基幹作 1-3

「6.5GHz 及び 7.5GHz 帯における固定通信システムの高度化に関する調査検討」
概要報告

令和6年9月27日

株式会社三菱総合研究所

目次

1. 6/6.5/7.5GHz 帯固定無線システムの動向 2

1.1 検討の背景 2
1.2 6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムに係るこれまでの検討 2
1.3 6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの現状と新たなニーズ 3
1.3.1 欧米における 6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの利用動向..... 4
1.3.2 6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの技術開発動向..... 5
1.4 6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムに係る外国の規制動向 10
1.4.1 米国における制度化動向 11
1.4.2 欧州における制度化動向 11
1.4.3 ETSI 規格と国内技術的条件・審査基準の対比 12
1.5 6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの現行基準における課題 24

2. 無線システムの高度化に関する規定方法等の検討 25

3. 技術的条件..... 41

3.1 6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの技術的条件..... 41
3.1.1 一般的条件..... 41
3.1.2 無線設備の技術的条件 45
3.2 測定法.....54

Ⅰ 検討事項

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（以下「委員会」という。）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」のうち「6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの高度化に係る技術的条件」について検討を行った。

Ⅱ 委員会及び作業班の構成

委員会は、検討の促進を図るために委員会の下に設置された技術検討作業班（以下「作業班」という。）で検討を行った。

委員会及び作業班の構成は、それぞれ別表1及び別表2のとおりである。

Ⅲ 検討経過

委員会及び作業班での検討経過は、以下のとおりである。

1 委員会

ア 第 回（令和　年　月　日）

イ 第 回（令和　年　月　日）

2 作業班

ア 第1回（令和６年9月27日）

6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの高度化に係る技術的条件の検討に関する運営方針及び概要報告等について議論を行った。

イ 第2回（令和　年　月　日）

ウ 第3回（令和　年　月　日）

1.　6/6.5/7.5GHz 帯固定無線システムの動向

1.1　検討の背景

固定通信システムは、官公庁や地方自治体の拠点間や、企業向けあるいは携帯電話事業者の基地局向け等の通信連絡網として、光ファイバ網とともに情報通信インフラの重要な役割を担っている。特に、6/6.5/7.5GHz 帯の電波を使用する固定通信システムは、島嶼部等への長距離の通信路を確保する上で、重要な役割を担っている。

携帯電話のトラフィック需要の増大や、島嶼部等への通信ルートをより柔軟に設定するため、11/15/18GHz 帯固定通信システムの高速化及び長延化を目的として、令和 3 年 5 月に情報通信審議会において技術的条件の一部答申がなされ、令和4年 2 月に省令改正がなされたところである。

6.5/7.5GHz 帯公共業務用の固定通信システムに関しても、周波数特性による光ファイバ等の導入が困難な離島山岳等の長距離通信での利用や、災害時における高精細画像伝送等を可能とするなど、高速大容量化と周波数の利用効率向上が求められている。

欧米等の諸外国では、5925-7125MHz 帯において新たに無線 LAN を導入する動きがあり、我が国においても無線 LAN の導入に向けて、固定通信システムや衛星通信システム、番組中継用放送システム等の周波数共用検討を行うため、令和 3 年 4 月から技術試験事務を行うとともに、並行して情報通信審議会において 6GHz 帯無線 LAN の技術的条件の検討を行っている。当該固定通信システムは無線 LAN との共用検討を考慮しながら、更なる高度化や通信品質の改善に努めていく必要がある。

このため、令和4年度より、6GHz 帯を含む 6.5GHz 帯及び 7.5GHz 帯における固定通信システムの高度化に資する2か年計画の技術検討が実施され、技術的条件案を取りまとめることを目的とする。

1.2　6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムに係るこれまでの検討

6/6.5/7.5GHz 帯における固定通信システムの高度化を検討するにあたり、国内におけるこれまでの固定通信システム高度化に係り先行する 11/15/18GHz 帯を含め、検討経緯を整理した。

固定通信システム高度化に係る情報通信審議会での検討経緯としては、6/6.5/7.5GHz 帯については平成 25～27 年度、11/15/18GHz 帯については平成 25～26 年度及び令和 2～3 年度にそれぞれ実施されている。高度化検討の概要を図 1-1 に示す。

6/6.5/7.5GHz帯	11/15/18GHz帯
「5.8GHz～7.5GHz帯固定通信システムの高度化に係る技術的条件」 (平成25～27年度)[1)] ■ 検討項目 **(1)伝送容量の大容量化に向けて導入が望まれる技術** ✓ 高次多値変調技術の導入 ✓ 偏波多重方式の導入 ✓ 将来における直交周波数分割多重方式への対応 ✓ 非再生中継方式の変調方式の見直し **(2)運用面・制度面の見直し** ✓ 占有周波数帯幅の規定方法の見直し ✓ 周波数許容偏差の見直し 検討期間 作業班:平成25年7月～平成27年4月 委員会:平成25年6月～平成27年6月 答申:平成27年6月	「基幹系システムの高度化に係る技術的条件」 (平成25～26年度)[2)] ■ 検討項目 **(1)伝送容量の大容量化に向けて導入が望まれる技術** ✓ 高次多値変調技術の導入 ✓ 偏波多重方式の導入 ✓ 将来における直交周波数分割多重方式への対応 **(2)運用面・制度面の見直し** ✓ 占有周波数帯幅の規定方法の見直し ✓ 周波数許容偏差の見直し ✓ 標準受信入力値の下限値規定の見直し ✓ 降雨マージン算出方法の見直し ✓ 空中線規格の見直し 検討期間 作業班:平成25年7月～平成26年4月 委員会:平成25年6月～平成26年5月 答申:平成26年5月
※赤字は周波数帯により共通の技術検討項目を示す。	「11/15/18GHz帯固定通信システムの高度化に係る技術的条件」 (令和2～3年度)[3)] ■ 検討項目 **(1)欧州規格導入のための技術的条件の検討** ✓ 回線設計手法 ✓ 干渉軽減係数 ✓ 標準受信空中線特性 **(2)欧州規格導入に必要な規定の見直し** ✓ 18GHz帯の標準受信空中線特性の見直し ✓ 受信感度の導入 ✓ 干渉軽減係数の見直し ✓ 高次の変調方式を規定 検討期間 作業班:令和2年9月～令和2年年12月 委員会:令和2年9月～令和3年年5月 答申:令和3年5月

図 1-1 固定通信システム高度化に係る情報通信審議会での検討経緯

6/6.5/7.5GHz 帯及び 11/15/18GHz 帯におけるこれまでの高度化検討経緯を踏まえ、検討対象と想定する技術的条件項目を以下の通り抽出した。

- 高次多値変調方式
- 適応変調方式
- 所要降雨マージン
- 最大送信電力・EIRP
- 標準受信入力規定
- 送信信号特性および受信フィルタチェーン特性
- 標準受信空中線特性

1.3 6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの現状と新たなニーズ

携帯電話のトラフィック需要の増大や、島嶼部等への通信ルートをより柔軟に設定するため、11/15/18GHz 帯固定通信システムの高速化及び長延化を目的として、令和 3 年 5 月に情報通信審議会において技術的条件の一部答申がなされ、令和4年 2 月に省令改正がなされたところである。

6/6.5/7.5GHz 帯公共業務用の固定通信システムに関しても、周波数特性による光ファイバ等の導入が困難な離島山岳等の長距離通信での利用や、災害時における高精細画像伝送等を可能とするなど、高速大容量化と周波数の利用効率向上が求められている。

6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの利用動向・技術開発動向の調査結果を以下に示す。

なお、利用動向については下記を調査対象とし、欧米における利用動向を整理した。

- ECC/Report173
  - 英語題名：Current use and future trends post 2016
  - 日本語訳：現在の使用状況と 2016 年以降の今後の動向
- ITU-R/Report F.2323-1
  - 英語題名：Fixed service use and future trends（2017）
  - 日本語訳：固定サービスの利用状況と 2017 年以降の今後の動向

技術開発動向については下記を調査対象として整理した。

- ECC/Report173
  - 英語題名：Current use and future trends post 2016
  - 日本語訳：現在の使用状況と 2016 年以降の今後の動向

1.3.1 欧米における 6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの利用動向

欧州・米国を対象に、6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの利用動向に関する調査を行った。

欧州における 5.9-7.1GHz 及び 7.1-8.5GHz の回線数の時間推移（1997～2016 年）について、図 1-2 に示す。5.9-7.1GHz における回線数は 2001 年に最小となった後、増加傾向にある。また、7.1-8.5GHz における回線数は 2001 年に最小となった後、概ね増加傾向にある。

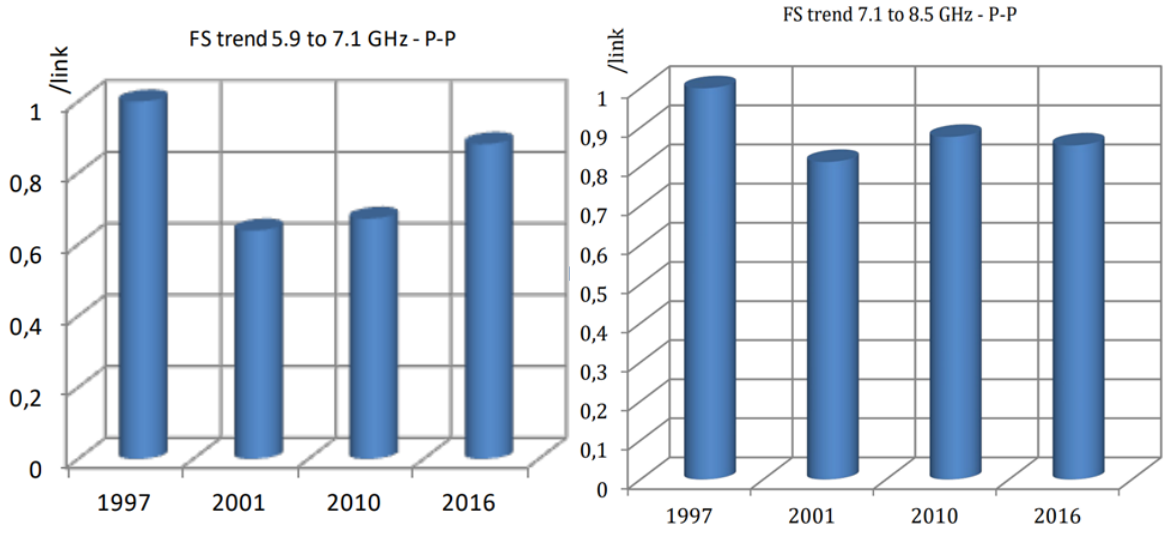


図 1-2 CEPT に加盟している 19 か国における、5.9-7.1GHz 帯及び 7.1-8.5GHz 帯の P-P リンクの回線数の推移（1997 年の回線数を 1 とする）

出所）ECC Report173：「Current use and future trends post 2016」、（2016）

また、米国における 6.1GHz 及び 6.7GHz の回線数の時間推移（2003～2012 年）について、図 1-3 に示す。6.1GHz 及び 6.7GHz の回線数は概ね増加を続けていることが分かる。

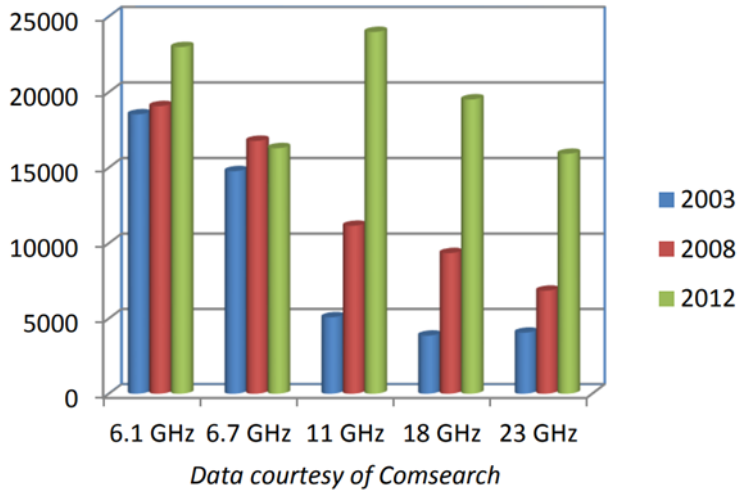


図 1-3 米国における回線数の時間推移

出所）ITU-R Report F.2323-1:「Fixed service use and future trends」、(2017)

以上より、欧州・米国それぞれにおいて、6/6.5/7.5GHz 帯における固定通信システムの回線数は、概ね増加傾向にあることが見て取れる。

1.3.2 6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの技術開発動向

6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの技術開発動向について述べる。

（1） 固定通信システムの技術開発動向

ECC Report173（Fixed Service in Europe Current use and future trends post 2016）を基に、固定通信システムの技術動向を抽出した。

1） 高次の多値変調方式

多値変調方式とは、信号の位相等を変調させることで、1 シンボルあたりのビット数を増やす方式である。多値変調方式として、位相を変調させる PSK（Phase Shift Keying）や位相・振幅を同時に変調させる QAM（Quadrature Amplitude Modulation）がある。

変調・符号化（誤り訂正）技術や新しいモデムチップなどの進化により、2 点間接続（point to point link）の伝送容量（周波数利用効率）が増加傾向にある。このため、より高次の多値変調方式を用いた製品の開発が進んでおり、市場製品例として、Ericsson 社から 8192QAM の製品（MINI-LINK 6600）も登場している状況である[1]。

図 1-4 に示す通り、周波数利用効率は変調指数に対して log の関数となるため、より高次の多値変調方式を開発しても周波数利用効率の増加は鈍化する。そのため、4096QAM や 8192QAM を超える多値変調の技術開発は、投資に見合った成果が得られない懸念があるが、今後も周波数有効利用の

[1] Ericsson HP,https://www.ericsson.com/en/portfolio/networks/ericsson-radio-system/mobile-transport/microwave/split-mount-shorthaul/mini-link-6600（2023 年1月6日閲覧）

ため重要な技術トレンドとなることが見込まれる。

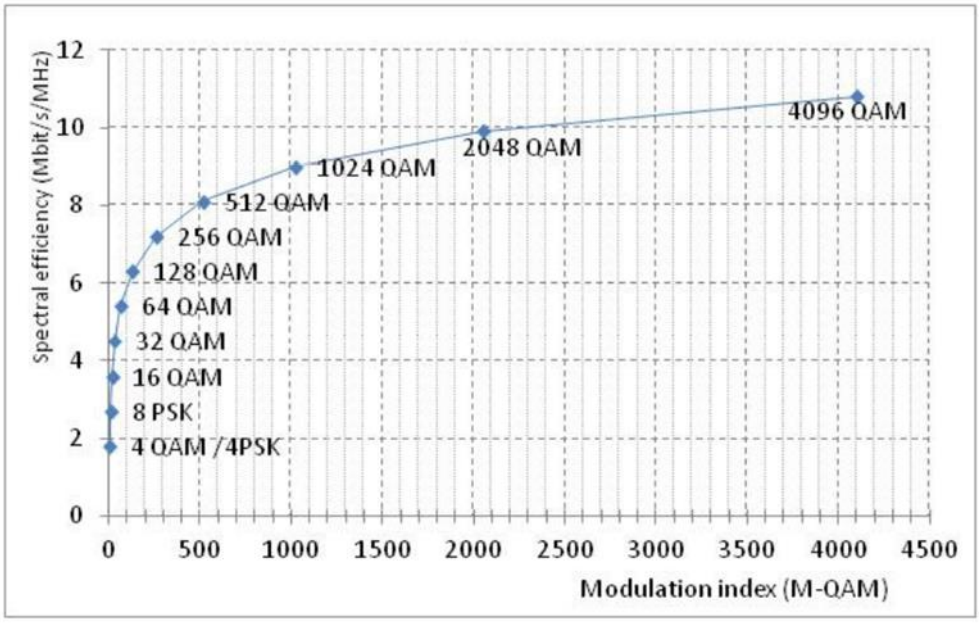


図 1-4 変調指数と周波数利用効率の関係性

出所)ECC Report173:「Fixed Service in Europe Current use and future trends post 2016」、(2016)

2） 適応変調方式

適応変調方式とは、図 1-5 に示す通り、伝搬状況に応じて変調方式をスケーリング(例:4QAM → 64QAM → 256QAM)することにより、伝送容量を動的に増加させる方式である。

適応変調方式は、気象条件が良い場合に高次の変調方式を用いる(例えば、晴れの日に 256QAM を用いる等)ことでさらに容量を得ることできる。適応変調方式は高次の変調方式を効率的に利用することができるため、現在非常に普及している方式である[2]。

[2] Ericsson 社へのヒアリングより

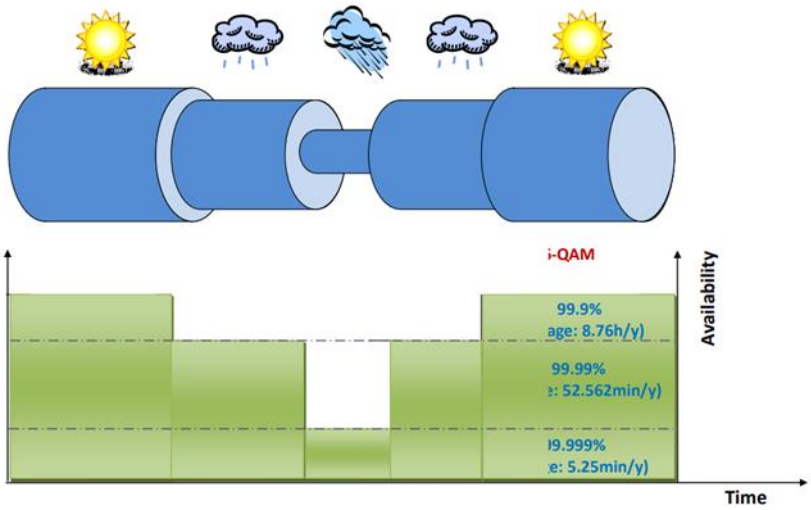


図 1-5 適応変調方式の概念図

出所)ECC Report173:「Fixed Service in Europe Current use and future trends post 2016」、(2016)

3） 完全パケット方式

大容量のシステムが必要となってきている背景から、無線トラフィックの性質が、現在のモバイルネットワークで主に使われている TDM(Time-Division Multiplexing)から、次世代のモバイルネットワークで必要な IP/Ethernet などのパケットトラフィックへと変わりつつある。

図 1-6 に示す通り、現時点では TDM/Ethernet のハイブリット・パケット方式であるが、将来的には完全パケット方式となることが予想される。

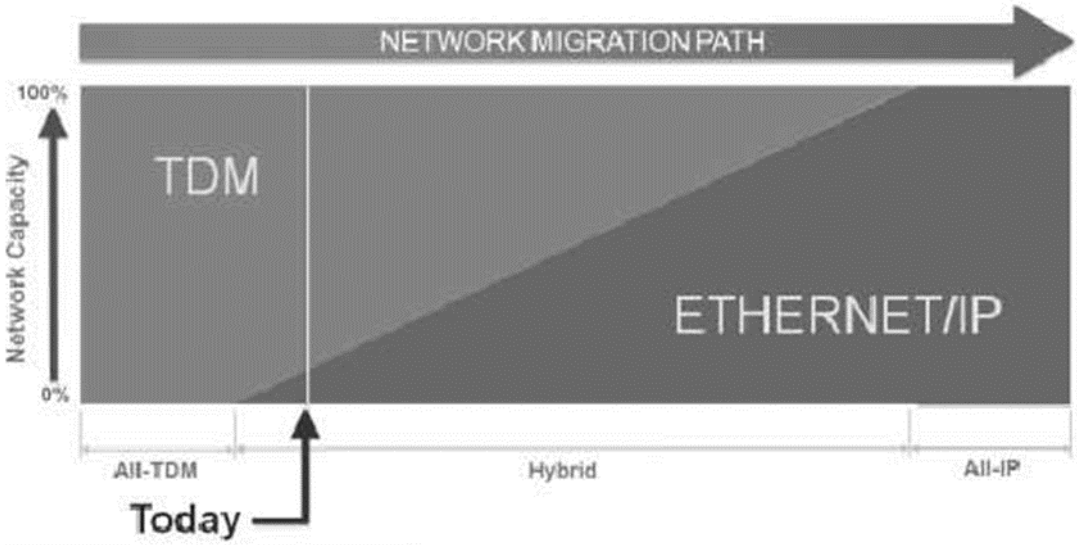


図 1-6 既存の TDM バックホールネットワークから Ethernet/IP への移行

出所)Aviat Networks、HYBRID MICROWAVE FOR SMOOTHNETWORK EVOLUTION(2010)

4） 交差偏波干渉除去（XPIC）

XPIC（Cross-Polarization Interference Cancellation）とは、CCDP 伝送（Co-Channel Dual-Polarization）と共に使用され、同じチャネルでマイクロ波伝送容量を倍増させることができる技術である。

CCDP 伝送では、1 つのチャネルに水平偏波と垂直偏波を使用し、2 チャネルの信号を伝送する。CCDP 伝送では、直交する 2 つの信号が同じ周波数であっても干渉しないことが理想的であるが、実際には 2 つの信号が直交しているにもかかわらず、アンテナの交差偏波識別度（XPD：Cross Polarization Discrimination）やチャネルの劣化により、信号間の干渉がどうしても発生する。この干渉をなくすために、図 1-7 のように XPIC 技術を使って水平方向と垂直方向に信号を受信し、2 方向の信号を処理し、干渉された信号から元の信号を復元する。

現在マルチ・キャリア展開が増加しているため、XPIC を伴う CCDP 伝送技術は広く普及している[3]。

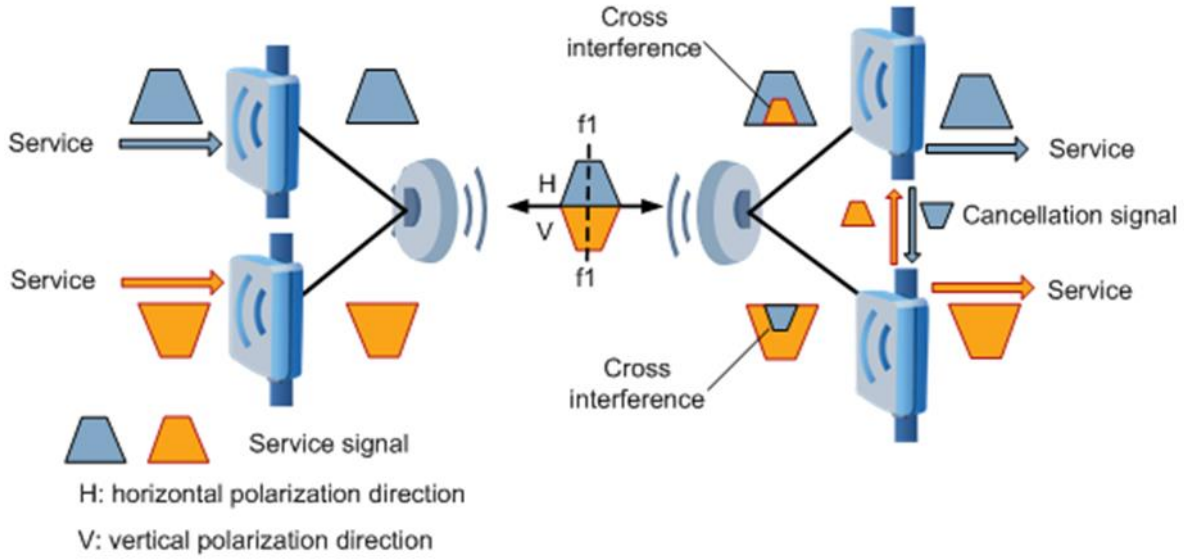


図 1-7 XPIC の技術を用いた CCDP チャネル構成

出所）HUAWEI,https://forum.huawei.com/enterprise/en/cross-polarization-interference-cancellation/thread/739711-100305（2023 年 1 月 6 日閲覧）

5） より大きなチャネル間隔

周波数利用効率を増加させるためには、チャネル間隔を大きくすることが必要である。チャネル間隔の規定状況を以下に示す。今後はチャネル間隔がより大きくなっていくことが予想される。

- 6GHz帯：55MHz（XPIC, 1 Gbit/s）（フィンランドより提示）
- 13GHz以下：28/29.65/40MHz（ECC と ITU-R より、推奨するチャネル配置として提示）
- 現在は 28/30/40MHz チャネルが主に利用されているが、 56/60/80/112 MHz チャネルも一般的となってきている[4]。

[3] Ericsson 社へのヒアリングより
[4] Ericsson 社へのヒアリングより

6） Bands and Carrier Aggregation（BCA）

BCA とは、複数の CC（Component Carrier）を束ねて同時に利用することにより通信速度を高速化できる技術である。

BCA は、CC の周波数配置により、以下に分類される。（図 1-8）

- バンド内の連続する CC を用いる Intra-band Contiguous CA
- バンド内の非連続の CC を用いる Intra-band Non-contiguous CA
- 異なるバンドの CC を用いる Inter-band Non-contiguous CA

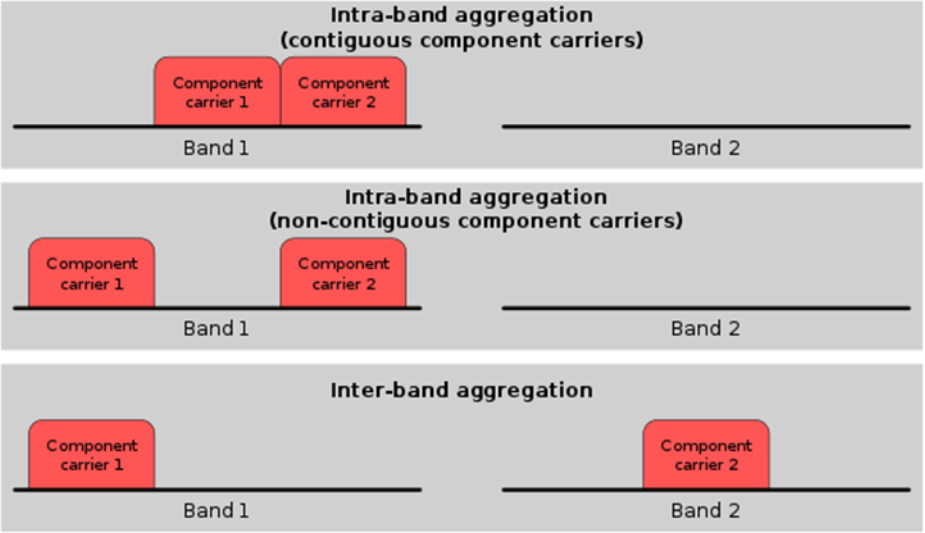


図 1-8 BCA における CC の配置のパターン

出所）Capestone、Carrier Aggregation,https://capestone.com/en/tech/carrier-aggregation/#:~:text=In%20Carrier%20Aggregation%2C%20multiple%20frequency,of%20up%20to%20100%20MHz.（2023 年 1 月 6 日閲覧）

また、BCA の主なユースケースを以下に示す。

- 低マイクロ波周波数帯でのチャネルアグリゲーション（長距離アプリケーション）
- 中マイクロ波周波数帯におけるチャネルアグリゲーション
- 従来のマイクロ波周波数帯と W バンド（75－110GHz）でのチャネルアグリゲーション

7） Multiple Input and Multiple Output（MIMO）

MIMO とは、複数アンテナで送信し、複数アンテナで受信することにより通信容量を増やす技術である[5]。MIMO には NLoS MIMO と Los MIMO があり、概要を図 1-9 に示す。

- NLoS MIMO：見通し外（Non Line of Sight：NLoS）通信環境にて行う MIMO。モバイル通信で用いられる。伝送容量はアンテナ数倍に増加するが、環境条件に応じても変動する。また、見通しがとれた場合、伝送容量増加の効果は失われる。
- LoS MIMO：見通し内（Line of Sight：LoS）通信環境にて行う MIMO。マイクロ波通信シス

[5] ECC Report258、Guidelines on how to plan LoS MIMO for Point-to-Point Fixed Service Links（2017）

テムのような LoS 環境あっても、送受信のアンテナの幾何学的な配置条件によって伝送容量増大が可能である[6]。リンク容量増を図るために、他の手段がない場合には、LoS MIMO がしばしば用いられる[7]。

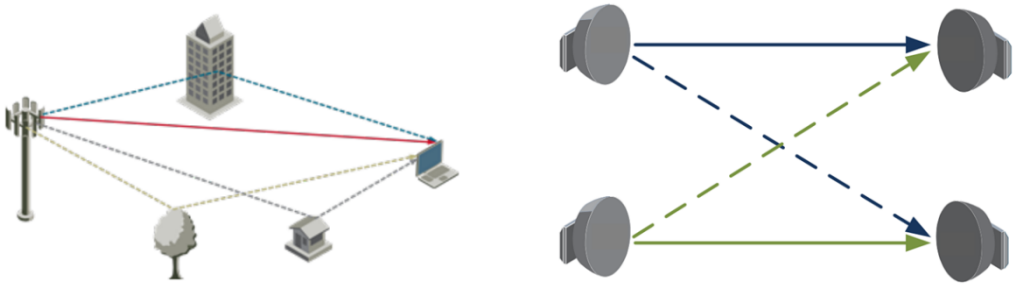


図 1-9 NLoS MIMO(左)と LoS MIMO(右)

出所)ECC Report173, Fixed Service in Europe Current use and future trends post 2016

MIMO を用いることで、送信アンテナ 2 つ×受信アンテナ 2 つ(2×2MIMO)になれば理論上の最大スループットは 2 倍となり、送信アンテナ 4 つ×受信アンテナ 4 つ(4×4MIMO)になれば 4 倍となる。現在、2x2 MIMO および 4x4 MIMO をサポートする製品も存在している。

また、MIMO システム上で行う伝送には様々な方式が提案されている。例えば、伝送品質を高める時空間符号化方式（Space-Time Coding）や伝送速度を向上させる空間多重方式（Spatial Multiplexing)等が研究されている。

1.4 6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムに係る外国の規制動向

本章では、欧州・米国における 6.5/7.5GHz 帯固定通信システム技術的条件の制度化動向について述べる。欧州においては、EU 規則 2014/53 にもとづき、ETSI 規格の EN 302 217(Fixed Radio Systems; Characteristics and requirements for point-to-point equipment and antennas)において、無線通信機器の技術的条件が規定されている。米国においては、連邦規則 Title 47(Telecommunication)の Part 101(Fixed Microwave Services)において、マイクロ波固定通信システムに関する各種ルールが FCC によって定められており、例えば、Subpart A で一般要件が、Subpart C で技術的条件が、Subpart D で運用要件が規定されている。

上記を踏まえ、調査対象文書を表 1-1 に示す。

表 1-1 欧米における法令・標準化文書と、技術的条件記載箇所

対象国	法令・規則	標準化文書	技術的条件記載箇所
欧州	EU 規則 2014/53	ETSI 規格の EN 302 217 (Fixed Radio Systems; Characteristics and requirements for point-to-point	EN 302 217 の Part2 の第 4 章

[6] NEC、10Gbps 伝送を実現する超大容量無線伝送技術、https://jpn.nec.com/techrep/journal/g13/n02/pdf/130217.pdf(2023年1月6日閲覧)

[7] Ericsson 社へのヒアリングより

		equipment and antennas)	
米国	連邦規則 Title 47 の (Telecommunication) Part 101 (Fixed Microwave Services)	なし (Part101 にて無線規格が規定されている)	Part 101 の Subpart C

出所)三菱総合研究所／日本電気作成

1.4.1 米国における制度化動向

米国における固定通信システムに係る規格は、連邦規則 Title 47 の Part 101 の Subpart C に記載されている。1.4.3 で言及する技術的条件項目に対応する記載状況を表 1-2 に示す。

表 1-2 技術的条件項目に関する Title 47/Part 101/Subpart C での記載内容

技術的条件項目	Title 47/Part 101/Subpart C での記載内容	記載箇所
(1)多値変調方式	QAM を用いた規定はなされていないが、周波数帯・帯域幅ごとに「〇〇 bits/second/Hertz 以上を満たすこと」といった規定がなされている	§ 101.141 Microwave modulation
(2)適応変調方式	記載なし	—
(3)所要降雨マージン	記載なし	—
(4)FER	記載なし	—
(5)最大送信電力・EIRP	周波数ごとに、最大許容 EIRP が規定されている	§ 101.113 Transmitter power limitations.
(6)ATPC	ATPC の定義は記載されているものの、技術的条件までは記載されていない	—
(7)標準受信入力規定	周波数ごとに、S/N 値や C/I 値などを用いて干渉に関する基準が規定されている	§ 101.105 Interference protection criteria.
(8)送信信号特性・受信フィルタチェーン特性	記載なし	—
(9)標準受信空中線特性	周波数ごとに、最小アンテナ利得の要件が規定されている	§ 101.115 Directional antennas.

出所)三菱総合研究所作成

1.4.2 欧州における制度化動向

欧州における固定通信システムに係る規格は、ETSI 規格の EN 302 217 に規定されている。具体的な内容は 1.4.3 節で言及することとし、本節では EN 302 217 の概要を示す。

EN 302 217 の概要を表 1-3 に示す。EN 302 217 は Part1～4 の全 4 文書からなり、技術的条件は Part2 の 4 章に規定されている。

表 1-3 ETSI 規格(EN 302-217)の概観

文書名	タイトル	主な記載内容
ETSI EN 302-217-1	Part 1: Overview, common characteristics and requirements not related to access to radio spectrum	すべての Point-to-Point 機器およびアンテナに共通するすべての特性、原理、最も重要な用語と定義
ETSI EN 302-217-2	Part 2: Digital systems operating in frequency bands from 1 GHz to 86 GHz; Harmonised Standard for access to radio spectrum	固定サービス(FS)に割り当てられた 1GHz～86GHz の周波数帯で動作する Point-to-Point (P-P)デジタル固定無線システム(DFRS)の技術特性及び測定方法を規定

ETSI EN 302-217-3	Part 3: Equipment operating in frequency bands where both frequency coordinated or uncoordinated deployment might be applied; Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive	57GHzより高い周波数帯で動作する Point-to-Point デジタル固定無線システム(DFRS) の基本要件を規定
ETSI EN 302-217-4	Part 4: Antennas	ETSI EN 302 217-2 の適用範囲である、1 GHz から 86 GHz の周波数範囲で動作する Point-to-Point 無線機器用アンテナの特性および要件を規定

出所)三菱総合研究所／日本電気作成
注)6.5/7.5GHz 帯に係る文書は、Part1、2、4 の 3 文書である。

1.4.3 ETSI 規格と国内技術的条件・審査基準の対比

1.2 で選定した技術的条件項目を対象に、ETSI 規格と国内基準の対比分析を行った。具体的には、検討対象とする技術的条件項目について、現行の ETSI 規格で規定される技術的条件、国内 6/6.5/7.5GHz帯の技術的条件及び高度化で先行する 11/15/18GHz帯の技術的条件の規定の対比等について整理を行った。

(1) 高次多値変調方式

1) ETSI 規格で規定される技術的条件

多値変調方式に対応する指標として、ETSI 規格では Reference modulation index[8](参照変調指数)が記載されている。ETSI 規格では、表 1-4 に示す通り、2048QAM までの変調に対して技術的条件の記述がなされている。

表 1-4 Reference modulation index と多値変調指数の関係性

Reference modulation index	Spectral efficiency class	Description
1	1	Equipment with spectral efficiency based on typical 2-states modulation scheme (e.g. 2FSK, 2PSK)
2	2	Equipment with spectral efficiency based on typical 4-states modulation scheme (e.g. 4FSK, 4QAM)
3	3	Equipment with spectral efficiency based on typical 8-states modulation scheme (e.g. 8PSK)
4	4L	Equipment with spectral efficiency based on typical 16-states modulation scheme (e.g. 16QAM, 16APSK)
5	4H	Equipment with spectral efficiency based on typical 32-states modulation scheme (e.g. 32QAM, 32APSK)
6	5L	Equipment with spectral efficiency based on typical 64-states modulation scheme (e.g. 64QAM)
7	5H	Equipment with spectral efficiency based on typical 128-states modulation scheme (e.g. 128QAM)
8	6L	Equipment with spectral efficiency based on typical 256-states modulation scheme (e.g. 256QAM)
9	6H	Equipment with spectral efficiency based on typical 512-states modulation scheme (e.g. 512QAM)
10	7	Equipment with spectral efficiency based on typical 1 024-states modulation scheme (e.g. 1024QAM)
11	8	Equipment with spectral efficiency based on typical 2 048-states modulation scheme (e.g. 2048QAM)

[8] 例えば、Reference modulation index が 10 であれば、2^{10}=1024QAM であることを表す。

出所)ETSI、EN302 217-2、p18

2） 6/6.5/7.5GHz 帯における国内の技術的条件

5.8GHz～7.5GHz 帯固定通信システムの電波法関係審査基準では、256QAM までの変調方式について規定がなされている

3） 11/15/18GHz 帯における国内の技術的条件

11/15/18GHz 帯では、過年度固定通信システム高度化検討を基に、電波法関係審査基準が提示されており、1024QAM までの変調方式について規定がなされている。

（2） 適応変調方式

1） ETSI 規格で規定される技術的条件

ETSI 規格では、表 1-5 の通り、受信機全体の性能を評価する指標としてビット誤り率(BER)基準を満足する、受信機入力信号レベル(RSL: Receiver Input Signal Level)の上限値が規定されている。受信機製造事業者は、受信機の RSL が表 1-5 の RSL 値以下となるよう、受信機を製造する必要がある。なお、これらの値の根拠は、ETSI TR 101 854 によるものと記載されており、ETSI TR 101 854 には図 1-10 のように計算式が記載されている。

表 1-5 ETSI 規格における、6.5/7.5GHz 帯の RSL 規定内容

Spectral efficiency		Minimum RIC rate (Mbit/s)	Co-polar channel separation (MHz)	RSL for BER ≤ 10^{-6} (dBm) (see note 2)	RSL for BER ≤ 10^{-8} (dBm) (see note 2)	RSL for BER ≤ 10^{-10} (dBm) (see note 2)
Reference index	Class					
2	2	2	1,75	-93	-91,5	-
		4	3,5	-90	-88,5	
		8	7	-87	-85,5	
		16	14 to 15	-84	-82,5	
		32	28 to 30	-81	-79,5	
		64	56 to 60	-78	-76,5	
		128	112	-75	-	-72
3	3	3	1,75	-88	-86,5	-
		6	3,5	-85	-83,5	
		12	7	-82	-80,5	
		24	14 to 15	-79	-77,5	
		48	28 to 30	-76	-74,5	
		96	56 to 60	-73	-71,5	
		192	112	-70	-	-67
4	4L	4	1,75	-86	-84,5	-
		8	3,5	-83	-81,5	
		16	7	-80	-78,5	
		32	14 to 15	-77	-75,5	
		45	20	-76	-74,5	
		64	28 to 30	-74	-72,5	
		128	56 to 60	-71	-	-68
		256	112	-68	-	-65

出所)ETSI EN 302 217-2 V3.3.1,p.73

$$RSL_{norm}(dBm/MHz) = -114 + Noise\ Figure + 10 * log_{10}(Symbol\ Rate) + \left(\frac{S}{N}\right) \quad (1)$$

where Noise Figure NF = 0 dB

The actual RSL (rated, typical value) may be calculated using equation (2):

$$RSL\ (dBm) = RSL_{norm} + 10 * log_{10}(B_{MHz}) + NF + IM_F + IM_S \quad (2)$$

図 1-10 RSL 計算式

出所)ETSI TR 101 854 V2.1.1
注)IM_F:Noise Figure Industrial Margin(dB)、IM_S:S/N Industrial Margin(dB)

2） 6/6.5/7.5GHz 帯における国内の技術的条件

6/6.5/7.5GHz 帯における審査基準においては、各変調方式に対して、雑音指数や所要 C/N が規定されている。一方で、11/15/18GHz 帯と異なり、総合的な受信性能評価指標である受信感度[9]については審査基準に導入されていないことから、6/6.5/7.5GHz 帯においても導入要否の議論が必要である。

3） 11/15/18GHz 帯における国内の技術的条件

11/15/18GHz 帯における審査基準においては、図 1-11 の通り、各変調方式に対して、受信感度が規定されている。受信感度が新たに規定された背景として、11/15/18GHz 帯の旧審査基準では、雑音指数及び所要 C/N が個別に規定されており、受信機全体の性能が良いにも関わらず雑音指数及び所要 C/N の個別規定を満足しない装置は国内導入ができないという課題があったためである。

適応変調を行う場合には、これらの規定を満たしつつ行う必要があるものと考えられる。

[9] ETSI 規格で規定されている、受信機全体の性能を総合的に評価する指標。10log(ボルツマン定数×温度×等価雑音帯域幅)+NF+所要 C/N で求められる。ETSI 規格では“Receiver Input Signal Level”と記載されている。

表2－9　受信感度の許容値

周波数帯	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	受信感度の許容値（BER=1×10⁻⁴）
11、15GHz 帯	5MHz	4PSK	－87.4dBm 以下
	9.5MHz	16QAM	－78.2dBm 以下
	18.5MHz	4PSK	－81.5dBm 以下
		16QAM	－75.3dBm 以下
	36.5MHz	4PSK	－78.6dBm 以下
		64QAM	－67.4dBm 以下
		256QAM	－60.0dBm 以下
		1024QAM	－54.9dBm 以下
	53.5MHz	16QAM	－70.7dBm 以下
	72.5MHz	8PSK	－70.3dBm 以下
18GHz 帯	18.5MHz	4PSK	－78.8dBm 以下
	36.5MHz	64QAM	－67.4dBm 以下
		256QAM	－60.0dBm 以下
		1024QAM	－54.9dBm 以下

図 1-11　変調方式に対する受信感度の許容値

（3）　所要降雨マージン

1）　ETSI 規格で規定される技術的条件

ETSI 規格において、降雨減衰に関する技術的条件は規定されていない。なお、ETSI 規格に降雨減衰に関する技術的条件が導入される可能性について、海外事業者にヒアリングを行った結果を以下に示す。

- ETSI 規格はあくまでも無線機器の仕様に関する規格であるため、今後も降雨減衰に関する技術的条件が規定される事はないと考えている。
- ETSI 規格では現状降雨減衰は規定しておらず、今後も規定されないものと認識している。ベンダーとして降雨減衰を見積るにあたっては、勧告 ITU-R P.837-7[10]を利用している。

2）　6/6.5/7.5GHz 帯における国内の技術的条件

6/6.5/7.5GHz 帯における国内の審査基準においては、降雨減衰に関する規定はなされていない。

3）　11/15/18GHz 帯における国内の技術的条件

11/15/18GHz 帯における国内の審査基準案においては、降雨マージンの記載がなされている。図 1-12 の通り、降雨減衰による区間断時間率を計算する際に、降雨マージン Zp を用いる。降雨マージンは回線設計を行う際に考慮が必要となるパラメータである。

[10] ITU-R、Characteristics of precipitation for propagation modelling、https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.837-7-201706-I!!PDF-E.pdf（2023 年1月20日閲覧）

$$Z_p = C/N_{th} + 10\log\left\{10^{-\frac{C/N_o}{10}} - 10^{-\frac{C/N_i}{10}} - 10^{-\frac{C/N_{const}}{10}}\right\}$$

図 1-12 審査基準における降雨マージン規定

出所）総務省ウェブサイト、https://www.soumu.go.jp/main_content/000751925.pdf、2023 年 1 月 18 日閲覧
注）
C／Nth：熱雑音による C／N（搬送波電力対雑音電力比）(dB)、
C／No：符号誤り率＝1×1 0^{-4} の場合における所要 C/N(dB)、
C／Ni：搬送波電力対雑音電力比(dB)
C／Nis：同経路干渉雑音による C／N(dB)

（4） 最大送信電力・EIRP

1） ETSI 規格で規定される技術的条件

ETSI 規格において、最大送信電力および EIRP（Equivalent Isotopically Radiated Power：等価等方輻射電力）は以下のように規定されている[11]。

- 送信機からアンテナへの最大送信電力は、1～10GHz の周波数帯域では+13dBW を超えてはならない。
- EIRP は、+55dBW を超えてはならない。

2） 6/6.5/7.5GHz 帯における国内の技術的条件

送信空中線の EIRP については、図 1-13 に示す通り上限値が規定されている。

(A) 正対方向以外への等価等方輻射電力の制限

表 4 に示す正対方向以外への等価等方輻射電力（1 キャリア当たり）の制限値を満足すること。

表 4 正対方向以外への等価等方輻射電力の制限値

周波数帯	正対方向からの放射角度（θ）	等価等方輻射電力の制限値（dBm）注
6.5、7.5GHz 帯	4° ≦ θ ＜40°	73－27.5log θ（72－40log θ）
	40° ≦ θ ＜90°	29（8）
	90° ≦ θ ＜110°	96.5－0.75 θ（8）
	110° ≦ θ	14（8）

注 標準変調方式に 64QAM を用いた場合は、括弧内の値とする。

図 1-13 送信空中線に関する EIRP の規定

[11] ETSI EN 302 217-2 V3.3.1 、P24

3） 11/15/18GHz 帯における国内の技術的条件

送信空中線の EIRP については、6.5/7.5GHz 帯と同様に、図 1-14 に示す通り上限値が規定されている。

表1－11 11/15GHz 帯送信空中線の等価等方輻射電力による制限値
（16QAM 方式 9.5/18.5/53.5MHz、64QAM 方式 36.5MHz、8PSK 方式 72.5MHz）

空中線の放射角	等価等方輻射電力の上限値（dBm）
2.5° ≦ θ＜48°	65.0－25.0log θ
48° ≦ θ	23.0

注 等価等方輻射電力の上限値は 1 キャリアあたり

表1－12 18GHz 帯送信空中線の等価等方輻射電力による制限値

空中線の放射角	等価等方輻射電力の上限値（dBm）
2.5° ≦ θ＜48°	70.0－20.8log θ
48° ≦ θ	35.0

注 等価等方輻射電力の上限値は 1 キャリアあたり

図 1-14 11/15/18GHz 帯の審査基準案における送信空中線の EIRP の規定
出所）総務省ウェブサイト、https://www.soumu.go.jp/main_content/000751925.pdf、2023 年 1 月 18 日閲覧

（5） 標準受信入力規定

1） ETSI 規格で規定される技術的条件

ETSI 規格においては、図 1-15 の通り、BER=10^{-6}、10^{-8}、10^{-10} となる受信信号レベル RSL がそれぞれ規定されているが、所要 C/N や雑音指数 NF は規定されていない。

Table C.6: BER as a function of receiver input signal level RSL (upper bound of declared limit)

Spectral efficiency		Minimum RIC rate (Mbit/s)	Co-polar channel separation (MHz)	RSL for BER ≤ 10^{-6} (dBm) (see note 2)	RSL for BER ≤ 10^{-8} (dBm) (see note 2)	RSL for BER ≤ 10^{-10} (dBm) (see note 2)
Reference index	Class					
2	2	2	1,75	-93	-91,5	-
		4	3,5	-90	-88,5	
		8	7	-87	-85,5	
		16	14 to 15	-84	-82,5	
		32	28 to 30	-81	-79,5	
		64	56 to 60	-78	-76,5	
		128	112	-75	-	-72
3	3	3	1,75	-88	-86,5	-
		6	3,5	-85	-83,5	
		12	7	-82	-80,5	
		24	14 to 15	-79	-77,5	
		48	28 to 30	-76	-74,5	
		96	56 to 60	-73	-71,5	
		192	112	-70	-	-67
4	4L	4	1,75	-86	-84,5	-
		8	3,5	-83	-81,5	
		16	7	-80	-78,5	
		32	14 to 15	-77	-75,5	
		45	20	-76	-74,5	
		64	28 to 30	-74	-72,5	
		128	56 to 60	-71	-	-68
		256	112	-68	-	-65
5	4H	24	7	-77	-75,5	-
		49	14 to 15	-74	-72,5	-
		98	28 to 30	-71	-69,5	-
		196	56 to 60	-68	-	-65
		392	112	-65	-	-62

図 1-15 BER as function of receiver input signal level RSL(upper bound of declared limit)

出所)ETSI EN 302 217-2 V3.3.1、P73

ETSI 技術報告においては、図 1-16 の通り、所要 C/N に対応する指標として、S/N が提示されている。例えば、BER＝10^{-6}となる S/N は、64QAM の条件で 20.5-26 dB と示されている。

S/N は誤り訂正の性能などを考慮した値であるが、各社の実装によりばらつきがあるためレンジが記載されている[12]。

Frequency band	5,925 GHz to 6,425 GHz					6,425 GHz to 7,125 GHz		
System Option Capacity (Mbit/s) in Bandwidth (MHz) (Modulation scheme)	34 in 29,65 (4 State)	2 × 34 in 29,65 (16 QAM)	51 in 29,65 (16 QAM)	140/STM-1 in 29,65 (128 QAM)	2 × STM-1 in 29,65 (CCDP) (128 QAM)	51 in 20 (16 QAM)	2 × STM-1 in 40 (CCDP) (64/128 QAM)	2 × STM-1 in 40 (512 QAM)
NF (dB)	5	5	5	5	5	5	5	5
S/N (dB)	10,5 to 14,2	13,7 to 19,3	13,7 to 19,3	23,6 to 29,4	23,6 to 29,4	13,7 to 19,3	20,5 to 26/ 23,6 to 29,4	31,1 to 33,5

Frequency band	7,425 GHz to 7,9 GHz									
System Option Capacity (Mbit/s) in Bandwidth (MHz) (Modulation scheme)	8 in 7 (4 State)	2 × 8 in 7 (16 QAM)	2 × 8 in 14 (4 State)	34 in 14 (16 QAM)	2 × 34 in 14 (64 QAM)	51 in 14 (32 QAM)	51 in 20 (16 QAM)	34 in 28 (4 State)	2 × 34 in 28 (16 QAM)	51 in 28 (16 QAM)
NF (dB)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
S/N (dB)	10,5 to 14,2	13,7 to 19,3	10,5 to 14,2	13,7 to 19,3	20,5 to 26	16,4 to 23	13,7 to 19,3	10,5 to 14,2	13,7 to 19,3	13,7 to 19,3

図 1-16 Table of typical values for noise figure and signal/noise at BER = 10^{-6}

出所)ETSI TR 101 854 V2.1.1、P20

2） 6/6.5/7.5GHz 帯における国内の技術的条件

審査基準では、BER＝10^{-4}における所要 C/N として、64QAM の条件で 26dB と規定されている。なお、ETSI 規格と同一の条件となる BER＝10^{-6}における所要 C/N の値は規定されていない。

[12] 海外事業者へのヒアリングより

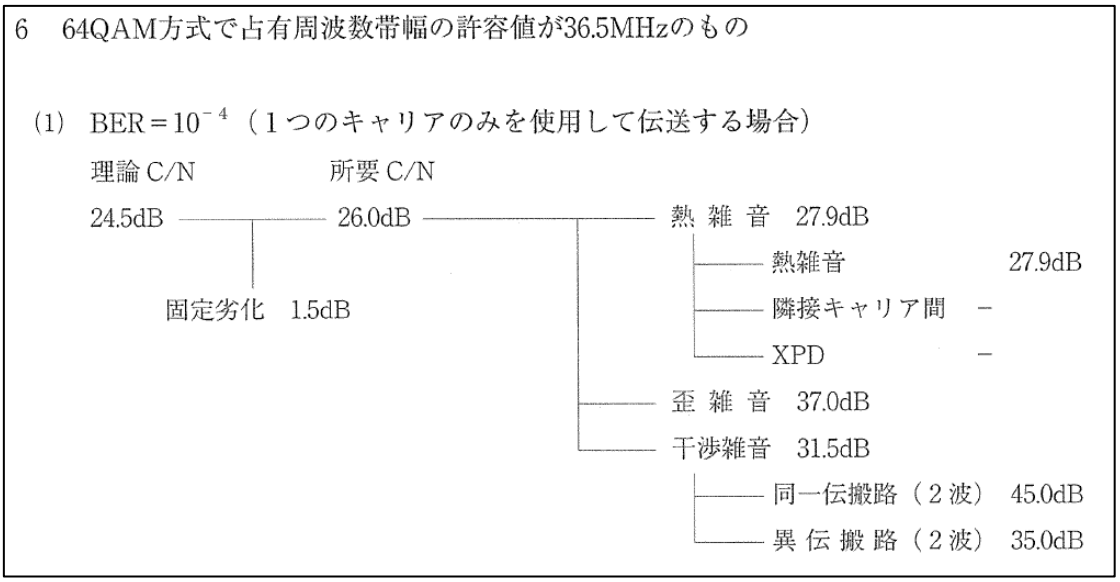


図 1-17　6.5/7.5GHz 帯における審査基準における、所要 C/N の値

3）　11/15/18GHz 帯における国内の技術的条件

ETSI 技術報告では、11/15/18GHz 帯における BER＝10^{-6} での 64QAM での S/N は 20.5-26 dB となっている。以前の審査基準では BER=10^{-4} で C/N 値が 26dB であり、BER 特性曲線の傾きから、BER=10^{-4} と 10^{-6} 点で約 2dB の差があるため、審査基準と ETSI 技術報告の差分は最大で 7.5dB となる。上記を踏まえ、表 1-6 のように所要 C/N を 7.5dB 緩和した値となるよう、審査基準が変更された。所要 C/N の変更に伴い、図 1-18 のように標準受信入力規定についても、下限値が 7.5dB 緩和されている。

表 1-6　ETSI 規格における S/N と 11/15/18GHz 帯審査基準における C/N の比較

ETSI 技術報告	11/15/18GHz 帯の旧審査基準	11/15/18GHz 帯の新審査基準
S/N＝20.5-26 dB （BER＝10^{-6}、64QAM）	所要 C/N＝28dB 注) （BER＝10^{-6}、64QAM）	所要 C/N=20.5dB （BER＝10^{-6}、64QAM）

出所）各種資料より三菱総合研究所作成
注）旧審査基準上では BER＝10^{-4} での値しか記載がないため、BER 特性曲線の傾きから BER＝10^{-6} での値を求める。
注）C/N の値が大きいほど基準が厳しいことを表すため、国内の旧審査基準のほうが ETSI 技術報告よりも厳しい基準となっていた。

（エ）伝送の質

A　標準受信入力は、表９の上限値と下限値の範囲内において、表10の回線不稼働率を満たす下限値に近しい値であること。

表９　標準受信入力

周波数帯	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	標準受信入力の上限値(dBm) 注１	標準受信入力の下限値(dBm)	最大受信入力(dBm)
11、15GHz帯	5MHz	4PSK	15GHz帯:−36	15GHz帯:−49.5	−34
			11GHz帯:−37	11GHz帯:−50.5	−35
	9.5MHz	16QAM	−37 注2	−50.5 注2	−35 注2
	18.5MHz	4PSK	−34 注2	−47.5 注2	−32 注2
			−34 注2 注3	-50.5 注2 注3	−32 注２
		16QAM	−34 注2	−47.5 注2	−32 注2

（エ）伝送の質

A　受信入力は、表７のとおりであること。

表７　受信入力

周波数帯	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	標準受信入力(dBm) 注１	最大受信入力(dBm)
11、15GHz帯	5MHz	4PSK	15GHz帯：−39±3	−34
			11GHz帯：−40±3	−35
	9.5MHz	16QAM	−40±3 注2	−35 注2
	18.5MHz	4PSK	−37±3 注2	−32 注2
			−37(+3, −6) 注2 注3	−32 注2
		16QAM	−37±3 注2	−32 注2

図 1-18　11/15/18GHz 帯審査基準案における標準受信入力の規定

（6）　送信信号特性及び受信フィルタチェーン特性

1）　ETSI 規格で規定される技術的条件

ETSI 規格では、Spectral efficiency class、CS、周波数に応じてスペクトルマスクがそれぞれ規定されている。スペクトルマスクの一例を図 1-19 に示す。

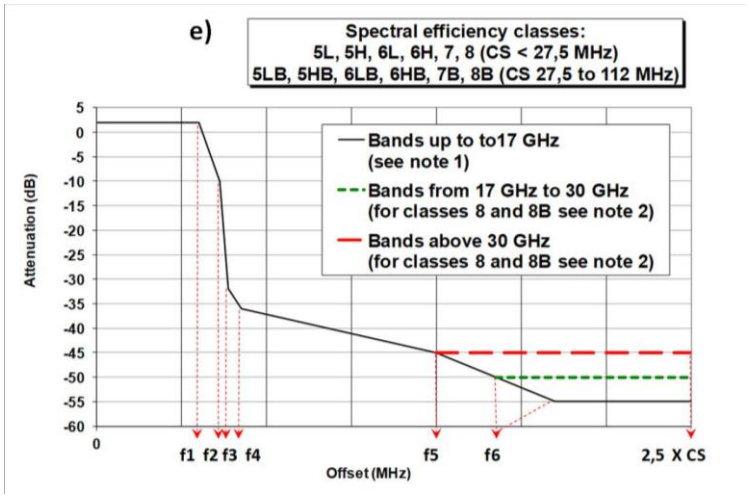


図 1-19　Transmitter Radio Frequency spectrum masks (frequency bands in the range below 57 GHz)

出所)ETSI EN 302 217-2 V3.3.1、P31

2） 6/6.5/7.5GHz 帯における国内の技術的条件

6/6.5/7.5GHz 帯の審査基準では、干渉軽減係数（IRF）が規定されている状況であるが、送信信号特性および受信フィルタチェーン特性は規定されていない。

3） 11/15/18GHz 帯における国内の技術的条件

11/15/18GHz 帯の旧審査基準では、干渉軽減係数（IRF）が規定されているが、既存システムの送信／受信のフィルタ特性は非公開であることから無線設備の設計時に IRF を確認することができない課題があった。

そのため、ETSI 規格を基本とした実波形を参考とし、国内の占有周波数帯幅の許容値毎の規定に合わせたマスクを定義し、それを無線設備が満たすべき送信信号特性および受信フィルタチェーン特性として規定することとした。送信信号特性・受信フィルタチェーン特性を図 1-20 に示す。

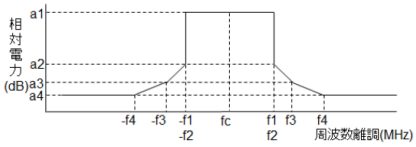


図2－4 送信信号特性

表2－1 送信信号特性基準値

周波数帯	チャネル幅	f1 (MHz) a1 (dB)	f2 (MHz) a2 (dB)	f3 (MHz) a3 (dB)	f4 (MHz) a4 (dB)
11、15GHz 帯	5MHz	2.5 0.0	2.5 −16.0	2.6 −36.0	10.0 −55.0
	10MHz	5.0 0.0	5.0 −36.0	− −	18.5 −55.0
	20MHz	10.0 0.0	10.0 −36.0	− −	36.0 −55.0
	40MHz (4PSK)	20.0 0.0	20.0 −36.0	− −	70.5 −55.0
	40MHz (4PSK 以外)	20.0 0.0	20.0 −40.0	− −	70.5 −55.0
	60MHz	30.0 0.0	30.0 −36.0	− −	103.5 −55.0
	80MHz	40.0 0.0	40.0 −36.0	− −	140.0 −55.0
18GHz 帯	20MHz	10.0 0.0	10.0 −36.0	− −	36.0 −55.0
	40MHz	20.0 0.0	20.0 −40.0	− −	70.5 −55.0

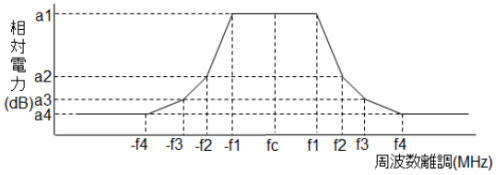


図2－5 受信フィルタチェーン特性

表2－2 受信フィルタチェーン特性基準値

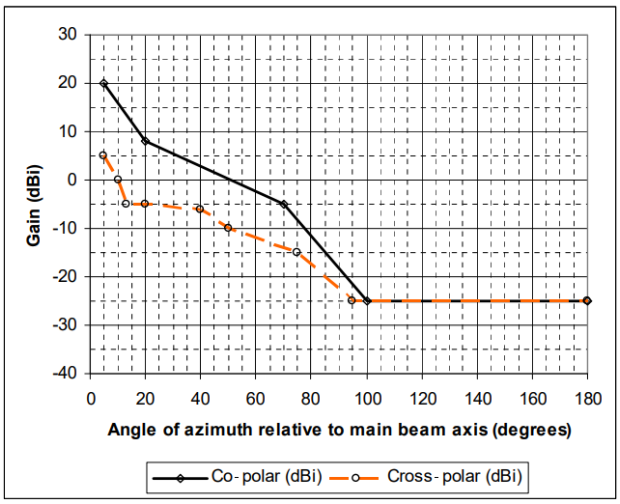
	チャネル幅	f1 (MHz) a1 (dB)	f2 (MHz) a2 (dB)	f3 (MHz) a3 (dB)	f4 (MHz) a4 (dB)
11、15、18 GHz 帯	5MHz	2.5 0.0	2.55 −12.0	2.6 −45.0	3.8 −64.0
	10MHz	4.75 0.0	4.8 −7.0	5.0 −46.0	7.3 −64.0
	20MHz	9.25 0.0	9.3 −5.0	10.0 −47.0	14.7 −64.0
	40MHz	18.25 0.0	18.3 −4.0	20.0 −47.0	29.5 −64.0
	60MHz	26.75 0.0	26.8 −7.0	30.0 −47.0	40.8 −64.0
	80MHz	36.25 0.0	36.3 −4.0	40.0 −47.0	59.0 −64.0

図 1-20 送信信号特性（左図）と受信フィルタチェーン特性（右図）

（7） 標準受信空中線特性

1） ETSI 規格で規定される技術的条件

ETSI 規格における、3～14GHz でのクラス 3 アンテナの RPE（Radiation Pattern Envelope）を図 1-21 に示す。ETSI 規格は、アンテナをクラス 1 から 4 に分類しており、特にクラス 3 はマイクロ波伝送では最も利用されているクラスであり、市街地を含むあらゆるエリアで利用される。



Angle (°)	Co-polar (dBi)	Angle (°)	Cross-polar (dBi)
5	20	5	5
20	8	10	0
70	-5	13	-5
100	-25	20	-5
180	-25	40	-6
		50	-10
		75	-15
		95	-25
		180	-25

Figure 13: Class 3 antennas RPE (3 GHz to 14 GHz)

図 1-21 3～14GHz でのクラス 3 アンテナの RPE

出所)ETSI EN 302 217-4 V2.1.1、P17

2） 6.5/7.5GHz 帯における国内の技術的条件

6.5/7.5GHz 帯審査基準においては、「希望波方向以外の方向の絶対利得は図 1-22 に示す値以下であること」と定められている。

また、ETSI 規格と審査基準の標準受信空中線特性の比較を図 1-23 に示す。

図 1-23 の通り、6.5/7.5GHz 帯においては、標準的な変調方式が 64QAM の場合、ETSI 規格と比較して、バックローブ方向(90 度以降)では、ETSI 規格の方が 5dB 程度厳しく、サイドローブ方向(90 度以内)では、現行の審査基準の方が最大で 20dB 程度厳しくなっている。

また、ETSI 規格では標準的な変調方式に応じて標準受信空中線特性の規定は変わらない一方で、国内審査基準では標準的な変調方式(4PSK、16QAM、64QAM)に応じて標準受信空中線特性の基準に違いがある。

周波数帯	空中線の放射角度（θ）	受信空中線特性（dBi）注
6.5、7.5GHz 帯	0° ≦ θ ＜4°	48－1.28 θ^2（47.3－1.706 θ^2）
	4° ≦ θ ＜40°	44－27.5log θ（44－40log θ）
	40° ≦ θ ＜90°	0（－20）
	90° ≦ θ ＜110°	67.5－0.75 θ（－20）
	110° ≦ θ	－15（－20）

注 1　標準変調方式に 64QAM を用いた場合は、括弧内の値とする。

注 2　標準変調方式に 128QAM を用いる場合にあっては、110° ≦ θ ≦ 170° においては、希望波方向の絶対利得－65dB の値とする。

図 1-22　6.5/7.5GHz 帯審査基準における、標準受信空中線特性

出所）総務省ウェブサイト、https://www.soumu.go.jp/main_content/000397311.pdf、2023 年 1 月 18 日閲覧

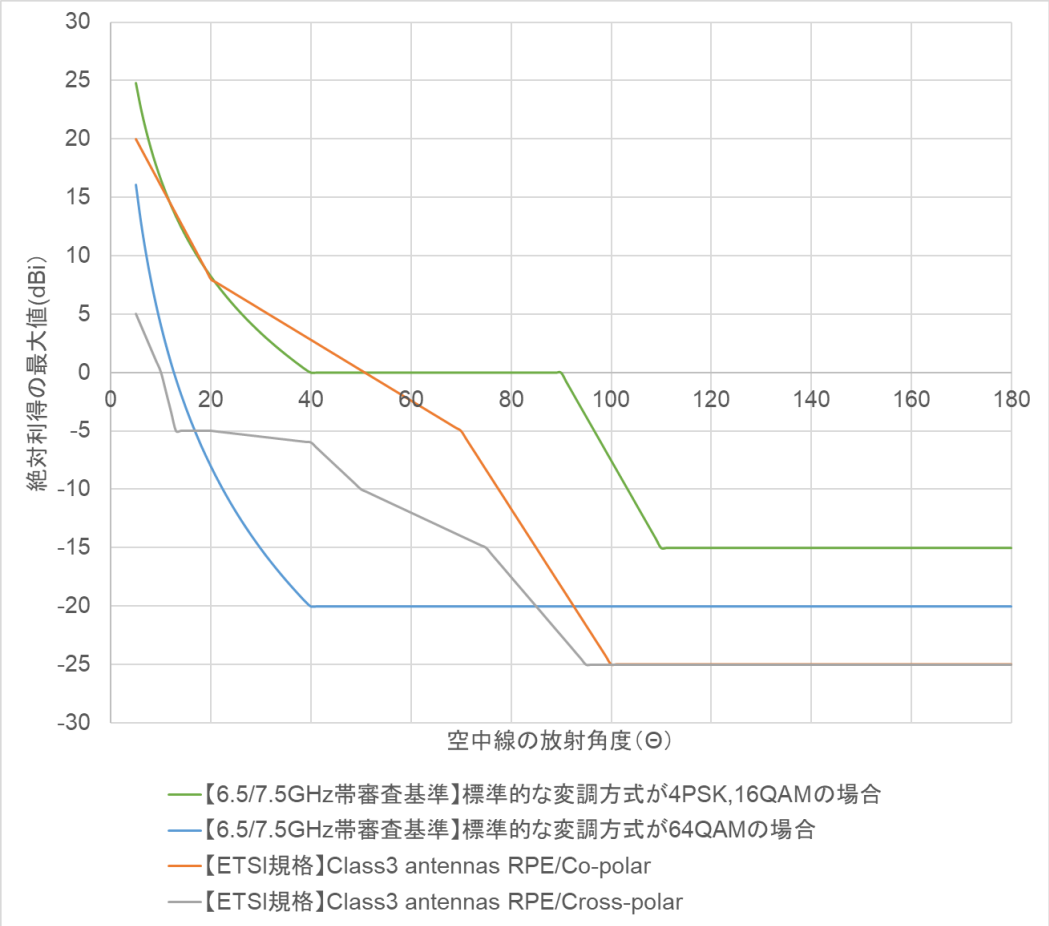


図 1-23　ETSI 規格と 6.5/7.5GHz 帯審査基準における、標準受信空中線特性の比較

出所）各種資料を基に、三菱総合研究所作成

3）　11/15/18GHz 帯における国内の技術的条件

11/15GHz 帯における旧審査基準と ETSI 規格では、サイドローブ（40～50 度付近）では 10～

15dB の乖離がある。仮に特性が 10dB 程度緩和された場合、現行ルート全体の約 1～3%で影響がある事が確認され、置き換え等の場合では、継続使用ができなくなる恐れが高いことが想定され、11/15GHz 帯の標準受信空中線特性の現行基準は変更しないこととされた。

1.5 6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの現行基準における課題

1.2 で選定した技術的条件項目に対する前項での ETSI 規格との比較等を踏まえ、6/6.5/7.5GHz 帯の現行基準に関する課題と検討の方向性について、以下の通り整理を行った。

表 1-7 技術的条件項目に対する課題と検討の方向性

技術的条件項目	課題と検討の方向性
(1)高次多値変調方式	高度化検討の机上検討結果を踏まえ審査基準への反映を行う。
(2)適応変調方式	変調方式の切り替わり条件となる受信電力の閾値として「受信感度」を用いるかについて検討する。
(3)所要降雨マージン	ETSI 規格では規定はなされていないが、11/15/18GHz 審査基準案では、降雨マージンが規定されている。11/15/18GHz 帯と比較して、6/6.5/7.5GHz 帯は降雨減衰の影響が少ない可能性も鑑み、降雨マージンに関する技術的条件は、高度化検討の結果を踏まえて導入必要性を判断する。
(4)最大送信電力・EIRP	空中線特性における ETSI 規格の導入判断に伴い検討する。
(5)標準受信入力規定	受信感度規定により無線装置の性能基準を設けた上で、実力 C/N、雑音指数 NF を用いる回線設計により回線の品質を担保する方針を検討する。
(6)送信信号特性・受信フィルタチェーン特性	11/15/18GHz 帯と同様に送信信号特性・受信フィルタチェーン特性を導入する必要性があるかについては、6/6.5/7.5GHz 帯審査基準での IRF 基準の設定背景を踏まえた上で、11/15/18GHz 帯と同様の考え方での見直し要否を検討する。
(7)標準受信空中線特性	6/6.5/7.5GHz 帯審査基準では、ETSI 規格と比べて基準が厳しい箇所と緩い箇所がある。11/15/18GHz 帯でも同様の状況であったが、基準を緩和した際の影響を評価すること等を通じて、審査基準の変更必要性を評価している。審査基準の特段の見直しを行わない場合は ETSI 規格にのみ準拠の装置国内導入は困難となるが、6/6.5/7.5GHz 帯においても基準の見直しを行う場合には同様の検討を行った上で導入必要性を判断する。

2.　無線システムの高度化に関する規定方法等の検討

無線システムの高度化に関する規定方法等の検討にあたり、まず始めに、フィールド試験を含む高度化検討の結果を以下に示す。

多値変調（512QAM/1024QAM 等）における回線品質及び適応変調技術の検証

電波法関係審査基準の電波の型式及び受信電力に規格化されていない多値変調（512QAM/1024QAM 等）の回線品質について検証を行った。

多値変調時の回線品質について、令和4年度調査検討にて実施した、既存の回線設計手法による机上検討、及び無線機を用いた多値変調による無線伝送のフィールド試験（128QAM）の結果を踏まえて、机上検討、フィールド試験（512QAM/1024QAM）、高次多値変調における適応変調技術の検証を実施した。スループットの目標値は、占有周波数帯幅を 28.5MHz としたとき、512QAM において 190Mbps、1024QAM において 210Mbps とした。試験により得られたフェージングや降雨減衰等に関するデータを解析し、机上検討の結果との比較検証を行った。また、検証結果から多値変調における電波の型式及び受信電力の規定値や回線設計手法、回線設計パラメータを定める。加えて、多値変調時の固定通信システムの電波伝搬特性や切り替え時の環境状況、受信電力の閾値等を検証した。

フィールド試験の取得データから瞬断率規格を満足していることを確認し、机上検討した審査基準の規格案が妥当であり、審査基準で求められる回線品質が確保可能であると判断した。

回線設計

● フィールド試験における回線設計手法
審査基準に則った標準的な回線設計では、無線装置の性能マージン等が含まれている。それらを削減した「フィールド試験用」の回線設計を行い、伝送の質（回線瞬断率）を満足しているか、より高確度な検証を実施した。

回線設計検討	ルート①		ルート②		ルート③	
	鉄塔A－鉄塔B		鉄塔A－鉄塔C		鉄塔D－鉄塔E	
伝送距離	34km		33km		32km	
周波数帯	6.5GHz		7.5GHz		6.5GHz	
SD構成	無し		無し		有り	
占有周波数帯幅	28.5MHz		28.5MHz		28.5MHz	
アンテナ利得(送受)[dB]	86.2		87.4		78.4	
空間損失(フィーダ含む)[dB]	-142.3		-143.0		-141.9	
固定変調/適応変調	固定変調		固定変調	適応変調	固定変調	
標準的な変調方式	512QAM	1024QAM	2048QAM	128QAM	512QAM	1024QAM
変調方式範囲(適応変調時)	－	－	－	128QAM ～1024QAM	－	－
標準受信入力[dBm]	-40.0	-37.0	-33.8	-45.3	-44.3	-41.3
所要ﾌｪｰｼﾞﾝｸﾞﾏｰｼﾞﾝ[dB]	18.0	18.0	18.4	18.4	9.5	9.5
標準的な回線設計						
送信出力 [dBm]	16.0	19.0	29.0	18.0	19.0	22.0
受信電力 [dBm]	-40.1	-37.1	-39.6	-45.0	-44.5	-41.5
実フェージングマージン[dB]	19.2	18.8	18.4	21.2	14.8	14.4
フィールド試験用						
送信出力 [dBm]	12.0	16.0	26.0	13.0	11.0	15.0
受信電力 [dBm]	-44.1	-40.1	-36.6	-50.0	-52.5	-48.5
実フェージングマージン[dB]	18.2	18.8	18.4	19.2	9.8	10.4
目標回線瞬断率	1.36E-05		1.32E-05		1.28E-05	
回線断時間[s]（1カ月あたり）	35.3		34.2		33.2	

高次多値変調におけるフィールド試験結果の検証

● フィールド試験取得データの検証
512QAM/1024QAM/2048QAMのいずれの変調方式においても、審査基準で規定される回線瞬断率を満足することを確認した。

変調方式	周波数	試験区間	測定日数	瞬断率判定
512QAM	6.5GHz帯	鉄塔D－鉄塔E	69日間	規格内
		鉄塔A－鉄塔B	63日間	規格内
1024QAM	6.5GHz帯	鉄塔A－鉄塔B	70日間	規格超過※
		鉄塔D－鉄塔E	63日間	規格内
2048QAM	7.5GHz帯	鉄塔A－鉄塔C	70日間	規格内

※ フィールド試験用に減衰させた受信レベルで算出すると規格超過であるが、標準的な回線設計の場合、規格内である。

● 適応変調による伝送効率の向上
標準的な変調方式128QAMによる回線設計でフィールド試験を実施した。稼働時間の99.7%以上が最高次の変調方式2048QAMであり、高効率による伝送を確認した。

周波数帯	6.5GHz				7.5GHz			
占有周波数帯幅	28.5MHz				28.5MHz			
標準変調方式	128QAM				128QAM			
変調方式の範囲	128QAM～1024QAM				64QAM～2048QAM			
測定期間	2023/6/8～2023/8/28				2023/11/16～2024/1/17			
ルート	ルート① 鉄塔A-鉄塔B間				ルート② 鉄塔A-鉄塔C間			
方向	鉄塔A→鉄塔B		鉄塔B→鉄塔A		鉄塔A→鉄塔C		鉄塔C→鉄塔A	
	稼働時間[h]	稼働率	稼働時間[h]	稼働率	稼働時間[h]	稼働率	稼働時間[h]	稼働率
2048QAM	－	－	－	－	1490.77	99.951%	1489.52	99.949%
1024QAM	1862.25	99.755%	1841.22	99.755%	0.42	0.028%	0.47	0.031%
512QAM	3.18	0.171%	1.95	0.171%	0.17	0.011%	0.15	0.010%
256QAM	0.83	0.045%	0.57	0.045%	0.10	0.007%	0.12	0.008%
128QAM※	0.55	0.029%	0.60	0.029%	0.02	0.001%	0.02	0.001%
64QAM	－	－	－	－	0.03	0.002%	0.02	0.001%

※標準的な変調方式

図 2-1　多値変調における回線品質及び適応変調技術の検証結果概要

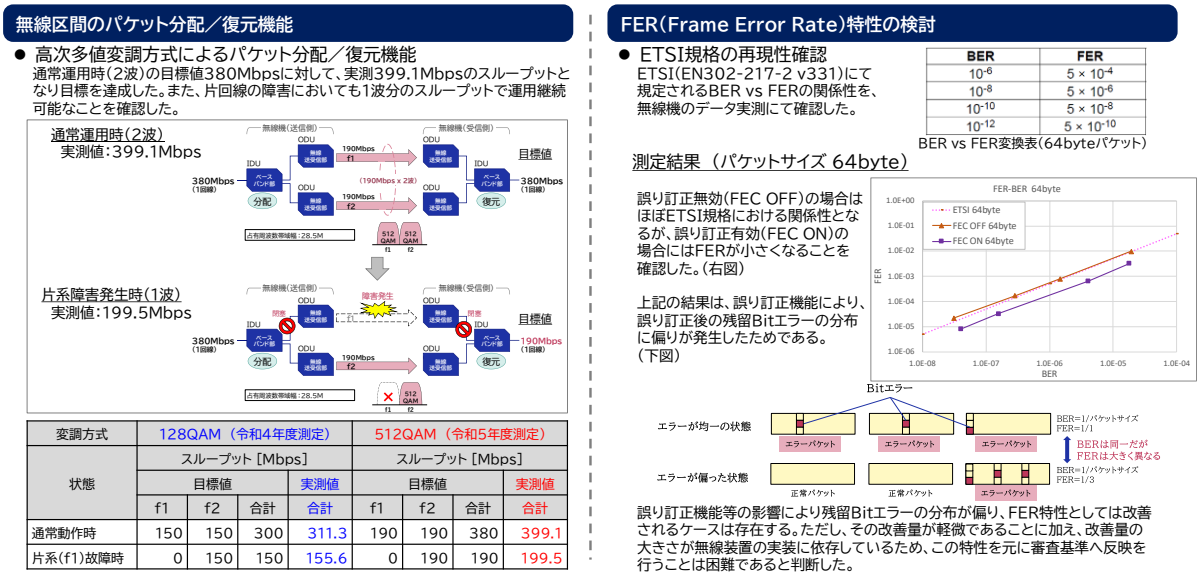
パケット伝送におけるデータ品質向上の確認

固定通信システムの無線区間をパケット分配・復元を可能とすることで、約2倍の伝送路を確保するとともに、障害発生時には伝送経路を切り替えるなど柔軟なネットワーク管理を可能とするイーサネット・リング・プロテクション・スイッチング（ERPS）を適用し、データ品質の向上などの検証を行った。

令和4年度調査検討にて実施した、パケット分配・復元及び ERPS の適用によるデータ品質の検討結

果を踏まえて、改良無線装置を用いたパケット伝送によるスループットの確認をフィールド試験で実施した。スループットの目標値は、占有周波数帯幅を 28.5MHz としたとき、512QAM において 190×2(=380)Mbps、1024QAM において 210×2(=420)Mbps とした。

試験結果から、無線区間のフェージング等による環境状況の変化とパケットロス等の伝送品質について考察を行い、高次多値変調方式を用いたパケット分配／復元機能では、結合する各無線回線に高次多値変調を用いることで更なる大容量の無線回線が実現できることを確認した。



BER	FER
10^{-6}	5×10^{-4}
10^{-8}	5×10^{-6}
10^{-10}	5×10^{-8}
10^{-12}	5×10^{-10}

変調方式	128QAM（令和4年度測定）				512QAM（令和5年度測定）			
状態	スループット [Mbps]				スループット [Mbps]			
	目標値			実測値	目標値			実測値
	f1	f2	合計	合計	f1	f2	合計	合計
通常動作時	150	150	300	311.3	190	190	380	399.1
片系(f1)故障時	0	150	150	155.6	0	190	190	199.5

図 2-2 パケット伝送におけるデータ品質向上の確認検証結果概要

多高出力/低消費電力/小型化に向けた歪み補償技術等の検証

固定マイクロ送信機の高出力化を図りつつ、波形歪みを抑制することにより、固定通信システムの無線区間の延伸を実現するとともに、伝送距離に変更がない場合には無線設備を更新する際に、アンテナを小型化するなど、周辺の通信環境に応じて、柔軟な対応が可能となることを目指した検討を行った。

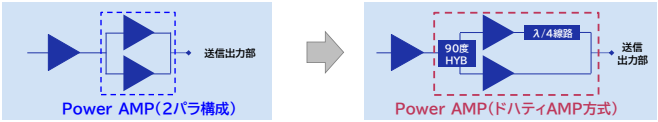
令和4年度調査検討にて実施した、高出力化及び波形歪み補償技術の検討結果を踏まえて、低消費電力及び小型化の検証を実施するとともに、令和4年度調査検討にて試作した改良無線装置を用いたフィールド試験を実施した。

単純な並列構成から高効率化が可能であるドハティ AMP 構成へ改良し、低消費電力、および小型化を実現できた。本検証により、高次多値変調方式においても波形歪の影響を抑圧しつつ高出力化することが可能であり、高次多値変調 2048QAM において伝送距離延伸が可能であることを確認した。

小型化、低消費電力化の検討

● ドハティAMP方式の採用

令和4年度に達成した送信出力性能(+36dBm)を維持しつつ、小型化、および低消費電力化を実現する方法を検討し、パワーアンプ部をドハティ方式の回路構成へ改良した。



小型化 試作評価

体積:約16%削減

(令和4年度比)

	令和4年度改良無線機	令和5年度改良無線機
体積	7.9L 290mm(W)×290mm(H)×94mm(D)	6.6L(※83.5%) 250mm(W)×250mm(H)×105mm(D)
重量	6.9kg	5.8kg (※84.1%)
外観		

※令和4年度比

低消費電力化 試作評価

消費電力:約11%削減

(令和4年度比)

	令和4年度改良無線機	令和5年度改良無線機
最大送信電力 (QPSK設定)	4W (+36dBm)	4W (+36dBm)
消費電力(max値)	66.4W	59.2W
送信電力1W あたりの消費電力	16.6W	14.8W (※89.2%)

※令和4年度比

高出力の有効性

一般的な無線機では、変調多値数の増加に伴い歪耐力が低下するため最大送信電力は低下していく。一方、本検証の高出力化手法では、高次多値変調方式についても波形歪を抑圧しつつ高出力化が可能であり、既存の6.5GHz/7.5GHz帯審査基準の最大送信出力+33dBmの規格内で伝送距離の延伸が実現可能となる。

項目	回線パラメータ	
周波数帯	6.5GHz	
変調方式	2048QAM	
占有周波数帯幅	28.5MHz	
空中線利得　送信 / 受信	43.1dB / 43.1dB	
給電線損失　送信 / 受信	1.36dB / 1.36dB	
受信機熱雑音電力	-94.5dBm	
ﾌｪｰｼﾞﾝｸﾞ時の所要C/Ntho	42.1dB	
	現行無線機最大送信出力	改良無線機最大送信出力
送信機出力	25dBm	29dBm
推定最長伝送距離	40.0km	47.5km
自由空間損失	141.0dB	142.5dB
標準時熱雑音	62.0dB	64.5dB
実ﾌｪｰｼﾞﾝｸﾞﾏｰｼﾞﾝ	19.9dB	22.4dB
所要ﾌｪｰｼﾞﾝｸﾞﾏｰｼﾞﾝ　Fmr	19.9dB	22.4dB
所要ﾌｪｰｼﾞﾝｸﾞﾏｰｼﾞﾝ　Fms	19.9dB	22.4dB
ﾌｪｰｼﾞﾝｸﾞ時熱雑音　対Fmr	42.1dB	42.1dB
ﾌｪｰｼﾞﾝｸﾞ時熱雑音　対Fms	42.1dB	42.1dB
回線瞬断率規格　Pis・d	1.60E-05	1.90E-05
区間瞬断率　Pi	1.59E-05	1.88E-05
標準受信入力	-33.1dBm±3dB	-31.8dBm±3dB
受信入力	-32.5dBm	-30.0dBm

図 2-3 多高出力/低消費電力/小型化に向けた歪み補償技術等の検証結果概要

以上の高度化検討結果を踏まえ、1.2 で選定した技術的条件項目の規定方法の検討結果を以下に示す。

(1) 高次多値変調におけるリファレンス方式

適応変調に対応したリファレンス多値数に関しては、現行電波法関係審査基準に記載の「適用伝送方式」の表が適用される。リファレンス多値数とは、「運用者(事業者)がその変調方式を用いた通信(ルート)において安定した回線品質を常時維持する(したい)場合に選択される変調方式」と定義される。表に定義されていない伝送方式をリファレンスとして無線回線に適用したい場合の回線品質確認のために、実際に使用することが想定される高次多値変調を新たに定義することが適当である。具体的には、6 GHz帯審査基準に対しては 512QAM/1024QAM/2048QAM の規定を、6.5/7.5GHz帯審査基準に対しては256QAM/512QAM/1024QAM/2048QAMの規定を追加する。(表 2-1、表 2-2)

表 2-1 6GHz 帯審査基準における適用伝送方式(修正後)

組合せ	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式注
①	5 MHz	4 PSK
②	9．5 MHz	256QAM
③	18．5 MHz	16QAM
④		64QAM
⑤		256QAM
⑥		512QAM
⑦		1024QAM
⑧		2048QAM
⑨⑥	36．5 MHz	64QAM
⑩		512QAM
⑪		1024QAM
⑫		2048QAM
⑬⑦	53．5 MHz	16QAM
⑭		512QAM
⑮		1024QAM
⑯		2048QAM

表 2-2 6.5/7.5GHz 帯審査基準における適用伝送方式(修正後)

	周波数帯	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式注1
①	7．5 GHz帯	2．5 MHz	4 PSK
②	6．5、7．5 GHz帯	5 MHz	
③		9．5 MHz	
④			16QAM
⑤			128QAM
⑥		19MHz	
⑦		28．5 MHz	
⑧			256QAM
⑨			512QAM
⑩			1024QAM
⑪			2048QAM
⑫⑧		36．5 MHz注2	64QAM
⑬			256QAM
⑭			512QAM
⑮			1024QAM
⑯			2048QAM

注1　直交周波数分割多重方式（OFDM方式）については、いずれかの変調方式の項目に対応すること。

注2　電気通信業務用固定局に限る。

リファレンス多値数で免許申請が行われる際は、上記表の組み合わせの中から選択されるリファレンス多値数での回線設計及び回線品質の確認(担保)が行われる必要があるが、適応変調に対応した装置における実運用では、リファレンス多値数以外の占有周波数帯幅の許容値及び標準的な変調方式の組み合わせによる運用も行われることとなり、以下の場合が想定される。

1） 低次の変調方式をリファレンス多値数として申請する場合（実運用ではリファレンス多値数よりも高次の変調方式を用いる可能性がある場合）

本ケースの具体例として、限られた（良好な）通信環境下ではより大容量の通信を行うケースが挙げられる。本ケースについては、リファレンス多値数における回線設計の情報を免許申請時に提出し、実運用での適応変調は、与干渉条件に変更はないことからも、回線品質に対する事業者自己責任のもと実施する方針が望ましい。

2） 高次の変調方式をリファレンス多値数として申請する場合（実運用ではリファレンス多値数よりも低次の変調方式を用いる可能性がある場合）

本ケースの具体例として、悪天候時には変調方式をリファレンスよりも低次な変調方式に落として通信を維持（完全な回線断を回避）する目的で運用されるケースが挙げられる。本ケースにおいては、より高次の変調方式と比較して、低次の変調方式に求められる許容 C/I は低いため、高次のリファレンス方式で回線品質が確認・担保されている限り、より低次の運用でも問題無く品質担保が可能である。また上記同様に与干渉条件に変更はないことからも、リファレンス多値数における回線設計の情報を免許申請時に提出する方針が望ましい。

上記リファレンス変調方式の追加に合わせ、電波法関係審査基準において、受信感度及び C/I 許容値の規定等について、高度化検討結果を踏まえ、検討を行った。

（2） 適応変調方式

現行の電波法審査基準においては、雑音指数（NF）及び所要 C/N が個別に規定されており、受信機全体の性能が良いにも関わらず雑音指数または所要 C/N の規定を満足しない装置は、国内への導入ができないという課題がある。

上記背景を踏まえ、6GHz帯については、11/15/18GHz 帯の過年度検討と同様に、欧州のETSI規格において規定されている「受信感度」の規定を導入することが適当である。受信感度の規定を導入することで、受信感度の規定を満たせば、受信感度及び所要 C/N の配分は任意とできることから柔軟な回線設計が可能となるという利点が生じることが理由として挙げられる。

図 2-4、図 2-5 に、6GHz 帯に関する、「C／No[13]＝受信感度－10log（ボルツマン定数×温度（300K）×等価雑音帯域幅）－NF」で定義される受信感度（BER＝1×10^{-4}）の規定案を示す。なお、等価雑音帯域幅の規定についても、柔軟な回線設計を可能にするという観点から削除するものとする。

[13] C/No の定義：符号誤り率 10^{-4}（6.5/7.5GHz 帯の電力系統保護用信号を含む場合は 10^{-7}）を確保するために必要な総合の搬送波電力対雑音電力比

表３　等価雑音帯域幅及び雑音指数

占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	等価雑音帯域幅	雑音指数
18．5MHz以下	256QAM	17．5MHz以下	５dB以下
９．5MHz以下		９．０MHz以下	
36．5MHz以下	64QAM	34．5MHz以下	
18．5MHz以下		17．5MHz以下	
53．5MHz以下	16QAM	51．０MHz以下	
18．5MHz以下		17．5MHz以下	
５．０MHz以下	４PSK	４．５MHz以下	

図 2-4　6GHz 帯審査基準における、等価雑音帯域幅及び雑音指数の規定（修正前）

占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	受信感度 (BER=1×10-4)
53．５MHz以下	2048QAM	-50.9dBm以下
36．５MHz以下		-52.6dBm以下
18．５MHz以下		-55.6dBm以下
53．５MHz以下	1024QAM	-54.4dBm以下
36．５MHz以下		-56.1dBm以下
18．５MHz以下		-59.1dBm以下
53．５MHz以下	512QAM	-57.9dBm以下
36．５MHz以下		-59.6dBm以下
18．５MHz以下		-62.6dBm以下
18．５MHz以下	256QAM	-63.2dBm以下
９．５MHz以下		-66.1dBm以下
36．５MHz以下	64QAM	-67.6dBm以下
18．５MHz以下		-70.6dBm以下
53．５MHz以下	16QAM	-70.9dBm以下
18．５MHz以下		-75.1dBm以下
５．０MHz以下	４PSK	-87.7dBm以下

図 2-5　6GHz帯審査基準における、受信感度の規定案（修正後）

6.5/7.5GHz 帯は簡易判定法と詳細判定法より構成され、回線瞬断率計算を行う詳細判定法について、6GHz 帯と同様に受信感度の規定を導入する。図 2-6、図 2-7 に、6GHz 帯に関する、「C／No＝受信感度－10log（ボルツマン定数×温度（300K）×等価雑音帯域幅）－NF」で定義される受信感度（BER＝1×10^{-4} 及び 1×10^{-7}）の規定案を示す。

周波数帯	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	等価雑音帯域幅	雑音指数
７．５GHz帯	２．５MHz	４PSK	２．５MHz	４dB
６．５、７．５GHz帯	５MHz		５MHz	
	９．５MHz		９．５MHz	
		16QAM		
		128QAM		
	19MHz		19MHz	
	28．５MHz		28．５MHz	
	36．５MHz	64QAM	36．５MHz	５dB

図 2-6 6.5/7.5GHz 帯審査基準における、等価雑音帯域幅及び雑音指数の規定(修正前)

周波数帯	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	等価雑音帯域幅	受信感度 (BER=1×10-4)	受信感度 (BER=1×10-7)
７.５GHz帯	２.５MHz	４PSK	２.５MHz	-91.2dBm以下	-87.4dBm以下
６.５、７.５GHz帯	５MHz		５MHz	-87.1dBm以下	-84.3dBm以下
	９.５MHz		９.５MHz	-84.4dBm以下	-81.6dBm以下
		16QAM		-78.7dBm以下	-73.9dBm以下
		128QAM		-72.2dBm以下	-69.7dBm以下
	19MHz		19MHz	-69.1dBm以下	-66.6dBm以下
	28.５MHz		28.５MHz	-67.4dBm以下	-64.9dBm以下
		256QAM		-63.9dBm以下	-61.4dBm以下
		512QAM		-60.4dBm以下	-57.9dBm以下
		1024QAM		-56.9dBm以下	-54.4dBm以下
		2048QAM		-53.4dBm以下	-50.9dBm以下
	36.５MHz	64QAM	36.５MHz	-67.3dBm以下	-67.3dBm以下
		256QAM		-62.8dBm以下	-60.3dBm以下
		512QAM		-59.3dBm以下	-56.8dBm以下
		1024QAM		-55.8dBm以下	-53.3dBm以下
		2048QAM		-52.3dBm以下	-49.8dBm以下

図 2-7 6.5/7.5GHz帯審査基準における、等価雑音帯域幅及び受信感度の規定案(修正後)

(3) 所要降雨マージン

所要降雨マージンについては、ETSI 規格では導入されていないが、11/15/18GHz 帯の審査基準には導入されているため、6/6.5/7.5GHz 帯においても同様に導入するかどうかを検討した。

高度化検討におけるフィールド試験の結果、10 分間当たり 16～17mm の豪雨下においては、受信入力レベルの低下が確認されたと報告されている。一方で、①フィールド試験において豪雨は 8 か月間の測定で 10 分間のみ生じた事象であり、豪雨の発生確率が僅かであること、またフィールド試験では当該豪雨事象による回線断は生じていないこと、及び、②6.5/7.5GHz 帯では降雨減衰量が 11/15/18GHz 帯よりも小さいことを鑑みると、降雨マージンの審査基準への導入は不要と考えられる。

（4） 最大送信電力・EIRP

6GHz 帯については、高度化検討における高多値化のもとでの高出力化の検討を踏まえ、新たに規定する 512QAM、1024QAM、2048QAM に関する送信出力はそれぞれ、26dBm（512QAM）、25dBm（1024QAM）、25dBm（2048QAM）とする。（参考として、例えば現行審査基準の256QAM 18.5MHz 以下については、EIRP と空中線特性の差分より 28dBm となっている）

現行の変調方式と占有周波数帯幅の許容値の組み合わせに上記の新たな変調方式と占有周波数帯幅の許容値の組み合わせを加え、新たな空中線規定のもとでの EIRP を表 2-3 で規定する。

表 2-3 6GHz 帯 等価等方輻射電力（EIRP）

占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	正対方向からの放射角度（θ）	等価等方輻射電力の上限値（1キャリア当たり）（dBm）注
18.5MHz 以下	256QAM	θ＝5°	48
（送信出力 28dBm）		θ＝20°	36
		θ＝70°	23
		90°≦θ	8
36.5MHz 以下	64QAM	θ＝5°	48
（送信出力 28dBm）		θ＝20°	36
		θ＝70°	23
		90°≦θ	8
9.5MHz 以下	256QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
18.5MHz 以下	64QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
53.5MHz 以下	16QAM	θ＝5°	42
（送信出力 22dBm）		θ＝20°	30
		θ＝70°	17
		90°≦θ	2
18.5MHz 以下	16QAM	θ＝5°	42
（送信出力 22dBm）		θ＝20°	30
		θ＝70°	17
		90°≦θ	2
5.0MHz 以下	4PSK	θ＝5°	42

（送信出力 22dBm）		θ＝20°	30
		θ＝70°	17
		90°≦θ	2
（新たに規定する 512QAM、1024QAM、2048QAM ついて）			
53.5MHz 以下	2048QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
36.5MHz 以下	2048QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
18.5MHz 以下	2048QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
53.5MHz 以下	1024QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
36.5MHz 以下	1024QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
18.5MHz 以下	1024QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
53.5MHz 以下	512QAM	θ＝5°	46
（送信出力 26dBm）		θ＝20°	34
		θ＝70°	21
		90°≦θ	6

※正対方向からの放射角度の断区間における EIRP は断区間両端 EIRP の線形とする。

なお、6.5GHz/7.5GHz 帯の現行審査基準 EIRP は、変調方式及び占有周波数帯幅の許容値による差異はなく、新たに導入する 2048QAM 等の変調方式を含め、新たな空中線規定のもとでの EIRP を表 2-4 で規定する。

表 2-4 6.5GHz/7.5GHz 帯 等価等方輻射電力(EIRP)

正対方向からの放射角度(θ)	等価等方輻射電力の制限値(dBm) 注
4°≦θ＜20°	73－27.5logθ(72－40logθ)(dBi)
50°≦θ＜90°	29(8)(dBi)
90°≦θ＜110°	96.5－0.75θ(8)(dBi)
110°≦θ	14(8)(dBi)

注 標準的な変調方式に 64QAM を用いた場合は、括弧内の値とする。また、正対方向からの放射角度の断区間における EIRP は断区間両端 EIRP の線形とする。

(5) 標準受信入力規定

高度化検討における回線設計・フィールド試験の結果より特段回線断等の問題は生じなかったことより、新たに規定する変調方式については高度化検討における回線設計のパラメータを規定値として採用することが適当である。

また、(7)に記載の国内装置供給制約より、今後、現行の 3 面 SD から 2 面 SD 海外製装置等に変更する場合にはフェージング影響増大が想定されることより、フェージングの激しい区間に加えて装置変更によりフェージング影響が大きく増大する区間についても、最大受信入力まで設定を行うことを可能とすることが適当である。

(6) 送信信号特性・受信フィルタチェーン特性

干渉軽減係数(IRF)について、無線設備が満たすべき送信信号特性および受信フィルタチェーン特性の定義要否を、事業者からのフィルタ情報等の提供、また対他システム(放送システム)に関する IRF は現行基準通りという条件のもと検討を行い、送信信号特性および受信フィルタチェーン特性について特段定義は行わないとすることが適当とした。

(7) 標準受信空中線特性

運用者要望を踏まえ、ETSI 規格空中線の導入検討を行った。当該帯域における ETSI 規格空中線には Class 3 及び Class 4 と呼ばれるものがある。海外では通常、利得の高い Class 3 が利用され、回線が混み合った場合等に限り Class 4 が考慮されている。市場製品の大半は Class 3 であり Class 4 の種類は限られているが、Class 3 のサイドローブ利得は現行審査基準に比べて角度により大きくなることより、より現行審査基準に近い Class 4 についても対象とすることとし、干渉影響も確認した。

まず固定通信システムの既存ルートについては、運用者の既存ルートに対して現行審査基準の空中線から Class 3 に変更し評価のところ、自社既存ルートの半数程度において干渉影響が発生するという評価結果が得られたが、当該結果を踏まえた上でも、当該既存ルートの運用者からは、国内市場での新たな空中線供給が見込めない現況においては、既存回線の設計見直しを要するとしても海外 ETSI 規格空中線の導入が可能となる制度改訂が望ましいとの見解を得た。

また他システムからの干渉については、本調査検と並行して検討がなされている 6GHz 帯及び 6.5GHz 帯への WLAN 導入想定のもとでの共用検討を行い、6GHz 帯については VLP モード/LPI

モードに加え検討結果に応じて SP モードも含めた WLAN との共用が考えられることより、審査基準上の回線瞬断率計算において、WLAN からの干渉を考慮することとした。6.5GHz 帯については、SP モード導入の検討が進められているところであり、現段階において審査基準改訂の必要はないが、将来的に 6GHz 帯と同様のモードで導入される可能性を鑑み評価考察を行った。(詳細は(9)を参照)

以上の経緯を踏まえ、空中線の規定としては、現行審査基準空中線及び ETSI 規格空中線(Class 3 及び Class 4)を包含する特性を定義することとした。図 2-8 に 6GHz 帯及び 6.5GHz 帯の現行審査基準及び ETSI 規格空中線(Class 3 及び Class 4)を、表 2-5 にこれら空中線を包含する新たな空中線規定を示す。なお、ETSI 規格ではボアサイト利得の規定がないが、上限は現行審査基準空中線のボアサイト利得にあわせることが適当である。

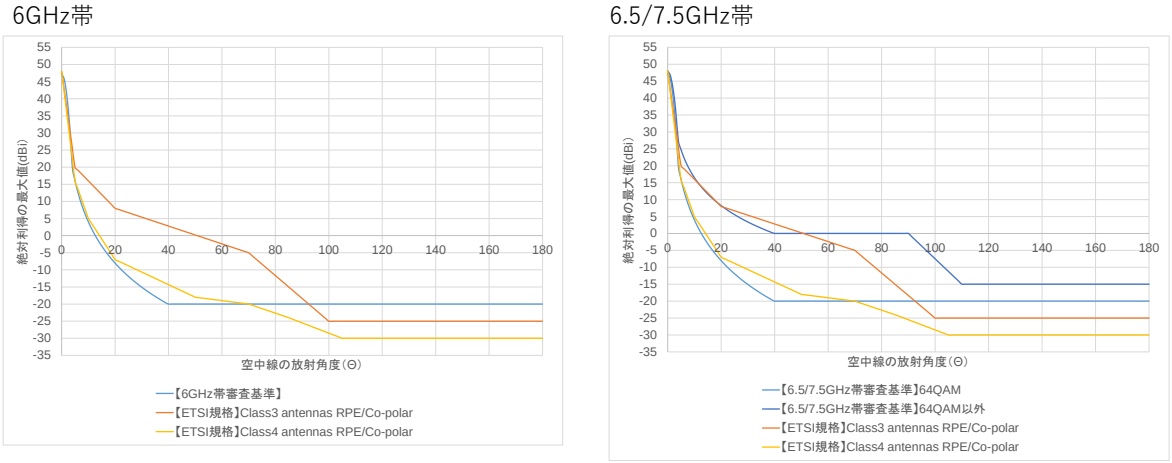


図 2-8 現行審査基準及び ETSI 規格空中線特性

表 2-5 受信空中線の標準特性

空中線の放射角度(θ)	受信空中線の標準特性(6GHz 帯)
θ=0°	47.3 (dBi)
θ=5°	20 (dBi)
θ=20°	8 (dBi)
θ=70°	-5 (dBi)
θ=90°	-20 (dBi)

空中線の放射角度(θ)	受信空中線の標準特性(6.5GHz/7.5GHz 帯) (括弧内は標準的な変調方式に 64QAM を用いた場合)
0°≦θ<4°	$48-1.28\theta^2$ ($47.3-1.706\theta^2$) (dBi)
4°≦θ<20°	$44-27.5\log\theta$ ($44-40\log\theta$) (dBi)
50°≦θ<90°	0(−20) (dBi)
90°≦θ<110°	$67.5-0.75\theta$ (−20) (dBi)
110°≦θ	−15(−20) (dBi)

なお、免許人同士の予期せぬ障害等が生じるような課題が予見される場合は、そのような課題について運用体制面の確実な制度設計も併せて図っておくことが適当である。

（8） 雑音配分

6.5/7.5GHz 帯審査基準については、別紙に雑音配分が規定されている。回線品質計算における所要 C/N 雑音配分の使用を鑑みると、現行規格に対する検討対象多値変調方式に関わる雑音配分規定の追加による拡張が適当である。

高次多値変調方式の雑音配分の検討において、その前提となる所要 C/N を導出した結果を表 2-6 に示す。

既存の変調方式 128QAM では誤り訂正の実装が前提とされており、さらに、理論 C/N と所要 C/N に差がなく固定劣化は”無し”と表記されている。このことから、誤り訂正の Coding Gain と固定劣化が相殺され、誤り訂正 Coding Gain は 3dB と考えられる。近年の高次多値変調方式を扱う無線装置は一般的誤り訂正機能を保有しており、高次多値変調方式においても同等の誤り訂正を前提とする。

また、高度化検討より、審査基準では所要 CNR と雑音指数で定められる品質基準と、ETSI では受信感度で定められる品質基準にそれぞれ差がないことを確認しており、高次多値変調方式の理論 C/N および固定劣化については、ETSI TR に記載される値を使用している。

表 2-6 6.5/7.5GHz 帯 高次多値変調方式の所要 C/N

周波数帯	占有周波数帯域幅	標準的な変調方式	理論C/N BER=1E-4 (dB) ①	固定劣化 (dB) ②(=③−④)	固定劣化 (誤り訂正前) (dB) ③	誤り訂正 CodingGain (dB) ④	所要C/N BER=1E-4 (dB) ⑤(=①+②)	分類
7.5GHz帯	2.5MHz	4PSK	11.8	3	3	0	14.8	既存
6.5、7.5GHz帯	5MHz		11.8	4	4	0	15.8	
	9.5MHz		11.8	4	4	0	15.8	
		16QAM	18.5	3	3	0	21.5	
		128QAM	28.0	0	3	3	28.0	
	19MHz		28.0	0	3	3	28.0	
	28.5MHz		28.0	0	3	3	28.0	
	36.5MHz	64QAM	24.5	1.5	4.5	3	26.0	
	28.5MHz	256QAM	30.5	0	3	3	30.5	新規
	28.5MHz	512QAM	33.5	0.5	3.5	3	34.0	
	28.5MHz	1024QAM	36.5	1	4	3	37.5	
	28.5MHz	2048QAM	39.5	1.5	4.5	3	41.0	
	36.5MHz	256QAM	30.5	0	3	3	30.5	
	36.5MHz	512QAM	33.5	0.5	3.5	3	34.0	
	36.5MHz	1024QAM	36.5	1	4	3	37.5	
	36.5MHz	2048QAM	39.5	1.5	4.5	3	41.0	

①理論 C/N(1E-4) ･･･ ETSI TR 103 053 v1.1.1 における Typical 値を参照

②固定劣化 ･･･ ③固定劣化(誤り訂正前)-④誤り訂正 Coding Gain により算出

③固定劣化(誤り訂正前) ･･･ ETSI TR 103 053 v1.1.1 における Typical 値を参照

④誤り訂正 Coding Gain ・・・ 既存変調方式と同じ 3dB とする

④所要 RSL(1E-4) ・・・ ①理論 C/N(1E-4)+②固定劣化 により算出

次に、高次多値変調方式の所要 C/N を熱雑音、歪雑音、干渉雑音それぞれに対する C/N として配分した結果を表 2-7 に示す。

表 2-7 6.5/7.5GHz 帯 高次多値変調の雑音配分

周波数帯	占有周波数帯域幅	標準的な変調方式	所要C/N BER=1E-4 (dB)	熱雑音 C/N(dB)	歪雑音 C/N(dB)	干渉雑音 C/N(dB)	熱雑音 配分	歪雑音 配分	干渉雑音 配分	分類
7.5GHz帯	2.5MHz	4PSK	14.8	22.2	27.1	16	18%	6%	76%	既存
6.5、7.5GHz帯	5MHz		15.8	23.2	32.8	16.8	18%	2%	80%	
	9.5MHz									
		16QAM	21.5	25.3	38.5	24	42%	2%	56%	
		128QAM	28	29.3	45	34.3	74%	2%	24%	
	19MHz									
	28.5MHz									
	36.5MHz	64QAM	26	27.9	37	31.5	65%	8%	27%	
	28.5MHz	256QAM	30.5	31.7	48.2	37.1	76%	2%	22%	新規
		512QAM	34	35.2	51.5	41	76%	2%	22%	
		1024QAM	37.5	38.6	55	44.5	78%	2%	20%	
		2048QAM	41	42.1	59.2	48	78.5%	1.5%	20%	
	36.5MHz	256QAM	30.5	31.7	48.2	37.1	76%	2%	22%	
		512QAM	34	35.2	51.5	41	76%	2%	22%	
		1024QAM	37.5	38.6	55	44.5	78%	2%	20%	
		2048QAM	41	42.1	59.2	48	78.5%	1.5%	20%	

熱雑音に関しては、変調多値数に比例して所要 C/N が増加し、特に高次多値変調方式では回線設計を成立させるために高い受信入力が必要となる。高い受信入力を確保するには、伝送距離など設置条件が厳しくなることが想定されるため、熱雑音に対する C/N は可能な限り小さな値が望ましい。そのため、所要 C/N における熱雑音の C/N は配分を大きく取り、既存の変調方式128QAM と同等の所要 C/N+1dB を目安に設定する。

干渉雑音については、主に他回線からの干渉による雑音であり、アンテナが設置される鉄塔の位置やアンテナ方向など回線設置条件によって定まるパラメータであることから、容易に低減することは困難である。従って、既存回線の置換や新規回線の設置を考慮すると現行の水準とするのが望ましく、既存の変調方式 128QAM を基準に熱雑音 C/N の差分を加えた値を設定する。

歪雑音は装置内雑音や装置内干渉などの雑音であり、他雑音と異なり無線機のみで保証することができ、回線条件や変調方式に依存しないパラメータである。所要 C/N から、熱雑音および干渉雑音を除いた値を歪雑音に対する C/N とする。

（9） 他の無線システムとの共用

6GHz 帯及び 6.5GHz 帯への WLAN 導入の調査検討において、6GHz 帯については既に制度化されている VLP モード/LPI モードに加えて SP モードが、6.5GHz 帯については SP モードが、制

度化に向け検討を進められているところである。

よって、固定通信システムとの共用においては、ETSI 規格空中線の導入のもと、6GHz 帯については VLP モード/LPI モード/SP モード WLAN との共用の検討も必要となる。

6.5GHz 帯についてはAFC と呼ばれる仕組み(Automated Frequency Coordination:無線LAN より干渉可能性のある無線局位置に対し干渉量を計算し、干渉が起こらないよう出力や使用チャネルを自動で制御する仕組み)のもとでの SP モード導入の検討が進められているところであり、固定通信システムとの共用可能性を見極めることが必要である。また、将来的に VLP モード/LPI モードが導入される可能性も鑑み、6GHz 帯と同様に干渉影響の評価を行うことは有益である。

干渉影響評価は、これまでの WLAN 調査検討での方法の一例を踏襲し[14]、半径 5km 内に位置する WLAN から固定通信システムへの干渉量をモンテカルロシミュレーションにより計算し C/I カーブの算出が例示される。参考として、6GHz 帯及び 6.5GHz 帯シミュレーション検証パターンを以下に、また使用諸元を図 2-9 に示す。

- 6GHz 帯(5925-6425MHz) fc= 6175MHz

アンテナ高さ 25m, 人口密度:2000/km2(郊外) ／ アンテナ高さ 55m, 人口密度 15500/km2(大都市)

- 6.5GHz 帯(6570-6870MHz) fc= 6720MHz

アンテナ高さ 20m, 人口密度:2000/km2(郊外) ／ アンテナ高さ 55m, 人口密度 15500/km2(大都市)

6GHz帯(5925-6425MHz)

周波数	5925-6425MHz
受信帯域幅[MHz]	17.5
アンテナ高さ[m]	25 , 55
受信機NF[dB]	5
フィーダーロス [dB]	3
受信機ノイズフロア[dBm]	-96.3
標準受信入力 [dBm]	-40

RLANパラメータ	Low	Mid	High
Percentage per Population	90%	90%	90%
Busy Hour Factor	50%	62.7%	62.7%
6GHz Factor	48.15%	48.15%	48.15%
Overlap Factor	20.83%	20.83%	20.83%
Market Adaptation Factor	25%	32%	50%
RF Activity Factor	2%	2%	2%

同時送信デバイス(半径 5km)	郊外(2000/km2)	大都市 (15500/km2)
VLP	1	7
LPI	88	682
SP (Indoor)*	1	7
SP (Outdoor)*	1	1
NB**	106	824
合計	197	1521

6.5GHz帯(6570-6870MHz)

周波数	6570-6870MHz
受信帯域幅[MHz]	28.5
アンテナ高さ[m]	20, 55
受信機NF[dB]	4
フィーダーロス [dB]	1
受信機ノイズフロア[dBm]	-95.2
標準受信入力 [dBm]	-57.5

RLANパラメータ	Low	Mid	High
Percentage per Population	90%	90%	90%
Busy Hour Factor	50%	62.7%	62.7%
6GHz Factor	69%	69%	69%
Overlap Factor	9.05%	9.05%	9.05%
Market Adaptation Factor	25%	32%	50%
RF Activity Factor	2%	2%	2%

同時送信デバイス(半径 5km)	郊外(2000/km2)	大都市 (15500/km2)
VLP	1	5
LPI	54	424
SP (Indoor)*	1	5
SP (Outdoor)*	1	1
合計	57	435

[14] 情報通信審議会一部答申資料及び陸上無線通信委員会 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班での議論条件 https://www.soumu.go.jp/main_content/000810602.pdf

（SPモードに関する前提条件）

<前提条件>
- SPモード端末の最大EIRPは36dBm
- AFCによって21dBmまでの範囲で3dBステップで制御される*
- 屋外、屋内での利用を想定する** (屋内外の比率は昨年度の検討同様99%:1%とする)
- SPモードのEIRP分配テーブルとしてRKF Report***を参照する
- 伝搬モデルはシングルエントリーでの検討で用いた作業班検討モデルを用いる
- 屋内端末については、ITU-R P.2109 Traditional@50%の値を用いる
- SPモード端末の高さはVLP/LPI/NB同様の分配テーブルを参照する

*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 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班(第3回)資料3-6
**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 5.2GHz 帯及び 6GHz 帯無線 LAN 作業班(第6回)資料6-3
*** RKF Report: https://s3.amazonaws.com/rkfengineering-web/6UGC+Report+Release+-+24Jan2018.pdf

		Weighted EIRP Distribution (mW)							
Indoor Use Case	Weight	4000	1000	250	100	50	13	1	Total
Client	26.32%	0.00%	0.00%	0.00%	1.82%	12.03%	12.47%	0.00%	26.32%
Enterprise AP	2.63%	0.00%	0.00%	1.06%	0.90%	0.58%	0.09%	0.01%	2.63%
Consumer AP	66.31%	0.00%	0.00%	7.90%	2.76%	11.20%	38.94%	5.51%	66.31%
High-Performance Gaming Router	4.74%	0.67%	0.42%	1.43%	1.01%	0.83%	0.34%	0.04%	4.74%
Sub-Total	**100.00%**	**0.67%**	**0.42%**	**10.39%**	**6.49%**	**24.64%**	**51.84%**	**5.56%**	**100.00%**

Table 3-7 - Indoor RLAN Source EIRP Distribution (mW)

Indoorデバイスのうち約1%がSPモード端末と想定

		Weighted EIRP Distribution (mW)							
Outdoor Use Case	Weight	4000	1000	250	100	50	13	1	Total
High Power AP	20%	2.83%	1.77%	6.04%	4.21%	3.55%	1.44%	0.17%	20.00%
Low Power AP	30%	0.00%	0.25%	3.41%	1.33%	5.73%	16.87%	2.41%	30.00%
Client	50%	0.00%	0.00%	0.00%	3.46%	22.85%	23.68%	0.00%	50.00%
Sub-Total	**100.00%**	**2.83%**	**2.02%**	**9.45%**	**9.00%**	**32.13%**	**41.99%**	**2.58%**	**100%**

Table 3-8 - Outdoor RLAN Source EIRP Distribution (mW)

Outdoorデバイスのうち約5%がSPモード端末と想定

図 2-9 固定通信システムに対する WLAN からの干渉評価シミュレーション諸元

また、シミュレーションで使用の ETSI 規格空中線は以下の通りである。

- 6GHz 帯（5925-6425MHz）

  ETSI EN 302 217-4 V2.1.1 Class 3 ANT: Co-polar: Peak Gain: 47.3dBi

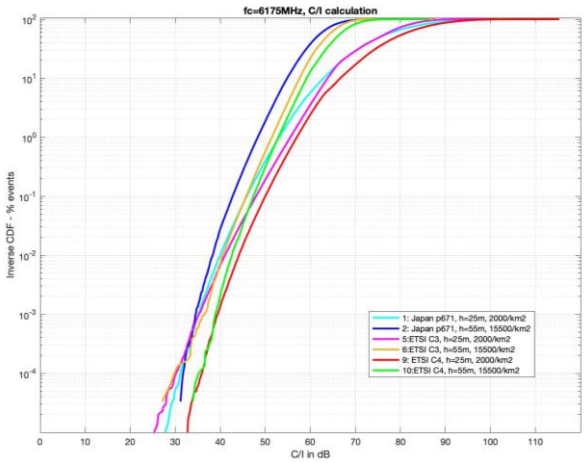
  ETSI EN 302 217-4 V2.1.1 Class 4 ANT: Co-polar: Peak Gain: 47.3dBi
- 6.5GHz 帯（6570-6870MHz）

  ETSI EN 302 217-4 V2.1.1 Class 3 ANT: Co-polar: Peak Gain: 48dBi

  ETSI EN 302 217-4 V2.1.1 Class 4 ANT: Co-polar: Peak Gain: 48dBi

モンテカルロシミュレーション結果としての C/I カーブを図 2-10 に示す。

6GHz帯（5925-6425MHz）



6.5GHz帯（6570-6870MHz）

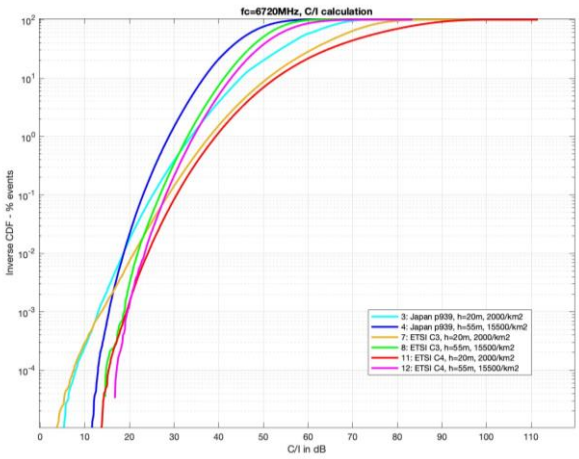


図 2-10 WLAN から固定通信システムへのモンテカルロシミュレーション結果

前記のように、6GHz 帯については VLP モード/LPI モードに加え検討結果に応じて SP モードも含めた WLAN との共用が考えられることより、審査基準上の回線瞬断率計算において、WLAN からの干渉を考慮することも必要である。具体的には、審査基準上の「C/N_{id}：異経路干渉雑音による C／N（dB）」の計算式において（審査基準 別紙(7)―8）、現行は、「$C／N_{idj}$：第 j 番目の異経路干渉雑音による C／N(dB)」と「$C／N_{id}(\gamma)$：レーダー波干渉雑音による C／N(dB)」より導出されているのに対

して、新たに「C／N_{WLAN}：WLAN 干渉雑音（LPI/VLP/ SP モード）による C／N（dB）」の項を導入し、C/N_{id} の計算式を下式に改訂することとが適当である（改訂箇所は青字部分）。

$$C/N_{id_t} = \min\left[-10\log\left\{\sum_{j=1}^{m} 10^{-\frac{C/N_{idj}}{10}} + 10^{-\frac{C/N_{id}(\gamma)}{10}} + 10^{-\frac{C/N_{WLAN_t}}{10}}\right\}, C/N_{ido} - M\right]$$

・min（x, y）：x 又は y の小さいほうを採用する。

・m：異なる伝搬路となる干渉波の数

・C／N_{idj}：第 j 番目の異経路干渉雑音による C／N（dB）

$$C/N_{idj} = -10\log\left\{10^{-\frac{(D/U_{idj}+IRF_j)}{10}} + 10^{-\frac{(D/U_{2dj}+IRF_j)}{10}}\right\}$$

・D／U_{1dj}：第 j 番目の同偏波異経路干渉雑音による D／U（dB）

・IRF_j：第 j 番目の干渉波に対する干渉軽減係数（dB）

・D／U_{2dj}：第 j 番目の異偏波異経路干渉雑音による D／U（dB）。

ただし、干渉区間がコチャネル以外の方式で、希望波がコチャネル方式の場合は見込まない。

・C／N_{id}（γ）：レーダー波干渉雑音による C／N（dB）

・C／N_{id}（γ）＝D／U（γ）＋L_{df}＋L_{filt}（γ）

・D／U（γ）：レーダー干渉波干渉による D／U（dB）

・L_{df}：レーダーと本方式との周波数差によるレーダー波スペクトルの減衰量（dB）

・L_{filt}（γ）：レーダーの送信フィルタによる減衰量（dB）

・C／N_{WLAN_t}：WLAN 干渉雑音（LPI/VLP/ SP モード）による C／N（dB）

発生確率S_tにおける WLAN 干渉雑音量N_{WLAN_t}（図 2-10：6GHz 帯結果）より計算

・C／N_{ido}：全干渉波に対する総合許容 C／I 値（dB）

また、回線瞬断率は、C／N_{WLAN_t} から導出されるP_{i_t}（無線 LAN の干渉波レベルがN_{WLAN_t}であるときの回線瞬断率）、及びS_t（無線 LAN の干渉波レベルN_{WLAN_t}の発生確率）の積を合算した値で計算するように変更を行うことが適当である。なお、N_{WLAN_t}及びS_tの値については、図 2-10 に示すモンテカルロシミュレーション結果を踏まえ、保守的に、現行審査基準空中線及び ETSI Class3 空中線（アンテナ高さは 55m）の 2 つのシナリオに関する値を用いて回線瞬断率基準値の充足確認を行うことが適当である。

一方で 6.5GHz 帯については、現段階において審査基準改訂の必要はないが、前記の通り WLAN 共用の可能性を鑑みることとし、制度化が行われた際には、上記 6GHz 帯と同様に、WLAN 干渉雑音量・発生確率（図 2-10：6.5GHz 帯結果）合算計算など検討を深めることによる C／N_{WLAN} 項を含む総合的な干渉のもとでの回線瞬断率計算に改訂することが考えられる。

なお、固定通信システムから WLAN への干渉影響の観点を含み WLAN 調査検討側からの一部構成員からの見解として以下を得ている。：「多値変調の導入に伴い今までよりも高い品質基準が C/I で規定されるが、I の支配的要因はルート間干渉となることから無線 LAN との共用検討にほぼ影響を及ぼさないと考えられ、現在の LPI/VLP の共用検討結果や SP モードの導入における共用検討に特段影響は及ばないと考えられる。」

3.　技術的条件

3.1　6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの技術的条件

6/6.5/7.5GHz 帯固定通信システムの高度化に係る技術的条件については、下記の記載のとおりとすることが適当である。

3.1.1　一般的条件

（1）　無線周波数帯

6GHz 帯及び 6.5/7.5GHz 帯固定局の各周波数帯は現行規定の通りとする：

［6GHz 帯］：5,925MHz を超え、6,425MHz 以下／［6.5GHz 帯］：6,570MHz を超え 6,870MHz 以下／［7.5GHz 帯］：7,425MHz を超え 7,900MHz 以下

（2）　通信方式

現行規定の通り、1 対 1 の対向方式であって、デジタル通信による送受対象の複信方式とする。

（3）　変調方式

伝送容量の増大を図るために、検討対象とした高次の多値変調方式（2048QAM まで）について、適応変調におけるリファレンス多値数（所要回線品質を定義するための変調多値数）として選択できるよう、現行規格に検討対象高次多値変調方式（2048QAM まで）を追加する。

表 3-1 6GHz 帯審査基準における変調方式（修正後）

組合せ	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式注
①	5 MHz	4PSK
②	9．5 MHz	256QAM
③	18．5 MHz	16QAM
④		64QAM
⑤		256QAM
⑥		512QAM
⑦		1024QAM
⑧		2048QAM
⑨⑧	36．5 MHz	64QAM
⑩		512QAM
⑪		1024QAM
⑫		2048QAM
⑬⑦	53．5 MHz	16QAM
⑭		512QAM
⑮		1024QAM
⑯		2048QAM

表 3-2 6.5/7.5GHz 帯審査基準における変調方式(修正後)

	周波数帯	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式注1
①	7.5GHz帯	2.5MHz	4PSK
②	6.5、7.5GHz帯	5MHz	
③		9.5MHz	
④			16QAM
⑤			128QAM
⑥		19MHz	
⑦		28.5MHz	
⑧			256QAM
⑨			512QAM
⑩			1024QAM
⑪			2048QAM
⑫⑧		36.5MHz注2	64QAM
⑬			256QAM
⑭			512QAM
⑮			1024QAM
⑯			2048QAM

注1 直交周波数分割多重方式（OFDM方式）については、いずれかの変調方式の項目に対応すること。

注2 電気通信業務用固定局に限る。

(4) 情報伝送速度

無線伝送路の状態変化によって伝送容量を柔軟に変化させる適応変調方式のもと、現行通り特段規定しない。

(5) 標準受信入力規定値

現行規定の占有周波数帯幅の許容値と変調方式に関する受信入力規定値は現行規定の通りとしつつ、新たに規定する「変調方式」(2048QAM まで)に関する受信入力規定値を規定する。

また、現行のフェージングの激しい区間に加えて装置変更によりフェージング影響が顕著に増大する区間についても、最大受信入力まで設定を行えることとする。

表 3-3 6GHz 帯審査基準における受信入力規定値

占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	受信入力注1	
		標準受信入力	最大受信入力
53.5MHz以下	2048QAM	-20±3dBm	-14dBm
36.5MHz以下		-22±3dBm	-16dBm
18.5MHz以下		-25±3dBm	-19dBm
53.5MHz以下	1024QAM	-25±3dBm	-19dBm
36.5MHz以下		-27±3dBm	-21dBm
18.5MHz以下		-30±3dBm	-24dBm
53.5MHz以下	512QAM	-28±3dBm	-22dBm
36.5MHz以下		-30±3dBm	-24dBm
18.5MHz以下		-33±3dBm	-27dBm
18.5MHz以下	256QAM	−37±3dBm	−31dBm
9.5MHz以下		−40±3dBm	−34dBm
36.5MHz以下	64QAM	−37±3dBm	−31dBm
18.5MHz以下		−40±3dBm	−34dBm
53.5MHz以下	16QAM	−37±3dBm	−31dBm
		−46±3dBm 注2	−40dBm 注2
18.5MHz以下		−43±3dBm	−37dBm
5.0MHz以下	4PSK	−57±3dBm 注2	−51dBm

表 3-4 6.5/7.5GHz 帯審査基準における受信入力規定値

周波数帯	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	標準受信入力注1 (dBm)	最大受信入力 (dBm)
7.5GHz帯	2.5MHz	4PSK	−67.5+Fmr/2	−45.0
6.5、7.5GHz帯	5MHz		−64.5+Fmr/2	−43.9
	9.5MHz		−59.5+Fmr/2	−39.3
		16QAM	−57.5+Fmr/2	−38.0
		128QAM	−54.5+Fmr/2	−36.0 注3
	19MHz		(−51.5+Fmr/2) 注2	
	28.5MHz			
		256QAM	-52.0+Fmr/2	-35.0
		512QAM	-49.0+Fmr/2	-33.0
		1024QAM	-46.0+Fmr/2	-31.0
		2048QAM	-43.0+Fmr/2	-29.0
	36.5MHz	64QAM	−55.5+Fmr/2 (−52.5+Fmr/2) 注2	−37.0
		256QAM	-51.0+Frm/2	-34.0
		512QAM	-48.0+Frm/2	-32.0
		1024QAM	-45.0+Frm/2	-30.0
		2048QAM	-42.0+Frm/2	-28.0

（6） 割当周波数の使用順位

大容量化に向けた規格を整備するために、既存方式に加え新設する方式（高次多値変調方式）においても、同一割当周波数において水平偏波及び垂直偏波の同時利用（コチャネル配置）が可能となるよう設定する。なお、水平偏波及び垂直偏波の同時利用の際には、交差偏波識別度補償機能（XPIC）などの偏波間干渉を補償する機能を具備することが望ましい。但し周波数の割当てや使用に当たっては、

既設システムへの影響がないように十分配慮することが適当である。

（7） 方式名

追加する方式の名称は「高次多値変調方式」とすることが適当である。方式名称で規定されていない固定局についてはこの限りではない。

（8） 回線品質

適応変調を適用する場合には変調多値数が変動し回線品質が変化することになるため、あらかじめリファレンス多値数を規定する。また、自動送信電力制御（ATPC）機能を使用する場合においては、ATPC の補償電力を加えない平常時受信出力で回線品質を満足することが望ましい。

（9） 他システムとの共用

固定通信システムについては、隣接する周波数帯を使用する他システムや同一の周波数帯を使用する他の固定通信システムとの共用可能性について技術計算を行い、安定的な運用が確保されていることを確認した上で免許がなされている。具体的には、固定通信システムと他システム等の設置場所や周辺の地形情報を踏まえて、他システム等からの被干渉や伝搬損を考慮した場合に固定通信システムの安定的な運用に必要な受信入力レベルが確保できるよう回線設計を行うとともに、固定通信システムが他システム等の安定的な運用を阻害する干渉を及ぼさないことを確認している。

6GHz 帯及び 6.5/7.5GHz 帯における固定通信システムの高度化に係る検討による「空中線特性」や「伝送の質」における回線瞬断率計算等を踏まえ、従前と同じく、他システム等との技術計算を行った上で免許することが適当である。

（10）その他

ア 回線品質を受信入力値で規定する固定局については、自動送信電力制御（ATPC）機能を使用する場合には最大空中線電力（標準受信入力設定時の送信電力）時を参照して干渉調整を行うことが適当である。一方、最大空中線電力が規定されている固定局については、自動送信電力制御（ATPC）機能を使用する場合には現行規定に従って干渉調整を行うことが適当である。

イ 迅速な無線局の設置を行えるように技術基準適合証明及び工事設計認証制度が適用できるよう規定の整備を行うことが望ましい。

3.1.2　無線設備の技術的条件

（1）　中継方式

現行の規定どおり、検波再生中継方式とする。ただし、6GHz 帯の 4PSK 及び 16QAM においては、非再生中継方式を用いることが出来るものとする。

（2）　送信装置

ア）主信号の情報伝送速度及びクロック周波数

主信号の情報伝送速度及びクロック周波数については、「一般的条件」に従い特段規定しない。

イ）周波数の許容偏差

現行規定の通り 20ppm とする。

ウ）占有周波数帯幅の許容値

現行規定の通り、占有周波数帯幅の許容値は以下の通りとする。

＜6GHz 帯＞

36.5MHz 以下（注1）

直交周波数分割多重方式（OFDM）：fcl×サブキャリア数×1.1

fcl: クロック周波数

※現行の占有周波数帯幅の許容値以下とする。

＜6.5/7.5GHz 帯＞

36.5MHz 以下（注1）

28.5MHz 以下（注2）

直交周波数分割多重方式（OFDM）：fcl×サブキャリア数×1.1

fcl: クロック周波数

※現行の占有周波数帯幅の許容値以下とする。

注1：40MHz チャネル帯域幅の場合に適用する。

注2：30MHz チャネル帯域幅の場合に適用する。

エ）干渉軽減係数

現行規定の通りとする。

オ）スペクトルマスク

現行規定の通りとする。

カ） スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値

スプリアス領域における不要発射の強度の許容値及び帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値については、現行の無線設備規則に従う。

キ） 空中線電力

空中線電力の基準値については現行規定の通りとする。

（補足：等価等方輻射電力について）

- ✓ 6GHz 帯については、高多値化のもとでの高出力化の検討を踏まえ、新たに規定する 512QAM、1024QAM、2048QAM に関する空中線電力はそれぞれ、26dBm（512QAM）、25dBm（1024QAM）、25dBm（2048QAM）を想定し等価等方輻射電力を求める。
- ✓ 6.5GHz/7.5GHz 帯の現行審査基準 EIRP は、変調方式及び占有周波数帯幅の許容値による差異はないため、今回導入する 2048QAM 等の変調方式に関わらず、空中線電力は現行規定の通り 2W とする。

ク） 空中線電力（平均値）の許容偏差

現行規定の通り、±50％とする。

ケ） 電波防護指針

現行規定の通り、電波法施行規則第 21 条の 3（電波の強度に対する安全施設）に従って電波防護の指針に適合するように技術的条件を整備し、アンテナと人体との離隔距離を確保することが必要である。

（3） 受信装置

ア） 復調方式

現行規定の通りとする。

イ） 等価雑音帯域幅及び雑音指数

回線瞬断率計算において、現行の雑音指数（NF）及び所要 C/N の個別規定より、総合的な受信性能指標である受信感度による規定に変更する。

ウ） 交差偏波識別度補償機能

現行規定の通り同期検波方式とする。

エ） 受信入力規定値

「一般的条件」の通り、現行規定の占有周波数帯幅の許容値と変調方式に関する受信入力規定値は

現行規定の通りとしつつ、新たに規定する「変調方式」（2048QAM まで）に関する受信入力規定値を規定する。

表 3-5 6GHz 帯審査基準における受信入力規定値

占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	受信入力注1	
		標準受信入力	最大受信入力
53.5MHz以下	2048QAM	-20±3dBm	-14dBm
36.5MHz以下		-22±3dBm	-16dBm
18.5MHz以下		-25±3dBm	-19dBm
53.5MHz以下	1024QAM	-25±3dBm	-19dBm
36.5MHz以下		-27±3dBm	-21dBm
18.5MHz以下		-30±3dBm	-24dBm
53.5MHz以下	512QAM	-28±3dBm	-22dBm
36.5MHz以下		-30±3dBm	-24dBm
18.5MHz以下		-33±3dBm	-27dBm
18.5MHz以下	256QAM	−37±3dBm	−31dBm
9.5MHz以下		−40±3dBm	−34dBm
36.5MHz以下	64QAM	−37±3dBm	−31dBm
18.5MHz以下		−40±3dBm	−34dBm
53.5MHz以下	16QAM	−37±3dBm	−31dBm
		−46±3dBm 注2	−40dBm 注2
18.5MHz以下		−43±3dBm	−37dBm
5.0MHz以下	4PSK	−57±3dBm 注3	−51dBm

表 3-6 6.5/7.5GHz 帯審査基準における受信入力規定値

周波数帯	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	標準受信入力注1 (dBm)	最大受信入力 (dBm)
7.5GHz帯	2.5MHz	4PSK	−67.5＋Fmr／2	−45.0
6.5、7.5 GHz帯	5MHz		−64.5＋Fmr／2	−43.9
	9.5MHz		−59.5＋Fmr／2	−39.3
		16QAM	−57.5＋Fmr／2	−38.0
		128QAM	−54.5＋Fmr／2	−36.0 注3
	19MHz		(−51.5＋Fmr／2) 注2	
	28.5MHz			
		256QAM	-52.0+Fmr/2	-35.0
		512QAM	-49.0+Fmr/2	-33.0
		1024QAM	-46.0+Fmr/2	-31.0
		2048QAM	-43.0+Fmr/2	-29.0
	36.5MHz	64QAM	−55.5＋Fmr／2 (−52.5＋Fmr／2) 注2	−37.0
		256QAM	-51.0+Frm/2	-34.0
		512QAM	-48.0+Frm/2	-32.0
		1024QAM	-45.0+Frm/2	-30.0
		2048QAM	-42.0+Frm/2	-28.0

オ）受信感度

イ)で述べた通り、回線瞬断率計算において(6.5/7.5GHz 帯については詳細判定法について)、現行の雑音指数(NF)及び所要 C/N の個別の規定より、総合的な受信性能指標である受信感度による規定に変更する。受信感度は、10log(ボルツマン定数×温度×等価雑音帯域幅)＋所要C／N＋雑音指数で定義され、現行基準に比べて所要C／N等を柔軟に設定できる。

占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	受信感度 (BER=1×10-4)
53．5MHz以下	2048QAM	-50.9dBm以下
36．5MHz以下		-52.6dBm以下
18．5MHz以下		-55.6dBm以下
53．5MHz以下	1024QAM	-54.4dBm以下
36．5MHz以下		-56.1dBm以下
18．5MHz以下		-59.1dBm以下
53．5MHz以下	512QAM	-57.9dBm以下
36．5MHz以下		-59.6dBm以下
18．5MHz以下		-62.6dBm以下
18．5MHz以下	256QAM	-63.2dBm以下
９．5MHz以下		-66.1dBm以下
36．5MHz以下	64QAM	-67.6dBm以下
18．5MHz以下		-70.6dBm以下
53．5MHz以下	16QAM	-70.9dBm以下
18．5MHz以下		-75.1dBm以下
５．0MHz以下	４PSK	-87.7dBm以下

図 3-1 6GHz帯審査基準における、受信感度の規定案

周波数帯	占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	等価雑音帯域幅	受信感度 (BER=1×10-4)	受信感度 (BER=1×10-7)
7.5GHz帯	2.5MHz	4PSK	2.5MHz	-91.2dBm以下	-87.4dBm以下
6.5、7.5GHz帯	5MHz		5MHz	-87.1dBm以下	-84.3dBm以下
	9.5MHz		9.5MHz	-84.4dBm以下	-81.6dBm以下
		16QAM		-78.7dBm以下	-73.9dBm以下
		128QAM		-72.2dBm以下	-69.7dBm以下
	19MHz		19MHz	-69.1dBm以下	-66.6dBm以下
	28.5MHz		28.5MHz	-67.4dBm以下	-64.9dBm以下
		256QAM		-63.9dBm以下	-61.4dBm以下
		512QAM		-60.4dBm以下	-57.9dBm以下
		1024QAM		-56.9dBm以下	-54.4dBm以下
		2048QAM		-53.4dBm以下	-50.9dBm以下
	36.5MHz	64QAM	36.5MHz	-67.3dBm以下	-67.3dBm以下
		256QAM		-62.8dBm以下	-60.3dBm以下
		512QAM		-59.3dBm以下	-56.8dBm以下
		1024QAM		-55.8dBm以下	-53.3dBm以下
		2048QAM		-52.3dBm以下	-49.8dBm以下

図 3-2 6.5/7.5GHz帯審査基準における、受信感度の規定案

カ） 干渉軽減係数

現行規定の通りとする。

キ） 副次的に発する電波等の限度

現行規定の通りとする。

（4） 周波数等

ア） 周波数

現行規定の通り、水平偏波及び垂直偏波の両偏波の同時利用（コチャネル配置）を可能とする。

イ） 送信空中線の等価等方輻射電力

6GHz 帯については、現行変調方式と占有周波数帯幅許容値の組み合わせに新たな変調方式と占有周波数帯幅許容値の組み合わせを加え、新たな空中線規定のもとでの EIRP を以下で規定する。

表 3-7 6GHz 帯 等価等方輻射電力(EIRP)

占有周波数帯幅の許容値	標準的な変調方式	正対方向からの放射角度(θ)	等価等方輻射電力の上限値(1キャリア当たり)(dBm) 注
18.5MHz 以下	256QAM	θ=5°	48
(送信出力 28dBm)		θ=20°	36
		θ=70°	23
		90°≦θ	8
36.5MHz 以下	64QAM	θ=5°	48
(送信出力 28dBm)		θ=20°	36
		θ=70°	23
		90°≦θ	8
9.5MHz 以下	256QAM	θ=5°	45
(送信出力 25dBm)		θ=20°	33
		θ=70°	20
		90°≦θ	5
18.5MHz 以下	64QAM	θ=5°	45
(送信出力 25dBm)		θ=20°	33
		θ=70°	20
		90°≦θ	5
53.5MHz 以下	16QAM	θ=5°	42
(送信出力 22dBm)		θ=20°	30
		θ=70°	17
		90°≦θ	2
18.5MHz 以下	16QAM	θ=5°	42
(送信出力 22dBm)		θ=20°	30
		θ=70°	17
		90°≦θ	2
5.0MHz 以下	4PSK	θ=5°	42
(送信出力 22dBm)		θ=20°	30
		θ=70°	17
		90°≦θ	2
(新たに規定する 512QAM、1024QAM、2048QAM ついて)			
53.5MHz 以下	2048QAM	θ=5°	45
(送信出力 25dBm)		θ=20°	33
		θ=70°	20
		90°≦θ	5

36.5MHz 以下	2048QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
18.5MHz 以下	2048QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
53.5MHz 以下	1024QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
36.5MHz 以下	1024QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
18.5MHz 以下	1024QAM	θ＝5°	45
（送信出力 25dBm）		θ＝20°	33
		θ＝70°	20
		90°≦θ	5
53.5MHz 以下	512QAM	θ＝5°	46
（送信出力 26dBm）		θ＝20°	34
		θ＝70°	21
		90°≦θ	6

※正対方向からの放射角度の断区間における EIRP は断区間両端 EIRP の線形とする。

6.5GHz/7.5GHz 帯の現行審査基準 EIRP は、変調方式及び占有周波数帯幅の許容値による差異はなく、新たに導入する 2048QAM 等の変調方式を含め、新たな空中線規定のもとでの EIRP を以下で規定する。

表 3-8 6.5GHz/7.5GHz 帯 等価等方輻射電力(EIRP)

正対方向からの放射角度（θ）	等価等方輻射電力の制限値（dBm）注
4°≦θ＜20°	73－27.5logθ（72－40logθ）（dBi）
50°≦θ＜90°	29（8）（dBi）
90°≦θ＜110°	96.5－0.75θ（8）（dBi）
110°≦θ	14（8）（dBi）

注 標準的な変調方式に 64QAM を用いた場合は、括弧内の値とする。また、正対方向からの放射角度の断区間における EIRP は断区間両端 EIRP の線形とする。

ウ） 伝送の質

回線瞬断率規格は現行の電波法関係審査基準に従う。回線瞬断率計算においては以下の変更を行う。

6GHz 帯について、審査基準上の「C/N_{id}：異経路干渉雑音による C／N(dB)」の計算式において（審査基準 別紙(7)―8)、現行は、「C／N_{idj}：第 j 番目の異経路干渉雑音による C／N(dB)」と「C／N_{id}（γ）：レーダー波干渉雑音による C／N(dB)」より導出されているのに対して、新たに「C／N_{WLAN}：WLAN 干渉雑音(LPI/VLP/ SP モード)による C／N(dB)」の項を導入し、C/N_{id} の計算式を下式に改訂することとが適当である(改訂箇所は青字部分)。

$$C/N_{id_t} = \min\left[-10\log\left\{\sum_{j=1}^{m} 10^{-\frac{C/N_{idj}}{10}} + 10^{-\frac{C/N_{id}(\gamma)}{10}} + 10^{-\frac{C/N_{WLAN_t}}{10}}\right\}, C/N_{id0} - M\right]$$

・C／N_{WLAN_t}：WLAN 干渉雑音(LPI/VLP/ SP モード)による C／N(dB)
発生確率S_tにおける WLAN 干渉雑音量N_{WLAN_t}(図 2-10：6GHz 帯結果)より計算

また、回線瞬断率は、C／N_{WLAN_t} から導出されるP_{i_t}(無線 LAN の干渉波レベルがN_{WLAN_t}であるときの回線瞬断率)、及びS_t(無線 LAN の干渉波レベルN_{WLAN_t}の発生確率)の積を合算した値で計算するように変更を行うことが適当である。なお、N_{WLAN_t}及びS_tの値については、モンテカルロシミュレーション結果を踏まえ、保守的に、現行審査基準空中線及び ETSI Class3 空中線(アンテナ高さは 55m)の 2 つのシナリオに関する値を用いて回線瞬断率基準値の充足確認を行うことが適当である。

エ） 混信保護

検討対象の高次多値変調方式の各基準値については、現行最高次の多値変調方式の基準値に対して各＋3dB とした値とする(6GHz 帯被干渉許容値(C/I) 512QAM：60dB、1024QAM：63dB)。

オ） 等価 IRF 値

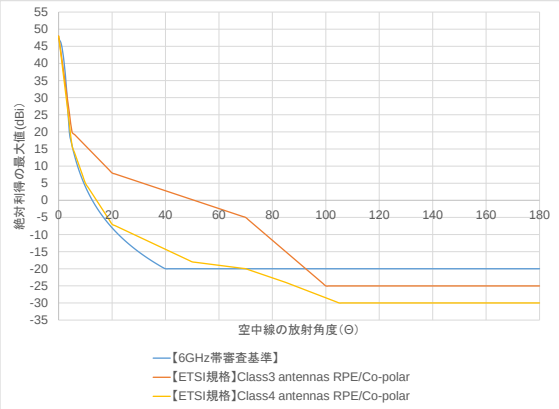
現行規定の通りとする。

(5) アンテナ

ア） 送受信空中線特性

ETSI 規格空中線を導入できることとし、現行審査基準空中線及び ETSI 規格空中線(Class 3 及び Class 4)を包含する特性を定義することが適当である。図 2-8 に 6GHz 帯及び 6.5GHz 帯の現行審査基準及び ETSI 規格空中線(Class 3 及び Class 4)を、表 3-9 にこれら空中線を包含する新たな空中線規定を示す。なお、ETSI 規格ではボアサイト利得の規定がないが、上限は現行審査基準空中線のボアサイト利得にあわせることが適当である。

6GHz帯



6.5/7.5GHz帯

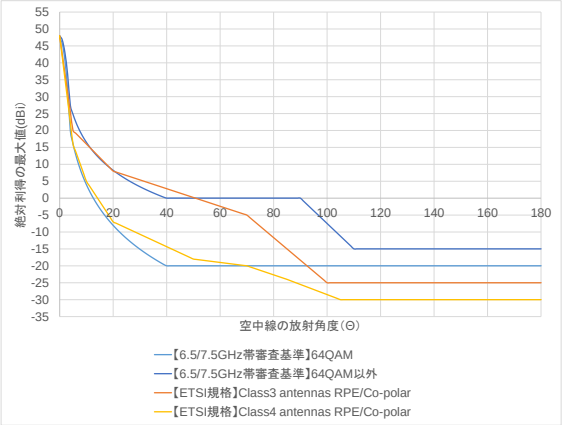


図 3-3 現行審査基準及び ETSI 規格空中線特性

表 3-9 空中線の標準特性

空中線の放射角度（θ）	受信空中線の標準特性（6GHz 帯）
θ＝0°	47.3（dBi）
θ＝5°	20（dBi）
θ＝20°	8（dBi）
θ＝70°	-5（dBi）
θ＝90°	-20（dBi）

空中線の放射角度（θ）	受信空中線の標準特性（6.5GHz/7.5GHz 帯） （括弧内は標準的な変調方式に 64QAM を用いた場合）
0°≦θ＜4°	$48-1.28\theta^2(47.3-1.706\theta^2)$（dBi）
4°≦θ＜20°	$44-27.5\log\theta(44-40\log\theta)$（dBi）
50°≦θ＜90°	0（−20）（dBi）
90°≦θ＜110°	$67.5-0.75\theta(-20)$（dBi）
110°≦θ	−15（−20）（dBi）

イ） 偏波

現行規定の通り、水平又は垂直とする。

3.2　測定法

国内で適用されている測定法に準ずることが適当であるが、今後、国際電気標準会議（IEC）等の国際的な動向を踏まえて対応することが望ましい。垂直偏波及び水平偏波等を同時に用いる場合には各偏波ごとのアンテナ測定端子で測定する。

（1）　周波数の偏差

ア）アンテナ測定端子付きの場合

無変調の状態で動作させ、指定された周波数に対する偏差の最大値について周波数計を用いて測定する。必要に応じて導波管-同軸変換器を用いて測定を行う。測定点はアンテナ測定端子又は測定用モニタ端子とする。

イ）アンテナ測定端子のない場合

アンテナ測定端子がない場合は、一時的に測定用端子を設けてアと同様に測定する。

（2）　占有周波数帯幅

ア）アンテナ測定端子付きの場合

通常の変調状態で動作させ、スペクトルアナライザを用いて測定する。測定点はアンテナ測定端子又は測定用モニタ端子とする。使用するパターン発生器は、規定伝送速度に対応した標準符号化試験信号を発生する信号源とする。誤り訂正等を使用している場合には、そのための信号を付加した状態で測定する（内蔵パターン発生器がある場合はこれも使用しても良い）。標準符号化試験信号はランダム性が確保できる信号とする。

イ）アンテナ測定端子のない場合

アンテナ測定端子がない場合は、一時的に測定端子を設けてアと同様の状態で測定する。

（3）　スペクトルマスク

ア）アンテナ測定端子付きの場合

通常の変調状態で連続送信として動作させ、スペクトルマスクをスペクトルアナライザを用いて測定する。この場合、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は 1MHz として測定し、基準レベルは、分解能帯域幅を 1MHz としたスペクトル分布の最大となる値を 0dB とする。

イ） アンテナ測定端子のない場合

アンテナ測定端子がない場合は、一時的に測定端子を設けてアと同様に測定する。この場合、アンテナ測定端子と一時的に設けた測定用端子の間の損失等を補正する。

（4） スプリアス発射又は不要発射の強度

ア） 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度

（ｱ）アンテナ測定端子付きの場合

無変調の状態で動作させ、帯域外領域におけるスプリアス発射の平均電力をスペクトルアナライザを用いて測定する。測定点はアンテナ測定端子とする。

（ｲ）アンテナ測定端子のない場合

アンテナ測定端子がない場合は、一時的に測定端子を設けて(ｱ)と同様に測定する。この場合、アンテナ測定端子と一時的に設けた測定用端子の間の損失等を補正する。

イ） スプリアス領域における不要発射の強度

（ｱ）アンテナ測定端子付きの場合

通常の変調状態で動作させ、スプリアス領域における不要発射の強度の平均電力をスペクトルアナライザを用いて測定する。測定点はアンテナ測定端子とする。

測定周波数範囲は 30MHz から 26GHz までとし、導波管を用いるものは下限周波数をカットオフ周波数の 0.7 倍とする。導波管が十分長く技術基準を満たすカットオフ減衰量を得られる場合は、下限周波数をカットオフ周波数とすることができる。

（ｲ）アンテナ測定端子のない場合

アンテナ測定端子がない場合は、一時的に測定端子を設けて(ｱ)と同様に測定する。この場合、アンテナ測定端子と一時的に設けた測定用端子の間の損失等を補正する。

（5） 空中線電力の偏差

ア） アンテナ測定端子付きの場合

通常の変調の状態で連続送信として動作させ、送信設備の出力電力を電力計又はスペクトルアナライザを用いて測定し、定格出力との偏差を求める。

イ） アンテナ測定端子のない場合

アンテナ測定端子がない場合は、一時的に測定端子を設けてアと同様に測定する。この場合、アンテナ測定端子と一時的に設けた測定用端子の間の損失等を補正する。

（6） 受信設備が副次的に発射する電波

ア） アンテナ測定端子付きの場合

受信状態時に、副次的に発する電波をスペクトルアナライザを用いて測定する。測定点はアンテナ測定端子とし、受信空中線と電気的常数の等しい擬似空中線回路を使用して測定する。

イ） アンテナ測定端子のない場合

アンテナ測定端子がない場合は、一時的に測定端子を設けてアと同様に測定する。この場合、アンテナ測定端子と一時的に設けた測定用端子の間の損失等を補正する。