

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
固定通信システムアドホックグループ
FWA システムアドホックグループ

報告 (案)

目次

- I 審議事項・・・・・・・・
- II 委員会の構成・・・・・・・・
- III 審議経過・・・・・・・・
- IV 審議概要・・・・・・・・

第1章 固定系無線システムの概要

- 1.1 我が国における固定系無線システムの変遷と現状
- 1.2 我が国における固定系無線システムの周波数利用
- 1.3 海外における固定系無線システムの現状
 - 1.3.1 欧州における固定系無線システムの現状
 - 1.3.2 米国における固定系無線システムの現状
- 1.4 固定系無線システムの技術動向
- 1.5 固定系無線システムの国際動向
 - 1.5.1 国際市場動向
 - 1.5.2 国際標準化動向
- 1.6 固定系無線システムの利用に係る展望
 - 1.6.1 電気通信業務における固定系無線システムの利用に係る展望
 - 1.6.2 公共業務・一般業務における固定系無線システムの利用に係る展望
- 1.7 固定系無線システム高度化に向けたビジョン
- 1.8 固定系無線システム高度化に求められる技術
- 1.9 固定系無線システム高度化に求められる運用面等の見直し
- 1.10 高度化された固定系無線システム概念

第2章 固定系無線システム高度化の技術的条件

- 2.1 固定通信システムの技術的条件
 - 2.1.1 一般的条件
 - 2.1.2 無線設備の技術的条件
 - 2.1.3 回線設計例
 - 2.1.4 測定法
- 2.2 FWA システムの技術的条件
 - 2.2.1 一般的条件
 - 2.2.2 無線設備の技術的条件
 - 2.2.3 回線設計例
 - 2.2.4 測定法

第3章 固定系無線システムと他システムとの共用条件

- 3.1 固定通信システムと他システムとの共用条件
- 3.2 FWA システムと他システムとの共用条件

第4章 以下 TBD

V 審議結果

I ~ III TBD

IV 審議概要

第1章 固定系無線システムの概要

1.1 我が国における固定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通信網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やデジタル化による大容量伝送方式の適用等が進められ、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通信網の光ファイバー化が進められてきている。基幹通信網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生かした基幹通信網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システム加入者数は減少している傾向にある。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－交換局間等を結ぶ回線としての利用が増加しつつある。

これら固定通信システムや固定無線アクセスの固定系無線通信システムについては、近年、基幹通信網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、固定系無線システムに対する期待が高まっている。

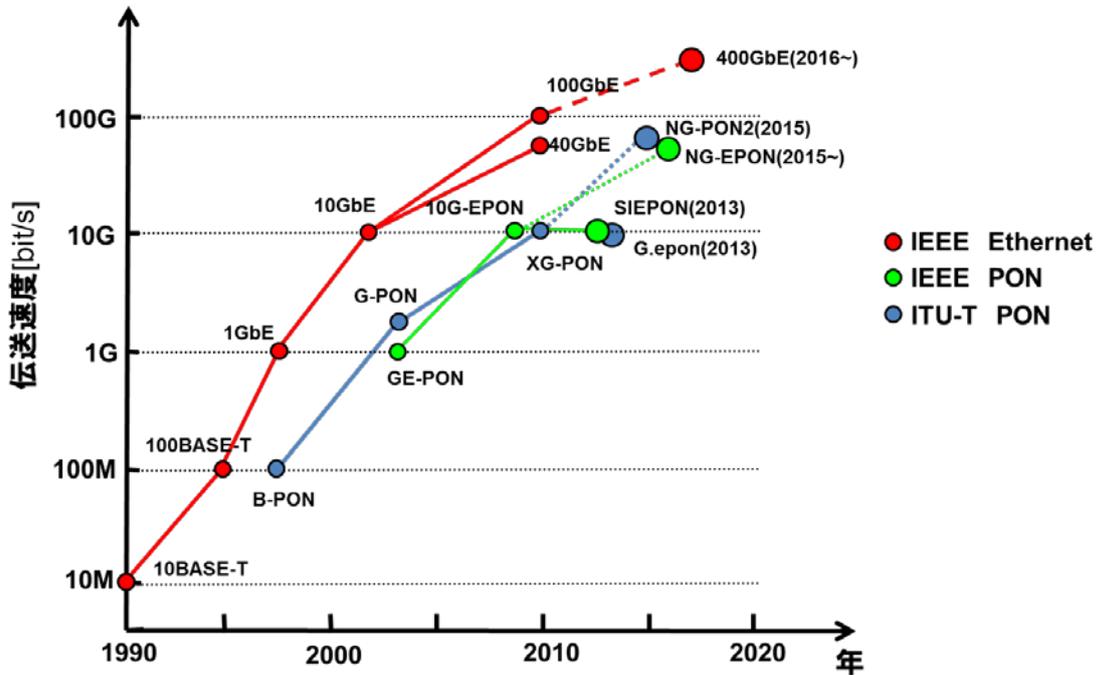


図 1-1 光ファイバーの高速化・大容量化の進展状況

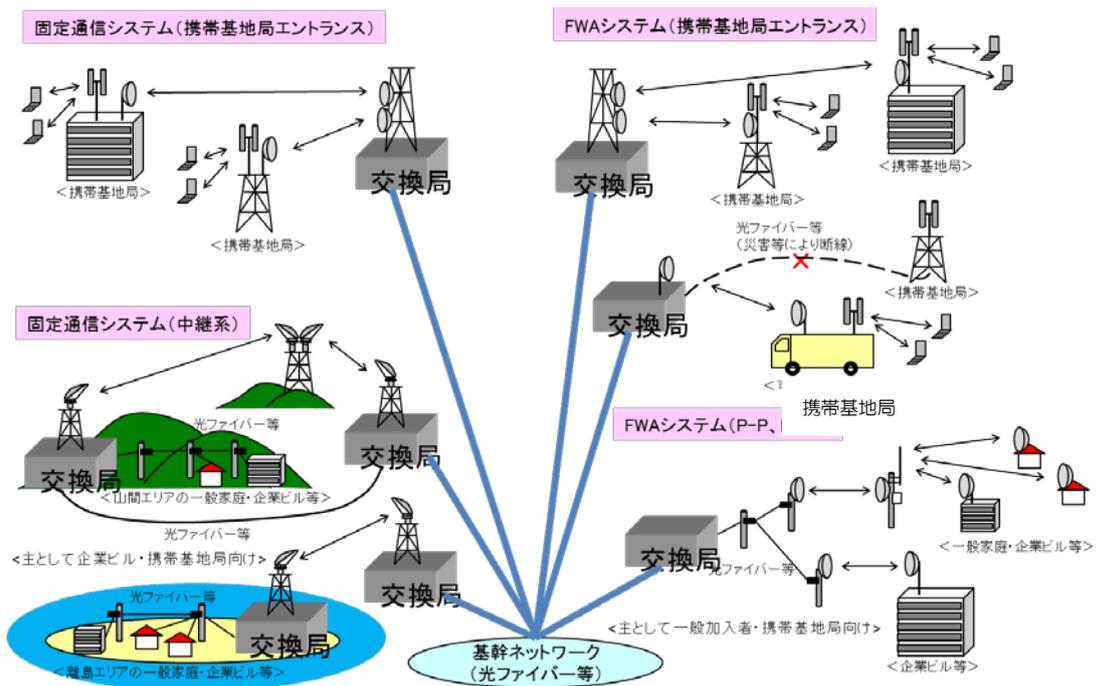


図 1-2 固定系無線システムの展開イメージ

1.2 我が国における固定系無線システムの周波数利用

我が国では、電気通信業務・公共業務・一般業務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。

利用形態	利用業務	6/7GHz	11GHz	12GHz	15GHz	18GHz	22GHz	26GHz	38GHz
固定通信システム	電気通信	○	○		○	○	○		
	公共	○	○	○		○			○
	一般	○	○	○					○
固定無線アクセス(FWA)システム	電気通信					○	○	○	○
	公共					○	○	○	○
	一般						○	○	○
備考		6GHz: 電通 6.5/7.5GHz: 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 5.9/6.5/7/10/13/GHz 帯を使用
表 1-1 我が国における固定系無線システムが使用する主な周波数帯（6GHz 超）及び使用業務

電気通信業務用や公共業務等として使用されている固定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。

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
6GHz 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
22/26/38GHz 帯	交換局～加入者局向けの加入者無線用	～数 km 程度	約 1,200 局

表 1-2 固定系無線システムの主な利用周波数帯及び利用形態等

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 160MHz 帯が業務用連絡回線として使用されているなど、電気通信業務用の固定系無線システムが使用する周波数帯が存在している。

近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電気通信事業者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問題が発現したことから、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帯が追加割り当てされている。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。

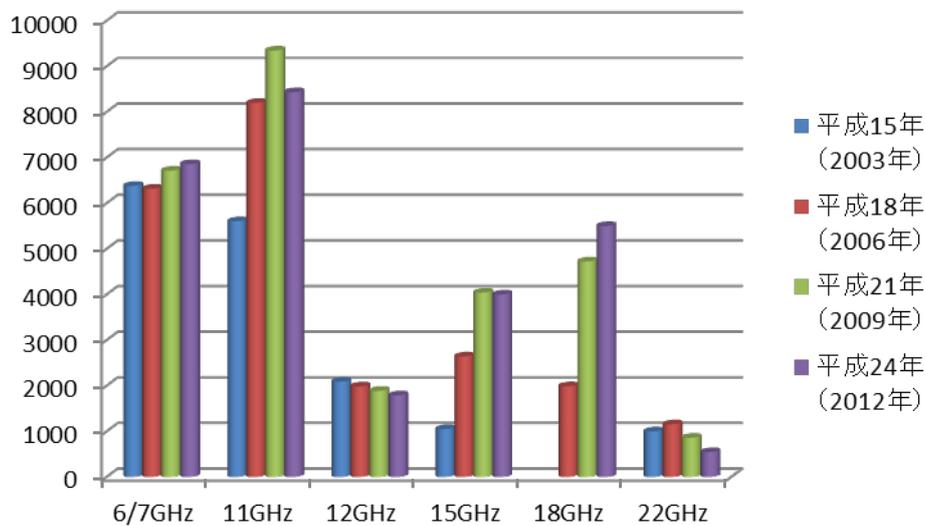


図 1-3 我が国における固定系無線システム無線局数の推移

加入者系無線用の周波数帯については、かつては21GHz帯が割り当てられていたが1990年代に同帯域が衛星放送業務用に再割り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り当てされている。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。

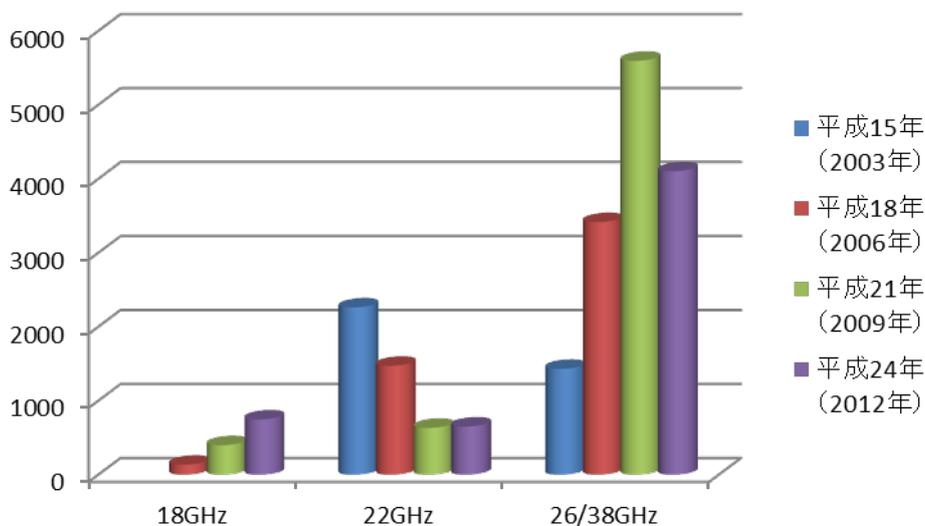


図 1-4 我が国における FWA システム無線局数の推移

これまでのところ、FWA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

可能且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 海外における固定系無線システムの現状

1.3.1 欧州における固定系無線システムの現状

従来、固定系無線システムは、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通信網を構成する主要な技術として利用されてきた。基幹通信網では、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、固定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固定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 カ国における固定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。

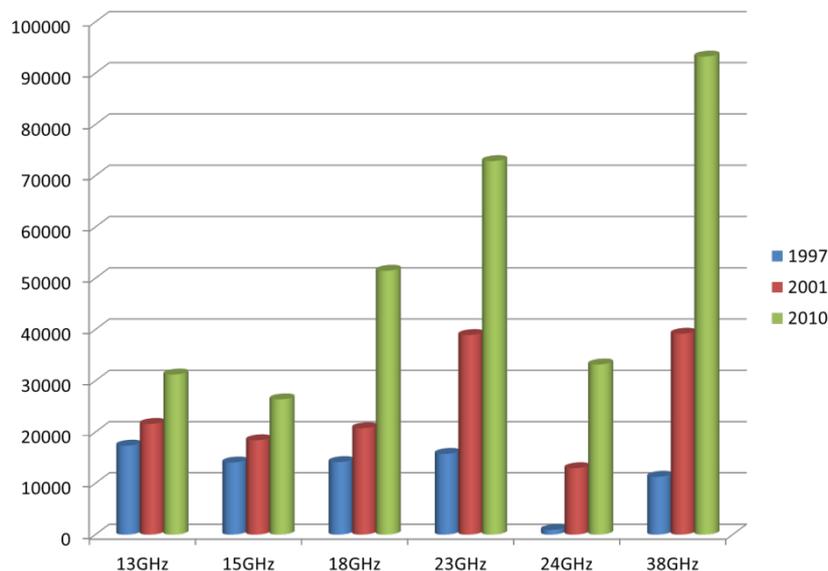


図 1-5 欧州における固定系無線システム等の無線局数の推移

1.3.2 米国における固定系無線システムの現状

固定系無線システムは固定電話サービスの基幹通信網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動通信システムのサービスを支えるネットワークの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、米国では移動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、移動通信システムの 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。

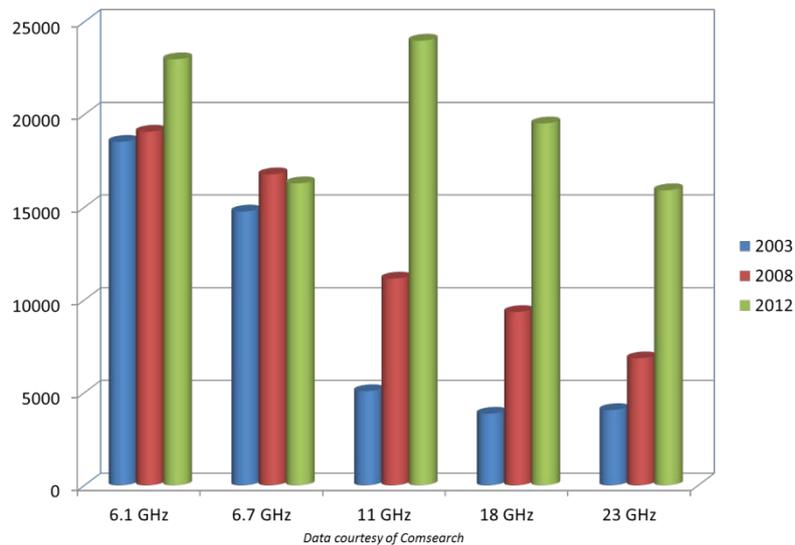


図 1-6 米国における固定系無線システム等の無線局数の推移

1.4 固定系無線システムの技術動向

固定系通信システムは、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、固定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、固定系無線システムの更なる高度化において適用が期待される技術の概要は以下のとおりである。

○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その所要 CNR 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

デメリットもある。

○適応変調技術 (AMR : Adaptive Modulation Radio)、自動電力制御技術

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対応して適用する変調方式を動的に変更することにより伝送容量の最適化や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 比を確保する自動電力制御技術が利用されている。

○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て、信号の受信後に両者を分離して情報を取り出す両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また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、更なる多値変調方式や OFDM などマルチキャリア変調方式の適用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、固定系無線システムが使用する伝送方式についても TDM 系から IP 系への移行が進展すると考えられる。

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	両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

表 1-3 システム LSI 化により実現した主な技術

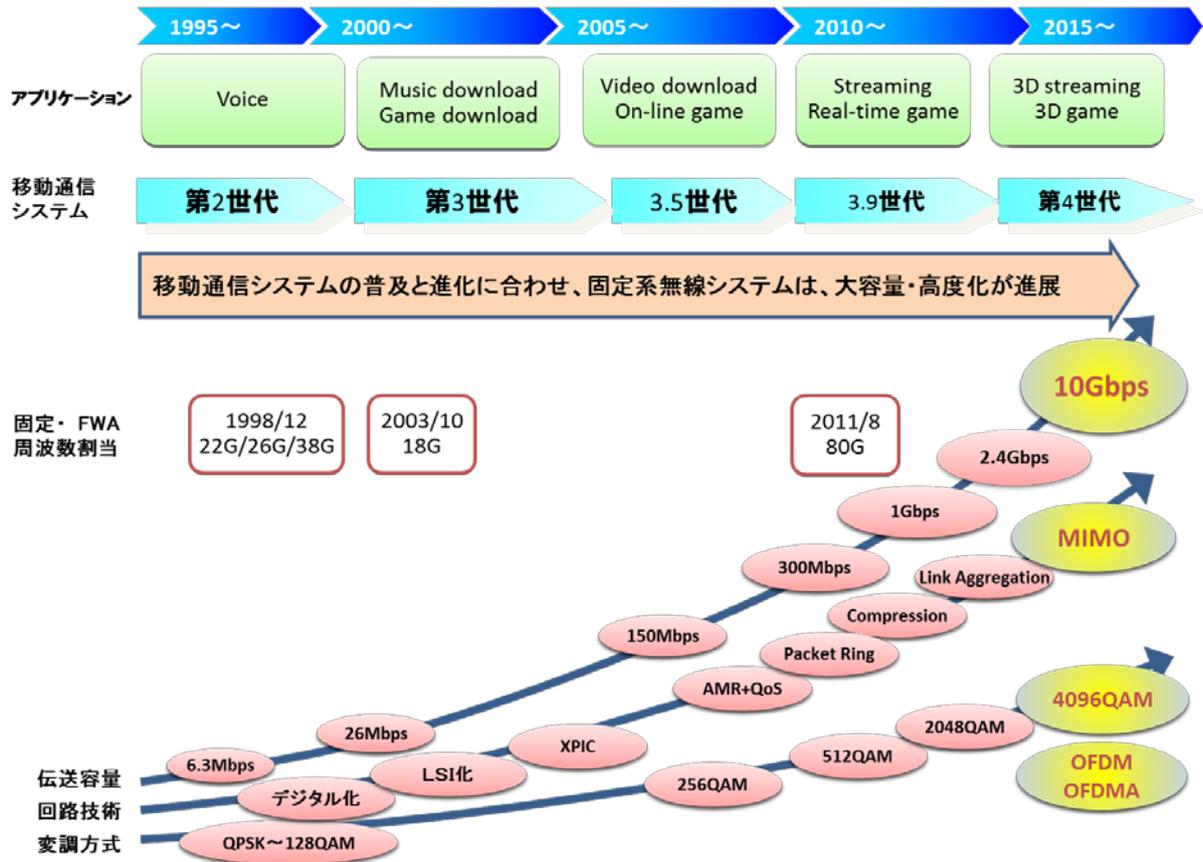


図 1-7 固定系無線システムの技術動向

<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)

1.4.1.1 固定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固定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、固定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 固定系無線システムの国際動向

1.5.1 国際市場動向

1.5.1.1 地域別の考察

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。

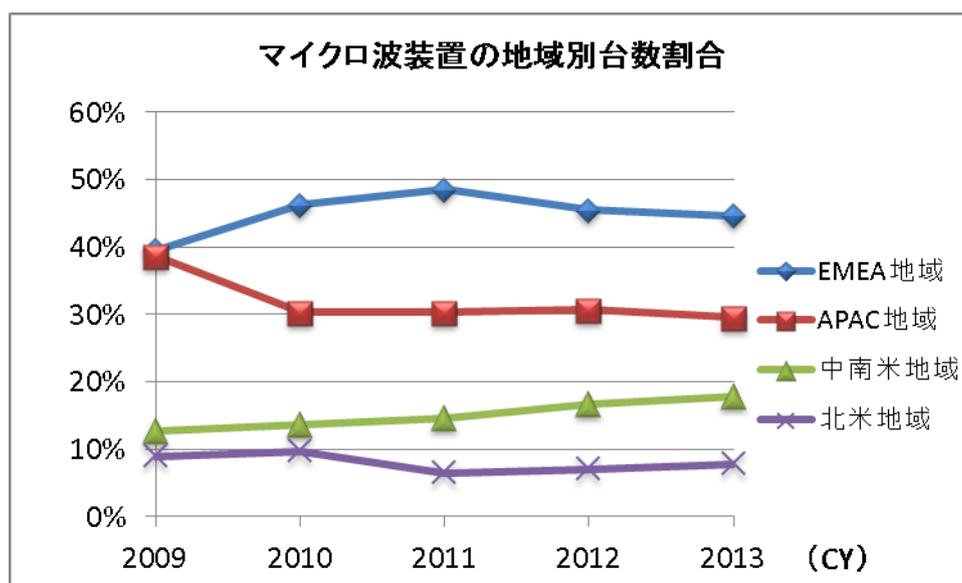


図 1-8 地域別無線システム導入比率

1.5.1.2 ネットワーク技術のトレンド

モバイル先進国におけるネットワーク技術のトレンドとして、近年の LTE 等の普及等、移動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、固定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動通信システムの LTE への移行に伴い、固定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。

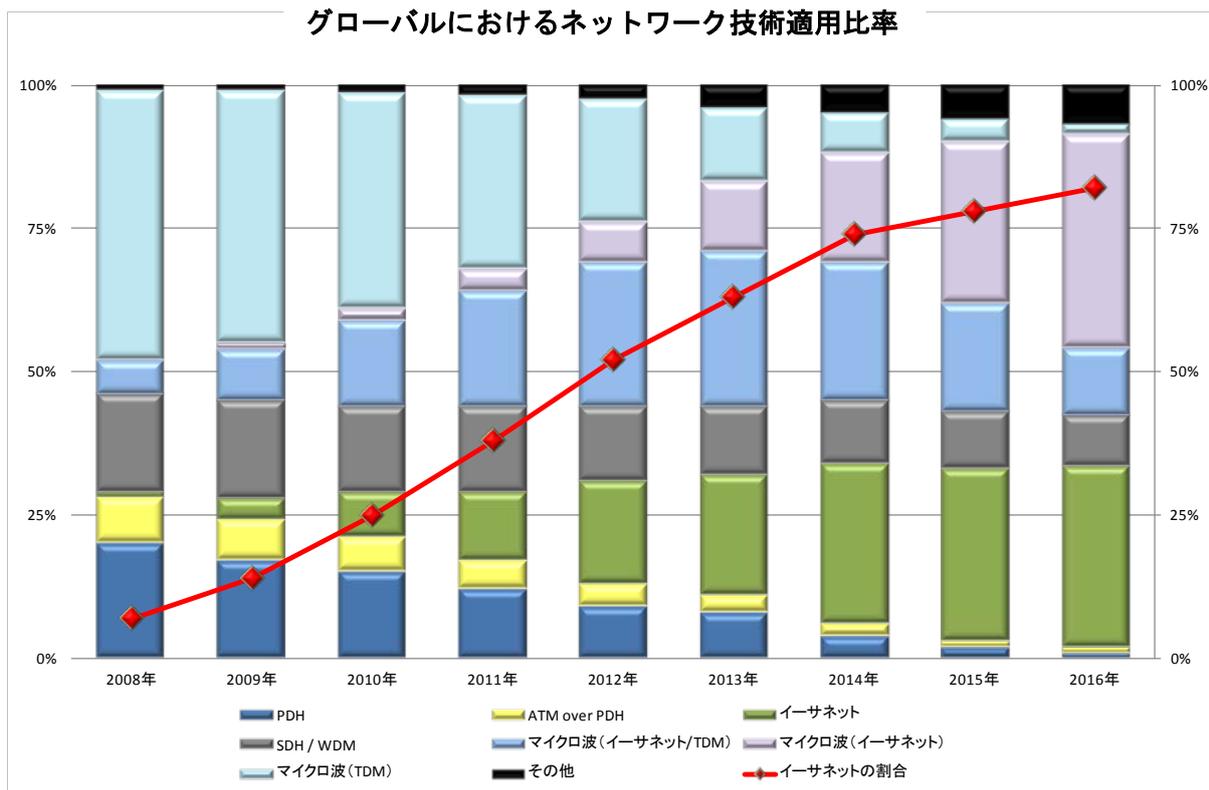


図 1-9 グローバルにおけるネットワーク技術適用比率

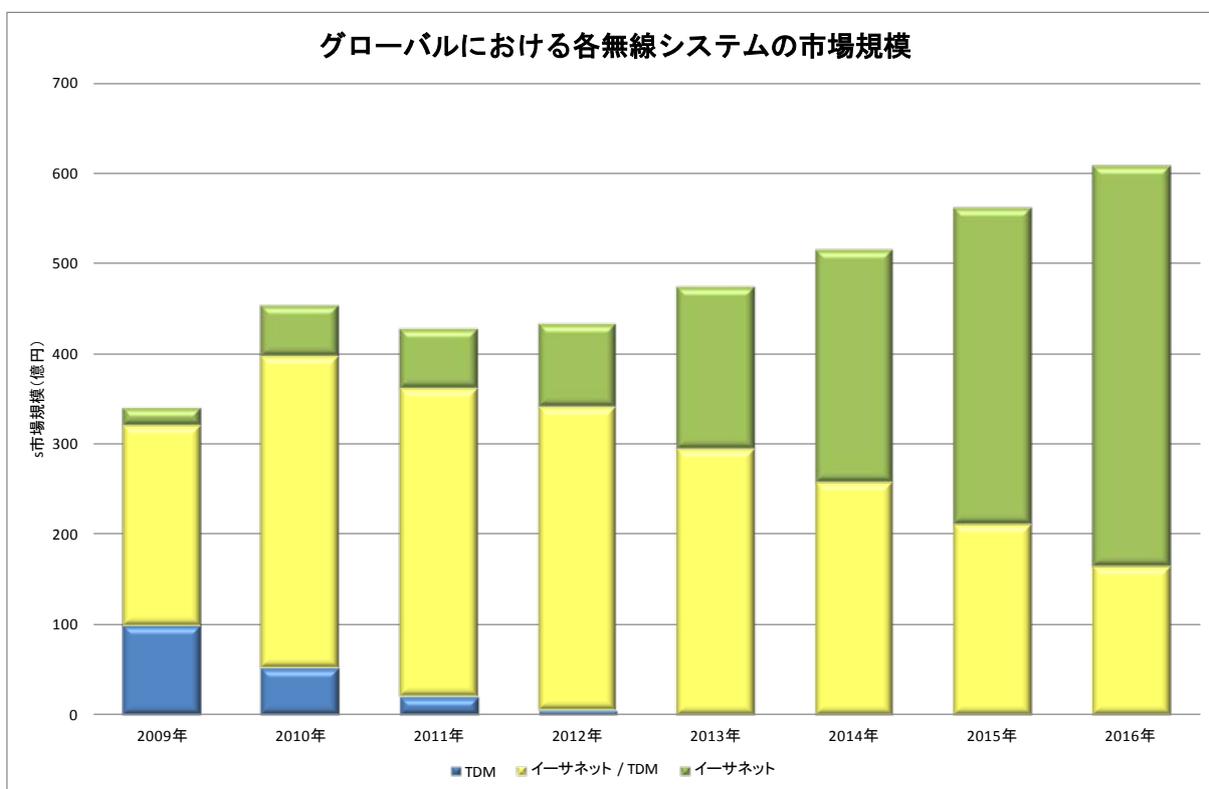


図 1-10 グローバルにおける無線システムのネットワーク技術適用比率

1.5.1.3 周波数帯別の考察

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。

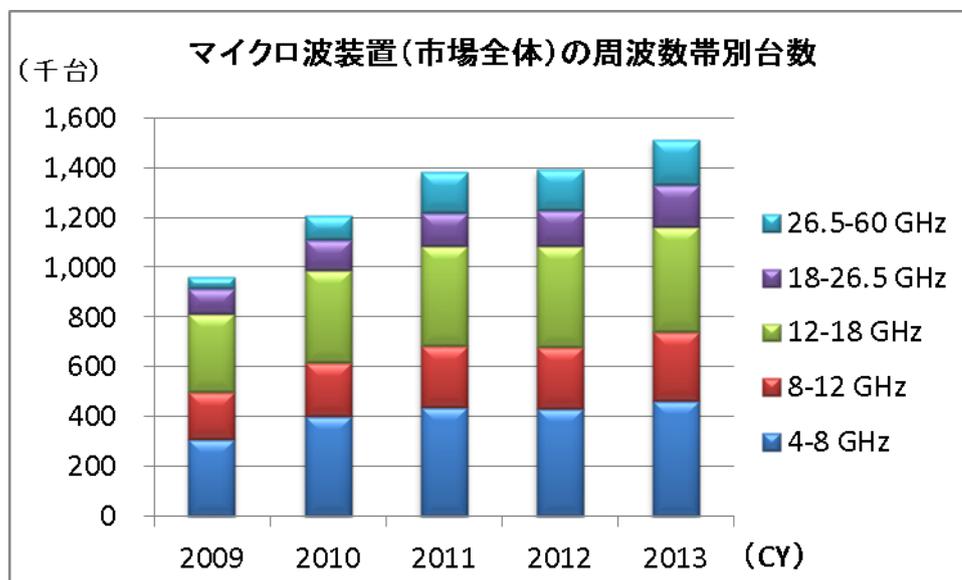


図 1-11 固定系無線システム市場全体の周波数帯別台数割合

平成 12 年 (2000 年) 以前は、固定系無線システムの利用用途の主流であった基幹通信網では、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固定系無線システムの需要が増加してきた。現在では、固定系無線システム市場の約 90%がモバイルバックホール用途となっている。(モバイルバックホールとは、Backhaul+Access を指す)

モバイルバックホール用途の固定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固定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。

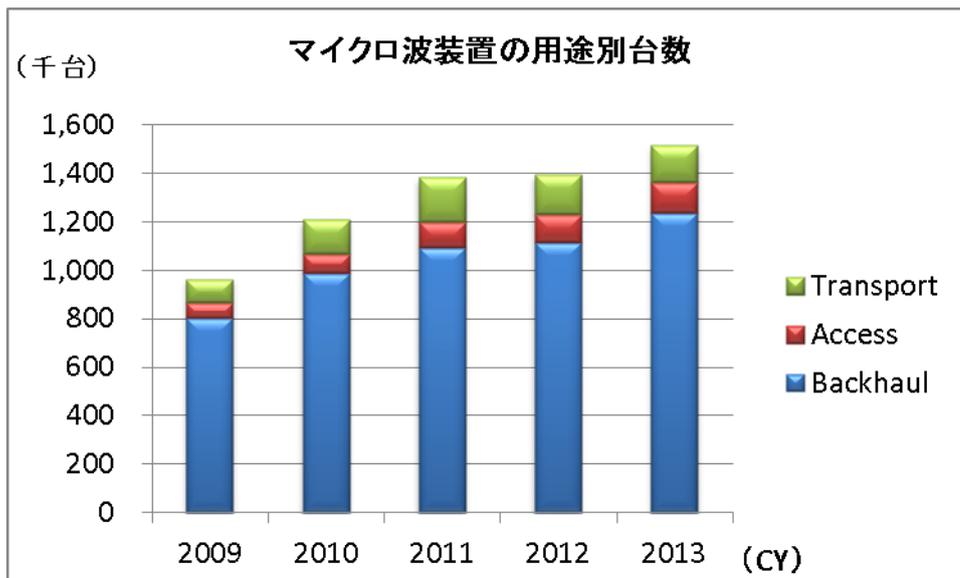


図 1-12 用途別台数割合

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、固定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。

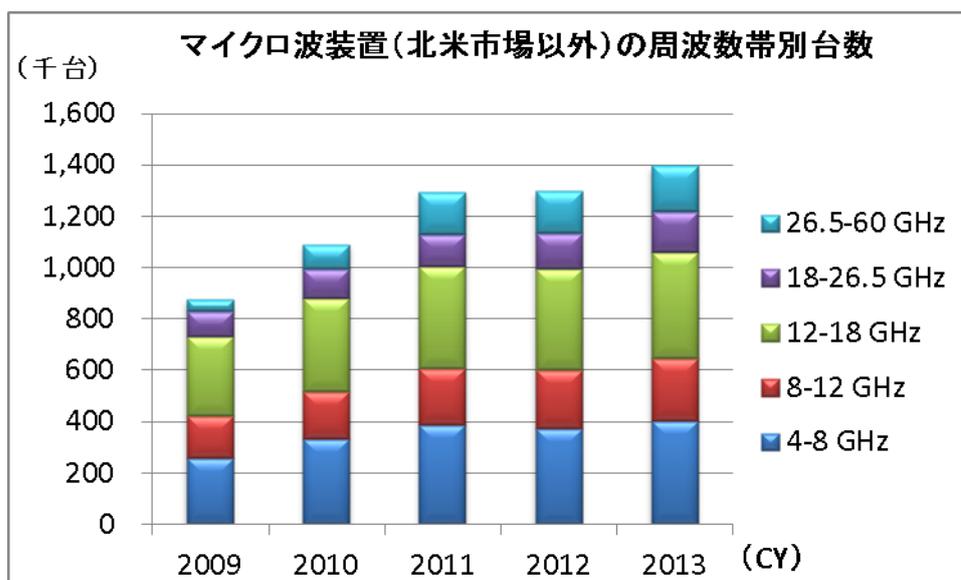


図 1-13 北米地域以外の周波数別台数割合

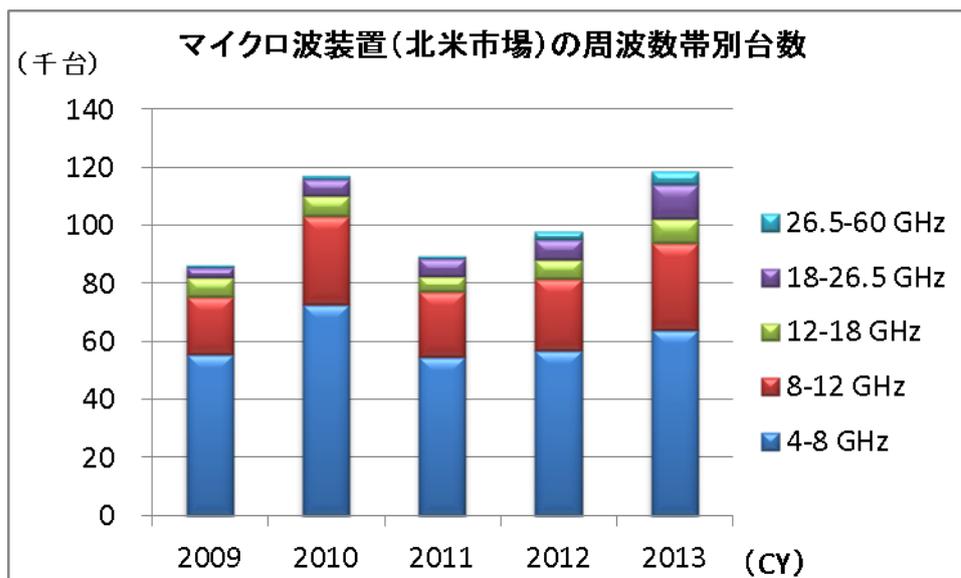


図 1-14 北米地域の周波数別台数割合

なお、米国では、AT&T、ベライゾン・ワイヤレス、Fiber Tower など基幹通信網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 が固定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、移动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 帯以上を使用する固定系無線システムの需要増が見込まれている。

1.5.1.4 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 帯および 38GHz 帯の周波数および Channel separation について、ETSI、FCC、およ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	1.75, 3.5, 7, 13.75, 14, 27.5, 28, 55, 56
		paired with 15.23GHz - 15.35GHz	
		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 18.6GHz - 18.72GHz	20, 40
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 22.6GHz - 23GHz	60
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

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 帯および 38GHz 帯の UK、US およ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 15.23GHz - 15.35GHz	FIXED、Mobile、Space Research

		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>

1.5.2 国際標準化動向

1.5.2.1 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、固定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、固定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。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。

① 固定系無線システムに関する利用方法およ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、固定系無線システム (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およ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、固定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、固定系無線システムで用いられる技術およ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。以下にその概要を示す。

(1) 適用アプリケーション

固定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た。

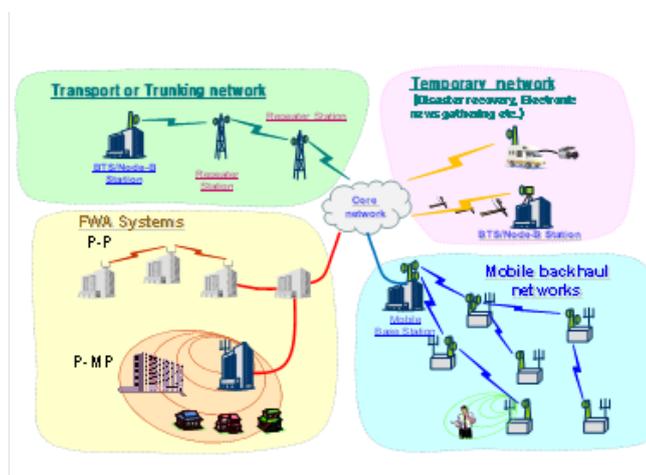


図 1-15 固定無線システムの適用アプリケーション

(2) 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。

(3) 技術およびその動向

勧告 ITU-R F.1105 固定系無線システムで用いられている技術なら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 が組み合わせられた場合のリンクデザインに関する考察、MIMO の適用等、FWS に適用される様々な技術の追加が行われた。

(4) スペクトル要求

展開シナリオ(Deployment Scenario)およ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 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。固定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 適用についての議論が行われている。

③ 災害救援のための固定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固定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表の通りである。

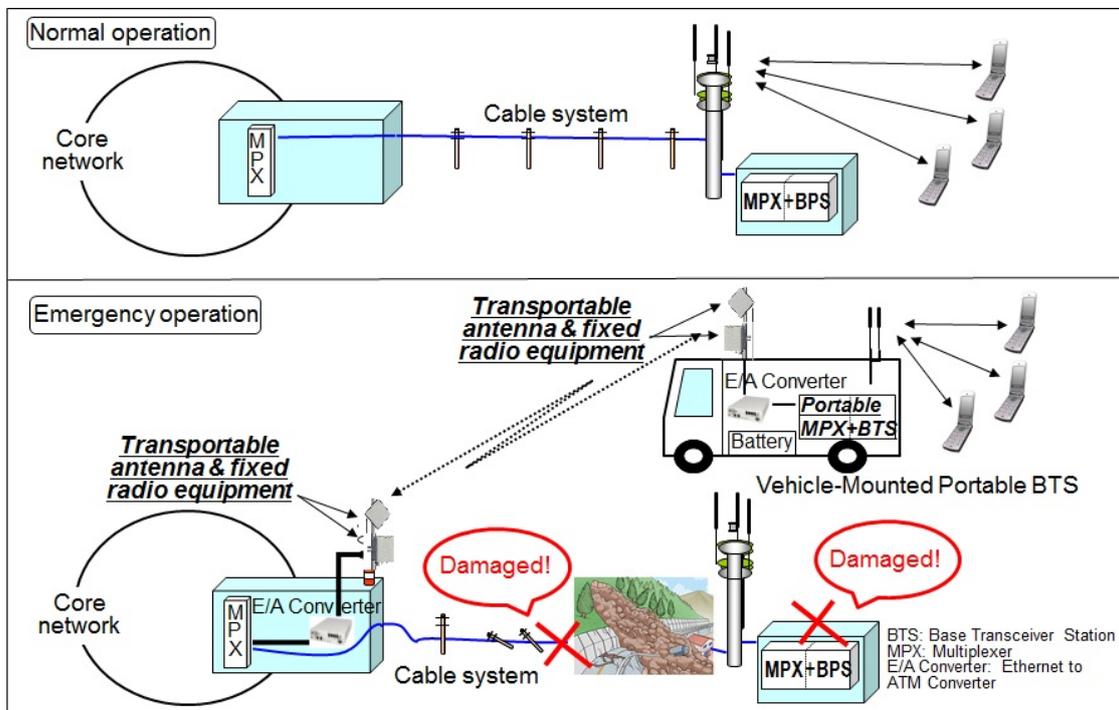


図 1-16 Upper 4GHz 帯を利用した車載型災害救援システムの概念図

表 1-6 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

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

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、まずは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。

⑤ Packet Based NW 向けで利用される P-P 固定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 の固定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固定系無線システムの概念は下図の通りである。

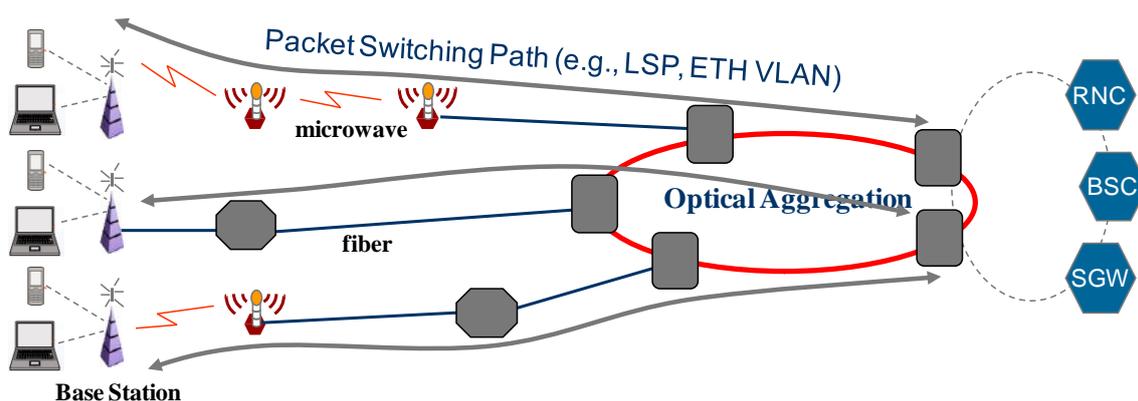


図 1-17 無線システムを利用したパケットネットワークの概念

1.5.2.2 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、固定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およ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。TG-FWS に関する概要は以下のとおりである。

(1) 検討内容

固定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 レポートおよび、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。

1.5.2.3 ITU-R SG5 WP5C および 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 1.5.2.1 項および 1.5.2.2 項の作業概況について、図 1-18 にまとめて示す。

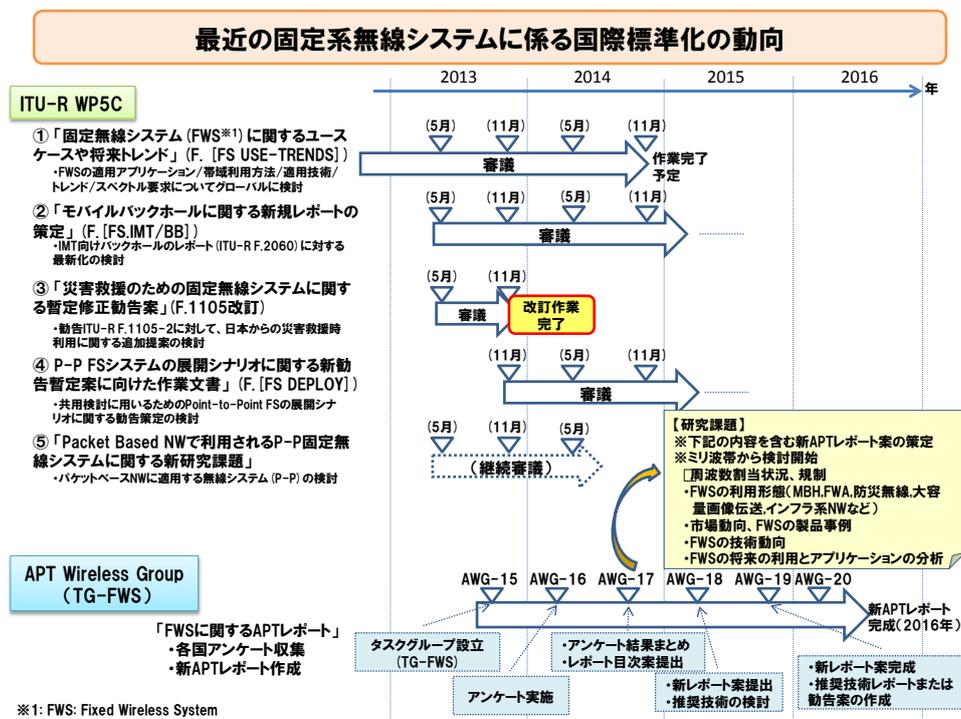


図 1-18 最近の固定系無線システムに係る国際標準化の作業概況

1.6 固定系無線システムの利用に係る展望

1.6.1 電気通信業務における固定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・分析からも、平成 24 年 12 月から平成 25 年 12 月までの 1 年間で約 1.7 倍に増加したことが分かっている（図 1-21）。

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。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ことから、近年では比較的安価かつ設置容易性が高い固定系無線システムの利用に注目が集まっている。

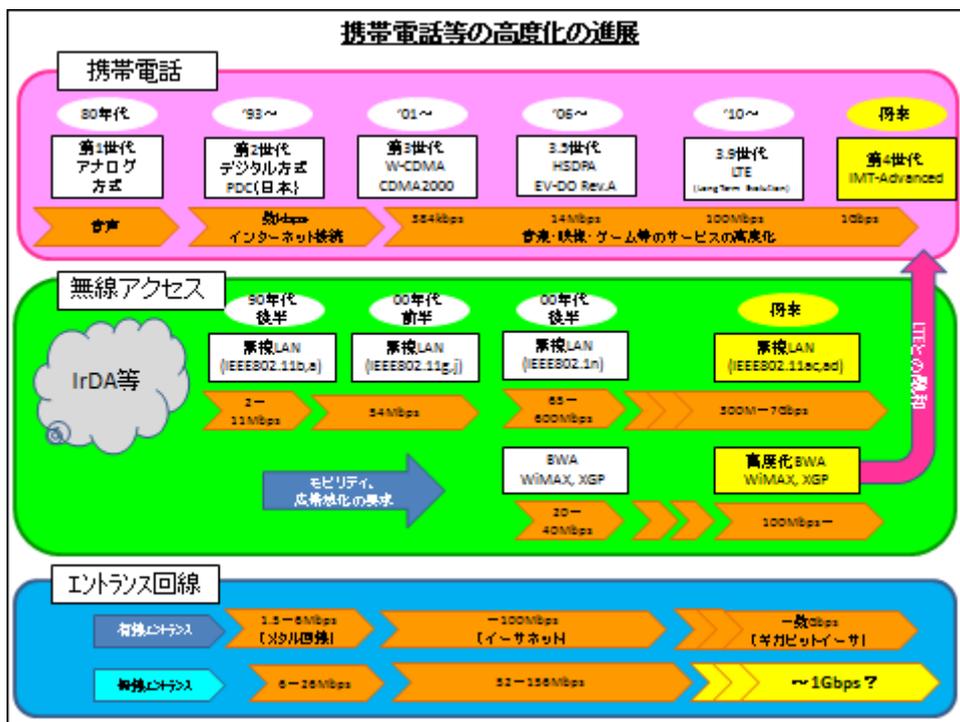


図 1-19 携帯電話等の高度化の進展

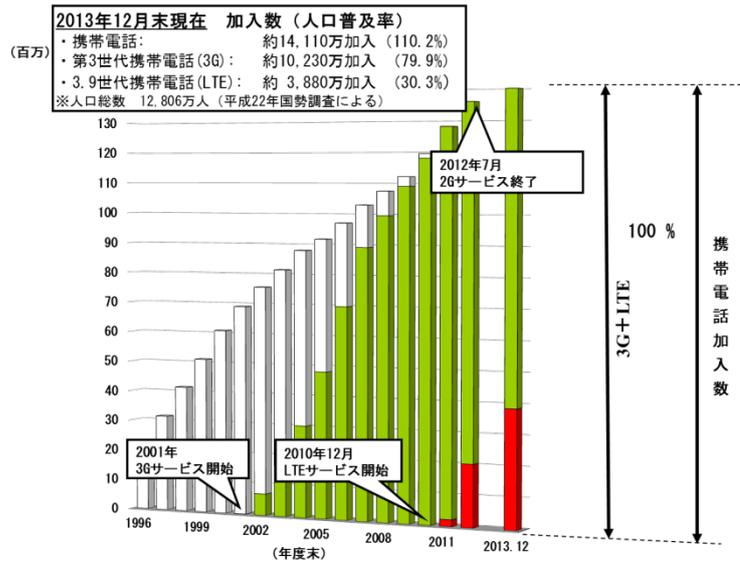
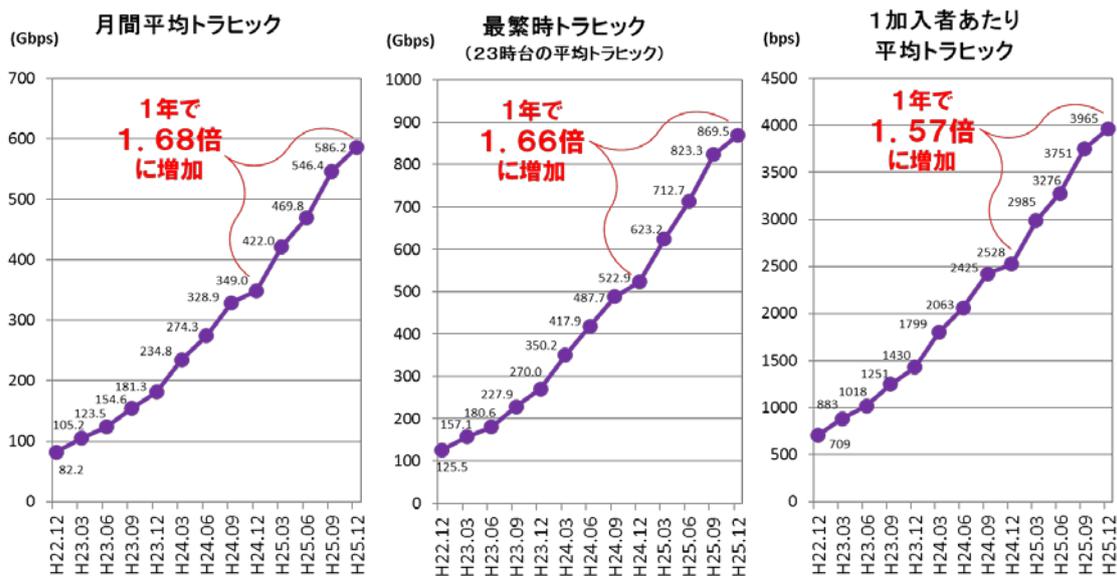


図 1-20 我が国の携帯電話加入者数の推移



○移動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 1-21 我が国の移動通信トラフィックの推移

1.6.2 公共業務・一般業務における固定系無線システムの利用に係る展望

固定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、自営通信網は公衆通信網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固定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。

1.7 固定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、または離島・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固定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%で固定系無線システムが利用されている。しかしながら、現行の固定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能力的に十分であるとは言いがたいといえる。また、公共業務等で利用される固定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、十分な伝搬距離を確保しつつ、今後の伝送容量の増大に対応可能な固定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。

これらの状況を踏まえ、固定系無線システムの高度化に向けた検討においては、①Gigabit Etherの伝送を目標とした伝送容量の大容量化、②長距離伝搬を可能とする無線システム運用と関連制度の見直し、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、現行の固定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・制度面の見直しにおいては、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、固定系無線システムが使用する周波数帯の特性により、現行の無線局免許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はなく、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、臨機応変に固定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適当である。

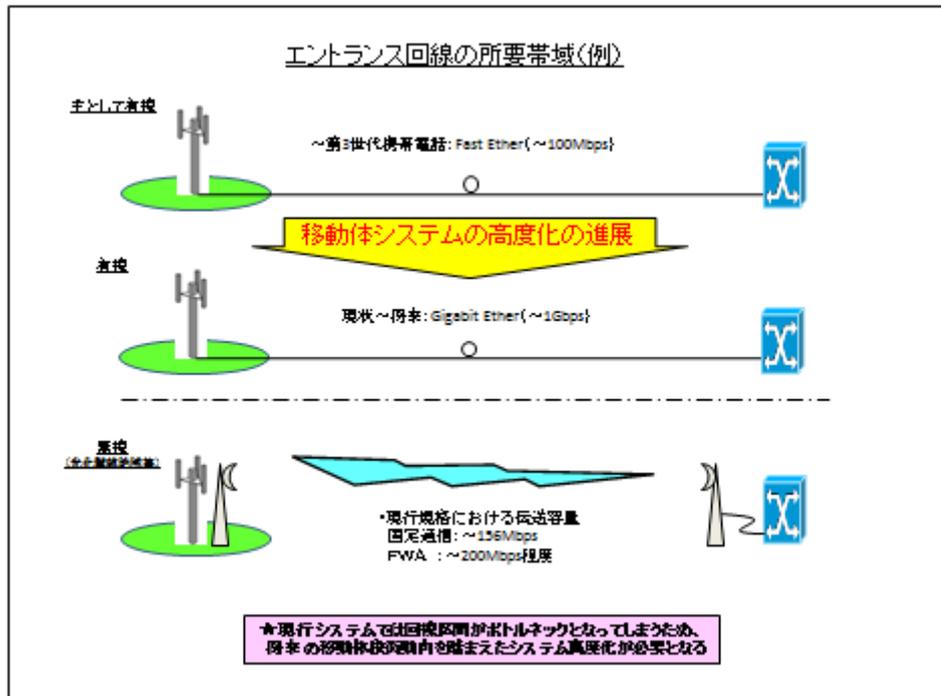


図 1-23 エントランス回線の所要帯域例

1.8 固定系無線システム高度化に求められる技術

固定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。

○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ことから、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が、広帯域化されたチャンネルに隣接する帯域への漏洩電力の増加に伴う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送信電力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、漏洩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、利用周波数帯の広帯域化に際しては、現行の送信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、固定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。

○両偏波多重方式の適用

現状のチャンネル配置のまま両偏波多重（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。

○変調方式の多値化

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・実用化がなされている。

しかしながら、当時は固定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、近年の固定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。

なお、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、送信出力の増大または高利得アンテナの利用が挙げられるが、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、固定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。

○将来の直行周波数分割多重方式(OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing))導入への配慮

高速データ伝送を行うにあたり、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などの課題があるが、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、セルラ通信(LTE)、WiFi、WiMAX、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は OFDM の採用が主流となっている。このため、固定系無線システムにおいても将来は OFDM を導入する可能性があるため、将来 OFDM を導入するにあたって支障がないように、運用面・制度面の配慮が求められる。

1.9 固定系無線システム高度化に求められる運用面等の見直し

固定系無線システムの高度化に際しては、新たな技術の適用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ている。

○標準受信入力の見直し

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（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無線回線の品質は確保されているが、気象状況の変化による回線への影響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電力制御技術を適用することによって、無線回線の断絶を回避することも可能となっている。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あたっては、適応変調技術や自動電力制御技術の適用によって最悪時においても無線回線が断絶しないことを前提として、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。

○周波数偏差の許容値の見直し

例えば、現行の 22/26/38GHz 帯の FWA システムの周波数偏差の許容値は、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非常に緩い規定となっている。このため、必要以上の周波数幅を許容偏差に伴うマージンとして確保する必要があり、占有周波数帯域幅の有効利用がなされていない問題がある。このため、周波数偏差の許容値について、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。

○占有周波数帯幅の既定値の見直し

占有周波数帯幅の許容値に係る現行規定では、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と変調方式によって決定することとしている。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緩いクロック周波数及びロールオフ率が規定されているため、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、クロック周波数及びロールオフ率の規定値を見直すことが適当である。

○アンテナに関する規定の見直し

11/15/18GHz 帯の固定通信システムや 18GHz 帯の FWA システムのアンテナについては、円形パラボラアンテナの利用を前提としてアンテナ口径に応じた規定がなされている。一方で、固定系無線システムの設置・運用に際して、必要となる電波特性を確保しつつ小型化・軽量化されたアンテナが望まれていることから、アンテナ設計における自由度を高めるため、例えば平面アンテナの適用も可能となるよう、現行の規定を見直すことが適当である。

○FWA システムの免許方針

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、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り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、地域単位で割り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、検討することが求められる。

- ・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、利用ニーズを踏まえて免許基準について見直しを行うことも考えられる。
- ・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、これら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り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り当てる等、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。
- ・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

割り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。

1.10 高度化された固定系無線システムのご概念

固定通信システムは、基幹通信網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タ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。

これら固定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大容量化・長距離伝搬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3技術が適当である。

- ・現行基準以上の多値変調方式
- ・適応変調技術
- ・交差偏波識別度補償機能

上記の技術を導入した際の運用イメージは図 1-24 のとおりとなる。

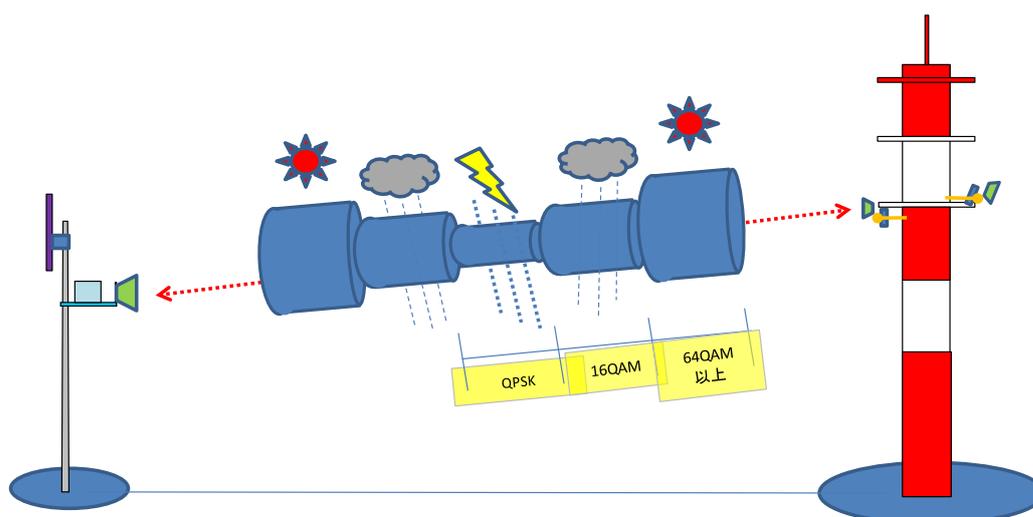


図 1-24 多値変調方式および適応変調方式の適用時の運用イメージ

- ・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
- ・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無線回線の断絶を回避
- ・垂直偏波及び水平偏波を同時に使用する両偏波方式の適用にあつては、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多値変調方式及び適応変調技術を適用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固定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。

- ・多値変調方式及び適応変調技術を適用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
- ・多値変調方式及び適応変調技術を適用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多値変調を行う回線については、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。

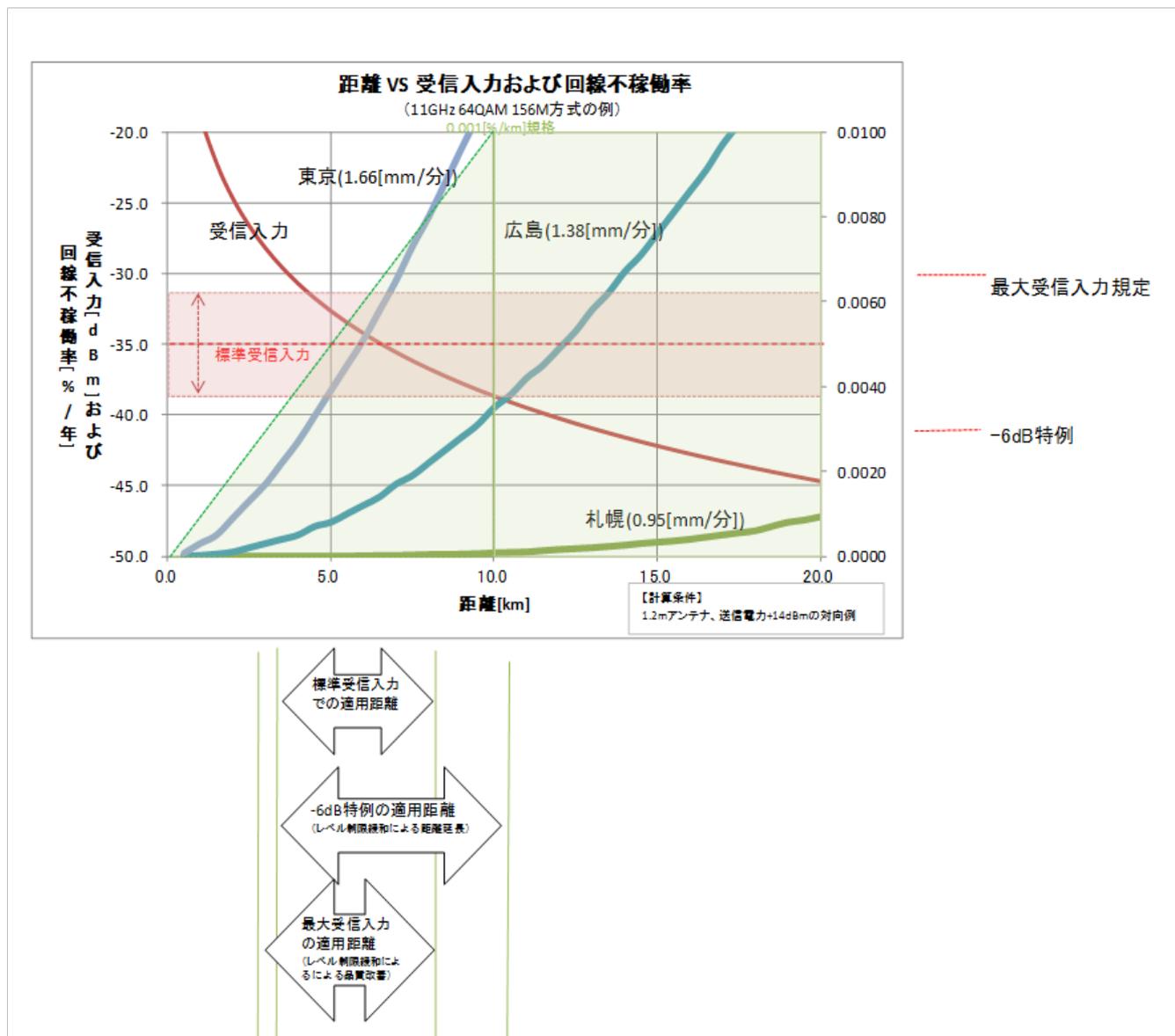


図 1-25 伝搬距離、受信入力と降雨減衰を考慮した回線不稼働率の相関

- ・ 図 1-25 に示すとおり、降雨減衰による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値を下回る場合がある。
- ・ この場合、標準受信入力の下限値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値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。
- ・ 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 方式の回線設計での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、標準受信入力の下限値 -41dB を適用しても回線不稼働率の基準値を満足する場合に限って、-6dB を下回る受信

入力を設定可能とする。

- 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 -41dBm 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 -6dBm 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 -41dBm 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。
- なお、長距離伝播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、地域特性に応じた無線回線の回線設計手法の適用はルーラルエリアに限定することが適当である。

第2章 固定系無線システム高度化の技術的条件

2.1 固定通信システムの技術的条件

2.1.1 一般的条件

2.1.2 無線設備の技術的条件

2.1.3 回線設計例

2.2 FWA システムの技術的条件

2.2.1 一般的条件

2.2.2 無線設備の技術的条件

2.2.3 回線設計例

第3章 固定系無線システムと他システムとの共用条件

以下 TBD

参考：

表 1-1 10GHz 以上の固定業務帯域における特性およびアプリケーション例

Band(GHz)	Typical applications	Recommendation ITU-R (initially approved)	Bandwidth per channel (MHz)	Typical data rates
10.0-10.68	ENG	F.747 (1992)	1.25, 2.5, 3.5, 5, 7, 14, 28	
10.15-10.3 /10.5-10.65	ENG	F.1568 (2002)	28, 30	
10.7-11.7	Transport, trunk networks, mobile backhaul, disaster recovery, ENG	F.387 (1992)	5, 7, 10, 14, 20, 28, 40, 60, 80	140 Mbit/s, 155.52 Mbit/s
11.7-12.5/ 12.2 12.7	Transport, trunk networks, ENG	F.746 Annex 2 § 2, § 3 (1994)	12.5, 19.18, 20, 25	40 Mbit/s
12.75-13.25	Transport, trunk networks, ENG	F.497 (1992)	3.5, 7, 14, 28	34-140 Mbit/s
14.25-14.5		F.746 Annex 3 Annex 4 (1992)	3.5, 7, 14, 28	34 Mbit/s
14.4-15.35	Transport, , mobile backhaul, ENG	F.636 (1994)	2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20, 28, 30, 40, 50, 56	
17.7-19.7	Mobile backhaul, FWA	F.595 (1992)	1.75, 2.5, 3.5, 5, 7, 7.5, 10, 13.75, 20, 27.5, 30, 40, 50, 55, 60, 110, 220	<10 Mbit/s, 34, 140, 280 Mbit/s
21.2-23.6	Transport, mobile backhaul, FWA	F.637 (1994)	2.5, 3.5, 7, 10, 14, 15, 28, 40, 50, 56, 112	1.5-8 Mbit/s 2-155 Mbit/s
24.25-25.25/ 25.25-27.5/ 27.5-29.5	Transport, , mobile backhaul, FWA	F.748 (1994)	3.5, 7, 14, 28, 56, 112	
31.0-31.3	Transport, mobile backhaul	F.746 Annex5, 6 (1992)	3.5, 7, 14, 25, 28, 50	
31.8-33.4	Transport, mobile backhaul, FWA	F.1520 (2001)	3.5, 7, 14, 28, 56, 112, 168	
36.0-40.5	Mobile backhaul , FWA	F.749 (1994)	2.5, 3.5, 7, 14, 28, 50, 56, 60, 112	
40.5-43.5	Transport, trunk networks, mobile backhaul, ENG, FWA	F.2005 (2012)	7, 14, 28, 56, 112, or variable sized blocks (Each block size < 1 500 MHz)	
51.4-52.6	Transport, mobile backhaul,	F.1496 (2000)	3.5, 7, 14, 28, 56	

55.78-57/ 57-59	Transport, mobile backhaul,	F.1497 (2000)	3.5, 7, 14, 28, 50, 56, 100	
71-76 81-86	Transport, mobile backhaul	F.2006 (2012)	125, 250, 750, 1 000, 1 250, 1 500, 1 750, 2 000, 2 250, 2 500, 2 750, 3 000, 3 250, 3 500, 3 750, 4 000, 4 250, 4 500, 5 000	
92.0-94.0/ 94.1-95	Transport, mobile backhaul	F.2004 (2012)	50, 100	