

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
報告

諮問第 2033 号

「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち、
「43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件」

令和 7 年 7 月 17 日

陸上無線通信委員会報告

諮問第 2033 号

「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち、
「43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件」

I	検討事項	1
II	委員会の構成	1
III	検討経過	1
IV	検討概要	2
第 1 章	検討の背景等	2
1. 1	検討の背景	2
1. 2	43GHz 帯鉄道用無線通信システムの用途等	2
1. 3	43GHz 帯の周波数割り当て状況	5
第 2 章	技術的条件に関する検討	6
2. 1	43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件	6
2. 1. 1	43GHz 帯鉄道用無線通信システムの利用形態	6
2. 1. 2	使用周波数帯	6
2. 1. 3	チャンネル間隔及びチャンネル数	7
2. 1. 4	空中線電力	7
2. 1. 5	空中線利得	8
2. 2	43GHz 帯鉄道用無線通信システム間の共用検討	8
2. 2. 1	43GHz 帯鉄道用無線通信システムの諸元	8
2. 2. 2	共用検討の組合せ等	9
2. 2. 3	共用検討結果	9
2. 2. 4	所要改善量をゼロとするための対策の例	10
2. 3	他システムとの共用検討	14
2. 3. 1	電波天文業務との共用検討	14
2. 3. 2	電波天文業務との共用検討の結果	14
2. 4	電波防護指針への適合	16
2. 5	宇宙無線通信業務との共用について	17

第3章 43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件	18
3. 1 ホーム画像伝送システムの技術的条件	18
3. 1. 1 一般的条件	18
3. 1. 1. 1 通信方式	18
3. 1. 1. 2 変調方式	18
3. 1. 1. 3 使用周波数帯	18
3. 1. 1. 4 無線チャネル	18
3. 1. 2 無線設備の技術的条件	18
3. 1. 2. 1 送信装置	18
3. 1. 3 受信装置	19
3. 2 列車無線システムの技術的条件	19
3. 2. 1 一般的条件	19
3. 2. 1. 1 通信方式	19
3. 2. 1. 2 変調方式	19
3. 2. 1. 3 使用周波数帯	19
3. 2. 1. 4 無線チャネル	20
3. 2. 2 無線設備の技術的条件	20
3. 2. 2. 1 送信装置	20
3. 2. 3 受信装置	21
3. 3 測定方法	21
3. 4 干渉回避のための留意点	23
別表 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 構成員	24
参考資料1 鉄道用無線通信システム間の共用検討	25
参考資料2 鉄道用無線通信システムと電波天文業務との共用検討	56
別添	66

I 検討事項

陸上無線通信委員会は、情報通信審議会諮問第 2033 号「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち、「43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件」について検討を行った。

II 委員会の構成

委員会の構成については、別表のとおり。

III 検討経過

① 第 89 回（令和 6 年 12 月 5 日）

43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件の検討開始の報告を行った。

② 第 90 回（令和 7 年 3 月 13 日）

43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件案について検討を行い、必要な修正を行った上で意見募集を実施することとした。

③ 第 92 回（令和 7 年 6 月 12 日）

43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件案に対する意見募集の結果を踏まえて検討を行い、委員会報告を取りまとめた。

IV 検討概要

第1章 検討の背景等

1. 1 検討の背景

鉄道事業は、営業全体に占める人件費の割合が大きく、設備維持費の増加や労働力の不足等も進んでおり、事業の合理化が喫緊の課題となっている。また、最近では、走行中の列車内での傷害事件や台車の亀裂等も発生しており、安全対策の強化についても対応が求められているところ。

事業の合理化については、車掌乗務を不要とするワンマン運転の導入が検討されている。ワンマン運転では、従来、車掌が担当していた乗降時・出発時等の安全確認や列車ドアの開閉等についても運転士が担当することになるが、これらの対応において、運転士がホーム全体の状況をリアルタイムに確認する必要があるため、ホーム上の複数地点に設置した監視カメラからの映像を運転席に伝送し、一括して確認できるホーム画像伝送システムの需要が高まっている。

列車の安全対策の強化に対しては、車内の映像や走行中の地上・車上設備の検測情報等を地上側と車両側でやり取りすることが可能な大容量の無線通信システムの導入が求められている。

これらの需要に対応する鉄道用の無線通信システムとしては、車両の移動範囲が線路上に限定され、駅停車時も決まった場所に止まるという鉄道が有する特性を踏まえつつ、ある程度の大容量の伝送にも対応可能な周波数帯として、直進性が強く広帯域の周波数が確保可能な 43GHz 帯の周波数を使用した無線通信システムが運用され始めているが、43GHz 帯無線通信システムは、現在は各社が独自に設計、導入を行っており、統一的な技術基準は存在していない。

鉄道事業の合理化、安全対策の需要は今後も増加することが想定されており、設置数の増加に伴い、システム間の干渉も増加することが懸念されている。

また、これらの機器は駅ホーム上又は線路上に設置されるため、営業運転時間中に設置工事や検査等を行うことが困難であり、設置に係る免許人の負担軽減のために、特定無線設備として、簡易な免許手続きの対象とすることも求められている。

こうした状況を踏まえ、43GHz 帯を使用する鉄道用無線通信システムの制度化に必要な技術的条件に関する検討を行った。

1. 2 43GHz 帯鉄道用無線通信システムの用途等

大手鉄道事業者等を対象に、システム需要や運用状況等についての調査を実施し、43GHz 帯鉄道用無線通信システムの利用ニーズについて整理したところ、43GHz 帯鉄道用無線通信システムは、主にホーム画像伝送システムと列車無線システムの2つの用途に用いられることが確認された。

ホーム画像伝送システムは、主に都市部の長編成車両が停車する駅において、ホーム

上の複数地点に設置した監視カメラの映像を運転席のモニタに伝送するシステムである。

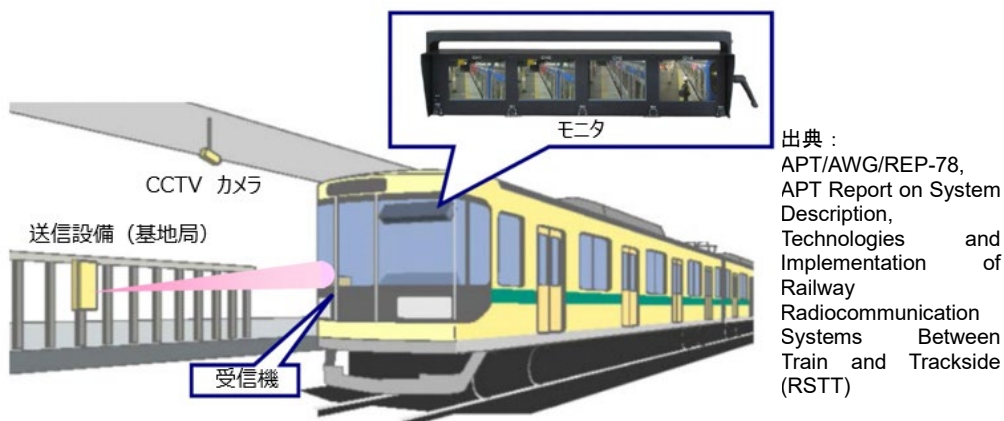


図 1-1 ホーム画像伝送システム

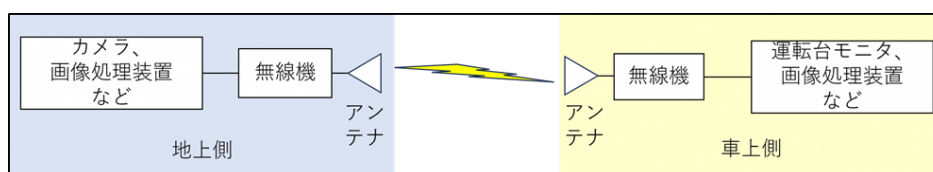


図 1-2 ホーム画像伝送システムのシステム構造図

列車無線システムは、指令所と列車乗務員が通話をするために利用されるほか、列車の移動中又は停車中に、列車前方や車内の高画質のカメラ映像等の比較的大容量のデータを地上に伝送するためのシステムであり、安全・安定輸送の確保や車内セキュリティ強化への活用が期待されているシステムである。



図 1-3 列車無線システム

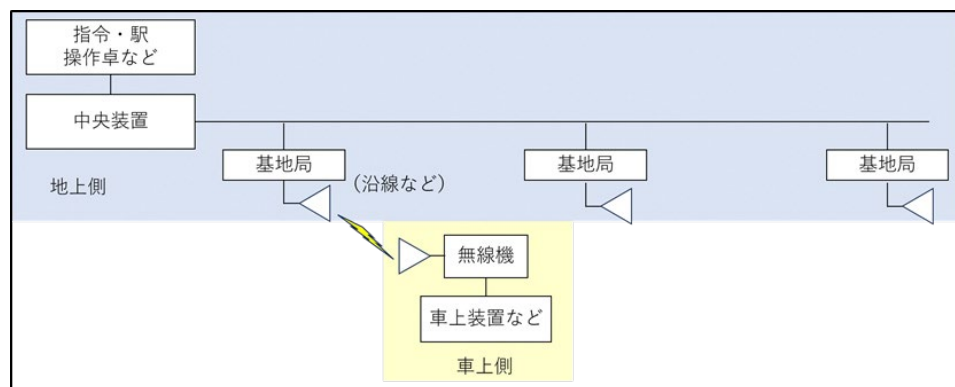


図 1-4 列車無線システムのシステム構造図

調査の結果、ホーム画像伝送システムだけで、国内には既に 800 局以上の基地局が設置されており、今後、開設が予定されている基地局数も 200 局以上となることが明らかになった。

列車無線システムについては、現時点で実用局として運用中の無線局はないが、導入に向け免許手続き中又は計画中の局が基地局、移動局ともに 150 局程度存在しており、今後のワンマン運転の導入や列車無線システムへの活用の拡大等に伴い、将来的に基地局の設置数が更に増加することも予想されている。

【参考】43GHz 帯鉄道用無線通信システムの主な運用状況等

表 1-1 ホーム画像伝送システムの主な運用状況等

項目	現状等
送信局数	約 880 局（導入済みのもの） 約 240 局（導入予定のもの。検討段階のものは除く。）
使用周波数帯	43.5GHz～43.8GHz 帯
占有周波数帯幅	17MHz、21MHz 等（帯域幅拡張のニーズあり）
必要チャネル数	4 波程度
空中線電力	1mW 以下
アンテナ利得	15dBi～38dBi 程度
変調方式	周波数変調（F3F）
通信時間	常時又は列車進入～出発時
アンテナ設置場所	地上局（基地局）：ホームの先端又は地下トンネル内 端末（受信機）：車両前方（運転席）

表 1-2 列車無線システムの主な運用状況等

項目	現状等
送信局数	基地局：約 150 局（導入予定） 移動局：約 150 局（導入予定）
使用周波数帯	基地局：44.8GHz～45.5GHz 帯 移動局：43.5GHz～44.4GHz 帯
伝送容量	1 チャネル当たり約 1Mbps～約 500Mbps
占有周波数帯幅	20MHz、120MHz 等（最大 120MHz 以下）
必要チャネル数	4 波～36 波（最大）程度

空中線電力	60mW 以下
アンテナ利得	23～40dBi 程度
変調方式	2 値 FSK、BPSK、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM
送信時間	常時又は対向局からの電波受信時のみ送信
アンテナ設置場所	移動局：車両先頭 基地局：ホームの先端、線路又は地下トンネル内（電化柱、支持柱、トンネル壁面等）

1. 3 43GHz 帯の周波数割り当て状況

42.5GHz～47GHz 帯における周波数分配状況は表 1-3 のとおりであり、43.5～47GHz 帯については、国内では、図 1-5 のとおり、鉄道用無線通信システムに使用されており、隣接する 42.5～43.5GHz 帯は電波天文業務に使用されている。

表 1-3 42GHz～47GHz の周波数分配状況

国際分配 (GHz)			国内分配 (GHz)
第一地域	第二地域	第三地域	
42.5-43.5 固定 固定衛星（地球から宇宙） 移動（航空移動を除く。） 電波天文			42.5-43.5 固定
			固定衛星（地球から宇宙）
			電波天文
43.5-47 移動 移動衛星 無線航行 無線航行衛星			43.5-47 移動 J267
			移動衛星
			無線航行
			無線航行衛星

J267 43.5-47GHz 及び 66-71GHz の周波数帯において、陸上移動業務の局は、これらの周波数帯が分配されている宇宙無線通信業務に有害な混信を生じさせないことを条件として運用することができる（無線通信規則第 5.43 号参照）。

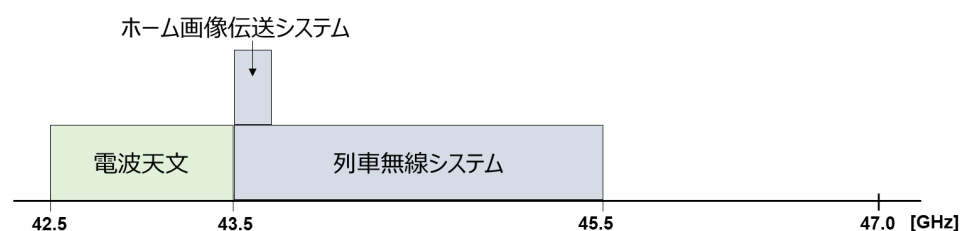


図 1-5 42.5GHz～47GHz の国内周波数使用状況（導入予定含む）

第2章 技術的条件に関する検討

2. 1 43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件

2. 1. 1 43GHz 帯鉄道用無線通信システムの利用形態

1.2 項に記載のとおり、43GHz 帯鉄道用無線通信システムの用途としては、ホーム画像伝送システム及び列車無線システムの2つが想定されている。

各システムで想定される設置条件等は以下のとおり。

【43GHz 帯鉄道用無線通信システムの設置条件等】

- ① ホーム画像伝送システムの設置場所は駅に限定。列車無線システムは、列車走行中にも信号を送信するため、駅と駅の間（駅間）にも基地局が設置される。
- ② ホーム画像伝送システムは、駅に設置された基地局から列車に設置された受信機への一方向通信であるのに対して、列車無線システムは列車上にも移動局があり、基地局と移動局の双方で信号を送信する双方向通信となる。
- ③ 駅の構造は、2つの番線が向かい合って設置される対面式ホームと2つの番線が同じホームにある島式ホームに分類される。
- ④ ホーム上に設置されるホーム画像伝送システムの基地局は、編成数の異なる列車が止まるホームでは、列車の停止位置が列車ごとに異なるため、停止位置に合わせ、同じ番線に複数設置される場合がある。ホーム画像伝送システムの受信機及び列車無線システムの移動局は、通常、先頭の車両に設置される。

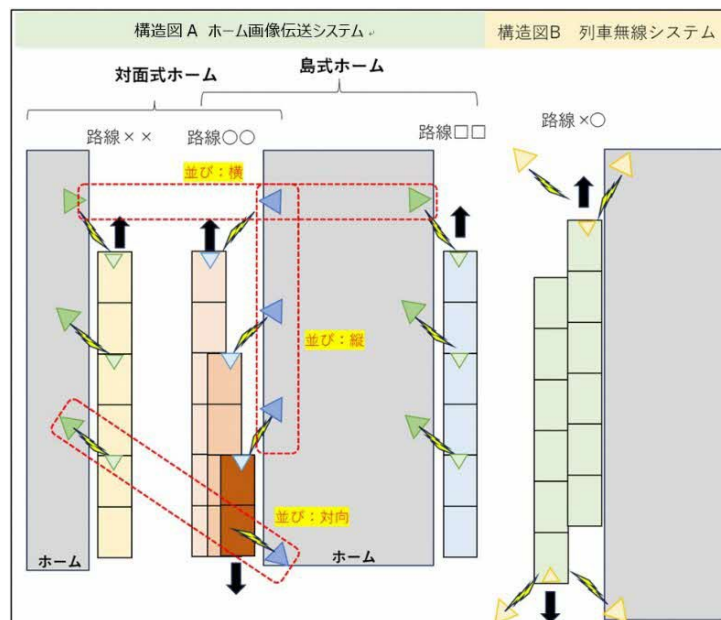


図 2-1 43GHz 帯鉄道用無線通信システムの利用形態

※△（緑、青、黄色）は送信アンテナの配置を示したものの

2. 1. 2 使用周波数帯

43GHz 帯鉄道用無線通信システムについては、一部において既に導入済み又は導入

に向けた試験が行われている段階であり、これら既存のシステムの諸元との整合を図る必要がある。そのため、既存及び計画中のシステムの使用周波数を踏まえ、ホーム画像伝送システムについては、43.8GHz 以下の低い周波数帯、列車無線システムについては、移動局を 44.3GHz 以下の低い周波数帯、基地局を 44.8GHz 以上の高い周波数帯に導入することを前提に検討を行うこととした。

また、無線通信規則においては、43.5～47GHz 帯の使用に際して、陸上移動業務の局は、これらの周波数帯が分配されている宇宙無線通信業務に有害な混信を生じさせないことを条件として運用することとされているが、国内においては、43GHz 帯に宇宙無線通信業務の使用はないため、本件検討においては具体的な検討は省略することとした。

2. 1. 3 チャンネル間隔及びチャンネル数

チャンネル間隔やチャンネル数についても、既に導入済みのシステム等の諸元との整合を考慮する必要があることから、チャンネル間隔については、40MHz システム（占有周波数帯幅 36MHz 以下）と将来の高精細画像伝送用の広帯域システムの需要を想定した 120MHz システム（占有周波数帯幅 108MHz 以下）の 2 つとすることとした。

チャンネル数についても、既存システムとの整合を考慮し、以下のとおりとすることとした。

① ホーム画像伝送システムは、チャンネル間隔 40MHz（占有周波数帯幅 36MHz 以下）のシステムについては、隣接するホームにおける安定的な運用に必要な 4 波。また、高精細画像伝送用途が想定されるチャンネル間隔 120MHz（占有周波数帯幅 108MHz 以下）のシステムについては 2 波。

② 列車無線システムは、チャンネル間隔 40MHz（占有周波数帯幅 36MHz 以下）のシステムについては、移動局用として、編成間及び上下線間の電波干渉を防止するために必要な 20 波（1 編成当たり 2 波×5 編成分×上下線分 2 波）とし、基地局用として、上り線用（6 波）と下り線用（6 波）に駅用（4 波）を加えた計 16 波とした。

また、チャンネル間隔 120MHz（占有周波数帯幅 108MHz 以下）については、移動局用として、編成間及び上下線間の電波干渉を防止するために必要な 4 波（1 編成当たり 1 波×2 編成分×上下線分 2 波）とし、基地局用として、上り線用（2 波）と下り線用（2 波）の計 4 波とした。

2. 1. 4 空中線電力

ホーム画像伝送システムの空中線電力については、必要な通信距離（～10m 程度）を確保しつつ、他の無線システムとの周波数共用を可能とするため、1mW 以下とした。

また、列車無線システムについては、トンネルや屋外といった環境での高速走行時においても安定的な通信確保を実現するため、60mW 以下とした。

2. 1. 5 空中線利得

空中線利得については、既に導入済みのシステム等との整合を踏まえ、ホーム画像伝送システムは 38dBi 以下とし、列車無線システムは、移動局を 35dBi 以下、基地局を 40dBi 以下とした。

2. 2 43GHz 帯鉄道用無線通信システム間の共用検討

2. 2. 1 43GHz 帯鉄道用無線通信システムの諸元

既に導入済みの 43GHz 帯鉄道用無線通信システムの仕様や将来の需要等を考慮し、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 43GHz 帯鉄道用無線通信システム間の検討に用いた主な諸元

システム 項目	ホーム画像伝送システム 【基地局】	列車無線システム 【移動局】	列車無線システム 【基地局】
使用周波数帯	43.5～43.6 GHz	43.54～44.3 GHz	44.86～45.46 GHz
占有帯域幅	17MHz	120MHz	
送信電力	1mW (0dBm)	60mW (17.8dBm)	
チャンネル数	4ch	4ch	4ch
チャンネル間隔	40MHz	120MHz	
隣接チャンネル漏洩電力	-30 dBc	-23 dBc	

注： 中心周波数や不要発射の強度、アンテナ利得、受信側諸元等については、運用中の機器の諸元等を考慮した標準的なモデルで検討

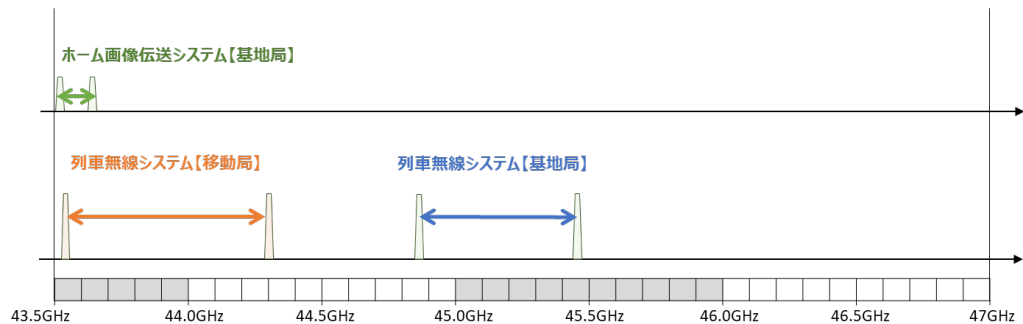


図 2-2 43GHz 帯鉄道用無線通信システムの使用周波数の現状

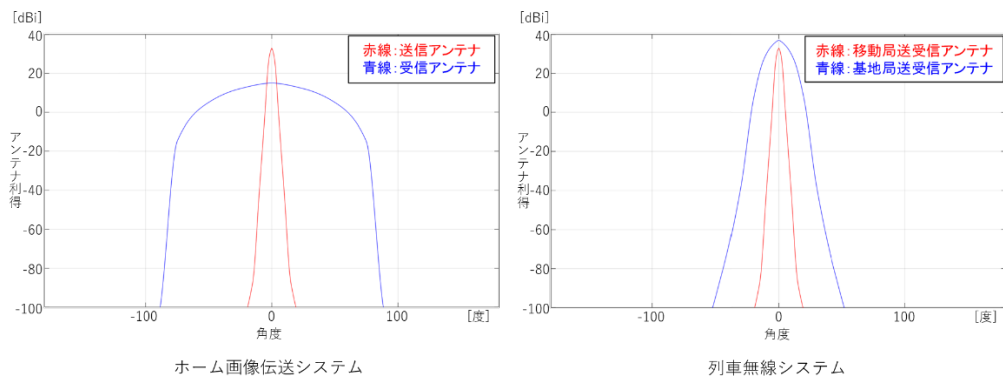


図 2-3 検討に用いたアンテナの放射パターン（水平）

2. 2. 2 共用検討の組合せ等

43GHz 帯鉄道用無線通信システム間の共用検討に際しては、以下の組合せ・方法により、共用検討を実施した。

具体的な共用検討については、参考資料 1 に示す。

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
- ホーム画像伝送システム（基地局：送信機） - 列車無線システム（基地局：送信機） - 列車無線システム（移動局：送信機）	- ホーム画像伝送システム（受信機） - 列車無線システム（基地局：受信機） - 列車無線システム（移動局：受信機）

表 2-3 43GHz 帯鉄道用無線通信システム間における共用検討の組合せ

被干渉側（受信機） 与干渉側（送信機）		列車無線システム	
		【基地局（受信機）】	【移動局（受信機）】
ホーム画像伝送システム 【基地局（送信機）】	① 同一・隣接の ch で計算	② ホーム画像伝送と同一・隣接の帯域に、列車無線基地局の受信 ch を設定して計算	
列車無線システム 【移動局（送信機）】	③ ホーム画像伝送と同一・隣接の帯域に、列車無線移動局の送信 ch を設定して計算	④ 同一・隣接の ch で計算	⑤ 列車無線移動局の送信 ch と隣接する帯域に、列車無線移動局の受信 ch を設定して計算
	【基地局（送信機）】	⑥ 列車無線基地局の受信 ch と隣接する帯域に、列車無線基地局の送信 ch を設定して計算	⑦ 同一・隣接の ch で計算

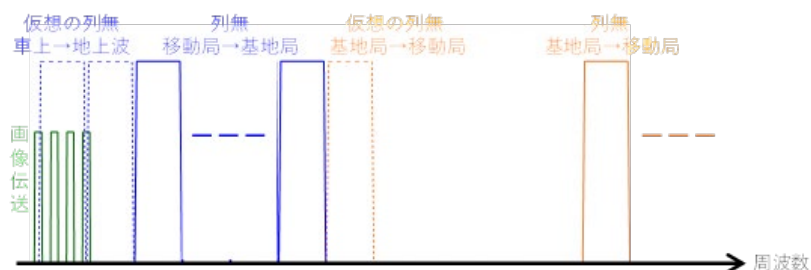


図 2-4 各システムの周波数配置における組合せのイメージ

2. 2. 3 共用検討結果

シミュレーションによる共用検討の結果、43GHz 帯鉄道用無線通信システム間において、周波数が同一又は隣接する場合に、共用可能となるために必要な所要改善量は表 2-4 のとおりとなった。

なお、反射波が減衰せずに受信点へ到達する条件下では、直接波と反射波の位相差によって受信レベルが変動し、位相差がゼロの場合、相互に強め合う結果となる場合がある。ホーム画像伝送システム及び列車無線システムの双方において、反射波強度

が減衰せずに受信アンテナに到達する可能性が否定できないことから、本検討においては、反射波を考慮した値とした。

また、アンテナ高は全て同一としているが、与干渉システムと被干渉システムのそれぞれのアンテナ高が異なる場合（例えば、異なる鉄道事業者の路線が交差する箇所など）には、高さ方向の距離差とアンテナの垂直面の指向性による減衰が加わるため、所要改善量は表に示した値よりも小さくなると考えられる。

表 2-4 周波数が同一又は隣接する場合の所要改善量

与干渉システム(送信)		被干渉システム(受信)		番号	周波数配置	所要改善量
ホーム画像伝送システム 【基地局(送信機)】	ホーム画像伝送システム 【受信機】			①	同一 ch	36.7 dB
				①	隣接 ch	-15.3 dB
	列車無線システム 【基地局(受信機)】			②	同一 ch	73.5 dB
				②	隣接 ch	0.8 dB
列車無線システム	【移動局(送信機)】	ホーム画像伝送システム 【受信機】		③	同一 ch	31.6 dB
				③	隣接 ch	-13.4 dB
		列車無線システム	【基地局(受信機)】	④	同一 ch	77.3 dB
			【移動局(受信機)】	④	隣接 ch	11.1 dB
	【基地局(送信機)】	列車無線システム	【移動局(受信機)】	⑤	隣接 ch	52.0 dB
			【基地局(受信機)】	⑥	隣接 ch	113.1 dB

注 1 番号は、表 2-3 の共用検討の組合せの番号を記載したもの

注 2 網掛けは、所要改善量がマイナスのもの

本検討においては、鉄道の構造上の制約を考慮し、設置が可能と考えられる範囲のうち最も干渉波強度が強くなると考えられるアンテナ位置を想定した計算としており、所要改善量がマイナスとなっている組合せは無条件で共用可能と考えられる。

また、所要改善量が残る組み合わせについても、本システムが鉄道事業者により開設され、駅又は線路上でのみ使用されるものであることや、鉄道事業者間では列車の運行等においても事業者間調整が緊密に行われており、本システムの導入においても事業者間の調整が容易であると考えられることなどを考慮すれば、設置に際して適切な対策を施すことは十分可能であり、それにより共用が可能になると考えられる。

2. 2. 4 所要改善量をゼロとするための対策の例

2.2.3 節に記載の通り、鉄道用無線通信システム間においては、所要改善量が残る組合せや設置機器が共用検討に用いたモデルを超えるような干渉を与える場合であっても共用可能となる可能性があるが、これらの場合において共用可能とするためには、適切な対策を施す必要がある。

これらのシステムが実際に設置される環境等において、所要改善量を 0dB 以下とするための対策としては、以下のような方法が考えられる。

- (1) 与干渉システムのアンテナと被干渉システムのアンテナとの距離を離す（送受信アンテナのビームが重ならない位置関係にする）

- (2) 与干渉システムのアンテナと被干渉システムのアンテナとの間に遮蔽物・電波吸収体などを設置する
- (3) 与干渉システムのアンテナの指向方向を調整もしくは半値幅を狭くする
- (4) 与干渉システムが使用する周波数と被干渉システムが使用する周波数を離す
- (5) 与干渉システムが送信する時間と被干渉システムが送信する時間をずらす

周波数の有効利用の観点からは、まず(1)～(3)の対策による共存方法を検討し、(1)～(3)では所要改善量を 0dB にできない場合に、(4)の周波数軸上で離隔をとる対策を検討することが望ましいと考えられる。なお、(1)については、送受信アンテナのビームが重なる状態では単純に距離を離すだけでは減衰量が少ないため、ビームが重ならない位置関係となるように与干渉側と被干渉側のアンテナの放射方向と直角方向の離隔をとることが主となる。

(5)の時間軸上で離隔をとる対策については、例えば、列車在線時のみ電波を放射するなどの仕組みが考えられるが、ホーム画像伝送システム、列車無線システムともにその使用環境や使用形態を考慮すると、異なる事業者間で放射する時間をずらすことは極めて困難と考えられ、自社内で共用する際の対策としてのみ有効と考えられる。

表 2-4 において所要改善量がプラスとなっている組合せについて、(1)の距離を離す対策を取る際の所要離隔距離を試算した結果については、以下の通り。

表 2-5 所要改善量を 0dB 以下とするために必要な所要離隔距離の例

				▲:被干渉システムの送信アンテナ ▲:与干渉システムの送信アンテナ ※アンテナ高については、与干渉・被干渉とも同一として計算 ▽:被干渉システムの受信アンテナ	
与干渉システム (送信)	被干渉システム (受信)	番号	周波数 配置	送受信アンテナの配置	所要離隔距離の例
ホーム 画像伝送 システム 【基地局】	ホーム 画像伝送 システム 【受信機】	①	同一		線路横断方向の離隔が約 12m 以上
	列車無線 システム 【基地局】	②	同一		・線路方向の離隔が約 125m 以上 又は ・線路横断方向の離隔が 7m 以上
		②	隣接		線路横断方向の離隔が約 4m 以上

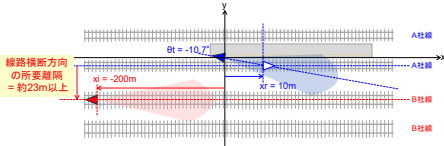
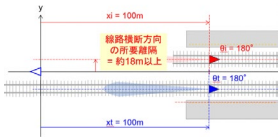
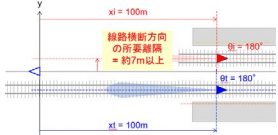
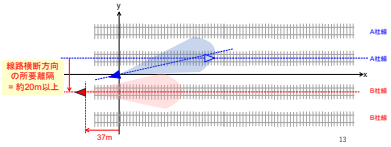
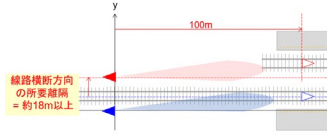
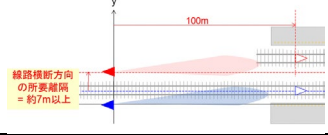
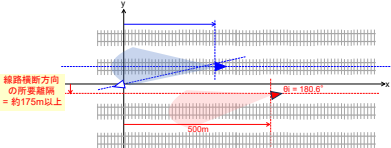
列車無線システム	画像伝送システム【受信機】	③	同一		線路横断方向の離隔が約 23m 以上
	列車無線システム【移動局】	④	同一		線路横断方向の離隔が約 18m 以上
	列車無線システム【基地局】	④	隣接		線路横断方向の離隔が約 7m 以上
	列車無線システム【移動局】	⑤	隣接		線路横断方向の離隔が約 20m 以上
列車無線システム	列車無線システム【移動局】	⑦	同一		線路横断方向の離隔が約 18m 以上
	列車無線システム【基地局】	⑦	隣接		線路横断方向の離隔が約 7m 以上
	列車無線システム【基地局】	⑥	隣接		- 線路方向の離隔が 100m のとき、線路横断方向の離隔が約 39m 以上 - 線路方向の離隔が 500m のとき、線路横断方向の離隔が約 175m 以上

表 2-5 に示した所要離隔距離の値は、干渉計算において用いたアンテナの性能に基づいており、かつ高さ方向は与干渉システム・被干渉システムとも同一であると仮定して求められた値である。このため、高さ方向で離隔がとれる場合やアンテナの指向方向、半値角が異なる場合等においては、表に示した値よりも短い離隔距離で共存できる可能性がある。例えば、本検討では、事業者等から提示されたアンテナの半値角等の仕様に基づいて干渉検討を行ったが、この場合においては、半値角より 1° 外側では指向方向の利得に対して -10dB の減衰、 2° 外側では -20dB の減衰となっており、指向方向又は半値角の調整によって表で示した離隔距離よりも短い距離で配置できる可能性がある。

また、駅構内や線路内は鉄道事業者が管理する場所になるため、2.2.4 節(2)のように、電波吸収体や遮蔽板等を設置し、これらを利用して所要改善量を確保する方法も有効である。このように、設置においては、いくつかの対策を組み合わせることも想定されるため、表 2-5 で示した離隔距離は、実際にとりうる配置条件の全てのパターンに対して必須となる距離を示すものではないことに留意する必要がある。

なお、空間上の離隔やアンテナの利得・放射パターン、遮蔽対策等によっても、与干

渉システムと被干渉システム間での所要改善量をゼロにできない場合においては、周波数軸上で離隔をとることになるが、ホーム画像伝送システム同士・列車無線システム同士については、隣接チャネル以上の周波数離隔をとることで共用可能になると考えられる。

また、ホーム画像伝送システムと列車無線システムとの間においては、それぞれの占有帯域幅の半分を加えた周波数幅以上の周波数離隔をとることで共用可能になると考えられる。

2. 3 他システムとの共用検討

2. 3. 1 電波天文業務との共用検討

42.5～43.5GHz 帯は電波天文業務で使用されており、総務大臣が告示で指定した電波天文業務の用に供する受信設備が受信する周波数となっている。鉄道用無線通信システムの導入に当たっては、電波天文業務に有害な混信を与えないよう措置することが求められることから、鉄道用無線通信システムから電波天文の受信設備への干渉について検討を行った。

なお、電波天文の受信設備との共用検討における鉄道用無線通信システムの諸元については、最悪条件を考慮するため、既存の機器の仕様や将来的に導入が見込まれるシステムの諸元等も考慮し、最も干渉が大きいと思われる諸元を用いて検討を行った。また、電波天文の受信設備の諸元については、関連する ITU-R 勧告に基づく諸元を用いた。

表 2-6 電波天文の受信設備との共用検討に用いた
43GHz 帯鉄道用無線通信システムの主な諸元

システム 項目	ホーム画像伝送システム 【基地局】	列車無線システム 【移動局】		列車無線システム 【基地局】	
送信中心周波数の範囲	43.52～43.64GHz	43.54～44.3GHz		44.86～45.46GHz	
チャンネル間隔	40MHz※	40MHz	120MHz	40MHz	120MHz
占有帯域幅	17MHz※	21MHz	40MHz	21MHz	40MHz
送信電力	0dBm (1mW)	17.8dBm (60mW)			
送信アンテナ利得	38dBi	35dBi		40dBi	

※チャンネル間隔 120MHz（占有帯域幅 40MHz 以上）のシステムについては、検討省略

表 2-7 42.5～43.5GHz 帯において指定を受けた電波天文の受信設備

名称(通称)	都道府県	最寄駅等
野辺山	長野県	野辺山駅 (JR 小海線)
水沢	岩手県	水沢駅 (JR 東北本線)
入来	鹿児島県	川内駅 (JR 鹿児島本線・九州新幹線)
小笠原	東京都	検討省略※
石垣島	沖縄県	検討省略※

※島内に鉄道がなく、最寄駅及び線路からの距離が数百 km と離れているため、検討を省略

2. 3. 2 電波天文業務との共用検討の結果

それぞれのシステムと電波天文の受信設備との周波数共用検討の結果、地理的条件や地物等の遮蔽等を考慮せず、かつ、鉄道用無線通信システムの送信アンテナの指向方向に受信設備がある場合に、「ホーム画像伝送システムで 48.7km」、「列車無線システム（移動局）で 53.6km（40MHz システム）又は 44.9km（120MHz システム）」、「列車無線システム（基地局）で 52.8km（40MHz システム）又は 44.2km（120MHz システム）」の離隔距離が必要との結果となった。

表 2-8 鉄道用無線通信システム毎の所要離隔距離
(地理的条件や地物等の遮蔽等を考慮しない、鉄道用無線通信システムの送信
アンテナの指向方向に受信設備がある場合)

鉄道用無線通信システムの種類		受信設備からの所要離隔距離
ホーム画像伝送システム		48.7km
列車無線システム（移動局）	40MHz システム	53.6km
	120MHz システム	44.9km
列車無線システム（基地局）	40MHz システム	52.8km
	120MHz システム	44.2km

また、共用検討において、最悪条件となる電波天文の受信設備から最も近い距離にある駅又は線路から送信する場合を想定し、野辺山、水沢、入来 の 3 つの受信設備周辺の駅や線路の配置状況、地形等を考慮した検討も行った（参考資料 2 参照）。

その結果、ホーム画像伝送システムにおいては、野辺山駅（JR 小海線。野辺山から 1.231km）に設置された場合を想定したケースが、39.0dB と最も所要改善量が残る結果（表参 2-1 参照）となり、列車無線システムにおいては、JR 小海線沿線上の近接ポイント（野辺山から 0.896km）に設置された場合を想定したケースが、移動局で 43.4dB、基地局で 43.2dB（どちらも 40MHz システム）と、最も所要改善量が残る結果（表参 2-3、表参 2-7 参照）となった。

なお、これらの駅又はポイントで運用する場合においても、受信設備の方向と送信アンテナの指向方向の差が $\pm 7^\circ$ 以上確保できる場合や送信機から 10m 程度の範囲内に駅舎等の地物が存在する場合では、所要改善量が大きく低下し所要改善量がマイナスになるとの結果となっている。

これらの結果から、電波天文の受信設備から表 2-8 の範囲内で鉄道用無線通信システムを設置又は運用する場合には、電波天文の運用に支障を与えないよう事前に調整を行い、干渉が生じないような対策をとることで共用可能になると考えられる。

2. 4 電波防護指針への適合

電波防護指針では、電波利用において人体が電磁界にさらされる場合の電波のエネルギー量と生体への作用との関係が定量的に明らかにされており、これに基づき、システムの運用形態に応じて、電波防護指針に適合するようシステム諸元の設定に配慮する必要があることから、本検討においても、電波防護指針への適合性について検討を行った。

電波防護指針では、防護指針が適切に用いられ、電磁環境の状況が必要に応じ確認できる場合は、管理指針の指針を適用し、このような条件が満たされない場合は、一般環境の指針を適用することとしている。

表 2-9 管理環境の電磁界強度（6 分間平均値）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ²]
1. 5GHz－300GHz	137	0. 365	5

表 2-10 一般環境の電磁界強度（6 分間平均値）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ²]
1. 5GHz－300GHz	61. 4	0. 163	1

また、電波の強度の算出については、「無線設備から発射される電波の強度の算出方法及び測定方法を定める件」（平成 11 年郵政省告示第 300 号）において、以下の式が定められている。

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K \cdots (\text{式})$$

S: 電力束密度 [mW/cm²]

P: 空中線入力電力 [W]

G: 送信空中線の最大輻射方向における絶対利得

R: 算出にかかる送信空中線と算出を行う地点との距離 [m]

K: 反射係数

大地面の反射を考慮する場合 K=2. 56

43GHz 帯鉄道用無線通信システム（列車無線システム（基地局））は、駅構内又は線路上に設置されるため、電波防護指針値への適合性については、一般環境の基準（表 2-10）に適合する必要がある。

43GHz 帯鉄道用無線通信システムのうち、列車無線システム（基地局）については、無線設備の諸元を、空中線電力：60mW（最大）、空中線利得：40dBi（最大）と想定し、大地面の反射を考慮した場合、基準値を超える離隔距離は 3. 497m となる。

なお、ホーム画像伝送システムについては、無線設備の諸元を空中線電力：1mW（最大）、空中線利得：38dBi（最大）と想定し、大地面の反射を考慮した場合、基準値を超

える離隔距離は、35.86cm となり、当該無線設備の設置状況から電波防護指針に適合しているものと判断できる。

2. 5 宇宙無線通信業務との共用について

本システムが運用されている 43.5～47GHz 帯は、無線通信規則において、本システムを含む陸上移動業務の局は、宇宙無線通信業務に有害な混信を生じさせず、宇宙無線通信業務からの保護を要求しないことが条件とされている。

現時点において、国内では、本システムが導入を予定している周波数帯は宇宙無線通信業務に使用されておらず、具体的な計画もないことから、本検討においては、宇宙無線通信業務との具体的な共用検討を行っていない。

本システムは鉄道の安全対策の強化に用いられる極めて公共性の高いシステムであり、安定的な運用が将来的にも必要とされていることから、将来的に、国内において、43.5～47GHz 帯に宇宙無線通信業務を導入するための検討が行われるような場合においても、本システムの運用に過度な制限が課されることのないように検討が行われることが望ましいと考えられる。

また、一般的な陸上移動局と異なり、本システムは、設置場所や移動場所が駅又は線路に限定され、事前調整等により干渉回避が比較的容易であると考えられること等も考慮すれば、国内においては、宇宙無線通信業務に有害な混信を生じさせず、宇宙無線通信業務からの保護を要求しない陸上移動局の対象から本システムを除外することが望ましいと考えられる。

第3章 43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件

第2章までの検討結果を踏まえ、43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件については、以下のとおりとすることが適当である。

3. 1 ホーム画像伝送システムの技術的条件

3. 1. 1 一般的条件

3. 1. 1. 1 通信方式

同報通信方式又は単向通信方式とする。

3. 1. 1. 2 変調方式

位相変調方式、周波数変調方式、位相偏移変調方式、周波数偏移変調方式、直交位相振幅変調方式又はこれらの組合せとする。

3. 1. 1. 3 使用周波数帯

43.502GHz から 43.774GHz までとする。

3. 1. 1. 4 無線チャネル

無線チャネルについては、以下のとおりとする。

(1) 占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合

中心周波数が 43.52GHz から 43.64GHz までの 40MHz 間隔の 4 波

(2) 占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合

中心周波数が 43.6GHz 又は 43.72GHz の 2 波

3. 1. 2 無線設備の技術的条件

3. 1. 2. 1 送信装置

(1) 周波数の許容偏差

±50ppm 以内

(2) 空中線電力

1 mW 以下

(3) 空中線電力の許容偏差

上限 50%、下限 50%

(4) 空中線利得

38dBi 以下

(5) 占有周波数帯幅の許容値

チャンネル間隔が 40MHz のものは 36MHz 以下、チャンネル間隔が 120MHz のものは 40MHz を超え 108MHz 以下

(6) スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値

帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値 : $100\mu\text{W}$ 以下

スプリアス領域における不要発射の強度の許容値 : $50\mu\text{W}$ 以下

(7) 隣接チャンネル漏えい電力の許容値

ア 占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合

搬送波の周波数から 40MHz 離れた周波数の $\pm 18\text{MHz}$ の帯域内に輻射される電力が、搬送波の電力より 23dB 以上低い値であること。

イ 占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合

搬送波の周波数から 120MHz 離れた周波数の $\pm 54\text{MHz}$ の帯域内に輻射される電力が、搬送波の電力より 23dB 以上低い値であること。

(8) 電波防護指針

電波防護指針に適合すること。

3. 1. 3 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、 $50\mu\text{W}$ 以下とする。

3. 2 列車無線システムの技術的条件

3. 2. 1 一般的条件

3. 2. 1. 1 通信方式

同報通信方式、単向通信方式又は複信方式

3. 2. 1. 2 変調方式

位相変調方式、周波数変調方式、位相偏移変調方式、周波数偏移変調方式、直交位相振幅変調方式又はこれらの組合せとする。

3. 2. 1. 3 使用周波数帯

(1) 移動局

43.522GHz から 44.318GHz まで

(2) 基地局

44.842GHz から 45.478GHz まで

3. 2. 1. 4 無線チャネル

(1) 移動局

ア 占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合

中心周波数が 43.54GHz から 44.30GHz までの 40MHz 間隔の 20 波

イ 占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合

中心周波数が 43.82GHz から 44.18GHz までの 120MHz 間隔の 4 波

(2) 基地局

ア 占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合

中心周波数が 44.86GHz から 45.46GHz までの 40MHz 間隔の 16 波

イ 占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合

中心周波数が 44.94GHz から 45.30GHz までの 120MHz 間隔の 4 波

3. 2. 2 無線設備の技術的条件

3. 2. 2. 1 送信装置

(1) 周波数の許容偏差

±50ppm 以内

(2) 空中線電力

60mW 以下

(3) 空中線電力の許容偏差

上限 50%、下限 50%

(4) 空中線利得

移動局は 35dBi 以下、基地局は 40dBi 以下

(5) 占有周波数帯幅の許容値

チャネル間隔が 40MHz のものは 36MHz 以下、チャネル間隔が 120MHz のものは 40MHz を超え 108MHz 以下

(6) スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値

帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値： 100 μ W 以下

スプリアス領域における不要発射の強度の許容値： 50 μ W 以下

(7) 隣接チャネル漏えい電力の許容値

ア 占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合

搬送波の周波数から 40MHz 離れた周波数の±18MHz の帯域内に輻射される電力が、搬送波の電力より 23dB 以上低い値であること。

イ 占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合

搬送波の周波数から 120MHz 離れた周波数の $\pm 54\text{MHz}$ の帯域内に輻射される電力が、搬送波の電力より 23dB 以上低い値であること。

(8) 電波防護指針

電波防護指針に適合すること。

3. 2. 3 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、 $50\mu\text{W}$ 以下とする。

3. 3 測定方法

測定については、一般的な測定法を適用することとし、空中線給電点において空中線端子（導波管等）で測定すること。

(1) 送信装置

ア 周波数の偏差

無線設備を無変調の連続送信状態としてスペクトルアナライザ等を用いて測定する。

イ 占有周波数帯幅

通常の変調状態で連続送信として動作させ、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。測定点はアンテナ端子とする。標準符号化試験信号により変調をかけた状態において得られるスペクトル分布の全電力についてスペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれ全電力の 0.5% となる周波数幅を測定すること。標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。

ウ 空中線電力の偏差

通常の変調の状態での連続送信として動作させ、送信設備の出力電力を電力計又はスペクトルアナライザ等を用いて測定し、定格出力との偏差を求める。測定点はアンテナ端子とする。標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。

エ 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度

無変調の状態での連続送信として動作させ、スプリアス発射の平均電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。測定点はアンテナ端子とする。

この場合において、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、1MHz に設定することが適当である。ただし、測定値への搬送波の影響を軽減するため、分解能帯

域幅を 1MHz より狭く設定して測定することができる。

オ スプリアス領域における不要発射の強度

通常の変調状態で連続送信として動作させ、スプリアス領域における不要発射の参照帯域幅当たりの平均電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。測定点はアンテナ端子とする。標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。

この場合において参照帯域幅は、不要発射の周波数が 1GHz 以下の場合は 100kHz、不要発射の周波数が 1GHz を超える場合は 1MHz とし、スプリアス領域における不要発射の強度の測定を行う周波数範囲については、30MHz から 2 次高調波までとする。

ただし、導波管を用いるものは測定周波数の下限をカットオフ周波数の 0.7 倍からとする他、導波管フィルタ及びデュープレクサ等による周波数特性により、不要発射が技術基準を満足することが明らかな場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。また、下限周波数においてカットオフ周波数の 0.7 倍としているが、導波管が十分に長く技術基準を十分満足するカットオフ減衰量が得られることが証明できる場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。

カ 隣接チャネル漏えい電力

通常の変調の状態での連続送信として動作させ、スペクトルアナライザ等を用いて搬送波の電力及び搬送波から隣接チャネル間隔離れた周波数において技術的条件で定められる帯域内の電力を測定し、搬送波の電力との比を求め隣接チャネル漏えい電力を算出する。測定点はアンテナ端子とする。標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。

(2) 受信装置

ア 副次的に発する電波等の限度

無線設備を連続的受信状態としてスペクトルアナライザ等を用いて測定する。

なお、送信空中線端子と、受信空中線端子が独立している場合は、受信空中線端子で測定する。

この場合において、副次発射の強度の測定を行う周波数範囲については、30MHz から 2 次高調波までとする。

ただし、導波管を用いるものは測定周波数の下限をカットオフ周波数の 0.7 倍からとする他、導波管フィルタ及びデュープレクサ等による周波数特性により、副次発射が技術基準を満足することが明らかな場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。また、下限周波数においてカットオフ周波数の 0.7 倍と

しているが、導波管が十分に長く技術基準を十分満足するカットオフ減衰量が得られることが証明できる場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。

3. 4 干渉回避のための留意点

42.5～43.5GHz 帯の周波数を受信するものとして指定を受けた電波天文業務の用に供する受信設備の保護のため、鉄道用無線通信システムを当該受信設備から以下の距離内で設置又は運用する場合には、当該受信設備の運用に支障を与えないよう当該受信設備の設置者と有害な混信の回避等について調整を行うこと。

運用する鉄道用無線通信システム		運用調整が必要とされる電波天文業務の用に供する受信設備からの距離
43.502GHz から 43.754GHz までの周波数を使用する空中線電力 1mW の基地局		48.7km
43.522GHz から 44.318GHz までの周波数を使用する空中線電力 60mW の移動局	占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合	53.6km
	占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合	44.9km
44.844GHz から 45.478GHz までの周波数を使用する空中線電力 60mW の基地局	占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合	52.8km
	占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合	44.2km

別表 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 構成員

(主査及び主査代理以外、50 音順。令和 7 年 6 月 12 日時点)

氏名	現職
(主査) 三次 仁	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
(主査代理) 豊嶋 守生	国立研究開発法人情報通信研究機構 ネットワーク研究所ワイヤレス ネットワーク研究センター 研究センター長
飯塚 留美	一般財団法人マルチメディア振興センター 調査研究部 研究主幹
井家上 哲史	明治大学 理工学部 教授
伊藤 数子	特定非営利活動法人 STAND 代表理事
今村 浩一郎	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部 部長
太田 香	室蘭工業大学 しくみ解明系領域 システム情報学ユニット コンピュ ータ科学センター 教授
加藤 康博	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
児玉 俊介	一般社団法人電波産業会 専務理事
杉浦 誠	一般社団法人全国陸上無線協会 専務理事
杉本 千佳	横浜国立大学 大学院工学研究院 知的構造の創生部門 准教授
高田 潤一	東京科学大学 執行役副学長（国際担当）／環境・社会理工学院 教 授
田丸 健三郎	日本マイクロソフト株式会社 技術統括室 業務執行役員 ナショナルテクノロジーオフィサー
生田目 瑛子	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員
藤井 威生	電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター 教授
藤野 義之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授
松尾 綾子	株式会社東芝 研究開発センター 情報通信プラットフォーム研究所 ワイヤレスシステムラボラトリー 室長
森田 耕司	一般社団法人日本アマチュア無線連盟 会長
吉田 貴容美	日本無線株式会社 ソリューション事業部 マイクロ波通信技術部 衛星移動通信システムグループ 課長

参考資料 1 鉄道用無線通信システム間の共用検討

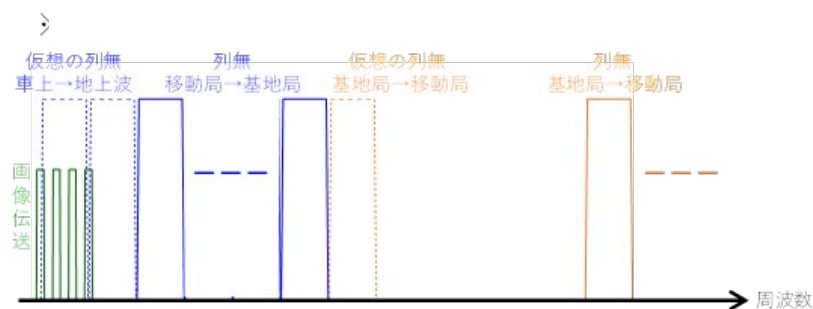
本共用検討では、「ホーム画像伝送システム」、「列車無線システム（移動局）」、「列車無線システム（基地局）」の組み合わせにおいて、実際の利用シーンを想定した共用検討を行った。

表参 1-1 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
- ホーム画像伝送システム（基地局：送信機） - 列車無線システム（基地局：送信機） - 列車無線システム（移動局：送信機）	- ホーム画像伝送システム（受信機） - 列車無線システム（基地局：受信機） - 列車無線システム（移動局：受信機）

表参 1-2 43GHz 帯鉄道用無線通信システム間における共用検討の組合せ

被干渉側（受信機） 与干渉側（送信機）		ホーム画像伝送システム 【受信機】	列車無線システム	
			【基地局（受信機）】	【移動局（受信機）】
ホーム画像伝送システム 【基地局（送信機）】		① 同一・隣接の ch で計算	② ホーム画像伝送と同一・隣接の帯域に、列車無線基地局の受信 ch を設定して計算	
列車無線システム	【移動局（送信機）】	③ ホーム画像伝送と同一・隣接の帯域に、列車無線移動局の送信 ch を設定して計算	④ 同一・隣接の ch で計算	⑤ 列車無線移動局の送信 ch と隣接する帯域に、列車無線移動局の受信 ch を設定して計算
	【基地局（送信機）】		⑥ 列車無線基地局の受信 ch と隣接する帯域に、列車無線基地局の送信 ch を設定して計算	⑦ 同一・隣接の ch で計算



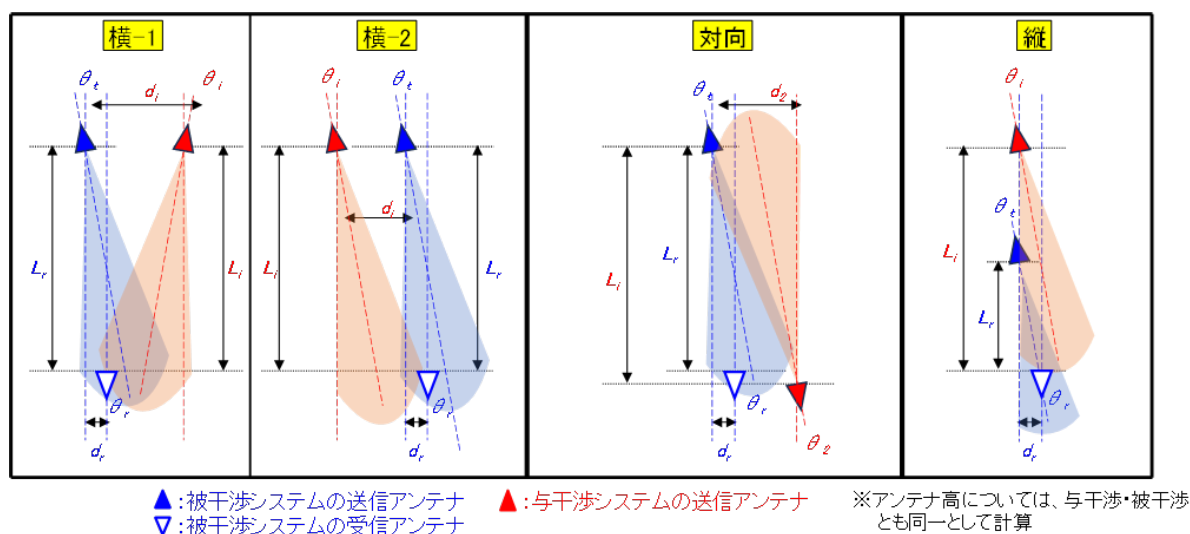
図参 1-1 各システムの周波数配置における組合せのイメージ

1. 1 机上検討

複数の無線通信システムが共存するためには、相互に干渉しないよう、「空間的な離隔」「周波数上の離隔」「時間軸上の分離」のいずれかの対策を取る必要があることから、以下のような干渉モデルを想定し検討を行った。

(1) 空間上の配置

与干渉システムと被干渉システムのそれぞれの送受信アンテナの配置は、図参 1-2 に示す 4 パターンでモデル化できる。なお、この図においては、図の縦方向が線路方向、図の横方向は線路横断方向となる。



図参 1-2 与干渉システムと被干渉システムの空間上の配置モデル

図参 1-2 の各パターンのうち、「対向」のパターンは、「横-1」「横-2」のパターンよりも与干渉波の強度が低下すると考えられる。

また、「縦」のパターンは、与干渉側システムの送信アンテナが被干渉側システムの送信アンテナから線路方向に離れたとしても、被干渉側システムの送信アンテナのビーム内に与干渉側システムの送信波があまり減衰しない状態で混入するため、空間的な離隔による共用が困難と考えられるが、一方で、このパターンは同一鉄道事業者による利用形態が多いことが想定され、送信タイミング制御やチャネル変更などの対策により共用が可能と考えられる。

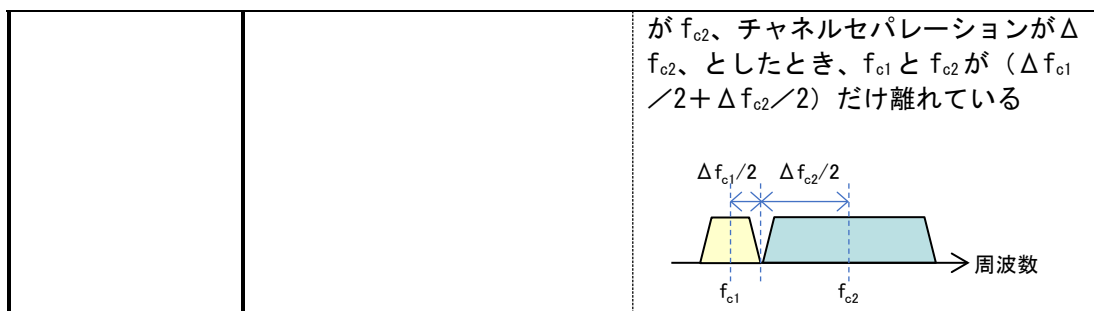
以上より、空間的な離隔に関する計算においては、「横-1」「横-2」を対象として、条件設定を行った。

(2) 周波数軸上のセパレーション

周波数軸上の設定条件としては、表参 1-3 に示す「同一チャネル」と「隣接チャネル」の 2 パターンを想定して検討を行った。

表参 1-3 周波数軸上の設定条件

周波数配置の条件	定義	
	画像伝送システム同士 列車無線システム同士	画像伝送システム ⇔ 列車無線システム
同一チャネル	与干渉側と被干渉側のそれぞれの中心周波数が同一	
隣接チャネル	与干渉側と被干渉側のそれぞれの中心周波数がチャネルセパレーションだけ離れている	与干渉側システムの中心周波数が f_{c1} 、チャネルセパレーションが Δf_{c1} で、被干渉側システムの中心周波数



(3) 時間軸上の離隔

ホーム画像伝送システムにおいては、同一事業者内での利用でない限り、被干渉システムと与干渉システム間でのタイミング制御はできないものと想定されるため、時間軸上の離隔については検討の対象外とし、検討では常時送信を想定することとした。

また、列車無線システムにおいても、異なる事業者間での時分割多重の実装は導入・運用コストが増大し、空間・周波数の双方の離隔がとれない状況下で共用が必要な場合にのみ取られる方策と考えられるため、常時送信を想定することとした。

上記の考え方を踏まえ、以下のステップで共用検討を行った。

①簡略化モデルによる検討

アンテナの指向特性、建築限界や車両寸法・ホーム長などを基に、モデルの配置を決めるパラメータ（図参 1-3 の θ_t , L_r , d_{ry} , θ_r , L_i , d_i , θ_a など）がとり得る値の範囲を概算し、送信出力、アンテナ利得、隣接チャネル漏洩電力、許容干渉電力等の諸元データを基に、幾何学的な簡略化モデルによる計算を行って最悪ケースを抽出。なお、実際にあり得ない配置パターンについては対象から除外。

②電波伝搬シミュレーションの実施

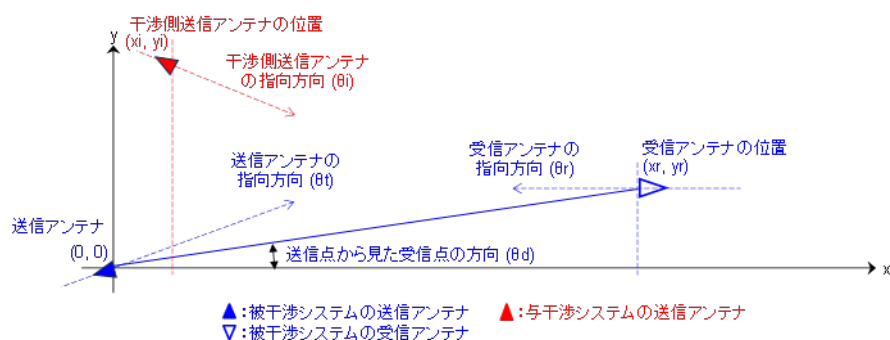
①での検討を踏まえ、詳細な電波伝搬シミュレーションが必要と考えられるケースについて、シミュレーションを実施。

③実地調査との比較

実地調査を行い、簡略化モデルによる計算結果を基に、シミュレーションと実地調査の結果を考慮して共用可能性を評価。

1. 1. 1 簡略化モデルによる検討

干渉計算にあたっては、図参 1-3 のとおり、レール方向を x 軸、線路横断方向を y 軸、高さ方向を z 軸とし、被干渉側の基地局送受信アンテナ位置を原点とする座標系上にアンテナの位置を設定。なお、全区間直線区間、アンテナ高は全て同一とし、アンテナの指向方向は x 軸方向を 0° とし、反時計回り方向をプラスとして設定した。



図参 1-3 簡略化モデルの座標系

(1) 検討方法等

検討に用いたシステムの緒言、電波伝搬モデル、アンテナ放射パターン等は、以下のとおり。

(a) 計算に用いた主な諸元

既に導入済みのシステム等との整合を踏まえ、以下のとおりとした。なお、検討は、運用中の機器の諸元等を考慮した標準的な諸元で行っているが、一部に開発中の情報が含まれているため、非公開としている。

表参 1-4 簡略化モデルによる計算に用いた主な諸元

システム 項目	ホーム画像伝送システム 【基地局】	列車無線システム 【移動局】	列車無線システム 【基地局】
使用周波数帯	43.5~43.6 GHz	43.54~44.3 GHz	44.86~45.46 GHz
占有帯域幅	17MHz	120MHz	
送信電力	1mW (0dBm)	60mW (17.8dBm)	
チャンネル数	4ch	4ch	4ch
チャンネル間隔	40MHz	120MHz	
隣接チャンネル漏洩電力	-30 dBc	-23 dBc	
送信アンテナ利得・半値角	(非公開)	(非公開)	
受信帯域幅、干渉許容電力、許容感度抑圧電力、受信アンテナ最大利得・半値角	(非公開)	(非公開)	

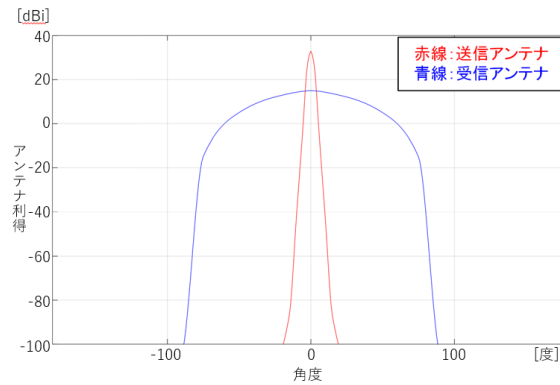
注：中心周波数や不要発射の強度、アンテナ利得、受信側諸元等については、運用中の機器の諸元等を考慮した標準的なモデルで検討

(b) 電波伝搬モデル

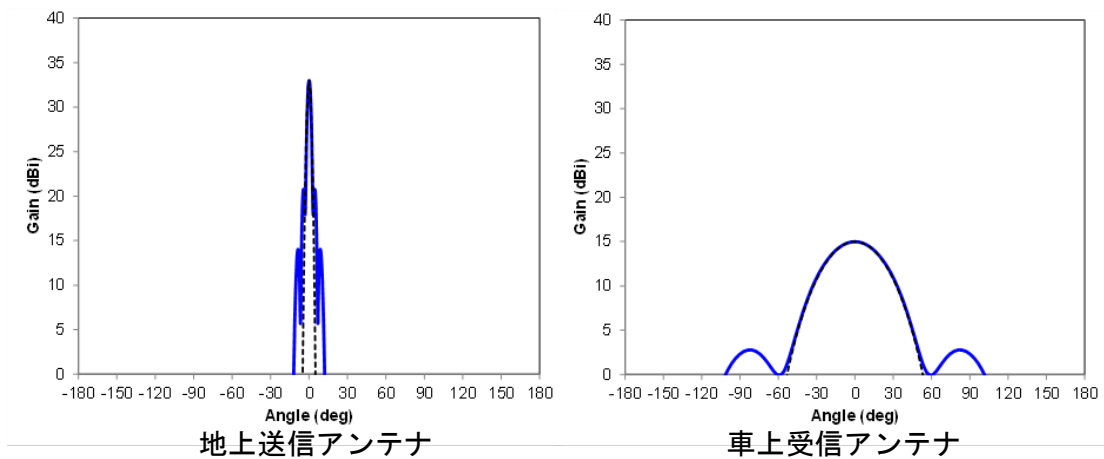
送信アンテナから放射された電波が受信アンテナに到達するまでの伝搬損については、自由空間伝搬モデル (Free Space propagation Model : FSM) と大地面反射 2 波モデル (Two-wave Ground Reflection Model : TGRM) の双方を用いて計算を行った。

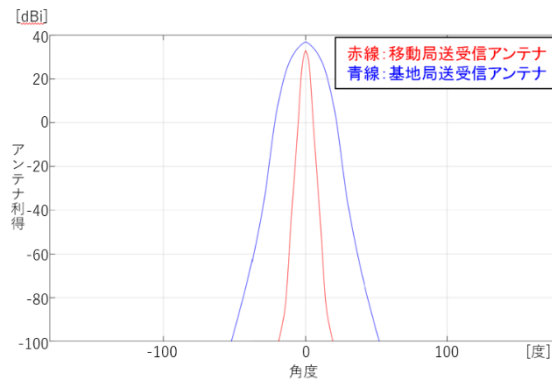
(c) アンテナの放射パターン

本システムの一般的な半値角の値を基に、メインローブのみの水平面放射パターンを設定した（サイドローブ、バックファイヤなし）。なお、アンテナ放射パターンは左右対称と仮定。アンテナの放射パターンは、図参 1-4 のとおり。

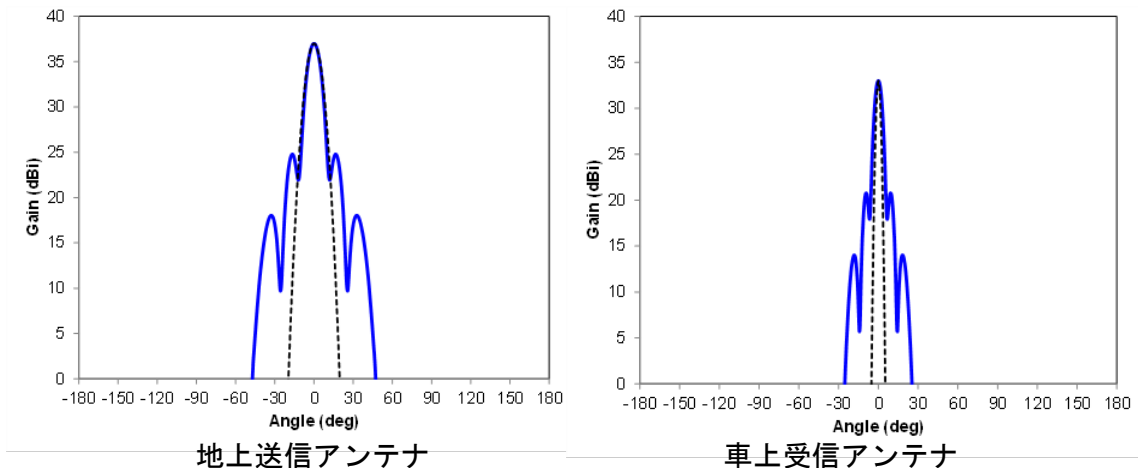


アンテナ放射パターン（ホーム画像伝送システム・水平）





アンテナ放射パターン（列車無線システム・水平）



図参 1-4 検討に用いた鉄道用無線通信システムのアンテナ放射パターン

(c) 帯域換算の考え方

ホーム画像伝送システムから列車無線システムへの干渉については、画像伝送から送出された全 ch 分の帯域のうち、提示された列車無線の受信帯域内に入る成分だけ干渉波として受信される前提で電力を換算した。また、列車無線システムからホーム画像伝送システムへの干渉については、列車無線から送出された 1ch 分の帯域のうち、提示されたホーム画像伝送システムの受信帯域内に入る成分だけ干渉波として受信される前提で電力を換算した。

(d) 使用した計算ツール

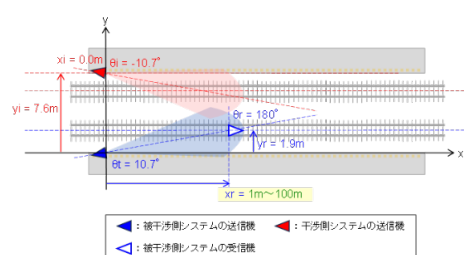
無線機の緒元とアンテナ放射パターン、基地局・移動局・干渉局の配置を入力パラメータとして設定することで、アンテナ位置を変えながら被干渉側受信アンテナで受信する電力を計算するプログラムを Octave (Matlab 互換の行列計算ソフトウェア) 上に実装して計算を行った。

(2) 検討の考え方及び検討結果

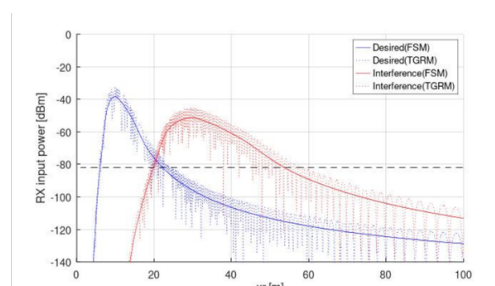
共用検討においては、与干渉側システムと被干渉側システムの送受信アンテナの位置を変え、与干渉側システムからの干渉波が最大となる場合の所要改善量及び所要改善量をゼロとするための所要離隔距離の条件を算出した。

ホーム画像伝送同士の検討結果については、図参 1-5～図参 1-8 のとおり。なお、計算結果のグラフでは、青線が被干渉側システムの所要波の受信機入力電力[dBm]、赤線が与干渉側システムからの干渉波の受信機入力電力[dBm]、太い実線が自由空間伝搬モデル(FSM)、細い点線が大地面反射 2 波モデル(TGRM)の結果を示している。また、建築限界など構造上の制約からアンテナを配置できない範囲はグレーの網掛けとした。

①ホーム画像伝送同士の場合

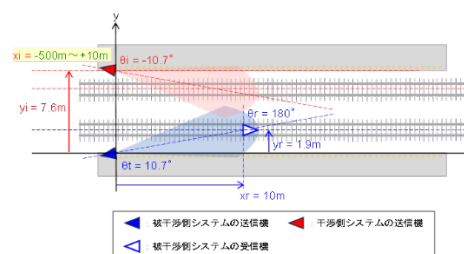


(ア) 送受信アンテナの配置

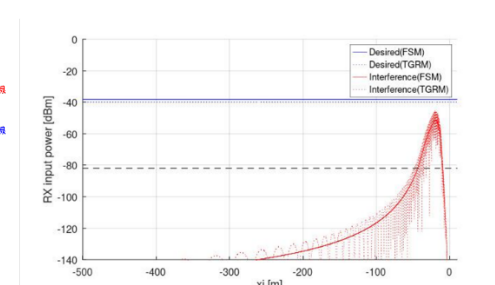


(イ) 計算結果

図参 1-5 被干渉側システムの受信アンテナ位置を線路方向に移動（同一チャネル）

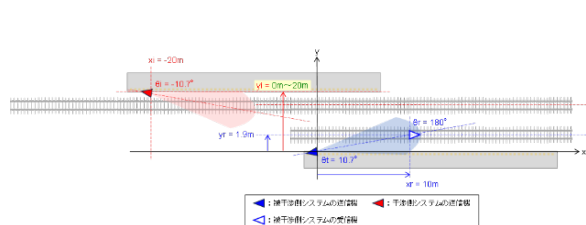


(ア) 送受信アンテナの配置

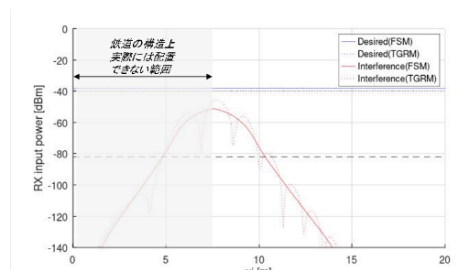


(イ) 計算結果

図参 1-6 与干渉側システムの送信アンテナ位置を線路方向に移動（同一チャネル）

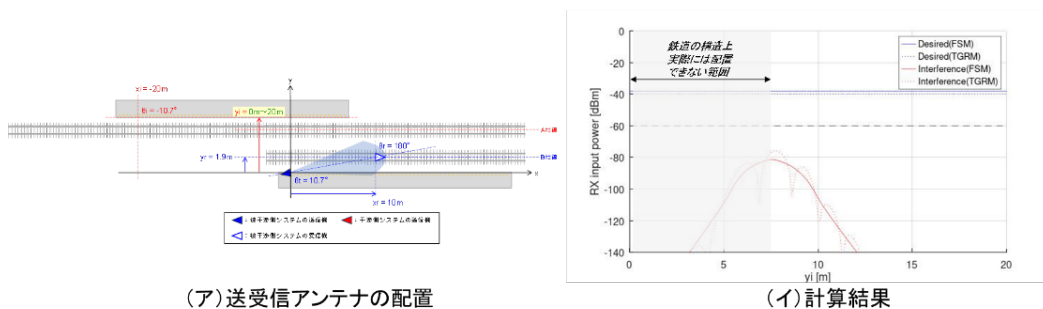


(ア) 送受信アンテナの配置



(イ) 計算結果

図参 1-7 与干渉側システムの送信アンテナ位置を線路横断方向に移動（同一チャネル）



図参 1-8 与干渉側システムの送信アンテナ位置を線路横断方向に移動
(隣接チャネル)

ホーム画像伝送システム同士の共用検討においては、被干渉側システムを搭載した列車が $X_r=10\text{m}$ の位置で停車し画像伝送するシステムを想定しており、図参 1-5 では、所定の停車位置である 10m で所要波の強度が最も強くなっている。

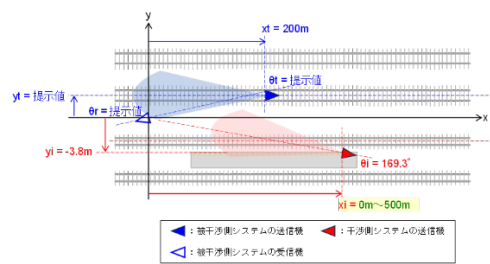
一方で、与干渉側システムからの干渉波については、図参 1-6 では、与干渉側の送信アンテナの位置が被干渉側システムの送信アンテナの背向側に 20m 程度下がった位置で干渉波強度が最大（最悪条件）となっており、この場合における所要改善量は 36.7dB となった。

この線路方向の配置が最悪条件の下で、与干渉側システムの送信アンテナの位置を線路横断方向に離した場合の干渉波強度の変化は図参 1-7 のとおり。

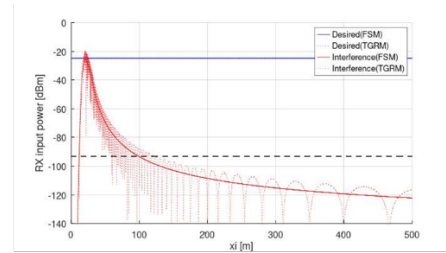
与干渉側の送信アンテナの位置を線路横断方向に 12m 程度離すことで所要改善量をゼロとすることが可能となることから、事業者間で調整を行い、適切な対策を施すことにより、共用可能と考えられる。また、図参 1-8 は、図参 1-7 と同様の配置条件下で周波数を隣接チャネルに設定したものである。

他の組合せにおける計算結果は図参 1-9～16 のとおりであり、これらにおいても、基本的には、与干渉側アンテナを線路方向に移動させたときのグラフから所要改善量を、線路横断方向に離した場合の計算結果から所要離隔距離を求めている。

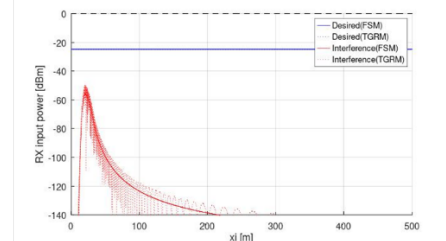
②ホーム画像伝送システム→列車無線システム基地局の場合



(ア) 送受信アンテナの配置

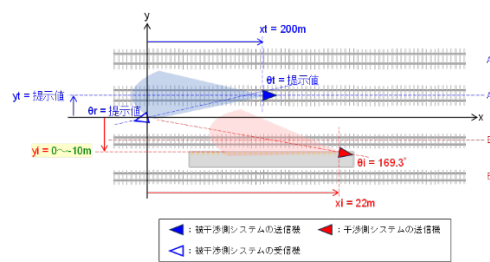


(イ) 同一チャネルの場合の計算結果

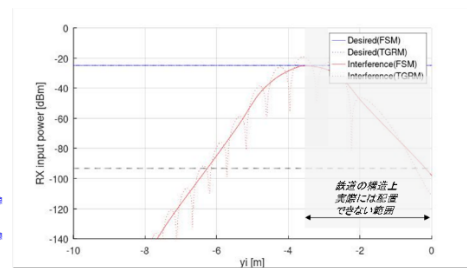


(イ) 隣接チャネルの場合の計算結果

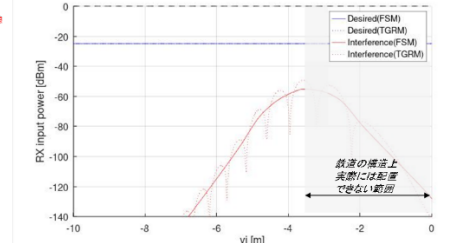
図参 1-9 与干渉側システムの送信アンテナ位置を線路方向に移動



(ア) 送受信アンテナの配置



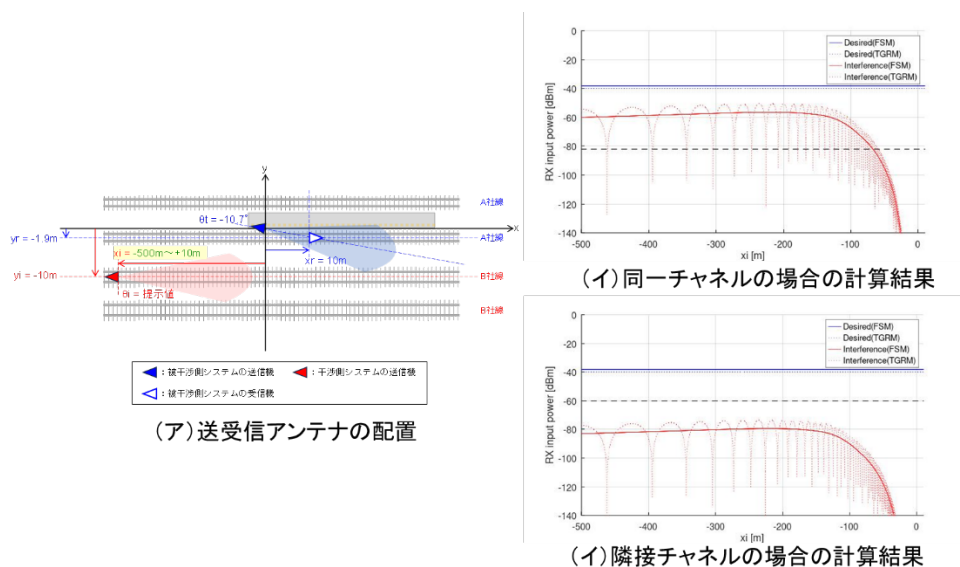
(イ) 同一チャネルの場合の計算結果



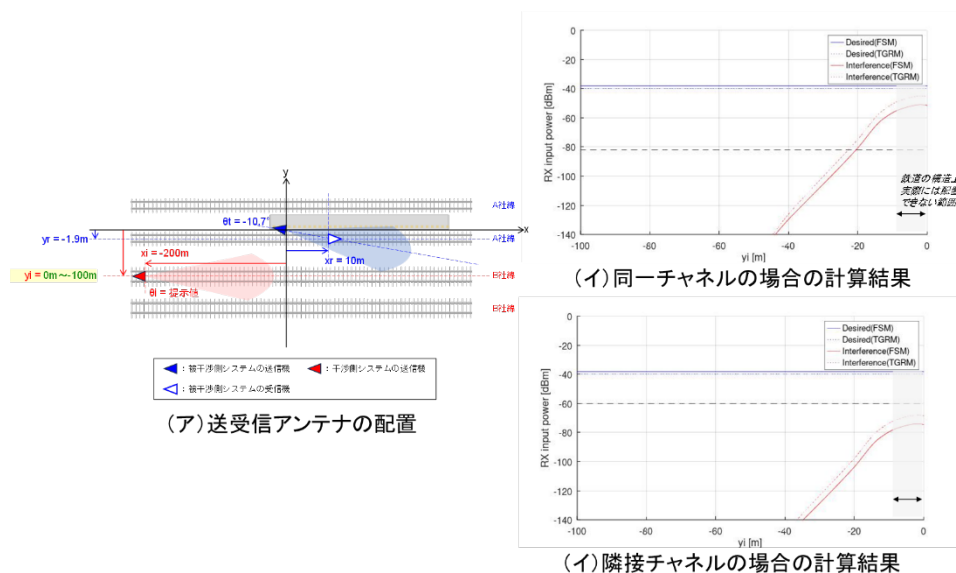
(イ) 隣接チャネルの場合の計算結果

図参 1-10 与干渉側システムの送信アンテナ位置を線路横断方向に移動

③列車無線システム移動局→ホーム画像伝送システムの場合

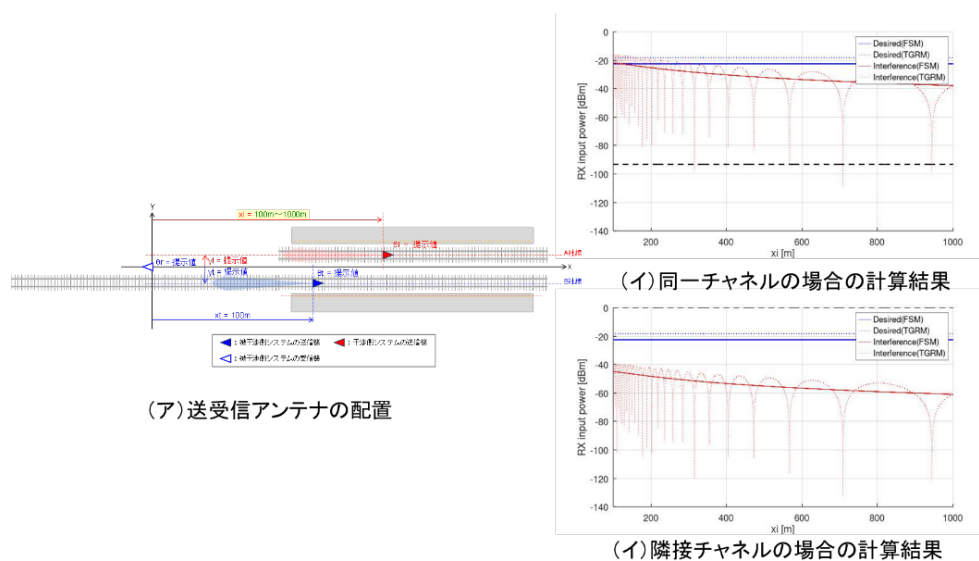


図参 1-11 与干渉側システムの送信アンテナ位置を線路方向に移動

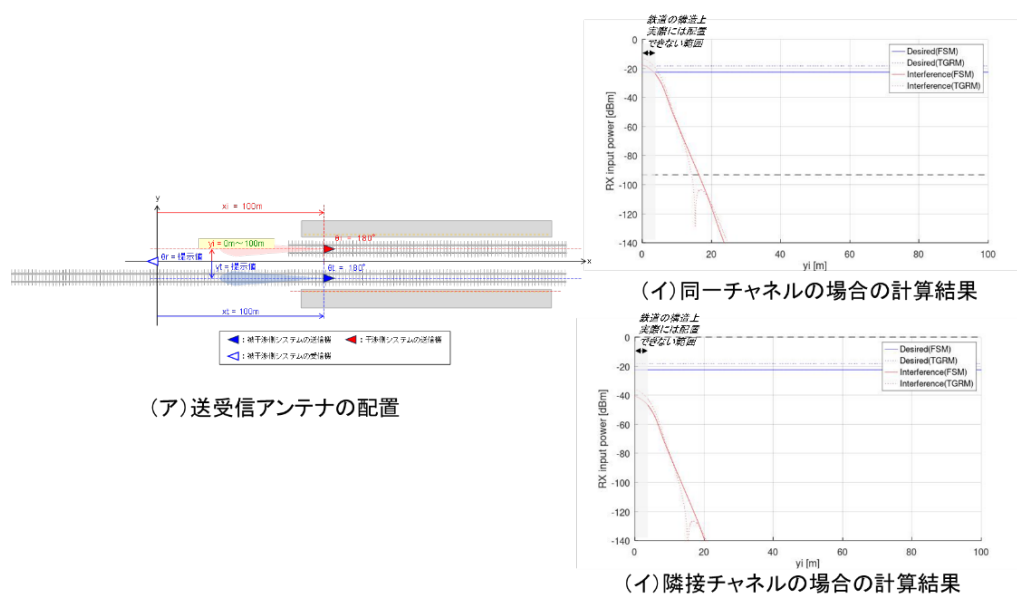


図参 1-12 与干渉側システムの送信アンテナ位置を線路横断方向に移動

④列車無線システム移動局→列車無線システム基地局の場合

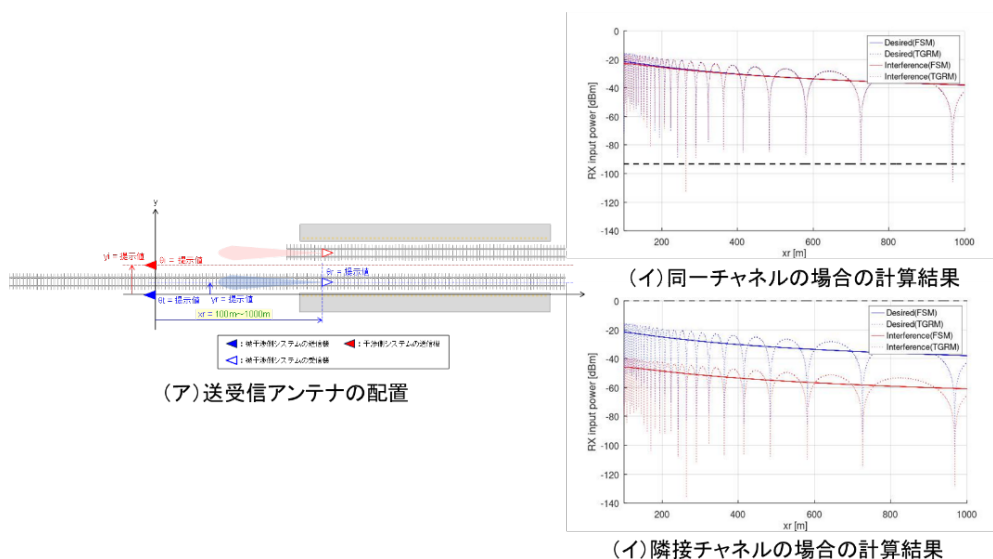


図参 1-13 与干渉側システムの送信アンテナ位置を線路方向に移動

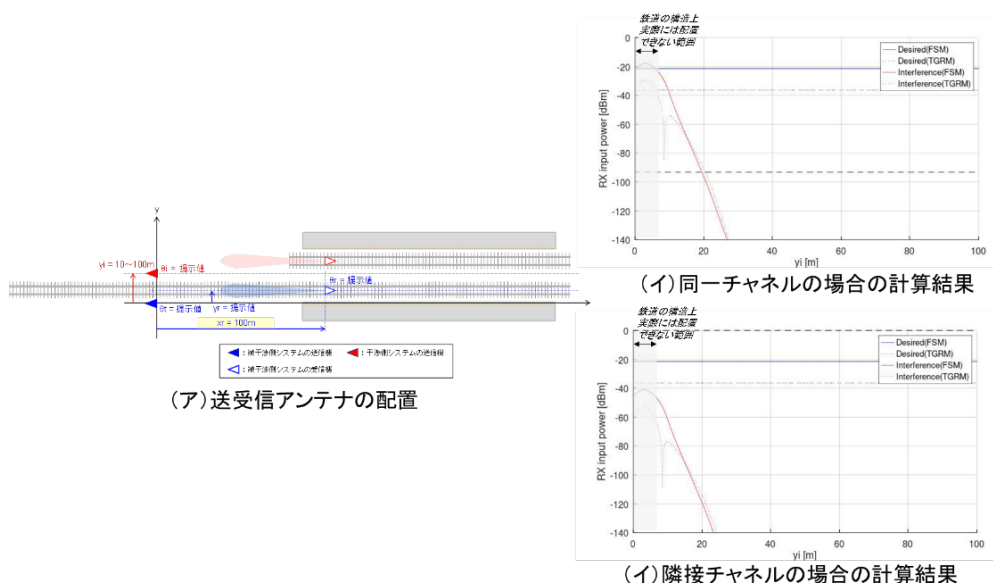


図参 1-14 与干渉側システムの送信アンテナ位置を線路横断方向に移動

⑤列車無線システム基地局→列車無線システム移動局の場合



図参 1-15 被干渉側システムの受信アンテナ位置を線路方向に移動



図参 1-16 被干渉側システムの受信アンテナ位置を線路方向に移動

1. 1. 2 電波伝搬シミュレーションによる検討

1.1.1 項で検討した簡略化モデルによる干渉計算結果のうち、最悪条件下での計算結果に対する妥当性の確認や実地調査との比較検証のため、レイトレーシング法によるシミュレーションモデルを使った検討を行った。

なお、本シミュレーションでは、構造計画研究所が所有する電波伝搬シミュレータである Wireless Insite により、与干渉側送信アンテナ／被干渉側送信アンテナ／被干渉側アンテナの位置のうちいずれか一つのパラメータを変化させ、被干渉側受信アンテナ出力端における所要波および干渉波の受信電力[dBm]を算出している。伝搬パスの探索

条件は、反射は5回、回折は1回を上限とした。

(1) シミュレーション条件

電波伝搬シミュレーションを実施するにあたっては、簡略化モデルによる計算と実地調査等の実施状況を踏まえ、以下の3つのケースに絞って検討を行った。

表参 1-5 シミュレーション条件

ケース	被干渉側		与干渉側		想定する電波伝搬環境	変化させるパラメータ
	システム	送受信周波数	システム	送信周波数		
A	画像伝送 地上→車上	43.6GHz	画像伝送 地上局	43.6GHz	異なる会社線のホームが並ぶ 仮想駅をモデル化	被干渉側車上 アンテナの位置
B	列車無線 車上→地上	(実測で使用 した ch)	列車無線 車上局	(実測で使用 した ch)	異なる会社線のホームが並ぶ 仮想駅(ケース A とは別)をモ デル化	与干渉側車上 アンテナの位置
C	画像伝送 地上→車上	(実測で使用 した ch)	なし	—	実測調査を行った実駅をモデ ル化 (実測値との比較用)	被干渉側車上 アンテナの位置

(2) シミュレーションモデルと結果

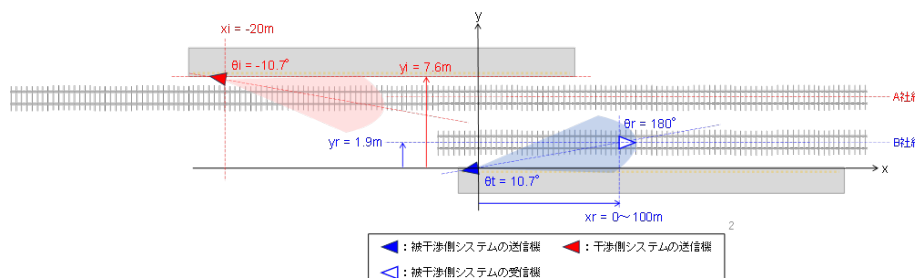
① ケース A

ケース A における送受信アンテナ等の配置は図参 1-17 のとおり。なお、図中の距離は、簡略化モデルにおける最悪条件となる。構築した3次元モデルの全体像及びシミュレーション結果は図参 1-18 のとおり。

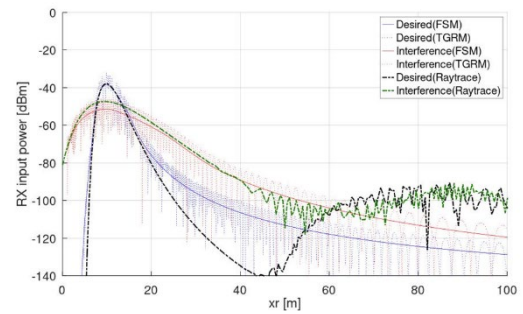
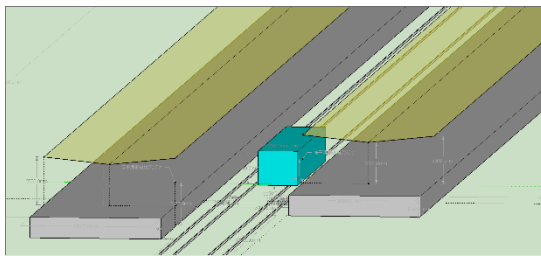
本シミュレーションでは、アンテナの位置関係だけでなく、レールと車体、ホーム・屋根による反射波の影響も考慮した計算を行っており、ホーム上の柱や標識などの設備と架線設備等の地物についてはモデル化の対象外とした。

また、各電波伝搬環境モデルにおける条件は、以下のとおり。

- 座標系：x＝レール方向、y＝線路横断方向、z＝高さ方向とし、被干渉側の基地局送受信アンテナ位置を原点とする座標系上にアンテナを配置。アンテナの指向方向はx軸上のプラス方向を0°とし、反時計回り方向をプラスとして設定
- 各アンテナ高は同一と仮定（z方向の基準はレールレベル）



図参 1-17 ケース A において想定した電波伝搬環境モデル



図参 1-18 構築したケース A の 3 次元モデル（左）とシミュレーション結果（右）

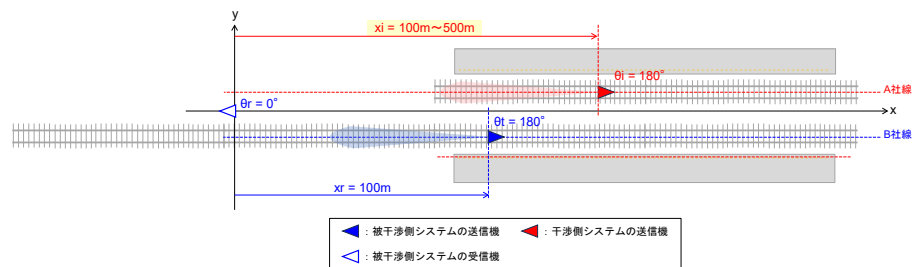
青色が被干渉側システムの送信アンテナから放射された電波、赤が与干渉側システムの送信アンテナから放射された電波の受信機入力電力[dBm]で、実線が自由空間伝搬モデル（FSM）、点線が大地面反射 2 波モデル（TGRM）である。

グラフのとおり、簡略化モデルは概ね妥当であり、共用条件の検討にあたっては TGRM による計算結果を用いることで、複数の反射波が到来して受信電力が上昇する場合も考慮した条件を算出できることが確認できた。

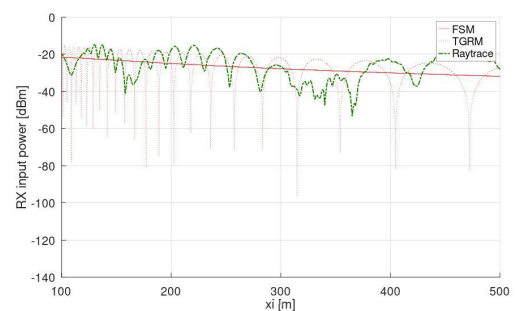
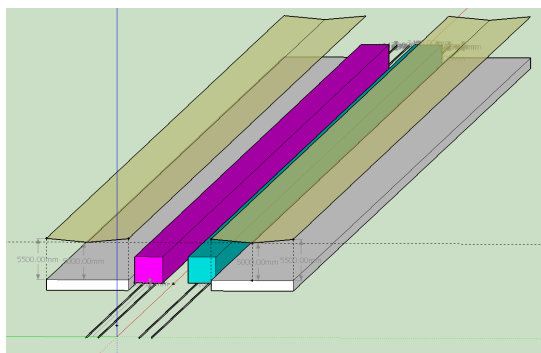
なお、ケース A のシミュレーションでは、最大反射回数は 3 回、最大回折回数は 1 回として伝搬パスの探索を行っている。

②ケース B

ケース B における送受信アンテナ等の配置は図参 1-19、構築した 3 次元モデルの全体像及びシミュレーション結果は図参 1-20 のとおり。



図参 1-19 ケース B において想定した電波伝搬環境モデル



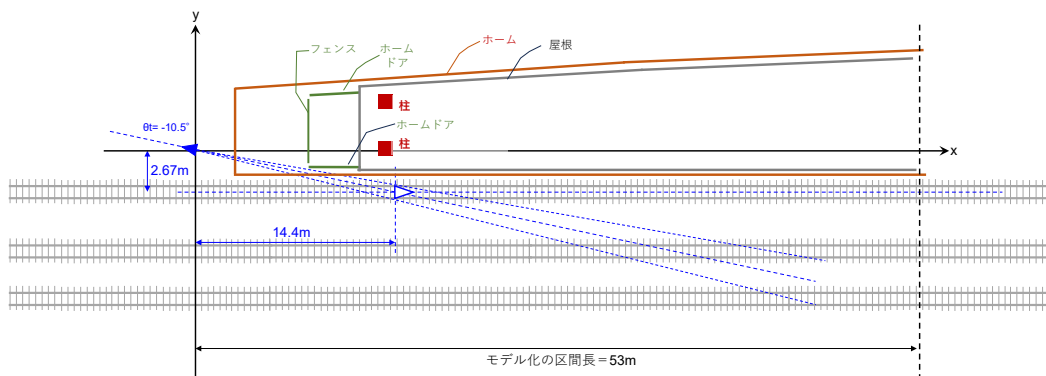
図参 1-20 構築したケース B の 3 次元モデル（左）とシミュレーション結果（右）

シミュレーション結果（緑）は、大地面やホーム端、列車側面等での反射波が複数合成されることによって周期的に変動しており、その変動周期は簡略化モデルの TGRM による計算結果とほぼ合致している。シミュレーションによる受信電力値の計算結果が簡略化モデルの計算値よりも若干高くなっているのは、大地面、車両側面、ホーム側面が全てフラットな完全反射面となっているため、全ての反射波成分があまり減衰せずに受信点に到達しているためである。実際には、車両側面やホーム側面は平面ではなく、また大地面もスラブやバラスト等が存在するため平面ではないので、直接波と同じ強度で受信点に到達する可能性のある伝搬パスは大地面での反射が主となる場合が多い。このため、反射波・回折波が 3 波以上同一強度で受信点に到達する特定の条件下でない限りは、簡略化モデルの TGRM による計算結果を共用条件の検討に用いても問題はないものと考えられる。

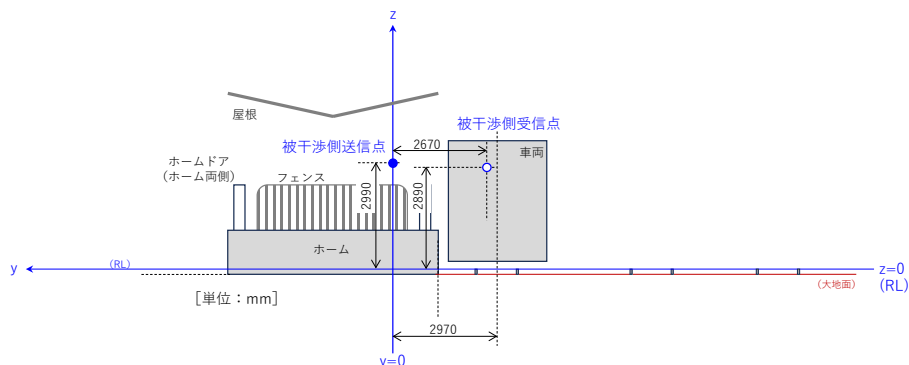
なお、ケース B のシミュレーションでは、最大反射回数は 5 回、最大回折回数は 1 回として伝搬パスの探索を行った。

③ケース C

ケース C における送受信アンテナ等の配置は図参 1-21、構築した 3 次元モデルの全体像及びシミュレーション結果は図参 1-22 のとおり。

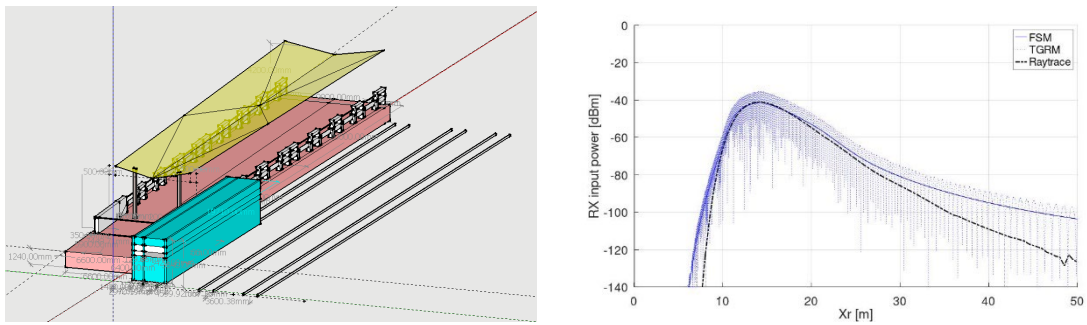


(a) 上から見た配置図



(b) x 軸の原点からプラス方向を見た断面図

図参 1-21 ケース C において想定した電波伝搬環境モデル



図参 1-22 構築したケース C の 3 次元モデル (左) とシミュレーション結果 (右)

シミュレーション結果 (黒) は、 X_r が約 10m～約 20m の範囲では簡略化モデルの FSM による計算結果とほぼ合致しており、約 10m 以下と約 20m 以上の距離においては簡略化モデルによる計算結果よりも低い値となっている。また、簡略化モデルによる計算よりもシミュレーション結果の方が測定値に近い値となっている。この結果からは、図参 1-25 に示した送受信アンテナの配置条件においては、所定の受信位置付近 (約 14.4m) 前後では反射波のパスはなく、直接波のみが受信されていることもわかる。

以上の結果から、簡略化モデルは概ね妥当であり、反射波が存在しない条件下では FSM による計算が適用できることが確認できた。ただし、TGRM による計算結果を用いることで、複数の反射波が到来して受信電力が上昇する場合も考慮した条件を算出できるため、共用条件の検討にあたっては TGRM を用いることが望ましいと考える。

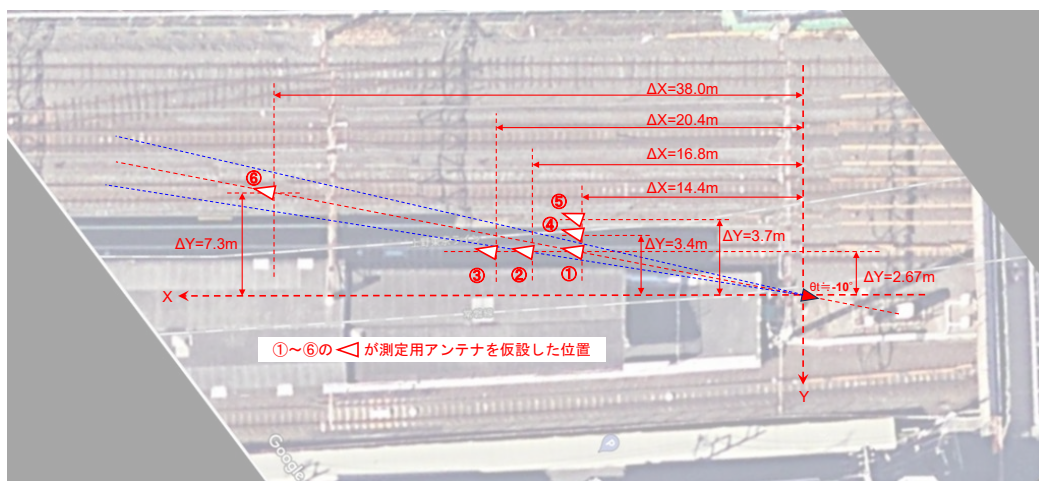
なお、ケース C のシミュレーションでは、最大反射回数は 5 回、最大回折回数は 1 回として伝搬パスの探索を行った。

1. 1. 3 実地調査

ホーム画像伝送システムと列車無線システムの実設備を用いて、送信アンテナから放射される電波の強度と周波数の分布を測定した。

(1) ホーム画像伝送システムの実地調査

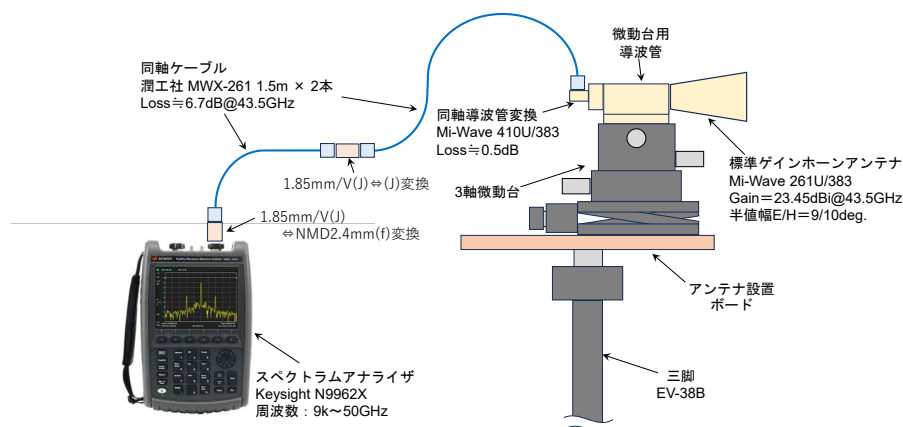
駅のホーム上に設置されている基地局を用いて実施した。測定用のアンテナは図参 1-23 中の①～⑥の位置で、測定アンテナ高はレール面から 2.9m に設定して測定を行った。



図参 1-23 ホーム画像伝送システムに関する実地調査での測定ポイント

①測定方法等

対象システムの送信機から放射された電波を標準ゲインホーンアンテナで受信してスペクトラムアナライザに入力し、受信電力と周波数スペクトラムを記録した。



図参 1-24 測定系統図

表参 1-6 スペクトラムアナライザの主な設定内容

項目	周波数スペクトラム	受信電力
中心周波数(CF)	現地で指定された周波数	同左
スパン(SP)	20 MHz	0 MHz
RBW	10 kHz	5 MHz (使用した測定器の最大幅)
検波方式	POSITIVE PEAK	同左
Trace	Max Hold	Average

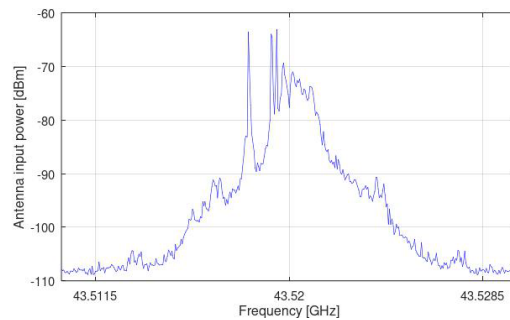
②測定結果

測定時の設定条件及び受信電力測定値は、表参 1-7 の通り。

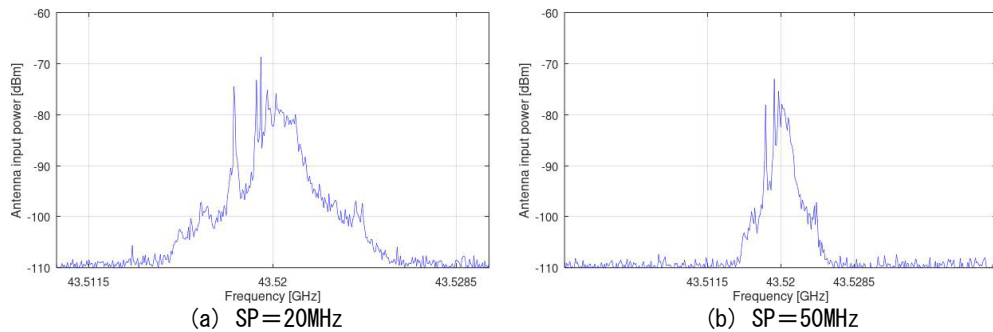
基地局から放射される電波のスペクトラムについては、測定の結果、占有帯域幅の仕様値の範囲内に収まっており、アンテナの半値角以上の角度方向では強度が低下することが確認できた。

表参 1-7 測定条件及び受信電力測定値

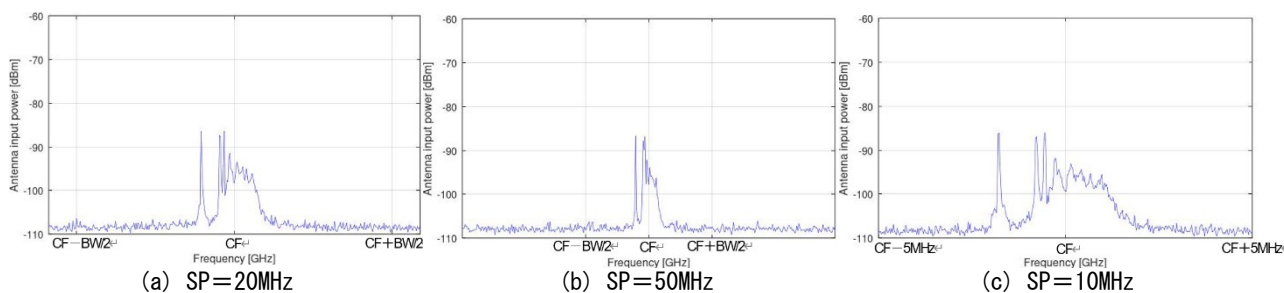
	測定ポイント					測定計の設定		受信電力測定値[dBm]
	No	ΔX [m]	ΔY [m]	θ [deg]	h [m]	SP [MHz]	RBW [kHz]	
受信位置でのレベル	①	14.4	2.7	0.0	2.9	20	10	図参 1-25 参照
						0	5000	-51.6
線路上ビーム外れ	②	16.8	2.7	3.0	2.9	20	10	図参 1-26 左図参照
						50	10	図参 1-26 右図参照
						0	5000	-58.3
	③	20.4	2.7	3.0	2.9	20	10	図参 1-27 左図参照
						50	10	図参 1-27 中央図参照
						10	10	図参 1-27 右図参照
所定の離隔距離でのビーム外れ	④	14.4	3.4	-2.8	2.9	20	10	図参 1-28 左図参照
						50	10	図参 1-28 中央図参照
						10	10	図参 1-28 右図参照
						0	5000	-67.4
	⑤	14.4	3.7	-3.9	2.9	20	10	図参 1-29 左図参照
						50	10	図参 1-29 中央図参照
						10	10	図参 1-29 右図参照
						0	5000	-68.5
隣接線への漏洩レベル	⑥	38.0	7.3	-0.4	2.9	20	10	図参 1-30 左図参照
						50	10	図参 1-30 中央図参照
						10	10	図参 1-30 右図参照
						0	5000	-58.1



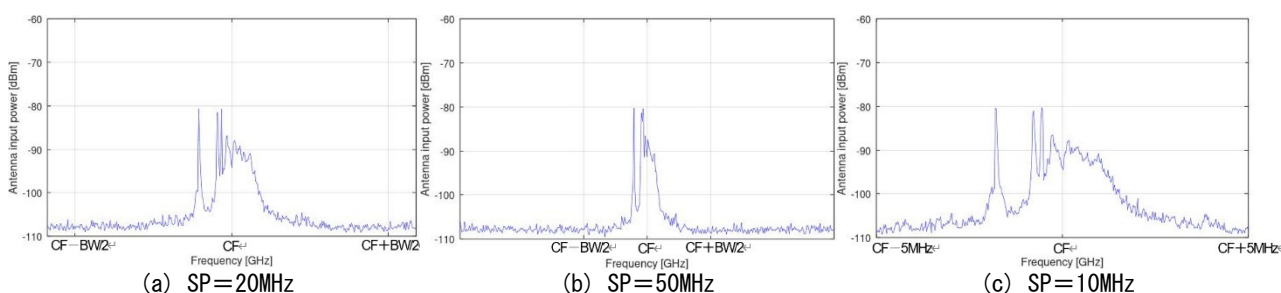
図参 1-25 測定ポイント① ($\Delta X=14.4\text{m}$ 、 $\Delta Y=2.7\text{m}$ 、 $\theta=0.0^\circ$)



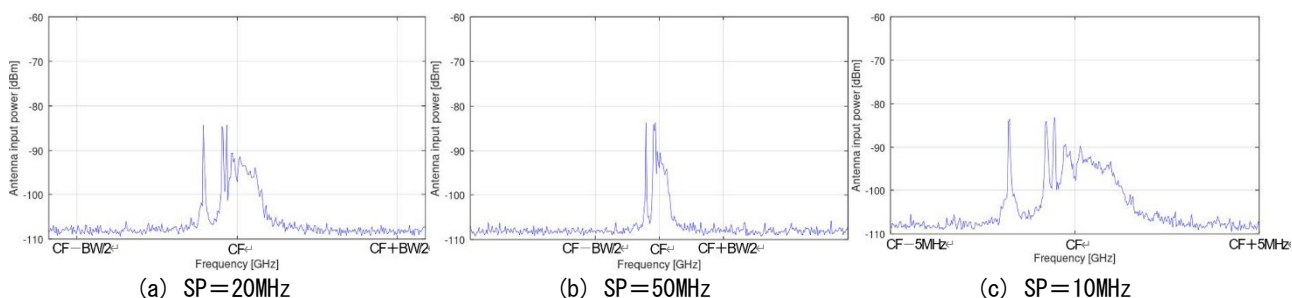
図参 1-26 測定ポイント② ($\Delta X=16.8\text{m}$ 、 $\Delta Y=2.7\text{m}$ 、 $\theta=1.5^\circ$)



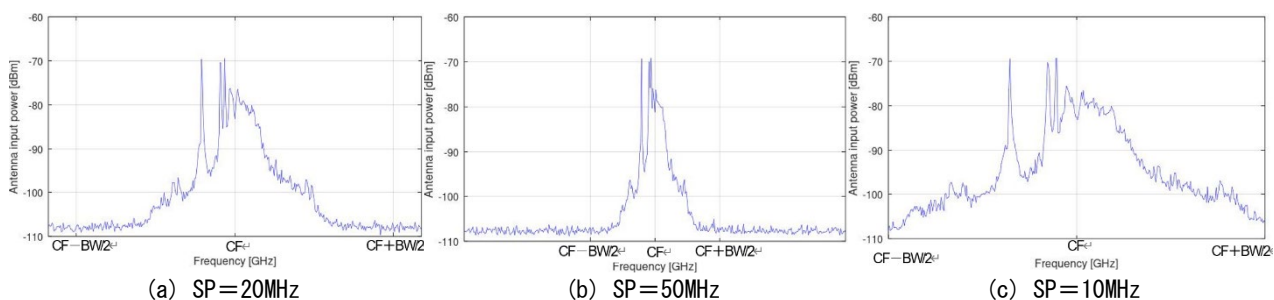
図参 1-27 測定ポイント③ ($\Delta X=20.4\text{m}$ 、 $\Delta Y=2.7\text{m}$ 、 $\theta=3.0^\circ$)



図参 1-28 測定ポイント④ ($\Delta X=14.4\text{m}$ 、 $\Delta Y=3.7\text{m}$ 、 $\theta=-3.9^\circ$)



図参 1-29 測定ポイント⑤ ($\Delta X=14.4\text{m}$ 、 $\Delta Y=4.0\text{m}$ 、 $\theta=-5.0^\circ$)



図参 1-30 測定ポイント⑥ ($\Delta X=38.0\text{m}$ 、 $\Delta Y=7.3\text{m}$ 、 $\theta=-0.4^\circ$)

表参 1-7 の受信電力測定値から、測定時の RBW の値 (5MHz) を基に各測定ポイントにおける受信電力密度を求め、さらに、占有帯域幅と受信アンテナの半値角の仕様値に基づいて受信機入力電力に換算した結果は、表参 1-8 の通り (受信アンテナの指向性パターンによる利得差も考慮)。実地調査と同一の条件を設定した簡略化モデルにおいて、

電波の伝搬損を自由空間伝搬モデル（FSM）の計算式を用いて求めた受信機入力電力を計算した結果及び測定値と計算結果との差分についても記載している。

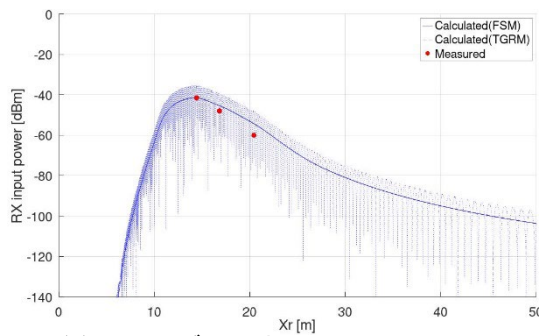
表参 1-8 受信電力密度・受信機入力電力への換算値と簡略化モデルによる計算値との比較

測定ポイント		測定条件					測定値の換算			受信機 入力への 換算	簡略 化モデ ル (FSM) 計算 値	測定 結果と 計算 値との 差[dB]
		ΔX [m]	ΔY [m]	Θ [deg]	送信 アン テナ 高[m]	受信 アン テナ 高[m]	測定値 [dBm]	受信アン テナ 入力電 力[dBm]	受信アン テナ入力 電力密度 [dBm/MH z]	受信機 入力電 力[dBm]	[dBm]	
線路上での ビーム外れ	①	14.4	2.7	0.0	2.99	2.89	-51.6	-61.1	-68.0	-41.5	-41.3	0.2
	②	16.8	2.7	1.5	2.99	2.89	-58.3	-67.8	-74.7	-48.0	-45.4	2.6
	③	20.4	2.7	3.0	2.99	2.89	-70.4	-79.9	-86.8	-60.0	-54.2	5.8
所定の離隔 距離でのビ ーム外れ	④	14.4	3.4	-2.8	2.99	2.89	-67.4	-76.9	-83.8	-57.6	-52.1	5.5
	⑤	14.4	3.7	-3.9	2.99	2.89	-68.5	-78.0	-84.9	-58.9	-60.1	-1.2
隣接線への 漏洩	⑥	38.0	7.3	-0.3	2.99	2.89	-58.1	-67.6	-74.5	-48.0	-50.2	-2.2

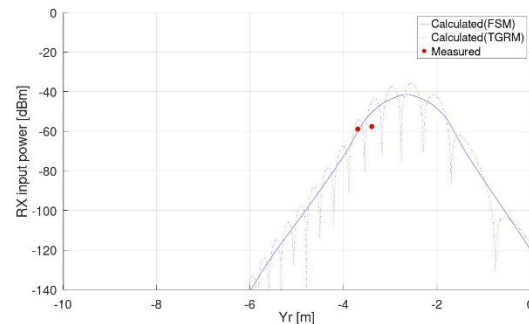
送信点に対する受信点から送信点に対する角度が大きくなるに従って受信機入力電力が低下しており、送受信アンテナ双方の半値角に関する仕様を用いて電波強度の変化を計算する方法が妥当であることを確認できた。

一方、簡略化モデルにおいて FSM の計算式によって求めた受信機入力電力は、測定ポイント①～④では実測値から求めた値よりも大きくなっていたが、測定ポイント⑤⑥では計算値よりも測定値の方が大きい結果となった。この要因としては、測定ポイント①～④では送受信アンテナの位置関係から大地面などでの反射波成分が比較的弱く直接波が支配的となるため、FSM が適用可能であるのに対し、送受信点間の距離が長くなる測定ポイント⑤⑥では反射波成分が無視できなくなり（特に測定ポイント⑥）、反射波成分を考慮した計算が必要になることが考えられる。

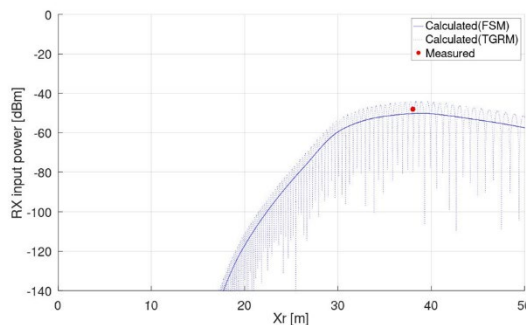
簡略化モデルによる伝搬損の計算では、FSM のほかに大地面での反射波を考慮した 2 波干渉モデル（TGRM）による計算を行っている。TGRM では送受信点の位置関係によって決定される直接波と反射波の位相差によって伝搬損が変動する。今回実施した実地調査の測定値と同一の条件を設定した簡略化モデルによる計算結果との比較は、図参 1-31 (a) ～ (c) の通り。



(a) ΔX (グラフ中の X_r) = 0~50m、
 $\Delta Y = -2.7$ m (測定ポイント①②③)



(b) $\Delta X = 14.4$ m、 ΔY (グラフ中の Y_r) = -10~0m
(測定ポイント④⑤)



(c) ΔX (グラフ中の X_r) = 30~40m、
 $\Delta Y = -7.3$ m (測定ポイント⑥)

図参 1-31 簡略化モデルによる計算結果と測定値の比較

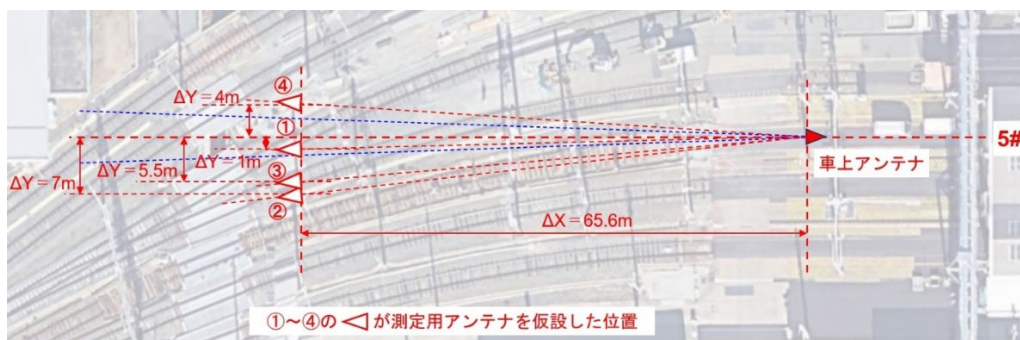
図参 1-31 では、測定値から換算した受信機入力電力を赤でプロットしたが、測定値は概ね計算結果に沿っており、簡略化モデル自体については妥当と考えられる。

しかし、FSM の結果をそのまま共用条件の検討に使ってしまうと、実場面で反射波が無視できない条件下では干渉が生じてしまう可能性があることがわかった。すなわち、共用条件の検討においては、反射波による影響を考慮するため、FSM による計算結果に対し、直接波と反射波が同一強度で位相差がない条件で受信点に到達した場合に生じる電波強度の強め合いによる強度の増分を補正する必要があると考えられる。

(2) 列車無線システムの実地調査

(a) 移動局から送出される電波の測定場所

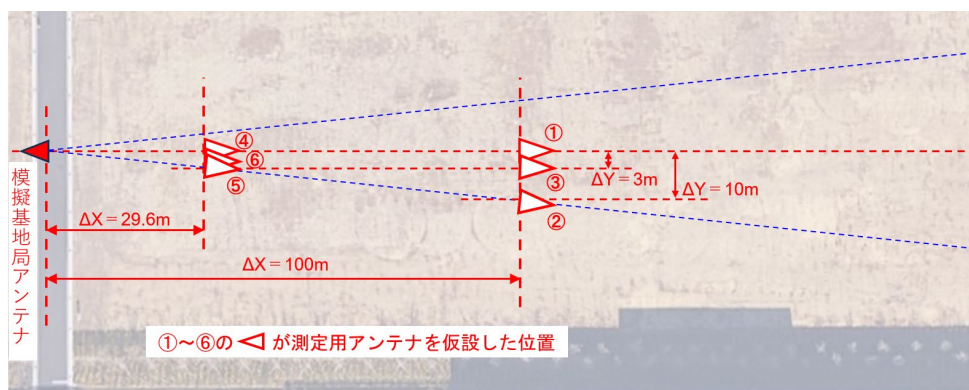
移動局が搭載された車両を線路上（先頭車を庫から外へ約 21m 程度出した位置）に留置して実施した。測定用のアンテナは図参 1-32 中の①~④の位置で、測定アンテナ高はレール面から 1.5m に設定して測定を行った。



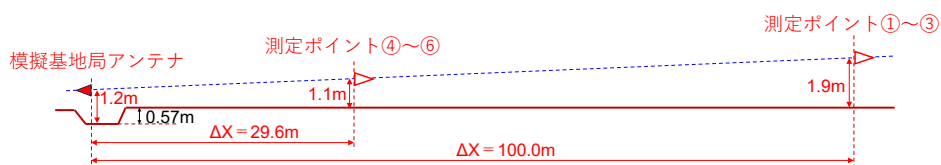
図参 1-32 列車無線システムの移動局から送出される電波の測定ポイント

(b) 基地局から送出される電波の測定場所

模擬基地局を道路上に設置して実施した。測定用のアンテナは図参 1-33 中の①～⑥の位置で、測定アンテナ高は模擬基地局のアンテナのビーム内に入るように道路面から 1.2m に設定して測定を行った。



(a) 測定ポイント

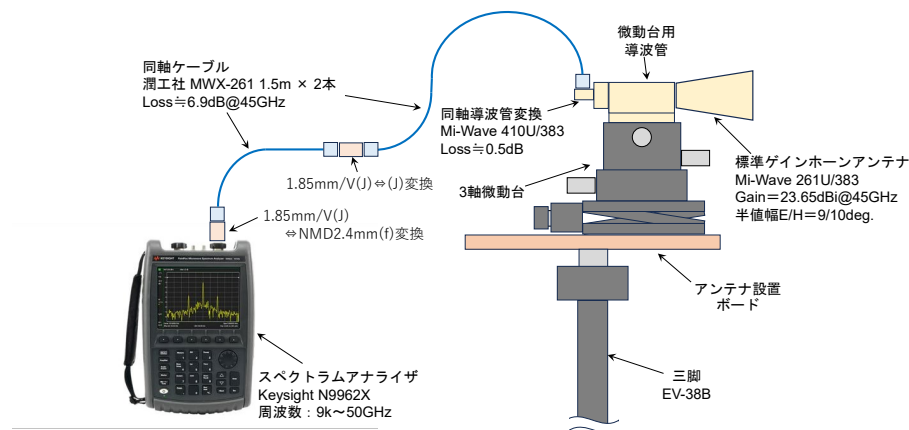


(b) 模擬基地局のアンテナ及び測定アンテナの高さ

図参 1-33 列車無線システムの模擬基地局から送出される電波の測定ポイント

①測定方法等

測定方法及び測定項目は、ホーム画像伝送システムと同じ。なお、標準ホーンアンテナの利得と同軸ケーブルの損失のみ、測定対象周波数域の値を記載している。



図参 1-34 測定系統図

表参 1-9 スペクトラムアナライザの主な設定内容

項目	周波数スペクトラム	受信電力
中心周波数(CF)	現地で指定された周波数	同左
スパン(SP)	200MHz	0 MHz
RBW	100kHz	5 MHz (使用した測定器の最大幅)
検波方式	POSITIVE PEAK	同左
Trace	Max Hold	Average

②測定結果

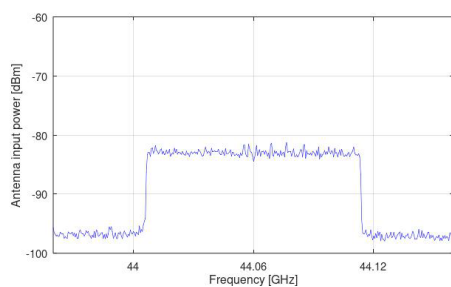
実際に測定を実施した際に設定した条件の一覧を表参 1-10 に示す。

移動局、模擬基地局ともに放射される電波のスペクトラムが占有帯域幅の仕様値の範囲内に収まっており、アンテナの半値角以上の角度方向では強度が低下することを確認できた。

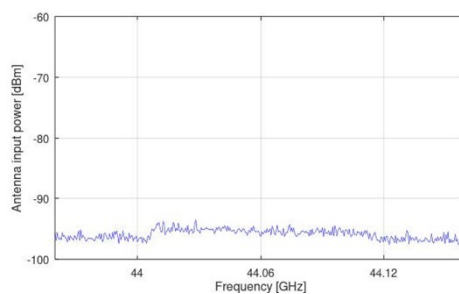
表参 1-10 測定条件及び受信電力測定値

	測定ポイント					測定計の設定		受信電力測定値 [dBm]
	No	Δ X [m]	Δ Y [m]	Θ [deg]	h [m]	SP [MHz]	RBW [kHz]	
移動局から送信された電波のスペクトラムの確認及びビーム外での電波強度の確認	①	65.6	1.0	0.9	1.5	200	100	図参 1-35 参照
						0	5000	-62.2
	②	65.6	7.0	6.0	1.5	200	100	図参 1-36 参照
						0	5000	-74.8
	③	65.6	5.5	4.8	1.5	200	100	図参 1-37 参照
						0	5000	-72.7
	④	65.6	4.0	3.5	1.5	200	100	図参 1-38 参照
						0	5000	-71.8
基地局から送信された電波のスペクトラムの確認及びビーム外での電波強度の確認	①	100.0	0.0	0.0	1.9	200	100	図参 1-39 左図参照
						500	100	図参 1-39 右図参照
						0	5000	-59.2
	②	100.0	10.0	5.7	1.9	200	100	図参 1-40 左図参照
						500	100	図参 1-40 右図参照
						0	5000	-72.4
	③	100.0	3.0	1.7	1.9	200	100	図参 1-41 左図参照
						500	100	図参 1-41 右図参照
						0	5000	-64.2

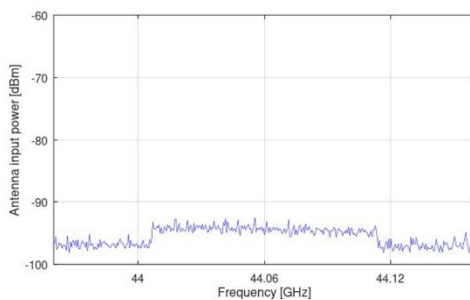
	④	29.6	0.0	0.0	1.1	200	100	図参 1-42 左図参照
						500	100	図参 1-42 右図参照
						0	5000	-46.3
	⑤	29.6	3.0	5.8	1.1	200	100	図参 1-43 左図参照
						500	100	図参 1-43 右図参照
						0	5000	-63.6
	⑥	29.6	1.0	1.9	1.1	200	100	図参 1-44 左図参照
						500	100	図参 1-44 右図参照
						0	5000	-49.5



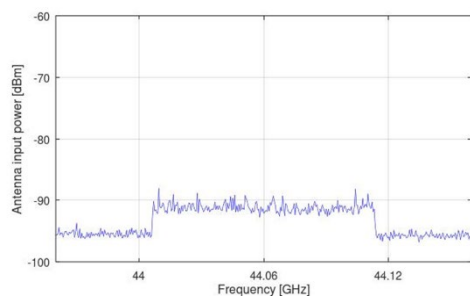
図参 1-35 移動局送信時：測定ポイント①（ $\Delta X=65.6\text{m}$ 、 $\theta=0.9^\circ$ ）



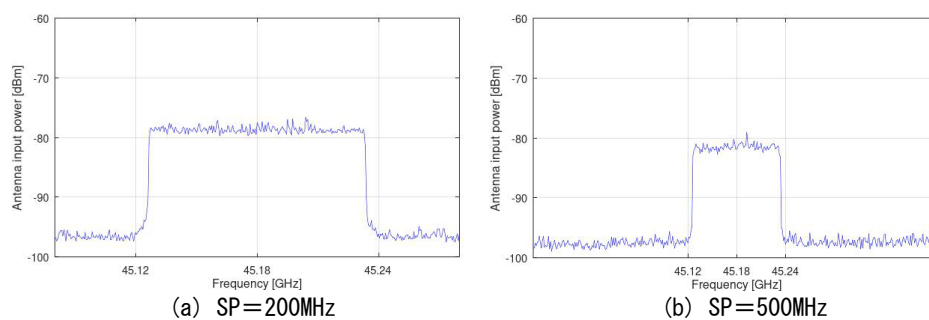
図参 1-36 移動局送信時：測定ポイント②（ $\Delta X=65.6\text{m}$ 、 $\theta=6.0^\circ$ ）



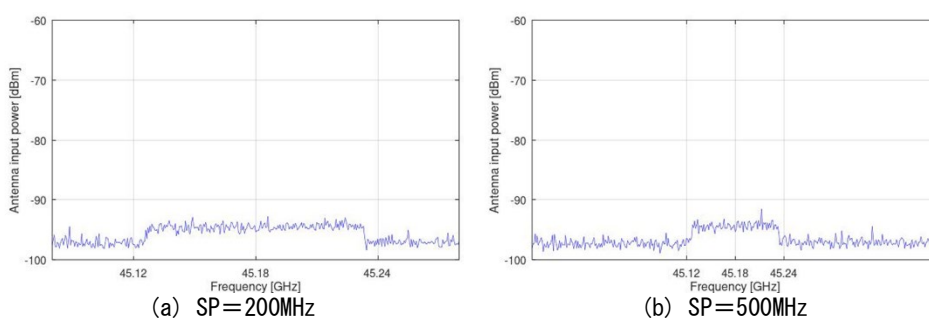
図参 1-37 移動局送信時：測定ポイント③（ $\Delta X=65.6\text{m}$ 、 $\theta=4.8^\circ$ ）



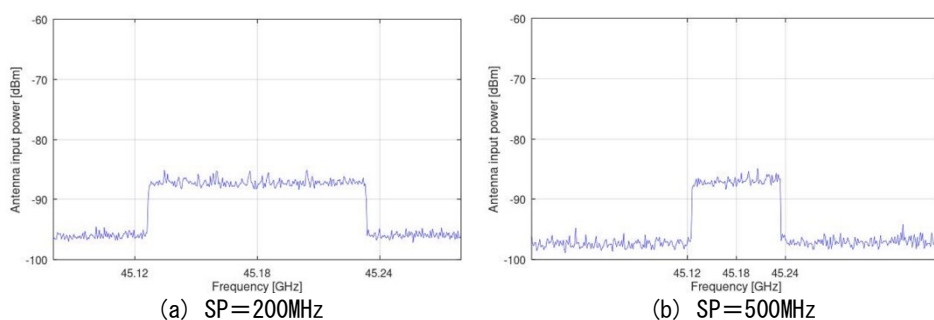
図参 1-38 移動局送信時：測定ポイント④（ $\Delta X=65.6\text{m}$ 、 $\theta=3.5^\circ$ ）



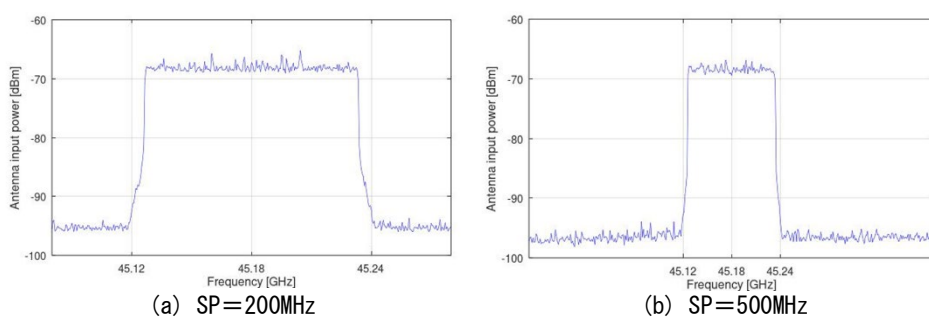
図参 1-39 模擬基地局送信時：測定ポイント① ($\Delta X=100.0\text{m}$ 、 $\theta=0.0^\circ$)



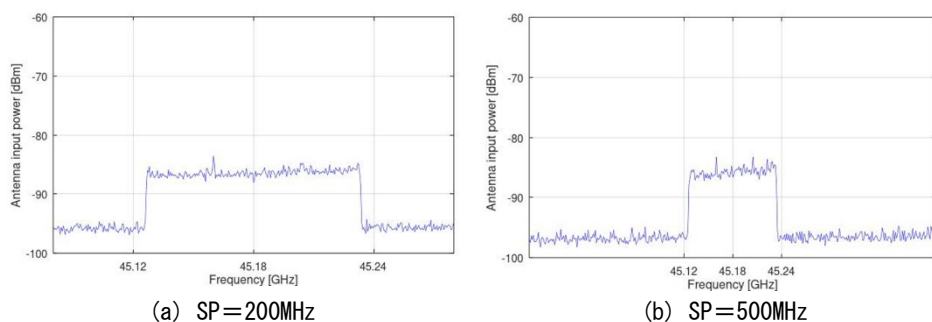
図参 1-40 模擬基地局送信時：測定ポイント② ($\Delta X=100.0$ 、 $\theta=5.7^\circ$)



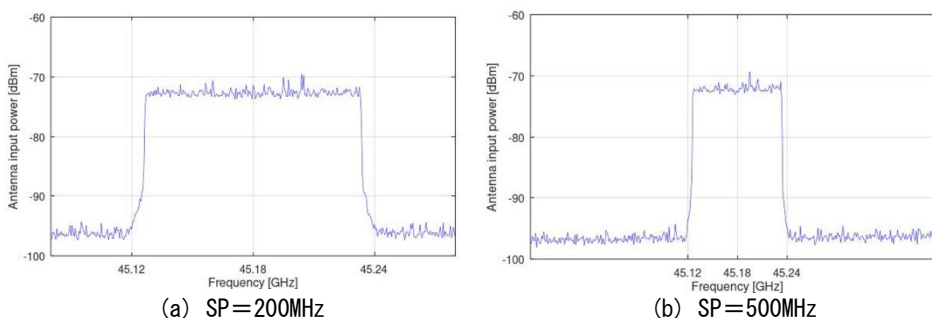
図参 1-41 模擬基地局送信時：測定ポイント③ ($\Delta X=100.0\text{m}$ 、 $\theta=1.7^\circ$)



図参 1-42 模擬基地局送信時：測定ポイント④ ($\Delta X=29.6\text{m}$ 、 $\theta=0.0^\circ$)



図参 1-43 模擬基地局送信時：測定ポイント⑤ ($\Delta X=29.6\text{m}$ 、 $\theta=5.8^\circ$)



図参 1-44 模擬基地局送信時：測定ポイント⑥ ($\Delta X=29.6\text{m}$ 、 $\theta=1.9^\circ$)

表参 1-10 の受信電力測定値から、測定時の RBW の値 (5MHz) を基に各測定ポイントにおける受信電力密度を求め、さらに、受信アンテナと受信帯域幅の仕様値に基づいて受信機入力電力に換算した結果は、表参 1-11 の通り (受信アンテナの指向性パターンによる利得差も考慮)。実地調査と同一の条件を設定した簡略化モデルにおいて、電波の伝搬損を自由空間伝搬モデル (FSM) の計算式を用いて求めた受信機入力電力を計算した結果及び測定値と計算結果との差分についても記載している。

なお、移動局送信時の測定ポイント②及び③は、完全に送信アンテナの指向方向外となっており、周囲の地物による反射波などが計測された可能性が高いことから、受信電力密度値の算出までとし、受信機入力への換算と計算値との比較は行わないこととした。

表参 1-11 受信電力密度・受信機入力電力への換算値と簡略化モデルによる計算値との比較

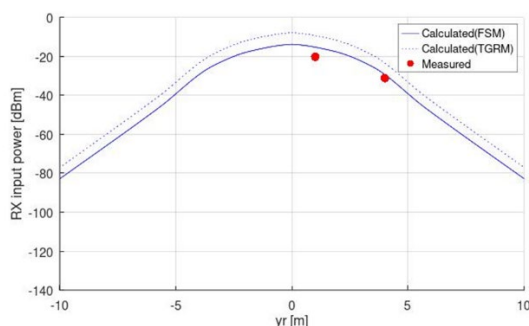
測定ポイント						測定値の換算			受信機 入力への換算	簡略 化モ デル	測定 結果と 計算
		ΔX [m]	ΔY [m]	Θ [deg]	受信アン テナ 高[m]	測定値 [dBm]	受信アン テナ 入力電 力[dBm]	受信アン テナ 入力電 力密度 [dBm/MHz]	受信機 入力電 力[dBm]	(FSM) 計算 値 [dBm]	値との 差[dB]
移動局送信	①	65.6	1.0	0.9	1.5	-62.2	-70.9	-77.8	-20.3	-15.3	5.0
	②	65.6	7.0	6.0	1.5	-74.8	-83.5	-90.4			
	③	65.6	5.5	4.8	1.5	-72.7	-81.4	-88.3			
	④	65.6	4.0	3.5	1.5	-71.8	-80.5	-87.4	-31.2	-29.4	1.8
基地局送信	①	100	0.0	0.0	1.9	-59.2	-67.9	-74.8	-21.0	-17.7	3.3
	②	100	10.0	5.7	1.9	-72.4	-81.1	-88.0	-70.9	-57.5	13.4

③	100	3.0	1.7	1.9	-64.2	-72.9	-79.8	-29.4	-21.8	7.6
④	100	0.0	0.0	1.1	-46.3	-55.0	-61.9	-8.1	-7.2	0.9
⑤	100	3.0	5.8	1.1	-63.6	-72.3	-79.2	-62.8	-47.7	15.1
⑥	100	1.0	1.9	1.1	-49.5	-58.2	-65.1	-15.5	-12.1	3.4

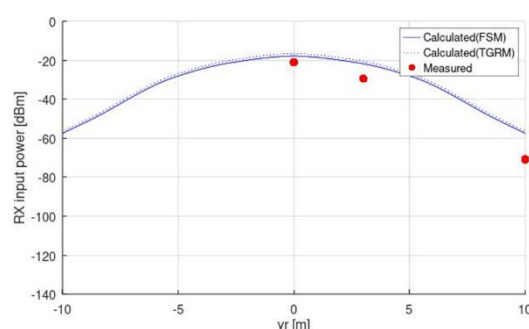
送信点に対する受信点から送信点に対する角度が大きくなるに従って受信機入力電力が低下しており、送受信アンテナ双方の半値角に関する仕様を用いて電波強度を推計できることが確認できた。

また、簡略化モデルのFSMによって求めた受信機入力電力は、実測値から求めた値よりも大きくなっていることが確認できており、ホーム画像伝送システムの実地調査地点とは異なり、反射波など直接波以外の成分の強度が弱く、概ね自由空間伝搬モデルで模擬できる環境であったことが推測される。

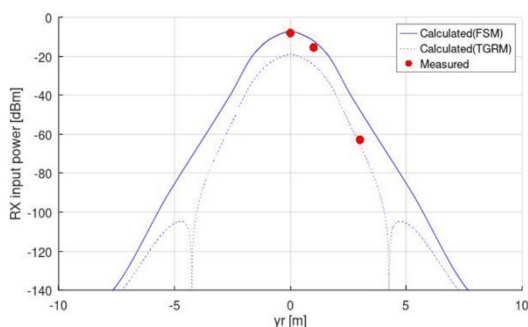
なお、今回実施した実地調査での測定値と同一の条件を設定した簡略化モデルによる計算結果との比較は、図参 1-45 (a) ~ (c) の通り。



(a) 移動局送信： $\Delta X=65.6\text{m}$ 、 $\Delta Y=-10\text{m}\sim 10\text{m}$



(b) 基地局送信： $\Delta X=100.0\text{m}$ 、 ΔY (グラフ中の Yr) $=-10\text{m}\sim 10\text{m}$



(c) 基地局送信： $\Delta X=29.6\text{m}$ 、 ΔY (グラフ中の Yr) $=-10\text{m}\sim 10\text{m}$

図参 1-45 簡略化モデルによる計算結果と測定値の比較

(3) 実地調査まとめ

実地調査では、干渉計算に用いている簡略化モデルの妥当性を確認するため、干渉検討モデルホーム画像伝送システムの実機を用いて放射される電波の周波数スペクトラムと、受信位置と受信電力の関係を把握した。その結果、以下の結論を得た。

- 実機から放射される電波の周波数スペクトルは仕様値の範囲内にあり、仕様値に基づく計算は妥当である。また、送信点に対する受信点から送信点に対する角度が大

きくなるに従って受信機入力電力が低下しており、送受信アンテナ双方の半値角に関する仕様に基づく計算も妥当である。

- 干渉計算に用いている簡略化モデルは概ね妥当ではあるが、伝搬損の計算に用いている自由空間伝搬モデル（FSM）のみでは実際の使用場面で生じうる事象を考慮できない可能性があることがわかった。すなわち、反射波による影響を考慮するため、2波干渉モデルの計算結果に基づき、FSMの計算値に6dBを加えた値を共用条件の計算に用いる必要があることがわかった。

1. 1. 4 鉄道用無線通信システム間の共用検討結果まとめ

簡略化モデルによる干渉計算、電波伝搬シミュレーション及び実地調査の結果から算出した、周波数が同一又は隣接する場合に与干渉システムと被干渉システムが共用可能となる所要改善量は、表参 1-12 の通り。

なお、送受信アンテナの指向性が鋭く、かつ大地面などで反射した電波の強度が弱い条件下では、直接波成分が支配的となるため、自由空間伝搬モデル（FSM）によって計算した値で共用条件を算出可能であるが、反射波が減衰せずに受信点へ到達する条件下では、直接波と反射波の位相差によって受信レベルが変動し、位相差がゼロの場合は相互に強め合うことになる。シミュレーション（特にケース B）と実地調査の結果からは、今回検討対象としたホーム画像伝送システム、列車無線システムの双方において反射波強度が減衰せずに受信アンテナに到達する可能性が否定できないことが示唆されており、反射波を考慮した共用条件の設定が必要と考えられる。

同一強度・位相差ゼロの2波が受信点において合成された場合、受信波の振幅は直接波のみの場合に対して2倍（電力比で4倍）となり、大地面反射2波干渉モデル

（TGRM）の場合の最大強度となる。そこで、共用条件案の根拠となる所要改善量を求めるにあたっては、簡略化モデルのFSMによる干渉波強度の計算結果に対して6dB（＝TGRMの計算値とFSMの計算値との差の最大値）を加えた値を用いることとしている。

表参 1-12 周波数が同一又は隣接する場合の各システムの組み合わせにおける所要改善量

与干渉システム(送信)		被干渉システム(受信)		番号	周波数配置	所要改善量
ホーム画像伝送システム 【基地局(送信機)】	ホーム画像伝送システム 【受信機】			①	同一 ch	36.7 dB
				①	隣接 ch	-15.3 dB
	列車無線システム 【基地局(受信機)】			②	同一 ch	73.5 dB
				②	隣接 ch	0.8 dB
列車無線システム	【移動局(送信機)】	ホーム画像伝送システム 【受信機】		③	同一 ch	31.6 dB
				③	隣接 ch	-13.4 dB
		列車無線システム	【基地局(受信機)】	④	同一 ch	77.3 dB
			【移動局(受信機)】	⑤	隣接 ch	52.0 dB
	【基地局(送信機)】	列車無線システム	【移動局(受信機)】	⑦	同一 ch	76.1 dB
			【基地局(受信機)】	⑥	隣接 ch	113.1 dB

注1 番号は、表参 1-2 の共用検討の組合せの番号を記載したもの

注2 網掛けは、所要改善量がマイナスのもの

鉄道用無線通信システム間においては、所要改善量が残る組合せや設置機器が共用検討に用いたモデルを超えるような干渉を与える場合であっても共用可能となる可能性があるが、これらの場合において共用可能とするためには、適切な対策を施す必要がある。

これらのシステムが実際に設置される環境等において、所要改善量を 0dB 以下とするための対策としては、以下のような方法が考えられる。

- (1) 与干渉システムのアンテナと被干渉システムのアンテナとの距離を離す（送受信アンテナのビームが重ならない位置関係にする）
- (2) 与干渉システムのアンテナと被干渉システムのアンテナとの間に遮蔽物・電波吸収体などを設置する
- (3) 与干渉システムのアンテナの指向方向を調整もしくは半値幅を狭くする
- (4) 与干渉システムが使用する周波数と被干渉システムが使用する周波数を離す
- (5) 与干渉システムが送信する時間と被干渉システムが送信する時間をずらす

周波数の有効利用の観点からは、まず(1)～(3)の対策による共存方法を検討し、(1)～(3)では所要改善量を 0dB にできない場合に、(4)の周波数軸上で離隔をとる対策を検討することが望ましいと考えられる。なお、(1)については、送受信アンテナのビームが重なる状態では単純に距離を離すだけでは減衰量が少ないため、ビームが重ならない位置関係となるように与干渉側と被干渉側のアンテナの放射方向と直角方向の離隔をとることが主となる。

(5)の時間軸上で離隔をとる対策については、例えば、列車在線時のみ電波を放射するなどの仕組みが考えられるが、ホーム画像伝送システム、列車無線システムともにその使用環境や使用形態を考慮すると、異なる事業者間で放射する時間をずらすことは極めて困難と考えられ、自社内で共用する際の対策としてのみ有効と考えられる。

本検討においては、鉄道の構造上の制約を考慮し、設置が可能と考えられる範囲のうち最も干渉波強度が強くなると考えられるアンテナ位置を想定した計算としており、所要改善量がマイナスとなっている組合せは無条件で共用可能と考えられる。

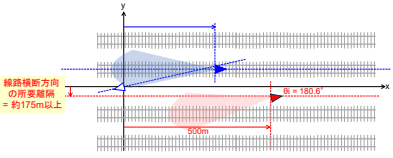
また、所要改善量が残る組み合わせについても、本システムが鉄道事業者により開設され、駅又は線路上でのみ使用されるものであることや、鉄道事業者間では列車の運行等においても事業者間調整が緊密に行われており、本システムの導入においても事業者間の調整が容易であると考えられることなどを考慮すれば、設置に際して適切な対策を施すことは十分可能であり、それにより共用が可能になると考えられる。

表参 1-12 において所要改善量がプラスとなっている組合せについて、図参 1-5～図参 1-16 の検討結果から、共用可能とするための所要離隔距離を試算した結果は、以下の通り。

表参 1-13 所要改善量を 0dB 以下とするために必要な所要離隔距離の例

▲:被干渉システムの送信アンテナ ▲:与干渉システムの送信アンテナ ※アンテナ高については、与干渉・被干渉とも同一として計算
▽:被干渉システムの受信アンテナ

与干渉システム (送信)	被干渉システム (受信)	番号	周波数 配置	送受信アンテナの配置	所要離隔距離の例
ホーム 画像伝送 システム 【基地局】	ホーム 画像伝送 システム 【受信機】	①	同一		線路横断方向の離隔が約 12m 以上
	列車無線 システム 【基地局】	②	同一		・線路方向の離隔が約 125m 以上 又は ・線路横断方向の離隔が 7m 以上
		②	隣接		線路横断方向の離隔が約 4m 以上
列車無線 システム 【移動局】	画像伝送 システム 【受信機】	③	同一		線路横断方向の離隔が約 23m 以上
	列車無線 システム 【基地局】	④	同一		線路横断方向の離隔が約 18m 以上
		④	隣接		線路横断方向の離隔が約 7m 以上
	列車無線 システム 【移動局】	⑤	隣接		線路横断方向の離隔が約 20m 以上
列車無線 システム 【基地局】	列車無線 システム 【移動局】	⑦	同一		線路横断方向の離隔が約 18m 以上
		⑦	隣接		線路横断方向の離隔が約 7m 以上

	列車無線システム【基地局】	⑥	隣接	 ・線路方向の離隔が 100m のとき、線路横断方向の離隔が約 39m 以上 ・線路方向の離隔が 500m のとき、線路横断方向の離隔が約 175m 以上
--	---------------	---	----	--

なお、表参 1-13 に示した所要離隔距離の値は、図参 1-5～図参 1-16 のとおり、干渉計算において用いたアンテナの性能に基づいており、かつ高さ方向は与干渉システム・被干渉システムとも同一であると仮定して求められた値であることから、高さ方向で離隔がとれる場合やアンテナの指向方向、半値角が異なる場合等においては、表に示した値よりも短い離隔距離で共存できる可能性がある。例えば、本検討では、事業者等から提示されたアンテナの半値角等の仕様に基づいて干渉検討を行ったが、この場合においては、半値角より 1° 外側では指向方向の利得に対して -10dB の減衰、 2° 外側では -20dB の減衰となっており、指向方向又は半値角の調整によって表で示した離隔距離よりも短い距離で配置できる可能性がある。

また、駅構内や線路内は鉄道事業者が管理する場所になるため、電波吸収体や遮蔽板等を設置し、これらを利用して所要改善量を確保する方法も有効である。このように、設置においては、いくつかの対策を組み合わせることも想定されるため、表参 1-13 で示した離隔距離は、実際にとりうる配置条件の全てのパターンに対して必須となる距離を示すものではないことに留意する必要がある。

なお、空間上の離隔やアンテナの利得・放射パターン、遮蔽対策等によっても、与干渉システムと被干渉システム間での所要改善量をゼロにできない場合においては、周波数軸上で離隔をとることになるが、ホーム画像伝送システム同士・列車無線システム同士については、隣接チャネル以上の周波数離隔をとることで共用可能になると考えられる。

また、ホーム画像伝送システムと列車無線システムとの間においては、それぞれの占有帯域幅の半分を加えた周波数幅以上の周波数離隔をとることで共用可能になると考えられる。

参考資料2 鉄道用無線通信システムと電波天文業務との共用検討

本共用検討では、42.5～43.5GHz 帯を使用する電波天文の受信設備（野辺山、水沢、入来の3設備）に対し、「ホーム画像伝送システム（基地局）」、「列車無線システム（移動局）」「列車無線システム（基地局）」を与干渉側として、それぞれ最も近い駅（列車無線システムについては、近傍の線路上も検討）に設置し送信する場合を想定した検討を行った。なお、小笠原と石垣については、島内に鉄道がなく、最寄りの駅又は線路からの距離が数百kmと離れているため、検討を省略している。

2. 1 検討対象とした電波天文の所在地等

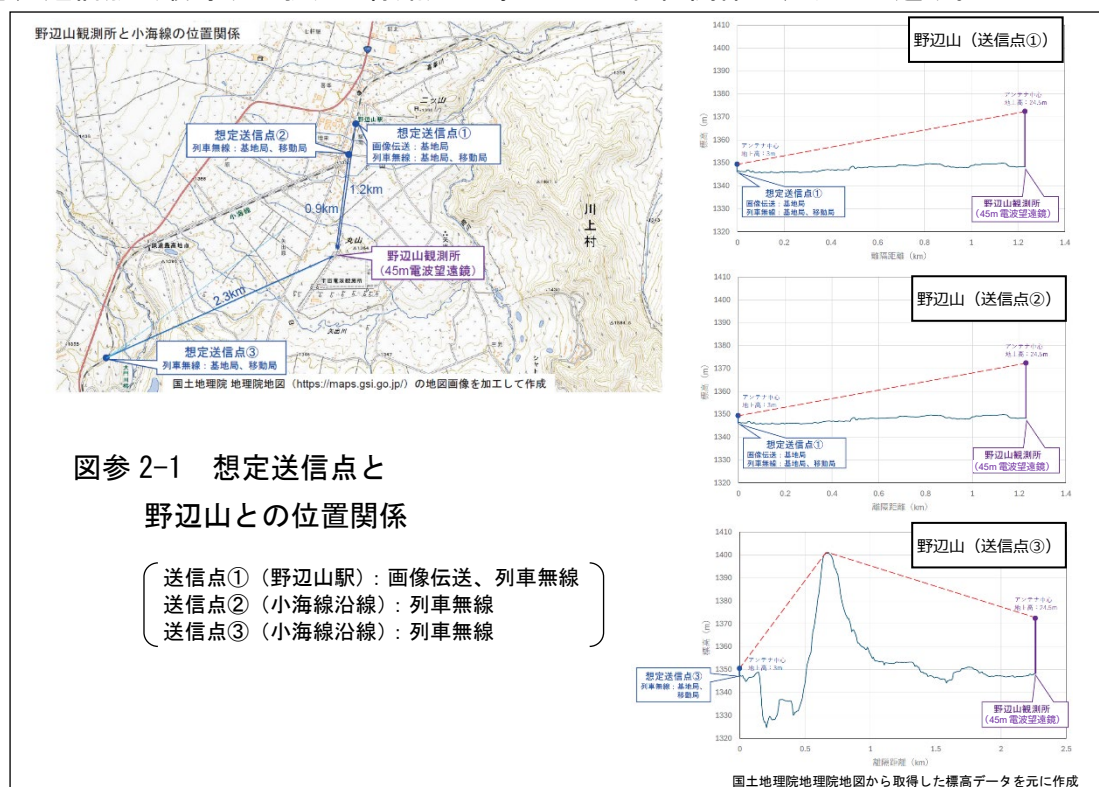
名称(通称)	都道府県	アンテナ径	海拔高	アンテナ中心の地上高	アンテナ頂点地上高	最寄駅等
野辺山	長野県	45m	1349m	24.5m	47m	野辺山駅 (JR 小海線)
水沢	岩手県	10m	64m	7m	13m	水沢駅 (JR 東北本線)
		20m		12m	24m	
入来	鹿児島県	20m	529m	12m	24m	川内駅 (JR 鹿児島本線・九州新幹線)
小笠原	東京都	20m	230m	12m	24m	検討省略※
石垣島	沖縄県	20m	23m	12m	24m	検討省略※

※最寄駅及び線路からの距離が数百 km と離れているため、検討を省略

2. 2 鉄道用無線通信システムの想定送信点と電波天文の受信設備との位置関係等

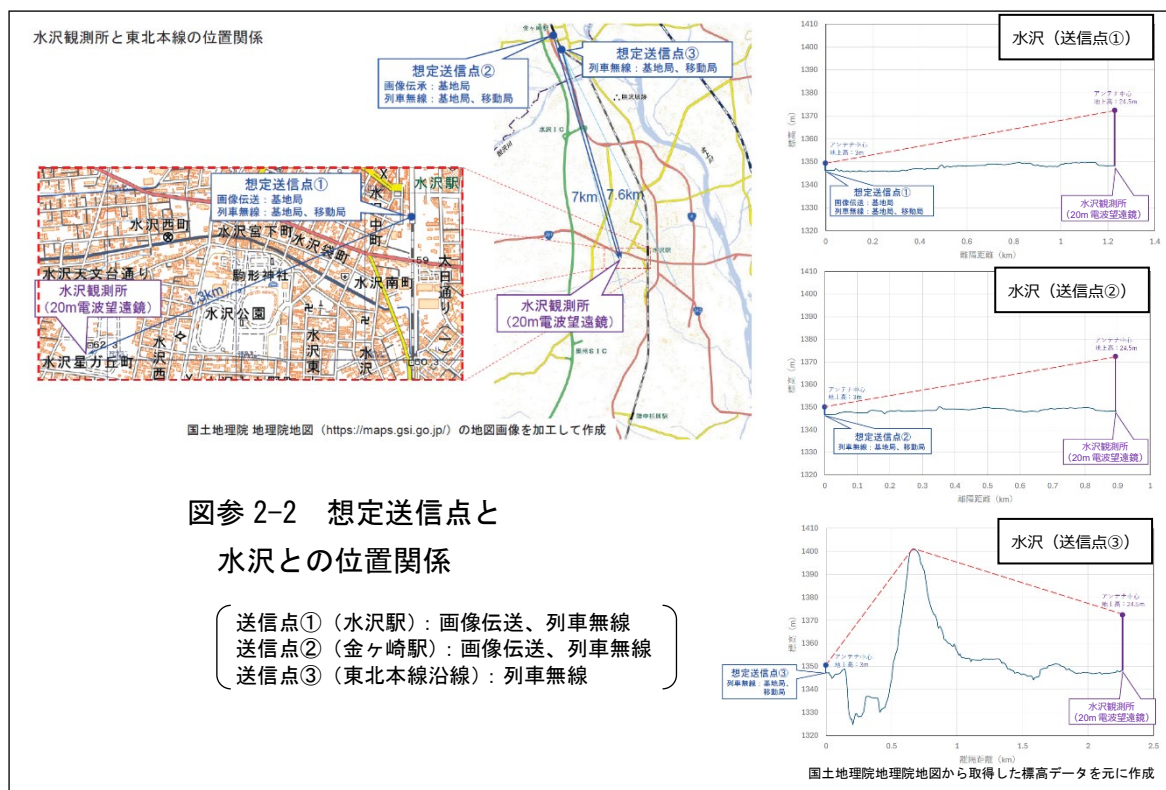
2. 2. 1 野辺山周辺

想定送信点（最寄りの駅及び線路）と野辺山との位置関係は、以下の通り。



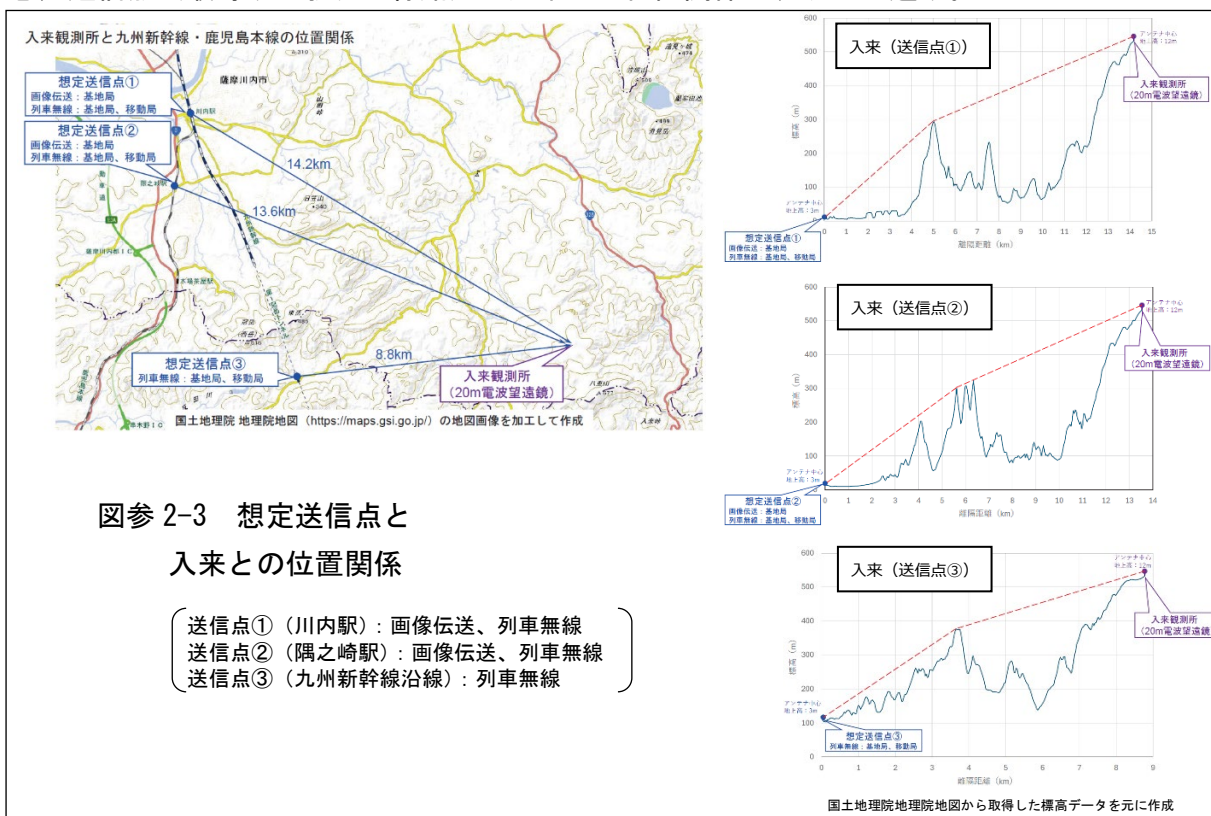
2. 2. 2 水沢周辺

想定送信点（最寄りの駅及び線路）と水沢との位置関係は、以下の通り。



2. 2. 3 入来周辺

想定送信点（最寄りの駅及び線路）と入来との位置関係は、以下の通り。



2. 3 鉄道用無線通信システムと電波天文の受信設備との共用検討の結果

2. 3. 1 ホーム画像伝送システム（基地局）と電波天文の受信設備との共用検討の結果

対象となる電波天文の受信設備（野辺山、水沢、入来）付近の駅等にホーム画像伝送システム（基地局）を設置した場合の共用検討の結果は、以下の通り。

表参 2-1 電波天文の受信設備（野辺山、水沢、入来）付近における
ホーム画像伝送システム（基地局）との共用検討の結果

		ホーム画像伝送システム （基地局）【想定送信点①： 野辺山駅】 → 野辺山			ホーム画像伝送システム （基地局）【想定送信点①： 水沢駅】 → 水沢			ホーム画像伝送システム（基 地局）【想定送信点②：金ヶ原 駅】 → 水沢			ホーム画 像伝送シ ステム （基地 局）【想 定送信 点①：川 内駅】 → 入来		ホーム画 像伝送シ ステム （基地局） 【想定送 信点②： 隅之城 駅】 → 入来		備考
	項目	駅～観 測局間 に地物 なし、かつ、送信 アンテナ の指向 方向に 観測局 がある	観測局 の方向 と送信ア ンテナ の指向 方向の 差が ±6° 以 上	送信機 から 10m 以 内に地 上高 7.1m 以 上の地 物あり	駅～観 測局間 に地物 なし、かつ、送信 アンテナ の指向 方向に 観測局 がある	観測局 の方向 と送信ア ンテナ の指向 方向の 差が ±6° 以 上	送信機 から 10m 以 内に地 上高 6.8m 以 上の地 物あり	駅～観 測局間 に地物な し、かつ、送信 アンテナ の指向 方向に 観測局 がある	観測局 の方向と 送信アン テナの指 向方向 の差が ±6° 以 上	送信機 から 10m 以内に地 上高 4.0m 以 上の地 物あり					
鉄道側送信機	送信電力 (dBm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	設置台数 (台)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	中心周波数 (GHz)	43.52	43.52	43.52	43.52	43.52	43.52	43.52	43.52	43.52	43.52	43.52			
	チャネル間 隔(MHz)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40			
	占有帯域幅 (MHz)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17			
	アンテナ利得 (dBi)	38	-5	38	38	-5	38	38	-5	38	38	38			
伝搬路	離隔距離 (km)	1.231	1.231	1.231	1.306	1.306	1.306	7.588	7.588	7.588	14.177	13.549			
	自由空間伝 搬損(dB)	126.979	126.979	126.979	127.493	127.493	127.493	142.776	142.776	142.776	148.205	147.812	ITU-R P.525- 4 Eq. 4 使用		
	大気中ガス による損失 (dB)	0.185	0.185	0.185	0.196	0.196	0.196	1.138	1.138	1.138	2.127	2.032	ITU-R P.676- 12 Fig 10(0.15dB/km @ 43GHz)使 用		
	回折損失 (dB)	0.000	0.000	39.100	0.000	0.000	38.700	0.000	0.000	27.300	41.800	38.600	ITU-R P.526- 15 Eq.31 使 用(注)		
電波天文観測局	アンテナ利得 (dBi)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	ITU-R RA.769-2 1.3 節適用		
	到達受信電 力密度 (dBm/MHz)	-152.0	-195.0	-191.1	-152.5	-195.5	-191.2	-168.7	-211.7	-196.0	-216.9	-213.2			
	受信帯域幅 (MHz)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000			
	許容干渉受 信電力 (上段: dBW) (中段: dBm) (下段: dBm/MHz)	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	ITU-R RA.769-2 Table 1 を適 用		
		-161.0	-161.0	-161.0	-161.0	-161.0	-161.0	-161.0	-161.0	-161.0	-161.0	-161.0			
		-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0	-191.0			
所要改善量(dB)		39.0	-4.0	-0.1	38.5	-4.5	-4.5	22.3	-20.7	-5.0	-25.9	-22.2			

(注) 川内駅～入来については、地形とアンテナ高から別途回折損を算出（図 2-3 参照）

また、上記のような地理的条件によらず、ホーム画像伝送システム（基地局）と電波天文の受信設備が共存可能となるための所要離隔距離については、以下のとおり。

表参 2-2 ホーム画像伝送システム（基地局）における電波の受信設備との所要離隔距離

	項目	駅～受信設備間に地物なし、かつ、送信アンテナの指向方向に受信設備がある	受信設備の方向と送信アンテナの指向方向の差が±6°以上	送信機から 10m 以内に地上高 5m 以上の地物あり
鉄道側送信機	送信電力(dBm)	0	0	0
	設置台数(台)	1	1	1
	中心周波数(GHz)	43.52	43.52	43.52
	チャンネル間隔(MHz)	40	40	40
	占有帯域幅(MHz)	17	17	17
	アンテナ利得(dBi)	38	-5	38
伝搬路	離隔距離(km)	48.700	0.790	2.420
	自由空間伝搬損(dB)	158.924	123.126	132.850
	大気中ガスによる損失(dB)	7.305	0.119	0.363
	回折損失(dB)	0.000	0.000	33.000
電波天文の受信設備	アンテナ利得(dBi)	0.0	0.0	0.0
	到達受信電力密度(dBm/MHz)	-191.0	-191.0	-191.0
	受信帯域幅(MHz)	1000	1000	1000
	許容干渉受信電力(上段: dBW)(中段: dBm)(下段: dBm/MHz)	-191.0	-191.0	-191.0
		-161.0	-161.0	-161.0
		-191.0	-191.0	-191.0
所要改善量(dB)		0.0	0.0	0.0

2. 3. 2 列車無線システム（移動局）と電波天文の受信設備との共用検討の結果

対象となる電波天文の受信設備（野辺山、水沢、入来）付近の駅等に列車無線システム（移動局）を設置した場合の共用検討の結果は、以下の通り。

表参 2-3 電波天文の受信設備（野辺山、水沢、入来）付近における
列車無線システム（移動局：チャンネル幅 40MHz）との共用検討の結果

項目	列車無線システム（移動局：40MHz 幅）【想定送信点①：野辺山駅】→ 野辺山			列車無線システム（移動局：40MHz 幅）【想定送信点②：小海線沿線】→ 野辺山			小海線沿線（移動局：40MHz 幅）→ 野辺山	列車無線システム（移動局：40MHz 幅）【想定送信点①：水沢駅】→ 水沢			列車無線システム（移動局：40MHz 幅）【想定送信点②：金ヶ崎駅】→ 水沢			列車無線システム（移動局：40MHz 幅）【想定送信点③：東北本線沿線】→ 水沢			列車無線システム（移動局：40MHz 幅）【想定送信点①：川内駅】→ 入来	列車無線システム（移動局：40MHz 幅）【想定送信点②：隅之城駅】→ 入来	列車無線システム（移動局：40MHz 幅）【想定送信点③：九州新幹線沿線】→ 入来	備考
	観測局間に地物なし、かつ、送信アンテナの指向方向に観測局がある	観測局の方向と送信アンテナの指向方向の差が±6°以上	送信機から 10m 以内に地上高 8.0m 以上の地物あり	観測局間に地物なし、かつ、送信アンテナの指向方向に観測局がある	観測局の方向と送信アンテナの指向方向の差が±7°以上	送信機から 10.2m 以上の地物あり		観測局間に地物なし、かつ、送信アンテナの指向方向に観測局がある	観測局の方向と送信アンテナの指向方向の差が±6°以上	送信機から 10m 以内に地上高 4.0m 以上の地物あり	観測局間に地物なし、かつ、送信アンテナの指向方向に観測局がある	観測局の方向と送信アンテナの指向方向の差が±6°以上	送信機から 10m 以内に地上高 4.0m 以上の地物あり	観測局間に地物なし、かつ、送信アンテナの指向方向に観測局がある	観測局の方向と送信アンテナの指向方向の差が±6°以上	送信機から 10m 以内に地上高 4.0m 以上の地物あり				
鉄道側送信機	送信電力(dBm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	設置台数(台)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	中心周波数(GHz)	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	43.54	
	チャンネル間隔(MHz)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
	占有帯域幅(MHz)	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	

	アンテナ利得(dBi)	35	-8	35	35	-24	35	35	35	-8	35	35	-8	35	35	-8	35	35	-8	35	
伝搬路	離隔距離(km)	1.231	1.231	1.231	0.896	0.896	0.896	2.265	1.306	1.306	1.306	7.588	7.588	7.588	7.044	7.044	7.044	14.177	13.549	8.777	
	自由空間伝搬損(dB)	126.983	126.983	126.983	124.224	124.224	124.224	132.279	127.497	127.497	127.497	142.780	142.780	142.780	142.134	142.134	142.134	148.209	147.816	144.045	ITU-R P.525-4 Eq. 4 使用
	大気中ガスによる損失(dB)	0.185	0.185	0.185	0.134	0.134	0.134	0.340	0.196	0.196	0.196	1.138	1.138	1.138	1.057	1.057	1.057	2.127	2.032	1.317	ITU-R P.676-12 Fig 10(0.15dB/km @ 43GHz) 使用
	回折損失(dB)	0.000	0.000	40.700	0.000	0.000	43.500	43.700	0.000	0.000	40.100	0.000	0.000	27.300	0.000	0.000	27.300	41.800	38.600	42.400	ITU-R P.526-15 Eq.31 使用(注)
電波天文観測局	アンテナ利得(dBi)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	ITU-R RA.769-2 1.3 節 適用
	到達受信電力密度(dBm/MHz)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	受信帯域幅(MHz)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
	許容干渉受信電力(上段: dBW)	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	ITU-R RA.769-2 Table 1 を適用
	(中段: dBm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	(下段: dBm/MHz)	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
所要改善量(dB)		40.6	-2.4	-0.1	43.4	-15.6	-0.1	-8.5	40.1	-2.9	0.0	23.9	-19.1	-3.4	24.6	-18.4	-2.7	-24.4	-20.7	-20.0	

表参 2-4 列車無線システム（移動局：チャンネル幅 40MHz）における
電波天文の受信設備との所要離隔距離

	項目	駅～受信設備間に地物なし、かつ、送信アンテナの指向方向に受信設備がある	受信設備の方向と送信アンテナの指向方向の差が±6°以上	送信機から 10m 以内に地上高 5.0m 以上の地物あり
鉄道側送信機	送信電力(dBm)	0	0	0
	設置台数(台)	1	1	1
	中心周波数(GHz)	43.54	43.54	43.54
	チャンネル間隔(MHz)	40	40	40
	占有帯域幅(MHz)	21	21	21
	アンテナ利得(dBi)	35	-8	35
伝搬路	離隔距離(km)	53.600	0.940	2.910
	自由空間伝搬損(dB)	159.761	124.640	134.456
	大気中ガスによる損失(dB)	8.040	0.141	0.437
	回折損失(dB)	0.000	0.000	32.900
電波天文の受信設備	アンテナ利得(dBi)	0.0	0.0	0.0
	到達受信電力密度(dBm/MHz)	-191.0	-191.0	-191.0
	受信帯域幅(MHz)	1000	1000	1000
	許容干渉受信電力(上段: dBW)	-191.0	-191.0	-191.0
	(中段: dBm)	-161.0	-161.0	-161.0
	(下段: dBm/MHz)	-191.0	-191.0	-191.0
所要改善量(dB)		0.0	0.0	0.0

表参 2-5 電波天文の受信設備（野辺山、水沢、入来）付近における
列車無線システム（移動局：チャンネル幅 120MHz）との共用検討の結果

列車無線システム(移動局:120MHz幅)【想定送信点①:野辺山駅】→野辺山																				列車無線システム(移動局:120MHz幅)【想定送信点②:小海線沿線】→野辺山						小海線沿線(移動局:120MHz幅)【想定送信点③】→野辺山			列車無線システム(移動局:120MHz幅)【想定送信点①:水沢駅】→水沢						列車無線システム(移動局:120MHz幅)【想定送信点②:金ヶ崎駅】→水沢						列車無線システム(移動局:120MHz幅)【想定送信点③:東北本線沿線】→水沢						列車無線システム(移動局:120MHz幅)【想定送信点①:川内駅】→入来			列車無線システム(移動局:120MHz幅)【想定送信点②:隅之城駅】→入来			列車無線システム(移動局:120MHz幅)【想定送信点③:九州新幹線沿線】→入来			備考
項目		駅～受信設備に地物なし、かつ、送信アンテナの指向方向に受信設備がある						受信設備の方向と送信アンテナの指向方向の差が±6°以上						送信機から10m以内に地上高8.0m以上の地物あり						Hz幅)【想定送信点③】→野辺山			駅～受信設備に地物なし、かつ、送信アンテナの指向方向に受信設備がある						受信設備の方向と送信アンテナの指向方向の差が±6°以上						送信機から10m以内に地上高4.0m以上の地物あり						120MHz幅)【想定送信点①:川内駅】→入来			120MHz幅)【想定送信点②:隅之城駅】→入来			120MHz幅)【想定送信点③:九州新幹線沿線】→入来									
鉄道側送信機	送信電力(dBm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																							
	設置台数(台)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																								
	中心周波数(GHz)	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82	43.82																									
	チャンネル間隔(MHz)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120																								
	占有帯域幅(MHz)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40																								
	アンテナ利得(dBi)	35	-8	35	35	-24	35	35	35	35	-8	35	35	-8	35	35	-8	35	35	-8	35	35	-8	35	35	-8	35	35	-8	35	35	-8	35																							
伝搬路	離隔距離(km)	1.231	1.231	1.231	0.896	0.896	0.896	2.265	1.306	1.306	1.306	7.588	7.588	7.588	7.044	7.044	7.044	14.177	13.549	8.777																																				
	自由空間伝搬損(dB)	127.039	127.039	127.039	124.280	124.280	124.280	132.335	127.552	127.552	127.552	142.836	142.836	142.836	142.190	142.190	142.190	148.265	147.872	144.100														ITU-R P.525-4 Eq. 4 使用																						
	大気中ガスによる損失(dB)	0.185	0.185	0.185	0.134	0.134	0.134	0.340	0.196	0.196	0.196	1.138	1.138	1.138	1.057	1.057	1.057	2.127	2.032	1.317														ITU-R P.676-12 Fig 10(0.15dB/km @ 43GHz) 使用																						
	回折損失(dB)	0.000	0.000	40.700	0.000	0.000	43.500	43.700	0.000	0.000	40.100	0.000	0.000	27.300	0.000	0.000	27.300	41.800	38.600	42.400														ITU-R P.526-11 Eq.31 使用(注)																						
電波天文観測局	アンテナ利得(dBi)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0														ITU-R RA.769-2 1.3 節 適用																						
	到達受信電力密度(dBm/MHz)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																				
	受信帯域幅(MHz)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000																																				
	許容干渉受信電力(上段: dBW)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																				
	(中段: dBm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																				
	(下段: dBm/MHz)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																				
	所要改善量(dB)	37.8	-5.2	-2.9	40.6	-18.4	-2.9	-11.4	37.2	-5.8	-2.9	21.0	-22.0	-6.3	21.7	-21.3	-5.6	-27.2	-23.5	-22.8																																				

表参 2-6 列車無線システム（移動局：チャンネル幅 120MHz）における
電波天文の受信設備との所要離隔距離

	項目	駅～受信設備間に地物なし、 かつ、送信アンテナの指向方 向に受信設備がある	受信設備の方向と送信アンテ ナの指向方向の差が±6° 以 上	送信機から 10m 以内に地上 高 5.5m 以上の地物あり
鉄道側 送信機	送信電力(dBm)	0	0	0
	設置台数(台)	1	1	1
	中心周波数(GHz)	43.82	43.82	43.82
	チャンネル間隔(MHz)	120	120	120
	占有帯域幅(MHz)	40	40	40
	アンテナ利得(dBi)	35	-8	35
伝搬路	離隔距離(km)	44.900	0.680	2.130
	自由空間伝搬損(dB)	158.278	121.884	131.801
	大気中ガスによる損失(dB)	6.735	0.102	0.320
	回折損失(dB)	0.000	0.000	32.900
電波天 文の受 信設備	アンテナ利得(dBi)	0.0	0.0	0.0
	到達受信電力密度(dBm/MHz)	-191.0	-191.0	-191.0
	受信帯域幅(MHz)	1000	1000	1000
	許容干渉受信電力 (上段: dBW) (中段: dBm) (下段: dBm/MHz)	-191.0	-191.0	-191.0
		-161.0	-161.0	-161.0
		-191.0	-191.0	-191.0
所要改善量(dB)		0.0	0.0	0.0

2. 3. 3 列車無線システム（基地局）と電波天文の受信設備との共用検討の結果

対象となる電波天文の受信設備（野辺山、水沢、入来）付近の駅等に列車無線システム（基地局）を設置した場合の共用検討の結果は、以下の通り。

表参 2-7 電波天文の受信設備（野辺山、水沢、入来）付近における
列車無線システム（基地局：チャンネル幅 40MHz）との共用検討の結果

項目	列車無線システム (基地局: 40MHz 幅) 【想定送信点①: 野辺 山駅】 → 野辺山			列車無線システム (基地局: 40MHz 幅) 【想定送信点②: 小海 線沿線】 → 野辺山			小海 線沿 線(基 地局: 40MH z 幅) 【想定 送信 点③】 → 野 辺山	列車無線システム (基地局: 40MHz 幅) 【想定送信点①: 水沢 崎駅】 → 水沢			列車無線システム (基地局: 40MHz 幅) 【想定送信点②: 金ヶ 崎駅】 → 水沢			列車無線システム (基地局: 40MHz 幅) 【想定送信点③: 東北 本線沿線】 → 水沢			列車 無線 システ ム(基 地局: 40MH z 幅) 【想定 送信 点①: 川内 駅】 → 入 来	列車 無線 システ ム(基 地局: 40MH z 幅) 【想定 送信 点②: 隅之 城駅】 → 入 来	列車 無線 システ ム(基 地局: 40MH z 幅) 【想定 送信 点③: 九州 新幹 線沿 線】 → 入 来	備考
	駅～ 受信 設備 間に 地物 なし、 かつ、 送信 アンテ ナの 指向 方向 に受 信設 備が ある	受信 設備 の方 向と 送信 アンテ ナの 指向 方向 の差 が±6° 以上	送信 機か ら 10m 以内に 地上高 10.0m 以上の 地物 あり	駅～ 受信 設備 間に 地物 なし、 かつ、 送信 アンテ ナの 指向 方向 に受 信設 備が ある	受信 設備 の方 向と 送信 アンテ ナの 指向 方向 の差 が±7° 以上	送信 機か ら 10m 以内に 地上高 10.0m 以上の 地物 あり		駅～ 受信 設備 間に 地物 なし、 かつ、 送信 アンテ ナの 指向 方向 に受 信設 備が ある	受信 設備 の方 向と 送信 アンテ ナの 指向 方向 の差 が±6° 以上	送信 機か ら 10m 以内に 地上高 10.0m 以上の 地物 あり	駅～ 受信 設備 間に 地物 なし、 かつ、 送信 アンテ ナの 指向 方向 に受 信設 備が ある	受信 設備 の方 向と 送信 アンテ ナの 指向 方向 の差 が±6° 以上	送信 機か ら 10m 以内に 地上高 5.0m 以上の 地物 あり	駅～ 受信 設備 間に 地物 なし、 かつ、 送信 アンテ ナの 指向 方向 に受 信設 備が ある	受信 設備 の方 向と 送信 アンテ ナの 指向 方向 の差 が±6° 以上	送信 機か ら 10m 以内に 地上高 5.0m 以上の 地物 あり				
鉄道側 送信機	送信電力(dBm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	設置台数(台)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	中心周波数(GHz)	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	44.86	
	チャンネル間隔(MHz)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
占有帯域幅		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	

	(MHz)																			
	アンテナ利得(dBi)	40	-3	40	40	-19	40	40	40	-3	40	40	-3	40	40	-3	40	40	-3	40
伝搬路	離隔距離(km)	1.231	1.231	1.231	0.896	0.896	0.896	2.265	1.306	1.306	1.306	7.588	7.588	7.588	7.044	7.044	7.044	1.306	1.306	1.306
	自由空間伝搬損(dB)	127.2	127.2	127.2	124.4	124.4	124.4	132.5	127.7	127.7	127.7	143.0	143.0	143.0	142.3	142.3	142.3	127.7	127.7	127.7
	大気中ガスによる損失(dB)	0.185	0.185	0.185	0.134	0.134	0.134	0.340	0.196	0.196	0.196	1.138	1.138	1.138	1.057	1.057	1.057	0.196	0.196	0.196
	回折損失(dB)	0.000	0.000	43.400	0.000	0.000	43.300	43.700	0.000	0.000	43.500	0.000	0.000	33.400	0.000	0.000	33.300	0.000	0.000	43.500
電波天文観測局	アンテナ利得(dBi)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	到達受信電力密度(dBm/MHz)	150.6	193.6	194.0	147.8	206.8	191.1	199.8	151.2	194.2	194.7	167.4	210.4	200.8	166.7	209.7	200.0	151.2	194.2	194.7
	受信帯域幅(MHz)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	許容干渉受信電力(上段: dBW)	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0
	(中段: dBm)	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0	161.0
	(下段: dBm/MHz)	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0	191.0
	所要改善量(dB)	40.4	-2.6	-3.0	43.2	-15.8	-0.1	-8.8	39.8	-3.2	-3.7	23.6	-19.4	-9.8	24.3	-18.7	-9.0	-24.6	-20.9	-20.2

表参 2-8 列車無線システム（基地局：チャンネル幅 40MHz）における
電波天文の受信設備との所要離隔距離

	項目	駅～受信設備間に地物なし、かつ、送信アンテナの指向方向に受信設備がある	受信設備の方向と送信アンテナの指向方向の差が±6°以上	送信機から 10m 以内に地上高 5.5m 以上の地物あり
鉄道側送信機	送信電力(dBm)	0	0	0
	設置台数(台)	1	1	1
	中心周波数(GHz)	44.86	44.86	44.86
	チャンネル間隔(MHz)	40	40	40
	占有帯域幅(MHz)	21	21	21
	アンテナ利得(dBi)	40	-3	40
伝搬路	離隔距離(km)	52.800	0.915	2.740
	自由空間伝搬損(dB)	159.890	124.666	134.192
	大気中ガスによる損失(dB)	7.920	0.137	0.411
	回折損失(dB)	0.000	0.000	33.200
	アンテナ利得(dBi)	0.0	0.0	0.0
電波天文の受信設備	到達受信電力密度(dBm/MHz)	-191.0	-191.0	-191.0
	受信帯域幅(MHz)	1000	1000	1000
	許容干渉受信電力(上段: dBW)	-191.0	-191.0	-191.0
	(中段: dBm)	-161.0	-161.0	-161.0
	(下段: dBm/MHz)	-191.0	-191.0	-191.0
	所要改善量(dB)	0.0	0.0	0.0

表参 2-9 電波天文の受信設備（野辺山、水沢、入来）付近における
列車無線システム（基地局：チャンネル幅 120MHz）との共用検討の結果

	項目	列車無線システム (基地局: 120MHz 幅)【想定送信点①: 野辺山駅】 → 野辺山			列車無線システム (基地局: 120MHz 幅)【想定送信点②: 小海線沿線】 → 野辺山			小海 線沿 線(基 地局: 120M Hz 幅) 【想定 送信 点③】 → 野 辺山	列車無線システム (基地局: 120MHz 幅)【想定送信点①: 水沢駅】 → 水沢			列車無線システム (基地局: 120MHz 幅)【想定送信点②: 金ヶ崎駅】 → 水沢			列車無線システム (基地局: 120MHz 幅)【想定送信点③: 東北本線沿線】 → 水沢			列車 無線 シス テム (基 地局: 120M Hz 幅) 【想定 送信 点①: 川内 駅】 → 入 来	列車 無線 シス テム (基 地局: 120M Hz 幅) 【想定 送信 点②: 隅之 城駅】 → 入 来	列車 無線 シス テム (基 地局: 120M Hz 幅) 【想定 送信 点③: 九州 新幹 線沿 線】 → 入 来	備考
		駅～ 受信 設備 間に 地物 なし、 かつ、 送信 アンテ ナの 指向 方向 に受 信設 備が ある	受信 設備 の方 向と 送信 アンテ ナの 指向 方向 の差 が±6° 以上	送信 機か ら 10m 以内 に地 上高 8.0m 以上 の地 物あり	駅～ 受信 設備 間に 地物 なし、 かつ、 送信 アンテ ナの 指向 方向 に受 信設 備が ある	受信 設備 の方 向と 送信 アンテ ナの 指向 方向 の差 が±7° 以上	送信 機か ら 10m 以内 に地 上高 10.0m 以上 の地 物あり	駅～ 受信 設備 間に 地物 なし、 かつ、 送信 アンテ ナの 指向 方向 に受 信設 備が ある	受信 設備 の方 向と 送信 アンテ ナの 指向 方向 の差 が±6° 以上	送信 機か ら 10m 以内 に地 上高 7.5m 以上 の地 物あり	駅～ 受信 設備 間に 地物 なし、 かつ、 送信 アンテ ナの 指向 方向 に受 信設 備が ある	受信 設備 の方 向と 送信 アンテ ナの 指向 方向 の差 が±6° 以上	送信 機か ら 10m 以内 に地 上高 4.0m 以上 の地 物あり	駅～ 受信 設備 間に 地物 なし、 かつ、 送信 アンテ ナの 指向 方向 に受 信設 備が ある	受信 設備 の方 向と 送信 アンテ ナの 指向 方向 の差 が±6° 以上	送信 機か ら 10m 以内 に地 上高 4.0m 以上 の地 物あり					
鉄道側送信機	送信電力(dBm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	設置台数(台)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	中心周波数(GHz)	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94	44.94		
	チャンネル間隔(MHz)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120		
	占有帯域幅(MHz)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40		
	アンテナ利得(dBi)	40	-3	40	40	-19	40	40	40	-3	40	40	-3	40	40	-3	40	40	-3	40	
伝搬路	離隔距離(km)	1.231	1.231	1.231	0.896	0.896	0.896	2.265	1.306	1.306	1.306	7.588	7.588	7.588	7.044	7.044	7.044	14.177	13.549	8.777	
	自由空間伝搬損(dB)	127.258	127.258	127.258	124.499	124.499	124.499	132.554	127.772	127.772	127.772	143.055	143.055	143.055	142.409	142.409	142.409	148.484	148.091	144.320	ITU-R P.525-4 Eq. 4 使用
	大気中ガスによる損失(dB)	0.185	0.185	0.185	0.134	0.134	0.134	0.340	0.196	0.196	0.196	1.138	1.138	1.138	1.057	1.057	1.057	2.127	2.032	1.317	ITU-R P.676-12 Fig 10(0.15dB/km @ 43GHz) 使用
	回折損失(dB)	0.000	0.000	40.700	0.000	0.000	43.300	43.700	0.000	0.000	40.100	0.000	0.000	27.300	0.000	0.000	27.300	41.800	38.600	42.400	ITU-R P.526-11 Eq.31 使用(注)
電波天文観測局	アンテナ利得(dBi)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	ITU-R RA.769-2 1.3 節 適用
	到達受信電力密度(dBm/MHz)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	受信帯域幅(MHz)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
	許容干渉受信電力(上段: dBW)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	(中段: dBm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	(下段: dBm/MHz)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	所要改善量(dB)	37.5	-5.5	-3.2	40.3	-18.7	-0.2	-11.6	37.0	-6.0	-3.1	20.8	-22.2	-6.5	21.5	-21.5	-5.8	-27.4	-23.7	-23.1	

表参 2-10 列車無線システム（基地局：チャンネル幅 120MHz）における
電波天文の受信設備との所要離隔距離

	項目	駅～受信設備間に地物なし、 かつ、送信アンテナの指向方 向に受信設備がある	受信設備の方向と送信アンテ ナの指向方向の差が±6° 以 上	送信機から 10m 以内に地上 高 5.5m 以上の地物あり
鉄道側 送信機	送信電力(dBm)	0	0	0
	設置台数(台)	1	1	1
	中心周波数(GHz)	44.94	44.94	44.94
	チャンネル間隔(MHz)	120	120	120
	占有帯域幅(MHz)	40	40	40
	アンテナ利得(dBi)	40	-3	40
伝搬路	離隔距離(km)	44.200	0.665	2.030
	自由空間伝搬損(dB)	158.361	121.909	131.603
	大気中ガスによる損失(dB)	6.630	0.100	0.305
	回折損失(dB)	0.000	0.000	33.100
電波天 文の受 信設備	アンテナ利得(dBi)	0.0	0.0	0.0
	到達受信電力密度(dBm/MHz)	-191.0	-191.0	-191.0
	受信帯域幅(MHz)	1000	1000	1000
	許容干渉受信電力 (上段: dBW)	-191.0	-191.0	-191.0
	(中段: dBm)	-161.0	-161.0	-161.0
	(下段: dBm/MHz)	-191.0	-191.0	-191.0
所要改善量(dB)		0.0	0.0	0.0

2. 3. 4 共用検討結果（まとめ）

それぞれのシステムと電波天文の受信設備との周波数共用検討の結果、地理的条件や地物等の遮蔽等を考慮せず、かつ、鉄道用無線通信システムの送信アンテナの指向方向に受信設備がある場合に必要な所要離隔距離は、表参 2-11 のとおりとなった。

表参 2-11 鉄道用無線通信システム毎の所要離隔距離
(地理的条件や地物等の遮蔽等を考慮しない、鉄道用無線通信システムの送信
アンテナの指向方向に受信設備がある場合)

鉄道用無線通信システムの種類		電波天文の受信設備からの所要離隔距離
ホーム画像伝送システム		48.7km
列車無線システム（移動局）	40MHz システム	53.6km
	120MHz システム	44.9km
列車無線システム（基地局）	40MHz システム	52.8km
	120MHz システム	44.2km

なお、最悪条件を想定し、電波天文の受信設備から最も近い距離にある駅又は線路から送信する場合の検討も行ったが、これらの駅又はポイントで運用する場合においても、受信設備の方向と送信アンテナの指向方向の差が±7° 以上確保できる場合や送信機から 10m 程度の範囲内に駅舎等の地物が存在する場合では、所要改善量がマイナスになるとの結果となっており、受信設備から表参 2-11 の範囲内で鉄道用無線通信システムを設置又は運用する場合であっても、電波天文の運用に支障を与えないよう事前に調整を行い、干渉が生じないような対策をとることで共用可能になると考えられる。

別添

諮問第 2033 号

「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち、
「43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件」（案）

諮問第 2033 号「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」(平成 25 年 5 月 17 日諮問)のうち「43GHz 帯鉄道用無線通信システムの技術的条件」(案)

1. 1 ホーム画像伝送システムの技術的条件

1. 1. 1 一般的条件

1. 1. 1. 1 通信方式

同報通信方式又は単向通信方式とする。

1. 1. 1. 2 変調方式

位相変調方式、周波数変調方式、位相偏移変調方式、周波数偏移変調方式、直交位相振幅変調方式又はこれらの組合せとする。

1. 1. 1. 3 使用周波数帯

43.502GHz から 43.774GHz までとする。

1. 1. 1. 4 無線チャネル

無線チャネルについては、以下のとおりとする。

(3) 占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合

中心周波数が 43.52GHz から 43.64GHz までの 40MHz 間隔の 4 波

(4) 占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合

中心周波数が 43.6GHz 又は 43.72GHz の 2 波

1. 1. 2 無線設備の技術的条件

1. 1. 2. 1 送信装置

(9) 周波数の許容偏差

±50ppm 以内

(10) 空中線電力

1 mW 以下

(11) 空中線電力の許容偏差

上限 50%、下限 50%

(12) 空中線利得

38dBi 以下

(13) 占有周波数帯幅の許容値

チャンネル間隔が 40MHz のものは 36MHz 以下、チャンネル間隔が 120MHz のものは 40MHz を超え 108MHz 以下

(14) スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値

帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値 : $100\mu\text{W}$ 以下

スプリアス領域における不要発射の強度の許容値 : $50\mu\text{W}$ 以下

(15) 隣接チャンネル漏えい電力の許容値

ア 占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合

搬送波の周波数から 40MHz 離れた周波数の $\pm 18\text{MHz}$ の帯域内に輻射される電力が、搬送波の電力より 23dB 以上低い値であること。

イ 占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合

搬送波の周波数から 120MHz 離れた周波数の $\pm 54\text{MHz}$ の帯域内に輻射される電力が、搬送波の電力より 23dB 以上低い値であること。

(16) 電波防護指針

電波防護指針に適合すること。

1. 1. 3 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、 $50\mu\text{W}$ 以下とする。

1. 2 列車無線システムの技術的条件

1. 2. 1 一般的条件

1. 2. 1. 1 通信方式

同報通信方式、単向通信方式又は複信方式

1. 2. 1. 2 変調方式

位相変調方式、周波数変調方式、位相偏移変調方式、周波数偏移変調方式、直交位相振幅変調方式又はこれらの組合せとする。

1. 2. 1. 3 使用周波数帯

(3) 移動局

43.522GHz から 44.318GHz まで

(4) 基地局

44.842GHz から 45.478GHz まで

1. 2. 1. 4 無線チャネル

(3) 移動局

ア 占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合

中心周波数が 43.54GHz から 44.30GHz までの 40MHz 間隔の 20 波

イ 占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合

中心周波数が 43.82GHz から 44.18GHz までの 120MHz 間隔の 4 波

(4) 基地局

ア 占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合

中心周波数が 44.86GHz から 45.46GHz までの 40MHz 間隔の 16 波

イ 占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合

中心周波数が 44.94GHz から 45.30GHz までの 120MHz 間隔の 4 波

1. 2. 2 無線設備の技術的条件

1. 2. 2. 1 送信装置

(9) 周波数の許容偏差

±50ppm 以内

(10) 空中線電力

60mW 以下

(11) 空中線電力の許容偏差

上限 50%、下限 50%

(12) 空中線利得

移動局は 35dBi 以下、基地局は 40dBi 以下

(13) 占有周波数帯幅の許容値

チャネル間隔が 40MHz のものは 36MHz 以下、チャネル間隔が 120MHz のものは 40MHz を超え 108MHz 以下

(14) スプリアス発射及び不要発射の強度の許容値

帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値： 100 μ W 以下

スプリアス領域における不要発射の強度の許容値： 50 μ W 以下

(15) 隣接チャネル漏えい電力の許容値

ア 占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合

搬送波の周波数から 40MHz 離れた周波数の±18MHz の帯域内に輻射される電力が、搬送波の電力より 23dB 以上低い値であること。

イ 占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合

搬送波の周波数から 120MHz 離れた周波数の $\pm 54\text{MHz}$ の帯域内に輻射される電力が、搬送波の電力より 23dB 以上低い値であること。

(16) 電波防護指針

電波防護指針に適合すること。

1. 2. 3 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、 $50\mu\text{W}$ 以下とする。

1. 3 測定方法

測定については、一般的な測定法を適用することとし、空中線給電点において空中線端子（導波管等）で測定すること。

(3) 送信装置

ア 周波数の偏差

無線設備を無変調の連続送信状態としてスペクトルアナライザ等を用いて測定する。

イ 占有周波数帯幅

通常の変調状態で連続送信として動作させ、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。測定点はアンテナ端子とする。標準符号化試験信号により変調をかけた状態において得られるスペクトル分布の全電力についてスペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれ全電力の 0.5% となる周波数幅を測定すること。標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。

ウ 空中線電力の偏差

通常の変調の状態での連続送信として動作させ、送信設備の出力電力を電力計又はスペクトルアナライザ等を用いて測定し、定格出力との偏差を求める。測定点はアンテナ端子とする。標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。

エ 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度

無変調の状態での連続送信として動作させ、スプリアス発射の平均電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。測定点はアンテナ端子とする。

この場合において、スペクトルアナライザの分解能帯域幅は、1MHz に設定することが適当である。ただし、測定値への搬送波の影響を軽減するため、分解能帯

域幅を 1MHz より狭く設定して測定することができる。

オ スプリアス領域における不要発射の強度

通常の変調状態で連続送信として動作させ、スプリアス領域における不要発射の参照帯域幅当たりの平均電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。測定点はアンテナ端子とする。標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。

この場合において参照帯域幅は、不要発射の周波数が 1GHz 以下の場合は 100kHz、不要発射の周波数が 1GHz を超える場合は 1MHz とし、スプリアス領域における不要発射の強度の測定を行う周波数範囲については、30MHz から 2 次高調波までとする。

ただし、導波管を用いるものは測定周波数の下限をカットオフ周波数の 0.7 倍からとする他、導波管フィルタ及びデュープレクサ等による周波数特性により、不要発射が技術基準を満足することが明らかな場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。また、下限周波数においてカットオフ周波数の 0.7 倍としているが、導波管が十分に長く技術基準を十分満足するカットオフ減衰量が得られることが証明できる場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。

カ 隣接チャネル漏えい電力

通常の変調の状態での連続送信として動作させ、スペクトルアナライザ等を用いて搬送波の電力及び搬送波から隣接チャネル間隔離れた周波数において技術的条件で定められる帯域内の電力を測定し、搬送波の電力との比を求め隣接チャネル漏えい電力を算出する。測定点はアンテナ端子とする。標準符号化試験信号による変調が困難な場合は制御符号等を除くデータ領域のみ標準符号化試験信号とすることができる。

(4) 受信装置

ア 副次的に発する電波等の限度

無線設備を連続的受信状態としてスペクトルアナライザ等を用いて測定する。

なお、送信空中線端子と、受信空中線端子が独立している場合は、受信空中線端子で測定する。

この場合において、副次発射の強度の測定を行う周波数範囲については、30MHz から 2 次高調波までとする。

ただし、導波管を用いるものは測定周波数の下限をカットオフ周波数の 0.7 倍からとする他、導波管フィルタ及びデュープレクサ等による周波数特性により、副次発射が技術基準を満足することが明らかな場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。また、下限周波数においてカットオフ周波数の 0.7 倍と

しているが、導波管が十分に長く技術基準を十分満足するカットオフ減衰量が得られることが証明できる場合は、その周波数範囲の測定を省略することができる。

1. 4 干渉回避のための留意点

42.5～43.5GHz 帯の周波数を受信するものとして指定を受けた電波天文業務の用に供する受信設備の保護のため、鉄道用無線通信システムを当該受信設備から以下の距離内で設置又は運用する場合には、当該受信設備の運用に支障を与えないよう当該受信設備の設置者と有害な混信の回避等について調整を行うこと。

運用する鉄道用無線通信システム		運用調整が必要とされる電波天文業務の用に供する受信設備からの距離
43.502GHz から 43.754GHz までの周波数を使用する空中線電力 1mW の基地局		48.7km
43.522GHz から 44.318GHz までの周波数を使用する空中線電力 60mW の移動局	占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合	53.6km
	占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合	44.9km
44.844GHz から 45.478GHz までの周波数を使用する空中線電力 60mW の基地局	占有周波数帯幅が 36MHz 以下の場合	52.8km
	占有周波数帯幅が 36MHz を超え、108MHz 以下の場合	44.2km