

資料 6-4

2. 4. 2. 2 追加検討事項

(1) TV 放送から LTE への帯域内干渉について

これまでの検討では、TV放送からLTEへの帯域内干渉のうち、与干渉側がTV放送親局、及び大規模中継局の場合、送信フィルタの交換等により特性の改善が期待できるとし、TV放送親局からLTE基地局(上り受信)への期待される改善量として、ガードバンド幅が5~30MHzで-30~-80dB程度とされた。追加検討では、共用が可能となる所要改善量を得るための送信フィルタの実現性を検証した。

尚、TV放送から小電力レピータ(上り受信/下り受信)、陸上移動中継局(下り受信)、陸上移動局(下り受信)への帯域内干渉については、基地局(上り受信)の所要改善量より少ないため、基地局の追加検討結果が準用可能と判断し、追加検討から除外した。TV放送(親局/大規模中継局)からLTE基地局(上り受信)およびTV放送親局から陸上移動中継局屋外エリア用(上り受信)の追加検討は以下のとおり。

ア TV 放送親局から LTE 基地局 (上り受信) への帯域内干渉

これまでの検討では、TV放送親局からLTE基地局(上り受信)への帯域内干渉は、ガードバンド幅 0MHz において所要改善量が 71.3dB (TV 放送親局のアンテナ高 20m、LTE 基地局との水平離隔距離 147m) となった。

その条件における送信フィルタの実現性を検証するため、フィルタを複数例(低減衰・中減衰・高減衰、それぞれについてフィルタの減衰帯域の傾斜が異なる 5, 10, 15MHz で減衰極を有するフィルタ)設計し、そのフィルタの実機の測定値を踏まえ、実現性について追加検討した。

設計したフィルタの減衰特性を表 2. 4. 2. 2-1 に示す。

表 2. 4. 2. 2-1 設計フィルタの減衰特性 (TV 放送親局)

減衰特性	減衰極	周波数 (離調)					
		715MHz (+5MHz)	720MHz (+10MHz)	725MHz (+15MHz)	730MHz (+20MHz)	735MHz (+25MHz)	740MHz (+30MHz)
低減衰 (4段)	5MHz	-16.8dB	-17.7dB	-21.6dB	-25.3dB	-28.5dB	-31.3dB
	10MHz	-8.1dB	-34.6dB	-34.6dB	-36.0dB	-38.3dB	-40.6dB
	15MHz	-7.0dB	-29.6dB	-47.6dB	-47.6dB	-47.9dB	-49.4dB
中減衰 (6段)	5MHz	-38.7dB	-50.6dB	-60.5dB	-68.8dB	-75.5dB	-81.3dB
	10MHz	-30.8dB	-71.7dB	-73.2dB	-79.3dB	-85.1dB	-90.4dB
	15MHz	-29.4dB	-62.7dB	-91.2dB	-91.4dB	-94.9dB	-99.4dB
高減衰 (8段)	5MHz	-62.1dB	-83.7dB	-99.5dB	-112.3dB	-122.5dB	-131.4dB
	10MHz	-54.0dB	-108.3dB	-112.6dB	-123.0dB	-132.3dB	-140.6dB
	15MHz	-52.7dB	-95.7dB	-132.7dB	-134.9dB	-141.9dB	-149.4dB

* : 減衰極の周波数については、前後周波数から内挿した近似値を使用。

TV 放送親局の送信機出力へ、表 2. 4. 2. 2-1 のフィルタを挿入した場合の所要改善量の検討結果を、表 2. 4. 2. 2-2 に示す。

表 2. 4. 2. 2-2 設計フィルタ挿入時の所要改善量 (TV 放送親局)

所要改善量	減衰極	周波数 (離調)					
		715MHz (+5MHz)	720MHz (+10MHz)	725MHz (+15MHz)	730MHz (+20MHz)	735MHz (+25MHz)	740MHz (+30MHz)
低減衰 (4 段)	5MHz	54.5dB	53.6dB	49.7dB	46.0dB	42.8dB	40.0dB
	10MHz	63.2dB	36.7dB	36.7dB	35.3dB	33.0dB	30.7dB
	15MHz	64.3dB	41.7dB	23.7dB	23.7dB	23.4dB	21.9dB
中減衰 (6 段)	5MHz	32.6dB	20.7dB	10.8dB	2.5dB	-4.2dB	-10.0dB
	10MHz	40.5dB	-0.4dB	-1.9dB	-8.0dB	-13.8dB	-19.1dB
	15MHz	41.9dB	8.6dB	-19.9dB	-20.1dB	-23.6dB	-28.1dB
高減衰 (8 段)	5MHz	9.2dB	-12.4dB	-28.2dB	-41.0dB	-51.2dB	-60.1dB
	10MHz	17.3dB	-37.0dB	-41.3dB	-51.7dB	-61.0dB	-69.3dB
	15MHz	18.6dB	-24.4dB	-61.4dB	-63.6dB	-70.6dB	-78.1dB
(参考) これまでの検討結果		36.3dB	26.3dB	—	6.3dB	—	—

注 1) 所要改善量がマイナスとなる部分は、表中の周波数離調にて、共用が可能となる部分。

注 2) 所要改善量がプラスとなる部分は、水平離隔距離等のパラメータを加味して、更に共用条件の検討が必要となる部分。

注 3) 上表「(参考) これまでの検討結果」の行の値は、本ア項の TV 放送親局から LTE 基地局 (上り受信) で受信帯域内干渉に対する所要ガードバンド幅を求める際に、ガードバンド幅 0MHz での所要改善量 71.3dB に対し、所要ガードバンド幅を評価するために参照した各周波数離調における所要改善量。

更に、この所要改善量を実現する水平離隔距離について、アンテナの垂直指向性減衰および自由空間電波伝搬損失のモデルを用いた 1MHz 毎の計算を行い、フィルタ毎に所要改善量を実現する水平離隔距離と周波数離調との関係を精査した。

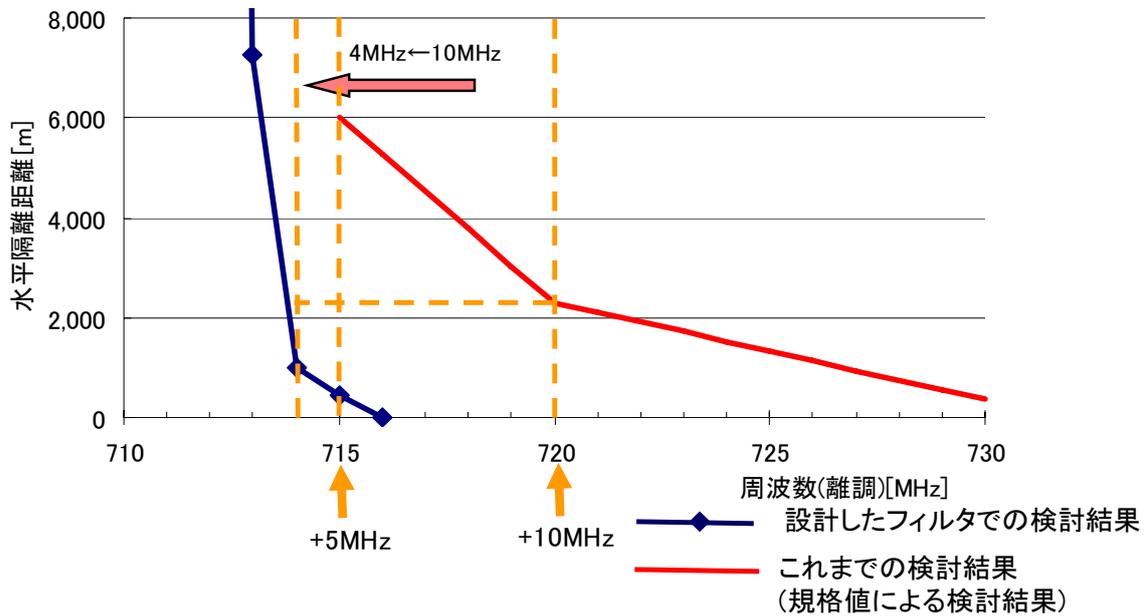
その結果、高減衰、減衰極+5MHz タイプのフィルタが、より少ない周波数離調でマイナスとなる所要改善量を実現できる条件となった。このフィルタを用いた場合の水平離隔距離と周波数離調の関係は図 2. 4. 2. 2-1 のとおりである。この図から、実現可能な「高減衰・減衰極+5MHz タイプ」のフィルタについて、次のように考察できる。

狭いガードバンド幅を追求した場合、これまでの検討における規格値を使った検討では、ガードバンド幅 10MHz とした場合に、水平離隔距離 2.3km が共用に必要な条件となった。このケースに上記の高減衰・減衰極+5MHz タイプのフィルタを適用すると、同じ水平離隔距離で 4MHz のガードバンド幅となる。

短い水平離隔距離を追求した場合、ガードバンド幅を 6MHz とすれば、水平離隔距離は 0m となる。

図 2. 4. 2. 2-1 高減衰・減衰極+5MHz タイプ (TV 放送親局) の条件

高減衰・減衰極+5MHz



以上の結果から、これまでの検討における TV 放送親局から LTE 基地局 (上り受信) への干渉検討で、共用するための条件として期待されたフィルタについて、実現可能な減衰特性であることを確認した。

また、中減衰または高減衰タイプのフィルタを用いることにより、これまでの検討の共用条件について、更なる改善が可能であることを確認した。その水平離隔距離と最小ガードバンド幅の関係は、以下の結果となった。

- 共用条件において、水平離隔距離の制限を設けない場合
高減衰・減衰極+5MHz タイプのフィルタを用いることで、最小ガードバンド幅 6MHz (水平離隔距離 0m) にて共用が可能となる。
- 共用条件において、ガードバンド幅を最小とする場合
高減衰・減衰極+5MHz タイプのフィルタを用いることで、最小ガードバンド幅 4MHz (水平離隔距離 2.3km) にて共用が可能となる。

イ TV 放送大規模中継局から LTE 基地局（上り受信）への帯域内干渉

これまでの検討では、TV 放送大規模中継局から LTE 基地局（上り回線受信）への帯域内干渉は、ガードバンド幅 0MHz において所要改善量が 53.5dB（TV 放送大規模中継局アンテナ高 20m、水平離隔距離 147m）となった。

その条件における送信フィルタの実現性を検証するため、フィルタを複数例（低減衰・中減衰・高減衰、それぞれについてフィルタの減衰帯域の傾斜が異なる 5, 10MHz で減衰極を有するフィルタ）設計し、そのフィルタの実機の測定値を踏まえ、実現性について追加検討した。

設計したフィルタの減衰特性を表 2. 4. 2. 2-3 に示す。

表 2. 4. 2. 2-3 設計フィルタの減衰特性（TV 放送大規模中継局）

減衰特性	減衰極	周波数（離調）					
		715MHz (+5MHz)	720MHz (+10MHz)	725MHz (+15MHz)	730MHz (+20MHz)	735MHz (+25MHz)	740MHz (+30MHz)
低減衰	5MHz	-31.8dB	-33.8dB	-37.5dB	-41.1dB	-44.2dB	-46.9dB
	10MHz	-27.3dB	-45.0dB	-56.5dB	-65.1dB	-72.0dB	-77.6dB
中減衰	5MHz	-46.1dB	-58.4dB	-68.2dB	-76.1dB	-82.8dB	-88.2dB
	10MHz	-36.5dB	-59.1dB	-73.5dB	-84.2dB	-92.9dB	-99.9dB
高減衰	5MHz	-64.8dB	-74.0dB	-74.1dB	-76.0dB	-78.3dB	-80.5dB
	10MHz	-40.6dB	-83.3dB	-90.2dB	-98.1dB	-98.1dB	-98.1dB

*：減衰極の周波数については、前後周波数の近似値を使用。

TV 放送大規模中継局の送信機出力へ、表 2. 4. 2. 2-3 のフィルタを挿入した場合の所要改善量の検討結果を、表 2. 4. 2. 2-4 に示す。

表 2. 4. 2. 2-4 設計フィルタ挿入時の所要改善量（TV 放送大規模中継局）

所要改善量	減衰極	周波数（離調）					
		715MHz (+5MHz)	720MHz (+10MHz)	725MHz (+15MHz)	730MHz (+20MHz)	735MHz (+25MHz)	740MHz (+30MHz)
低減衰	5MHz	21.7dB	19.8dB	16.0dB	12.4dB	9.3dB	6.6dB
	10MHz	26.3dB	8.5dB	-3.0dB	-11.6dB	-18.5dB	-24.1dB
中減衰	5MHz	7.4dB	-4.9dB	-14.7dB	-22.6dB	-29.3dB	-34.7dB
	10MHz	17.0dB	-5.6dB	-20.0dB	-30.7dB	-39.4dB	-46.4dB
高減衰	5MHz	-11.3dB	-20.5dB	-20.6dB	-22.5dB	-24.8dB	-27.0dB
	10MHz	12.9dB	-29.8dB	-36.7dB	-44.6dB	-44.6dB	-44.6dB
(参考) これまでの検討結果		18.5dB	8.5dB	-	-	-	-

注 1) 所要改善量がマイナスとなる部分は、表中の周波数離調にて、共用が可能となる部分。

注 2) 所要改善量がプラスとなる部分は、水平離隔距離等のパラメータを加味して、更に共用条件の検討が必要となる部分。

注 3) 上表「(参考) これまでの検討結果」の値は、これまでの検討結果において親局 (20m)

から LTE 基地局への帯域内干渉における所要ガードバンド幅検討での各周波数離調の所要改善量の値に対し、同様の所要改善量を本イ項の大規模中継局のケースで評価するため、アとイのケースでのガードバンド幅 0MHz における所要改善量の差分 (17.8dB = 71.3dB - 53.5dB) を補正して、イのケースの各周波数離調における所要改善量を求めた値。

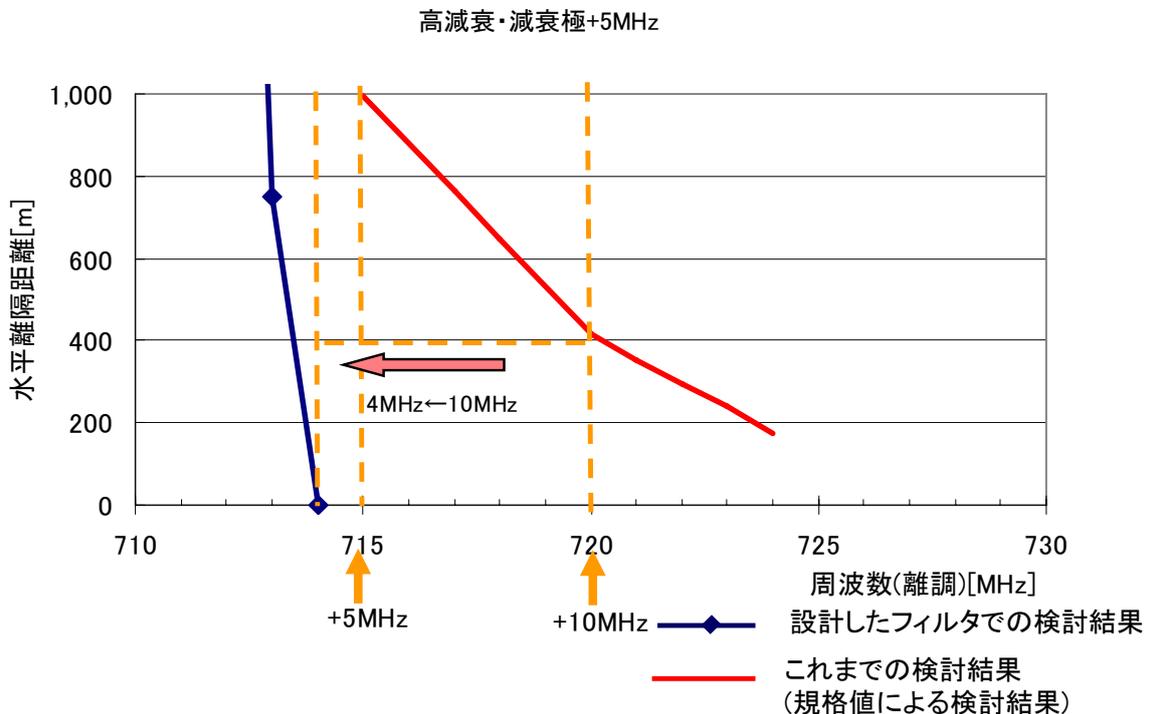
前項アと同様の計算を行い、フィルタ毎に所要改善量を実現する水平離隔距離と離調の関係性を精査した。

その結果、高減衰、減衰極+5MHz タイプのフィルタが、より少ない周波数離調でマイナスとなる所要改善量を実現できる条件となった。このフィルタを用いた場合の水平離隔距離と周波数離調の関係は次の図 2. 4. 2. 2-2 のとおりである。この図から、実現可能な「高減衰・減衰極+5MHz タイプ」のフィルタについて、次のように考察できる。

狭いガードバンド幅を追求した場合、これまでの検討における規格値を使った検討 (TV 放送親局の検討結果を元に大規模中継局との所要改善量の差分を補正) では、ガードバンド幅 10MHz とした場合に、水平離隔距離 416m が共用に必要な条件となった。このケースに上記の高減衰・減衰極+5MHz タイプのフィルタを適用して検討すると、4MHz のガードバンド幅となる。更に水平離隔距離を広げた場合、1km で 3MHz のガードバンド幅となる。

短い水平離隔距離を追求した場合、ガードバンド幅を 4MHz とすれば、水平離隔距離は 0m で共用が可能となる。

図 2. 4. 2. 2-2 高減衰・減衰極+5MHz タイプ (TV 放送大規模中継局) の条件



以上の結果から、これまでの検討における TV 放送大規模中継局から LTE 基地局への干渉検討で、共用するための条件として期待されたフィルタについて、実現可能な減衰特性であることを確認した。

また、中減衰または高減衰タイプのフィルタを用いることにより、これまでの検討の共用条件について、更なる改善が可能であることを確認した。その水平離隔距離と最小ガードバンド幅の関係は、以下の結果となった。

- 共用条件において、水平離隔距離の制限を設けない場合
高減衰・減衰極+5MHz タイプのフィルタを用いることで、最小ガードバンド幅 4MHz (水平離隔距離 0m) にて共用が可能となる。
- 共用条件において、ガードバンド幅を最小とした場合
高減衰・減衰極+5MHz タイプのフィルタを用いることで、最小ガードバンド幅 3MHz (水平離隔距離約 1km) にて共用が可能となる。

ウ 設計した送信フィルタの試作及び性能検証

実証実験において、表 2. 4. 2. 2-1 のフィルタ設計をベースとして、中減衰・減衰極+10MHz タイプ（通過帯域端から 10MHz に減衰極を持つ 6 段構成のフィルタ（通過対象チャンネル：52ch））を試作し、その特性を検証した。

特性検証の結果を、表 2. 4. 2. 2-5 に示す。

表 2. 4. 2. 2-5 試作フィルタの特性検証（TV 放送親局・中減衰・減衰極+10MHz）

周波数（離調）	減衰量（送信フィルタ）[dB]				
	715MHz	720MHz*	725MHz	730MHz	735MHz
詳細設計値	-30.8	-71.7	-73.2	-79.3	-85.1
実測値	-33.9	-72.5	-73.8	-79.4	-84.6
（参考）情通審 検討フィルタ	-35.0	-45.0	-55.0	-65.0	-75.0

*：減衰極の周波数については、前後周波数から内挿した近似値を使用。

通過帯域内の特性（振幅周波数特性、群遅延時間特性）については、詳細設計値と実測値がほぼ同等の値であることを確認した。

不要発射帯域における減衰量については、特性検証の結果、詳細設計値と実測値の差が 1dB 程度に収まっており、ほぼ同等の特性であることを確認した。これまでの検討に用いたフィルタ特性との比較においても、周波数毎の減衰量は異なるものの、設計した減衰特性を満足できるフィルタが実現可能であることを確認した。

エ TV 放送親局から LTE 陸上移動中継局屋外エリア用（上り受信）への干渉

TV 放送親局から LTE 陸上移動局屋外エリア用（上り受信）への干渉における所要改善量については、これまでの検討において、TV 放送親局から LTE 基地局（上り受信）の所要改善量より 5.3dB 高い値となった。

一方、ア項の TV 放送親局から LTE 基地局への干渉における追加検討結果において、ガードバンド幅を最小とする場合の水平離隔距離 2.3km における最小ガードバンド幅 4MHz での所要改善量は 8.9dB のマイナスとなった。そのため、この改善量の余力によって、TV 放送親局から LTE 陸上移動中継局屋外エリア用（上り受信）の所要改善量はマイナスとなる。また、ガードバンド幅を 6MHz（水平離隔距離 0m）とした場合にはプラスの所要改善量が残るものの、陸上移動中継局については、携帯電話事業者での設置場所の調整やアンテナ設置条件等のサイトエンジニアリングが可能であるため、ア項の TV 放送親局から LTE 基地局への干渉におけるガードバンド幅と同一の結果が適用可能である。

オ TV 放送から LTE への帯域内干渉についての検討結果まとめ

以上の検討から、実現可能性のあるフィルタを用いることで、その減衰特性によって、一定の周波数離調をガードバンド幅とすることで所要改善量をマイナスの値とすることが

可能である。

また、放送局とLTE基地局間で一定の水平離隔距離を確保することにより、ガードバンド幅をより狭くすることも可能である。

今回検討した実現性のあるフィルタの検討結果では、このガードバンドと水平離隔距離の組合せについて、最小ガードバンド幅はTV放送親局において、4MHz(水平離隔距離2.3km)または6MHz(水平離隔距離0m)にて共用可能である。また、TV放送大規模中継局については、TV放送親局と同一の4MHz(水平離隔距離0m)に加え、3MHz(水平離隔距離1km)においても共用可能である。

(2) TV 放送から LTE への帯域外干渉について

ア TV放送からLTE(下り受信)への帯域外干渉について

これまでの検討では、TV放送からLTE(下り受信)への帯域外干渉のうち、ガードバンド幅が最大となるケースは、TV放送からLTE移動局(下り受信)の場合で30MHz以上(水平離隔距離470m)である。

LTE(下り受信)については、700MHz帯における周波数再編の基本方針において、基地局用の周波数を770MHz以上とすることが基本的な考え方として示されたことから、LTEの下り受信帯域とTV放送帯域との間のガードバンド幅については、少なくとも60MHz以上となる。

陸上移動局(下り受信)の帯域外干渉については、上記のガードバンド幅30MHz(水平離隔距離470m)における所要改善量9.2dBはデュプレクサの実力値30dBを加味したものであるが、実証実験で試作および評価を行った700MHz帯LTE陸上移動局の結果から、陸上移動局のデュプレクサ実力値は45dB以上を見込むことができるため、ガードバンド幅60MHzの場合は、所要改善量が5.8dB(水平離隔距離0m)のマイナスとなり、水平離隔距離0mにて共用が可能となる。

イ TV 放送から LTE (上り受信) への帯域外干渉について

TV放送からLTE(上り受信)のガードバンド幅0MHzにおける所要改善量については、LTE基地局(上り受信)で52.8dB、陸上移動中継局で59.2dB、小電力レピータで40.7dBとなった。

LTE基地局(上り受信)およびLTE陸上移動中継局(上り受信)については、図2.2.1-3の受信フィルタcを挿入することにより、LTE基地局(上り受信)への帯域内干渉検討の結果として導き出された最小ガードバンド幅の4MHzにおける帯域外干渉の所要改善量は、基地局(上り受信)では4.8dBのプラス、陸上移動中継局(上り受信)では11.2dBのプラスとなる。また、ガードバンド幅が6MHzの場合には、帯域外干渉の所要改善量は、基地局(上り受信)では0dB、陸上移動中継局(上り受信)では6.4dBのプラスとなる。

LTE基地局(上り受信)への帯域内干渉については、実証実験を踏まえた結果において、水平離隔距離を2.3kmとすることにより、最小ガードバンド幅は4MHzとなった。この水平離隔距離2.3kmを帯域外干渉の検討においても考慮すると、これまでの検討でのLTE基地局(上り受信)の帯域外干渉の水平離隔距離147mに対し、2.3kmの場合の自由空間伝搬減

衰量は約 24dB 増加する。LTE 陸上移動中継局（上り受信）の帯域外干渉の水平離隔距離 40m に対し、2.3km の場合の自由空間伝搬減衰量は約 35dB 増加する。

従って、LTE 基地局（上り受信）および LTE 陸上移動中継局（上り受信）においては、ガードバンド幅 4MHz における帯域外干渉の所要改善量を大きく上回る自由空間伝搬損失が水平離隔距離を考慮することで確保できるため、LTE 基地局（上り受信）への帯域内干渉と同一の水平離隔距離 2.3km における最小ガードバンド幅 4MHz では、所要改善量はマイナスとなる。また、ガードバンド幅を 6MHz（水平離隔距離 0m）とした場合には、陸上移動中継局（上り受信）にてプラスの改善量が残るものの、携帯電話事業者での設置場所の調整やアンテナ設置条件等のサイトエンジニアリングが可能であるため、A項の TV 放送親局から LTE 基地局への干渉におけるガードバンド幅と同一の結果が適用可能である。

また、小電力レピータ（上り受信）については、これまでの検討では内部のデュプレクサの受信フィルタによる 40～50dB の改善が期待できるため、ガードバンド幅は 10MHz 以上となった。小電力レピータ（上り受信）についても、帯域内干渉検討の結果として導き出された最小ガードバンド幅の 4MHz を想定した場合、内部のデュプレクサの受信フィルタによる減衰は、20～30dB 程度が期待できる。これに加えて、これまでの検討での LTE 小電力レピータ（上り受信）の帯域外干渉の水平離隔距離 20m に対し、2.3km の場合の伝搬減衰量は約 41dB 増加する。

従って、LTE 小電力レピータ（上り受信）においても、ガードバンド幅 4MHz における帯域外干渉の所要改善量を大きく上回る自由空間伝搬損失が確保できるため、所要改善量はマイナスとなる。また、ガードバンド幅を 6MHz（水平離隔距離 0m）とした場合には、プラスの改善量が残るものの、携帯電話事業者での設置場所の調整やアンテナ設置条件等のサイトエンジニアリングが可能であるため、A項の TV 放送親局から LTE 基地局への干渉におけるガードバンド幅と同一の結果が適用可能である。

ウ TV 放送から LTE への帯域外干渉についての検討結果まとめ

TV放送からLTE（下り受信）への帯域外干渉については、これまでの検討での検討結果のとおり、TV放送からLTE移動局（下り受信）の場合となり最小ガードバンド幅は30MHzにて共用可能である。

TV 放送から LTE（上り受信）への帯域外干渉については、一定の水平離隔距離を確保することおよび携帯電話事業者での設置場所の調整等を行うことにより、帯域内干渉での TV 放送親局から LTE 基地局（下り受信）のガードバンド幅と同一の 4MHz（水平離隔距離 2.3km）または 6MHz（水平離隔距離 0m）にて共用が可能である。

表2. 4. 5-1に、TV放送との干渉検討結果まとめとして、最小ガードバンド幅及びその条件を示す。

表2. 4. 5-1 TV放送との干渉検討結果まとめ

		与干渉		
		TV放送 (送信)	LTE下り (LTE基地局送信)	LTE上り (LTE移動局送信)
被 干 渉	TV放送 (受信)			
	LTE下り (LTE移動局受信)	GB30MHz (水平離隔距離470m) または GB60MHz (水平離隔距離0m)		
	LTE上り (LTE基地局受信)	GB4MHz (水平離隔距離2.3km) または GB6MHz (水平離隔距離0m)		

ア TV放送からLTEへの与干渉に関する対策

TV放送からLTEへの与干渉については、これまでの検討結果を踏まえた実証実験を行い、親局における最小ガードバンド幅は、水平離隔距離の制限を設けない場合は6MHz、2.3kmの水平離隔距離を確保した場合は4MHzとなった。本検討では、TV放送局へフィルタを追加した場合の検討を行ったものであるが、運用中のTV放送への影響を最小限に押さえるため、設置環境等を含めた総合的な判断を行うことが重要である。実証実験では、フィルタ性能の検証に加えて、実際のTV放送用送信機の試作等を行った。その結果、不要発射の実力値については、規格値と比較した場合、周波数離調に応じて低減することを確認した。特定のTV送信機に係る測定結果のみから定量的な評価を行うことは適切ではないが、当事者間の調整を行うことにより、TV放送局の不要発射の実力値、LTE基地局との水平離隔距離等の条件が考慮できる場合は、TV送信機に実装されているフィルタに加えて、更にフィルタを追加する方法だけでなく、TV送信機の実装フィルタの取替え又は水平離隔距離の確保等により、上記のガードバンド幅を実現できる可能性があることが確認された。