

携帯電話との共用検討

作業班（第2回）の指摘事項の検討および追加検討

本書の内容

本書では、以下の内容についての検討結果を報告します。

携帯電話との共用に関して、作業班（第2回）の指摘事項としては以下の4点があり、各々の項目について検討結果を報告します。

- 検討1：複数キャリアの適用時の干渉検討方法について
- 検討2：干渉計算の調査モデル2について
参考資料：携帯電話との共用検討の概要_移動局調査モデル2追加
携帯電話との共用検討_干渉計算の詳細_移動局調査モデル2追加_ガードバンド1MHz
携帯電話との共用検討_干渉計算の詳細_移動局調査モデル2追加_ガードバンド5MHz
- 検討3：固定設置の中継局への調査モデル3を適用する理由
- 検討4：呼損率評価の考え方について

追加検討として、以下の5点の項目について検討を行いましたので、検討結果を報告します。

- 追加検討1：sXGP基地局、移動局の屋外利用について
参考資料：携帯電話との共用検討_屋外利用時の検討
- 追加検討2：sXGP基地局 スプリアス規格の改善
- 追加検討3：保護規定の考え方
- 追加検討4：sXGP基地局・移動局の送信時間の制限にについて
- 追加検討5：sXGP中継局について
参考資料：sXGP中継局について

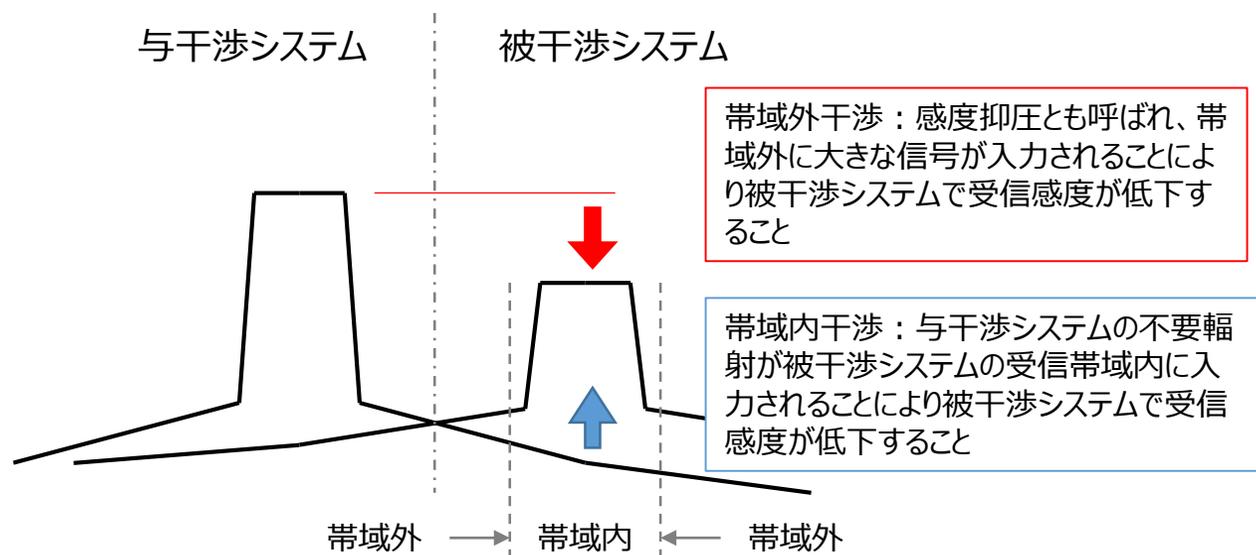
検討 1 : 複数キャリアの適用時の干渉検討方法について

複数キャリア運用時に考慮すべき内容としては、主に以下の2点があると考えており、各々の内容について説明します。

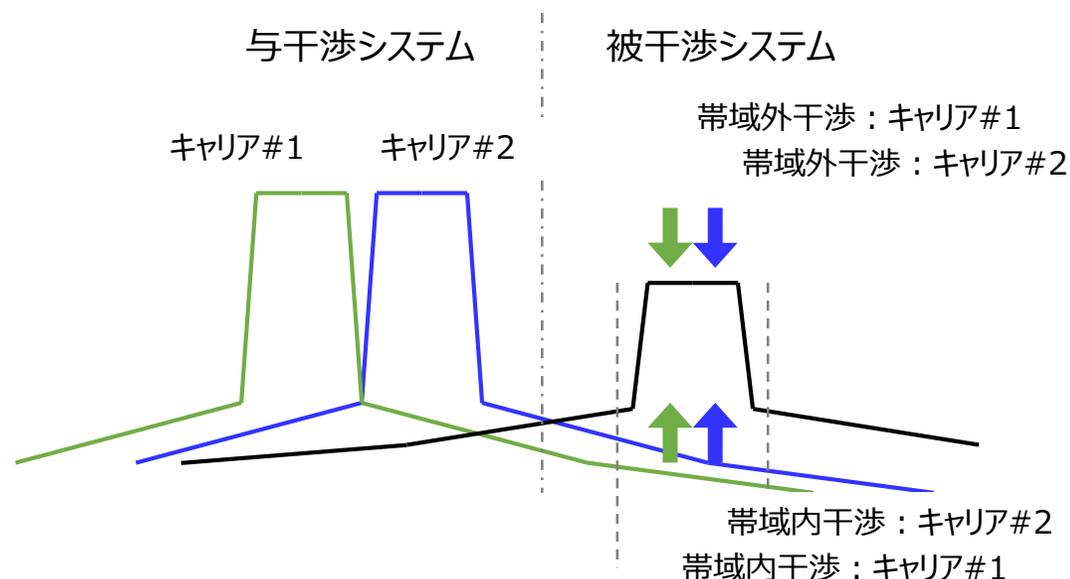
- (1) 帯域内干渉量が、複数キャリアの合算になり、且つ帯域外干渉量が、複数キャリアの合算になること。
- (2) 与干渉局の設置場所を考慮すること

下図に示すように、複数キャリアを使用する場合は、基本的には、帯域内干渉は複数キャリアの干渉電力の合算となり、帯域干渉についても、複数キャリアの合算電力に起因する感度抑圧が発生します。ただし、実際に発生する干渉量は、複数キャリアの配置、各キャリアの電力および与干渉局の設置場所に依存するため、以下説明します。

■ 単一キャリアの場合

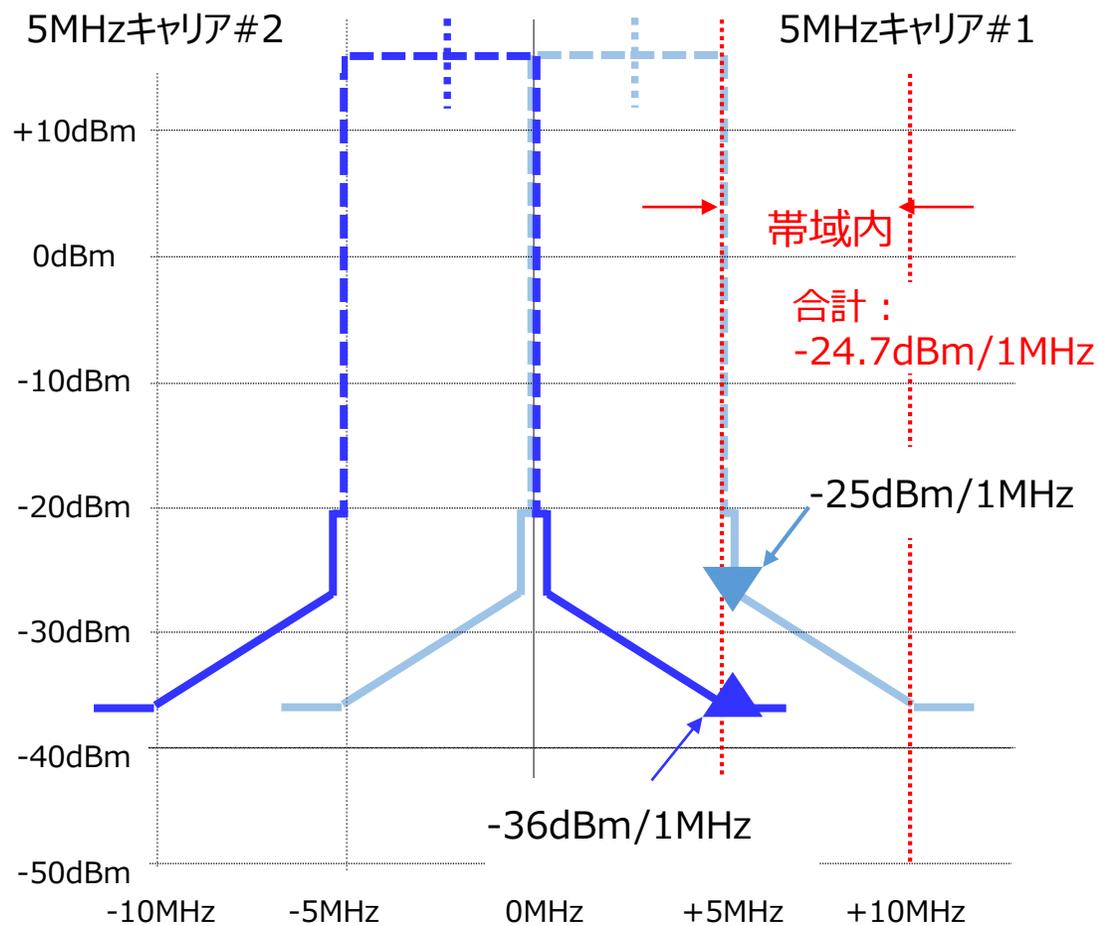


■ 2キャリアの場合

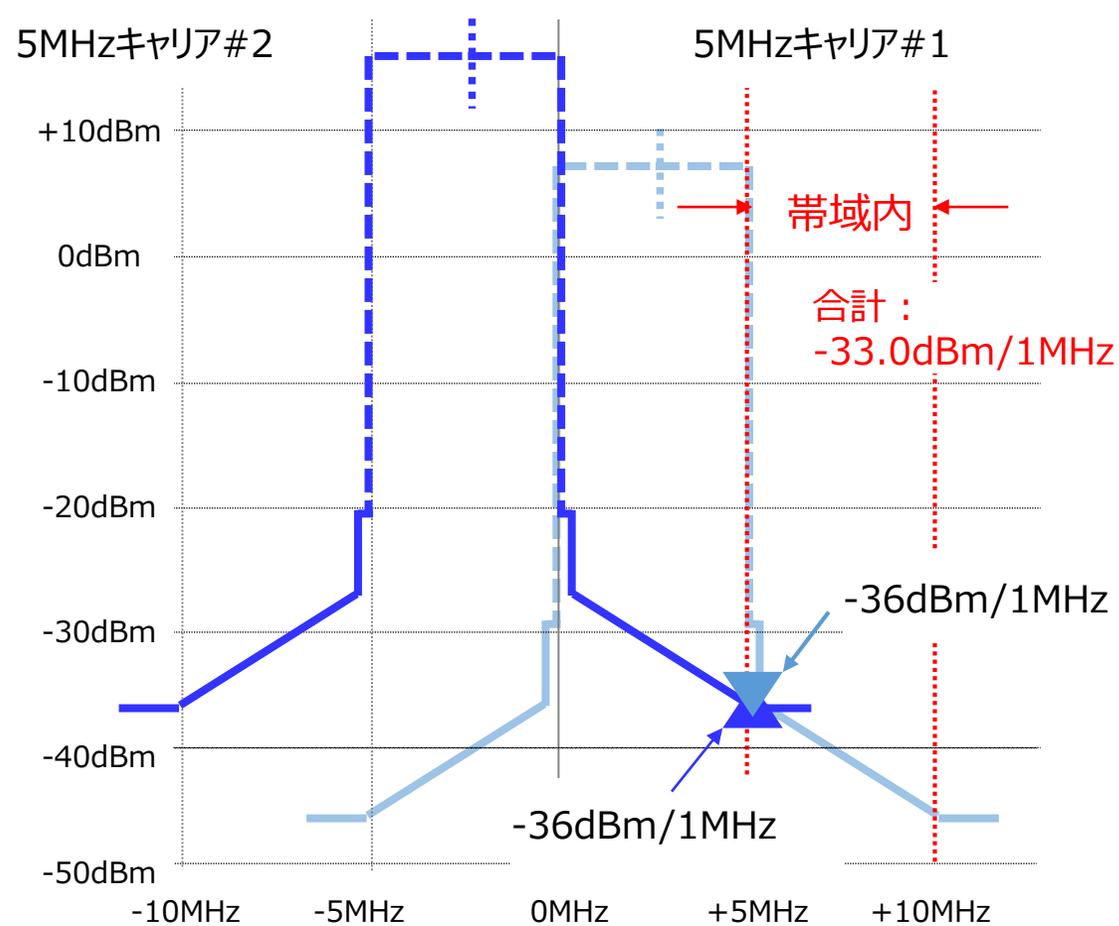


検討1-(1)：2キャリア時の帯域内干渉について（2キャリアを同一場所に設置）

5MHzキャリアを2キャリアで運用する場合について説明します。通常の運用では、2つのキャリアは同じ送信電力とするため、帯域内干渉レベルは、左図に示すように約10dBの電力差があるため、通常考慮しません。下図の場合、2キャリアの合計は-24.7dBm/1MHzになります。

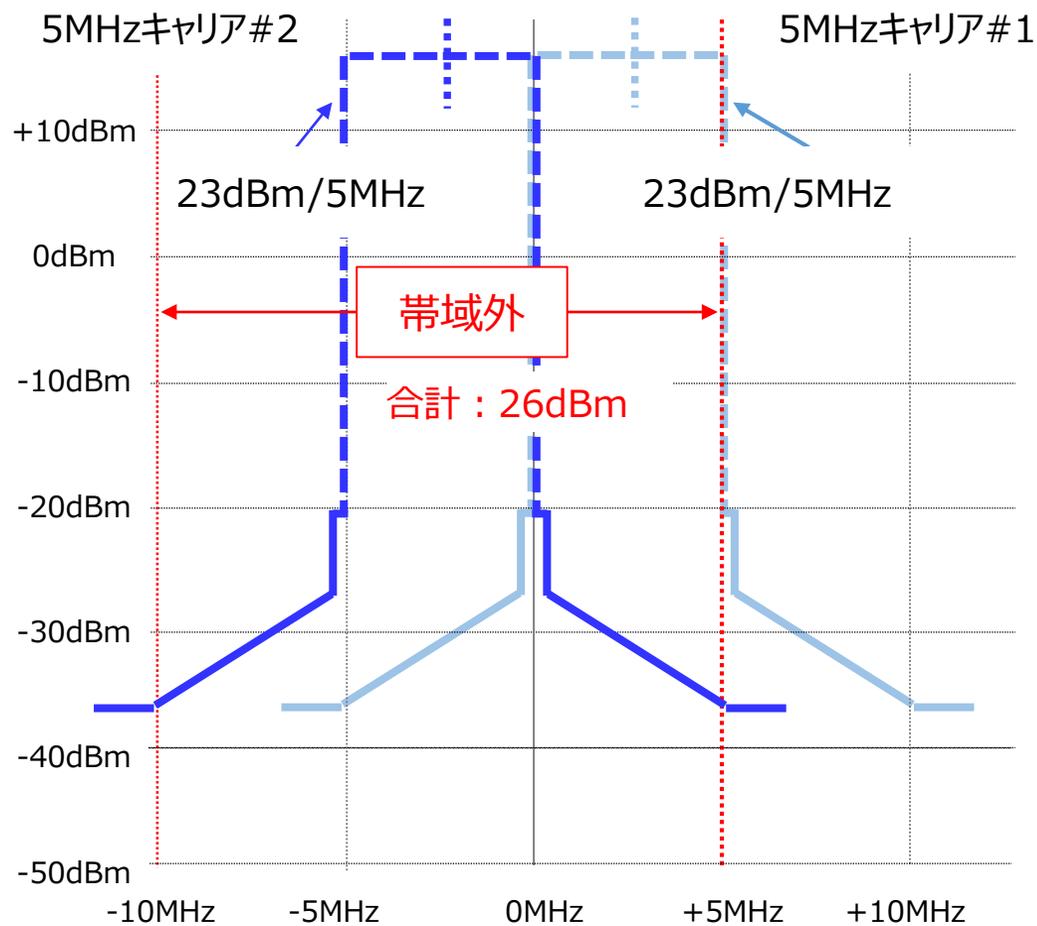


今回、携帯事業者と隣接する5MHzキャリア#1で送信電力制限した運用を検討しているため、帯域内干渉レベルが-36dBmで等しくなるケースがあり、この場合は考慮する必要があります。下図の場合、2キャリアの合計は-33.0dBm/1MHzになります。

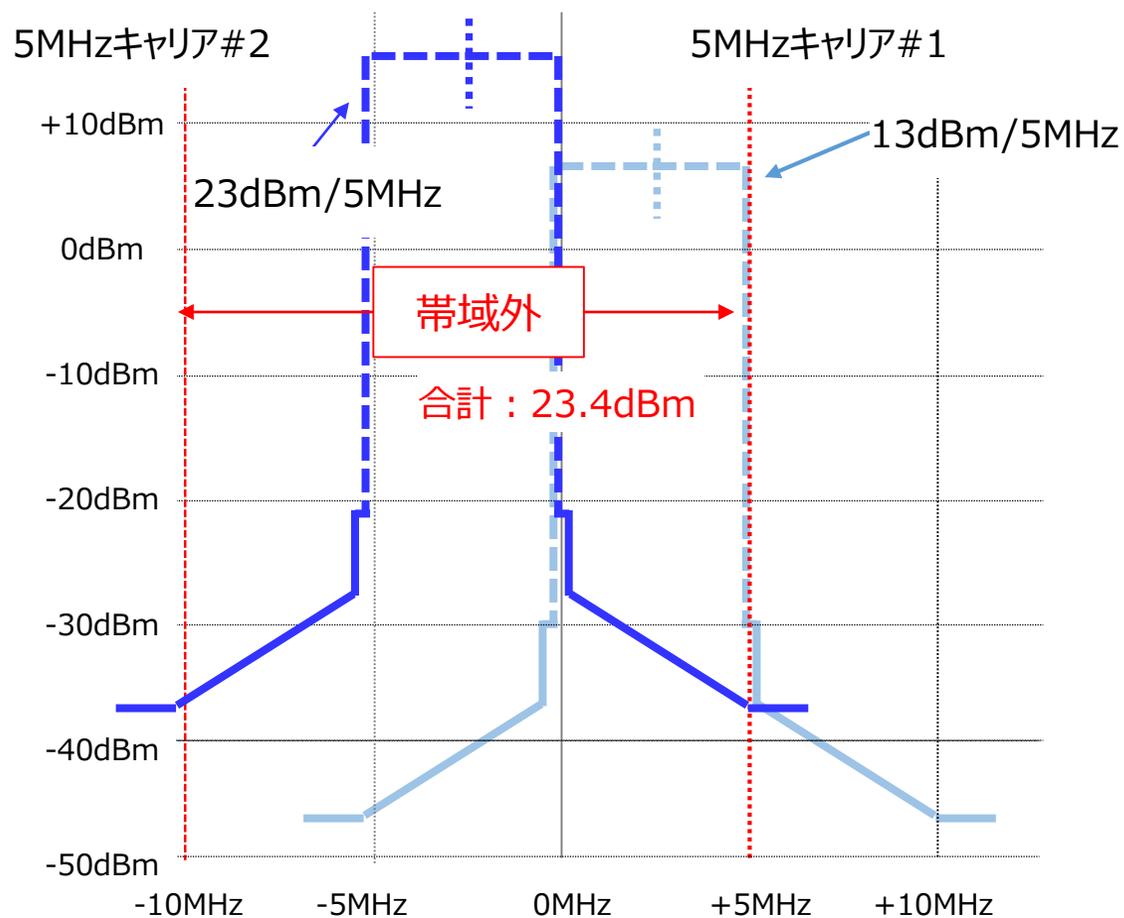


検討1-(1)：2キャリア時の帯域外干渉について（2キャリアを同一場所に設置）

5MHzキャリアを2キャリアで運用する場合について説明します。通常の運用では、2つのキャリアは同じ送信電力とするため、帯域外干渉レベルは、左図に示すように、2つのキャリアの合計に対する帯域外干渉レベルとして評価する必要があります。下図では合計26dBmになります。



今回は、5MHzキャリア#1を送信電力制限した運用を検討しているため、帯域外干渉レベルは、2つのキャリアの合計電力により生じる感度劣化として評価する必要がありますが、合計電力は23.4dBmとなり、この程度であれば考慮しないという考え方もあります。



検討1-(2)：与干渉局の位置を考慮する場合

検討1-(1)までの検討は、複数の与干渉局が同じ場所に設置されていることを前提としています（右図）。これは特殊な条件であり、現実の環境では、設置場所は異なるためこの影響を検討する。

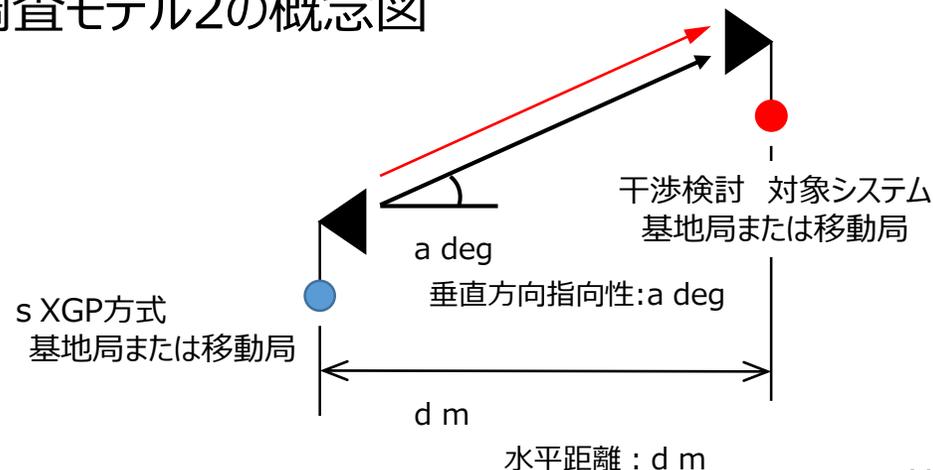
(1) 共用検討で行う調査モデル2では以下の点を考慮し、指向性減衰が最小になる水平距離を算出し、干渉計算を実施している。（下左図）

- 与干渉局と被干渉局のアンテナの高低差
- 与干渉局と被干渉局のアンテナの垂直方向の指向性

(2) 例えば1.7GHz帯 陸上移動中継局、屋内用、分離型(対基地局)との干渉検討を行う場合は、指向性減衰と伝搬損失の合計を計算し、最小となる距離においての干渉計算を実施しています（下右図）

(3) 指向性減衰+伝搬損失の特性から、**30m±20m**の範囲に2台が存在しなければ、2台からの干渉量は最悪値から**3dB改善**する。言い換えると2台の合計は最小となる距離での干渉量を超えることはありません。

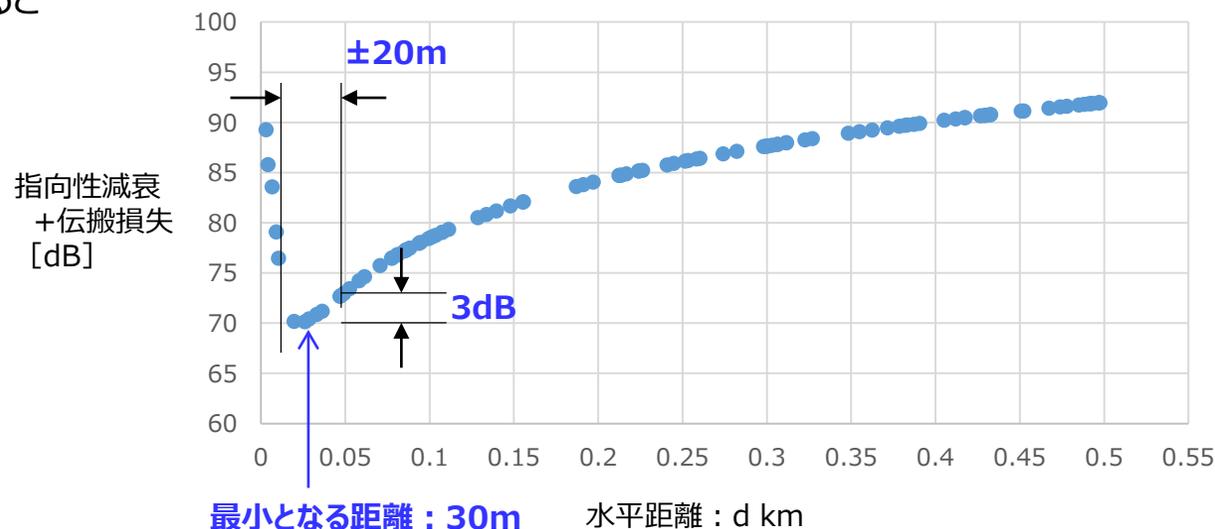
■ 調査モデル2の概念図



■ 検討1-(1)の想定条件

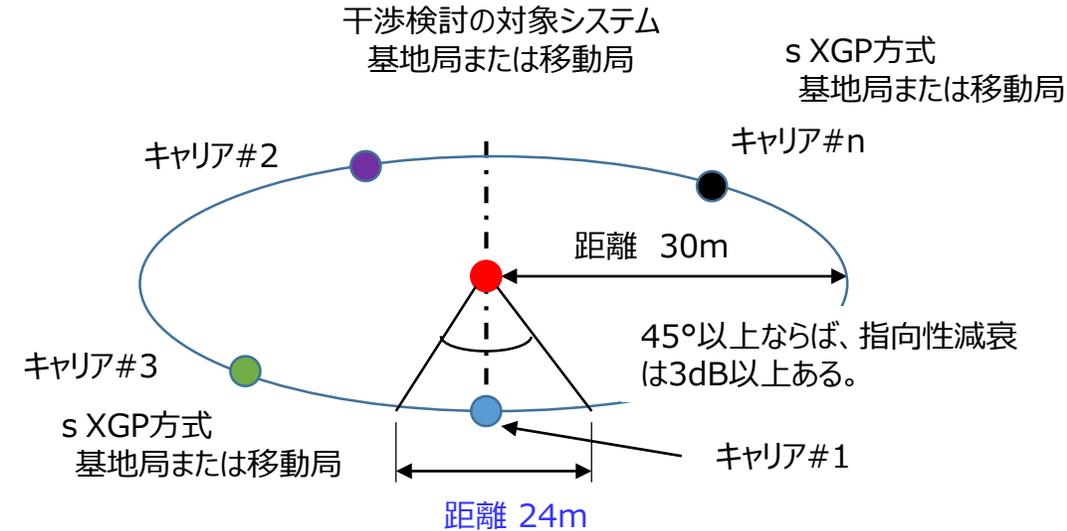


■ 指向性減衰+伝搬損失の特性



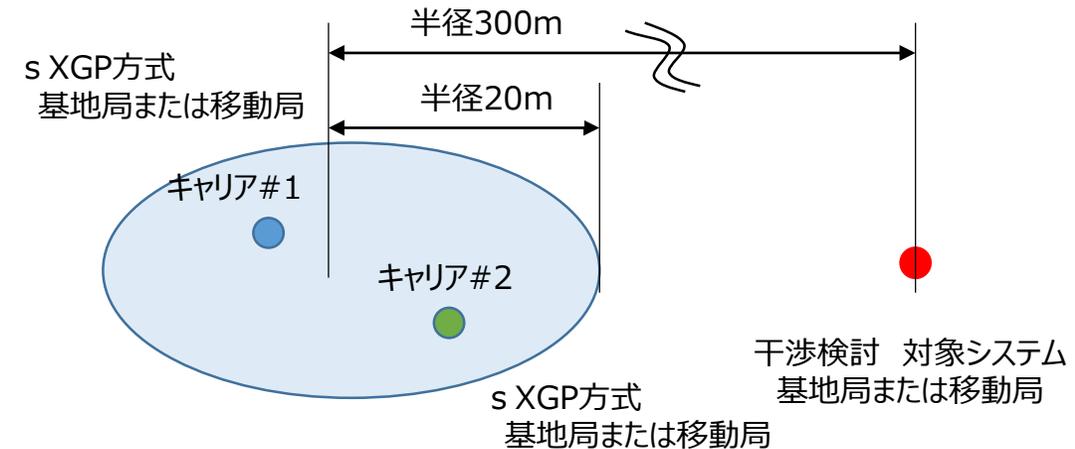
検討1-(2)：与干渉局の位置を考慮する場合に干渉が発生する確率

sXGP方式基地局、移動局が、干渉検討の対象システムの基地局、または移動局に対して、等距離（円周上）に配置される可能性もあるが、干渉検討の対象のシステム（携帯電話基地局、陸上移動中継局）では水平指向性を持つため、円周上の約24mの範囲に限られるため、右図の場合は、キャリア#1からの影響のみ考えれば良いということにもなる。



干渉計算では、sXGP移動局密度：6台/5MHz/半径300mでと規定しているため、キャリア#1とキャリア#2で合計12台が6台/300m²に存在する。sXGP移動局内2台が半径20mに存在する確率は、下式により計算することができ、0.6%となり、発生する確率は小さい。

$${}_n C_k \times p^k \times (1-p)^{(n-k)} \quad n=12, k=2, p= (20^2/300^2)$$



検討 1 : 複数キャリアの適用時の干渉検討方法について (まとめ)

■ まとめ

- 今回提案しているsXGP基地局、sXGP移動局が複数キャリアを一つの局で取り扱うことを想定していないため、検討1-(2)で説明した与干渉局の位置を考慮することで、複数キャリア動作時に干渉量を大きく増大させることは無い。
- sXGP中継局は同一場所で複数キャリアを送信するが、バックホウルリンク（対基地局）、アクセスリンク（対移動局）は時間的に同時に送信しないため、2つのキャリアの加算として干渉を計算する必要は無い。
- ただし、sXGPシステムの最大キャリア数、周波数位置を決め、想定される最悪値で干渉計算を行うことは重要と認識しており、作業班（第4回）にて検討結果を提示致します。なお、調査モデル 1 および 2 については与干渉局と被干渉局を 1 対 1 で対向した状態での干渉計算であるため、1 台の装置で複数キャリアを扱わないことを前提とすれば（除くsXGP中継局）、今まで提出した結果と差異はありません。

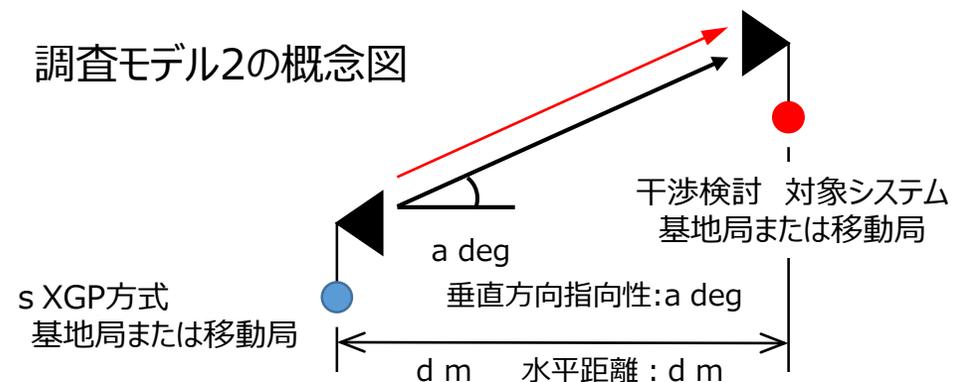
● その他

以上ご説明したように、干渉が発生する確率については、対象局の不要輻射強度、設置場所、アンテナの指向性特性などを考慮する必要があり、共用検討で実施している調査モデル3は、この点を考慮して確率的な評価を行っており、この結果は共用検討において重要な意味があります。

検討2：調査モデル2の未実施について

調査モデル2は、与干渉局と被干渉局のアンテナ高の違いにより発生する指向性減衰を含めた干渉計算になります。従って、アンテナ高が同じあるいは高低差が小さい組合せについては、作業班（第2回）で提出した干渉計算では、調査モデル2を実施していません。ただし、移動局の一部の組合せ（次ページの赤字）については、アンテナ高低差があるにも拘わらず、調査モデル2を実施していませんでした。

■ 調査モデル2の概念図



■ sXGP基地局（与干渉）

与干渉システム	被干渉システム	与干渉システムのアンテナ高	被干渉システムのアンテナ高	調査モデル2の実施有無
sXGP基地局	2G携帯基地局（屋外）	2	40	有
	2G陸上移動中継局、屋外用対移動局	2	15	有
	2G陸上移動中継局、屋内用一体型、対移動局	2	2	無
	2G陸上移動中継局、屋内用分離型、対移動局	2	3	無
	2G小電力レピータ、一体型・分離型対移動局	2	2	無
sXGP基地局	1.7G携帯移動局（屋外）	2	1.5	無
	1.7G携帯移動局（屋内）	2	1.5	無
	1.7G陸上移動中継局、屋外用対基地局	2	15	有
	1.7G陸上移動中継局、屋内用一体型、対基地局	2	2	無
	1.7G陸上移動中継局、屋内用分離型、対基地局	2	10	有
	1.7G小電力レピータ、一体型対基地局	2	2	無
	1.7G小電力レピータ、分離型対基地局	2	5	有

■ sXGP基地局（被干渉）

与干渉システム	被干渉システム	与干渉システムのアンテナ高	被干渉システムのアンテナ高	調査モデル2の実施有無
sXGP基地局	2G携帯移動局（屋外）	2	1.5	無
	2G携帯移動局（屋内）	2	1.5	無
	2G陸上移動中継局、屋外用対基地局	2	15	有
	2G陸上移動中継局、屋内用一体型、対基地局	2	2	無
	2G陸上移動中継局、屋内用分離型、対基地局	2	10	有
	2G小電力レピータ、一体型対基地局	2	2	無
	2G小電力レピータ、分離型対基地局	2	5	有
	1.7G携帯基地局（屋外）	2	40	有
	1.7G陸上移動中継局、屋外用対移動局	2	15	有
sXGP基地局	1.7G陸上移動中継局、屋内用一体型、対移動局	2	2	無
	1.7G陸上移動中継局、屋内用分離型、対移動局	2	3	無
	1.7G小電力レピータ、一体型・分離型対移動局	2	2	無

検討2：調査モデル2の未実施について（つづき）

■ sXGP移動局（与干渉）

与干渉システム	被干渉システム	与干渉システムのアンテナ高	被干渉システムのアンテナ高	調査モデル2の実施有無
sXGP移動局	2G携帯基地局（屋外）	1.5	40	無
	2G陸上移動中継局、屋外用対移動局	1.5	15	無
	2G陸上移動中継局、屋内用一体型、対移動局	1.5	2	無
	2G陸上移動中継局、屋内用分離型、対移動局	1.5	3	無
	2G小電力レピータ、一体型・分離型対移動局	1.5	2	無
sXGP移動局	1.7G携帯移動局（屋外）	1.5	1.5	無
	1.7G携帯移動局（屋内）	1.5	1.5	無
	1.7G陸上移動中継局、屋外用対基地局	1.5	15	無
	1.7G陸上移動中継局、屋内用一体型、対基地局	1.5	2	無
	1.7G陸上移動中継局、屋内用分離型、対基地局	1.5	10	無
	1.7G小電力レピータ、一体型対基地局	1.5	2	無
	1.7G小電力レピータ、分離型対基地局	1.5	5	無

■ sXGP移動局（被干渉）

与干渉システム	被干渉システム	与干渉システムのアンテナ高	被干渉システムのアンテナ高	調査モデル2の実施有無
sXGP移動局	2G携帯移動局（屋外）	1.5	1.5	無
	2G携帯移動局（屋内）	1.5	1.5	無
	2G陸上移動中継局、屋外用対基地局	1.5	15	無
	2G陸上移動中継局、屋内用一体型、対基地局	1.5	2	無
	2G陸上移動中継局、屋内用分離型、対基地局	1.5	10	無
	2G小電力レピータ、一体型対基地局	1.5	2	無
	2G小電力レピータ、分離型対基地局	1.5	5	無
	1.7G携帯基地局（屋外）	1.5	40	無
	1.7G陸上移動中継局、屋外用対移動局	1.5	15	無
	1.7G陸上移動中継局、屋内用一体型、対移動局	1.5	2	無
sXGP移動局	1.7G陸上移動中継局、屋内用分離型、対移動局	1.5	3	無
	1.7G小電力レピータ、一体型・分離型対移動局	1.5	2	無

■ まとめ

sXGP移動局に関して、調査モデル2を追加実施した結果を「資料作 3 – 5_参考1_携帯電話との共用検討の概要_移動局調査モデル2追加」に提出致しますので、ご確認ください。

なお、調査モデル3ではアンテナ高低差を考慮した干渉計算を実施しており、sXGP基地局、移動局共結果に変更はありません。

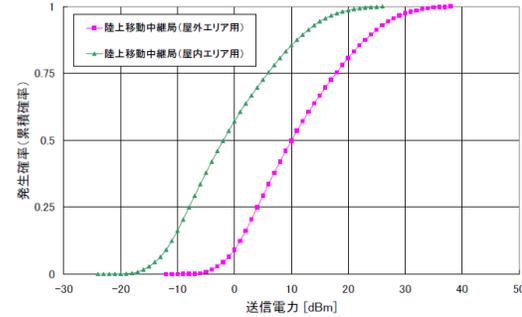
検討3：固定設置の携帯電話中継局への調査モデル3を適用する理由

中継局としては、陸上移動中継局と小電力レピータについて調査モデル3を実施しました。調査モデル3を実施した理由は、陸上移動中継局と小電力レピータはいずれも下図に示すような送信電力分布を有しているため、調査モデル3以外の調査モデルでは正しく評価できないことが理由です。

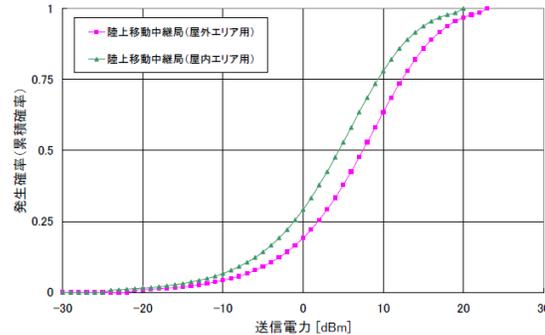
なお、過去の情報通信委員会でも、陸上移動中継局と小電力レピータについて調査モデル3による干渉計算を実施しています。

陸上移動中継局送信電力分布

対移動局

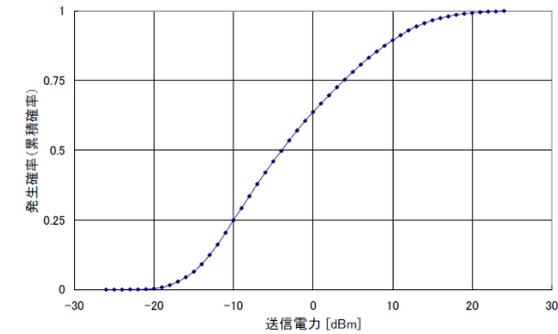


対基地局

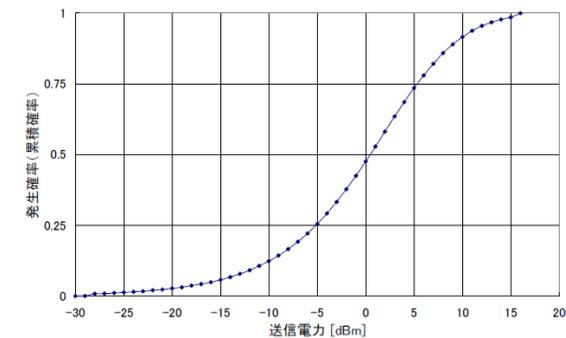


小電力レピータ 送信電力分布

対移動局



対基地局



検討4：呼損率評価の考え方について

作業班（第2回）で「音声通話、常時接続のデータ伝送等の通信形態ごとに、チャンネルを占有する確率が大きく変わるため、呼損率の評価はこの確率で重み付けを行って算出するべきである」とのご指摘を頂いたため、ITUの評価方法を再度調査すると共に評価方法を検討したので、その内容を報告します。

- Future spectrum requirements estimate for terrestrial IMT(Report ITU-R M.2290-0 (12/2013))
2020年に向けた評価手法が上記勧告で定義されています。この中では、従来手法と同様に必要なトラフィック需要と無線システムの容量を計算し、目標とする品質基準を満足するために必要な周波数資源を計算しています。
 - 必要なトラフィック需要は、要求されるアプリケーションにより異なるため、アプリケーション毎に必要なトラフィックが定義されています。M.2290のAnnex2に一覧表（次ページに抜粋）があり、SC：Service Categories、SE：Service Environmentの組合せにより、U：User density、Q:session arrival rate per user、R:mean service bit rate、 μ ：average session durationが定義されています。
 - なお、SC：Service Category については、勧告M.1768に一覧表（次ページに抜粋）があり、サービスタイプとユーザーの使用方法により20種類に分類されています。
- M.2290 Annex B Table B
- M.1768 Table 1

SC	SE	User density (users/km ²)	Session arrival rate per user (sessions/h/users)	Mean service bit rate (kbit/s)	Average session duration (s)	Mobility ratio			
						Stationary	Low	High	Super-high
12	2	78 431.0	0.4	10 563.4	21.4	67.5	27.5	5.0	0.0
12	3	47 267.3	0.4	13 221.2	23.0	50.0	40.5	9.0	0.5
12	4	6 539.3	0.4	10 514.2	21.4	62.5	25.0	12.5	0.0
12	5	17 376.0	0.4	10 638.8	21.4	43.0	20.0	32.0	5.0

Service type	Traffic class	Conversational	Streaming	Interactive	Background
	Super-high multimedia		SC1	SC6	SC11
High multimedia		SC2	SC7	SC12	SC17
Medium multimedia		SC3	SC8	SC13	SC18
Low rate data and low multimedia		SC4	SC9	SC14	SC19
Very low rate data ⁽¹⁾		SC5	SC10	SC15	SC20

検討4：呼損率評価の考え方について（つづき）

■ まとめ

- ご指摘の主旨は十分理解しますが、ユーザーが利用する目的は多種多様であり、子細にアプリケーションを分類して呼量を積算するのは非常に困難です。今回実施する共用検討では、呼量（erlang）を定義せず、面積当たりのアクティブユーザー数を定義し、アクティブユーザーは常に回線を使用すること（＝呼量を1 erlang）を前提に検討を行うこととします。
- 令和元年6月19日開催の作業班（第2回）の資料作2-2でDECTフォーラム ジャパンワーキンググループ様から映像機器の紹介がありましたが、「自営PHSとの共用検討」において呼損率を計算する主な目的は、呼損率そのものの値の他、平成29年1月27日開催のデジタルコードレス電話作業班（前回作業班）で検討した結果との比較という点もあるため、従来と同じパラメータで呼損率を計算するのが妥当と考えます。

追加検討1：sXGP基地局、移動局の屋外利用について

第2回作業班（令和元年6月19日）で報告した携帯電話との共用検討では、sXGP基地局及び移動局は構内利用であるため屋内利用を前提としていた。しかし、構内利用でも屋外で利用するユースケースがあることから、sXGP基地局及び移動局を屋外利用した場合について、共用検討を行った。

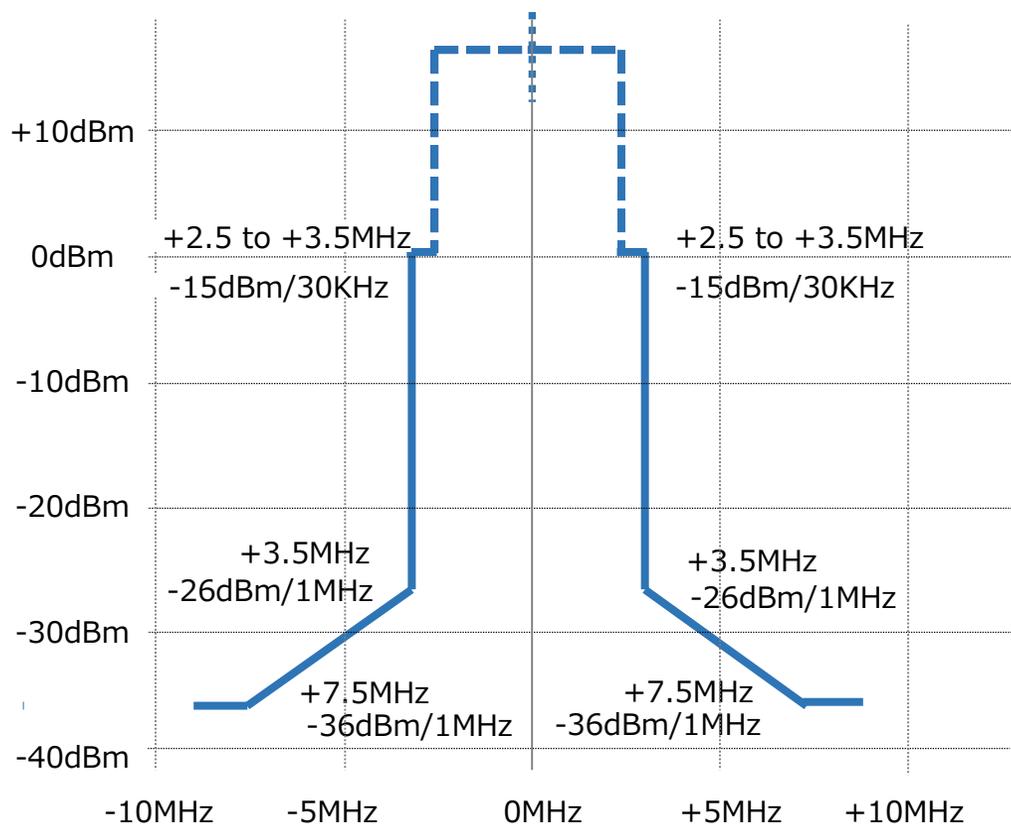
検討結果については、参考資料：「携帯電話との共用検討_屋外利用時の検討」に示します。

検討を行った結果では、屋外利用により著しく干渉量が増大する干渉経路・干渉形態はありませんでしたが、一部の干渉経路・干渉形態については、屋内利用に対して所要改善量が増大しているため、今後の検討は、屋内利用に加え、屋外利用で所要改善量が増大する一部の組合せについて干渉計算を実施致します。

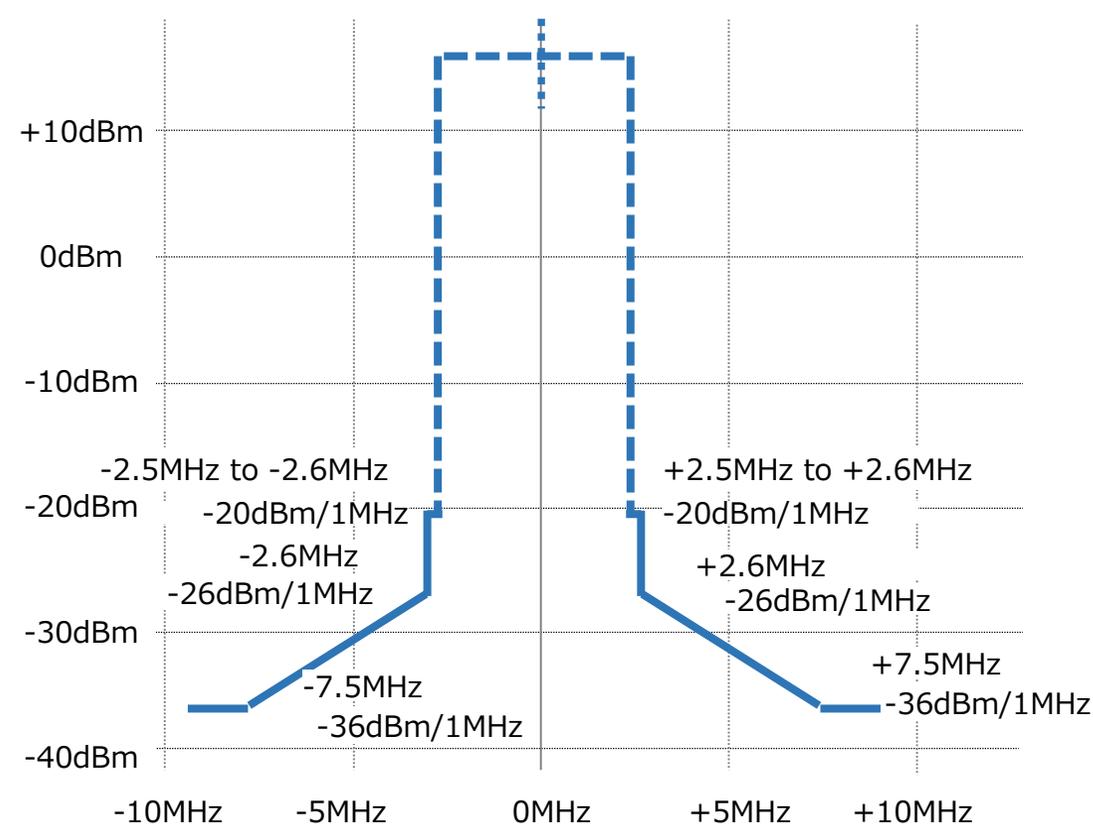
追加検討2：sXGP基地局 スプリアス規格の改善

作業班（第2回）で提示したスプリアス規格を左図に、今回提示するスプリアス規格を右図に示します。今回、作業班（第2回）で提示したスプリアス規格に対し、 $\pm 2.5\text{MHz} \sim \pm 3.5\text{MHz}$ の領域のレベルを改善しました。このスプリアス規格を適用することで、3GPPで規定されている ACLR（Adjacent Channel Leakage Ratio）45dBcを満足すると同時にことができます。

また改善後のsXGP基地局の $+2.5\text{MHz} \sim +7.5\text{MHz}$ （あるいは $-7.5\text{MHz} \sim -2.5\text{MHz}$ ）間の5MHzにおける不要輻射電力は、平成20年12月11日、携帯電話等周波数有効利用方策委員会報告に記載の送受信フィルタを実装したLTE基地局の不要輻射電力以下になり、現在稼働しているシステムが他のシステムから受けている干渉より改善できていると思います。



作業班（第2回）で提示した改善後のsXGP基地局スプリアス規格



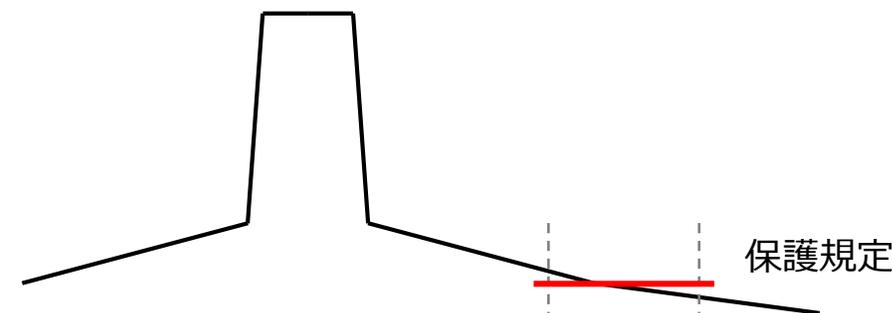
さらなる改善後のsXGP基地局スプリアス規格

追加検討3：保護規定の考え方

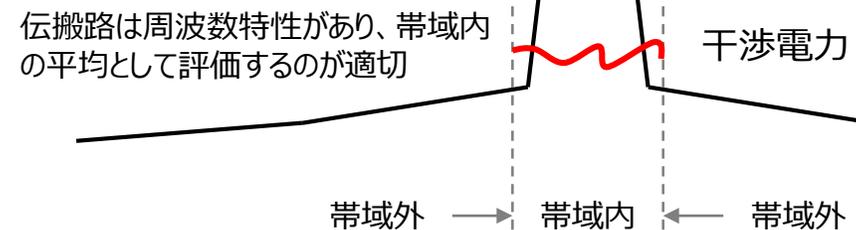
共用検討では、作業班（第一回）で説明したように最終的には保護規定を設定することを考えております。基本的な考えは以下のとおりです。

- 被干渉システムの性能（スループットなど）は受信帯域内に干渉する平均電力に依存します。被干渉システムの性能を維持することが共用検討の目的であるため、受信帯域内に干渉する平均電力が所定の電力以下となるように管理します
- 与干渉システムから被干渉システムへの干渉は、伝搬路を介して混入するため、受信帯域内に干渉する平均電力を所定の電力以下とするためには、与干渉システムの機器性能と伝搬路を含めた特性を規定する必要があります。しかし、伝搬路を含めて規定・測定することは困難です。
- 与干渉システムの機器性能として保護規定を設定し、機器性能として測定することにより、干渉が発生しないことを担保します。
- ✓ 以上から、保護規定としては、被干渉システムの帯域と整合させることが最も最適な方法であると考えており、例えば被干渉システムの帯域幅が5MHzであれば、保護規定は例えば-36dBm/MHzでは無く、-29dBm/5MHzというように帯域内の平均電力として定義することが適切と考えます。

● 与干渉システム



● 被干渉システム



追加検討3：保護規定の考え方（つづき）

今回の共用検討では、携帯電話基地局、移動局、sXGP基地局、移動局において、許容干渉レベル（帯域内）を定義しており、携帯基地局については-119.0 dBm/MHz、携帯移動局：-110.8 dBm/MHzとなっていますが、この値は受信帯域内の平均値として考えるべきと考えています。

LTEの受信感度(Reference sensitivity)は、3GPP、TS36.101で右表のように定義されており、キャリア帯域幅毎に異なる値に設定されている。

許容干渉レベル（帯域内）が-110.8dBm/MHzと定義されている理由は、5MHzでは-103.8dBm/5MHzとなるため、受信感度：-100dBmに対して、-4dBまでの干渉を許容すると意味であり、他のキャリア帯域幅でも同様の計算により、-4dBということになります。

また、3GPP、TS36.101では、受信感度はスループットをメトリックとして定義していることから、被干渉局のキャリア帯域幅への影響として考えるべきと考えます。

以上説明した内容から、許容干渉レベル（帯域内）は“dBm/MHz”で定義されているが、“1MHzの帯域でこの値以下にする必要がある”ということでは無く、“被干渉局が動作するキャリア帯域での平均値として、この値以下にする必要がある”という解釈することが妥当と考えます。

また、今回、sXGP基地局、移動局から携帯電話への干渉計算では、携帯電話帯域20MHzでの平均では無く、携帯電話帯域5MHzでの平均として干渉計算を行っており、最も厳しい条件で検討しており、共用検討として適切な方法と考えております。

Table 7.3.1-1: Reference sensitivity QPSK P_{REFSENS}

E-UTRA Band	Channel bandwidth						Duplex Mode
	1.4 MHz (dBm)	3 MHz (dBm)	5 MHz (dBm)	10 MHz (dBm)	15 MHz (dBm)	20 MHz (dBm)	
1			-100	-97	-95.2	-94	FDD
2	-102.7	-99.7	-98	-95	-93.2	-92	FDD
3	-101.7	-98.7	-97	-94	-92.2	-91	FDD

追加検討4：sXGP基地局・移動局の送信時間の制限について

3GPPでは、TS36.211では、Uplink-downlink configuration（以下UL/DL config.）として右表の内容を定義している。この内容は、アプリケーション毎に最適なUL/DL config.を選択可能としており、基地局から設定することが可能となっており、移動局ハードウェアの変更は不要。

sXGP移動局の送信時間を制限することで、右図に示すように不要輻射強度の時間的な平均値を低減することができる。UL/DL config. 0、1、2について、送信時間と受信時間の比率を下表、不要輻射強度の低減効果を右図に示す。なお、TX OFF時の送信電力は-50dBmが規定されている

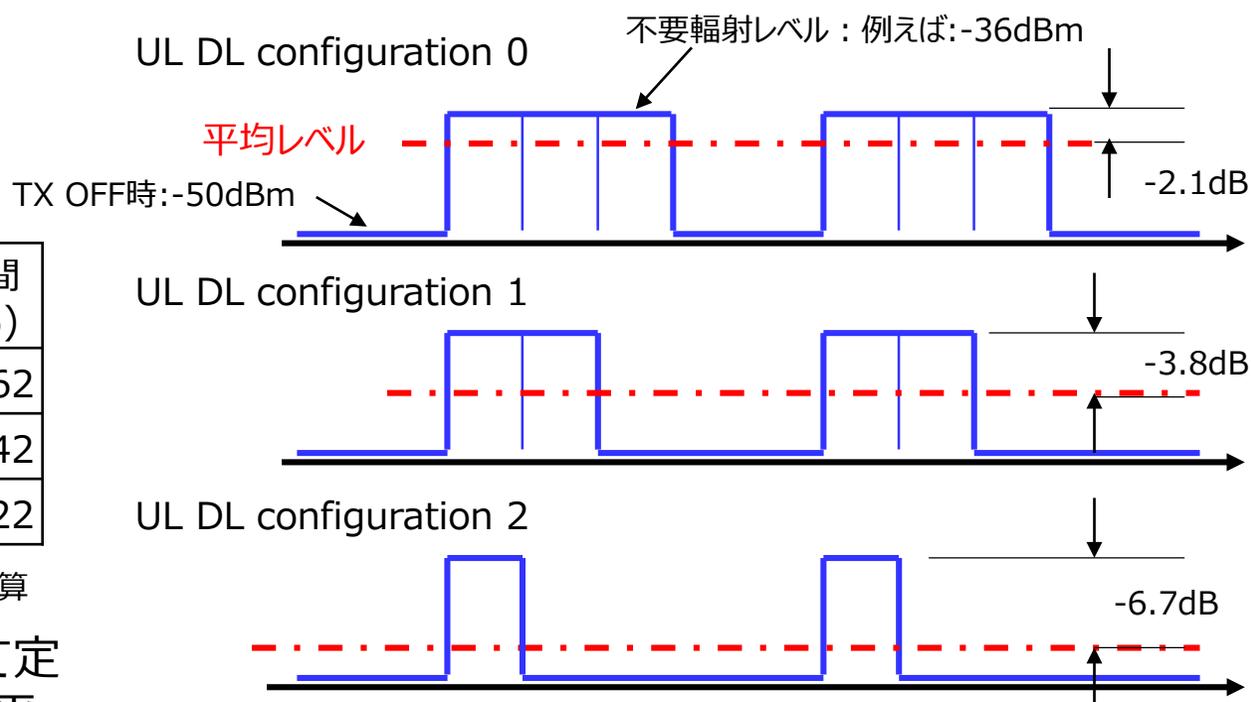
UL DL configuration	U：送信サブフレーム数	D:受信サブフレーム数	SP：スペシャルサブフレーム数	送信時間比率(%)
0	6 (75%)	2	2	62
1	4 (50%)	4	2	42
2	2 (25%)	6	2	22

Special subframe configuration 0として上記は計算

- ✓ 以上説明したように、受信感度はスループットをメトリックとして定義していることから、許容干渉レベル（帯域内）は時間的な平均として計算することが妥当と考える。

Table 4.2-2: Uplink-downlink configurations

Uplink-downlink configuration	Downlink-to-Uplink Switch-point periodicity	Subframe number									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5 ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5 ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10 ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10 ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10 ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D



追加検討5：sXGP中継局について

第2回作業班（令和元年6月19日）で報告したsXGP中継局について、中継局の諸元を明確に定義すると共に干渉計算の進め方についても明確にしました。

検討結果については、参考資料：「sXGP中継局について」に示します。

今後の干渉計算には、本書に記載の内容に従って検討を行います。