

列車制御無線システム間 および 列車制御無線システムと列車無線システム間 の周波数共用検討

2026年6月11日
三菱電機株式会社

第2章 周波数共用に関する検討

2.1 周波数共用の考え方

2.1.1 300MHz帯各鉄道システムの諸元

既に導入済みの列車無線システム、従来列車制御システム、新方式列車制御システムの標準的なモデルとして、表2-1の諸元を設定し、検討を行った。

表2-1 300MHz帯各鉄道システムの諸元

システム 項目	列車無線システム	列車制御システム	
		従来方式	新方式
変調方式	位相変調(G1D)	位相変調(G1D)	振幅位相変調(D1D)
使用周波数帯	(1) 移動局：330MHz帯 (2) 基地局：350MHz帯		
無線チャンネル間隔 とチャンネル数	(1) 移動局：6.25kHz間隔の22波 (2) 基地局：6.25kHz間隔の22波	(1) 移動局：6.25kHz間隔の24波 (2) 基地局：6.25kHz間隔の24波	
空中線電力	(1) 移動局：1W以下 (2) 基地局：4W	(1) 移動局：1W以下 (2) 基地局：1W、3W	
占有周波数帯幅	5.8kHz		
隣接チャンネル漏洩電力 の許容値	1W以下の場合には搬送波より45dB以上低い値、 1Wを超える場合は32 μ W以下又は搬送波より55dB以上低い値		

第2章 周波数共用に関する検討

2. 1. 2 共用検討における与干渉・被干渉システム

表2-2 共用検討における与干渉・被干渉システム

与干渉側システム	被干渉側システム
<ul style="list-style-type: none"> ・新/従来無線式列車制御システム ・新/従来無線式列車制御システム ・列車無線システム 	<ul style="list-style-type: none"> ・新/従来無線式列車制御システム ・列車無線システム ・新/従来無線式列車制御システム

表2-3 システム間における共用検討の組合せ

被干渉側 (受信機) 予干渉側 (送信側)	新無線式 列車制御システム	従来無線式 列車制御システム	列車無線 システム
新無線式 列車制御システム	①同一周波数(※) ②隣接周波数、 相互変調、感度抑圧	①同一周波数(※) ②隣接周波数、 相互変調、感度抑圧	②隣接周波数、 相互変調、 感度抑圧
従来無線式 列車制御システム	①同一周波数(※) ②隣接周波数、 相互変調、感度抑圧	現行基準 につき省略	現行基準 につき省略
列車無線システム	②隣接周波数、 相互変調、感度抑圧	現行基準 につき省略	現行基準 につき省略

(※)最も干渉影響を受ける新方式間での特性にて検討する

2.2 同一周波数共用検討

列車制御無線システムは基地局エリア毎に通信内容が異なるため、各線区4周波数繰り返し割り当てを行う。

同一周波数で概ね12kmの離隔が確保できる線区とは周波数共用が可能。

表2-4 従来・新列車制御システム通信方式

No.	項目	従来方式	新方式
1	変調方式	$\pi/4$ シフトQPSK	相対空間マッピング
2	帯域幅	6.25kHz	6.25kHz
3	伝送速度	9.6kbps	19.2kbps
4	誤り訂正符号	リード・ソロモン符号	LDPC

新方式は、位相情報だけではなく振幅情報も用いて変調しており、従来方式と比較して干渉の影響を受けやすい。そのため、同一周波数共用検討では、干渉の影響を最も受けやすい組み合わせ(新方式同士)でのD/U特性を検討した。

(次ページ)

第2章 周波数共用に関する検討

同一チャネル周波数共用条件を満たす $D/U \mid_{\Delta f=0}$

新方式間での同一周波数干渉特性を図2-1に示す。
列車制御は誤り訂正後のBER特性 $1E-4$ にてシステム設計を実施しており、
同一チャネル周波数共用条件を満たす D/U は19.5dBとなる。

新方式：相対空間マッピング変調

希望波(D)：新方式

妨害波(U)：新方式

FEC後BER特性

送信：2ダイバーシチ

受信：2ダイバーシチ

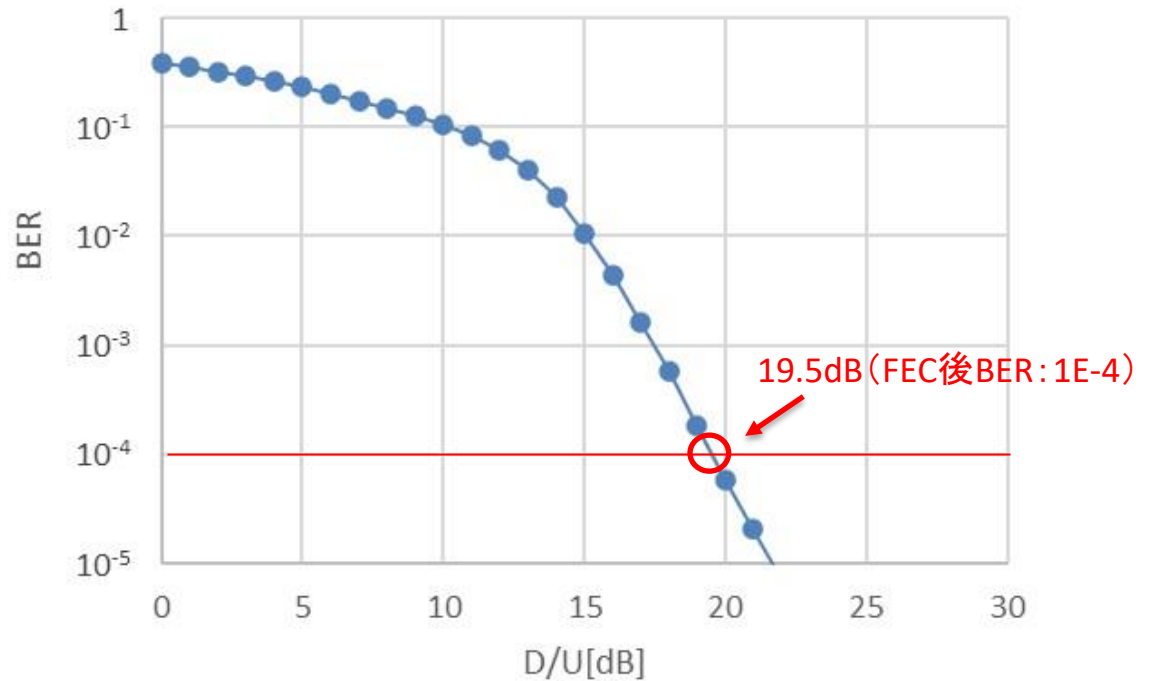


図2-1 BER-D/U特性(新方式×新方式)

第2章 周波数共用に関する検討

2.3 隣接帯域(隣接チャンネル、相互変調、感度抑圧)共用検討

2.3.1 隣接チャンネル干渉(基地→移動局の例)

自システム基地局A(ch1)からの距離が遠く電波が弱い場所において、他線区や他システムの基地局B(ch2)近傍で隣接周波数を送信されると、基地局Bの隣接チャンネル漏洩電力がch1に影響を与え、隣接チャンネル干渉を起こすことがある。

隣接チャンネル干渉のイメージ

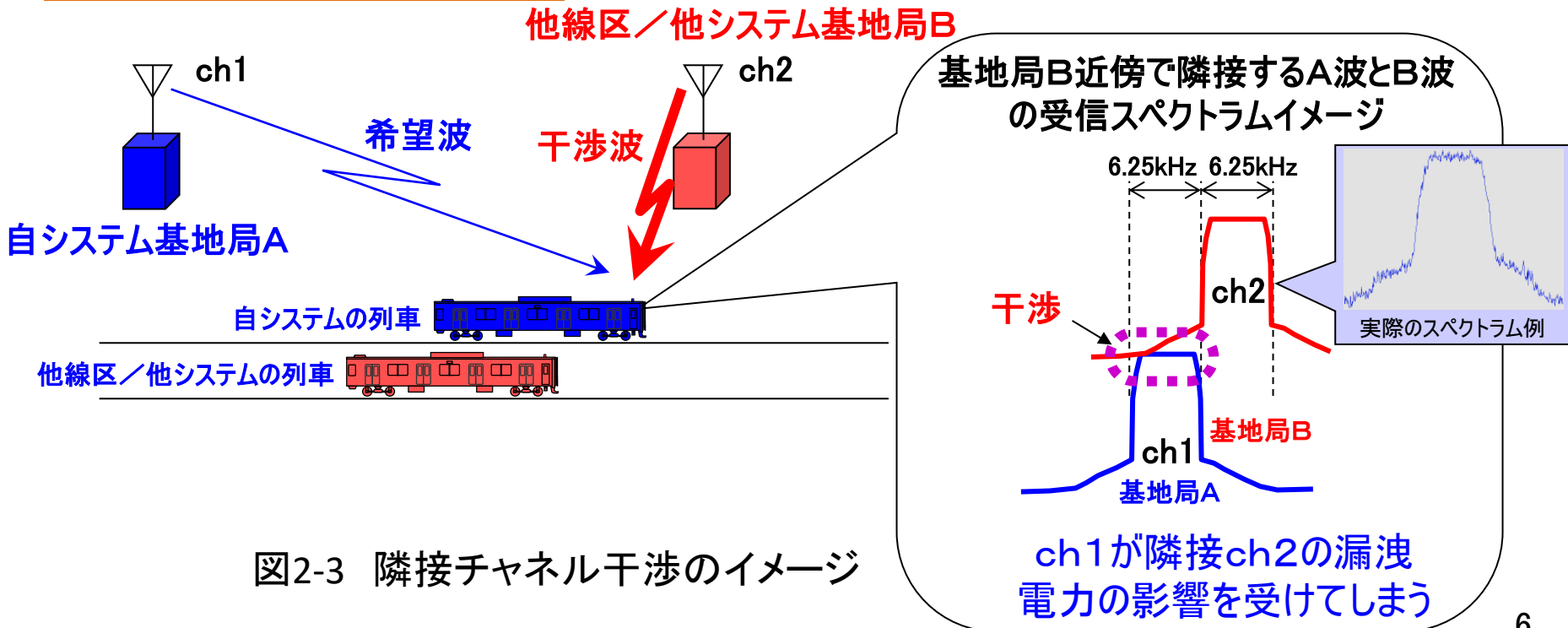


図2-3 隣接チャンネル干渉のイメージ

第2章 周波数共用に関する検討

2.3.2 相互変調(IM:Inter Modulation)干渉(基地→移動局回線の例)

列車無線は各基地局から3~4周波数を同時に送信し、列車無線と列車制御の各基地局も同時に送信する場合がある。更に、複数線区並走や交差する箇所では線区分の複数の基地局から複数の周波数が同時送信される。

並走または交差する自線区と他線区や他システムの基地局配置が離れている場合、他線区や他システムの基地局近傍で複数波同時送信される場合IM干渉を起こす場合がある。

例えば、自システムの基地局A(ch:f3,f6,f8)が遠く電波が弱い場所において、他システムの基地局B(ch:f1,f2,f5)の近傍では、移動局無線機の内部で大入力による歪が発生してIM干渉の影響を受けることがある。

相互変調(IM)干渉のイメージ

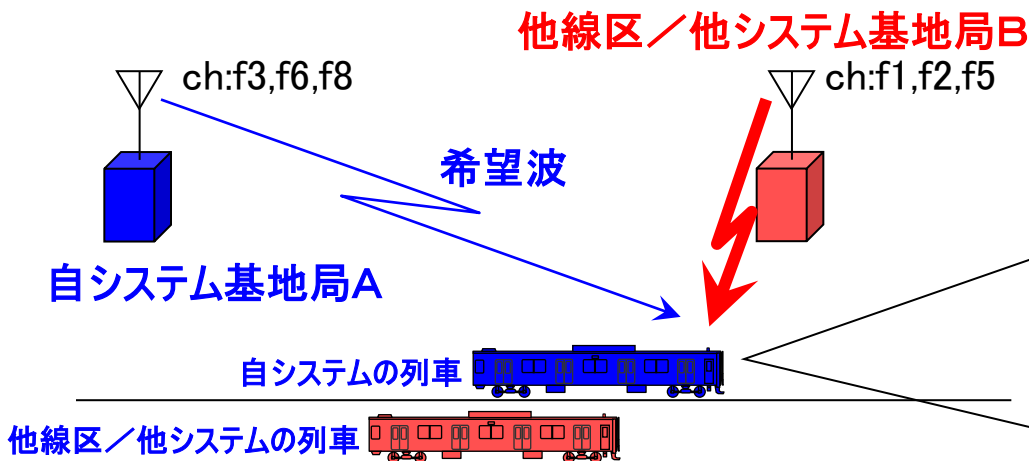
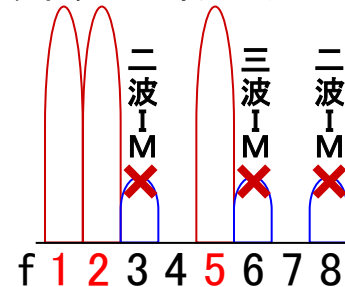


図2-4 相互変調(IM)干渉のイメージ

基地局B近傍における受信スペクトラムのイメージとIMの影響



基地局A→Bに影響するIM波の計算

二波によるIM ($2f_a - f_b$)

$$2 \times f_2 - f_1 = f_3$$

$$2 \times f_5 - f_2 = f_8$$

三波によるIM ($f_a + f_b - f_c$)

$$f_2 + f_5 - f_1 = f_6$$

第2章 周波数共用に関する検討

2.3.3 感度抑圧(基地→移動局回線の例)

隣接チャンネルやIMにあたらないう周波数であっても、移動局の受信フィルタで除去できない周波数の大入力妨害波によって感度抑圧の影響を受ける場合がある。

下図に示すように、BPF帯域内周波数の他線区や他システムの基地局B近傍では強い干渉波信号により移動局の受信機で過入力防止のための自動利得制御(AGC)が動作(アッテネータが挿入された状態になる)し、希望波Aの信号レベルも低下してしまうことで影響が生じる。

BPF: Band Pass Filter
 AGC: Automatic Gain Control

感度抑圧のイメージ

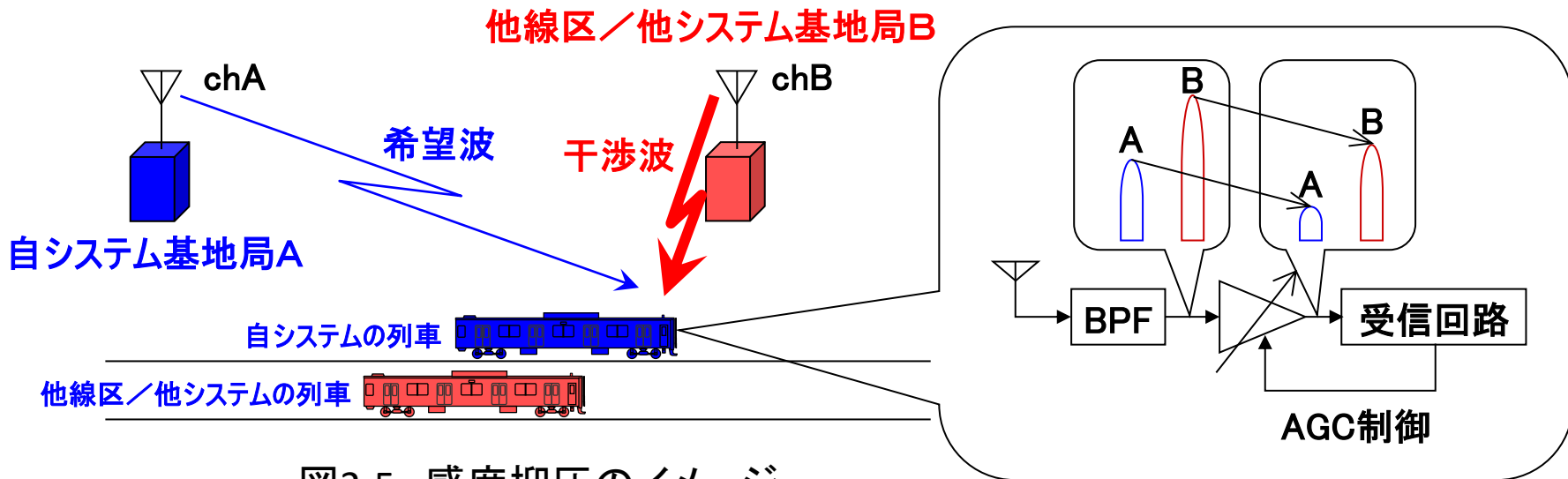


図2-5 感度抑圧のイメージ

第2章 周波数共用に関する検討

2.3.4 基地→移動局回線の干渉対策例(隣接チャネル、相互変調、感度抑圧に有効)

複数線区(含む他社)並走する区間や交差する箇所では置局配置を合わせることで、基地→移動局回線の線区間レベル差がなくなり、所要D/Uを確保できるため干渉の影響を回避可能。

また、同一線区の他システムとの間においても同様に置局配置を合わせることで対策可能。

干渉が発生する置局例

干渉対策を考慮した置局例

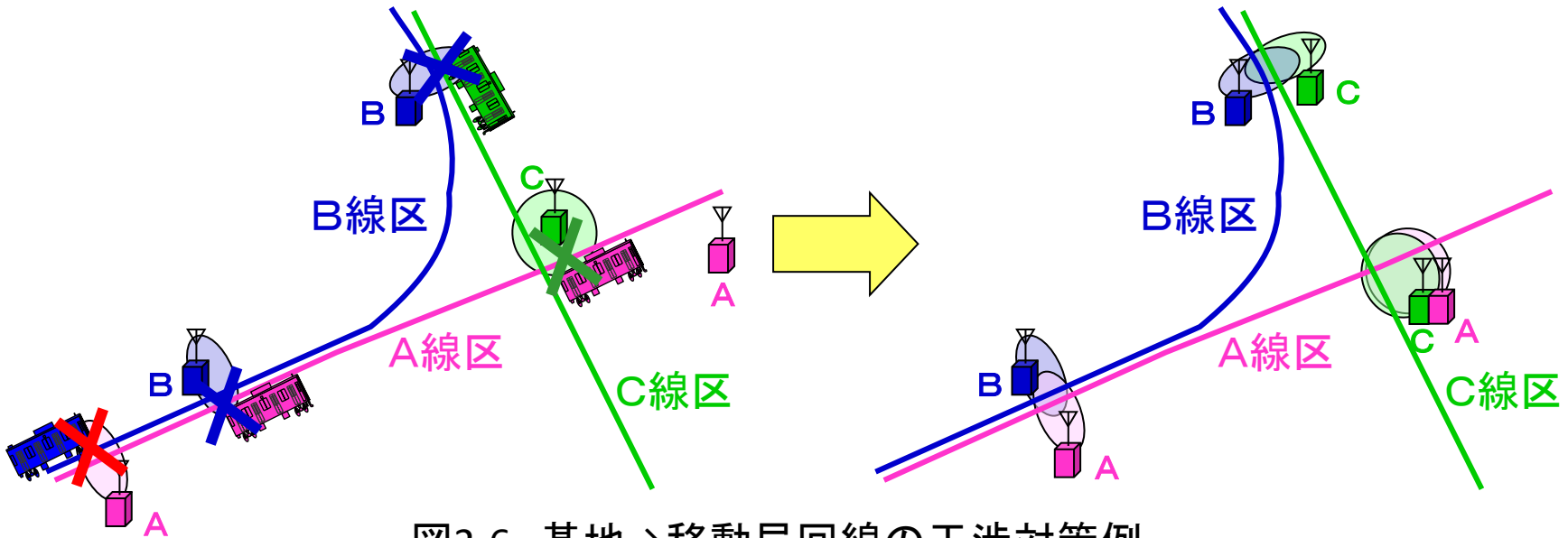


図2-6 基地→移動局回線の干渉対策例

線区間・システム間で本対策を考慮した置局配置を行うことで、隣接チャネル、相互変調、感度抑圧が起こる周波数も使用可能(列車無線システムは本対策適用済み)。

第2章 周波数共用に関する検討

2.3.5 隣接チャネル、相互変調(IM) 干渉対策(移動局→基地局回線の例)

複数チャネルを6.25kHz間隔で隣接させて配置した場合、移動局→基地局回線において異なる場所の車両から同時刻に送信が行われた場合、基地局で干渉の影響を受ける現象が発生する恐れがある。(以下隣接チャネル干渉例を示す。)

対策としては、各システムの**移動局側で基地局の電波が強く受かる時には**、自局の送信出力を下げることで基地局に過大入力が入らないようにする**自律送信出力制御を行う**。

自律送信出力制御のイメージ

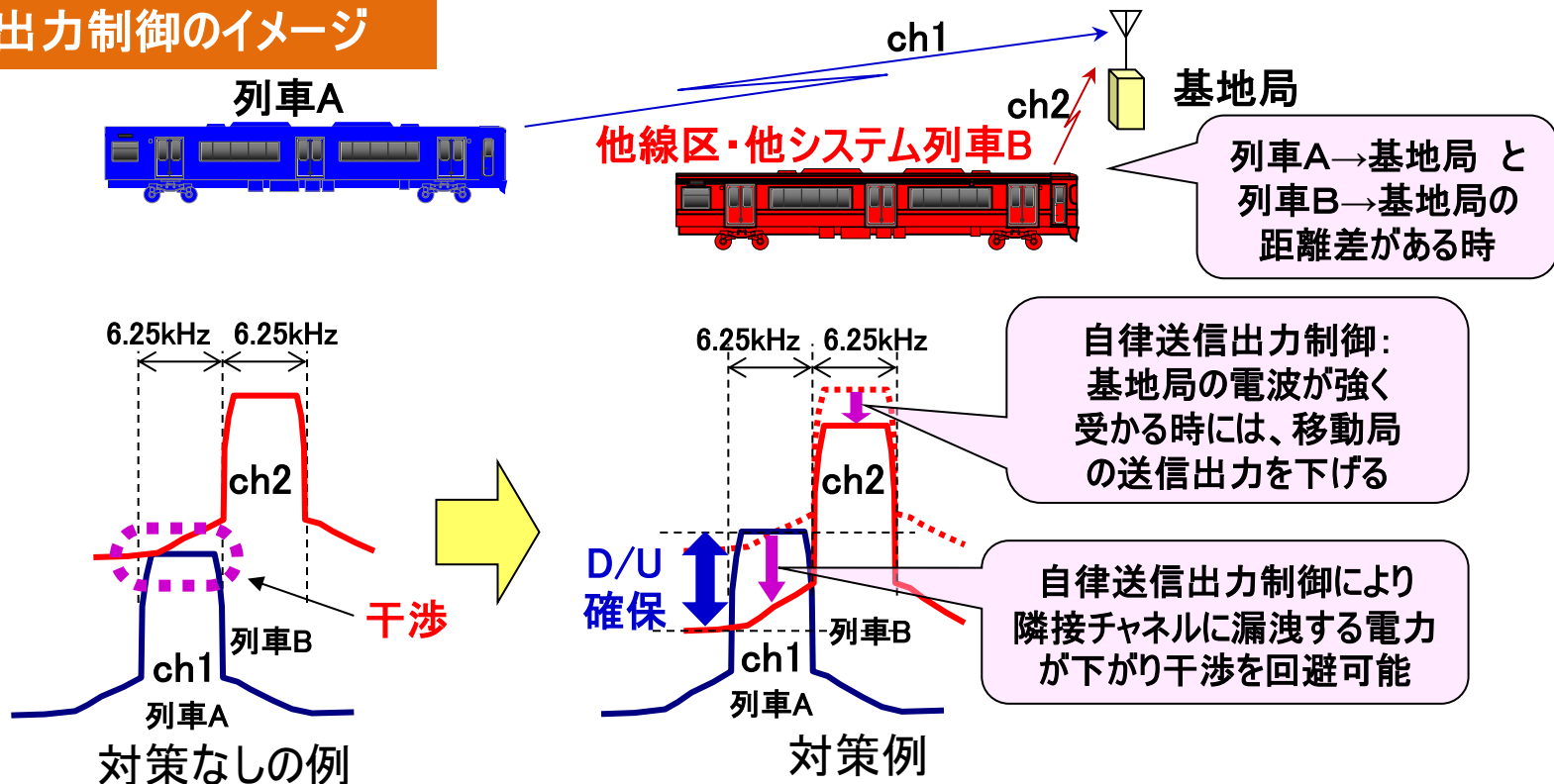


図2-7 移動局→基地回線の干渉対策例