

携帯電話用周波数の再割当てに係る
円滑な移行に関するタスクフォース

800MHz帯/900MHz帯装置を 用いた実測評価案

株式会社NTTドコモ
KDDI株式会社
ソフトバンク株式会社
楽天モバイル株式会社
2022年8月2日

はじめに

- 「帯域外干渉が発生するような強いレベルの端末送信が他社基地局に入るケースでは、端末ACLR*の帯域内干渉によりセル端の他社端末はSINR劣化により既に通信断になっているため、基地局へのフィルタ挿入は効果が無い」という意見を頂きました。

他社の主張（帯域外干渉のみ）

- 既存基地局にフィルタ挿入しているため、フィルタ帯域外の妨害波による特性劣化はないがフィルタ帯域内の妨害波により特性が劣化する可能性がある

弊社の検討結果（帯域外干渉と帯域内干渉の両方を考慮）

- 拡張秦式、端末最大電力でのシミュレーション結果から-52dBmを超過する確率は極めて低い
- 既存基地局のフィルタ帯域内に-52dBmの妨害波を入れても-101.5dBm受信時の特性劣化はない
- 特定の条件において-42dBm以上の妨害波による特性劣化は発生するが帯域内干渉による影響であり、フィルタのある既存基地局でもスループット特性劣化は生じると考える

他社へ要望

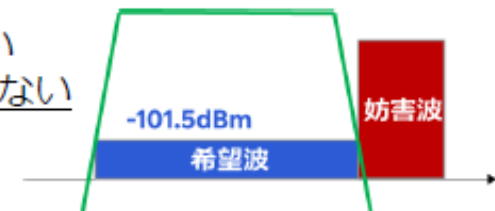
- 基地局の受信干渉電力によるスループット特性劣化の有無を既存基地局で実際に確認し、結果を提示していただきたい

- 既存基地局のフィルタ帯域外に端末相当の妨害波を入れた場合
- 既存基地局のフィルタ帯域内に端末相当の妨害波を入れた場合

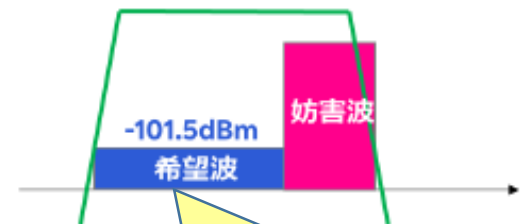
上記のいずれも特性劣化が生じるならばフィルタ挿入で特性劣化は防げないと考える

* ACLR(Adjacent Channel Leakage power Ratio) : 隣接チャネル漏洩電力比

(1) フィルタ帯域外に妨害波入力



(2) フィルタ帯域内に妨害波入力



希望波レベルを受信感度としており、セル端相当を想定

認識

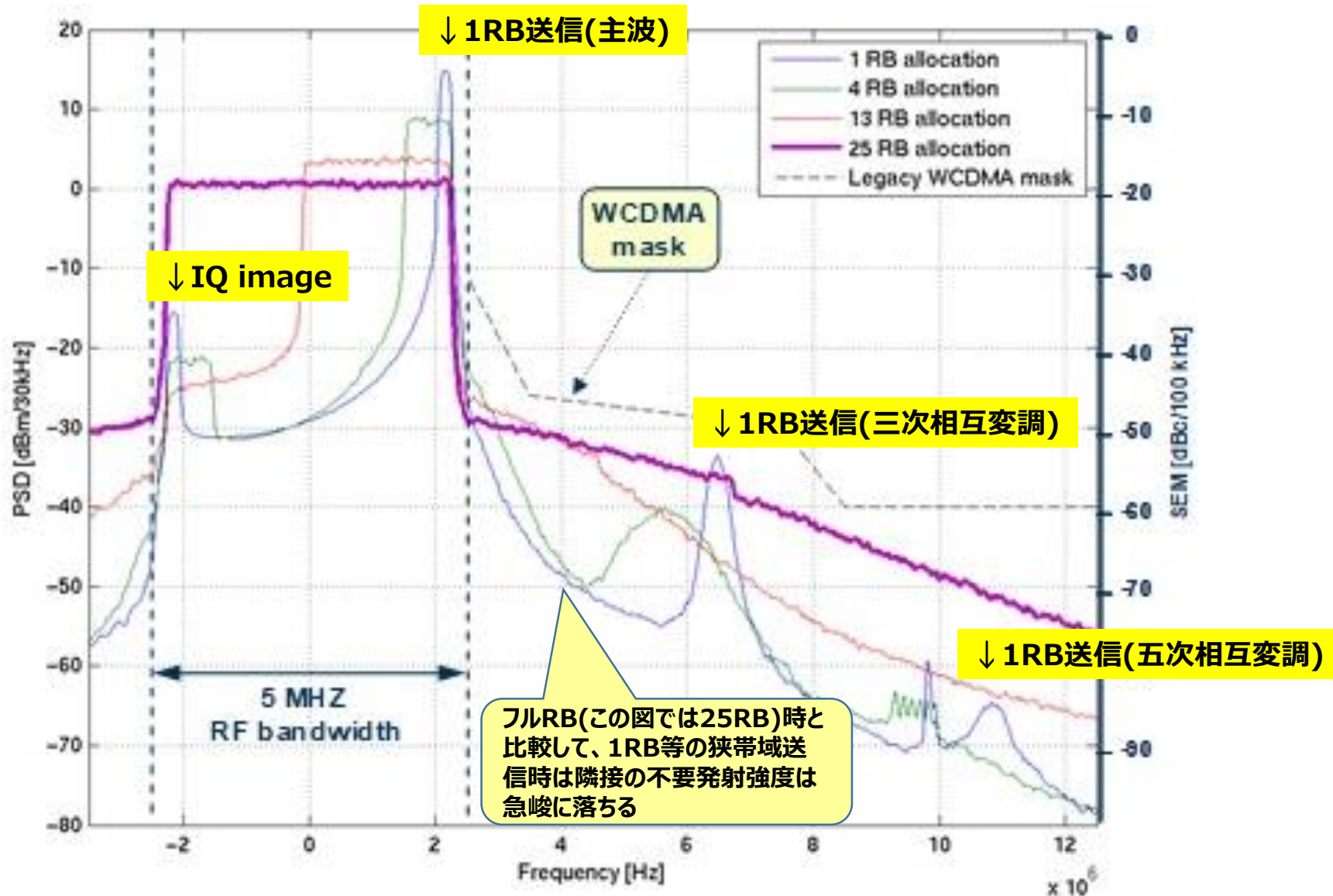
- ご意見のある特定の試験条件（希望波を受信感度付近にして広帯域受信、かつ妨害波を広帯域送信でフルパワー送信）という状況では、ご指摘にあるような帯域内干渉が先に影響する場合がございます。
- 一方、実環境では、希望波の状況と妨害波の状況は様々なケース・電力差が発生し得るため、携帯電話事業者は、あらゆるパターンの干渉リスクを可能な限り排除することが求められます。

			他社端末の状況(被干渉側基地局に近いもの)	
			狭帯域通信(1RB等)	広帯域通信(フルRB等)
被干渉側 端末 の状況	被干渉側 基地局との位 置に無関係 (セル全体)	狭帯域通信	(ご意見の試験条件ではカバーされない)	(ご意見の試験条件ではカバーされない)
		広帯域通信	(ご意見の試験条件ではカバーされない)	(ご意見の試験条件ではカバーされない)
	被干渉側 基地局に遠い (主にセル端)	狭帯域通信	(ご意見の試験条件ではカバーされない)	(ご意見の試験条件ではカバーされない)
		広帯域通信	(ご意見の試験条件ではカバーされない)	ご意見の試験条件はここに該当

感度抑圧影響が発生するのはすべてのケースであり、ご意見の評価条件(両者フルRBはコーナーケース)はフィルタ要否の判断材料として不足の認識

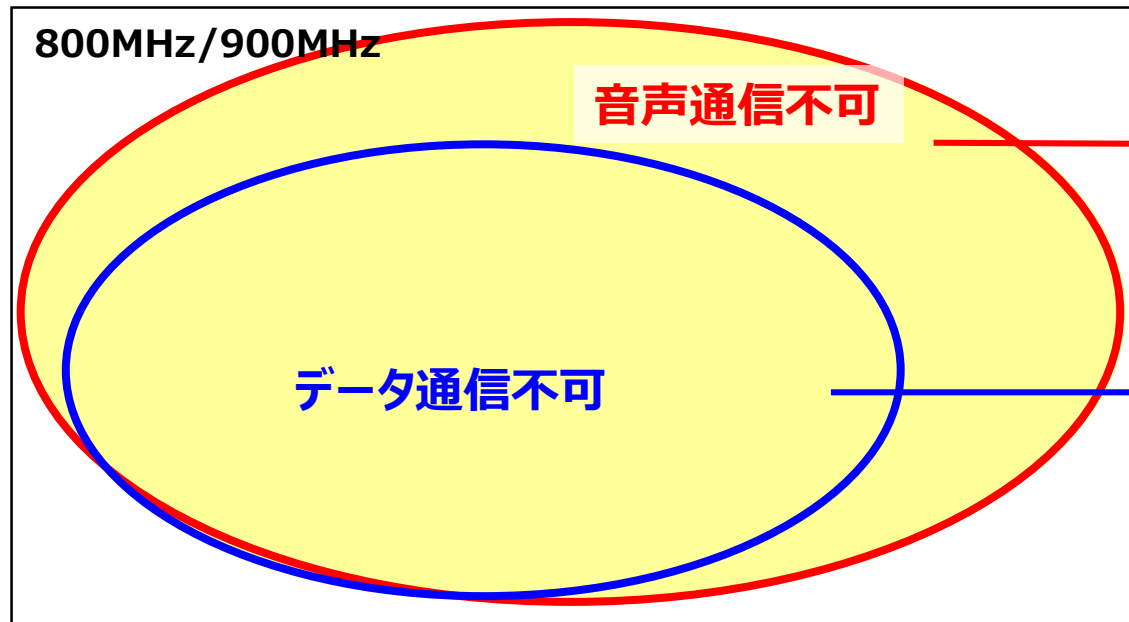
(参考)LTE端末の不要発射特性イメージ図

(過去3GPP標準化で提示された不要発射レベルの測定例)



800MHz帯/900MHz帯設計

- 実モニタリングデータを用いた評価では、**セル端に限らない条件2が支配的**という結果が表れています。
 - 条件1：現行でUL受信感度付近で通信している端末が、**受信感度6dB劣化でデータ通信影響**
 - 条件2：現行でUL受信所要SINR付近で通信している端末が、**SINR劣化で音声通信影響**



セル端に限らない条件2の音声閾値である **SINR劣化の影響が支配的**で、全体の約9割超。

一方、主にセル端の条件1の感度劣化によるデータ通信影響は全体の7割程度 (ほぼ条件2に包含)

- 従って、実機を用いた評価はセル端の自社端末のみを想定した条件だけではなく、**セル全体のSINR影響を考慮した内容が特に重要**と考え、次ページの提案をさせていただきます。

実測評価シナリオ案（全体サマリ）

- セル全体およびセル端といった、あらゆる条件での干渉リスクを、下記のシナリオ案①から⑤により実測評価します。

			他社端末の状況(被干渉基地局に近いもの)	
			狭帯域通信(1RB等)	広帯域通信(フルRB等)
被干渉側 端末 の状況	被干渉側 基地局との位 置に無関係 (セル全体)	狭帯域通信	(A-1) (ご意見の試験条件ではカバーされない) →①が最も厳しい条件であるため評価省略 (次ページ参照)	(A-2) (ご意見の試験条件ではカバーされない) →①が最も厳しい条件であるため評価省略 (次ページ参照)
		広帯域通信	(A-3) (ご意見の試験条件ではカバーされない) →①が最も厳しい条件であるため評価省略 (次ページ参照)	(A-4) (ご意見の試験条件ではカバーされない) → 実測評価シナリオ案①
	被干渉側 基地局に遠い (主にセル端)	狭帯域通信	(B-1) (ご意見の試験条件ではカバーされない) → 実測評価シナリオ案②	(B-2) (ご意見の試験条件ではカバーされない) → 実測評価シナリオ案③
		広帯域通信	(B-3) (ご意見の試験条件ではカバーされない) → 実測評価シナリオ案④	(B-4) ご意見の試験条件はここに該当 → 実測評価シナリオ案⑤

全てで
感度抑圧
が発生

実測評価シナリオ案（想定パターンと省略理由：セル全体）

		他社端末の状況(被干渉側基地局に近いもの)	
		狭帯域通信(1RB)	広帯域通信(フルRB)
被干渉側端末の状況 (セル全体)	狭帯域通信	(A-1)	<p>A-4と比較して希望波(1RB)がリソースマネージメントにより干渉を受け難い帯域での通信が可能。希望波が全ての帯域を使用し、干渉を受けやすいA-4がより厳しい条件となるため評価を省略。</p>
		(A-2)	<p>A-4と比較して希望波(1RB)がリソースマネージメントにより干渉を受け難い帯域での通信が可能。希望波が全ての帯域を使用し、干渉を受けやすいA-4がより厳しい条件となるため評価を省略。</p>
	広帯域通信	(A-3)	<p>A-4と比較して干渉波(1RB)の隣接帯域への影響は小さい。また、干渉を受ける範囲が狭く、干渉影響は誤り訂正により影響が低減されるため、干渉を受けやすいA-4がより厳しい条件となるため評価を省略。</p>
		(A-4) シナリオ案①	<p>両端末が、各基地局に近接し、高速通信(フルRB)を実施しているシナリオ。</p>

実測評価シナリオ案（想定パターン：主にセル端）

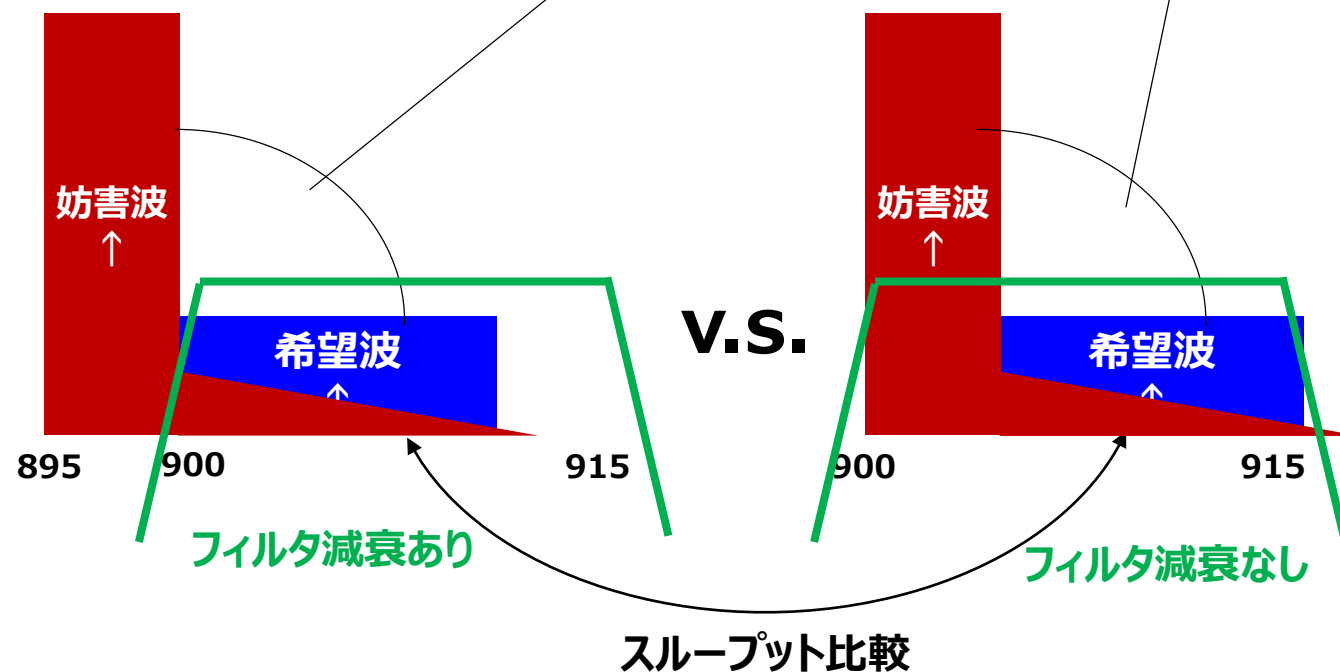
		他社端末の状況(被干渉側基地局に近いもの)		
		狭帯域通信(1RB)	広帯域通信(フルRB)	
被干渉側端末の状況 (主にセル端)	狭帯域通信	<p>(B-1) シナリオ案②</p> <p>被干渉側移動局</p> <p>被干渉側基地局</p> <p>他社基地局</p> <p>他社移動局</p> <p>両端末が、各基地局のセル端に存在し、低速通信(1RB)しているシナリオ。</p>	<p>(B-2) シナリオ案③</p> <p>被干渉側移動局</p> <p>被干渉側基地局</p> <p>他社基地局</p> <p>他社移動局</p> <p>他社端末は基地局に近接し高速通信(フルRB)を実施し、ドコモ端末はセル端で低速通信(1RB)しているシナリオ。</p>	
		<p>(B-3) シナリオ案④</p> <p>被干渉側移動局</p> <p>被干渉側基地局</p> <p>他社基地局</p> <p>他社移動局</p> <p>他社端末はセル端に存在し低速通信(1RB)を実施し、ドコモ端末はセル端で高速通信(フルRB)しているシナリオ。</p>	<p>(B-4) シナリオ案⑤</p> <p>被干渉側移動局</p> <p>被干渉側基地局</p> <p>他社基地局</p> <p>他社移動局</p> <p>他社端末は基地局に近接し高速通信(フルRB)を実施し、ドコモ端末はセル端で高速通信(フルRB)しているシナリオ。</p>	
	広帯域通信			

実測評価シナリオ案① (A-4)

セル全体の自社端末への影響を確認する観点

- 希望波と妨害波の電力比を一定にしながら同時にレベルを上げていき、スループット影響を比較。
- (A-1)、(A-2) は、リソースマネージメントにより、干渉影響を受けにくいRBで通信する動作となる。
(A-3) は、干渉を受ける範囲が狭く、干渉影響は誤り訂正により影響が低減される。一方、(A-4) はリソースマネージメントによる回避ができず、干渉を受ける範囲が広いいため、(A-1) ~ (A-3) よりも厳しい条件となるため、(A-4) にて評価を実施する。

電力比を固定(3GPP ACSの43.5dB等)、可変(一部条件で希望波を可変)して、同時にレベルを上げていく(妨害波が高い場合パワーコントロールにより希望波レベルも上がるため、ACLR影響は見えないと想定)

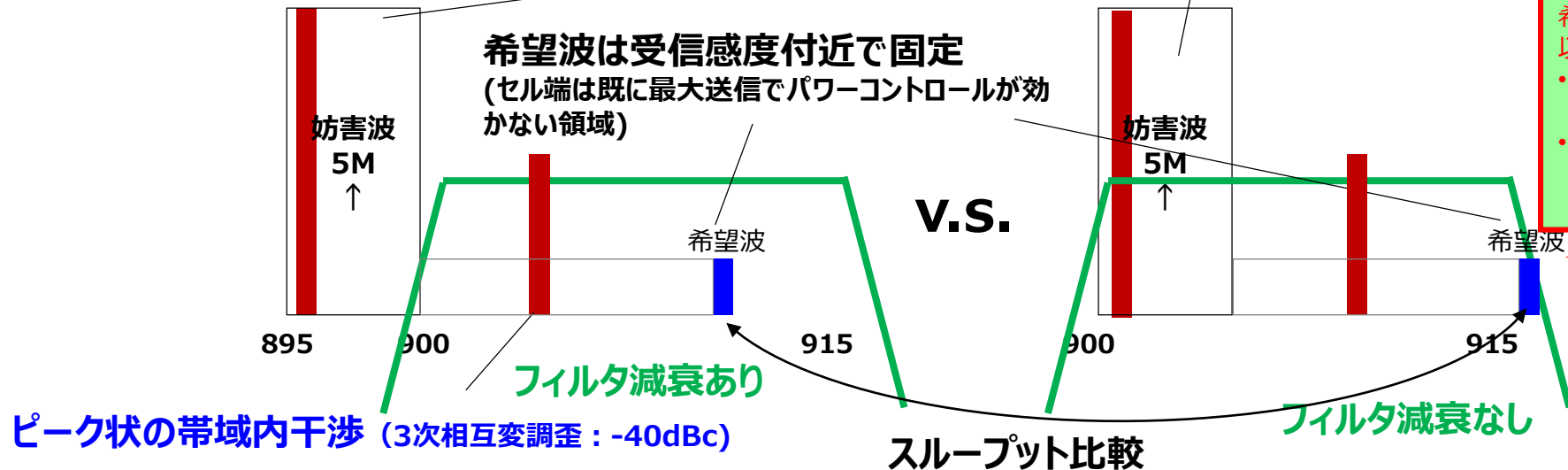


※電力レベルや周波数配置等の具体的な設定については、試験系含めた妥当性や実現性を含めて他事業者様との相談の上進めていきたい。

セル端の自社端末への影響を確認する観点 1

- 他社端末が高い電力で送信している状況は、その端末は他社エリアのセル端付近であることが多いと考えられ、その場合、他社基地局との通信を確保するために単位周波数の電力密度を高めて1RB(180kHz幅)、端末の送信RBを絞っていることが想定される。
 - セル端の自社端末についても、自社基地局との通信を確保するため電力密度を高める必要があり、1ユーザが割当帯域全体のRBを占有することは多くない(=複数ユーザが周波数分割で通信している)と考えられる。
- その場合、帯域内干渉はフルRB送信時に発生するスロープ状のACLRではなく、鋭いピーク(3次の相互変調歪：後半に補足資料)となり、ピークが当たっていない領域は帯域内干渉影響を受ける前に帯域外干渉の影響を受けると考えられるため、この検証を提案する。
- 希望波が狭帯域通信の場合、リソースマネージメントにより、干渉影響を受けにくいRBで通信する動作となる。このような通信環境を模擬するため、3次相互変調歪と異なるRBに配置して評価を実施する。

1RBにして妨害波電力と相互変調歪の電力を上げていく



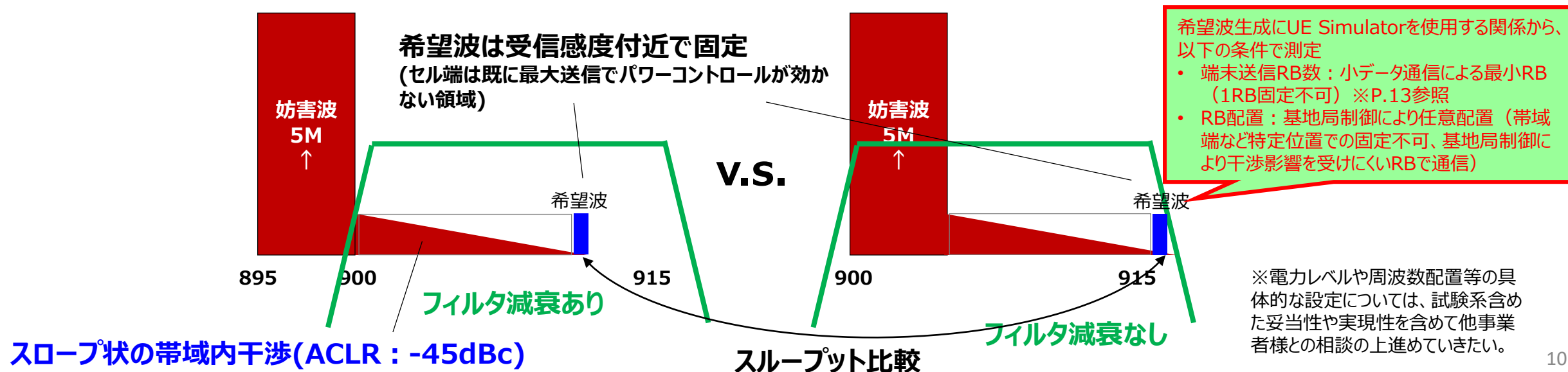
希望波生成にUE Simulatorを使用する関係から、以下の条件で測定

- 端末送信RB数：小データ通信による最小RB (1RB固定不可) ※P.13参照
- RB配置：基地局制御により任意配置 (帯域端など特定位置での固定不可、基地局制御により干渉影響を受けにくいRBで通信)

※電力レベルや周波数配置等の具体的な設定については、試験系含めた妥当性や実現性を含めて他事業者様との相談の上進めていきたい。

セル端の自社端末への影響を確認する観点 2

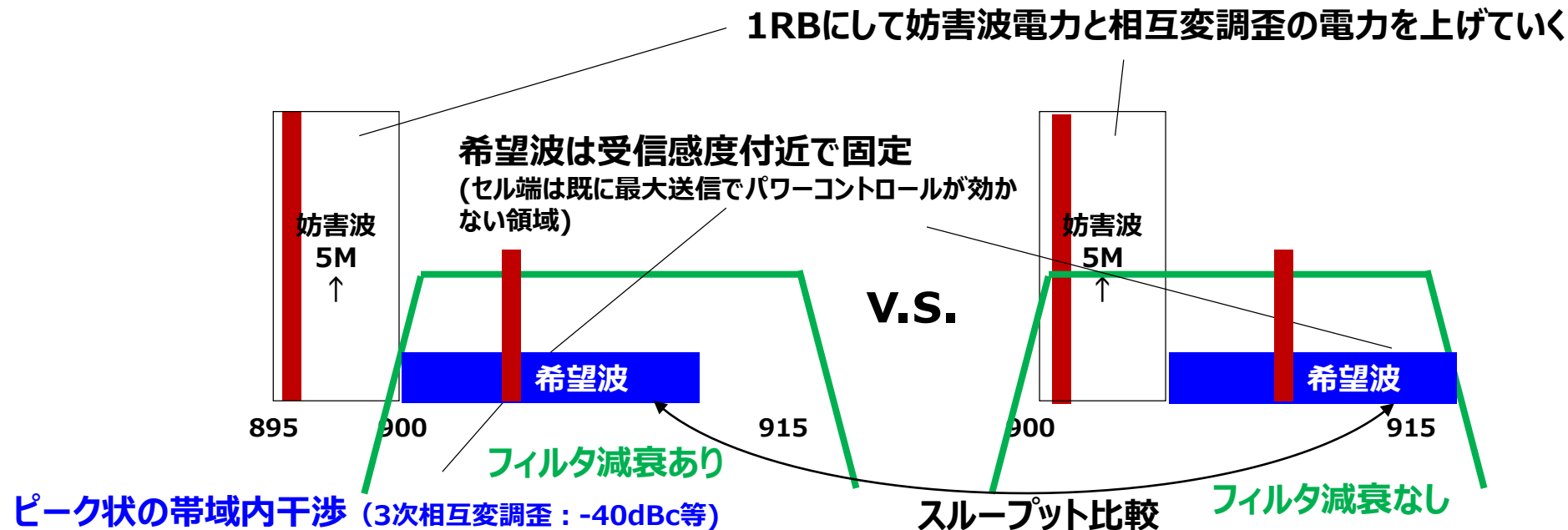
- 他社端末が他社エリアのセル端付近で無い場合であっても、(前ページのようにRB数を絞らずに)高いULスループットを得るためにフルRB等広帯域かつ高い出力で送信している場合も想定される。
 - 自社端末については、前ページと同様、自社基地局との通信を確保するため電力密度を高める必要があり、1ユーザが割当帯域全体のRBを占有することは多くない(=複数ユーザが周波数分割で通信している)と考えられる。
- このとき、セル端付近の自社端末は基地局受信レベルが低くなるが、妨害波から遠い領域に配置されている別の自社ユーザについては、他社端末のスロープ状のACLRの影響を受けていない可能性があると考えられ、この検証を提案する。
- 希望波が狭帯域通信の場合、リソースマネージメントにより、干渉影響を受けにくいRBで通信する動作となる。このような通信環境を模擬するため、帯域内干渉の少なくなるRBに配置して評価を実施する。



実測評価シナリオ案④ (B-3)

セル端の自社端末への影響を確認する観点3

- 他社端末が高い電力で送信している状況は、その端末は他社エリアのセル端付近であることが多いと考えられ、その場合、他社基地局との通信を確保するために単位周波数の電力密度を高めて1RB(180kHz幅)等、端末の送信RBを絞っていることが想定される。
 - 自社端末もセル端付近に存在しつつ、伝送容量が多く、当該セル内にユーザは他におらず、フルRB(9MHz幅)で送信している場合を想定。
- このとき、セル端付近の自社端末は基地局受信レベルが低くなり、妨害波の相互変調歪の影響をうけるRBのみの影響を受けると考えられ、この検証を提案する。

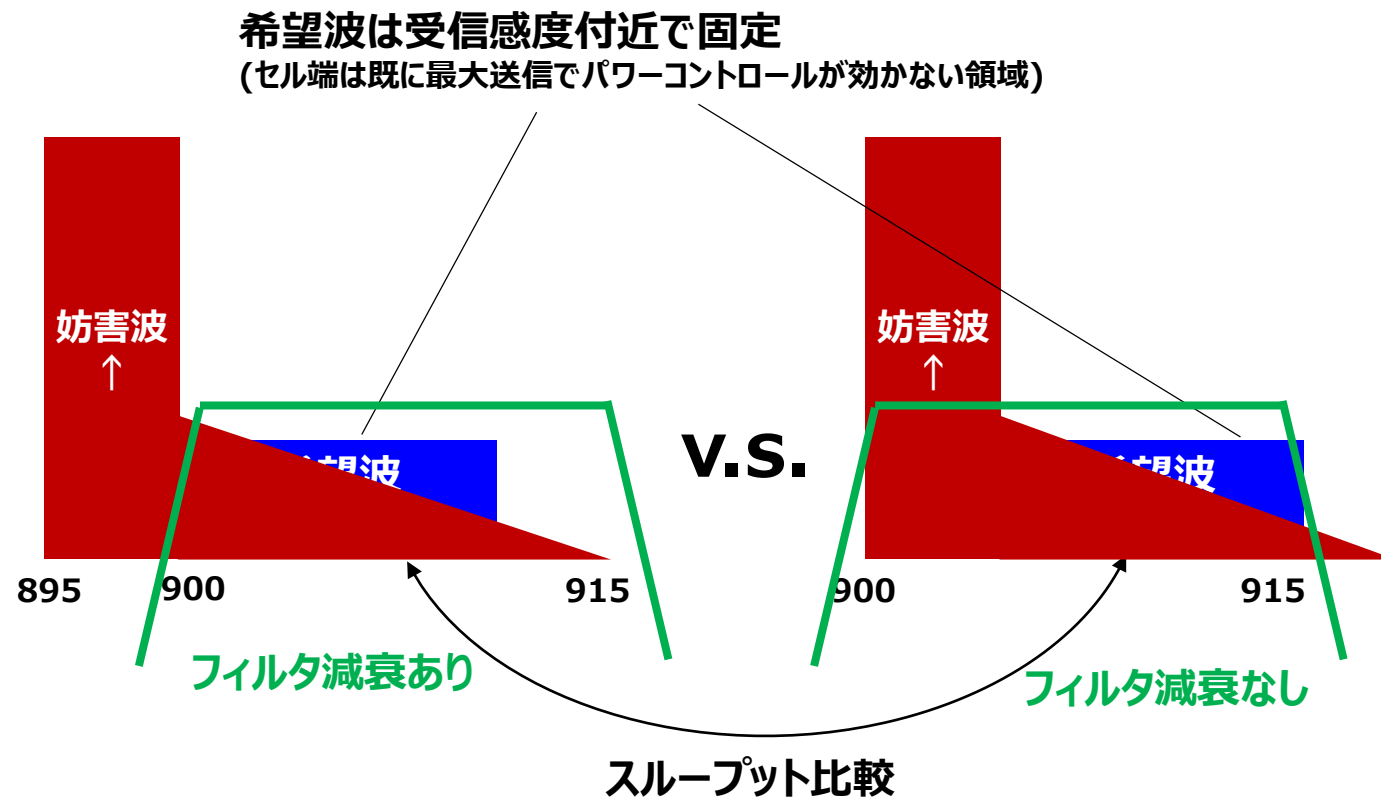


※電力レベルや周波数配置等の具体的な設定については、試験系含めた妥当性や実現性を含めて他事業者様との相談の上進めていきたい。

実測評価シナリオ案⑤ (B-4)

セル端の自社端末への影響を確認する観点 4

- セル端は既に最大電力で送信しているため、さらなるパワーコントロールが効かない領域であることを勘案して、希望波の受信レベルを受信感度付近で固定、妨害波のレベルを上げていき、スループット影響を比較。



妨害波

項目	内容	SB内容
端末送信RB数	1RB 又はフルRB(25RB)相当	変更なし

希望波

項目	内容	SB内容
端末送信RB数	1RB 又はフルRB(50RB)	小データ通信による最小RB※1 又はフルRB(50RB)
変調方式	QPSK	変動※2
符号化率	1/3	同上
確認内容	スループット	変更なし

- ※1 希望波生成にUE Simulatorを使用する関係から、送信RB数として1RB固定が設定できないため
小データ通信により最小RB（狭帯域）で送信するように設定
- ※2 通信品質に応じて動的に変動（変調方式および符号化率は固定不可）
- ※3 妨害波/希望波ともに3GPP36.101 Table 6.6.3.2-1 Note23の規定に従う

NOTE 23: This requirement is applicable only for the following cases:

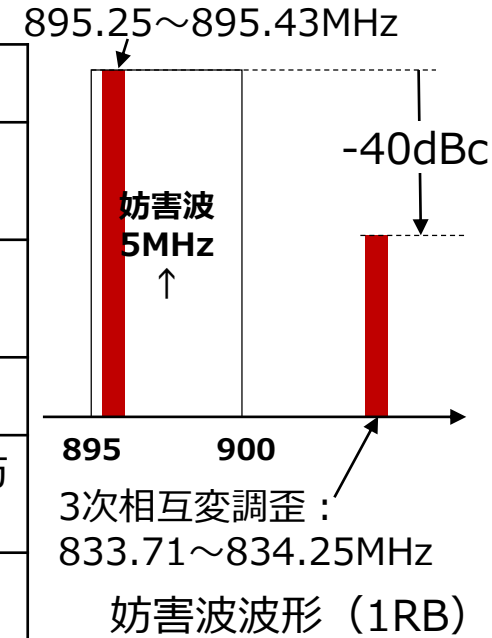
- for carriers of 5 MHz channel bandwidth when carrier centre frequency (F_c) is within the range $902.5 \text{ MHz} \leq F_c < 907.5 \text{ MHz}$ with an uplink transmission bandwidth less than or equal to 20 RB
- for carriers of 5 MHz channel bandwidth when carrier centre frequency (F_c) is within the range $907.5 \text{ MHz} \leq F_c \leq 912.5 \text{ MHz}$ without any restriction on uplink transmission bandwidth.
- for carriers of 10 MHz channel bandwidth when carrier centre frequency (F_c) is $F_c = 910 \text{ MHz}$ with an uplink transmission bandwidth less than or equal to 32 RB with $\text{RB}_{\text{start}} > 3$

評価条件と評価結果イメージ

SB改変版 2022年9月21日

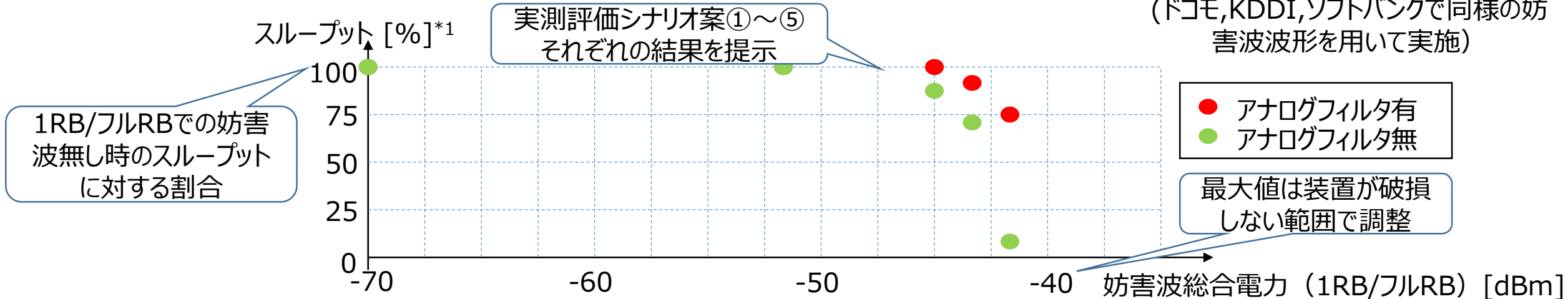
前提条件

項目	前提条件	
希望波の受信電力	セル全体	妨害波レベルから43.5dB、 35dB*2 、 76.5dB*2 低くなるように調整
	セル端	最低受信感度-101.5dBm/4.5MHz、 -95.5dBm/4.5MHz*3
妨害波波形	フルRB時	右図（妨害波波形（フルRB））の通り
	1RB時	25RBの下端に設定、3次相互変調歪のレベルは妨害波の-40dBc
妨害波電力範囲	-70~-40dBm (各装置の耐電力性能に応じて調整)	



832.5MHz	0dB
835.4MHz	-41dB
837.5MHz	-45dB
840.0MHz	-51dB
842.5MHz	-55dB
915.0MHz	-57dB

妨害波波形（フルRB）
※端末の実力値に基づいてモデル化（ドコモ、KDDI、ソフトバンクで同様の妨害波波形を用いて実施）

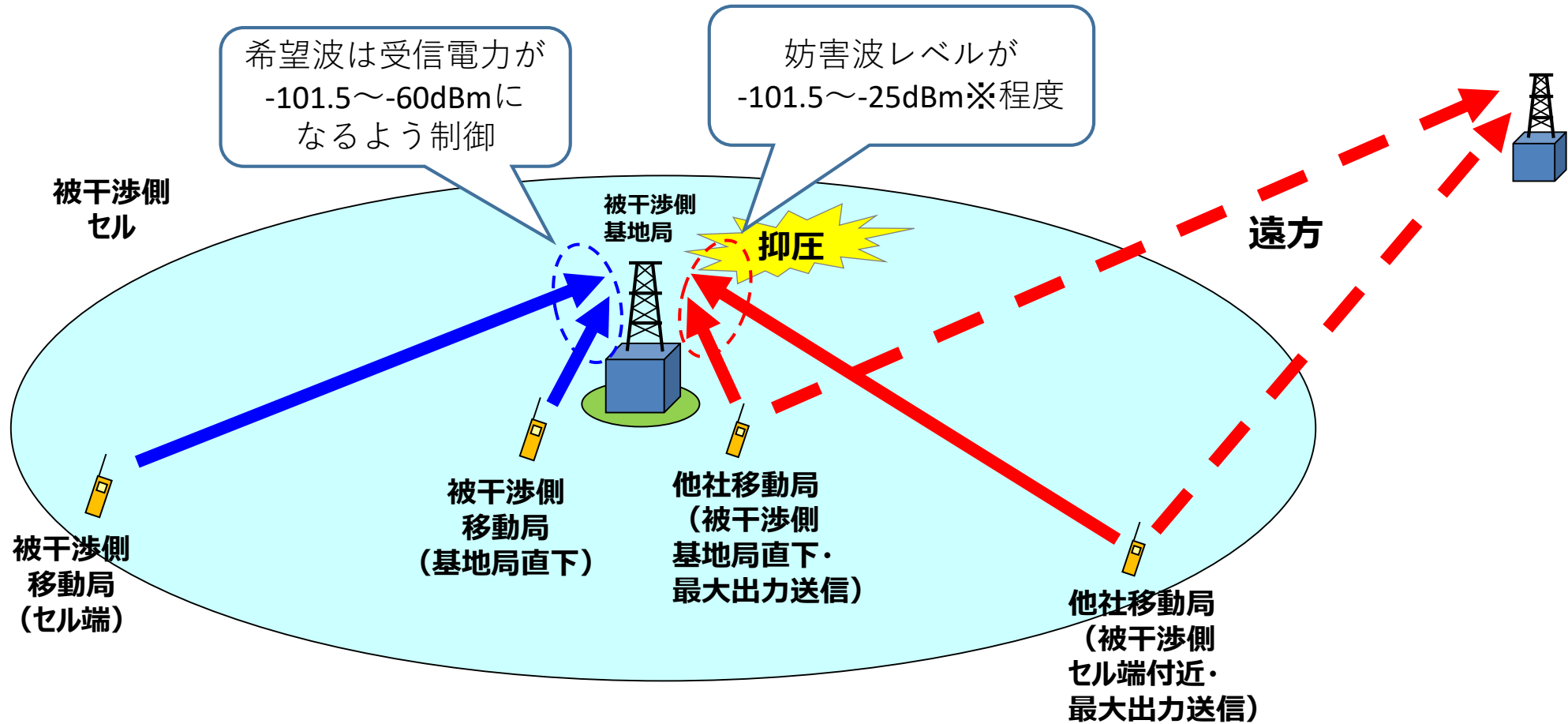


*1 本評価系では、スループット+BLER(Block error rate)=100%

*2 追加評価値（参考1参照）、*3 追加評価値（参考2参照）

希望波生成にUE Simulatorを使用する関係から、BLERが取得不可のため、実測でのスループットで評価

(参考1) セル全体イメージ

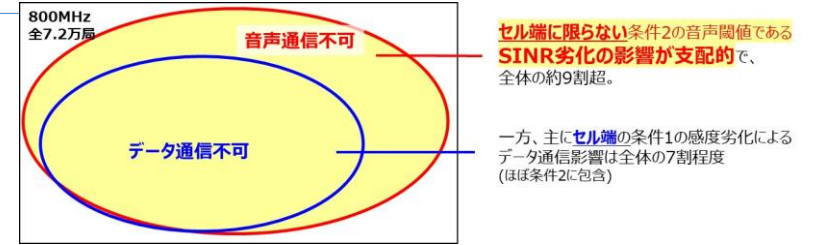


希望波受信電力	妨害波受信電力	妨害波と希望波の電力比	備考
-101.5dBm (最低値)	-25.0dBm (最大値)	76.5 dB	
-60.0dBm (最大値)	-25.0dBm (最大値)	35 dB	
-95.5dBm (受信感度+6dB)	-52.0dBm (妨害波)	43.5 dB	3GPP ACS規定

※ 移動局最大電力：23dBm、周波数：835MHz、距離：38.5m、伝搬モデル：自由空間モデル、基地局アンテナ利得：17dBi、基地局給電損失：3dBより算出

お客様影響の評価内容と評価結果イメージ

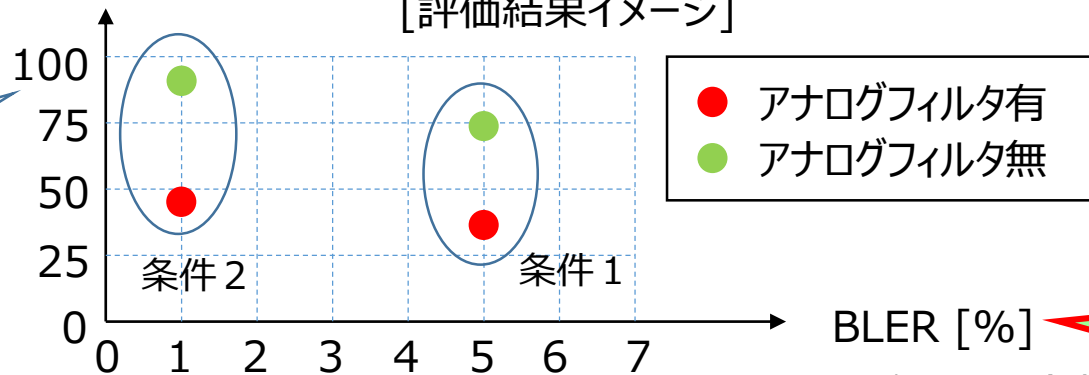
前述の通り、実モニタリングデータを用いた評価では、**セル端に限らない条件2が支配的**という結果が表れています。



- 条件1：現行でUL受信感度付近で通信している端末が、**受信感度6dB劣化でデータ通信影響**
- 条件2：現行でUL受信所要SINR付近で通信している端末が、**SINR劣化で音声通信影響**

	基準値	評価指標	評価値	評価結果
条件1	受信感度	BLER*1	5%、20%*2	評価値以下となる受信電力を測定
条件2	所要SINR	BLER*1	1%、10%*2	評価値以下となるSINRを測定
SB条件1	受信感度	スループット	95%、80%	評価値以上となる受信電力を測定
SB条件2	所要SINR	スループット	99%、90%	評価値以上となるSINRを測定

[評価結果イメージ]



セル内におけるお客様影響を生ずる端末の割合

左記結果と基地局、端末の位置関係、確率の分析を行い、お客様への影響度合いについて算出する。

上記の評価指標のとおり、スループットで評価

*1 BLER(Block error rate)：送信データのブロック単位での誤り率
 $BLER(Block\ error\ rate) = 100\% - \text{スループット (実測)}$
 *2 追加評価値 (参考2 参照)

実機検証のスケジュール（想定）

SB改変版 2022年9月21日

	8月	9月	10月
NTTドコモ	基本項目	追加項目 評価結果の取りまとめ	
KDDI ソフトバンク	基本項目※	追加項目 評価結果の取りまとめ	

【基本項目】

- ・シナリオ案①（妨害波と希望波のレベル差：43.5dB）
- ・シナリオ案②
- ・シナリオ案③
- ・シナリオ案④
- ・シナリオ案⑤（希望波の受信電力：-101.5dBm/4.5MHz）
- ・条件1：スループット値95%
- ・条件2：スループット値99%

前頁の通り、スループットで評価

【追加項目】

- ・シナリオ案①（妨害波と希望波のレベル差：35dB、76.5dB）
- ・シナリオ案⑤（希望波の受信電力：-95.5dBm/4.5MHz）
- ・条件1：スループット値80%
- ・条件2：スループット値90%

前頁の通り、スループットで評価

※ 妨害波波形の形成にドコモ所有フィルタ(予備1台)の借用が必要であり、2社間で貸し借りをしながら試験を行うことを想定。また5G展開等に影響がでない範囲での開発環境の一部や稼働を使用しての測定前提で見積り。

(参考2) 実機検証に関する調整事項

	楽天モバイルからの要望	既存事業者の回答
1	・条件2の評価値BLER=1%をお客様影響の評価指標とするのは現時点では合意できない、音声通話の影響とは、通話ができない、通話が切れる、あるいは通話品質(MOS)が劣化するなど、どの事象を影響と考えるか合意が必要であり、各社には納得できる定量的な説明と1%の評価指標の再検討をお願いしたい	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 条件2の評価指標について再検討し、条件1と同様に、お客様影響の評価指標として、発着信等への影響を勘案した複数パターン(BLER=1%、10%)での評価を実施します。(3社回答)
2	・案⑤について希望波を-95.5dBmの条件でも同様に実測を希望いたします	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 前ページに記載の基本項目の測定に4週間(ドコモ)、6週間(KDDI/ソフトバンク)かかる想定です。(3社回答) ✓ 「項目2: 案⑤の-95.5dBmの条件実施」および「項目3: 条件1での20%、条件2での10%の実施」は、左記2項目の追加により評価期間として追加で2週間(想定)が必要となります。(3社回答)
3	<ul style="list-style-type: none"> ・条件1は5%だけでなく、10%、20%、50%の受信電力測定を希望いたします ・条件2は1%だけでなく、5%、10%、20%となるSINR測定を希望いたします 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 「項目2: 案⑤の-95.5dBm」は既存事業者の品質劣化を前提としているため許容できるものではありません。(ソフトバンク)
4	条件2で800/900MHz帯に影響が出る場合、他周波数帯のカバーエリアであればSINRのよい他周波数帯で通信の維持が可能と考えますがいかがでしょうか。	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 「他の帯域を使わざるを得ない状況」は、すなわち、既存事業者の800MHz/900MHzのシステムが、他社から混信等の妨害を受けている状況となる。 ✓ これは、電波法第56条における「他の無線局の運用を阻害するような混信等を与えないように運用しなければならない」との規定に抵触するおそれがあるのではないか。 ✓ なお、他の帯域が使えるかどうかも含めて評価を行うことについては、場所、時間帯によって使用状況は様々であり、3社においても状況は異なるため、他の帯域の活用も含めて総合的にユーザへの影響を評価することは現実的に困難である。(3社回答)