

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 基幹系無線システム作業班
報告 (案)

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	2
第1章	基幹系無線システムの概要	2
1.1	我が国における基幹系無線システムの変遷と現状	2
1.2	我が国における基幹系無線システムの周波数利用	3
1.3	海外における基幹系無線システムの現状	6
1.3.1	欧州における基幹系無線システムの現状	6
1.3.2	米国における基幹系無線システムの現状	7
1.4	基幹系無線システムの技術動向	8
1.4.1	基幹系無線システムの技術動向	8
1.4.2	基幹系無線システムの市場全体の概観	10
1.5	基幹系無線システムの国際動向	11
1.5.1	地域別の需要動向	11
1.5.2	ネットワーク技術の動向	11
1.5.3	周波数帯別の利用動向	12
1.5.4	周波数仕様とアプリケーションの比較	15
1.6	基幹系無線システムの国際標準化動向	17
1.6.1	国際電気通信連合無線通信部門（ITU-R）における標準化動向	17
1.6.2	APT Wireless Group（AWG）会合における動向	18
第2章	基幹系無線システムの高度化	19
2.1	基幹系無線システムの利用に係る展望	19
2.1.1	電気通信業務における基幹系無線システムの利用に係る展望	19
2.1.2	公共業務・一般業務における基幹系無線システムの利用に係る展望	20
2.2	基幹系無線システム高度化に向けたビジョン	21
2.3	基幹系無線システム高度化に求められる技術	22

2.3.1	利用周波数帯の広帯域化	22
2.3.2	偏波多重方式の導入	23
2.3.3	高次の多値変調技術の導入	24
2.3.4	適応変調技術や自動送信電力制御技術の導入	25
2.3.5	将来における直交周波数分割多重方式 (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 導入への対応	25
2.4	基幹系無線システム高度化に求められる運用面・制度面の見直し	25
2.4.1	標準受信入力値の下限值規定の見直し	25
2.4.2	占有周波数帯幅の規定方法の見直し	26
2.4.3	空中線規格の見直し	26
2.4.4	所要降雨マージンの算出方法の見直し	26
2.4.5	周波数の許容偏差の見直し	27
2.4.6	FWA システムの周波数割当方針	27
2.5	高度化された基幹系無線システムのイメージ	27
第3章 基幹系無線システム高度化の技術的条件		31
3.1	固定通信システムの技術的条件	31
3.1.1	一般的条件	31
3.1.2	無線設備の技術的条件	33
3.1.3	回線設計例	38
3.1.4	測定法	38
3.2	固定無線アクセス (FWA) システムの技術的条件	40
3.2.1	一般的条件	40
3.2.2	無線設備の技術的条件	43
3.2.3	回線設計例	47
3.2.4	測定法	47
別表1		50
別表2		51
参考資料1 : ITU-R SG5 及び APT AWG における検討状況		52
参考資料2 : 直交周波数分割多重方式 (OFDM) 導入に関する補足資料		56

参考資料 3 : 18GHz 帯空中線標準利得	59
参考資料 4 : 対象とする無線周波数帯と適用範囲 (固定局)	61
参考資料 5 : 最大 EIRP 規格と安全離隔距離との関係	62
参考資料 6 : 回線設計例 (11GHz 帯/15GHz 帯/18GHz 帯 (エントランス用回線)/22GHz 帯固定局)	65
参考資料 7 : 高次多値変調システム固定局の雑音配分例	67
参考資料 8 : 無線局の電波の強度に対する安全施設 (電波法施行規則第 21 条の 3) について	70
参考資料 9 : FWA システムの回線設計例	74
参考資料 10 : 高次多値変調システム FWA の雑音配分例	76

I 検討事項

社会・経済活動を支える基盤として情報通信技術の利活用が進められており、情報通信技術は日常生活における利便性の向上や安心・安全の確保等において必要不可欠なものとなっている。このため、情報通信ネットワークに対して、増加を続ける通信需要への対応や更なる信頼性向上等が求められており、主要な構成要素である基幹系無線システムについても伝送容量の大容量化等の高度化が求められている。

このため、基幹系無線システムの高度化に関する技術的条件について検討を行うものである。

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1回（平成25年6月6日）

「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「基幹系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、作業班を設置することとした。また、基幹系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3回（平成25年8月8日）

「基幹系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1回（平成25年7月22日）

委員会の運営方針、検討体制及び提案募集結果報告等について説明が行われ、検討に着手した。

② 第2回（平成25年12月20日）

高度化に向けた課題の検討、作業班報告書の構成案の検討を行った。

③ 第3回（平成26年3月4日）

高度化に向けた課題の検討、作業班報告書案の検討を行った。

④ 第4回（平成26年4月3日）

作業班報告書案の検討を行った。

IV 検討概要

第1章 基幹系無線システムの概要

1.1 我が国における基幹系無線システムの変遷と現状

我が国におけるマイクロ波帯の固定通信システムは、昭和28年（1953年）の日本放送協会による東京－名古屋－大阪間を結ぶ4GHz帯テレビジョン放送中継回線の開設や昭和29年（1954年）の日本電信電話公社（現在の日本電信電話株式会社、NTT）による東京－名古屋－大阪間を結ぶ4GHz帯公衆通信用中継回線の開設以来、電気通信業務用や自営業用等の基幹ネットワークとして使用されてきた。利用が開始されて以降、市外電話やテレビジョン放送の拡大等に伴う伝送容量への需要の増加に対応するため、新たな周波数帯の割当てやデジタル化による大容量伝送方式の導入等が進められ、1990年代までに多数の固定通信システムが無線中継回線として全国に整備され、社会インフラを構成する主要技術として重要な位置を占めてきた。

一方、通信需要の増大に伴う大容量伝送への要望に対応するため、通信回線の高速化・大容量化に向けた取組が進められてきた。1970年代にはメタルケーブルに代わる通信媒体として光ファイバーの実用化に向けた開発が本格化し、昭和60年（1985年）には日本電信電話公社が日本縦貫の光ファイバー伝送路を構築した。その後も現在に至るまで、光ファイバーの更なる高速化・大容量化に向けた研究開発とともにネットワークの光ファイバー化が進められてきている。基幹ネットワークにおいても固定通信システムから光ファイバーへの移行が進められてきたが、柔軟な回線構築が容易等といった固定通信システムの特長を活かした基幹ネットワークへの適用が現在も進められているところである。

固定無線アクセス（FWA、Fixed Wireless Access）システムは、オフィスや一般世帯と電気通信事業者の交換局との間や中継回線の間を直接接続して利用する無線システムとして1990年代後半に登場した。準ミリ波帯・ミリ波帯の周波数を利用するFWAシステムは、地域電気通信市場における事業者間競争を促進するとともに、大きな需要が見込まれるマルチメディア通信等による大容量の情報通信を無線により実現するシステムとして期待されたが、インターネットの急速な普及に伴うサービスの多様化やマルチメディアアプリケーションの高機能化により、より高速かつ低廉なブロードバンドネットワークの整備が市場より強く望まれた結果、加入者系通信インフラの軸は次第にFWAシステムからADSLやFTTH等有線ブロードバンドへシフトしていき、FWAシステムの利用者数は減少傾向にある。しかしながら2010年代に入り、マイクロ波帯の固定通信システムとともに、主に光ファイバー未展開地域におけるアクセス回線や移動通信システム基地局－交換局間等を結ぶ通信回線としての利用が増加しつつある。

これらの基幹系無線通信システムについては、近年、基幹ネットワーク等において光ファイバーへの置き換えが進展する中、光ファイバーの敷設が困難な場所等における補完や移動通信システム基地局等のネットワーク構成要素を高密度で設置する技術等として利用されるニーズが増加している。また、平成23年（2011年）3月の東日本大震災では多くの光ファイバー網が寸断されたため、移動通信システム基地局のエントランス回線の復旧や避難所等までのネットワーク構築にFWAシステム等が用いられた。光ファイバーよりも迅速にネットワーク構築が可能である特性により、災害発生時等におけるネットワーク復旧技術や移動通信システムの迅速なエリア展開を支える地上系無線技術として、基幹系無線システムに対する期待が高まっている。

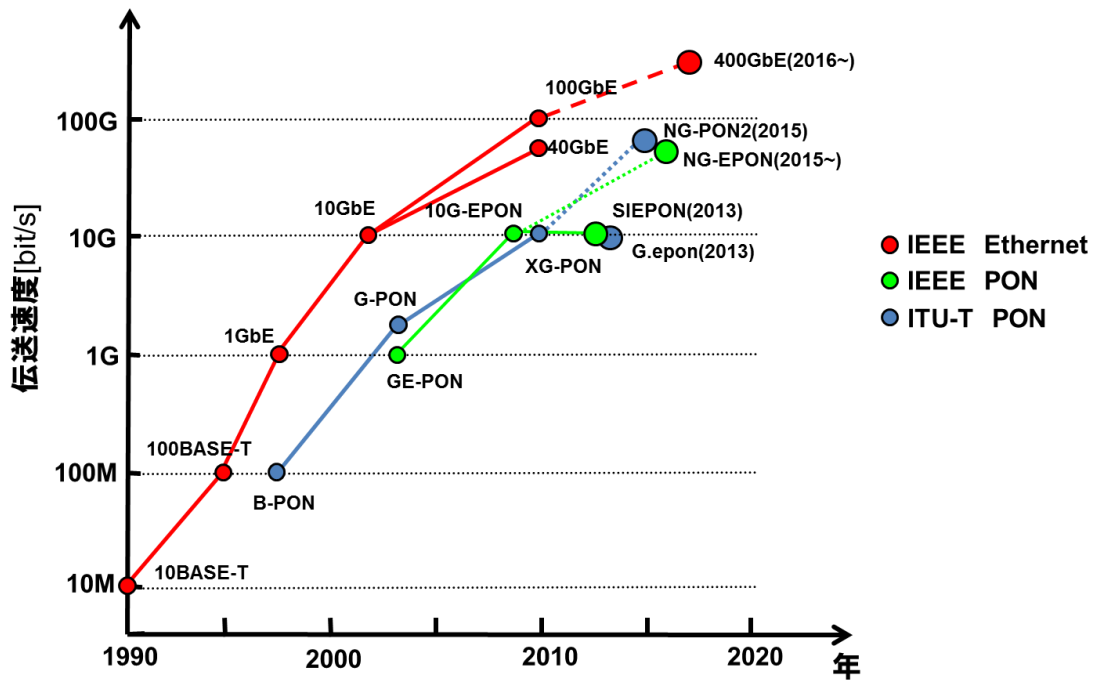


図 1-1 光ファイバーの高速化・大容量化の進展状況

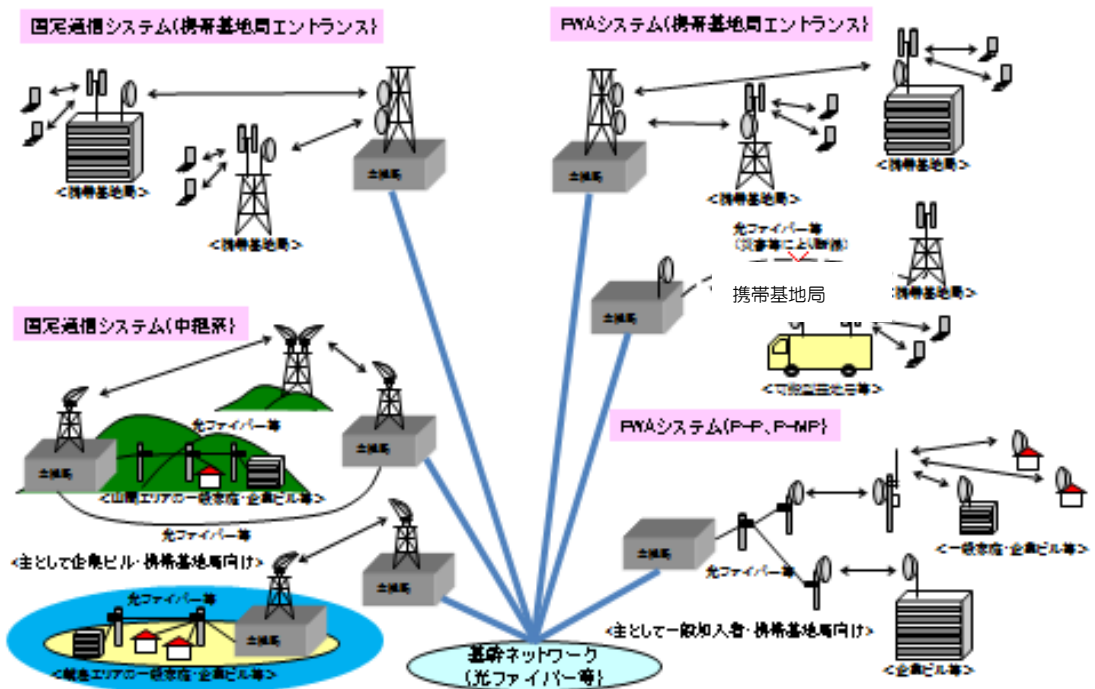


図 1-2 基幹系無線システムの展開イメージ

1.2 我が国における基幹系無線システムの周波数利用

我が国では、電気通信業務用・公共業務用・一般業務用の固定無線システムによって、主

に表 1-1 に示す周波数帯が使用されている。

表 1-1 我が国における基幹系無線システムが使用する主な周波数帯（6GHz 超）及び利用業務

利用形態	利用業務	6/7GHz	11GHz	12GHz	15GHz	18GHz	22GHz	26GHz	38GHz	40GHz
固定通信システム	電気通信	○	○		○	○	○			
	公共	○		○		○				○
	一般	○		○						○
固定無線アクセスシステム (FWA) システム	電気通信					○	○	○	○	
	公共					○	○	○	○	
	一般						○	○	○	
備考		6GHz: 電通 6.5/7.5GHz: 電通・公共・ 一般・放送								

(注) 上記のほか、放送事業用の固定無線システムが 5.9/6.8/7/10/13/GHz 帯等を使用

電気通信業務用や公共業務用等として使用されている基幹系無線システムの利用周波数帯は、大きく 3 つの利用形態に分類される。

表 1-2 基幹系無線システムの主な利用周波数帯及び利用形態等

周波数帯	主な利用形態	伝搬距離	エントランス回線としての無線局数
6/7GHz 帯	県間伝送としての長距離伝搬用	～60km 程度	約 400 局
11/12/15/18GHz 帯	県内伝送としての中距離伝搬用	～10 数 km 程度	約 12,000 局
22/26/38/40GHz 帯	交換局～加入者局向けの加入者系無線用	～数 km 程度	約 1,200 局

長距離伝搬用の周波数帯として主に 4～6GHz 帯が使用されてきたが、同周波数帯は第 4 世代移動通信システム等の移動通信システムや無線アクセスシステムの利用に適していることから、同周波数帯を使用していた固定通信システムはより高い周波数帯への移行や光ファイバーへの代替が進められてきた。例えば、4/5GHz 帯を使用していた固定通信システムについては、周波数再編アクションプランに基づき、平成 24 年 11 月 30 日までに光ファイバーへの代替若しくは 6GHz 帯以上の周波数帯への移行が完了したところである。なお、6/7GHz 帯を使用する固定通信システムは固定衛星業務や移動衛星業務と周波数を共用している。また、1GHz 帯よりも低い周波数帯においては、見通し外であっても長距離伝搬が可能な特性があることから、60MHz 帯及び 400MHz 帯が災害発生時等における臨時回線用として使用されているほか、電気通信業務用の基幹系無線システムが使用する周波数帯が存在している。

中距離伝搬用の周波数帯については、昭和 60 年（1985 年）の通信自由化以降、主として NTT と他の電気通信事業者のネットワークを相互接続する回線として用いられてきたが、現在は移動通信システム基地局向けエントランス回線としての利用が大半を占めている。これらの周波数帯は免許人が共用して使用する帯域であり、設置される無線システムの増加に伴って無線リンクの密度が高まると電波干渉の影響によって新たな無線システムの設置が出来

ないことから、電気通信業務用の固定通信システムが使用する周波数帯として平成 15 年に 18GHz 帯が追加割当てされている。また、自営用（公共業務用及び一般業務用）の固定通信システムが使用する周波数帯として、12GHz 帯がエントランス回線や中継回線に使用されている。

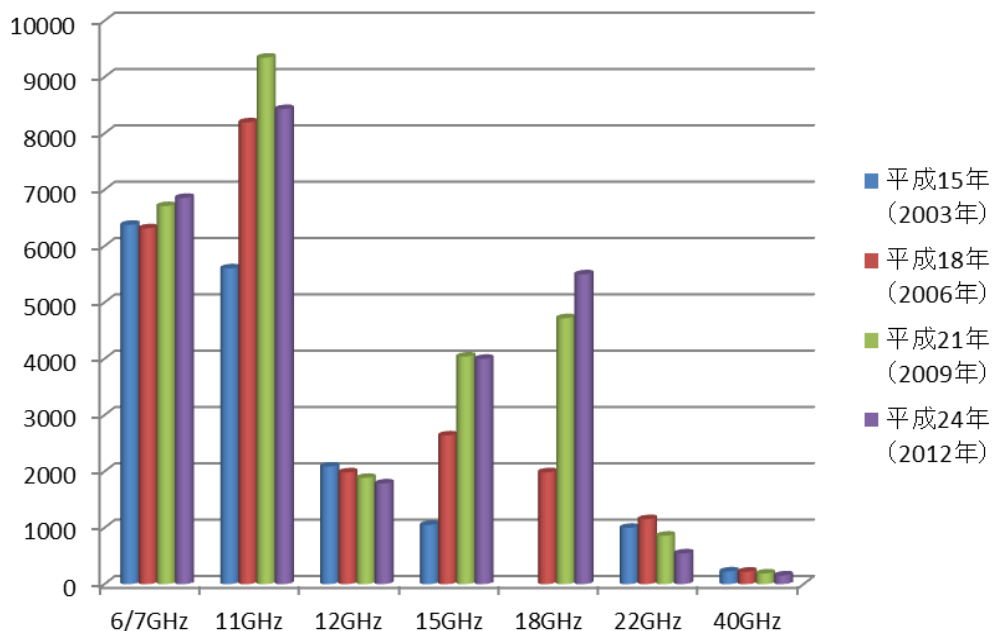


図 1-3 我が国における固定通信システム無線局数の推移

加入者系無線用の周波数帯については、かつては 21GHz 帯が割当てられていたが 1990 年代に同帯域が衛星放送業務用に再割当てされたことから、FWA システムの使用周波数帯は 22GHz 帯へ移行することとなった。また、平成 10 年（1998 年）には、マルチメディア通信等の大容量通信に対する需要に対応するため、26/38GHz が FWA システム用の周波数帯として追加割当てされている。アクセス系光ファイバー回線等の有線ブロードバンド回線が急速に普及した結果、FWA システムに対する需要は減少傾向にあるものの、移動通信システム基地局向けエントランス回線や近距離の拠点間を接続する回線等として利用するニーズが高まっている。

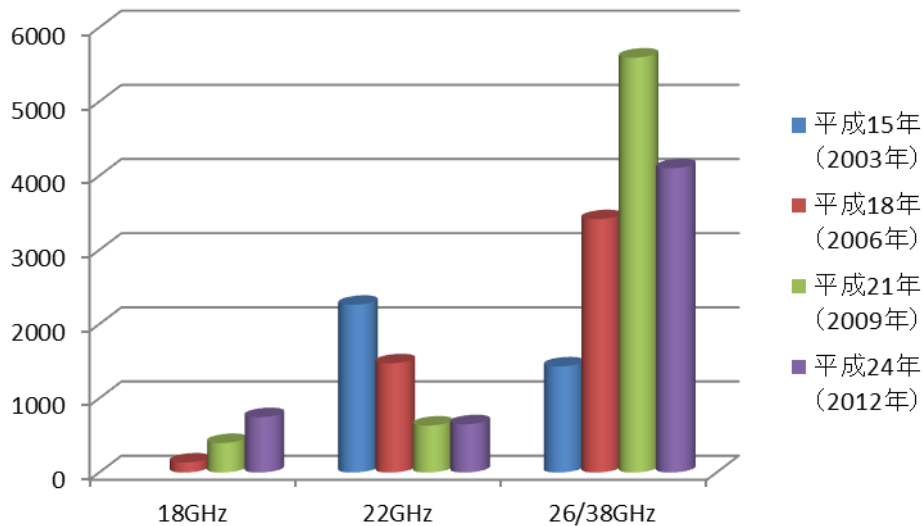


図 1-4 我が国における FWA システム無線局数の推移

これまでのところ、基幹系無線システムの高度化に向けた候補周波数帯として、広帯域幅での利用が可能かつ伝送容量の大容量化が比較的容易な準ミリ・ミリ波帯が挙げられているが、長距離伝搬への需要に対応するため、ミリ波帯と比較して降雨減衰の影響が少ない 11/12/15/18GHz 帯についても高度化に向けた検討が求められている。

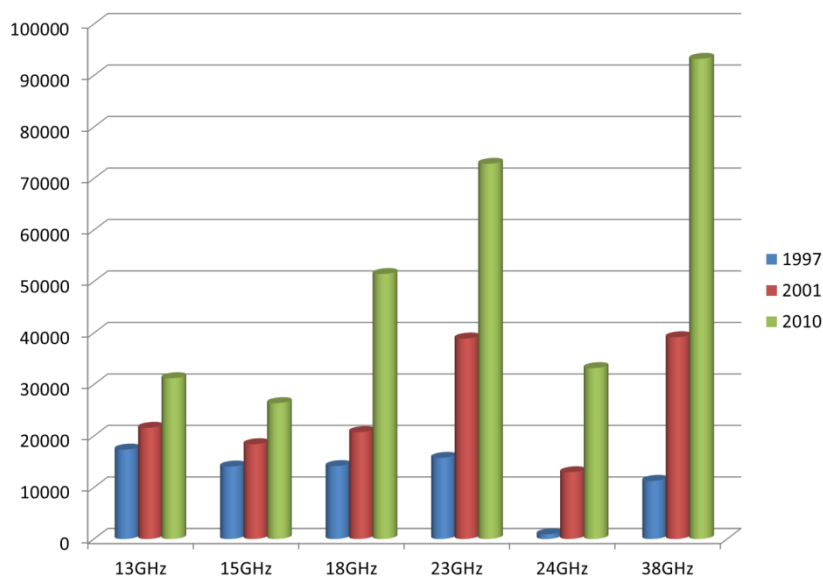
1.3 海外における基幹系無線システムの現状

1.3.1 欧州における基幹系無線システムの現状

従来、基幹系無線システムは、固定電話サービスの国内長距離回線や国際回線等の基幹ネットワークを構成する主要な技術として利用されてきた。基幹ネットワークでは、より大容量伝送が可能な光ファイバーへの代替が進められているが、地理的に光ファイバーを敷設することが困難な遠隔地への通信回線や災害時等における光ファイバー網の補完回線として、基幹系無線システムは現在も重要な役割を果たしている。

一方、移動通信システムの普及等に伴い、交換局と基地局をループ状又はスター状等に接続するネットワーク構成が増加しており、これらのネットワーク構成要素を接続する技術として基幹系無線システムの利用が増加している。

平成 24 年 (2012 年) 3 月に公表された CEPT/ECC 報告書「Fixed Service in Europe Current use and future trends post 2011」によると、欧州域内 19 カ国における基幹系無線システムの無線局数は平成 9 年 (1997 年) 以降、増加を続けている。これは、光ファイバーの敷設工事が困難な都市部も含めて、光ファイバーの代替技術としてネットワーク構築に利用されているためとされている。周波数帯による利用状況として、12GHz 帯よりも低い周波数帯での無線局数は減少傾向にあるが、13GHz 帯、18GHz 帯、23GHz 帯、38GHz 帯等では増加が続いている。また、32GHz 帯、50GHz 帯、70/80GHz 帯、92GHz 帯等において、その利用に向けた準備が進められている。



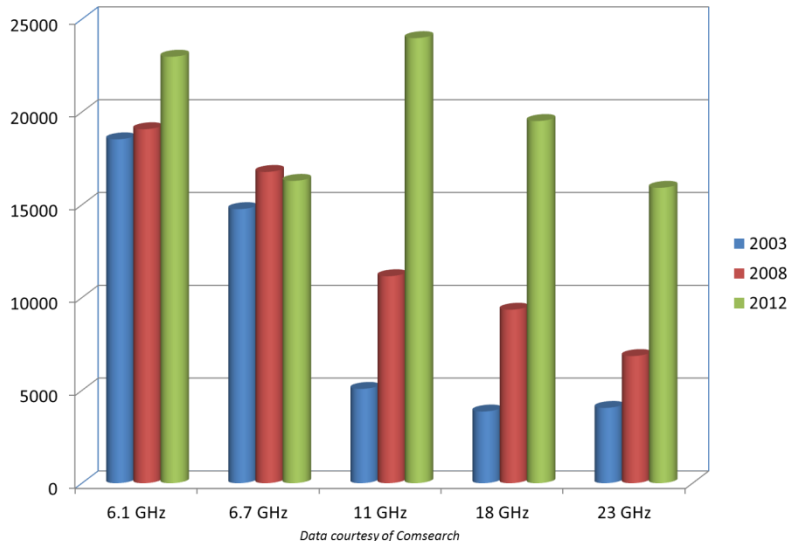
出典：ECC Report 173 Fixed Service in Europe Current use and future trends post2011

図 1-5 欧州における基幹系無線システム等の無線局数の推移

1.3.2 米国における基幹系無線システムの現状

基幹系無線システムは固定電話サービスの基幹ネットワークを構成する主要要素として利用されてきたが、現在は人口密度が低い地域における移动通信システムのサービスを支えるネットワークの通信回線として利用されているほか、民間企業が遠隔地に所在する設備の運用や制御等を行う自営業務用のネットワークや州政府等が整備する公共業務用のネットワーク等で利用されている。

平成 25 年 11 月に開催された ITU-R SG5 WP5C 会合資料によると、米国では移动通信システムや州政府等が整備する公共業務用の陸上無線通信 (Land Mobile Radio: LMR) のバックホール等への需要拡大やネットワークの IP 化に向けた設備更新等によって 6GHz 帯及び 11GHz 帯の無線局数は増加を続けている。また、18GHz 帯及び 23GHz 帯についても、6GHz 帯や 11GHz 帯と比較すると伝搬距離は短くなるものの、移动通信システムの LTE 化や基地局のスマートセル化によって増大するトラフィックを伝送するバックホールとしての利用が増加している。



出典：ITU-R WP5C—Preliminary draft new ITU-R Report on fixed service use and future trends

図 1-6 米国における基幹系無線システム等の無線局数の推移

1.4 基幹系無線システムの技術動向

1.4.1 基幹系無線システムの技術動向

基幹系通信システムは、昭和 44 年（1969 年）にデジタル方式による固定無線システムが導入されて以降、変調方式の多値化等によって伝送容量の大容量化等が進められてきた。その際に、回路技術の高度化として 1990 年代後半にアナログ回路の変復調回路がデジタル信号処理で LSI 化されたことにより、機器の製造コストの低減や低消費電力化が実現されている。また、受信信号の周波数特性を最適化する等化器を含む大規模システム LSI の開発によって、機器の小型化、経済化、大容量化等が進展している。また、アンテナ／無線部／制御部が一体化した機器の開発が進められるなど、基幹系無線システムによる回線構築の容易性や柔軟性を高める取組みが続けられている。

無線設備の主要機能がシステム LSI 化されたことによって実現した主な技術は表 1-3 のとおりであり、今後、基幹系無線システムの更なる高度化において導入が期待される技術の概要は以下のとおりである。

(1) 多値変調方式

我が国では、昭和 44 年（1969 年）に 2GHz 帯で 4PSK による伝送容量 16Mbps のデジタル方式による固定通信システムが導入されて以降、変調方式の多値化が進められており、現在では電波の位相と振幅の両方を使用して変調を行う QAM 方式が広く使用されている。

変調方式を多値化することにより単位周波数当たりの周波数利用効率 (bit/s/Hz) が向上するため、占有周波数帯幅を増加させることなく伝送容量の大容量化を実現することが可能である。一方、同一の帯域幅でより高次の多値化を行うほど所要 C/N 比が大きくなるため、同一条件下で多値数を上げて大容量化（高速化）を行う場合には、結果として伝搬距離が短くなってしまいうデメリットもある。

(2) 適応変調技術 (AMR: Adaptive Modulation Radio)、自動送信電力制御技術

電波の伝搬環境は伝搬経路の天候や気温等の外的要因によって常に変化しており、そ

の結果、無線通信の伝搬距離等が変わってしまう。このため、受信側での受信信号レベルが十分に高い場合には大容量伝送を可能とする変調方式で運用し、受信信号レベルが低下した場合には回線接続を維持するため伝送誤り率が優れた変調方式に切り替えて運用するなど、電波の伝搬環境の状態に適応可能な変調方式を自動的に変更することにより伝送容量の最適化と通信回線の確保を両立させる適応変調技術や、送信電力を自動的に制御することによって受信信号レベルとして必要となる C/N 比を確保する自動送信電力制御技術が利用されている。

(3) 交差偏波干渉補償器 (XPIC : Cross Polarization Interference Canceller)

垂直偏波及び水平偏波の両偏波に異なる情報を乗せて多重化し、信号の受信後に両者を分離して情報を取り出す偏波多重方式において、偏波間で生じる干渉を抑圧する機能を具備する装置又は回路があり広く利用されている。

なお、現在は、シングルキャリア変調方式で 2048QAM の製品が市場に供給されているが、今後、更なる高次多値変調方式や OFDM などマルチキャリア変調方式の導入による伝送容量の大容量化が展望されている。

また、携帯電話システム等のネットワークの IP 化に伴い、基幹系無線システムが使用する伝送方式についても IP 系への移行が進展すると考えられる。

表 1-3 システム LSI 化により実現した主な技術

番号	技術名	説明	効果
1	多値変調	QPSK→4096QAM	大容量化、適応変調
2	プリデステーション	送信部の歪低減	多値変調化、消費電力低減
3	XPIC	交差偏波干渉キャンセル	周波数利用効率 2 倍化
4	等化器	劣化した信号を等化復元	フェージング対策
5	誤り訂正回路	RS 符号→LDPC 符号	高品質高信頼性化
6	位相雑音補償	RF 信号の低雑音技術	RF 発振器の経済化
7	A/D、D/A	アナログとデジタルの橋渡し	大容量化、低消費電力化

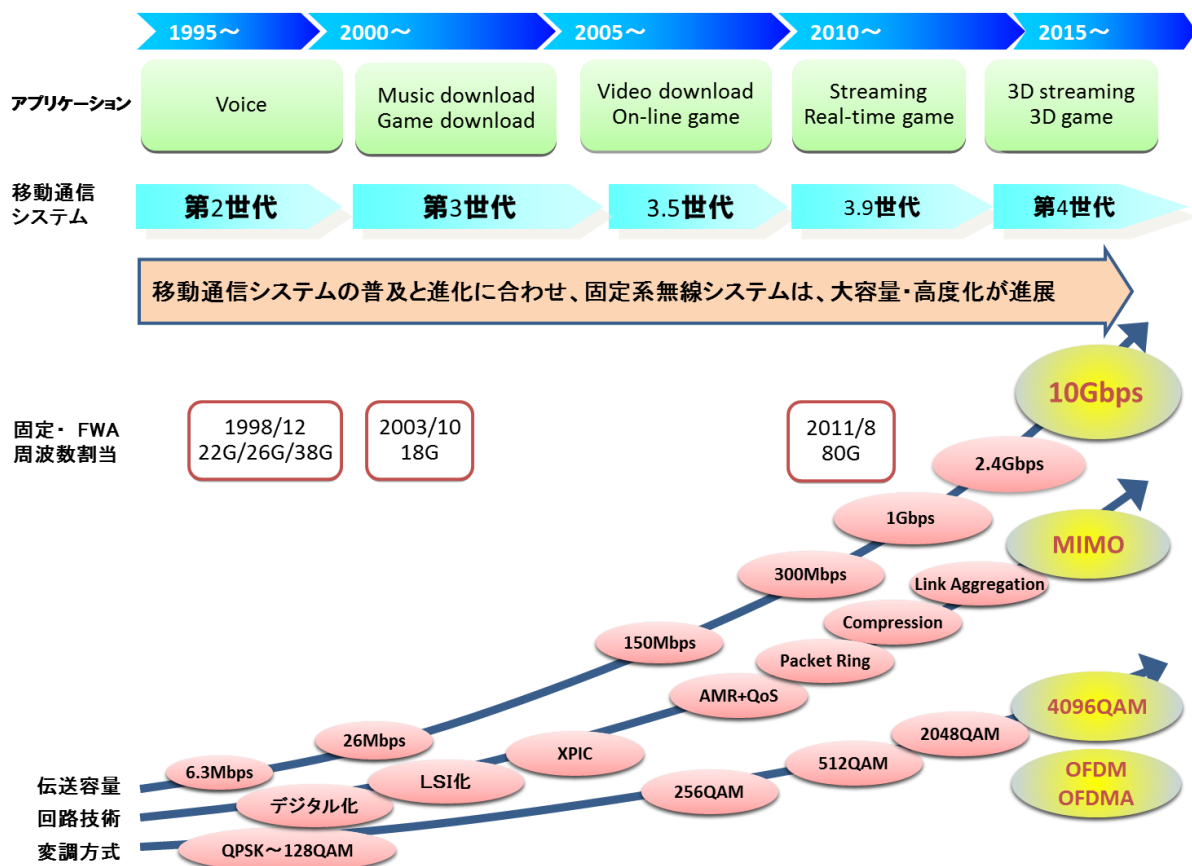


図 1-7 基幹系無線システムの技術動向

<用語説明>

QoS(Quality of Service) : 特定のデータを優先的にサービスする技術

Packet Ring : 信頼性を高めるリング構成の二重化ネットワーク技術

Compression : データを圧縮する技術

Link Aggregation : 複数の物理回線を束ねてひとつの論理回線として扱える技術 (IEEE802.3ad)

1.4.2 基幹系無線システムの市場全体の概観

近年、移動通信システムに対する需要が世界的に増加しているが、回線構築の容易性と経済性の点で光ファイバーと比較して優位性を有する基幹系通信システムは移動通信システム基地局のバックホールやエントランス回線として広く利用されており、基幹系無線システムの世界市場の状況は、移動通信システム基地局等の増加に合わせ、台数ベースでは年平均成長率が約 7%と堅調な伸びで推移している。一方で金額ベースでは、激しい価格競争もあり、機器単価は減少傾向であるが、台数の伸びと相殺され、ここ数年では年間約 50 億ドル強とほぼ一定の値で推移している。

今後 LTE の普及に伴い、エントランス回線やバックホール用途での需要増も見込まれるが、大容量化・Small Cell 化によりその需要はより高い周波帯を利用する無線システムへ移行していくものと推測される。

1.5 基幹系無線システムの国際動向

1.5.1 地域別の需要動向

地域別の需要状況では、EMEA 地域（欧州・中東・アフリカ）のうち欧州地域における需要は停滞傾向にあるが中東・アフリカにおける市場の成長もあり、世界市場全体の約半数を占めている。一方、北米地域と中南米地域については、平成 21 年（2009 年）時には世界市場全体の約 10%程度に留まっていたものの、北米地域での LTE 導入の加速や中南米地域での 3G/LTE への投資が拡大傾向であったことから世界市場全体における占有率も 16%前後になるなど、需要が高まっている。また、APAC 地域（アジア・太平洋）については世界市場全体の約 30%を占めるもののその成長率は 1%程度に留まっており、需要は停滞気味となっている。

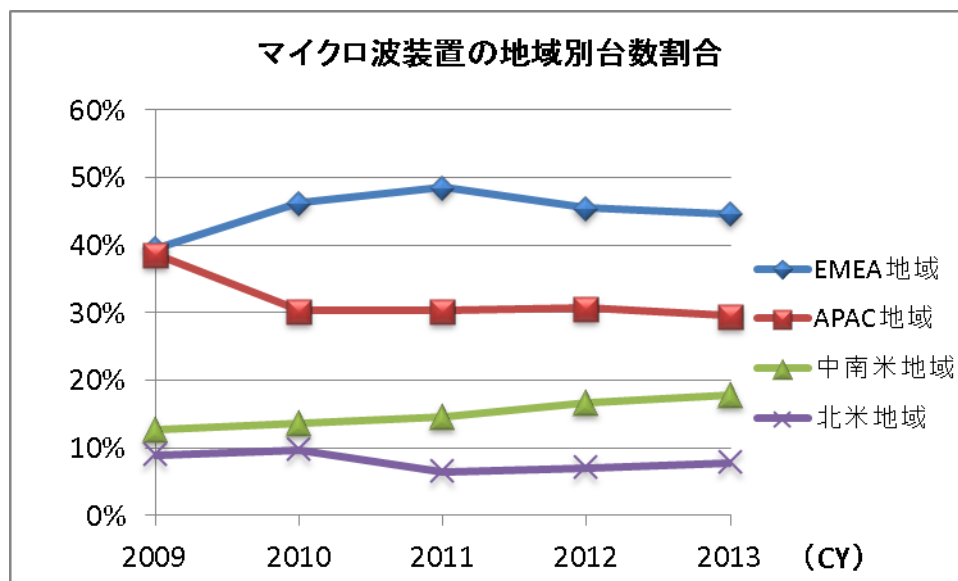


図 1-8 地域別無線システム導入比率

1.5.2 ネットワーク技術の動向

モバイル先進国におけるネットワーク技術の動向を見ると、近年の LTE 等の普及等、移动通信システムの高度化に伴いネットワークの Ethernet 化が進展しており、基幹系無線システムによって構築されるエントランス回線やバックホールについても TDM 系から Ethernet への移行が促進されている傾向が見られている。しかしながら、未だ TDM トランスポートが中心となっている地域も多数存在しているため、現状では、TDM 系と IP 系を組み合わせたハイブリッドシステムの利用が主流ではあるが、これら地域における移动通信システムの LTE への移行に伴い、基幹系無線システムを含めたネットワークの IP 化が徐々に進行するものと予測されている。

グローバルにおけるネットワーク技術導入比率

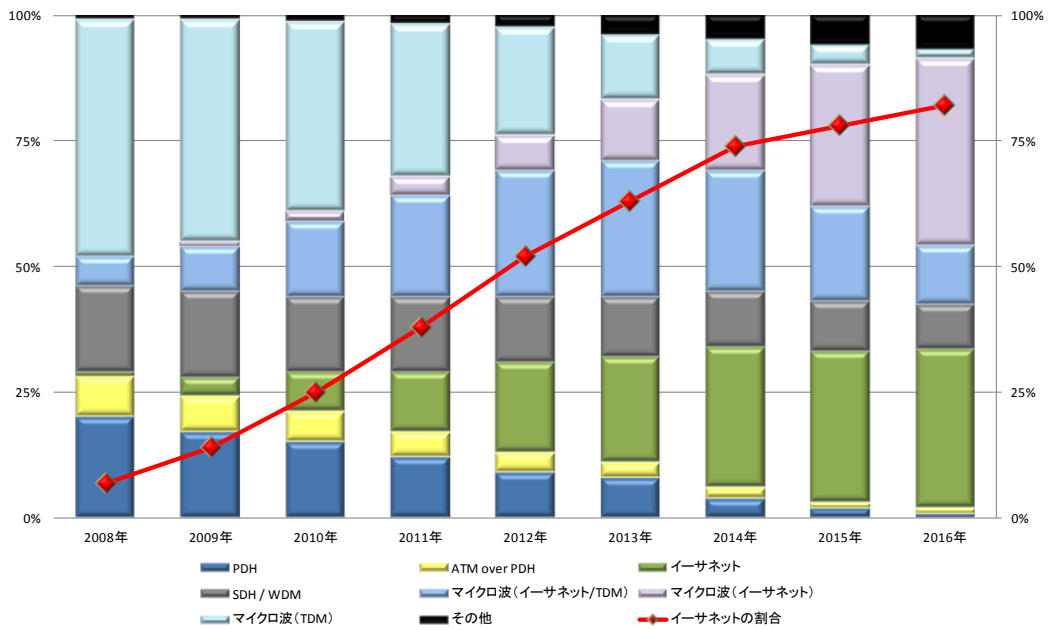


図 1-9 グローバルにおけるネットワーク技術導入比率

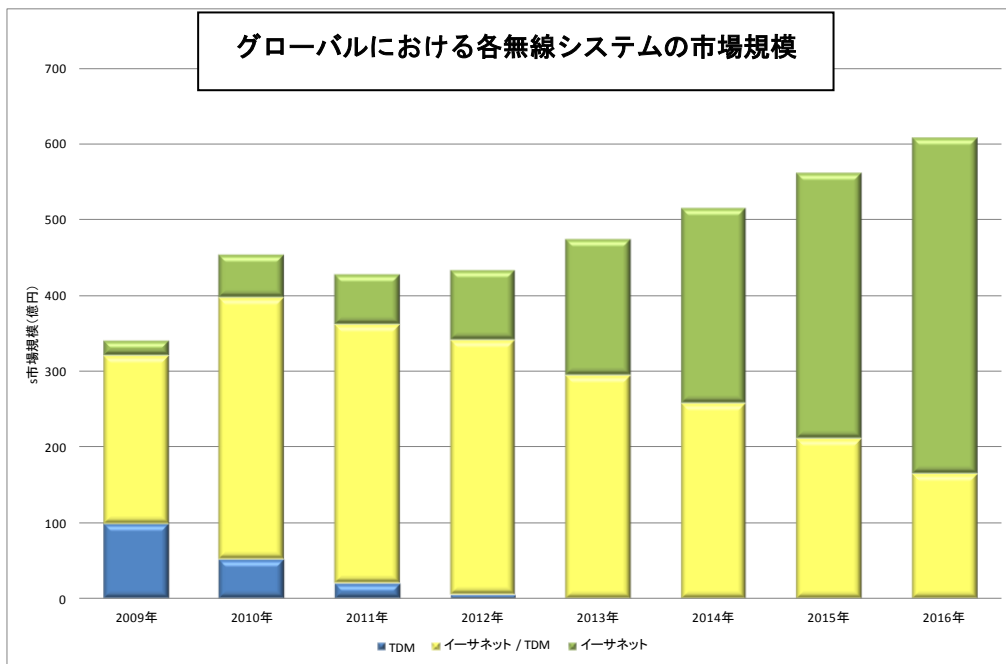


図 1-10 グローバルにおける無線システムのネットワーク技術導入比率

1.5.3 周波数帯別の利用動向

周波数帯別での世界的な利用状況は、4-8GHz 帯が約 30%、8-12GHz 帯が約 20%と、12GHz 帯以下で全体のほぼ半数を占める。12GHz 帯以上では 12-18GHz 帯までが約 30%、18-26.5GHz 帯が約 10%となっている。

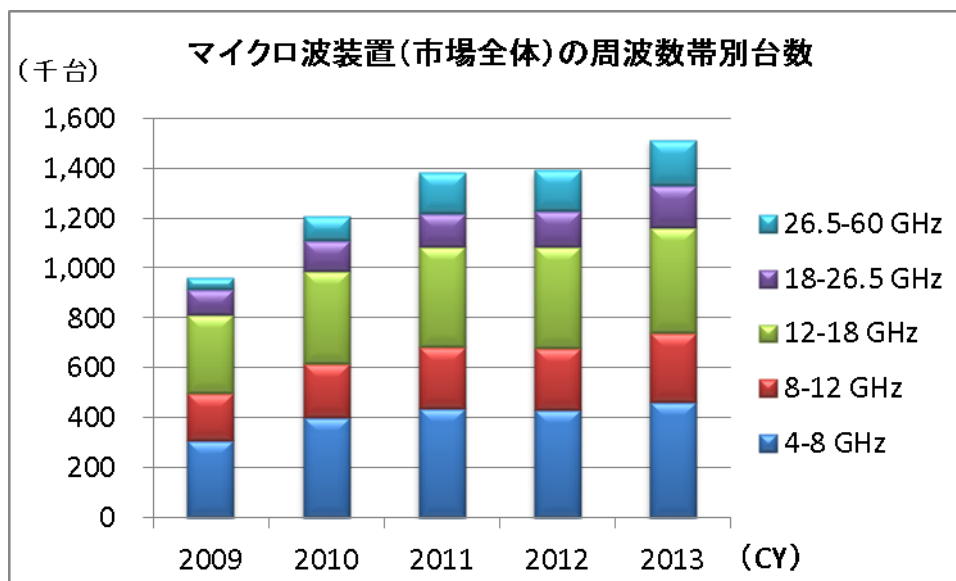


図 1-11 基幹系無線システム市場全体の周波数帯別台数割合

平成 12 年（2000 年）以前は、基幹系無線システムの利用用途の主流であった基幹ネットワークでは、40-50km 程度の長距離伝搬が可能な 4-8GHz 帯が利用されており、同周波数帯の製品が市場全体の 60% 近くを占めていた。しかし、平成 12 年（2000 年）以降の携帯電話システム等の普及に伴い、携帯電話基地局等のアクセス回線であるモバイルバックホール用途として小型の基幹系無線システムの需要が増加してきた。現在では、基幹系無線システム市場の約 90% がモバイルバックホール（Backhaul + Access）用途となっている。

モバイルバックホール用途の基幹系無線システムでは 12-26GHz 帯が広く利用されており、伝送距離は数 km 程度が多い。特に 15GHz 帯、18GHz 帯、23GHz 帯の 3 つの周波数帯を使用する基幹系無線システムがモバイルバックホール用途で使用される無線システムの約 60% を占めている。

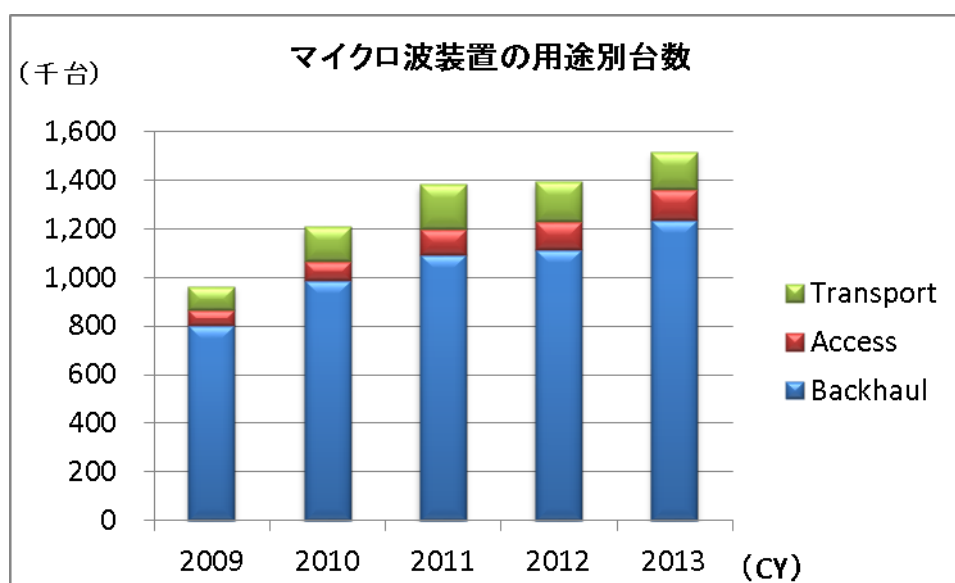


図 1-12 用途別台数割合

周波数帯別の利用状況の傾向として、北米地域以外は同様の傾向を示している。これは、

北米地域は、FCC 規則に基づく周波数割当がなされており、基幹系無線システム用途に解放されている周波数帯が少ないためである。

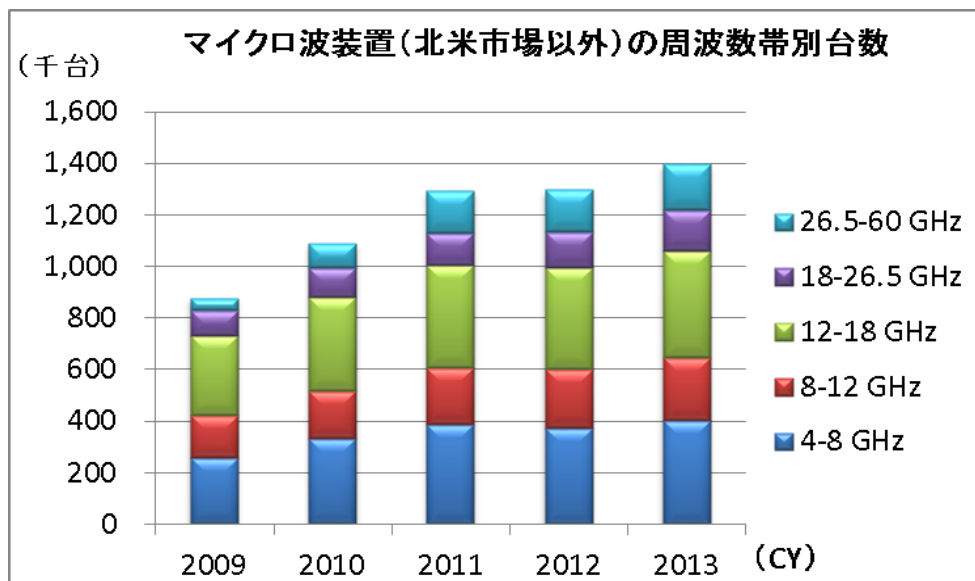


図 1-13 北米地域以外の周波数別台数割合

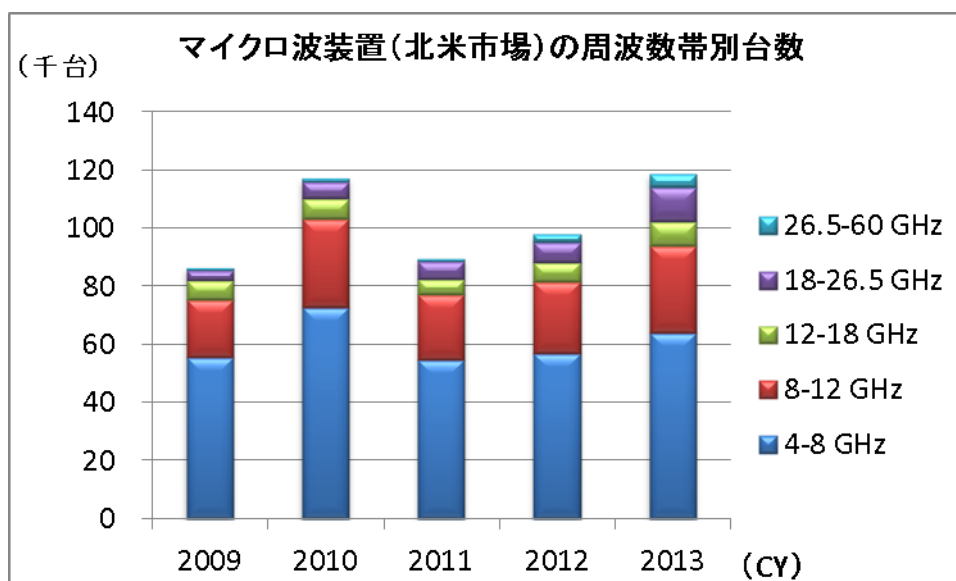


図 1-14 北米地域の周波数別台数割合

なお、米国では、AT&T、ベライゾン・ワイヤレス、Fiber Tower など基幹ネットワークを有する電気通信事業者が携帯電話サービスも提供している。このため、従来から使用している低い周波数帯（U6GHz、L6GHz、11GHz 帯）を利用してモバイルバックホールを構築している傾向が見られている。

ただし、FCC が基幹系無線システム等への新たな周波数帯の割当を進めていることから、移動通信システムのトラフィック増大に対応するため、広帯域の確保が容易な高い周波数帯である 18GHz 帯以上を使用する基幹系無線システムの需要増が見込まれている。

1.5.4 周波数仕様とアプリケーションの比較

11GHz 帯、15GHz 帯、18GHz 帯、22GHz 帯、26GHz 帯及び 38GHz 帯の周波数及び Channel separation について、ETSI、FCC、及び電波法に関しては、表 1-4 のとおりである。

表 1-4 各国周波数仕様比較

Band	Standard (注 1)	Frequency range (GHz)	Channel separation (MHz)
11GHz	ITU-R	10.7GHz - 11.7GHz	5, 7, 10, 14, 20, 28, 40, 60, 80
	ETSI	10.7GHz - 11.7GHz	7, 14, 28, 40, 56
	FCC	10.7GHz - 11.7GHz	3.75, 5, 10, 30, 40, 80
	電波法	10.7GHz - 11.7GHz	5, 10, 20, 40, 60
15GHz	ITU-R	14.4GHz - 15.35GHz	2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20, 28, 30, 40, 50, 56
	ETSI	14.5GHz - 14.62GHz paired with 15.23GHz - 15.35GHz	1.75, 3.5, 7, 13.75, 14, 27.5, 28, 55, 56
		14.5GHz - 15.35GHz	
	FCC	未定義	未定義
	電波法	14.4GHz - 15.35GHz	5, 10, 20, 40, 60
18GHz	ITU-R	17.7GHz - 19.7GHz	1.75, 2.5, 3.5, 5, 7, 7.5, 10, 13.75, 20, 27.5, 30, 40, 50, 55, 60, 110, 220
	ETSI	17.7GHz - 19.7GHz	13.75, 14, 27.5, 28, 55, 56, 110 or 1.75, 3.5, 7, 13.75, 14
	FCC	17.7GHz - 19.7GHz	5, 10, 20, 30, 40, 50, 80
	電波法	17.85GHz - 17.97GHz	20, 40
		18.6GHz - 18.72GHz	
22GHz	ITU-R	21.2GHz - 23.6GHz	2.5, 3.5, 7, 10, 14, 15, 28, 40, 50, 56, 112
	ETSI	22GHz - 23.6GHz	3.5, 7, 14, 28, 56, 112
	FCC	21.2GHz - 23.6GHz	2.5, 5, 10, 20, 30, 40, 50
	電波法	22GHz - 22.4GHz	60
22.6GHz - 23GHz			
26GHz	ITU-R	25.25GHz - 27.5GHz	3.5, 7, 14, 28, 56, 112
	ETSI	24.5GHz - 26.5GHz	3.5, 7, 14, 28, 56, 112
	FCC	未定義	未定義
	電波法	25.25GHz - 27GHz	60
38GHz	ITU-R	37GHz - 39.5GHz	2.5, 3.5, 7, 14, 28, 50, 56, 60, 112

	ETSI	37GHz - 39.5GHz	3.5, 7, 14, 28, 56, 112
	FCC	38.6GHz - 40GHz	max50
	電波法	38.5GHz - 39.05GHz	60

(注) 各周波数は以下より引用

ITU-R : F. 387/F. 636/F. 595/F. 637/F. 748/F. 749

ETSI : ETSI EN 302 217-2-2

FCC : FCC part 101.147

電波法 : 電波法

以下に11GHz帯、15GHz帯、18GHz帯、22GHz帯、26GHz帯及び38GHz帯のUK、US及び日本でのアプリケーション例を周波数帯毎に示す。

表 1-5 US/UK/日本でのアプリケーション例

Band	Country /Standard	Frequency range (GHz). (注1)	Typical application (注2)
11GHz	ITU-R	10.7GHz - 11.7GHz	Fixed wireless systems (F. 387-12)
	UK	10.7GHz - 11.7GHz	FIXED、FIXED SATELLITE (S-E)、Mobile
	US	10.7GHz - 11.7GHz	FIXED、FIXED SATELLITE (S-E)
	Japan	10.7GHz - 11.7GHz	Telecommunications (Fixed/Mobile)
15GHz	ITU-R	14.4GHz - 15.35GHz	Fixed wireless systems (F. 636-4)
	UK	14.5GHz - 14.62GHz	FIXED、Mobile、Space Research
		15.23GHz - 15.35GHz	
	14.5GHz - 15.35GHz		
US		FIXED、Mobile、FIXED SATELLITE (E-S)、Space Research	
Japan	14.4GHz - 15.36GHz	Telecommunications (Fixed/Mobile), Pubic (Mobile)	
18GHz	ITU-R	17.7GHz - 19.7GHz	Fixed wireless systems (F. 595-10)
	UK	17.7GHz - 19.7GHz	FIXED、FIXED SATELLITE
	US	17.7GHz - 19.7GHz	FIXED、FIXED SATELLITE
	Japan	17.85GHz - 17.97GHz	FWA/Telecommunications (Fixed)
18.6GHz - 18.72GHz			
22GHz	ITU-R	21.2GHz - 23.6GHz	Fixed wireless systems (F. 637.4)
	UK	22GHz - 23.6GHz	FIXED、Mobile、Space Research
	US	21.2GHz - 23.6GHz	FIXED、Mobile
	Japan	22GHz - 22.4GHz	FWA
22.6GHz - 23GHz		FWA	
26GHz	ITU-R	25.25GHz - 27.5GHz	Systems of the fixed service (F. 748-4)
	UK	24.5GHz - 26.5GHz	FIXED、Mobile、FIXED SATELLITE
	US		FIXED、Mobile、FIXED SATELLITE (E-S)

	Japan	25.25GHz - 27GHz	FWA
38GHz	ITU-R	37GHz - 39.5GHz	Systems of the fixed service (F. 749-3)
	UK	37GHz - 39.5GHz	FIXED、Mobile、FIXED SATELLITE
	US	38.6GHz - 40GHz	FIXED、Mobile、FIXED SATELLITE
	Japan	38.5GHz - 39.05GHz	Public and General (Mobile)

(注1) 各周波数は以下より引用

ITU-R : F. 387/F. 636/F. 595/F. 637/F. 748/F. 749

UK : ETSI EN 302 217-2-2

US : FCC part 101.147

Japan : 電波法

(注2) Typical applicationについては、以下総務省 HP より引用

国内 : <http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/index.htm>

海外 : <http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/share/link.htm>

1.6 基幹系無線システムの国際標準化動向

1.6.1 国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) における標準化動向

ITU-R SG5 は地上業務を取り扱う研究委員会であり、基幹系無線システムについては、SG5 配下の WP5C にて検討が行われている。2013 年 11 月に開催された WP5C 会合において、基幹系無線システムに関する内容として、以下の 5 つの課題検討が行われている。

- ① 基幹系無線システムに関する利用方法及び将来トレンドに関する新レポートの策定
- ② モバイルバックホールに関する新レポートの策定
- ③ 災害救援のための基幹系無線システムに関する勧告の改訂
- ④ 固定業務における P-P (Point-to-point) 方式の展開シナリオに関する新勧告の策定
- ⑤ Packet Based NW 向けで利用される P-P 基幹系無線システムに関する新研究課題

上記課題のうち③については 2013 年 11 月会合で作業を完了し、引き続き開催された SG5 会合において主管庁による郵便投票を用いた採択・承認手続き (PSAA) に付することが合意された。その他の課題については、2014 年 5 月に開催予定の WP5C にて継続審議される予定である。

主な課題の検討概要は以下のとおりである。

① 基幹系無線システムに関する利用方法及び将来トレンドに関する新レポートの策定

2012 年 3 月に承認された研究課題 (Question) ITU-R 235/5 “Fixed service use and future trends” のレポートに関する作業である。2012 年 5 月に開催された WP5C 会合において作業を開始し、2012 年 11 月会合においては検討促進のために CG (Correspondence Group) の設立が合意された。2013 年 11 月会合において、CG からの報告に加え、米国、カナダ、ポーランドテレコム、ETSI からの寄与文書に基づき暫定新レポート案を作成し、2014 年 5 月会合で継続審議することが合意された。本レポートについては 2014 年後半に開催される会合での作業完了を予定している。

本レポートは、基幹系無線システム (FWS) における将来の技術発展を考慮したアプリケーションの動向及び将来の必要条件についてのガイダンスを提供するものであり、基幹系無線システムの適用アプリケーションや周波数帯域の利用方法、基幹系無線システムで用いられる技術及びそのトレンドやスペクトル要求の各章から構成されている。

② モバイルバックホールに関する新レポートの策定

IMT-2000 向けバックホールに関するレポート ITU-R F. 2060 が内容的に古いことから、2013 年 5 月会合においてカナダより、バックホール向け固定業務に関する新レポートの策定が提案された。これに対して米国より、バックホール向け固定業務は IMT に特有の事項ではないために一般的な Mobile Broadband に拡張したレポートを作成すべき、との提案があり合意され作業が開始された。2013 年 11 月会合において米国・カナダからの寄与文書があり、暫定新レポート案「Fixed service backhaul networks for IMT and other terrestrial [mobile] broadband systems」に向けた作業文書が改訂され議長報告に添付された。基幹系無線システムに関する事項としては、基地局～基地局間通信、基地局～ネットワークノード間通信への FWS 導入についての議論が行われている。

1.6.2 APT Wireless Group (AWG) 会合における動向

AWG は、アジア太平洋地域における新たな無線システムの技術的課題を解決し、電気通信事業を推進するためのアジア・太平洋電気通信共同体 (APT: Asia-Pacific Telecommunity) における検討組織である。

2013 年 8 月に開催された第 15 回 AWG 会合 (AWG-15) において、基幹系無線システムに関する APT 地域の情報を収集するとともに、既存の周波数計画・利用状況、将来の役割・利用とアプリケーション及び研究開発動向をとりまとめたレポート/勧告を策定する新 Task Group (TG-FWS: TG on Fixed Wireless System) の設置が承認されるとともに、日本から TG-FWS 議長が選出された。

今後、2016 年開催予定の AWG-20 会合を目途として、基幹系無線システムに関する各国の周波数計画と利用・免許交付条件、利用形態、標準化活動に関する情報収集を実施し、周波数計画と利用の現状、周波数割当、帯域幅、主な利用形態、技術開発動向と将来の利用形態の見通しについてとりまとめる予定である。

また、ITU-R SG5 及び APT AWG での活動状況について、参考資料 1 のとおりである。

第2章 基幹系無線システムの高度化

2.1 基幹系無線システムの利用に係る展望

2.1.1 電気通信業務における基幹系無線システムの利用に係る展望

我が国の携帯電話の加入者数、人口普及率は、平成25年12月末時点で、約1億4,110万加入、110.2%に達しているほか、平成24年7月に第2世代携帯電話システムのサービスが終了した結果、第3世代以降の移動通信システムによってサービス提供がなされているなど、我が国のモバイルインフラ環境は世界最先端のレベルにある。また、社会・経済活動の高度化・多様化を背景として、インターネット接続や動画像伝送等のデータ通信利用が拡大傾向にあること、スマートフォンに代表されるようにインターネット接続環境での利用を重視した携帯電話等の普及によって、移動通信トラヒックは増加を続けている。総務省が移動通信事業者の協力を得て行っている移動通信トラヒックデータの収集・分析により、平成24年12月から平成25年12月までの1年間で約1.7倍に増加している（図2-3）。

このため、電気通信事業者は移動通信システムの高度化（LTE、モバイルWiMAX等による高速化）を図るとともに、利用者ニーズに対応するためのエリア展開を推進している。その際、利用者に対して安定した回線提供を行う観点から、エントランス回線やバックホールがボトルネックとなるようなネットワーク構成は回避する必要があるとあり、増加を続ける移動通信トラヒックを確実に伝送するため、これらの通信回線を大容量化する必要性が高まっている。エントランス回線やバックホールは主として光ファイバー網で構築されているが、光ファイバーの敷設には相応の費用と時間を要することから、近年では比較的安価かつ設置容易性が高い基幹系無線システムの利用に注目が集まっている。

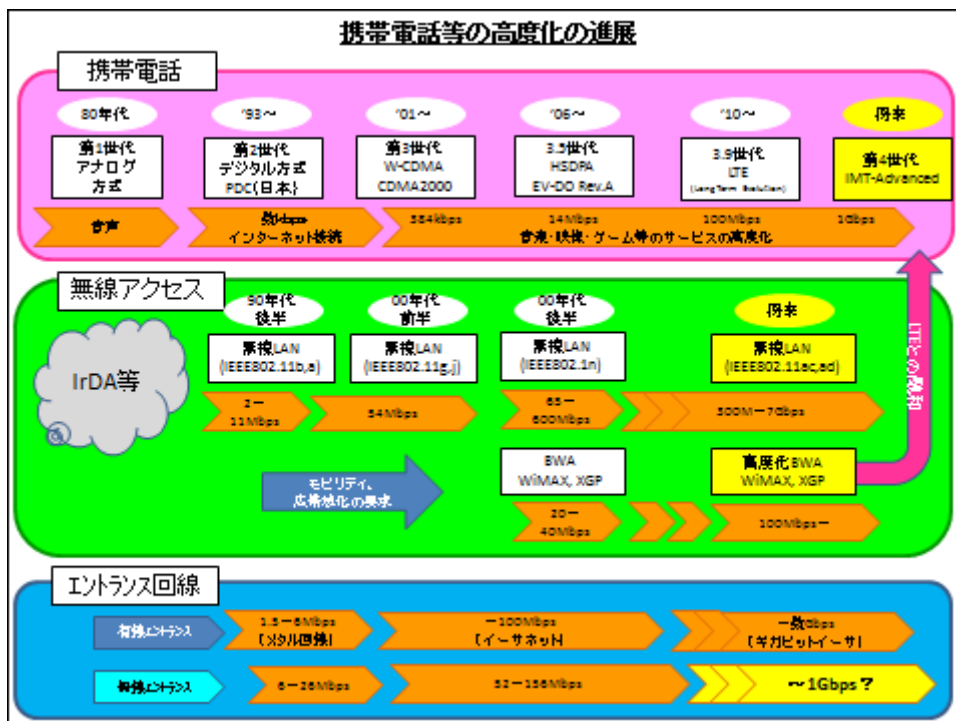


図2-1 携帯電話等の高度化の進展

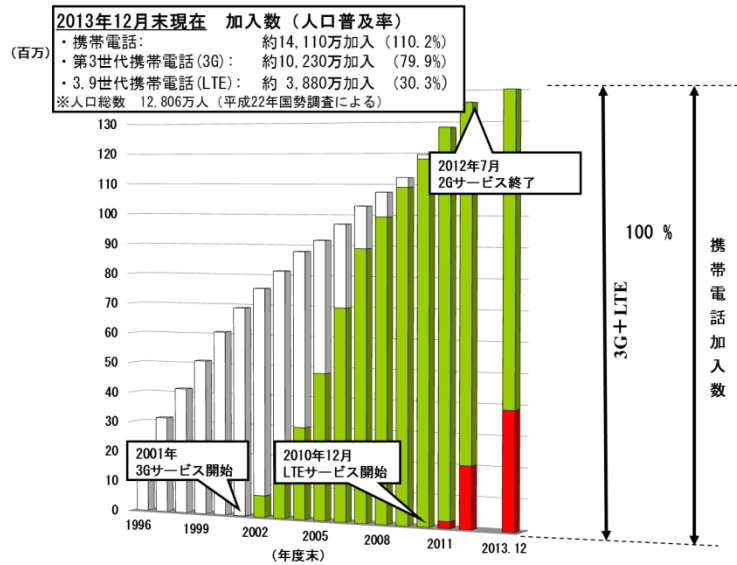
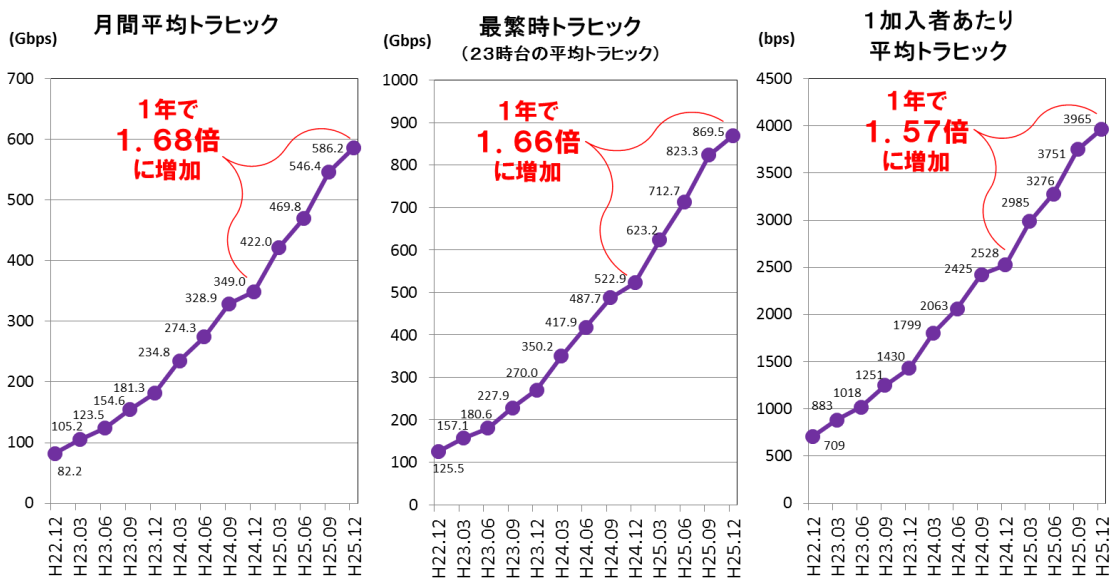


図 2-2 我が国の携帯電話加入者数の推移



○移动通信トラフィックは、直近1年で約1.7倍増加している。
 （各社のスマートフォン利用者数の増加や、動画等の大容量コンテンツの利用増加等が主要因と推測される。）

図 2-3 我が国の移动通信トラフィックの推移

2.1.2 公共業務・一般業務における基幹系無線システムの利用に係る展望

基幹系無線システムには地震等の災害に対する高い耐性があること、また、自営ネットワークは公衆ネットワークにおける輻輳の影響を受けないことから、人命及び財産の保護、治安の維持、気象通報等の公共業務を遂行するネットワークにおいて防災行政、消防、電力、運輸等の用途に利用されているほか、電気通信事業や放送事業等を除く一般企業の企業活動等に使用される一般業務用のネットワークにおいても広く利用されている。

これらネットワークで利用される基幹系無線システムでは、周波数の利用効率の向上を目的としたデジタル化やナロー化のほか、画像伝送等へのニーズの対応するため伝送容量の大

容量化が進められてきたが、映像による遠隔地の状況把握や設備の運用・保守業務の複雑化に伴う情報量の増大等に対応するため、更なる大容量化が求められている。また、ネットワークに対する高い信頼性への要求に対応するため、突発的な豪雨による電波伝搬環境の急激な変化等に際しても、通信回線が途絶されることなく安定した運用の確保が求められている。

2.2 基幹系無線システム高度化に向けたビジョン

我が国では、移動通信システムにおけるエントランス回線の伝送媒体として主に光ファイバーが利用されている。その伝送容量は、第3世代携帯電話システムまでは100Mbps程度の伝送速度を有するFast Etherが主流であったが、LTE等の普及に伴い、現在は1Gbps程度の伝送速度を有するGigabit Etherへの高速化が推進されている状況である。一方で、都市部における河川・軌道等の横断や無柱化エリア、又は離島・僻地等など光ファイバーの早期展開が困難な地域が存在するため、携帯電話等の移動通信システムのエリア展開に際しては基幹系無線システムの利用が必須となっており、現在のところ総エントランス回線数の約10%で基幹系無線システムが利用されている。しかしながら、現行の基幹系無線システムの伝送容量ではGigabit Etherへの対応は難しく、LTEや今後の導入が予定されている第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）のエントランス回線やバックホールとしての利用に際しては伝送容量が十分とは言い難い。また、公共業務等で利用される基幹系無線システムについても、情報量の増大に対応するための伝送容量の大容量化が求められている。このため、十分な伝搬距離を実現しつつ、今後の伝送容量の増大に対応可能な基幹系無線システムの実現に向けた高度化を進める必要がある。また、伝搬環境の急激な変化時にも安定的な運用を実現するなど通信回線の信頼性が確保されることが重要である。

これらの状況を踏まえ、基幹系無線システムの高度化に向けた検討においては、①ギガビットクラスの伝送を目標とした伝送容量の大容量化、②通信回線の信頼性を損なうことなく十分な伝搬距離を実現するなどの利便性と信頼性を両立させる無線システムの運用面・制度面の見直し、を目的として行うことが適当である。

伝送容量の大容量化に向けた検討においては、最新技術の導入に必要となる検討に加えて技術水準等の実態を反映させる検討も求められる。例えば、現行の基幹系無線システムの技術基準として無線設備を構成する部品の精度向上等に対応した規定がなされていないことにより、技術的には実現可能な高度化が制度的には認められていないといった問題が指摘されている。このため、適正な技術水準等の実態に即していない現行の技術基準の規定について見直すことが適当である。

運用面・制度面の見直しに当たっては、技術基準等に基づく適正な規律と柔軟な無線システムの運用を両立させる観点での検討が求められる。例えば、降水量が少ない地域においては、基幹系無線システムが使用する周波数帯の特性により、現行の電波法関係審査基準に則った回線設計で算出される伝搬距離の上限値を超えても、品質が確保された無線通信を行うことが可能である。このため、回線設計については、全国で統一された手法だけでなく、地域特性に応じた手法も適用可能とすることにより、電気通信事業者等によるネットワーク構築を柔軟かつ適切に行うことを可能とすることが適当である。

併せて、周波数利用の在り方として、災害発生時に被災した通信回線の復旧時や、各種イベントの開催時等における迅速な移動通信システムのエリア化・容量増に対応可能となるよう、臨機応変に基幹系無線システムの利用を実現する、割当帯域の考え方や調整スキームについて検討を行うことが望ましい。

なお、既存の無線システムへの影響を回避するため、基幹系無線システムの空中線電力等

は現行基準の規定値内として高度化に関する検討を行うことが適当である。

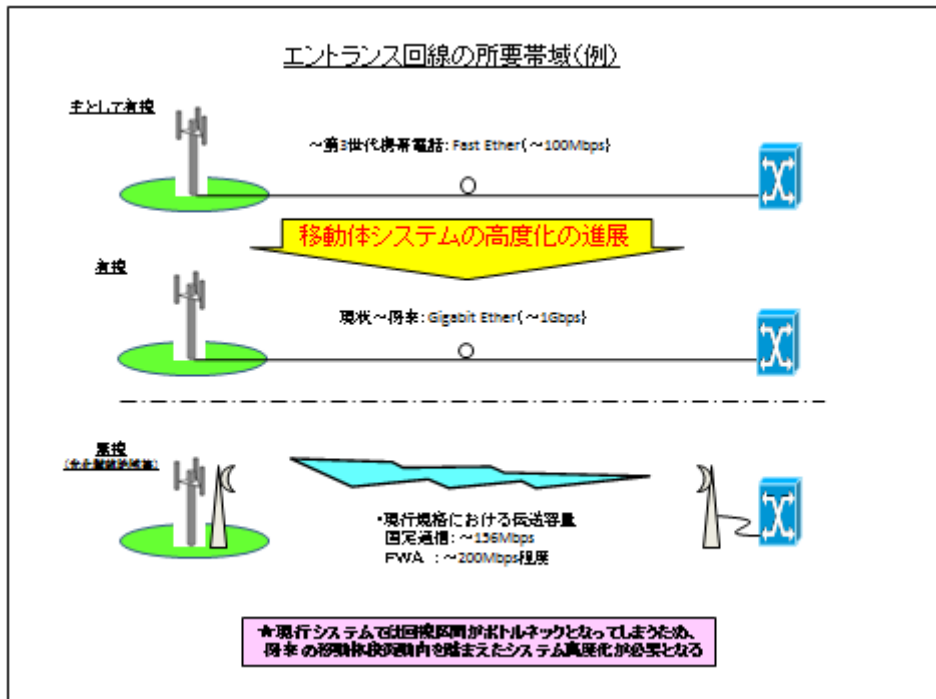


図 2-4 エントランス回線の所要帯域例

2.3 基幹系無線システム高度化に求められる技術

基幹系無線システムの大容量化を実現する手法として、利用周波数帯の広帯域化、変調方式の多値化等が挙げられる。

2.3.1 利用周波数帯の広帯域化

利用周波数帯の広帯域化によってチャンネル当たりの情報量は増加するため、利用周波数帯の広帯域化は伝送容量の大容量化の実現手法として効果的である。しかし、広帯域化されたチャンネルに隣接する帯域への漏えい電力が増加するおそれがあることから、既存の他無線システム等への影響について留意する必要がある。一方、チャンネルの広帯域化に際して、チャンネル当たりの空中線電力量を変えずにクロック周波数の増加によって利用周波数帯の広帯域化を行った場合には、単位周波数当たりの電力密度が低下するため、漏えい電力による隣接帯域への影響は発生しないと考えられる。このため、FWA システムの無線設備を用いて、空中線電力を一定としてクロック周波数を 2 倍化した場合の測定を実施し、併せて、隣接帯域への干渉軽減係数 (IRF) の計算を行った。

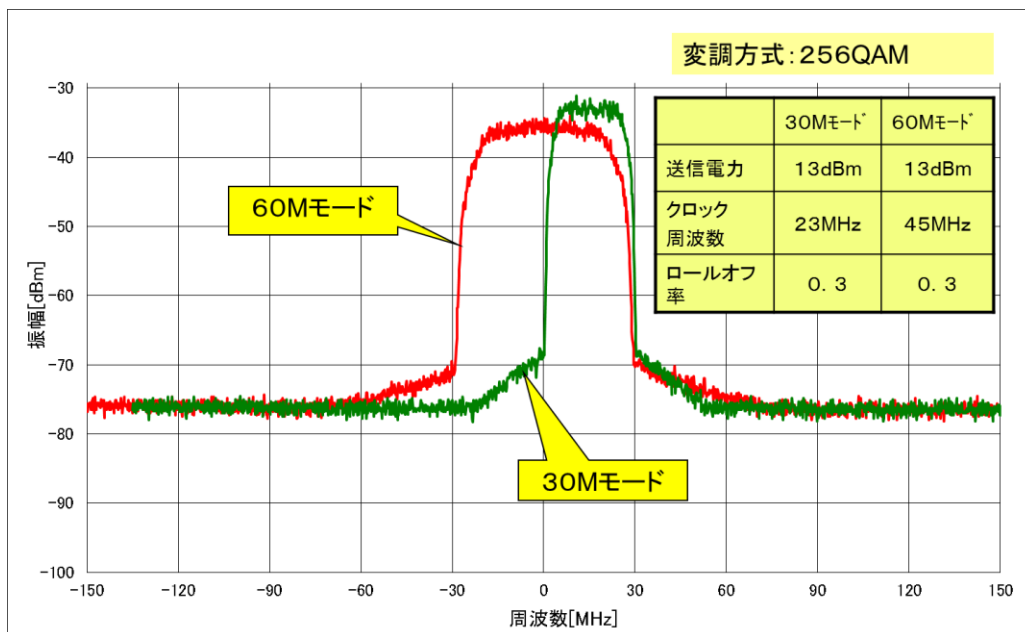


図 2-5 空中線電力を一定として帯域を 2 倍化した送信スペクトル

表 2-1 干渉軽減係数 (IRF) 計算結果

	希望波電力 (IRF 計算式分子項)	干渉波電力 (IRF 計算式分母項)	IRF (dB)
30MHz モード	積分帯域 +15MHz±13MHz 0.066639926 -11.76dB	積分帯域 +45MHz±13MHz 8.86785E-06 -50.52dB	38.76
60MHz モード	積分帯域 0MHz±13MHz 0.066639926 -11.76dB	積分帯域 +45MHz±13MHz 9.17701E-06 -50.37dB	38.61

測定及び計算結果から、空中線電力を一定として帯域を 2 倍化した場合、隣接帯域には問題となる影響が見られないことが明らかとなった。

以上より、利用周波数帯の広帯域化に際しては、現行の空中線電力に係る規定値の範囲内で伝送クロック周波数を向上させることによって実現を図ることが適当である。加えて、基幹系無線システムのチャンネル帯域に関する海外動向を踏まえつつ、当該チャンネルの広帯域化を検討していくことが肝要となる。

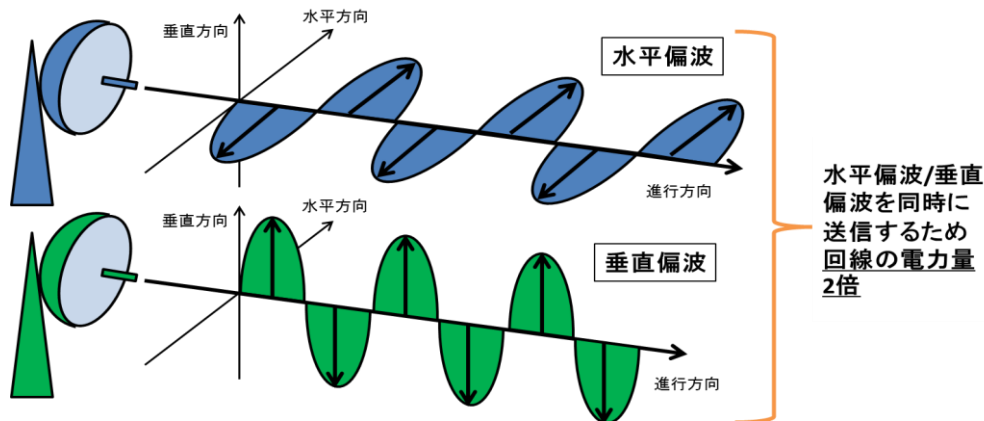
2.3.2 偏波多重方式の導入

現状のチャンネル配置のまま複数の偏波多重（直線偏波の場合は垂直偏波/水平偏波、円偏波の場合は右旋/左旋を同時に送受信する方式）を利用することにより、利用周波数帯を広帯域化することなく周波数利用効率（単位周波数あたりの伝送容量）を向上させることが可能である。ただし、逆偏波からの漏れ込み干渉が生じるため、回線品質を維持しつつ効率を上げるためには、漏れ込み干渉を抑圧するための交差偏波干渉補償機能を具備する必要がある。

なお、複数の送信装置を用いて垂直偏波及び水平偏波を同時利用（コチャンネル配置）する場合には、通信回線の電力量は 2 倍になることから、隣接帯域等を使用する他無線システムに干渉を及ぼさないことが前提となる。

FWA システムの隣接チャネル漏えい電力に係る現行基準については、18GHz 帯を使用する FWA システムのみ規定されており、22/26/38GHz 帯を使用する FWA システムでは規定されていない。このため、22/26/38GHz 帯を使用する FWA システムについても隣接チャネル漏えい電力に関する規定を設けることが適当である。

なお、固定通信システムでは、空中線電力の増加に伴う干渉検討を行った上で免許されるため、コチャネル配置による他無線システムへの干渉は回避可能と考えられる。



他無線システムへの干渉を回避するための方策が必要

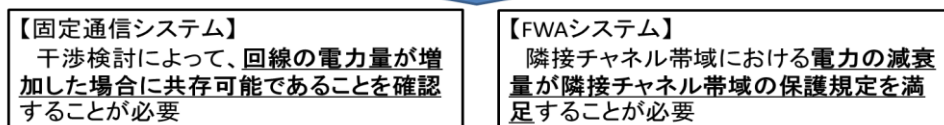


図 2-6 コチャネル配置時における干渉回避の方策

2.3.3 高次の多値変調技術の導入

変調方式の多値化技術については 1980 年代に 256QAM 方式の開発・実用化がなされたが、当時は基幹系無線システムでは長距離伝搬を目的とした利用形態が中心であり、回線品質を考慮した中継局配置が困難であったことから多値化されたシステムの普及は限定的であった。一方、近年の基幹系無線システムの利用形態は長距離伝搬よりも高速化を目的としたものが主流となっていること、またグローバルに展開する無線機器メーカーの大量生産によるコストダウンの効果と技術革新の結果、国外においては 256QAM を超える高次の多値変調方式による無線システム導入が容易となっている。

一方、変調方式を多値化した場合、受信信号レベルとして必要となる C/N 比が大きくなるため、干渉等に対する耐力は低下し、伝搬距離は短くなる。このため、変調方式の多値化によって、急激な気象変動時等における通信回線の信頼性が低下することが考えられることから、信頼性を確保するため、伝搬環境の状況に応じて変調方式を変える適応変調技術や空中線電力を変える自動送信電力制御技術を導入することが望ましい。なお、高次の多値変調方式による無線システムの長距離伝搬を容易に実現するための技術的手法として、送信出力の増大又は高利得アンテナの利用が考えられるが、これらの手法を適用する場合、与干渉電力の増加によって既存システムとの共存が困難になると考えられることから、基幹系無線システムの高度化における適用に際しては慎重な検討が求められる。

また、固定通信システムの適応変調技術として現行基準の最大多値数 64QAM (12GHz 帯にお

いては 128QAM) よりも高次の多値変調方式を導入する場合には、変調多値数の変動によって回線品質が変化することから、回線品質を定義する変調多値数を定めて他の無線システムとの干渉検討を行うことが適当である。

2.3.4 適応変調技術や自動送信電力制御技術の導入

前述のとおり、電波の伝搬環境の状態に対応して適用する変調方式を自動的に変更する適応変調技術や送信電力を自動的に制御する自動送信電力制御技術は、伝送容量の最適化と通信回線の確保を両立させる技術であり、基幹系無線システムへの導入が進められている。一方、現行規定では、これらの技術の導入について明確化されていない周波数帯があるため、規定の見直しを行うことが適当である。

2.3.5 将来における直交周波数分割多重方式 (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 導入への対応

高速データ伝送を行うに際してシンボルレートを高速化する場合には、マルチパスの影響が顕著になる。マルチパスによる劣化を抑えるためにはマルチキャリア化が有効であり、特に OFDM は効率よくマルチキャリア化ができるため高速データ伝送に適した方式である。OFDM は信号に大きなピークが発生することや FFT 演算が必要なため回路が複雑になる等の課題があるが、近年は LSI 技術や高周波技術の向上により、これらの課題が克服されてきており、移動通信システム (LTE、WiMAX)、WiFi、地上デジタル放送など、近年新たに導入されたシステムにおいて採用されている。

OFDM のサブキャリアは QPSK 等の 1 次変調のため雑音体制や固定劣化量はシングルキャリアと同等であり、使用するサブキャリア数の調整によって占有周波数帯幅を変更可能であること、伝送品質をほとんど劣化させずに信号のピーク電力を抑圧することが技術的に可能であることから、現行規定の範囲内で基幹系無線システムに導入することは可能である (参考資料 2 参照)。このため、今後、基幹系無線システムへの OFDM 導入が想定されることから、将来における OFDM 導入に備えた所要の制度整備を行うことが適当である。

2.4 基幹系無線システム高度化に求められる運用面・制度面の見直し

基幹系無線システムの高度化に際しては、新たな技術の導入による高度化と併せて、地域特性や無線利用技術の進展等に応じた運用面・制度面の見直しが求められる。

2.4.1 標準受信入力値の下限値規定の見直し

現在、固定通信システムについては、気象状況の変化に伴う伝搬環境の変動時等においてもその回線品質 (回線不稼働率) を担保するため、受信側における受信電力の基準値 (標準受信入力) を設定するとともに、十分な設計マージンが考慮された回線設計を行って免許がなされている。これにより悪天候時等においても通信回線の品質は確保されているが、気象状況の変化の度合いは地域毎に異なっているため、地域によっては回線不稼働率の規定値に達する受信入力の値が標準受信入力の規定値を下回る場合がある。この場合、標準受信入力に係る規定を満足させるため、標準受信入力の規定値が確保できる距離を伝搬可能距離として回線設計を行うことになり、その結果、平常時における運用や降水量が少ない地域等においては回線安定性を必要以上に確保した運用がなされているとの問題が指摘されている。一方、技術的には、気象状況の変化等に対応して伝送多値数を変更させる適応変調技術や送信電力を自動的に制御する自動送信電力制御技術を導入することによって、通信回線の断絶を回避することが可能である。

以上より、降雨量が少ない地域等における固定通信システムの回線設計においては、適応変調技術や自動送信電力制御技術の導入によって最悪時においても現行の回線品質基準を満足することを前提として、回線設計時におけるマージンを伝搬損失に充当可能とすることにより伝搬距離の長距離化を可能とすることが適当である。また、現行の受信入力値は、基準値 $\pm 3\text{dB}$ 、降雨減衰量の少ない区間等においては -6dB まで設定可能と規定されているが、回線設計上、他の無線システムへの与干渉や大口径アンテナ設置の制約がある場合が想定されるため、送信出力を抑えつつ小口径アンテナを利用することとなり、伝搬距離に対し受信入力値の規定値を満足しないことが想定される。この場合、受信入力値は標準受信入力値に対し最大 12dB 程度低減しても回線不稼働率規格を維持することが可能と見込まれることから、標準受信入力値の下限値の設定に際しては、現行の回線品質基準を満足する場合において標準受信入力値に対し -12dB まで設定可能とすることが望ましい。

2.4.2 占有周波数帯幅の規定方法の見直し

FWA システムの占有周波数帯幅の許容値は、技術開発の自由度を高めるため、占有周波数帯幅や中心周波数を指定せず、クロック周波数及びロールオフ率による計算式で規定されている。しかしながら、変調方式によっては技術的に実現可能な水準よりも低いクロック周波数を前提とした計算式となっているため、結果として、クロック周波数の増加による伝送容量の大容量化が不可能となっている。このため、技術水準の進展に対応して、ITU-R 勧告 F.1191-2 で規定されるクロック周波数と占有周波数帯幅の理論値を参考にして FWA システムの占有周波数帯幅の許容値の計算式を見直すことが適当である。

また、固定通信システムの現行基準では、クロック周波数が規定値として定められているため、クロック周波数を高めることによる大容量化が不可能となっている。このため、現行のクロック周波数に関する規定は廃止し、クロック周波数及びロールオフ率による計算式で占有周波数帯幅の許容値を規定することが適当である。

2.4.3 空中線規格の見直し

現在、小型化や軽量化を目的として設計された平面アンテナや、干渉低減のために低サイドローブに設計されたアンテナが開発されているが、 18GHz 帯を使用する基幹系無線システムの空中線利得等では、円形パラボラアンテナの利用を前提として規定がなされている。今後、アンテナの新規技術の導入を円滑に行うためには、現行基準をアンテナ形状に依存しない規定とすることが望ましいことから、一般的なアンテナ特性を参考として、円形パラボラアンテナ以外の空中線にも適用可能な規定方法について検討を行った。

現行基準では、アンテナ口径から空中線の最大利得や中心軸からの離角に応じた利得を算出する規定となっている。他無線システムに与える干渉量を現行程度とするためには、現行基準で規定される利得許容値を超えないことが必要であるため、新たな規定については、参考資料 3 のとおり中心軸からの離角に応じた利得を空中線の利得から算出する規定とすることが適当である。

2.4.4 所要降雨マージンの算出方法の見直し

固定通信システムの回線設計では、回線品質を確保する所要降雨マージンを算出する手法として、一定期間の降雨統計を解析処理したガンマ分布による降雨強度累積分布から算出する手法が用いられてきた。一方、降雨に関するデータを見直して新たな近似値方法を用いる M 分布による降雨強度累積分布を用いることによって、より信頼性の高い所要降雨マージンが算出可能であることから、現在は一部の周波数帯を使用する固定通信システムの回線設計では M 分布による回線設計手法を用いることが可能となっている。

回線設計手法の選択肢が増えることによって、より信頼性の高い回線構築が可能であることから、現在、ガンマ分布による回線設計手法のみとされている周波数帯についても M 分布による回線設計手法を用いることができるよう、規定を見直すことが適当である。

なお、M 分布による設計手法の適用による既存回線への影響については、他の無線局の開設等に伴う干渉検討を行う場合は、被干渉側が回線設計に用いた設計手法を適用することが規定されていることから、問題ないと考えられる。

2.4.5 周波数の許容偏差の見直し

現行の 11/15/40GHz 帯の固定通信システムの周波数の許容偏差は、送信機部品の製造技術水準を踏まえた場合、容易に実現可能な水準よりも更に低い規定となっている。周波数の有効利用や他の無線システムとの共存を適切に図るためには、周波数の許容偏差を適切な値とすることが求められることから、送信装置の実現性が確保できる範囲内で見直しを行うことが適当である。

2.4.6 FWA システムの周波数割当方針

FWA システム用の周波数帯については、利用ニーズへの的確な対応と周波数の有効利用を両立させるため、FWA システム用周波数帯を複数の周波数ブロックに分割し、地域に一定数以上の無線局を開設する者に周波数ブロックを割当てる形で免許がなされている。周波数ブロックは複数の免許人で共有して使用するものであるが、地域単位で割当てを行うことによって免許人には免許された地域内における無線局の開設について自由度が与えられることとなり、免許人による柔軟な無線局の運用が可能となっている。

他方、伝送容量の大容量化を実現するため複数の周波数ブロックを同時に利用するニーズが顕在化しつつあるほか、より柔軟な無線局運用を可能とするために免許基準とされている地域における無線局の開設数の緩和等が求められている。

このため、FWA システムの免許については、以下の方向性について今後、検討することが望まれる。

- (1) FWA システムは、移動通信システムの迅速なエリア展開を支える地上系無線技術としての利用が増加していることから、利用ニーズの変化を踏まえた免許基準の見直しを行うことが考えられる。
- (2) また、災害発生時等におけるネットワーク構築技術として FWA システムを使用するニーズに対応するため、災害対策等に使用する FWA システムの免許の在り方について検討が望まれる。例えば、災害対策用等の周波数ブロックを確保し、周波数ブロックを割当てられていない者を優先して当該周波数ブロックを割当てる等、FWA システム用周波数帯の有効利用を念頭に置いた検討が考えられる。
- (3) 複数の周波数ブロックを同時に使用するニーズが顕在化しつつあるなど、FWA システム用周波数帯の利用効率の更なる向上が求められている。このため、既に複数の周波数ブロックを割当てられている免許人については、既存設備の更新時期や利用者の使用周波数移行状況等を踏まえて、使用する周波数ブロックを 1 のブロックに集約させていく等の方策を講じていくことが考えられる。

2.5 高度化された基幹系無線システムのイメージ

固定通信システムは、基幹ネットワークの構成要素として長距離伝搬に適用されているほか、光ファイバーの敷設が困難な場所等における補完や移動通信システムの基地局等のエントランス回線等として利用されるニーズが増加している。

FWA システムは、電気通信事業者の交換局や中継回線とエンドユーザー（オフィスビル、携帯電話基地局等）間において無線設備を対向させて接続する方式が主体となっている。一区間の伝搬距離は、利用周波数帯などの条件にも依存するが、一般的に数百 m～数 km 程度となっている。

これら基幹系無線システムの高度化に際しては、回線品質を維持しつつ伝送容量の大容量化や十分な伝搬距離の確保を実現することが求められており、その実現に向けて導入すべき技術として以下の4技術が適当である。

- (1) 現行基準以上の高次多値変調技術
- (2) 適応変調技術
- (3) 自動送信電力制御技術
- (4) 偏波多重方式

上記の技術を導入した際の運用イメージは図 2-7 のとおりとなる。

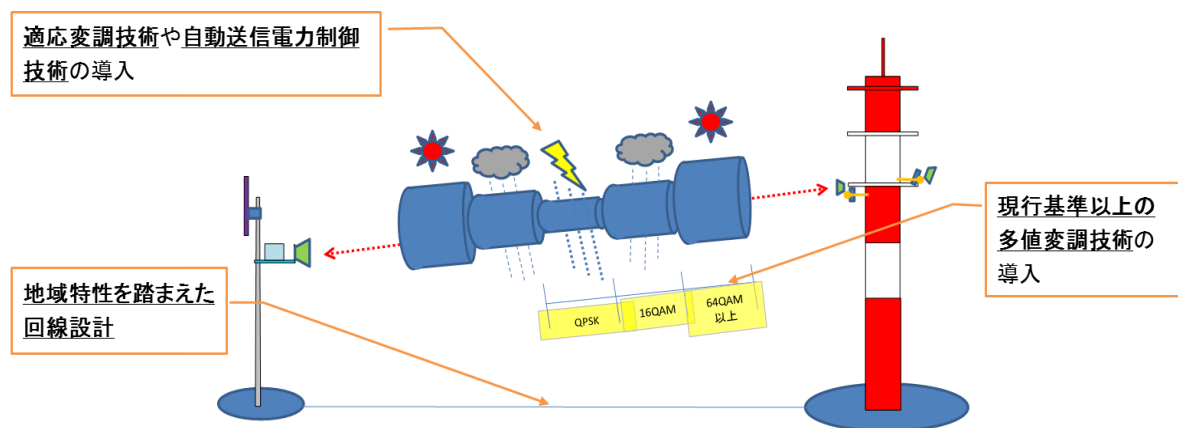


図 2-7 高次多値変調方式及び適応変調方式等の導入時の運用イメージ

- (1) 現行基準の規定値内で、回線設計におけるマージンの範囲内において多値変調化を行うことによる伝送容量の増加を実現
- (2) 突発的な豪雨等の気象変動時においても適応変調を行うことによるマージン確保によって通信回線の断絶を回避
- (3) 垂直偏波及び水平偏波を同時に使用する偏波多重方式の導入にあっては、交差偏波干渉補償機能を具備することにより、周波数利用効率の向上及び伝送容量の増加を実現

なお、固定通信システムに高次の多値変調方式及び適応変調技術を導入した場合における干渉調整に係る方針は、現行基準との整合性確保及び基幹系無線システムの柔軟な運用を両立させる観点から、以下のとおりとすることが適当である。

- (1) 高次の多値変調方式及び適応変調技術を導入した固定通信システムが与干渉側となる場合は、当該システムの適応変調技術が取りうる最大与干渉電力値相当（一定の方向に対する等価等方輻射電力値）を基準とした計算を行う。※1
- (2) 高次の多値変調方式及び適応変調技術を導入した固定通信システムが被干渉側となる場合は、現行基準における被干渉の許容値の最大値を基準とした計算を行う。※2

ただし、現行基準の規定を超える高次の多値変調を行う通信回線については、現行基準に規定されている被干渉の許容値の上限を超える保護は行わない。

※1 既存の変調方式に対して与干渉電力の増大とならないため、干渉検討の評価においては特殊な要素は考慮しない

※2 現行基準ではチャンネル幅が40MHzのシステムについては64QAM、60MHzのシステムについては16QAMが最大の多値変調方式として規定されている。

また、固定通信システムの長距離伝搬を可能とするため、回線設計時に回線不稼働率の基準値を満足することを前提として、現行の審査基準で規定される標準受信入力の下限值を下回る受信入力を設定可能とすることが適当である。なお、標準受信入力値の下限值の設定に際しては、現行の回線品質基準を満足する場合において標準受信入力に対し-12dBまで設定可能とすることが望ましい。

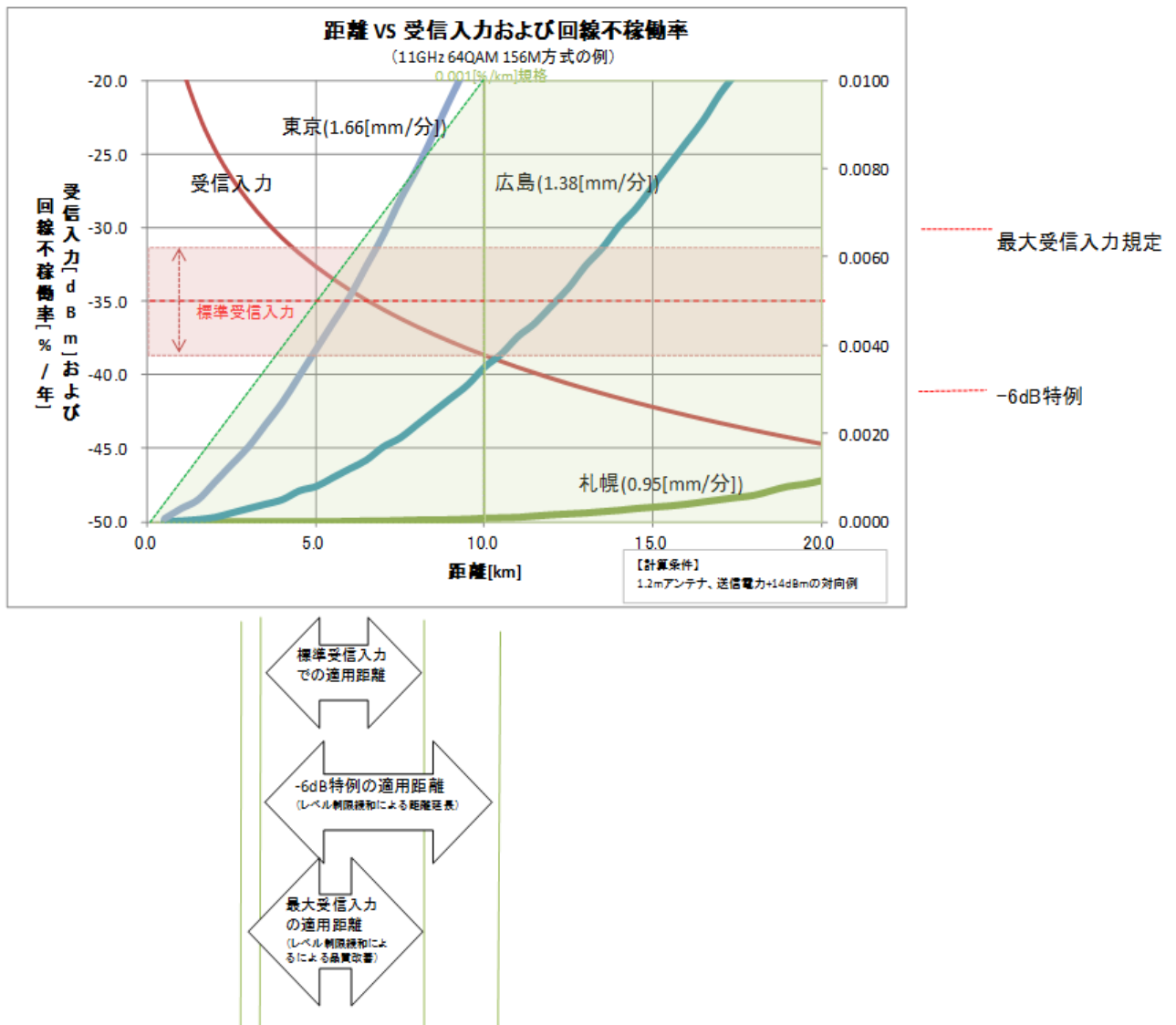


図 2-8 伝搬距離、受信入力と降雨減衰を考慮した回線不稼働率の相関

- (1) 図 2-8 に示すとおり、降雨減衰による通信回線への影響は地域毎に異なっている。
このため、地域によっては回線不稼働率の上限値となる受信入力の値が現行の標準受信入力の下限值を下回る場合がある。
- (2) この場合、標準受信入力の下限值を下回る受信入力であっても回線不稼働率の基準値を満足することから、回線不稼働率の基準値となる受信入力の値と標準受信入力の下限值の差分を回線設計時における自由空間損失に充当可能なマージンとすることにより、現行以上の長距離伝搬を実現することを可能とする。
- (3) 現行の審査基準では、降雨減衰量の少ない区間等における 64QAM-156M 方式の回線設計例では標準受信入力の値として $-35(+3, -6)$ dBm を設定可能としている。このため、64QAM-156M 方式以上の多値変調方式による回線設計においては現行の審査基準における標準受信入力の規定値 $-35(+3, -6)$ dBm によることを原則とするが、回線不稼働率の基準値を満足する場合に限って、標準受信入力に対して -12 dB まで設定可能とすることが望ましい。
- (4) この場合、受信側では、他無線システムからの干渉影響を受けても標準受信入力の下限值 -41 dBm の受信入力確保されることを前提とした回線設計に基づいて得られるマージンを自由空間損失に充当することになる。このため、回線設計において -6 dBm を下回る受信入力を設定した固定通信システムと他固定通信システムとの干渉調整においては、現行と同様に標準受信入力の下限值 -41 dBm の受信入力確保されるように調整を行うことが適当である。
- (5) なお、長距離伝搬が必要となる地域は主として運用されている無線システム数が少ない離島等であることから、地域特性に応じた回線設計手法の適用が望ましい。

第3章 基幹系無線システム高度化の技術的条件

3.1 固定通信システムの技術的条件

技術的進歩に即応可能な固定通信システムの高度化規格を整備するため、その固定通信システムの技術的条件については本章に記載のとおりとすることが適当である。なお、本3.1章では新たな方式あるいは新たな技術の導入について記載しているが、技術の進展に応じたアンテナ規格等の現行の規定方法に関する一部の見直しについても言及する。

3.1.1 一般的条件

(1) 無線周波数帯

11GHz帯/12GHz帯/15GHz帯/18GHz帯/22GHz帯/40GHz帯固定局の各周波数帯は現行規定のとおりとする。また、この技術的条件は、当該固定局に新たに追加することが適当である。参考資料4に対象とする無線周波数帯と適用範囲との関係一覧を示す。

(2) 通信方式

現行の規定のとおり、単向通信方式、複信方式又は周波数分割複信方式とする。

(3) 変調方式

伝送容量の増大を図るために高次の多値変調方式（例：256QAM以上）にも対応できるように現行規格を見直すことが適当である。なお、当該多値数は特段規定せずに、現行の各無線周波数帯のチャネル幅（参考資料4に記載）において最高次の変調方式の規格を超える多値数を設定でき、かつ無線回線状態に応じて低次の多値数（QPSK等）に対応可能な規格とするように適応変調方式を導入することが適当である。また、適応変調方式を導入する場合であっても、当該多値数の固定的運用も可能とすることが望ましい。さらに占有周波数帯幅の規定値の範囲内で、直交周波数分割多重方式（OFDM）の導入も可能とすることが適当である。

(4) 情報伝送速度

現行の11GHz帯/15GHz帯固定局及び18GHz帯固定局（エントランス用回線）の規格では、方式ごとに主信号の伝送容量（情報伝送速度）が規定されて方式名称に対応付けられている。ネットワークのIP化の進展及び適応変調方式では無線伝送路の状態変化によって伝送容量が変化することから、新設する方式においては伝送容量を特段規定せず、方式名称でも表現しないことが適当である。加えて、12GHz帯/18GHz帯（中継用回線）/22GHz帯/40GHz帯固定局においては伝送容量を規定しないことが適当である。

(5) クロック周波数

フィルタ等の技術進歩により、現行の占有周波数帯域幅の規定を変更することなく、現行規定よりクロック周波数を高めることにより大容量化が図れるようになる。このため、現行のクロック周波数の規定は廃止して占有周波数帯幅での規定とし、適用するクロック周波数の自由度を高めることが適当である。なお、クロック周波数から等価的に占有周波数帯幅を導出している現行規定に対し、クロック周波数の規定廃止にあっては不要発射を十分抑圧できるように配慮することが適当である。

(6) 標準受信入力規定値

11GHz帯/15GHz帯固定局及び18GHz帯固定局（エントランス用回線）において、降雨減衰

量が少ない区間等に新たなシステムを導入する際は、回線不稼働率を満足する場合において、標準受信入力の下限値を下回る受信入力（標準受信入力に対して-12dB まで）を設定可能とすることが望ましい（例：64QAM 156M 方式[占有周波数帯幅 36.5MHz]においては標準受信入力値「-35(+3, -6) dBm」の下限許容値の-6dB を下回る受信入力を設定可能とする）。なお、11GHz 帯/15GHz 帯固定局及び 18GHz 帯固定局（エントランス用回線）のその他の受信入力規定については、現行どおりとすることが望ましい。一方、12GHz 帯/18GHz 帯（中継用回線）/40GHz 帯固定局において、現行規格において標準受信入力規定されている周波数帯については、現行規定の最高次の変調方式の規格と同一とすることが望ましい。ただし、降雨減衰量を考慮していない周波数帯について、降雨減衰量が少ない地域等で回線不稼働率を満たす場合には、その下限値を下回る受信入力を設定可能とすることが望ましい。

(7) 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、新設する方式（高次の多値変調方式）では、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）が可能となるように設定することが適当である。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。ただし、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。

(8) アンテナの規定条件

現行の 11GHz 帯/15GHz 帯固定局及び 18GHz 帯固定局では、円形パラボラアンテナを用いることが前提として規定されているが（電波法関係審査基準に記載される“1.8mφ”の表現など）、アンテナ構成技術の進歩に伴い、平面アンテナの小型化やアンテナの低サイドローブ化が可能となっている。将来的に、これらのアンテナの物理的な構造条件によらず電気的特性で導入できるように新設の規定を整備するとともに、該当する現行規格の一部の表現を見直すことが適当である。

(9) 方式名

新設する方式の名称は「高次多値変調方式」とすることが適当である。ただし、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。

(10) 回線品質

「高次多値変調方式」あるいは相当の方式を適用する固定局において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、あらかじめ所要回線品質を定義するための変調多値数（リファレンス多値数）を規定することが適当である。このリファレンス多値数については「現行規格の最高次の変調方式」を適用し、「高次多値変調方式」におけるリファレンス方式として定義することが望ましい。

(11) 所要降雨マージンの計算方法

11GHz 帯/15GHz 帯/18GHz 帯/22GHz 帯固定局を対象とする所要降雨マージンの算出について、現行の目的別審査基準ではガンマ分布を用いることとなっているが、当該固定局においてもガンマ分布と M 分布の両パラメータを用いて所要降雨マージンを算出できるようにすることが適当である。なお、この算出用パラメータの見直しにあっては既存事業者等への影響が想定されることから十分な配慮を行うことが適当である。

(12) 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。

今般の固定通信システムの高度化に係る検討では、高度化された固定通信システムの送信電力やスプリアスマスク等の電波の質や特性に関係する基準について見直しを行っていないことから、他システム等に及ぼす干渉の影響量は変わらない。このため、高度化された固定通信システムは、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により、他無線システム等と共存することが可能である。

(13) 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現行の規定どおりに最大空中線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 11GHz帯/15GHz帯固定局については、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、前述の「3.1.1 一般条件の第(4)項及び第(5)項」に従い特段規定しない。なお、以前からこれらの規定がない固定局においては現行どおりとする。

イ 周波数の許容偏差

11GHz帯/15GHz帯/40GHz帯固定局を除いては現行規格のとおりとする。11GHz帯/15GHz帯/40GHz帯固定局については技術の進展を勘案し、現行規定 300ppm を他の固定通信システムの規格値と同等に 50ppm とする。

ウ 占有周波数帯幅の許容値

変調方式ごとに次式により求められる値に従うものとする。

<変調方式と占有周波数帯幅の許容値との関係>

4相以上のPSK、16値以上のQAMの場合： $f_{cl} \times (1 + \alpha)$ ($\alpha \leq 0.5$)

直交周波数分割多重方式(OFDM)： $f_{cl} \times \text{サブキャリア数} \times 1.1$

α ：ロールオフ率、 f_{cl} ：クロック周波数

これらに従い、占有周波数帯幅の許容値は次のとおりとする。

<11GHz 帯/15GHz 帯固定局及び 18GHz 帯固定局（エントランス用回線）>

36.5MHz 以下(注 1)、または 53.5MHz 以下(注 2)

<22GHz 帯固定局>

$f_{cl} \times (1+\alpha)$ MHz 以下(注 3)

<12GHz 帯/18GHz 帯（中継用回線）/40GHz 帯固定局>

28.5MHz 以下(注 4) <12GHz 帯>

$f_{cl} \times (1+\alpha)$ MHz 以下(注 5) <18GHz 帯>

$f_{cl} \times (1+\alpha)$ MHz 以下(注 6) <40GHz 帯>

注 1：40MHz チャンネル幅の場合に適用する。

注 2：60MHz チャンネル幅を利用できる場合に限り、既設システムへの与干渉条件を満たす場合に適用可能とする。

注 3：40MHz チャンネル幅の場合に適用する。

注 4：30MHz チャンネル幅の場合に適用する。

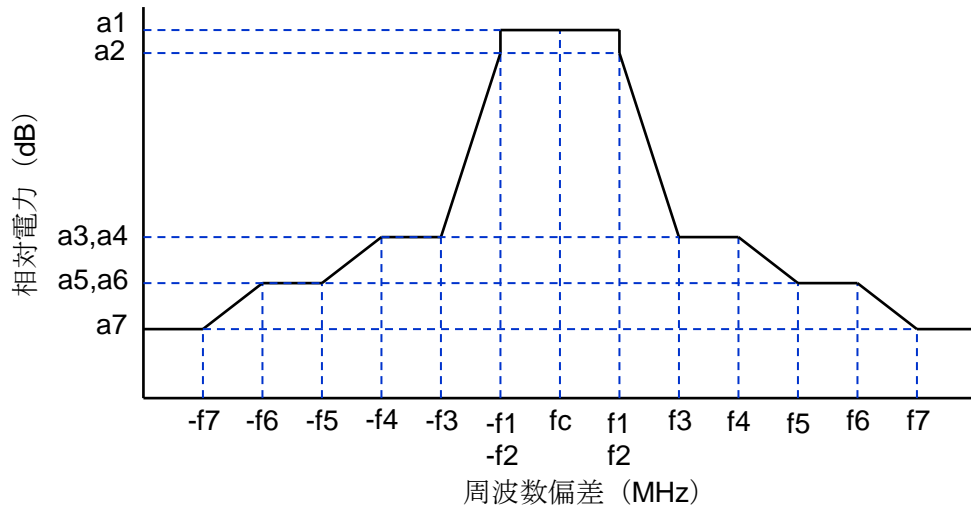
注 5：10MHz チャンネル幅の場合に適用する。

注 6：25MHz チャンネル幅の場合に適用する。

エ スペクトルマスク

11 GHz 帯/15 GHz 帯/22 GHz 帯/40GHz 帯固定局については、グローバルスタンダードである ETSI EN 302 217-2-2 のスペクトラムマスクに準じて規格化を行うとともに、適応変調技術が導入されることから変調方式によらない規定とすることが適当である。したがって、周波数偏差 f_n における相対電力 a_n (n は 1 から 7 とする) は、下記を満たすことが望ましい。

	チャネル幅	f1 (MHz) a1 (dB)	f2 (MHz) a2 (dB)	f3 (MHz) a3 (dB)	f4 (MHz) a4 (dB)	f5 (MHz) a5 (dB)	f6 (MHz) a6 (dB)	f7 (MHz) a7 (dB)
11GHz 帯 15GHz 帯	5MHz (QPSK)	2.5 0.0	2.5 -6.0	3.75 -27.0	5.1 -27.0	8.5 -45.0	12.5 -45.0	20.0 -50.0
	10MHz	5.0 0.0	5.0 -6.0	7.5 -33.0	12.3 -33.0	20.5 -48.0	25.0 -48.0	40.0 -50.0
	20MHz	10.0 0.0	10.0 -6.0	15.0 -33.0	24.6 -33.0	41.0 -48.0	50.0 -48.0	60.0 -50.0
	30MHz	15.0 0.0	15.0 -6.0	22.5 -33.0	36.9 -33.0	61.5 -48.0	75.0 -48.0	90.0 -50.0
	40MHz	20.0 0.0	20.0 -6.0	30.0 -36.0	42.9 -45.0	71.5 -48.0	100.0 -48.0	120.0 -50.0
	60MHz	30.0 0.0	30.0 -6.0	45.0 -33.0	73.8 -33.0	123.0 -48.0	150.0 -48.0	180.0 -50.0
22GHz 帯	5MHz (QPSK)	2.5 0.0	2.5 -6.0	3.75 -27.0	5.1 -27.0	8.5 -45.0	12.5 -45.0	20.0 -50.0
	40MHz	20.0 0.0	20.0 -6.0	30.0 -36.0	42.9 -45.0	71.5 -48.0	100.0 -48.0	120.0 -50.0
40GHz 帯	25MHz	12.5 0.0	12.5 -6.0	18.75 -33.0	30.75 -33.0	51.25 -48.0	62.5 -48.0	75.0 -50.0



また、18GHz 帯固定局については総務省告示 1239 号の規定に従い次のとおりとする。
 中心周波数から 1 チャネルの帯域幅の 50%以上 250%以下離れた周波数において、任意の 1MHz の帯域幅当たりの空中線電力に対する減衰量 Asm は、次の式により求められる値以上であること。

$$Asm = a + b \times (pd - 50) + 10 \times \log(BWch) \quad [\text{dBc}]$$

・ pd は離調周波数対 1 チャネルの帯域幅比 [%]、 $BWch$ は 1 チャネルの帯域幅 [MHz] とする。

・ a 及び b は次のとおりとする。

1 チャネルの帯域幅が 20MHz 以下の場合

$pd = 50\%$ 以上 100% 未満のとき、 $a = 11$ [dBc]、 $b = 0.3$

$pd = 100\%$ 以上 250% 以下のとき、 $a = 10$ [dBc]、 $b = 0.32$

ただし、 Asm の最大値は $59.8 + 10 \times \log(BWch / 60)$ [dBc] とする。

1 チャネルの帯域幅が 20MHz を超える場合

$a = 11$ [dBc]、 $b = 0.4$

ただし、 Asm の最大値は 56 [dBc] とする。

オ スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値

11GHz 帯/12GHz 帯/15GHz 帯/22GHz 帯/40GHz 帯固定局に関する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。また、18GHz 帯固定局のスプリアス領域における不要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い、帯域外領域における不要発射の強度の許容値については総務省告示第 1239 号で規定される値に従う。

カ 空中線電力

空中線電力の最大値が定められている 18GHz 帯/22GHz 帯固定局（エントランス用回線）及び 12GHz 帯/18GHz 帯（中継用回線）/40GHz 帯固定局においては現行規格に従う。一方、空中線電力の最大値が定められていない 11GHz 帯/15GHz 帯固定局においては、現行規格での標準受信入力値の規定に従い特段規定はしない。なお、前述の「3.1.1 一般的条件の第(12)項」に従い、自動送信電力制御(ATPC)を適用する場合には最大空中線電力を超えない範囲で運用することとする。

- キ 空中線電力（平均値）の許容偏差
空中線電力（平均値）の許容偏差は、現行の無線設備規則に従い±50%とする。
- ク 電波防護指針
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。参考資料 5 に最大 EIRP 規格と安全離隔距離との関係を示す。
- (3) 受信装置
- ア 復調方式
現行の規定どおりとする。
- イ 等価雑音帯域幅及び雑音指数
11GHz 帯/15GHz 帯固定局及び 18GHz 帯固定局（エントランス用回線）において、40MHz チャンネルの場合の等価雑音帯域幅は 34.5MHz 以下及び雑音指数は 5dB 以下とし、60MHz チャンネルの場合の等価雑音帯域幅は 51.0MHz 以下及び雑音指数は 5dB 以下とする。22GHz 帯固定局においては特段の規定は行わず現行規定に従う。一方、12GHz 帯/18GHz 帯（中継用回線）/40GHz 帯固定局においては現行規定に従う。
- ウ 交差偏波識別度補償機能
周波数の有効利用を促進するため、交差偏波識別補償機能 (XPIC) を具備している装置については垂直偏波及び水平偏波の同時利用を可能とする。ただし、XPIC を用いない場合においても回線品質を満たす場合にはこの限りではない。
- エ 受信入力規定値
11GHz 帯/15GHz 帯固定局及び 18GHz 帯固定局（エントランス用回線）において、その標準受信入力規定値は現行の「64QAM 156M 方式」規定値（40MHz チャンネルの場合）に従い、あるいは「16QAM 156M 方式」規定値（60MHz チャンネルの場合）に従う。ただし、降雨減衰量が少ない区間等に新たなシステムを導入する際は、回線不稼働率を満足する場合において、標準受信入力の下限值を下回る受信入力（標準受信入力に対して-12dB まで）を設定可能とする。一方、12GHz 帯/18GHz 帯（中継用回線）/40GHz 帯固定局については現行規格に従う。
- オ 副次的に発する電波等の限度
11GHz 帯/12GHz 帯/15GHz 帯/40GHz 帯固定局については、現行の無線設備規則に規定のとおり 4nW とする。また、18GHz 帯固定局においては 4nW（1GHz 未満の周波数の場合）及び 20nW（1GHz 以上の周波数の場合）として現行の無線設備規則に従う。
- (4) 周波数等
- ア 周波数
11GHz 帯/15GHz 帯固定局及び 18GHz 帯固定局（エントランス用回線）においては、割当チャンネルの使用順位を見直し、水平偏波及び垂直偏波の両偏波の同時利用（コチャンネル配置）を可能とする。また、22GHz 帯固定局及び 12GHz 帯/18GHz（中継用回線）/40GHz 帯固定局においても水平偏波及び垂直偏波の両偏波の同時利用（コチャンネル配

置)を可能とする。

イ 送信空中線の等価等方輻射電力

11GHz 帯/15GHz 帯固定局において、40MHz チャンネルの場合には現行の「64QAM 156M 方式」規格のとおりとし、60MHz チャンネルの場合には現行の「16QAM 156M 方式」規格のとおりとする。18GHz 固定局(エントランス用回線)においては、現行の「64QAM 156M 方式」規格のとおりとする。また、22GHz 帯固定局においては現行規定のとおりに特段定めないこととする。一方、12GHz 帯固定局においては、現行規格のとおりとし、18GHz 帯(中継用回線)/40GHz 帯固定局においては現行の規格のとおりに特段定めないこととする。

ウ 伝送の質

11GHz 帯/15GHz 帯固定局において、40MHz チャンネルの場合には現行の「64QAM 156M 方式」規格のとおりとし、60MHz チャンネルの場合には現行の「16QAM 156M 方式」規格のとおりとする。また、18GHz 帯の固定局(エントランス用回線)においては現行の「64QAM 156M 方式」規定のとおりとし、22GHz 帯固定局においては現行 64QAM 規格の規定どおりとする。一方、12GHz 帯/18GHz 帯(中継用回線)/40GHz 帯固定局においては、「現行規格の最高次の変調方式」の規定どおりとする。

エ 混信保護

11GHz 帯/15GHz 帯固定局において、40MHz チャンネルの場合には現行の「64QAM 156M 方式」規格のとおりとし、60MHz チャンネルの場合には現行の「16QAM 156M 方式」規格のとおりとする。また、22GHz 帯固定局においては現行規格のとおりとする。一方、12GHz 帯固定局においては現行の「128QAM 156M 方式」規格のとおりとし、18GHz 帯(中継用回線)/40GHz 帯固定局においては「現行規格の最高次の変調方式」の規定のとおりとする。なお、11GHz 帯/15GHz 帯/18GHz 帯(エントランス用回線)/22GHz 帯固定局及び 12GHz 帯/18GHz 帯(中継用回線)/40GHz 帯固定局において、自動送信電力制御(ATPC)機能を使用する場合には、現行規定のとおりに最大空中線電力時相当をリファレンスとして干渉調整を行う。

また、11GHz 帯/15GHz 帯/18GHz 帯(エントランス用回線)/22GHz 帯固定局における高次多値変調方式(40MHz チャンネル、60MHz チャンネル)同士の与干渉・被干渉条件の算出に必要な干渉軽減係数(IRF)の値については、各々0dB(0MHz)とする。なお、現行規格において、16QAM 156M 方式間(11GHz 帯/15GHz 帯固定局)の IRF 値が記載されていないことから、本 IRF 値についても 0dB(0MHz)とする。

(5) アンテナ

「3.1.1 一般的条件の第(8)項」に記載のとおり、アンテナの物理的構造(電波法関係審査基準に記載される“1.8mφ”の表現など)によらずに電気的特性により規定する。なお、18GHz 固定局で用いられるアンテナ特性については、現行規定で定められている開口径や周波数からの算出方法を見直し、当該空中線の標準特性を次のように規定する。

<18GHz 帯固定局>

送信空中線の主輻射の方向から離角に対する利得 $G_a(\theta)$ は、次の値以下であること。

なお、上記条件を満たす場合の $\theta = 0^\circ$ の時の $G_a(\theta)$ の値を G_{max} とする。

1 Gamax が 20 [dBi] を超え 40.3 [dBi] 以下の場合

$$Ga(\theta) \leq Gamax - 2.2 \cdot 10^{-3} \cdot [(10^{((Gamax-8.4)/20)}) \cdot \theta]^2 \text{ [dBi]}$$

$$0^\circ \leq \theta \leq \theta_q$$

$$Ga(\theta) \leq 2 + 15 \cdot \log(10^{((Gamax-8.4)/20)}) \text{ [dBi]} \quad \theta_q < \theta \leq \theta_r$$

$$Ga(\theta) \leq 43 - 4 \cdot \log(10^{((Gamax-8.4)/20)}) - 20 \log(\theta) \text{ [dBi]}$$

$$\theta_r < \theta \leq \theta_s \quad (\theta_s < \theta_t \text{ の場合}) \text{ 又は } \theta_r < \theta \leq \theta_t \quad (\theta_t \leq \theta_s \text{ の場合})$$

$$Ga(\theta) \leq 3 \text{ [dBi]} \quad \theta_s < \theta \leq \theta_t \quad (\theta_s < \theta_t \text{ の場合})$$

$$Ga(\theta) \leq 3 - 0.0075(\theta - (97.5 - Gamax))^2 \text{ [dBi]} \quad \theta_t < \theta \leq 90^\circ$$

$$Ga(\theta) \leq 10 - 10 \cdot \log(10^{((Gamax-8.4)/20)}) \text{ [dBi]} \quad 90^\circ < \theta \leq 180^\circ$$

ただし、 θ は空中線の主輻射方向からの角度 [°] とする。

$$\theta_q = 21.2 / (10^{((Gamax-8.4)/20)}) \cdot \text{SQRT} \{ Gamax - [2 + 15 \cdot \log(10^{((Gamax-8.4)/20)})] \} \text{ [}^\circ \text{]}$$

$$\theta_r = 10^{[2.12 - \log(10^{((Gamax-8.4)/20)})]} \text{ [}^\circ \text{]}$$

$$\theta_s = 10^{[2.05 - 0.25 \cdot \log(10^{((Gamax-8.4)/20)})]} \text{ [}^\circ \text{]}$$

$$\theta_t = 97.5 - Gamax \text{ [}^\circ \text{]}$$

2 Gamax が 40.3 [dBi] を超え 46.3 [dBi] 以下の場合

$$Ga(\theta) \leq Gamax - 2.0 \cdot 10^{-3} \cdot [(10^{((Gamax-8.4)/20)}) \cdot \theta]^2 \text{ [dBi]}$$

$$0^\circ \leq \theta \leq \theta_q$$

$$Ga(\theta) \leq 2 + 15 \cdot \log(10^{((Gamax-8.4)/20)}) \text{ [dBi]} \quad \theta_q < \theta \leq \theta_r$$

$$Ga(\theta) \leq 43 - 4 \cdot \log(10^{((Gamax-8.4)/20)}) - (6.2 + 2Gamax/5) \cdot \log(\theta) \text{ [dBi]}$$

$$\theta_r < \theta \leq \theta_s$$

$$Ga(\theta) \leq 15.83 - Gamax/3 \text{ [dBi]} \quad \theta_s < \theta \leq \theta_t$$

$$Ga(\theta) \leq 15.83 - Gamax/3 - (0.02675 - 0.0005 \cdot Gamax) \cdot (\theta - 177.56 + 3.08 \cdot Gamax)^2 \text{ [dBi]} \quad \theta_t < \theta \leq \theta_u$$

$$Ga(\theta) \leq 10 - 10 \log(10^{((Gamax-8.4)/20)}) \text{ [dBi]} \quad \theta_u < \theta \leq 180^\circ$$

ただし、 θ は空中線の主輻射方向からの角度 [°] とする。

$$\theta_q = 22.5 / (10^{((Gamax-8.4)/20)}) \cdot \text{SQRT} \{ Gamax - [2 + 15 \cdot \log(10^{((Gamax-8.4)/20)})] \} \text{ [}^\circ \text{]}$$

$$\theta_r = 10^{[1.82 + Gamax/150 - \log(10^{((Gamax-8.4)/20)})]} \text{ [}^\circ \text{]}$$

$$\theta_s = 94.55 - 1.5Gamax \text{ [}^\circ \text{]}$$

$$\theta_t = 177.56 - 3.08Gamax \text{ [}^\circ \text{]}$$

$$\theta_u = 130.8 - Gamax \text{ [}^\circ \text{]}$$

3.1.3 回線設計例

11GHz 帯/15GHz 帯/18GHz 帯(エントランス用回線)/22GHz 帯固定局の回線設計例を参考として参考資料 6 に示す。また、12GHz 帯/18GHz 帯(中継用回線)/40GHz 帯固定局の回線設計例を参考として参考資料 6 に示す。

また、高次多値変調方式あるいは相当の方式を用いた高次多値変調システムにおける雑音配分例を参考として参考資料 7 に示す。

3.1.4 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。なお、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毎のアンテナ端子で測定する。

(1) 周波数の偏差

ア アンテナ測定端子付きの場合

無変調の状態で作動させ、指定された周波数に対する偏差の最大値を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

無変調の状態で作動させ、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。測定点はアンテナ端子とする。測定周波数

範囲は 30MHz から 26GHz まで（搬送波周波数が 13GHz を超える場合は 2 倍の高調波まで）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。ただし、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。

(4) アンテナ端子のない場合

アンテナ端子がない場合は、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。測定点はアンテナ端子とし、受信空中線と電氣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。

3.2 固定無線アクセス（FWA）システムの技術的条件

技術的進歩に即応可能な FWA システムの高度化規格を整備するため、その FWA システムの技術的条件については本章に記載のとおりとすることが適当である。なお、本 3.1 章では新たな方式あるいは新たな技術の導入について記載しているが、技術の進展に応じた利用チャネルの広帯域化等の現行の規定方法に関する一部の見直しについても言及する。

3.2.1 一般的条件

(1) 無線周波数帯

本方式は、一定程度まとまった周波数帯域が必要なこと、電波伝搬特性及びデバイス技術等の現状を考慮して、使用周波数帯として現行規定どおり 18GHz 帯、22GHz 帯、26GHz 帯及び 38GHz 帯とする。

(2) 通信方式

ア 対向方式における通信方式は、現行どおり周波数分割複信方式又は時分割複信方式とする。

イ 一対多方向方式における基地局の通信方式は、現行どおり周波数分割多重方式又は時分割多重方式とする。また、基地局と通信する陸上移動局の通信方式は、周波数分割多元接続方式又は時分割多元接続方式を使用する周波数分割複信方式又は時分割複信方式とする。

(3) 変調方式

周波数有効利用を考慮すると変調方式の多値化が有利であり、技術発展に伴い、既に現行

法を超える高次の多値変調に対応可能な製品が市場に出ていること、今後それ以上の多値化の見込みがあることから、現行の技術的条件と同様に4値以上の多値変調（4相以上の位相変調、4値以上の周波数偏位変調及び16値以上の直交振幅変調）や直交周波数分割多重方式（OFDM¹）を採用することが望ましい。

また、高次変調方式においては雑音に対する耐性が低いため、天候等の伝搬環境の変化に応じて変調を変化させ回線瞬断を回避する適応変調方式についても採用することが望ましい。

(4) 情報伝送速度

18GHz帯 FWA システムについては、自営通信網での音声・データ・映像の同時伝送が求められていること、

22/26/38GHz帯 FWA システムについては、携帯電話等の高度化に伴いバックホール回線に求められる回線容量も増加していることから、1周波数チャンネル当たり1Gbps程度とすることが望ましい。

(5) 占有周波数帯幅、キャリア周波数間隔

伝送容量、変調方式、誤り訂正機能等の付加などによって占有周波数帯幅はさまざまな値をとることから、キャリア周波数間隔については、周波数有効利用の観点から必要最低限のものとするのが望ましい。なお、利用周波数帯の広帯域化によりチャンネルあたりの情報量を大容量化する場合は、隣接帯域への漏洩電力による影響を十分に考慮する必要がある。

(6) 誤り訂正機能

降雨等に対する信頼性向上のため誤り訂正符号を使用することが適当である。

誤り訂正符号はその生成方法から、ブロック符号と畳み込み符号及びその両者を組み合わせた接続符号に分類されるが、本方式の場合では最適な方法は一つに限られないと考えられる。

一方、伝搬距離が短い場合で誤り訂正符号を使用しなくとも必要な回線の信頼度がえられる場合は誤り訂正符号を義務づけないことが経済性、周波数の有効利用の観点からも望ましいことなどから、本方式では誤り訂正機能については、現行どおり規定しないことが適当である。

(7) 監視制御機能

本方式においては回線警報、機器警報、回線品質等の監視及び遠隔キャリア制御等の監視制御機能が一般的には使用される。

また、遠隔監視制御の信号は主信号に影響することなく、かつ効率よく監視制御できることが必要である。したがって、監視制御機能に関しては次のとおりとすることが適当である。システムの運用保守に必要な監視制御機能を有すること。

監視制御のための補助信号は、無線主信号に内挿して伝送するものとし、特殊なキャリア又は変調方式を使用しないものであること。

(8) 他の加入者無線との共用

本方式の利用する無線周波数帯には、既存の FWA システムが実用に供されていること、また、複数の事業者と周波数を共用することも想定されることから、新規に FWA システムを導

¹ Orthogonal Frequency Division Multiplexing

入る際には、既設の FWA システムとの共用を考慮する必要がある。

(9) アンテナの規定条件

FWA システムの高度化に際し、空中線電力を含む送信空中線特性は現行規定と同等であることから、電波法関係審査基準に示されるアンテナの規定条件は変更しないことが適当である。

(10) 周波数割当方針の見直し

災害発生時に被災した設備の復旧時や各種イベントの開催時等における迅速な移動通信システムのエリア展開によるエントランス回線等の利用を目的とした FWA システム導入のため周波数割当方針の見直しを行うことが望ましい。

(11) 他システムとの共用条件

FWA システムの高度化に際し、空中線電力を含む送信空中線特性は現行規定と同等であることから、他システムとの周波数共用条件は現行どおりとすることが適当である。

22GHz 帯における他システムとの周波数共用は、電波天文業務の受信設備が対象となる。法第 56 条に基づき当該設備への混信を防止するよう規定されている。26GHz 帯における他システムとの周波数共用は衛星間通信業務を行う静止軌道衛星が対象となる。当該設備への混信保護については、地上系業務からの静止衛星軌道への最大等価等方輻射電力規定として無線通信規則第 21.2 条に示されている。18GHz 帯における他システムの周波数共用については、平成 14 年諮問第 2010 号に対する答申書を参照すること。

ア 18GHz 帯 FWA システム

- (ア) 既設地上回線から干渉を受ける場合は、受信機入力端子における降雨時の干渉電力の総和が、外部からの干渉による許容劣化量を超えないこと。
- (イ) 既設地上回線へ干渉を与える場合は、所要分離距離を確保すること。確保が困難な場合は、被干渉局側の総干渉量の許容値を満足すること。
- (ウ) 17.775GHz から 18.355GHz までの周波数の電波を使用する場合は、地球局に対し所要分離距離以上確保して運用されるものであること。
- (エ) 既存の 18GHz 帯 FWA システムや固定通信システムの無線局に対し、所要分離距離以上を確保して運用されるものであること。

イ 22GHz 帯 FWA システム

- (ア) 22.01GHz から 22.4GHz まで及び 22.81GHz から 22.86GHz までの周波数を使用する陸上移動局の移動範囲については、法第 56 条の規定により指定を受けた電波天文業務用の受信設備に混信を与える地域を除くこと。
- (イ) 隣接周波数ブロックを利用した他の FWA システムへの混信回避のため、いかなる占有周波数帯幅においても 1 波あたりの空中線電力は 500mW 以下であること。

ウ 26GHz 帯 FWA システム

- (ア) 26GHz 帯周波数の電波を使用する無線局は、最大等価等方輻射電力は 55dBW 以下であること。ただし、送信空中線の最大輻射方向と静止衛星軌道との離隔が 1.5 度以内の場合は、1MHz の帯域幅における最大等価等方輻射電力が 24dBW 以下であること。
- (イ) 隣接周波数ブロックを利用した他の FWA システムへの混信回避のため、いかなる占有

周波数帯幅においても1波あたりの空中線電力は500mW以下であること。

エ 38GHz帯 FWA システム

隣接周波数ブロックを利用した他の FWA システムへの混信回避のため、いかなる占有周波数帯幅においても1波あたりの空中線電力は500mW以下であること。

3.2.2 無線設備の技術的条件

(1) 送信設備

ア 送信周波数の許容偏差

送信機の局部発振器等の周波数安定度により決まる値である。発振方式としては、直接発振方式と周波数通倍方式があるが、現在の技術を考慮して、現行のとおり $\pm 5 \times 10^{-5}$ 以内とすることが適当である。

イ 占有周波数帯幅の許容値

伝送容量、変調方式、誤り訂正機能等の付加などによってさまざまな値をとり、特定することはできない。

しかし、変調方式などの条件を定めれば周波数帯域幅の許容値を定めることができる。例えば、次表の第1項に示す変調方式では、それぞれに対応する第2項に示す計算式で求まる値であることが適当である。

変調方式(第1項)	占有周波数帯幅の許容値(第2項)
四値以上の周波数偏位変調	$f_{cl} \times 1.6$ (変調指数 0.4) $f_{cl} \times 2.0$ (変調指数 0.7)
四相以上の位相変調	$f_{cl} \times (1 + \alpha)$ α : ロールオフ率 (ロールオフ率 0.5 以下)
一六値以上の直交振幅変調	$f_{cl} \times (1 + \alpha)$ α : ロールオフ率 (ロールオフ率 0.5 以下)
GMSK ²	$f_{cl} \times 1.0$ (ガウス形低域フィルタの正規化 3dB 帯域幅(片側)0.25) $f_{cl} \times 1.2$ (ガウス形低域フィルタの正規化 3dB 帯域幅(片側)0.5)
直交周波数分割多重方式	$f_{cl} \times \text{サブキャリア数} \times 1.1$

fcl:クロック周波数

ウ 空中線電力

18GHz帯 FWA システムについては、現行とおり1波あたり1W以下とすることが適当である。

22GHz帯、26GHz帯及び38GHz帯については1波あたり500mW以下の送信時出力とすることが適当である。隣接する複数周波数ブロック³を利用して1波送信を行う場合においても、上記送信時出力を超えないこととし、同一周波数において水平偏波及び垂直偏波の両偏波を用いる場合、各偏波毎に各周波数帯で定める最大の送信時電力以下とすることが適当である。

また、降雨減衰等を補償するため、1波あたりの最大送信時出力を上限として送信電力制御を採用可能とすることが適当である。

² Gaussian minimum shift keying

³ 周波数ブロック：周波数割当計画に規定される60MHzの帯域幅の周波数帯

エ 空中線電力の許容偏差*

送信設備の電力増幅部の電気的特性を考慮して、現行どおり±50%以内とすることが適当である。

*) 本無線局が免許の際に指定される空中線電力は、使用できる最大の値となることから（無線局免許手続規則第10条の3）、この値に対して適用することとなるが、実際の運用を行う際の空中線電力は通信を行うため必要最小限のもので無ければならないことから（電波法第54条）、送信制御を行って空中線電力をその許容偏差の下限値以下に低減して運用しても何ら支障はない。

オ スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

(ア) 18GHz 帯 FWA システム

無線設備規則別表三号 32 に規定されているとおり、送信設備の不要発射の強度の許容値は、 $50\mu\text{W}/\text{MHz}$ 以下とすることが適当である。

なお、帯域外領域における不要発射の許容値の強度については、現行の規定のとおり、以下のとおりとする。

中心周波数からチャンネル帯域幅 BW_{ch} の 50% 以上、250% 以下に離調した周波数点での 1MHz 帯における不要輻射の空中線電力に対する減衰量 A_{sm} は、次式によって求められる値以上であること。

$$A_{sm} = a + b(P_b - 50) + 10 \log(BW_{ch}) \quad (\text{dBc})$$

ただし、 P_d : 離調周波数帯チャンネル帯域幅比 (%) $P_d = (f_d/BW_{ch})hWBW$

f_d : 送信チャンネルの中心周波数からの離調周波数 (MHz)

また、 a 、 b は、次のように与えられるものとする。

① $5\text{MHz} \leq BW_{ch} \leq BW_b/3$ の場合

$P_d = 50\%$ 以上 100% 未満 : $a = 11\text{dBc}$ 、 $b = 0.3$

$P_d = 100\%$ 以上 250% 以下 : $a = 10\text{dBc}$ 、 $b = 0.32$

$$11\text{dBc} \leq A_{sm} \leq 59.8 + 10 \log(BW_{ch}/BW_b)$$

② $BW_{ch} > BW_b/3$

$a = 11\text{dBc}$ 、 $b = 0.4$

$$11\text{dBc} \leq A_{sm} \leq 56\text{dBc}$$

ただし、 BW_{ch} : チャンネル帯域幅、 BW_b : ブロック帯域幅

(イ) 22/26/38GHz 帯 FWA システム

無線設備規則別表三号 33 に規定されているとおり、送信設備の帯域外領域におけるスプリアス発射及びスプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、 $50\mu\text{W}$ 以下とすることが適当である。

カ 隣接チャンネル漏えい電力

送信チャンネルの中心周波数から BW_{ch} 及び $2BW_{ch}$ 離れた周波数の $\pm 0.45BW_{ch}$ 帯域内に輻射される空中線入力端における電力の平均空中線電力に対する減衰量 A_{adj} は、以下に示す値以上であること。

(ア) 18GHz 帯 FWA システム

現行規定同様とすることが適当である。

① 中心周波数から BW_{ch} 離れた点 $\pm 0.45BW_{ch}$ 帯域において

$$A_{adj} = 27 + 8 \log(BW_{ch}/BW_b)$$

② 中心周波数から $2BW_{ch}$ 離れた点 $\pm 0.45BW_{ch}$ 帯域において

$A_{adj}=43\text{dBc}$ 以上

(1) 22/26/38GHz 帯 FWA システム

現在運用されているシステムとの周波数共用を図るため、隣接ブロックの IRF を 33dB 確保できる以下の値とすることが適当である。

- ① 中心周波数から BW_{ch} 離れた点 $\pm 0.45BW_{ch}$ 帯域において

$A_{adj}=27\text{dBc}$ 以上

- ② 中心周波数から $2BW_{ch}$ 離れた点 $\pm 0.45BW_{ch}$ 帯域において

$A_{adj}=43\text{dBc}$ 以上

BW_{ch} : チャネル帯域幅

キ 電波防護

電波法施行規則第21条の3では、無線局と人体との安全離隔距離が定量的に定められており、これに基づき施設管理する必要がある。参考資料8に最大EIRP規格と安全離隔距離との関係を示す。

ク システム設計条件

違法使用を防止するため送信装置の主要な部分（空中線系を除く高周波数部及び変調部）は、容易に開けることができない構造することが適当である。

(2) 受信設備

ア 副次的に発する電波等の限度

機器のコスト、他の無線設備への影響を考慮して次のとおりとすることが適当である。

副次的に発する電波の周波数が 1GHz 未満にあつては 4nW 以下、1GHz 以上にあつては 20nW 以下とすること。

イ 偏波

異偏波による干渉の改善を見込めるよう、交差偏波補償機能 (XPIC) や偏波 MIMO 技術などを具備し、水平偏波及び垂直偏波の両偏波を利用することを可能とする。ただし、上記技術を用いなくても回線品質を満たす場合にはこの限りではない。

(3) 周波数

ア 周波数

利用周波数帯の広帯域化によりチャネルあたりの情報量を大容量化する場合は、隣接する複数周波数ブロック⁴を利用して 1 波送信を行うことを可能とする。

イ 送信空中線特性

空中線電力を付加した場合に、現行のアンテナの実力値を考慮した下記に示す eirp マスクの値以下とすることが適当である。

18GHz 帯

- (7) アンテナの最大利得が、40.3dBi 未満の場合の eirp

$$70.3 - 1.65 \times \theta^2 \text{ [dBm]} \quad (0^\circ \leq \theta < 2.5^\circ)$$

$$68.05 - 20.23 \times \log(\theta) \text{ [dBm]} \quad (2.5^\circ \leq \theta < 54^\circ)$$

$$33.0 \text{ [dBm]} \quad (54^\circ \leq \theta < 70^\circ)$$

$$33.0 - 0.0138 \times (\theta - 70)^2 \text{ [dBm]} \quad (70^\circ \leq \theta < 90^\circ)$$

⁴ 周波数ブロック：周波数割当計画に規定される 60MHz の帯域幅の周波数帯

$$27.5 \text{ [dBm]} \quad (90^\circ \leq \theta)$$

(イ) アンテナの最大利得が、40.3dBi 以上の場合の eirp

$$76.3 - 3.01 \times \theta^2 \text{ [dBm]} \quad (0^\circ \leq \theta < 2.5^\circ)$$

$$66.20 - 21.41 \times \log(\theta) \text{ [dBm]} \quad (2.5^\circ \leq \theta < 36^\circ)$$

$$32.7 \text{ [dBm]} \quad (36^\circ \leq \theta < 60^\circ)$$

$$32.7 - 0.0091 \times (\theta - 60)^2 \text{ [dBm]} \quad (60^\circ \leq \theta < 90^\circ)$$

$$24.5 \text{ [dBm]} \quad (90^\circ \leq \theta)$$

22GHz 帯、26GHz 帯

$$\begin{aligned} \text{eirp} &= 73 - 3.8\theta \quad \text{[dBm]} \quad (0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ) \\ &= 68.5 - 20.9 \log \theta \quad \text{[dBm]} \quad (5^\circ < \theta < 100^\circ) \\ &= 26.9 \quad \text{[dBm]} \quad (100^\circ \leq \theta) \end{aligned}$$

38GHz 帯

$$\begin{aligned} \text{eirp} &= 71 - 3.3\theta \quad \text{[dBm]} \quad (0^\circ \leq \theta \leq 6^\circ) \\ &= 67.3 - 20.9 \log \theta \quad \text{[dBm]} \quad (6^\circ < \theta < 140^\circ) \\ &= 22.4 \quad \text{[dBm]} \quad (140^\circ \leq \theta) \end{aligned}$$

また、18GHz 帯のアンテナ特性については、次のように規定する。

送信空中線の主輻射の方向から離角に対する利得 $G_a(\theta)$ は、次の値以下であること。

なお、上記条件を満たす場合の $\theta = 0^\circ$ の時の $G_a(\theta)$ の値を G_{max} とする。

1 G_{max} が 20 [dBi] を超え 40.3 [dBi] 以下の場合

$$\begin{aligned} G_a(\theta) &\leq G_{\text{max}} - 2.2 \cdot 10^{-3} \cdot [(10^{\frac{G_{\text{max}} - 8.4}{20}})] \cdot \theta^2 \text{ [dBi]} \\ &0^\circ \leq \theta \leq \theta_q \\ G_a(\theta) &\leq 2 + 15 \cdot \log(10^{\frac{G_{\text{max}} - 8.4}{20}}) \text{ [dBi]} \quad \theta_q < \theta \leq \theta_r \\ G_a(\theta) &\leq 43 - 4 \cdot \log(10^{\frac{G_{\text{max}} - 8.4}{20}}) - 20 \log(\theta) \text{ [dBi]} \\ &\theta_r < \theta \leq \theta_s \quad (\theta_s < \theta_t \text{ の場合}) \text{ 又は } \theta_r < \theta \leq \theta_t \quad (\theta_t \leq \theta_s \text{ の場合}) \\ G_a(\theta) &\leq 3 \text{ [dBi]} \quad \theta_s < \theta \leq \theta_t \quad (\theta_s < \theta_t \text{ の場合}) \\ G_a(\theta) &\leq 3 - 0.0075(\theta - (97.5 - G_{\text{max}}))^2 \text{ [dBi]} \quad \theta_t < \theta \leq 90^\circ \\ G_a(\theta) &\leq 10 - 10 \cdot \log(10^{\frac{G_{\text{max}} - 8.4}{20}}) \text{ [dBi]} \quad 90^\circ < \theta \leq 180^\circ \end{aligned}$$

ただし、 θ は空中線の主輻射方向からの角度 [°] とする。

$$\begin{aligned} \theta_q &= 21.2 / (10^{\frac{G_{\text{max}} - 8.4}{20}}) \cdot \text{SQRT}\{G_{\text{max}} - [2 + 15 \cdot \log(10^{\frac{G_{\text{max}} - 8.4}{20}})]\} \text{ [°]} \\ \theta_r &= 10^{[2.12 - \log(10^{\frac{G_{\text{max}} - 8.4}{20}})]} \text{ [°]} \\ \theta_s &= 10^{[2.05 - 0.25 \cdot \log(10^{\frac{G_{\text{max}} - 8.4}{20}})]} \text{ [°]} \\ \theta_t &= 97.5 - G_{\text{max}} \text{ [°]} \end{aligned}$$

2 G_{max} が 40.3 [dBi] を超え 46.3 [dBi] 以下の場合

$$\begin{aligned} G_a(\theta) &\leq G_{\text{max}} - 2.0 \cdot 10^{-3} \cdot [(10^{\frac{G_{\text{max}} - 8.4}{20}})] \cdot \theta^2 \text{ [dBi]} \\ &0^\circ \leq \theta \leq \theta_q \\ G_a(\theta) &\leq 2 + 15 \cdot \log(10^{\frac{G_{\text{max}} - 8.4}{20}}) \text{ [dBi]} \quad \theta_q < \theta \leq \theta_r \\ G_a(\theta) &\leq 43 - 4 \cdot \log(10^{\frac{G_{\text{max}} - 8.4}{20}}) - (6.2 + 2G_{\text{max}}/5) \cdot \log(\theta) \text{ [dBi]} \\ &\theta_r < \theta \leq \theta_s \\ G_a(\theta) &\leq 15.83 - G_{\text{max}}/3 \text{ [dBi]} \quad \theta_s < \theta \leq \theta_t \\ G_a(\theta) &\leq 15.83 - G_{\text{max}}/3 - (0.02675 - 0.0005 \cdot G_{\text{max}}) \cdot (\theta - 177.56 + 3.08 \cdot G_{\text{max}})^2 \\ &\text{ [dBi]} \quad \theta_t < \theta \leq \theta_u \end{aligned}$$

$$G_a(\theta) \leq 10 - 10 \log(10^{[(G_{\max} - 8.4)/20]}) \text{ [dBi]} \quad \theta_u < \theta \leq 180^\circ$$

ただし、 θ は空中線の主輻射方向からの角度 [°] とする。

$$\theta_q = 22.5 / (10^{[(G_{\max} - 8.4)/20]}) \cdot \text{SQRT} \{ G_{\max} - [2 + 15 \cdot \log(10^{[(G_{\max} - 8.4)/20]})] \} \text{ [}^\circ \text{]}$$

$$\theta_r = 10^{[1.82 + G_{\max}/150 - \log(10^{[(G_{\max} - 8.4)/20]})]} \text{ [}^\circ \text{]}$$

$$\theta_s = 94.55 - 1.5 G_{\max} \text{ [}^\circ \text{]}$$

$$\theta_t = 177.56 - 3.08 G_{\max} \text{ [}^\circ \text{]}$$

$$\theta_u = 130.8 - G_{\max} \text{ [}^\circ \text{]}$$

3.2.3 回線設計例

各周波数帯における FWA システムの回線設計例を参考として参考資料 9 に示す。また、高次多値変調方式あるいは相当の方式を用いた高次多値変調システムにおける雑音配分例を参考として参考資料 10 に示す。

3.2.4 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。

時分割変調方式及び時分割多元接続方式ではバースト送信を行う状態となる。無変調状態の場合、運用状態と異なる試験動作となるため連続送信状態のみと考えられる。変調状態の場合、バースト送信状態があり得る。システムが連続送信でない状態で運用される場合は、原則としてその状態で測定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は、各偏波毎のアンテナ端子で測定する。

(1) 周波数の偏差

ア アンテナ測定端子付きの場合

無変調の連続送信状態で動作させ、指定された周波数に対する偏差の最大値を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に測定する。

(3) 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

(7) アンテナ測定端子付きの場合

無変調の状態で作動させ、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。なお、バースト波の場合は、バースト内平均電力を求める。測定点はアンテナ端子とする。

(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(7)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

(7) 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。なお、バースト波の場合は、バースト内平均電力を求める。測定点はアンテナ端子とする。測定周波数範囲は30MHzから2倍の高調波までとし、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。ただし、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) アンテナ端子のない場合

アンテナ端子がない場合は、一時的に測定端子を設けて(7)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) 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作動させ、連続送信として動作させ、送信設備の出力電力を電力計また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。なお、バースト送信状態で測定した場合は、バースト繰り返し周期より十分長い時間で測定し、バースト時間率(バースト長/バースト繰り返し周期)を除いて、バースト内平均電力を求める。

イ アンテナ測定端子のない場合

アンテナ端子がない場合は、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) 隣接チャネル漏えい電力

ア アンテナ測定端子付きの場合

通常の変調状態として動作させバースト送信を行う無線設備はバースト送信状態で、隣接チャネル漏えい電力をスペクトルアナライザを用いて測定する。また、中心周波数 $\pm 0.5BW_{ch}$ の値と中心周波数から BW_{ch} 又は $2BW_{ch}$ 離れた周波数を中心とする $\pm 0.45BW_{ch}$ の値の比を求めることとし、バースト送信状態の無線設備はスペクトルアナライザの検波モードをポジティブピークとして測定すること。

イ アンテナ測定端子のない場合

アンテナ端子がない場合は、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。測定点はアンテナ端子とし、受信空中線と電氣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。

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
基幹系無線通信システム作業班 構成員

(敬称略：主任以外は五十音順)

氏名	所属
【主任】唐沢 好男	電気通信大学 大学院情報理工学研究所 教授
伊藤 泰成	UQ コミュニケーションズ (株) 渉外部 渉外グループ 課長
植田 和典	日本電気 (株) 消防・防災ソリューション事業部 第一システム部 部長
江場 健司	電気事業連合会 情報通信部 副部長
大高 裕之	富士通ワイヤレスシステムズ (株) 国内アカウントセンタープロジェクト部長
小笠原 守	日本電信電話 (株) NTT アクセスサービスシステム研究所 主幹研究員
岡田 良教	電気興業 (株) 技術開発統括部 電気通信開発部 開発三課 課長
小山 祐一	ソフトバンクモバイル (株) 技術第二統括 アクセスソリューション本部 モバイル伝送ネットワーク部 基幹伝送課長
笥 雅光	(株) 日立国際電気 映像・通信事業部 製品設計統括本部 通信装置設計本部 モバイル設計部 担当部長
笠松 章史	(独) 情報通信研究機構 未来 ICT 研究所 超高周波 ICT 研究室 室長
川上 明夫	東京都 総務局 総合防災部 防災通信課 無線係 係長
重野 誉敬	警察庁 情報通信局 通信施設課 課長補佐
鈴木 健児	日本放送協会 技術局 送受信技術センター 放送網施設部 チーフエンジニア
千田 充治	ノキアソリューションズ&ネットワークス (株) RAN 技術部ソリューションマネージャー
中川 永伸	(一財) テレコムエンジニアリングセンター 技術グループ 部長
野村 一郎	国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐 (第1回～第3回)
平川 洋	国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐 (第4回)
拮石 康博	KDDI (株) 技術企画本部 電波部 企画・制度グループ 課長
福本 史郎	イー・アクセス (株) 技術戦略室 課長
藤井 康之	(株) 東芝 府中事業所 放送・ネットワークシステム部 通信システム機器設計担当 参事
松田 和敏	(一社) 電波産業会 利用促進部 主任研究員
村上 信高	(株) TBS テレビ 技術局 報道技術部
毛利 貢治	日本無線 (株) ソリューション技術部 課長
山崎 高日子	三菱電機 (株) 通信システム事業本部 通信システムエンジニアリングセンター 技術担当部長

参考資料 1 : ITU-R SG5 及び APT AWG における検討状況

1. 国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) SG5 WP5C における標準化動向

ITU-R SG5 WP5C が検討を行っている基幹系無線システムに関する主な課題の検討状況を以下に示す。

(1) 基幹系無線システムに関する利用方法及び将来トレンドに関する新レポートの策定

2013 年 11 月会合で作成された研究課題 (Question) ITU-R 235/5 “Fixed service use and future trends” の暫定レポート案の概要は以下のとおりとなっている。

ア 適用アプリケーション

基幹系無線システムの主な用途として、伝送ネットワーク、一時的利用ネットワーク、FWA システム、モバイルバックホールネットワークが記載されている。また、2013 年 11 月会合においては金融部門における HFT (High Frequency Trading) への適用例が追加されている。

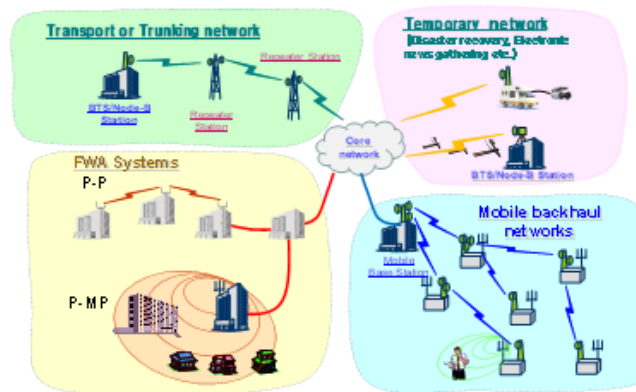


図 1 固定無線システムの適用アプリケーション

イ 帯域の利用方法

FWS について、周波数毎の利用方法 (アプリケーション、帯域幅、典型的なデータレート等、[参考資料を参照])、欧州や日本における周波数利用の現状、他業務との共用検討状況や免許種別 (License, License-exempt, Light-license) について記載されている。

ウ 技術及びその動向

勧告 ITU-R F. 1105 基幹系無線システムで用いられている技術並びに伝搬環境について記載されている。また、2013 年 11 月会合において Packet 交換型通信に対応するために FWS 局に要求されるインターフェース要件の追加や、ACM と ATPC が組み合わされた場合のリンクデザインに関する考察、MIMO の導入等、FWS に導入される様々な技術の追加が行われた。

エ スペクトル要求

展開シナリオ (Deployment Scenario) 及びスペクトル要求が記載される予定であるが、現状ではアンテナ仰角に関する情報が記載されているのみである。

(2) 災害救援のための基幹系無線システムに関する勧告の改訂

災害時における救援システムとして利用される基幹系無線システムの周波数帯、チャンネル容量、伝搬距離、伝搬路条件等が記載された勧告 ITU-R F. 1105 の改訂が日本より提案された。

勧告 ITU-R F. 1105 に記載されたシステムのいくつかは可搬型装置として使用されることが述べられているが、移動通信基地局へのエントランス回線 (mobile backhaul link) と移動通信基地局の両方が被災し使用不能となった場合の可搬型装置構成とその効用については述べられていなかった。そのため、可搬型バックホール用固定無線局と移動基地局装置の両方を車両に搭載したシステムの構成と技術パラメータを本勧告に追加することが提案された。2013 年 11 月会合においては一部修正された上で勧告改訂案として SG に上程することが合意された。引き続き開催された SG5 会合での審議の結果、一部修正の上で PSAA を適用し、郵便投票による採択・承認手続きを実施することが合意された。なお、新たに追加提案されたシステムのコンセプトは次の図 2 及び表 1 のとおりである。

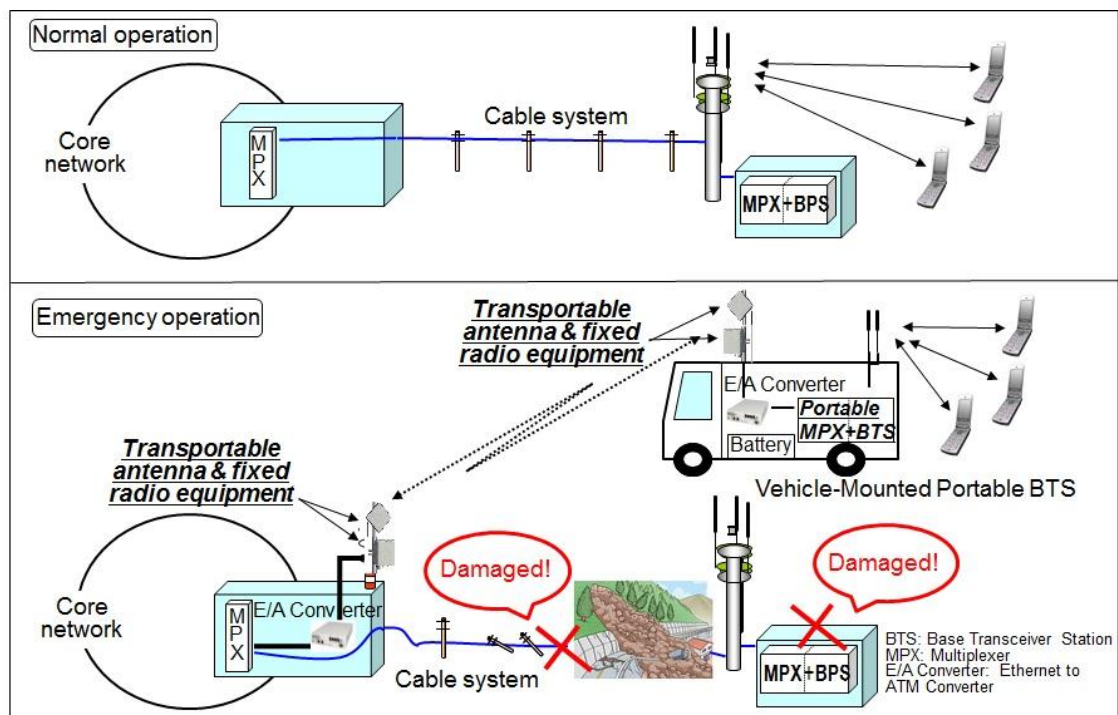


図 2 Upper 4GHz 帯を利用した車載型災害救援システムの概念図

表 1 災害救助利用における車載型可搬固定無線システムの主要諸元

Frequency band (*)	Capacity	Interface	Antenna type	Transmission distance
Upper 4 GHz band (4.92-5.0 GHz)	7-35 Mbit/s	100BASE-TX (**)	36 cm flat panel	10 km
18 GHz band (17.85-17.97 / 18.6-18.72 GHz)	155.52 Mbit/s	STM-1	0.4-1.2 m diameter dish	3.5 km

(*) The RF channel is selected within the assigned frequency band

(**) Connected to the MPX (multiplexer) via Ether/ATM convertor

(3) 固定業務における P-P (Point-to-point) 方式の展開シナリオに関する新勧告の策定

アンテナ仰角を含めた展開シナリオについて、他業務との共用検討に用いるための値を定めた勧告の策定作業を開始することが 2013 年 11 月会合においてカナダより提案された。出力文書に

ついて議論の結果、各主管庁から提供される P-P 方式アンテナ配置に関する情報(アンテナ仰角・回線長・地表面からのアンテナ高)から共通項等を取りまとめ、干渉評価に使用できる勧告の作成を目指すことが合意された。カナダ、フランス、ポーランドテレコムからの寄与文書をもとに、暫定新勧告案「Deployment scenarios for point-to-point systems in the fixed service」に向けた作業文書が作成され、議長報告に添付された。

(4) Packet Based NW 向けで利用される P-P 基幹系無線システムに関する新研究課題

近年のワイヤレスアクセス技術の発展と帯域幅へのニーズの増加に伴い、パケットベースネットワークで利用される Point-to-point の基幹系無線システムに関する新研究課題が、中国勢(Huawei、China Mobile)より提案された。提案された内容には、ITU-T の所掌範囲が含まれていることから新研究課題とするか否かについては、再度議論されることとなった。なお、2013 年 11 月会合では寄与文書がなく、2014 年 5 月会合において議論される予定である。提案された新研究課題が扱う基幹系無線システムの概念は図 3 のとおりである。

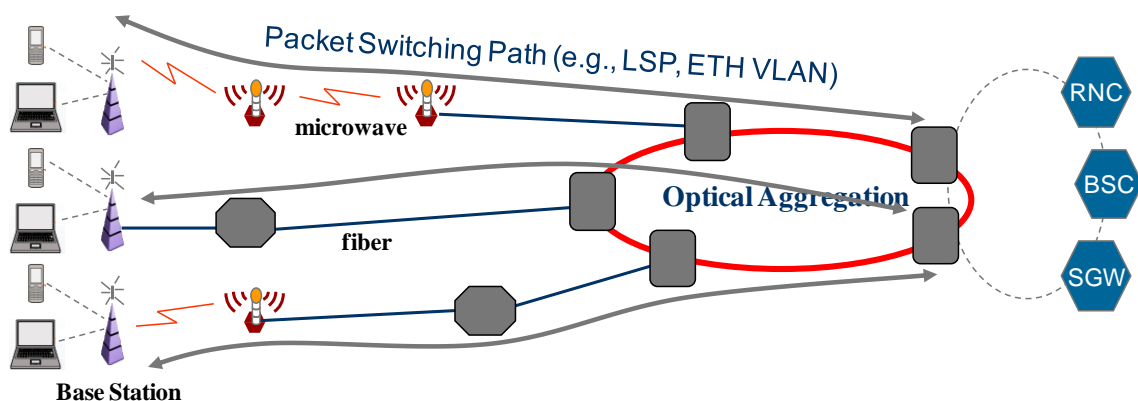


図 3 無線システムを利用したパケットネットワークの概念

2. アジア・太平洋電気通信共同体 (APT: Asia-Pacific Telecommunity) Wireless Group (AWG) TG-FWS における動向

2013 年 8 月に開催された第 15 回 AWG 会合 (AWG-15) において設置された TG-FWS の概要は以下のとおりである。

(1) 検討内容

基幹系無線システムに関して、各国の周波数計画と利用・免許交付条件、利用形態、標準化活動に関する情報収集をアンケートにより実施するとともに、周波数計画と利用の現状、周波数割当、帯域幅、主な利用形態、技術開発動向と将来の利用形態の見通しについて研究を実施する。

(2) 出力予定文書

アンケートの結果をとりまとめた APT レポート及び、FWS 用技術に関する APT レポート/勧告を出力文書として予定している。

(3) 作業完了予定時期

2016年開催予定のAWG-20会合で作業を完了する計画である。

3. ITU-R SG5 WP5C 及び APT Wireless Group (AWG) における作業概況

2014年1月現在で進められている前述の1項及び2項の作業概況は、図4のとおりである。

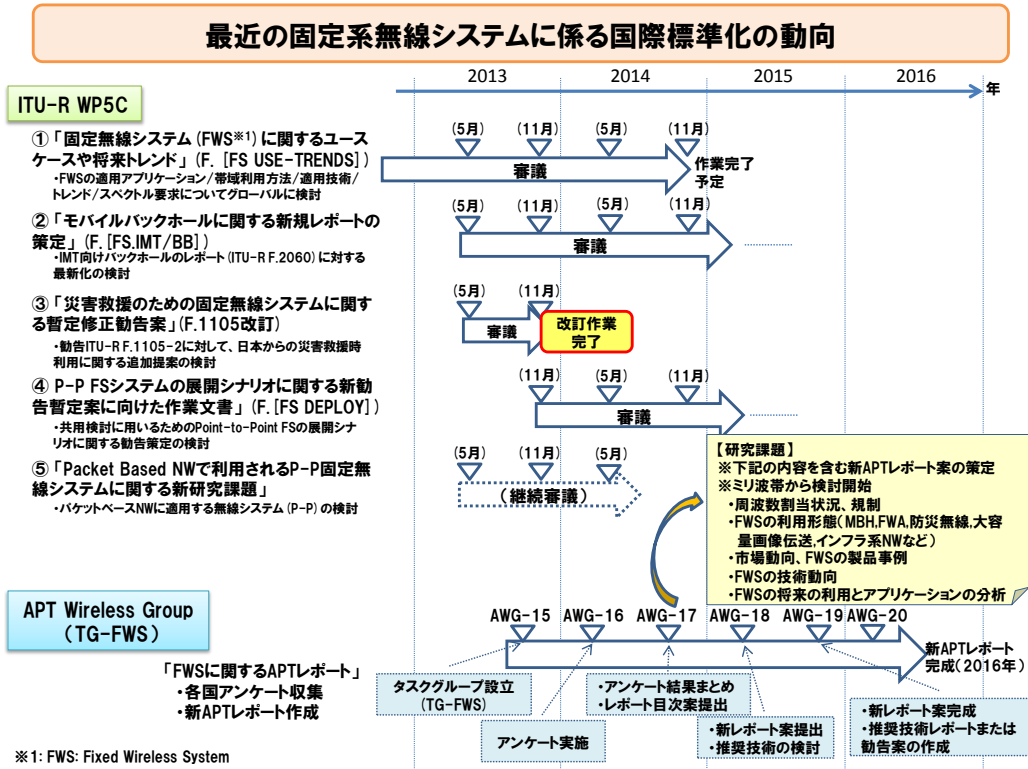
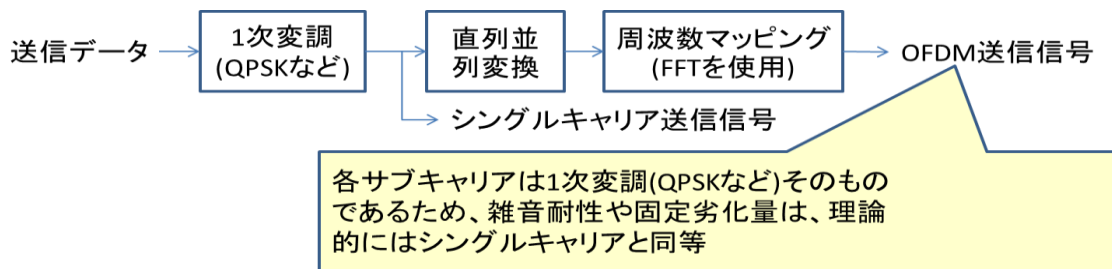


図4 最近の基幹系無線システムに係る国際標準化の作業概況

参考資料 2 : 直交周波数分割多重方式 (OFDM) 導入に関するの補足資料

1. OFDM の雑音耐性と固定劣化量

- (1) OFDM は多数のシングルキャリアを効率よく並べただけであるため、理論的な雑音耐性はシングルキャリアと同等である (16QAM あるいはそれ以上の多値変調を用いた場合も同じ)。
- (2) OFDM 送受信装置を具現化する場合に考慮すべき固定劣化量も、理論的にはシングルキャリアと同等である (Guard Interval (GI) によってタイミング誤差やアナログ回路の群遅延偏差等の吸収が可能なためシングルキャリアより有利になる可能性もある)。
- (3) このため、雑音耐性と固定劣化量の観点からは、今回の検討結果は、原理的に OFDM の適用に支障はないと考えられる。



2. OFDM のスペクトル

- (1) OFDM は既に地上波デジタル放送 (地デジ)、LTE、無線 LAN (WiFi) などに用いられており、厳しいスペクトルマスクの中で運用されている (図 1 に地デジのスペクトルマスクの例を示す)。
- (2) OFDM では、シンボル間の不連続点にランピング処理を行うことによって、ベースバンドでの帯域制限が容易にできるため、規定されたマスクに収めることは容易である (図 2 にイメージを示す)。
- (3) OFDM では、使用するサブキャリア数を調整することによって占有帯域幅を容易に変更できるため、規定されたマスクに応じた占有帯域幅の調整は容易である。
- (4) このため、スペクトルの観点からも、今回の検討結果は、原理的に OFDM の適用に支障はないと考えられる。

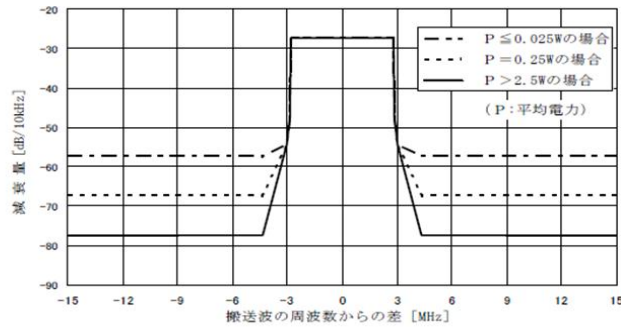


図 4-1 地上デジタルテレビジョン放送の送信スペクトルマスク

表 4-1 送信スペクトルマスクのブレイクポイント

搬送波の周波数からの差 (MHz)	平均電力Pからの減衰量 (dB/10kHz)	規定の種類
±2.79	-27.4	上限
±2.86	-47.4	上限
±3.00	-54.4	上限
±4.36	-77.4*1*2	上限

(ARIB STD-B31)から転載

図 1 地デジのスペクトルマスク：地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式

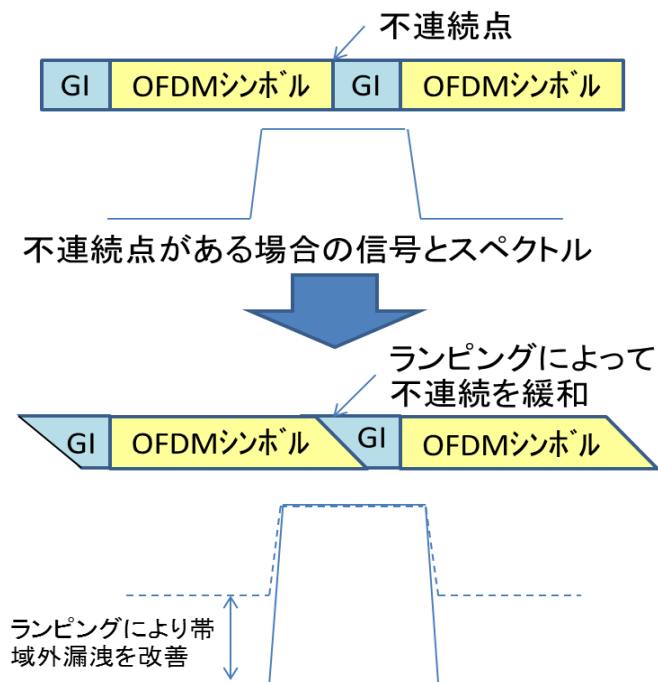


図 2 ランピングによって不連続を緩和した場合の信号とスペクトル

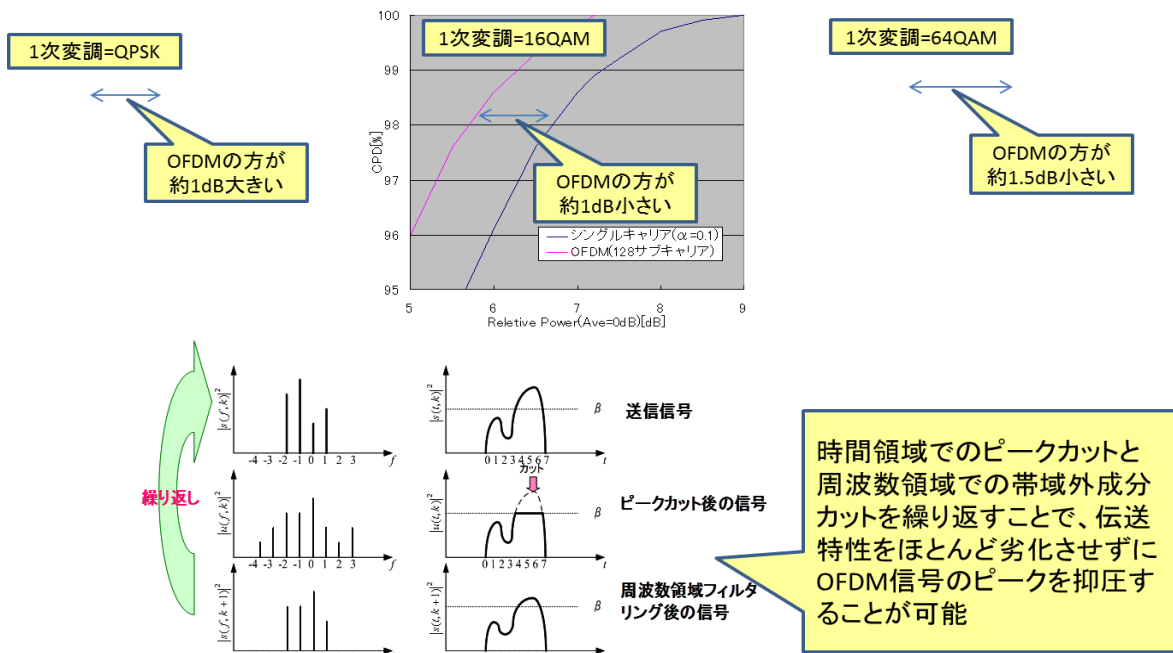
3 OFDM のピーク電力

- (1) OFDM はシングルキャリアに比べてピークが大きくなることは良く知られているが、シングルキャリアにおいても、狭帯域化によってシンボル識別点以外ではピークが発生する。
- (2) また、16QAM 以上の多値変調においては、シングルキャリアにおいても、シンボル識別点でもピークが発生する(シングルキャリアでは変調多値数が増加するとそのピークも大きくなる)

が、OFDM においては大量化効果のため多値数が増加してもほとんど影響がないため、多値数が大きい場合はむしろ OFDM の方が有利（次ページ上側に検討結果を示す）。

- (3) OFDM においてはピークカット技術（伝送特性をほとんど劣化させずにピークを抑圧する技術＝次ページ下側に示す）を用いると更にピークを低減することが可能になる。
- (4) このことから、ピーク電力の観点からも、今回の検討結果は、原理的に OFDM の適用に支障はないと考えられる。

1 次変調の違いによる瞬時電力の変化：QPSK の場合は OFDM の方が 1dB 程度大きいものの、16QAM では 1dB, 64QAM では 1.5dB それぞれ OFDM の方が小さくなる。



参考資料 3 : 18GHz 帯空中線標準利得

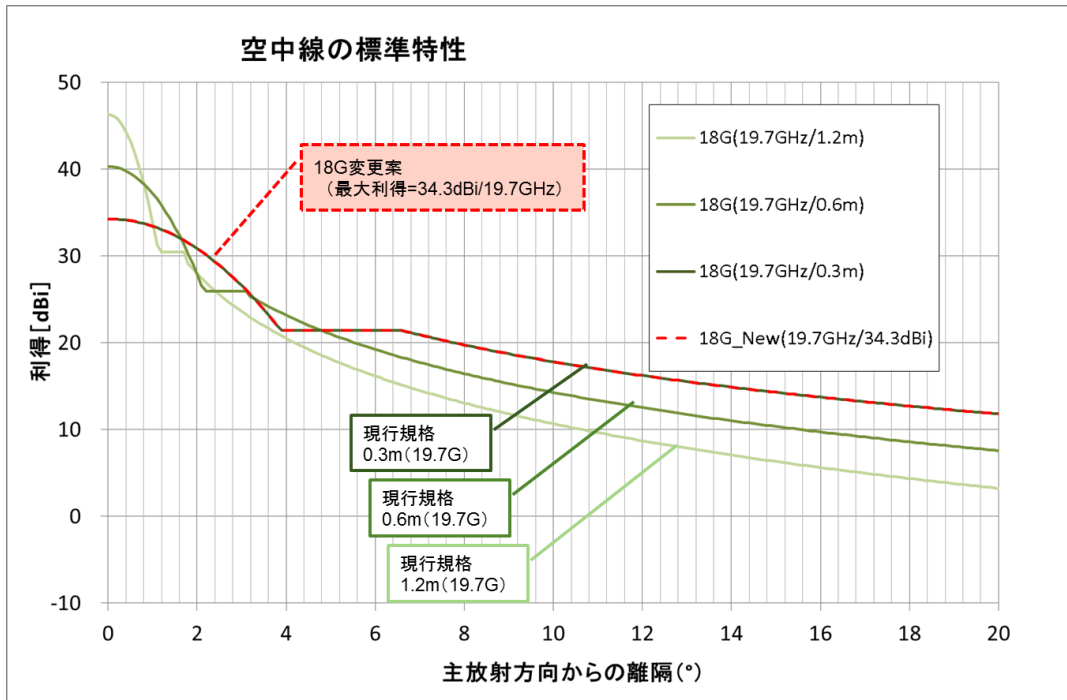


図 開口径 0.3m 相当の空中線標準利得

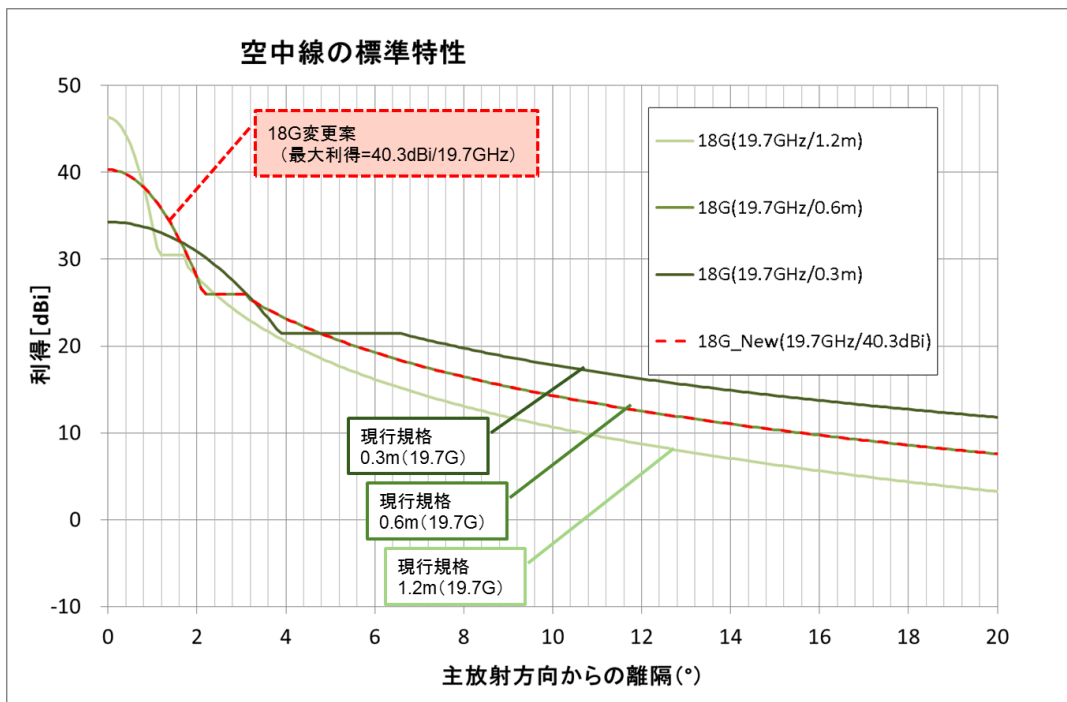


図 開口径 0.6m 相当の空中線標準利得

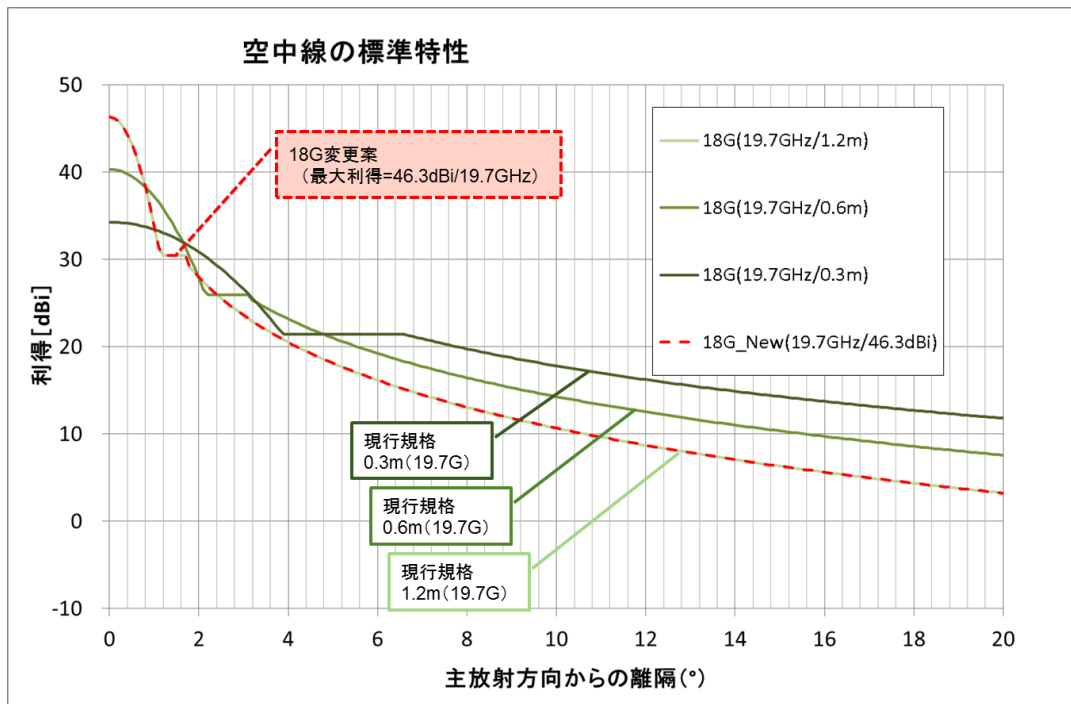


図 開口径 1.2m 相当の空中線標準利得

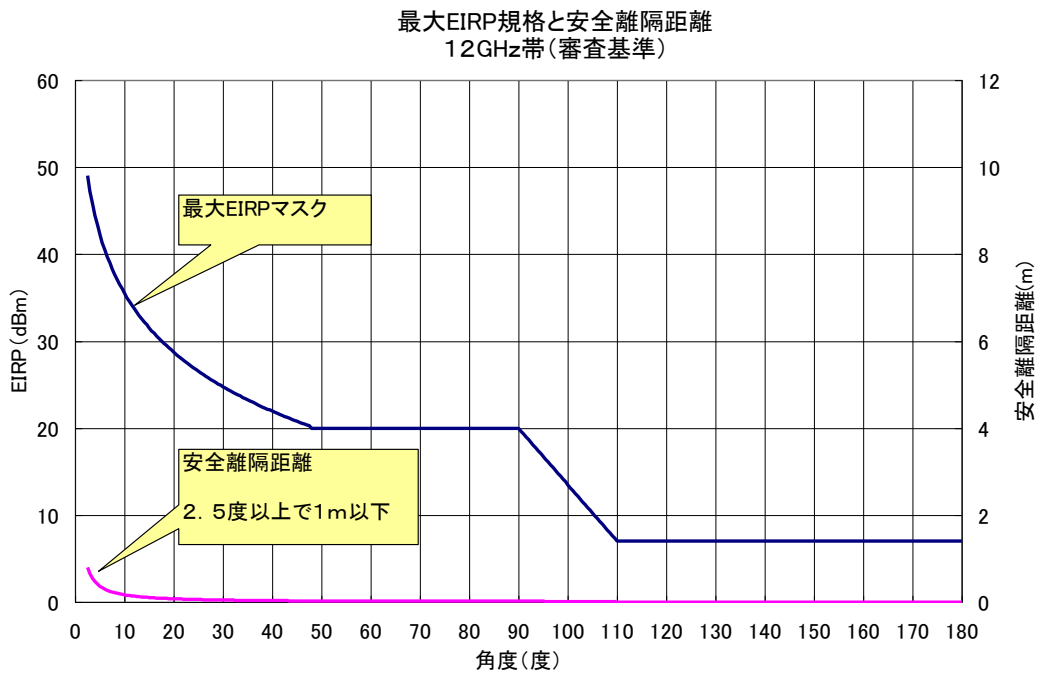
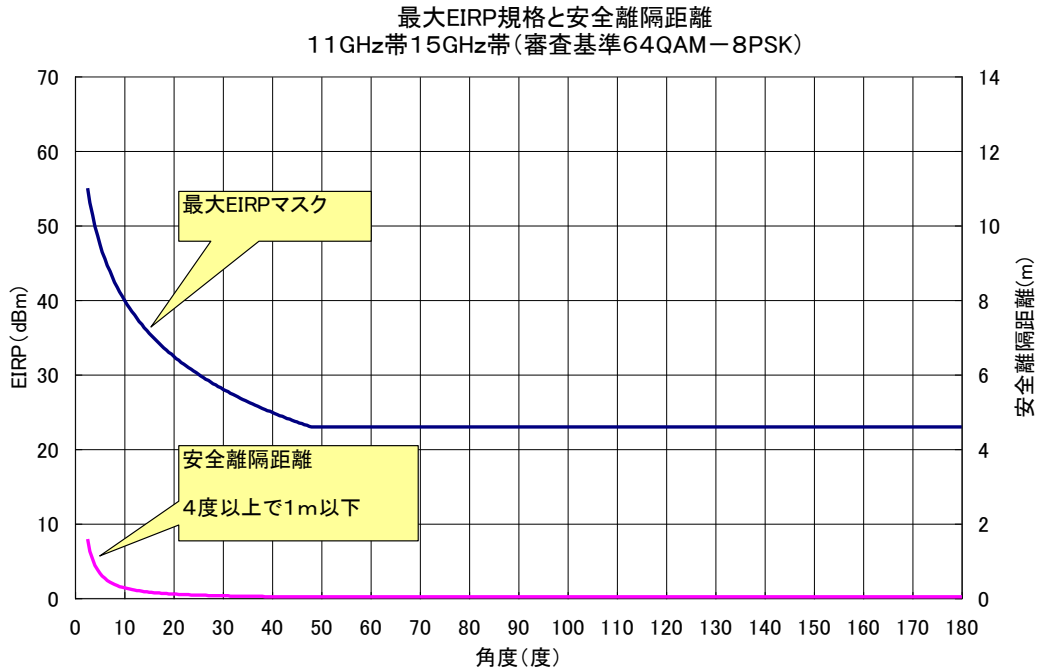
参考資料 4 : 対象とする無線周波数帯と適用範囲 (固定局)

周波数帯	周波数範囲	チャネル幅(*)	備考
11GHz 帯	10.7GHz を超え 11.7GHz 以下	40MHz 60MHz	中継用回線 イントランス用回線
12GHz 帯	12.2GHz を超え 12.5GHz 以下	30MHz	中継用回線
15GHz 帯	14.4GHz を超え 15.35GHz 以下	40MHz 60MHz	中継用回線 イントランス用回線
18GHz 帯	17.7GHz を超え 17.85GHz 以下、 17.85GHz を超え 18.57GHz 以下、 18.6GHz を超え 18.72GHz 以下、 19.22GHz を超え 19.7GHz 以下	10MHz	中継用回線
		40MHz	イントランス用回線
22GHz 帯	22.4GHz を超え 22.6GHz 以下又は 23GHz を超え 23.2GHz 以下	40MHz	
40GHz 帯	37.5GHz を超え 37.9GHz 以下又は 38.5GHz を超え 38.9GHz 以下	25MHz	中継用回線

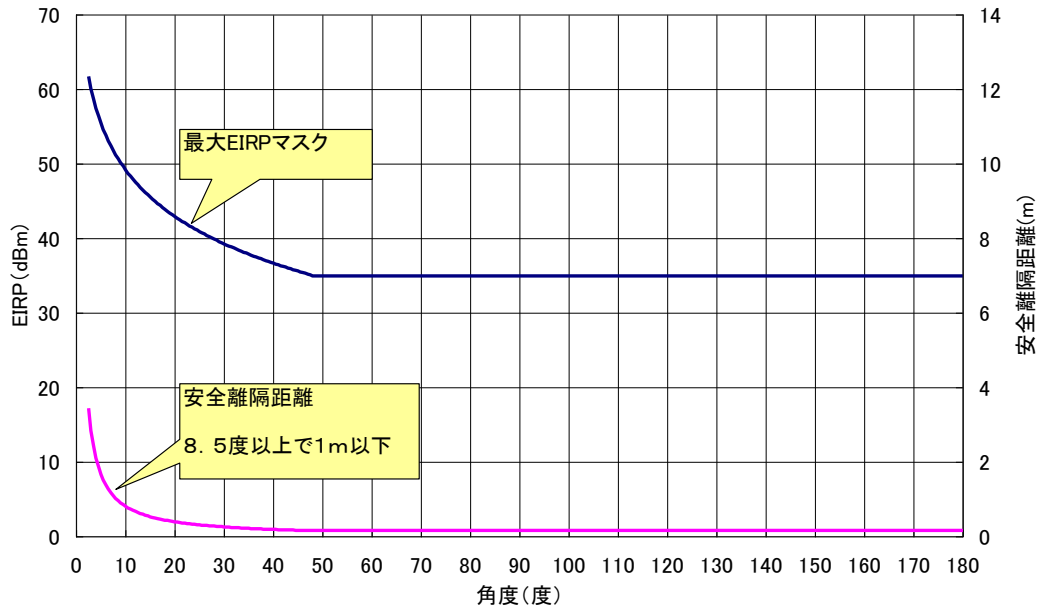
*:1 キャリア当たり

参考資料5：最大 EIRP 規格と安全離隔距離との関係

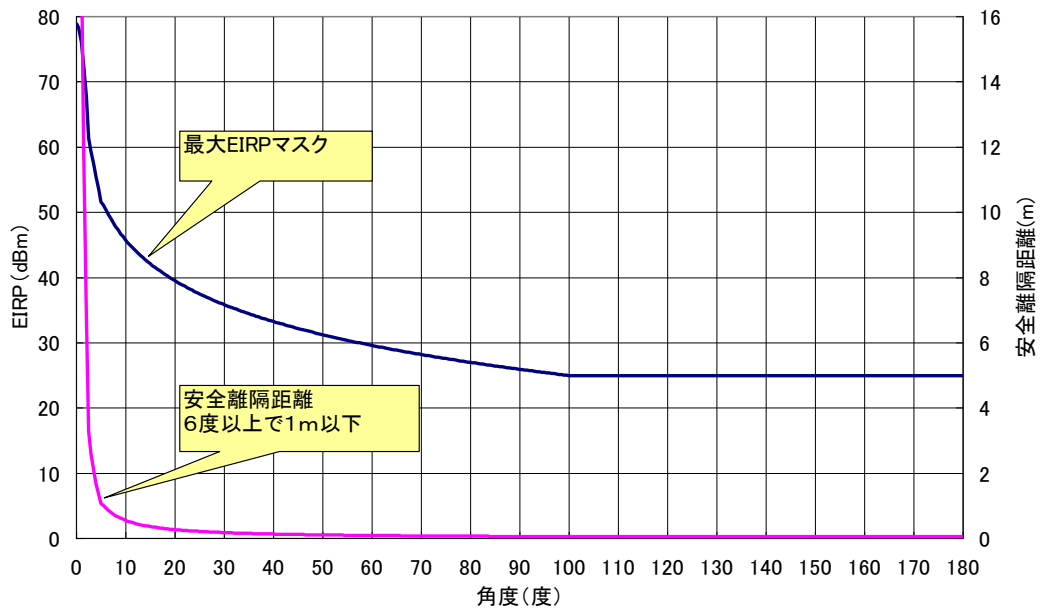
最大等価等方輻射電力規定（最大 EIRP マスク）の電波法施行規則別表二号の三の二に規定される電力束密度 $1\text{mW}/\text{cm}^2$ （電界強度値 $61.4\text{V}/\text{m}$ ）を与える 11GHz 帯/12GHz 帯/15GHz 帯/18GHz 帯/22GHz 帯/40GHz 帯固定局の場合の離隔距離を下図に示す。



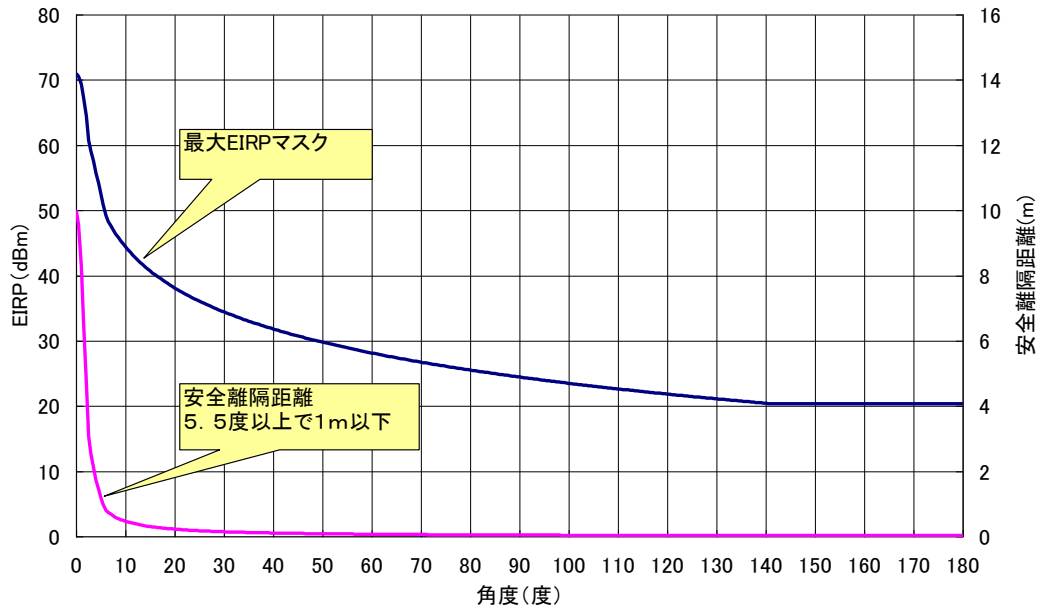
最大EIRP規格と安全離隔距離
18GHz帯(審査基準)



最大EIRP規格と安全離隔距離
22GHz帯(固定局)



最大EIRP規格と安全離隔距離
40GHz帯(固定局)



参考資料 6 :回線設計例 (11GHz 帯/15GHz 帯/18GHz 帯 (エントランス用回線)/22GHz 帯固定局)

1 エントランス用回線

(1) 回線設計条件の例

		11GHz 帯	15GHz 帯	18GHz 帯	22GHz 帯
計算周波数		11.7GHz	15.2GHz	18.7GHz	23.2GHz
送信出力		28dBm	24dBm	20dBm	18dBm
空中線利得 (給電系損失含む)		34dBi	36dBi	38dBi	40dBi
雑音指数		5dB			
等価雑音帯域幅		34.5MHz			
所要 CNR (固定劣化、FEC 込)	64QAM	21dB			
	512QAM	30dB			
	2048QAM	37.5dB			
標準受信入力		-35dBm			---
降雨減衰計算方法		M 分布、ガンマ分布			
降雨パラメータ		60.3mm/h・183.4mm/h @M 分布 1.66mm/min @ガンマ分布			
年間不稼働率		0.001%/km			0.004%
設計マージン※		10dB			

※設計マージン：降雨マージンを含む熱雑音 C/N とその他雑音 C/N との比

(2) 伝送距離特性の例

M 分布

	64QAM	512QAM	2048QAM
11GHz 帯	7.3km	7.3km	7.3km
15GHz 帯	5.8km	5.8km	5.1km
18GHz 帯	4.6km	4.6km	3.2km
22GHz 帯	5.0km	3.6km	2.7km

ガンマ分布

	64QAM	512QAM	2048QAM
11GHz 帯	7.2km	7.2km	5.2km
15GHz 帯	5.6km	4.2km	2.7km
18GHz 帯	4.5km	4.2km	2.5km
22GHz 帯	3.9km	3.1km	2.5km

※：多値数によって伝送距離が変化していない部分は、標準受信入力で制限されているためである。

2 中継用回線

(1) 回線設計条件の例

	11GHz 帯	15GHz 帯
計算周波数	11.7GHz	15.2GHz
送信出力	35dBm	31dBm
空中線利得 (給電系損失含む)	42dBi	43dBi
雑音指数	5dB	

等価雑音帯域幅		34.5MHz
所要 CNR (固定劣化、FEC 込)	64QAM	21dB
	512QAM	30dB
	2048QAM	37.5dB
標準受信入力		-19dBm
降雨減衰計算方法		M 分布、ガンマ分布
降雨パラメータ		60.3mm/h・183.4mm/h @M 分布 1.66mm/min @ガンマ分布
年間不稼働率		0.033%/280km
設計マージン		10dB

(2) 伝送距離特性の例

M 分布

	64QAM	512QAM	2048QAM
11GHz 帯	16.4km	16.4km	11.6km
15GHz 帯	10.3km	7.3km	5.2km

ガンマ分布

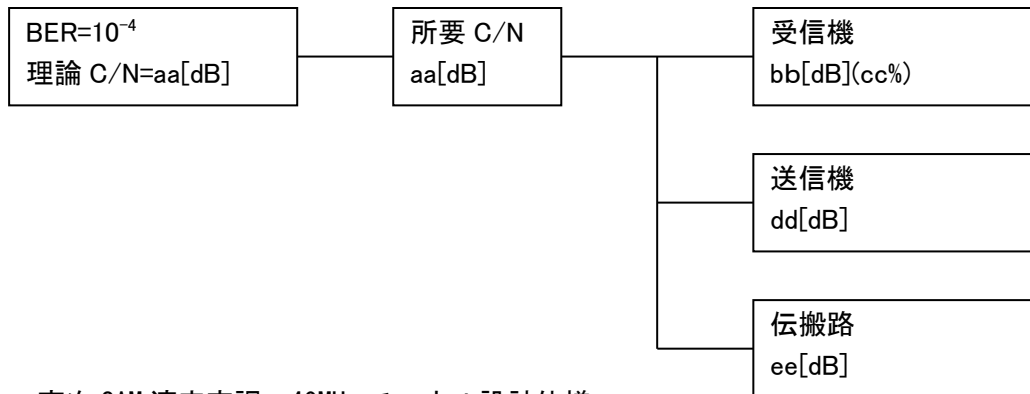
	64QAM	512QAM	2048QAM
11GHz 帯	15.8km	10.6km	7.6km
15GHz 帯	6.7km	5.0km	3.8km

参考資料 7 : 高次多値変調システム固定局の雑音配分例

1. 本雑音配分の考え方

所要 C/N を受信機、送信機、伝搬路に配分したものである。

BER については、受信同期がはずれる直前の C/N 値に固定劣化を加えた FEC 後の値である。(理論 C/N=所要 C/N)

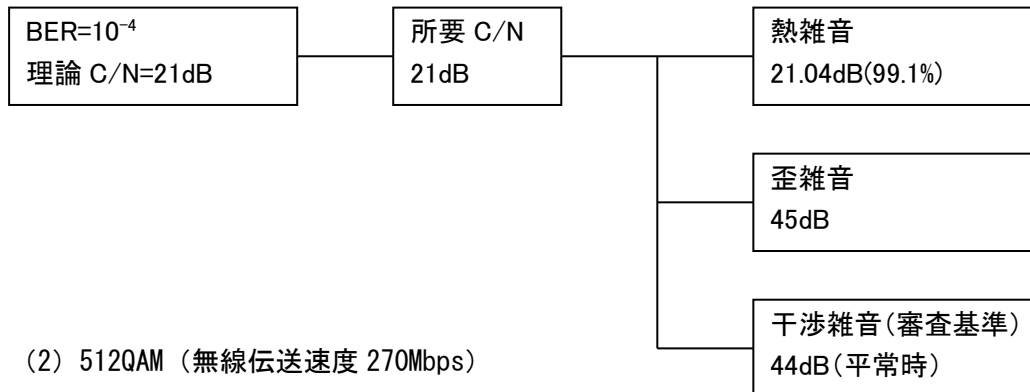


高次 QAM 適応変調 40MHz チャンネル設計仕様
レファレンス変調モード : 64QAM
占有帯域幅の許容値 : 36.5MHz 以下 (34MHz)
シンボルクロック周波数 : 30MHz
ロールオフ率 : 0.3
等価雑音帯域幅 : 34.5MHz

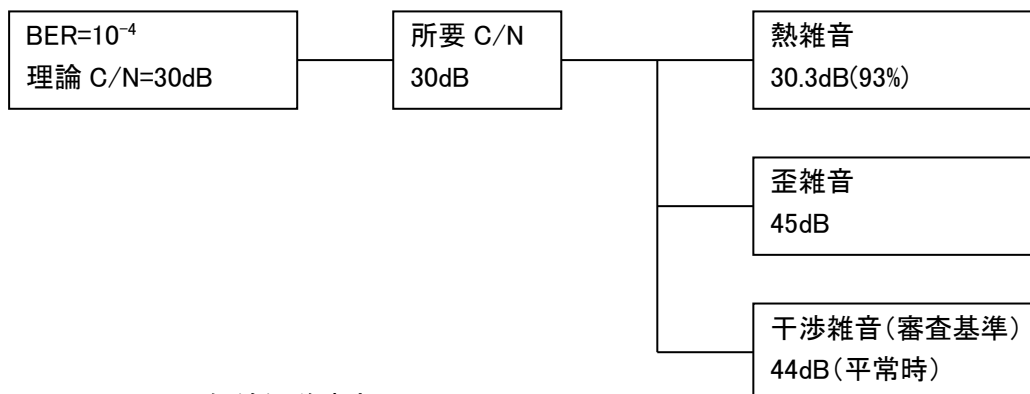
高次 QAM 適応変調 60MHz チャンネル設計仕様
レファレンス変調モード : 16QAM
占有帯域幅の許容値 : 53.5MHz 以下 (51MHz)
シンボルクロック周波数 : 45MHz
ロールオフ率 : 0.3
等価雑音帯域幅 : 51MHz

2. 高次 QAM 適応変調 40MHz チャンネル

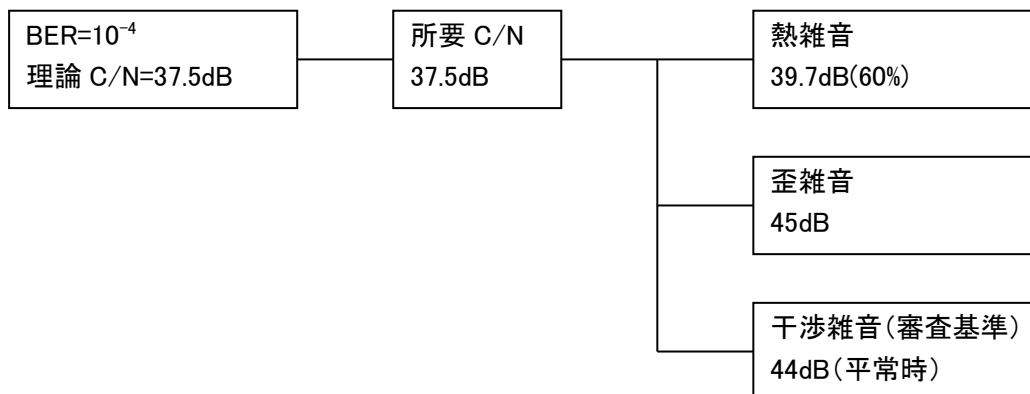
(1) 64QAM (無線伝送速度 180Mbps)



(2) 512QAM (無線伝送速度 270Mbps)

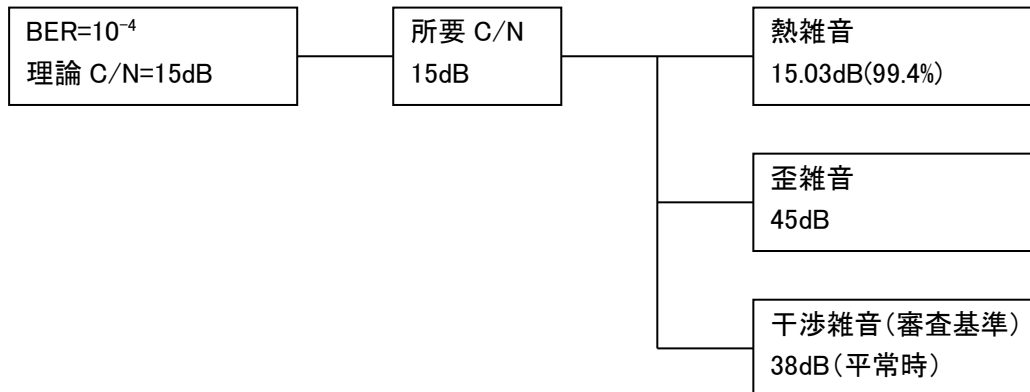


(3) 2048QAM (無線伝送速度 330Mbps)

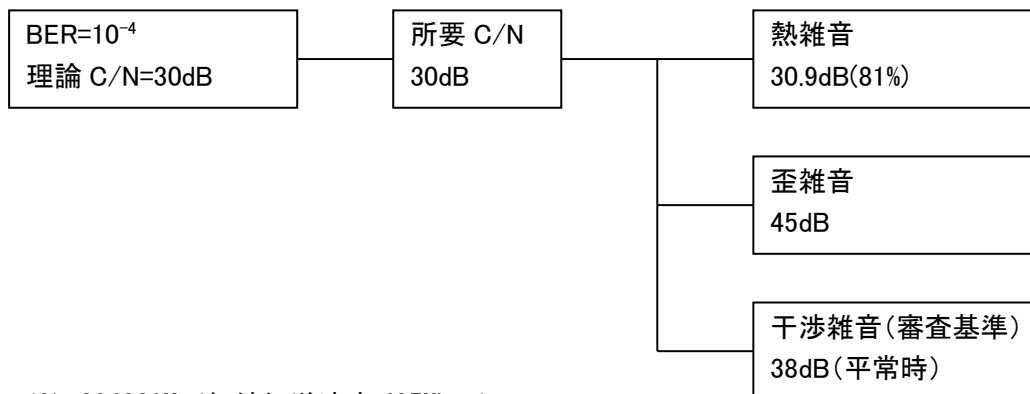


3. 高次 QAM 適応変調 60MHz チャンネル

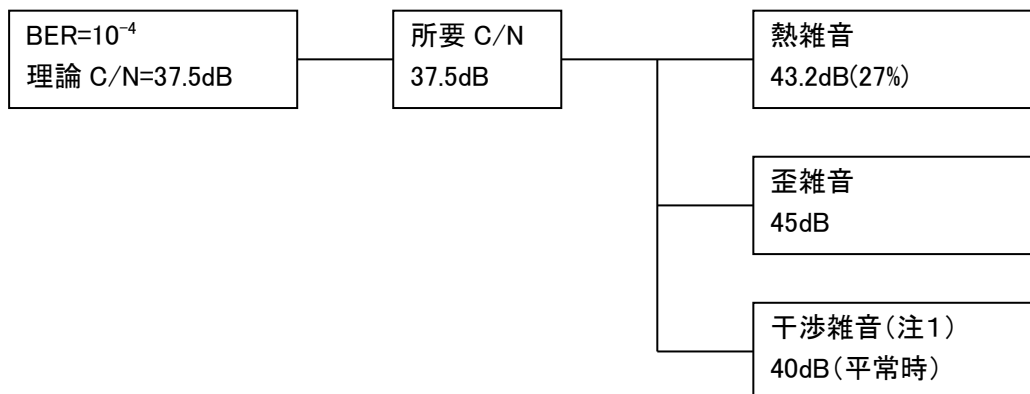
(1) 16QAM (無線伝送速度 180Mbps)



(2) 512QAM (無線伝送速度 405Mbps)



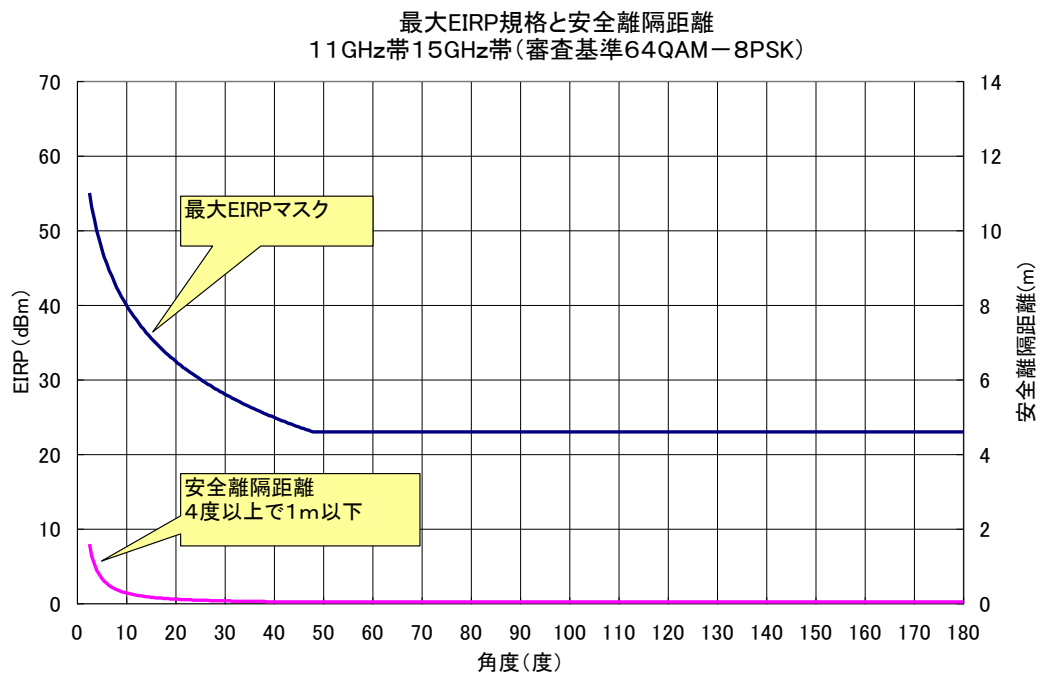
(3) 2048QAM (無線伝送速度 495Mbps)



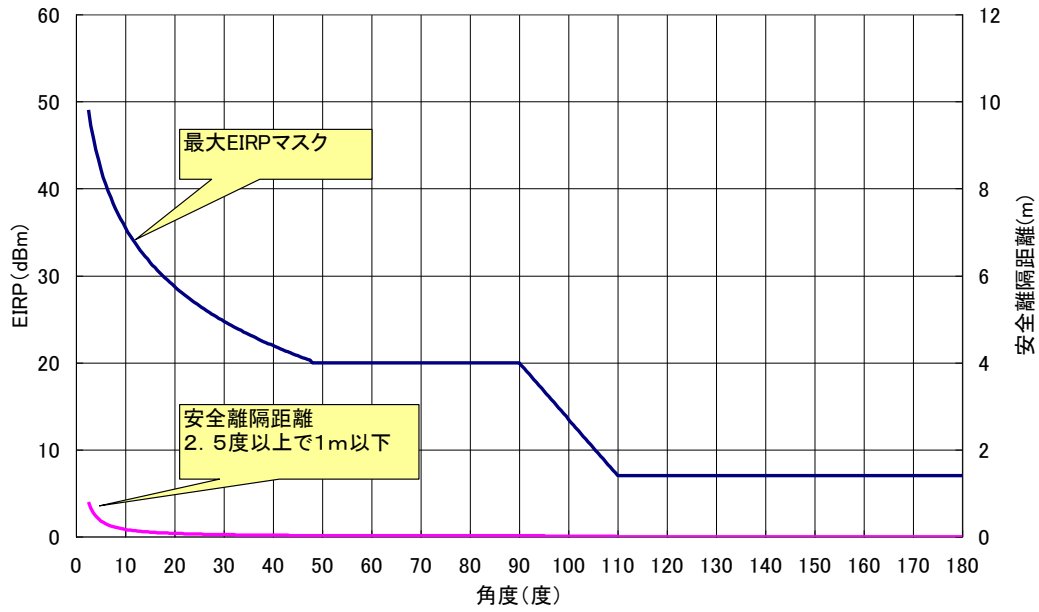
(注1) 審査基準で要求されている 38dB は満足できない。

参考資料 8 : 無線局の電波の強度に対する安全施設 (電波法施行規則第 21 条の 3) に
ついて

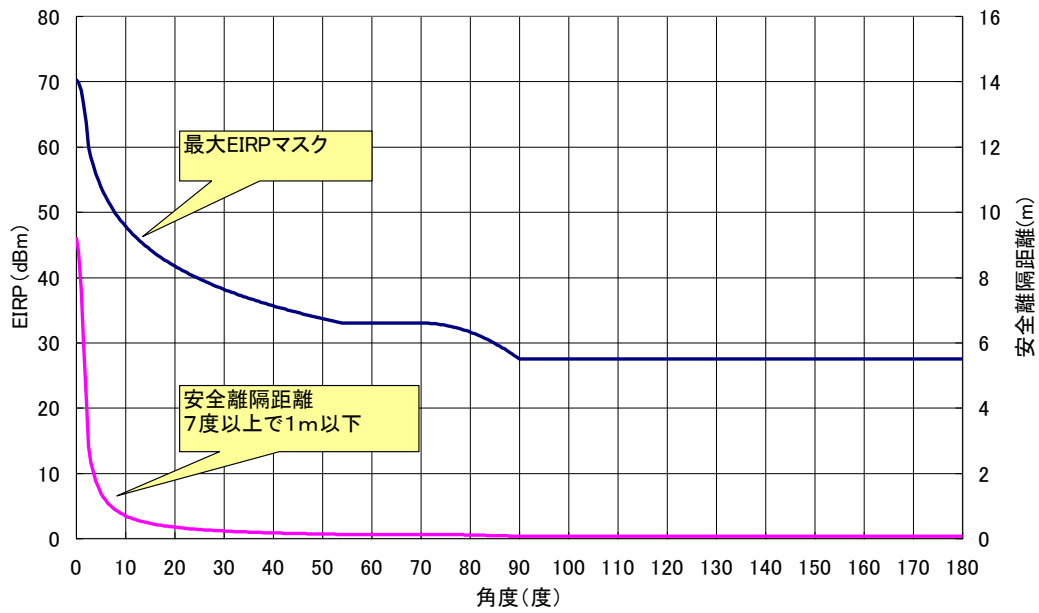
最大等価等方輻射電力規定 (最大 EIRP マスク) の電波法施行規則別表二号の三の二に規定される電力束密度 $1\text{mW}/\text{cm}^2$ (電界強度値 $61.4\text{V}/\text{m}$) を与える離隔距離 (安全離隔距離) を下図に示した。無線局のアンテナは安全離隔距離内に取扱者以外の人が容易に出入りできないように施設しなければならない。



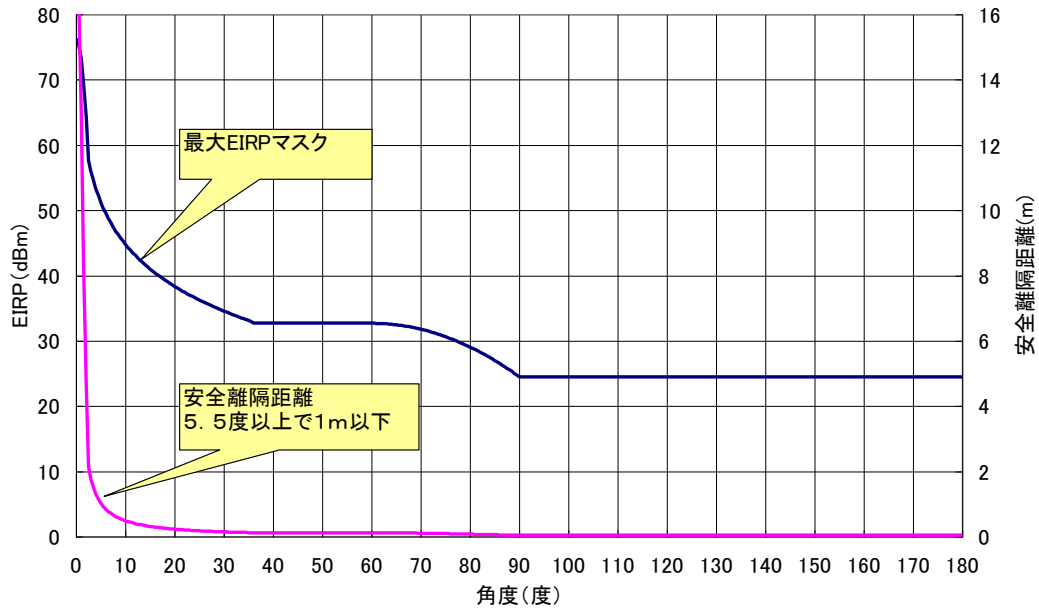
最大EIRP規格と安全離隔距離
12GHz帯(審査基準)



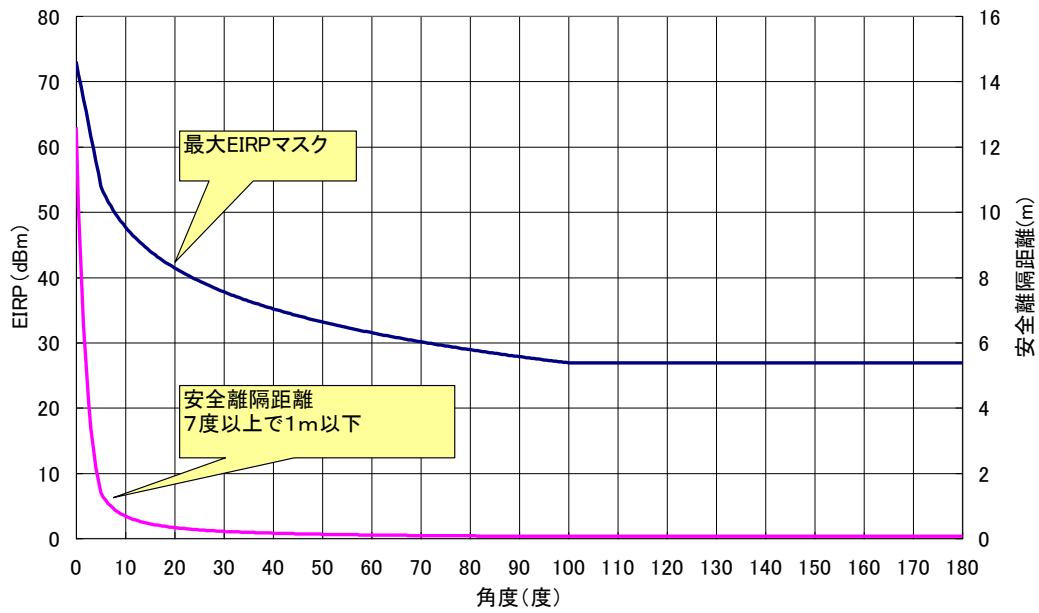
最大EIRP規格と安全離隔距離
18GHz帯(低利得アンテナ)



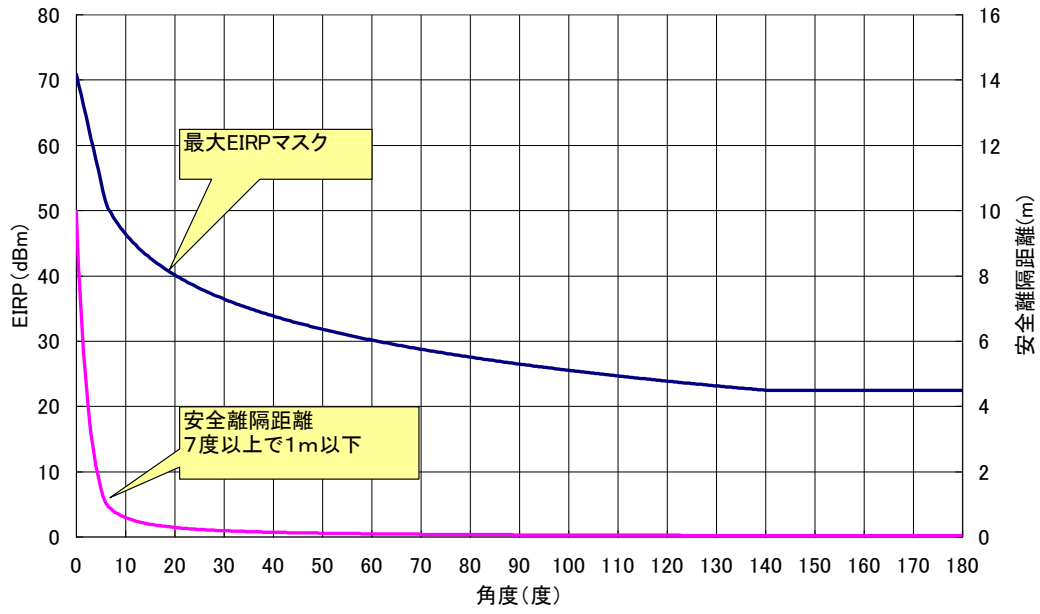
最大EIRP規格と安全離隔距離
18GHz帯(高利得アンテナ)



最大EIRP規格と安全離隔距離
22GHz帯、26GHz帯



最大EIRP規格と安全離隔距離
38GHz帯



参考資料 9 : FWA システムの回線設計例

(1) 設計条件

項目	18GHz 帯	22GHz 帯	26GHz 帯	38GHz 帯	備考
計算周波数	18.7GHz	23.0GHz	27.0GHz	39.5GHz	
送信出力	20dBm				ATPCは1dBステップ
空中線利得	38.4dB	38dBi	39dBi	44dBi	60cmパラボラ前提
給電線損失	0dB				
雑音指数	5dB	8dB		10dB	
等価雑音帯域幅	50MHz				
所要CNR	64QAM : 21dB 512QAM : 30dB 2048QAM : 37.5dB				
降雨減衰計算方法	M分布				
年間不稼働率	0.004%及び0.0004%				
設計マージン	5dB				

(2) 伝送距離特性例

18GHz 帯

変調方式	64QAM		512QAM		2048QAM	
参照不稼働率	0.004%/年	0.0004%/年	0.004%/年	0.0004%/年	0.004%/年	0.0004%/年
伝搬距離	5.8km	3.6km	4.4km	2.8km	3.4km	2.2km
受信レベル (dBm)	-30.6	-26.2	-28.0	-24.1	-25.7	-22.0
降雨マージン (dB)	35.59	39.74	28.99	32.92	23.73	27.51
不稼働率 (%/年)	0.0038	0.00039	0.0037	0.00036	0.0037	0.00032

22GHz 帯

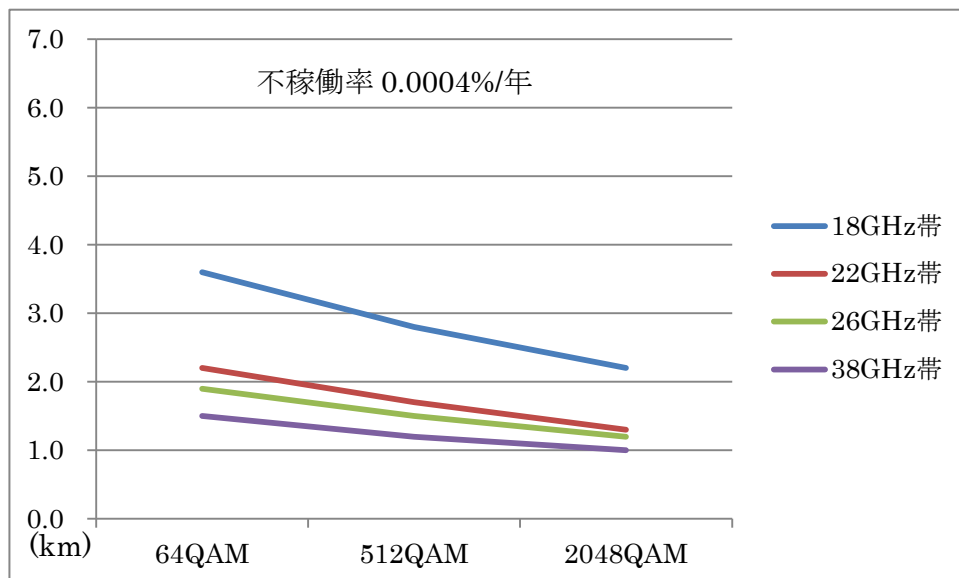
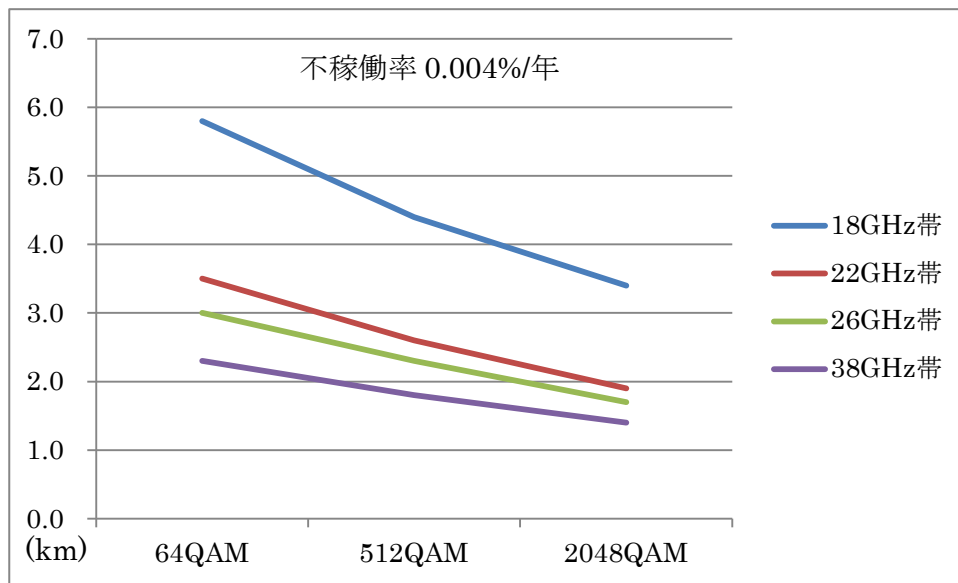
変調方式	64QAM		512QAM		2048QAM	
参照不稼働率	0.004%/年	0.0004%/年	0.004%/年	0.0004%/年	0.004%/年	0.0004%/年
伝搬距離	3.5km	2.2km	2.6km	1.7km	1.9km	1.3km
受信レベル (dBm)	-34.6	-30.5	-32.0	-28.3	-29.3	-26.0
降雨マージン (dB)	28.34	32.44	21.94	25.64	17.14	20.44
不稼働率 (%/年)	0.0038	0.00032	0.0037	0.00031	0.0031	0.00027

26GHz 帯

変調方式	64QAM		512QAM		2048QAM	
参照不稼働率	0.004%/年	0.0004%/年	0.004%/年	0.0004%/年	0.004%/年	0.0004%/年
伝搬距離	3.0km	1.9km	2.3km	1.5km	1.7km	1.2km
受信レベル (dBm)	-32.6	-28.6	-30.3	-26.6	-27.7	-24.7
降雨マージン (dB)	30.33	34.3	23.64	27.35	18.76	21.9
不稼働率 (%/年)	0.0039	0.00033	0.0040	0.00034	0.0033	0.00037

38GHz 帯

変調方式	64QAM		512QAM		2048QAM	
参照不稼働率	0.004%/年	0.0004%/年	0.004%/年	0.0004%/年	0.004%/年	0.0004%/年
伝搬距離	2.3km	1.5km	1.8km	1.2km	1.4km	1.0km
受信レベル (dBm)	-23.6	-19.9	-21.5	-18.0	-19.3	-16.4
降雨マージン (dB)	37.34	41.04	30.24	33.94	25.14	28.04
不稼働率 (%/年)	0.0038	0.00030	0.0034	0.00026	0.0028	0.00027



参考資料 10 : 高次多値変調システム FWA の雑音配分例

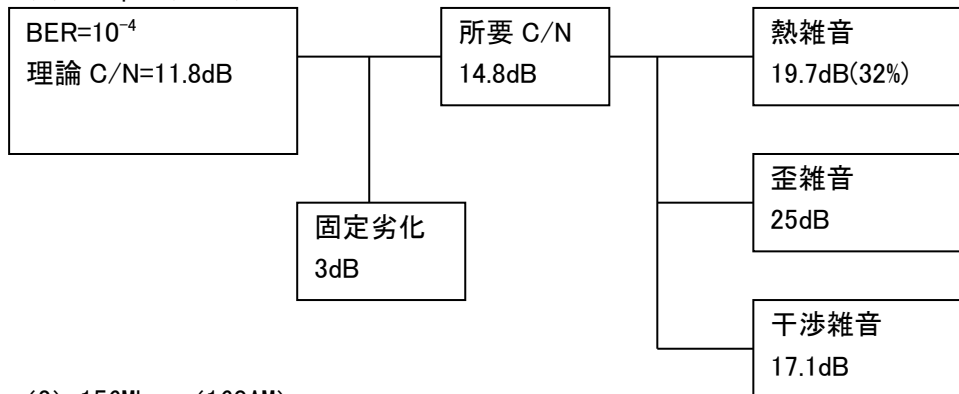
1. 雑音配分の考え方

所要 C/N を受信機（熱雑音）、送信機（歪雑音）と伝搬路（干渉雑音）に配分する。
移動局のため、干渉雑音量は特定できないため、固定変調システムにおいては、現在、運用されているシステムの規格（ARIB-STD-T58）を参照し、隣接ブロックの IRF が 33dB を確保できる歪雑音を定めて配分した。

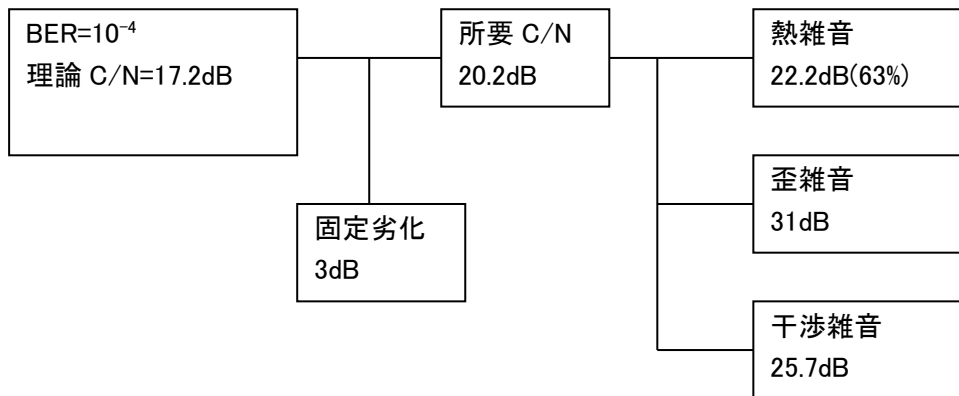
適応変調システムでは最高次の変調モードの歪雑音を定めて配分した。

2. 固定変調システム

(1) 6Mbps (4PSK)



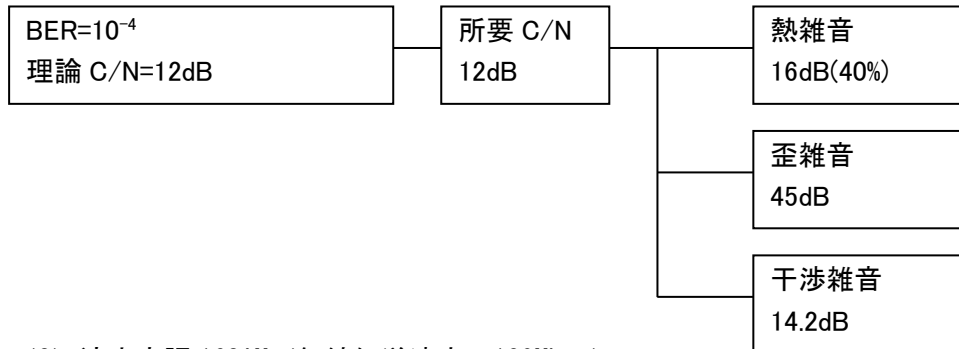
(2) 156Mbps (16QAM)



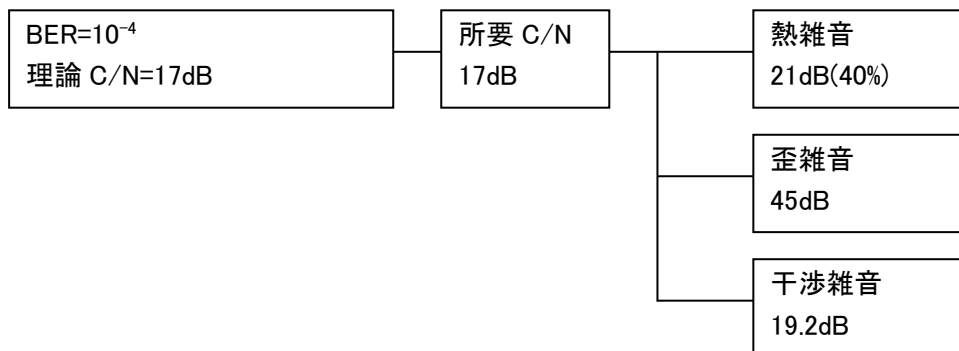
3. 適応変調システム

高次 QAM 適応変調 60MHz チャンネル設計仕様
占有帯域幅の許容値 : 53.5MHz 以下 (51MHz)
シンボルクロック周波数 : 45MHz
ロールオフ率 : 0.3
等価雑音帯域幅 : 51MHz

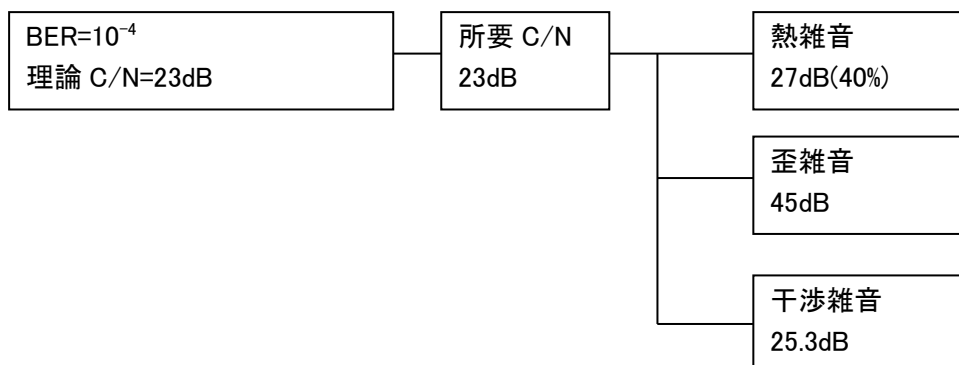
(1) 適応変調 4PSK (無線伝送速度 : 90Mbps)



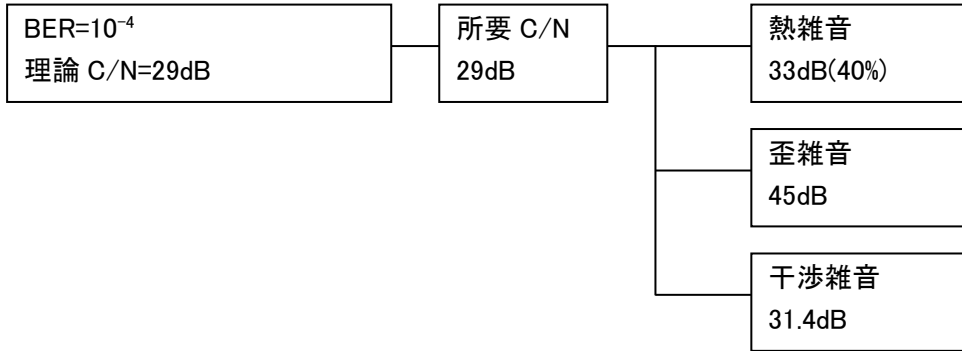
(2) 適応変調 16QAM (無線伝送速度 : 180Mbps)



(3) 適応変調 64QAM (無線変調速度 : 270Mbps)



(4) 適応変調 256QAM (無線伝送速度 360Mbps)



(5) 適応変調 2048QAM (無線伝送速度 495Mbps)

