

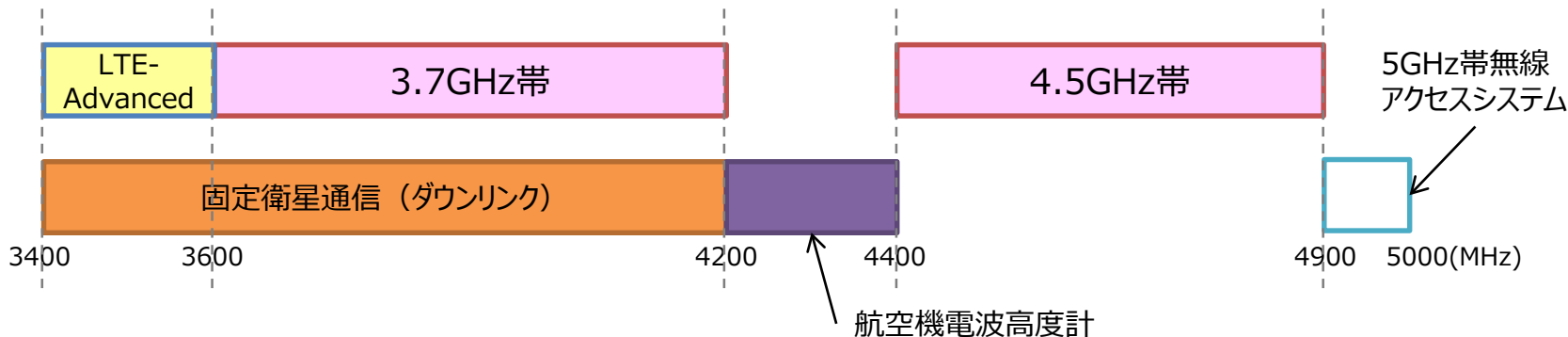
3.7GHz帯, 4.5GHz帯, 28GHz帯における 5G導入に係る周波数共用検討

(株) NTTドコモ
2018年1月17日

3.7GHz帯, 4.5GHz帯の検討

共用検討対象の無線通信システム

• 3.7GHz帯、4.5GHz帯



候補周波数	対象システム	同一／隣接	与干渉→被干渉
3.6-4.2GHz (3.7GHz帯)	固定衛星通信 (ダウンリンク)	同一周波数	5G→地球局
	航空機電波高度計	隣接周波数	5G→電波高度計 電波高度計→5G
	LTE-Advanced	隣接周波数	5G→LTE-Advanced LTE-Advanced→5G
	5G	隣接周波数	5G→5G
4.4-4.9GHz (4.5GHz帯)	航空機電波高度計	隣接周波数	5G→電波高度計 電波高度計→5G
	5GHz帯無線アクセスシステム	隣接周波数	5G→5GHz帯無線アクセスシステム 5GHz帯無線アクセスシステム→5G
	5G	隣接周波数	5G→5G

“5G”の共用検討パラメータ

- “5G”の導入可能性を評価する上で、ビームフォーミングアンテナを考慮した共用検討を実施
 - 従前の共用検討（LTE-Advanced等）では固定ビームアンテナを考慮
- 3.7GHz帯、4.5GHz帯における共用検討の実施方法として以下を考慮

	基地局	陸上移動局
3.7GHz帯	<ul style="list-style-type: none">• ビームフォーミングアンテナを考慮^(*1)• スモールセル基地局を考慮^(*2)	<ul style="list-style-type: none">• ビームフォーミングアンテナの適用は現実的ではないため、従前の無指向性アンテナを考慮• チャンネル帯域幅を拡大した検討を行う
4.5GHz帯	<ul style="list-style-type: none">• ビームフォーミングアンテナを考慮^(*1)• スモールセル基地局及びマクロセル基地局を考慮	

(*1) 最大EIRPは、従来の固定ビームアンテナの基地局と同等として検討

(*2) 地球局の設置場所周辺で同一周波数での共用可能性を明らかにするために、スモールセル基地局を中心に検討

- 以上の考え方に基づいて、次スライド以降のパラメータ値を利用
 - 検討の進捗に基づき、（必要に応じて）他のパラメータ値での検討も実施する予定

3.7/4.5GHz帯5Gスモールセル基地局（送信）

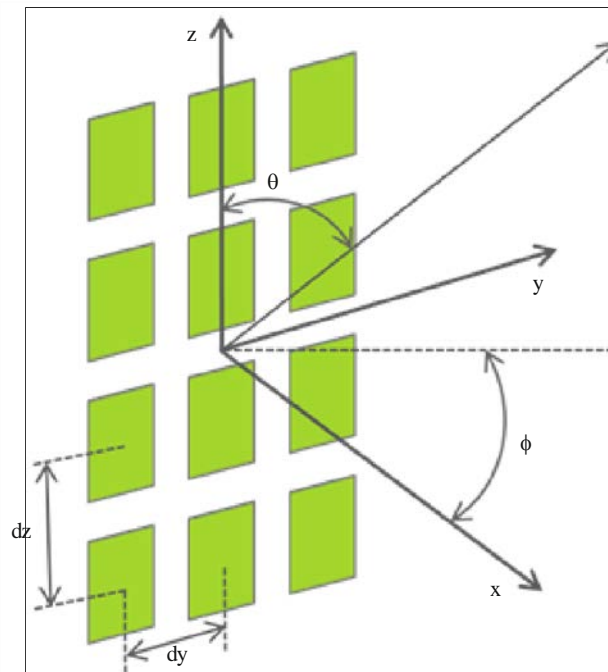
	5Gスモールセル基地局	備考
空中線電力	5 dBm/MHz	EIRPから算出
空中線利得	23dBi (素子あたり利得 5 dBi、素子数 8×8を想定)	(注1)
給電線損失等	3 dB	(注1)
等価等方輻射電力 (EIRP)	25dBm/MHz	LTE-Aと同じ
空中線指向特性 (水平)	勧告ITU-R M.2101	(注1)
空中線指向特性 (垂直)	勧告 ITU-R M.2101	(注1)
機械チルト	10°	(注1)
送信空中線高	10m	LTE-Aと同じ
送信帯域幅	100、200、…、600MHz (3.7GHz帯) 100、200、…、500MHz (4.5GHz帯)	
隣接チャンネル漏えい電力	下記または-25dBm/MHzの高い値 -44.2dBc (チャンネル帯域幅 MHz離調) -44.2dBc (2×チャンネル帯域幅 MHz離調) ※参照帯域幅は当該チャンネル帯域幅の最大実効帯域幅	3GPP準拠
スプリアス領域における不要発射の強度	-4dBm/100kHz (30MHz- 1 GHz) -4dBm/MHz (1 GHz以上) (周波数帯の端から40MHz以上の範囲に適用)	3GPP準拠

(参考) LTE-Advanced スモールセル基地局
20dBm/MHz
5 dBi
0 dB
25dBm/MHz
無指向性
勧告 ITU-R F.1336等
0°等
10m
40、80、120、160MHz
下記または-13dBm/MHzの高い値 -44.2dBc (20MHz離調)、 -44.2dBc (40MHz離調) ※参照帯域幅は18MHz
-13dBm/100kHz (30MHz- 1 GHz) -13dBm/MHz (1 GHz-18GHz) (周波数帯の端から10MHz以上の範囲に適用)

(注1) ITU-RのIMT-2020共用検討パラメータに基づく (Document 5-1/36-E)

(参考) ビームフォーミングアンテナ

- 勧告ITU-R M.2101で示されるビームフォーミングアンテナの構成
 - 複数のアンテナ素子が並べられた平面アンテナ構成を想定
 - 各アンテナ素子に給電する信号の位相を制御し、発射する電波の指向性を変える



M.2101 -10

3.7/4.5GHz帯5Gスモールセル基地局（受信）

	5Gスモールセル基地局	備考
許容干渉電力 （帯域内干渉）	-110dBm/MHz (I/N=- 6dB、NF=10dB)	I/Nは Rep. ITU-R M.2292
許容感度抑圧電力 （帯域外干渉）	-47dBm（隣接20MHz幅） -38dBm（上記以外）	3GPP準拠
空中線利得	23dBi (素子あたり利得 5 dBi、素子数 8 x 8を想定)	(注1)
給電線損失等	3 dB	(注1)
空中線指向特性（水平）	勧告 ITU-R M.2101	(注1)
空中線指向特性（垂直）	勧告 ITU-R M.2101	(注1)
機械チルト	10°	(注1)
空中線高	10m	LTE-Aと同じ

(参考) LTE-Advanced スモールセル基地局
-114dBm/MHz (I/N=-10dB、NF=10dB)
-43dBm
5 dBi
0 dB
無指向性
勧告 ITU-R F.1336
0°等
10m

(注1) ITU-RのIMT-2020共用検討パラメータに基づく (Document 5-1/36-E)

4.5GHz帯5Gマクロセル基地局（送信）

	5Gマクロセル基地局	備考
空中線電力	28dBm/MHz	EIRPから算出
空中線利得	23dBi (素子あたり利得 5 dBi、素子数 8×8を想定)	(注1)
給電線損失等	3 dB	(注1)
等価等方輻射電力 (EIRP)	48dBm/MHz	LTE-Aと同じ
空中線指向特性 (水平)	勧告 ITU-R M.2101	(注1)
空中線指向特性 (垂直)	勧告 ITU-R M.2101	(注1)
機械チルト	6°	LTE-Aと同じ
送信空中線高	40m	LTE-Aと同じ
送信帯域幅	100、200、…、500MHz	
隣接チャネル漏えい電力	下記または-13dBm/MHzの高い値 -44.2dBc (チャネル帯域幅 MHz離調) -44.2dBc (2×チャネル帯域幅 MHz離調) ※参照帯域幅は当該チャネル帯域幅の最大実効帯域幅	3GPP準拠
スプリアス領域における不要発射の強度	-4dBm/100kHz (30MHz- 1 GHz) -4dBm/MHz (1 GHz以上) (周波数帯の端から40MHz以上の範囲に適用)	3GPP準拠

(参考) LTE-Advanced スモールセル基地局
36dBm/MHz
17dBi
5 dB
48dBm/MHz
セクタアンテナパターン
セクタアンテナパターン
6°
40m
40、80、120、160MHz
下記または-13dBm/MHzの高い値 -44.2dBc (20MHz離調)、 -44.2dBc (40MHz離調) ※参照帯域幅は18MHz
-13dBm/100kHz (30MHz- 1 GHz) -13dBm/MHz (1 GHz-18GHz) (周波数帯の端から10MHz以上の範囲に適用)

(注1) ITU-RのIMT-2020共用検討パラメータに基づく (Document 5-1/36-E)

4.5GHz帯5Gマクロセル基地局（受信）

	5Gマクロセル基地局	備考
許容干渉電力 （帯域内干渉）	-115dBm/MHz (I/N=- 6 dB、NF= 5 dB)	I/Nは Rep. ITU-R M.2292
許容感度抑圧電力 （帯域外干渉）	-52dBm（隣接20MHz幅） -43dBm（上記以外）	3GPP準拠
空中線利得	23dBi (素子あたり利得 5 dBi、素子数 8 x 8 を想定)	(注1)
給電線損失等	3 dB	(注1)
空中線指向特性（水平）	勧告 ITU-R M.2101	(注1)
空中線指向特性（垂直）	勧告 ITU-R M.2101	(注1)
機械チルト	6°	LTE-Aと同じ
空中線高	40m	LTE-Aと同じ

(参考) LTE-Advanced スモールセル基地局
-119dBm/MHz (I/N=-10dB、NF= 5 dB)
-43dBm
17dBi
5 dB
セクタアンテナパターン
セクタアンテナパターン
6°
40m

(注1) ITU-RのIMT-2020共用検討パラメータに基づく (Document 5-1/36-E)

3.7/4.5GHz帯5G陸上移動局 (送信)

	5G陸上移動局	備考
空中線電力	23dBm	LTE-Aと同じ
空中線利得	0 dBi	LTE-Aと同じ
給電線損失等	0 dB	LTE-Aと同じ
空中線指向特性 (水平)	無指向性	LTE-Aと同じ
空中線指向特性 (垂直)	無指向性	LTE-Aと同じ
送信空中線高	1.5m	LTE-Aと同じ
送信帯域幅	100、200MHz (3.7GHz帯) 100、200MHz (4.5GHz帯)	(注1)
隣接チャンネル漏えい電力	下記または-50dBm/3.84MHz の高い値 -33dBc (チャンネル帯域幅/2+2.5MHz離調) -36dBc (チャンネル帯域幅/2+7.5MHz離調) 下記または-50dBm/チャンネル帯域幅MHzの 高い値 -30dBc (チャンネル帯域幅MHz離調)	3GPP準拠 (注2)
スプリアス領域における 不要発射の強度	-36dBm/ 1 kHz (9 KHz-150KHz) -36dBm/10kHz (150KHz-30MHz) -36dBm/100kHz (30MHz- 1 GHz) -30dBm/MHz (1 GHz-)	3GPP準拠 (注3)
その他損失	8 dB (人体吸収損)	

- (注1) 2キャリアまでのキャリアアグリゲーションを考慮
(注2) 絶対値既定の-50dBmは3GPPでの暫定値
(注3) -30dBm/MHzの上限は送信帯域上端の5倍波まで

(参考) LTE-Advanced陸上移動局
23dBm
0 dBi
0 dB
無指向性
無指向性
1.5m
40、80、120、160MHz
下記または-50dBm/3.84MHzの高い値 -33dBc (チャンネル帯域幅/2+2.5MHz離調) -36dBc (チャンネル帯域幅/2+7.5MHz離調) 下記または-50dBm/チャンネル帯域幅MHzの 高い値 -30dBc (チャンネル帯域幅MHz離調)
-36dBm/ 1 kHz (9 KHz-150KHz) -36dBm/10kHz (150KHz-30MHz) -36dBm/100kHz (30MHz- 1 GHz) -30dBm/MHz (1 GHz-18GHz)
8 dB (人体吸収損)

3.7/4.5GHz帯5G陸上移動局（受信）

	5G陸上移動局	備考
許容干渉電力 （帯域内干渉）	-111dBm/MHz (I/N=-6dB、NF=9dB)	LTE-Aと同じ
許容感度抑圧電力 （帯域外干渉）	-40dBm (チャネル帯域幅と同一幅の隣接干渉波)	3GPP準拠 (注1)
空中線利得	0 dBi	LTE-Aと同じ
給電線損失等	0 dB	LTE-Aと同じ
空中線指向特性（水平）	無指向性	LTE-Aと同じ
空中線指向特性（垂直）	無指向性	LTE-Aと同じ
空中線高	1.5m	LTE-Aと同じ
その他損失	8 dB（人体吸収損）	LTE-Aと同じ

(注1) 3GPPでの暫定値

(参考) LTE-Advanced陸上移動局
-111dBm/MHz (I/N=-6dB、NF=9dB)
-56dBm (チャネル帯域幅/ 2 + 7.5MHz離調) -44dBm (チャネル帯域幅/ 2 + 12.5MHz離調)
0 dBi
0 dB
無指向性
無指向性
1.5m
8 dB（人体吸収損）

地球局との検討

地球局の概要

- 電気通信事業者により、衛星通信システムが運用されており、人工衛星局から地球局へのダウンリンク通信に利用されている
 - － 国内通信（離島向け、各種情報配信、衛星移動通信フィーダリンク）
 - － 国際通信（直接通信、中継サービス）
 - － 回線監視、衛星管制等

電気通信事業者が運用する地球局（免許局）の数

- － 56局（2017年11月調査時点）

※常設ではなく将来にわたり不定期に短期間開設される可能性がある地球局5局、計画中の地球局12局を含む

- また国内には、国内外の免許による固定衛星からの信号や、海外の衛星放送配信を受信する受信専用設備も存在する

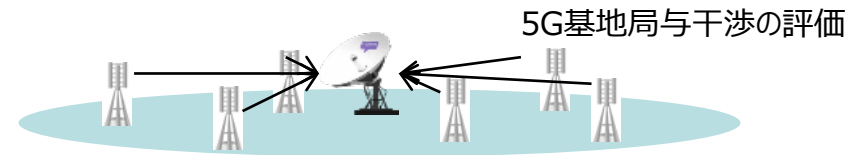
地球局との共用検討手法

- 5G基地局を順次配置し、地球局における5G基地局からの累積干渉量を計算

$$I = \Sigma(P + G_{tm} + G_t - P_{tL} - L_b + G_{rm} + G_r - P_{rL})$$

- 5G基地局与干渉の評価では、基地局を地球局周辺の人口の多いメッシュに配置する
- 基地局のビームフォーミングについては、基地局はエリア内の端末に対してメインローブを向ける

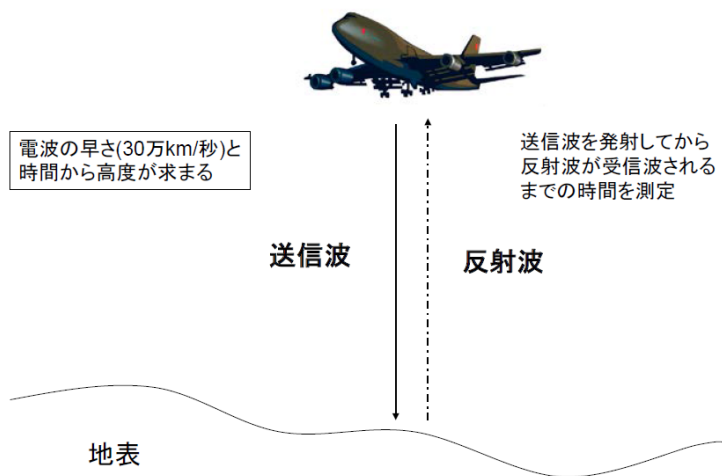
送信側 (5G) パラメータ		
緯度・経度		被干渉局との距離、方向の算出に使用
送信電力密度	P	
最大アンテナ利得	G_{tm}	
アンテナパターン	G_t	勧告ITU-R M.2101
アンテナ高		被干渉局との距離、方向の算出に使用
各種損失	P_{tL}	
伝搬モデル		
地上局間伝搬損	L_b	勧告ITU-R P.452 (標高に平均建物高を考慮して計算)
受信側 (地球局) パラメータ		
緯度・経度		被干渉局との距離、方向の算出に使用
人工衛星軌道位置		アンテナ指向方向の算出に使用
最大アンテナ利得	G_{rm}	
アンテナパターン	G_r	勧告ITU-R S.580等
アンテナ高		距離、与干渉局方向の算出に使用
各種損失	P_{rL}	
受信システム雑音温度		許容干渉レベルの計算に使用
干渉保護基準(I/N)		許容干渉レベルの計算に使用



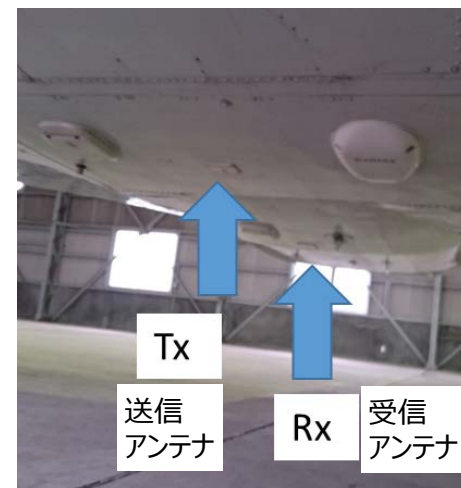
航空機電波高度計との検討

航空機電波高度計の概要

- 電波高度計は航空機／ヘリコプターに具備されている計器で、地表に向かって電波を発射し、その反射波が戻ってくるまでの時間に基づいて高度を測定する
 - － パルス型とFM-CW型の2種類が存在
 - パルス型の電波高度計は比較的、古い航空機／ヘリコプターに搭載されていることが多い
 - 最近の航空機／ヘリコプターの多くは、FM-CW型を搭載
- 国内で免許されている電波高度計は、約80の免許人、約1,100局が存在
 - － 上記以外に、海外航空会社などの日本へ飛来する航空機等でも利用されている



電波高度計送受信ユニット



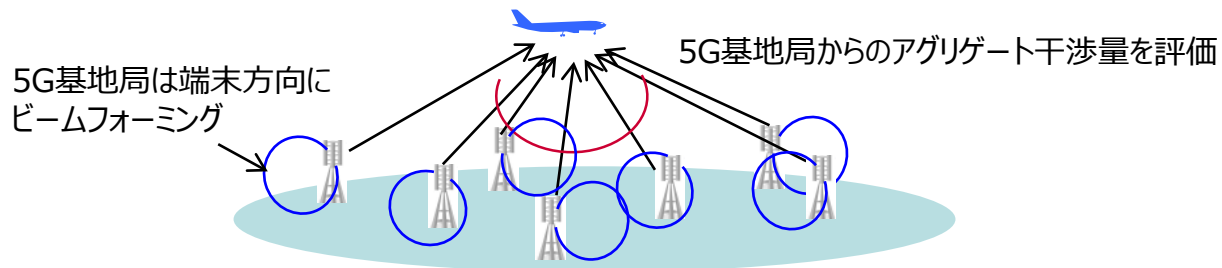
電波高度計アンテナ

電波高度計との共用検討手法

- 航空機電波高度計が利用する4.2-4.4GHzに隣接する周波数へ5Gを導入する場合について、5G基地局が与干渉となり航空機電波高度計が被干渉となる場合の共用検討を下記の条件で実施する

(共用検討条件)

- ① 5G無線局の送信パラメータは、勧告ITU-R M.2101に準拠
- ② 航空機電波高度計の受信パラメータ及び保護基準は、勧告ITU-R M.2059に準拠
- ③ 伝搬モデルは自由空間伝搬とする
- ④ 5G基地局からのアグリゲート干渉を考慮
- ⑤ 5G基地局密度は、高密度から低密度までを4種類にモデル化、各モデルの上空でのアグリゲート干渉量に基づき共用検討を実施
- ⑥ 都心部の空港を想定し空港に着陸進入する場合、および低高度進入の場合の共用検討を実施



基地局密度モデル (4種類)

- (a) 逼迫エリア
- (b) 都市部
- (c) 都市圏
- (d) 全国

5GHz帯無線アクセスシステム との検討

5GHz帯無線アクセスシステムの概要

- 使用周波数帯は、4.9-5.0GHz及び5.03-5.091GHz
 - － 1対1の対向方式（P-P方式：Point to point）又は1対多の多方向方式（P-MP：Point to Multipoint）により接続・構成
 - － 住宅・マンションなど一般家庭を対象とした無線によるインターネットアクセス回線（FWA）として利用している他、条件不利地域等におけるブロードバンド化に利用
- 全国に416の免許人が存在、全国に12,017局の登録局が存在
（平成24年度調査時の8,315局に比較して、12,017局と登録局数が大幅に増加）

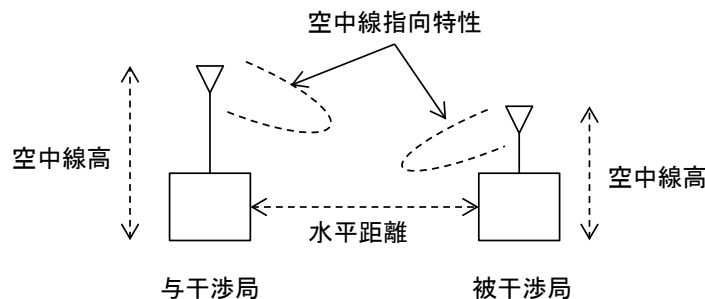
	全国	北海道	東北	関東	信越	北陸	東海	近畿	中国	四国	九州	沖縄
登録人数	416	53	54	125	23	14	48	52	35	32	63	17
平成24年度	191	39	20	70	14	0	20	22	22	19	27	5
登録局数 個別免許	135	0	17	15	12	4	9	12	6	35	25	0
平成24年度	40	0	0	4	12	0	1	2	0	10	11	0
登録局数 包括免許	11,882	2,745	901	1,233	200	26	397	606	665	580	1,010	3,519
平成24年度	8,275	2,309	241	720	35	0	294	129	307	450	646	3,144
登録局数 個別免許＋包括免許	12,017	2,745	918	1,248	212	30	406	618	671	615	1,035	3,519
平成24年度	8,315	2,309	241	724	47	0	295	131	307	460	657	3,144

5GHz帯無線アクセスシステムとの共用検討手法

- 共用検討の方法については、被干渉局の許容干渉レベルとして許容干渉電力（帯域内干渉）と許容感度抑圧電力（帯域外干渉）を考慮し、1対1対向モデルによる検討を基本とする
 - 陸上移動局の検討においては、必要に応じてモンテカルロ・シミュレーションによる確率的な検討を行う。

被干渉 \ 与干渉	5G（基地局送信）	5G（陸上移動局送信）	5GHz帯無線アクセスシステム
5G（基地局受信）	－	－	○
5G（陸上移動局受信）	－	－	○
5GHz帯無線アクセスシステム	○	○	－

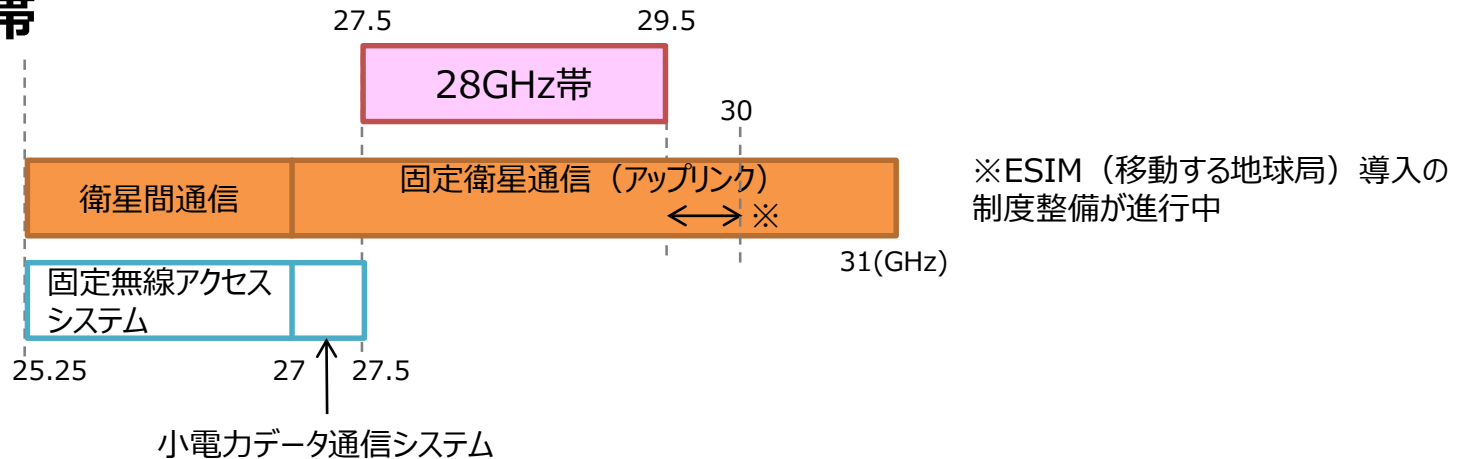
- 1対1対向モデルの検討方法は以下の通りとする
 - 与干渉局と被干渉局の間に一定の水平距離を設け、許容干渉レベルに対する所要改善量を算出する。
 - 設定する水平距離は、与干渉局及び被干渉局の空中線高、空中線指向特性、伝搬損失を考慮して、干渉電力の大きさが最大となる条件（最小結合の条件）について検討を行う。（与干渉局及び被干渉局とも空中線指向特性が無指向性である場合には、両局が最も接近する水平距離を仮定して検討を行う。）



28GHz帯の検討について

共用検討対象の無線通信システム

• 28GHz帯



候補周波数	対象システム	同一／隣接	与干渉→被干渉
27.5-29.5GHz (28GHz帯)	固定衛星通信 (アップリンク)	同一周波数、隣接周波数	5G→人工衛星局 (固定衛星アップリンク受信) 地球局 (衛星アップリンク送信) →5G
	衛星間通信	隣接周波数	5G→人工衛星局 (衛星間通信アップリンク受信) 地球局 (衛星アップリンク送信) →5G
	小電力データ通信システム	隣接周波数	5G→小電力データ通信システム 小電力データ通信システム→5G
	固定無線アクセスシステム	隣接周波数	5G→固定無線アクセスシステム 固定無線アクセスシステム→5G
	5G	隣接周波数	5G→5G

“5G”の共用検討パラメータ

- “5G”の導入可能性を評価する上で、5Gのビームフォーミングアンテナを考慮した共用検討を実施
- 28GHz帯における共用検討の実施方法として以下を考慮

	基地局	陸上移動局
28GHz帯	<ul style="list-style-type: none">• ビームフォーミングアンテナを考慮• スモールセル基地局を考慮	<ul style="list-style-type: none">• ビームフォーミングアンテナを考慮

- 以上の考え方に基づいて、次スライド以降のパラメータを利用
 - 検討の進捗に基づき、（必要に応じて）他のパラメータ値での検討も実施する予定

28GHz帯5G基地局（送信）

	5G基地局		備考
	屋外	屋内	
空中線電力	5dBm/MHz	0dBm/MHz	(注1)
空中線利得	23dBi (素子あたり利得 5 dBi、素子数 8 x 8 を想定)		(注1)
給電線損失等	3 dB		(注1)
等価等方輻射電力 (EIRP)	25dBm/MHz	20dBm/MHz	(注1)
空中線指向特性 (水平)	勧告 ITU-R M.2101		(注1)
空中線指向特性 (垂直)	勧告 ITU-R M.2101		(注1)
機械チルト	10°	90°	(注1)
送信空中線高	6, 15m	3m	(注1)
送信帯域幅	400MHz、800MHz、…、2GHz		(注1)
ネットワークロードファクタ	20%, 50%		(注1)
基地局TDDアクティビティファクタ	80%		(注1)
隣接チャネル漏えい電力	-28dBc		3GPP準拠
スプリアス領域における不要発射の強度	-13dBm/MHz		(注1)

(注1) ITU-RのIMT-2020共用検討パラメータに基づく (Document 5-1/36-E)

28GHz帯5G基地局（受信）

	5G基地局		備考
	屋外	屋内	
許容干渉電力 （帯域内干渉）	-110dBm/MHz (I/N=-6dB、NF=10dB)		(注1)
許容感度抑圧電力 （帯域外干渉）	TBD		3GPP にて検討中
空中線利得	23dBi (素子あたり利得 5 dBi、素子数 8 x 8 を想定)		(注1)
給電線損失等	3 dB		(注1)
空中線指向特性（水平）	勧告 ITU-R M.2101		(注1)
空中線指向特性（垂直）	勧告 ITU-R M.2101		(注1)
機械チルト	10°	90°	(注1)
空中線高	6m, 15m	3m	(注1)

(注1) ITU-RのIMT-2020共用検討パラメータに基づく (Document 5-1/36-E)

28GHz帯5G陸上移動局（送信）

	5G陸上移動局	備考
空中線電力	22dBm	(注1)
空中線利得	17dBi (素子あたり利得 5 dBi、素子数 4 x 4 を想定)	(注1)
給電線損失等	3 dB	(注1)
等価等方輻射電力 (EIRP)	10dBm/MHz (400MHz) 7 dBm/MHz (800MHz)	(注1)
空中線指向特性 (水平)	勧告 ITU-R M.2101	(注1)
空中線指向特性 (垂直)	勧告 ITU-R M.2101	(注1)
送信空中線高	1.5m	(注1)
チャンネル帯域幅	400、800MHz	(注2)
移動局TDDアクティビティファクタ	20%	(注1)
隣接チャンネル漏えい電力	-17dBc	3GPP準拠
スプリアス領域における不要発射の強度	-13dBm/MHz	(注1)
その他損失	4 dB (人体吸収損)	(注1)

(注1) ITU-RのIMT-2020共用検討パラメータに基づく (Document 5-1/36-E)

(注2) 2キャリアまでのキャリアアグリゲーションを考慮

28GHz帯5G陸上移動局（受信）

	5G陸上移動局	備考
許容干渉電力 （帯域内干渉）	-110dBm/MHz (I/N=-6dB、NF=10dB)	(注1)
許容感度抑圧電力 （帯域外干渉）	TBD	3GPP にて検討中
空中線利得	17dBi (素子あたり利得 5 dBi、素子数 4 x 4 を想定)	(注1)
給電線損失等	3 dB	(注1)
空中線指向特性（水平）	勧告 ITU-R M.2101	(注1)
空中線指向特性（垂直）	勧告 ITU-R M.2101	(注1)
空中線高	1.5m	(注1)
その他損失	4 dB（人体吸収損）	(注1)

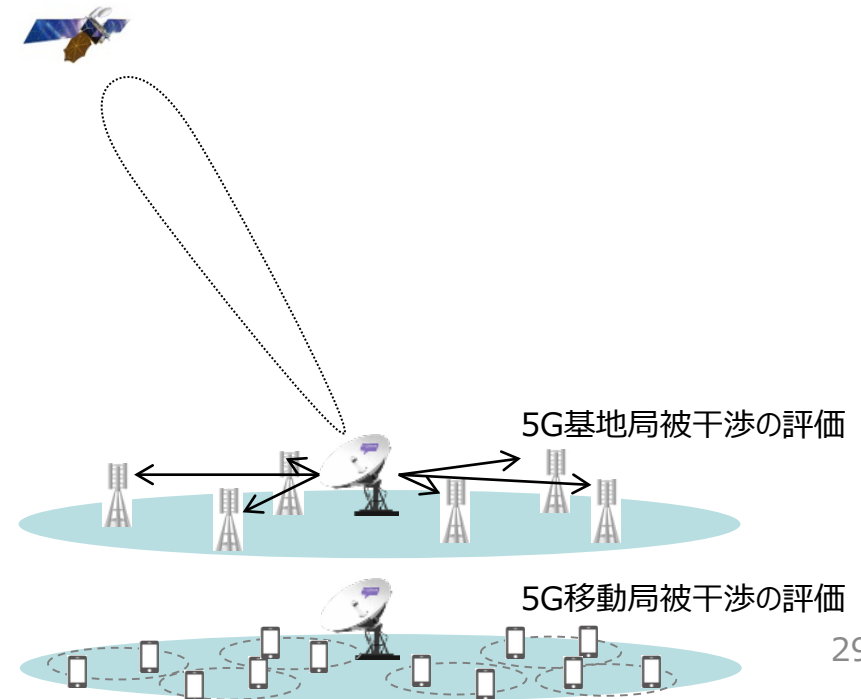
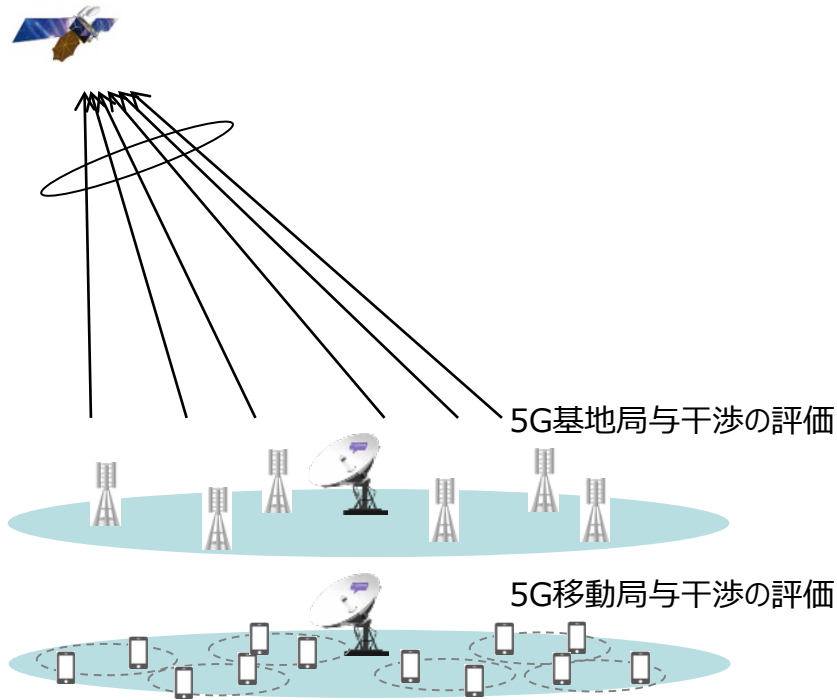
(注1) ITU-RのIMT-2020共用検討パラメータに基づく（Document 5-1/36-E）

Ka帯衛星通信システムとの検討

Ka帯衛星通信システムの概要

- 運用中：GSO衛星によるKa帯衛星通信システム
- 今後：GSO及びNGSO衛星によるKa帯衛星通信システムが計画中

5Gに対する干渉検討シナリオ



GSO衛星通信システムとの共用検討手法

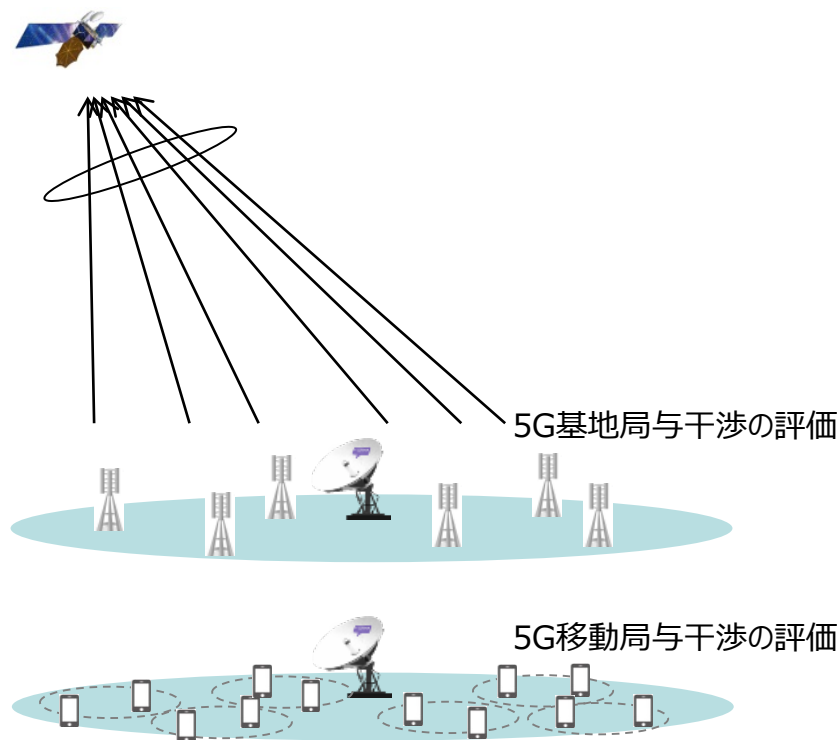
5G→人工衛星局

- 5G干渉局を順次配置し、人工衛星局における5G干渉局からの累積干渉量を計算

$$I = \Sigma(P + G_{tm} + G_t - P_{tL} - L_b - L_{CL} - L_{BEL} + G_{rm} + G_r - P_{rL})$$

- 5G基地局与干渉の評価では、人工衛星局のビーム内に基地局を人口の多いメッシュから順次配置する
- 5G移動局与干渉の評価では、上記基地局のエリア内に移動局をランダムに配置する
- 5Gのビームフォーミングについては、基地局はエリア内の端末に対して、移動局は接続する基地局に対してメインローブが向けられる

送信側 (5G) パラメータ		
緯度・経度		被干渉局との距離、方向の算出に使用
送信電力密度	P	
最大アンテナ利得	G_{tm}	
アンテナパターン	G_t	勧告ITU-R M.2101
アンテナ高		被干渉局との距離、方向の算出に使用
各種損失	P_{tL}	
伝搬モデル		
地上局-宇宙局間伝搬損	L_b	自由空間、勧告ITU-R P.619
クラッタ損	L_{CL}	勧告ITU-R P.2108
建物侵入損	L_{BEL}	勧告ITU-R P.2109
受信側 (人工衛星局) パラメータ		
軌道位置		与干渉局との距離、方向の算出に使用
最大アンテナ利得	G_{rm}	
アンテナパターン	G_r	
各種損失	P_{rL}	
受信システム雑音温度		許容干渉レベルの計算に使用
干渉保護基準(I/N)		許容干渉レベルの計算に使用



GSO衛星通信システムとの共用検討手法

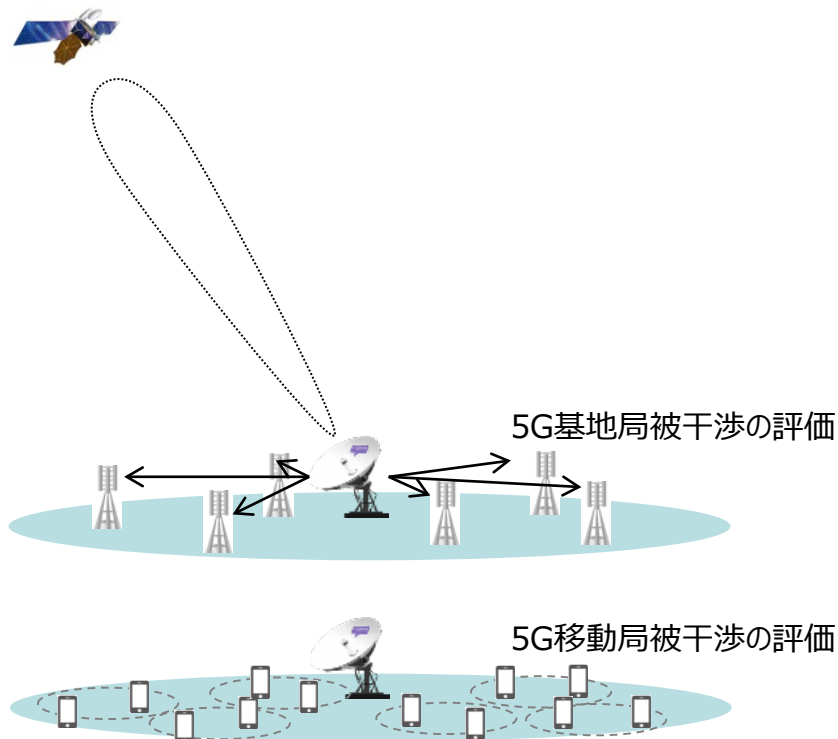
地球局→5G

- 5G被干渉局を配置し、地球局からの干渉量を計算

$$I = P + G_{tm} + G_t - P_{tL} - L_b - L_{CL} - L_{BEL} + G_{rm} + G_r - P_{rL}$$

- 5G基地局被干渉の評価では、基地局を地球局周辺の人口の多いメッシュに配置する
- 5G移動局被干渉の評価では、上記基地局のエリア内に移動局をランダムに配置する
- 5Gのビームフォーミングについては、基地局はエリア内の端末に対して、移動局は接続する基地局に対してメインローブが向けられる

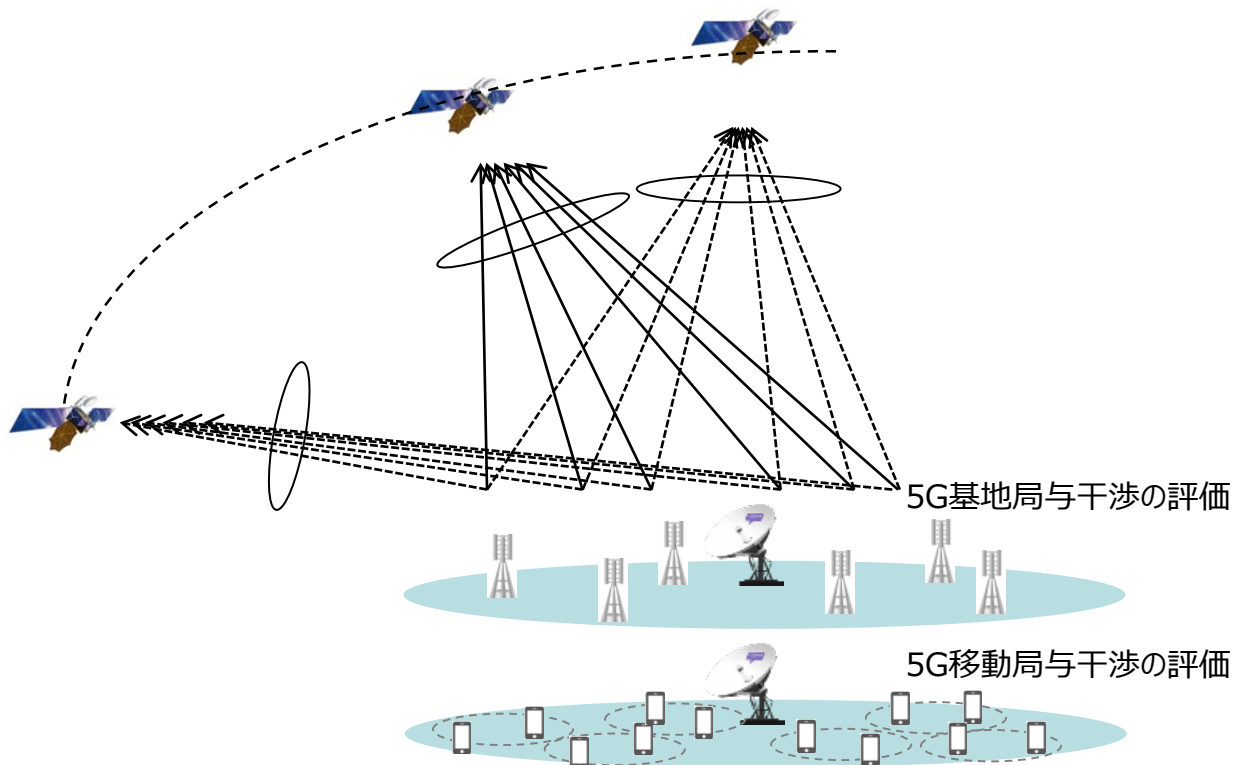
送信側（地球局）パラメータ		
緯度・経度		距離、被干渉局方向の算出に使用
人工衛星軌道位置		アンテナ指向方向の算出に使用
送信電力密度	P	
最大アンテナ利得	G_{tm}	
アンテナパターン	G_t	勧告ITU-R S.580等
アンテナ高		距離、被干渉局方向の算出に使用
各種損失	P_{tL}	
伝搬モデル		
地上局間伝搬損	L_b	勧告ITU-R P.452
クラッタ損	L_{CL}	勧告ITU-R P.2108
建物侵入損	L_{BEL}	勧告ITU-R P.2109
受信側（5G）パラメータ		
緯度・経度		距離、与干渉局方向の算出に使用
最大アンテナ利得	G_{rm}	
アンテナパターン	G_r	勧告ITU-R M.2101
アンテナ高		距離、与干渉局方向の算出に使用
各種損失	P_{rL}	
NF		許容干渉レベルの計算に使用
干渉保護基準(I/N)		許容干渉レベルの計算に使用



NGSO衛星通信システムとの共用検討手法

5G→人工衛星局

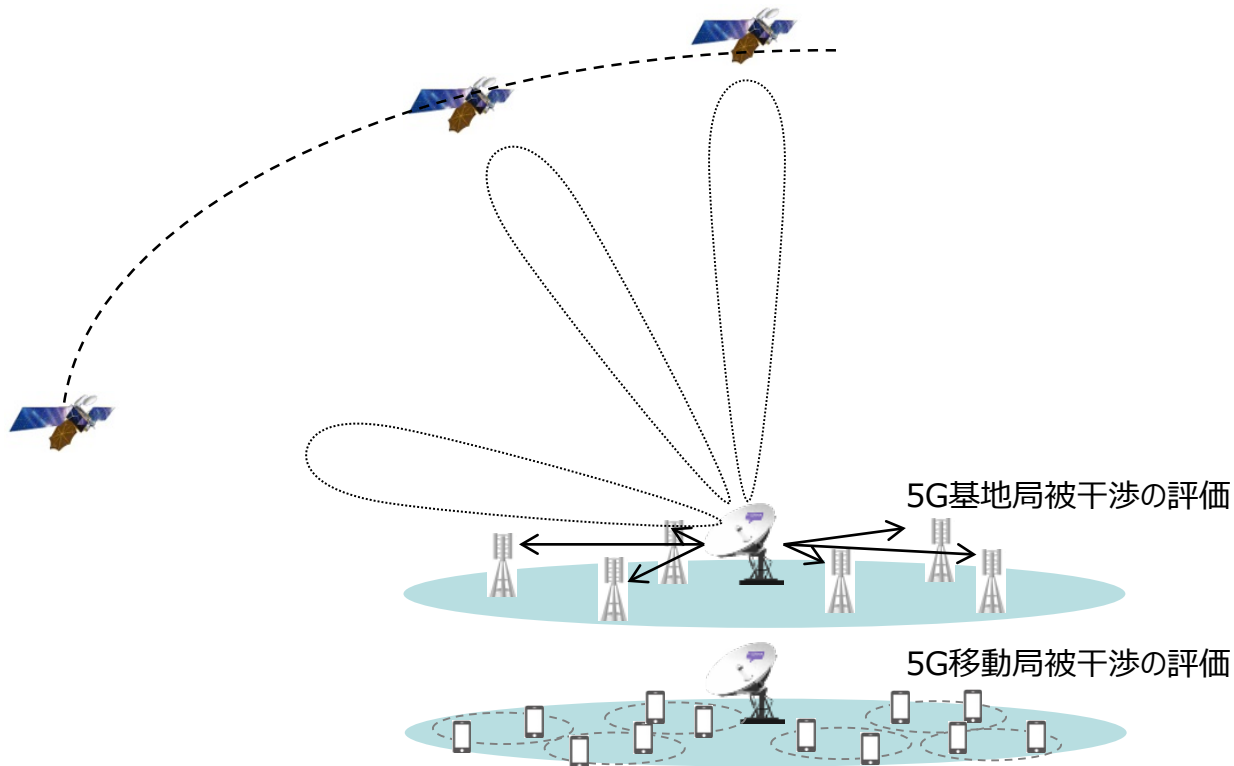
- 人工衛星局の高度とアンテナ放射パターンが軌道位置によって変わる
- 複数の軌道位置（高/中/低仰角等）についてGSOと同様の手法で評価を行う



NGSO衛星通信システムとの共用検討手法

地球局→5G

- 地球局のアンテナ指向方向が人工衛星局の軌道位置によって変わる
- 複数の軌道位置（高/中/低仰角等）についてGSOと同様の手法で評価を行う

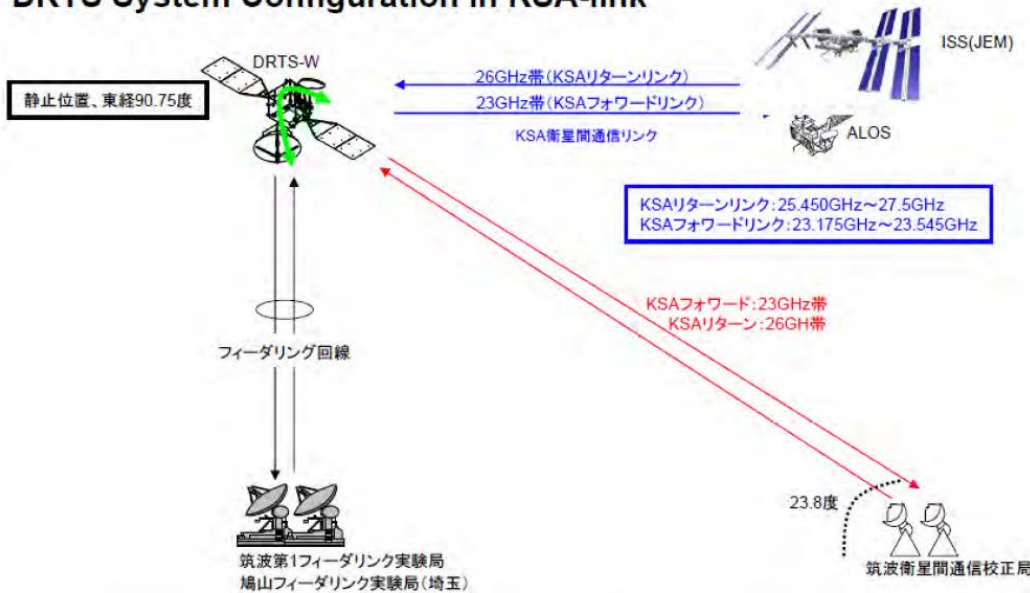


衛星間通信システムとの検討

衛星間通信システムの概要

- 28GHz帯の5Gと共用検討対象となるシステムは、下記のリンク（KSAリターンリンク）
 - 陸域観測技術衛星ALOS (Advanced Land Observing Satellite)から静止衛星DRTS-W (Data Relay Test Satellite)
 - 国際宇宙ステーションISS(International Space Station、JEM)から静止衛星
 - 筑波衛星間通信校正局DSS(Dummy Satellite Station、地上局)から静止衛星

DRTS System Configuration in KSA-link



「UWBとの干渉」
 ①KSAリターンリンク (UWB→DRTS)
 ②KSAフォワードリンク (UWB→ALOS、JEM及び衛星間通信校正局)

JAXAが提示するパラメータは
 DRTS受信系、ALOS、JEM受信系
 及び衛星間通信校正局の受信系

※ALOSは運用終了し、ALOS-2が運用中

衛星間通信システムとの共用検討手法

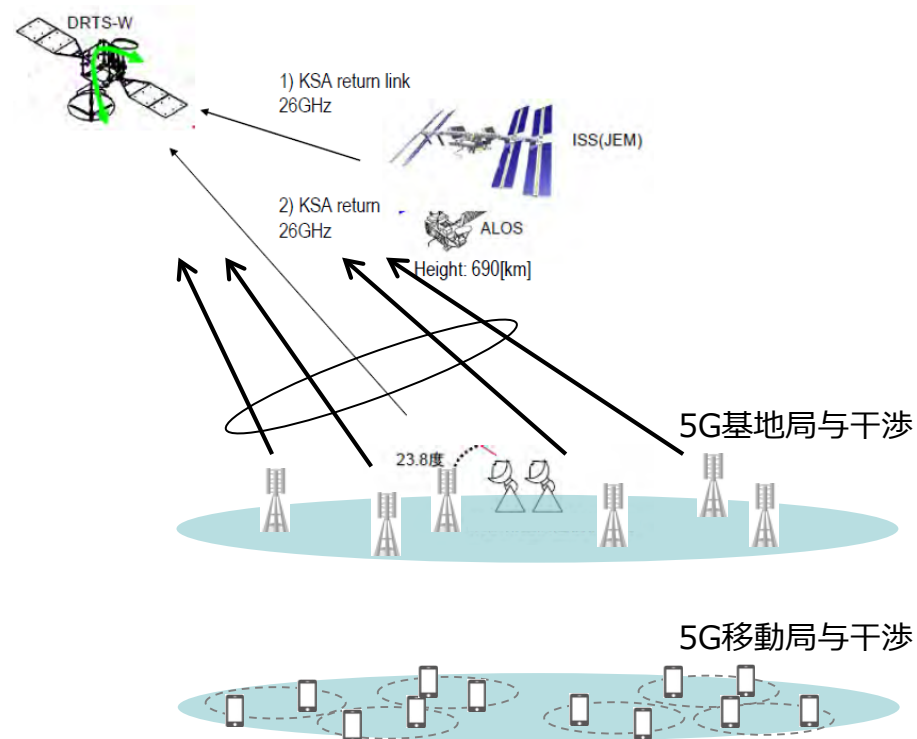
5G→人工衛星局

- 5G干渉局を順次配置し、人工衛星局における5G干渉局からの累積干渉量を計算

$$I = \Sigma(P + G_{tm} + G_t - P_{tL} - L_b - L_{CL} - L_{BEL} + G_{rm} + G_r - P_{rL})$$

- 5G基地局与干渉の評価では、人工衛星局のビーム内に基地局を人口の多いメッシュから順次配置する
- 5G移動局与干渉の評価では、上記基地局のエリア内に移動局をランダムに配置する
- 5Gのビームフォーミングについては、基地局はエリア内の端末に対して、移動局は接続する基地局に対してメインローブが向けられる

送信側 (5G) パラメータ		
緯度・経度		被干渉局との距離、方向の算出に使用
送信電力密度	P	
最大アンテナ利得	G_{tm}	
アンテナパターン	G_t	勧告ITU-R M.2101
アンテナ高		被干渉局との距離、方向の算出に使用
各種損失	P_{tL}	
伝搬モデル		
地上局-宇宙局間伝搬損	L_b	自由空間、勧告ITU-R P.619
クラッタ損	L_{CL}	勧告ITU-R P.2108
建物侵入損	L_{BEL}	勧告ITU-R P.2109
受信側 (人工衛星局) パラメータ		
軌道位置		与干渉局との距離、方向の算出に使用
最大アンテナ利得	G_{rm}	
アンテナパターン	G_r	勧告ITU-R S.672
ビームのポアサイト位置		アンテナパターンの考慮
各種損失	P_{rL}	
受信システム雑音温度		許容干渉レベルの計算に使用
干渉保護基準(I/N)		許容干渉レベルの計算に使用



衛星間通信システムとの共用検討手法

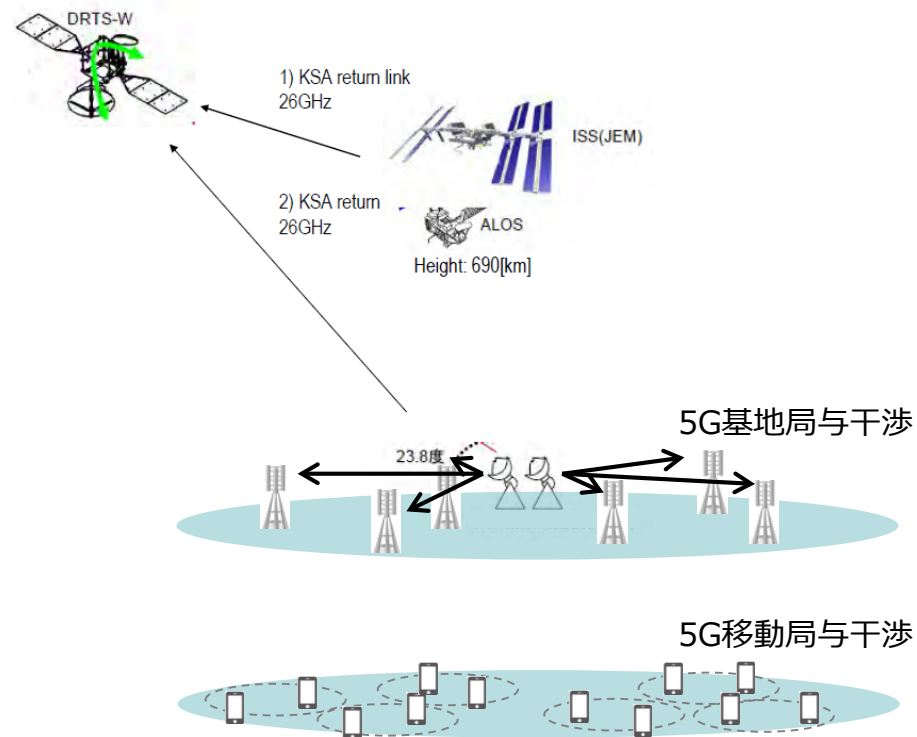
地球局→5G

- 5G被干渉局を配置し、地球局からの干渉量を計算

$$I = \Sigma(P + G_{tm} + G_t - P_{tL} - L_b - L_{CL} - L_{BEL} + G_{rm} + G_r - P_{rL})$$

- 5G基地局与干渉の評価では、基地局を地球局周辺の人口の多いメッシュに配置する
- 5G移動局与干渉の評価では、上記基地局のエリア内に移動局をランダムに配置する
- 5Gのビームフォーミングについては、基地局はエリア内の端末に対して、移動局は接続する基地局に対してメインローブが向けられる

送信側（地球局）パラメータ		
緯度・経度		距離、被干渉局方向の算出に使用
人工衛星軌道位置		アンテナ指向方向の算出に使用
送信電力密度	P	
最大アンテナ利得	G_{tm}	
アンテナパターン	G_t	勧告ITU-R S.580等
アンテナ高		距離、被干渉局方向の算出に使用
各種損失	P_{tL}	
伝搬モデル		
地上局間伝搬損	L_b	勧告ITU-R P.452
クラッタ損	L_{CL}	勧告ITU-R P.2108
建物侵入損	L_{BEL}	勧告ITU-R P.2109
受信側（5G）パラメータ		
緯度・経度		距離、与干渉局方向の算出に使用
最大アンテナ利得	G_{rm}	
アンテナパターン	G_r	勧告ITU-R M.2101
アンテナ高		距離、与干渉局方向の算出に使用
各種損失	P_{rL}	
NF		許容干渉レベルの計算に使用
干渉保護基準(I/N)		許容干渉レベルの計算に使用



小電力データ通信システムとの検討

小電力データ通信システムの概要

- 小電力データ通信システムは、以下のような用途に用いられている免許不要局
- 実際に製品化されているのは25GHz帯で、27GHz帯の製品は存在しないが、27GHz帯に割り当てがあるため、25GHz帯と同様の利用シーンを想定して共用検討を行う



工場内ネットワーク

有線を敷設できない場所に工場内のLAN通信や画像監視システムなどのイントラネットを構築



災害時の臨時回線

緊急時に無線ブロードバンドネットワークを構築



線路、道路、河川横断

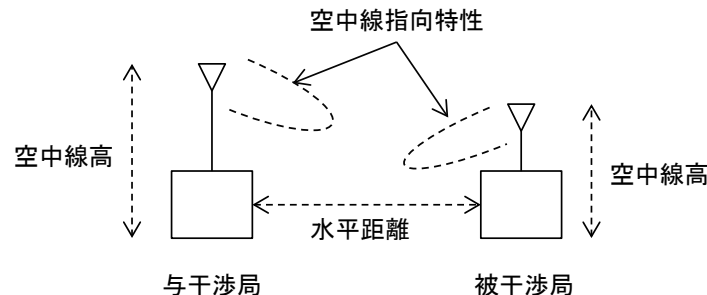
専用線が不要なため、有線と比較し工事コストの削減が可能

小電力データ通信システムとの共用検討手法

- 共用検討の方法については、被干渉局の許容干渉レベルとして許容干渉電力（帯域内干渉）と許容感度抑圧電力（帯域外干渉）を考慮し、1対1対向モデルによる検討を基本とする
 - 陸上移動局の検討においては、必要に応じてモンテカルロ・シミュレーションによる確率的な検討を行う。

被干渉 \ 与干渉	5G（基地局送信）	5G（陸上移動局送信）	小電力データ通信システム
5G（基地局受信）	－	－	○
5G（陸上移動局受信）	－	－	○
小電力データ通信システム	○	○	－

- 1対1対向モデルの検討方法は以下の通りとする
 - 与干渉局と被干渉局の間に一定の水平距離を設け、許容干渉レベルに対する所要改善量を算出する。
 - 設定する水平距離は、与干渉局及び被干渉局の空中線高、空中線指向特性、伝搬損失を考慮して、干渉電力の大きさが最大となる条件（最小結合の条件）について検討を行う。（与干渉局及び被干渉局とも空中線指向特性が無指向性である場合には、両局が最も接近する水平距離を仮定して検討を行う。）



固定無線アクセスシステムとの検討

固定無線アクセスシステムの概要

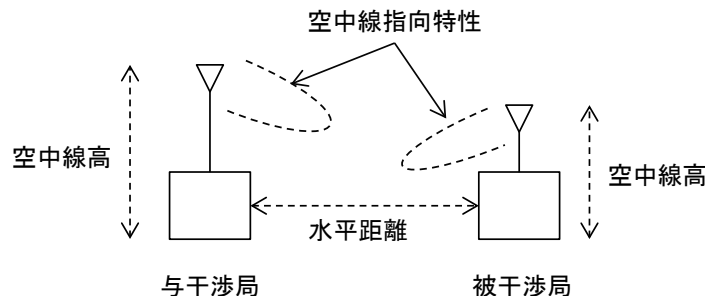
- 携帯電話事業者が基地局へのエントランスシステムとして利用
- その他に、オフィスや一般世帯と電気通信事業者の交換局や中継系回線との間を直接接続して利用する、加入者系無線アクセスシステムにも利用

固定無線アクセスシステムとの共用検討手法

- 共用検討の方法については、被干渉局の許容干渉レベルとして許容干渉電力（帯域内干渉）と許容感度抑圧電力（帯域外干渉）を考慮し、1対1対向モデルによる検討を基本とする
 - 陸上移動局の検討においては、必要に応じてモンテカルロ・シミュレーションによる確率的な検討を行う。

被干渉 \ 与干渉	5G（基地局送信）	5G（陸上移動局送信）	固定無線アクセスシステム
5G（基地局受信）	－	－	○
5G（陸上移動局受信）	－	－	○
固定無線アクセスシステム	○	○	－

- 1対1対向モデルの検討方法は以下の通りとする
 - 与干渉局と被干渉局の間に一定の水平距離を設け、許容干渉レベルに対する所要改善量を算出する。
 - 設定する水平距離は、与干渉局及び被干渉局の空中線高、空中線指向特性、伝搬損失を考慮して、干渉電力の大きさが最大となる条件（最小結合の条件）について検討を行う。（与干渉局及び被干渉局とも空中線指向特性が無指向性である場合には、両局が最も接近する水平距離を仮定して検討を行う。）



参考文献

- **勧告ITU-R M.2101** “Modelling and simulation of IMT networks and systems for use in sharing and compatibility studies”
- **勧告ITU-R M.2059** “Operational and technical characteristics and protection criteria of radio altimeters utilizing the band 4 200-4 400 MHz”
- **勧告ITU-R P.452** “Prediction procedure for the evaluation of interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.1 GHz”
- **勧告ITU-R P.619** “Propagation data required for the evaluation of interference between stations in space and those on the surface of the Earth”
- **勧告ITU-R P.2108** “Prediction of Clutter Loss”
- **勧告ITU-R P.2109** “Prediction of Building Entry Loss”
- **勧告ITU-R S.580** “Radiation diagrams for use as design objectives for antennas of earth stations operating with geostationary satellites”
- **勧告ITU-R S.672** “Satellite antenna radiation pattern for use as a design objective in the fixed-satellite service employing geostationary satellites”
- **勧告ITU-R F.1336** “Reference radiation patterns of omnidirectional, sectoral and other antennas for the fixed and mobile service for use in sharing studies in the frequency range from 400 MHz to about 70 GHz”