

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
V-High帯公共BB／狭帯域無線システム作業班(第9回)

公共BBと狭帯域IoT無線システムとの共用検討について(案)

令和7年9月3日

V-High帯公共BB／狭帯域無線システム作業班・アドホックグループ
株式会社国際電気、日本無線株式会社
株式会社スペースタイムエンジニアリング、自営無線通信研究所

目次

1. はじめに
2. 公共BB(CH2～CH9)が被干渉の場合の狭帯域IoT無線システムとの共用条件
 - 2.1 共用検討条件の考え方
 - 2.2 与干渉側(狭帯域IoT無線システム)の検討条件
 - 2.3 被干渉側(公共BB)の検討条件
 - 2.4 共用検討結果(被干渉:公共BB)
 - 2.5 狭帯域IoT無線システムの同時送信数と干渉量の関係について
3. 公共BB(CH2～CH9)が与干渉の場合の狭帯域IoT無線システムとの共用条件
 - 3.1 共用検討条件の考え方
 - 3.2 与干渉側(公共BB)の検討条件
 - 3.3 被干渉側(狭帯域IoT無線システム)の検討条件
 - 3.4 共用検討結果(与干渉:公共BB)
4. 公共BB(CH1)と狭帯域IoT無線システムとの同一周波数共用条件

参考資料1 D/U実測値による隣接周波数共用条件の検討 (D波:公共BB、U波:狭帯域IoT)

参考資料2 D/U実測値による隣接周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参考資料3 D/U実測値による同一周波数共用条件の検討 (D波:公共BB、U波:狭帯域IoT)

参考資料4 D/U実測値による同一周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

1. はじめに

■本紙では、公共BBと狭帯域IoT無線システムとの共用条件について、隣接周波数共用(公共BB:CH2～CH9)及び、同一周波数共用(公共BB:CH1)の場合について、報告する。

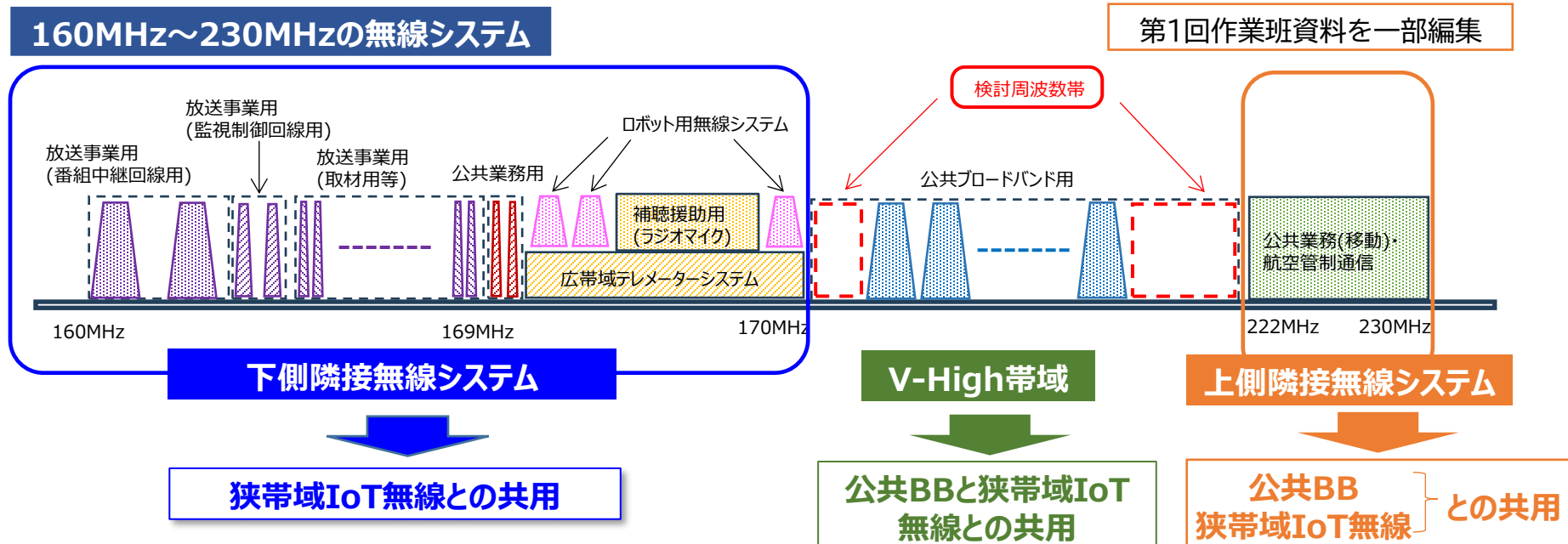
(1) 公共BB(CH2～CH9)が被干渉の場合

- ① 公共BB(現行帯域)【被干渉】 ← 狭帯域IoT無線システム(下側帯域)【与干渉】
- ② 公共BB(帯域拡張)【被干渉】 ← 狭帯域IoT無線システム(上側帯域)【与干渉】

(2) 公共BB(CH2～CH9)が与干渉の場合

- ① 公共BB(現行帯域)【与干渉】 → 狭帯域IoT無線システム(下側帯域)【被干渉】
- ② 公共BB(帯域拡張)【与干渉】 → 狭帯域IoT無線システム(上側帯域)【被干渉】

(3) 公共BB(CH1)が与干渉・被干渉の場合



2. 公共BB(CH2～CH9) が被干渉の場合の 狭帯域IoT無線システムとの共用条件

2. 公共BB(CH2～CH9)が被干渉の場合の狭帯域IoT無線システムとの共用条件

2.1 共用検討条件の考え方

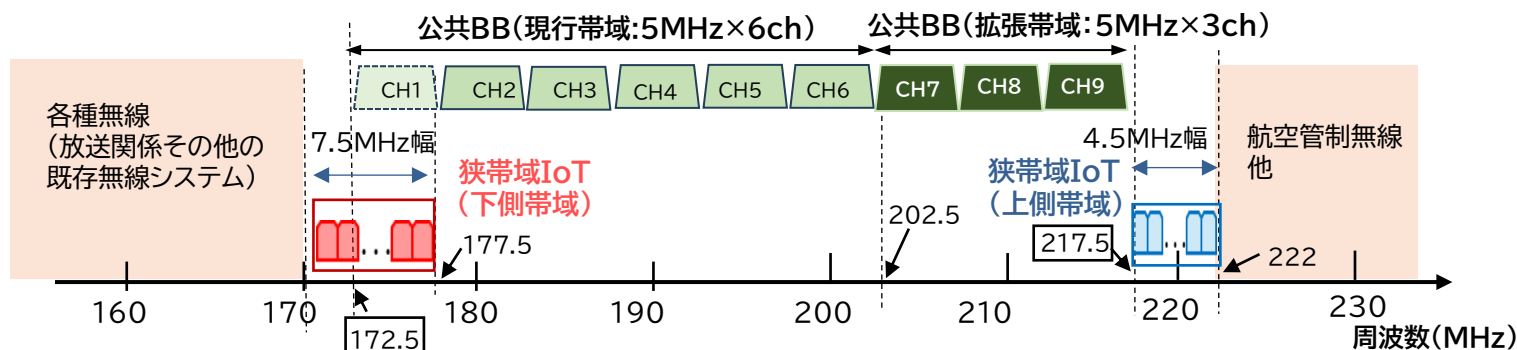
(1) 公共BBと狭帯域IoT無線システム間の共用条件については、同一帯域内の自システムとして、所要離隔距離の短縮化の可能性を主眼に、以下の2つの手法により、所要離隔距離の検討を行う考え方とした。

- 手法1: これまでの隣接帯域の他の無線システムとの共用検討と同様に、与干渉局の干渉電力等の規定値により、所要離隔距離を算出した。
- 手法2: 与干渉局の干渉電力実力値及び、両システム間のD/U^[※]実測値(参考資料1)により、それぞれ所要離隔距離を算出した。

※: 公共BBの所要回線品質(BER=1×10⁻⁶)が得られるD/U値 (希望波レベル(Desired)/妨害波レベル(Undesired)比)

(2) 公共BBのCH2～CH9との共用条件を検討するため、当該バンドエッジ(177.5MHz、217.5MHz)に着目して共用検討を実施した。

■公共BB及び狭帯域IoT無線の周波数配置



2. 公共BB(CH2～CH9)が被干渉の場合の狭帯域IoT無線システムとの共用条件

2.1 共用検討条件の考え方 (つづき)

(3) 許容干渉レベルによる所要離隔距離の検討については、これまでと同様に、以下の考えとした。

- ① 狭帯域IoT無線システムから公共BBへの干渉電力は、不要発射の強度の許容値が支配的になることから、隣接システムについては、当該干渉電力によって検討した。【参照:付図1】

- 不要発射の強度の許容値 規定値 = $-30\text{dBm}/100\text{kHz}$ (EIRP)以下 を踏襲する
(空中線利得を含む(下側帯域: 6dBi 以下、上側帯域: 10dBi 以下))

- ② 狭帯域IoT無線システムから公共BBへの干渉電力は、不要発射の強度の許容値が支配的になることから、隣接システムに狭帯域IoTから公共BBへの与干渉軽減手段として、上側隣接帯域(対航空管制通信システム)と同様な干渉抑圧フィルタを使用することを前提に、所要離隔距離の短縮について検討した。

- フィルタの遮断減衰量 = 30dB 【第4回作業班資料4-4】

- ③ 所要離隔距離を試算する電波伝搬モデルは、過去の情報通信審議会等における検討モデルを踏襲して検討した。【参照:付図2】

- 伝搬モデル: 拡張奥村秦式(地上一地上)及び、自由空間伝搬損失(上空や山上局等を含む場合)
- ここで、所要離隔距離については、公共BBの空中線利得が最大値(10dBi)の場合が最大値(最悪条件)となる。なお、公共BB(移動局、携帯局: 上空利用)において、主に利用が想定される空中線(2dBi)を考慮した場合は、上記に対して 8dB のマージンを有することに相当する。

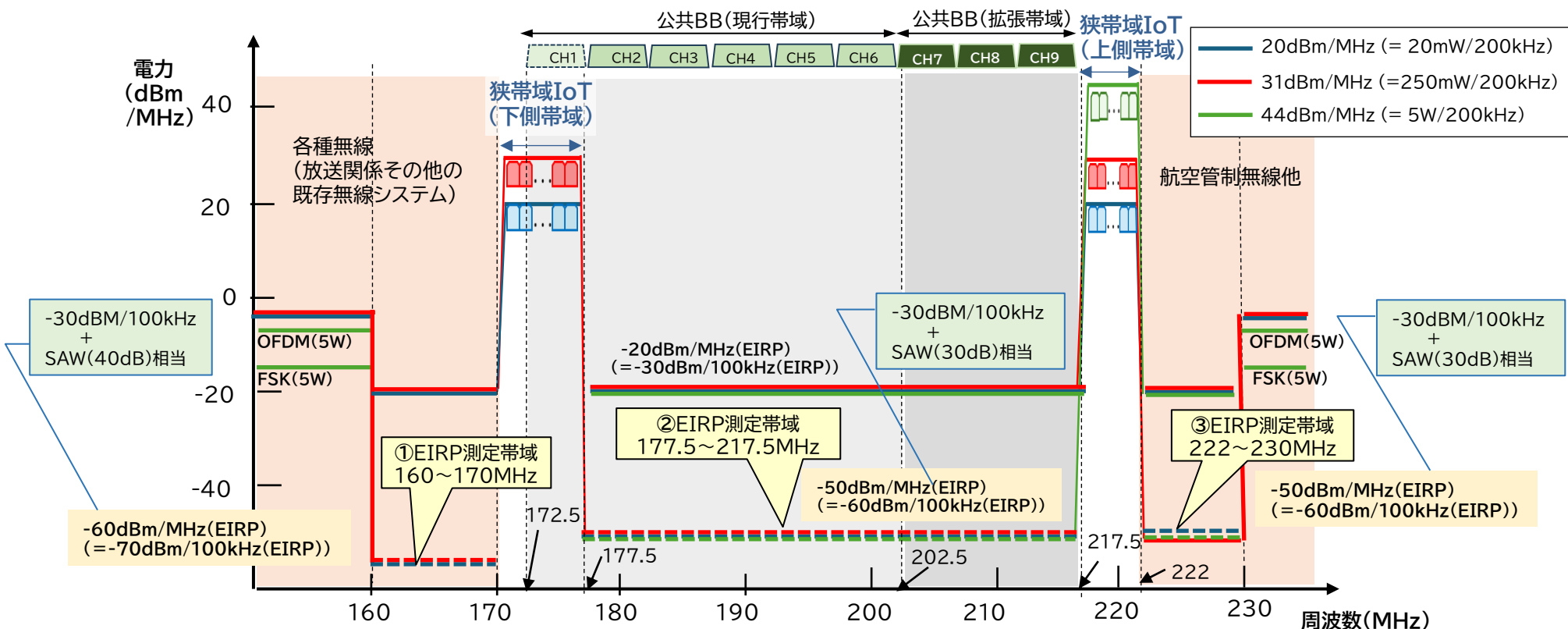
■ 共用条件(所要離隔距離)の試算に使用した、各システムの諸元一覧を次紙以降に示す。

付図1 狭帯域IoTの不要発射の強度の許容値(案)【第6回作業班資料を更新】

6

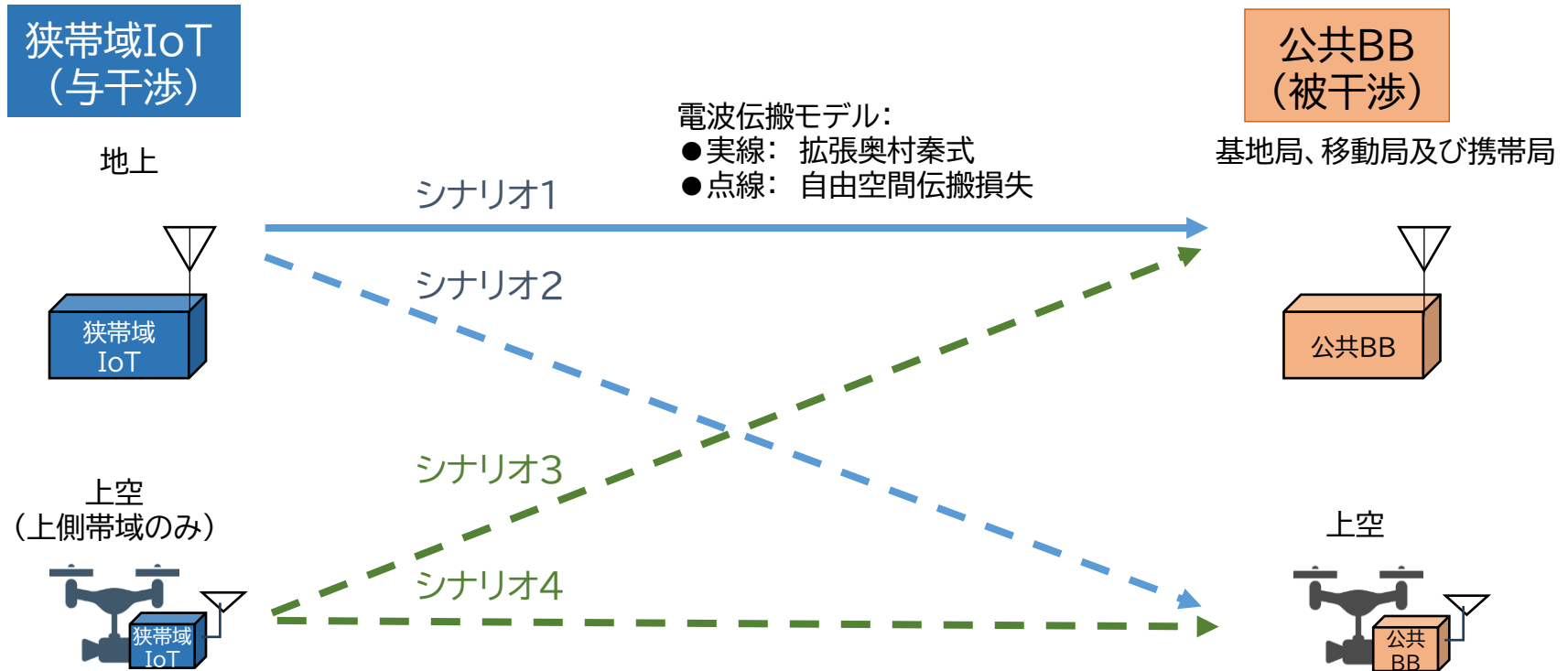
■狭帯域IoT無線システムにおける、不要発射の強度の許容値(隣接システムに対する最大不要発射レベル)については、下図のように想定した。

- 狭帯域IoT無線システムから隣接周波数帯(下図①～③)への干渉電力は、不要発射の電力が支配的になる。
- 不要発射の強度の許容値：-30dBm/100kHz(EIRP)・・・等価等方輻射電力(EIRP)にて規定(※)
- ✓ ①～③に帯域については、フィルタの挿入により、さらに30dB又は40dB減衰させることを前提としていることから、フィルタの実装形態を踏まえ、それぞれ -60dBm/100kHz又は-70dBm/100kHz とする可能性がある。
- ✓ 公共BB(帯域拡張)に対しては、上側隣接帯域と同様規定(-60dBm/100kHz相当(フィルタ減衰量を含む))を適用。



(注) グラフの実線部分は、便宜上、いずれもチャンネルの帯域幅や参照帯域幅に電力が均一に分布するとの仮定の下で、1MHzあたりの数値に換算。

■狭帯域IoT無線システムから公共BB(被干渉側)への干渉シナリオ



- シナリオ1: 狭帯域IoT(地上) → 公共BB(基地局及び移動局) 【拡張奥村秦式】
- シナリオ2: 狭帯域IoT(地上) → 公共BB(携帯局(上空)) 【自由空間伝搬損失】
- シナリオ3: 狭帯域IoT(上空@上側帯域) → 公共BB(基地局及び移動局) 【自由空間伝搬損失】
- シナリオ4: 狭帯域IoT(上空@上側帯域) → 公共BB(携帯局(上空)) 【自由空間伝搬損失】

■与干渉側の検討条件：狭帯域IoT無線システム

- (1) 下表に示す基本的な規定値を下表に示す。(第6～7回作業班資料を反映)
- (2) 狭帯域IoT無線システムから下側隣接システムへの干渉電力は、不要発射の強度の許容値が支配的になることから、当該漏えい電力による干渉について共用検討を実施した。
- (3) 狭帯域IoT無線システムから公共BBへの与干渉軽減手段として、上側隣接帯域(対航空管制通信システム)と同様な干渉抑圧フィルタを使用することを前提に、所要離隔距離の短縮について検討する考え方とした。
(隣接システムへの与干渉電力(合計):「不要発射の強度の許容値」-「干渉抑圧フィルタ(遮断減衰量)」)

検討諸元		帯域		狭帯域IoT無線システム	
		帯域		下側帯域	上側帯域
空中線電力				20 mW または 250 mW以下 (海上・上空利用はなし)	5W以下 (上空利用:1W以下)
変調方式				FSK、OFDM	
漏えい電力 (自システム)	隣接CH			-20~-25dBc以下	
	次隣接CH			-35dBc以下	
漏えい電力 (隣接周波数帯)	不要発射の 強度の許容値			-30 dBm /100 kHz 以下(EIRP) ^(※1)	
空中線利得 ^(※2)				6dBi ^(※3)	10dBi ^(※3)
空中線高				3m	3m (上空: -)
給電線損失				0 dB	0 dB
干渉抑圧フィルタ(遮断減衰量)				30dB(上側隣接帯域と同様)	

※1: 空中線利得を含む

※2: ただし、空中線電力の低減や給電線損失を補う分の増加は認められる

※3: 表中の値は、最大値を示す。ここで、主に使用が想定される移動局及び、上空利用(UAV運用)にあっては、空中線利得:2dBi が見込まれる。

(注) 空中線高が高く、自由空間伝搬損失を電波伝搬モデルとして採用する場合、空中線高は試算パラメータに属さないため、“-”にて表記

2.3 被干渉側(公共BB)の検討条件

■被干渉側の検討条件：公共BB

検討諸元	局種	公共BB			
		基地局	移動局		携帯局(上空)
			可搬型基地局	可搬型基地局以外	
空中線利得 ^(※1)	10dBi ^(※2)				
空中線高	30m	3m	1.5m	— ^(※3)	
給電線損失	2dB	0dB			
許容干渉レベル	下側帯域:-101.8dBm/MHz、上側帯域:-104.0dBm/MHz				

※1: ただし、空中線電力の低減や給電線損失を補う分の増加は認められる

※2: 表中の値は、最大値を示す。ここで、主に使用が想定される移動局及び携帯局(上空) にとっては、空中線利得:2dBi が見込まれる。

※3: 空中線高は考慮せず、無線局間の絶対距離にて伝搬損失を計算した(自由空間伝搬損失式を適用)

出典: 資料72-1-2、[情報通信審議会 情報通信技術分科会資料\(第72回会合\)\(2010年3月30日開催\)](#)

(公共BBの許容干渉レベル:-101.8dBm/MHz(@170.0MHz)、-104.0dBm/MHz(@202.5MHz))

2.4 共用検討結果(被干渉:公共BB)

(1) 下側隣接帯域: 公共BB(被干渉側)と狭帯域IoT無線システムとの共用条件

手法1による、不要発射の強度(規定値)に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

なお、公共BB(移動局、携帯局:上空利用)において、主に利用が想定される空中線(2dBi)を考慮した場合の所要離隔距離は、実効的に、携帯局(上空)で66mとなる。

被干渉・公共BB		与干渉・狭帯域IoT無線システム(下側隣接帯域)		伝搬モデル	干渉シナリオ
無線局種別	空中線利得	不要発射の強度	所要離隔距離(m)		
基地局	10dBi	-60dBm/100kHz (EIRP@規定値)*	76	拡張奥村秦モデル	シナリオ1
移動局(可搬型基地局)			56		
移動局(可搬型基地局以外)			55		
携帯局(上空)			166	自由空間伝搬損失	シナリオ2

*:干渉抑圧フィルタ 遮断減衰量(30dB)及び空中線利得(6dBi以下)を含む

(2) 上側隣接帯域: 公共BB(被干渉側)と狭帯域IoT無線システムとの共用条件

手法1による、不要要発射の強度(規定値)に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。なお、狭帯域IoT無線において主に利用が想定される空中線(2dBi)を考慮した場合の所要離隔距離は、実効的に、携帯局(上空)で70mとなる。

① 狭帯域IoT無線システム: 陸上利用(上空利用以外)の場合

被干渉・公共BB		与干渉・狭帯域IoT無線システム(上側隣接帯域: 地上)		伝搬モデル	干渉シナリオ
無線局種別	空中線利得	不要発射の強度	所要離隔距離(m)		
基地局	10dBi	-60dBm/100kHz (EIRP@規定値)*	78	拡張奥村秦モデル	シナリオ1
移動局(可搬型基地局)			57		
移動局(可搬型基地局以外)			55		
携帯局(上空)			174	自由空間伝搬損失	シナリオ2

*:干渉抑圧フィルタ 遮断減衰量(30dB)及び空中線利得(6dBi以下)を含む

2.4 共用検討結果(被干渉:公共BB)

(2)上側隣接帯域： 公共BB(被干渉側)と狭帯域IoT無線システムとの共用条件(つづき)

手法1による、不要要発射の強度(規定値)に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。なお、狭帯域IoT無線において主に利用が 想定される空中線(2dBi)を考慮した場合の所要離隔距離は、実効的に、移動局(上空)で70mとなる。

② 狭帯域IoT無線システム： 上空利用の場合

被干渉・公共BB		与干渉・狭帯域IoT無線システム(上側隣接帯域：上空)		伝搬モデル	干渉 シナリオ
無線局種別	空中線利得	不要発射の強度	所要離隔距離(m)		
基地局	10dBi	-60dBm/100kHz (EIRP@規定値)*	139	自由空間伝搬損失	シナリオ3
移動局(可搬型基地局)			174		
移動局(可搬型基地局以外)			174		
携帯局(上空)			174		シナリオ4

*:干渉抑圧フィルタ 遮断減衰量(30dB)及び空中線利得(6dBi以下)を含む

2.4 共用検討結果(被干渉:公共BB)

■ 所要離隔距離の試算手法による結果の比較

手法1(干渉電力規定値による検討)と手法2(D/U実測値による検討:参考資料1)による所要離隔距離の試算結果の比較を、以下に示す。手法2による結果が、実効的に所要離隔距離が短い結果にある(OFDMは±2.5MHz以遠の場合)。

被干渉・公共BB(10dBi)	与干渉・狭帯域IoT無線システム*1					伝搬 モデル	干渉 シナリ オ#
無線局種別	帯域	所要離隔距離(m)					
		手法1(規定値)*2	手法2(D/U実測値)				
			FSK	OFDM			
				離調周波数: ±2.5MHz以内	離調周波数: ±2.5MHz以遠		
基地局	下側 帯域	76	<1	170	<1	拡張 奥村秦	#1
移動局(可搬型基地局)		56	31	76	31		
移動局(可搬型基地局以外)		55	31	72	31		
携帯局(上空)		166	31	610	31	自由空間	#2
基地局	上側 帯域	78	59	340	59	拡張 奥村秦	#1
移動局(可搬型基地局)		57	51	110	51		
移動局(可搬型基地局以外)		55	50	95	50		
携帯局(上空)		174	110	2,200	110	自由空間	#2
基地局	上側 帯域 (上空)	139	39	780	39	拡張 奥村秦	#3
移動局(可搬型基地局)		174	49	1,000	49		
移動局(可搬型基地局以外)		174	49	1,000	49		
携帯局(上空)		174	49	1,000	49	自由空間	#4

*1:干渉抑圧フィルタ 遮断減衰量(30dB)及び空中線利得(6dBi以下)を含む

*2:不要発射の強度 -60dBm/100kHz(EIRP)

2.4 共用検討結果(被干渉:公共BB)

■ 共用検討結果：（公共BBが被干渉の場合）

狭帯域IoT無線システムが与干渉(公共BB:被干渉)となる場合の共用条件は、以下のとおりである。

- 所要離隔距離は、規定値による試算(手法1)にあっては前述のとおりである。これに対して、両システム間のD/U実測値(手法2)を考慮すれば、実効的に、所要離隔距離の短縮が見込まれる結果にある。さらに、両システムにおいて、主に利用が想定される空中線(2dBi)を考慮した場合は、実効的に、所要離隔距離の短縮が見込まれる。
- 狭帯域IoT無線システム側におけるフィルタ挿入による改善量確保ならびに、送信機の実測値マージンのほか、実運用環境下においては、さらに指向性減衰等による改善が見込まれる。
- 公共BBの上空利用にあっては、それぞれの空中線の垂直面指向性の俯角損失が見込める方向であることから、干渉の軽減が見込まれる。
- 以上より、下側及び上側隣接帯域における狭帯域IoT無線システムと公共BBの近接運用にあっては、双方共に移動運用であることを踏まえると、継続的な被干渉が起こる可能性は低く、共用が可能と考えられる。

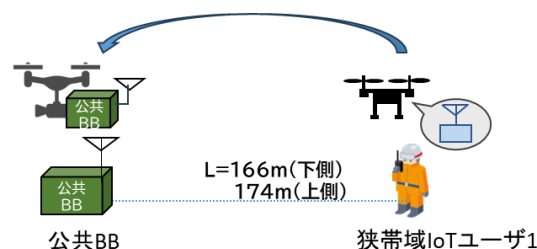
2.5 狭帯域IoT無線システムの同時送信数と干渉量の関係について

■ 検討条件

- 狭帯域IoT無線システムにはキャリアセンスがあるため、不要発射の関係となる周波数を使用した場合が最も近距離で同時送信が可能となり、不要発射の強度の許容値(-30dBm/100kHz)の電波が伝搬し、狭帯域IoT無線システムのキャリアセンスレベル(下側帯域:-80dB、上側帯域:-65dBm(暫定))を下回る距離Rは、下側帯域で79m、上側帯域で11mである。
- 公共BBと狭帯域IoT無線システムの所要離隔距離Lが、下側帯域で166m、上側帯域で174mであるとして検討を行う。
- 最小CH幅(200kHz)におけるチャンネル数を同時送信の上限とする(下側帯域:37CH、上側帯域:22CH)

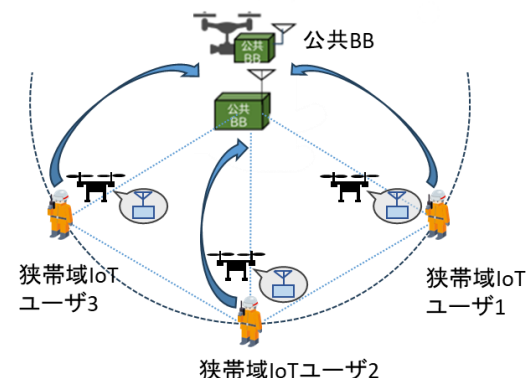
【狭帯域IoT無線システムが1台の場合】

狭帯域IoT無線システムが1台の場合の干渉量を基準とする。



【狭帯域IoT無線システムがN台の場合】

キャリアセンスによる狭帯域IoT同士の距離を考慮し同時送信時の与干渉電力(総和)が最大となる台数Nを求める。



■ 検討結果

- 下側帯域については、キャリアセンスによる狭帯域IoT同士の距離(79m)と所要離隔距離(166m)の関係を考慮すると、7台時が最大となり、最大干渉量は1台分の7倍(8.5dB増)となる。
- 上側帯域については、チャンネル数の上限(200kHz幅で22チャンネル)の範囲で、キャリアセンスによる狭帯域IoT同士の距離(11m)と所要離隔距離(174m)の関係を考慮すると、最大7台となり、最大干渉量は1台分の7倍(8.5dB増)となる。

■ 狭帯域IoT無線システムの同時送信の影響については、狭帯域IoT無線システムのグループが複数集まることは稀であり、送信機の実力マージンや、双方共に移動運用であることを踏まえると、実運用環境下においては指向性減衰等が見込まれることから、継続的な被干渉が起こる可能性は低く、共用が可能と想定される。

3. 公共BB(CH2～CH9)が与干渉の場合の 狭帯域IoT無線システムとの共用条件

3. 公共BB(CH2～CH9)が与干渉の場合の狭帯域IoT無線システムとの共用条件

3.1 共用検討条件の考え方

(1)公共BBと狭帯域IoT無線システム間の共用条件については、同一帯域内の自システムとして、所要離隔距離の短縮化の可能性を主眼に、手法2の検討を追加する考え方とした。

- 手法1：これまでの隣接帯域の他の無線システムとの共用検討と同様に、与干渉局の干渉電力等の規定値により、所要離隔距離を算出した。
- 手法2：与干渉局の干渉電力実力値及び、両システム間のD/U実測値(参考資料2)により、それぞれ所要離隔距離を算出した。

(2)公共BBから狭帯域IoT無線システムへの与干渉電力は、周波数配置の関係から、以下の漏えい電力が支配的となる。ここでは、当該漏えい電力の値をもとに、所要離隔距離を試算した。なお、過去の情報通信審議会等報告書等の参照、引用に際し、「規定値」のほか、「実測値又は規定値に対する実測値マージン」が示されている場合は、当該値を適用して検討した。【参照:付図3】

公共BB該当チャネル	支配的な漏えい電力	適用値
CH2、又はCH9(拡張帯域)	隣接CH漏えい電力	規定値: -30dBc(基地局)、-21dBc(移動局及び携帯局) 実測値マージン(規定値に対する改善量): -20dB ^[*1]
CH3、又はCH8(拡張帯域)	次隣接CH漏えい電力	規定値: -50dBc(基地局)、-41dBc(移動局及び携帯局) 実測値マージン(規定値に対する改善量): -20dB ^[*1]
CH4、又はCH7(拡張帯域)	スプリアス電力	規定値: -25dBm/100kHz(基地局)、 -30dBm/100kHz(移動局及び携帯局)

3.1 共用検討条件の考え方 (つづき)

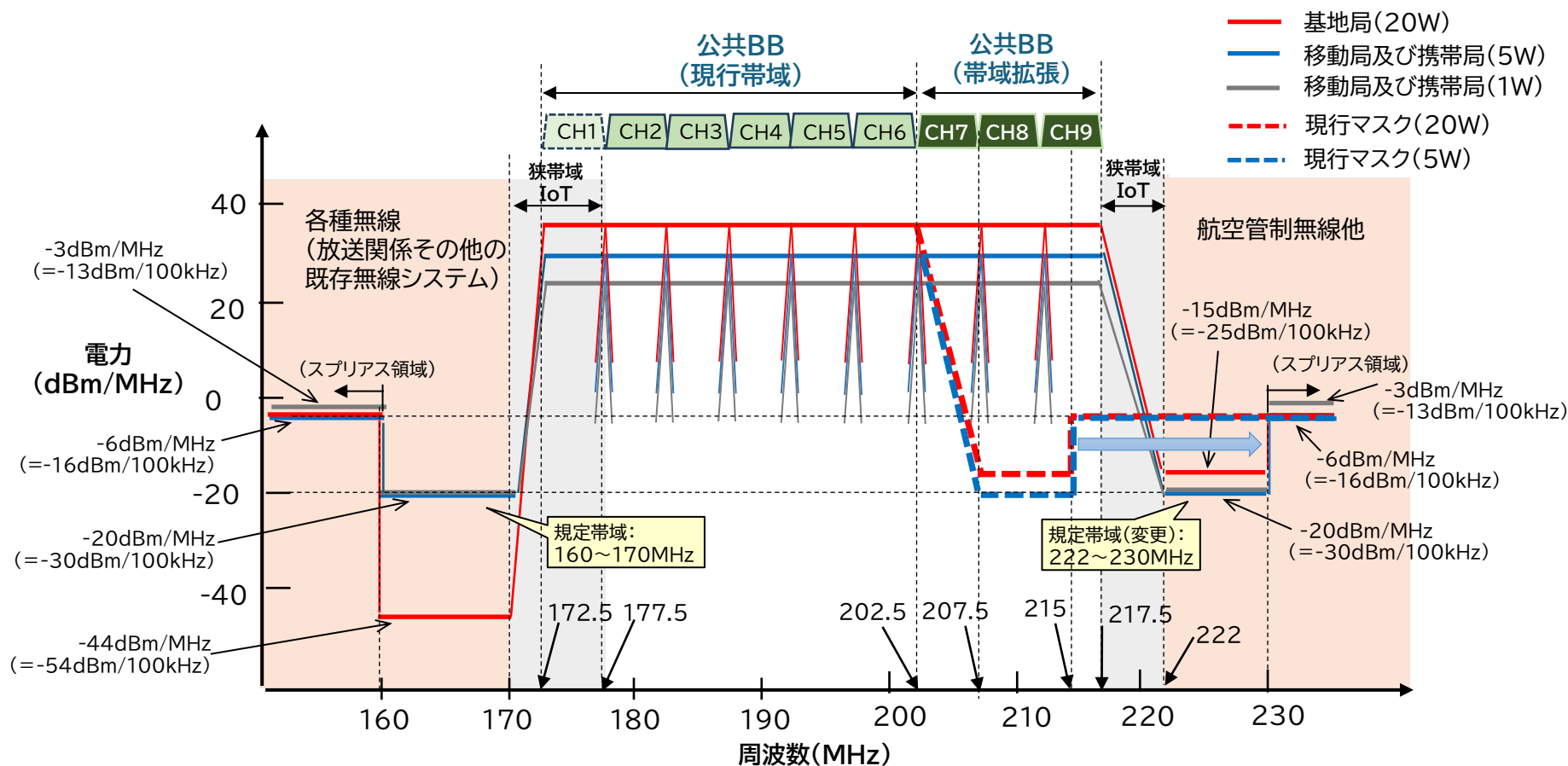
(3)所要離隔距離を試算する電波伝搬モデルは、過去の情報通信審議会等における検討モデルを踏襲して検討を進めることとした。【参照:付図4】

- 伝搬モデル: 拡張奥村秦式(地上一地上)及び、自由空間伝搬損失(上空や山上局等を含む場合)
- ここで、所要離隔距離については、狭帯域IoTの空中線利得が最大値(下側帯域: 6dBi、上側帯域: 10dBi)の場合が最大値(最悪条件)となる。なお、例えば、狭帯域IoT無線において、主に利用が想定される空中線(2dBi)を考慮した場合は、上記に対して4又は8dBのマージンを有することに相当する。

共用条件(所要離隔距離)の試算に使用した、各システムの諸元一覧を次紙以降に示す。

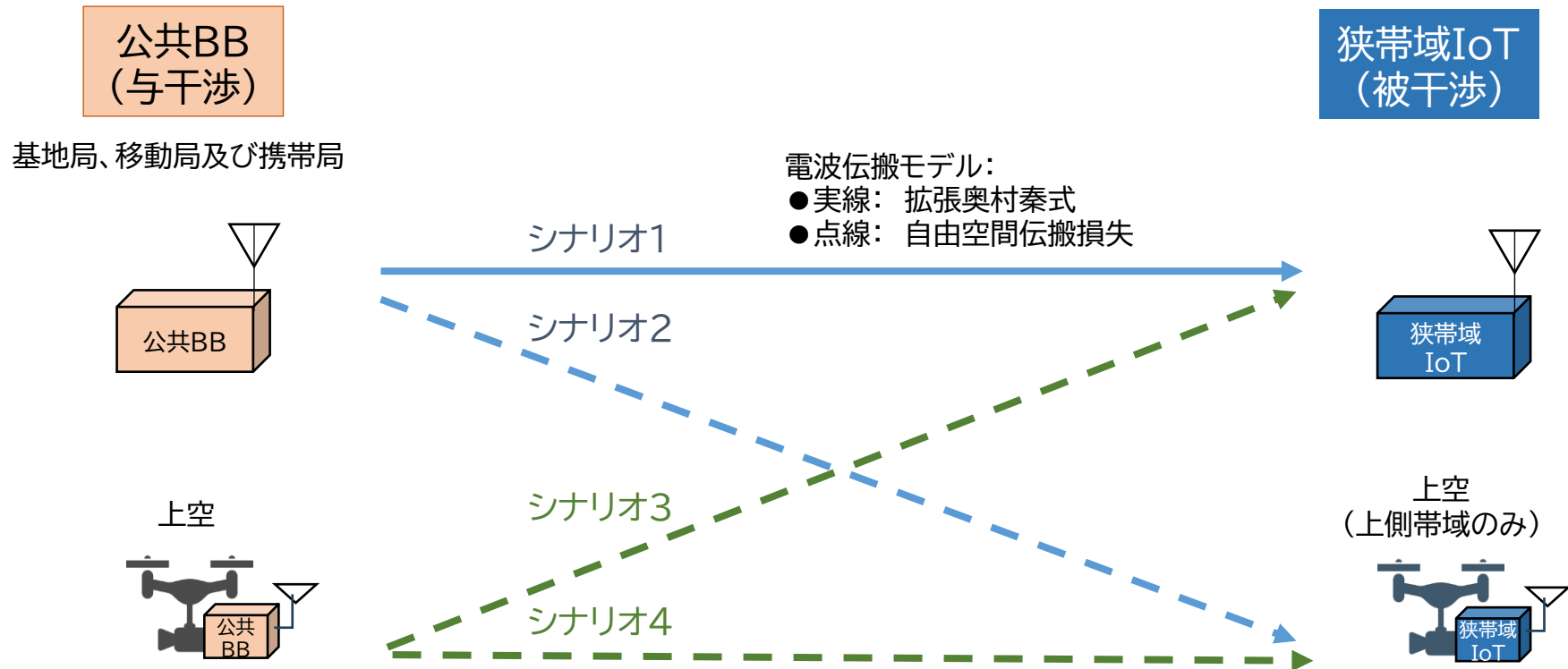
■公共BBの帯域拡張における不要発射の強度の許容値については、現行の公共BBの規定を踏襲し、以下のように変更する(案)。

- 上側隣接帯域の規定については、周波数拡張の幅(3ch分(15MHz))を考慮し、規定帯域幅(境界)を、「207.5~215MHz」(現行)→「222~230MHz(=215+15)」へ変更



(注) グラフの実線部分は、便宜上、いずれもチャンネルの帯域幅や参照帯域幅に電力が均一に分布するとの仮定の下で、1MHzあたりの数値に換算

■公共BB(与干渉側)から狭帯域IoT無線システムへの干渉シナリオ



- シナリオ1: 公共BB(基地局及び移動局) → 狭帯域IoT(地上) 【拡張奥村秦式】
- シナリオ2: 公共BB(基地局及び移動局) → 狭帯域IoT(上空) 【自由空間伝搬損失】
- シナリオ3: 公共BB(携帯局(上空)) → 狭帯域IoT(地上) 【自由空間伝搬損失】
- シナリオ4: 公共BB(携帯局(上空)) → 狭帯域IoT(上空) 【自由空間伝搬損失】

3.2 与干渉側(公共BB)の検討条件

■与干渉側の検討条件：公共BB

第2回作業班資料2-2を一部編集

検討諸元		局種	基地局	移動局		携帯局(上空)
				可搬型基地局	可搬型基地局以外	
送信電力			43 dBm(20W)	37 dBm(5W)		30 dBm(1W) ^(※3)
漏えい電力	隣接ch		-30 dBc	-21 dBc		
	次隣接ch		-50 dBc	-41 dBc		
	不要発射の強度の許容値		-25 dBm/100 kHz	-30 dBm/100 kHz		
空中線利得 ^(※1)				10 dBi ^(※2)		
空中線高			30 m	3 m	1.5 m	— ^(※4)
給電線損失			2 dB	0 dB		

※1: ただし、空中線電力の低減や給電線損失を補う分の増加は認められる

※2: 表中の値は、最大値を示す。ここで、主に使用が想定される移動局及び携帯局(上空)にあつては、空中線利得:2dBiが見込まれる。

※3: 上空(陸上から3海里を超える範囲を除く。3海里以遠は、5W以下)で使用する場合は1W以下に限る(携帯局)。

※4: 空中線高は考慮せず、無線局間の絶対距離にて伝搬損失を計算した(自由空間伝搬損失式を適用)

出典: 資料72-1-2、[情報通信審議会 情報通信技術分科会資料\(第72回会合\)\(2010年3月30日開催\)](#)

3.3 被干渉側(狭帯域IoT無線システム)の検討条件

■被干渉側の検討条件：狭帯域IoT無線システム

検討諸元	局種	狭帯域IoT無線システム		
		下側帯域	上側帯域	上側帯域・上空
空中線利得 ^(※1)		6dBi ^(※2)	10dBi ^(※2)	
空中線高		3m	3m	— ^(※3)
給電線損失		0dB	0dB	
許容干渉レベル		下側帯域:-101.8dBm/MHz、上側帯域:-105.1dBm/MHz		

※1: ただし、空中線電力の低減や給電線損失を補う分の増加は認められる

※2: 表中の値は、最大値を示す。ここで、主に使用が想定される移動局、及び上空利用にあつては、空中線利得:2dBiが見込まれる。

※3: 空中線高は考慮せず、無線局間の絶対距離にて伝搬損失を計算した(自由空間伝搬損失式を適用)

3.4 共用検討結果（与干渉：公共BB）

狭帯域IoT通信システムの所要離隔距離(1/5) 条件：公共BB 空中線利得10dBi(最大値)

- ① 公共BB基地局における漏えい電力(手法1:規定値、手法2:実力値)に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。なお、本検討では、以降、狭帯域IoT無線システムで主に利用が想定される空中線(2dBi)を考慮した場合の、実効的な所要離隔距離の試算結果についても示す。

実測値マージン(改善量)：20dB

被干渉：狭帯域IoT		与干渉：公共BB 基地局(10dBi)					伝搬モデル	干渉シナリオ
帯域 及び種別	空中線利得 [dBi]	所要離隔距離 [m]						
		手法1		手法2		手法1		
		隣接CH 規定値	次隣接CH 規定値	隣接CH 実力値	次隣接CH 実力値	不要発射 規定値		
下側	6	4,493	1,216		329	1,139	拡張奥村秦式	シナリオ1
	2	3,460	935		254	877		
上側：地上	10	6,412	1,735		470	1,625	拡張奥村秦式	シナリオ1
	2	3,801	1,029		277	964		
上側：上空	10	100k超	31,271		3,128	27,871	自由空間伝搬	シナリオ2
	2	100k超	12,450		1,245	11,096		

3.4 共用検討結果（与干渉:公共BB）

狭帯域IoT通信システムの所要離隔距離(2/5) 条件: 公共BB 空中線利得10dBi(最大値)

- ② 公共BB(移動局:可搬型基地局)における漏えい電力(手法1:規定値、手法2:実力値)に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

実測値マージン(改善量): 20dB

被干渉：狭帯域IoT		与干渉：公共BB 移動局(可搬型基地局(10dBi))					伝搬モデル	干渉 シナリオ
帯域 及び種別	空中線 利得 [dBi]	所要離隔距離 [m]						
		手法1		手法2		手法1		
		隣接CH 規定値	次隣接CH 規定値	隣接CH 実力値	次隣接CH 実力値	不要発射 規定値		
下側	6	1,686		456	124	254	拡張奥村秦式	シナリオ1
	2	1,298		352	98	195		
上側：地上	10	2,406		651	177	362	拡張奥村秦式	シナリオ1
	2	1,426		386	105	215		
上側：上空	10	100k超		55,609	5,562	19,731	自由空間伝搬	シナリオ2
	2	100k超		22,138	2,214	7,856		

狭帯域IoT通信システムの所要離隔距離(3/5) 条件: 公共BB 空中線利得10dBi(最大値)

- ③ 公共BB(移動局:可搬型基地局以外)における漏えい電力(手法1:規定値、手法2:実力値)に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

実測値マージン(改善量): 20dB

被干渉： 狭帯域IoT		与干渉： 公共BB 移動局(可搬型基地局以外(10dBi))					伝搬モデル	干渉 シナリオ
帯域 及び種別	空中線 利得 [dBi]	所要離隔距離 [m]						
		手法1		手法2		手法1		
		隣接CH 規定値	次隣接CH 規定値	隣接CH 実力値	次隣接CH 実力値	不要発射 規定値		
下側	6	1,417		384	104	213	拡張奥村秦式	シナリオ1
	2	1,091		295	92	164		
上側： 地上	10	2,002		542	147	301	拡張奥村秦式	シナリオ1
	2	1,187		322	95	179		
上側： 上空	10	100k超		55,609	5,562	19,731	自由空間伝搬	シナリオ2
	2	100k超		22,138	2,214	7,856		

3.4 共用検討結果（与干涉:公共BB）

狭帯域IoT通信システムの所要離隔距離(4/5) 条件:公共BB 空中線利得10dBi(最大値)

- ④ 公共BB(携帯局:上空利用(空中線電力1W))における漏えい電力(手法1:規定値、手法2:実力値) に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

条件1 公共BB: 空中線利得10dBi(最大値) (狭帯域IoT:6dBi(最大値)、2dBi)

実測値マージン(改善量): 20dB

被干渉：狭帯域IoT		与干渉：公共BB 携帯局(上空1W(10dBi))					伝搬モデル	干渉 シナリオ
帯域 及び種別	空中線 利得 [dBi]	所要離隔距離 [m]						
		手法1		手法2		手法1		
		隣接CH 規定値	次隣接CH 規定値	隣接CH 実力値	次隣接CH 実力値	不要発射 規定値		
下側	6	100k超		13,135	1,314	10,434	自由空間伝搬	シナリオ3
	2	82,871		8,288	829	6,583		
上側：地上	10	100k超		24,840	2,485	19,731	自由空間伝搬	シナリオ3
	2	98,887		9,890	989	7,856		
上側：上空	10	100k超		24,840	2,485	19,731	自由空間伝搬	シナリオ4
	2	98,887		9,890	989	7,856		

条件2 公共BB: 空中線利得2dBi (狭帯域IoT:6dBi(最大値)、2dBi)

実測値マージン(改善量): 20dB

被干渉： 狭帯域IoT		与干渉： 公共BB 携帯局(上空1W(2dBi))					伝搬モデル	干渉 シナリオ
帯域 及び種別	空中線 利得 [dBi]	所要離隔距離 [m]						
		手法1		手法2		手法1		
		隣接CH 規定値	次隣接CH 規定値	隣接CH 実力値	次隣接CH 実力値	不要発射 規定値		
下側	6	52,288		5,230	523	4,154	自由空間伝搬	シナリオ3
	2	32,992		3,300	330	2,621		
上側： 地上	10	98,887		9,890	989	7,856	自由空間伝搬	シナリオ3
	2	39,368		3,937	394	3,128		
上側： 上空	10	98,887		9,890	989	7,856	自由空間伝搬	シナリオ4
	2	39,368		3,937	394	3,128		

3.4 共用検討結果（与干涉:公共BB）

狭帯域IoT通信システムの所要離隔距離(5/5) 条件: 公共BB 空中線利得10dBi(最大値)

- ⑤公共BB(携帯局:上空利用(空中線電力5W)^[*])における漏えい電力(手法1:規定値、手法2:実力値)に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。 [*]: 現行規定 3海里以遠の場合

条件1 公共BB: 空中線利得10dBi(最大値) (狭帯域IoT:6dBi(最大値)、2dBi)

実測値マージン(改善量): 20dB

被干渉：狭帯域IoT		与干渉：公共BB 携帯局(上空5W(10dBi))					伝搬モデル	干渉 シナリオ
帯域 及び種別	空中線 利得 [dBi]	所要離隔距離 [m]						
		手法1		手法2		手法1		
		隣接CH 規定値	次隣接CH 規定値	隣接CH 実力値	次隣接CH 実力値	不要発射 規定値		
下側	6	100k超		29,404	2,941	10,434	自由空間伝搬	シナリオ3
	2	100k超		18,553	1,856	6,583		
上側：地上	10	100k超		55,609	5,562	19,731	自由空間伝搬	シナリオ3
	2	100k超		22,138	2,214	7,856		
上側：上空	10	100k超		55,609	5,562	19,731	自由空間伝搬	シナリオ4
	2	100k超		22,138	2,214	7,856		

条件2 公共BB: 空中線利得2dBi (狭帯域IoT:6dBi(最大値)、2dBi)

実測値マージン(改善量): 20dB

被干渉：狭帯域IoT		与干渉：公共BB 携帯局(上空5W(2dBi))					伝搬モデル	干渉シナリオ
帯域 及び種別	空中線利得 [dBi]	所要離隔距離 [m]						
		手法1		手法2		手法1		
		隣接CH 規定値	次隣接CH 規定値	隣接CH 実力値	次隣接CH 実力値	不要発射 規定値		
下側	6	100k超	11,707		1,171	4,154	自由空間伝搬	シナリオ3
	2	73,859	7,387		739	2,621		
上側：地上	10	100k超	22,138		2,214	7,856	自由空間伝搬	シナリオ3
	2	88,133	8,814		882	3,128		
上側：上空	10	100k超	22,138		2,214	7,856	自由空間伝搬	シナリオ4
	2	88,133	8,814		882	3,128		

3.4 共用検討結果（与干涉:公共BB）

■ 所要離隔距離の試算手法による結果の比較

手法1(干渉電力規定値による検討)と手法2(干渉電力実力値及び、D/U実測値による検討(参考資料1))による所要離隔距離の試算結果の比較を、以下に示す。手法2(D/U実測値)による結果については、手法1(隣接CH規定値)に対して同等以下(手法2の実力値による所要離隔距離に近い)結果となった。

①公共BB: 空中線利得10dBi(最大値)の場合（狭帯域IoT:6dBi(下側帯域)、10dBi(上側帯域)）

被干渉： 狭帯域IoT		与干渉： 公共BB(10dBi)							伝搬 モデル	干渉 シナリオ#	
帯域 及び種別	空中線 利得 [dBi]	居種	所要離隔距離 [m]								
			手法1		手法2		手法2(D/U実力値)				
			隣接CH 規定値	次隣接CH 規定値	隣接CH 実力値	次隣接CH 実力値	離調周波数: ±2.5MHz以内				離調周波数: ±2.5MHz以遠
							狭帯域IoT:FSK	狭帯域IoT:OFDM			
下側	6	基地局	4,493	1,216		329	2,100	4,300	570	拡秦	#1
上側：地上	10		6,412	1,735		470	2,400	5,000	650	拡秦	#1
上側：上空	10		100k超	31,271		3,128	5,500	100k超	5,500	自由	#2
下側	6	移動局 (可搬型 基地局)	1,686	456		124	440	890	120	拡秦	#1
上側：地上	10		2,406	651		177	500	1,100	140	拡秦	#1
上側：上空	10		100k超	55,609		5,562	34,700	100k超	3,500	自由	#2
下側	6	移動局 (可搬型 基地局以外)	1,417	384		104	370	750	100	拡秦	#1
上側：地上	10		2,002	542		147	420	860	120	拡秦	#1
上側：上空	10		100k超	55,609		5,562	34,700	100k超	3,500	自由	#2
下側	6	携帯局 (上空1W)	100k超	13,135		1,314	26,900	95,200	2,700	自由	#3
上側：地上	10		100k超	24,840		2,485	34,700	100k超	3,500	自由	#3
上側：上空	10		100k超	24,840		2,485	34,700	100k超	3,500	自由	#4
下側	6	携帯局 (上空5W)	100k超	29,404		2,941	26,900	95,200	2,700	自由	#3
上側：地上	10		100k超	55,609		5,562	34,700	100k超	3,500	自由	#3
上側：上空	10		100k超	55,609		5,562	34,700	100k超	3,500	自由	#4

*:実測値マージン(改善量):20dB

凡例 “拡秦”:拡張奥村秦モデル、“自由”:自由空間伝搬損失

3.4 共用検討結果（与干涉:公共BB）

■ 所要離隔距離の試算手法による結果の比較(つづき)

②公共BB: 空中線利得2dBiの場合（狭帯域IoT:2dBi）

被干渉：狭帯域IoT		与干渉：公共BB(2dBi)							伝搬 モデル	干渉 シナリ オ#	
帯域 及び種別	空中線 利得 [dBi]	居種	所要離隔距離 [m]								
			手法1		手法2		手法2(D/U実力値)				
			隣接CH 規定値	次隣接CH 規定値	隣接CH 実力値	次隣接CH 実力値	離調周波数:±2.5MHz以内				離調周波数: ±2.5MHz以遠
狭帯域IoT:FSK	狭帯域IoT:OFDM										
下側	2	基地局					1,000	2,000	260	拡秦	#1
上側：地上	2						840	1,800	230	拡秦	#1
上側：上空	2						8,800	31,000	880	自由	#2
下側	2	移動局 (可搬型 基地局)					200	410	78	拡秦	#1
上側：地上	2						180	260	74	拡秦	#1
上側：上空	2						5,500	19,600	550	自由	#2
下側	2	移動局 (可搬型 基地局以外)					170	350	74	拡秦	#1
上側：地上	2						150	300	71	拡秦	#1
上側：上空	2						5,500	19,600	550	自由	#2
下側	2	携帯局 (上空1W)	32,992		3,300	330	3,100	10,700	300	自由	#3
上側：地上	2		32,992		3,300	330	2,500	8,800	250	自由	#3
上側：上空	2		39,368		3,937	394	2,500	8,800	250	自由	#4
下側	2	携帯局 (上空5W)	73,859		7,387	739	6,800	24,000	680	自由	#3
上側：地上	2		88,133		8,814	882	5,500	19,600	550	自由	#3
上側：上空	2		88,133		8,814	882	5,500	19,600	550	自由	#4

*:実測値マージン(改善量):20dB

凡例 “拡秦”:拡張奥村秦モデル、“自由”:自由空間伝搬損失

3.4 共用検討まとめ（与干渉:公共BB）

■共用検討まとめ：（公共BBが与干渉の場合）

公共BBが与干渉（狭帯域IoT無線システム:被干渉）となる場合の共用条件は、以下のとおりである。

- 所要離隔距離は、規定値による試算（手法1）にあつては前述のとおりである。これに対して、両システム間のD/U実測値（手法2）を考慮すれば、実効的に、所要離隔距離の短縮が見込まれる結果にある。さらに、両システムにおいて、主に利用が想定される空中線（2dBi）を考慮した場合は、実効的に、所要離隔距離の短縮が見込まれる。
- 公共BB送信機の実測値マージンのほか、公共BBの上空利用にあつては、それぞれの空中線の垂直面指向性の俯角損失が見込める方向であることから、干渉の軽減が見込まれる。
- 以上より、下側及び上側帯域における狭帯域IoT無線システムと公共BBの近接運用にあつては、双方共に移動運用であることを踏まえると、継続的な被干渉が起こる可能性は低い。さらに、狭帯域IoT無線がキャリアセンス閾値を超える干渉波を受信した際は、狭帯域IoT無線の送信が制約されるものの、再送等を考慮することで、共用可能と考えられる。

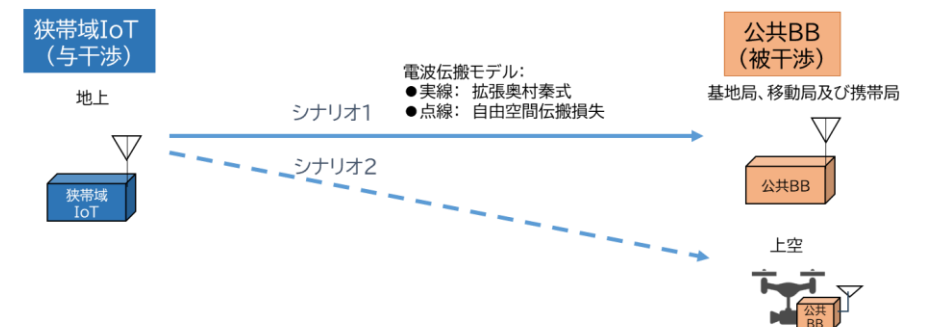
4. 公共BB(CH1)と狭帯域IoT無線システム との同一周波数共用条件

4.1 同一周波数干渉の共用検討条件

(1) 共用検討条件の考え方

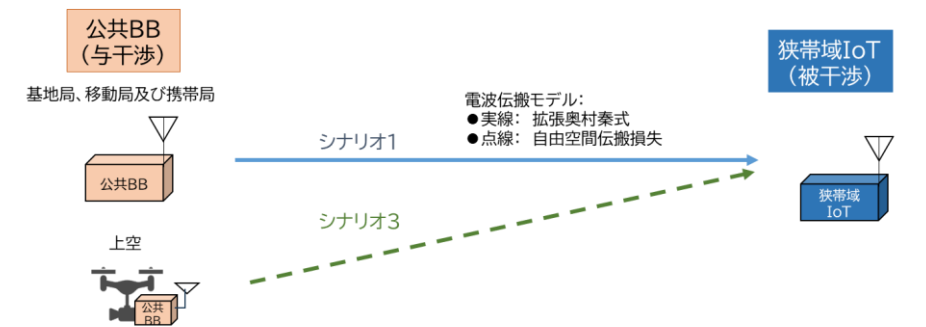
- ① 公共BBと狭帯域IoT無線システム間の同一周波数共用条件については、同一帯域内の自システムとして、以下の手法により、所要離隔距離の検討を行う考え方とした。
 - 手法2：両システム間のD/U実測値により、所要離隔距離を算出した(参考資料3、参考資料4)
- ② 公共BBのCH1との共用条件を検討するため、当該バンドの中央(175MHz)に着目して共用検討を実施した。
- ③ 所要離隔距離を試算する電波伝搬モデルは、過去の情報通信審議会等における検討モデルを踏襲して検討を進めることとした。(下図参照)
 - ここで、所要離隔距離については、双方の空中線利得が最大値(公共BB:10dBi、狭帯域IoT:6dBi(下側帯域))の場合が最大(最悪条件)となる。なお、例えば、主に利用が想定される空中線(2dBi)を考慮した場合は、上記に対して、8又は6dBのマージンをそれぞれ有することに相当する。

■ 公共BBと狭帯域IoT無線システム間の干渉シナリオ (D波:公共BB、U波:狭帯域IoT)



- シナリオ1: 狭帯域IoT(地上) → 公共BB(基地局及び移動局) 【拡張奥村秦式】
- シナリオ2: 狭帯域IoT(地上) → 公共BB(携帯局(上空)) 【自由空間伝搬損失】

■ 公共BBと狭帯域IoT無線システム間の干渉シナリオ (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)



- シナリオ1: 公共BB(基地局及び移動局) → 狭帯域IoT(地上) 【拡張奥村秦式】
- シナリオ3: 公共BB(携帯局(上空)) → 狭帯域IoT(地上) 【自由空間伝搬損失】

4.2 同一周波数干渉 検討結果

(1) 検討結果(D波:公共BB、U波:狭帯域IoT)

●手法2により、両システム間のD/U実測値により算出した、所要離隔距離を以下に示す(詳細:参考資料3)

条件 公共BB : 空中線利得10dBi(最大値)、2dBi、狭帯域IoT : 空中線利得 6dBi(最大値)、2dBi

【D波】被干渉・公共BB(CH1)			【U波】与干渉・狭帯域IoT無線(下側隣接帯域)				伝搬 モデル	干渉 シナリオ #
無線局種別	変調方式 (1次変調)	空中線 利得 [dBi]	所要離隔距離(m)*					
			FSK		OFDM			
			空中線利得:6dBi	空中線利得:2dBi	空中線利得:6dBi	空中線利得:2dBi		
基地局	QPSK	10	900		840		拡秦	#1
	16QAM		1,400		1,300			
	64QAM		2,000		1,900			
	QPSK	2		320		300	拡秦	#1
	16QAM			470		440		
	64QAM			690		650		
移動局 (可搬型基地局)	QPSK	10	280		260		拡秦	#1
	16QAM		410		390			
	64QAM		610		570			
	QPSK	2		99		97	拡秦	#1
	16QAM			150		140		
	64QAM			220		200		
移動局 (可搬型基地局以外)	QPSK	10	240		220		拡秦	#1
	16QAM		350		330			
	64QAM		510		480			
	QPSK	2		93		91	拡秦	#1
	16QAM			130		120		
	64QAM			180		170		
携帯局(上空)	QPSK	10	12,200		10,900		自由	#2
	16QAM		24,300		21,700			
	64QAM		48,400		43,200			
	QPSK	2		2,000		1,800	自由	#2
	16QAM			3,900		3,500		
	64QAM			7,700		6,900		

*:干渉抑圧フィルタ 遮断減衰量(30dB)及び空中線利得を含む

凡例 “拡秦”:拡張奥村秦モデル、“自由”:自由空間伝搬損失

4.2 同一周波数干渉 検討結果

(2) 検討結果(D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

●手法2により、両システム間のD/U実測値により算出した、所要離隔距離を以下に示す(詳細:参考資料4)

条件 公共BB: 空中線利得10dBi(最大値)、2dBi、狭帯域IoT: 空中線利得 6dBi(最大値)、2dBi

【D波】被干渉： 狭帯域IoT			【U波】与干渉： 公共BB(CH1)			伝搬 モデル	干渉 シナリオ #	
帯域等	空中線利得 [dBi]	変調方式	局種等	所要離隔距離 [m]*1				
				空中線利得				
				10dBi	2dBi			
下側 (CH1)	6	FSK	基地局	8,900		拡張奥村 秦式	#1	
		OFDM		7,300				
	2	FSK			4,100			
		OFDM			3,400			
下側 (CH1)	6	FSK	移動局 (可搬型基地局)	1,900		拡張奥村 秦式	#1	
		OFDM		1,600				
	2	FSK			900			
		OFDM			700			
下側 (CH1)	6	FSK	移動局 (可搬型基地局以外)	1,600		拡張奥村 秦式	#1	
		OFDM		1,300				
	2	FSK			800			
		OFDM			600			
下側 (CH1)	6	FSK	携帯局*2 (1W、上空)	100km超		自由空間 伝搬損失	#3	
		OFDM		100km超				
	2	FSK			38,500			
		OFDM			27,300			
下側 (CH1)	6	FSK	携帯局*2 (5W、上空)	100km超		自由空間 伝搬損失	#3	
		OFDM		100km超				
	2	FSK			86,100			
		OFDM			60,900			

*1: 空中線利得を含む

*2: 上空(陸上から3海里を超える範囲を除く。3海里以遠は、5W以下)で使用する場合は1W以下に限る(携帯局)

●公共BB(CH1)と狭帯域IoT無線システムとの同一周波数共用条件として、手法2により所要離隔距離を試算した。同一周波数共用条件の結果の取りまとめ案については、次回第10回作業班報告予定。

参考資料

参考資料1 D/U実測値による隣接周波数共用条件の検討
(D波:公共BB、U波:狭帯域IoT)

参考資料2 D/U実測値による隣接周波数共用条件の検討
(D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

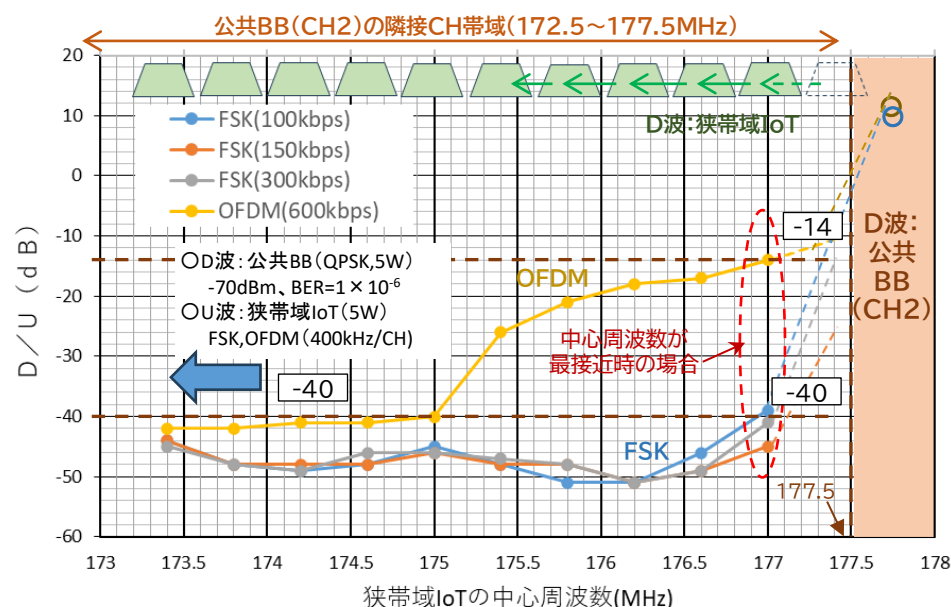
参考資料3 D/U実測値による同一周波数共用条件の検討
(D波:公共BB、U波:狭帯域IoT)

参考資料4 D/U実測値による同一周波数共用条件の検討
(D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

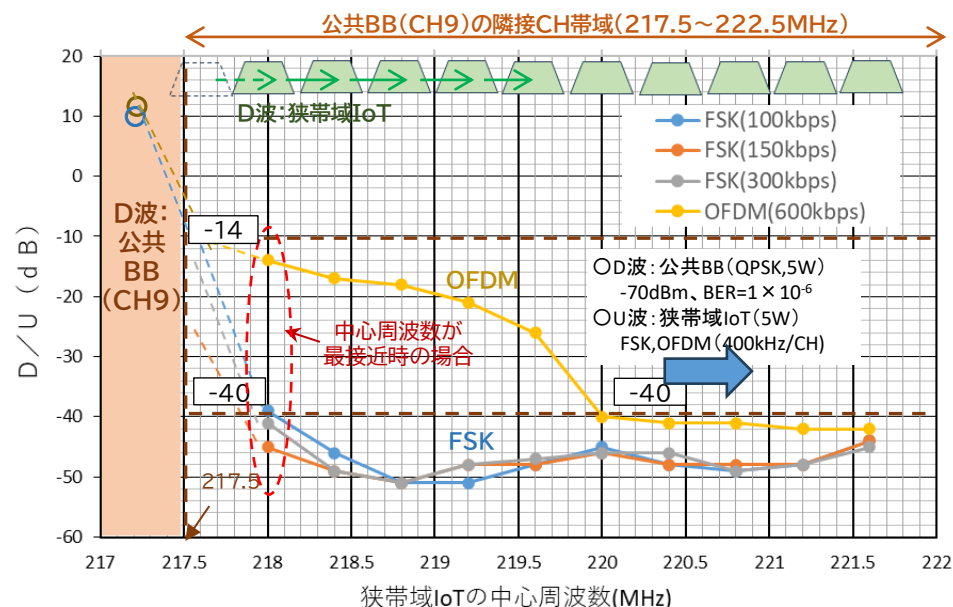
参1.1 D/U測定の概要

狭帯域IoT無線システムは公共BBと隣接することから、同一帯域内の自システムとして、公共BBの所要伝送特性を満たすD/U特性を実測し、所要離隔距離を試算した。(注)令和5技術試験事務・成果(京都大学大学院情報学研究科 原田研究室)

- D/U特性実測結果(希望波受信入力電力:-70dBm、所要回線品質BER=1×10⁻⁶) (注)干渉抑圧フィルタを含まず
- ・測定方法: D波(公共BB@CH2)の隣接CHの帯域内で、U波(狭帯域IoT)の中心周波数(仮値)を可変し、離調周波数-D/U特性を測定



公共BBのD/U特性(下側隣接帯域:実測値)



公共BBのD/U特性(上側隣接帯域:換算値)

- 公共BB(CH2及びCH9、QPSKの場合)の隣接CHにおける周波数が重ならない離調周波数において、D/U=-40dB以下(狭帯域IoT:FSK)、-14dB以下(狭帯域IoT:OFDM)が得られた。
- 公共BBの変調方式が16QAM及び64QAMの場合は、変調方式に対応する所要CNRに相当する値を考慮した、D/U=-34dB及び-28dB (狭帯域IoT:FSK)、-8dB及び-2dB (狭帯域IoT:OFDM)となる。
- また、公共BBのバンドエッジから2.5MHz以上の離調周波数に対しては、実効的にD/U=-40dB以下が確保される。

参1.2 D/U実測値による所要離隔距離の検討条件

ここでは、公共BB(希望波)の受信電力(D波)を一般的に運用されている「-70dBm」とし、近端からの狭帯域IoT無線(U波)の干渉波入力電力(下側帯域:250mW、上側帯域:5W)に対し、所要D/U モデルを想定し、公共BBの所要回線品質(BER=1×10⁻⁶)が得られる干渉雑音レベルを求め、所要離隔距離を算出した。

- 干渉波(U)による等価的な干渉雑音電力は、所要D/U 値から定まる値に対して、雑音電力の増加分を考慮して、3dB減とした。
- 狭帯域IoT無線システムから公共BBへの与干渉軽減手段として、干渉抑圧フィルタの使用することを前提に、所要離隔距離を算出した。

所要離隔距離の試算条件を以下に示す。

区分		試算条件
被干渉条件 (公共BB)	チャンネル幅	5MHz
	変調方式(1次変調)	QPSK、16QAM、64QAM
	空中線利得 ^(※1)	10 dBi ^(※2)
	給電線損失	基地局:0dB、移動局及び携帯局:0dB
	空中線高	基地局:30m、移動局(可搬型基地局):3m、移動局(可搬型基地局以外):1.5m (携帯局(上空):-) ^(※3)
	受信入力電力	-70dBm想定
与干渉条件 (狭帯域IoT)	空中電電力	下側隣接帯域:250mW、上側隣接帯域5W
	変調方式	FSK、OFDM
	空中線利得 ^(※1)	下側隣接帯域:6dBi、上側隣接帯域:10dBi ^(※2)
	給電線損失	0dB
	干渉抑圧フィルタ	30dB(遮断減衰量)
	空中線高	3m(上空:-) ^(※3)
試算条件 ^(※5)	所要D/U	FSKの場合 : -40dB(QPSK)、-34dB(16QAM)、-28dB(64QAM) OFDMの場合 : -14dB(QPSK)、-8dB(16QAM)、-2dB(64QAM) (±2.5MHz以内) -40dB(QPSK)、-34dB(16QAM)、-28dB(64QAM) (±2.5MHz以遠)
	干渉雑音電力 ^(※4)	FSKの場合 : -33dBm(QPSK)、-39dBm(16QAM)、-45dBm(64QAM) (公共BB:CH2~CH9) OFDMの場合 : -59dBm(QPSK)、-65dBm(16QAM)、-71dBm(64QAM) (±2.5MHz以内) -33dBm(QPSK)、-39dBm(16QAM)、-45dBm(64QAM) (±2.5MHz以遠)

※1: ただし、空中線電力の低減や給電線損失無しを補う分の増加は認められる

※2: 表中の値は、最大値を示す。ここで、公共BB及び狭帯域IoT無線ともに、主に使用が想定される移動局及び携帯局(上空)にあっては、空中線利得:2dBi が見込まれる。

※3: 空中線高は考慮せず、無線局間の絶対距離にて伝搬損失を計算した(自由空間伝搬損失式を適用)

※4: 等価干渉雑音電力=受信入力電力(-70dBm)-所要D/U値-3dB

※5: 干渉抑圧フィルタ減衰量及び空中線利得を含まず

参1.3 所要離隔距離の検討結果

(1)下側隣接帯域： 公共BB(被干渉)と狭帯域IoT無線システムとの共用条件

D/U実測値による所要離隔距離の試算結果を以下に示す。なお、ここでは、前述の「参1.1 D/U測定の概要」に示す狭帯域IoT無線システムにおける各変調方式に対応するD/U値に対して、所要離隔距離を求めた。(以下、同様)

条件1:公共BB 空中線利得10dBi(最大)、(狭帯域IoT:6dBi(最大))

被干渉・公共BB			与干渉・狭帯域IoT無線(下側隣接帯域:6dBi)			伝搬 モデル	干渉 シナリオ
無線局種別	変調方式 (1次変調)	空中線 利得 [dBi]	所要離隔距離(m)*				
			FSK	OFDM			
				離調周波数: ±2.5MHz以内	離調周波数: ±2.5MHz以遠		
基地局	QPSK	10	<1	170	<1	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		40	250	40		
	64QAM		62	360	62		
移動局 (可搬型基地局)	QPSK	10	31	76	31	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		44	89	44		
	64QAM		52	110	52		
移動局 (可搬型基地局以外)	QPSK	10	31	72	31	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		44	84	44		
	64QAM		51	97	51		
携帯局(上空)	QPSK	10	31	610	31	自由空間 伝搬損失	シナリオ2
	16QAM		61	1,200	61		
	64QAM		120	2,400	120		

*:干渉抑圧フィルタ 遮断減衰量(30dB)及び空中線利得(6dBi以下)を含む

参1.3 所要離隔距離の検討結果

(2)上側隣接帯域： 公共BB(被干渉)と狭帯域IoT無線システムとの共用条件

D/U実測値による所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

① 狭帯域IoT無線システム： 陸上利用(上空利用以外)の場合

条件1:公共BB 空中線利得10dBi(最大)、(狭帯域IoT:10dBi(最大))

被干渉・公共BB			与干渉・狭帯域IoT無線(上側隣接帯域:10dBi)			伝搬 モデル	干渉 シナリオ
無線局種別	変調方式 (1次変調)	空中線 利得 [dBi]	所要離隔距離(m)*				
			FSK	OFDM			
				離調周波数: ±2.5MHz以内	離調周波数: ±2.5MHz以遠		
基地局	QPSK	10	59	340	59	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		91	500	91		
	64QAM		140	740	140		
移動局 (可搬型基地局)	QPSK	10	51	110	51	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		60	160	60		
	64QAM		70	230	70		
移動局 (可搬型基地局以外)	QPSK	10	50	95	50	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		58	130	58		
	64QAM		67	190	67		
携帯局(上空)	QPSK	10	110	2,200	110	自由空間 伝搬損失	シナリオ2
	16QAM		220	4,400	220		
	64QAM		440	8,800	440		

*:干渉抑圧フィルタ 遮断減衰量(30dB)及び空中線利得(10dBi以下)を含む

参1.3 所要離隔距離の検討結果

(2)上側隣接帯域： 公共BB(被干渉)と狭帯域IoT無線システムとの共用条件 (つづき)

② 狭帯域IoT無線システム： 上空利用の場合

条件1:公共BB 空中線利得10dBi(最大)、(狭帯域IoT:10dBi(最大))

被干渉・公共BB			与干渉・狭帯域IoT無線(上側隣接帯域(上空):10dBi)			伝搬 モデル	干渉 シナリオ
無線局種別	変調方式 (1次変調)	空中線 利得 [dBi]	所要離隔距離(m)*				
			FSK	OFDM			
				離調周波数: ±2.5MHz以内	離調周波数: ±2.5MHz以遠		
基地局	QPSK	10	39	780	39	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		78	1,600	78		
	64QAM		160	3,100	160		
移動局 (可搬型基地局)	QPSK	10	49	1,000	49	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		98	2,000	98		
	64QAM		200	3,900	200		
移動局 (可搬型基地局以外)	QPSK	10	49	1,000	49	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		98	2,000	98		
	64QAM		200	3,900	200		
携帯局(上空)	QPSK	10	49	1,000	49	自由空間 伝搬損失	シナリオ2
	16QAM		98	2,000	98		
	64QAM		200	3,900	200		

*:干渉抑圧フィルタ 遮断減衰量(30dB)及び空中線利得(10dBi以下)を含む

参 考 資 料2

D/U実測値による隣接周波数共用条件の検討
(D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

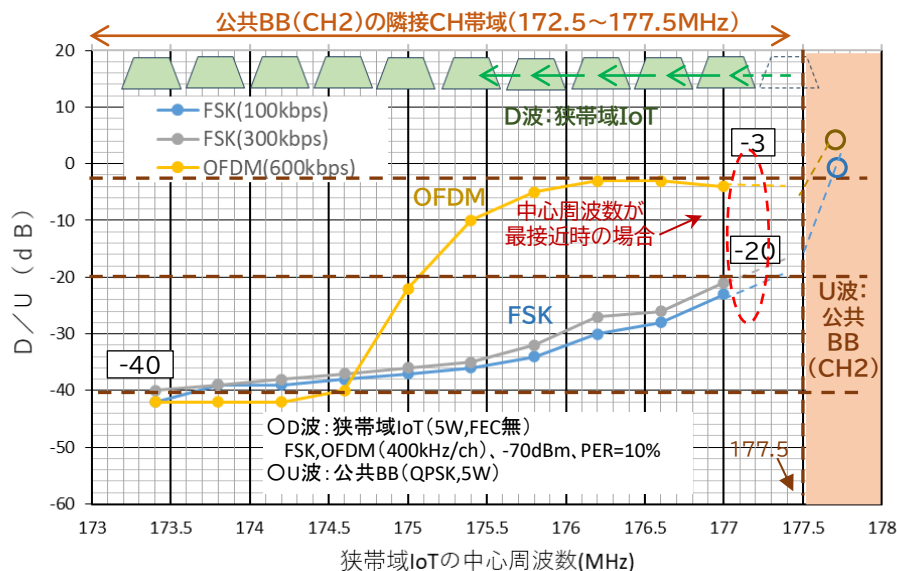
参考資料2 D/U実測値による隣接周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参2.1 D/U測定の概要

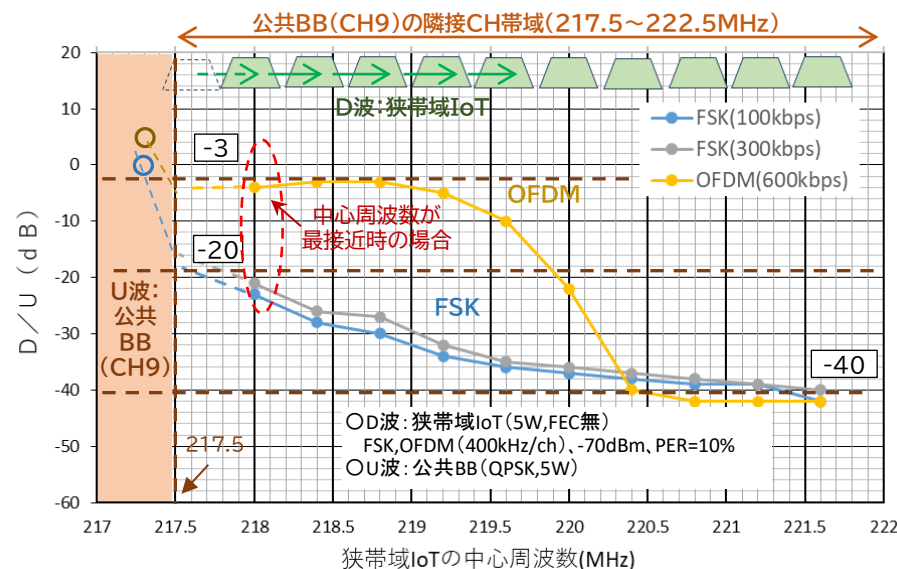
狭帯域IoT無線システムと公共BBの共用条件については、同一帯域内の自システムとして、狭帯域IoT無線システムの所要伝送特性を満たすD/U特性を実測し、所要離隔距離を試算した。(注)令和5技術試験事務・成果(京都大学大学院情報学研究科 原田研究室)

●D/U特性実測結果(希望波受信入力電力:-70dBm、所要回線品質PER=10%)

・測定方法: U波(公共BB@CH2)の隣接CHの帯域内で、D波(狭帯域IoT)の中心周波数(仮値)を可変し、離調周波数-D/U特性を測定



狭帯域IoTのD/U特性(下側隣接帯域: 実測値)



狭帯域IoTのD/U特性(上側隣接帯域: 換算値)

- 公共BB(CH2及びCH9)の隣接CHにおける周波数が重ならない離調周波数において、狭帯域IoT無線システムの変調方式:FSKに対して、D/U=-20dB以下(狭帯域IoT:FSK)、-3dB以下(狭帯域IoT:OFDM)が得られた。
- OFDMでは、実運用では、誤り訂正(FEC)の適用を想定しているため、実効的にさらに数dB程度以上の改善量が期待される(例えば6dB^(※)程度のFEC改善を見込むと、D/U=-9dB(=-3dB-6dB)以下が期待される)。
- また、公共BBのバンドエッジから2.5MHz以上の離調周波数に対しては、実効的にD/U=-40dB以下が確保される。

※:SUN FSKの受信感度の規定におけるFEC有・無の差(6dB)を参考とした(参照: IEEE 802.15.4-2020 項19.6.7)

参考資料2 D/U実測値による隣接周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参2.2 D/U実測値による所要離隔距離の検討条件

ここでは、狭帯域IoT無線システム(希望波)の受信電力(D波)を「-70dBm」(注)とし、近端からの公共BB (U波)の干渉波入力電力(5W(上側:1W))に対し、所要D/U モデルを想定し、狭帯域IoTの所要回線品質(PER=10%)が得られる干渉雑音レベルを求め、所要離隔距離を算出した。

● 干渉波(U)による等価的な干渉雑音電力は、所要D/U 値から定まる値に対して、雑音電力の増加分を考慮して、3dB減とした。

注: SUN-FSKの受信感度(約-90~-80dBm程度※)に対してマージンを10~20dB見込んだ-70dBmを想定

※: IEEE 802.15.4-2020、項19.6.7(SUN-FSK受信感度=So+10×LOG(R/Ro)[dBm]、So=-91(FEC無)、-97(FEC有)

所要離隔距離の試算条件を以下に示す。

区分		試算条件
被干渉条件 (狭帯域IoT)	変調方式	FSK、OFDM
	空中線利得(※1)	下側隣接帯域:6dBi、上側隣接帯域:10 dBi (※2)
	給電線損失	0dB
	空中線高	3m (上空:ー)(※3)
	受信入力電力	-70dBm想定
与干渉条件 (公共BB)	空中電電力	基地局:20W、移動局:5W、携帯局(上空):1W(※6)
	チャネル幅	5MHz
	変調方式	QPSK
	空中線利得(※1)	10dBi (※2)
	給電線損失	基地局:0dB、移動局及び携帯局:0dB
	干渉抑圧フィルタ	ー
	空中線高	基地局:30m、移動局(可搬型基地局):3m、移動局(可搬型基地局以外):1.5m 携帯局(上空):ー(※3)
試算条件(※5)	所要D/U	FSKの場合(FEC:無) : -20dB(±2.5MHz以内)、-40dB(±2.5MHz以遠) OFDMの場合(FEC:有) : -9dB(±2.5MHz以内)、-40dB(±2.5MHz以遠)
	干渉雑音電力(※4)	FSKの場合(FEC:無) : -53dBm(±2.5MHz以内)、-33dBm(±2.5MHz以遠) OFDMの場合(FEC:有) : -64dBm(±2.5MHz以内)、-33dBm(±2.5MHz以遠)

※1: ただし、空中線電力の低減や給電線損失無しを補う分の増加は認められる

※2: 表中の値は、最大値を示す。ここで、公共BB及び狭帯域IoT無線ともに、主に使用が想定される移動局及び携帯局(上空)にあっては、空中線利得:2dBi が見込まれる。

※3: 空中線高は考慮せず、無線局間の絶対距離にて伝搬損失を計算した(自由空間伝搬損失式を適用)

※4: 等価干渉雑音電力=受信入力電力(-70dBm)-所要D/U値-3dB

※5: 空中線利得を含まず ※6: 上空(陸上から3海里を超える範囲を除く。3海里以遠は、5W以下)で使用する場合は1W以下に限る(携帯局)。

参考資料2 D/U実測値による隣接周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参2.3 所要離隔距離の検討結果

(1) 狭帯域IoT無線システムの所要離隔距離(1/5) 条件: 公共BB 空中線利得10dBi(最大値)

- ① 公共BB基地局に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。なお、本検討では、以降、狭帯域IoT無線システムで主に利用が想定される空中線(2dBi)を考慮した場合の、実効的な所要離隔距離の試算結果についても示す。なお、ここでは、前述の「参2.1 D/U測定の概要」に示す公共BBにおける対象CHに対応するD/U値に対して、所要離隔距離を求めた。(以下、同様)

被干渉：狭帯域IoT			与干渉：公共BB 基地局(10dBi)			伝搬モデル	干渉シナリオ
帯域及び種別	空中線利得 [dBi]	変調方式	所要離隔距離 [m]*				
			離調周波数:±2.5MHz以内	離調周波数:±2.5MHz以遠			
下側	6	FSK	2,100		570	拡張奥村秦式	シナリオ1
		OFDM		4,300			
	2	FSK	1,600(1,000)		440(260)		
		OFDM		3,300(2,000)			
上側：地上	10	FSK	2,400		650	拡張奥村秦式	シナリオ1
		OFDM		5,000			
	2	FSK	1,500(840)		390(230)		
		OFDM		30,000(1,800)			
上側：上空	10	FSK	55,00		5,500	自由空間伝搬	シナリオ2
		OFDM		100k超			
	2	FSK	21,900(8,800)		2,200(880)		
		OFDM		77,700(31,000)			

*: カッコの値は、公共BBの空中線利得が2dBiの場合

参考資料2 D/U実測値による隣接周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参2.3 所要離隔距離の検討結果

(2) 狭帯域IoT無線システムの所要離隔距離(2/5) 条件: 公共BB 空中線利得10dBi(最大値)

- ② 公共BB移動局(可搬型基地局)に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

被干渉： 狭帯域IoT			与干渉： 公共BB 移動局(可搬型基地局)(10dBi)		伝搬モデル	干渉シナリオ	
帯域及び種別	空中線利得 [dBi]	変調方式	所要離隔距離 [m]*				
			離調周波数:±2.5MHz以内	離調周波数:±2.5MHz以遠			
下側	6	FSK	440		120	拡張奥村秦式	シナリオ1
		OFDM		890			
	2	FSK	340(200)		96(78)		
		OFDM		690(410)			
上側：地上	10	FSK	500		140	拡張奥村秦式	シナリオ1
		OFDM		1,100			
	2	FSK	300(180)		92(74)		
		OFDM		610(260)			
上側：上空	10	FSK	34,700		3,500	自由空間伝搬	シナリオ2
		OFDM		100k超			
	2	FSK	13,900(5,500)		1,400(550)		
		OFDM		49,000(19,600)			

*: カッコの値は、公共BBの空中線利得が2dBiの場合

参考資料2 D/U実測値による隣接周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参2.3 所要離隔距離の検討結果

(3) 狭帯域IoT無線システムの所要離隔距離(3/5) 条件: 公共BB 空中線利得10dBi(最大値)

- ③ 公共BB移動局(可搬型基地局以外)に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

被干渉： 狭帯域IoT			与干渉： 公共BB 移動局(可搬型基地局以外)(10dBi)		伝搬モデル	干渉シナリオ	
帯域及び種別	空中線利得 [dBi]	変調方式	所要離隔距離 [m]*				
			離調周波数:±2.5MHz以内	離調周波数:±2.5MHz以遠			
下側	6	FSK	370		100	拡張奥村秦式	シナリオ1
		OFDM		750			
	2	FSK	280(170)		90(74)		
		OFDM		580(350)			
上側： 地上	10	FSK	420		120	拡張奥村秦式	シナリオ1
		OFDM		860			
	2	FSK	250(150)		86(71)		
		OFDM		510(300)			
上側： 上空	10	FSK	34,700		3,500	自由空間伝搬	シナリオ2
		OFDM		100k超			
	2	FSK	13,900(5,500)		1,400(550)		
		OFDM		49,000(19,600)			

*: カッコの値は、公共BBの空中線利得が2dBiの場合

参考資料2 D/U実測値による隣接周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参2.3 所要離隔距離の検討結果

(4) 狭帯域IoT無線システムの所要離隔距離(4-1/5) 条件:公共BB 空中線利得10dBi(最大値)

- ④ 公共BB携帯局(上空利用(空中線電力1W))に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

被干渉： 狭帯域IoT			与干渉： 公共BB 携帯局(空中電電力1W)(10dBi)		伝搬モデル	干渉 シナリオ	
帯域及び 種別	空中線利得 [dBi]	変調方式	所要離隔距離 [m]*				
			離調周波数:±2.5MHz以内	離調周波数:±2.5MHz以遠			
下側	6	FSK	12,000		1,200	自由空間伝搬	シナリオ3
		OFDM		42,600			
	2	FSK	7,600(3,100)		760(300)		
		OFDM		26,900(10,700)			
上側： 地上	10	FSK	15,500		1,600	自由空間伝搬	シナリオ3
		OFDM		55,000			
	2	FSK	6,200(2,500)		620(250)		
		OFDM		21,900(8,800)			
上側： 上空	10	FSK	15,500		1,600	自由空間伝搬	シナリオ4
		OFDM		55,000			
	2	FSK	6,200(2,500)		620(250)		
		OFDM		21,900(8,800)			

*: カッコの値は、公共BBの空中線利得が2dBiの場合

参考資料2 D/U実測値による隣接周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参2.3 所要離隔距離の検討結果

(5) 狭帯域IoT無線システムの所要離隔距離(5/5) 条件:公共BB 空中線利得10dBi(最大値)

- ⑤ 公共BB携帯局(上空利用(空中線電力5W^[*]))に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

[*]: 現行規定 3海里以遠の場合

被干渉： 狭帯域IoT			与干渉： 公共BB 携帯局(空中電電力5W)(10dBi)		伝搬モデル	干渉 シナリオ	
帯域及び 種別	空中線利得 [dBi]	変調方式	所要離隔距離 [m]*				
			離調周波数:±2.5MHz以内	離調周波数:±2.5MHz以遠			
下側	6	FSK	26,900		2,700	自由空間伝搬	シナリオ3
		OFDM		95,200			
	2	FSK	17,000(6,800)		1,700(680)		
		OFDM		60,100(24,000)			
上側： 地上	10	FSK	34,700		3,500	自由空間伝搬	シナリオ3
		OFDM		100k超			
	2	FSK	13,900(5,500)		1,400(550)		
		OFDM		49,000(19,600)			
上側： 上空	10	FSK	34,700		3,500	自由空間伝搬	シナリオ4
		OFDM		100k超			
	2	FSK	13,900(5,500)		1,400(550)		
		OFDM		49,000(19,600)			

*: カッコの値は、公共BBの空中線利得が2dBiの場合

参 考 資 料3

D/U実測値による同一周波数共用条件の検討
(D波:公共BB、U波:狭帯域IoT)

参考資料3 D/U実測値による同一周波数共用条件の検討 (D波:公共BB、U波:狭帯域IoT)

参3.4 D/U測定の概要(D波:公共B、U波:狭帯域IoT)(同一周波数干渉)

狭帯域IoT無線システムと公共BBの同一数周波数共用条件 (D/U実測結果:参1.1及び下表)をもとに、所要離隔距離を試算した。 (注)令和5技術試験事務・成果(京都大学大学院情報学研究科 原田研究室)

●D/U特性実測結果(希望波受信入力電力:-70dBm、所要回線品質BER=1×10⁻⁶)

D波	U波(狭帯域IoT)	D/U(dB)	備 考
公共BB (QPSK)	FSK(100Kbps、400kHz幅)	11	
	FSK(300Kbps、400kHz幅)	12	
	OFDM(600Kbps、400kHz幅)	11	

- 公共BB(QPSKの場合)と周波数が完全に重なる離調周波数において、D/U=12dB以下(狭帯域IoT:FSK)、11dB以下(狭帯域IoT:OFDM)が得られた。
- 公共BBの変調方式が16QAM及び64QAMの場合は、変調方式に対応する所要CNRに相当する値を考慮した、D/U=18dB及び24dB (狭帯域IoT:FSK)、17dB及び23dB (狭帯域IoT:OFDM)となる。

参考資料3 D/U実測値による同一周波数共用条件の検討 (D波:公共BB、U波:狭帯域IoT)

参3.2 D/U実測値による所要離隔距離の検討条件(同一周波数干渉)

ここでは、公共BB(希望波)の受信電力(D波)を一般的に運用されている「-70dBm」とし、近端からの狭帯域IoT無線(U波)の同一周波数干渉波入力電力(下側帯域:250mW)に対し、所要D/Uモデルを想定し、公共BBの所要回線品質(BER=1×10⁻⁶)が得られる干渉雑音レベルを求め、所要離隔距離を算出した。

- 干渉波(U)による等価的な干渉雑音電力は、所要D/U値から定まる値に対して、雑音電力の増加分を考慮して、3dB減とした。
- 狭帯域IoT無線システムから公共BBへの与干渉軽減手段として、干渉抑圧フィルタの使用することを前提に、所要離隔距離を算出した。

所要離隔距離の試算条件を以下に示す。

区分		試算条件
被干渉条件 (公共BB)	変調方式	5MHz
	空中線利得 ^(※1)	QPSK、16QAM、64QAM
	給電線損失	10 dBi ^(※2)
	空中線高	基地局:0dB、移動局及び携帯局:0dB
	受信入力電力	基地局:30m、移動局(可搬型基地局):3m、移動局(可搬型基地局以外):1.5m (携帯局(上空):-) ^(※3)
与干渉条件 (狭帯域IoT)	空中電電力	-70dBm想定
	チャネル幅	下側帯域:250mW(max)
	変調方式	FSK、OFDM
	空中線利得 ^(※1)	下側帯域:6dBi ^(※2)
	給電線損失	0dB
	干渉抑圧フィルタ	30dB(遮断減衰量)
	空中線高	3m(下側帯域:上空なし)
試算条件 ^(※5)	所要D/U	狭帯域IoTがFSKの場合 : 12dB(QPSK)、18dB(16QAM)、24dB(64QAM) 狭帯域IoTがOFDMの場合 : 11dB(QPSK)、17dB(16QAM)、-23dB(64QAM)
	干渉雑音電力 ^(※4)	狭帯域IoTがFSKの場合 : -85dBm(QPSK)、-91dBm(16QAM)、-97dBm(64QAM) 狭帯域IoTがOFDMの場合 : -84dBm(QPSK)、-90dBm(16QAM)、-96dBm(64QAM)

※1: ただし、空中線電力の低減や給電線損失無しを補う分の増加は認められる

※2: 表中の値は、最大値を示す。ここで、公共BB及び狭帯域IoT無線ともに、主に使用が想定される移動局及び携帯局(上空)にあつては、空中線利得:2dBiが見込まれる。

※3: 空中線高は考慮せず、無線局間の絶対距離にて伝搬損失を計算した(自由空間伝搬損失式を適用)

※4: 等価干渉雑音電力=受信入力電力(-70dBm)-所要D/U値-3dB

※5: 干渉抑圧フィルタ減衰量及び空中線利得を含まず

参考資料3 D/U実測値による同一周波数共用条件の検討 (D波:公共BB、U波:狭帯域IoT)

参3.3 所要離隔距離の検討結果(同一周波数干渉)

(1)下側隣接帯域: 公共BB(被干渉)と狭帯域IoT無線システムとの共用条件

D/U実測値による所要離隔距離の試算結果を以下に示す。なお、ここでは、前述の「参3.1 D/U測定の概要」に示すD/U値に対して、所要離隔距離を求めた。(以下、同様)。また、本検討では、以降、両システムで主に利用が想定される空中線(2dBi)を考慮した場合の、実効的な所要離隔距離の試算結果についても示す。

①条件:公共BB 空中線利得10dBi(最大)、(狭帯域IoT:6dBi(最大))

被干渉・公共BB(CH1)			与干渉・狭帯域IoT無線(下側隣接帯域:6dBi)		伝搬 モデル	干渉 シナリオ
無線局種別	変調方式 (1次変調)	空中線 利得 (dBi)	所要離隔距離(m)*			
			FSK	OFDM		
基地局	QPSK	10	900	840	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		1,400	1,300		
	64QAM		2,000	1,900		
移動局 (可搬型基地局)	QPSK	10	280	260	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		410	390		
	64QAM		610	570		
移動局 (可搬型基地局以外)	QPSK	10	240	220	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		350	330		
	64QAM		510	480		
携帯局(上空)	QPSK	10	12,200	10,900	自由空間 伝搬損失	シナリオ2
	16QAM		24,300	21,700		
	64QAM		48,400	43,200		

*:干渉抑圧フィルタ 遮断減衰量(30dB)及び空中線利得(6dBi)を含む

参考資料3 D/U実測値による同一周波数共用条件の検討 (D波:公共BB、U波:狭帯域IoT)

(1)下側隣接帯域: 公共BB(被干渉)と狭帯域IoT無線システムとの共用条件

D/U実測値による所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

②条件:公共BB 空中線利得2dBi、(狭帯域IoT:2dBi)

被干渉・公共BB(CH1)			与干渉・狭帯域IoT無線(下側隣接帯域:2dBi)		伝搬 モデル	干渉 シナリオ
無線局種別	変調方式 (1次変調)	空中線 利得 (dBi)	所要離離(m)*			
			FSK	OFDM		
基地局	QPSK	2	320	300	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		470	440		
	64QAM		690	650		
移動局 (可搬型基地局)	QPSK	2	99	97	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		150	140		
	64QAM		220	200		
移動局 (可搬型基地局以外)	QPSK	2	93	91	拡張奥村 秦式	シナリオ1
	16QAM		130	120		
	64QAM		180	170		
携帯局(上空)	QPSK	2	2,000	1,800	自由空間 伝搬損失	シナリオ2
	16QAM		3,900	3,500		
	64QAM		7,700	6,900		

*:干渉抑圧フィルタ 遮断減衰量(30dB)及び空中線利得(2dBi以下)を含む

参 考 資 料4

D/U実測値による同一周波数共用条件の検討
(D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参考資料4 D/U実測値による同一周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参4.1 D/U測定の概要(D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)(同一周波数干渉)

狭帯域IoT無線システムと公共BBの同一数周波数共用条件(D/U実測結果:参2.1及び下表)をもとに、所要離隔距離を試算した。 (注)令和5技術試験事務・成果(京都大学大学院情報学研究科 原田研究室)

●D/U特性実測結果(希望波受信入力電力:-70dBm、所要回線品質PER=10%)

D波(狭帯域IoT)	U波	D/U(dB)	備 考
FSK(100Kbps、400kHz幅)	公共BB (QPSK)	1	FECなし
FSK(300Kbps、400kHz幅)		2	FECなし
OFDM(600Kbps、400kHz幅)		5	FECなし

- 公共BB(U波)に対して、D/U=2dB以下(狭帯域IoT:FSK)、5dB以下(狭帯域IoT:OFDM)が得られた。
- OFDMでは、実運用では、誤り訂正(FEC)の適用を想定しているため、実効的にさらに数dB程度以上の改善量が期待される(例えば6dB^(※)程度のFEC改善を見込むと、-1dB(=5dB-6dB)が期待される)。

※:SUN FSKの受信感度の規定におけるFEC有・無の差(6dB)を参考とした(参照: IEEE 802.15.4-2020 項19.6.7)

参考資料4 D/U実測値による同一周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参4.2 D/U実測値による所要離隔距離の検討条件(同一周波数干渉)

ここでは、狭帯域IoT無線システム(希望波)の受信電力(D波)を「-70dBm」とし、近端からの公共BB(U波)の同一干渉波入力電力(5W(上側:1W))に対し、所要D/Uモデルを想定し、狭帯域IoTの所要回線品質(PER=10%)が得られる干渉雑音レベルを求め、所要離隔距離を算出した。

● 干渉波(U)による等価的な干渉雑音電力は、所要D/U値から定まる値に対して、雑音電力の増加分を考慮して、3dB減とした。

所要離隔距離の試算条件を以下に示す。

区分		試算条件
被干渉条件 (狭帯域IoT)	変調方式	FSK、OFDM
	空中線利得 ^(※1)	下側帯域:6dBi ^(※2)
	給電線損失	0dB
	空中線高	3m(下側帯域:上空なし)
	受信入力電力	-70dBm想定
与干渉条件 (公共BB)	空中電電力	基地局:20W、移動局:5W、携帯局(上空):1W ^(※6)
	チャンネル幅	5MHz
	変調方式	QPSK
	空中線利得 ^(※1)	10dBi ^(※2)
	給電線損失	基地局:0dB、移動局及び携帯局:0dB
	干渉抑圧フィルタ	—
	空中線高	基地局:30m、移動局(可搬型基地局):3m、移動局(可搬型基地局以外):1.5m 携帯局(上空):— ^(※3)
試算条件 ^(※5)	所要D/U	FSKの場合 : 2dB(FECなし)、 OFDMの場合 : -1dB(FECあり)
	干渉雑音電力 ^(※4)	FSKの場合 : -75dBm(FECなし)、 OFDMの場合 : -72dB(FECあり)

※1: ただし、空中線電力の低減や給電線損失無しを補う分の増加は認められる

※2: 表中の値は、最大値を示す。ここで、公共BB及び狭帯域IoT無線ともに、主に使用が想定される移動局及び携帯局(上空)にあつては、空中線利得:2dBiが見込まれる。

※3: 空中線高は考慮せず、無線局間の絶対距離にて伝搬損失を計算した(自由空間伝搬損失式を適用)

※4: 等価干渉雑音電力=受信入力電力(-70dBm)-所要D/U値-3dB

※5: 空中線利得を含まず ※6: 上空(陸上から3海里を超える範囲を除く。3海里以遠は、5W以下)で使用する場合は1W以下に限る(携帯局)。

参4.3 所要離隔距離の検討結果(同一周波数干渉)

(1) 狭帯域IoT無線システムの所要離隔距離(1/5) 条件:公共BB 空中線利得10dBi(最大)、2dBi

- ① 公共BB基地局に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。なお、本検討では、以降、両システムで主に利用が想定される空中線(2dBi)を考慮した場合の、実効的な所要離隔距離の試算結果についても示す。
 なお、ここでは、前述の「参4.1 D/U測定の概要」に示すD/U値に対して、所要離隔距離を求めた。(以下、同様)

被干渉： 狭帯域IoT			与干渉： 公共BB 基地局		伝搬モデル	干渉 シナリオ
帯域及び 種別	空中線利得 [dBi]	変調方式	所要離隔距離 [m]			
			空中線利得			
			10dBi	2dBi		
下側	6	FSK	8,900		拡張奥村秦式	シナリオ1
		OFDM	7,300			
	2	FSK		4,100		
		OFDM		3,400		

参考資料4 D/U実測値による同一周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参4.3 所要離隔距離の検討結果(同一周波数干渉)

(2) 狭帯域IoT無線システムの所要離隔距離(2/5) 条件:公共BB 空中線利得10dBi(最大)、2dBi

●② 公共BB移動局(可搬型基地局)に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

被干渉： 狭帯域IoT			与干渉： 公共BB 移動局(可搬型基地局)		伝搬モデル	干渉 シナリオ
帯域及び 種別	空中線利得 [dBi]	変調方式	所要離隔距離 [m]			
			空中線利得			
			10dBi	2dBi		
下側	6	FSK	1,900		拡張奥村秦式	シナリオ1
		OFDM	1,600			
	2	FSK		900		
		OFDM		700		

(3) 狭帯域IoT無線システムの所要離隔距離(3/5) 条件:公共BB 空中線利得10dBi(最大)、2dBi

●③ 公共BB移動局(可搬型基地局以外)に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

被干渉： 狭帯域IoT			与干渉： 公共BB 移動局(可搬型基地局以外)		伝搬モデル	干渉 シナリオ
帯域及び 種別	空中線利得 [dBi]	変調方式	所要離隔距離 [m]			
			空中線利得			
			10dBi	2dBi		
下側	6	FSK	1,600		拡張奥村秦式	シナリオ1
		OFDM	1,300			
	2	FSK		800		
		OFDM		600		

参考資料4 D/U実測値による同一周波数共用条件の検討 (D波:狭帯域IoT、U波:公共BB)

参4.3 所要離隔距離の検討結果(同一周波数干渉)

(4) 狭帯域IoT無線システムの所要離隔距離(4/5) 条件:公共BB 空中線利得10dBi(最大)、2dBi

- ④ 公共BB携帯局(上空利用(空中線電力1W))に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

被干渉： 狭帯域IoT			与干渉： 公共BB 携帯局(1W、上空)		伝搬モデル	干渉 シナリオ
帯域及び 種別	空中線利得 [dBi]	変調方式	所要離隔距離 [m]			
			空中線利得			
			10dBi	2dBi		
下側	6	FSK	100km超		自由空間伝搬損失	シナリオ2
		OFDM	100km超			
	2	FSK		38,500		
		OFDM		27,300		

(5) 狭帯域IoT無線システムの所要離隔距離(5/5) 条件:公共BB 空中線利得10dBi(最大)、2dBi

- ⑤ 公共BB携帯局(上空利用(空中線電力5W^[*]))に対する所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

[*]: 現行規定 3海里以遠の場合

被干渉： 狭帯域IoT			与干渉： 公共BB 携帯局(5W、上空)		伝搬モデル	干渉 シナリオ
帯域及び 種別	空中線利得 [dBi]	変調方式	所要離隔距離 [m]			
			空中線利得			
			10dBi	2dBi		
下側	6	FSK	100km超		自由空間伝搬損失	シナリオ2
		OFDM	100km超			
	2	FSK		86,100		
		OFDM		60,900		