

固定系無線システムの高度化等のため の検討課題(案)

固定系無線システムの高度化の検討

○概要

最近のスマートフォンやタブレット端末の普及等による移動通信トラフィックの急増や移動通信システムのエリア拡張などに迅速に対応するためのエントランス回線の高速大容量化が求められるとともに、気象条件等の変化に自動的に対応する制御技術（適応変調（※）、自動電力制御）等の導入の要望が高まってきている。

このため、エントランス回線の高速大容量化や制御技術等の導入のための技術的条件について検討する。

※ 適応変調：気象条件等の通信の状況により、変調方式を使い分ける方法

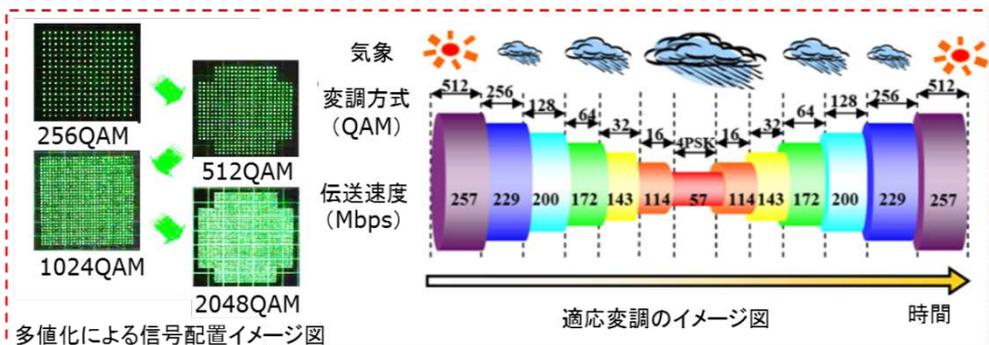
○具体的な検討内容

- ① 11/15/18GHz帯等固定系無線システム等の高度化（※）に関する技術的条件
- ② 22/26/38GHz帯加入者系無線システム（FWA）の高度化（※）に関する技術的条件 等

※ 変調方式の多値化、制御技術（適応変調、自動電力制御）等の導入

○システム概要

高度化に際して適用される技術のイメージ図



固定通信システム・FWAシステムの主な検討項目

技術基準項目	固定通信システム			FWAシステム
	電気通信業務用	公共・電気通信業務用等	電気通信業務用	公共・電気通信業務用
	固定局	固定局	固定局 陸上移動局	基地局 陸上移動局
対象周波数帯 (GHz)	11/15	18	22	22/26/38
通信方式	FDD方式			FDD/TDD方式
変調方式	64QAM			
信号伝送速度 (占有周波数帯幅)	156Mbps (36.5MHz)			270Mbps (58.5MHz)
その他	・制御技術(自動電力制御・適応変調方式) ・偏波多重方式の追加			

【太枠内：検討項目】

固定系無線システムの現状

○固定系無線システムの利用実績と現状

【固定無線システム】

- ・昭和29年（1954年）に東名阪において4GHz帯マイクロ波固定通信システムの利用が開始。
- ・1990年代までに多数の固定無線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基幹網として重要な位置を占める。
- ・2000年代に入り、携帯電話等の移動通信システムの爆発的な普及により、固定無線システムが利用していた周波数帯の一部は、移動業務での利用に向けた調整が進められている。

【FWAシステム】

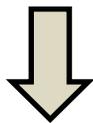
- ・固定無線アクセスシステム（FWA）は、オフィスや一般世帯と交換局間を直接接続して利用する無線システムとして1990年代後半に登場。
- ・現在では、光ファイバーの普及により、携帯電話基地局－交換局間の回線や、一部の光ファイバー未展開地域における代替回線（加入者－交換局間）として利用。

固定業務における周波数利用状況

- ・長距離伝搬用：6GHz帯 主に県間伝送に用いられる（～60km程度）
エントランス回線としての利用状況 約400局
- ・近距離伝搬用：11/15/18GHz帯 主に県内伝送に用いられる（～10数km程度）
エントランス回線としての利用状況 約12,000局
- ・加入者無線用：22/26/38GHz帯 主に交換局－加入者局間向け（～数km程度）
エントランス回線としての利用状況 約1,200局

固定系無線システムにおける今後の需要動向

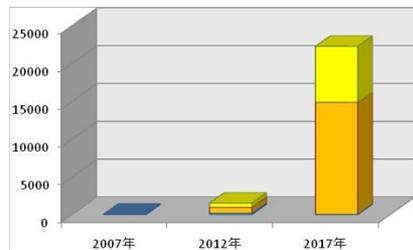
- 近年の移動通信システムの高度化（LTE、モバイルWiMAX等の高速化）によるデータ通信トラフィックの急増に対応するため、迅速なエリア展開が求められているが、バックホール回線としては光ファイバー網での構築を前提としている。



【光ファイバー網での構築では、整備に費用・時間を要する】

- 比較的安価かつ設置容易性が高いFWAシステムへの利用が増加。

移動通信システムのトラフィック増大予想



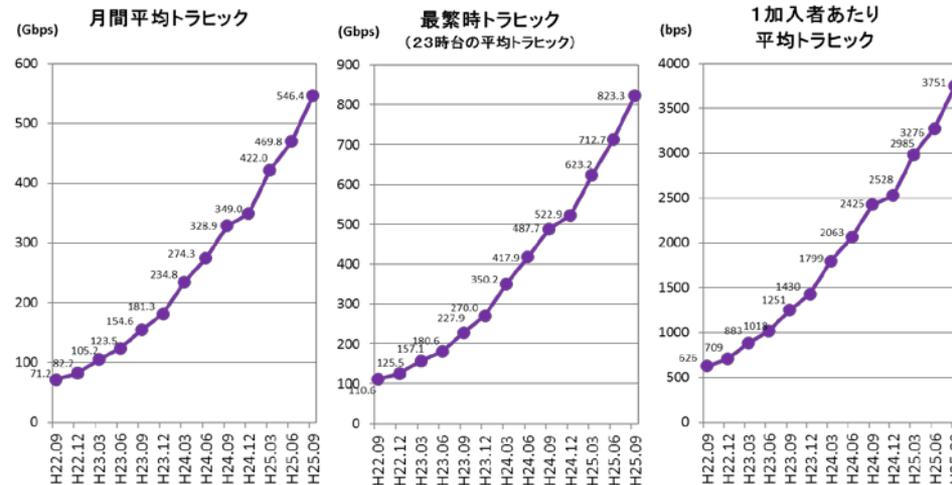
5年後、10年後のトラフィックの伸びを ①新たに創出されるサービス、②新システムに置き換わって提供される既存のサービス、③既存システムにより提供される既存のサービスの要素から試算。（2007年を100とした場合）

- ①新たに創出されるサービス
 - (例) ハイビジョン映像のアップロード
 - 映像教材のストリーミング
 - 大容量データ伝送による家電との連携
 - 大容量のサイネージ情報の配信
 - 医療画像伝送による遠隔医療
- ②新システムに置き換わって提供される既存のサービス
 - <コンテンツの大容量化>
 - (例) 映像ストリーミング
 - 2012年：4Mbps（圧縮率の高いHD映像と想定）
 - 2017年：8Mbps（ハイビジョン並み映像と想定）

移動通信トラフィックの将来動向



移動通信トラフィックの推移（過去3年間）



○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。）

固定系無線システムの技術動向

- ・ 1990年代後半にアナログの変復調回路をデジタル信号処理でLSI化。
→ コスト低減と低消費電力化を実現。
- ・ 平成13年（2001年）にFWAシステムの標準規格IEEE802.16が制度化（周波数10-66GHz、通信速度2Mbps～155Mbps）。
→ FWAシステム機器の小型化、低廉化、低消費電力化、高速大容量化が進展し、平成14年（2002年）にはアンテナ、無線部、制御部が一体化された機器がサービス導入。
- ・ 固定系無線システムでは、現在シングルキャリア変調方式で2048QAMの製品が市場に供給中。
→ 今後、更なる大容量化やOFDM（直交周波数分割多重）などマルチキャリア変調方式の適用が展望されている。

○デジタル化以降の主な高度化技術

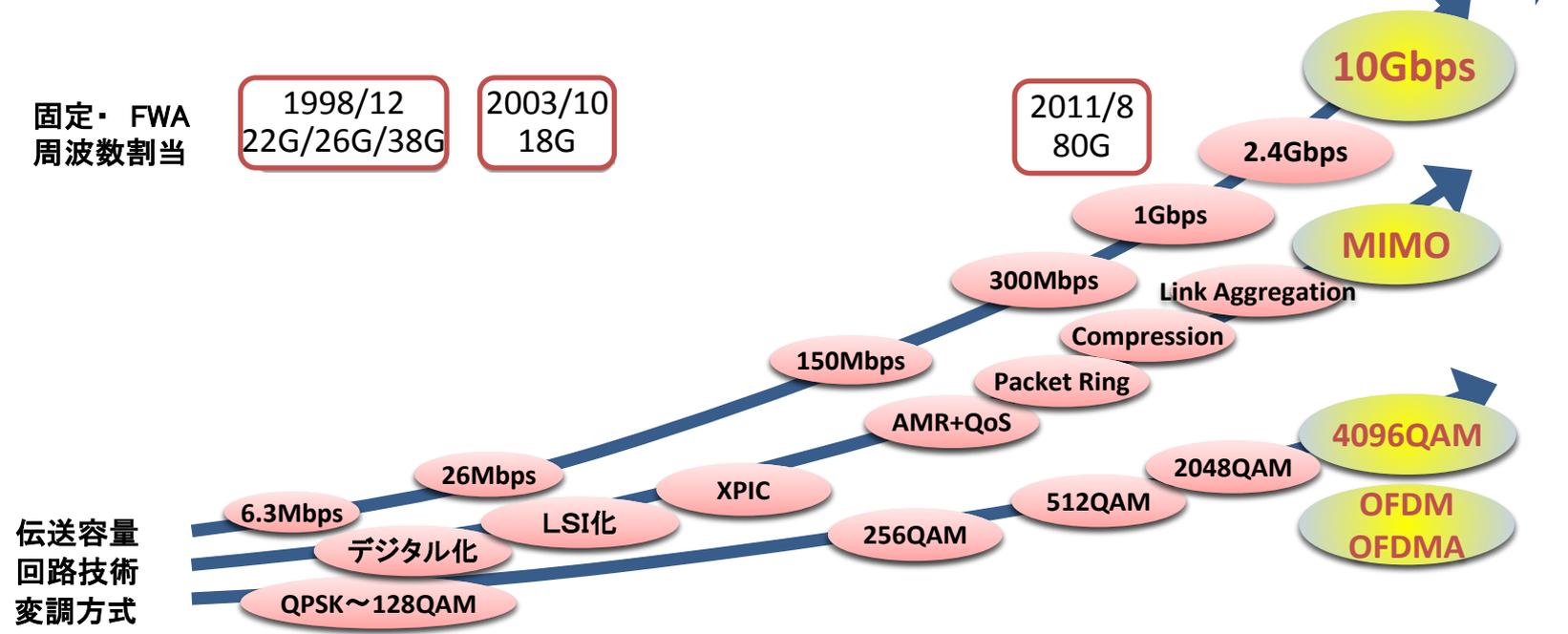
方式技術名	説明	効用効果
多値変調方式	QPSK→4096QAM（※）	大容量化、適応変調
プリデーション	送信部の歪低減	多値変調化、消費電力低減
偏波多重方式	交差偏波干渉キャンセル	周波数利用効率2倍化
等化器	劣化した信号を等化復元	フェージング対策
誤り訂正回路	RS符号→LDPC符号	高品質高信頼性化
位相雑音補償方式	RF信号の低雑音技術	RF発振器の低廉化
A/D、D/A	アナログとデジタルの橋渡し	大容量化、低消費電力化

※QAM：振幅位相変調、QPSK：4相の位相変調

固定系無線システムの技術動向の推移



移動通信システムの普及と進化に合わせ、固定系無線システムは、大容量・高度化が進展



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)

固定系無線システムの国際市場動向

○2000年以降世界的な移動通信システムに対する需要の増加

- ・ 固定系無線システムは携帯電話基地局等の基幹通信網（バックホール回線）やアクセス中継回線として広く利用されており年平均成長率7%の伸びで製品市場が推移。
- ・ 携帯電話システムのLTE化により伝送容量の大容量化と携帯電話基地局のスマートセル化が進展しており、エントランス回線が使用する周波数帯は帯域確保が容易な準ミリ・ミリ波帯に移行しつつある。
- ・ 携帯電話システムのネットワークは、従来のTDMに加えIPが混用しているが、今後はネットワークのIP化が進展する模様。

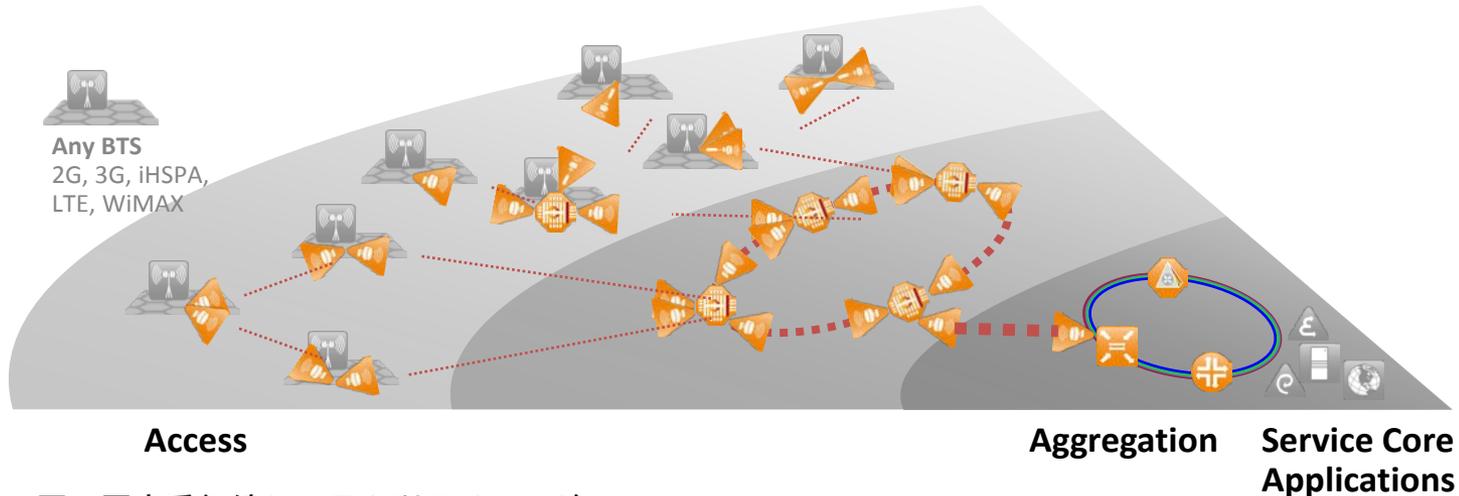
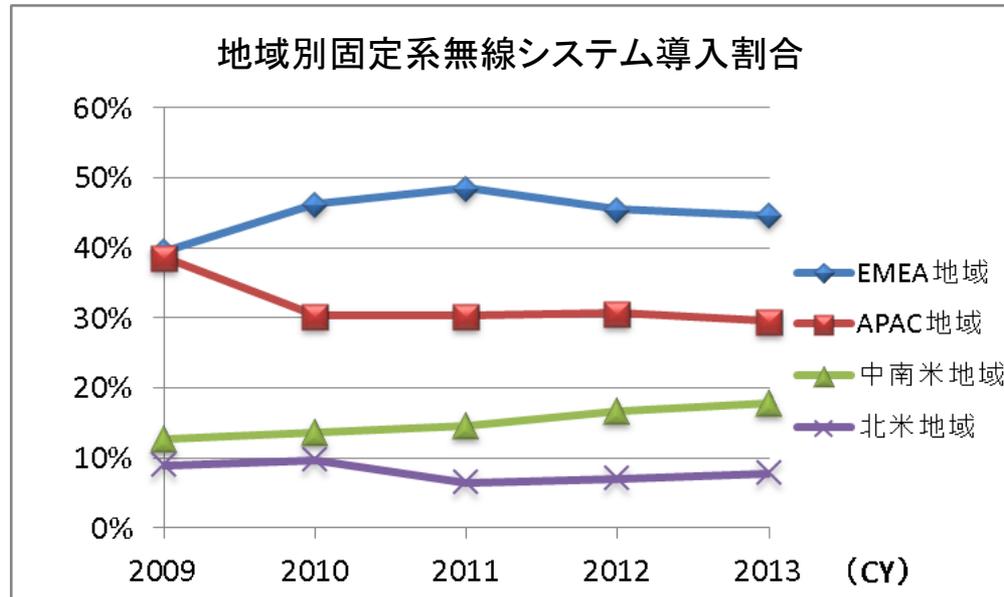


図 固定系無線システム利用イメージ

固定系無線システムの国際市場動向（続き）

○地域別の需要状況

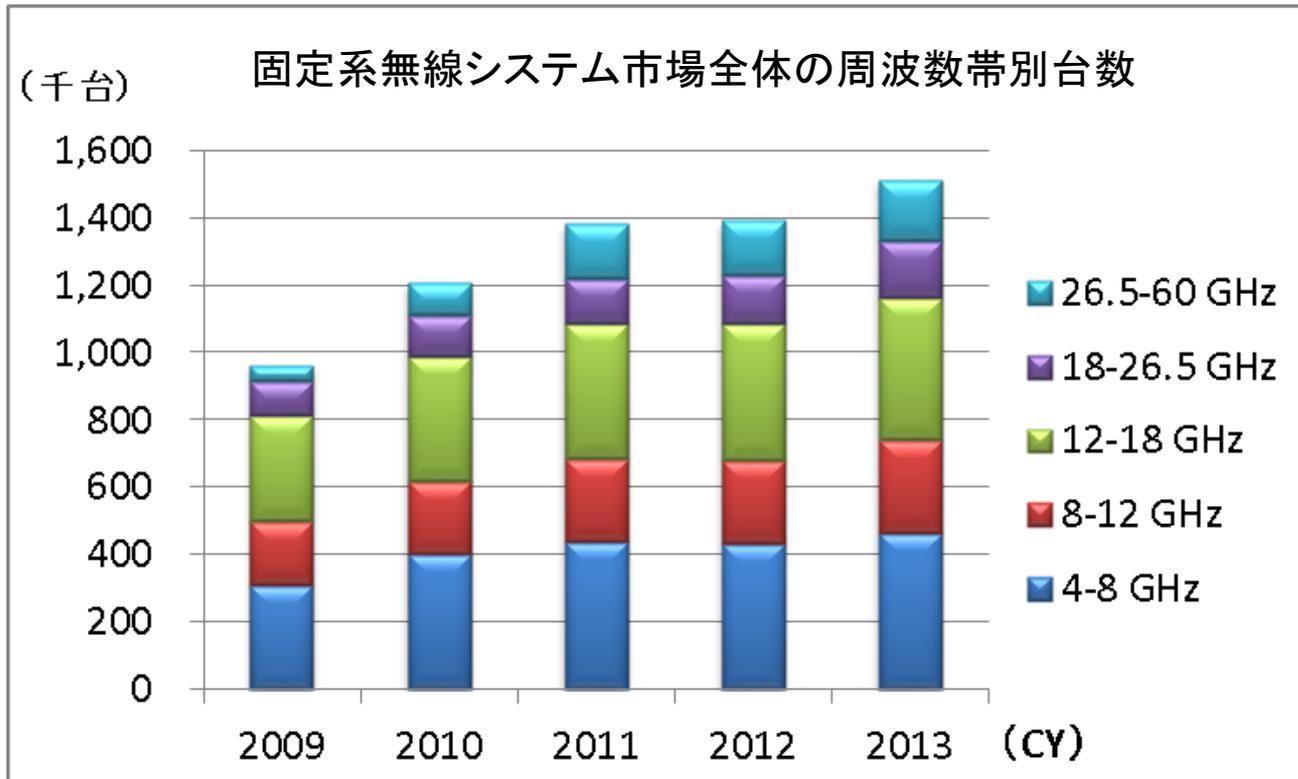
- ・ EMEA地域（欧州・中東・アフリカ）について欧州地域における需要は停滞傾向にあるものの、中東・アフリカ地域における需要の増大もあり、市場全体の成長率と同等の成長率で推移し、市場全体の約半数を占める。
- ・ 北米地域と中南米地域では、市場全体の約10%程度。
 - 北米地域ではLTE導入の加速、中南米地域では3G/LTE含めた投資が拡大傾向にあり、市場成長率も16%前後と需要が増加傾向。
- ・ APAC地域（アジア・太平洋）では市場全体の約30%を占めるものの市場成長率は1%程度。



固定系無線システムの国際市場動向（続き）

○周波数帯別利用状況

4-8GHz帯が約30%、8-12GHz帯が約20%、12GHz帯以下で全体のほぼ半数。
12GHz帯以上では12-18GHz帯までが約30%、18-26.5GHz帯が約10%。



最近の固定系無線システムに係る国際標準化の動向

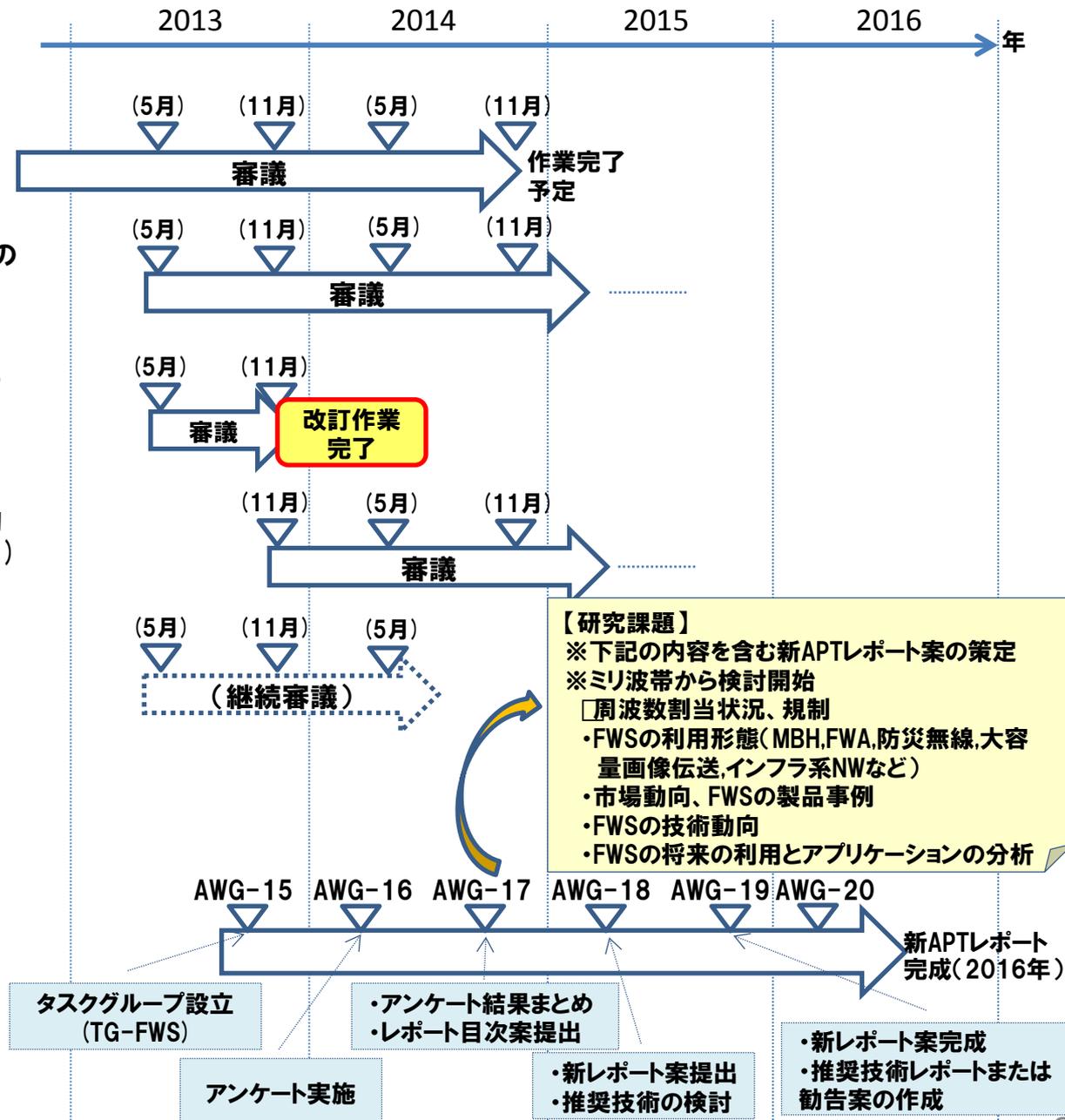
ITU-R WP5C

- ① 「固定無線システム (FWS※1) に関するユースケースや将来トレンド」 (F. [FS USE-TRENDS])
 - ・FWSの適用アプリケーション/帯域利用方法/適用技術/トレンド/スペクトル要求についてグローバルに検討
- ② 「モバイルバックホールに関する新規レポートの策定」 (F. [FS.IMT/BB])
 - ・IMT向けバックホールのレポート (ITU-R F.2060) に対する最新化の検討
- ③ 「災害救援のための固定無線システムに関する暫定修正勧告案」 (F.1105改訂)
 - ・勧告ITU-R F.1105-2に対して、日本からの災害救援時利用に関する追加提案の検討
- ④ P-P FSシステムの展開シナリオに関する新勧告暫定案に向けた作業文書」 (F. [FS DEPLOY])
 - ・共用検討に用いるためのPoint-to-Point FSの展開シナリオに関する勧告策定の検討
- ⑤ 「Packet Based NWで利用されるP-P固定無線システムに関する新研究課題」
 - ・パケットベースNWに適用する無線システム (P-P) の検討

APT Wireless Group (TG-FWS)

「FWSに関するAPTレポート」

- ・各国アンケート収集
- ・新APTレポート作成



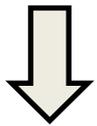
※1: FWS: Fixed Wireless System

固定系無線システムの高度化に向けたビジョン

○固定系無線システムでは、移動通信システムの高度化に合わせて、高速・大容量化（Gigabit Ether（1Gbps）への対応等）が求められている。

○問題点

- ・ 現行の固定系無線システムの伝送容量ではGigabit Ether（1Gbps）への対応は難しく、LTE・第4世代移動通信システム（IMT-Advanced）のエントランス回線利用には能力的に不十分といえる。
- ・ 現行法の基準に則った回線設計では、品質を維持しながら伝搬可能な距離の上限に制限が生じてしまう。



【上記の現状を踏まえて】

○固定系無線システムの高度化に向けた必要な検討項目

- ①システムの大容量化（Gigabit Etherをターゲット）。
- ②長距離伝搬可能なシステム運用と関連制度の見直し。
- ③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化・伝送容量増に対応可能となるような臨機応変に固定系無線システムの利用を実現する利用周波数帯の考え方や調整スキームについて検討が必要。

固定系無線システムの高度化に向けたビジョン（続き）

○大容量化・長距離伝搬に向けての技術基準の見直し（案）

- ・ 現行基準以上の多値変調方式（例：256QAM以上）の追加
- ・ 送信波形をスペクトラムマスクでの規定に変更（伝送効率の向上）
- ・ 適応変調方式（例：降雨減衰対策）の追加
- ・ 偏波多重方式の追加

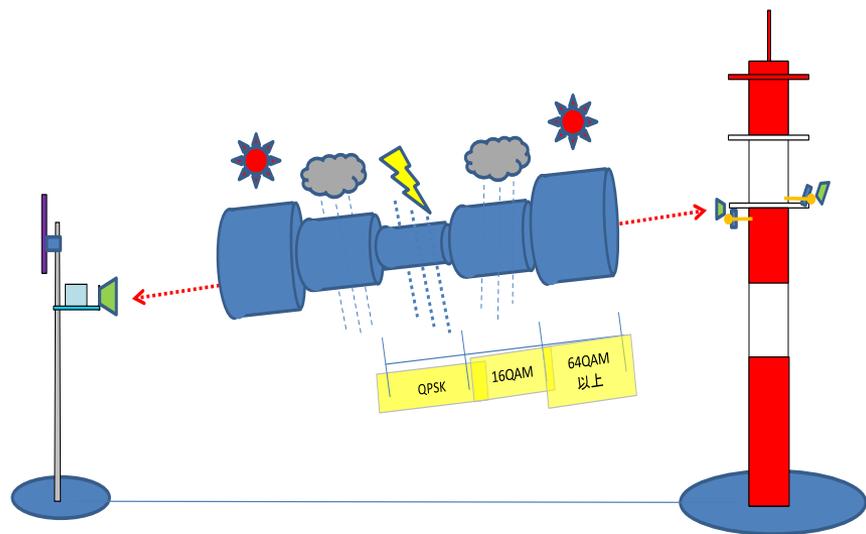


図 多値変調および適応変調適用時の運用イメージ

- ・ 現行の審査基準をベースにして、回線設計におけるマージンが許す範囲で多値変調により伝送容量の増加を実現
- ・ 突発的な豪雨等の気象変動時も適応変調によるマージン確保により回線断を回避
- ・ 偏波多重方式を具備している機器は、垂直および水平偏波の両方を同時使用可能し、周波数利用効率の向上を実現

固定系無線システム高度化の回線設計

○高度化システムの参考伝送距離を算出

- ・ 周波数帯：11/18GHz帯（固定無線システム） 22/38GHz帯（FWA）
- ・ 変調方式：64QAM, 512QAM, 2048QAM
- ・ 固定無線システムにおいては60MHzチャンネル幅・60/120cm径アンテナ利用
- ・ FWAにおいては60MHzブロック・60cm径アンテナ利用
- ・ 降雨減衰計算法は γ 分布・M分布の2種類（1.66mm/分（東京））
（固定無線システムのみ。FWAはM分布のみ実施）
- ・ ATPC有無による評価（固定無線システムのみ）

●主要パラメータ

- ・ 計算周波数：
11G) 11.7GHz 18G) 18.7GHz 22G) 23GHz 38G) 39.5GHz
- ・ 送信出力（最大値）：
11G) 28dBm 18G) 20dBm 22G) 20dBm 38G) 20dBm
※ATPCは1dBステップで稼動する前提
- ・ 設計マージン：
11/18G) 15dB（干渉マージン+DRA） 22/38G) 5dB（干渉マージン）
- ・ アンテナ利得：
固定無線システムは開口効率：0.5で算出
FWAはARIB-STD T-58記載の諸元を引用
- ・ 回線不稼働率：
固定無線システム) 0.001%/年 FWA) 0.004%/年、0.0004%/年の2パターンで評価



○回線設計例から想定される考察

- ・ 長距離伝播を望む場合はATPCを具備したほうが望ましい
- ・ ATPCの効果を大きく見込む場合はアンテナ径を大きくしたほうが望ましい

固定系無線システム高度化の回線設計例①（参考） （11GHz帯-60cmアンテナ例）

①γ分布での計算例	64QAM			512QAM			2048QAM			備考
11GHz帯(60MHz ch幅)	60cmアンテナ			60cmアンテナ			60cmアンテナ			
項目	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	
送信電力(dBm)	26	28	26	21	24	18	14	23	10	ATPCは1dBステップ
送信アンテナ利得(dBi)	34.32	←	←	34.32	←	←	34.32	←	←	
送信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
自由空間損失(dB)	129.66@6.2km			124.44@3.4km			120.26@2.1km			112.90@0.9km
受信アンテナ利得(dBi)	34.32	←	←	34.32	←	←	34.32	←	←	
受信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
受信レベル(dBm)	-35.0	-33.0	-34.8	-34.8	-31.8	-34.8	-34.6	-28.6	-34.3	
等価雑音帯域幅(MHz)	50.0	←	←	50.0	←	←	50.0	←	←	
雑音指数(dB)	5	←	←	5	←	←	5	←	←	
受信機熱雑音(dBm)	-91.94	←	←	-91.94	←	←	-91.94	←	←	
所要C/N(dB)	21	←	←	30	←	←	37.5	←	←	
設計マージン(dB)	15	←	←	15	←	←	15	←	←	干渉マージン+DRA
受信スレッシュホールド(dBm)	-55.94	←	←	-46.94	←	←	-39.44	←	←	
降雨マージン(dB)	-	22.94	21.14	-	15.14	12.14	-	10.84	5.14	
不稼働率(%/年)	-	0.0059	0.0049	-	0.0032	0.0017	-	0.0016	0.0005	
不稼働率(規格)(%/年)	-	0.0062	0.0054	-	0.0034	0.0024	-	0.0021	0.0009	

②M分布での計算例	64QAM			512QAM			2048QAM			備考
11GHz帯(60MHz ch幅)	60cmアンテナ			60cmアンテナ			60cmアンテナ			
項目	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	
送信電力(dBm)			28			24	19	23	11	ATPCは1dBステップ
送信アンテナ利得(dBi)	34.32	←	←	34.32	←	←	34.32	←	←	
送信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
自由空間損失(dB)	131.65@7.8km			127.25@4.7km			122.11@2.6km			113.81@1.0km
受信アンテナ利得(dBi)	34.32	←	←	34.32	←	←	34.32	←	←	
受信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
受信レベル(dBm)			-35.0			-34.6	-34.5	-30.5	-34.2	
等価雑音帯域幅(MHz)	50.0	←	←	50.0	←	←	50.0	←	←	
雑音指数(dB)	5	←	←	5	←	←	5	←	←	
受信機熱雑音(dBm)	-91.94	←	←	-91.94	←	←	-91.94	←	←	
所要C/N(dB)	21	←	←	30	←	←	37.5	←	←	
設計マージン(dB)	15	←	←	15	←	←	15	←	←	干渉マージン+DRA
受信スレッシュホールド(dBm)	-55.94	←	←	-46.94	←	←	-39.44	←	←	
降雨マージン(dB)	-		20.94	-		12.34	-	8.94	5.24	
不稼働率(%/年)	-		0.0032	-		0.0046	-	0.0025	0.00066	
不稼働率(規格)(%/年)	-		0.0078	-		0.0047	-	0.0026	0.001	64QAM/512QAMでATPCを稼働する場合はアンテナ径を上げる必要あり

固定系無線システム高度化の回線設計例② (参考) (11GHz帯-120cmアンテナ例)

①γ分布での計算例	64QAM			512QAM			2048QAM			備考
	120cmアンテナ			120cmアンテナ			120cmアンテナ			
項目	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	
11GHz帯(60MHz ch幅)										
送信電力(dBm)	19	28	13	14	24	6	10	23	-2	ATPCは1dBステップ
送信アンテナ利得(dBi)	40.34	←	←	40.34	←	←	40.34	←	←	
送信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
自由空間損失(dB)	133.98@10.2km			129.37@6.0km			125.85@4.0km			112.90@0.9km
受信アンテナ利得(dBi)	40.34	←	←	40.34	←	←	40.34	←	←	
受信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
受信レベル(dBm)	-34.3	-25.3	-34.8	-34.7	-24.7	-34.8	-34.2	-22.2	-34.3	
等価雑音帯域幅(MHz)	50.0	←	←	50.0	←	←	50.0	←	←	
雑音指数(dB)	5	←	←	5	←	←	5	←	←	
受信機熱雑音(dBm)	-91.94	←	←	-91.94	←	←	-91.94	←	←	
所要C/N(dB)	21	←	←	30	←	←	37.5	←	←	
設計マージン(dB)	15	←	←	15	←	←	15	←	←	干渉マージン+DRA
受信スレッシュホールド(dBm)	-55.94	←	←	-46.94	←	←	-55.94	←	←	
降雨マージン(dB)	-	30.64	21.14	-	22.24	12.14	-	17.24	5.14	
不稼働率(%/年)	-	0.0099	0.0054	-	0.0059	0.0017	-	0.0035	0.0005	
不稼働率(規格)(%/年)	-	0.0102	0.0055	-	0.0060	0.0024	-	0.0040	0.0009	

②M分布での計算例	64QAM			512QAM			2048QAM			備考
	120cmアンテナ			120cmアンテナ			120cmアンテナ			
項目	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	
11GHz帯(60MHz ch幅)										
送信電力(dBm)	27	28	20	19	24	11	14	23	-1	ATPCは1dBステップ
送信アンテナ利得(dBi)	40.34	←	←	40.34	←	←	40.34	←	←	
送信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
自由空間損失(dB)	141.59@24.5km			133.90@10.1km			129.23@5.9km			113.81@1.0km
受信アンテナ利得(dBi)	40.34	←	←	40.34	←	←	40.34	←	←	
受信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
受信レベル(dBm)	-34.5	-33.5	-35.0	-34.2	-29.2	-35.0	-34.5	-25.5	-34.2	
等価雑音帯域幅(MHz)	50.0	←	←	50.0	←	←	50.0	←	←	
雑音指数(dB)	5	←	←	5	←	←	5	←	←	
受信機熱雑音(dBm)	-91.94	←	←	-91.94	←	←	-91.94	←	←	
所要C/N(dB)	21	←	←	30	←	←	37.5	←	←	
設計マージン(dB)	15	←	←	15	←	←	15	←	←	干渉マージン+DRA
受信スレッシュホールド(dBm)	-55.94	←	←	-46.94	←	←	-39.44	←	←	
降雨マージン(dB)	-	22.44	20.94	-	17.74	11.94	-	13.94	5.24	
不稼働率(%/年)	-	0.0243	0.0102	-	0.0099	0.0043	-	0.0057	0.00064	
不稼働率(規格)(%/年)	-	0.0245	0.0125	-	0.0101	0.0044	-	0.0059	0.001	

固定系無線システム高度化の回線設計例③ (参考) (18GHz帯-60cmアンテナ例)

①γ分布での計算例	64QAM			512QAM			2048QAM			備考
	60cmアンテナ			60cmアンテナ			60cmアンテナ			
項目	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	
18GHz帯(60MHz ch幅)										
送信電力(dBm)	16	20	14	12	17	9	8	16	1	ATPCは1dBステップ
送信アンテナ利得(dBi)	38.40	←	←	38.40	←	←	38.40	←	←	
送信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
自由空間損失(dB)	128.25@3.3km			123.46@1.9km			119.47@1.2km			
受信アンテナ利得(dBi)	38.40	←	←	38.40	←	←	38.40	←	←	
受信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
受信レベル(dBm)	-34.4	-31.4	-35.0	-34.7	-29.7	-34.4	-34.6	-26.6	-34.1	
等価雑音帯域幅(MHz)	50.0	←	←	50.0	←	←	50.0	←	←	
雑音指数(dB)	5	←	←	5	←	←	5	←	←	
受信機熱雑音(dBm)	-91.94	←	←	-91.94	←	←	-91.94	←	←	
所要C/N(dB)	21	←	←	30	←	←	37.5	←	←	
設計マージン(dB)	15	←	←	15	←	←	15	←	←	干渉マージン+DRA
受信スレッシュホールド(dBm)	-55.94	←	←	-46.94	←	←	-39.44	←	←	
降雨マージン(dB)	-	24.54	20.94	-	17.24	12.54	-	12.84	5.34	
不稼働率(%/年)	-	0.0030	0.0021	-	0.0016	0.0012	-	0.0008	0.0003	
不稼働率(規格)(%/年)	-	0.0033	0.0025	-	0.0019	0.0013	-	0.0012	0.0005	

②M分布での計算例	64QAM			512QAM			2048QAM			備考
	60cmアンテナ			60cmアンテナ			60cmアンテナ			
項目	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	
18GHz帯(60MHz ch幅)										
送信電力(dBm)	18	20	17	13	17	9	9	16	-1	ATPCは1dBステップ
送信アンテナ利得(dBi)	38.40	←	←	38.40	←	←	38.40	←	←	
送信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
自由空間損失(dB)	129.48@3.8km			124.33@2.1km			120.16@1.3km			
受信アンテナ利得(dBi)	38.40	←	←	38.40	←	←	38.40	←	←	
受信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
受信レベル(dBm)	-34.7	-32.7	-34.5	-34.5	-30.5	-35.0	-34.4	-27.4	-34.1	
等価雑音帯域幅(MHz)	50.0	←	←	50.0	←	←	50.0	←	←	
雑音指数(dB)	5	←	←	5	←	←	5	←	←	
受信機熱雑音(dBm)	-91.94	←	←	-91.94	←	←	-91.94	←	←	
所要C/N(dB)	21	←	←	30	←	←	37.5	←	←	
設計マージン(dB)	15	←	←	15	←	←	15	←	←	干渉マージン+DRA
受信スレッシュホールド(dBm)	-55.94	←	←	-46.94	←	←	-39.44	←	←	
降雨マージン(dB)	-	23.24	21.44	-	16.44	11.94	-	12.04	5.34	
不稼働率(%/年)	-	0.0035	0.0030	-	0.0017	0.0013	-	0.0009	0.00018	
不稼働率(規格)(%/年)	-	0.0038	0.0033	-	0.0021	0.0014	-	0.0013	0.0004	

固定系無線システム高度化の回線設計例④ (参考) (18GHz帯-120cmアンテナ例)

①γ分布での計算例	64QAM			512QAM			2048QAM			備考
	120cmアンテナ			120cmアンテナ			120cmアンテナ			
18GHz帯(60MHz ch幅)	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	
送信電力(dBm)	9	20	3	5	17	-3	2	16	-11	ATPCは1dBステップ
送信アンテナ利得(dBi)	44.42	←	←	44.42	←	←	44.42	←	←	
送信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
自由空間損失(dB)	132.37@5.3km			128.25@3.3km			125.12@2.3km			
受信アンテナ利得(dBi)	44.42	←	←	44.42	←	←	44.42	←	←	
受信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
受信レベル(dBm)	-34.4	-23.4	-34.7	-34.4	-22.4	-34.3	-34.3	-20.3	-34.1	
等価雑音帯域幅(MHz)	50.0	←	←	50.0	←	←	50.0	←	←	
雑音指数(dB)	5	←	←	5	←	←	5	←	←	
受信機熱雑音(dBm)	-91.94	←	←	-91.94	←	←	-91.94	←	←	
所要C/N(dB)	21	←	←	30	←	←	37.5	←	←	
設計マージン(dB)	15	←	←	15	←	←	15	←	←	干渉マージン+DRA
受信スレッシュホールド(dBm)	-55.94	←	←	-46.94	←	←	-55.94	←	←	
降雨マージン(dB)	-	32.54	21.24	-	24.54	12.64	-	19.14	5.34	
不稼働率(%/年)	-	0.0050	0.0026	-	0.0030	0.0012	-	0.0017	0.0003	
不稼働率(規格)(%/年)	-	0.0053	0.0027	-	0.0033	0.0013	-	0.0023	0.0005	

②M分布での計算例	64QAM			512QAM			2048QAM			備考
	120cmアンテナ			120cmアンテナ			120cmアンテナ			
18GHz帯(60MHz ch幅)	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	ATPC有 晴天時	ATPC有 降雨時	ATPC 無し	
送信電力(dBm)	11	20	5	6	17	-3	3	16	-9	ATPCは1dBステップ
送信アンテナ利得(dBi)	44.42	←	←	44.42	←	←	44.42	←	←	
送信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
自由空間損失(dB)	134.01@6.4km			129.48@3.8km			126.18@2.6km			
受信アンテナ利得(dBi)	44.42	←	←	44.42	←	←	44.42	←	109.93@0.4km	
受信給電損失(dB)	0.0	←	←	0.0	←	←	0.0	←	←	
受信レベル(dBm)	-34.2	-25.2	-34.4	-34.7	-23.7	-35.0	-34.4	-21.4	-34.1	
等価雑音帯域幅(MHz)	50.0	←	←	50.0	←	←	50.0	←	←	
雑音指数(dB)	5	←	←	5	←	←	5	←	←	
受信機熱雑音(dBm)	-91.94	←	←	-91.94	←	←	-91.94	←	←	
所要C/N(dB)	21	←	←	30	←	←	37.5	←	←	
設計マージン(dB)	15	←	←	15	←	←	15	←	←	干渉マージン+DRA
受信スレッシュホールド(dBm)	-55.94	←	←	-46.94	←	←	-39.44	←	←	
降雨マージン(dB)	-	30.74	21.54	-	23.24	11.94	-	18.04	5.34	
不稼働率(%/年)	-	0.0063	0.0030	-	0.0035	0.0013	-	0.0020	0.00018	
不稼働率(規格)(%/年)	-	0.0064	0.0033	-	0.0038	0.0014	-	0.0026	0.0004	

固定系無線システム高度化の回線設計例⑤ (参考)

(FWA : 22/38GHz帯 例)

③FWAの計算例(M分布) 22GHz帯(60MHz ch幅)	64QAM		512QAM		2048QAM		備考
	60cmアンテナ		60cmアンテナ		60cmアンテナ		
項目	0.004%/年	0.0004%/年	0.004%/年	0.0004%/年	0.004%/年	0.0004%/年	
送信電力(dBm)	20	20	20	20	20	20	ATPCは1dBステップ
送信アンテナ利得(dBi)	38	←	38	←	38	←	
送信給電損失(dB)	0.0	←	0.0	←	0.0	←	
自由空間損失(dB)	130.56@3.5km	126.53@2.2km	127.98@2.6km	124.29@1.7km	125.26@1.9km	121.96@1.3km	
受信アンテナ利得(dBi)	38	←	38	←	38	←	
受信給電損失(dB)	0.0	←	0.0	←	0.0	←	
受信レベル(dBm)	-34.6	-30.5	-32.0	-28.3	-29.3	-26.0	
等価雑音帯域幅(MHz)	50	←	50	←	50	←	
雑音指数(dB)	8	←	8	←	8	←	
受信機熱雑音(dBm)	-88.94	←	-88.94	←	-88.94	←	
所要C/N(dB)	21	←	30	←	37.5	←	
設計マージン(dB)	5	←	5	←	5	←	干渉マージン
受信スレッシュホールド(dBm)	-62.94	←	-53.94	←	-46.44	←	
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	
不稼働率(規格)(%/年)	0.004	0.0004	0.004	0.0004	0.004	0.0004	

③FWAの計算例(M分布) 38GHz帯(60MHz ch幅)	64QAM		512QAM		2048QAM		備考
	60cmアンテナ		60cmアンテナ		60cmアンテナ		
項目	0.004%/年	0.0004%/年	0.004%/年	0.0004%/年	0.004%/年	0.0004%/年	
送信電力(dBm)	20	20	20	20	20	20	ATPCは1dBステップ
送信アンテナ利得(dBi)	44	←	44	←	44	←	
送信給電損失(dB)	0.0	←	0.0	←	0.0	←	
自由空間損失(dB)	131.68@2.3km	127.90@1.5km	129.49@1.8km	125.96@1.2km	127.30@1.4km	124.38@1.0km	
受信アンテナ利得(dBi)	44	←	44	←	44	←	
受信給電損失(dB)	0.0	←	0.0	←	0.0	←	
受信レベル(dBm)	-23.6	-19.9	-21.5	-18.0	-19.3	-16.4	
等価雑音帯域幅(MHz)	50	←	50	←	50	←	
雑音指数(dB)	10	←	10	←	10	←	
受信機熱雑音(dBm)	-86.94	←	-86.94	←	-86.94	←	
所要C/N(dB)	21	←	30	←	37.5	←	
設計マージン(dB)	5	←	5	←	5	←	干渉マージン
受信スレッシュホールド(dBm)	-62.94	←	-53.94	←	-46.44	←	
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	
不稼働率(規格)(%/年)	0.004	0.0004	0.004	0.0004	0.004	0.0004	

固定系無線通信システム高度化に向けた検討課題

項番	課題	11GHz	15GHz	18GHz	22GHz	26GHz	38GHz	論点
1	占有周波数帯幅の規定値見直し	○	○	○	○	○	○	算出計算式の見直し
2	インターリーブ⇒コチャネル化による隣接ch漏洩電力規定	○	○	○				隣接Ch漏洩電力の影響確認
3	標準受信入力下限値見直し	○	○	○				標準受信入力以下で品質維持可能なリンクにおける伝搬距離延伸可能性の評価
4	11/15G機器の認証化	○	○					認証化による免許手続期間の短縮
5	64QAMを超える多値変調技術の導入	○	○	○	○	○	○	1Gbps相当の伝送容量確保のための技術検討(OFDM方式についても検討を行う)
6	適応変調方式の導入	○	○	○	○	○	○	高次変調方式導入時における品質維持技術の検討
7	偏波多重方式の追加	○	○	○	○	○	○	V/H両偏波利用時における交差偏波漏洩の影響回避技術の検討
8	ATPCの具備	○	○	○	○	○	○	降雨時における品質維持技術の検討
9	広帯域化の検討	○	○	○	○	○	○	1Gbps相当の伝送容量確保のための技術検討(課題:適用周波数帯、隣接帯域漏洩電力の評価)
10	アンテナ見直し	○	○	○	○	○	○	現状基準の検討
11	降雨減衰量推定に用いる分布の適正化($\gamma \Rightarrow M$)	○	○	○				M分布の適用※
12	同一/隣接帯域利用システムとの共用	○	○	○				混信検討
13	測定法の明記	○	○					認証化に伴う整理
14	周波数割当方針の見直し (災害対策、FWAシステムのブロック指定基準、固定局のチャネル利用順位)	○	○	○	○	○	○	適用周波数帯、利用ルールの検討
15	システム廃止済み方式の審査基準からの削除 (アナログ固定局やPDH方式、IRFや混信検討からの記載削除)	○	○					審査基準の整理

※審査基準別紙1(第4条関係)「無線局の局種別審査基準」第1 固定局 4. [伝送の質]の(6) [回線信頼度の計算方法]の工項[10GHzを超える場合](392ページ)