

## 中継を行う無線局に係る干渉調査について（案）

中継を行う無線局に関する  
アドホックグループ

## 1. 調査を行う干渉形態（700/900MHz帯除く）

## (1) 対象周波数帯

800MHz帯、1.5GHz帯、1.7GHz帯及び2GHz帯

## (2) 被干渉・与干渉システムの範囲

中継を行う無線局（陸上移動局（小電力レピータ）及び陸上移動中継局）の隣接システム（中継を行う無線局との間のバンドギャップが10MHz程度以下のシステム）のうち、干渉の程度がより大きくなる基地局間及び移動局間の干渉について調査を行う。

なお、携帯電話システムとの間については、次の点を踏まえ、過去の情報通信審議会で実施した携帯電話システム相互の干渉調査で代用できることから、干渉調査は省略する。

- ・中継を行う無線局の陸上移動局対向器のモデルが、携帯電話システムの基地局の規定を準用していること
- ・中継を行う無線局の基地局対向器のモデルが、携帯電話システムの陸上移動局の規定を準用していること

干渉調査を行うシステムの組合せを表1に示す。なお、下表に示す組合せのほか、作業班における検討の進捗状況に合わせ、調査が必要と認められる組合せについては、適宜追加実施することとする。

表1 干渉調査の組合せ

中継を行う無線局		干渉調査の対象システム	バンドギャップ
新800MHz帯	中継を行う無線局↑	特定ラジオマイク デジタル特定ラジオマイク ラジオマイク	5 MHz
		放送事業用FPU	9 MHz
		MCA↓	5 MHz
旧800MHz帯	中継を行う無線局↓	地域防災無線	0 MHz
	中継を行う無線局↑	地域防災無線	0 MHz
		パーソナル無線	2 MHz
1.5GHz帯	中継を行う無線局↑	電波天文	0.9MHz
	中継を行う無線局↓	MCA↑	10.9MHz
1.7GHz帯	中継を行う無線局↓	PHS及びデジタルコードレス電話 (小電力レピータを含む。) ↑↓	4.6MHz
2GHz帯	中継を行う無線局↑	PHS及びデジタルコードレス電話 (小電力レピータを含む。) ↑↓	6.6MHz

## 2. 干渉調査の進め方

### (1) 調査概要

被干渉局の許容干渉レベルに対する所要改善量を求める。なお、被干渉局の干渉評価の尺度として、許容干渉レベルの他に相応しい尺度がある場合は、当該尺度との関係について求める。

また、電波天文に対しては、地形による遮蔽効果を加味し、地理的な住み分けの検討を行う。

### (2) 検討条件等

- ・自由空間伝搬モデルを基本とし、必要に応じて他の伝搬モデルを使用する。
- ・上記で所要改善量が正の値となる場合には追加で確率的検討を実施する。  
(干渉発生確率を3%以下とするのに必要な所要改善量又は他の相応しい干渉評価の尺度における干渉発生確率が3%以下となる場合の条件を求める。)
- ・小電力レピータの稼働率は20%とし、同時使用10台/km<sup>2</sup>(出典:「携帯電話等周波数有効利用方策委員会報告」(平成19年7月26日)より。)を調査の出発点とする。
- ・必要に応じて壁損失(10dB)等を見込む。

### (3) その他

過去の情通審(3G用小電力レピータ等)にて検討済みの干渉調査モデル(送受信パラメータが同一のもの)については、その結論を引用することで調査の簡略化を図る。

### 3. 干渉調査のモデルについて

#### (1) 干渉調査のモデル

##### ア 1対1対向モデル

##### (ア) 調査モデル1 (アンテナ正対時の所要離隔距離の調査)

与干渉システム及び被干渉システムの装置を1対1正対で設置した場合の所要離隔距離を算出し、2システムの共存可能性について調査を行う。

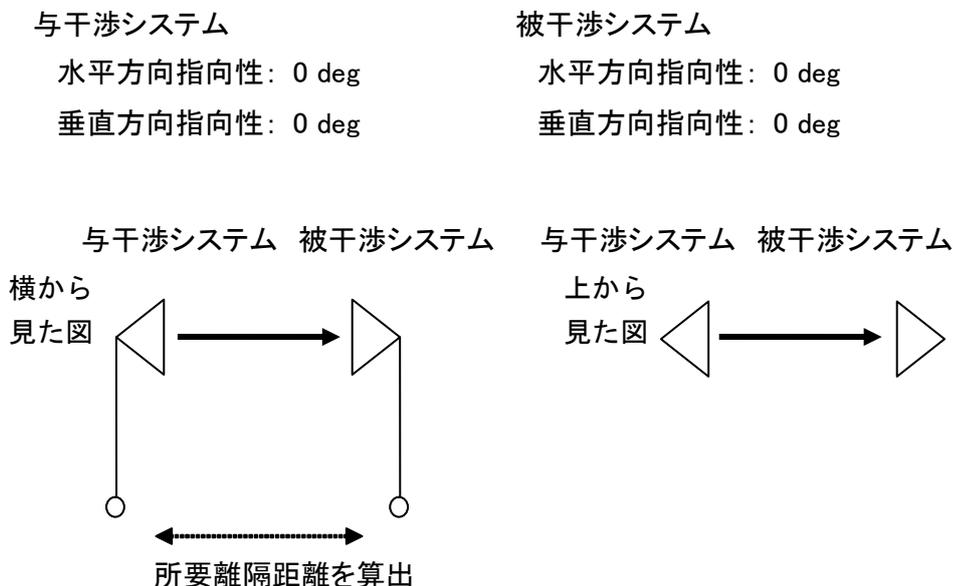


図1 調査モデル1

##### (イ) 調査モデル2及び3 (アンテナ高低差を考慮した場合の所要改善量)

調査モデル1で共存可能性が判断できない場合には、より現実的な設置条件に近い調査モデルとして、アンテナ高低差を考慮した調査モデル(調査モデル2または3)にて干渉調査を実施する。調査モデル2では空間伝搬損失と垂直方向の指向性減衰量を足し合わせた損失が最小となる離隔距離、つまり最悪値条件となる離隔距離での所要改善量を算出し、調査モデル3では所要改善量が0以下となる離隔距離を算出することで、2システムの共存可能性について調査を行う。

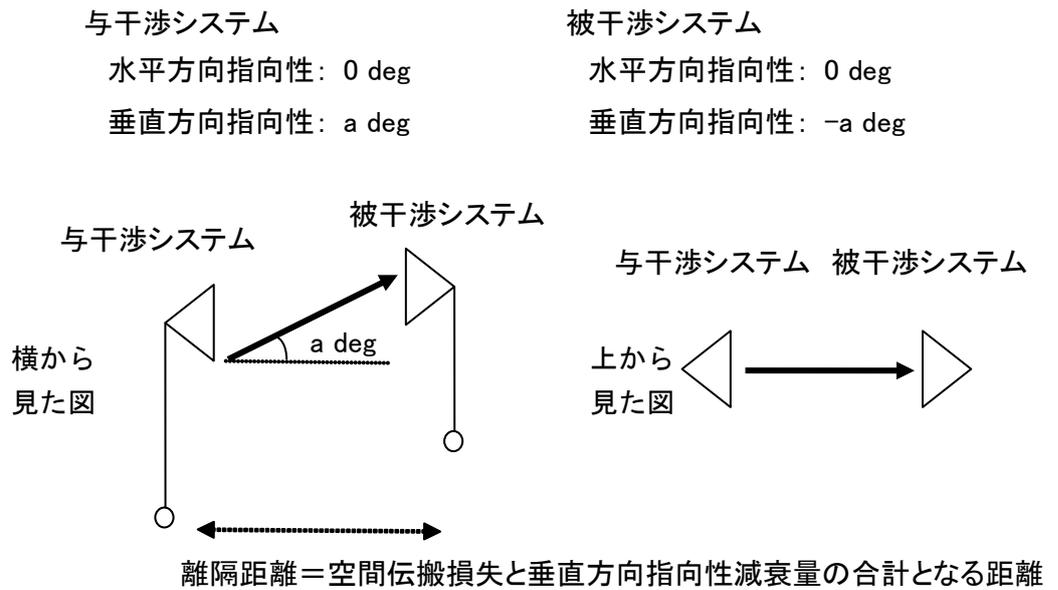


図2 調査モデル2

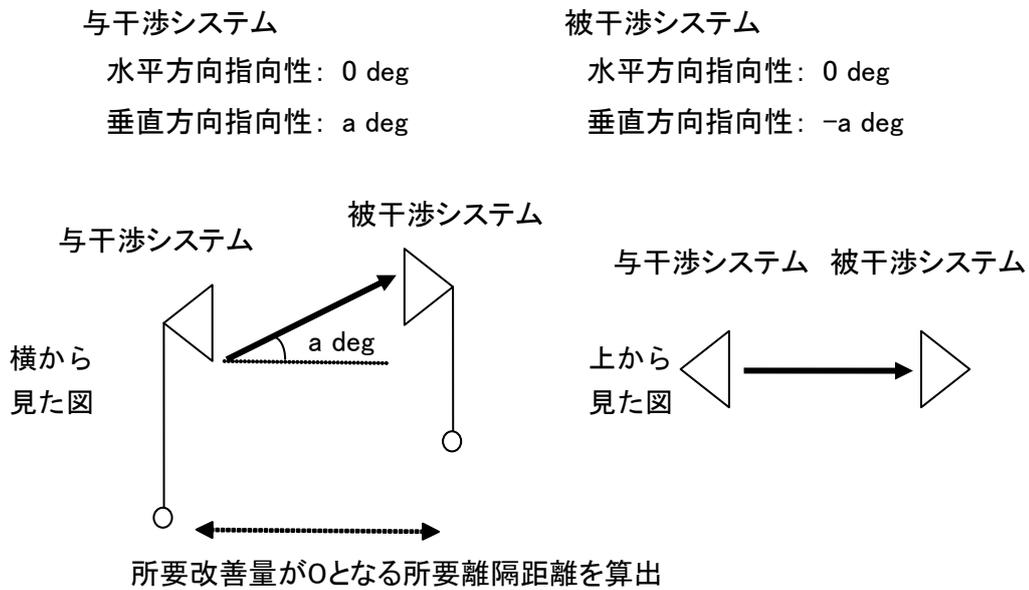


図3 調査モデル3

イ モンテカルロ・シミュレーション

1対1の対向モデルでは共存可能性が判断できない場合には、モンテカルロ・シミュレーションにより確率的な調査を行う。

(2) 干渉調査で使用する伝搬モデルについて

送受信間で見通しが確保できる場合の屋外伝搬モデルとしては、自由空間モデルが

一般に用いられる。一方で、移動無線通信のように見通しが得られる確率が低い場合には、自由空間モデルと実測値との乖離が大きくなる。そこで、本干渉調査においては以下に記述する奥村-秦モデル、COST-Hataモデル(Extended Hataモデル)、Walfisch-Ikegamiモデルの3種類の伝搬モデルを使用する。これら3モデルの適用領域を図4に示す。奥村-秦モデルおよびCOST-Hataモデルは離隔距離 1km以上、Walfisch-池上モデルは離隔距離 5km未満でそれぞれ適用可能である。

同様に屋内伝搬モデルでも、送受信間で見通しとなる場合は自由空間モデルが一般的に用いられる。しかし、屋内においても家具やオフィスのパーティションなどにより伝搬損が大きくなり実測値と乖離してしまう。そこで、屋内における干渉検討には、ITU-Rにて策定された勧告P. 1238-3の屋内伝搬モデルも使用する。Rec. ITU-R P. 1238-3モデルは、離隔距離1m以上で周波数帯も900MHzから100GHzまで適用可能である。

各伝搬モデルの概要、計算式等については、別添に示す。

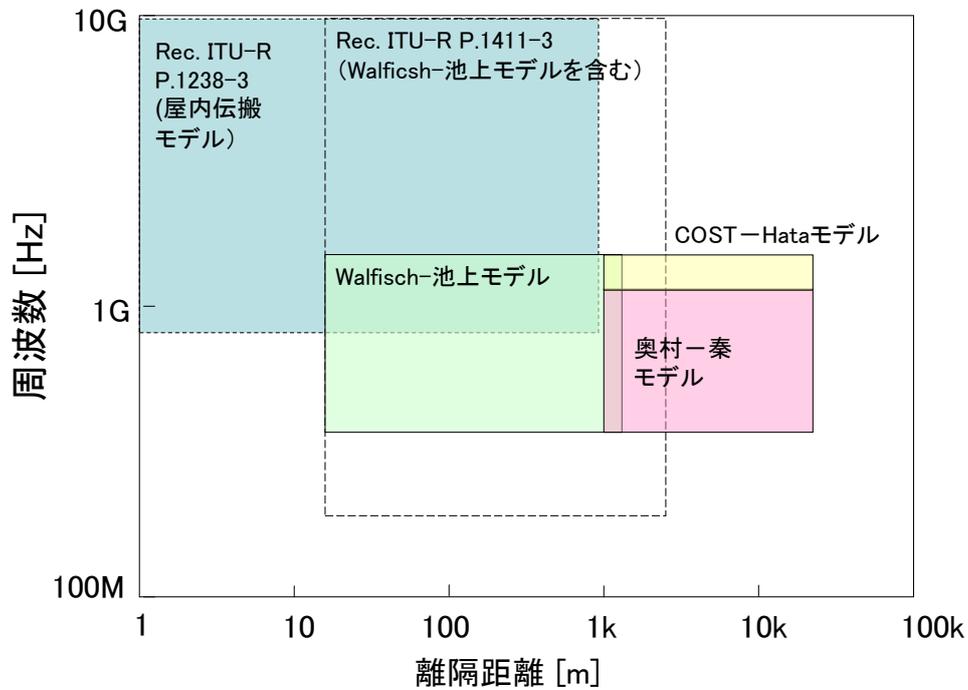


図4 各伝搬モデルの適用領域

#### 4. 干渉調査に使用するパラメータについて

干渉調査を行う際に使用する、与干渉システム側のパラメータについて、表2に示す。

表2 与干渉システム側パラメータ

中継を行う無線局		干渉調査の対象システム	バンド ギャップ	与干渉パラメータ	
				小電力レピータ	陸上移動中継局
新 800MHz 帯	中継を 行う無 線局↑	特定ラジオマイク デジタル特定ラジ オマイク ラジオマイク	5 MHz	【LTE, W-CDMA】 -35. 2dBc/3. 84MHz (ACLR2 (10MHz離調)) 【CDMA2000】 $1.98 \leq \Delta f : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/MHz	【LTE, W-CDMA】 -35. 2dBc/3. 84MHz (ACLR2 (10MHz離調)) 【CDMA2000】 $1.98 \leq \Delta f : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/MHz
		放送事業用FPU	9 MHz	【LTE, W-CDMA】 -35. 2dBc/3. 84MHz (ACLR2 (10MHz離調)) 【CDMA2000】 $1.98 \leq \Delta f : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/MHz	【LTE, W-CDMA】 -35. 2dBc/3. 84MHz (ACLR2 (10MHz離調)) 【CDMA2000】 $1.98 \leq \Delta f : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/MHz
		MCA ↓	5 MHz	【LTE, W-CDMA】 -35. 2dBc/3. 84MHz (ACLR2 (10MHz離調)) 【CDMA2000】 $1.98 \leq \Delta f : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/MHz	【LTE, W-CDMA】 -35. 2dBc/3. 84MHz (ACLR2 (10MHz離調)) 【CDMA2000】 $1.98 \leq \Delta f : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/MHz
旧 800MHz 帯	中継を 行う無 線局↓	地域防災無線	0 MHz	$\Delta f < 1.98 : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/30kHz $1.98 \leq \Delta f : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/100kHz	※1W以下の場合 $\Delta f < 1.98 : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/30kHz $1.98 \leq \Delta f : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/100kHz
					※1Wを越える場合 $\Delta f < 1.98 : -60dBc /$ 30kHz、かつ $25 \mu W$ (-16dBm) 以下/30kHz $1.98 \leq \Delta f : -60dBc /$ 100kHz、かつ $25 \mu W$ (-16dBm) 以下/100kHz
	中継を 行う無 線局↑	地域防災無線	0 MHz	$\Delta f < 1.98 : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/30kHz $1.98 \leq \Delta f : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/100kHz	$\Delta f < 1.98 : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/30kHz $1.98 \leq \Delta f : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/100kHz
パーソナル無線		2 MHz	$1.98 \leq \Delta f : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/100kHz	$1.98 \leq \Delta f : 25 \mu W$ (-16dBm) 以下/100kHz	
1. 5GHz	中継を	電波天文	0. 9MHz	-32. 2dBc/3. 84MHz	-32. 2dBc/3. 84MHz

帯	行う無線局↑			(ACLR1 (5MHz離調))	(ACLR1 (5MHz離調))
	中継を行う無線局↓	MCA↑	10.9MHz	-13dBm/MHz (スプリアス領域における不要発射)	-13dBm/MHz (スプリアス領域における不要発射)
1.7GHz帯	中継を行う無線局↓	PHS及びデジタルコードレス電話 (小電力レピータを含む。) ↑↓	4.6MHz	-51dBm/300kHz	-41dBm/300kHz
2GHz帯	中継を行う無線局↑	PHS及びデジタルコードレス電話 (小電力レピータを含む。) ↑↓	6.6MHz	-51dBm/300kHz	-41dBm/300kHz

## 別添 干渉調査で使用した伝搬モデル等について

### 1 干渉調査で使用した伝搬モデルについて

#### (1) 奥村－秦モデル

##### ア 概要

離隔距離が1km以上かつ基地局アンテナ高が周囲の建物よりも十分に高い場合に適用される。奥村－秦モデルの伝搬損失は次式で与えられる。

$$L_p=69.55+26.16\log f-13.82\log h_b-a(h_m)+(44.9-6.55\log h_b)\log d$$

##### ① 中小都市

$$a(h_m)=(1.1\log f-0.7)h_m-(1.56\log f-0.8)$$

##### ② 大都市

$$a(h_m)=8.29\{\log(1.54h_m)\}^2-1.1 \quad (f\leq 400\text{MHz})$$

$$a(h_m)=3.2\{\log(11.75h_m)\}^2-4.97 \quad (400\text{MHz}\leq f)$$

ここで、

f : 周波数 [MHz] (150~1,500MHz)

$h_b$  : 基地局アンテナ高 [m] (30~20m)

$h_m$  : 移動局アンテナ高 [m] (1~10m)

d : 距離 [km] (1~20km)

##### イ 適用の根拠

ITU-Rの勧告 (REC. ITU-R P. 1546 ANNEX 7 “Comparison with the Okumura-Hata method”)において、ANNEX 1-6の推定法の妥当性を評価する際の基準式として本モデルによる伝搬損失推定値が用いられている。

#### (2) COST－Hataモデル (Extended Hataモデル)

##### ア 概要

(1) 奥村－秦モデルの適用範囲が150~1,500MHzであるため、1,500~2,000MHzの実測に基づいて拡張したモデルである。COST－Hataモデルの伝搬損失は次式で与えられる。

$$L_p=46.3+33.9\log f-13.82\log h_b-a(h_m)+(44.9-6.55\log h_b)\log d+C_M$$

##### ① 中小都市

$$C_M=0\text{dB}$$

##### ② 大都市

$$C_M=3\text{dB}$$

ここで、

f : 周波数 [MHz] (1,500~2,000MHz)

## イ 適用の根拠

本モデルは欧州のプロジェクトであるCOST (European Co-operation in the field of Scientific and Technical Research) の“COST231”にて検討されたモデルであり、IMT-2000を含めたデジタル移動通信システムにおける回線設計で一般的に用いられている。

### [参考文献]

- ・ “Digital Mobile Radio Towards Future Generation Systems” COST 231 Final Report Chapter 4
- ・ COST 231, “Urban transmission loss models for mobile radio in the 900- and 1,800 MHz bands (Revision 2),” COST 231 TD(90)119 Rev. 2, The Hague, The Netherlands, September 1991

## (3) Walfisch-池上モデル

### ア 概要

回折理論を用いて建物高や道路幅等の市街地の状況を考慮したモデルである。Walfisch-池上モデルの伝搬損失は次式で与えられる。

$$L=L_0+L_{rts}+L_{msd}$$

$$L_0=32.4+20\log d+20\log f$$

$$L_{rts}=-16.9-10\log w+10\log f+20\log \Delta h_m$$

$$+ \begin{cases} -10+0.354\theta & (0 \leq \theta < 35^\circ) \\ 2.5+0.075(\theta-35) & (35 \leq \theta < 55^\circ) \\ 4-0.114(\theta-55) & (55 \leq \theta \leq 90^\circ) \end{cases}$$

$$L_{msd}=54-18\log(1+\Delta h_b)+18\log d-9\log b$$

$$+ \begin{cases} [-4+0.7(f/925-1)]\log f & (\text{中小都市}) \\ [-4+1.5(f/925-1)]\log f & (\text{大都市}) \end{cases}$$

$$\Delta h_b=h_b-h_{\text{roof}} \quad (h_b > h_{\text{roof}})$$

$$\Delta h_m=h_{\text{roof}}-h_m \quad (h_{\text{roof}} > h_m)$$

ここで、

f : 周波数 [MHz] (800~2,000MHz)

$h_b$  : 基地局アンテナ高 [m] (4~50m)

$h_m$  : 移動局アンテナ高 [m] (1~3m)

d : 距離 [km] (0.02~5km)

b : 建物間隔 [m]

w : 道路幅 [m]  
 h<sub>roof</sub> : 建物高 [m]  
 θ : 道路角 [°] (0~90°)

イ 適用の根拠

本モデルはITU-Rから勧告されており(Rec. ITU-R P. 1411)、主に1km以下の伝搬損失を推定するために用いられている。また、前述したCOST 231のFinal Reportにも伝搬モデルとして記述されている。

(4) Rec. ITU-R P. 1238-3 屋内伝搬モデル

ア 概要

屋内のWLANなどの短距離通信に用いられる家具やオフィスのパーティションなどによる損失を考慮したモデルである。Rec. ITU-R P. 1238-3モデルの伝搬損失は次式で与えられる<sup>[1]</sup>。

$$L_{total}=20\log f+N\log d+L_f(n)-28$$

ここで、

f : 周波数 [MHz] (900MHz~100GHz)  
 d : 距離 [m] (1~1000m)  
 N : 距離損失係数

周波数	居住空間	事務所
900MHz	-	33
1.2-1.3GHz	-	32
1.8-2GHz	28	30

L<sub>f</sub>(n) : 床浸入損失 (床の数をnとする)

周波数	居住空間	事務所
900MHz	-	9 (1フロアー) 19 (2フロアー) 24 (3フロアー)
1.8-2GHz	4 n	15+4 (n-1)

イ 適用の根拠

本モデルはITU-R SG3にて検討されたモデルであり、WLANを含めた屋内干渉検討で

[1] Recommendation ITU-R P. 1238-3, "Propagation data and prediction methods for the planning of indoor radio communication systems and radio local area networks in the frequency range 900 MHz to 100 GHz", 2003

一般的に用いられている。

## 2 干渉検討における共通のパラメータについて

- (1) 今回の検討対象である小電力レピータは小オフィスや一般家庭での使用が想定されているため、奥村-秦モデル、COST-Hataモデル、Walfisch-池上モデルのいずれも「中小都市」として計算する。
- (2) Walfisch-池上モデルを適用する場合は図. 添3-1 及び表. 添3-2のパラメータ値を用いる。

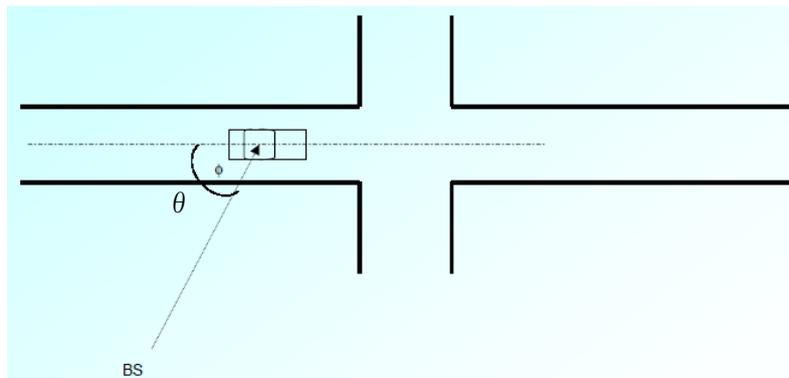
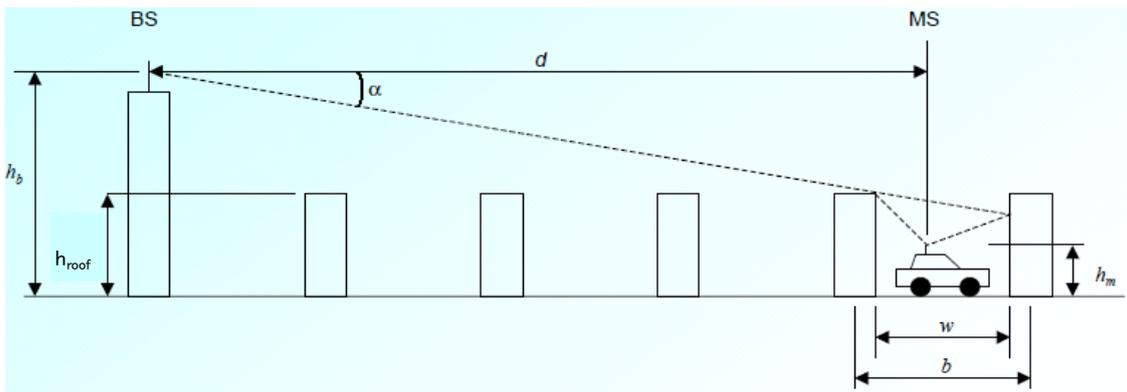


図. 添3-1 Walfisch-池上モデルのパラメータ

表. 添3-2 Walfisch-池上モデルのパラメータ値

建物高	$h_{\text{roof}}$	20 m
建物間隔	$b$	40 m
道路幅	$w$	20 m
道路角	$\theta$ (0~90°)	90°

### 3 SEAMCATで用いる伝搬モデルについて

SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool)は、モンテカルロ手法を用いた無線システム間の干渉調査を行うためのソフトウェアツールで、ヨーロッパCEPTのSpectrum EngineeringWGで開発され、3G システムを中心として多くのシステムの干渉検討に用いられている実績を持つ。

SEAMCATで使用する与干渉局と被干渉局との間の伝搬モデルには、移動通信用に拡張秦モデル(Extended Hata model)が用意されている。SEAMCATで使用される拡張秦モデルは、伝搬距離、環境、使用周波数帯によって、表. 添3-3の通り、伝搬損失を求める式を分けている。

表. 添3-3 SEAMCATで用いる伝搬損失の計算式

伝搬距離	環境	周波数範囲	伝搬損失
$d < 0.04\text{km}$			$L = 32.4 + 20\log(f) + 10\log \left[ d^2 + \frac{(H_b - H_m)^2}{10^6} \right]$
$d > 0.1\text{km}$	都市部	$150\text{MHz} < f \leq 1500\text{MHz}$	$L = 69.6 + 26.2\log(f) - 13.82\log(\max\{30, H_b\}) + [44.9 - 6.55\log(\max\{30, H_b\})](\log(d))^\alpha - a(H_m) - b(H_b)$
		$1500\text{MHz} < f \leq 2000\text{MHz}$	$L = 46.3 + 33.9\log(f) - 13.82\log(\max\{30, H_b\}) + [44.9 - 6.55\log(\max\{30, H_b\})](\log(d))^\alpha - a(H_m) - b(H_b)$
	郊外		$L = L(\text{urban}) - 2 \cdot \{ \log [ ( \min \{ \max \{ 150; f \}; 2000 \} ) / 28 ] \}^2 - 5.4$
	オープン		$L = L(\text{urban}) - 4.78 \cdot \{ \log [ \min \{ \max \{ 150; f \}; 2000 \} ] \}^2 + 18.33 \cdot \log [ ( \min \{ \max \{ 150; f \}; 2000 \} ) ] - 40.94$
$0.04\text{km} < d < 0.1\text{km}$			$L = L(0.04) + \frac{[ \log(d) - \log(0.04) ]}{[ \log(0.1) - \log(0.04) ]} \times [ L(0.1) - L(0.04) ]$

ここで、

$$a(H_m) = (1.1 \log(f) - 0.7) \cdot \min\{10; H_m\} - (1.56 \log(f) - 0.8) + \max\{0; 20 \log(H_m/10)\}$$

$$b(H_b) = \min\{0; 20 \log(H_b/30)\}$$

$$\alpha = \begin{cases} 1 & d \leq 20\text{km} \\ 1 + (0.14 + 1.87 \times 10^{-4} \times f + 1.07 \times 10^{-3} H_b) (\log \frac{d}{20})^{0.8} & 20\text{km} < d < 100\text{km} \end{cases}$$

記号の説明

f : 周波数 (MHz)

h1 : 送信アンテナ高 (m)

h2 : 受信アンテナ高 (m)

d : 送受信局間の距離 (km)

L : 伝搬損失 (dB)

$H_m = \min(h_1, h_2)$

$H_b = \max(h_1, h_2)$

SEAMCAT 拡張秦モデルは、伝搬距離、周波数範囲共に、奥村-秦モデルと COST-hata モデルとを包含する適用領域を持っている。加えて、伝搬距離が 20km~100km 及び 100m 以下の範囲をカバーできる計算式も提供している。各伝搬モデルの比較を表 添 3-4 に示す。

表. 添 3-4 各伝搬モデルの比較

伝搬モデル	環境	周波数範囲	伝搬距離
自由空間	オープン	制限なし	制限なし
奥村-秦	都市/郊外	150MHz - 1.5GHz	1km ~ 20km
COST-Hata	都市/郊外	1.5GHz - 2GHz	1km ~ 20km
SEAMCAT 拡張秦	都市/郊外/オープン	30MHz - 3GHz	~ 100km
Walfisch-池上	都市/郊外 (道路幅、ビル高、ビル間隔、道路角を柔軟に設定できる)	800MHz - 2GHz	20m ~ 5km

#### 4 屋内における遮蔽物による減衰

##### (1) 建築材の透過損

表. 添 3-5 に、主な建築材の透過損の一覧を示す。2200MHz 帯の場合で、間仕切り用材料では木板で 3.5dB、外壁材であれば ALC で 10.9dB の損失が最大である。

表. 添 3-5 建築材透過損 [1]

(出典：西尾、加地：昭59信学光・電波全大、No. 35)

試料 (厚さ)		透過損 (dB)			
		457MHz	920MHz	1,450MHz	2,200MHz
間仕切り材	木板 (15mm)	0.7	2.6	2.7	3.5
	石膏ボード (7mm)	0.0	0.3	0.2	0.1
外壁材	れんが <sup>1</sup> (60mm)	3.2	1.3	0.8	1.4
	れんが <sup>1</sup> (含水)	6.0	1.9	3.1	5.8
	スレート*1 (11mm)	20.2	32.7	3.4	4.5
	瓦 (15mm)	1.5	1.1	3.3	8.1
	ALC*2 (100mm)	4.6	4.9	7.6	10.9

[1] 進士昌明 無線通信の電波伝搬, P241 (社) 電子情報通信学会 1992年2月

断熱材	熱遮断フィルム*3	25.9	22.6	22.3	25.2
	断熱用グラスウール	19.2	36.1	38.6	37.1

\*1 : NKホーム

\*2 : 軽量気泡コンクリート、旭化成（株）ヘーベル

\*3 : 東レ（株）ルミクール

(2) 人体による損失<sup>[2]</sup>

1700MHz帯域での測定例によると、携帯端末が基地局に対していて、身体の前と後での人体による遮蔽の影響は平均値として6~8dB程度との測定例が報告されている。携帯端末と基地局間に直接の見通しがない条件では、端末を基地局側に保持する場合と、その逆では端末を保持する位置の影響が殆どないことも報告されている。これは見通し外ではランダムな方向から電波が到来する<sup>[2]</sup>ためと考えられる。

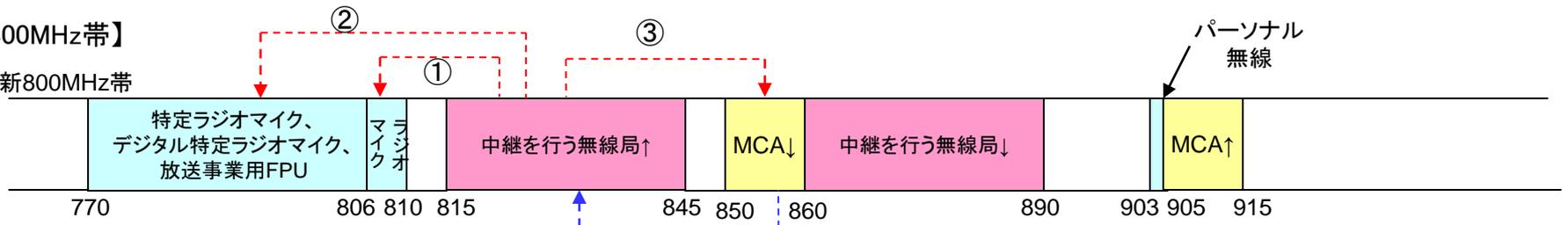
<sup>[2]</sup> 細矢良雄 電波伝搬ハンドブック, P367 リアライズ社 1999年1月

参考資料

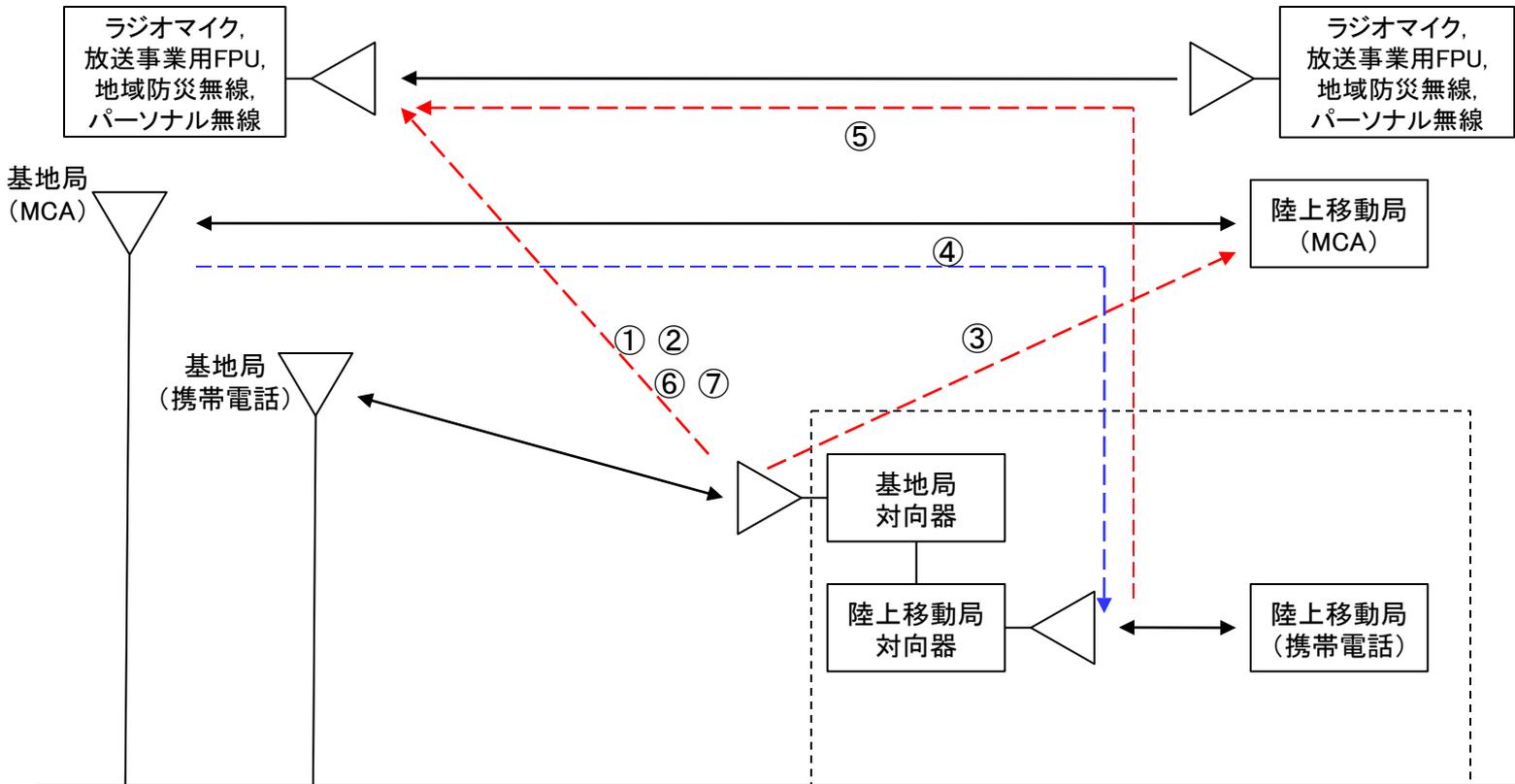
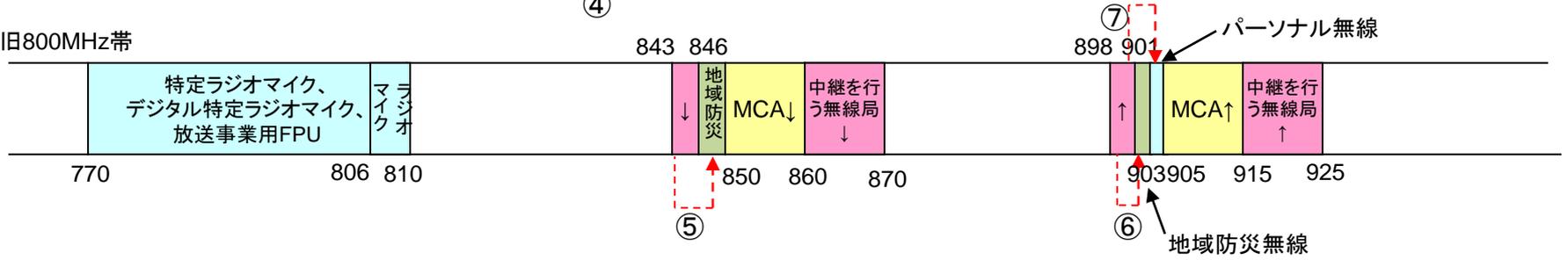
干渉検討シナリオ(案)

【800MHz帯】

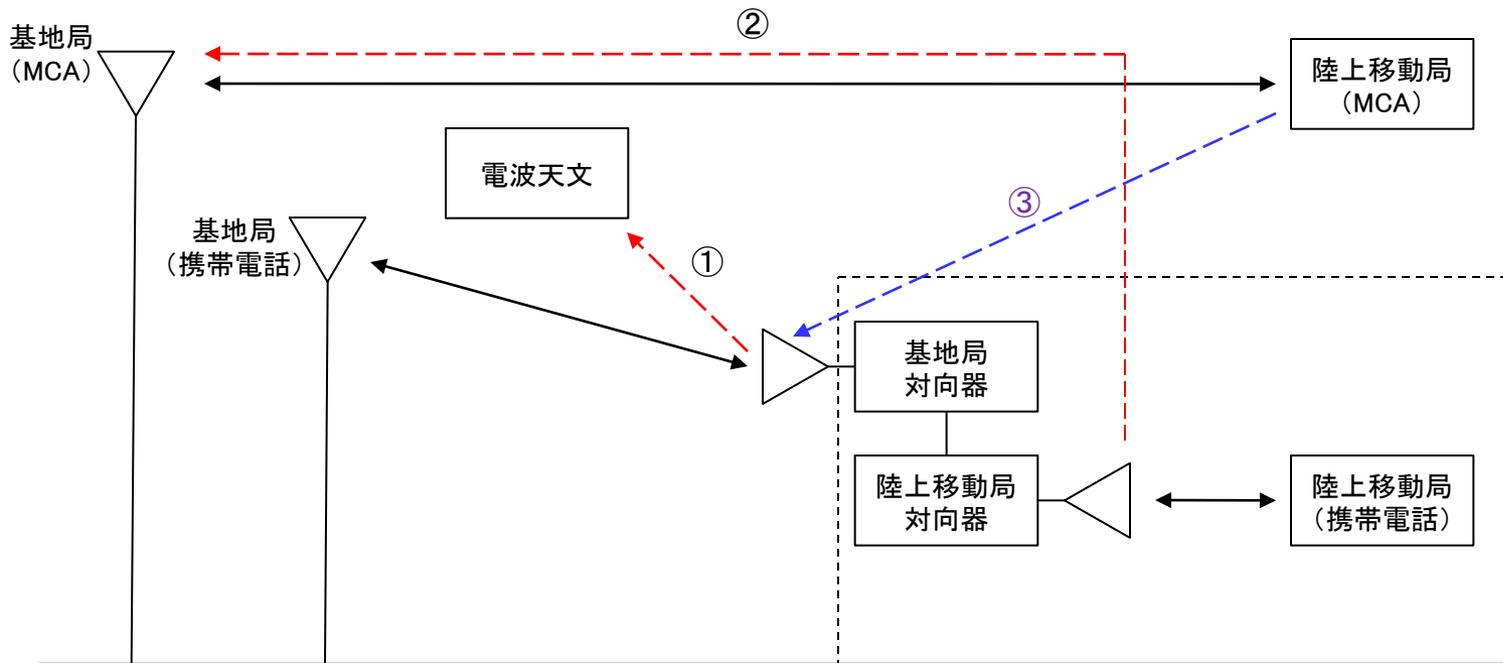
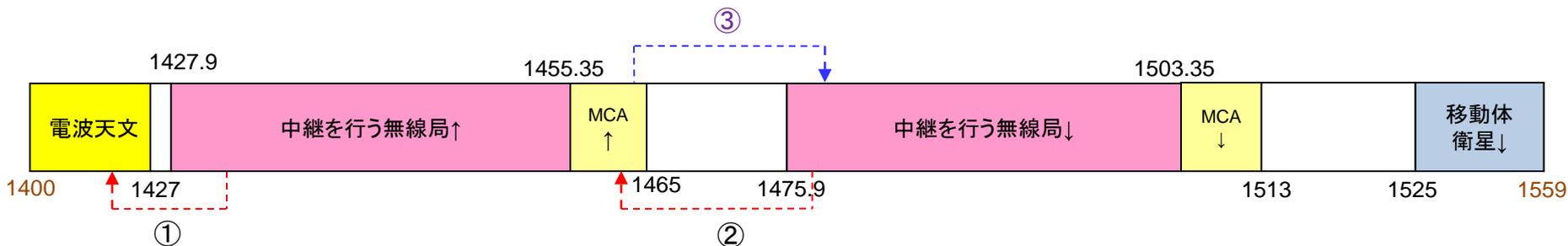
新800MHz帯



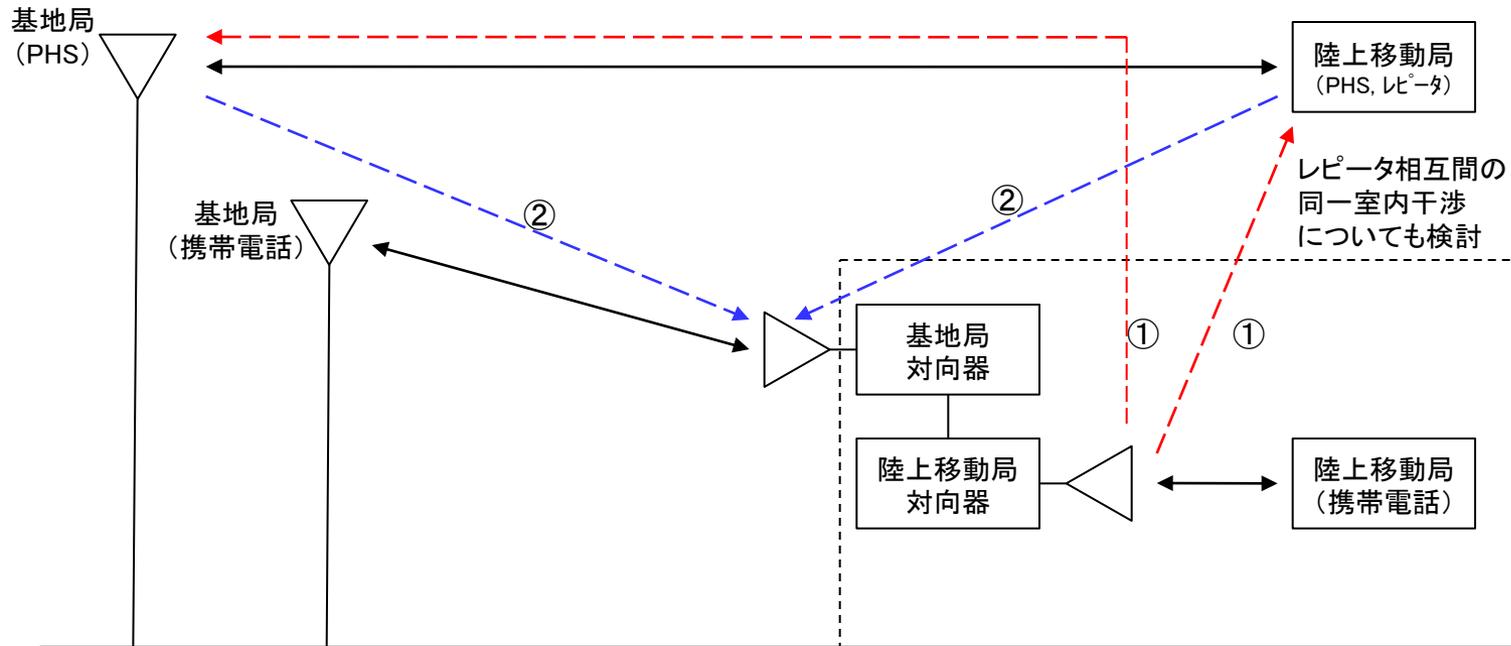
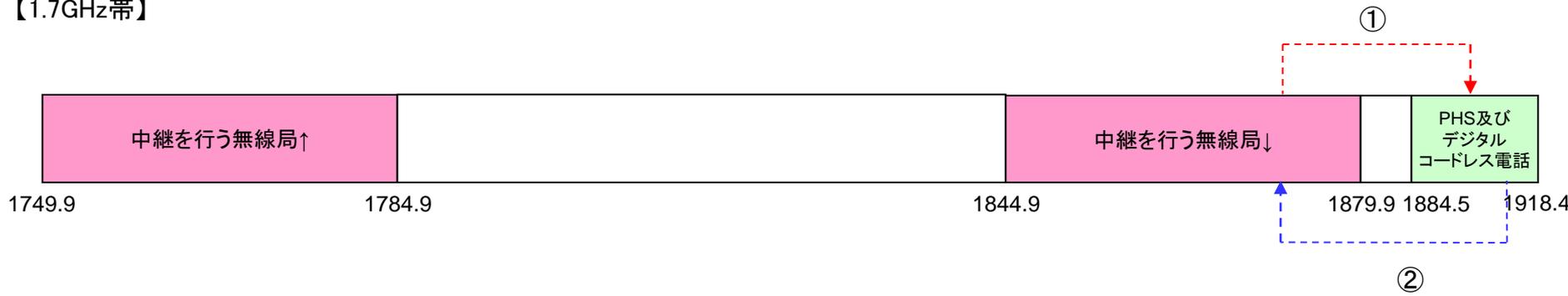
旧800MHz帯



【1.5GHz帯】



【1.7GHz帯】



# 【2GHz帯】

