

情報通信審議会 情報通信技術分科会
陸上無線通信委員会 報告
概要

「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
「22GHz帯FWAシステムの高度化に関する技術的条件」

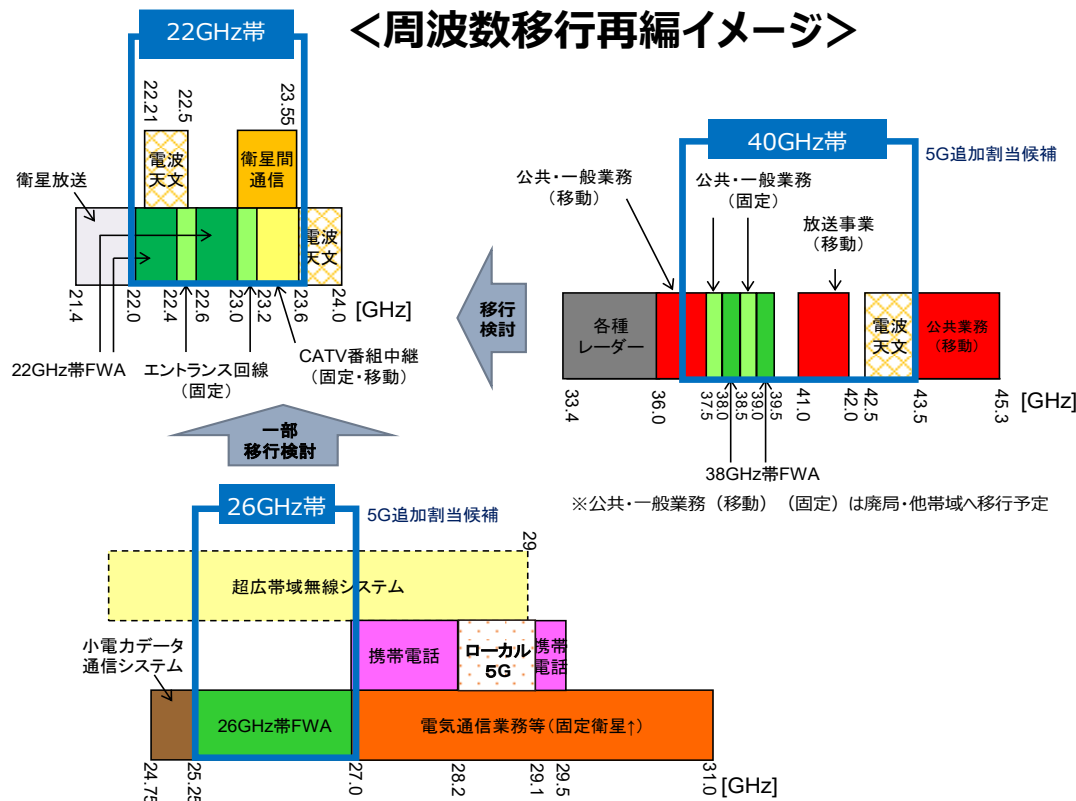
令和7年12月4日

■ 検討の背景

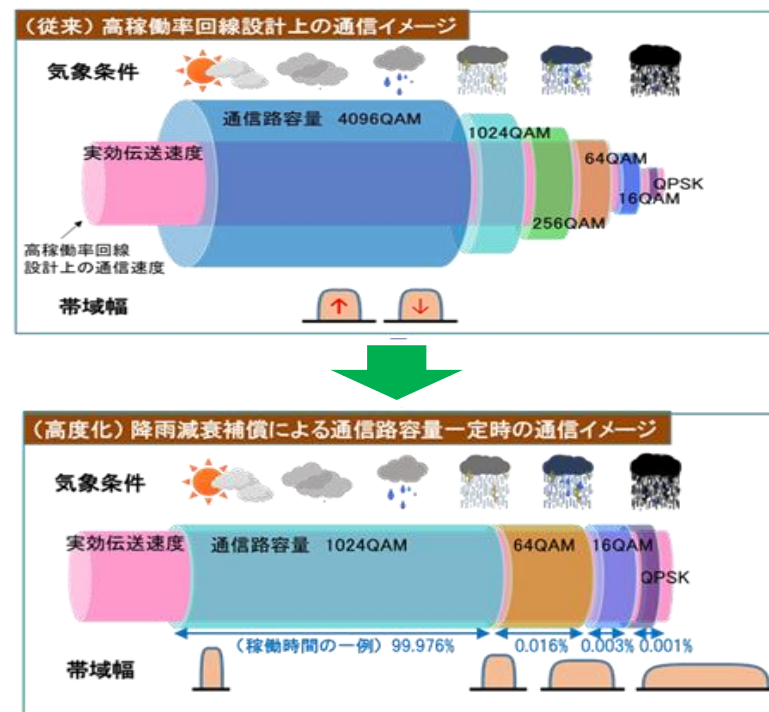
- 26GHz帯及び40GHz帯の周波数再編の際の既存無線システムの移行先候補として、22GHz帯固定無線アクセス（FWA）システムの高度化に向けた検討を推進することとされている。
- 現行の適応変調技術では、降雨時の伝送速度低下を許容できるシステムには適合するが、一方で、天候によらず安定した伝送速度が必要なシステムには不向きとなる。
- このため、22GHz帯FWAシステムの高度化に求められる安定した大容量伝送の実現や双方向を同一周波数にて伝送することにより周波数利用効率の向上を図ることを目的として、「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件（※）」のうち「22GHz帯FWAシステムの高度化に関する技術的条件」の検討を実施。

※情報通信審議会諮問第2033号（平成25年5月17日）

＜周波数移行再編イメージ＞



＜降雨減衰補償のイメージ＞



現行の26GHz帯FWAではバックホール回線などの用途で使用しているため、移行先候補となる22GHz帯FWAでも安定した伝送速度の実現が必要であり、伝搬環境の悪いケースを想定した大容量伝送技術等を実現すべく、高度化システムに求められる機能に必要な要求条件について検討した。

天候によらない安定した高速通信の実現

天候によらず安定した伝送速度の実現に向けて、豪雨時の伝搬環境の悪いケースを想定した大容量伝送技術が求められている。



- (1) 豪雨に対して帯域幅を拡張することにより降雨減衰を補償し、通信路容量を一定に保つ帯域幅拡張方式を導入する。
- (2) 降雨減衰時に両偏波を同等に扱い制御できる $\pm 45^\circ$ の斜め偏波の空中線を導入する。

周波数有効利用の改善

周波数再編の際の移行先周波数帯（受け皿）として22GHz帯の周波数有効利用が求められている。



- (1) 22.0～23.6GHzの候補周波数帯域に対して、周波数ブロック50MHz幅を導入する。
- (2) 直交周波数多重方式の場合の占有周波数帯幅を拡張する。

干渉回避

設置する無線局の密度が高まるため装置間干渉の低減が求められている。



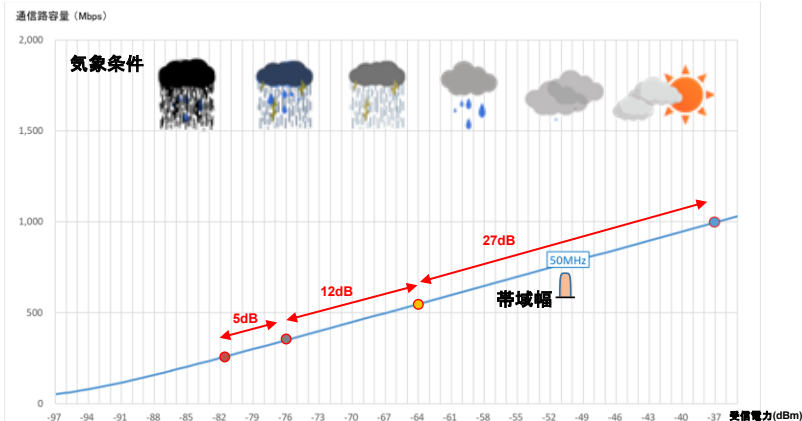
- (1) 隣接チャネル漏えい電力の低減を図る。
- (2) 伝送距離および降雨減衰量に応じて、空中線電力の動的制御を行い必要最小限にする。
- (3) 可搬局における干渉の影響を抑えるため、発射可能な周波数において干渉波のレベルを測定し、最適な無線チャネルを自動選択する機能を導入する。
- (4) 可搬局における干渉の影響を抑えるため、設置時等の干渉測定により帯域幅拡張の制限を行う機能を導入する。

天候によらない安定した高速通信の実現

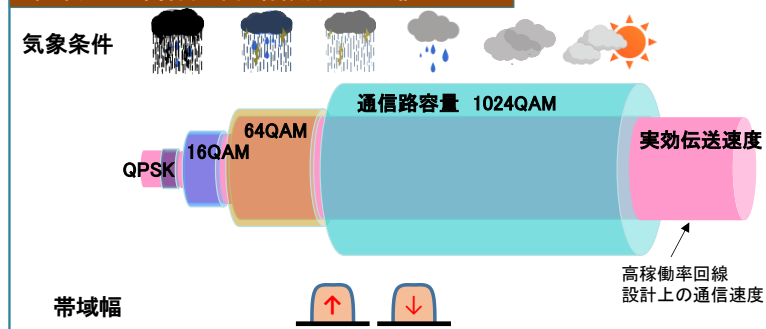
(1) 豪雨に対して帯域幅を拡張することにより降雨減衰を補償し、通信路容量を一定に保つ帯域幅拡張方式を導入する。

現行FWA

回線品質の維持のため伝搬環境に応じて適応変調技術により変調方式を変化させ、通信路容量が変動する

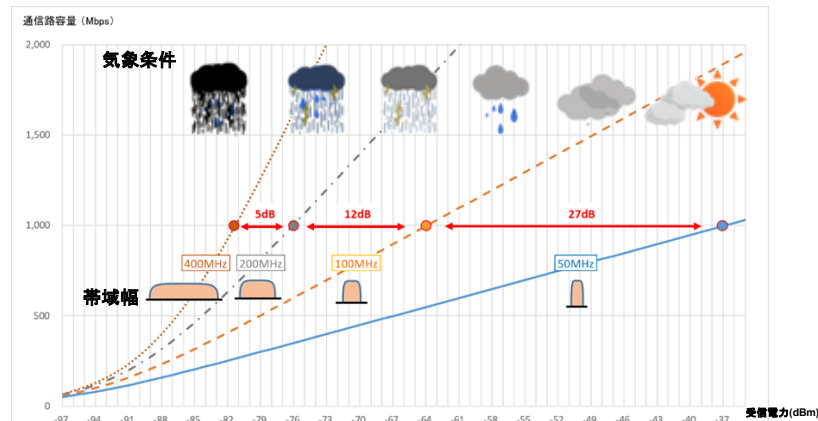


(従来方式) 高稼働率回線設計上の通信イメージ

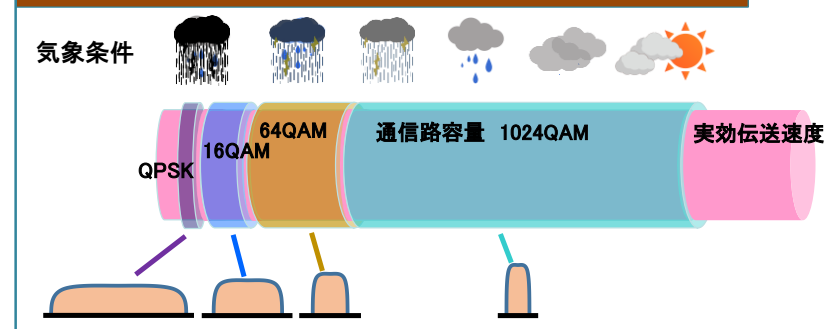


FWA高度化

豪雨に対して帯域幅を拡張することにより降雨減衰を補償し、通信路容量を一定に保つ (送信電力は現行送信電力の範囲内で調整する)



(FWA高度化) 帯域幅拡張による通信路容量一定時の通信イメージ

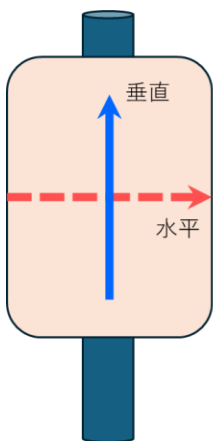


天候によらない安定した高速通信の実現

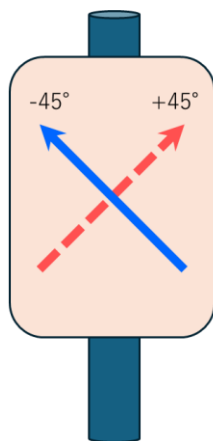
(2) 降雨減衰時に両偏波を同等に扱い制御可能な $\pm 45^\circ$ の斜め偏波の空中線を導入する。

現行の22GHz帯FWAで用いられている垂直/水平偏波と比較して、高次変調による高速通信を行う領域において、 $\pm 45^\circ$ の斜め偏波の方が偏波MIMO性能が優れている

現行FWA
垂直偏波/水平偏波

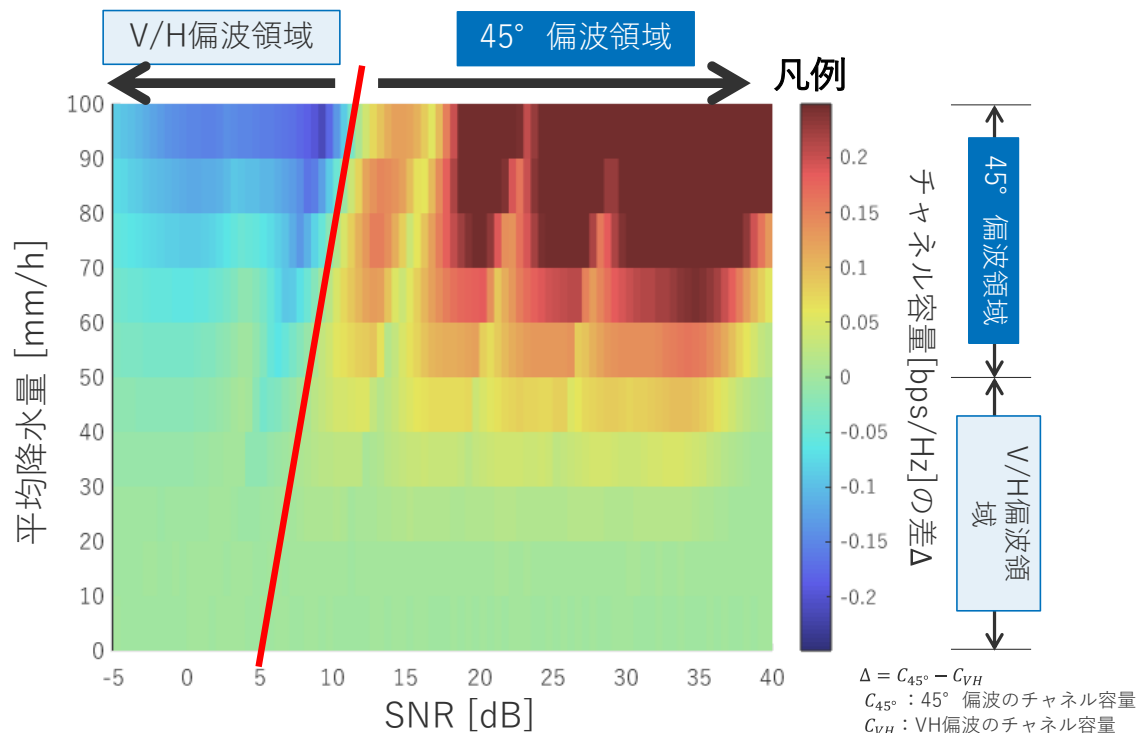


FWA高度化
+45°偏波/-45°偏波



アンテナ偏波のイメージ

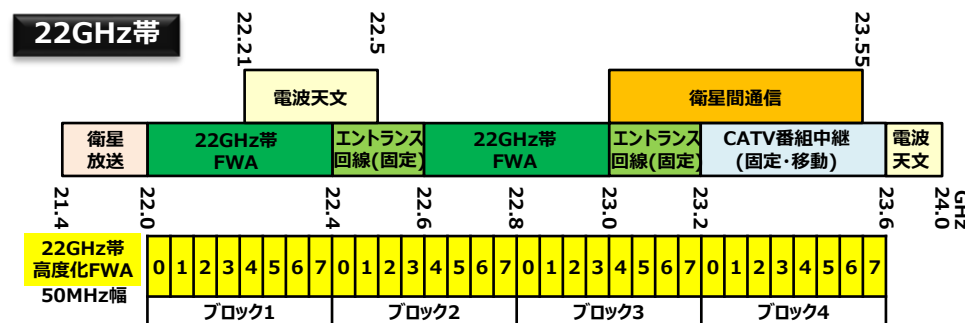
アンテナ偏波面の違いによる偏波MIMO性能比較
シミュレーション [距離4km相当の平均降水量]



周波数有効利用の改善

(1) 22.0～23.6GHzの候補周波数帯域に対して、周波数ブロック50MHz幅を導入する。

22GHz帯の候補周波数帯域は全体で1.6GHzあり、50MHz幅は余剰なく配置することが可能。また、電波天文などの既存システムとの共用に向けて区切りが近く、5G以降のバックホールに利用する場合に無線チャンネルの帯域幅をTDD移動体通信に合わせることができる。

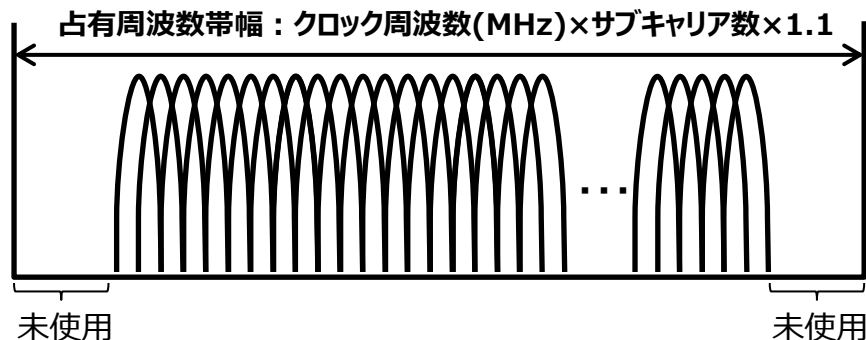


周波数有効利用の改善

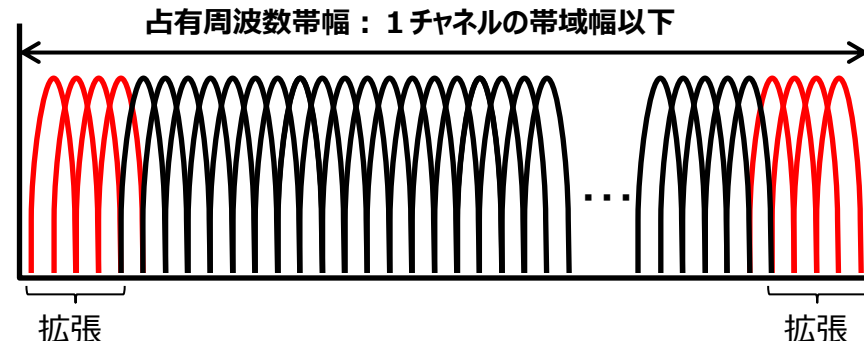
(2) 直交周波数多重方式の場合の占有周波数帯幅を拡張する。

機器の性能を向上させることにより、占有周波数帯幅を無線チャンネル幅に拡張する。

現行FWA



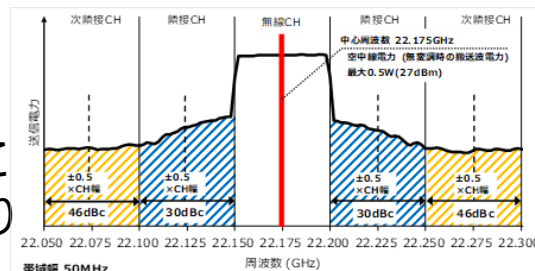
FWA高度化



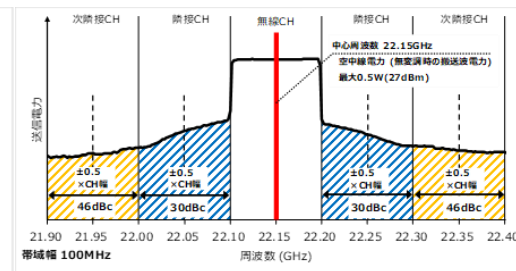
干渉回避

(1) 隣接チャネル漏えい電力の低減を図る。

FWA高度化では、現行FWAと比較して占有周波数帯幅を拡張するため、隣接局への与干渉を低減する必要があるが、機器の性能を向上することにより、隣接チャネル漏えい電力を現行FWAよりも3dB低減する。



50MHz幅におけるスペクトラム波形

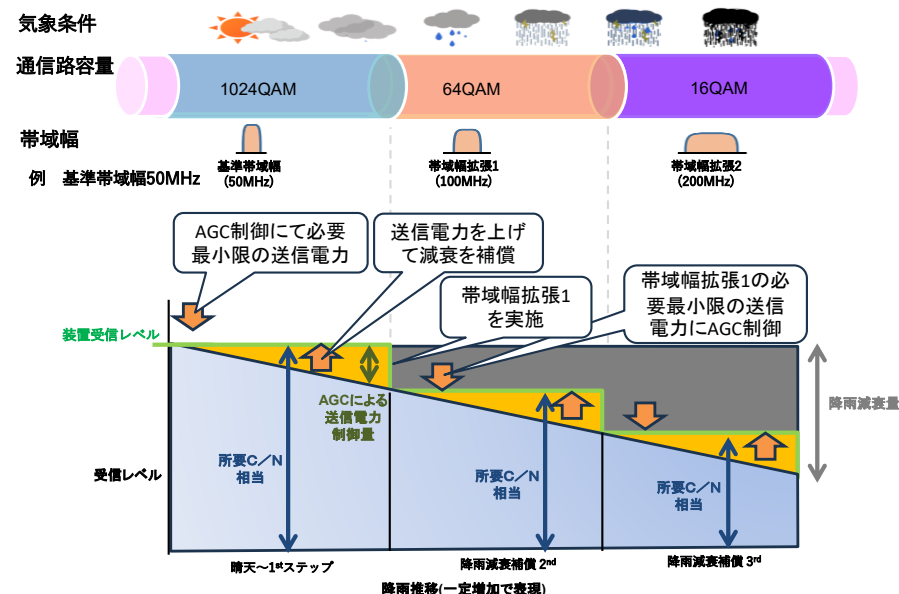


100MHz幅におけるスペクトラム波形

干渉回避

(2) 伝送距離および降雨減衰量に応じて、空中線電力の動的制御を行い必要最小限にする。

FWA高度化では、隣接局への与干渉を低減するため、空中線電力の動的制御を導入し、伝送距離および降雨減衰による受信レベルの低下に応じて必要最小限の空中線電力での電波発射を実現する。



干渉回避

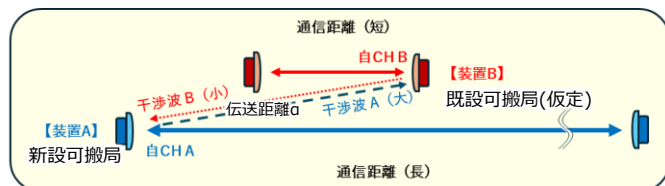
(3) 可搬局における干渉の影響を抑えるため、発射可能な周波数において干渉波のレベルを測定し、最適な無線チャネルを自動選択する機能を導入する。

干渉回避

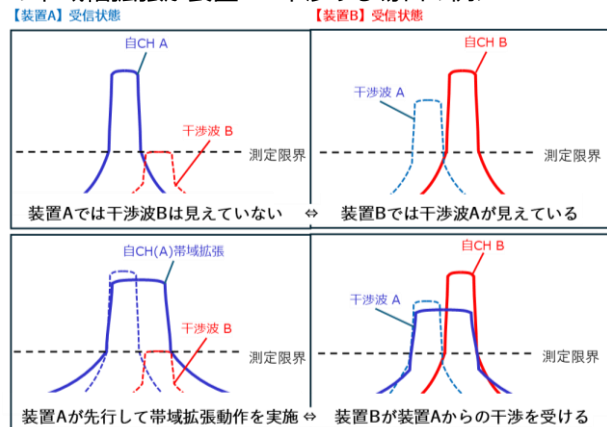
(4) 可搬局における干渉の影響を抑えるため、設置時等の干渉測定により帯域幅拡張の制限を行う機能を導入する。

<装置Aの帯域幅拡張実施可否>

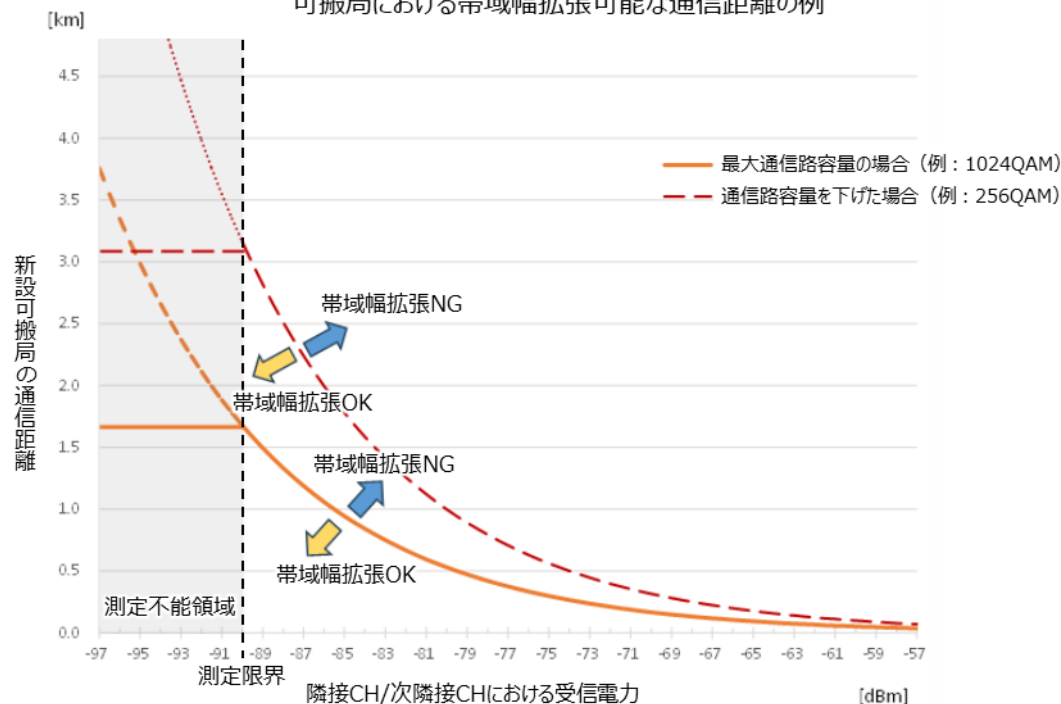
- ・装置B(既設可搬局)を仮定する
- ・装置A(新設可搬局)の設置時等に干渉測定を行い、干渉波Bから装置間ABの伝送距離 α を推定する
- ・伝送距離 α より、装置Bが受信する装置Aからの干渉波A(与干渉)を推定する
- ・干渉波Aが装置Bの測定限界以下となる場合(装置Aの通信距離に依存)は降雨減衰補償による帯域幅拡張を実施することが可能



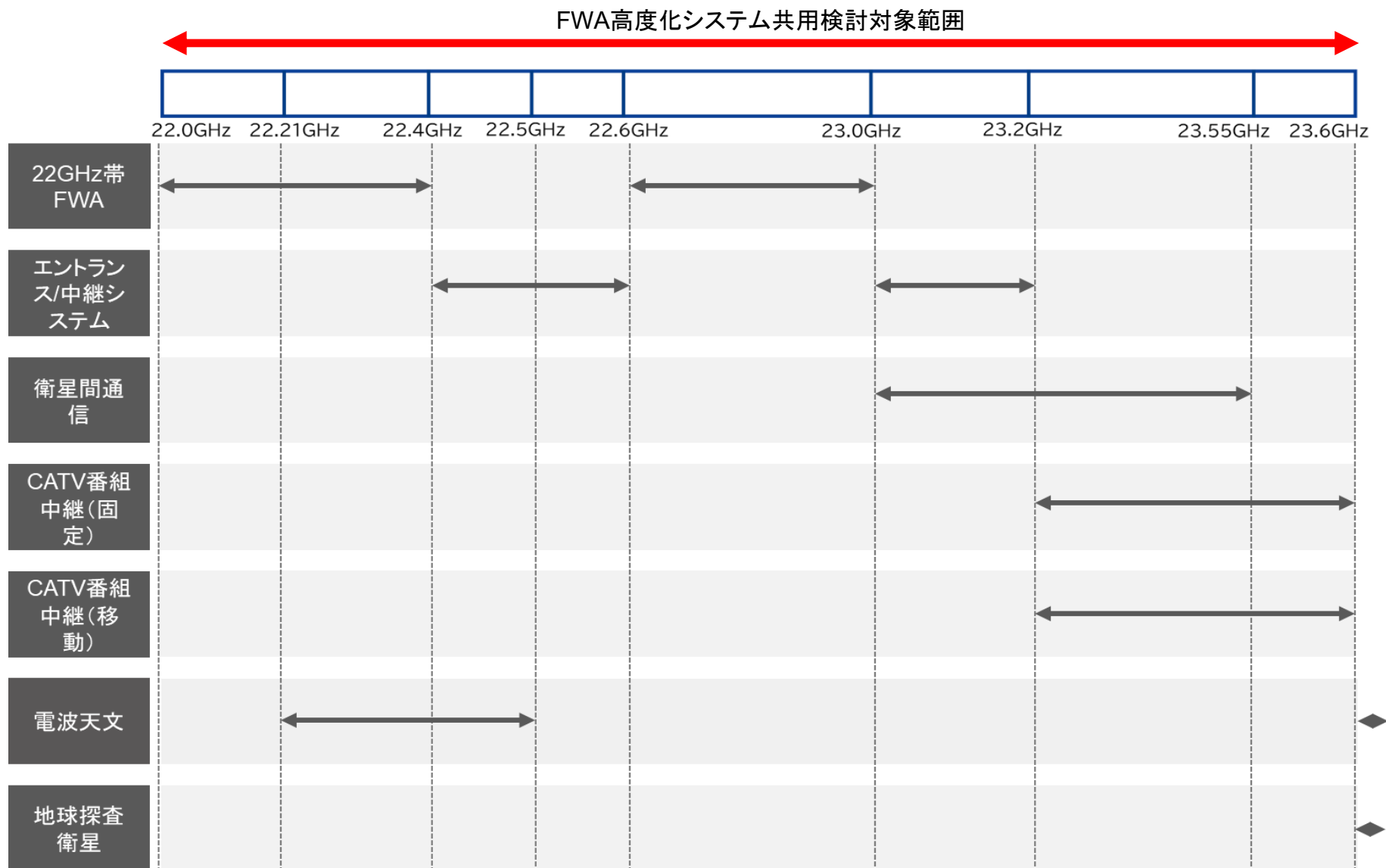
<装置Aの帯域幅拡張が装置Bへ干渉する場合の例>



可搬局における帯域幅拡張可能な通信距離の例



22GHz帯の利用状況／共用検討対象範囲

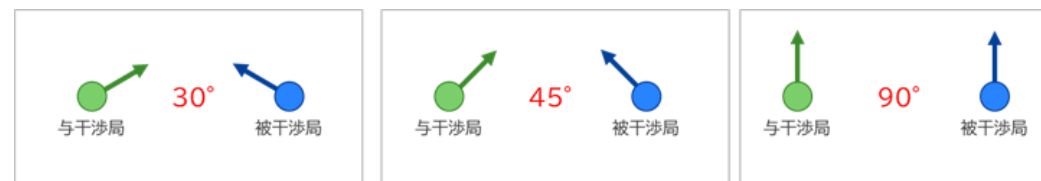
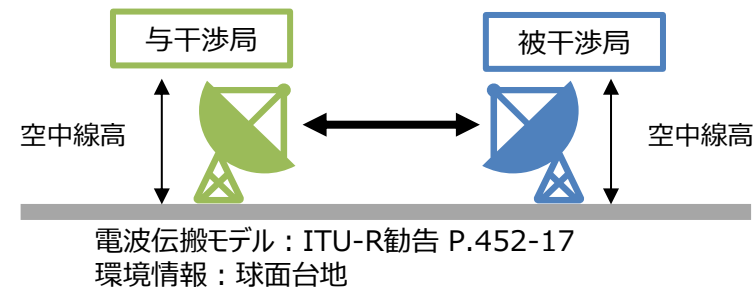


※FWA高度化システム候補周波数と同一及び隣接となる帯域において共用検討を実施

最悪値を考慮した共用検討として、各共用検討対象システムについて1対1対向シミュレーションを行い、電波天文についてはより現実的な評価として、実際の地形環境を考慮したサイトスペシフィックシミュレーションを行った。

● 1対1対向シミュレーション

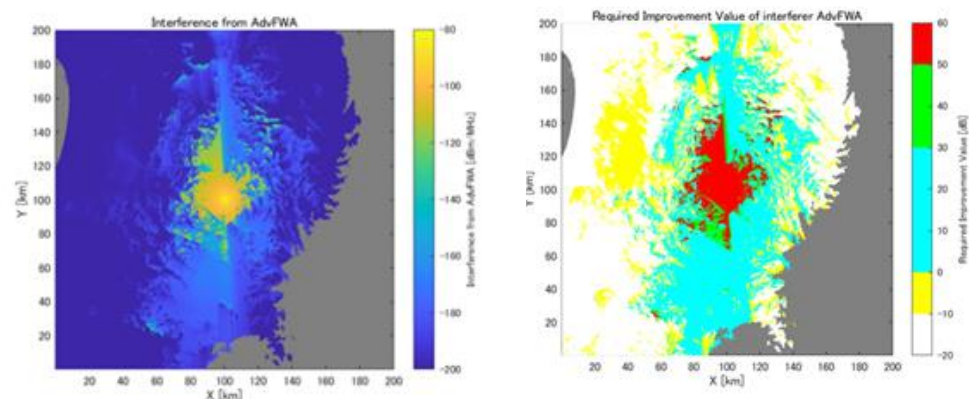
1対1対向シミュレーションでは、既存無線システムとFWA高度化システムを正対させた条件のもとで互いの無線局に対して干渉を与えないための必要離隔距離を導出した。また、既存無線システム及びFWA高度化システムの空中線方位角を正対条件から変更した条件でも実施した。



与干渉・被干渉双方の方位角の変更イメージ

● サイトスペシフィックシミュレーション

サイトスペシフィックシミュレーションでは、実際の地形環境を考慮した評価エリアにおいて、既存無線システムの周囲にFWA高度化システムを配置した場合に離隔距離や保護エリアがどの程度必要となるかを導出した。



同一周波数におけるサイトスペシフィックシミュレーションによる結果の例（水沢天文台）
 左：FWA高度化システムから電波天文への干渉における受信電力分布
 右：FWA高度化システムから電波天文への所要改善量

FWA高度化システムと他の無線システムとの共用検討結果を下表に示す。なお、いずれのシステムにおいてもFWA高度化システムからの与干渉が支配的となる。

対象システム	共用検討結果
22GHz帯FWA (同一／隣接)	- 両システムが正対条件において、同一周波数では73.90km、隣接周波数では60.35kmの離隔距離となる。また両システムの方位角変更により、例えば同一周波数では両システム30°程度、隣接周波数ではFWAを30°程度変更することで離隔距離は10km以下となる。 - 不要発射強度の実機条件のもとでは、両システムが正対条件において、隣接周波数での離隔距離は47.55kmまで短縮され、いずれかのシステムの30°程度方位角変更により、離隔距離は5km以下となる。 設置状況などを考慮した詳細検討により影響がないことが確認できれば、共用可能と考えられる。
エントランス／ 中継システム (同一／隣接)	- 両システムが正対条件において、同一周波数では79.95km、隣接周波数では68kmの離隔距離となる。また両システムの方位角変更により、例えば両システムで30°程度変更することで、同一周波数では10km以下、隣接周波数では1km以下となる。 - 不要発射強度の実機条件のもとでは、両システムが正対条件において、隣接周波数での離隔距離は60kmまで短縮され、いずれかのシステムの30°程度方位角変更により、離隔距離は10km程度まで短縮される。 設置状況などを考慮した詳細検討により影響がないことが確認できれば、共用可能と考えられる。
CATV番組中継(固定) (同一／隣接)	- 両システムが正対条件において、同一周波数では72.15km、隣接周波数では59.70kmの離隔距離となる。また両システムの方位角変更により、例えば両システムで30°程度変更することで、同一周波数では3km以下、隣接周波数では1km以下となる。 - 不要発射強度がFWA高度化システムは実機条件及びCATVは送信スペクトラムマスク考慮のもとでは、両システムが正対条件における離隔距離は43.95km、いずれかのシステムの30°程度方位角変更による離隔距離は4km以下程度まで短縮される。 設置状況などを考慮した詳細検討により影響がないことが確認できれば、共用可能と考えられる。
CATV番組中継(移動) (同一／隣接)	- 両システムが正対条件において、同一周波数では72.15km、隣接周波数では59.70kmの離隔距離となる。また両システムの方位角変更により、例えば両システムで30°程度変更することで、同一周波数では3km以下、隣接周波数では1km以下となる。 - 不要発射強度がFWA高度化システムは実機条件及びCATVは送信スペクトラムマスク考慮のもとでは、両システムが正対条件における離隔距離は43.95km、いずれかのシステムの30°程度方位角変更による離隔距離は4km以下程度まで短縮される。 CATV番組中継(移動)は移動局であることより、固有地点における離隔距離の確保は基本的に困難であるが、隣接周波数で共用するエントランス／中継システムとCATV番組中継(移動)の共用条件を踏まえ、設置状況などを考慮した詳細検討により影響がないことが確認できれば、隣接周波数にて共用可能と考えられる。

対象システム	共用検討結果
電波天文 (同一／隣接)	■1対1対向シミュレーション結果については、 - 両システムが正対条件において、同一周波数では140.20km、隣接周波数では83.60kmの離隔距離となる。またFWA高度化システムの方角変更により70km程度となる。 - 不要発射強度の実機条件のもとでは、両システムが正対条件において、隣接周波数での離隔距離は78.7kmまで短縮され、FWA高度化システムの30°程度方角変更により、離隔距離は60km程度まで短縮される。 ■サイトスペシフィックシミュレーション結果については、 - 同一周波数においては、いずれの環境においても電波天文周辺の広範囲にわたって所要改善量が正となる保護エリアが分布する結果となり、特に、水沢では保護エリアが10190.92km²となり、22GHz帯の全電波天文10局の中で最大となった。 - 隣接周波数(現行機条件)においては、同一周波数と比較して、全体的に保護エリアの広がり改善され、水沢の保護エリアは3658.27km²となった。 - 隣接周波数(実機条件)では、隣接周波数(現行機条件)よりもさらに全体的に保護エリアが改善され、保護エリアは最大でも2452.20km²となった。 1対1対向及びサイトスペシフィックによる共用検討結果を踏まえ、共用にあたっては、設置状況などを考慮した詳細検討のもと、適切な離隔距離や保護エリアの確保が求められる。
衛星間通信 (同一／隣接)	ITU-R勧告S.1899にて引用されている非静止衛星システム(23.183-23.377 GHz利用)間通信との共用検討より、同一周波数であっても所要改善量は-43.9dBであり、同一場所にFWAを数万局程度(24,000局程度)設置しても共用可能となった。 同一周波数であっても十分な数のFWA高度化システムを設置可能であり、共用可能と考えられる。
地球探査衛星 (隣接)	当該帯域における運用中／運用が計画されているシステムの内、高度の低いAMSR3を対象に、モンテカルロシミュレーションにより、複数のFWA高度化システムから衛星局・受動センサへの合成干渉量を計算し干渉確率を評価した。 共用検討結果は、ITU-R勧告RS.2017(地球表面2,000,000km²において-159dBm/MHzを超える場所率が0.01%以内)を満足し、共用可能と考えられる。

22GHz帯FWA高度化システムの主な技術的条件

12

FWA高度化システム		技術的条件	
検討項目	ポイント	現行FWA	FWA高度化(案)
22GHz帯 周波数範囲	周波数範囲の拡張	22GHzを超え22.4GHz以下、 22.6GHzを超え23GHz以下	22.0GHzを超え23.2GHz以下
周波数ブロック	無線チャネルの帯域幅をTDD 移動体通信に合わせる	60MHz幅	50MHz幅
占有周波数帯幅の 許容値	通信路容量の拡大	直交周波数分割多重方式 fcl×サブキャリア数×1.1 MHz以下 ※fcl：クロック周波数	直交周波数分割多重方式 一チャネルの帯域幅以下
偏波面	斜め偏波を追加	水平/垂直偏波	直線偏波 (水平/垂直/斜め偏波 (±45°))
隣接チャネル漏えい電力	技術水準を踏まえた規定の見直し	隣接チャネル帯域 ±0.45 隣接チャネル 27 [dBc] 次隣接チャネル 43 [dBc]	隣接チャネル帯域 ±0.5 隣接チャネル 30 [dBc] 次隣接チャネル 46 [dBc] (与干渉低減)
降雨減衰 補償技術 の導入	帯域幅拡張	—	・近距離超大容量装置、中距離大容量装置 1 st : AGC (BW50/100/200MHz) 2 nd : BW2倍 (BW100/200/400MHz) 3 rd : BW4倍 (BW200/400MHz) ・長距離高速伝送装置 AGCのみ
	帯域幅拡張 制限	—	可搬局は、降雨時の被干渉量を推定し、帯域幅 拡張を制限
干渉回避	無線チャネル選択機能を追加	—	最適な無線チャネルの選択
	送信電力制御の追加	—	電力が必要最小限となるように自動制御

※AGC（Automatic Gain Control）：通信の相手方の受信電力に基づき空中線電力が必要最小限となるように自動的に制御する機能、 BW：占有周波数帯幅