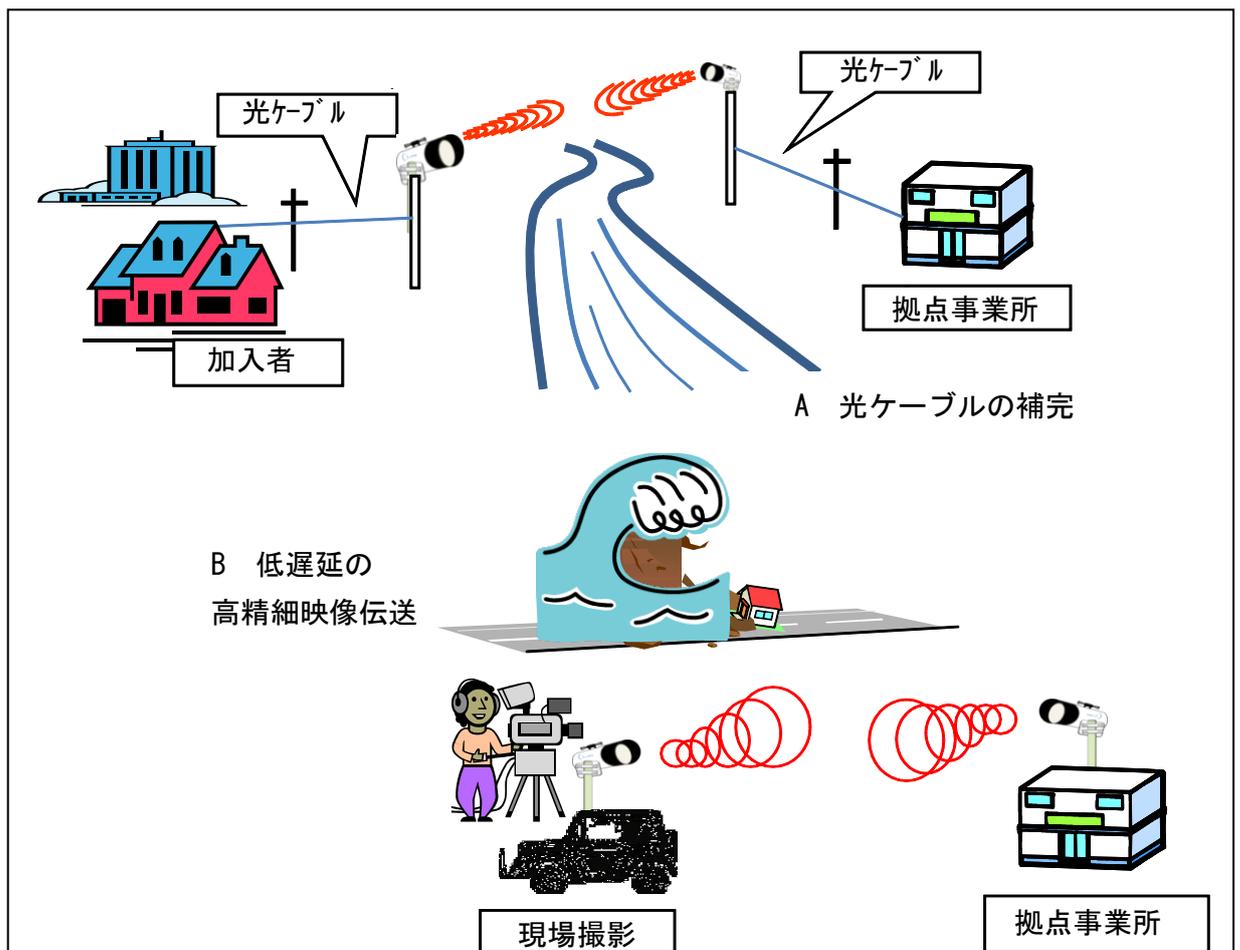


図 1-1 80GHz 帯高速無線伝送システムの利用イメージの概要

現在、このような利用場面には、表 1-1 のようなシステムが利用されているが、放送事業者が番組中継用に使用する無線伝送装置として高速のものが実用化されているほかは、百数十 Mbps 程度のものが多く、広く利用できる手段としては、特に伝送速度の点において十分とは言えない状況にある。

表 1-1 主なミリ波帯無線伝送システム

種別	最大伝送速度	利用用途等
25GHz 帯無線装置	約 156Mbps	免許不要（主に機関・企業でのビル間通信等）
26GHz 帯無線装置	約 156Mbps	電気通信業務用（主に機関・企業でのビル間通信等）
38GHz 帯無線装置	約 156Mbps	電気通信業務用（主に機関・企業でのビル間通信等）
50GHz 帯簡易無線	数十 Mbps	一般業務用（企業でのビル間通信・映像伝送等）
42GHz/55GHz 帯無線装置	約 160Mbps	放送事業用（番組素材の無線伝送）
60GHz 帯無線装置	約 1.5Gbps	免許不要（無線 LAN ¹ 等の様々な用途と共用して番組素材の伝送等にも利用）
120GHz 帯無線装置	約 10Gbps	放送事業用（番組素材の無線伝送）

80GHz 帯高速無線伝送システムの適用が期待される主な用途の伝送速度等は次のとおりである。

1-2-1 光ケーブルの補完・代替システム

光ケーブルによる通信サービス（以下「FTTH²」という。）を利用する加入者の用途ニーズとしては、一般的なインターネット閲覧のほか、最近ではインターネット上での動画配信の利用とともに、ビデオオンデマンドやテレビ放送配信などの動画映像のニーズが多くなりつつある。

FTTH アクセスサービスの最近の普及率は表 1-2 のとおりであり、現在、FTTH 利用者の多くは伝送速度が最大 100Mbps タイプを利用している。

表 1-2 FTTH アクセスサービスの普及率[※]

FTTH アクセスサービス普及率	平成 23 年 9 月末	平成 24 年 9 月末	平成 25 年 9 月末
	40.0%	42.8%	45.5%

※ 電気通信サービスデータの総務省（9 月末）公表及び住民基本台帳データ（各年度末）

上記の統計は、市区町村単位の統計を基礎としており、契約数を市区町村の住民基本台帳に基づく世帯数で除したものであるが、実際には FTTH を利用可能な市区町村で

¹ Local Area Network

² Fiber To The Home

あっても、郊外の地域ではサービス提供対象エリア外となっている地域もある。その理由は主として経済性と考えられるが、具体的要因としては、郊外地では河川や山などの地形要素によって幹線の光ケーブルの敷設コストがかさむ一方、サービス対象となる住民が少ないことから工事費用の償却が問題となる点が挙げられる。

このような場面においては、比較的短距離の Point to Point 形式の無線伝送も光ケーブルの補完・代替として効果的であり、無線システムに対する期待が大きいと言える。

1-2-2 低遅延の高精細映像伝送システム

テレビジョン映像は、従来のアナログテレビジョン放送相当の標準映像 (SD) に対し、現在、地上テレビジョン放送のデジタル化の進展等を背景にして、高精細映像 (HD) が一般化しつつある。

現在、高精細映像の無線伝送としては、放送事業用として、伝送速度百数十 Mbps のものが広く利用されている。この場合は、ハイビジョンカメラの出力信号 (HD-SDI 信号：約 1.5Gbps) を圧縮して伝送する必要がある。また、一部ではあるが、ハイビジョンカメラの出力信号をそのまま無線伝送する装置も使用されている。これは、ハイビジョンカメラの信号を有線で接続した場合と同等な画質で伝送できることが特徴であるが、伝送距離が極めて短いことや他の様々な形態のシステムと共用する周波数帯を利用するものであることから、広く利用される状況には至っていない。

また、高精細映像伝送のニーズとしては、上記のような放送事業用以外にも、双方向の対話を伴うような場合や、イベント会場においてカメラで撮影した映像をスクリーンへの同時投影する場合等が考えられる。しかし、一般的な百数十 Mbps の伝送速度の無線伝送装置では、画像の符号化・復号化に伴う伝送遅延や画質劣化が発生する場合がある。

1-2-3 新たな大容量のネットワーク回線

複数の建屋を結ぶ工場敷地内ネットワークから一定の広さに散在するビル相互を結ぶ都市内ネットワーク、更には移動通信システムの基地局間を結ぶバックホール回線として新たな高速大容量ネットワークが求められている。

これらの構築については、我が国では光ケーブルネットワークが広く用いられているが、無線システムについても、短期間で敷設できること、ケーブルの新規敷設に対して費用面で有利であること等から、ケーブル敷設までの仮設利用を含めて従来から利用されている。

しかしながら、無線システムでは伝送容量が不足する場面も多くなってきており、今後、さらなるネットワークの高速化に対して大容量の無線システムが適用されていくと考えられる。

1-3 高速無線伝送システムの利用イメージと需要動向

1-3-1 光ケーブルの補完・代替に対する利用のイメージ

光ケーブルの補完・代替に対する利用のイメージを図1-2から図1-4に示す。

光ケーブルによって回線を構築する場合において、河川・鉄道、入江等の横断、島しょ地域、国立公園、山間地等で光ケーブルの敷設が困難な場合において無線システムの補完・代替の中継伝送が考えられる。

また、無線システムはその設置の簡便性から、震災や洪水時などでの災害対策における情報通信網確保のための臨時利用にも期待され、光ケーブルの一部が災害によって損傷を受けた場合に素早く回線を復旧するための臨時的な補完手段として活用できるものが求められる。このような利用形態は、災害対策用の他に寿命が20年と言われる光ケーブルの更新・引き直しや光ケーブル網のメンテナンス時における臨時代替の利用も考えられる。

その利用イメージは図1-2のとおりである。

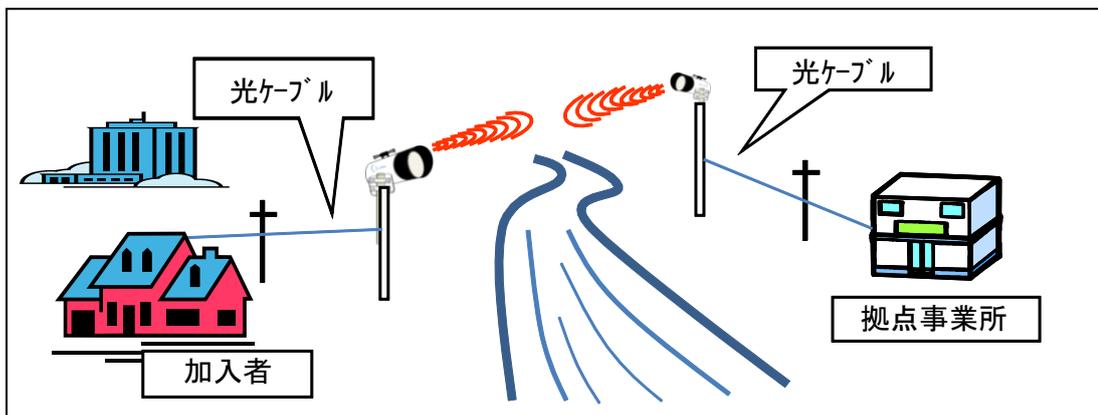


図1-2 光ケーブルの補完についての利用イメージ

このような補完中継については、ケーブルテレビの事業についても適用でき、さらに、類似のものとして難視聴地域の共聴施設においても期待される機能である。特に難視聴対策としての共聴施設としては山上等の受信点や図1-3に示すような隣接共聴施設からの延長幹線としても利用できる。

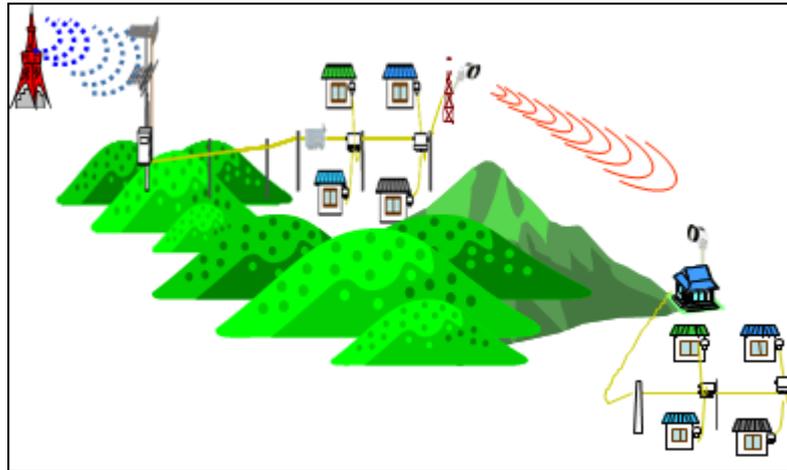


図 1-3 共聴施設の受信点設置代替として隣接共聴施設からの延長幹線としての利用

さらに、光ケーブルの延長としての通信事業用への応用として、光ケーブルき線点と携帯電話等の基地局間を結ぶエントランス回線用としても期待できる。これらの利用イメージは図 1-4 のとおりである。

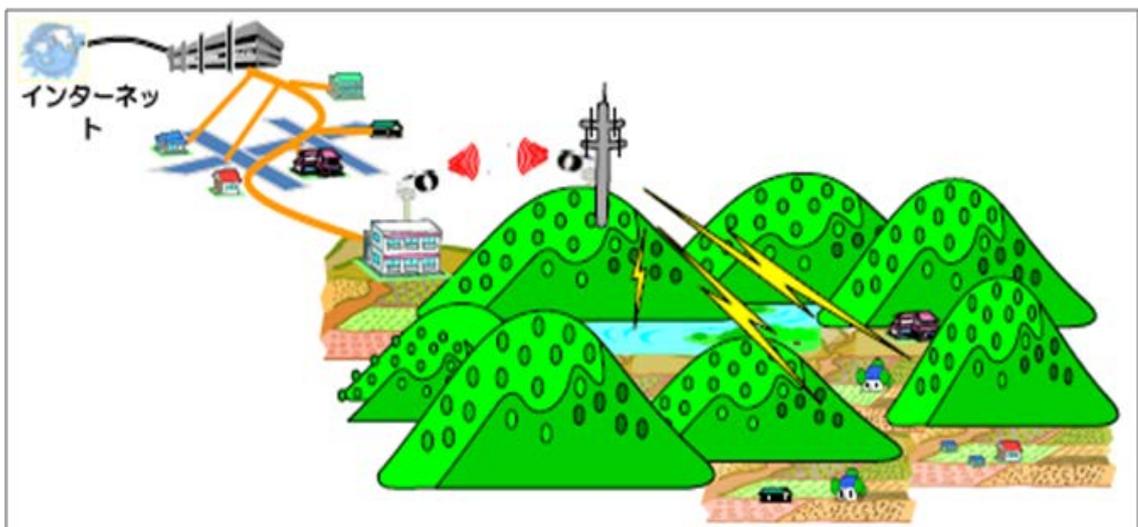


図 1-4 携帯電話等の基地局のエントランス回線としての利用

このような構成のネットワークは、光ケーブルが十分普及した地域においては導入される可能性は限定的と考えられるが、そのような地域でも地盤の液状化を含む地震災害や高潮、洪水等の災害対策を考慮した場合に、光ケーブル網の分断などが発生しえることから、光ケーブルと特性の異なるシステムによる冗長性を確保するための対策手法としても有効と考えられる。

1-3-2 災害やイベントその他の高精細映像伝送のイメージ

災害やイベントその他の高精細映像伝送のイメージを図1-5及び図1-6に示す。

このような映像伝送は送受信装置が対向する比較的単純な構成であるが、伝送先との双方向の対話を行う場合や、スタジアム等で出演者を直接見たり音楽を直接聞くことができる場合には遅延が問題になるため、低遅延の大容量伝送が求められる。

中継回線の伝送容量に余裕があるならば、圧縮を行わずに遅延のない伝送ができるほか、圧縮した映像であれば多くの映像を同時に伝送できることから災害時の現場拠点と市役所等との間において映像と同時に多数の音声やデータ等の伝送としても活用が期待される。

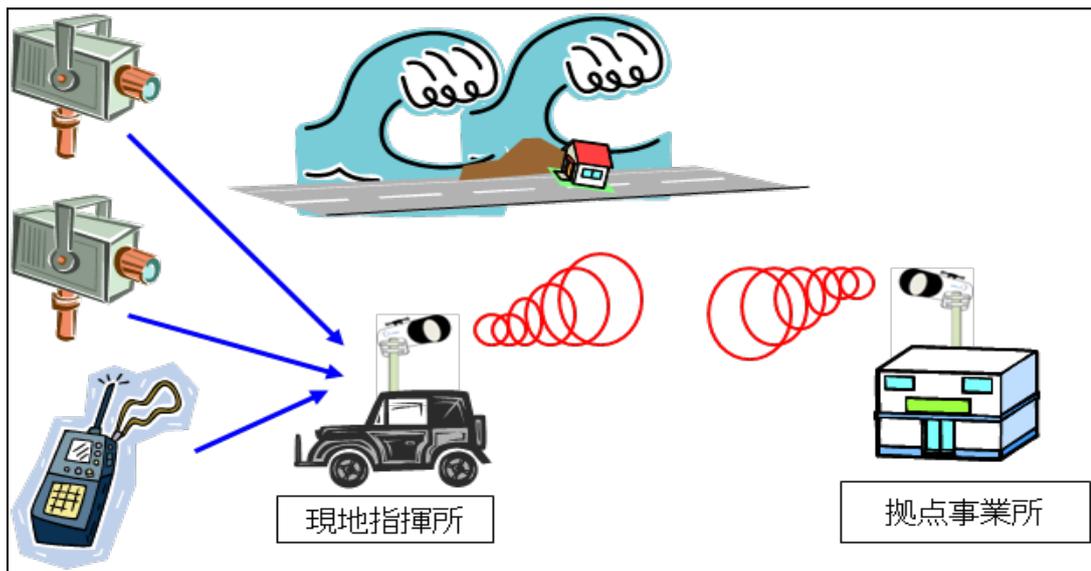


図1-5 非常災害時における緊急の回線構築



図1-6 野外イベント会場等における遅延のない（リアルタイム）の中継回線

1-3-3 都市内広域ネットワーク

大都市の高層ビル群や、広範囲の工業地帯の建造物を相互に接続したバックボーンとして、光ネットワークとの共存を考慮しつつも簡便に多くの地点をつなげる都市内広域ネットワーク（WAN³）として構築することが可能である。本システムのイメージを図1-7に示す。

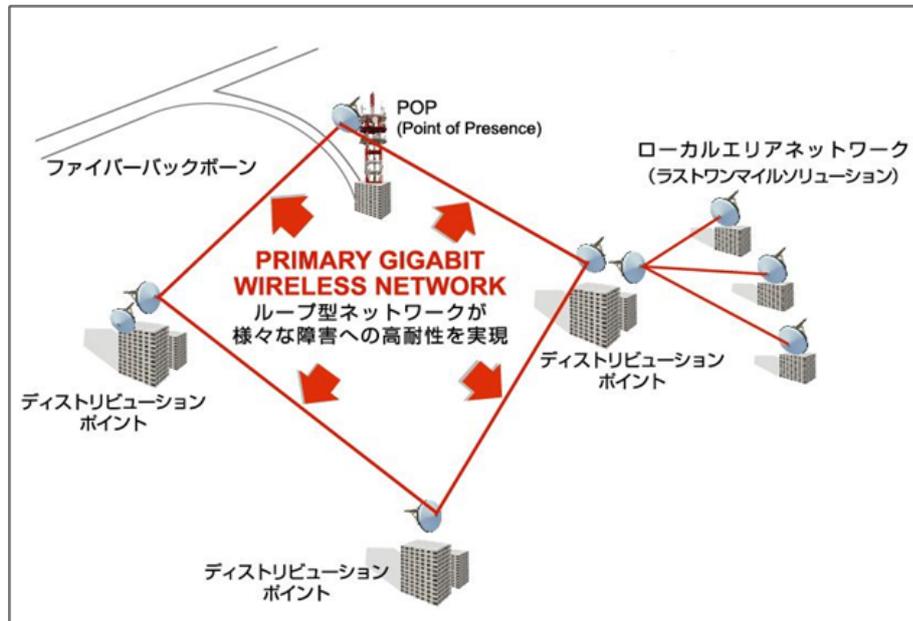


図1-7 高層ビル群をリンクしたWAN構築イメージ

1-3-4 モバイルフロントホール/バックホール回線

移動通信システムの高度化等に向けた技術開発や標準化の進展等に伴い、大容量伝送が可能な80GHz帯高速無線伝送システムを、スモールセル間を結ぶネットワーク回線として、特にベースバンドユニット（BBU⁴）とリモートラジオヘッド（RRH⁵）間を大容量低遅延で結ぶフロントホール回線等に利用するニーズが顕在化してきている。利用イメージを図1-8に示す。

3 Wide Area Network
4 Base Band Unit
5 Remote Radio Head

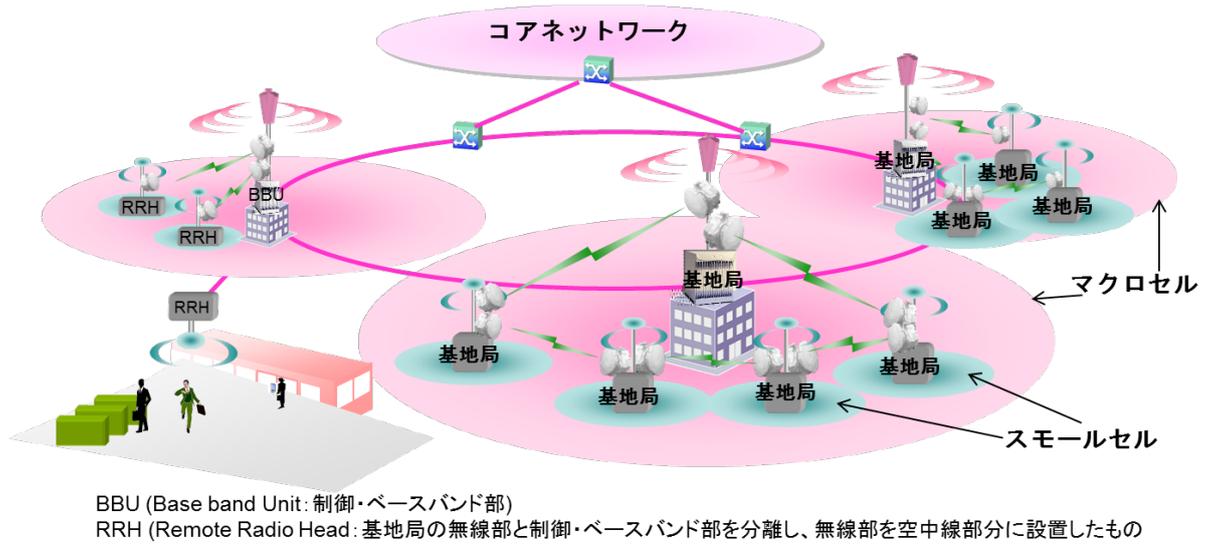


図 1-8 モバイルフロントホール/バックホール回線のイメージ

1-3-5 需要動向

このようなシステムの将来の普及について正確な予測は困難であるが、伝送速度が 1Gbps 内外、伝送可能距離が 1km~2km 程度を想定した場合の概ねの市場について、新たに顕在化した利用ニーズを踏まえた試算例を表 1-3 に示す。

表 1-3 80GHz 帯高速無線伝送システムの需要見直し試算
(制度化から 5~10 年程度経過後を想定)

区分	試算の考え方	試算	結果
光ケーブル補完① (通信事業・一般)	通信事業用ネットワークの山岳・河川・離島等補完用として、全国市町村の約半数に約 1/4 区間の補完回線(携帯電話基地局エントランス除く)	1742 市町村 ^(※1) × 0.25 × 2 局	871 局
光ケーブル補完② (CATV 他)	CATV 事業者の約 1/20 に 1 区間の補完回線	545 事業者 ^(※2) × 0.05 × 2 局	55 局
光ケーブル補完③	携帯電話基地局エントランスやモバイルフロントホール/バックホール回線として、基地局開設場所の約 1/100 に 1 区間程度で利用	253,000 力所 ^(※3) × 0.01 × 2 局	5,060 局
映像中継伝送① (放送事業)	地上系放送(ラジオ・ケーブル除く)事業者の約 1/20 に 1 区間(単向)の仮設伝送	129 事業者 ^(※2) × 0.05 × 1 局	6 局
映像中継伝送② (制作・イベント事業等)	映像番組制作・配給業者の約 1/100 に 1 区間(単向)の仮設伝送	3494 事業者 ^(※4) × 0.01 × 1 局	35 局
映像中継伝送③ (その他)	全国市町村の約 1/40 が 1 区間の仮設回線	1742 市町村 ^(※1) × 0.025 × 2 局	87 局
合 計			6,114 局

※1 平成 26 年 1 月 財団法人地方自治センター

※2 平成 25 年情報通信白書(4-6-1-5)

※3 主要 4 社の開設場所数の和の概数(平成 24 年 12 月~25 年 1 月総務省無線局検索(複数帯域を保有する事業者は局数最大の帯域の局数))

※4 平成 24 年経済センサス(映像情報制作・配給業の企業数)

このように、実用化から 5 年ないし 10 年程度経過した後の普及イメージとして、数千局程度を見込むことができると考えられ、サービス内容と要請される伝送速度等の特性が適合した場合、さらに多くの普及の可能性も見込まれる。

1-4 高速無線伝送システムの海外動向

主として 80GHz 帯を使用する高速無線伝送システムの海外の動向は次のとおりである。北米・欧州主要国では本システムと類似の態様を持つシステムが制度化され、あるいは制度化が検討されており、86GHz 以下については製品が発売されている。

1-4-1 米国

米国連邦通信委員会(FCC: Federal Communications Commission) 規則 69 FR 3267 (平成16年(2004年)1月)により、80GHz帯域において制度化がなされている。比較的低密度での展開、広帯域の使用に配慮し、5GHz幅以下の任意の周波数帯域幅で利用可能とする免許制となっている。

- (1) 周波数帯 71~76GHz、81~86GHz、92~95GHz
70GHz帯と80GHz帯をペアとする場合、送受周波数差を10GHzに限定
- (2) 利用形態 Point to Point
- (3) アンテナビーム幅 1.2度以下
- (4) 用途 特に規定しない
- (5) 手続き 設置場所毎でのオンライン登録
- (6) 運用調整 以下の場合には別途、個別の調整が必要
 - A) 他のリンクとの重大な干渉がある場合
 - B) 電波天文の場所に近接している場合
 - C) カナダまたはメキシコの国境に近接している場合
 - D) 機密とされる特定のエリアに近接している場合等

使用周波数に係る規律を最小限に留めるとともに、業務の区別なく簡易な免許で使用可能であり、現在のところ私設網系市場を対象にしたASKやQPSK方式による広帯域システムが主流となっているが、モバイルフロントホール等への適用に適した狭帯域システムの製品開発も進められている。

1-4-2 欧州

80GHz帯を無線通信業務に分配する勧告は、平成21年(2009年)に改訂された平成17年(2005年)7月発行の欧州郵便電気通信主管庁会議(CEPT: Certified Expert Penetration Tester)内電気通信委員会(ECC⁶)による欧州各国各主管庁への勧告ECC/REC(05)07でなされており、本勧告の概要は以下のとおりである。

- (1) 周波数帯 71~76GHz、81~86GHzでバンドエッジにガード帯を設定
- (2) 用途 短距離光ケーブルあるいは空間光伝送の代替え
- (3) 通信方式 各主管庁の裁量によるTDD⁷又はFDD⁸利用
- (4) 伝送容量 1~10Gbps超の大容量伝送を前提
- (5) 周波数有効利用に配慮 多値の直交振幅変調方式を前提
- (6) チャンネル分割 250MHzの整数倍(1~19)にチャンネル帯幅を設定しサイズの異なるチャンネル間の配列を整頓

⁶ European Communications Committee

⁷ Time Division Duplex

⁸ Frequency Division Duplex

(7) 免許等 干渉調整無しあるいは周波数自己調整も可能

ECC/REC (05) 07 で規定されたチャネル配列が、ITU-R の Question 247/5 に答える形で ITU-R に提案され、平成 24 年(2012 年)3 月に発行された勧告 ITU-R F. 2006 Annex 2 で勧告化されている。

一方、欧州電気通信標準化機構(以下「ETSI⁹」という。)では、主にモバイルバックホール回線への適用を対象として Point-to-Point 無線の高度化のための標準改訂作業を行っている。80GHz 帯高速無線伝送システムの標準化は、他周波数帯の業務用無線通信システムと同様に無線局免許を必要とする場合に適用する EN 302 217-02-02 標準と、無線局免許が不要な場合または簡便な評価を免許の条件とする場合に適用する EN 302 217-03 標準に分けられて作業が行われており、承認過程にある最新版 V2. 2. 0 が、平成 25 年(2013 年)11 月に公開されたところである。なお、平成 26 年(2014 年)年 3 月には承認を得て正式発行される見込みとなっている。

欧州では、無線バックホール回線が都市内で比較的高密度に展開していることもあり、LTE 以降の携帯電話システムでの適用が想定されるスモールセル間、スモールセルとノード間のバックホール、あるいは大容量の伝送となる RRH と BBU 間のフロントホール回線に 80GHz 帯高速無線伝送システムが利用されると考えられている。また、光ケーブルの敷設に時間を要することからそれまでの代替回線用としての需要も見込まれている。このため、本周波数帯域の効率的な利用を実現するため、変調方式を直交振幅位相変調に限定するとともに、EN 302 217-02-02 標準において各チャネル帯幅における最低伝送容量の規定を設けるなど、周波数の有効利用を図っている。

上記の状況を受け、ETSI 技術標準に準拠した 250MHz 狭帯域システムの開発が進められており、平成 24 年(2012 年)頃からトライアルが開始され、平成 25 年(2013 年)春から商用展開がなされている。

ECO(欧州通信局)レポートによると、EU 及び EFTA 加盟国全 48 か国中 ECC/REC (05) 07 の実施状況は以下のとおりである。

- 1) 実施国：ドイツ、フランス、デンマーク、オランダ、ルクセンブルグ、オーストリア、チェコ、ポルトガル、トルコなど 19 か国、
- 2) 計画中：ハンガリー
- 3) 検討中：マルタ
- 4) 分配不能または行わない：スウェーデン、ブルガリア、セルビア
- 5) 不明：スペイン、イタリア、スイス、英国、フィンランド、ロシア、ウクライナなど 24 か国。

本レポートでは多くの国における実施状況が不明とされているが、これは ECO に対して実施状況を報告していないためであり、例えば英国においては平成 19 年(2007 年)に簡易な免許によって利用可能とする制度化がなされている。また、ロシアを始め東欧諸国あるいはイタリア、スペイン、スイスでは非常に簡易な免許制度での制度化がなされており、一部の国では商用展開が開始されている。

⁹ ETSI: European Telecommunications Standards Institute

1-4-3 その他の国々

オーストラリア、ニュージーランドでは71～76GHz/81～86GHz帯を80GHz帯高速無線伝送システムに類似した通信用システムに割当てることとしており、ニュージーランドでは制度化に向けた具体的な手続きが公表されている。また、韓国は、平成21年（2009年）に71～76GHz/81～86GHz帯の割当ての方針を明らかにしており、現在免許の手続きについて検討がなされている。

（注） 上記の他、次の国々でも71～76GHz/81～86GHz帯を80GHz帯高速無線伝送システムに類似したシステムへの割当てがなされ、あるいは検討が進められているとの情報がある。

パプアニューギニア、アラブ首長国連邦、オマーン、リビア、バーレーン、ヨルダン、インド、フィリピン

1-4-4 狭帯域システムの展開状況

チャンネル幅250MHzの狭帯域システムに係る動向として、平成26年（2014年）1月末時点において利用されている無線設備の台数を表1-4に示す。

表1-4 250MHz狭帯域システムの利用台数（平成26年1月末調査判明分）

地域	250MHz機種台数
ヨーロッパ及びロシア CIS ¹⁰	3,600
アフリカ	10
アジア及びオセアニア	70
南北アメリカ	50
計	3,730

利用用途として、携帯電話事業者によるバックホールへの適用が70%程度、光ケーブル敷設までの臨時あるいは代替回線と、モバイルバックホールへのリース回線が30%程度であった。なお、上記台数はチャンネル幅250MHzの狭帯域システムに限った調査において把握できた台数であり、より多くの無線設備が展開されていると推察される。

¹⁰ Commonwealth of Independent States

第2章 80GHz 帯高速無線伝送システムの概要

2-1 求められる要件

第1章で述べたように、本システムは比較的近距离で大容量の通信を行うことを目的とするものであり、それらの目的・要請を満たす十分な性能が必要である。

2-1-1 利用用途

本システムに期待される利用用途としては以下のようなものが挙げられる。

- ① 光ケーブル等の中継装置
- ② 非圧縮の高精細映像の伝送システム
- ③ モバイルフロントホール回線用装置

2-1-1-1 光ケーブルの中継装置

現在、光ケーブルに適用されている主な規格は表2-1のとおりである。

表2-1 光ケーブルの伝送に係る主な規格

標準規格	標準化機関	標準規格名称	伝送速度	最大伝送距離	BER	最大伝送遅延 (UNI-SNI間)
B-PON	ITU-T SG15	ITU-T G. 983	622Mbps	20km	10e-10 以下	1.5msec
G-PON		ITU-T G. 984	2.5Gbps	20km (理論上は 最大 60km)	10e-10 以下	1.5msec
XG-PON		ITU-T G. 987	10Gbps	20km (理論上は 最大 60km)	10e-12 以下	1.5msec
GE-PON (EPON)	IEEE 802.3ah	1000BASE-PX	1.2Gbps	20km	10e-12 以下	
10G-EPON	IEEE 802.3av	10GBASE-PR	10Gbps	20km	10e-12 以下	

PON; Passive Optical Network

現在、これらのうち、B-PON 方式は、加入者系のケーブルの伝送方式として広く使用されており、さらに GE-PON 方式も広まりつつあるほか、さらに 10G-EPON 方式の導入等による高速化も進められていくと考えられる。

これらに対し、今回想定している 80GHz 帯の周波数分配の状況から考えると、本シ

システムの伝送容量としては数 Gbps 以下が現実的と考えられることから、622Mbps (B-PON 相当) ~2.5Gbps (G-PON 相当) が対象となるものと考えられる。

2-1-1-2 高精細映像（非圧縮）の伝送システム

高精細映像を伝送する場合に、現在使用されている無線伝送装置の伝送速度（ビットレート）は、表 2-2 のとおりである。

表 2-2 番組制作等で使用されている高精細映像の無線伝送における
主な方式のビットレート

通信方式	ビットレート	現在使用されている周波数帯
圧縮 (MPEG2/H.264 など)	数十~百数十 Mbps	マイクロ波帯、42/55GHz 帯等
非圧縮 (HD-SDI)	1.485Gbps	60GHz 帯

高精細の映像を伝送するに当たっての所要ビットレートとしては、数十 Mbps でも十分であるが、これらはいずれも高度な映像信号の圧縮（符号化・復号化等）処理を行っており、時間の計測や比較を行うための映像伝送、相互の会話を伴う映像中継、音楽コンサートのステージやスポーツなどでの映像のスクリーンへの同時投影等、正確なリズム・タイミングが重視される伝送においては、運用上で不便を感じる場合も多い。

このような映像の圧縮により生じる遅延を避けるためのいわゆる非圧縮の伝送においては、約 1.5Gbps (SMPTE-292M:YPbPr/4:2:2/10bit で 1.485Gbps) に相当するビットレートでの伝送も必要とされているところであり、本システムにおいても考慮すべき速度と考えられる。

2-1-1-3 モバイルフロントホール回線用装置

基地局の BBU(ベースバンドユニット)と空中線側に設置される RRH(リモートラジオヘッド)間のプロトコル・インタフェースについては、無線機器メーカーによって組織されている CPRI (Common Public Radio Interface) という産業協力団体によって策定されており、移動通信で提供する伝送速度やサービスグレード、接続される RRH の数によって基本の 614.4Mbps から最大 10137.6Mbps まで 8 段階の伝送速度標準となっている。

2-1-2 伝送距離

本システムも含め、無線システムについては、一般的には伝送可能な距離は長いほど利便性が高まるが、伝送可能な距離については選定した周波数帯の伝搬特性と送信電力が密接に関係し、電波の有効利用の観点のほか、所要の伝送容量との対比、降雨・降雪等に対する回線信頼性の確保と入手可能な送信用電力増幅素子の能力等により上

限が決まることとなるため、80GHz 帯を利用した場合については比較的短距離になることが想定される。

これら気象等を考慮した実験の成果（2-2-2参照）や、光ケーブル補完を要する河川等の地形の実態を考慮し、最大の伝送距離として数百 m～数 km を想定する。

2-1-3 運用形態及び伝送装置の大きさ

第1章に示したように、本システムは、大容量の伝送を行うものであり、上記のとおり、数百 m～数 km の最大伝送距離を想定している。

運用形態は主として特定の地点間の通信であり、相当に鋭い指向性を持つ空中線を利用することを前提として考えて差し支えないが、イベントでの映像伝送に代表されるような仮設・可搬の敷設の場合と、光ケーブル網の補完を中心とした常設的な敷設とがあることに留意する必要がある。

装置の大きさに関しては、一般的にはできるだけ小さいことが望ましいが、運用に影響が生じるとして期待される具体的な大きさの上限としては、上記のような仮設・可搬に対応するか常設とするか等用途によって異なるところである。

装置の大きさは、基本的にアンテナ（パラボラアンテナ等）により決定づけられる。これは伝送距離とも密接な関係にあり、2-1-2に示すような適用する距離や混信に対する強度、実際の運搬方法や据え付け方法等も考慮すると、パラボラアンテナとしては概ね次のような大きさになると考えられる。

- ① 映像伝送や光ケーブルに向けた仮設型の中継装置の場合やスモールセル接続のフロントホール、バックホール回線の場合、直径数十 cm 程度。
- ② 光ケーブルなどの常設型の中継装置の場合、直径 1m 程度。

具体的な無線方式や技術的条件を検討する上でもこれらの大きさを考慮する必要がある。

2-2 基本的な無線方式

チャンネル幅として最大で 5GHz の全帯域を使用する広帯域システムについては、今後の多様な技術開発の促進及び運用の自由度の確保を考慮し、変調方式等を指定せず指定周波数により割当てなど、柔軟な対応が可能となるように制度化されたところである。一方、狭帯域システムについては、既に ETSI 技術標準に準拠した種々の無線方式による製品開発が行われていることから、狭帯域システムを適用する際の自由度を確保しつつ、かつ既存の広帯域システムとの共存等を可能とする国際標準に準拠する制度の適用が求められる。なお、欧州各主管庁では 80GHz 高速無線伝送システムの制度化に当たり、2つの ETSI 技術標準のいずれも適用可能としていることから、我が国においても同様の制度設計とすることが望ましい。ETSI EN 302 217-03 標準は、簡易な免許制度に基づく運用を対象として、ETSI EN 302 217-02 標準よりも緩やかな規格となっているが、ETSI EN 302 217-03 標準は EN 302 217-02-02 標準に準拠する無線設備の展開を制限するものではない。このため、我が国における狭帯域システムの制

度化にあたっては、EN 302 217-03 標準を参考にすることが適当と考えられる。

2-2-1 割当て周波数帯

我が国の 80GHz 帯における周波数分配の概要は表 2-3 のとおりである。

表 2-3 我が国の 80GHz 帯における周波数割当状況

国内分配 (GHz)		無線局の目的
66-71	衛星間 移動衛星	電気通信業務用 公共業務用
	移動	電気通信業務用 公共業務用 一般業務用
	無線航行 無線航行衛星	公共業務用 一般業務用
71-74	固定 移動	電気通信業務用 公共業務用 一般業務用
	固定衛星 (宇宙から地球) 移動衛星 (宇宙から地球)	電気通信業務用 公共業務用
74-76	固定 移動	電気通信業務用 公共業務用 一般業務用
	固定衛星 (宇宙から地球)	電気通信業務用 公共業務用
	放送 放送衛星	放送用
	宇宙研究 (宇宙から地球)	公共業務用 一般業務用
76-77.5	無線標定	公共業務用 小電力業務用一般業務用
	電波天文	
	宇宙研究 (宇宙から地球)	公共業務用 一般業務用
	アマチュア アマチュア衛星	アマチュア業務用
77.5-78	アマチュア アマチュア衛星	アマチュア業務用
	宇宙研究 (宇宙から地球)	公共業務用 一般業務用
	電波天文	
78-79	無線標定	公共業務用 小電力業務用 一般業務用
	宇宙研究 (宇宙から地球)	公共業務用 一般業務用
	アマチュア アマチュア衛星	アマチュア業務用
	電波天文	
79-81	無線標定	公共業務用 小電力業務用 一般業務用
	電波天文	
	宇宙研究 (宇宙から地球)	公共業務用 一般業務用
	アマチュア アマチュア衛星	アマチュア業務用
81-84	固定 移動	電気通信業務用 公共業務用 一般業務用
	固定衛星 (地球から宇宙) 移動衛星 (地球から宇宙)	電気通信業務用 公共業務用
	電波天文	
	宇宙研究 (宇宙から地球)	公共業務用 一般業務用
84-86	固定 移動	電気通信業務用 公共業務用 一般事業用
	固定衛星 (地球から宇宙)	放送事業用
	電波天文	
86-92	地球探査衛星 (受動) 宇宙研究 (受動) 電波天文	

※ 名称に下線を付している無線通信業務は「二次業務」である。

本周波数帯は、60GHz 帯等と比較した場合、現段階においては、我が国における利用が進んでいるとは言えない状況である。

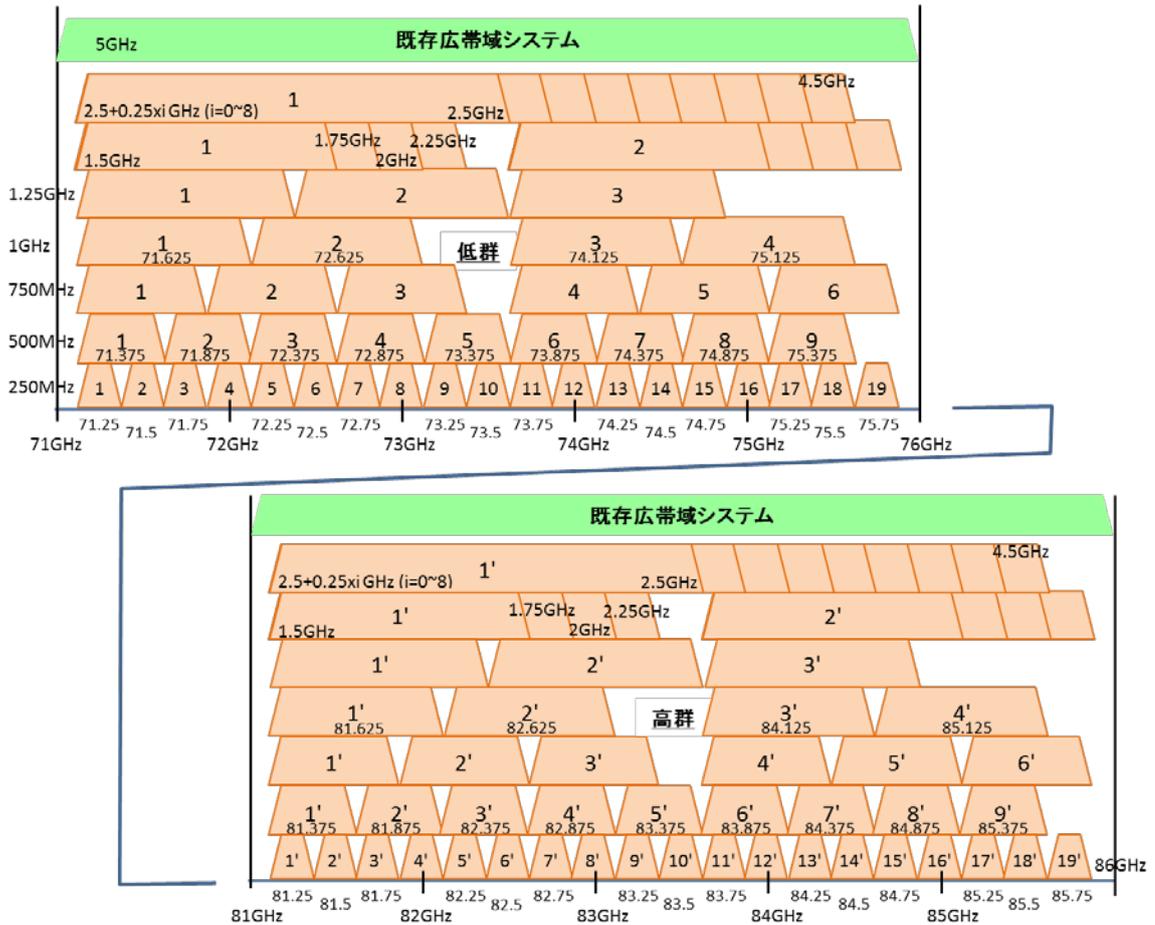
一方、本周波数帯では「移動業務」「無線標定業務」等の業務の種別ごとの分配幅の単位が大きく高速・大容量の伝送への割当・活用が期待できるほか、国際的に共通性の高い分配の配置となっている。

このような状況及び広帯域システムの占有周波帯幅の要件と複信（双方向通信）が可能なシステムであることから、広帯域システムに対しては 71.0～76.0GHz、81.0～86.0GHz の 5GHz×2 の割当てがなされているところである。

一方、この 80GHz 帯域の効率的な利用に向けて平成 24 年（2012 年）3 月 ITU-R において本周波数帯をチャンネルで細分化する規定が勧告 ITU-R F.2006 として勧告化されており、狭帯域システムの周波数チャンネルとして、本勧告を適用することに特段の不都合が見当たらないことから、本勧告を適用することが適当である。なお、制度化されている広帯域システムが 71.0～76.0GHz、81.0～86.0GHz の 5GHz×2 の FDD 方式であることから、狭帯域システムにおいても同様の 5GHz×2 の FDD 方式とする。

これらを踏まえ、80GHz 帯域のチャンネル分配案は、勧告 ITU-R F.2006 Annex2 にある 250MHz 幅を基底とし、その整数倍（1～19）をチャンネル帯幅とする分配案を適用するのが適当である。しかしながら、Annex2 を基にした ETSI 技術標準の参照分配案は図 2-1 に示すように異なるチャンネル帯幅が数多く規定されており、機器製造や運用に際して混乱を生じるおそれがあること、また、現時点においては、全ての異なるチャンネル幅を利用するニーズが顕在化していないことから、当初の制度化においては、適用するチャンネル幅を整理することが適当と考えられる。

狭帯域システムは、移動通信システムの基地局間を結ぶネットワーク回線等として利用されることが見込まれるため、制度化においては 1Gbps 以上の伝送速度への対応を前提としているが、移動通信システムのトラフィックは増加を続けており、将来的には基地局間を結ぶネットワーク回線等において数 Gbps の伝送速度が必要になると想定される。このため、1Gbps を大きく上回る伝送速度を実現する 2GHz のチャンネル幅まで適用することが適当と考えられる。



チャンネル幅 250MHz の場合

$$f_n = f_r + 250 \cdot n \quad \text{MHz}$$

f_n :チャンネル中心周波数

$f_r = 71\,000 \text{ MHz } (73.5\text{GHz 帯}), \text{又は } 81\,000 \text{ MHz } (83.5\text{GHz 帯})$

n :チャンネル番号 ($n = 1, 2, 3, \dots, 19$)

図 2-1 既存広帯域システムと ETSI のチャンネル配分

また、帯域端をガードバンドとして設定することにより片側 1 チャンネルしか確保できない 2.5GHz 以上のチャンネル帯幅に関しては、既存の広帯域システムの制度をそのまま適用することが可能であることから、チャンネル帯幅 2.25GHz 以下を狭帯域システム、2.5GHz 以上を広帯域システムとして分類するのが適当である。以上のことから広帯域システムを含むチャンネル配置案を図 2-2 に、中心周波数案を表 2-4 に示す。



図 2-2 狭帯域システム制度化初期のチャネル配置案

表 2-4 狭帯域システム制度化初期の中心周波数案

チャネル帯幅	f_n : 中心周波数 (MHz)	f_r : 基底周波数 (MHz)	n: 係数
250MHz	$f_r + 250 * n$	71000 又は 81000	1~19 の整数
500MHz	$f_r + 500 * n$	70875 又は 80875	1~9 の整数
1GHz	$f_r + 1000 * n$	70625 又は 80625	1, 2
		71125 又は 81125	3, 4
2GHz	$f_r + 2000 * n$	70125 又は 80125	1
		72625 又は 82625	2

2-2-2 送信電力

図 2-3 に伝送実験結果の一例を示す。

伝送実験の概要は次のとおりである。

- ・ 周波数帯 80GHz
- ・ 送信電力 100mW
- ・ 伝送距離 1.3km
- ・ 空中線利得 44.5dBi
- ・ 伝送信号 約 1.5Gbps OOK (振幅) 変調
- ・ 受信感度 (回線断レベル) -54dBm

図に掲載された計測等の結果においては、降雪前後の受信状況等が示されており、

非降水（非降雪）時においては 100mW の比較的弱い送信電力によっても安定した通信が実現している一方、一般的にも発生頻度が高いと考えられる降雪量とそれによる着雪とによって回線断が発生していることがわかる。

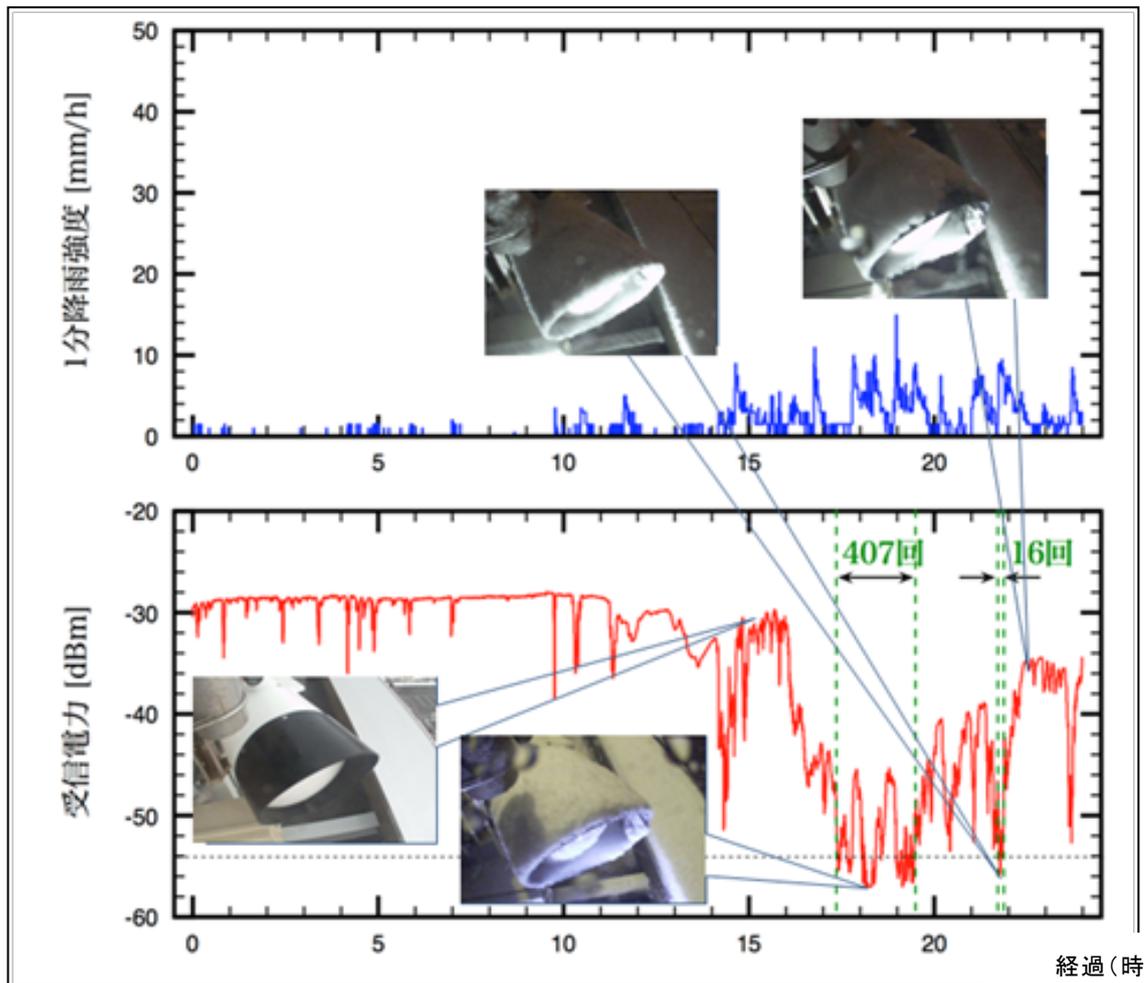


図 2-3 降雪前後における通信状況の実験結果（回数は瞬断）

このような結果も踏まえて、所要送信電力の算出例を表 2-5 に示す。

この場合において、まず、伝送距離については、2-1-2 を踏まえて 2km とする。また、降雨減衰については、50mm/h の降雨時（注）においても伝送が可能となることを条件とし、空中線は直径 1.2m（利得 55dBi）、変調方式は所要 C/N が最も小さい BPSK 相当のものを前提に検討している。

（注） 我が国の降雨は、0.01%時間率雨量で約 40mm～80mm/h 内外となっている。0.01%時間率雨量とは、年間においてある雨量より強い降雨となる時間率が 0.01%となる雨量である。東京における 0.01%時間率雨量は 60.3mm/h となり、0.0001%時間率雨量では 183.4mm/h となる。いずれも 1 分間降雨強度の密度をもとに換算した 1 時間雨量である。

表 2-5 送信電力の試算

	項目	規格	備考
送信パラメータ	① 送信電力（尖頭電力）	30.0 dBm	1W
	② 送信電力（平均電力）	23.7 dBm	尖頭電力-6.3dB
	③ 占有周波数帯幅	5000.0 MHz	
	④ 送信アンテナ利得	55.0 dBi	直径約 1.2m
	⑤ 共用器損失	0.0 dB	
	⑥ 帯域内輻射電力	78.7 dBm	②+④+⑤
	⑦ 帯域内輻射電力密度	41.7 dBm/MHz	⑥-10log(③)
受信パラメータ	⑧ 受信アンテナ利得	55.0 dBi	83.5GHz
	⑨ 共用器損失	0.0 dB	
	⑩ 受信感度	-88.5 dBm/MHz	
伝搬損失	⑪ 自由空間伝搬損失 +大気減衰	137.4 dB	2km、自由空間伝搬損失+大気減衰
降雨減衰	⑫ 降雨減衰	38.0 dB	50mm/h の降雨
回線設計/ 降雨マージン	⑬ 回線設計マージン	9.9 dB	⑦+⑧-⑨-⑪-⑫-⑩

このような仮定をもとに試算した場合、送信電力が 1W 程度の場面において概ね一定の信頼のおける回線設定が可能となっていることがわかる。

このような試算を目安とし、また、最近の本周波数に対する素子の開発を踏まえて使用する送信電力の上限は 1W 程度（空中線最大利得 55dBi）とすることが望ましい。

なお、上記の試算では、想定される最も大きな利得の空中線を利用し、所要 C/N が小さい変調方式（BPSK 方式。受信感度が良いことに相当）を前提としていることから、同一の電力でより小さい空中線や所要 C/N の大きい変調方式を使用する場合には、マージンが低下し、通信可能な距離が小さくなることに留意する必要がある。

また、送信電力の許容偏差については、一般則の条件（設備規則 14 条第一項の表中第六（470MHz 以上の無線局の一般則。上限 +50%、下限 -50%等）とすることが望ましい。

なお、最少チャネル幅を 250MHz とし極端な狭帯域での伝送を除外して、電力密度の高い送信とはならないよう上限を設定した。

2-2-3 占有周波帯幅

既に制度化されている広帯域システムで OOK（on-off-keying：振幅変調）を用いたものがあり、これの送信スペクトルの例を図 2-4 に示す

第 4 章に示すように、本周波数帯においてはスペクトルの計測が難しく、計測のための周波数変換等で生じるいわゆるフロア雑音が高いためにやや明確さに欠けるが、

横軸を約 600MHz/div、縦軸を 10dB/div としたこの図においては、搬送波の残留分を除く最大の部分から約 20dB 低下する帯域の幅が約 5GHz に達していることがわかる。

特に、このような振幅変調の場合、占有周波帯幅は、変調出力の帯域幅（又は入力信号の帯域幅）を制限するフィルタの特性によって大きく異なり、最小で 3GHz 程度に収めることのできる可能性もあるが、安定した伝送を確保するためには、占有周波帯幅の許容値を最大 5GHz 近くに設ける必要がある。このため、広帯域システムにおいては、従来どおり 5GHz 帯域を 1 つのチャンネル帯幅として使用できるものとする。

なお、チャンネル帯幅を設定する狭帯域システムにおいては、占有帯域帯幅の許容値はチャンネル帯幅とすることが適当である。

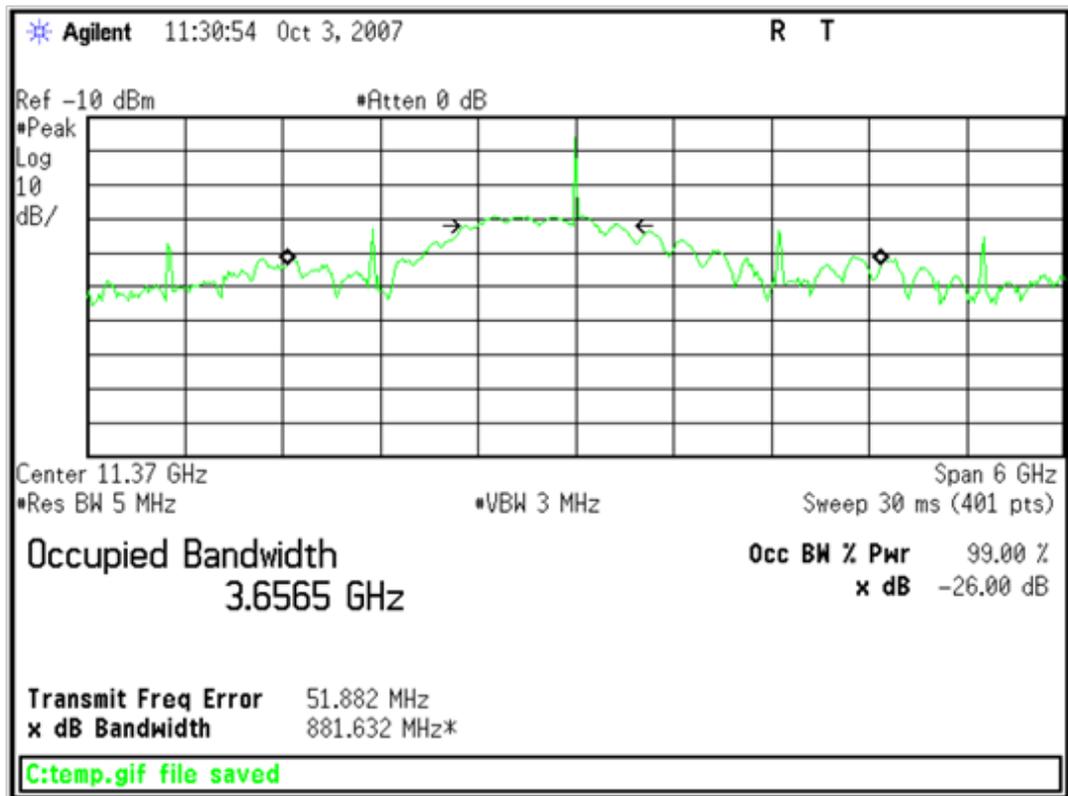
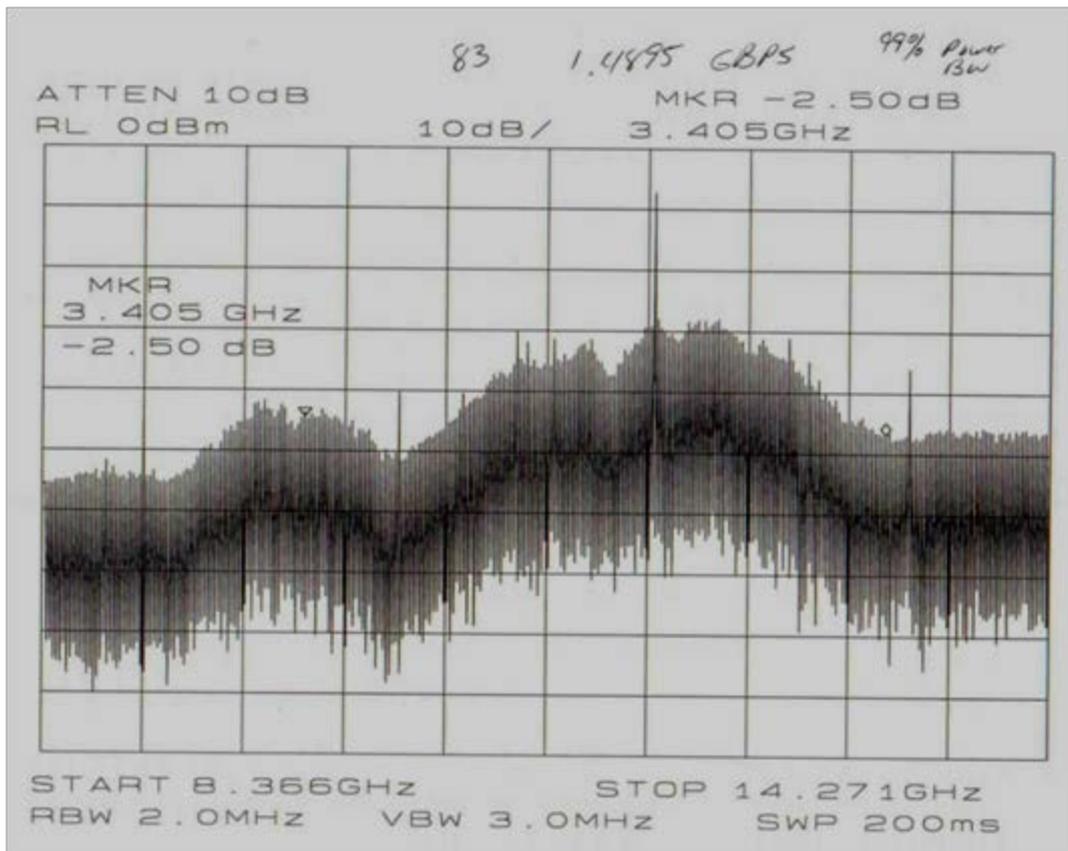


図 2-4 80GHz 帯を使用する振幅変調のスペクトルの例
 (LOEA 社資料より:1.4896Gbps の入力信号により、OOK 変調を行ったもの。80GHz 帯
 を 10GHz 帯に変換して計測。上段と下段とでは参照帯域幅等の測定要件が異なる。)

2-2-4 周波数の許容偏差とスペクトルマスク

すでに制度化されている広帯域システムにおいては、周波数の指定に当たって指定周波数帯として許容偏差は規定しないこととしている。一方、複数のチャンネルを配置可能なチャンネル幅 2.25GHz 以下の狭帯域システムにおいては、周波数偏差及びそのスペクトル分布が隣接チャンネルへの漏えい干渉量に関係するため、少なくとも周波数の許容偏差と占有周波数帯幅の許容値またはスペクトルマスクを規定しなければならない。ETSI 技術標準では、BPSK 等の 2 値変調方式を使用する場合のスペクトルマスクと QPSK 等の 4 値以上の変調方式を使用する場合のスペクトルマスクの 2 種類が規定されている。我が国への導入が期待される狭帯域システムにはギガビットクラスの伝送能力が期待されており、4 値以上の高次変調方式の適用が想定されることから、ETSI 技術標準で規定されるスペクトルマスクのうち、4 値以上の変調方式を使用する場合のスペクトルマスクを参考として検討を行うことが適当である。

2-2-4-1 周波数の許容偏差

狭帯域システムの運用に際して、隣接するチャンネルの保護等を担保するため、狭帯域システムの周波数許容偏差として、ETSI EN 302 217-03 V2.2.0 標準 Annex UC 2.5 Radio frequency tolerance には、「 $\pm 150\text{ppm}$ 以内、または $\pm 0.02 \times$ 占有周波数帯幅の内どちらか緩やかな方」の標準が書かれている。これを国内に適用する場合

- ・チャンネル帯幅 500MHz 以下： $\pm 150\text{ppm}$ 以内
- ・チャンネル帯幅 500MHz 超： $\pm 0.02 \times$ チャンネル帯幅

とするのが適当である。

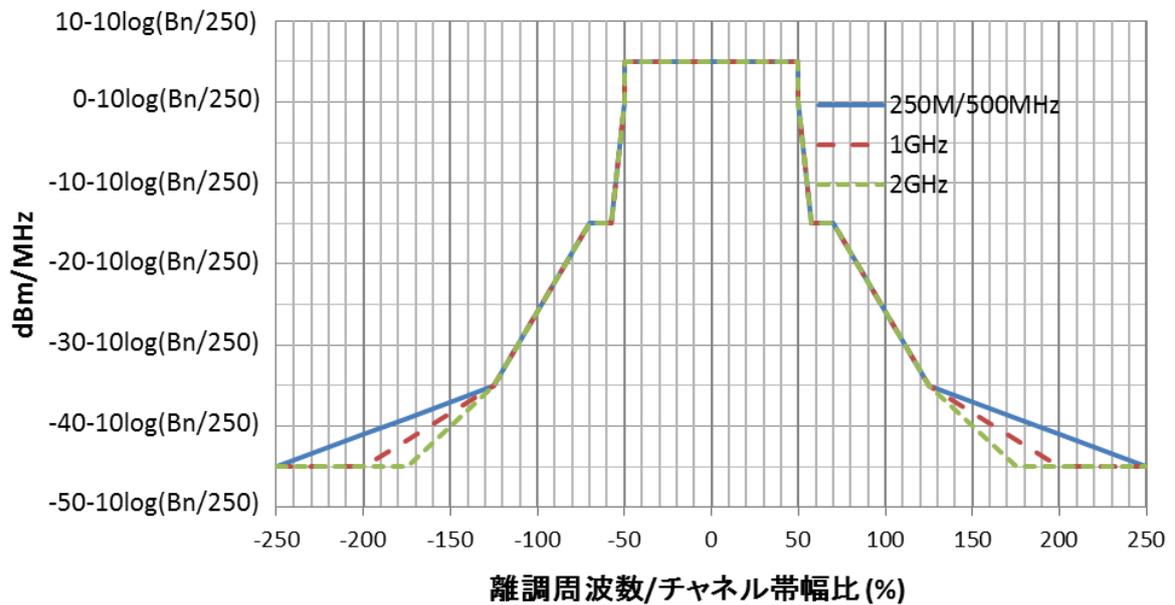
なお、無変調連続波以外の 80GHz 帯における周波数測定は困難であるから、狭帯域システムは測定のため無変調連続波出力機能および空中線端子等の測定端子を設けていることが望ましい。

2-2-4-2 スペクトルマスク

狭帯域システムの運用に際して、隣接するチャンネルの保護等を担保するため、狭帯域システムのスペクトルマスクとして、ETSI EN 302 217-03 V2.2.0 標準 Annex UC 2.3 RF spectrum mask (Output power density masks)にある Figure UC.3 の Class2 and above Systems として規定されるスペクトルマスクを修正したスペクトルマスクを適用するのが適当である。修正が必要な理由は以下に示すとおりであり、そのスペクトルマスクを図 2-5 及び電力密度を表 2-6 に示す。

- 1) ETSI 技術標準のスペクトルマスクの規定では、チャンネル帯幅が倍になると許容される総空中線電力が倍になる規定となっている。これは、例えば 1/2 のチャンネル幅の装置を隣接させアグリゲートして使用する場合には、1 のチャンネルとして扱うことに対応したものである。しかし、我が国の規則の制度化においては、この場合は 2 つの独立した免許対象ユニットで構成されることとなる。このため、それぞれのチャンネル帯幅に対応するマスクを適用すべきである。

- 2) 隣接するシステムを保護する観点から、チャンネル帯幅（必要帯域幅 B_n (MHz) と等価）で正規化したマスクを適用するのが適当である。



B_n : チャンネル帯幅 (MHz)

図 2-5 狭帯域システムスペクトルマスク案

表 2-6 狭帯域システムスペクトルマスク電力密度表

離調周波数/チャンネル帯幅比 (%)	電力密度 (dBm/MHz)
0	$5-10\log(B_n/250)$
± 50	$5-10\log(B_n/250)$
± 50	$-10\log(B_n/250)$
± 57.5	$-15-10\log(B_n/250)$
± 70	$-15-10\log(B_n/250)$
± 125	$-35-10\log(B_n/250)$
$B_n < 500\text{MHz}$ のとき : ± 250	$-45-10\log(B_n/250)$
$B_n \geq 500\text{MHz}$ のとき : $\pm(1.5+500/B_n) \times 100$	

2-2-5 不要発射の強度の許容値

不要発射及び受信機が副次的に発射する電波等については、一定の技術により適切に抑制できることから、他のシステムの例に準じて規定することが望ましいが、一般的な運用形態やそれに適合した機器の製造におけるコスト等を考慮すべきであり、さらに、本周波数帯が極めて高い周波数帯であり、感度が十分に高い（測定雑音が十分

に小さい) 測定機器の入手や較正が困難であること等から、広帯域システムにおける不要発射強度の許容値を次のとおりとしたところである。

- ・ スプリアス領域における不要発射の強度 50 μ W/MHz 以下 (尖頭電力)
- ・ 帯域外領域における不要発射の強度 100 μ W/MHz 以下 (尖頭電力)

狭帯域システムにおいては、隣接チャネルと共存させるためにスペクトルマスクを設定したところであり、分配帯域内である 71~76GHz、81~86GHz においては 2-2-4 項のスペクトルマスク案を適用するのが適当である。一方分配帯域外においては、グローバルに流通する機器を制度化の対象としているところでもあり、ETSI EN 302 217-03 V2.2.0 標準 Annex UC 2.3.2 Emissions outside the 71 GHz to 76 GHz and 81 GHz to 86 GHz の国際標準に沿った制度の導入を検討した。路側に設置される狭帯域システムから 76~81GHz 帯を使用する車載レーダへの干渉検討を行った結果、帯域外不要発射の強度に制限が必要であることから、本帯域においては ETSI EN 302 217-03 V2.2.0 標準を適用し、以下のとおりとする。

・ 空中線端子における、76GHz を超えて 81GHz 未満における不要発射の強度の許容値 : -25dBm/MHz 以下 (実効電力)

なお、すでに制度化されている広帯域システムを路側に設置してモバイルバックホール回線等に適用する場合、狭帯域システムと同様に、車載レーダへの干渉を回避するレベルまで不要発射強度を抑えることが必要となる。このため、上記の不要発射強度の許容値については広帯域システムにも適用することが適当である。ただし、本許容値の適用に際しては、国内外における広帯域システムの無線設備の開発状況等を踏まえて、適用の開始時期を決定することが望ましい。

また、狭帯域システムの 71GHz 未満及び 86GHz 超における不要発射強度の許容値については、広帯域システムの同帯域における許容値と同じ値を適用することとする。ただし、80GHz 帯高速無線伝送システムのように占有周波帯幅が広く送信電力が小さな無線システムでは送信電力密度が低くなり、不要発射の強度もかなり抑制されている。このため、電波利用の適切な規律を行う観点からは、不要発射強度の許容値について、無線設備の製造技術等を踏まえた見直しを行うことが望ましい。

受信機が副次的に発射する電波等については、下記により送信における不要発射と同等の水準として定めることとする。

- 1) 本システムで想定される装置として、送受信一体構成で送信は常時行われる製品が主となると考えられることから、送受の不要発射・副次発射を個別に定める必要性は大きくないと考えられ、また、周波数が極めて高く、現段階では感度の十分に高い測定機器の入手が困難なために、受信機の構成から一般的に想定される水準の副次的発射の計測も困難である。
- 2) 一方、目的とする周波数が高いために近傍の周波数及びより高い周波数の輻射による他の無線局への影響の可能性は十分に低く、かつ、無線機器内のフィルタ類・導波管等の構成を考慮するとより低い周波数成分において他に影響を与える水準

の強い発射が生じる可能性は低いと考えられることから、受信機による副次発射は送信における不要発射と同じ値とするとともに、送受を分離せずに計測することも考慮した簡略化された測定方法を認めることが望ましい。

2-2-6 隣接チャネル漏えい電力比

広帯域システムでは指定周波数帯により指定することから、特定のチャネル配置を前提とした隣接チャネル漏えい電力の規定は不要である。一方、複数の狭帯域システムを連続するチャネルで運用する場合、各システムは隣接チャネルからの漏えい電力に対して所要の C/I を確保する必要がある。しかし、システムが使用する変調方式によって回線設計における所要 C/I は異なるため、隣接チャネルへの漏えい電力として一律の規定値を定めた場合、変調方式によっては必要以上に厳しい規律となってしまう。隣接チャネルを保護する観点では、隣接チャネルと異なる偏波を使用することによって、干渉影響を 25dB 程度低減させることが可能である。

そのため、隣接チャネルの保護と使用する変調方式の自由度を両立させるため、隣接チャネル漏えい電力比 (ACLR) に関する規定値を定めるとともに、ACLR 規定値では所要 C/I を満足できない場合には異なる偏波を使用することによって干渉低減を図ることが適当と考えられる。なお、狭帯域システムの片側のチャネル帯域外への漏えい電力量は送信電力量の 0.5% 以下であるから、計算上の ACLR の値は 23dB 確保されるため、ACLR は -23dB 以下とすることが適当である。

第3章 他システム等との共用検討

3-1 狭帯域システム間及び狭帯域システムと広帯域システム間の共用検討

本システムを用いた電波（周波数）の利用に当たり、最初に狭帯域システム間及び狭帯域システムと広帯域システム間の周波数共用（干渉）の検討を行う。

本検討における干渉発生モデルを図3-1に示す。

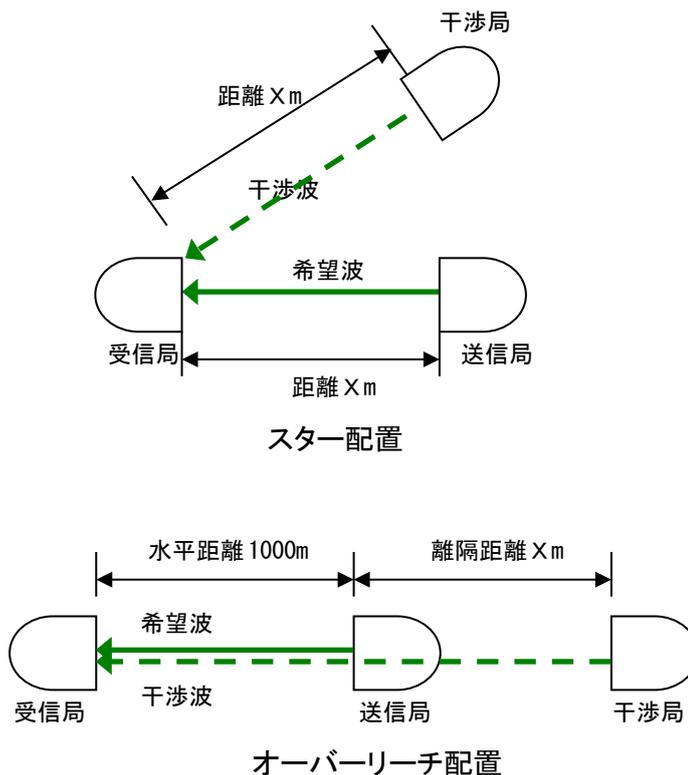


図3-1 狭帯域システム間及び狭帯域システムと広帯域システム間の干渉検討のモデル

図3-1のスタ配置においては、希望する信号に対して同一の距離で他の方向から干渉波が入射されるものであり、オーバーリーチ配置においては、同一の方向から干渉波が入射されるものである。また、本干渉検討で用いた狭帯域システムパラメータを表3-1に示す。

これらのモデルにおいて、変調方式として最も多値である256QAMにおけるC/I配分値35dBの場合を検討した。また、計算に使用した空中線指向特性は図3-2で示した実力値のとおりである。

表 3-1 狭帯域システムパラメータ

	項目	値	備考	
送信パラメータ	送信電力（平均電力）	30.0 dBm	1W	
	占有周波数帯幅	250MHz/500MHz/1GHz/2GHz		
	送信アンテナ利得	44dBi	広帯域システムと同一の空中線	
	共用器損失	0dB		
	ACLR	23dB		
受信パラメータ	受信アンテナ利得	送信アンテナと同一		
	共用器損失	0 dB		
	BER = 10^{-6} 点が 1 dB 劣化する C/I 配分値	256QAM	35dB	BER 1×10^{-6}
		16QAM	22dB	BER 1×10^{-6}
	QPSK	16dB	BER 1×10^{-6}	

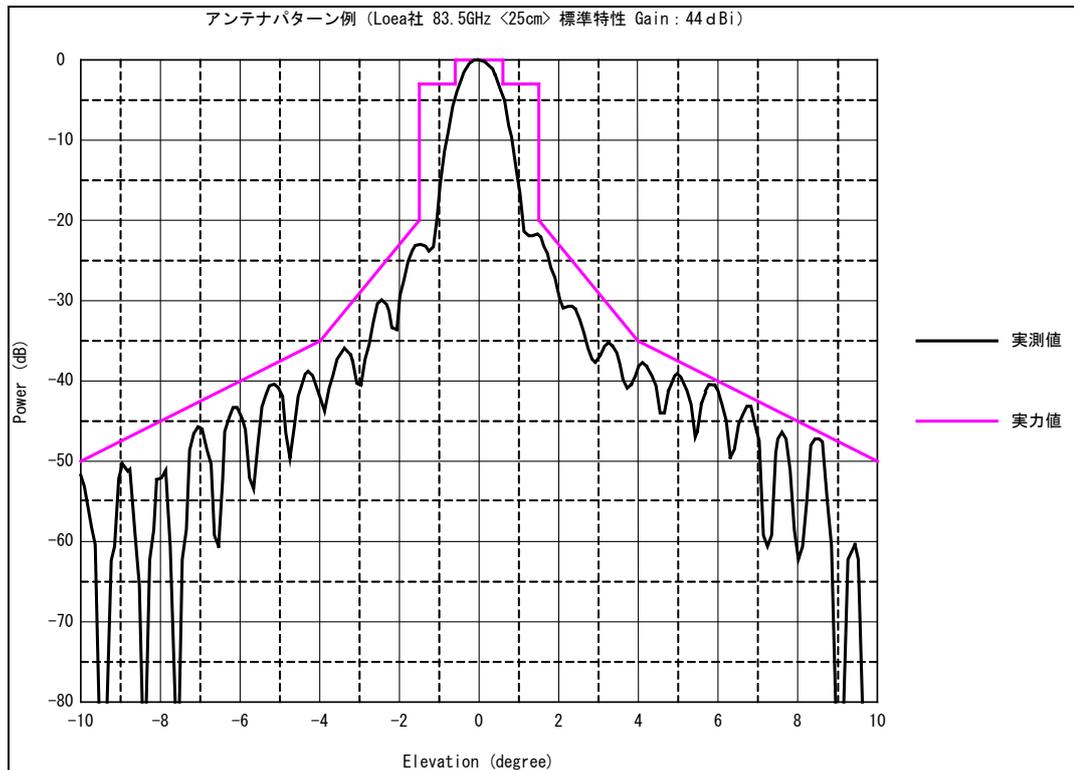


図 3-2 空中線指向特性（口径約 25cm）の例（利得最大点の定格約 44dBi）

3-1-1 同一ノより広いチャネル帯幅の狭帯域システムへの干渉

与干渉となる狭帯域システムの全ての電力が、干渉電力となる場合である。干渉計算の結果を表 3-2 に示す。

表 3-2 同一ノより広いチャネル帯幅の狭帯域システムへの干渉検討結果
(所要 C/I 35dB とした場合)

区 分	スター配置型	オーバーリーチ配置型
受信帯域内電力比(帯域比)	0dB	0dB
空中線の指向性による減衰	35dB (4° 以上)	0dB (同一方向)
自由空間伝搬損失(追加分)	0dB (1km 同一距離)	28.6dB (130.8dB (1km) → 159.4dB (26.8km))
水蒸気損失(追加分) (0.25dB/1km)	0dB (1km 同一距離)	6.5dB (0.25dB (1km) → 6.7dB (26.8km))
合 計	35dB	35dB

平成 23 年に検討を行った広帯域システム相互間の干渉検討結果と比べ、狭帯域システムの所要 C/I を広帯域システムの所要 C/I である 23dB (QPSK) から 35dB (256QAM) へと見直した。この結果、スター配置の場合における広帯域システム相互間の最小分岐角は 3 度以上であったが、狭帯域システムでは 4 度以上となった。また、オーバーリーチ配置の場合における広帯域システム相互間の離隔距離は 10.7km であったが、狭帯域システムでは約 27km 以上となった。

以上より、スター配置の場合には 4 度以上の分岐角を確保する、オーバーリーチ配置の場合には 27km 以上の離隔距離を確保することによって、同一周波数での運用が可能である。

3-1-2 より狭いチャネル帯幅の狭帯域システムへの干渉

与干渉となる狭帯域システムの一部の電力が干渉電力となる場合で、3-3-1よりは緩やかな干渉条件である。干渉計算の結果を表 3-3 に示す。

表 3-3 より狭いチャネル帯幅の狭帯域システムへの干渉検討結果
(所要 C/I 35dB とした場合)

区分	スター配置型	オーバーリーチ配置型
受信帯域内電力比(帯域比 1/2)	3dB	3dB
空中線の指向性による減衰	32dB (4° 以上)	0dB (同一方向)
自由空間伝搬損失(追加分)	0dB (1km 同一距離)	26.8dB (130.8dB (1km) → 157.6dB (21.9km))
水蒸気損失(追加分) (0.25dB/1km)	0dB (1km 同一距離)	5.3dB (0.25dB (1km) → 5.5dB (21.9km))
合計	35dB	35dB

スター配置の場合においては、広帯域システム相互間の最小分岐角は3度以上であったものが狭帯域システムでは4度以上に、オーバーリーチ配置の場合においては離隔距離を広帯域システム相互間の10.7kmであったものが狭帯域システムでは約22km以上になった。また、3-1-1における検討結果と比較すると、スター配置の場合におけるシステム間の最小分岐角は同じであるが、オーバーリーチ配置の場合における離角距離は約5km短縮されている。

3-1-3 狭帯域システムとは所要 C/I が異なる広帯域システムからの干渉

広帯域システムから狭帯域システムへの干渉のうち、直交振幅変調等で平坦なスペクトルを有する広帯域システムからの与干渉に係る検討結果を表3-4に、OOK やASK など中心周波数近傍の電力密度が高い広帯域システムからの与干渉に係る検討結果を表3-5に示す。なお、中心周波数に電力集中がある広帯域システムからの場合、干渉波電力は、干渉波を被干渉受信帯域で切り取ったときの電力が最も高い値となるものを用いることとした。この様子を図3-3に示す。このときの中心の残留キャリア±250MHz帯幅における干渉電力は、全電力を+30dBmに換算した場合約24dBmになった。

表 3-4 平坦なスペクトルの広帯域システムから狭帯域システムへの干渉検討結果
(所要 C/I 35dB とした場合)

区 分	スター配置型	オーバーリーチ配置型
受信帯域内電力比(帯域比)	13dB (10Log(5GHz/250MHz))	13dB
空中線の指向性による減衰	22dB (3° 以上)	0dB (同一方向)
自由空間伝搬損失(追加分)	0dB (1km 同一距離)	19.8dB (130.8dB (1km) → 150.7dB (9.8km))
水蒸気損失(追加分) (0.25dB/1km)	0dB (1km 同一距離)	2.2dB (0.25dB (1km) → 2.5dB (9.8km))
合 計	35dB	35dB

表 3-5 中心周波数に電力集中がある広帯域システムから狭帯域システムへの干渉検討結果(所要 C/I 35dB とした場合)

区 分	スター配置型	オーバーリーチ配置型
受信帯域内送信干渉電力	24dBm	24dBm
受信帯域内等価電力比	6.0dB (=30dBm-24dBm)	6.0dB
空中線の指向性による減衰	29dB (3° 以上)	0dB (同一方向)
自由空間伝搬損失(追加分)	0dB (1km 同一距離)	24.9dB (130.8dB (1km) → 155.7dB (17.5km))
水蒸気損失(追加分) (0.25dB/1km)	0dB (1km 同一距離)	4.1dB (0.25dB (1km) → 4.4dB (17.5km))
合 計	35dB	35dB

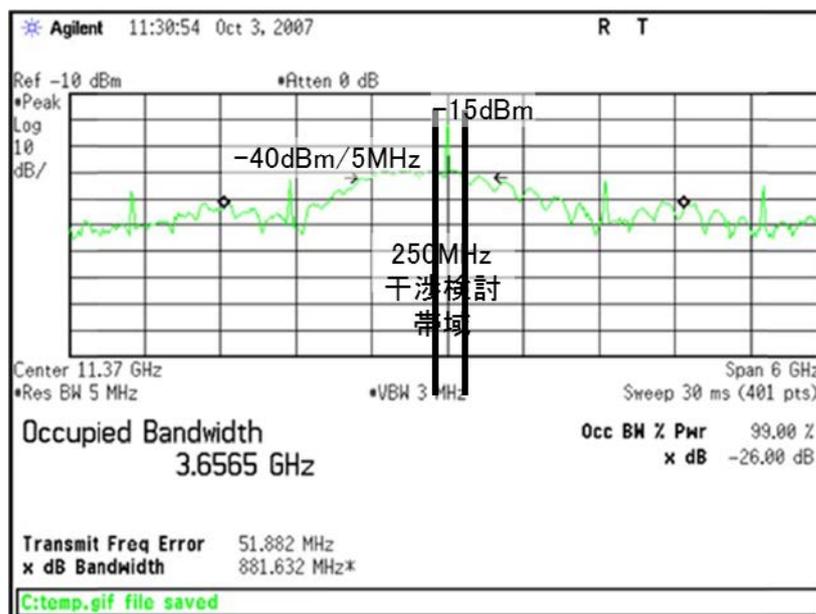


図 3-3 広帯域システムの干渉電力の切り出し

平坦なスペクトルをもつ広帯域システムからの干渉では、受信帯域の減少分に比例して干渉電力が減少するため、所要分岐角は、広帯域システム間同士におけるものと同じ最小分岐角である 3 度以上に改善し離隔距離も約 10km となっている。

中心周波数近傍に電力集中がある広帯域システムからの干渉では、所要分岐角は最小分岐角 3 度以上となり離隔距離は 18km となった。

第 1 章に示したように、全国で数千台程度の台数が運用される状態を想定した場合、その運用密度は過密なものにならないと考えられる。また、80GHz 帯高速無線伝送システムの共用に求められる最小分岐角や離隔距離を考慮すると、80GHz 帯高速無線伝送システム間における干渉を回避することは可能である。このため、設置場所ごとに他の無線局との干渉検討を行って免許する等の特段の制度的な干渉回避策を講じる必要性は乏しいことから、一定の運用の自由度を確保するため、狭帯域システムについては広帯域システムと同様の免許等の制度を適用することが有効であると考えられる。

3-1-4 隣接チャネルとの共用検討

複数の狭帯域システムを連続するチャネルで運用する場合、各システムは隣接チャネルからの漏えい電力に対して所要の C/I を確保する必要がある。しかし、システムが使用する変調方式によって回線設計における所要 C/I は異なるため、隣接チャネルへの漏えい電力として一律の規定値を定めた場合、変調方式によっては必要以上に厳しい規律となってしまう。一方、隣接チャネルを保護する観点では、隣接チャネルと異なる偏波を使用することによって、干渉影響を 25dB 程度低減させることが可能である。

以上より、隣接チャネルの保護と使用する変調方式の自由度を両立させるため、隣接チャネル漏えい電力比 (ACLR) に関する規定値を定めるとともに、ACLR 規定値では所要 C/I

を満足できない場合には異なる偏波を使用することによって干渉低減を図ることが適当と考えられる。なお、狭帯域システムの片側のチャンネル帯域外への漏えい電力量は送信電力量の 0.5%以下であるから、計算上の ACLR の値は 23dB 確保されるため、ACLR は-23dB 以下とすることが適当である。

3-2 電波天文業務との共用検討

狭帯域システムの予定する周波数のうち、81GHz から 86GHz までの周波数については表 2-3 のとおり、電波天文業務と周波数を共用しているところである。

現在、当該周波数帯に関して電波法に基づく指定を受けた電波天文業務の受信局は表 3-6 のとおりである。今後、極端に増える可能性は低いと考えられるものの、本システムの運用においては、当該施設が増加、あるいは指定帯域が拡大する可能性があることを考慮する必要がある。

表 3-6 80GHz 帯において法に基づく指定を受けた電波天文業務の受信局

設置機関	受信局名(通称)	都道府県	80GHz 帯近傍の 公示周波数 (GHz)	備考
国立天文台	野辺山	長野県	86-92	隣接帯
国立天文台	水沢	岩手県	85.5-92	
国立天文台	鹿児島	鹿児島県	86-92	隣接帯
国立天文台	入来	鹿児島県	85.5-92	
国立天文台	小笠原	東京都	85.5-92	
国立天文台	石垣島	沖縄県	85.5-92	

【平成 26 年 1 月末現在】

3-2-1 干渉モデル

電波天文に対する保護の基準としては、勧告 ITU-R RA. 769 が規定されている。同勧告のうち、表 (TABLE1) において、例えば 80GHz 帯の有害干渉の閾値として規定された電力束密度は $-228\text{dBW}/(\text{m}^2 \cdot \text{Hz})$ である。参照帯域幅等の換算を行うと $-197.4\text{dBm}/\text{MHz}$ となり、この値を超えなければ電波天文業務における受信に影響がないとみなされる値である。しかし、これを超える場合においても、電波天文受信施設の実際の運用状況によっては、十分な時間的余裕をもった調整を通じ、電波天文受信施設の業務に影響を与えずに狭帯域システムの運用が可能となる場合があり得ると考えられる。

狭帯域システムとの共用の検討においては、本システムの運用者が調整の要否を容易に判断できる比較的単純な基準(指針)を示すことを目的とし、図 3-4 に示す一般的な運用関係のモデルを用いて調整が必要となる基準を検討することとする。

- ① 電波天文の受信施設が見通し範囲にある場合
- ② 電波天文の受信施設が見通し範囲外にある（中間に遮蔽物がある）場合で、一定の高さ 100m 相当のリッジ遮蔽がある場合

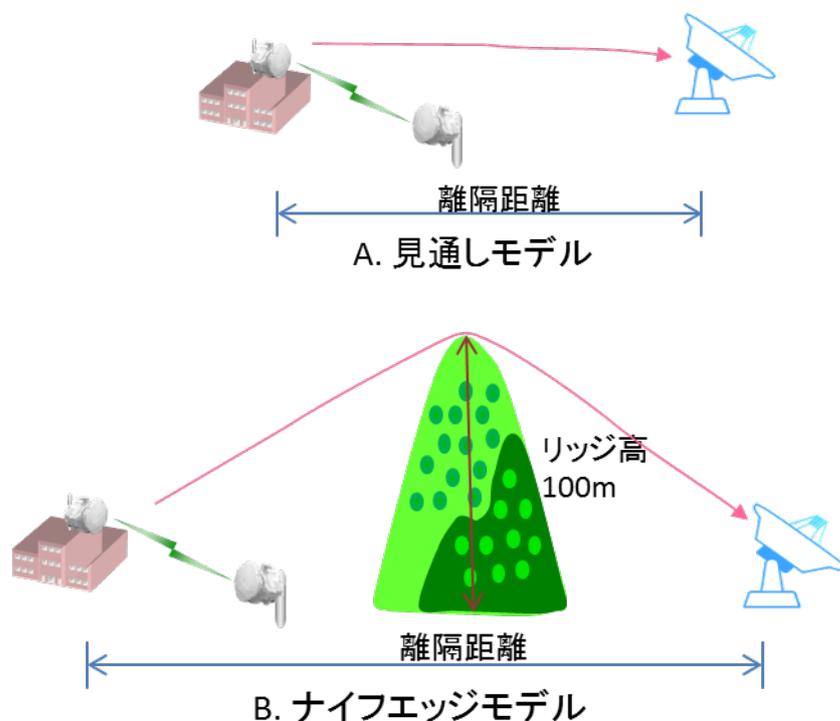


図 3-4 電波天文との共用検討モデル

いずれの場所においても、考え得る中でもっとも高い空中線利得をもちつつ、主ビームが受信施設方向に正対する可能性が低い（指向性による減衰特性が図 3-2 相当で 10° 程度方位離隔がある）ことを前提とし、かつ、水蒸気吸収について受信施設が立地する場合が多い高地の晴天時相当の吸収量が存在するものとして検討する。

3-2-2 検討結果

共用検討の結果を表 3-7 及び表 3-8 に表す。

遮蔽物がない（見通し状態にある）場合における最小離隔距離は約 249km となっており、遮蔽物が存在する場合の最小離隔距離は約 41km となっている。すなわち、これらの最小離隔距離内において狭帯域システムを運用した場合に電波天文受信施設の運用に影響を与え得る。

これらは、あくまでも一定のモデルによる結果であるが、広帯域システムの場合と同様、調整の要否についての目安としては現実的なものである。狭帯域システムの運用者が電波天文受信施設の保護を前提として調整を行う手掛かりとするためには、一定の単純な条件を設けることが必要である。具体的事項として以下の場合においては、狭帯域システムの

運用条件（設置場所、運用時間、指向方向等）や電波天文受信施設の運用条件を踏まえて当該受信施設の運用者と狭帯域システムの運用者との間で調整することとすることが望ましい。

- ① 電波天文受信施設からの見通し範囲において狭帯域システムの無線局を運用する場合。
- ② 狭帯域システムの無線局が電波天文受信施設から見通し範囲にないがその離隔距離が 50km 未満となる場合。

表 3-7 見通し関係にある場合の調整距離

	項目	規格	備考
送信パラメータ	① 送信電力	30.0 dBm	1W
	② 占有周波数帯幅	250.0 MHz	
	③ 送信アンテナ利得	55 dBi	直径約 1.2m
	④ 指向性減衰	-50.0 dB	報告書図 3-2 で±10°
	⑤ 帯域内輻射電力	35 dBm	①+③+④
	⑥ 帯域内輻射電力密度	11 dBm/MHz	⑤-10log(②)
受信パラメータ	⑦ 干渉方向アンテナ利得	0.0 dBi	Rec. ITU-R SA. 509
	⑧ 電力スペクトルフラックス密度	-228.0 dBW/(m ² ・Hz)	Rec. ITU-R RA. 769
	⑨ 干渉閾値換算値	-197.4 dBm/MHz	Rec. ITU-R RA. 769 Sensitivity -10dB
所要減衰量	⑩所要減衰量	208.4 dB	⑥-⑨
伝搬損失	⑪ 自由空間伝搬損失	178.8 dB	249km (85.5 GHz)
	⑫ 水蒸気圧・水蒸気密度	3.9 mmHg ・ 2.9 g/m ³	
	⑬ 水蒸気分子による吸収	0.119 dB/km	
	⑭ 大気減衰	29.6 dB	
	⑮ ナイフエッジ回折損	0.0 dB	
	⑯ 伝搬損失の合計	208.4 dB	

表 3-8 100m 相当の遮蔽がある場合の調整距離

	項目	規格	備考
送信パラメータ	表 3-7 参照		
受信パラメータ	表 3-7 参照		
所要減衰量	⑩所要減衰量	208.4 dB	表 3-7 参照
伝搬損失	⑪ 自由空間伝搬損失	163.2 dB	40.3km (85.5GHz)
	⑫ 水蒸気圧・水蒸気密度	3.9 mmHg・2.9 g/m ³	
	⑬ 水蒸気分子による吸収	0.119 dB/km	
	⑭ 大気減衰	4.8 dB	
	⑮ ナイエッツ回折損	40.4 dB	Rec. ITU-R P.526-12 式 (31) $\nu = 23.786$
	⑯ 伝搬損失の合計	208.4 dB	

3-3 近傍周波数の他システムとの共用条件

近傍の周波数（76GHz～81GHz）においては、76～77GHz の帯域に車載で前方監視用長距離レーダとして利用されている 76GHz 帯ミリ波レーダが商用化され、77～81GHz の帯域に分解能を高めた 79GHz 帯高分解能レーダが制度化されたところである。狭帯域システムにおいては、76GHz 及び 81GHz 境界に近い伝送チャンネルが存在すること、モバイルバックホール回線などで路側に設置される可能性が出てきたことから、改めてこれら車載レーダとの技術共存検討を行う必要性が出てきた。以下にこれら車載レーダとの共存検討を述べることとする。

なお、80GHz 帯高速無線伝送システムと車載レーダ間干渉計算法については、参考資料 1 のとおりである。

3-3-1 干渉モデル

80GHz 帯高速無線伝送システムと車載レーダの共存検討手法については、ITU において検討が開始された段階であり、今般の検討時において確立した干渉モデルは存在していない。このため、干渉モデルの検討に先立ち、車載レーダを有する車両が様々な角度で 80GHz 帯高速無線伝送システムの空中線に向かってくる場合を想定し、両システム間の距離や角度の変化による車載レーダから 80GHz 帯高速無線伝送システムへの干渉量の変化について試算を行った。試算は、76GHz 帯レーダと狭帯域システムで行い、表 3-10 に示す Radar A 及び表 3-11 に示すパラメータを使用して行った。試算結果を図 3-6 に示す。

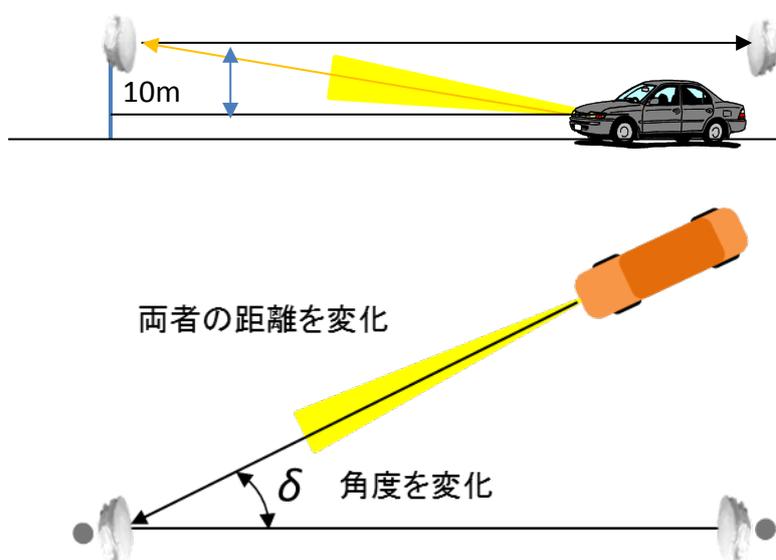


図 3-5 車載レーダから狭帯域システムへの干渉量の試算モデル

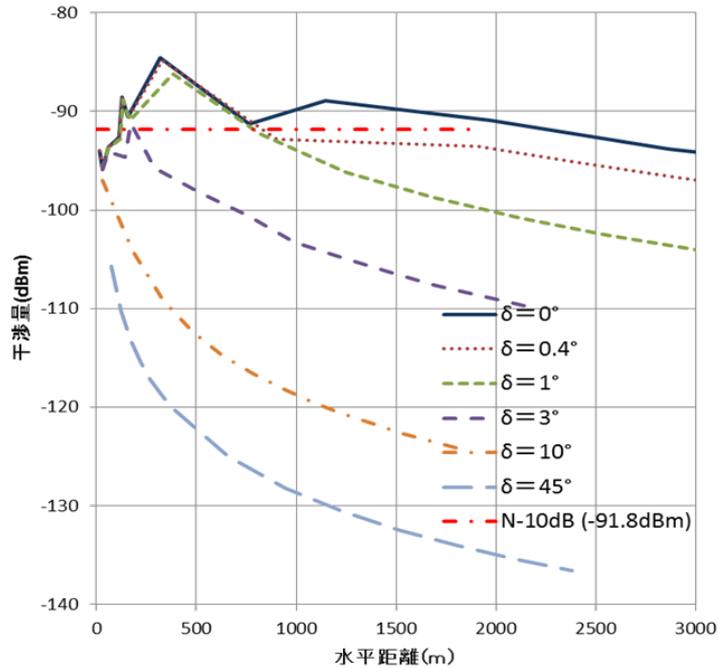


図 3-6 距離や角度の変化による車載レーダから狭帯域システムへの干渉量の変化

試算の結果、両システムの角度が0度の時に干渉量が最大となること、同一距離の場合には両システムの角度が増加すると干渉量は減少することが明らかとなった。

上記の試算結果を踏まえ、また、平成 25 年（2013 年）11 月 ITU-R WP5C 会合の議長報告 Annex7 to 5C/235-E に記載されている干渉モデルを参考として、図 3-7 に示す干渉モデルにより狭帯域システムと車載レーダの共用検討を行った。

本モデルは、スモールセル基地局を結ぶモバイルバックホール回線が都市内街路と平行して設置されるものであり、我が国の一般的な道路事情を踏まえ、片側 2 車線程度の車道の比較的近傍に狭帯域システムが対向して設置される場合とした。なお、検討に際しては、車載レーダを搭載する車両が複数存在した場合であっても、前方に位置する車両が狭帯域システムへの干渉波をブロックすることが想定されることから、先頭車両との単一干渉で評価した。また、直進性が高い周波数帯であることを踏まえ、どちらの空中線も水平に設置されているものとした。計算で用いる周波数、位置関係を表 3-9 に示す。

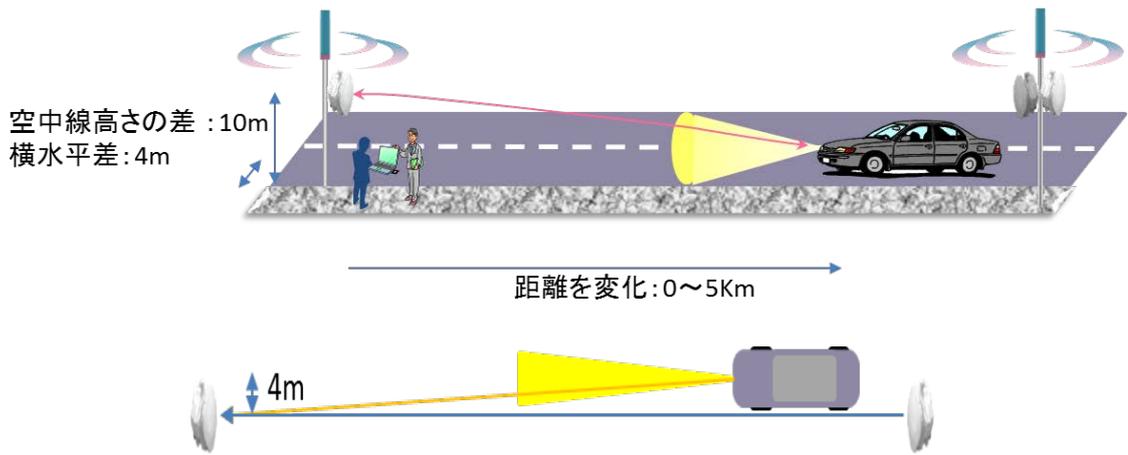


図 3-7 レーダとの共用検討モデル

表 3-9 周波数・位置関係

周波数 (GHz)	76, 81	低群との干渉検討 76GHz、 高群との干渉検討 81GHz
空中線高さオフセット (m)	10	
水平横オフセット (m)	4	

3-3-1-1 検討対象レーダと空中線特性

表 3-10 に ITU-R Rev1 to Doc5/73-E Draft new Rec ITU-R M. [AUT0] の Table1 から抜粋したレーダパラメータを示す。

76GHz 帯レーダのパラメータとしてはグローバル規格である Radar A のパラメータを用いる。このレーダ空中線利得は代表値である 30dBi を用いる。79GHz 帯レーダとしては、グローバルに流通し ETSI 技術標準に準拠する Radar B, C, E を対象とし、その干渉計算においては、受信空中線利得が高い Radar B の値を用いた。また、レーダ空中線の任意角方向の指向特性値は、ITU-R F. 1336-03 で近似する。狭帯域システムの空中線パターンは、市場に流通している空中線のエンベロープパターンを用いることとした。空中線パターンについては、Radar A 及び、Radar B, C, E 送信空中線を図 3-8 に、狭帯域システムの 30cm 空中線パターン及び、60cm 空中線パターンを図 3-9 にそれぞれ示す。

表 3-10 レーダパラメータ

	Radar A	Radar B	Radar C	Radar E	Radar D
レーダ周波数帯域 (GHz)	76-77	77-81	77-81	77-81	77-81
最大送信電力 (dBm)	10	10	10	10	10
レーダ空中線利得 (dBi)	30 (Typical) 45 (Max)	送信 23 受信 16	送信 23 受信 13	送信 23 受信 13	35 (Max)
水平スキャン角 (度)	30	送信 45 受信 50	送信 46 受信 60	100	60
垂直半値角 (度)	6	11	11	11	11
最大不要輻射電力 (dBm/MHz)	73.5-76GHz 及び 77-79.5GHz 0 ^(※1) 上記以外の帯域外 -30 ^(※1)	-30 ^(※1)	-30 ^(※1)	-30 ^(※1)	-13 ^(※2)
受信感度 (dBm)	-115	-120	-120	-120	-120
受信機雑音指数 (dB)	15	12	12	12	12
等価雑音帯域 (KHz)	25	16	16	16	16

※1 e. r. p. 値¹¹

※2 空中線入力端子値

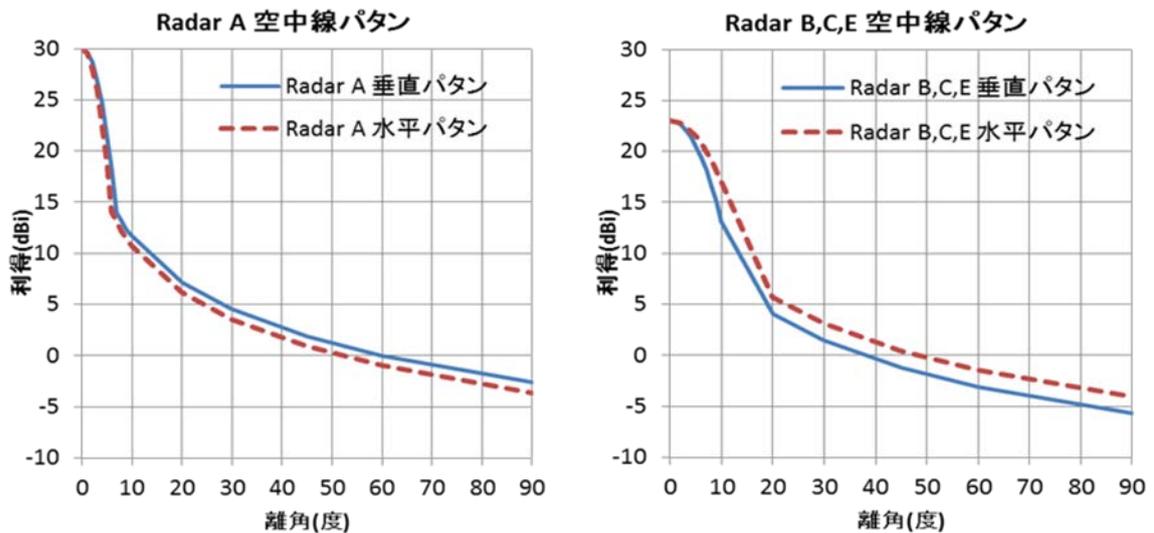


図 3-8 レーダ空中線パターン

¹¹ 76G Radar については、ETSI EN 301 091-1 V1. 3. 3 を参照。79G Radar については、ETSI EN 302 264-1 V1. 1. 1 を参照。

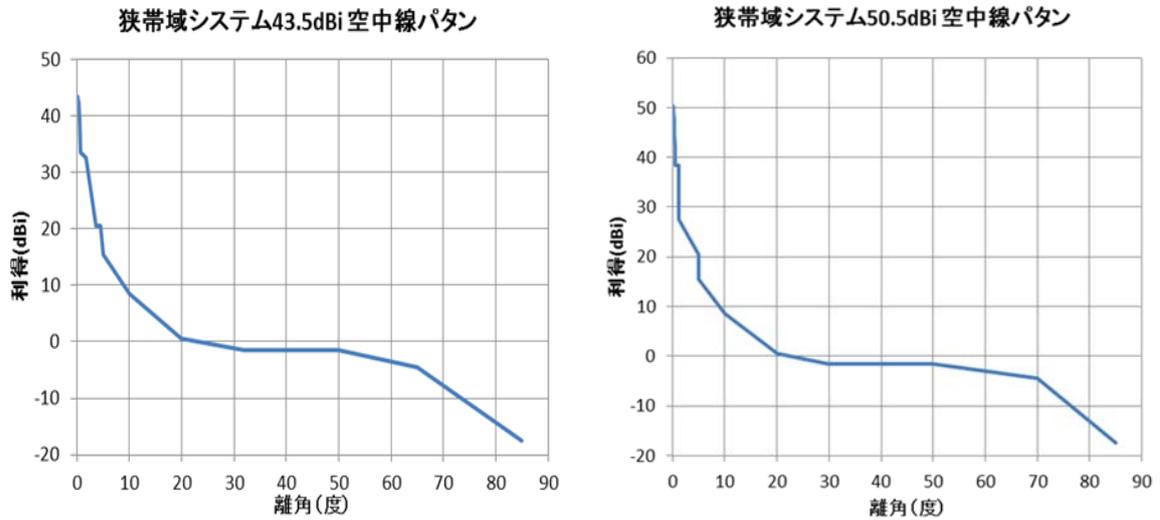


図 3-9 狭帯域システム空中線パターン

3-3-1-2 車載レーダから狭帯域システムへの干渉

狭帯域システムの被干渉パラメータを表 3-11 に示す。

表 3-11 狭帯域システム被干渉パラメータ

被干渉パラメータ	狭帯域システム	備考
受信帯域(MHz)	250	
雑音温度 (K)	300	
雑音指数 (dB)	8	
熱雑音電力 (dBm)	-81.8	KTBF
参照許容干渉電力 (dBm)	-91.8	ITU-R F.758-5 希望波受信入力を受信閾値にあるときの干渉波入力 KTBF-10dB (0.4dB 劣化)
設計伝搬信頼度 (%)	99.99	本州中南部では約 50mm/h の雨
空中線利得 (dBi)	43.5 及び 50.5	直径 30cm 及び 60cm。メーカー申告のエンベロープパターン

1 狭帯域システム帯域内への車載レーダ干渉電力について

① 76GHz 帯レーダの 73.5-76GHz における干渉電力値

e. r. p. 0dBm/MHz の空中線入力端子換算値-27.9dBm/MHz を用いて積分により干渉電力を求める場合、帯域幅が 31MHz 超となる場合に占有周波数帯幅規定による外片側の総電力量（送信出力 10dBm-23dB）=-13dBm を超えてしまうことから、e. r. p. 0dBm/MHz を用いた電力推計法による干渉電力値の計算は不適當である。e. r. p. 0dBm/MHz の規定は、輝線状のスペクトラルを想定した規定であると思われることから、今般の干渉電力量の計算では、帯域幅 250MHz 内に輝線スペクトラル総計で e. r. p. 0dBm の放射があり、併せて全帯域幅に e. r. p. -30dBm/MHz の干渉電力があるものと仮定して計算を行った。本計算による総干渉電力は-26.9dBm/250MHz となる。

② 79GHz 帯レーダの干渉電力値

e. r. p. -30dBm/MHz の空中線入力端子換算値-50.9dBm/MHz から積分により 250MHz 帯幅の干渉電力を求めることとする。本計算による総干渉電力を空中線入力端子値として-33.9dBm/250MHz とする。

レーダ空中線入力端子における干渉波電力を表 3-12 に示す。なお、レーダ干渉波が周波数軸上に一定の電力密度で分布するならば、熱雑音に対する比で評価する場合、チャンネル幅 250MHz で検討した結果を他のチャンネル幅にも適用することが可能である。

表 3-12 レーダ干渉波電力

	Radar A	Radar B, C, E	備考
狭帯域システム帯域内干渉波電力 (dBm)	-26.9	-33.9	帯域幅 250MHz

2 車載レーダから狭帯域システムへの干渉計算結果

30cm 空中線を使用した場合における干渉量計算結果を図 3-10 に、60cm 空中線を使用した場合における結果を図 3-11 に示す。どちらの場合も 73.5-76GHz における Radar A からの干渉が N-10dB である-91.8dBm を超えており、ピーク値は、30cm 空中線を使用した場合では水平距離 343m のところで干渉量-86.4dBm、60cm 空中線を使用した場合では水平距離 514m のところで-83.3dBm であった。なお、Radar B, C, E からの干渉はいかなる距離においても N-10dB を超えなかったため、30cm 空中線及び 60cm 空中線のいずれを使用した場合においても共存可能との結果が得られた。

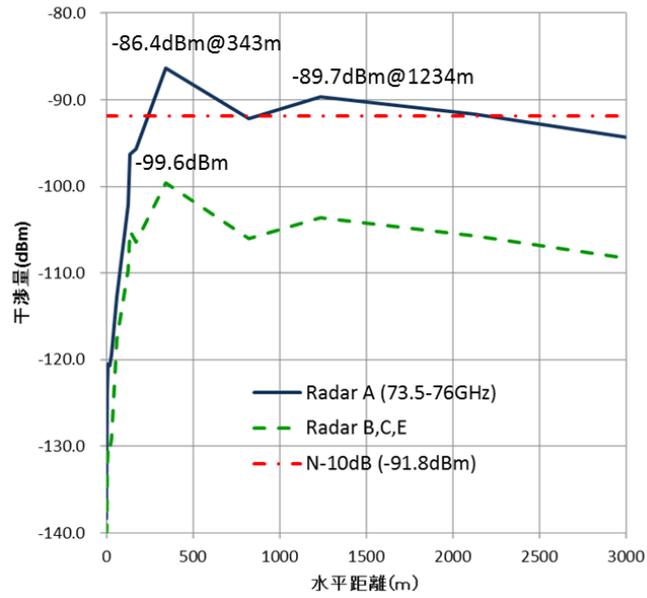


図 3-10 30cm 空中線の場合（アンテナ利得 43.5dBi）

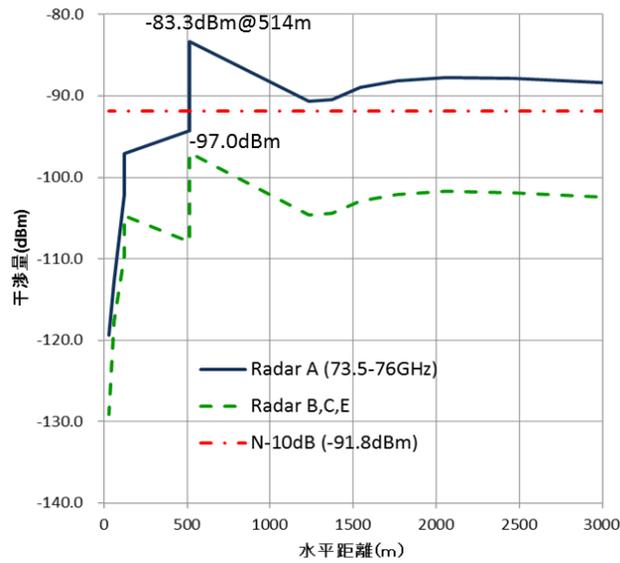


図 3-11 60cm 空中線の場合（アンテナ利得 50.5dBi）

なお、道路状況によっては、図 3-12 に示すとおり、車載レーダの空中線が狭帯域システムの空中線の方に指向する場合も想定されることから、本モデルについても検討を行った。図 3-12 に示すモデルの干渉計算結果を図 3-13 及び図 3-14 に示す。

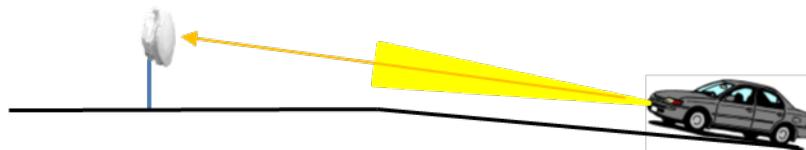


図 3-12 車載レーダ空中線が狭帯域システム空中線の方に指向するモデル

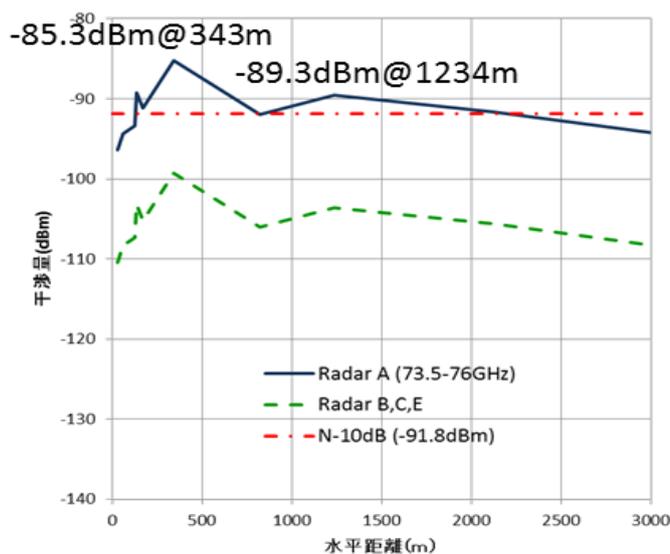


図 3-13 車載レーダ空中線が狭帯域システム空中線を指向、30cm 空中線の場合

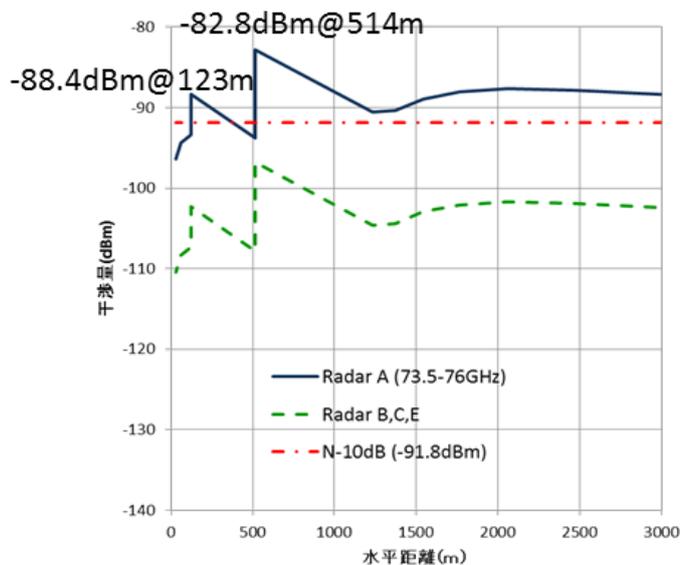


図 3-14 車載レーダ空中線が狭帯域システム空中線を指向、60cm 空中線の場合

車載レーダの空中線が常に狭帯域システム空中線の方角に向いている場合、その指向特性による減衰を見込むことができないため、双方のシステム間の距離が短くなるに従い、図 3-7 に示した干渉モデルより干渉量が増加している。73.5-76GHz における Radar A からの干渉量は、30cm 空中線を使用した場合では水平距離 343m の時に -85.3dBm となり図 3-7 の干渉モデルでの最悪値である -86.4dBm と比較して 1.1dB 増加するが、水平距離 1234m の時には -89.3dBm となり図 3-7 の干渉モデルでの最悪値である -89.7dBm から 0.4dB の増加に留まっている。また、60cm 空中線を使用した場合では、水平距離 123m の時に -88.4dBm のピークが生じるとともに、水平距離 514m の時に -82.8dBm の最悪値となった。図 3-7 の干渉モデルでの最悪値は -83.3dBm であり、+0.5dB の増加が見られる。

一方、Radar B, C, E からの干渉量はいかなる距離においても N-10dB 以下となることから、30cm 空中線及び 60cm 空中線のいずれを使用した場合においても共存可能との結果が得られた。

以上の計算結果を踏まえ、76GHz 帯レーダである Radar A からの与干渉を対象に詳細な検討をおこなった。

本干渉量の軽減については、

- ① 80GHz 空中線を車道から離す等設置位置の制限
- ② 空中線離角調整

等のサイトエンジニアリングによって達成可能であると思われる。設置位置の制限として、高さ方向の離隔距離と水平方向の離隔距離を増やすことにより、干渉量が N-10dB 以下となる組み合わせの計算を行った。30cm 空中線を使用した場合と 60cm 空中線を使用した場合の計算結果をそれぞれ図 3-15 及び 3-16 に示す。

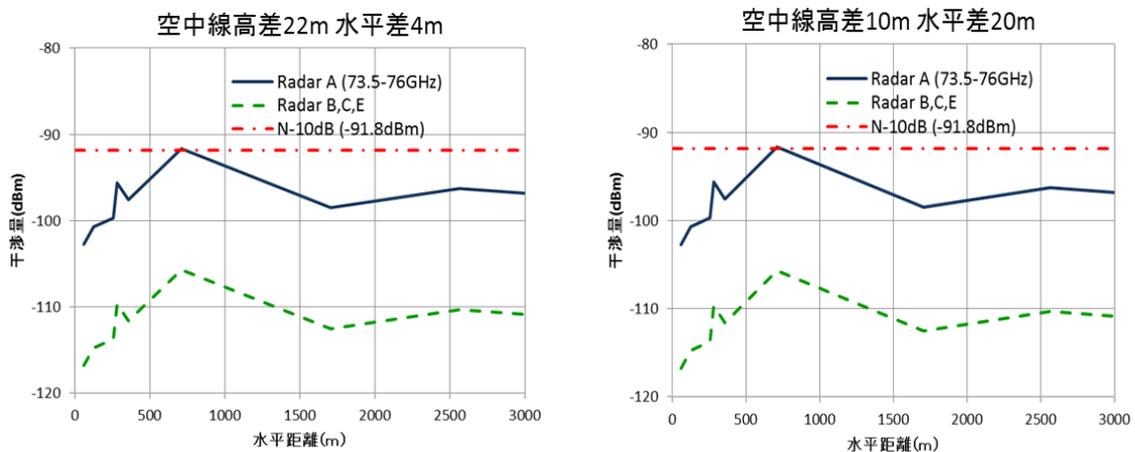


図 3-15 離隔距離調整 30cm 空中線の場合

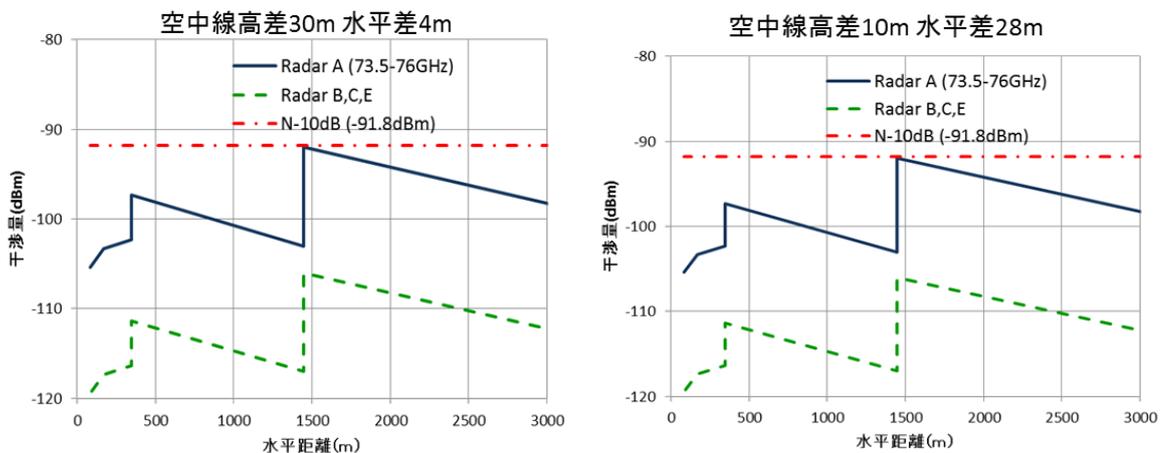


図 3-16 離隔距離調整 60cm 空中線の場合

図 3-15 及び図 3-16 で示している離隔距離以上を取れば干渉量は N-10dB 以下となり、

30cm 空中線及び 60cm 空中線のいずれを使用した場合においても共存可能となる。また、60cm 空中線を使用する場合に必要な離隔距離を確保して設置することができない場合、30cm 空中線を使用する、あるいは狭帯域システムを車道と平行して設置するのではなく図 3-17 に示すように角度を持たせて設置させることによって被干渉量を減じることが可能である。

なお、高さと水平離隔距離の関係式を参考資料 2 に示す。また、運用で対応する場合、その例を参考資料 3 に示す。

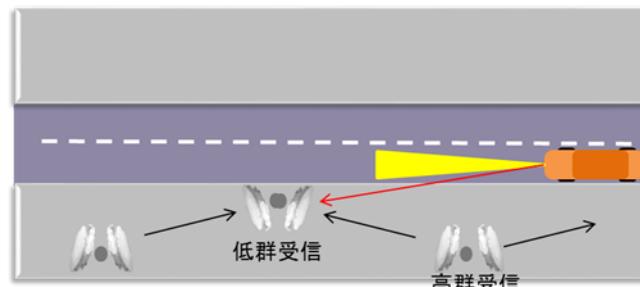


図 3-17 角度を持たせて設置（ジグザグ設置）

上記検討結果から、狭帯域システムに対する車載レーダの与干渉は、狭帯域システムのサイトエンジニアリングにより回避可能である。

今回の検討では、被干渉となる狭帯域システムが都市内街路と平行に設置され、与干渉となる車載レーダの空中線を道路の進行方向に向けている場合を中心に計算した。この場合、被干渉と与干渉がある程度離れた距離のときに、両者の空中線の離角がほぼ 0 度になるために干渉が最も大きくなるとの結果が得られた。このような条件で最大値となる場合には、被干渉側の車載レーダの空中線は、前方に位置する車両がブロックすることになるので、シングルエントリーでの検討を中心に進めればよいものと考えられる。

一方、狭帯域システムをモバイルバックホール回線等に適用する場合には、建物の屋上への設置など様々な形態が想定され、この形態では比較的近い距離において、両者の空中線の離角がほぼ 0 度になる場合が考えられ得る。しかし、干渉の最大値が比較的近くの距離となることから、狭帯域システムと車載レーダの位置関係から事前に干渉の発生場所を特定し易いことや、狭帯域システムの空中線指向特性が鋭く、狭帯域システムのサービス自体も被干渉となる車両の遮蔽による影響が考えられることなどから、詳細検討の必然性は比較的低いものと考えられる。

3-3-1-3 狭帯域システムから車載レーダへの干渉

表 3-13 に狭帯域システムの与干渉パラメータを、表 3-14 に ITU-R Rev1 to Doc 5/73-E Draft new Rec ITU-R M. [AUTO]の Annex Section 4にあるレーダが干渉の基準としているレベル（受信感度-6dB）を示す。レーダ帯域に落ち込む干渉波電力は、スペクトルマスク値を該当レーダ占有周波数帯幅積分し、それから等価雑音帯域の平均電力を求めている。76~77GHz 及び 77~81GHz 帯における与干渉スペクトルを図 3-18 に示す。

表 3-13 与干渉狭帯域システムパラメータ

80GHz チャンネル帯幅 (MHz)	250	500	1000	2000	備考
チャンネル番号	Ch19	Ch9	Ch4	Ch2	低群上端チャンネル
Radar A 帯域総電力 (dBm)	-16.7	-18.3	-17.5	-4.9	76.25~76.750GHz
等価雑音帯域内電力 (dBm)	-61.0	-61.3	-60.5	-47.9	25kHz
チャンネル番号	Ch1'	Ch1'	Ch1'	Ch1'	高群下端チャンネル
Radar 帯域総電力 (dBm)	-4.7	-4.9	-1.3	2.2	78~81GHz
等価雑音帯域内電力 (dBm)	-57.4	-57.6	-54.1	-50.5	16kHz

表 3-14 レーダ被干渉基準レベル

レーダ受信帯域 (GHz)	76.25-76.75	78.0-81.0	
被干渉基準レベル	-121	-126	受信感度-6dB (dBm)

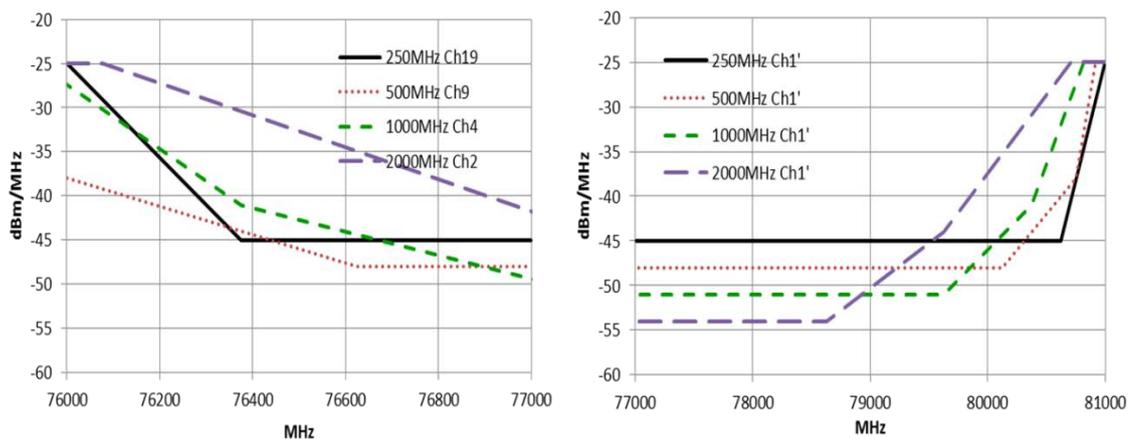


図 3-18 レーダ帯域干渉波スペクトル

① Radar A への計算結果と共用検討

狭帯域システムから Radar A への干渉量について、狭帯域システムが 30cm 空中線及び 60cm 空中線を使用した場合における計算結果を図 3-19 及び図 3-20 に示す。

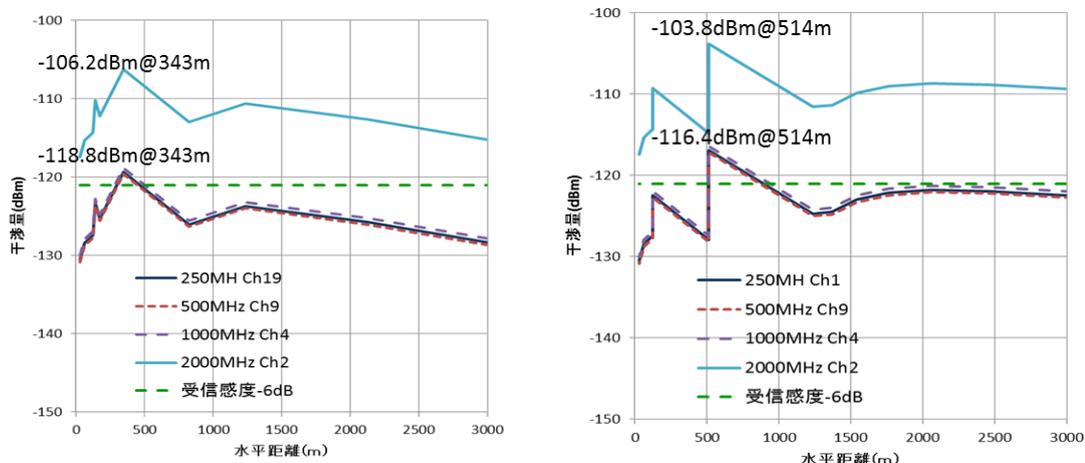


図 3-19 Radar A への干渉量 (30cm 空中線) 図 3-20 Radar A への干渉量 (60cm 空中線)

また、サイトエンジニアリングや送信出力制御を行った上で、30cm 空中線を使用する場合における干渉量計算結果を図 3-21 に、60cm 空中線を使用する場合における干渉量計算結果を図 3-22 に示す。2000MHz Ch2 の帯域外漏えい電力が大きいため、レーダ被干渉基準レベルの -121dBm や受信感度 -115dBm を大きく超える結果が得られた。一方、2000MHz Ch2 の場合を除き、30cm 空中線を使用する場合にレーダ被干渉基準値 -121dBm を超えるのは 300~420m の 120m 区間で最大 2dB 程度、60cm 空中線を使用する場合では 510~860m の 350m 区間で最大 4.6dB であった。車載レーダは 30 度の水平スキャンを行っており、前記区間において車載レーダ空中線利得のピーク値から 2dB 低下する離角は 3 度であり、4.6dB 低下する離角は 7 度程度であるから、それぞれ 10dB、6dB の時間率改善効果を見込むことができる。これにより、2000MHz Ch2 の場合を除いて、時間率改善効果を見込んだ干渉レベルは 30cm 空中線を使用する場合で -128.8dBm 、60cm 空中線を使用する場合で -122.4dBm となり、レーダ被干渉基準レベル以下となる。

なお、狭帯域システム側には一般に規格保証のため 3dB 程度の製造マージンを含んでいること、また、自システム間の干渉や LNA 飽和といった問題を回避するため晴天時には送信電力を抑えた運用がなされていることから、2000MHz Ch2 の場合を除き、実際の干渉量においてもレーダ被干渉基準レベル以下になるものと考えられる。

2000MHz Ch2 による干渉については、計算上、30cm 空中線を使用する場合にアンテナ高低差を 30m とした場合、干渉回避に必要な水平方向の所要離隔距離が 48m 以上となる。また、その時の水平距離は 1800m 地点になる (図 3-23) ことから、ガードレールなどの障害物等を利用して干渉を回避することが現実的な対応となる。障害物等が利用できない場合には、狭帯域システムをこのような条件となる位置に設置しない、またはシステム間の設置距離の短縮や自動電力制御の適用等により送信電力を抑えた運用を組み合わせる等の対応が必要となる。例えば狭帯域システムの送信出力の減衰

として、30cm 空中線を使用する場合 7dB の減衰、60cm 空中線を使用する場合 10dB の減衰を行うことにより、図 3-21 及び図 3-22 に示すように、干渉量をレーダ被干渉基準レベル以下に抑えることが可能である。

空中線高差 10m 水平差 24m 最大送信出力減衰 7dB

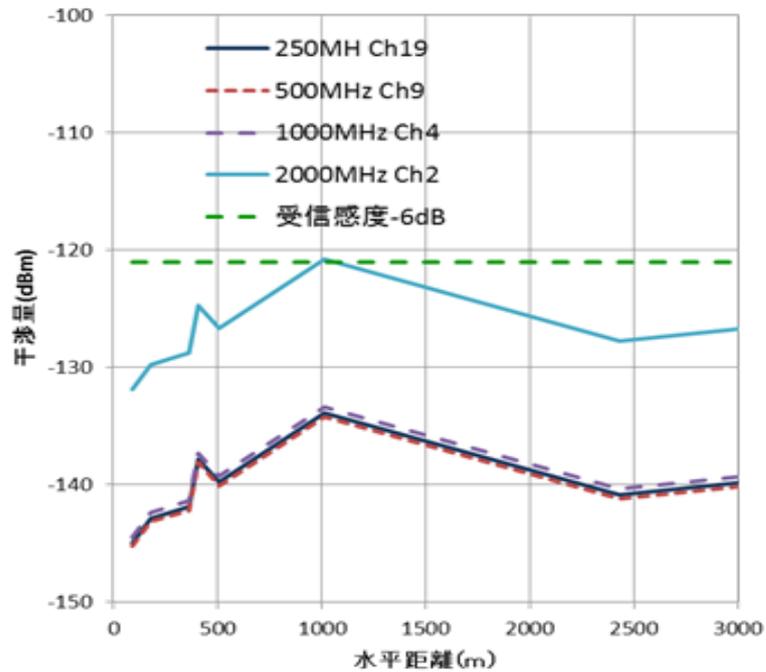


図 3-21 離隔距離調整 30cm 空中線の場合

空中線高差 10m 水平差 21m 最大送信出力減衰 10dB

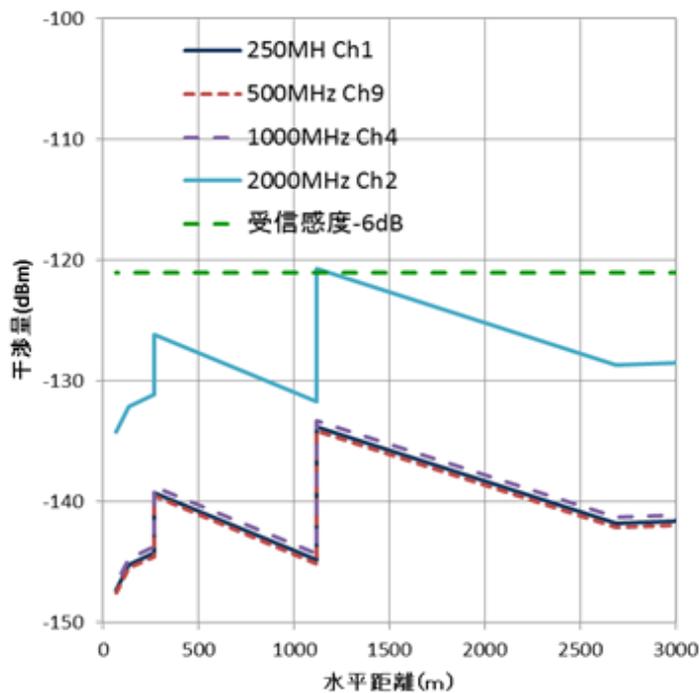


図 3-22 離隔距離調整 60cm 空中線の場合

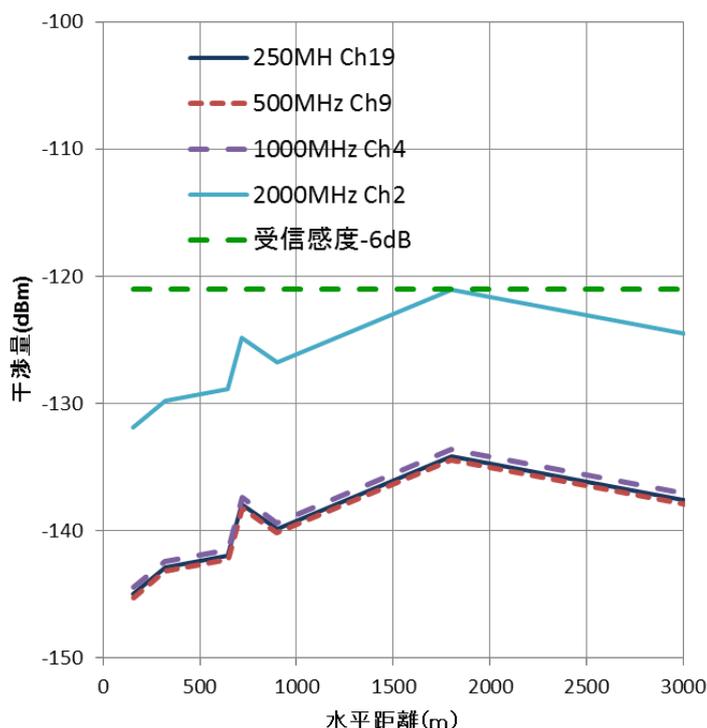


図 3-23 Radar A への干渉量 (30cm 空中線、空中線高差 30m、水平差 48m)

なお、前述したサイトエンジニアリング等を行なった後に、レーダ被干渉基準レベル (-121dBm) を超える区間が残る場合でも、レーダの水平スキャンによる比較的大きな時間率の改善効果が見込めるため、等価的なレーダの被干渉基準レベルを直ちに超えているというものではない。

② Radar B への計算結果と共存検討

30cm 空中線を使用する場合における干渉量計算結果を図 3-24 に、60cm 空中線を使用する場合における結果を図 3-25 に示す。2000MHz Ch1' からの干渉量は、30cm 空中線を使用する場合では-123.4dBm、60cm 空中線を使用する場合では-121.0dBm となり、レーダ被干渉基準レベルの-126dBm をそれぞれ 2.6dB、5.0dB 超えている。しかし、本レーダも 50 度以上の水平スキャンを行っており、比較的大きな時間率改善効果を見込むことができる。また狭帯域システム側には一般に規格保証のため 3dB 程度の製造マージンを含んでいること、自システム間の干渉や LNA 飽和といった問題を回避するため晴天時には送信電力を抑えた運用がなされていることから、実際の干渉量においてもレーダ被干渉基準レベル以下になるものと考えられる。特に 2000MHz Ch1' を用いる場合、晴天時における送信電力制御、設置位置に留意した運用を行うことが望ましい。

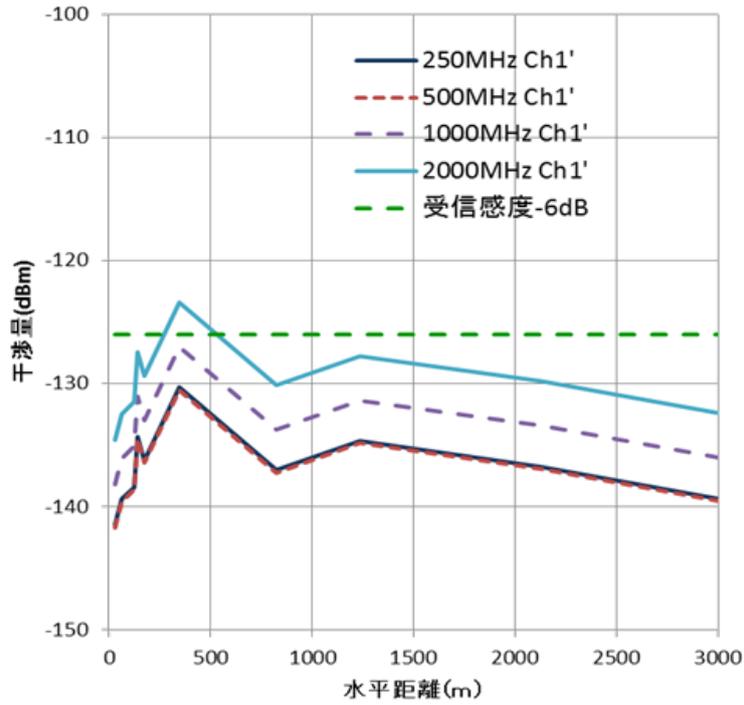


図 3-24 Radar B への干渉 (30cm 空中線)

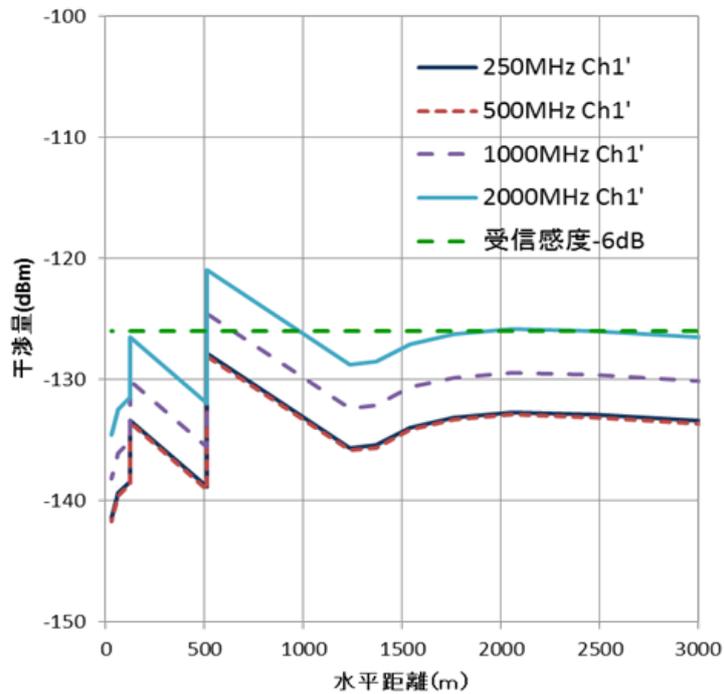


図 3-25 Radar B への干渉 (60cm 空中線)

以上のように、76GHz 帯あるいは 79GHz 帯レーダとの技術共存においては、80GHz 帯高速無線伝送システムの使用周波数帯への車載レーダからの不要発射強度が極端に大きくなるようなことがない限り、これまで述べたサイトエンジニアリング等で対応できると考えられる。また、車載レーダは、同一周波数帯において連続波方式・間欠

波方式それぞれを含む車載レーダが相当数普及することを前提に、それらが相互に共存可能なように検討が進められていることから、80GHz 帯高速無線伝送システムとの干渉は特段問題にならないものと考えられる。

第4章 80GHz帯高速無線伝送システムのうち狭帯域システムの技術的条件

4-1 一般的条件

(1) 無線局の種別

陸上移動局

(2) 周波数帯

71GHz から 76GHz まで(以下「73GHz 帯」という。)、81GHz から 86GHz まで(以下「83GHz 帯」という。) とすること。

(3) 周波数チャンネル

ア チャンネル幅が 250MHz のもの

(ア) 73GHz 帯

71.25GHz、71.5GHz、71.75GHz、72GHz、72.25GHz、72.5GHz、72.75GHz、73GHz、73.25GHz、73.5GHz、73.75GHz、74GHz、74.25GHz、74.5GHz、74.75GHz、75GHz、75.25GHz、75.5GHz 及び 75.75GHz とすること。

(イ) 83GHz 帯

81.25GHz、81.5GHz、81.75GHz、82GHz、82.25GHz、82.5GHz、82.75GHz、83GHz、83.25GHz、83.5GHz、83.75GHz、84GHz、84.25GHz、84.5GHz、84.75GHz、85GHz、85.25GHz、85.5GHz 及び 85.75GHz とすること。

イ チャンネル幅が 500MHz のもの

(ア) 73GHz 帯

71.375GHz、71.875GHz、72.375GHz、72.875GHz、73.375GHz、73.875GHz、74.375GHz、74.875GHz 及び 75.375GHz とすること。

(イ) 83GHz 帯

81.375GHz、81.875GHz、82.375GHz、82.875GHz、83.375GHz、83.875GHz、84.375GHz、84.875GHz 及び 85.375GHz とすること。

ウ チャンネル幅が 1,000MHz のもの

(ア) 73GHz 帯

71.625GHz、72.625GHz、74.125GHz 及び 75.125GHz とすること。

(イ) 83GHz 帯

81.625GHz、82.625GHz、84.125GHz 及び 85.125GHz とすること。

エ チャンネル幅が 2,000MHz のもの

(ア) 73GHz 帯

72.125GHz 及び 74.625GHz とすること。

(イ) 83GHz 帯

82.125GHz 及び 84.625GHz とすること。

(4) 通信方式

単向通信方式又は複信方式とすること。

- (5) 変調方式
規定しない。

4-2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

ア 周波数の許容偏差

(ア) チャンネル幅が 500MHz を超え 2.25GHz 以下
±0.02×チャンネル帯幅以内とすること。

(イ) チャンネル幅が 500MHz 以下
±150ppm 以内とすること。

イ 占有周波数帯幅の許容値

(ア) チャンネル間隔が 2,000MHz のもの 2,000MHz

(イ) チャンネル間隔が 1,000MHz のもの 1,000MHz

(ウ) チャンネル間隔が 500MHz のもの 500MHz

(エ) チャンネル間隔が 250MHz のもの 250MHz

ウ 空中線電力

1W 以下とすること。

送信装置については、降雨減衰量等がない場合に、空中線電力を自動的に制御する機能を有すること。

エ 空中線系

(ア) 送信空中線の絶対利得
55dBi 以下とすること。

(イ) 偏波面
直線偏波とする。

オ 空中線電力の許容偏差

上限 50%、下限 50%であること。

なお、空中線電力を自動的に制御する機能を有する場合には、電力低減時には許容偏差の下限は適用しない。

カ 送信スペクトルマスク

1MHz 帯域幅における、平均空中線電力 A は、次式によって求められる値以下であること。

$$A = a + b(P_b - 50) - 10 \log(B_w / 250) \text{ (dBm/MHz)}$$

B_w : チャンネル帯域幅 (MHz)

P_b : 離調周波数対チャンネル帯域幅比 (%)

$$P_b = (f_d / B_w) \times 100$$

f_d : 送信チャンネルの中心周波数からの離調周波数 (MHz)

0 ≤ P_b ≤ 50% : a = 5dBm/MHz, b = 0

50% ≤ P_b < 57.5% : a = 0dBm/MHz, b = -2

$$57.5\% \leq P_b < 70\% : a = -15 \text{ dBm/MHz} \quad b = 0$$

$$70\% \leq P_b < 125\% : a = -7.727 \text{ dBm/MHz} \quad b = -0.3636$$

① チャンネル帯域幅 B_w が 500MHz 以下の場合、

$$125\% \leq P_b < 250\% : a = -29 \text{ dBm/MHz} \quad b = -0.08$$

$$250\% \leq P_b : a = -45 \text{ dBm/MHz} \quad b = 0$$

② チャンネル帯域幅 B_w が 500MHz 超の場合、

$$125\% \leq P_b < 150 + (500/B_w) \times 100\% : a = -29 \text{ dBm/MHz} \quad b = -0.08$$

$$150 + (500/B_w) \times 100\% \leq P_b : a = -45 \text{ dBm/MHz} \quad b = 0$$

なお、 $10 \log (B_w/250)$ は小数点以下切り捨てた値を用いることとする。

キ 帯域外領域における不要発射の強度の許容値

100 μ W/MHz (平均電力) 以下とする。

ただし、76GHz を超えて 81GHz 未満における不要発射の強度の許容値は、-25dBm/MHz 以下(平均電力)であること。

ク スプリアス領域における不要発射の強度の許容値

50 μ W/MHz (平均電力) 以下とする。

ケ 隣接チャンネル漏えい電力

隣接チャンネル漏えい電力の適用範囲は、(2)の周波数範囲内に限る。

(ア) 周波数チャンネル幅が 2000MHz のもの

割当周波数から、2000MHz 離れた周波数の \pm 1000MHz の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波のものよりそれぞれ 23dB 以上低い値であること。

(イ) 周波数チャンネル幅が 1000MHz のもの

割当周波数から、1000MHz 離れた周波数の \pm 500MHz の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波のものよりそれぞれ 23dB 以上低い値であること。

(ウ) 周波数チャンネル幅が 500MHz のもの

割当周波数から、500MHz 離れた周波数の \pm 250MHz の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波のものよりそれぞれ 23dB 以上低い値であること。

(エ) 周波数チャンネル幅が 250MHz のもの

割当周波数から、250MHz 離れた周波数の \pm 125MHz の帯域内に輻射される平均電力が、搬送波のものよりそれぞれ 23dB 以上低い値であること。

コ その他

(ア) 電波の伝搬環境の状態に対応して伝送容量の最適化を実現するため、空中線電力を制御する自動電力制御機能や適用する変調方式を動的に変更する適応変調を導入することが望ましい。

(イ) 隣接チャンネル漏えい電力で所要 C/I を満足できない場合には異なる偏波を

使用することによって干渉低減を図ることが適当である。

(2) 受信装置

受信機が副次的に発する電波等の限度は、

- ・ 当該装置が送信する電波のスプリアス領域に相当する帯域における限度 $50 \mu\text{W}/\text{MHz}$ 以下
- ・ 当該装置が送信する電波の帯域外領域に相当する帯域における限度 $100 \mu\text{W}/\text{MHz}$ 以下

4-3 防護指針

電波法施行規則第21条の3では、電波のエネルギー量と生体への作用との関係が定量的に定められており、これに基づきシステムの運用形態に応じて、これにもとづく電波防護の指針に適合するようシステム諸元の設定に配慮する必要がある。

図 4-1 に100kHzから300GHzの周波数帯での防護基準を示す。

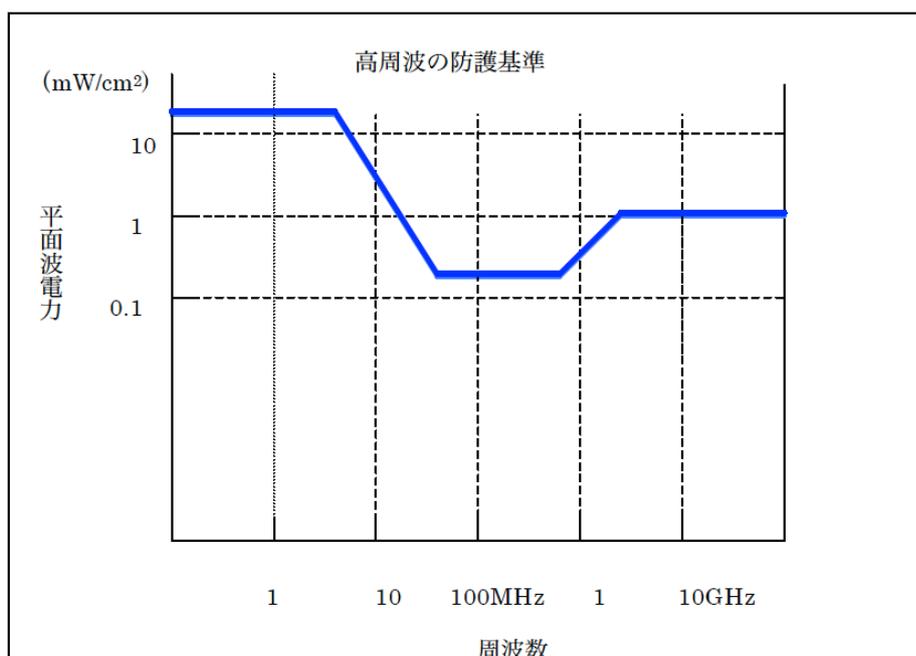


図 4-1 電波防護基準

この場合において、80GHz 帯における防護指針による電力束密度は、
 $1\text{mW}/\text{cm}^2$ (6 分間平均)
となっている。

無線設備からの発射される電力束密度の算出方法及び測定方法は次のとおりである。
(告示 平成11年4月27日第300号より)

$$S = P_{in} \cdot G \cdot K / (40\pi R^2)$$

S：電力束密度 単位：[mW/cm²]

P_{in}：送信空中線入力電力 単位：[W]

G：送信空中線絶対利得 単位：無し（倍）

R：送信空中線からの離隔距離 単位：[m]

K：反射係数（詳細は表2の通り） 単位：無し（倍）

（反射考慮しない：1 大地面反射のみ考慮：2.56 水面などの反射を考慮：4）

第2章の検討等をもとに、本システムの諸元を次のように仮定する。

- ・ 送信電力尖頭値 1W （送信電力平均値 0.25W）
- ・ 空中線利得 51dBi （口径約0.7m相当。人体に近い位置に設置される可能性のある最も大きなものとして想定。別途空中線系挿入物損失1dBを想定）

この場合の所要離隔距離は表3-1のとおりである。

表3-1 電波防護に関する離隔距離算出結果

条件	所要離隔距離
反射を考慮しない	14.1m
大地面反射のみ考慮	22.6m
水面などの反射を考慮	28.2m

このように、本システムの送信中の装置については、空中線の正面の数十m範囲内に立ち上がった場合に電力束密度が基準値を超える可能性があるが、

- ① 本件システムが定置型の中継用途に利用される場合には、より大口径のパラボラ空中線が使用される場合もあるが、十分に高い地上高に設置され、上記範囲に人の立ち入りの可能性が極めて少ないこと
- ② 本システムが仮設型の用途に利用される場合は、地上高がある程度低くなる可能性があるが、遮蔽を避けて回線の安定を図るためには人の身長より十分に高い位置に設置することとなるほか、もし、この高さが十分でない場合でも、指向性が鋭いために、主ビーム幅は28mの距離でも1m～2mの範囲であり、6分間の連続した照射とはなりにくいこと
- ③ 上記いずれの場合でも、実際に基準値を超える領域に長時間の立ち入りがあった場合には、受信電力が低下して通信に支障が生じるため、運用者が認識しやすいこと

等の状況から、問題の生じることはないと考えられる。

なお、このような注意事項及び条件の概要については、本装置の取扱い説明書等において周知されることが望ましい。

4-4 測定法

測定は、空中線給電点において空中線端子（導波管等）で測定する。空中線端子を有しない無線設備は一時的に測定用端子を設置して測定する。この場合、空中線端子と測定用端子の間の損失等を補正する。

4-4-1 周波数の偏差

無線設備を無変調の連続的送信状態としてスペクトルアナライザ等を用いて測定する。

4-4-2 占有周波数帯幅

標準符号化試験信号により変調をかけた状態において得られるスペクトル分布の全電力についてスペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれ全電力の0.5%となる周波数幅を測定すること。

標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。

なお、スペクトル分布の電力最大点（キャリアリーク等を除く）から測定系の雑音レベルまで余裕がなく電力積算に影響を与える場合は、分解能帯域幅を1MHzとした状態でキャリアリーク等を除く電力最大点から23dB減衰する点の上限周波数と下限周波数の差を用いることができる。なお23dB低下した点が複数ある場合は、最も高い周波数と最も低い周波数の幅とする。

4-4-3 空中線電力の偏差

(1) 平均電力の測定

連続送信波によって測定することが望ましいが、運用状態において連続送信状態にならない場合バースト送信状態にて測定する。

バースト送信状態にて測定する場合は、送信時間率（電波を発射している時間／バースト繰り返し周期）が最大となる値で一定の値としてバースト繰り返し周期よりも十分長い区間における平均電力を測定し、送信時間率の逆数を乗じてバースト内平均電力を求める。

(2) 尖頭電力の測定

ASK等の場合、ASK変調状態の最大電力となる値で無変調の連続送信状態に設定して、平均電力計を用いて測定した値を尖頭電力とすることができる。

ASK変調状態にて測定する場合は、送信時間率（電波を発射している時間の積分値／データ周期等）が最大となる値で一定の値としてデータ周期よりも十分長い区

間における平均電力を測定し、送信時間率の逆数を乗じ、更に尖頭電力換算係数を乗じて尖頭電力を求める。

なお、尖頭電力換算係数は、変調状態の平均電力値を変調包絡線の最大値で連続送信したときの平均電力に換算する係数である。

4-4-4 帯域外領域における不要発射の強度

運用状態において占有周波数帯幅が最大となる変調状態として、不要発射の参照帯域幅当たりの尖頭電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定すること。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定することが適当である。

4-4-5 スプリアス領域における不要発射の強度

運用状態において通常の変調状態として、不要発射の参照帯域幅当たりの尖頭電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定すること。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定することが適当である。

測定周波数範囲は、30MHz から 2 次高調波までとする。ただし、導波管を用いるものは測定周波数の下限をカットオフ周波数の 0.7 倍からとする他、導波管フィルタ及びデュープレクサ等による周波数特性により、不要発射が技術基準を満足することが明らかな場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。なお、当面の間測定周波数の上限を 110GHz とすることができる。

また、下限周波数においてカットオフ周波数の 0.7 倍としているが、導波管が十分に長く技術基準を十分満足するカットオフ減衰量が得られることが証明できる場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。

4-4-6 スペクトルマスク

運用状態において占有周波数帯幅が最大となる変調状態として、技術基準で定められるスペクトルマスクの周波数範囲内においてスペクトルアナライザを用いて測定すること。なお、スペクトルアナライザの分解能帯域幅を 1MHz、検波モードを RMS として平均電力を周波数ごとに測定すること。また、バースト波の場合にあっては、バースト内の平均電力を求めるため、測定値に送信時間率（電波を発射している時間／バースト繰り返し周期）の逆数を乗じること。ただし、ゼロスパン等で直接バースト内の平均電力を求める場合はこの限りではない。

4-4-7 隣接チャンネル漏えい電力

運用状態において占有周波数帯幅が最大となる変調状態として、割当周波数を中心周波数とするチャンネル周波数幅内の電力と、割当周波数からチャンネル周波数幅離れた周波数を中心としたチャンネル周波数幅内の電力の比を求める。この場合スペクトルアナライザの分解能帯域幅は 1MHz 程度とし、チャンネル周波数幅内の電力を積算する方法を用いることができる。

4-4-8 受信装置の副次的に発射する電波等の限度

無線設備を連続受信状態として、スペクトルアナライザ等を用いて測定すること。

この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた周波数幅に設定し尖頭電力を測定すること。

なお、送信空中線端子と、受信空中線端子が独立している場合は、受信空中線端子で測定する。

測定周波数範囲は、30MHz から 2 次高調波までとする。ただし、導波管を用いるものは測定周波数の下限をカットオフ周波数の 0.7 倍からとする他、導波管フィルタ及びデュープレクサ等による周波数特性により、副次発射が技術基準を満足することが明らかな場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。なお、当面の間測定周波数の上限を 110GHz とすることができる。

また、下限周波数においてカットオフ周波数の 0.7 倍としているが、導波管が十分に長く技術基準を十分満足するカットオフ減衰量が得られることが証明できる場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。

別表 1

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 構成員

氏名	所属
主査 専門委員 安藤 真	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
主査代理 専門委員 矢野 博之	(独)情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 所長
専門委員 飯塚 留美	(一財)マルチメディア振興センター 電波利用調査部 主任研究員
〃 池田 哲臣	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部長
〃 伊藤 数子	(株)パステルラボ 代表取締役社長
〃 大寺 廣幸	(一社)日本民間放送連盟 理事待遇研究所長
〃 加治佐 俊一	日本マイクロソフト(株) 業務執行役員 最高技術責任者
〃 唐沢 好男	電気通信大学大学院 情報理工学研究科 教授
〃 川嶋 弘尚	慶應義塾大学 名誉教授
〃 菊井 勉	(一社)全国陸上無線協会 事務局長
〃 河野 隆二	横浜国立大学大学院 工学研究院 教授
〃 小林 久美子	日本無線(株) 研究開発本部 研究所 ネットワークフロンティア チームリーダー
〃 藤原 功三	(一社)日本アマチュア無線連盟 参与
〃 本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
〃 松尾 綾子	(株)東芝 研究開発センター ワイヤレスシステムラボラトリー 研究主務
〃 森川 博之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
〃 矢野 由紀子	日本電気(株) クラウドシステム研究所 シニアエキスパート
〃 吉田 英邦	日本電信電話(株) 技術企画部門 電波室長
〃 若尾 正義	元 (一社)電波産業会 専務理事

別表 2

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

80GHz 帯高速無線伝送システム作業班 構成員

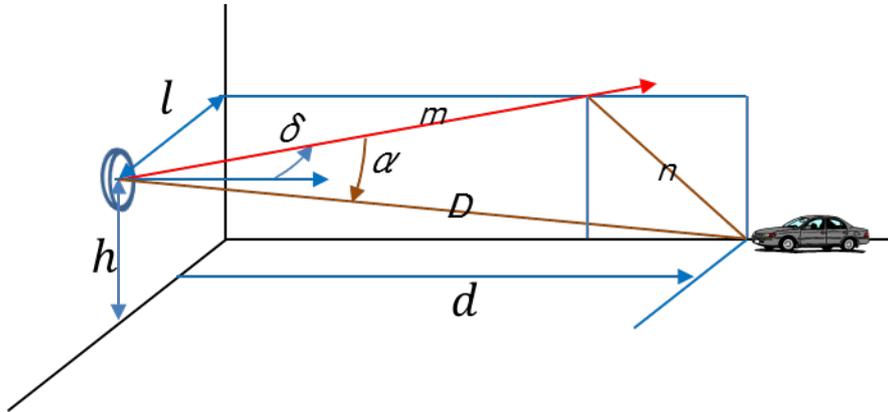
(敬称略：主任以外は五十音順)

氏名	所属
【主任】矢野 博之	(独) 情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 所長
五十嵐 喜良	(一社) 電波産業会 研究開発本部 次長
岩永 満宏	(株) 満宏 会長
大石 雅寿	自然科学研究機構 国立天文台天文データセンター センター長
加藤 数衛	(株) 日立国際電気 映像・通信事業部 技師長
杉之下 文康	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部 主任研究員
高橋 和晃	パナソニック(株) R&D本部 デバイスソリューションセンター 主幹技師
谷口 徹	日本無線(株) 研究所 部長
中川 永伸	(一財) テレコムエンジニアリングセンター 企画・技術部門 技術グループ 部長
中川 匡夫	日本電信電話(株) NTT 未来ねっと研究所 ワイヤレスシステムイノベーション研究部 適応信号処理研究グループ グループリーダー 主幹研究員
拮石 康博	KDDI(株) 技術企画本部 電波部 企画・制度グループ マネージャー
藤本 芳宣	日本電気(株) モバイルワイヤレスソリューション事業部 テクニカルアドバイザー
渡辺 聡	富士通(株) ネットワークプロダクト事業本部 グローバルアクセス事業部 マネージャー

(13名)

参考資料-1 80GHz 帯高速無線伝送システムと車載レーダ間干渉計算法

80GHz 帯高速無線伝送システムの空中線とレーダとの位置関係を下図に示す。



- α : 80GHz 帯高速無線伝送システム空中線軸とレーダ方向がなす離角
- δ : 80GHz 帯高速無線伝送システム空中線軸の道路に対するオフセット角
- h : 空中線高差
- l : 道路横水平位置差
- d : 道路方向水平距離
- D : 実距離 $D^2 = h^2 + l^2 + d^2$

$$n^2 = m^2 + D^2 - 2mD \cos \alpha$$

$$n^2 = \left(d - \frac{l}{\tan \delta}\right)^2 + h^2 \quad m = \frac{l}{\sin \delta} \quad \text{であるから、} m \text{ と } n \text{ を消去すると、}$$

$$\left(\frac{\cos^2 \delta - \cos^2 \alpha}{\sin^2 \delta}\right) d^2 + \left(\frac{2l}{\tan \delta}\right) d + \left(l^2 \left(1 - \frac{\cos^2 \alpha}{\sin^2 \delta}\right) - \frac{\cos^2 \alpha}{\sin^2 \delta} h^2\right) = 0$$

であらわされる α と d の一般式を得る。

パターンエンベロップは、ある離角における指向特性の最悪値（実測値+マージン）を示すものであるから、干渉ピーク点を求めるにはパターンエンベロップに記載されている角度 α から d を求める方法を原則として用いる。

(1) $\delta=0$ のとき

$$m = d \quad n^2 = l^2 + h^2 \quad d = \frac{\sqrt{l^2 + h^2}}{\tan \alpha}$$

パターンエンベロップに記載ある各 α から d を求め干渉量を計算する。

(2) $\delta \neq 0, l = 0$ のとき、

$$d = \frac{h \cos \alpha}{\sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \alpha}} \quad \left(\begin{array}{l} \delta > \alpha \\ \delta < \alpha \end{array} \right) \quad \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{h}{d} \right) \quad (\delta \geq \alpha)$$

$\delta \geq \alpha$ のときは、 d に値を設定して α を求め、角 α における空中線利得を角 α を含むパターンエンベロップ値から一次補間で求める。

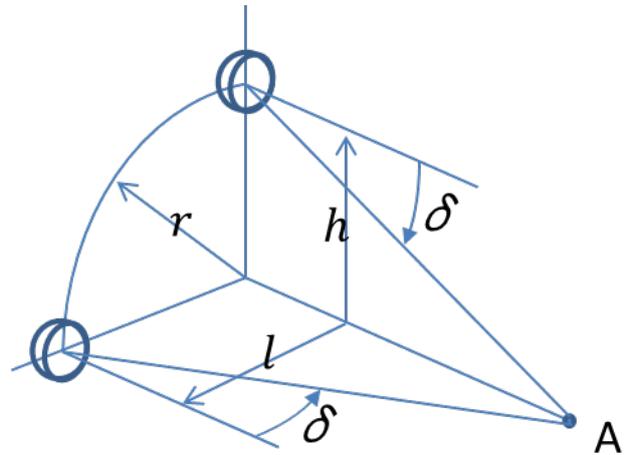
干渉計算で用いた 30cm および 60cm のパターンエンベロープ値を下表にしめす。

離角 (°)	相対利得 (dB)
0	0
0.05	0
0.1	-0.1
0.15	-0.3
0.2	-0.5
0.25	-0.8
0.29	-1.1
0.37	-2
0.41	-2.5
0.45	-3
0.5	-4
0.55	-5
0.6	-6
0.65	-7.5
0.75	-10
0.8	-11
1.8	-11
3.6	-23
4.5	-23
5	-28
10	-35
20	-43
32	-45
50	-45
65	-48
85	-61
180	-61

離角 (°)	相対利得 (dB)
0	0
0.05	-0.01
0.1	-0.22
0.15	-0.67
0.2	-1.43
0.25	-2.92
0.3	-4.43
0.35	-6.24
0.4	-8.29
0.45	-10.84
0.5	-12
1.2	-12
1.2	-23
5	-30
5	-35
10	-42
20	-50
30	-52
50	-52
70	-55
85	-68
180	-68

参考資料-2 空中線利得となる垂直、横水平距離の関係式

パラボラ空中線等軸対称の指向特性を持つ空中線の場合、軸からの離角 δ で利得が決まる。右図に示す通り、軸対称空中線において点 A の方向の利得一定で水平距離 / 垂直距離 h を変化させた軌跡は、離角 δ が一定の軌跡であるから、円となる。よって垂直、水平離隔距離の関係式は、



$$r^2 = (l^2 + h^2) = \text{一定}$$

l : 水平オフセット(m)

h : 空中線高差(m)

半径の 2 乗を一定値として垂直、横水平離隔距離の組み合わせを求めることができる。車載レーダ空中線が狭帯域システムの空中線方向を指向するモデルにおける Radar A からの干渉において、30cm 空中線の場合、N-10dB となる半径の 2 乗値は 500m^2 、60cm では 900m^2 であった。

送信出力制限と組み合わせる場合については、空中線軸近傍での指向特性は、離角 δ の 2 乗に反比例している。今回のように軸近傍のカップリングが問題となる場合、下記式を用いて概略の水平垂直の組み合わせを求めることができる。車載レーダ空中線が狭帯域システムの空中線方向を指向するモデルにおける Radar A への干渉において、30cm 空中線の場合、レーダ基準値となる半径の 2 乗値は 3300m^2 、60cm では 5500m^2 であった。

$$r^2 = 10^{\frac{x}{10}} \times (l^2 + h^2) \quad x: \text{送信電力低減値(dB)}$$

参考資料-3 運用での対応について

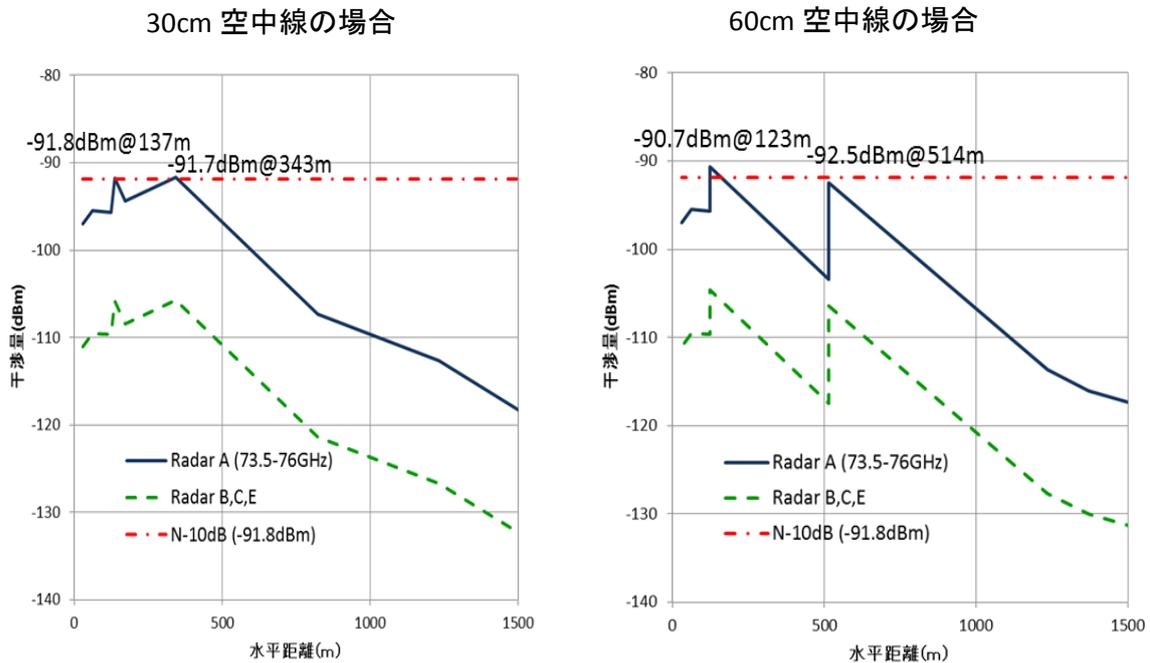
ミリ波帯業務用固定無線回線においては、強い降雨減衰を受けても回線品質を維持できるように回線設計をおこなっている。このため晴天時における受信入力、受信入力閾値（最低受信入力）から少なくとも予定の降雨減衰マージン分高い値から ATPC（自動送信電力制御）分下がった値で、一般には十分高い受信入力である。

本モデルでの伝搬距離は一般に 1km 以下であり、問題となる干渉波の路長も 1km 以下で空中線軸近傍に限られていることから、希望波が強い降雨減衰を受けるとき、同時に干渉波も降雨減衰を受けることになる。このとき単位距離あたりの降雨減衰量は希望波、干渉波間で同一とみなしてよい。

希望波受信入力が降雨減衰により受信入力閾値にあるときの干渉波レベルがパフォーマンスに影響を及ぼす最悪値であるから、これを回線設計にあらかじめ組み込むことによって、本問題を事前に回避することができる。

○ 希望波がスレッシュホールドにある時のレーダ干渉波レベル

一例として設計伝搬信頼度が 99.99%、降雨減衰量 18.7dB/km at 76GHz で車載レーダ空中線が狭帯域システム空中線方向を指向するモデルにおける干渉波受信レベルを修正したものを下図に示す。



50mm/h 降雨時の 73.5-76GHz における Radar A からの干渉量

30cm 空中線の場合

- 距離 137m : -91.8dBm
- 距離 343m : 晴天時-85.3dBm → -91.7dBm

60cm 空中線の場合

距離 123m : -88.4dBm → -90.7dBm

距離 514m : 晴天時-82.8dBm → -92.5dBm

本州中南部において降雨減衰に対する回線信頼度が 99.99%の場合、最悪干渉レベルを -90.7dBmとして回線設計のC/N+Iにあらかじめ組み込んで設計することによって本干渉問題を回避する。

○ 干渉を予め組み込んだ伝搬信頼度設計例

干渉をあらかじめ組み込んで設計する一例を以下に示す。

熱雑音電力(N)に干渉電力(I)を和した N+I を新たな雑音フロアとしそれに対し機器の所要 C/N を足して新たなスレッシュホールドとする。

