

中山間地域における公共 BB の有効利用を図るための  
上空利用に関する調査検討

# 報 告 書

令和 2 年 3 月

中山間地域における公共 BB の有効利用を図るための  
上空利用に関する調査検討会

## はじめに

近年、我が国において甚大な被害をもたらす自然災害が多発しています。ここ信越地域においても、昨年 6 月に発生した山形沖地震では、新潟県村上市で震度 6 強を観測し、重軽傷を負った人や、住宅の半壊や一部破損等多くの被害がありました。また、10 月には台風 19 号の影響で、長野県を流れる千曲川の決壊などにより、死者、重軽傷者多数、住宅の全半壊、床上床下浸水、さらに、リンゴや桃など農業や観光にも広く被害が及びました。

また、信越地域は中山間地域であり、かつ、豪雪地域が多く存在しており、土砂崩れや大雪による集落の孤立、さらに長野県においては、標高 3,000m を超す山々に囲まれた山岳県であり、近年の登山ブームも相まって山岳遭難も増加しています。

このような災害や遭難における救助や復旧作業を効率よく実施するためには、災害現場からの映像伝送による現場状況の把握が重要であり、地上テレビジョン放送のデジタル化により空いた周波数帯を利用した「公共ブロードバンド移動通信システム」（以下、「公共 BB」という。）が制度化され、陸上及び海上での画像伝送に利用されているところではありますが、前述のとおり信越地域で多発する可能性のある集落孤立や山岳遭難における救助等においては、上空からの現場状況の把握が最も効果的と考えられます。また、平成 29 年 11 月から平成 30 年 7 月まで開催された「電波有効利用成長戦略懇談会」においても、上空利用の検討を望む意見が上がっています。

これらの背景から、「中山間地域における公共 BB の有効利用を図るための上空利用に関する調査検討会」において、公共 BB の上空利用の有用性の検討、上空利用による電波伝搬特性と技術的諸条件の検討、周波数帯を共用する同一システム間及び隣接周波数帯の他のシステムとの周波数共用条件の検討、改正すべき技術基準の検討などを行い、その結果を本報告書に取りまとめました。

今後、この報告書に基づき、公共 BB の上空利用が一日でも早く実現され、災害や遭難における救助や復旧作業の一助として貢献できることが期待されます。



最後に、本調査検討会にご参加いただき熱心に議論していただきました構成員の皆様、屋外実証試験にご協力をいただきました白馬村をはじめ、長野県、エイブル白馬五竜スキー場関係の皆様、ドローンの運航にご協力をいただきました TEAD 株式会社様など関係各位に対して心より感謝申し上げます。

中山間地域における公共 BB の有効利用を図るための上空利用に関する調査検討会  
座長 笹森 文仁

## 目次

はじめに

第1章 調査検討の概要 .....	1
1.1 目的 .....	1
1.2 調査検討の概要 .....	1
1.3 調査検討体制 .....	2
1.4 審議過程.....	2
1.5 災害・救難事例の紹介 .....	3
1.6 調査検討項目 .....	4
1.7 実施方法.....	5
1.7.1 屋内実証試験 .....	5
1.7.2 屋外実証試験 .....	11
1.7.3 共用条件検討 .....	14
第2章 公共 BB の上空利用の有用性の検討及び上空利用による電波伝搬特性と 技術諸条件の検討 .....	15
2.1 公共 BB 基本特性取得及び評価に必要な各種パラメータの取り纏め.....	15
2.1.1 公共 BB の主要な技術的条件・規格 .....	15
2.1.2 受信電力 – BER 特性試験 .....	16
2.1.3 同一波干渉、隣接チャネル干渉及び次隣接チャネル干渉試験.....	19
2.1.4 D/U-BER 特性試験.....	26
2.2 電波伝搬モデル検討 .....	30
2.2.1 電波伝搬モデル .....	30
2.3 干渉モデル及び通達距離に関するシミュレーション.....	32
2.3.1 干渉モデル.....	33
2.3.2 干渉モデル及び通達距離に関するシミュレーションの主要評価パラメータ .....	33
2.3.3 減衰特性.....	34
2.3.4 通達距離（机上検討） .....	37
2.3.5 所要離隔距離（机上検討） .....	40
2.4 上空利用に適する多段中継方式の選定.....	43
2.4.1 多段中継方式 .....	43
2.4.2 選定要件.....	43
2.4.3 メリット・デメリット比較 .....	43
2.4.4 選定結果.....	45
2.5 屋外実証試験の実証結果 .....	46
2.5.1 試験場所選定 .....	46

2.5.2	電波伝搬特性試験結果.....	62
2.5.3	D/U-BER 特性試験.....	87
2.5.4	利用形態の事例に係る実証試験.....	93
第3章	上空利用における共用検討.....	98
3.1	上空利用における同一周波数帯システムとの共用条件検討.....	98
3.1.1	評価パラメータ.....	98
3.1.2	所要離隔距離.....	99
3.1.3	共用検討まとめ.....	101
3.2	上空利用における隣接周波数帯の他のシステムとの共用条件検討.....	102
第4章	調査検討結果のまとめ.....	106
4.1	上空利用における調査検討のまとめ.....	106
4.1.1	上空利用における主要評価パラメータ.....	106
4.1.2	上空利用における通達距離.....	106
4.1.3	上空利用における所要離隔距離.....	107
4.2	上空利用における共用条件検討のまとめ.....	107
4.2.1	上空利用における空中線電力.....	107
4.2.2	チャンネル割当等に係る運用調整の在り方.....	108
4.2.3	上空利用における移動範囲.....	108
4.3	付随する事項の検討.....	108
	まとめ.....	109
	おわりに.....	111
	謝辞.....	111
	付属資料.....	113
付属資料1	調査検討会開催要旨.....	113
付属資料2	調査検討会設置要綱.....	114
付属資料3	調査検討会構成員名簿.....	116
付属資料4	災害・救難事例.....	118
付属資料5	通達距離、所要離隔距離の試算結果.....	139
付属資料6	所要離隔距離の試算結果（グラフ）.....	147
付属資料7	多段中継方式の概要.....	151
付属資料8	多段中継方式のメリット・デメリット（過去の情報通信審議会報告 抜粋）.....	153



付属資料 9 見通し図（プロフィール） .....	156
付属資料 10 アンテナ指向性特性の影響について .....	158
付属資料 11 電波伝搬特性試験におけるハイトパターン測定結果 .....	161
付属資料 12 公開実証試験（見学会）について .....	162
付属資料 13 公共 BB 試験装置のドローンへの実装状況及び飛行事例 .....	163
参考文献.....	164
略語集 .....	167

## 第1章 調査検討の概要

### 1.1 目的

信越地域の地勢はその約半分が山間地域で日本有数の豪雪地域を有し、近年頻発している自然災害においては、土砂崩れや雪害などにより、山間地域に多く点在する集落における孤立化が懸念されている。また、長野県においては、標高 3,000m を超すアルプス群に囲まれた山岳県となっており、近年の登山ブームを背景とした山岳遭難も増加し、国内では最も遭難事故件数が多い状態が続いている。

これらの集落の孤立化や山岳遭難における救急・救命活動等としては、救助隊の二次被害の防止、救助隊の規模、装備品など、災害・救難現場の状況を把握し、迅速に検討を行うことが求められている。

しかし、山間地域においては、険しい地勢のもと容易に災害・救難現場への進入が困難であり、その状況を迅速に把握できないことが想定される。これらの課題解決のひとつの方策として、上空からの映像伝送による現場状況の把握が効果的と考えられている。

本調査検討は、現在、陸上及び海上からの長距離映像伝送が可能な「200MHz 帯広帯域移動通信システム」（公共ブロードバンドシステム、以下「公共 BB」という。）の特性を生かし、上空利用への拡大とその有用性、技術的条件等を検討することにより、周波数の有効利用に資することを目的とする。

### 1.2 調査検討の概要

200MHz 帯広帯域移動通信システムは、陸上又は海上において、救急・救命活動等として現場の映像情報の収集やデータ伝送にその効力を発揮しているが、信越地域等の中山間地域の険しい地勢、かつ、日本有数の豪雪地域で行われる災害対策・人命救助の状況を踏まえ、上空での利用の可能性について検討を行う。検討にあつては、上空利用における回線品質の検討のほか、他の公共 BB 及び無線システム及び隣接する周波数を利用する無線局への干渉について検討を実施する。公共 BB の上空利用における概要を図 1-1 に示す。

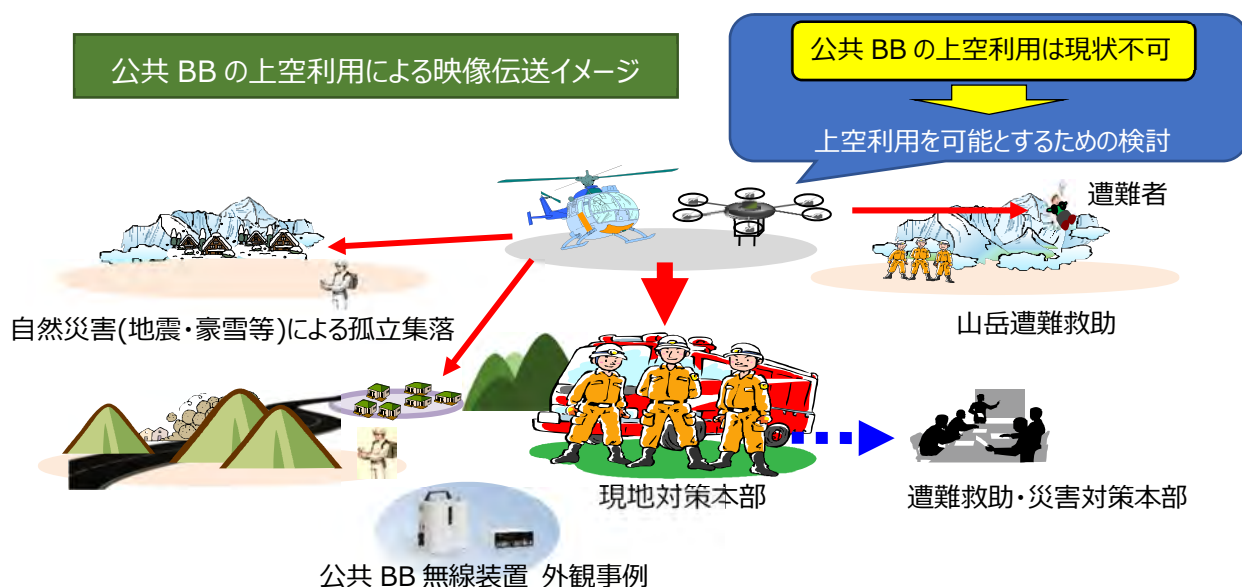


図 1-1 公共 BB の上空利用による調査検討イメージ

### 1.3 調査検討体制

本調査検討会を進めるために、「中山間地域における公共 BB の有効利用を図るための上空利用に関する調査検討会」を設置し、調査検討を行った。付属資料 1 に「中山間地域における公共 BB の有効利用を図るための上空利用に関する調査検討会 開催趣旨」、付属資料 2 に「中山間地域における公共 BB の有効利用を図るための上空利用に関する調査検討会 設置要綱」および、付属資料 3 に「中山間地域における公共 BB の有効利用を図るための上空利用に関する調査検討会 構成員名簿」を示す。

### 1.4 審議過程

本調査検討会は、学識経験者、無線技術に関する専門家、公共機関ユーザ及びオブザーバーで構成し、以下の(1)～(5)に示すスケジュール及び調査検討内容について会合を実施した。

#### (1) 第 1 回 調査検討会（令和元年 7 月 25 日）

設置要綱、開催趣旨、目的、全体スケジュール、構成員の説明のほか、座長、副座長の選出、屋内実証試験の調査手法に関する説明が行われ、内容について承認された。

#### (2) 第 2 回 調査検討会（令和元年 9 月 26 日）

各委員からの災害・救難事例の紹介、第 1 回調査検討会の議事要旨の確認、屋内実証試験結果の確認、屋外実証試験の調査手法の説明、屋外実証試験の「通信距離の拡大のための多段中継利用」が公開実証試験（見学会）で実施されることについての説明を行い、内容について承認された。

#### (3) 第 1 回 メール審議（令和元年 12 月 25 日～令和 2 年 1 月 10 日）

屋外実証試験（無積雪期）の結果まとめ資料、報告書（目次案）資料等について各委員へメール送付し、審議期間を経て、内容について承認された。

#### (4) 第 2 回 メール審議（令和 2 年 1 月 31 日～令和 2 年 2 月 7 日）

屋外実証試験（積雪期）の結果まとめ資料、報告書（概要）資料、屋外試験場所選定に関する資料について各委員へメール送付し、審議期間を経て、内容について承認された。

#### (5) 第 3 回 調査検討会（令和 2 年 3 月 11 日）

本調査検討報告書ならびに報告書（概要）資料について説明を行い、調査検討会により承認された。

### 1.5 災害・救難事例の紹介

本調査検討を推進するにあたり、第 2 回調査検討会において、自営系無線システムを運用されている委員各位の組織における災害・救難事例の現状に関するヒアリングを実施し、7 組織から回答を得た。

詳細については、付属資料 4 に示す。

## 1.6 調査検討項目

本調査検討会の実施項目を表 1-1 に示す。

表 1-1 調査検討会の実施項目

項番	主要実施項目	詳細項目
1	屋内実証試験	<p>[1]公共 BB 基本特性取得及び評価に必要な各種パラメータの取りまとめ</p> <p>(1)受信電力-BER 特性試験</p> <p>(2)同一波干渉、隣接チャンネル干渉及び次隣接チャンネル干渉試験</p> <p>(3)D/U-BER 特性試験</p> <p>[2]電波伝搬モデル検討</p> <p>[3]干渉モデル及び通達距離に関するシミュレーション</p> <p>[4]上空利用に適する多段中継方式の選定</p>
	屋外実証試験	<p>[1]上空からの与干渉の実証試験及び与干渉モデルの電波伝搬モデルの作成</p> <p>(1)伝搬伝搬特性試験（無積雪期及び積雪期）</p> <p>(2)D/U-BER 特性試験</p> <p>[2]利用形態の事例に係る実証試験</p> <p>(1)単一回線（P-P）</p> <p>(2)多段中継利用（通信距離の拡大）</p> <p>※上空利用：無人航空機及び航空機を想定。なお、本実証試験では類似の試験環境(山岳高所)を用いるものとする。ただし、公開実証試験を除く。</p>
2	共用検討	<p>周波数共用条件</p> <p>[1]同一システム間</p> <p>屋内試験及び机上検討、同一波における屋外実証</p> <p>[2]隣接周波数帯の他のシステム間</p> <p>総務省が実施した過去の技術報告等を参考に、下側隣接について検討する。</p>
3	改正すべき技術基準	<p>上記 1 及び 2 の検討結果を踏まえ、改正すべき技術基準をとりまとめる。</p>
4	その他 (付随する事項の検討)	<p>本検討事項を達成するために必要な事項を検討しとりまとめる。</p>

## 1.7 実施方法

「表 1-1 調査検討会の実施項目」に示す各実施項目の実施方法について、詳細を以下に示す。

### 1.7.1 屋内実証試験

[1] 公共 BB 基本特性取得及び評価に必要な各種パラメータの取りまとめ

#### (1) 受信電力－BER 特性試験

受信電力-BER 試験における、試験装置構成を図 1-2、測定結果の概念図を図 1-3 に示す。移動局側で受信電力－BER 特性を測定し、所要受信電力（図 1-3 中の“P”）を実測する。データ通信の回線品質を規定する所要 BER 値は、過去の公共 BB の情報通信審議会報告を踏襲し、 $BER=1\times 10^{-6}$ とする。

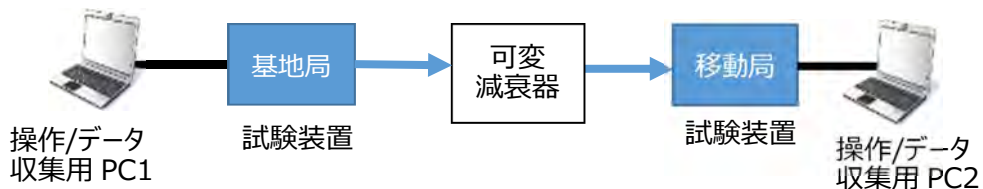


図 1-2 受信電力－BER 特性試験における装置構成

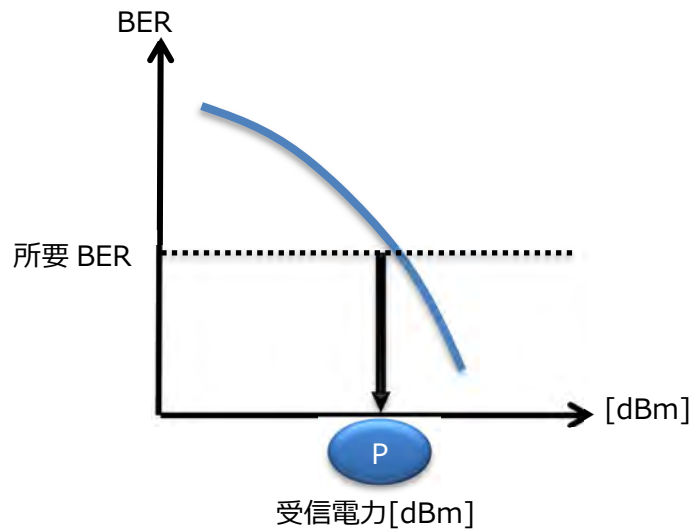


図 1-3 受信電力－BER 特性の概念図

(2) 同一チャンネル干渉、隣接チャンネル干渉及び次隣接チャンネル干渉の基礎特性試験

移動局送信波のスペクトラム特性を測定器（スペクトラムアナライザ）で測定する。試験装置構成を図 1-4、測定結果の概念図を図 1-5 に示す。

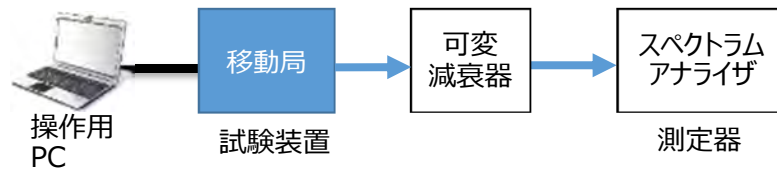


図 1-4 同一チャンネル干渉、隣接チャンネル干渉及び次隣接チャンネル干渉の基礎特性試験における装置構成

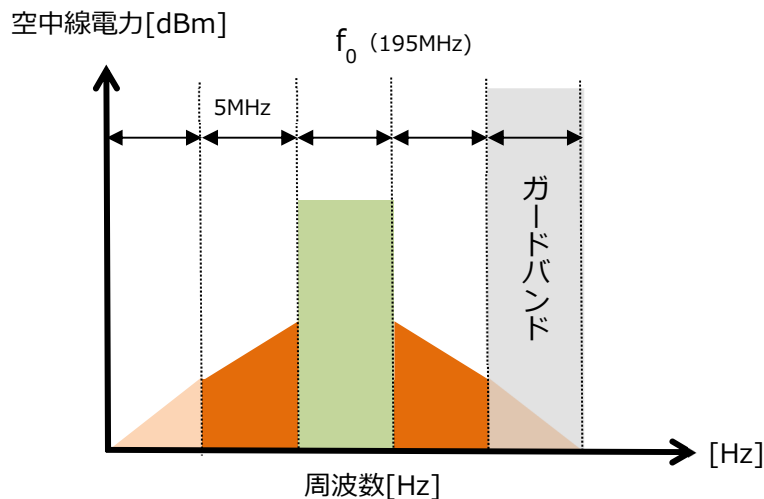


図 1-5 送信スペクトラム特性の概念図

(3) D/U-BER 特性試験

同一システム間干渉を想定し、希望波（D）干渉波（U）ともに公共 BB 信号として、D/U-BER 特性を測定して所要 D/U 値を明らかにする。試験装置構成を図 1-6、測定結果の概念図を図 1-7 に示す。

図 1-7 の“ $P_1$ ”は同一チャンネルの所要 D/U、“ $P_2$ ”は隣接チャンネルの所要 D/U、“ $P_3$ ”は次隣接チャンネルの所要 D/U を示している。

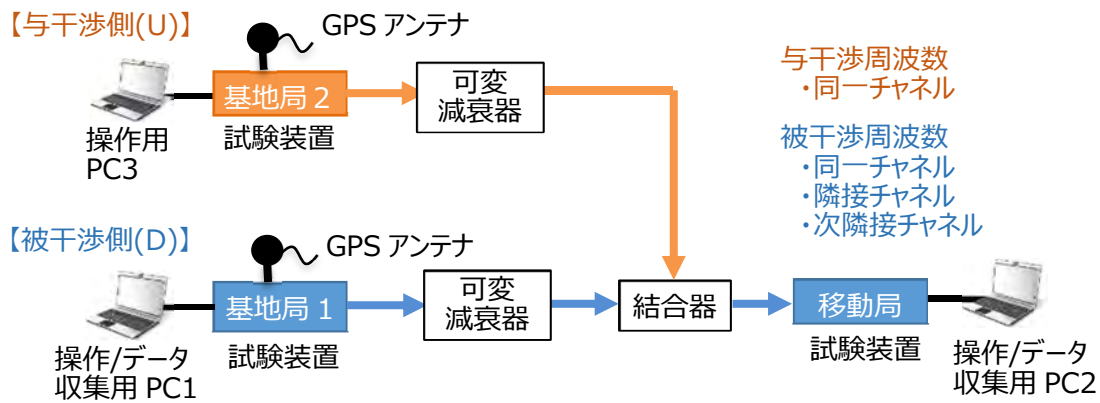


図 1-6 D/U-BER 特性試験における装置構成

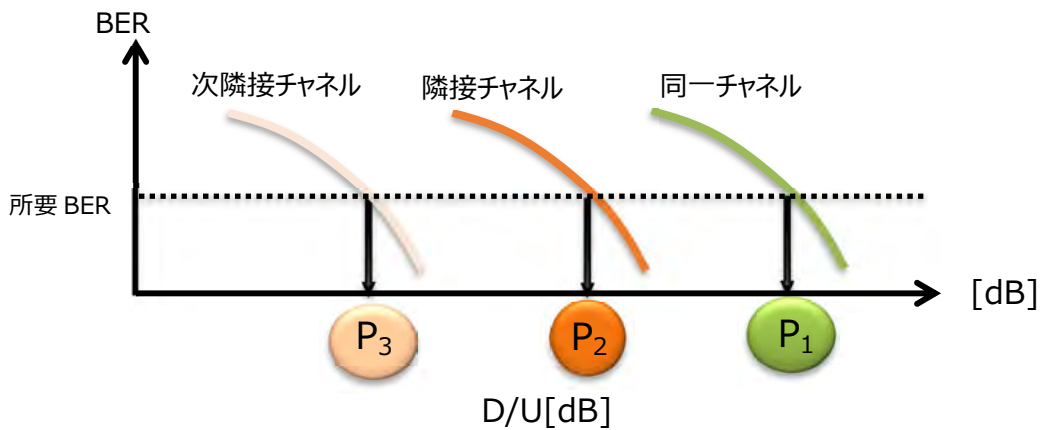


図 1-7 D/U-BER 特性の概念図

## [ 2 ] 電波伝搬モデル検討

電波伝搬モデルの検討方法については、「2.2 電波伝搬モデル検討」にて後述する。

## [ 3 ] 干渉モデル及び通達距離に関するシミュレーション

前述の「受信電力-BER 特性の結果」、「送信スペクトラム特性の結果」、及び「D/U-BER 特性の結果」に基づき、通達距離及び所要離隔距離を試算する。被／与干渉側の無線局と通達距離と所要離隔距離の関係を図 1-8 に示す。



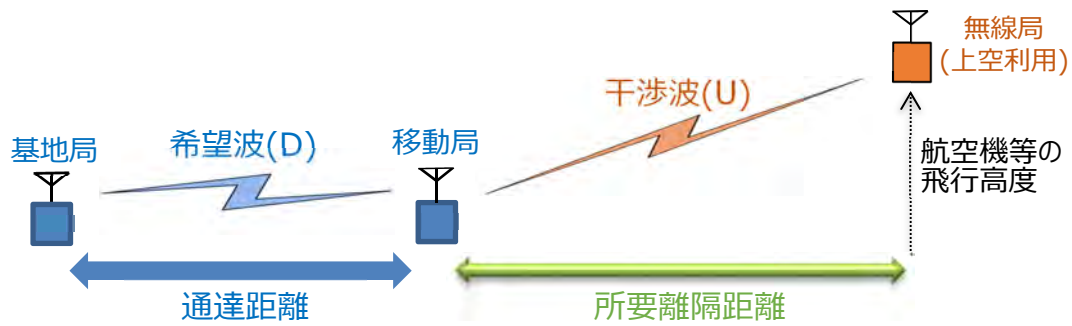


図 1-8 被／与干渉側の無線局と通達距離と所要離隔距離の関係

図 1-8 に示す通達距離は、受信感度を満足する受信レベルが得られる送受信機間距離として規定する。なお、実際に通信が可能な通信距離は、現行の公共 BB システムの民間標準規格（ARIB STD-T103）<sup>[1]</sup>で規定される TDD 複信方式のギャップタイムにより約 30km に留まるが、公共 BB システムの単一回線区間における最大通信距離の延伸に関する検討結果<sup>[12]</sup>によれば、最大 120km の通信が可能であるとの報告がなされている。

また、所要離隔距離は、希望波(D)の帯域内に干渉波(U)が漏えいすることにより、希望波の回線品質が規定値（ $BER = 1 \times 10^{-6}$ ）を下回るときの被干渉局と与干渉局の距離として規定する。

次に、通達距離及び所要離隔距離について、図 1-9 の概念図を用いて述べる。

このグラフは、電波伝搬モデルにおける減衰特性を表しており、受信電力に対する伝搬距離は、無線局の空中線電力から減衰量を減じて試算される。

- ・ “P”は所要受信電力値であり、この値に対する伝搬距離が通達距離となる。
- ・ “ $P_1$ ”は同一チャンネルの所要 D/U 値であり、“ $P_1 + P$ ”に対する伝搬距離が同一チャンネルにおける所要離隔距離となる。
- ・ “ $P_2$ ”は隣接チャンネルの所要 D/U 値であり、“ $P_2 + P$ ”に対する伝搬距離が隣接チャンネルにおける所要離隔距離となる。
- ・ “ $P_3$ ”は次隣接チャンネルの所要 D/U 値であり、“ $P_3 + P$ ”に対する伝搬距離が隣接チャンネルにおける所要離隔距離となる。
- ・ 上空利用における電波伝搬モデルについては、既存の電波伝搬モデルを参考に検討を行う。

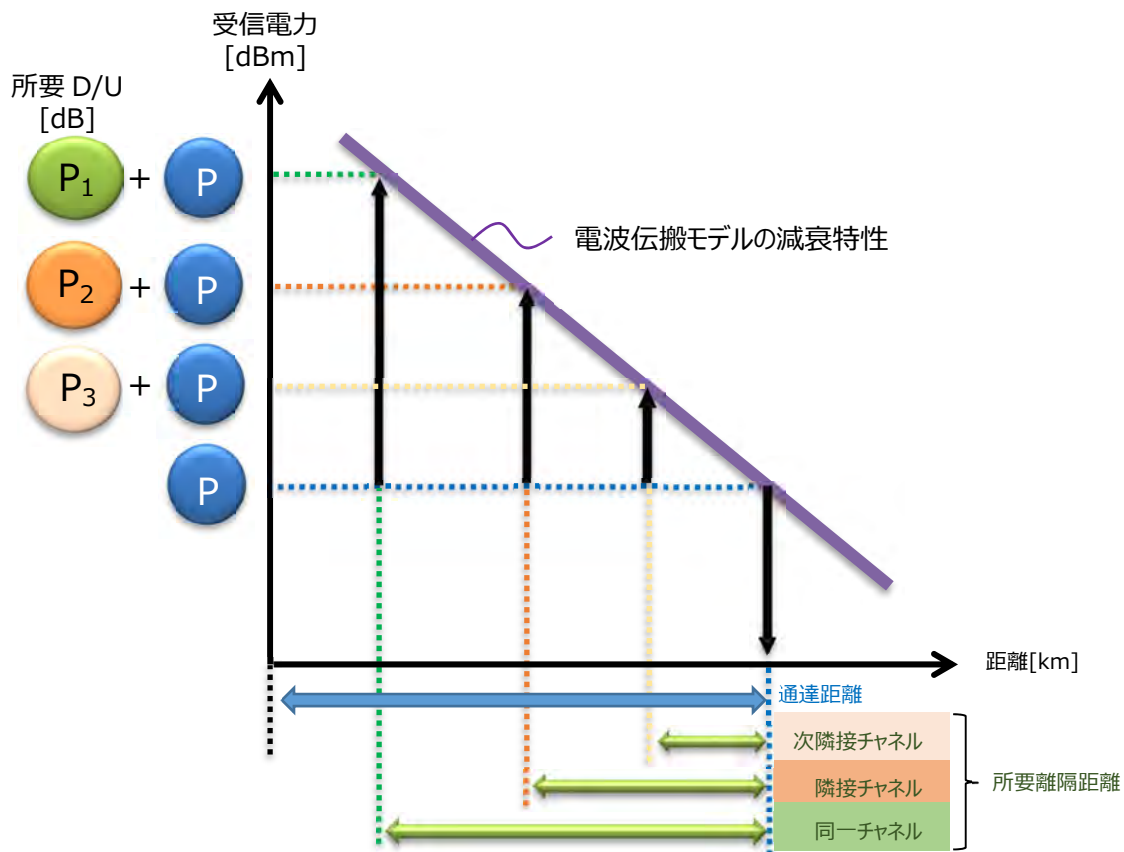


図 1-9 到達距離及び所要離隔距離の関係（概要図）

#### [4] 多段中継方式の選定

調査目的のとおり、山岳地帯等の災害現場状況の把握には、上空からの映像伝送が効果的と考えられる。そのような利用形態において安定な長距離無線回線を構築するには、中継用無線局を介した無線映像中継伝送が必要不可欠である。現在、民間規格に規定される中継方式として3つの方式があり、利用形態に応じて最適な方式を選定することが求められる。

本調査検討で想定する無線映像多段中継の概念図を図 1-10 に示す。図では、災害現場の移動局との地上間通信が不可能なケースを想定しており、災害現場とは航空機に積載する中継用無線局2と無線通信をしていることを表している。中継無線局2は災害現場に近い現地対策本部との無線通信を行う。ここで、現地対策本部から遭難救助・災害対策本部まで無線中継（無線区間3）によってカメラ映像を中継する利用概念を示す。

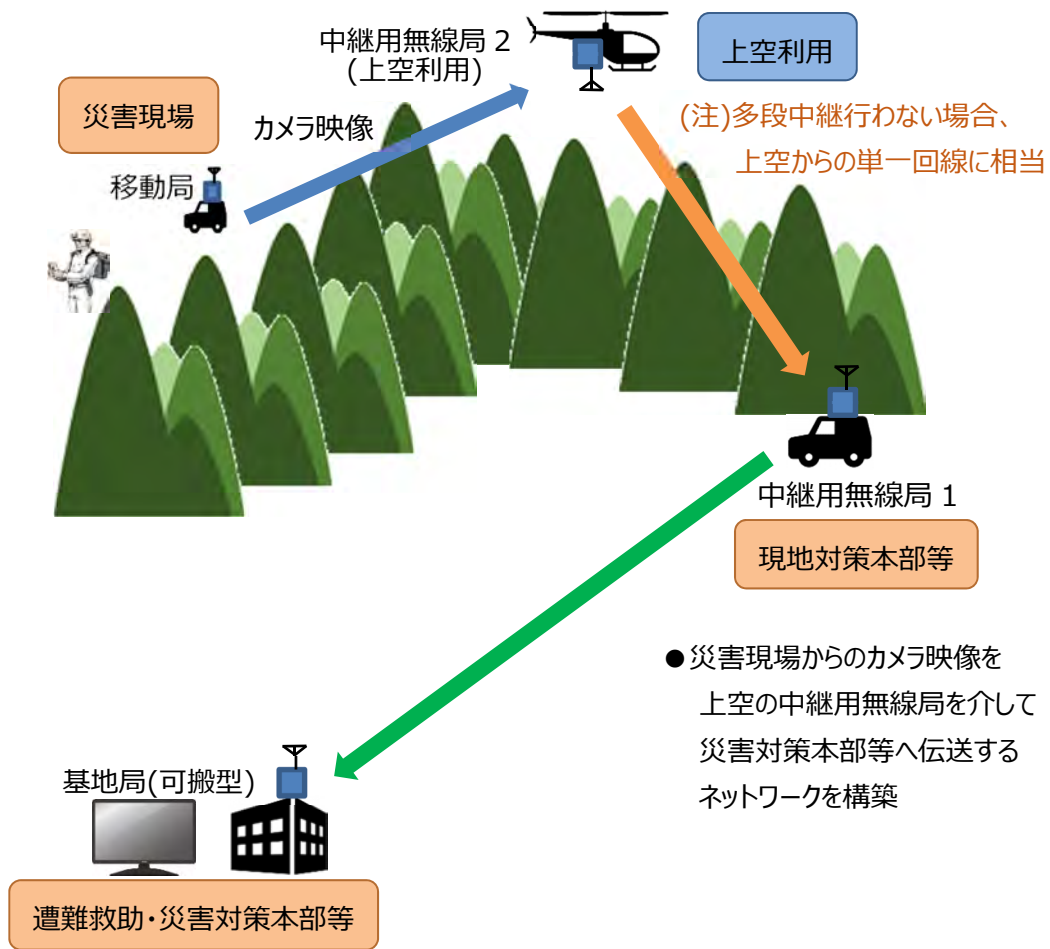


図 1-10 無線映像多段中継の利用概念図

多段中継については、周波数有効利用の観点から、図 1-11 に示すように各無線局間で同一チャネル（1周波数）を用いる方式を設定した。多段中継方式の概要及び今回採用する選定理由は「2.4 上空利用に適する多段中継方式の選定」に後述する。

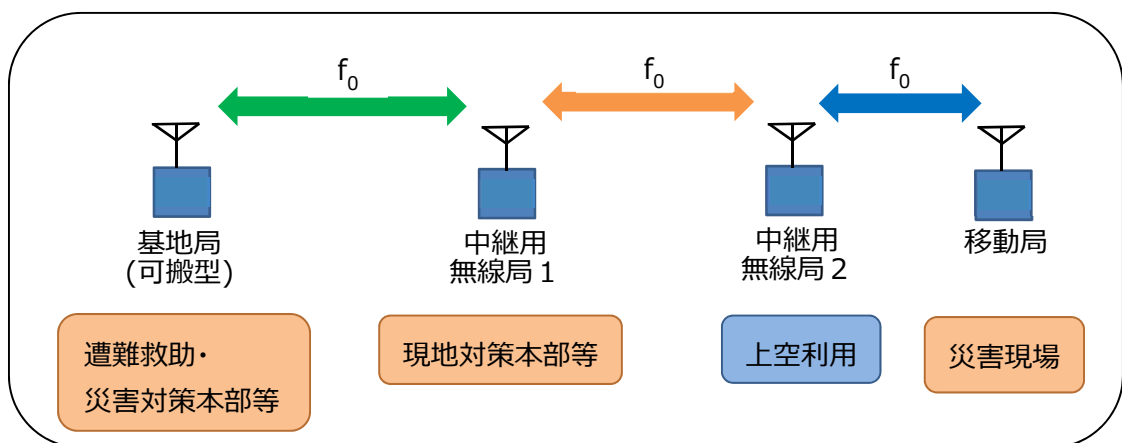


図 1-11 多段中継時の無線チャネルの概念

### 1.7.2 屋外実証試験

3つの屋外試験（電波伝搬特性試験、D/U-BER 特性試験、利用形態に係る実証試験）について以降に説明する。

#### [1] 上空からの与干渉の実証試験及び与干渉モデルの電波伝搬モデルの作成

##### (1) 電波伝搬特性試験（無積雪期、積雪期）

電波伝搬特性については、上空を想定した無線局からの送信波を地上側の測定器（スペクトラムアナライザ）で受信電力測定と隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力測定を行い、送受信間距離と減衰量から、上空利用における電波伝搬モデルについて検証する。今回、本実証試験では、無積雪期と積雪期において、同じ試験を行い、積雪の有無による電波伝搬の差異についても検証する。

上空利用における無線送信側では、航空機または無人航空機に無線局を搭載して無線送信は行わず、上空利用を模擬し、山岳高所に無線局を設置し、無線送信を行う手法で試験を実施する。

電波伝搬特性試験の概念図を図 1-12 に示す。

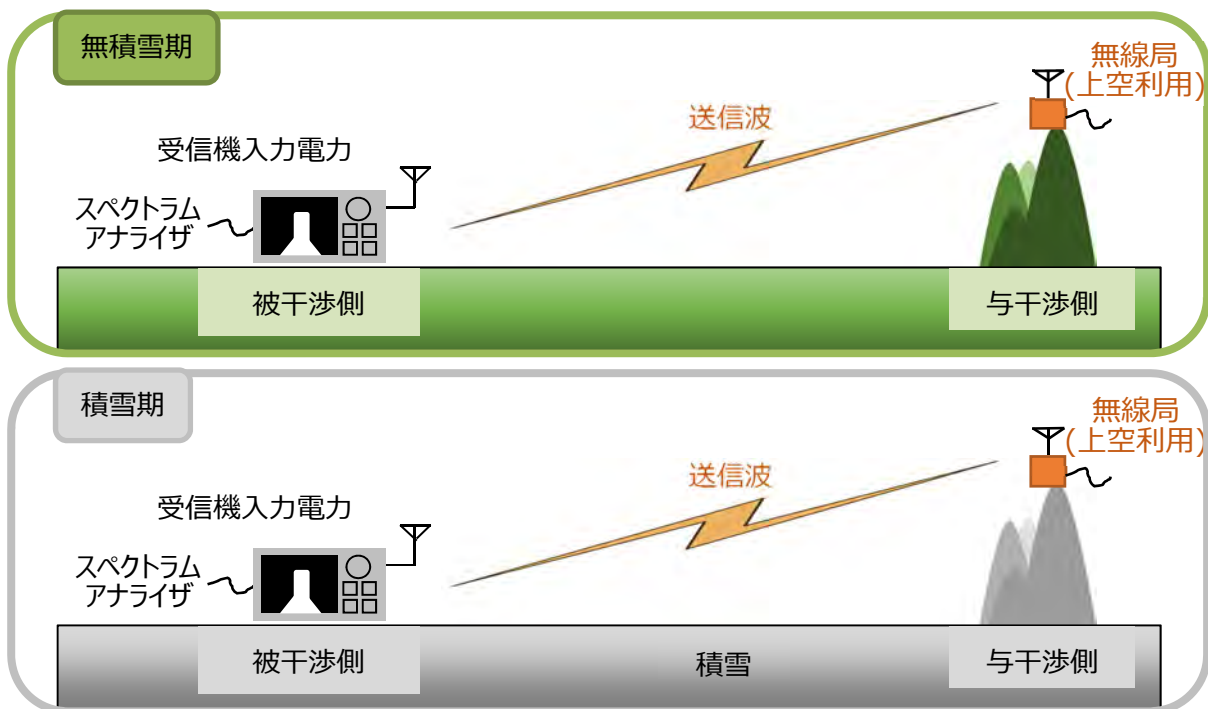


図 1-12 電波伝搬特性試験の概念図

無積雪期と積雪期の比較については、同一場所において、受信機入力電力の差異の有無及び程度について検証する。

## (2) D/U-BER 特性試験

従来の陸上利用を想定した基地局と移動局を被干渉局として地上側に設置し、山岳高所には、上空利用を想定した与干渉局として干渉波を送信する中継用無線局を設置する。

被干渉側の移動局では、同じく被干渉側の基地局からの希望波(D)と、山岳高所側の与干渉局からの干渉波(U)を受信させ、そのときの希望波(D)と干渉波(U)レベル比に対する BER 特性を測定し、その結果である D/U-BER 特性により、所要 BER =  $1 \times 10^{-6}$  を確保するために必要な所要 D/U について検証する。

なお、電波伝搬特性試験の概念図を図 1-13 に示す。図に示すとおり、希望波(D)と干渉波(U)の無線送信タイミングを同期することで、干渉度合を一定させ、測定結果を安定させることを目的として、被干渉側の基地局及び与干渉側の中継用無線局に GPS アンテナを接続して試験を実施する。

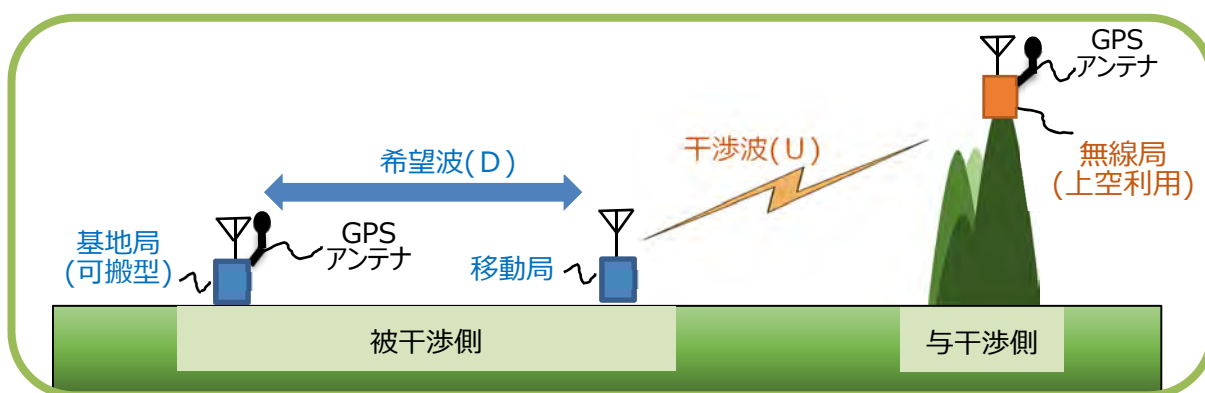


図 1-13 D/U-BER 特性試験の概念図

## [2] 利用形態の事例に係る実証試験

単一回線による上空利用及び通信距離の拡大のための多段中継利用（無線区間 2 以上）の利用形態の事例に係る実証試験として、災害現場からの映像を現地対策本部で目視確認することを想定した試験を実施する。

### (1) 単一回線(P-P)

単一回線による上空利用の概念図を図 1-14 に示す。上空利用を想定した山岳高所に中継用無線局及び映像撮影用カメラを設置し、地上側の想定現地対策本部間との映像確認を行う。

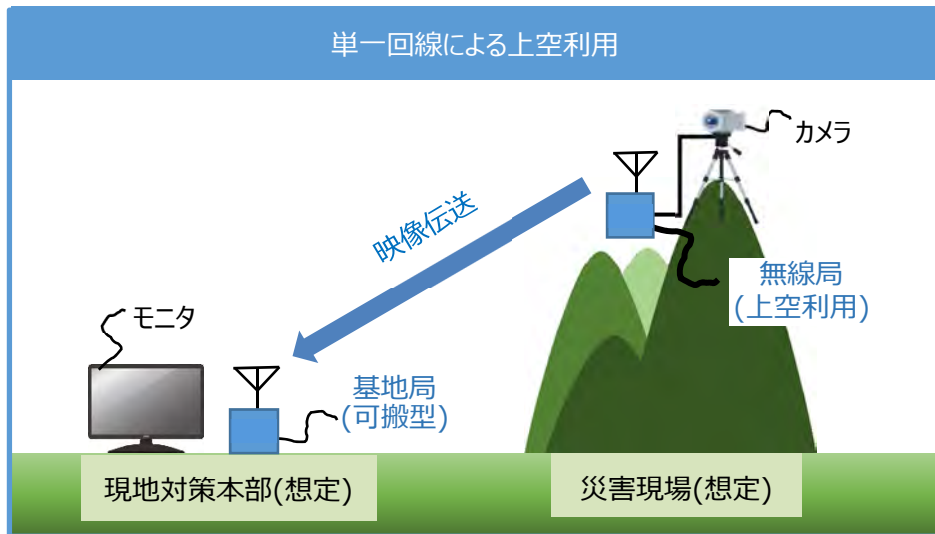


図 1-14 単一回線による上空利用の概念図

(2) 多段中継利用 (通信距離の拡大)

通信距離の拡大のための多段中継利用の概念図を図 1-15 に示す。災害現場と現地対策本部が単一回線で通信できないことを想定し、災害現場と現地対策本部間の上空に、公共 BB を搭載した無人航空機 (大型ドローン) を飛行させ、無線映像中継伝送 (無線区間 2) を行う。

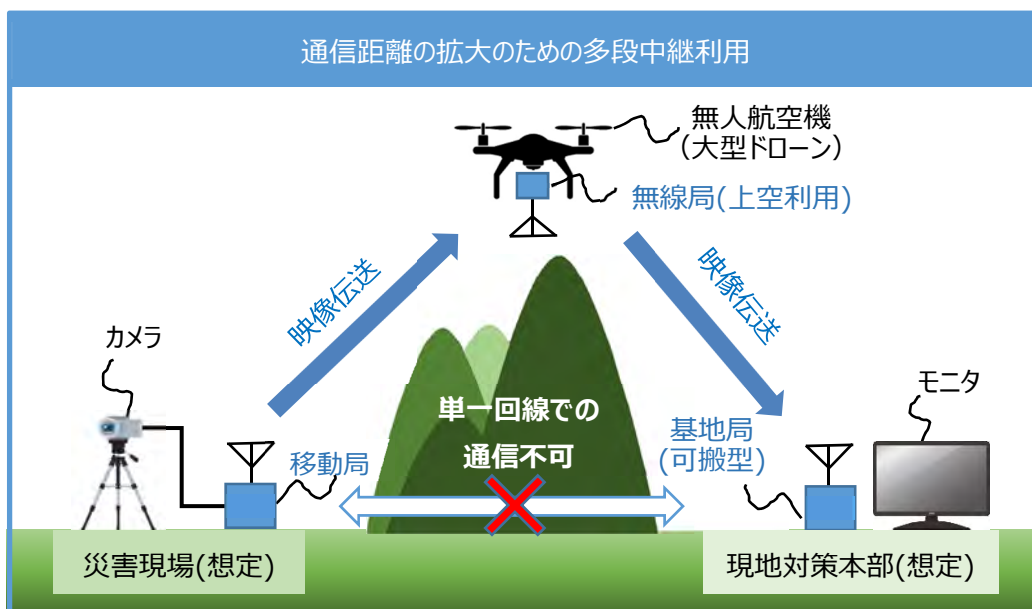


図 1-15 通信距離の拡大のための多段中継利用の概念図

### 1.7.3 共用条件検討

周波数共用条件等の導出に向け、「同一周波数帯システム間の共用条件」及び「隣接周波数帯システム間の共用条件」について、それぞれの検討事項について以下に述べる。

#### [1] 同一周波数帯システム間の共用条件

屋内試験及び机上検討及び同一波における屋外実証の結果を考慮し、通達距離及び所要離隔距離を算出し検討する

#### [2] 隣接周波数帯システム間の共用条件

総務省が実施した過去の技術検討結果等を参考とし、通達距離及び所要離隔距離を算出し、下側隣接周波数帯システムについて検討する。

## 第2章 公共 BB の上空利用の有用性の検討及び上空利用による電波伝搬特性と技術諸条件の検討

### 2.1 公共 BB 基本特性取得及び評価に必要な各種パラメータの取り纏め

#### 2.1.1 公共 BB の主要な技術的条件・規格

公共 BB の無線設備規則等に規定される主要な技術的条件・規格を表 2-1 に示す。本調査検討においては、公共 BB 基地局については、現在、民間標準規格<sup>[1][2]</sup>の下、普及が進んでいる可搬型を対象とした。なお、当該可搬型基地局については、無線設備規則上、陸上移動局及び携帯局に分類されている。以下、可搬型基地局を基地局と称する。

表 2-1 公共 BB (基地局及び移動局) の主要な技術的条件・規格

項番	項目	規格及び技術的条件
1	周波数帯	VHF 帯 (170~202.5 MHz)
2	周波数の許容偏差	$\pm 5 \times 10^{-6}$ 以内
3	チャンネル帯域幅	5 MHz
4	占有周波数帯幅	4.9 MHz 以下
5	空中線電力	5 W 以下
6	空中線電力の許容偏差	+50 %, -50 %
7	隣接チャンネル漏えい電力	隣接 -21 dBc 以下, 次隣接 -41 dBc 以下
8	送信空中線絶対利得	10 dBi 以下 (給電線損失を補う分の増加を認める)
9	通信方式	TDD 方式
10	多重化方式	OFDM/OFDMA
11	変調方式	QPSK, 16QAM, 64QAM

一般的な公共 BB 無線装置の外観について図 2-1 に示す。



図 2-1 公共 BB 無線装置の外観例 (参考図)



本実証試験では、図 2-1 に示すインドアモデルの空中線電力 5W 及び 1W の無線装置を使用した。また、屋内実証試験項目と各試験装置の使用一覧を表 2-2 に示す。

表 2-2 屋内実証試験項目と使用する試験装置一覧

屋内実証試験項目	基地局		移動局	
	5W	1W	5W	1W
① 受信電力-BER 特性	○	—	○	—
② 送信スペクトラム特性	—	—	○	○
③ D/U-BER 特性	○	○	○	—

### 2.1.2 受信電力 – BER 特性試験

公共 BB の基本特性及び評価として、移動局にて受信電力 – BER 特性を実測した。BER 測定では、試験装置本体に内蔵される BER 測定機能を用い、試験信号には PN23 符号（PN：Pseudo random Noise／擬似ランダム雑音）を使用した。

#### 2.1.2.1 受信電力-BER 特性の試験構成

本試験構成及び試験構成の外観写真をそれぞれ図 2-2 及び図 2-3 に示す。

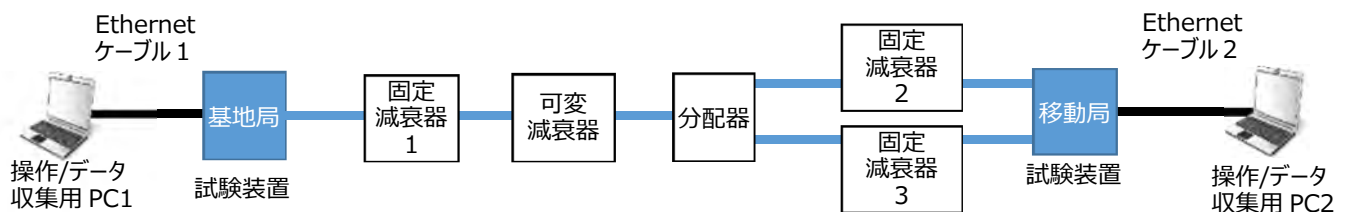


図 2-2 受信電力 – BER 特性における試験構成

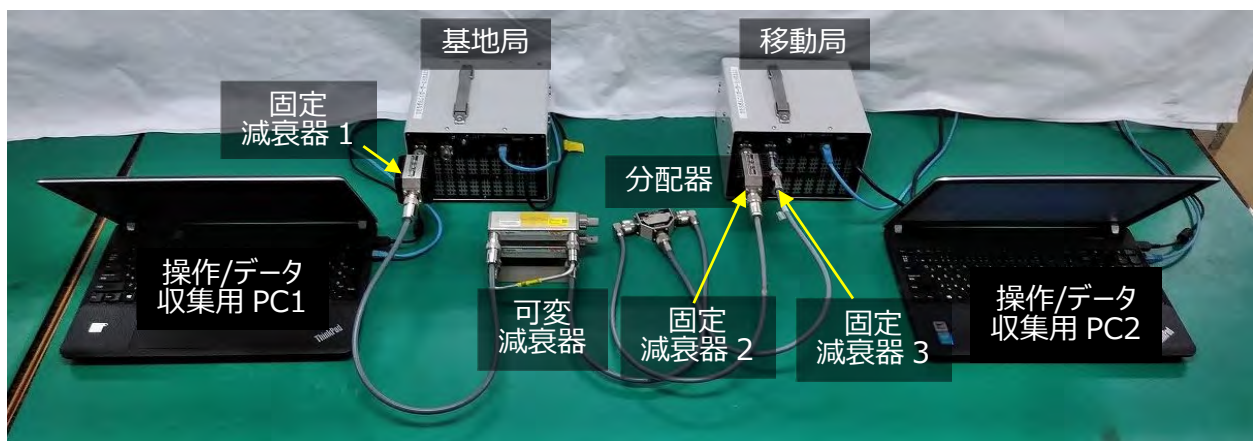


図 2-3 受信電力 – BER 特性における試験構成外観写真

## 2.1.2.2 評価パラメータ

受信電力－BER 特性試験における主要評価パラメータ一覧を表 2-3 に示す。

表 2-3 受信電力－BER 特性における主要評価パラメータ

項番	パラメータ	設定条件	選定理由
1	空中線電力	5 W	通常の陸上利用の公共 BB の運用を想定
2	周波数	200 MHz (隣接チャンネル) 195 MHz (同一チャンネル) 190 MHz (隣接チャンネル) 185 MHz (次隣接チャンネル)	同一チャンネル、隣接チャンネル、次隣接チャンネルを想定
3	TDD 比率 (DL:UL)	9:38 (上り優先モード)	上り優先モードによる、中継用無線局及び移動局から基地局への映像伝送を想定
4	変調方式、 符号化率(r)	QPSK、 $r=1/2$	最大通達距離及びその地点における干渉検討を主眼とする上から、公共 BB の移動局がセルエッジで運用されている状況を想定し、QPSK、 $r=1/2$ による評価を実施
5	受信方式	・シングル (非ダイバーシチ) ・ダイバーシチ (2 ブランチ)	受信ダイバーシチ効果／有効性の確認

### 2.1.2.3 測定結果

受信電力 – BER 特性試験の測定結果を図 2-4 に示す。

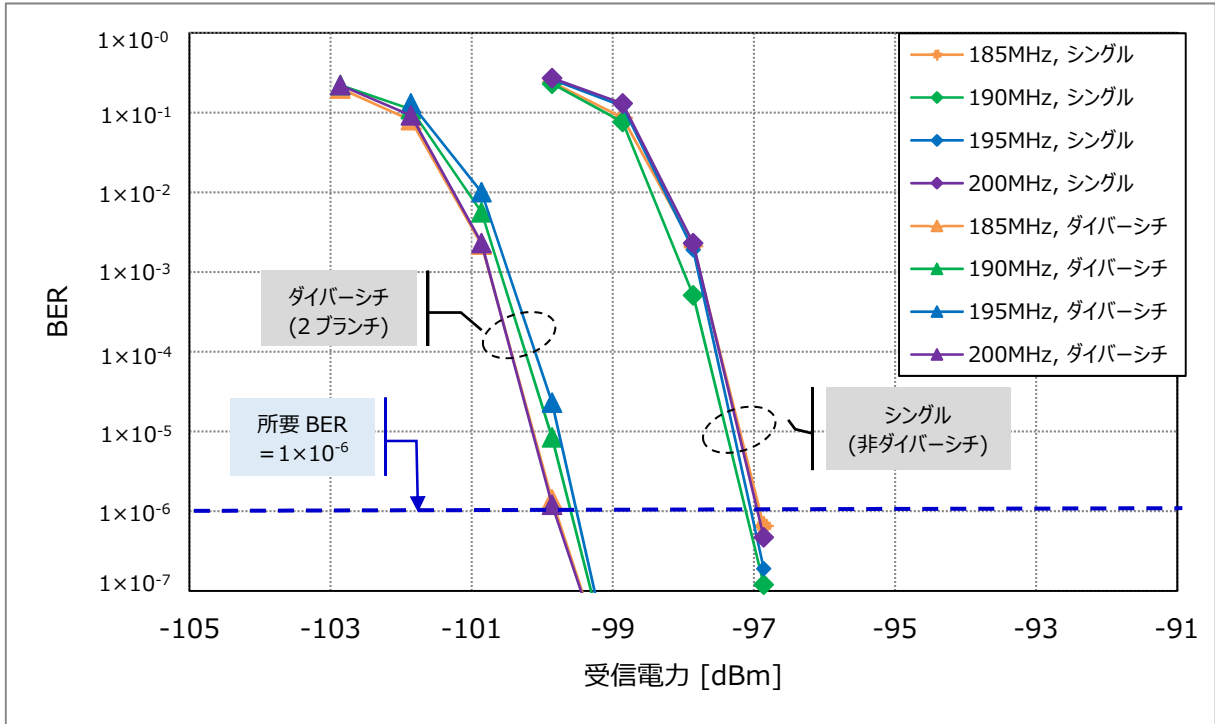


図 2-4 受信電力 – BER 特性の測定結果

図 2-4 に示す回線品質の規定点である所要 BER =  $1 \times 10^{-6}$  における所要受信電力は、表 2-4 のとおりとなった。ここで受信方式、すなわち受信ダイバーシチ有無による効果（ダイバーシチ利得）として、3dB が期待できる実測結果にある。

表 2-4 受信電力 – BER 特性

受信方式	所要受信電力
シングル (非ダイバーシチ)	-97 dBm
ダイバーシチ (2 ブランチ)	-100 dBm

次に、受信方式としてシングル（非ダイバーシチ）の実測値と計算機シミュレーション値との比較として、CNR – BER 特性を図 2-5 に示す。ここでは、横軸受信電力[dBm]を CNR[dB]に換算表示した。なお、受信総合雑音指数 NF = 4 dB として試算した。

所要 BER 値において、計算機シミュレーション結果と実測値の CNR の偏差は 1dB 程度であり、試験装置の固定劣化及び測定系のバラつき等を含め、妥当な結果にあると考えられる。

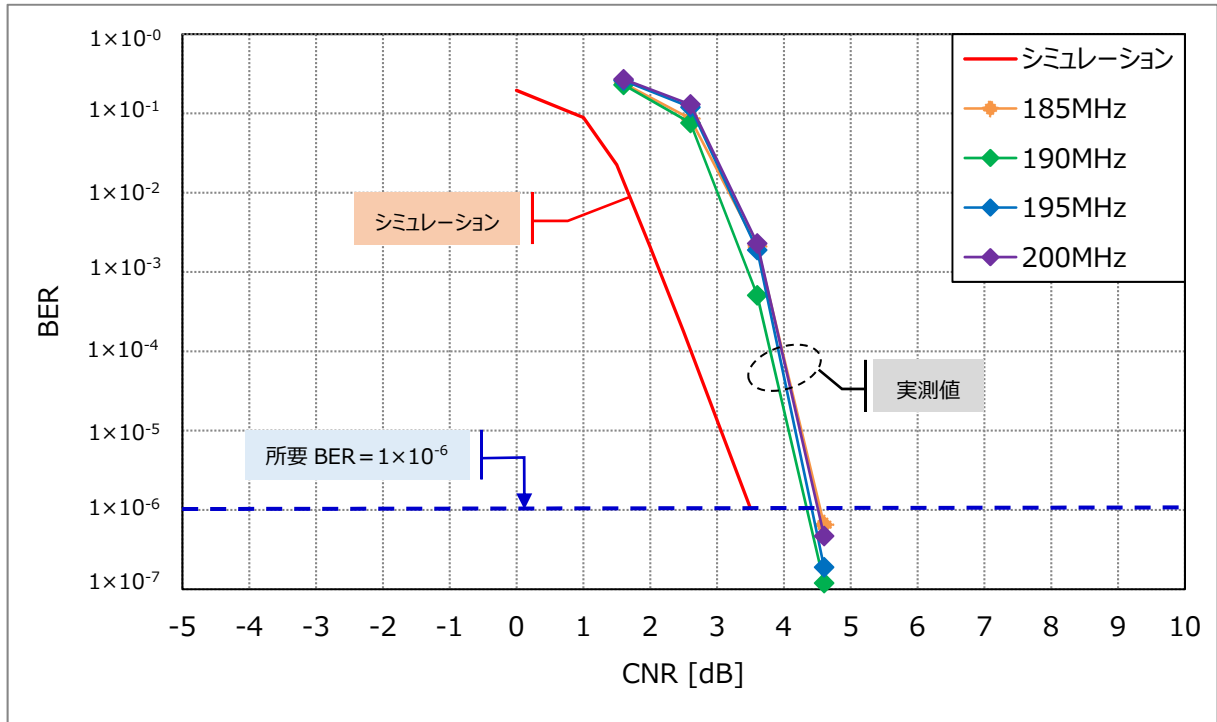


図 2-5 CNR – BER 特性（シミュレーション値との比較）

### 2.1.3 同一波干渉、隣接チャネル干渉及び次隣接チャネル干渉試験

同一波干渉、隣接チャネル干渉及び次隣接チャネル干渉試験として、屋内及び屋外実証試験に用いる試験装置の送信系基本特性を取得した。以下、送信スペクトラム特性試験と称す。

試験装置からの送信信号を測定器（スペクトラムアナライザ）に入力し、受信電力と隣接チャネル及び次隣接チャネル漏えい電力を測定した。本測定では、送信信号データとして、試験装置本体に内蔵される BER データ生成機能を用い、PN23 符号を付加した。

### 2.1.3.1 送信スペクトラム特性試験の試験構成

本試験構成及び試験構成の外観写真をそれぞれ図 2-6 及び図 2-7 に示す。

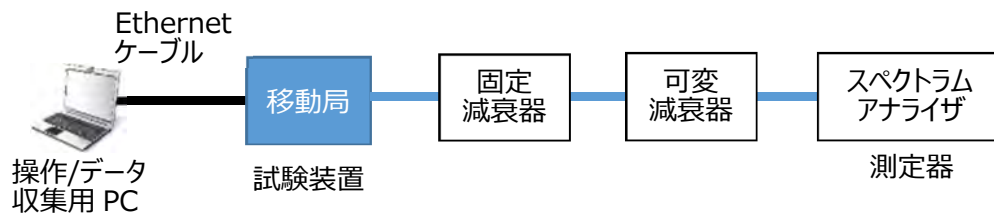


図 2-6 送信スペクトラム特性試験における試験構成



図 2-7 送信スペクトラム特性試験における試験構成外観写真

2.1.3.2 送信スペクトラム特性試験の主要評価パラメータ

送信スペクトラム特性試験の主要評価パラメータ及び送信スペクトラム特性の概念図を、それぞれ表 2-5 及び図 2-8 に示す。なお、送信周波数は、共通波（実験周波数）として割り当てられている 195MHz とし、評価パラメータにおける TDD 比率は、9:38（DL:UL）とした。

表 2-5 送信スペクトラム特性試験の主要評価パラメータ

項番	パラメータ	設定条件	選定理由
1	空中線電力	1W、5W	通常の陸上利用の公共 BB の運用を想定
2	周波数	200 MHz（隣接チャンネル） 195 MHz（同一チャンネル） 190 MHz（隣接チャンネル） 185 MHz（次隣接チャンネル）	送信波を同一チャンネルとし、同一チャンネルに対する隣接チャンネル及び次隣接チャンネルの電力を測定するため
3	TDD 比率（DL:UL）	9:38 （上り優先モード）	上り優先モードによる、中継用無線局及び移動局から基地局への映像伝送を想定
4	変調方式、符号化率(r)	QPSK、r=1/2	与干渉側につき、基本的に変調方式に依存しないため、他の項目と同様に QPSK、r=1/2 に統一

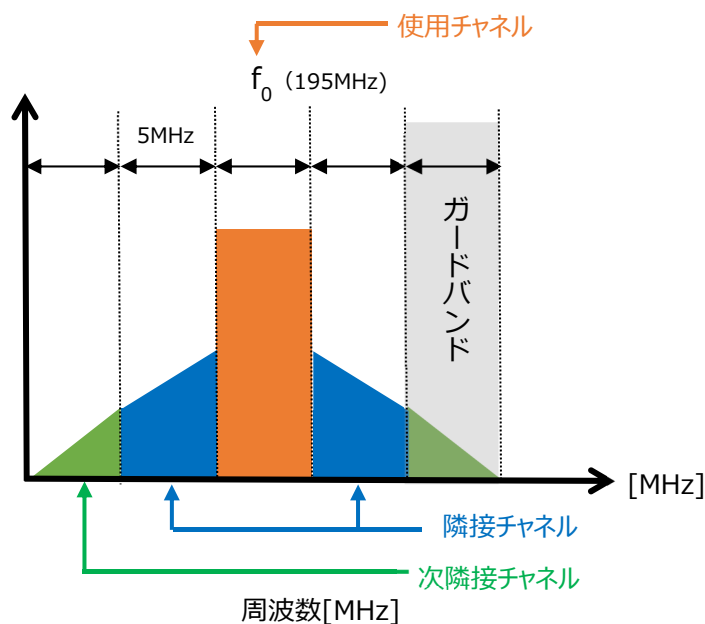


図 2-8 送信スペクトラム特性の概念図

### 2.1.3.3 送信スペクトラム特性試験の測定結果

#### 2.1.3.3.1 受信電力

試験装置の空中線電力を1W及び5Wとしたときの、それぞれの受信電力測定時のスペクトラムアナライザ画面を図 2-9 及び図 2-10 に示す。ここで、横軸は時間軸、縦軸はスペクトラムアナライザにおける送信波の受信レベルである。なお、受信レベルは、無線フレーム区間における送受信区間の平均電力を測定し、測定値を表 2-6 に示す。

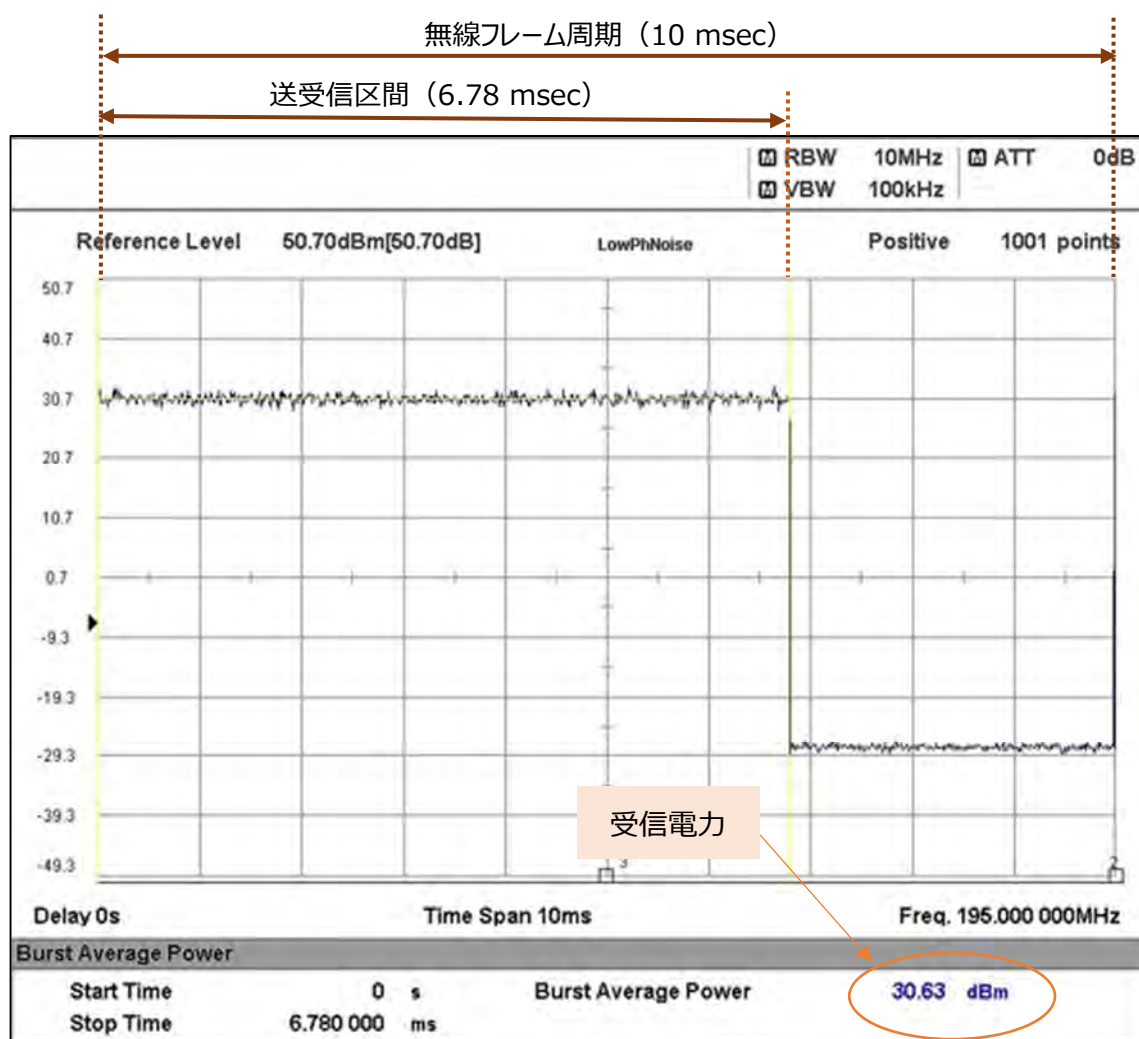


図 2-9 受信信号波形・受信電力（空中線電力 1W）



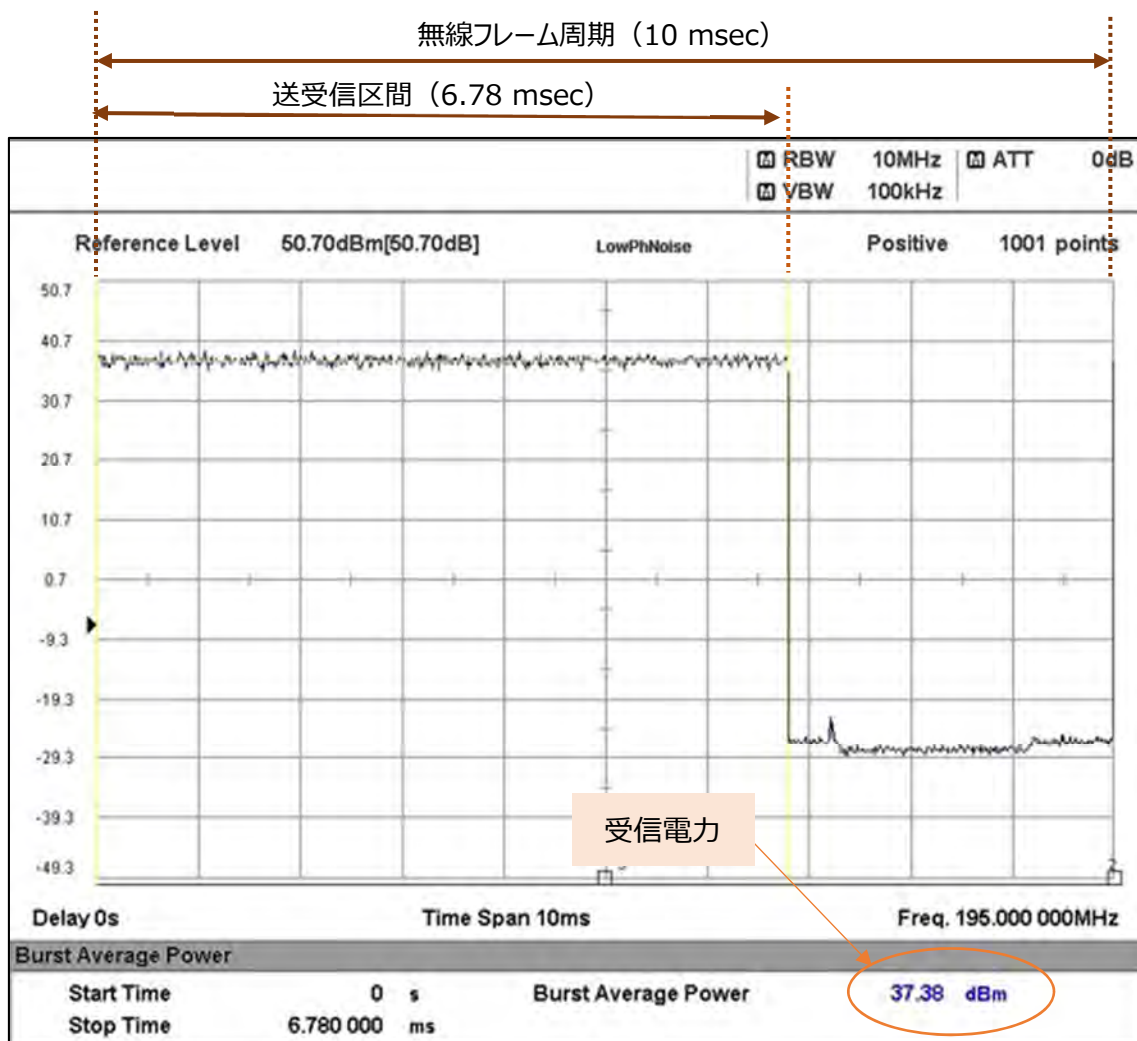


図 2-10 受信信号波形・受信電力（空中線電力 5W）

適用規格（無線設備規則第十四条）に示す定格出力に対する受信電力の測定結果との偏差が 1dB 未満であり、試験装置の測定結果は妥当であると考えられる。

表 2-6 受信電力の測定結果

空中線電力	受信電力（測定値）	適用規格： 無線設備規則第十四条 上限 50%、下限 50%以内 (±3dB 以内)
	195MHz	
1W (30.0dBm)	30.6 dBm	
5W (37.0dBm)	37.4 dBm	



### 2.1.3.3.2 隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力

空中線電力が 1W、5W それぞれの隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力測定時のスペクトラム画像を図 2-11 及び図 2-12 に示す。ここで、横軸は周波数軸、縦軸はスペクトラムアナライザにおける送信波の受信レベルである。また、測定値を表 2-7 に示す。



図 2-11 隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力 (1W)



図 2 -12 隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力 (5W)

適用規格（無線設備規則第四十九条の三十）に対し、隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力の実測値は 20dB 以上のマージンが認められる良好な結果にあった。

なお、所要離隔距離の試算においては、以降、無線設備規則の規定値及び試験装置の実測値の二通りに対して試算する。ここでマージン約 20dB は所要離隔距離の短縮／改善に寄与する。

表 2-7 隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力測定結果

空中線 電力	測定チャンネル	漏えい電力 (測定値)	無線設備規則 第四十九条の三十
1W	次隣接チャンネル (185MHz)	-61.9 dBc	-41 dBc 以下
	下隣接チャンネル (190MHz)	-44.6 dBc	-21 dBc 以下
	上隣接チャンネル (200MHz)	-45.3 dBc	-21 dBc 以下
5W	次隣接チャンネル (185MHz)	-59.3 dBc	-41 dBc 以下
	下隣接チャンネル (190MHz)	-42.6 dBc	-21 dBc 以下
	上隣接チャンネル (200MHz)	-46.1 dBc	-21 dBc 以下

#### 2.1.4 D/U-BER 特性試験

被干渉側基地局からの送信波を希望波(D)とし、与干渉側基地局からの送信波を干渉波(U)として合成し、被干渉側移動局で受信したときの D/U-BER 特性を測定した。

被干渉側移動局が受信する希望波(D)の受信電力レベルは、屋内実証試験の受信電力－BER 特性で測定し確認した所要受信電力に対して+3dB の値に設定して D/U-BER 特性試験を評価した。

なお、与干渉基地局については、屋外試験を想定し、無相関な伝搬路を模擬した干渉波(U)を独立に生成するため、送信部を 2 台構成とした。

##### 2.1.4.1 試験構成

本試験構成及び試験構成の外観写真をそれぞれ図 2-13 及び図 2-14 に示す。

干渉の影響を最悪ケースの条件で安定させることで評価の再現性・信頼性を確保するため、与干渉側及び被干渉側双方の送信タイミングを GPS により同期させる構成としている。

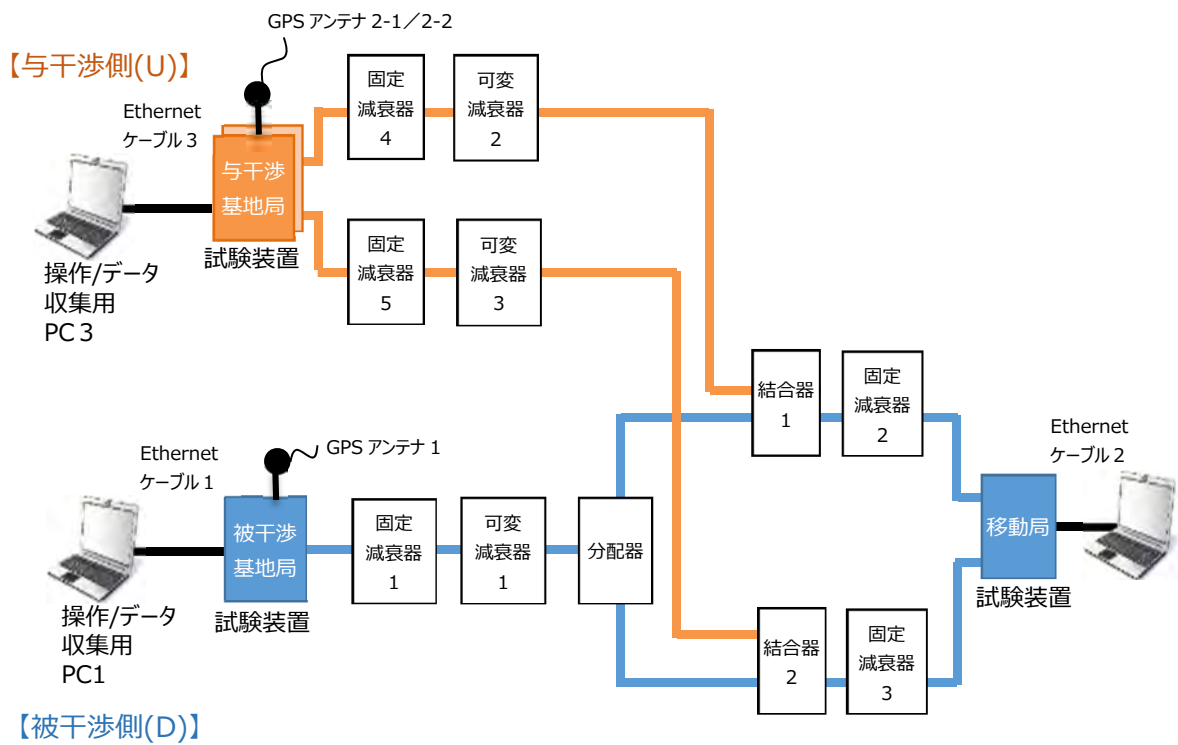


図 2-13 D/U-BER 特性試験における試験構成

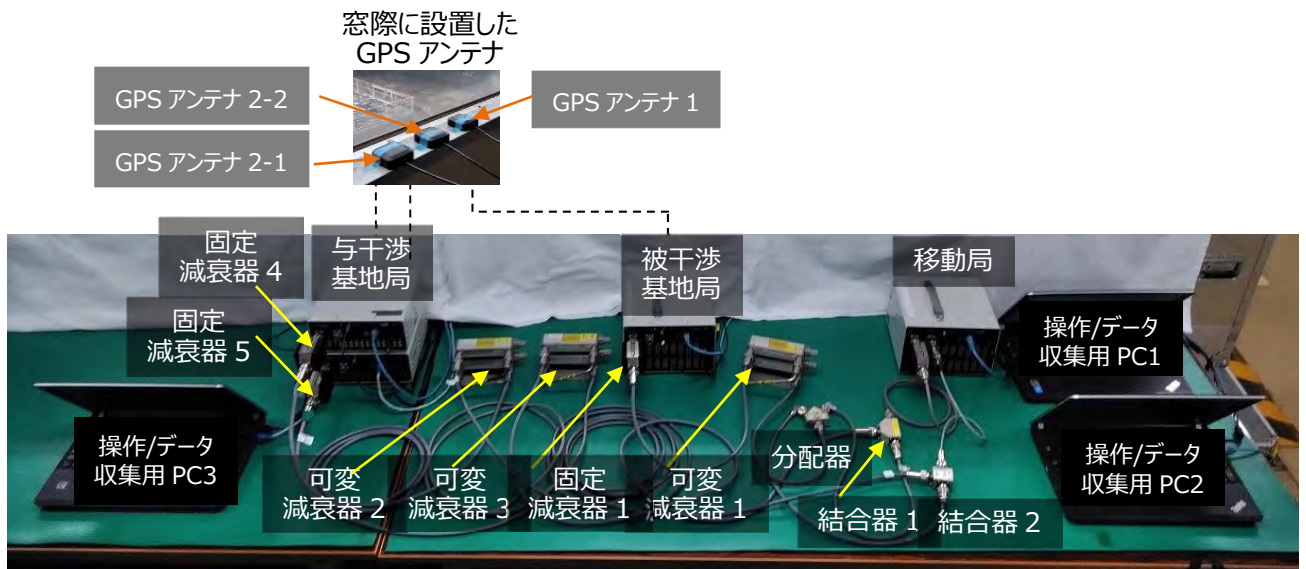


図 2-14 D/U-BER 特性試験の装置構成外観写真

#### 2.1.4.2 D/U-BER 特性試験の主要評価パラメータ

D/U-BER 特性試験の主要評価パラメータを表 2-8 に示す。

表 2-8 D/U-BER 特性試験の主要評価パラメータ

項番	パラメータ	設定条件	選定理由
1	空中線電力	1 W (与干渉局) 5 W (被干渉局)	1 W : 上空利用での運用を想定 5 W : 通常の陸上利用の公共 BB の運用を想定
2	周波数	200 MHz (被干渉局) 195 MHz (被干渉局、与干渉局) 190 MHz (被干渉局) 185 MHz (被干渉局)	与干渉局の使用チャンネルに対する同一チャンネル(195MHz)、隣接チャンネル(190MHz、200MHz)及び次隣接チャンネル(185MHz)への影響を確認
3	TDD 比率 (DL : UL)	9:38(上り優先モード)	上り優先モードによる、中継用無線局及び移動局から基地局への映像伝送を想定
4	変調方式、 符号化率(r)	QPSK、r=1/2	移動局がセルエッジでの運用を想定
5	受信方式	シングル (非ダイバーシチ) ダイバーシチ (2 ブランチ)	ダイバーシチ効果の確認/有効性

### 2.1.4.3 D/U-BER 特性試験の測定結果

D/U-BER 特性試験の測定結果を図 2-15 に示すとともに、それぞれの所要 D/U 値を表 2-9 にまとめるとめる。

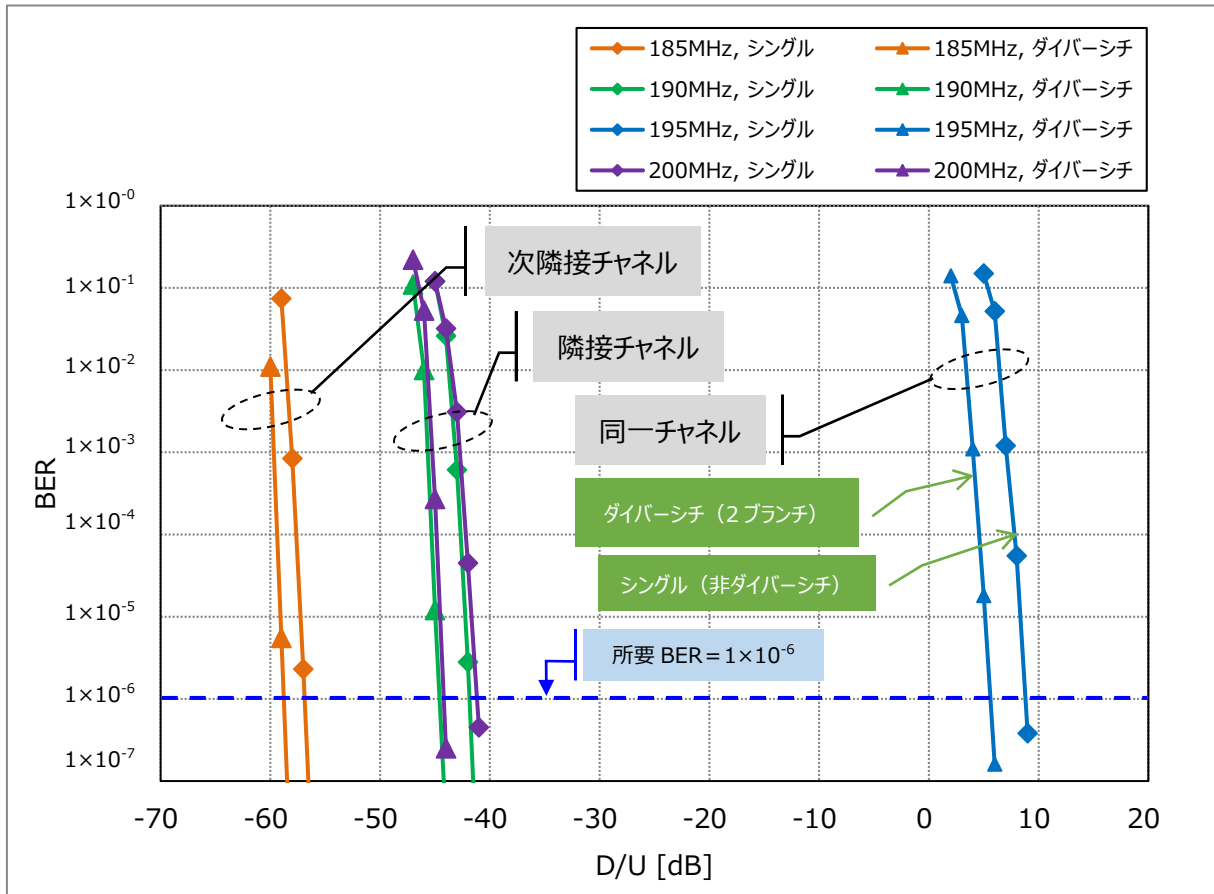


図 2-15 D/U-BER 特性 (測定結果)

表 2-9 D/U-BER 特性試験結果 (干渉波チャンネルごとの所要 D/U)

干渉波チャンネル	所要 D/U	
	受信方式	
	シングル (非ダイバーシチ)	ダイバーシチ (2 ブランチ)
同一チャンネル	+9dB	+6dB
隣接チャンネル	-42dB	-45dB
次隣接チャンネル	-56dB	-59dB

ここで、表 2-7 に示す隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力の測定結果と今回の測定結果について比較考察する。

まず、表 2-9 に示す干渉チャンネルが隣接チャンネル、シングル（非ダイバーシチ）、空中線電力 1W で比較すると、所要 D/U = -42dB に対して、表 2-7 の隣接チャンネル漏えい電力は約-44.6dBc の結果であり、ほぼ等価的に対応することから、妥当な測定結果と考えられる。次隣接チャンネルにおいても同様な結果にある。一方、干渉チャンネルが同一チャンネルの場合、所要 D/U = +9dB に対しては、図 2-5 に示すとおり、所要 CNR（約 4.5dB）+ 3dB（測定条件）の値が約 7.5dB であり、差が約 1.5dB 以内と小さいことから、測定結果は概ね妥当であると考えられる。

## 2.2 電波伝搬モデル検討

屋外実証試験に向けて、事前に電波伝搬モデルを選定し、図 2-16 に示す当該伝搬モデルにおける減衰特性のシミュレーションを実施した。また、後述する干渉モデルの主要評価パラメータを選定し、通達距離及び所要離隔距離を試算した。

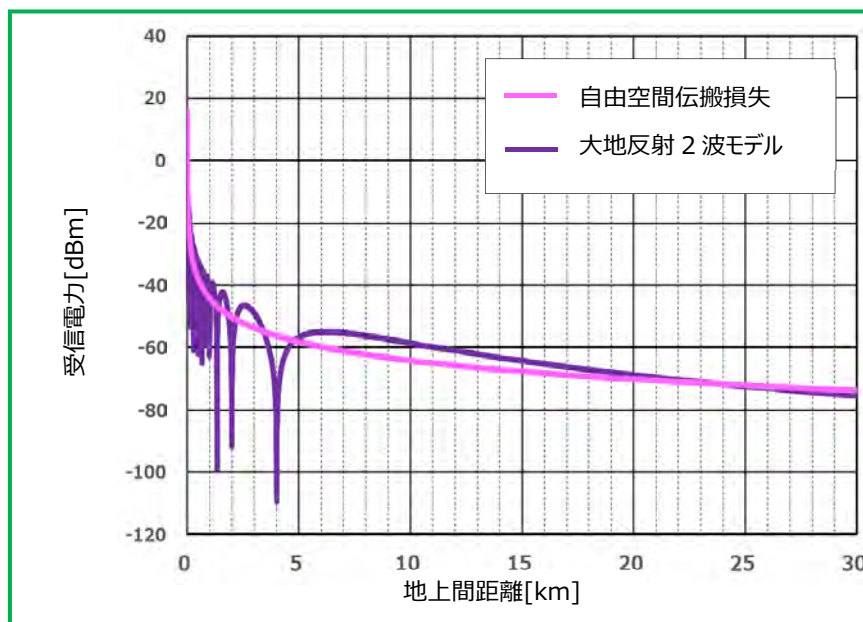


図 2-16 電波伝搬モデルにおける減衰特性のシミュレーション概念図

### 2.2.1 電波伝搬モデル

本調査検討においては、上空利用における電波伝搬モデルとして、一般的な自由空間伝搬損失及び大地反射 2 波モデルを選定し、屋内実証試験及び屋外実証試験による検証を行い、電波伝搬モデルの検証を進める。上空利用における通達距離の電波伝搬モデルの概念図を図 2-17 に示す。



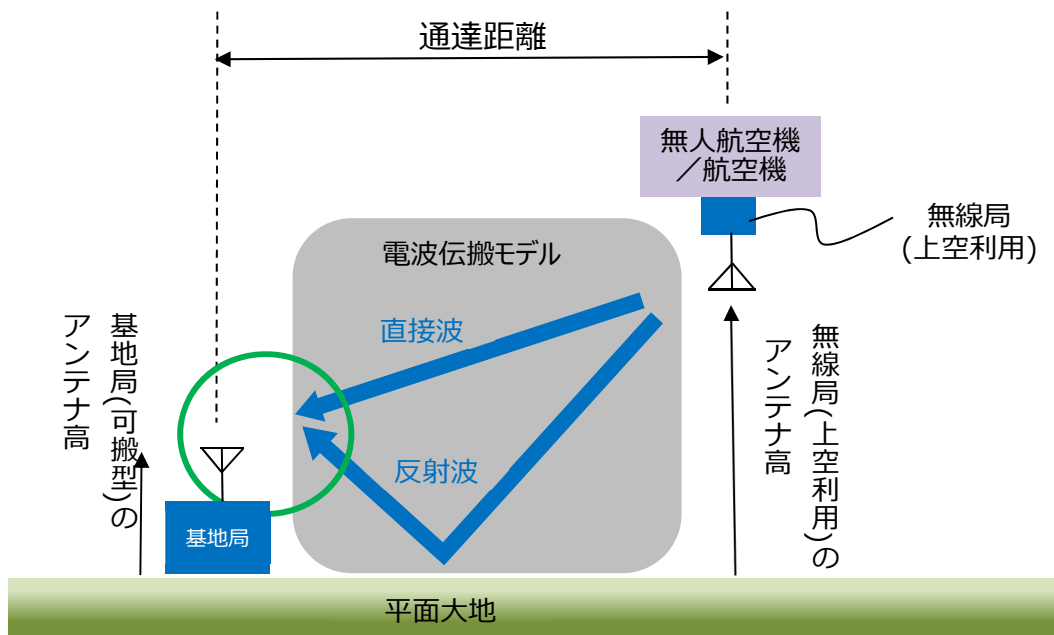


図 2-17 上空利用における到達距離の電波伝搬モデルの概念図

### 2.2.1.1 自由空間伝搬損失

はじめに、自由空間伝搬損失の計算式を数式 2-1 及び数式 2-2 に示す。<sup>[3]</sup>

$$P_r = G_t \cdot G_r \cdot P_t / L_b \quad \dots\dots\dots \text{数式 2-1}$$

$$L_b = \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad \dots\dots\dots \text{数式 2-2}$$

表 2-10 自由空間伝搬損失 計算式のパラメーター一覧

パラメータ	説明
$L_b$	基本伝送損
$\lambda$	波長 ( $\lambda = c/f$ )
$c$	光速 (299,792,458 [m/sec])
$f$	周波数 [Hz]
$d$	送受信アンテナ間距離 [m]
$G_t$	送信アンテナ利得
$G_r$	受信アンテナ利得
$P_t$	空中線電力
$P_r$	受信電力



### 2.2.1.2 大地反射 2 波モデル

次に、大地反射 2 波モデルの計算式を数式 2-3、数式 2-4 及び数式 2-5 に示す。<sup>[3]</sup>

$$P_R = G_t \cdot G_r \cdot P_t \cdot G \dots\dots\dots \text{数式 2-3}$$

$$G = (G_E)^2 \dots\dots\dots \text{数式 2-4}$$

$$G_E = \frac{\lambda}{4\pi D} |1 - \exp(jk\Delta l)| = \frac{\lambda}{2\pi D} \left| \sin \frac{k\Delta l}{2} \right| \dots\dots\dots \text{数式 2-5}$$

表 2-11 大地反射 2 波モデル 計算式のパラメータ一覧

パラメータ	説明
$G_E$	受信電圧利得
$\lambda$	波長 ( $\lambda = c/f$ )
$c$	光速 (299,792,458 [m/sec] )
$f$	周波数 [Hz]
$D$	送受信アンテナを地面に垂直に下したときの地点間距離 [m]
$k$	波数 ( $k = 2\pi/\lambda = 2\pi f/c$ )
$\Delta l$	行路差 ( $\Delta l = \sqrt{(h_t + h_r)^2 + D^2} - \sqrt{(h_t - h_r)^2 + D^2}$ )
$h_t$	送信アンテナ高[m]
$h_r$	受信アンテナ高[m]

### 2.3 干渉モデル及び通達距離に関するシミュレーション

ここでは、干渉モデル及び通達距離に関するシミュレーションの実施手法について、以下に述べる。

#### (1) 検討条件の設定：

無線設備規則等に規定される主要な技術的条件・規格等（隣接チャネル漏えい電力、次隣接チャネル漏えい電力、所要回線品質等）を踏まえ、上空利用を考慮した場合の無線パラメータ（空中線電力、空中線利得、空中線の高さ、送受信間の距離等）を選定し、通達距離の導出のために必要な試算条件を示した。なお、具体的な考慮すべき条件の選定にあたり過去の文献を参照した。<sup>[4][5][6]</sup>

#### (2) 屋内実証及び机上検討手法：

上記無線パラメータに基づき、屋内実証試験により、受信電力－BER 特性を取得した。机上検討においては、当該無線パラメータに基づき、選定した電波伝搬モデル（自由空間伝搬損失、大地反射 2 波モデル）の導出式により、減衰特性を算出した。

### (3) 通達距離の導出：

以上の結果から、受信電力-BER 特性及び電波伝搬モデルの減衰特性を用いて、通達距離の試算値を導出する。

#### 2.3.1 干渉モデル

ここでは、陸上通信を行っている公共 BB 無線局（陸上移動局）と上空利用にある公共 BB 無線局が同時に運用している利用シーンにおいて、陸上移動局側が受ける干渉量について検討する。

干渉モデルの概念図を図 2-18 に示す。希望波(D)を被干渉側の通信、また、上空（無人航空機／航空機）と陸上無線局間の通信を干渉波とする。

本モデルを用いて、希望波(D)の通信が影響を受けない状態となる与干渉局との離隔距離（所要離隔距離）を導出する。被干渉局側の所要回線品質  $BER = 1 \times 10^{-6}$  を維持可能な干渉レベルとなる、無線局間距離を所要離隔距離と定義する。

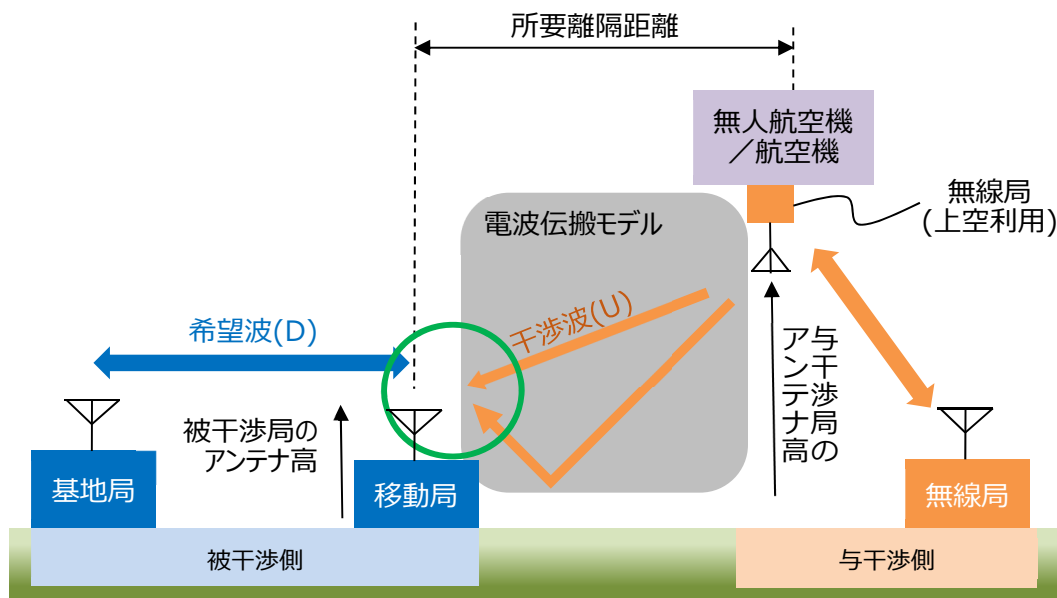


図 2-18 上空利用における干渉モデルの概念図

#### 2.3.2 干渉モデル及び通達距離に関するシミュレーションの主要評価パラメータ

上空利用における干渉モデルを検討するときの主要評価パラメータを表 2-12 に示す。本主要評価パラメータを電波伝搬モデルの導出式に適用し、後述の減衰特性を試算する。

表 2-12 干渉モデル及び通達距離に関するシミュレーションの主要評価パラメータ

項番	パラメータ		設定条件	選定理由	
1	空中線電力		1 W(与干渉側) 5 W(被干渉側)	上空利用における航空機及び無人航空機への搭載を想定	
2	周波数		195 MHz	屋外実証試験を想定し、実験波(共通波)を選定	
3	空中線	高さ	送信側 (与干渉側)	約 150 m 約 1,000 m 約 2,000 m	上空利用(与干渉側)の移動局事例として、救急・救命活動等で使用する救助ヘリの運行高度を想定
			受信側 (被干渉側)	2 m	地上利用の通常の公共 BB(被干渉側)の移動局。車載運用を想定
		利得	送信側	2.15 dBi	上空利用を考慮し、無指向性アンテナを想定
			受信側	2.15 dBi	無指向性アンテナを想定

### 2.3.3 減衰特性

ここでは、電波伝搬モデルの減衰特性の試算結果を以下に示す。減衰特性の試算結果を用いた通達距離及び所要離隔距離の導出においては、環境雑音電力及び等価地球半径を考慮した最大見通し距離を考慮することが必要である。そのため、環境雑音電力及び最大見通し距離について、はじめに言及する。

#### 2.3.3.1 環境雑音電力について

環境雑音電力については、従来から情報通信審議会（公共無線システム委員会報告<sup>[9]</sup>：公共 BB 技術的条件）にて用いられている ITU-R 勧告 P372-9<sup>[7]</sup>を適用する。本勧告では、環境条件として、Rural（ルーラル）／Residential（居住地）／City（都市）の区分が規定されている。

屋内実証試験で測定した受信電力－BER 特性結果（静特性）に、それぞれの環境条件に対応する環境雑音電力を加味する換算方法を用いて所要受信電力を求めた。この結果を表 2-13 に示す。また、環境雑音電力と所要受信電力の概念図を図 2-19 に示す。すなわち、環境雑音電力が増加すると、静特性における所要 C/N（C：キャリアレベル、N：熱雑音電力レベル）を確保するために、キャリアレベル（所要受信電力）を上げる必要がある。

表 2-13 環境条件における環境雑音電力及び所要受信電力

環境条件	環境雑音電力 <sup>(※1)</sup>	所要受信電力 <sup>(※1)</sup>	
		受信方式	
		シングル (非ダイバーシチ)	ダイバーシチ (2 ブランチ)
室内有線接続環境 <sup>(※2)</sup>	-103	-97	-100
Rural (ルーラル)	-98	-92	-95
Residential (居住地)	-93	-87	-90
City (都市)	-88	-82	-85

※1 単位：195MHz 時の[dBm/5MHz]

※2 屋内実証試験時の測定結果（静特性）

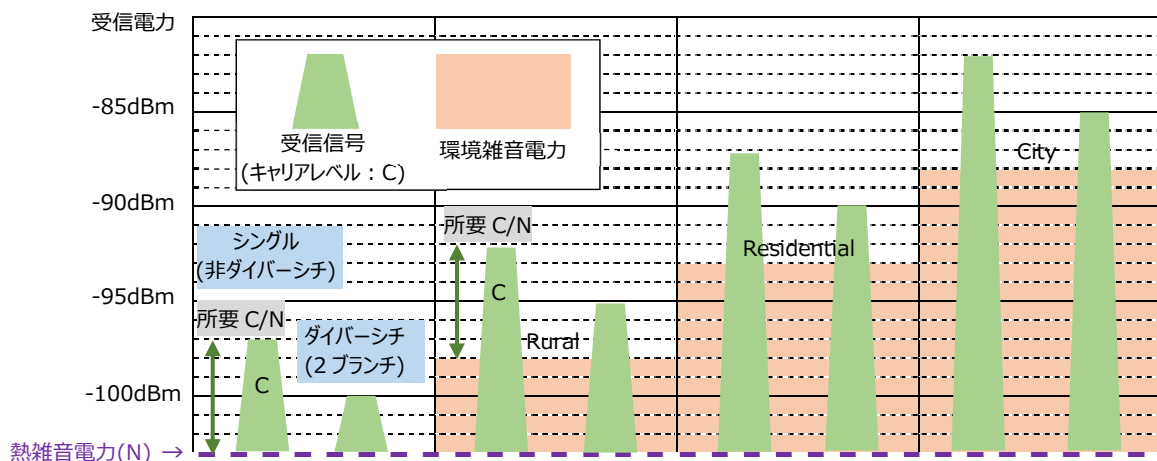


図 2-19 所要環境雑音電力と所要受信電力の概念図

### 2.3.3.2 等価地球半径を考慮した最大見通し距離

一般的に上空に限らず、高所からの通達距離は、等価地球半径を考慮する必要がある。そのため、本検討では、通達距離を試算する場合には、自由空間伝搬損失モデル及び大地反射 2 波モデルとも最大見通し距離については、地球半径(R)に対し、等価地球半径係数(K = 4/3)を乗算した等価地球半径 (R×K) を用いて評価した。送信アンテナ高に対する最大見通し距離の関係を図 2-20 に示す。また、干渉モデル検討の評価パラメータである送信側（与干渉側）のアンテナ高に対する最大見通し距離を表 2-14 に示す。

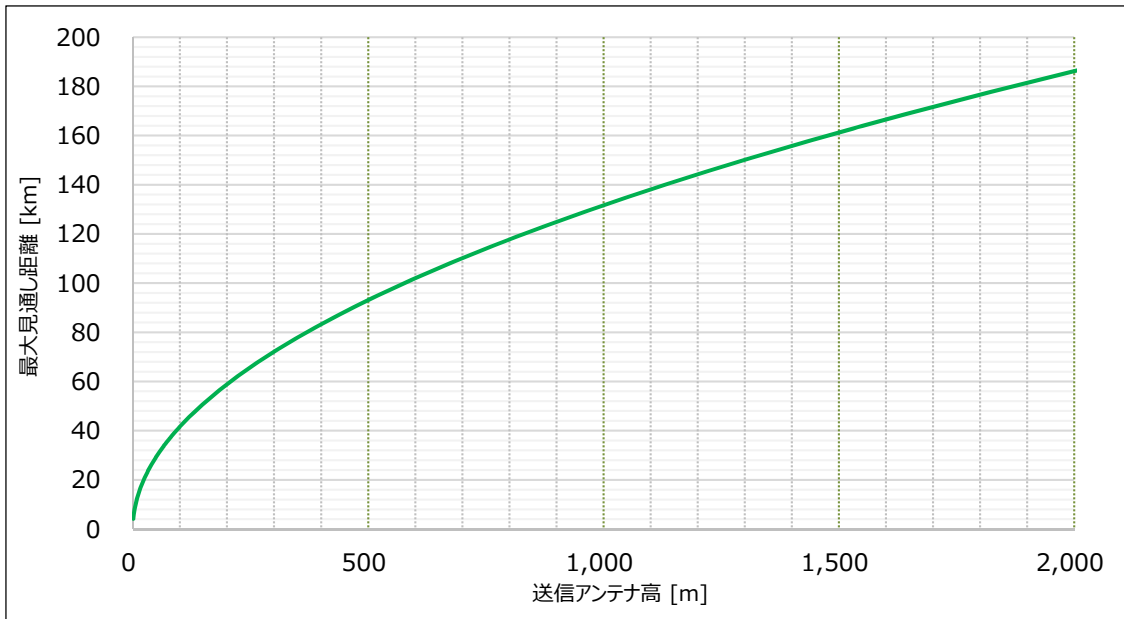


図 2-20 上空利用における送信アンテナ高に対する最大見通し距離

表 2-14 上空利用における最大見通し距離（評価パラメータ時）

上空利用における送信アンテナ高	最大見通し距離
150 m	51 km
1,000 m	132 km
2,000 m	186 km

### 2.3.3.3 各種パラメータを考慮した電波伝搬の減衰特性

本調査検討において選定した電波伝搬モデルである自由空間伝搬損失及び大地反射 2 波モデルの減衰特性のグラフを図 2-21 に示す。ここで、図の横軸は地上間距離（送受信アンテナ間距離）、縦軸は受信電力である。図に示すとおり、減衰特性は表 2-14 に示す送信アンテナ高に対して、それぞれの伝搬モデルに対して地上間距離は計算上 500km 超となるが、実効的な環境雑音電力及び最大見通し距離を考慮することにより、送信アンテナ高 2,000m の場合、最大 186km までが有効である。

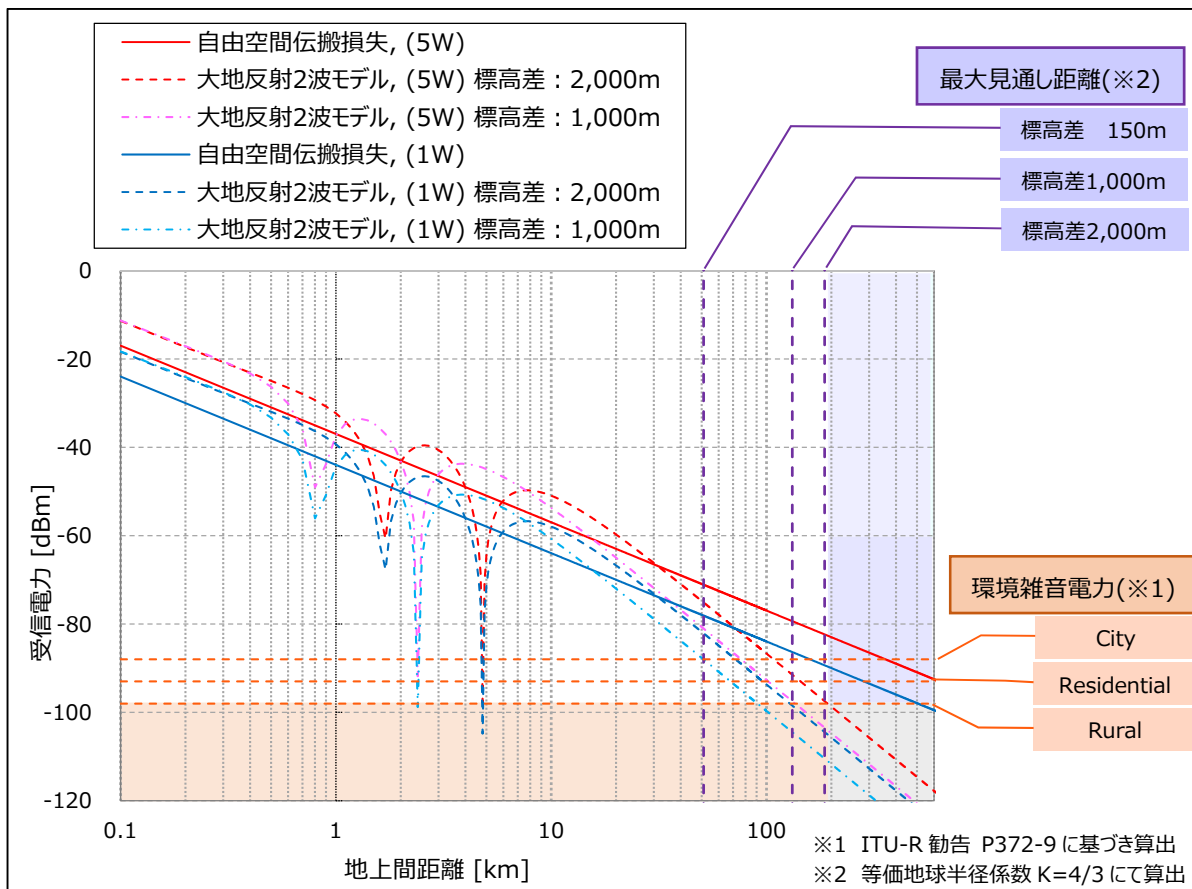


図 2-21 電波伝搬モデルの減衰特性

### 2.3.4 通達距離（机上検討）

通達距離として、図 2-21 に示す各評価パラメータ（電波伝搬モデル、空中線電力及び標高差）の減衰特性について、表 2-13 に示す環境条件（Rural/Residential/City）に対応する所要受信電力に対する地上間距離を求めた。なお、受信方式として、シングル（非ダイバーシチ）とダイバーシチ（2 ブランチ）の二通りについて算出した。図 2-22 及び図 2-23 にそれぞれ、シングル及びダイバーシチにおける通達距離の試算結果を示す。

例えば、図 2-23 に示すダイバーシチ（2 ブランチ）を例にとると、環境条件 Rural における大地反射 2 波モデル、空中線電力 1W の場合、通達距離は、標高差が 150m、1,000m 及び 2,000m と変化するにつれて、それぞれ約 29.6km、約 76.4km、及び約 108km に増加することがわかる。同様に、空中線電力 5W においては、全体に通達距離が増加するものの同様の特性を有する。他方、自由空間伝搬損失モデルにおいては、同様に、環境条件 Rural、空中線電力 1W 及び 5W における通達距離は、それぞれ約 350km 及び約 800km の結果にある。シングル（非ダイバーシチ）の場合においては、ダイバーシチ（2 ブランチ）に比較して、通達距離は短縮されるものの同様の傾向を有する。なお、数値データについては付属資料 5 に示す。

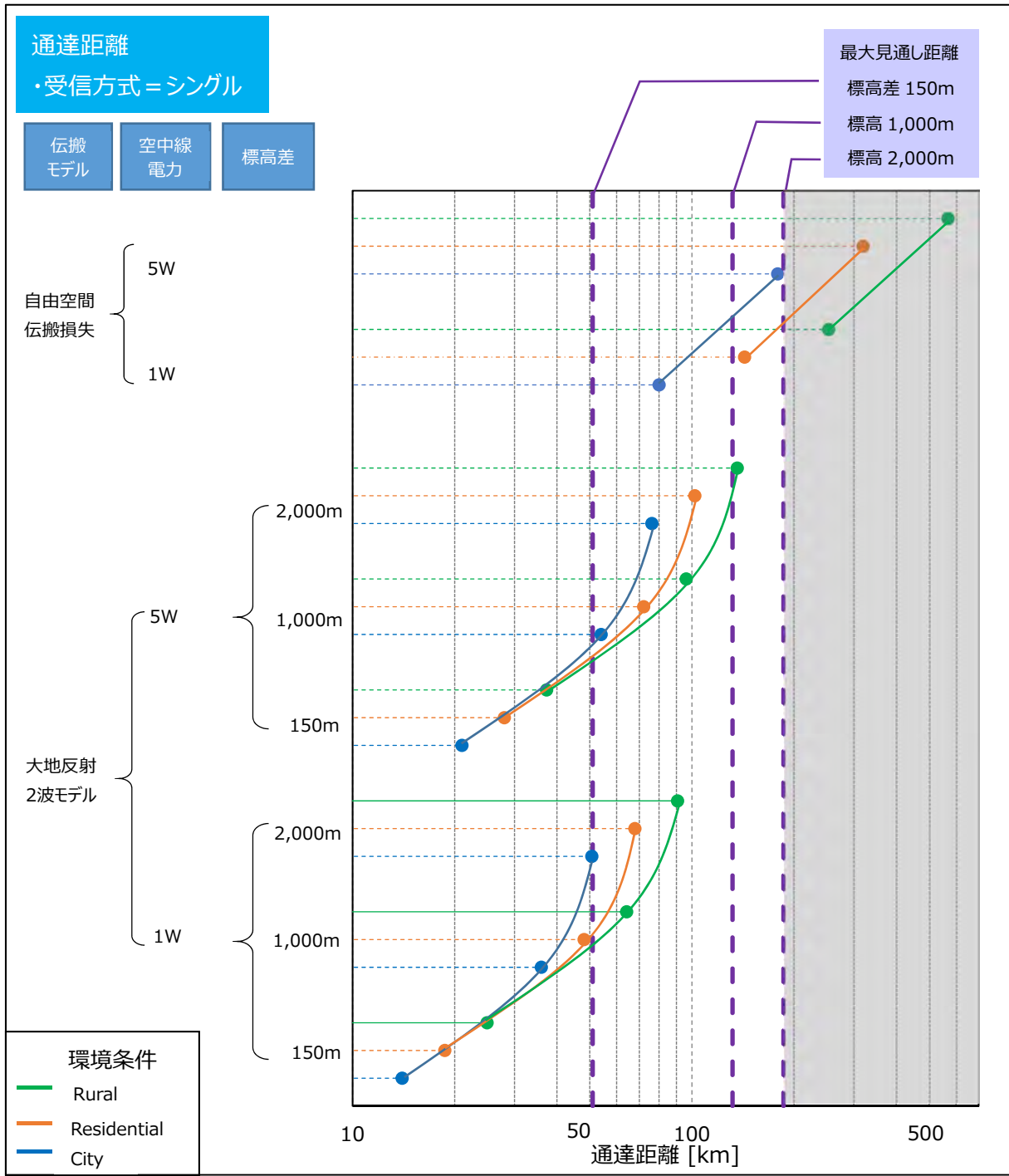


図 2-22 通達距離 (シングル (非ダイバーシチ))

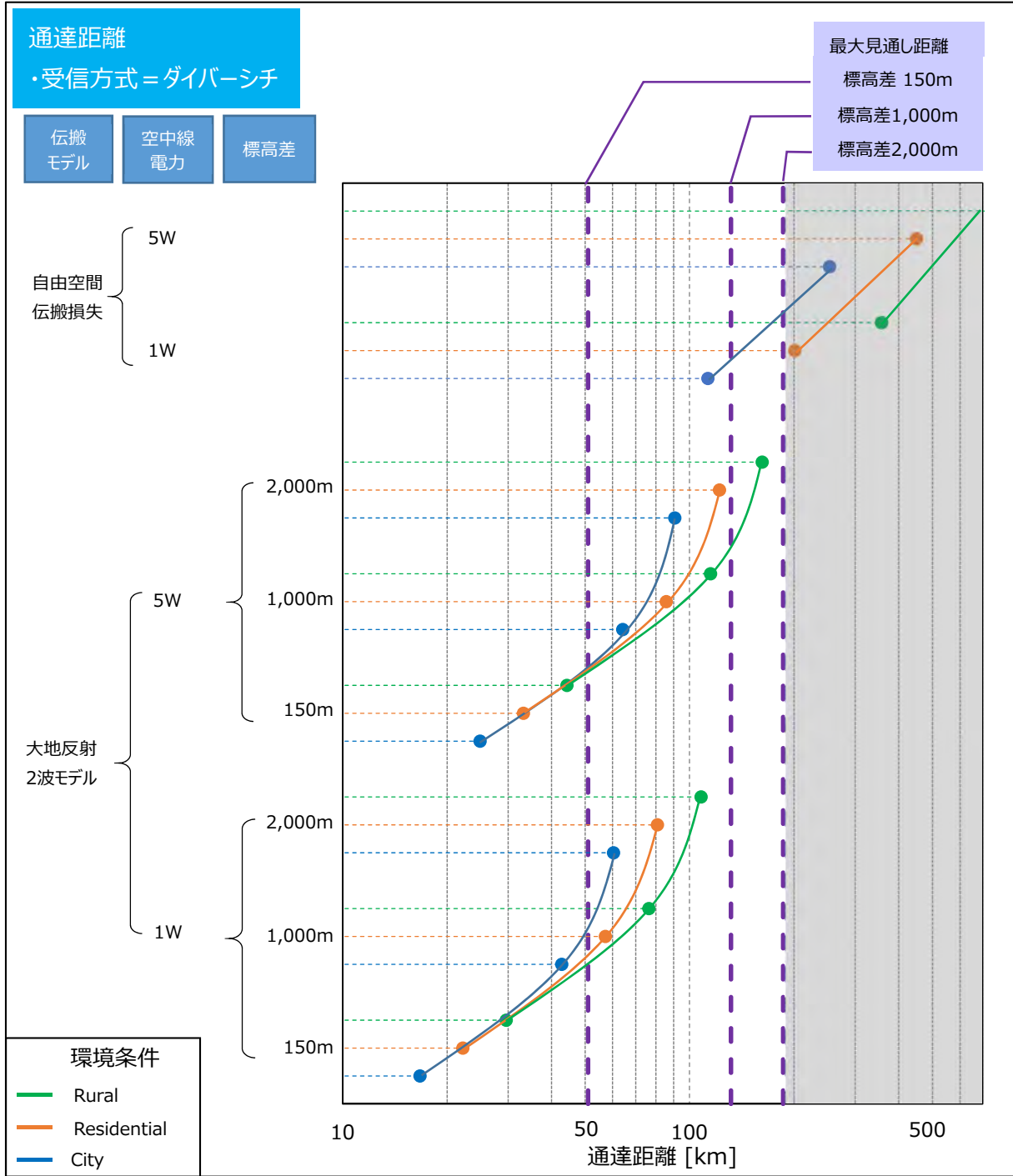


図 2-23 通達距離 (ダイバーシチ (2 ブランチ))



### 2.3.5 所要離隔距離（机上検討）

所要離隔距離は、希望波(D)の帯域内に干渉波(U)が漏えいすることにより、希望波の回線品質が規定値（BER =  $1 \times 10^{-6}$ ）を下回るときの被干渉局と干渉局の距離として規定する。ここで、希望波(D)の受信レベルは、各環境条件に対応する所要受信電力 + 3dBとし、また、干渉波(U)の干渉電力レベルは、前述の「2.1.4 D/U-BER 特性試験」に示す所要 D/U 値から定まる値とし、電波伝搬モデルの減衰特性を用いて、所要離隔距離として算出した。また、所要離隔距離の評価パラメータについて分類した結果を示す。

表 2-15 所要離隔距離の評価パラメータ分類

評価分類	受信方式	環境条件
1	シングル（非ダイバーシチ）	Rural
2	シングル（非ダイバーシチ）	Residential
3	シングル（非ダイバーシチ）	City
4	ダイバーシチ（2 ブランチ）	Rural
5	ダイバーシチ（2 ブランチ）	Residential
6	ダイバーシチ（2 ブランチ）	City

環境条件 Rural の場合の試算結果を図 2-24 及び図 2-25 に示す。その他の環境条件については、付属資料 6 を参照されたい。また、各試算結果の詳細数値データについては、付属資料 5「通達距離、所要離隔距離の試算結果」に掲載する。

ここで、図 2-24 及び図 2-25 に示すダイバーシチ（2 ブランチ）を例にとると、環境条件 Rural における大地反射 2 波モデル、干渉波種別が同一チャネル及び空中線電力 1W の場合、所要離隔距離は、標高差が 150m、1,000m 及び 2,000m と変化するにつれて、それぞれ約 29.6km、約 76.4km、及び約 108km の試算結果となる。空中線電力 5W においては、空中線電力の差分だけ所要離隔距離が増加するものの同様の特性を有する。

また、図に示すとおり、大地反射 2 波モデルにおいて、標高差によらず所要離隔距離が単調に変化しない傾向となる要因は、図 2-21 に示す大地反射 2 波モデルにおける地上間距離に対する減衰特性の dip の発生に起因すると考えられる。

他方、自由空間伝搬損失モデルにおいては、同様に、環境条件 Rural、干渉波チャネルが同一チャネル、空中線電力 1W 及び 5W における所要離隔距離は、それぞれ約 350km 及び約 800km の結果にある。

このように、ダイバーシチ（2 ブランチ）及びシングル（非ダイバーシチ）を比較した場合、ダイバーシチは所要離隔距離の短縮に有効であることがわかる。

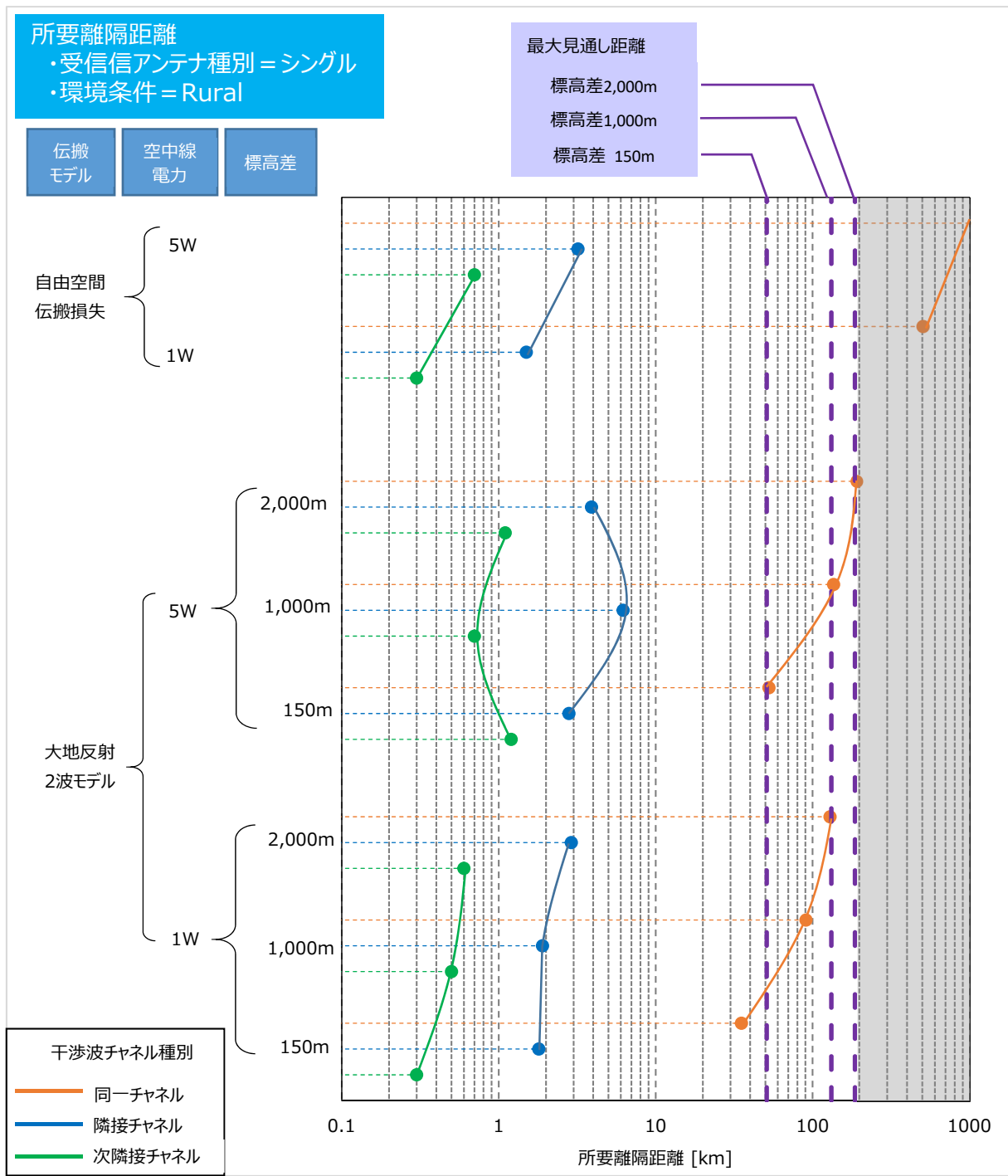


図 2-24 所要離隔距離 (シングル (非ダイバーシチ)、Rural)

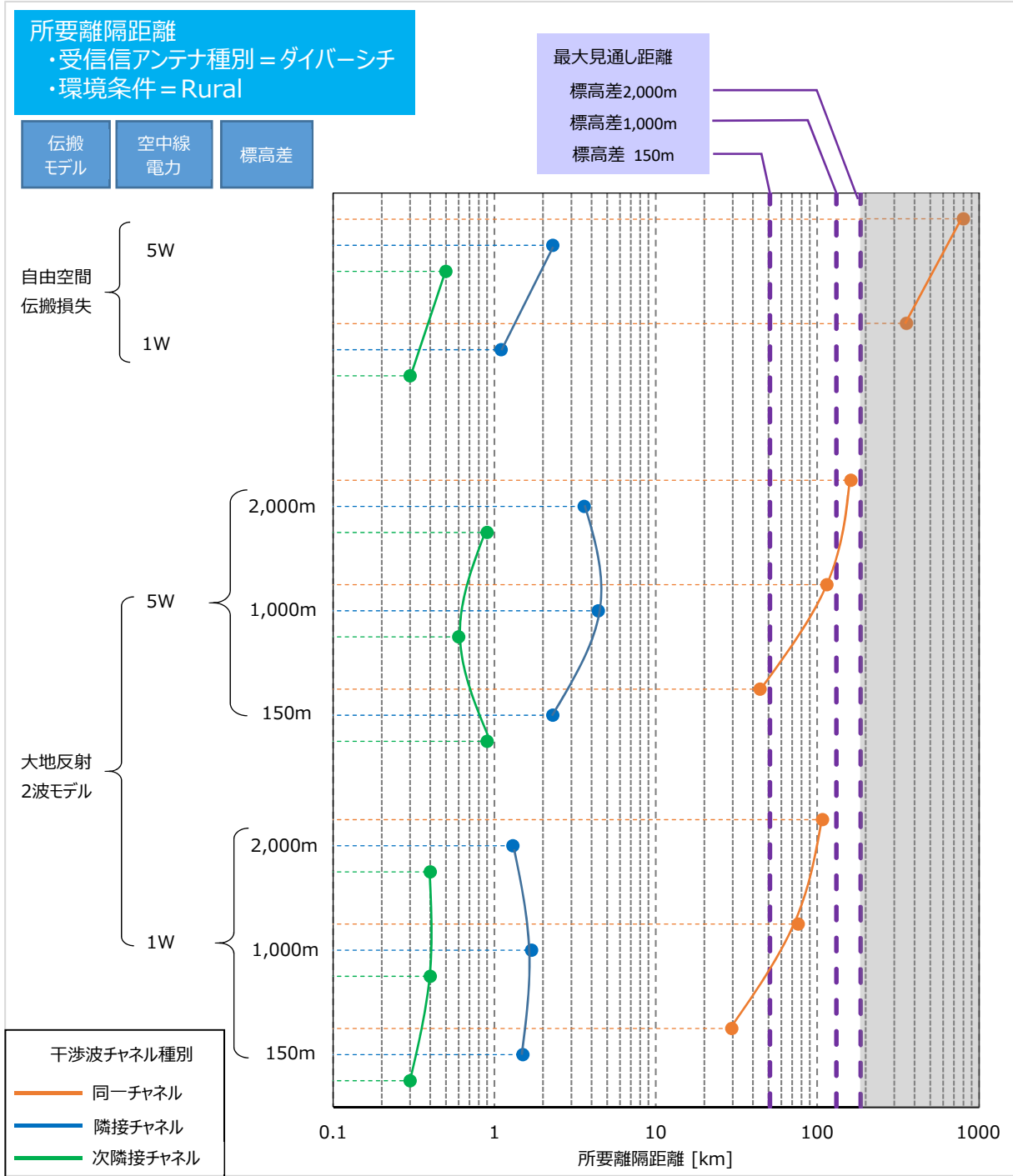


図 2-25 所要離隔距離 (ダイバーシチ (2 ブランチ) 、Rural)

## 2.4 上空利用に適する多段中継方式の選定

### 2.4.1 多段中継方式

上空利用に適する通信距離の拡大のための公共 BB システムにおける一周波数を用いた無線多段中継方式は、情報通信審議会「公共ブロードバンド移動通信システムの高度化に関する技術的条件」<sup>[8]</sup>で審議、現在、電波法関係審査基準に規定されており、また、民間標準規格（ARIB STD-T119）<sup>[2]</sup>において標準化されている3方式（A方式：蓄積型時分割制御方式、B方式：周波数分割制御方式、C方式：セグメント分割制御方式）について比較検討を行った。以下に上空利用に適する多段中継方式の選定要件を示す。

### 2.4.2 選定要件

上空利用に適する多段中継方式の選定要件を以下に述べる

- ・無線局が極力軽量であること
- ・無線区間 2 区間以上の多段中継に適すること  
(通信距離拡大の方策として「無線区間 2」に関わらず、利用シーンに応じて更なる無線区間の追加が可能なことが望ましい)
- ・多段中継方式として、現行電波法関係審査基準等に規定される前述の3方式（A～C方式）からの選定が適当

### 2.4.3 メリット・デメリット比較

メリット・デメリット比較の検討・審議経緯を以下に示す。

- (1) 無線多段中継方式については、過去の情報通信審議会等の報告<sup>[8]</sup>を参照（付属資料 8）
- (2) 上空利用に特化した運用・利用シーンにおけるメリット・デメリット比較を実施

上記（1）項については、総合的に、A方式が有効であることが認められる。

また、上記（2）項の検討結果を以下に示す。

上空利用において、上記の選定要件を効果的かつ有効に実現するためには、無人航空機等に搭載する無線装置等の質量及び員数が少ないことが望ましい。以下、A～C方式の3方式について比較検討結果を示す。

A方式（蓄積型時分割制御方式）の中継方式について、図 2-26 の概念図<sup>[2]</sup>を用いて説明する。

図 2-26 に示すとおり、A方式は、1つの無線チャンネルを各無線局同士が時分割でシェアする方式である。例えば、無線機(PBS)と無線機(MS1)が通信している時間区間では、無線機(MS2)と無線機(MS3)は自局の送信機会ではないと認識し、送信しない。1つの無線チャンネルを時分割でシェアするため、理論的には、多段中継数に制約はない。また、中継拠点の無線設備は、無線機及びアンテナが1式のみとなる。なお、B方式・C方式については付属資料 7 に掲載する。

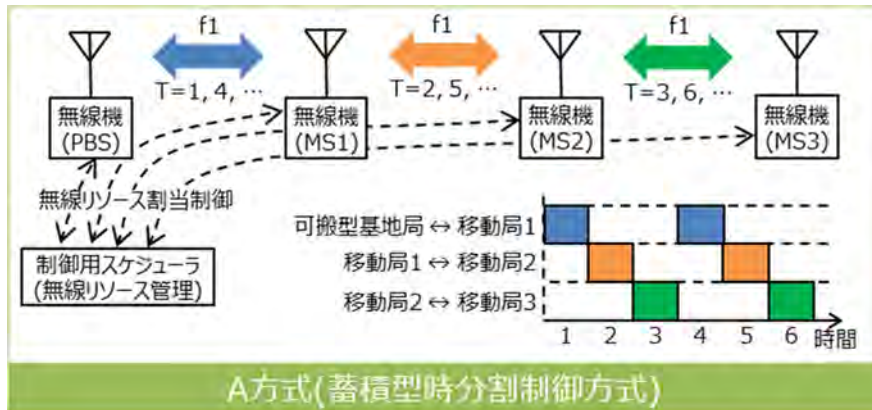


図 2-26 無線多段中継方式の一例 (A 方式：蓄積型時分割制御方式)

図 2-27 及び図 2-28 にそれぞれ、A 方式及び B 方式・C 方式の中継無線設備及びアンテナの員数について示す。A 方式は、無線装置及びアンテナが 1 式で多段中継が可能であるのに対し、B 方式・C 方式は、無線装置及び空中線が 2 式必要な構成になる。なお、受信方式がダイバーシチ (2 ブランチ) の場合にあっては、アンテナは 2 式となる。

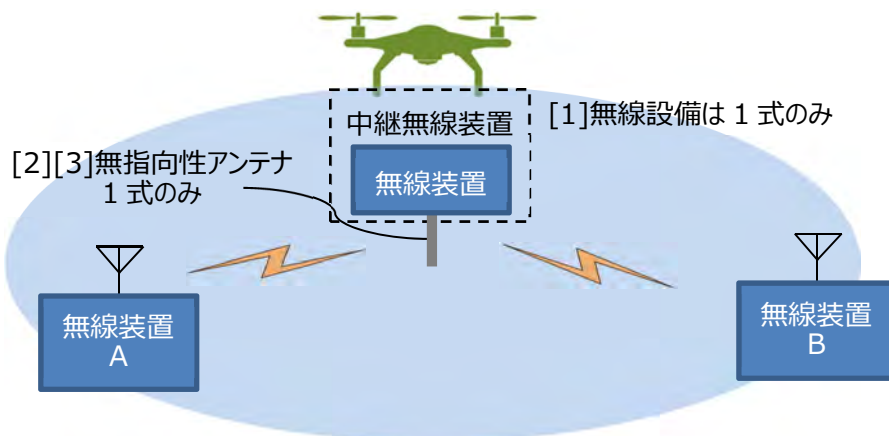


図 2-27 A 方式の無線設備の概念図

A 方式における中継無線装置及びアンテナの員数に関して要点を以下に整理する。

- [1] 中継用無線装置は、無線装置 A と無線装置 B との間で、同一タイミングで無線通信を行わないため、無線装置及びアンテナ類は 1 式のみ
- [2] 異なるタイミングで、同一の周波数チャンネル内を時間方向に分割し無線送受信するため、アンテナは無指向 1 式のみ
- [3] 無指向性アンテナのため、飛行中のドローンが無線装置 A、B にアンテナを向ける必要なし

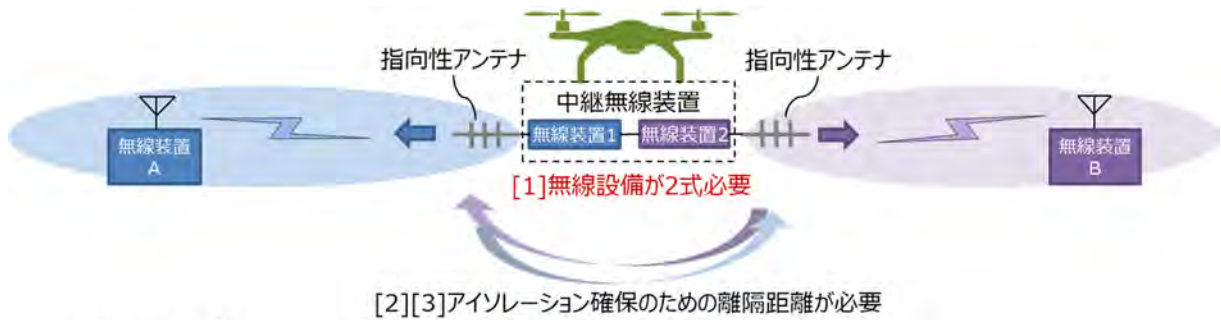


図 2-28 B 方式または C 方式の無線設備のイメージ図

B 方式・C 方式における中継無線装置及びアンテナの員数に関して要点を以下に整理する。

- [1]中継用無線装置は、無線装置 A と無線装置 B との間で同一タイミングでの無線通信を行う必要があるため、無線機及びアンテナ類が 2 式必要
- [2]同一タイミングで、同一の周波数チャンネル内を周波数方向に分割し無線送受信する必要があるため、指向性アンテナとアンテナ同士の離隔距離によるアイソレーションの確保が必要
- [3]飛行中のドローンが無線装置 A、B 両方に指向性アンテナを向け続けるのは現実的に難しい

#### 2.4.4 選定結果

上記の「2.4.3 メリット・デメリット比較」に示すメリット・デメリットの比較経緯及び結果を踏まえ、上空利用に適する多段中継方式として A 方式（蓄積型時分割制御方式）が最も有効であると認められる。

## 2.5 屋外実証試験の実証結果

屋外実証試験における主要測定項目（電波伝搬特性試験、D/U-BER 特性試験、利用形態に係る実証試験）について、以降に記載する。

### 2.5.1 試験場所選定

屋外実証試験を推進するにあたり、試験場所の設定の概要、電波伝搬特性試験、D/U-BER 特性試験及び利用形態に係る実証試験に関する場所選定について、以下順次記載する。

#### 2.5.1.1 試験場所選定の概要

はじめに、屋外実証試験の試験項目（概要）を表 2-16 に示す。

表 2-16 屋外実証試験の試験項目（概要）

項番	試験項目	備考	
1	電波伝搬特性試験	標高差 約 1,000mとなる山岳高所地点(1点)及び地上測定地点(6点)	
2	D/U-BER 特性試験	干渉波(U)の測定区間を項番 1 と共通とする	
3	利用形態に係る	単一区間	項番 1 と測定区間を共通とする
4	実証試験	無線多段中継	地上高 100m の上空における無線中継とする

次に、表 2-16 に示す試験項目の試験場所の選定条件を以下に示す。

- ・ 上空利用を考慮し、標高差が約 1,000m を確保できること
- ・ 電波伝搬特性試験における測定精度の確保、及び、映像伝送試験における安定したデータ伝送を考慮し、エリアシミュレーション結果において、受信電力が-90dBm 以上となるエリアから選定する
- ・ 無積雪期と積雪期で同じ地点での測定が可能であること
- ・ 作業効率の観点から、地上側地点は車両で測定地点まで乗り入れが可能であること
- ・ 利用形態に係る実証試験（無線多段中継）において、ドローンが飛行可能であること

上記選定条件を満たす試験場所を選定するため、表 2-7 に示す試験項目 1～4 に関するエリアシミュレーションを実施し、その結果を以下に示す。



### 2.5.1.2 電波伝搬特性試験

長野県内において上空利用を模擬した山岳高所を選定するため、前述の選定条件を満たす候補地として、八方池山荘を選定した。次に、八方池山荘を起点として、伝搬状況を解析するエリアシミュレーションを実施した。本シミュレーションにおいては、空中線電力を 1W 及び 5W とした。

その結果、山岳高所の八方池からの送信波の受信点の候補地として、Hakuba47 ウィンタースポーツパーク及びサンサンパーク白馬を基本候補地として選定した。

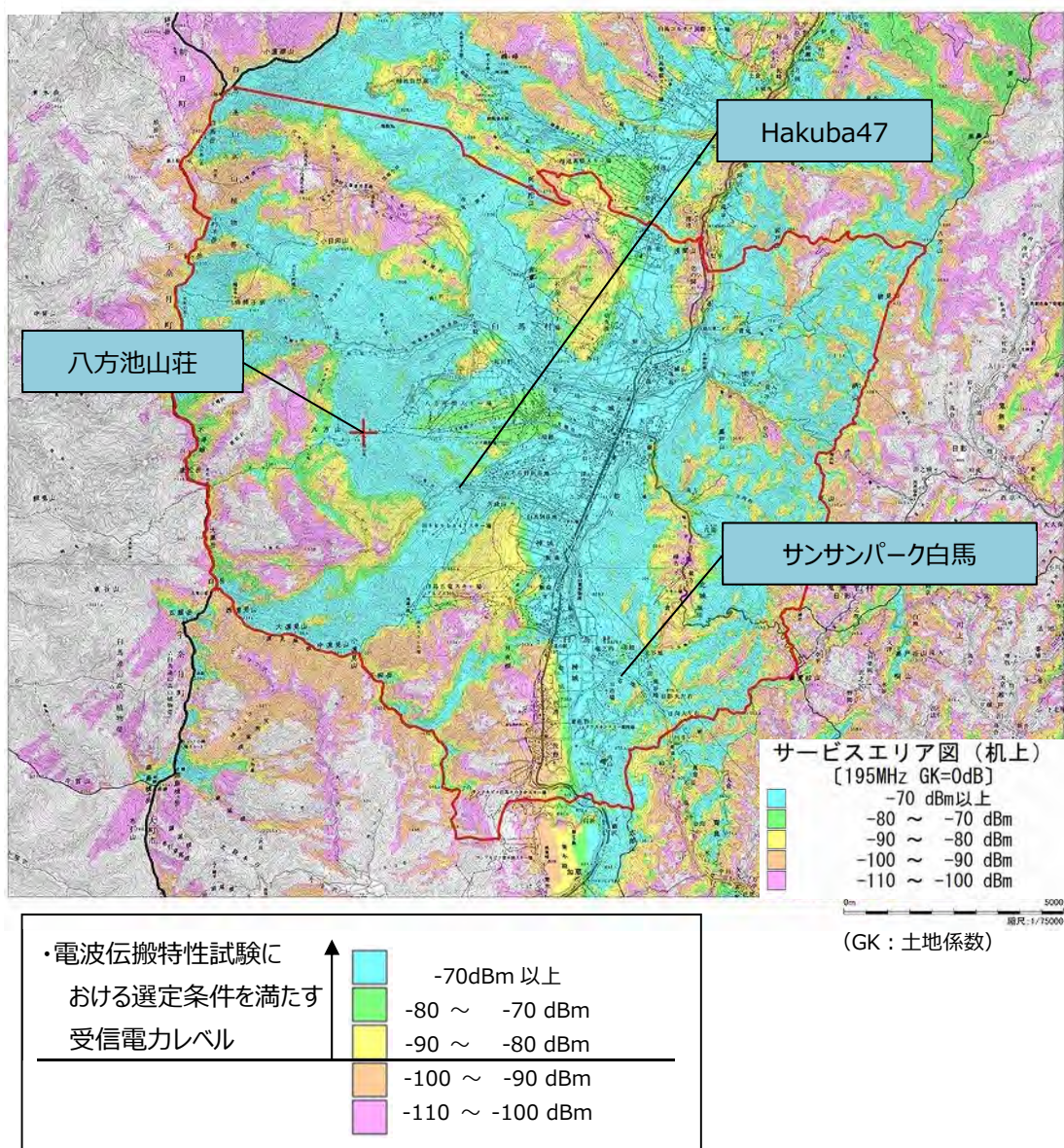


図 2-29 電波伝搬特性試験のエリアシミュレーション結果 (空中線電力 1W)



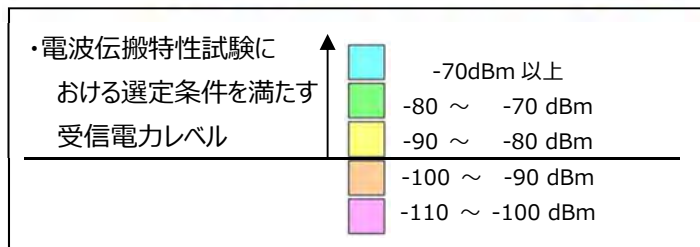
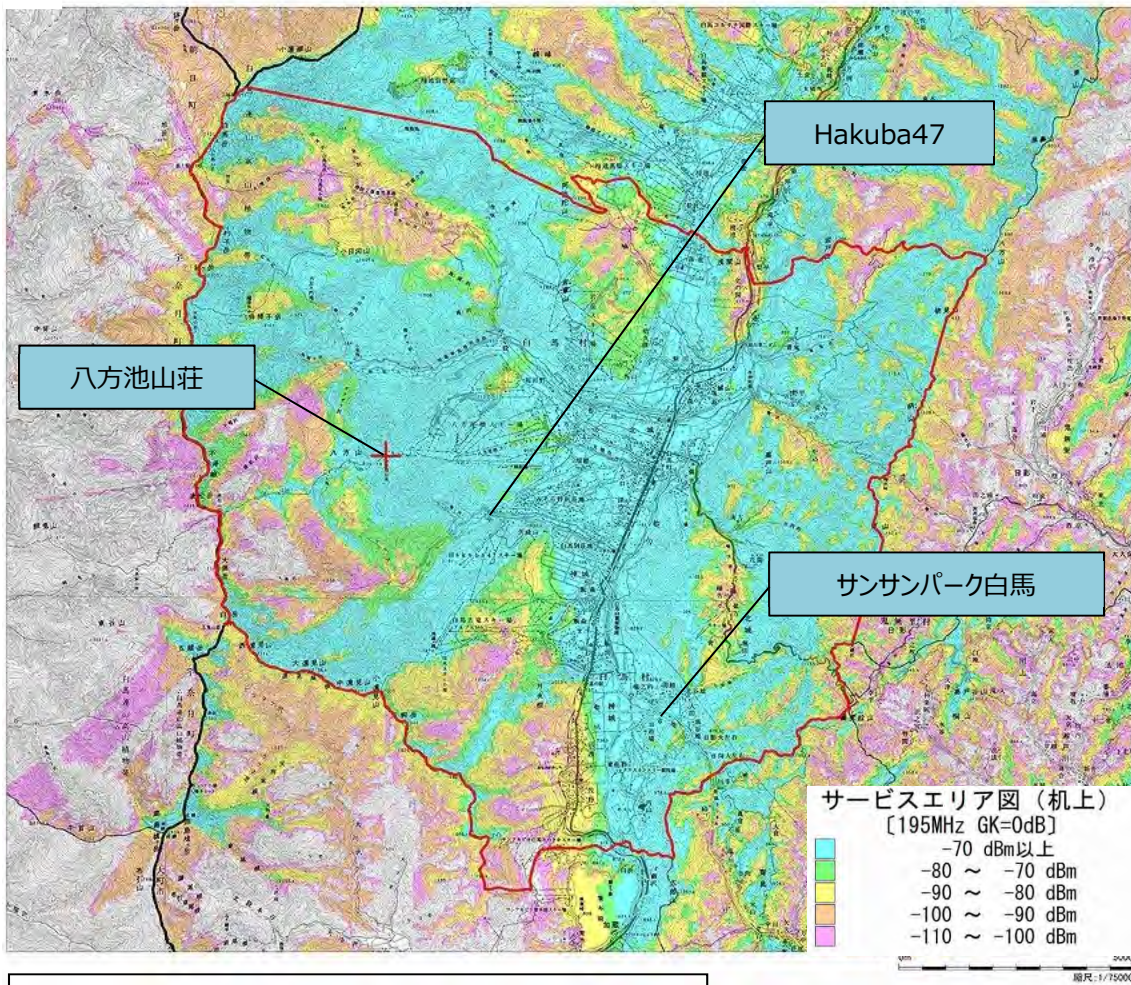


図 2-30 電波伝搬特性試験のエリアシミュレーション結果 (空中線電力 5W)

次に、送信点 (八方池山荘) とこれらの 2 つの受信点 (Hakuba47、サンサンパーク白馬) 間の見通し図 (プロフィール) を作成し、伝搬路の見通し状況を確認した。等価地球半径係数  $K=4/3$  として作成した見通し図を図 2-31、図 2-32 に示す。なお、図 2-32 は、伝搬路のフレネルゾーン半径を考慮した見通し図であるが、今回選定した実験場所は、伝搬路のフレネルゾーンが十分に確保されており、総合的に上空利用を模擬する試験場所として適当であると考えられる。

なお、一般的にフレネルゾーン半径の 60% 以内に障害物がなければその影響は比較的軽微であると言われている<sup>[15]</sup>。

等価地球半径係数 : K  
 K値 : 1.333  
 周波数 : 195.000 (MHz)

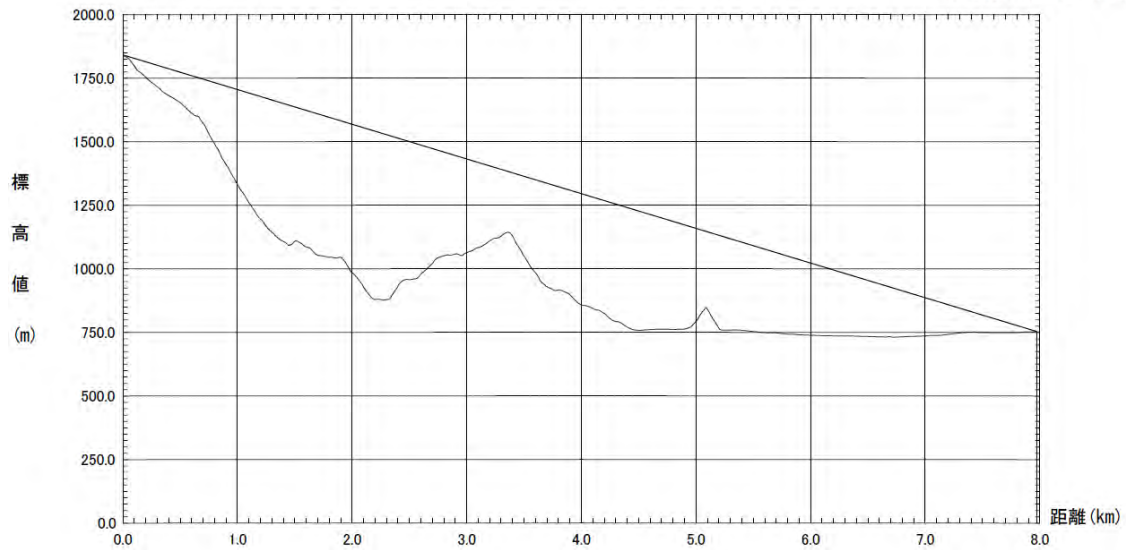


図 2-31 電波伝搬特性試験 見通し図 (八方池山荘 - サンサンパーク白馬)

等価地球半径係数 : K  
 K値 : 1.333  
 周波数 : 195.000 (MHz)

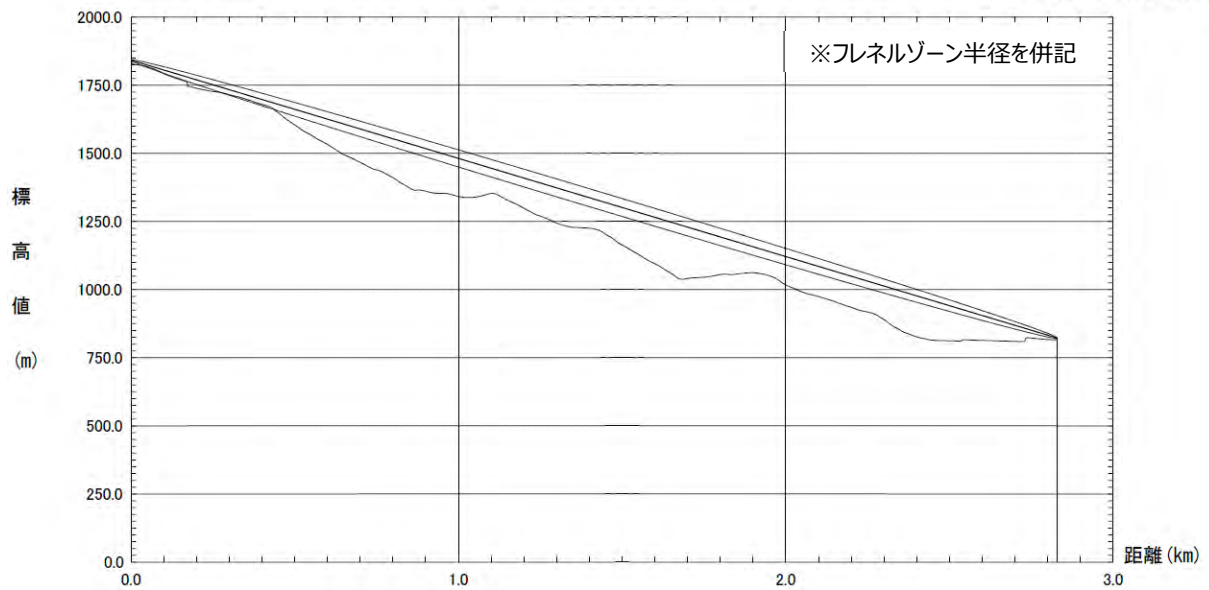


図 2-32 電波伝搬特性試験 見通し図 (八方池山荘 - Hakuba47)

さらに、屋外実証試験の測定データの信頼性を向上させるため、上記2受信点以外に、受信点を4箇所追加して、実証試験を行った。山岳高所（八方池山荘）及びこれら6箇所の受信点の位置関係を図 2-33 に示すとともに、山岳高所 - 各受信点間の情報一覧（地点名、距離及び標高差）を表 2-17 に示す。なお、追加4地点の見通し図（プロフィール）については付属資料9を参照されたい。



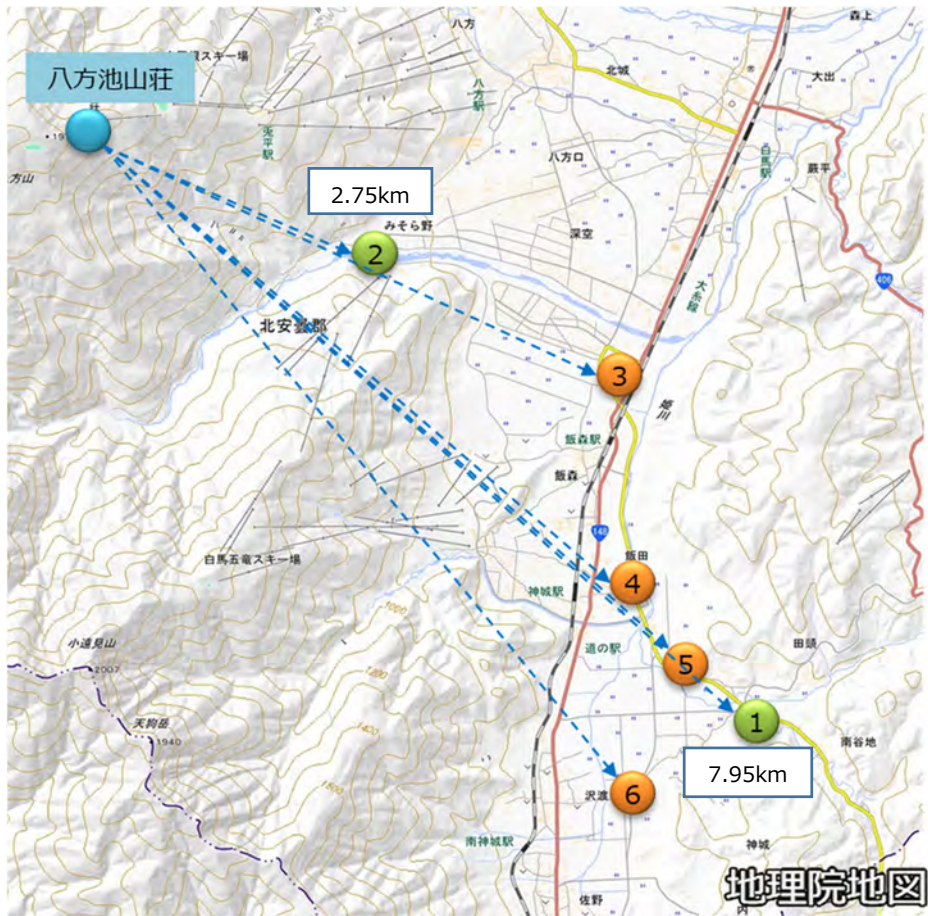


図 2-33 電波伝搬特性試験の測定地点

表 2-17 電波伝搬特性試験の測定地点情報一覧

マーク	八方池山荘との地上間距離	標高差	測定ポイント
●	—	—	八方池山荘 (送信ポイント)
①	7.95 km	1,082 m	サンサンパーク白馬(西側)
②	2.75 km	1,008 m	Hakuba47
③	5.33 km	1,118 m	追加測定地点 1
④	6.33 km	1,103 m	追加測定地点 2
⑤	7.10 km	1,097 m	追加測定地点 3
⑥	7.78 km	1,097 m	追加測定地点 4

### 2.5.1.3 D/U-BER 特性試験

前述の「2.5.1.2 電波伝搬特性試験」と同一地点である山岳高所（八方池山荘）からの送信波を干渉波(U)とし、陸上移動局にて、対向する基地局からの希望波(D)と当該干渉波(U)を受信し、D/U-BER 特性を測定した。各測定地点の位置関係及び各測定地点情報一覧（山岳高所側からの距離及び標高差）を図 2-34 及び表 2-18 に示す。

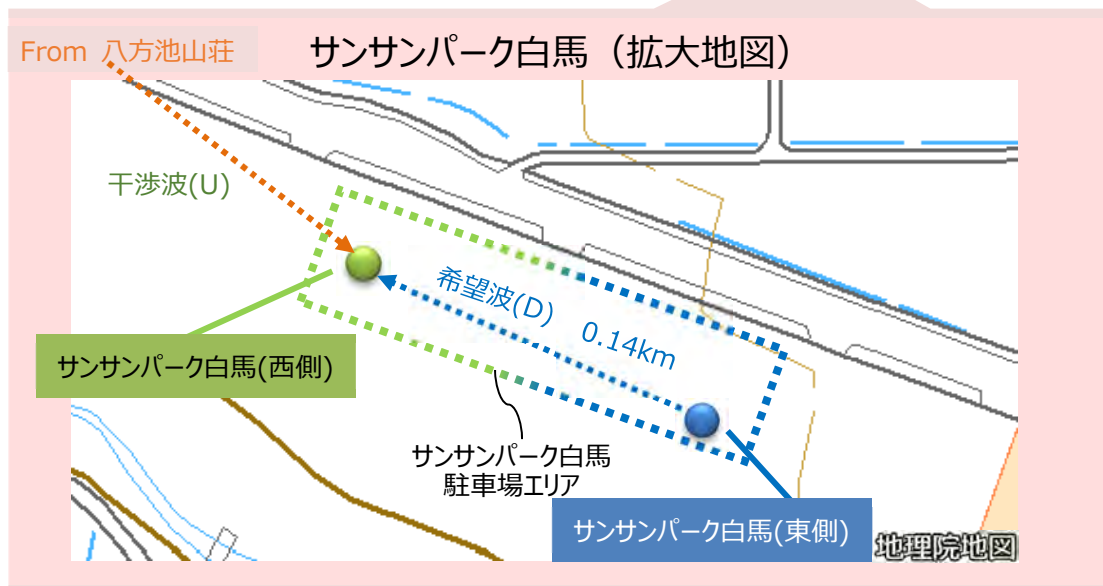


図 2-34 D/U-BER 特性試験の測定地点の位置関係図

表 2-18 D/U-BER 特性試験の測定地点情報一覧

測定地点 1	測定地点 2	地上間距離	標高差
● 八方池山荘	● サンサンパーク白馬(西側)	7.95 km	1,082 m
● サンサンパーク白馬(西側)	● サンサンパーク白馬(東側)	0.14 km	0 m

次に、D/U-BER 特性試験における被干渉側の基地局及び移動局間の見通し図（プロフィール）を作成し、伝搬路の見通し状況を確認した。当該見通し図を図 2-35 に示す。なお、与干渉側の伝搬路（八方池山荘－サンサンパーク白馬（西側））の見通し図（プロフィール）は、図 2-31 のとおりである。また、希望波(D)の伝搬路は、図 2-35 に示すとおり、同一駐車場内に選定し、近距離な平坦区間とした。

以上のことから、今回選定した伝搬路は、D/U-BER 特性試験の試験場所として適当であると言える。

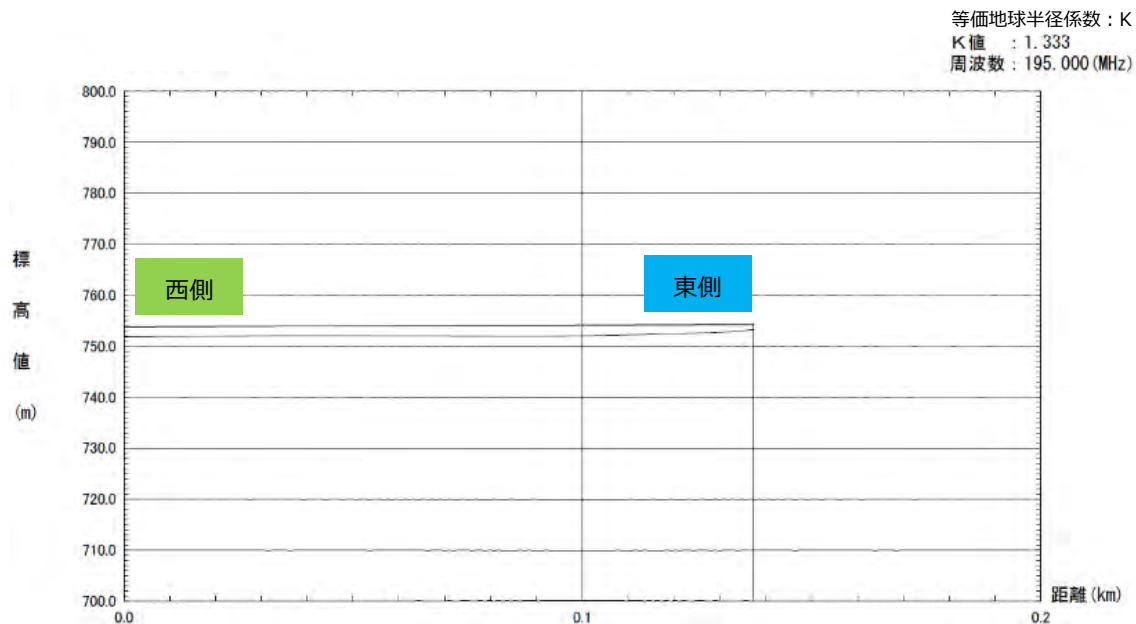


図 2-35 D/U-BER 特性試験 見通し図（サンサンパーク白馬（西側）－（東側））

#### 2.5.1.4 利用形態の事例に係る実証試験

利用形態の事例に係る実証試験の概要について述べる。本試験では、単一回線（P-P）及び多段中継利用（通信距離の拡大）における2つの映像伝送試験を実施した。

単一回線（P-P）においては、前記「2.5.1.2 電波伝搬特性試験」及び「2.5.1.3 D/U-BER 特性試験」と同一の伝搬路における映像伝送を行う。また、多段中継利用（通信距離の拡大）による映像伝送試験では、災害現場と災害対策本部間が山岳遮蔽のため直接通信ができない伝搬路を選定し、ドローンに搭載した中継用無線局を介して映像中継伝送を実施する。

ここで、多段中継利用（通信距離の拡大）における試験場所は、災害現場をサンサンパーク白馬、災害対策本部を白馬村役場と想定し、映像伝送を行う場合のエリアシミュレーションを実施した。この結果を以下に述べる。

はじめに、今回選定した山岳遮蔽により見通し外となる伝搬路についてエリアシミュレーションを実施し、通信ができないことを確認する。災害現場及び災害対策本部それぞれを送信この結果を図 2-36 及び図 2-37 に示す。

(1) 図 2-36：災害対策本部からアンテナ高 17m から送信し、受信アンテナ高 2m での受信電力のエリアシミュレーション

(2) 図 2-37：災害現場からアンテナ高 2m から送信し、受信アンテナ高 2m での受信電力のエリアシミュレーション

とした。ここで、空中線電力はいずれも、従来から公共 BB 陸上移動局で運用されている 5W とした。

また、上記 (1) における伝搬路の見通し図(プロフィール)を図 2-38 に示す。

上述のエリアシミュレーションのとおり、今回想定した災害現場及び災害対策本部間の見通し外通信路においては、各受信電力とも規定値の-90dBm 以下を示しており、当初のとおり、通信ができないことを確認した。さらに、図 2-38 の見通し図（プロフィール）に示すとおり、災害現場と災害対策本部の間には、3 か所の山岳回折ポイントが存在し、山岳遮蔽による伝搬損失が大きく通信ができない裏付けが認められる。



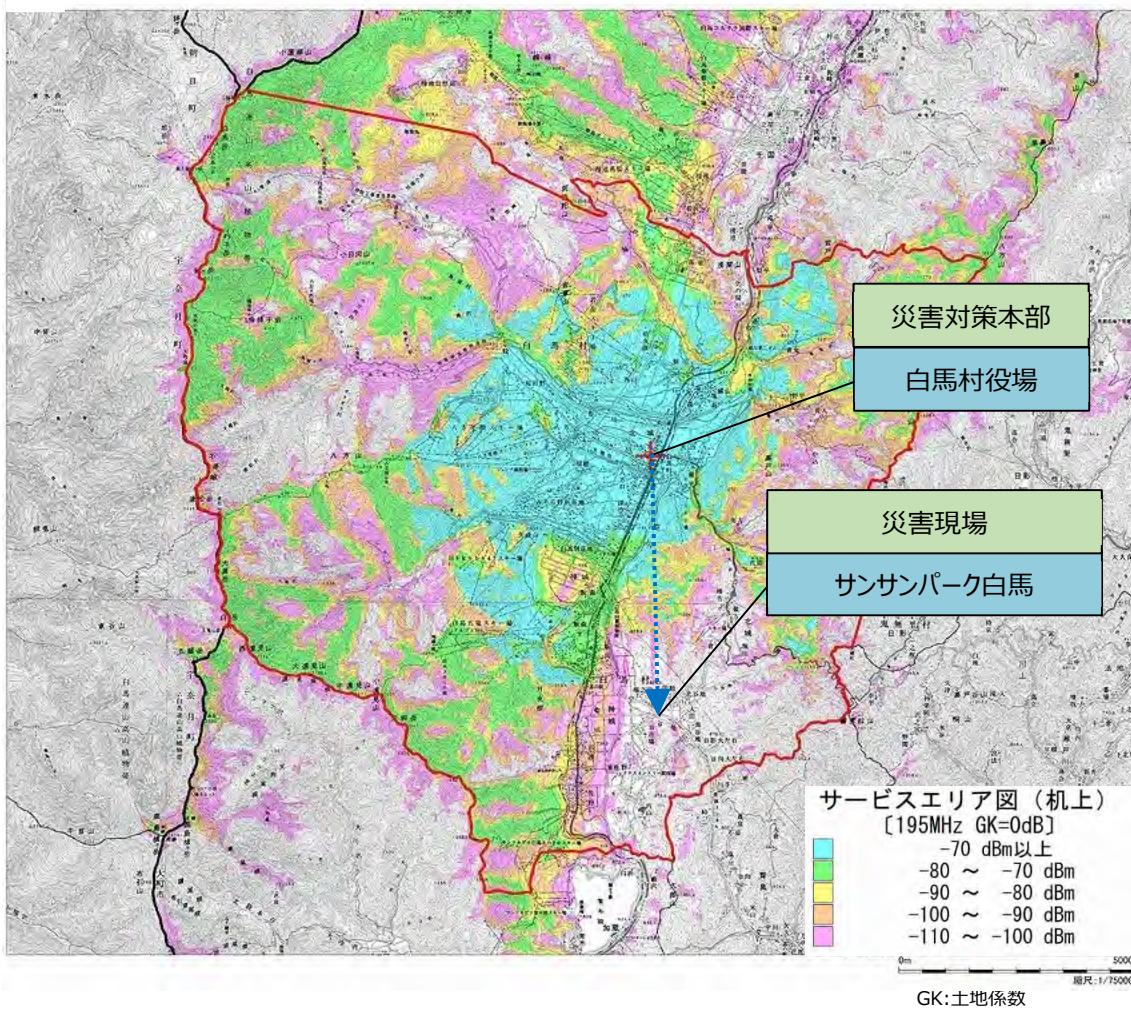


図 2-36 エリアシミュレーション結果 (災害対策本部から 5W 送信、受信アンテナ高 2m)



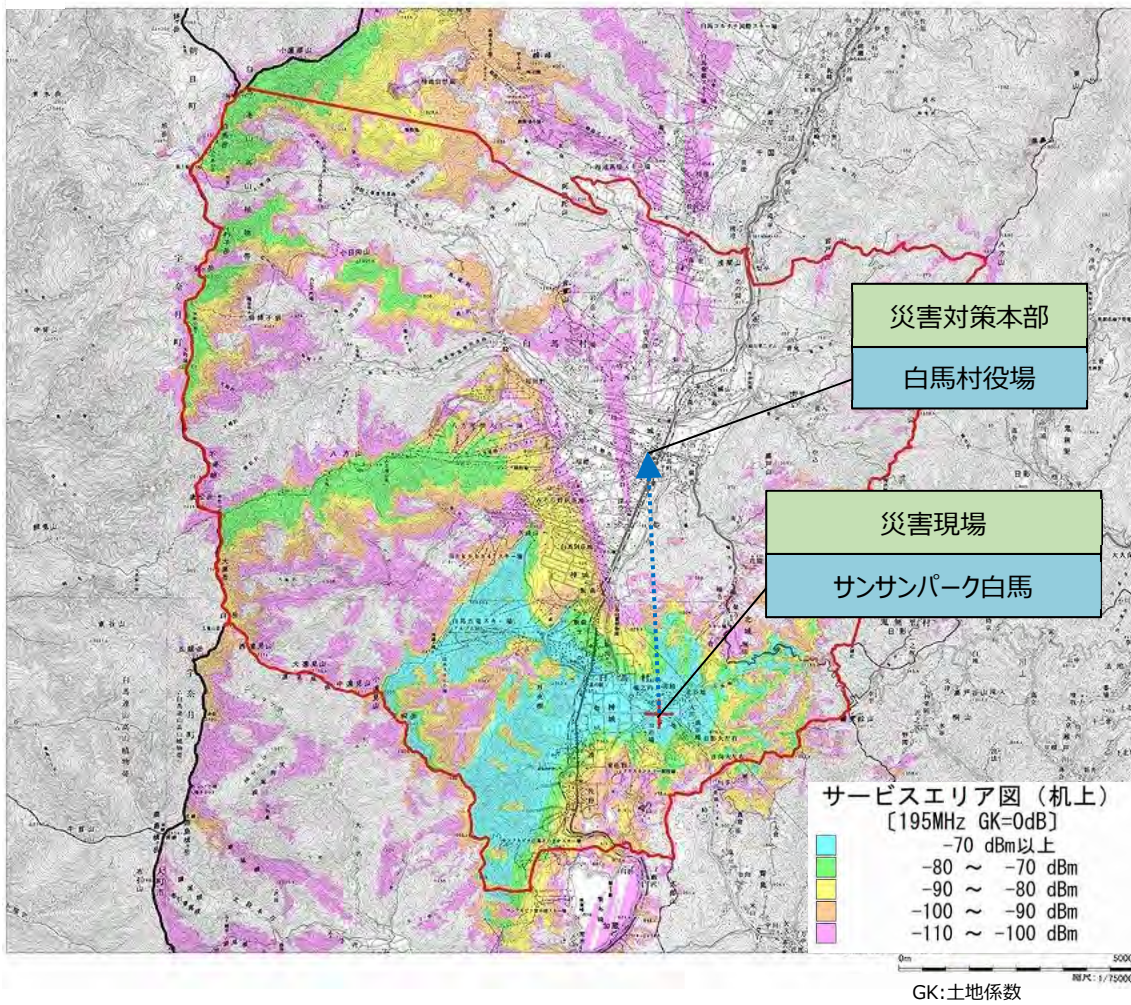


図 2-37 エリアシミュレーション結果 (災害現場から 5W 送信、受信アンテナ高 2m)



等価地球半径係数：K  
K値：1.333  
周波数：195.000(MHz)

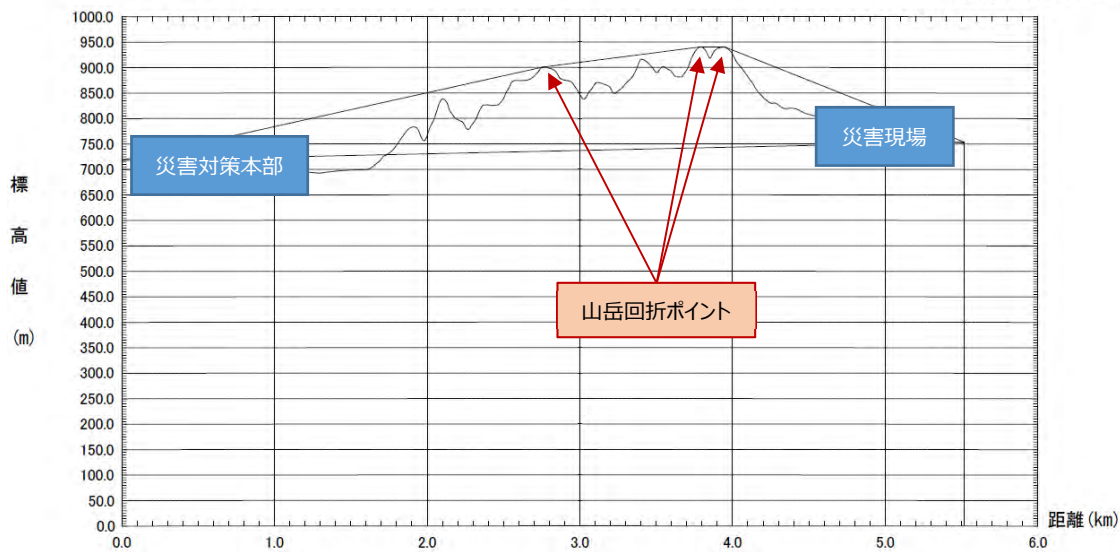


図 2-38 災害現場－災害対策本部間の見通し図（プロフィール）

そこで、無人航空機（ドローン）に搭載した公共 BB 無線装置を介した上空からの映像中継伝送を想定し、中継地点選定のためのエリアシミュレーションを実施し、その結果を以下に述べる。

今回は、無人航空機（ドローン）による上空からの映像中継伝送を想定したエリアシミュレーション結果を図 2-39 及び図 2-40 に示す。

- (1) 図 2-39：災害対策本部からアンテナ高 17m から送信し、上空における中継を想定した受信アンテナ高 100m での受信電力のエリアシミュレーション
- (2) 図 2-40：災害現場からアンテナ高 2m から送信し、上空における中継を想定した受信アンテナ高 100m での受信電力のエリアシミュレーション

とした。ここで、空中線電力はいずれも 1W とした。

上述のエリアシミュレーションに示すとおり、中継地点の候補地として、受信電力が規定値の-90dBm 以上となる場所として、図中に示す五竜スキー場が適当と認められ、選定した。

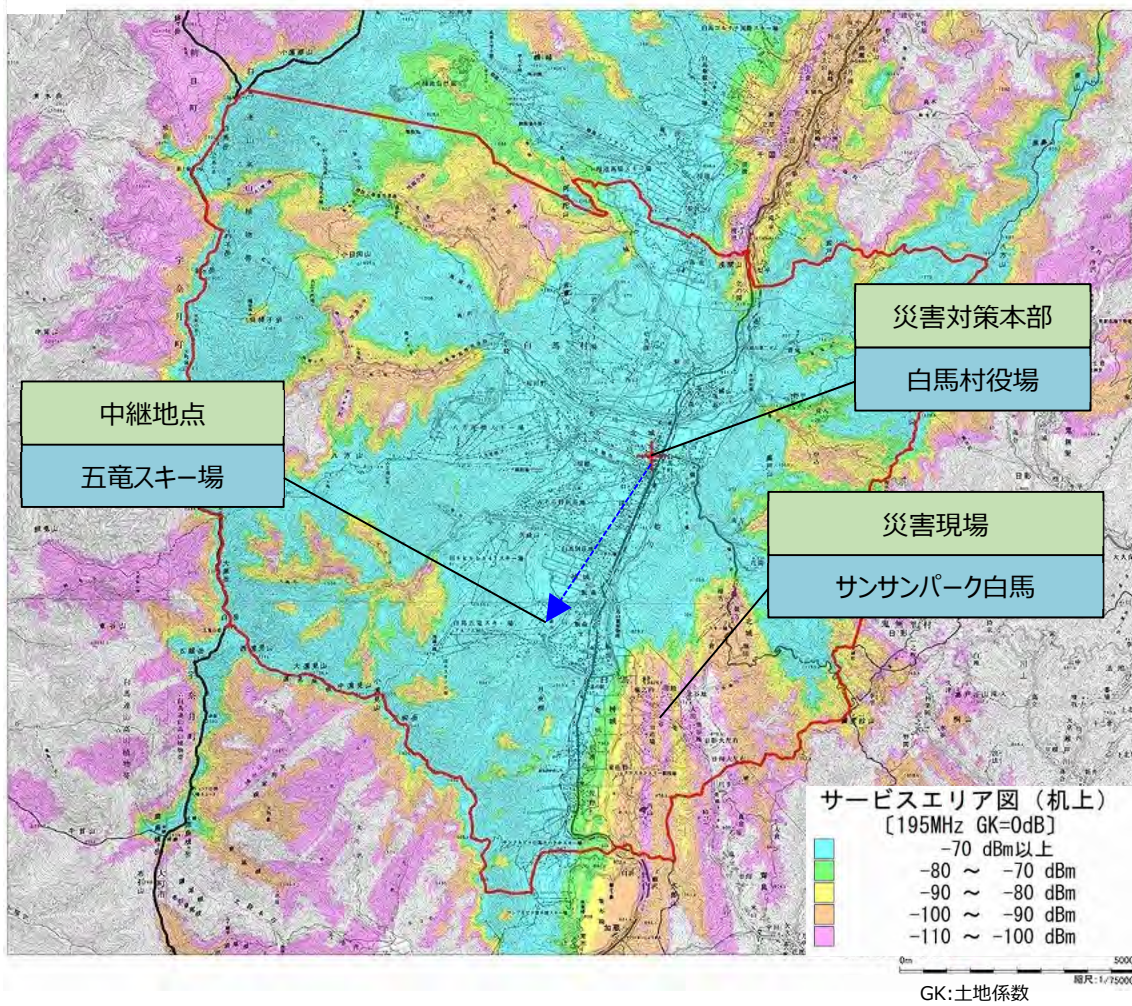


図 2-39 エリアシミュレーション結果（災害対策本部から1W送信、受信アンテナ高上空100m）



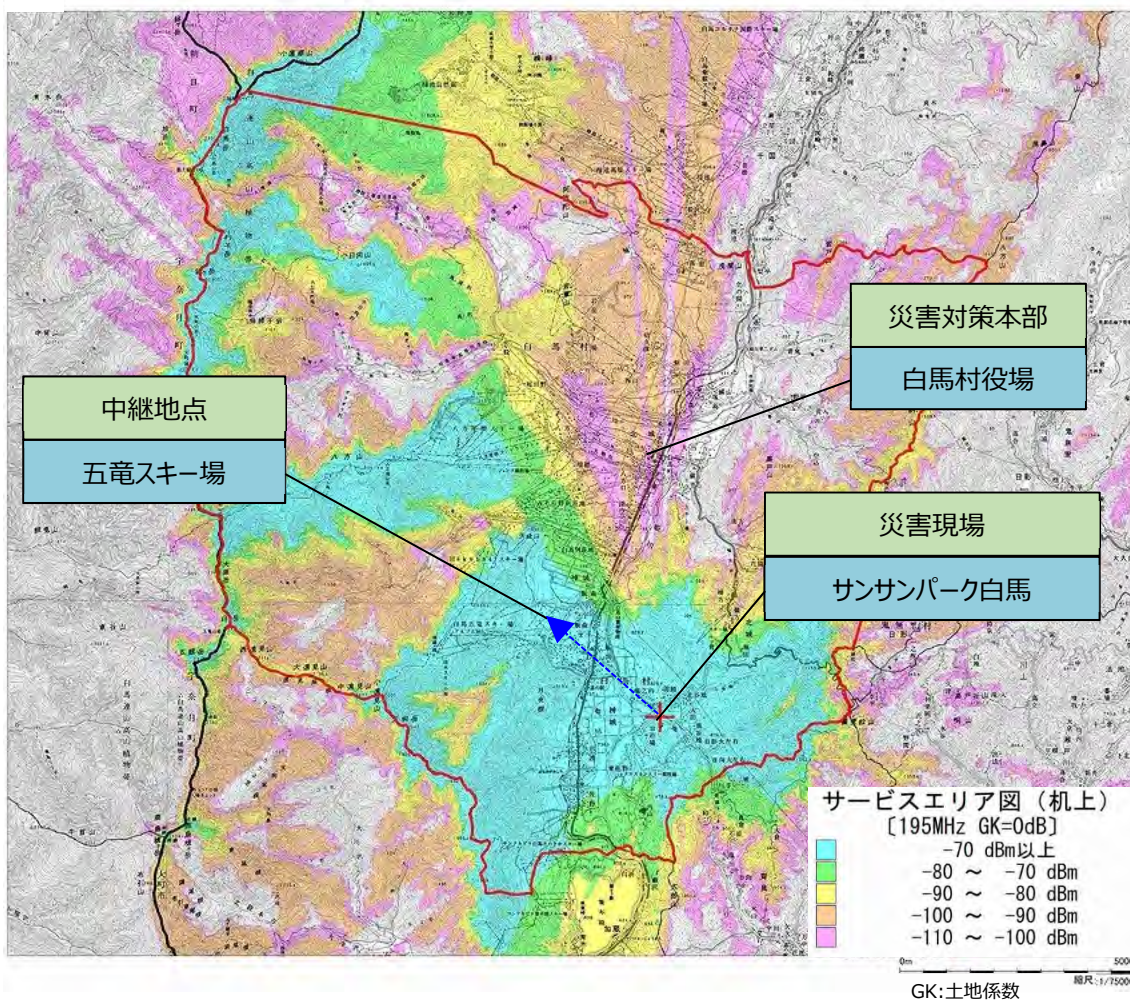


図 2-40 エリアシミュレーション結果（災害現場から 1W 送信、受信アンテナ高上空 100m）

中継地点五竜スキー場から災害現場及び災害対策本部間における見通し図（プロフィール）を図 2-41 から図 2-44 に示す。ここで、五竜スキー場における受信アンテナ高は 2m 及び 100m（上空を想定）とした。

以下、各見通し図（プロフィール）について補足する。

- (1) 図 2-41 及び図 2-42：五竜スキー場から災害対策本部の見通し図、それぞれ 2m 及び 100m に対応する。
- (2) 図 2-43 及び図 2-44：五竜スキー場から災害現場の見通し図、それぞれ 2m 及び 100m に対応する。

上記（1）では、中継地点五竜スキー場の受信アンテナ高が 2m 及び上空 100m のいずれの場合においても山岳回折等、遮蔽が発生しない伝搬路となっている。

一方、上記（2）では、中継地点五竜スキー場の受信アンテナ高が 2m の場合においては、山岳遮蔽が発生し、受信アンテナ高を上空 100m に上昇させることにより、山岳遮蔽が回避される。

上記の結果から、中継地点として五竜スキー場は、試験場所として適当であることが裏付けられた。

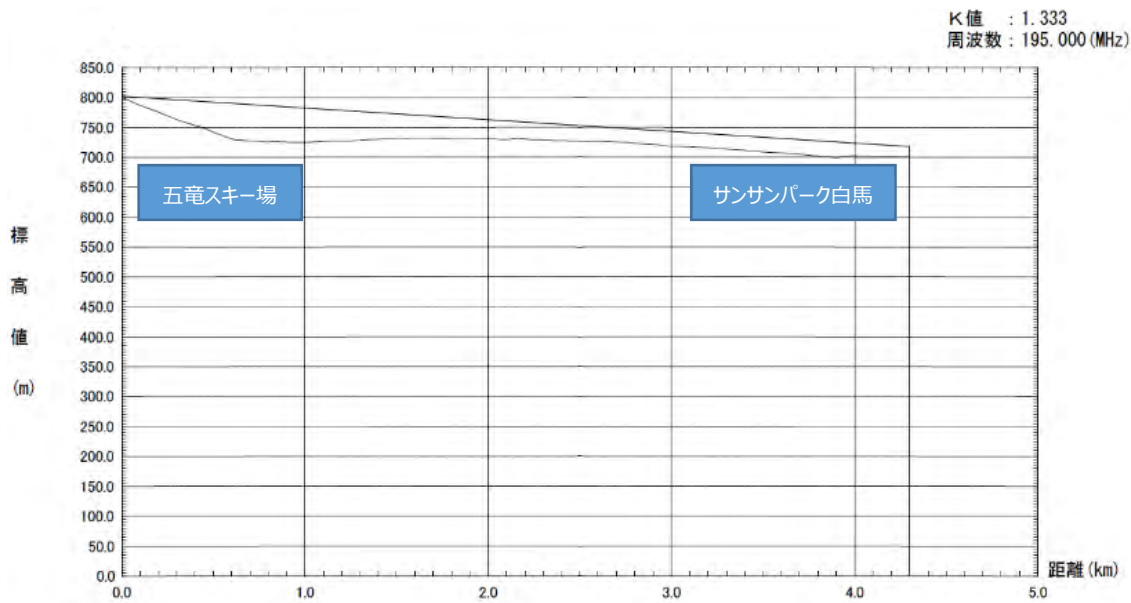


図 2-41 中継地点（五竜スキー場）－災害現場（白馬村役場） 見通し図  
（受信アンテナ高 2m）

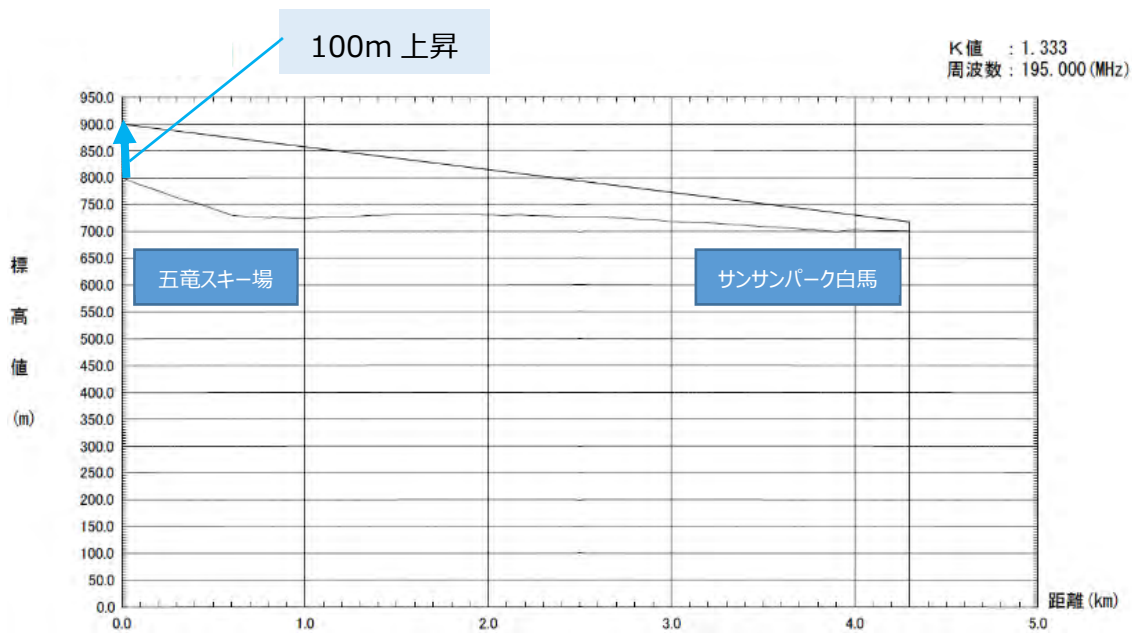


図 2-42 中継地点（五竜スキー場）－災害現場（白馬村役場） 見通し図  
（受信アンテナ高上空 100m）

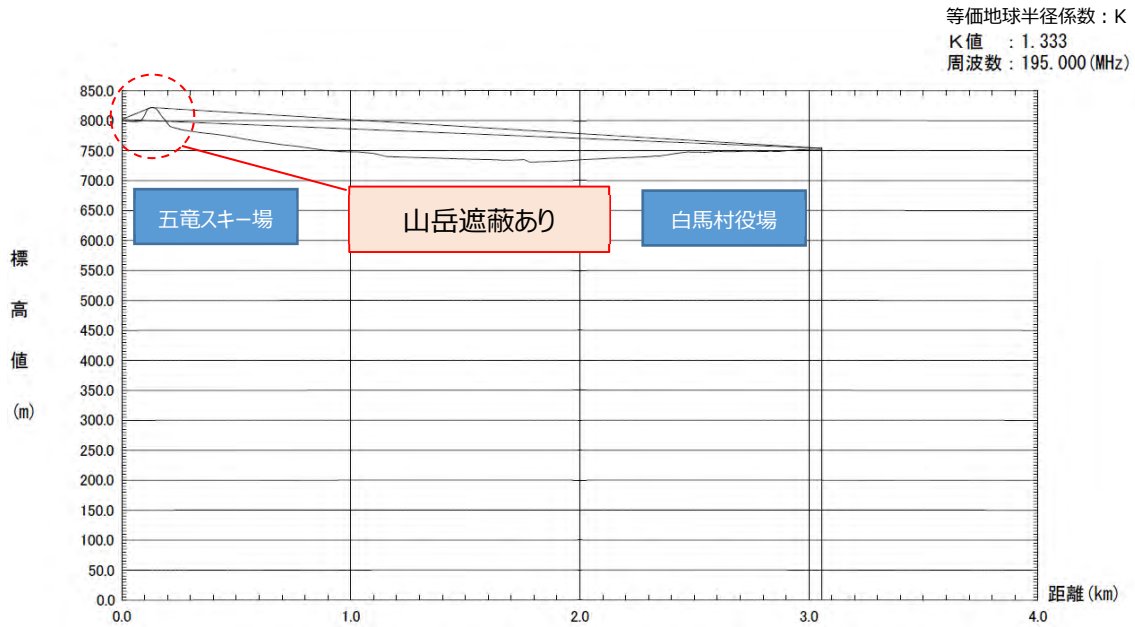


図 2-43 中継地点（五竜スキー場）－災害対策本部（サンサンパーク白馬） 見通し図  
（受信アンテナ高 2m）

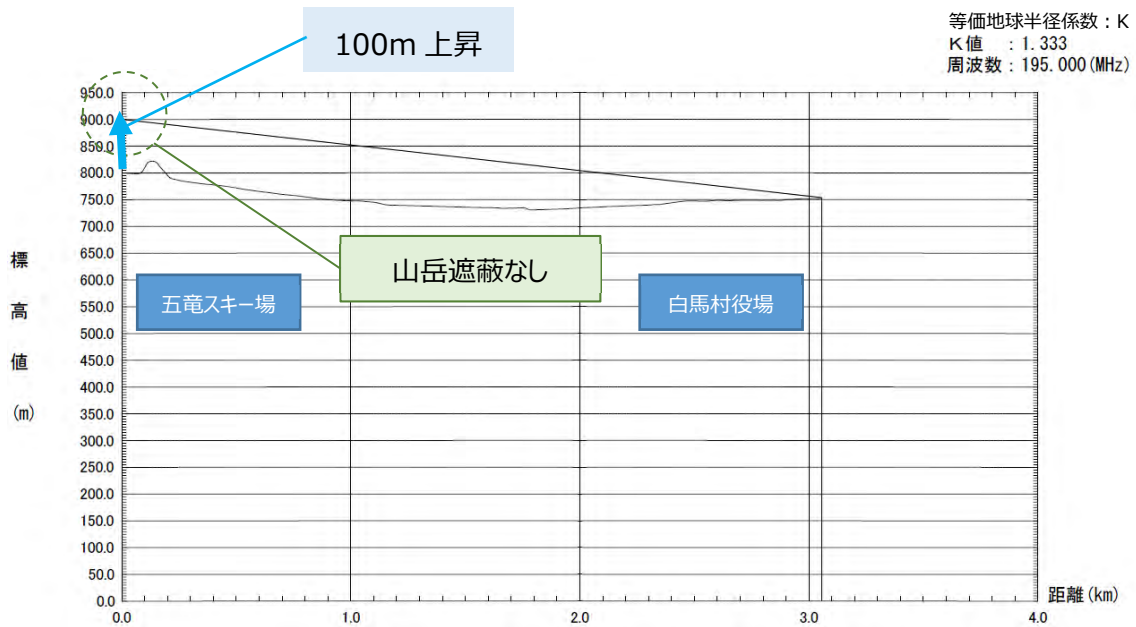


図 2-44 中継地点（五竜スキー場）－災害対策本部（サンサンパーク白馬） 見通し図  
（受信アンテナ高上空 100m）



今回の多段中継利用（通信距離の拡大）における災害現場、災害対策本部及び中継地点の位置関係を図 2-45 に示す。また、それぞれの地点における情報一覧（地点名、距離、標高差）を表 2-19 に示す。

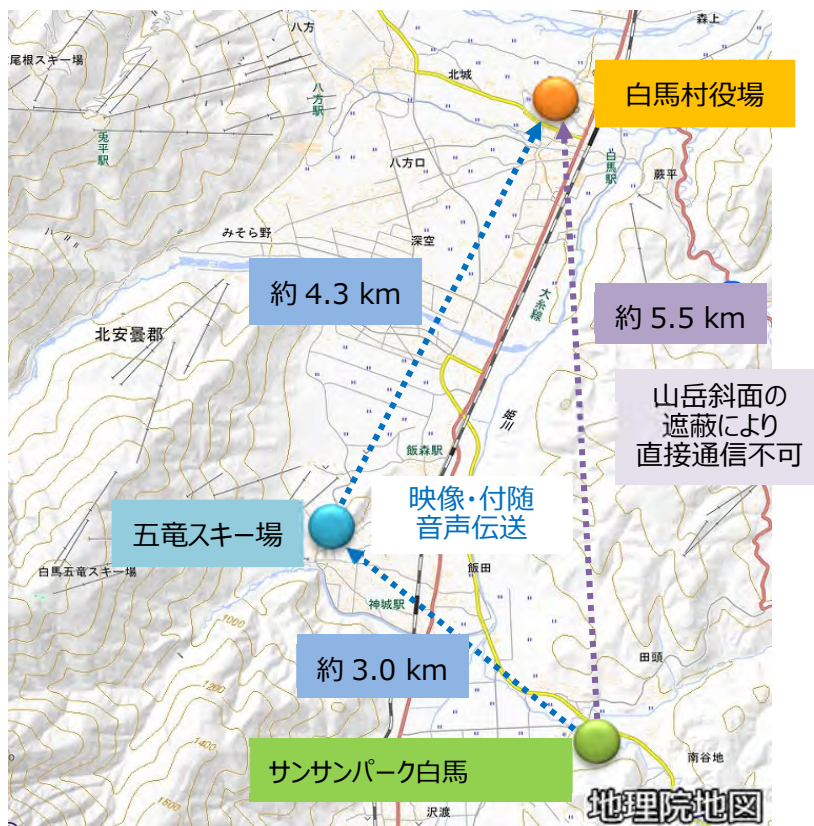


図 2-45 多段中継利用（通信距離の拡大）における各地点の位置関係

表 2-19 利多段中継利用（通信距離の拡大）の各地点の情報一覧

測定地点 1	測定地点 2	地上間距離	標高差
● 白馬村役場	● サンサンパーク白馬	5.5 km	50 m
● 五竜スキー場	● 白馬村役場	4.3 km	107 m
● 五竜スキー場	● サンサンパーク白馬	3.0 km	57 m

## 2.5.2 電波伝搬特性試験結果

電波伝搬特性試験においては、山岳高所側及び地上側の同じ測定地点について、無積雪期及び積雪期の2つの条件において受信電力及び隣接／次隣接チャンネル漏えい電力測定を行い、積雪の影響の比較を行った。その結果を以下に述べる。

### 2.5.2.1 測定地点の位置関係及び試験構成

電波伝搬特性試験における測定地点の位置関係及び試験構成を図 2-46 に示す。各測定地点情報一覧（地点名、距離、標高差）は、前述の表 2-17 のとおりである。

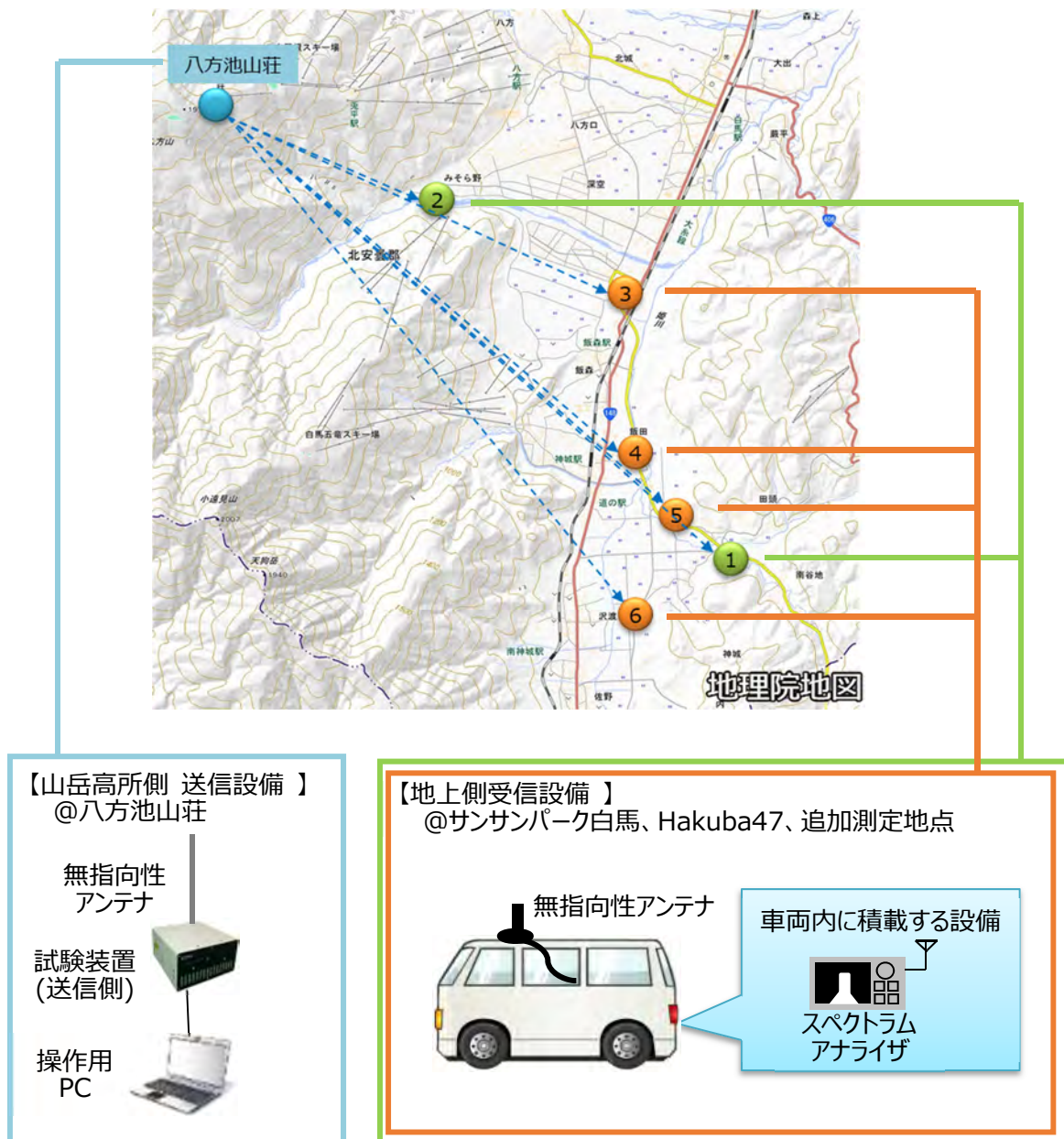


図 2-46 電波伝搬特性試験の測定地点の位置関係及び試験構成

### 2.5.2.2 試験環境・試験風景及び無線設備

無積雪期及び積雪期にて実施した電波伝搬特性試験における山岳高所側（八方池山荘）及び地上側（サンサンパーク白馬、Hakuba47、追加測定地点 1～4）の試験環境・試験風景及び無線設備について、図 2-47 から図 2-61 に順次示す。なお、無積雪期の試験は 2019 年 9 月下旬～10 月上旬に実施した。また、積雪期の試験は、2020 年 1 月下旬に実施した。



図 2-47 山岳高所側（八方池山荘）から地上側の眺望（無積雪期）



図 2-48 山岳高所側の無線設備（無積雪期）





図 2-49 八方池山荘（山岳高所側）の送信用無指向性アンテナ（無積雪期）

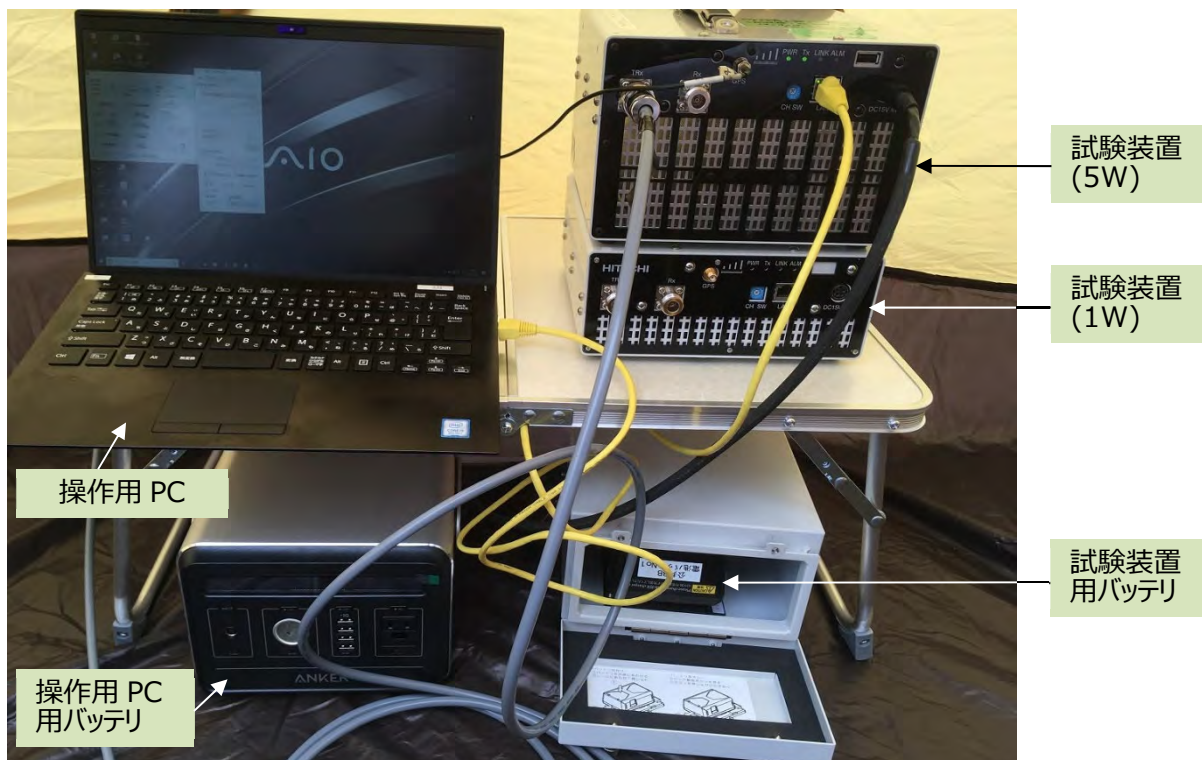


図 2-50 八方池山荘(山岳高所側)の無線設備（テント内に設置）（無積雪期）



図 2 -51 八方池山荘(山岳高所側)からの地上側の眺望（積雪期）



図 2 -52 山岳高所側の無線設備及び送信用無指向性アンテナ（積雪期）

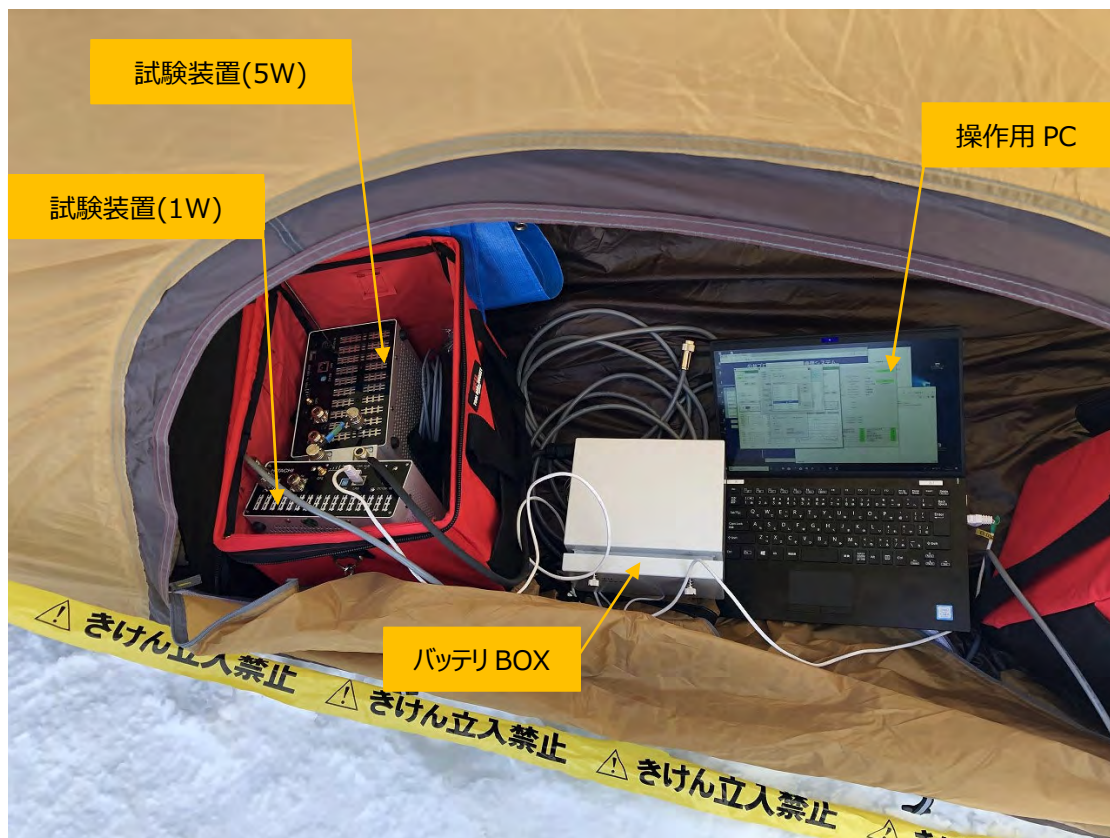


図 2-53 八方池山荘(山岳高所側)の無線設備 (テント内に設置) (積雪期)



図 2-54 八方池山荘(山岳高所側)における吹雪時の状況 (積雪期)  
(吹雪により地上側の視界なし)



次に、無積雪期及び積雪期における地上側（サンサンパーク白馬、Hakuba47）の試験風景及び無線設備を図 2-55 から図 2-61 に示す。



図 2-55 地上側（サンサンパーク白馬）の無線設備を積載した車両（無積雪期）



図 2-56 車両ルーフに設置したアンテナ（ダイバーシチ(2 ブランチ)）（無積雪期）



図 2-57 地上側（Hakuba47）の無線設備を積載した車両（無積雪期）

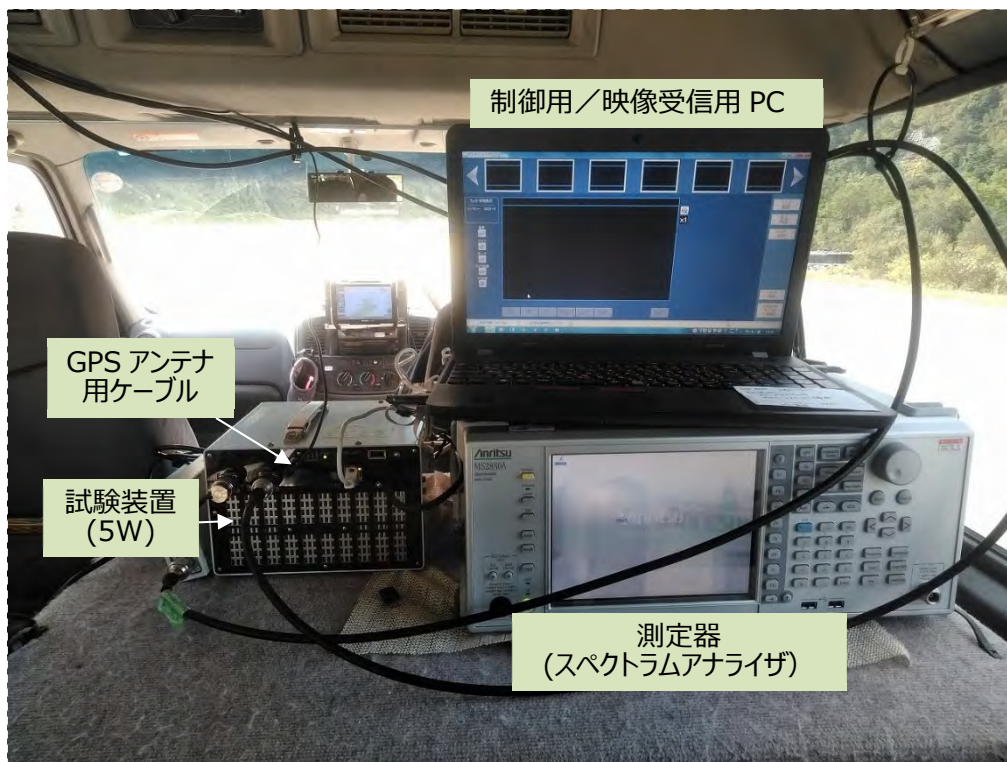


図 2-58 地上側の車両内に設置した無線設備（無積雪期）





@Hakuba47



@サンサンパーク白馬



@追加測定地点 1



@追加測定地点 2

図 2-59 地上側の無線設備が積載された車両の試験風景（積雪期）（1/2）



@追加測定地点 3



@追加測定地点 4

図 2-60 地上側の無線設備が積載された車両の試験風景（積雪期）（2/2）



図 2-61 地上側の車両内に設置された無線設備（積雪期）



### 2.5.2.3 電波伝搬特性試験の試験結果

電波伝搬特性試験における受信電力及び隣接／次隣接チャンネル漏えい電力の測定結果を以下に述べる。

#### 2.5.2.3.1 受信電力

無積雪期及び積雪期において、地上側の受信地点（サンサンパーク白馬、Hakuba47 及び追加測定地点 1～4）にて測定した受信電力値を以下に示す。

本測定における受信電力については、スペクトラムアナライザの Burst Average Power 機能を用いて測定した。スペクトラムアナライザの各設定条件の設定は、スパン = 0Hz(時間波形)、検波モード = Positive Peak、RBW = 10MHz とした。

#### (1) 八方池山荘－サンサンパーク白馬

八方池山荘－サンサンパーク白馬の地点情報及び試験パラメータ一覧を表 2-20 に示す。

表 2-20 電波伝搬特性試験の測定地点情報及び試験パラメータ一覧①

試験場所の条件		八方池山荘	サンサンパーク白馬
標高		1,834 m	753 m
空中線	種別	無指向性（スリーブ）	無指向性（ホイップ）
	高さ	3 m	2 m
	利得	2.15 dBi	2.15 dBi
ケーブル損失		1.24 dB	1.1 dB
2 地点の標高差		1,082 m	
2 地点の地上間距離		7,954 m	

#### (1.1) 無積雪期

無積雪期に測定した、八方池山荘(山岳高所側)の空中線電力を 5W 及び 1W とし、そのときのサンサンパーク白馬における受信信号の時間波形及び受信電力の測定値を図 2-62 及び図 2-63 に示す。空中線電力 5W 時及び 1W 時の受信電力は、それぞれ-54.0dBm 及び-60.3dBm であった。

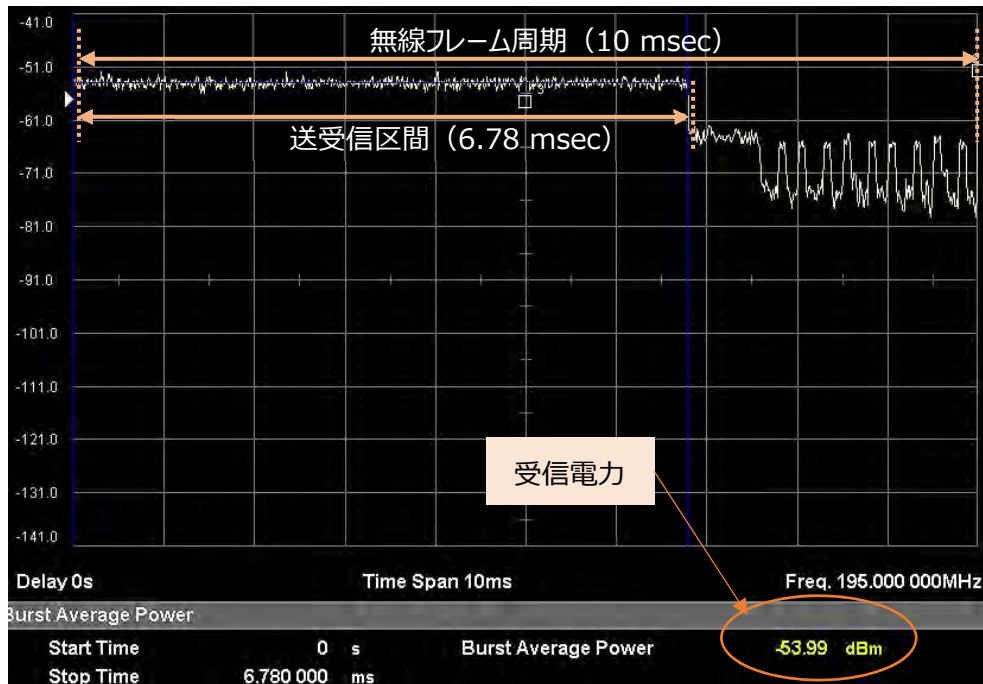


図 2-62 受信信号波形・受信電力（空中線電力 5W、サンサンパーク、無積雪期）

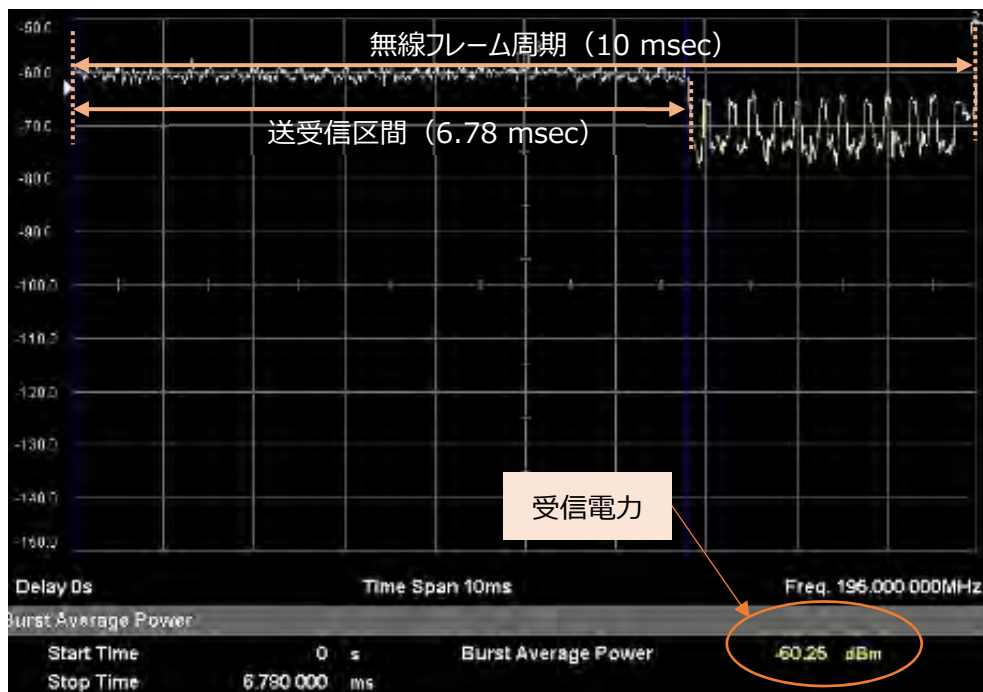


図 2-63 受信信号波形・受信電力（空中線電力 1W、サンサンパーク、無積雪期）

### (1.2) 積雪期

積雪期に測定した、八方池山荘(山岳高所側)の空中線電力を 5W 及び 1W とし、そのときのサンサンパーク白馬における受信信号の時間波形及び受信電力の測定値を図 2-64 及び図 2-65 に示す。

空中線電力 5W 時及び 1W 時の受信電力は、それぞれ-51.3dBm 及び-57.5dBm であった。

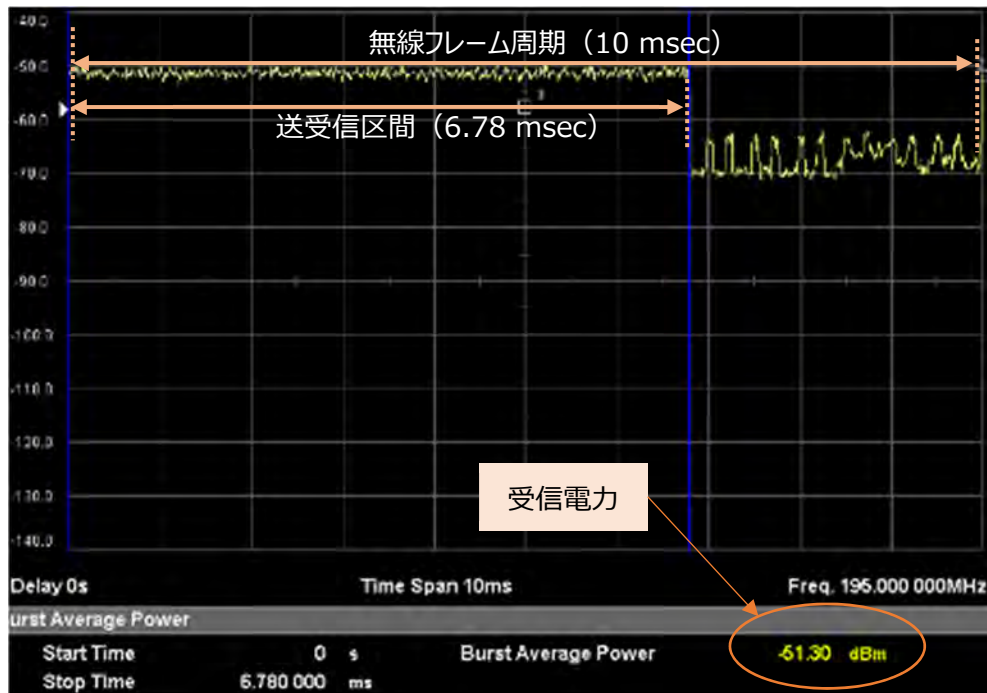


図 2 -64 受信信号波形・受信電力 (空中線電力 5W、サンサンパーク、積雪期)

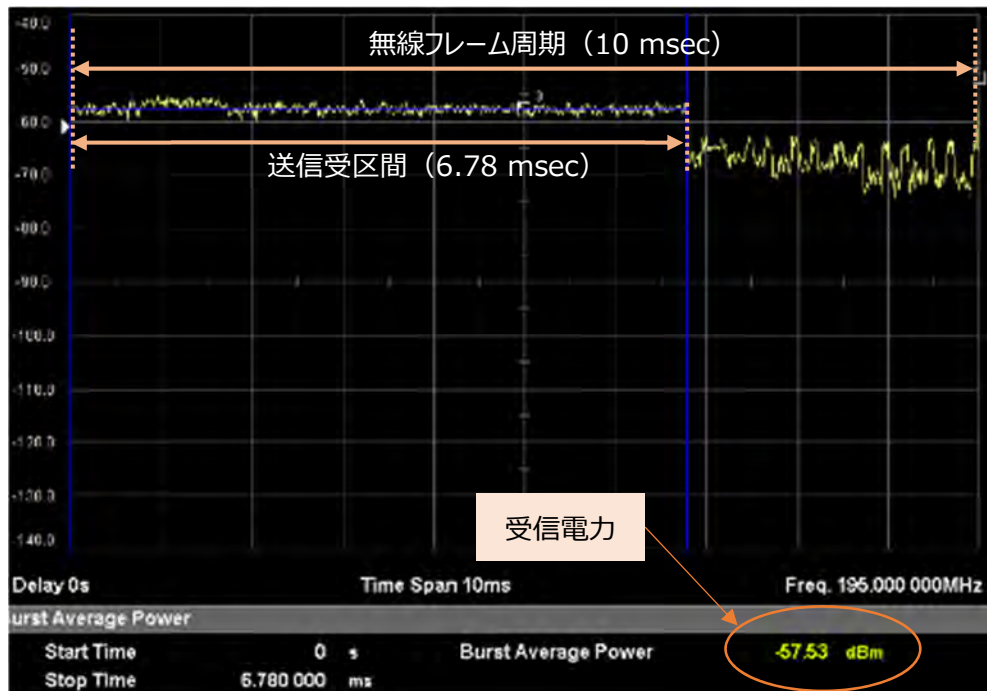


図 2 -65 受信信号波形・受信電力 (空中線電力 1W、サンサンパーク、積雪期)

(1.3)八方池山荘－サンサンパーク白馬の結果

前述の受信電力の測定値及び机上検討で得られた電波伝搬モデルの減衰特性との比較を表 2-21 に示す。また、当該減衰特性カーブ上に、測定データをプロットしたグラフを図 2-66 に示す。

表 2-21 受信電力の測定データ（八方池山荘－サンサンパーク白馬）

空中線 電力	受信電力				
	測定値		差分 (無積雪期 －積雪期)	机上計算	
	無積雪期	積雪期		自由空間 伝搬損失	大地反射 2波モデル
5W	-54.0dBm	-51.3dBm	-2.7dB	-57.4dBm	-52.6dBm
1W	-60.3dBm	-57.5dBm	-2.8dB	-64.7dBm	-59.6dBm

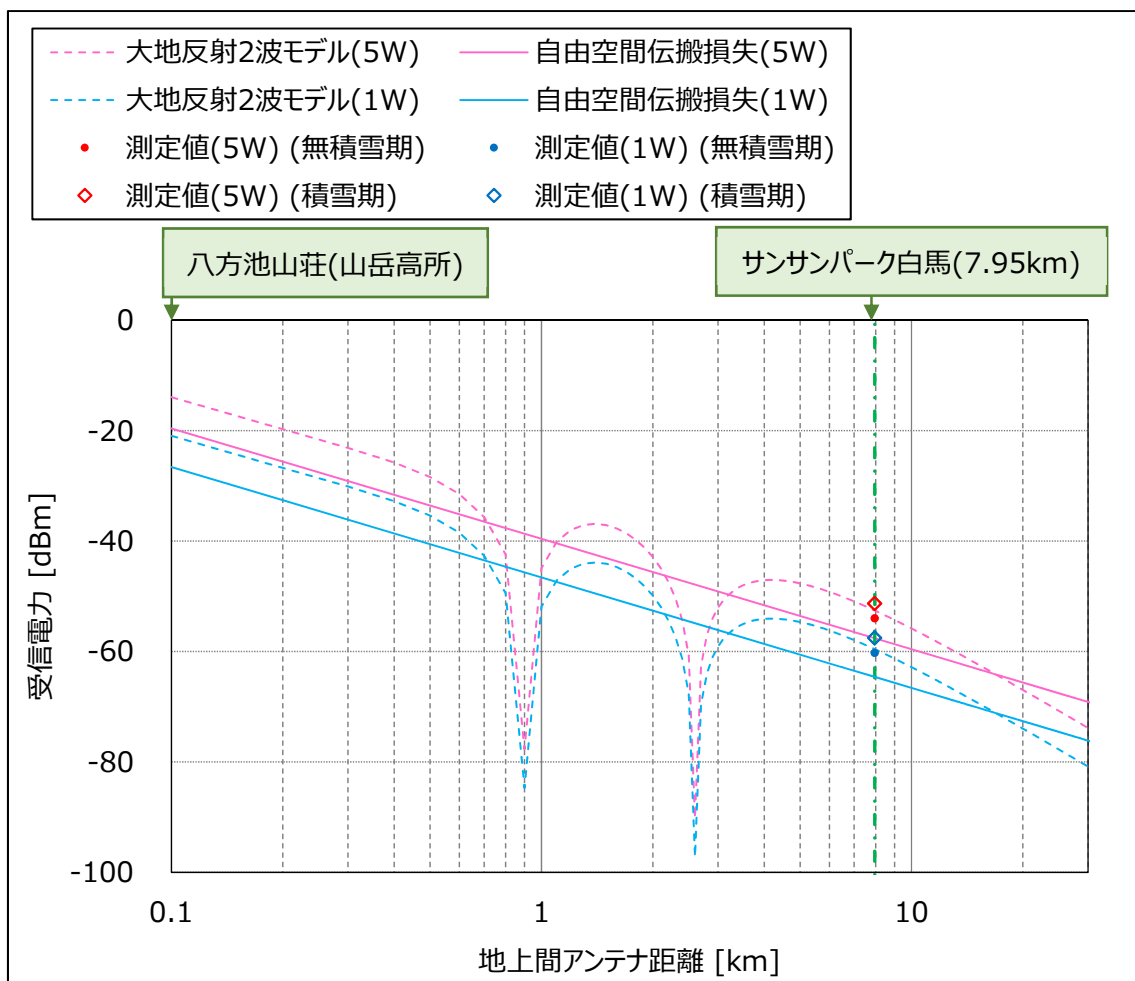


図 2-66 受信電力グラフ（測定値と机上計算値、サンサンパーク白馬）

(2) 八方池山荘－Hakuba47

八方池山荘－Hakuba47 の地点情報及び試験パラメーター一覧を表 2-22 に示す。

表 2-22 電波伝搬特性試験 試験パラメータ②

試験場所の条件		八方池山荘	Hakuba47
標高		1,834 m	826 m
空中線	種別	無指向性 (スリーブ)	無指向性 (ホイップ)
	高さ	3 m	2 m
	利得	2.15 dBi	2.15 dBi
ケーブルロス		1.24 dB	1.1 dB
標高差		1,008 m	
地上間距離		2,745 m	

(2.1) 無積雪期

無積雪期に測定した、八方池山荘(山岳高所側)の空中線電力を 5W 及び 1W とし、そのときの Hakuba47 における受信信号の時間波形及び受信電力の測定値を図 2-67 及び図 2-68 に示す。空中線電力 5W 時及び 1W 時の受信電力は、それぞれ-56.6dBm 及び-63.4dBm であった。

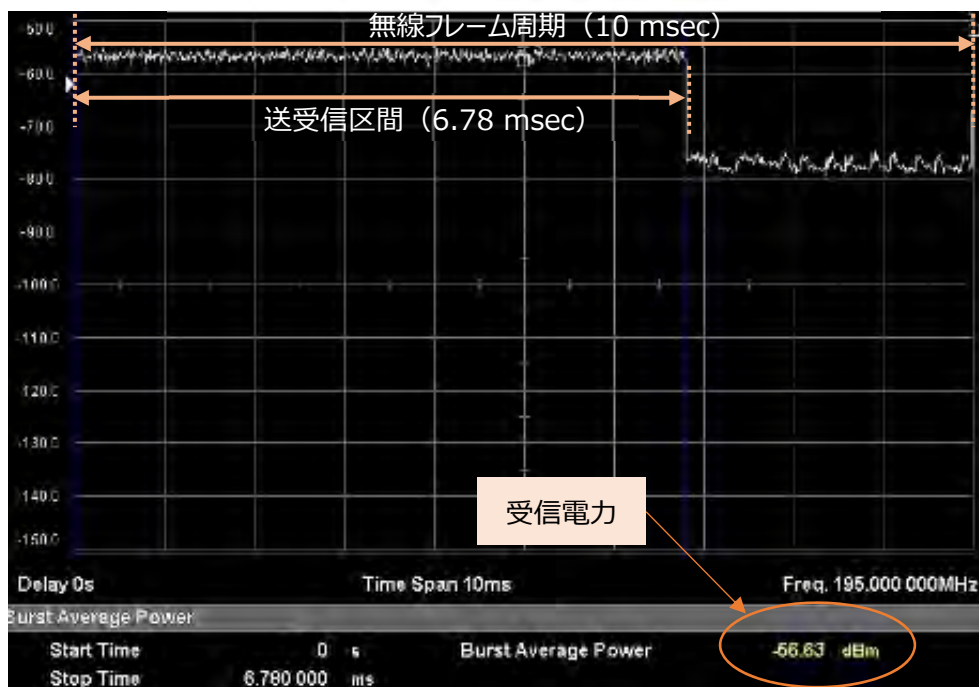


図 2-67 受信信号波形・受信電力（空中線電力 5W、Hakuba47、無積雪期）

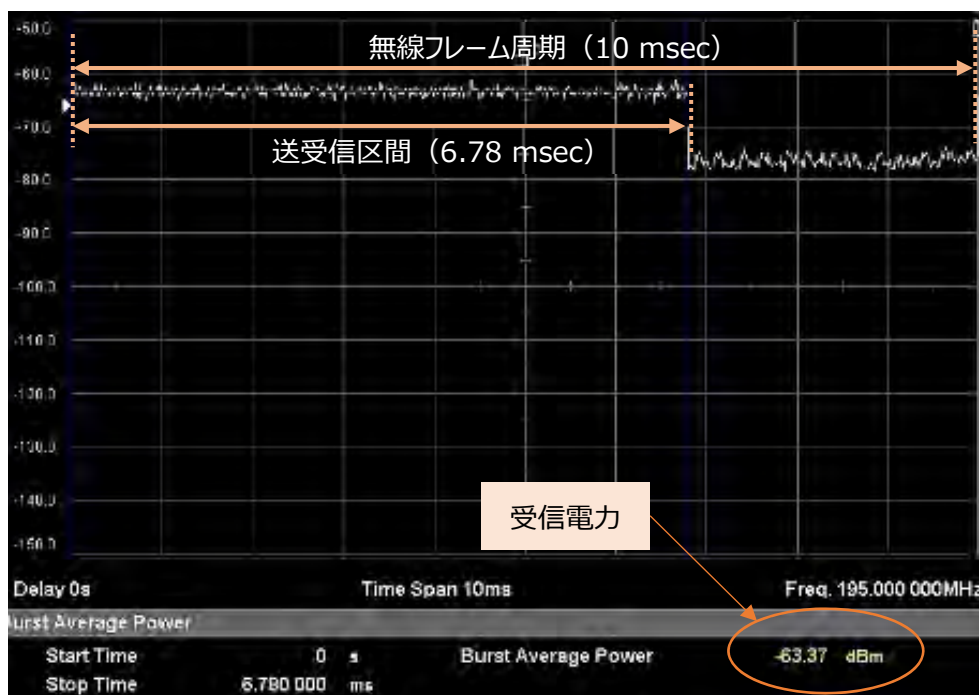


図 2-68 受信信号波形・受信電力（空中線電力 1W、Hakuba47、無積雪期）

## (2.2) 積雪期

積雪期に測定した、八方池山荘(山岳高所側)の空中線電力を 5W 及び 1W とし、そのときの Hakuba47 における受信信号の時間波形及び受信電力の測定値を図 2-69 及び図 2-70 に示す。



空中線電力 5W 時及び 1W 時の受信電力は、それぞれ-57.1dBm 及び-63.4dBm であった。

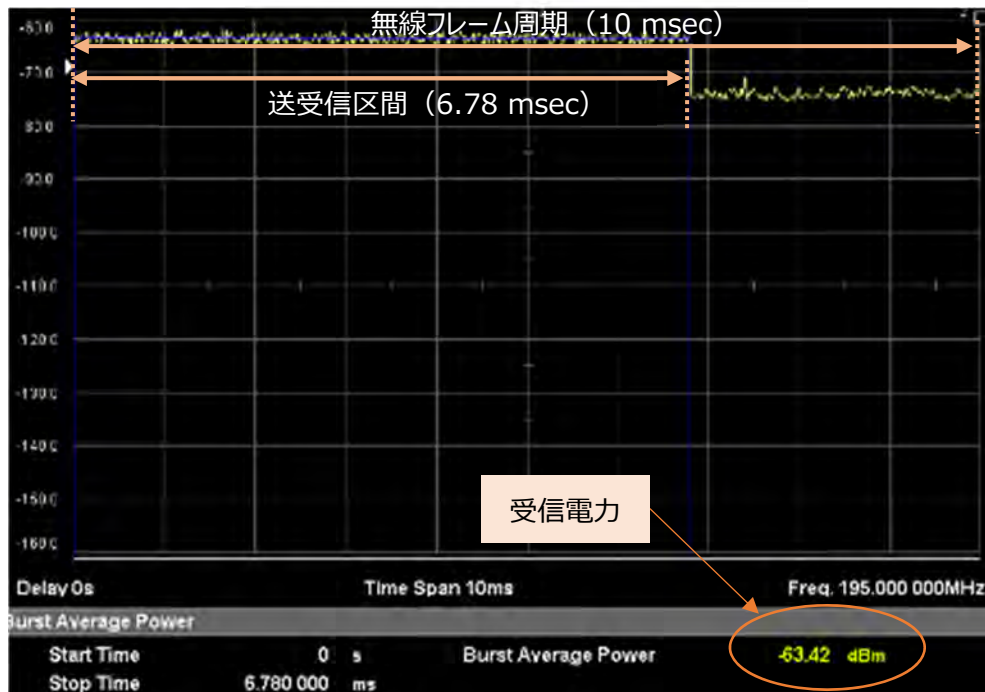


図 2-69 受信信号波形・受信電力（空中線電力 5W、Hakuba47、積雪期）

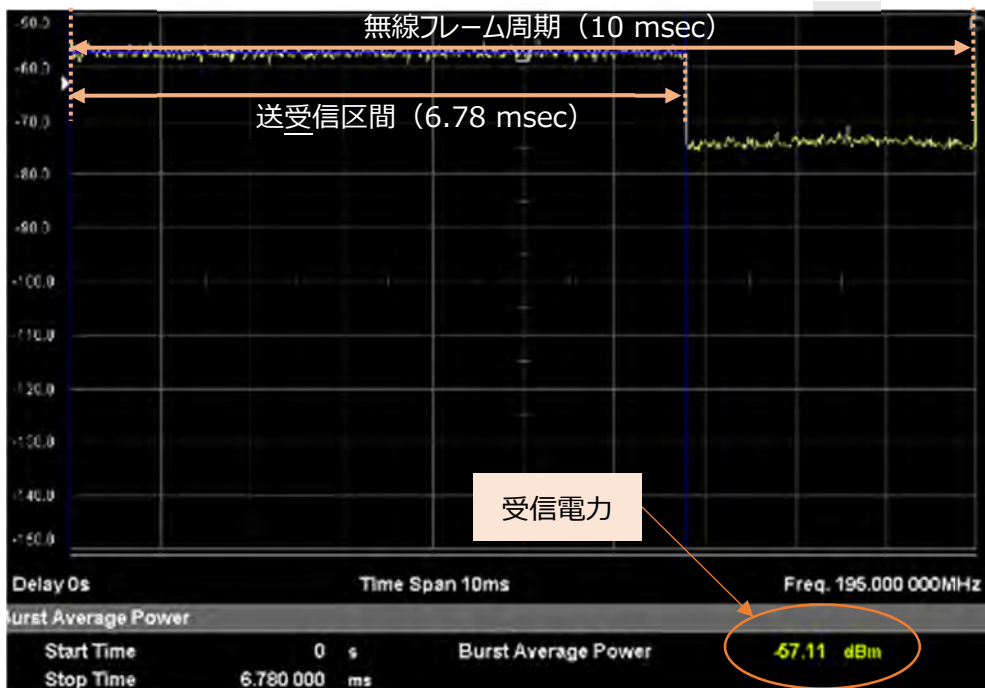


図 2-70 受信信号波形・受信電力（空中線電力 1W、Hakuba47、積雪期）

(2.3)八方池山荘－Hakuba47の結果

前述の受信電力の測定値及び机上検討で得られた電波伝搬モデルの減衰特性との比較を表 2-23 に示す。また、当該減衰特性カーブ上に、測定データをプロットしたグラフを図 2-71 に示す。

表 2-23 受信電力測定データ（八方池山荘－Hakuba47）

空中線 電力	受信電力				
	測定値		差分 (無積雪期 －積雪期)	机上計算	
	無積雪期	積雪期		自由空間 伝搬損失	大地反射 2波モデル
5W	-56.6dBm	-57.1dBm	0.5dB	-48.2dBm	-53.5dBm
1W	-63.4dBm	-63.4dBm	0.0dB	-55.2dBm	-60.5dBm

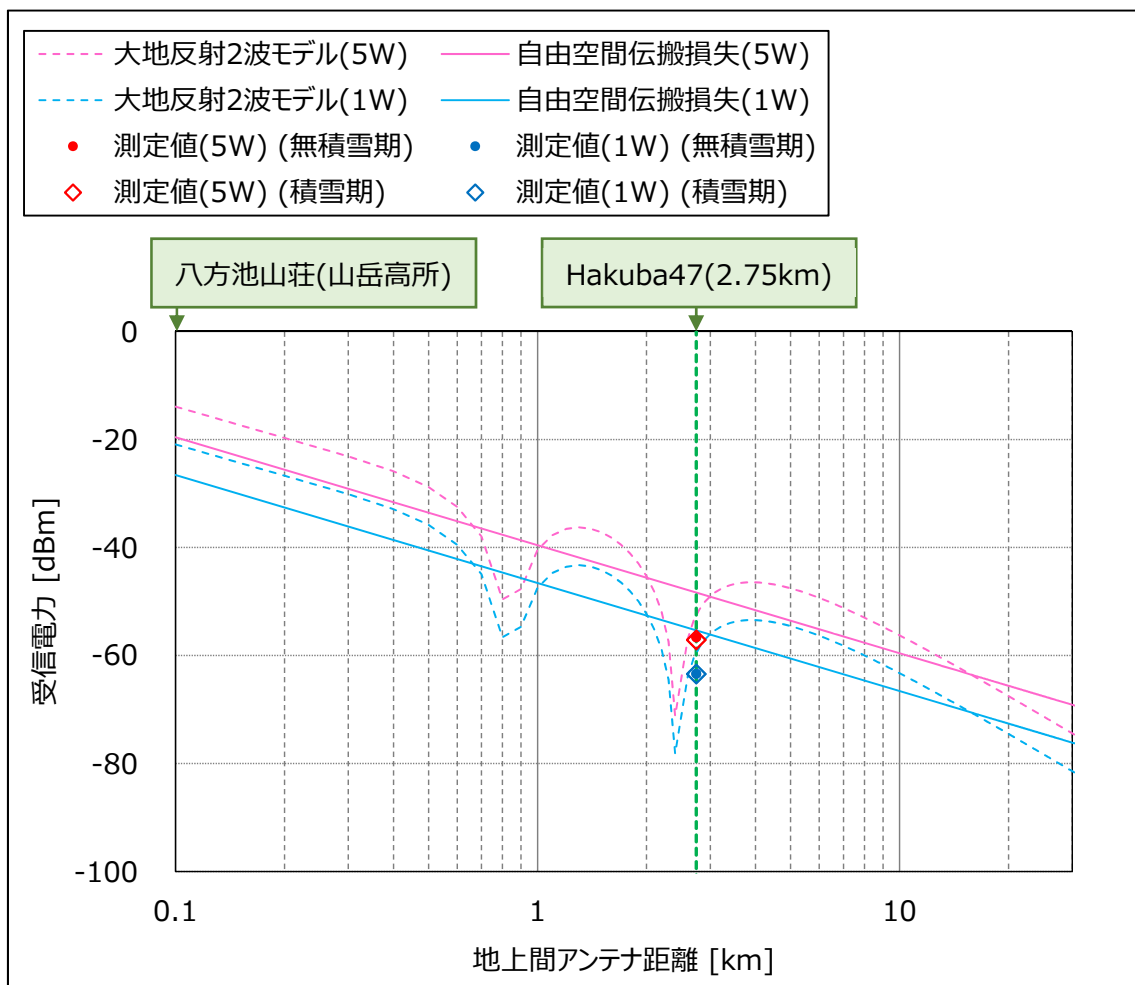


図 2-71 受信電力グラフ（測定値と机上計算値、Hakuba47）

### (3) 八方池山荘 – 追加測定地点 1~4

上述と同様に、無積雪期及び積雪期において、追加測定地点 1~4 にて測定した受信電力を電波伝搬モデルの減衰特性カーブ上にプロットしたグラフ及び測定地点の位置関係を図 2-72 に示す。なお、追加測定地点 1~4 における測定時の空中線電力は 5W のみにて実施した。

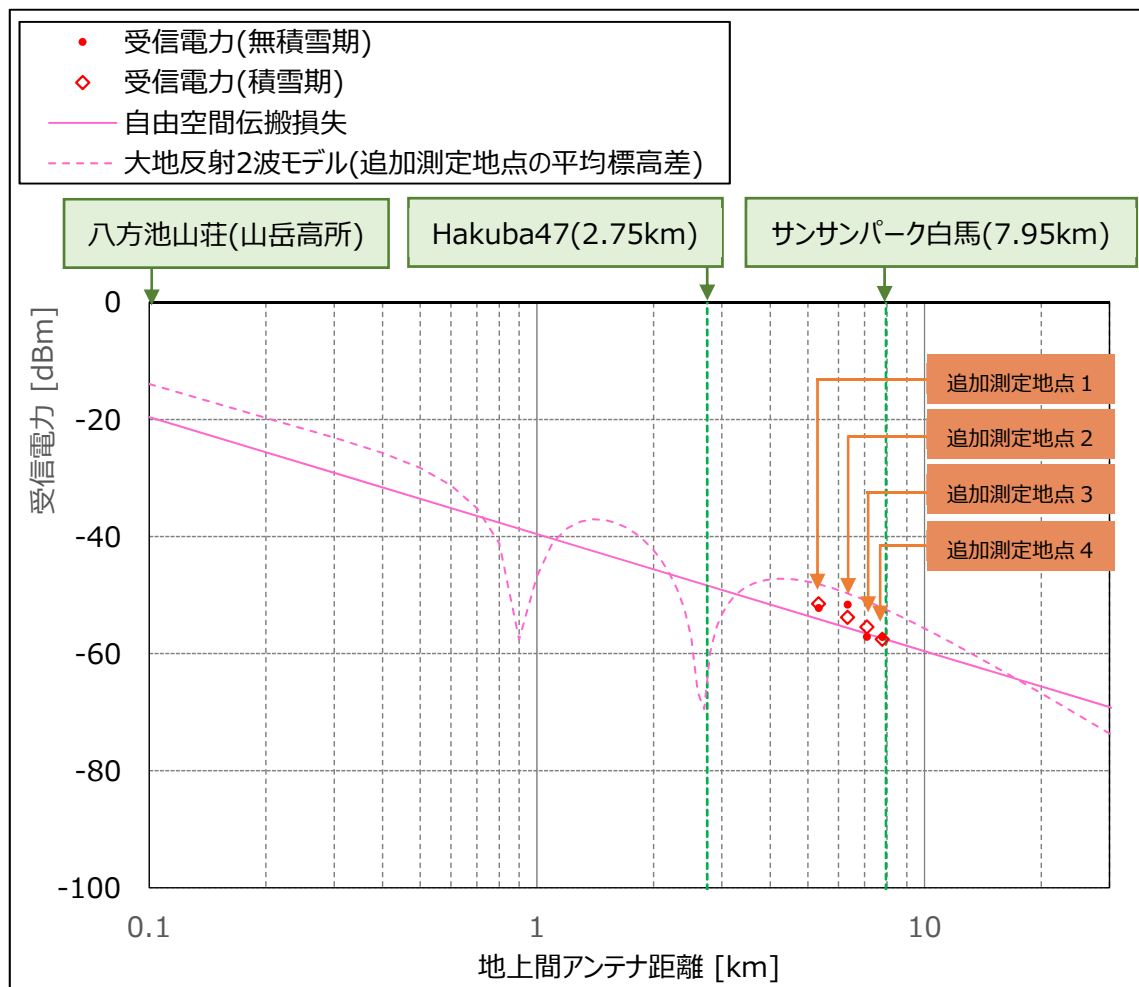
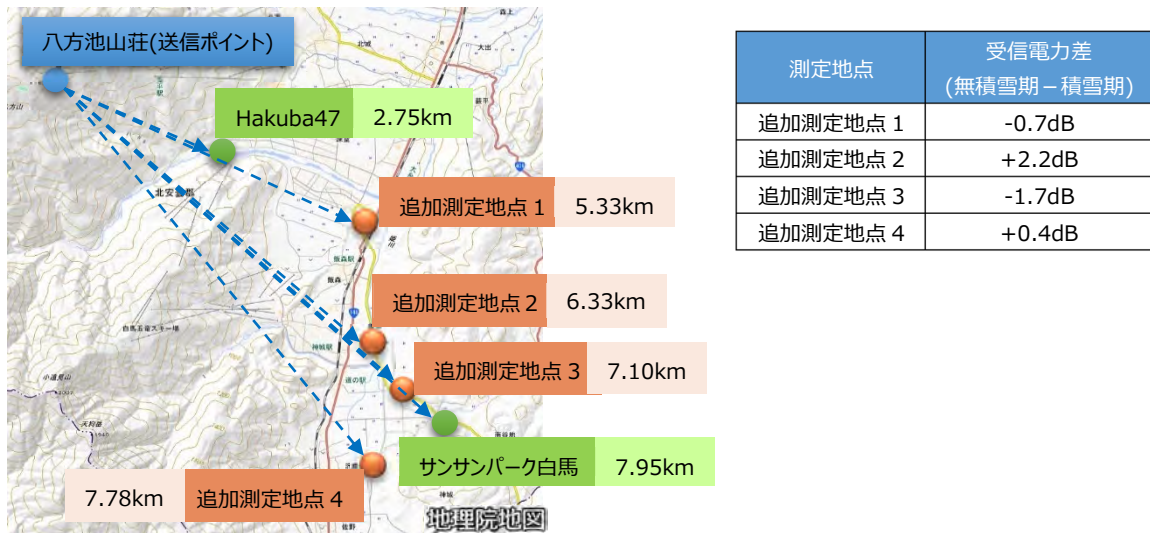


図 2-72 受信電力グラフ (測定値と机上計算値、追加測定地点 1~4)

(4) 電波伝搬特性試験における受信電力測定結果のまとめ

各測定地点における電波伝搬特性試験の試験結果を以下にまとめる。

- ・ 無積雪期及び積雪期とも、大地反射 2 波モデルに近い特性が得られた。なお、周辺環境、仰角、距離、等の要因により遅延波の影響は変動し、自由空間伝搬損失に近づく事象が観測された。
- ・ 全 6 地点における、無積雪期と積雪期の受信電力差は約 0～2.8dB の範囲にあった。これより、今回の実証試験範囲内においては、積雪有無に依存する伝搬特性の顕著な変化は認められない結果となった。

2.5.2.3.2 隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力特性

無積雪期及び積雪期において、地上側の受信地点（サンサンパーク白馬及び Hakuba47）にて測定した隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力を以下に示す。

本測定における隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力については、スペクトラムアナライザの ACP 機能を用いて測定した。スペクトラムアナライザの各設定条件の設定は、検波モード = Positive Peak、RBW = 30kHz、SWT = 20sec とした。

(1) 隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力

八方池山荘(山岳高所側)から空中線信電力 5W 及び 1W にて送信したときの地上側（サンサンパーク白馬、Hakuba4）で測定した隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力の結果を表 2-24 に示す。

表 2-24 隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力の測定結果

測定場所 (受信地点)	空中線 電力	無積雪期 /積雪期	隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力		
			185MHz 次隣接チャンネル	190MHz 隣接チャンネル	200MHz 隣接チャンネル
サンサンパーク 白馬	5W	無積雪期	-20.0 dBc	-17.6 dBc	-16.6 dBc
		積雪期	-19.7 dBc	-19.6 dBc	-24.7 dBc
	1W	無積雪期	-13.8 dBc	-11.8 dBc	-10.7 dBc
		積雪期	-13.2 dBc	-13.8 dBc	-18.3 dBc
Hakuba47	5W	無積雪期	-23.9 dBc	-21.7 dBc	-23.3 dBc
		積雪期	-22.4 dBc	-21.9 dBc	-22.7 dBc
	1W	無積雪期	-15.1 dBc	-16.9 dBc	-16.7 dBc
		積雪期	-12.3 dBc	-12.8 dBc	-15.7 dBc

ここで、屋内実証試験における実測値との差異については、後述する「(2) スペクトラム特性」の測定結果と合わせ、「(3)隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力測定結果に対する考察」において述べる。

## (2) スペクトラム特性

隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力測定時に取得したスペクトラム特性を以下に示す。

ここでは、測定場所：サンサンパーク白馬及び Hakuba47、空中線電力：5W 及び 1W、無積雪期及び積雪期をパラメータとした測定結果を順次示す。

### (2.1)サンサンパーク白馬、空中線電力 5W（無積雪期及び積雪期）

本条件におけるスペクトラム特性を図 2-73 及び図 2-74 に示す。

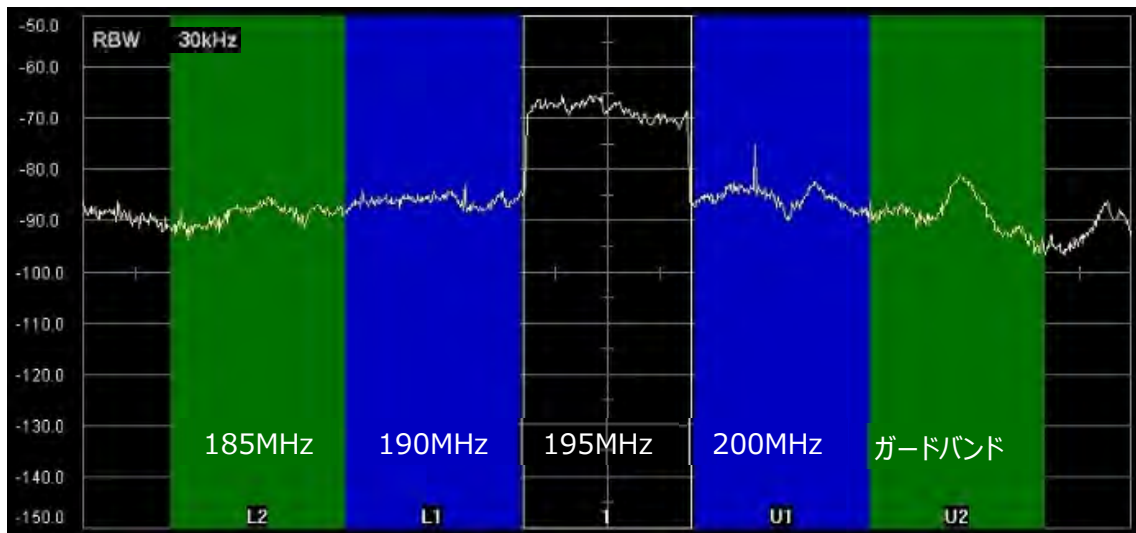


図 2-73 スペクトラム特性（空中線電力 5W、サンサンパーク白馬、無積雪期）

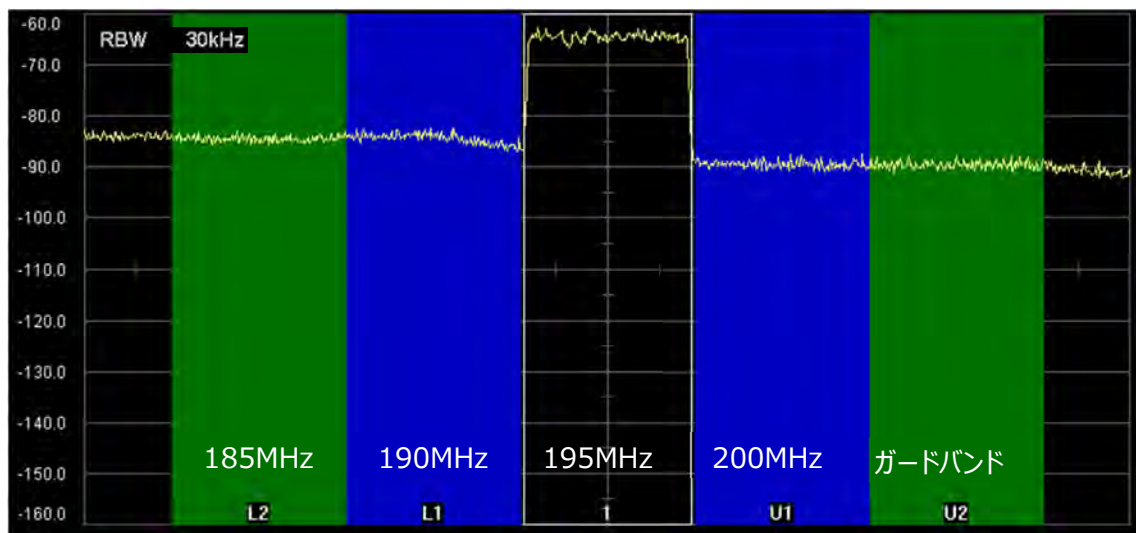


図 2-74 スペクトラム特性（空中線電力 5W、サンサンパーク白馬、積雪期）



(2.2)サンサンパーク白馬、空中線電力 1W（無積雪期及び積雪期）  
 本条件におけるスペクトラム特性を図 2-75 及び図 2-76 に示す。

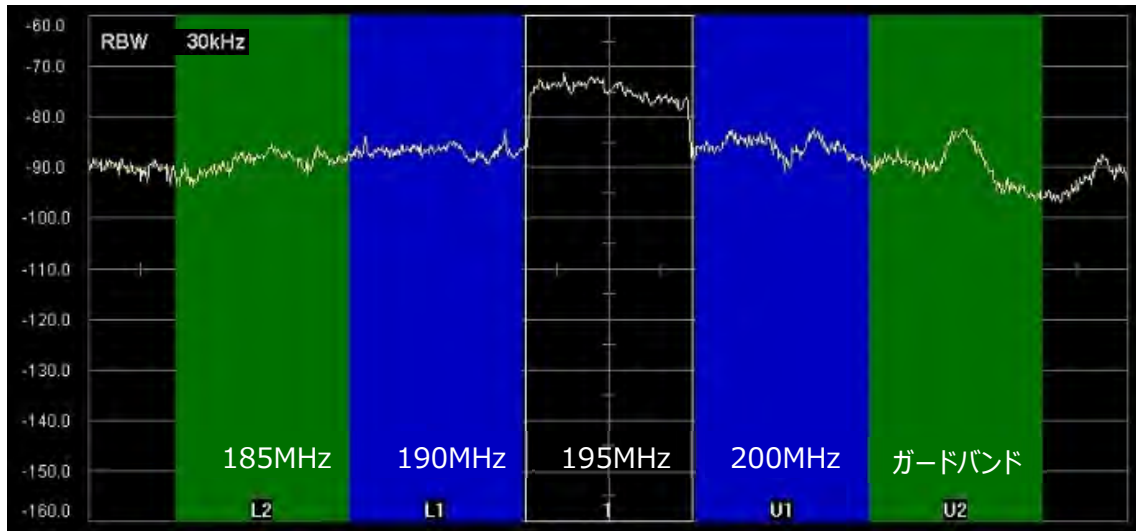


図 2-75 スペクトラム特性（空中線電力 1W、サンサンパーク白馬、無積雪期）

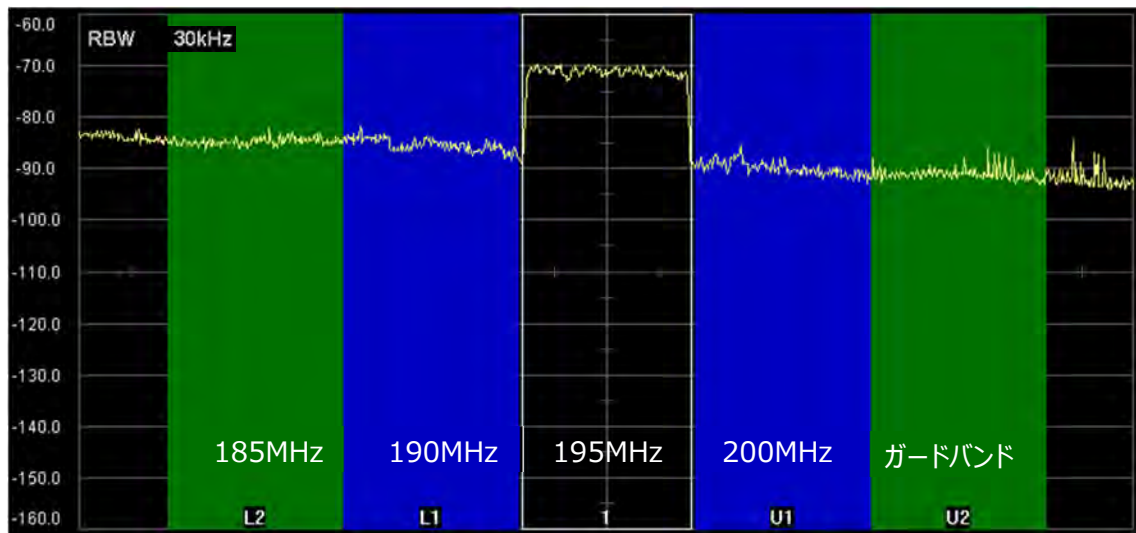


図 2-76 スペクトラム特性（空中線電力 1W、サンサンパーク白馬、積雪期）

上記のサンサンパーク白馬におけるスペクトラム特性の測定結果においては、隣接／次隣接チャンネル漏えい電力に対して環境雑音電力が支配的であることが確認された。

(2.3) Hakuba47、空中線電力 5W（無積雪期及び積雪期）

本条件におけるスペクトラム特性を図 2-77 及び図 2-78 に示す。

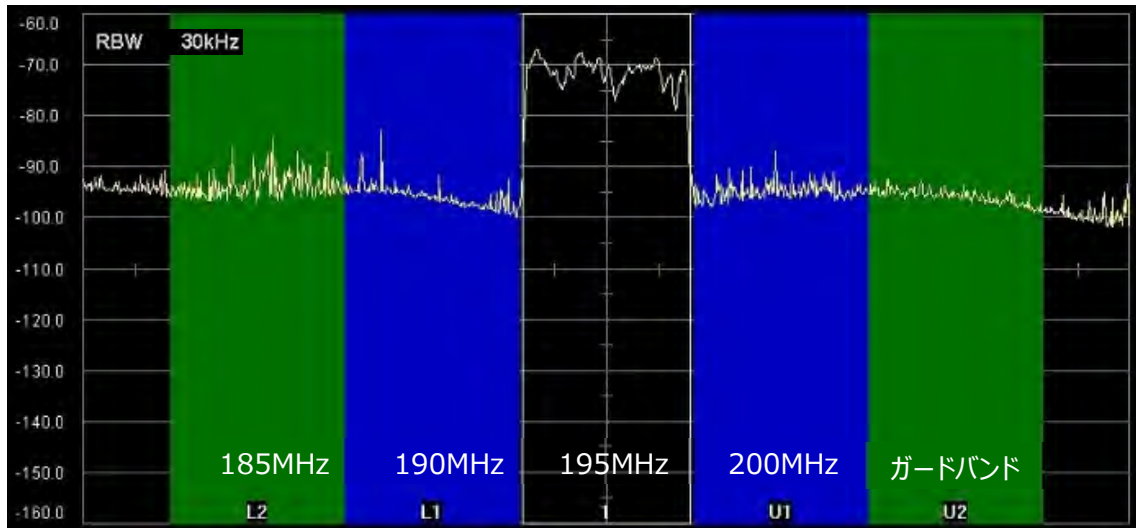


図 2-77 スペクトラム特性（空中線電力 5W、Hakuba47、無積雪期）

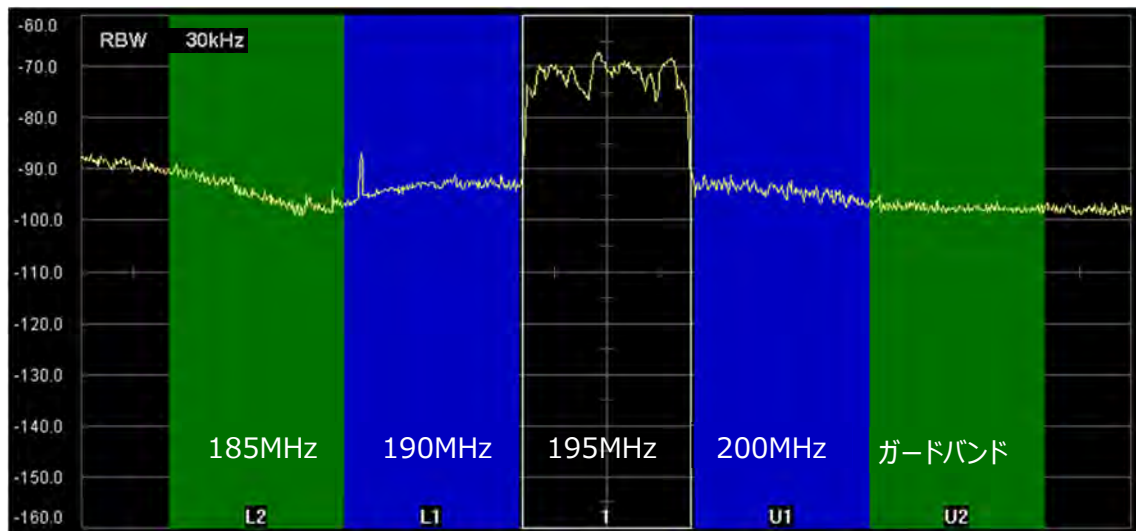


図 2-78 スペクトラム特性（空中線電力 5W、Hakuba47、積雪期）

(2.4) Hakuba47、空中線電力 1W（無積雪期及び積雪期）

本条件におけるスペクトラム特性を図 2-79 及び図 2-80 に示す。

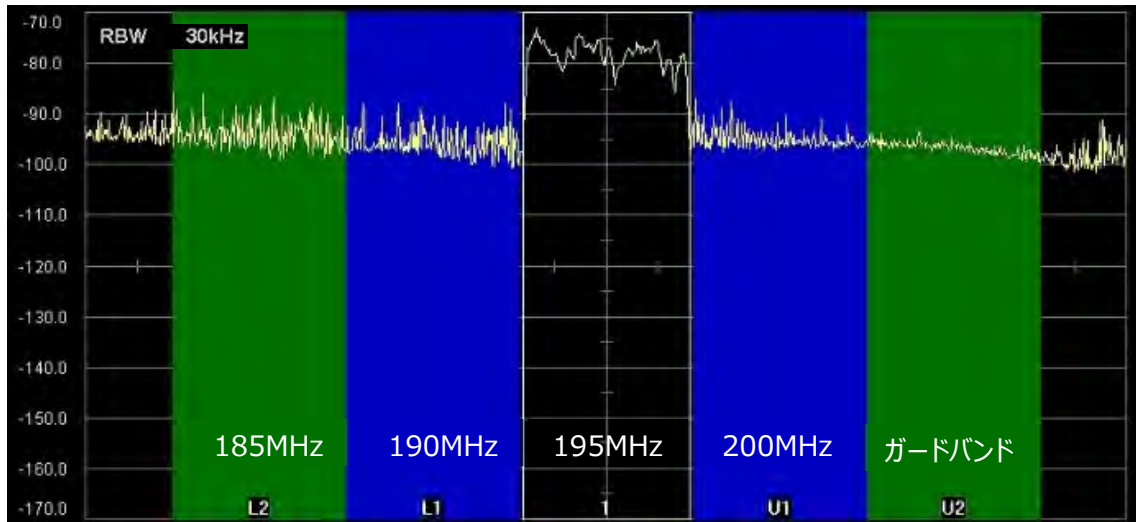


図 2-79 スペクトラム特性（空中線電力 1W、Hakuba47、無積雪期）

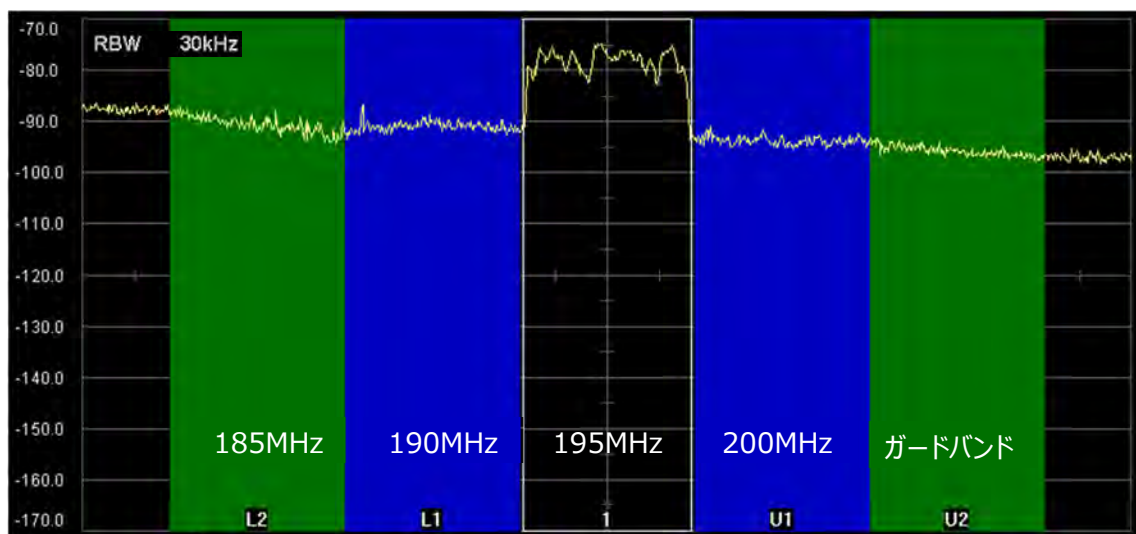


図 2-80 スペクトラム特性（空中線電力 1W、Hakuba47、積雪期）

上記の Hakuba47 におけるスペクトラム特性の測定結果は、サンサンパーク白馬と同様に、隣接／次隣接チャンネル漏えい電力に対して、環境雑音電力が支配的であることを観測された。なお、スペクトラムアナライザの設定条件は前述のとおり、BWD:30kHz であることから、縦軸の雑音電力レベルの読み値は帯域換算値( $10\log(5\text{MHz}/30\text{kHz})=22\text{dB}$ )の加算が必要である。

また、受信波（195MHz）の帯域内スペクトラムに複雑な dip が発生していることから、大地反射による影響を受けているものと推察される。他方、無積雪期の下側隣接チャンネル／下側次隣接チャンネル帯域において、インパルス性の雑音が観測されたが原因は不明である。

### (3)隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力の測定結果に対する考察

サンサンパーク白馬及び Hakuba47 における屋外実証試験の実測値と前述の表 2-7 に示す屋内実証試験結果との差異について、以下のとおり考察する。

ここで、サンサンパーク白馬の測定結果を例に、受信電力及び隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力の関係を図 2-81 を用いて説明する。例えば、上側隣接チャンネル(200MHz)漏えい電力は、屋内における実測値(-46.1dBc)に対して、-24.7dBc であり、21.4dB 高い値となっている。このことから、本試験環境における伝搬損失約 90dB は、隣接チャンネルに対しても一定であることから、21.4dB 増加分は環境雑音電力等が支配的であると見ることができる。

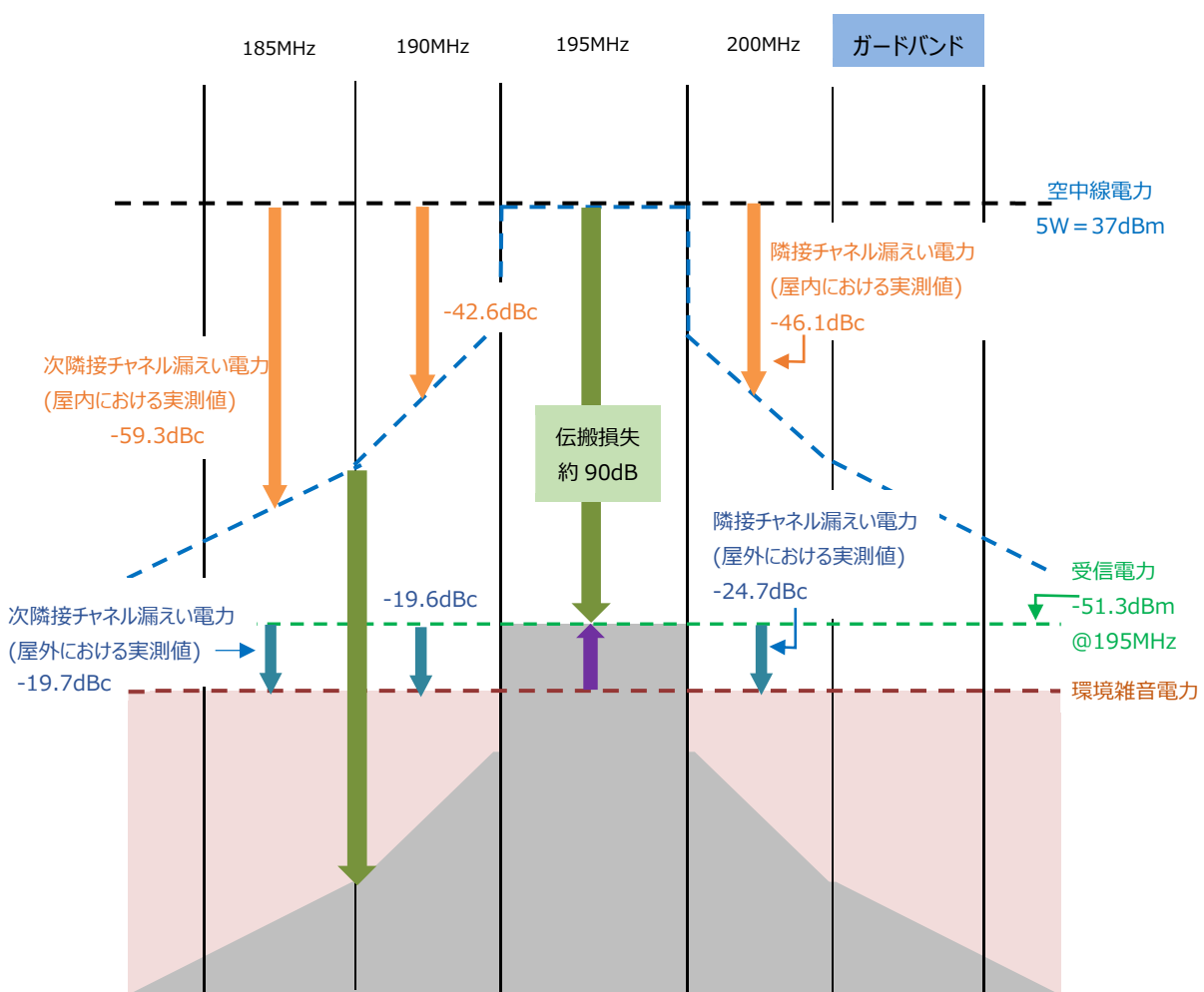


図 2-81 受信電力、隣接チャンネル／次隣接チャンネル漏えい電力、環境雑音電力の関係

送信波の受信電力の測定値：-51.3dBm 及び上側隣接チャンネル漏えい電力：-24.7dBc から、環境雑音電力は概ね-76dBm/5MHzと推察される。

一方、表 2-13 に示す ITU-R 勧告 P372-9<sup>[7]</sup>における環境雑音電力は、-98dBm/5MHz (Rural) であることから、約 22dB の乖離が認められる。原因については、地域的な個別の環境事象等

も一要因として推察されるが、現状、解明に至っていない。

また、電波法関係審査基準における VHF 帯の外来雑音電力<sup>[16]</sup>（環境雑音電力）は以下のとおり規定されている。

表 2-25 VHF 帯の外来雑音電力（環境雑音電力）

周波数	受信帯域幅[4kHz]	受信帯域幅[5MHz] (4kHz からの換算値)	備考
150MHz	-124.7dBm	-93.7dBm	10log(5MHz/4kHz)
200MHz	—	-95.0dBm	今回の試算値
260MHz	-127.1dBm	-96.1dBm	10log(5MHz/4kHz)

150MHz 帯及び 260MHz 帯における規定値を基に、周波数に対して、帯域換算及び 3dB/oct の換算を行う<sup>[17]</sup>ことにより、200MHz 帯の環境雑音電力は、今回の試算結果となる。電波法関係審査基準に準じて環境雑音電力を適用した場合も、環境雑音電力の乖離の程度は約 19dB となっている。なお、環境雑音電力に熱雑音電力を加えた総合雑音電力の計算値は、-94.3dBm であり、環境雑音電力(外来雑音電力)が支配的である。ここで、熱雑音電力は、ボルツマン定数  $k=1.38 \times 10^{-23}$  J/K 絶対温度  $T=298$ K、雑音指数  $NF=4.5$ dB、受信帯域幅=5MHz として求めた。

#### 2.5.2.3.3 無積雪期と積雪期における伝搬特性の比較結果

今回の電波伝搬特性試験における伝搬特性の比較結果について、以下にまとめる。

積雪の有無に依存せず、大地反射 2 波モデルに近い特性が得られており、積雪による伝搬特性の変動はほとんど認められなかった。なお、周辺環境、仰角、距離等の要因により遅延波の影響は変動し、自由空間伝搬損失に近づく事象が観測された。

#### 2.5.2.3.4 伝搬特性に影響を与える要因について

電波伝搬特性に影響を与える要因について、無指向性アンテナの垂直面指向性についての考察及び屋外にて実測したハイトパターンの測定結果について以下に述べる。

- ・ 上空利用において、無指向性アンテナを用いる場合、標高差によってアンテナの垂直面指向性に伴う利得が変化することから、仰角／俯角及び距離について留意することが求められる。この考察結果を付属資料 10 に記載する。
- ・ サンサンパーク白馬及び Hakuba47 にて測定したハイトパターンの結果を付属資料 11 に記載する。サンサンパーク白馬では変動が約 7dB、Hakuba47 では変動が約 4dB という結果にあった。なお、これらの測定結果は、各測定点における受信アンテナ高（2m）の場合の受信電力測定結果とも整合性が認められる。



### 2.5.3 D/U-BER 特性試験

D/U-BER 特性試験の概要について述べる。前述の「2.5.1.2 電波伝搬特性試験」と同一地点である山岳高所（八方池山荘）からの送信波を干渉波(U)とし、陸上移動局にて、対向する基地局からの希望波(D)と当該干渉波(U)を受信し、D/U-BER 特性を測定した。

#### 2.5.3.1 測定地点及び試験装置構成

D/U-BER 特性試験の測定地点の位置関係及び試験構成を図 2-82 に示す。

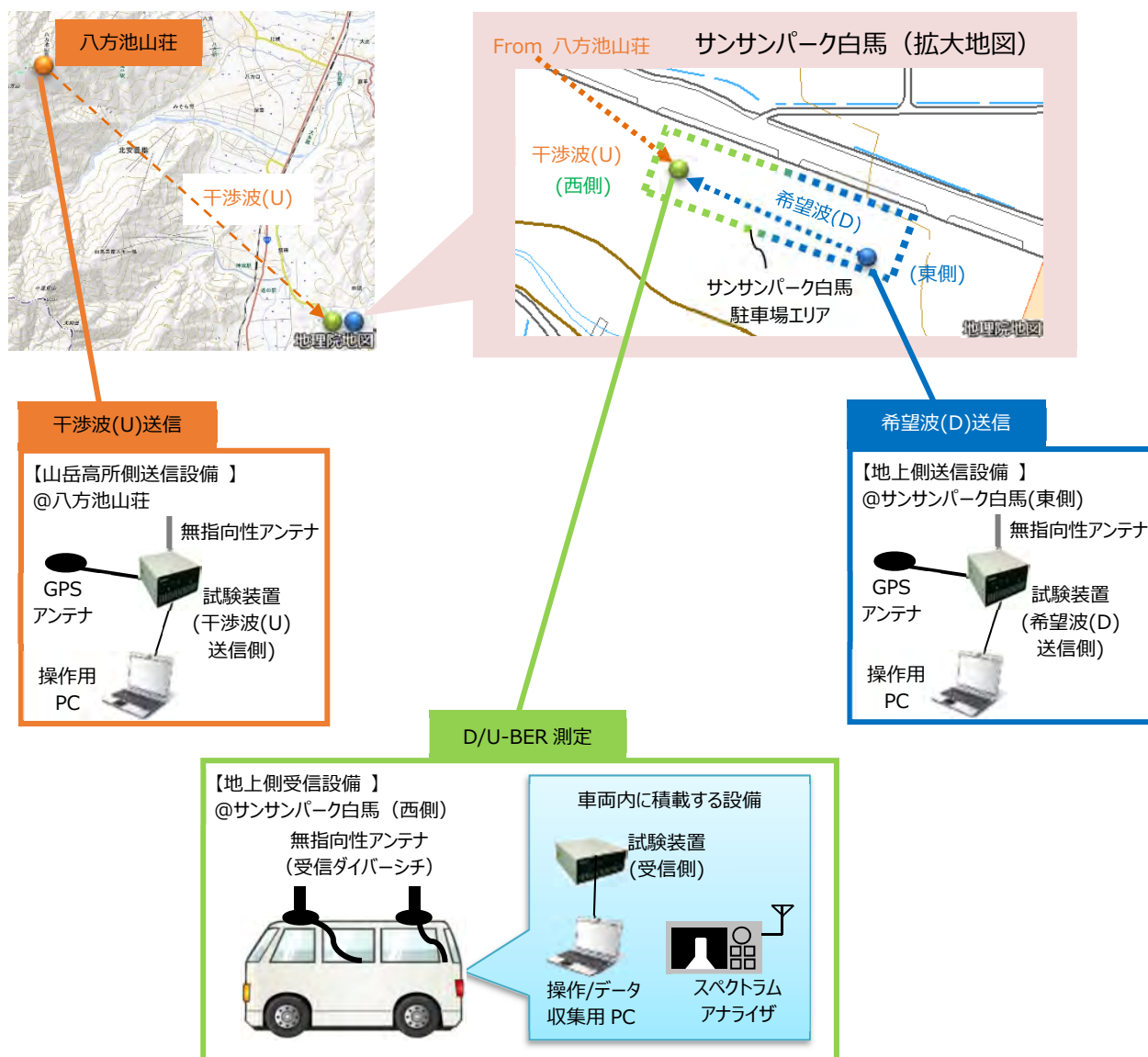


図 2-82 D/U-BER 特性試験の測定地点の位置関係及び試験構成

### 2.5.3.2 試験環境、試験風景及び試験設備

D/U-BER 特性試験時の地上側の試験設備及び試験風景を図 2-83 及び図 2-84 に示す。山岳高所側の試験設備及び測定場所は、「2.5.2.2 試験環境・試験風景及び無線設備」に示す電波伝搬特性試験と同じであるため割愛する。

従来の地上利用を想定した公共 BB 基地局及び移動局をサンサンパーク白馬の駐車場内の東側と西側の約 140m 離れた距離に設置した。前記見通し図（プロフィール）の図 2-35 に示すとおり、この基地局及び移動局間の伝搬路は見通しである。また、図 2-83（写真）に示すとおり、各測定地点間の伝搬路には遮蔽物は存在しない。

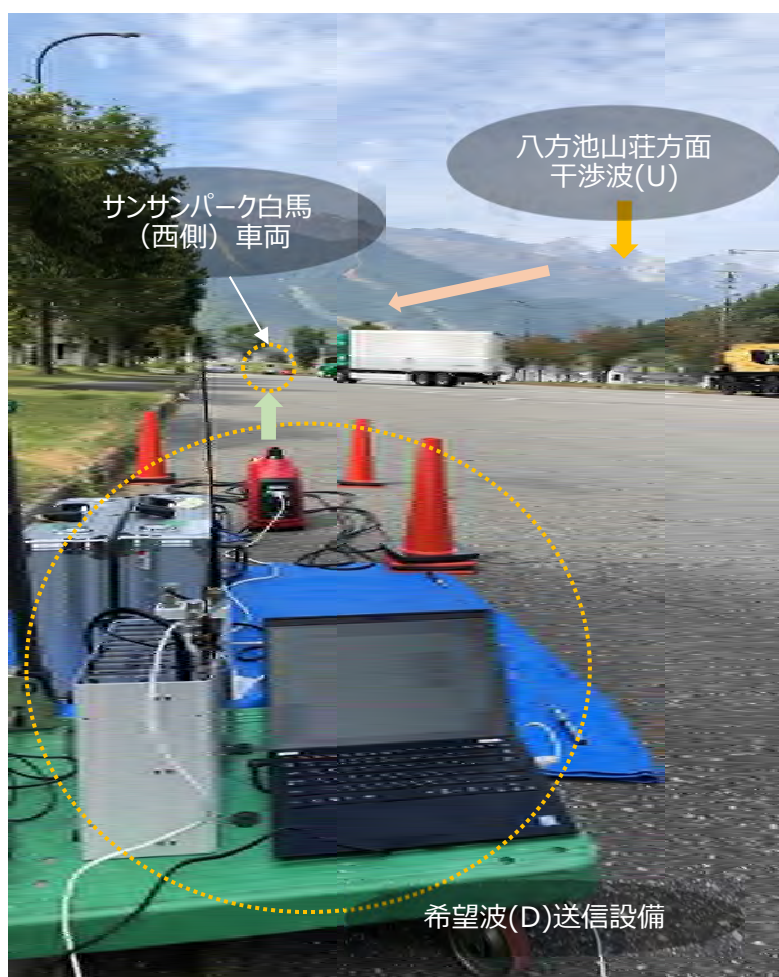


図 2-83 希望波(D)送信側の試験風景



図 2-84 希望波(D)送信側の無線設備

### 2.5.3.3 測定結果

D/U-BER 特性試験の主要評価パラメータを表 2-26 に示す。測定地点情報一覧（地点名、距離、標高差）は前述の表 2-18 のとおりである。

表 2-26 D/U-BER 特性試験の主要評価パラメータ

項番	パラメータ	設定条件
1	空中線電力	5W(希望波(D))、 1W(干渉波(U))
2	周波数	195 MHz
3	TDD 比率 (DL:UL)	9:38 (上り優先モード)
4	受信方式 (被干渉側移動局)	シングル (非ダイバーシチ) ダイバーシチ (2 ブランチ)



被干渉側受信点において測定した希望波(D)、干渉波(U)それぞれの受信信号の時間波形及び受信電力を図 2-85 及び図 2-86 に示す。

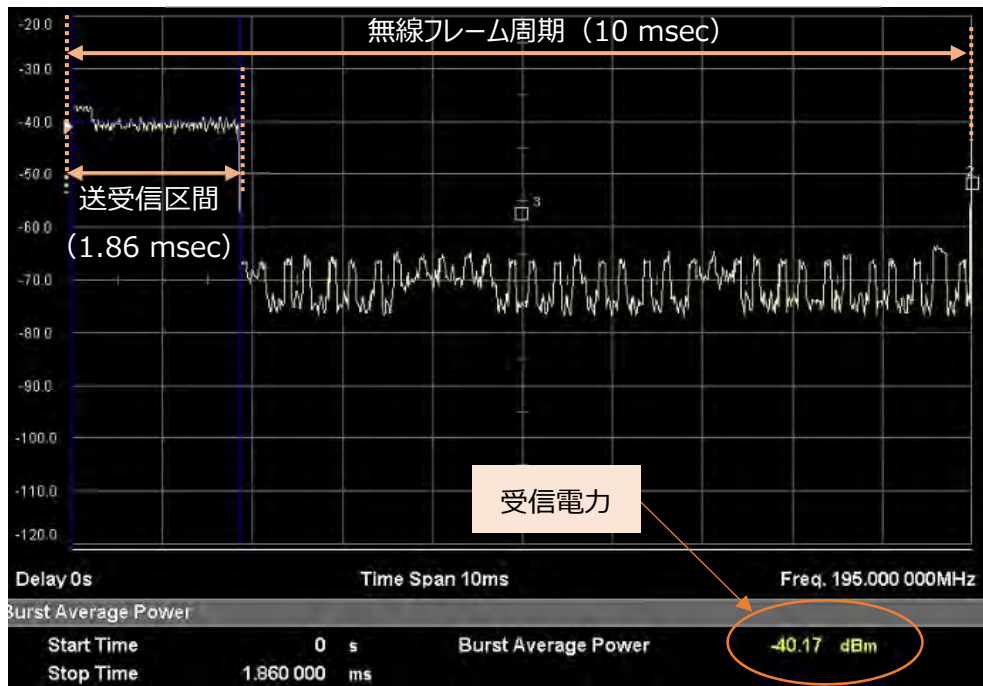


図 2-85 D/U-BER 特性試験 受信信号波形・受信電力 (希望波(D)、空中線電力 5W)

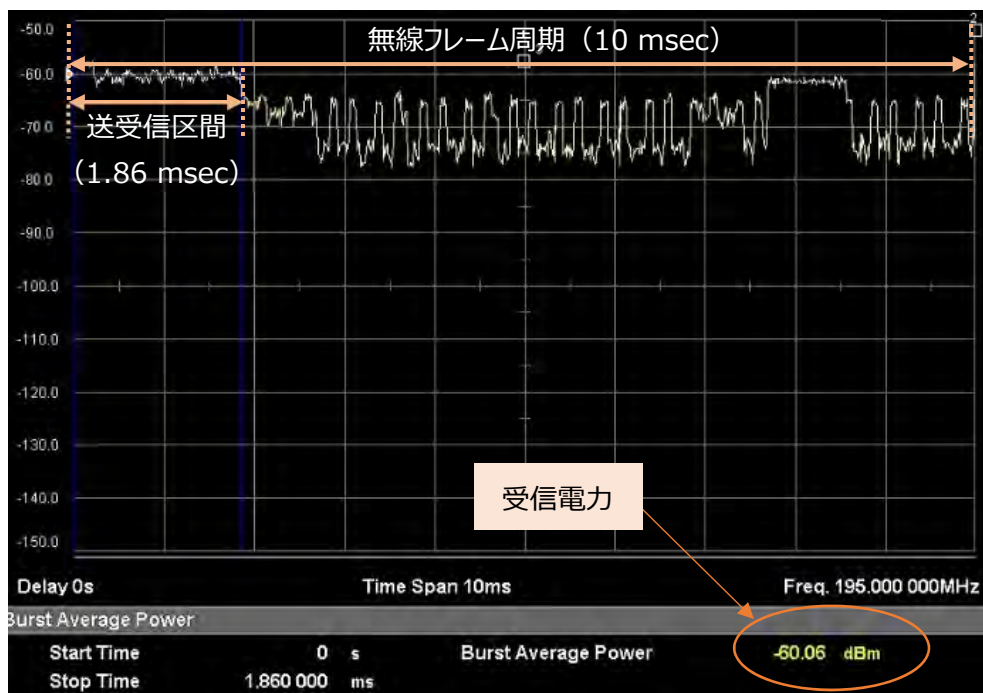


図 2-86 D/U-BER 特性試験 受信信号波形・受信電力 (干渉波(U)、空中線電力 1W)

このときの希望波(D)、干渉波(U)の受信電力測定結果を表 2-27 に示すとおり、本測定系における D/U 値は 20dB（基準値）である。

表 2-27 D/U-BER 特性試験時の受信電力測定結果

受信電力種別	受信電力(測定値)
希望波(D) (空中線電力 5W 時)	-40.2 dBm
干渉波(U) (空中線電力 1W 時)	-60.1 dBm

次に、本測定系を用いて、D/U-BER 特性を測定する。本 D/U-BER 特性試験では、干渉波(U)電力は一定とし、希望波(D)を減電力させることで D/U を変化させ、そのときの BER 測定を実施した。

減電力の方法は、希望波(D)試験装置の送信部に具備されている減電力機能（1dB ステップ）を用いて行った。D/U-BER 測定時の各受信信号レベルの概念図を図 2-87 に示す。図中の希望波(D)の受信電力は青色の点線、測定した干渉波(U)の受信電力はオレンジ色の領域で表記している。

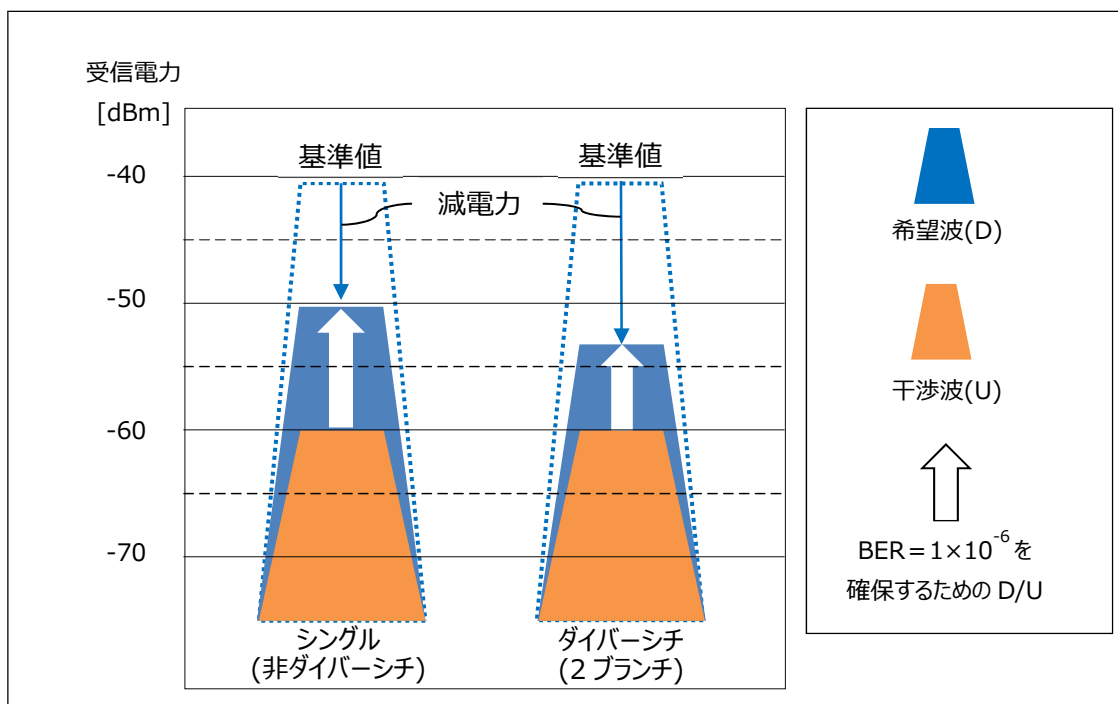


図 2-87 D/U-BER 測定時の各受信信号レベルの概念図

本測定系における D/U-BER 特性の測定結果のグラフを図 2-88 に示す。また、所要 BER =  $1 \times 10^{-6}$  を確保するための所要 D/U 値を表 2-28 にまとめる。



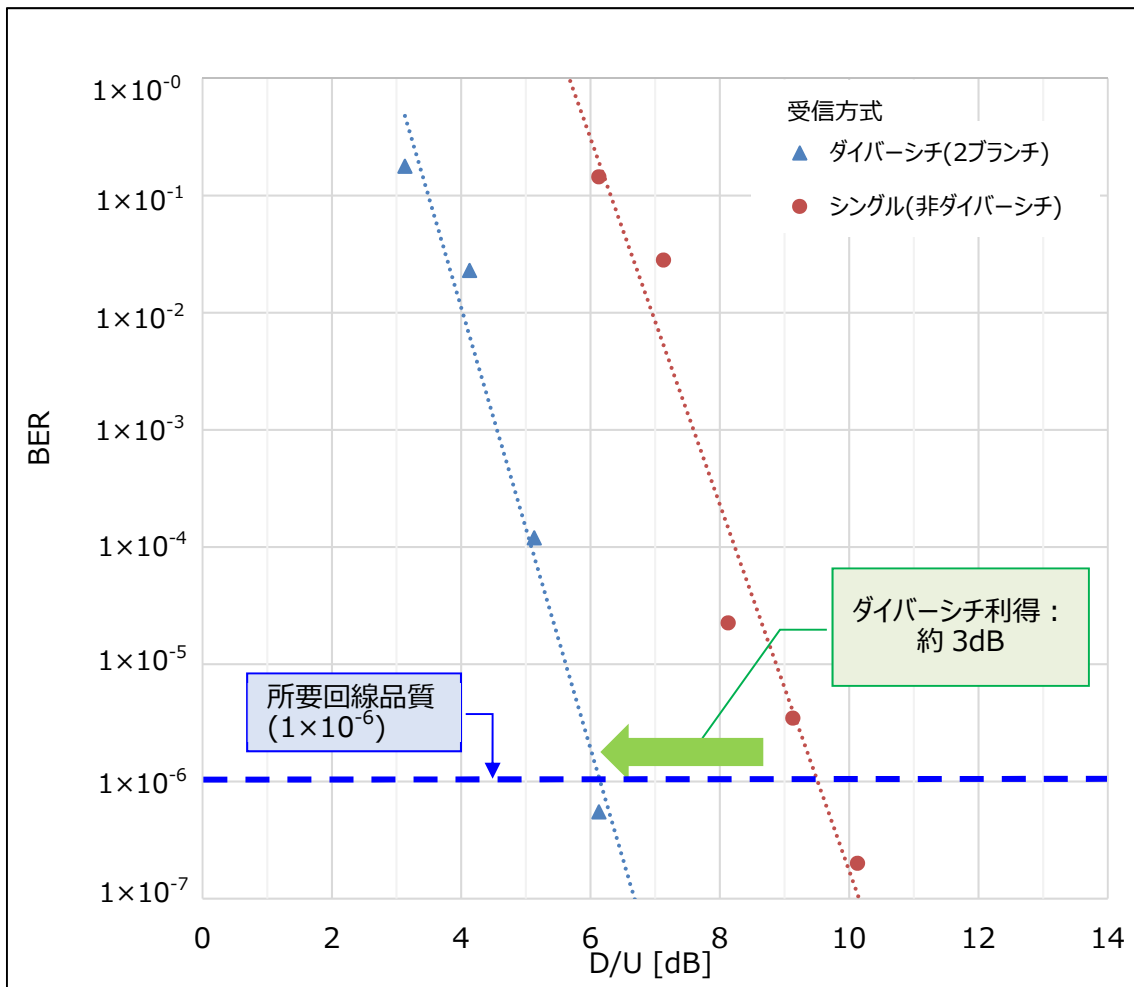


図 2-88 D/U-BER 特性試験結果

表 2-28 所要 BER 確保に必要な所要 D/U (測定結果)

受信方式	所要 D/U (測定結果)
シングル (非ダイバーシチ)	9 dB
ダイバーシチ (2 ブランチ)	6 dB

図 2-88 及び表 2-28 に示すとおり、受信方式として、ダイバーシチ (2 ブランチ) はシングル (非ダイバーシチ) と比較し、ダイバーシチ利得 (約 3dB) に相当する所要 D/U 低減に有効であることがわかる。また、本測定結果は前述の「2.1.4.3 D/U-BER 特性試験の測定結果」と同じ特性であることを確認した。

## 2.5.4 利用形態の事例に係る実証試験

災害現場の映像を災害対策本部へ伝送する利用シーン、利用形態を想定し、屋外において、本実証試験を実施した。本実証試験では、単一回線及び多段中継回線（無線回線 2）それぞれについて、上空利用による映像伝送試験を行った。

### 2.5.4.1 単一回線

単一回線試験では、山岳高所から地上側を、ポイント to ポイント（P-P）で接続し映像伝送を行う。

#### 2.5.4.1.1 試験地点の位置関係及び試験構成

単一回線での映像伝送試験の試験地点の位置関係及び試験構成を図 2-89 に示す。

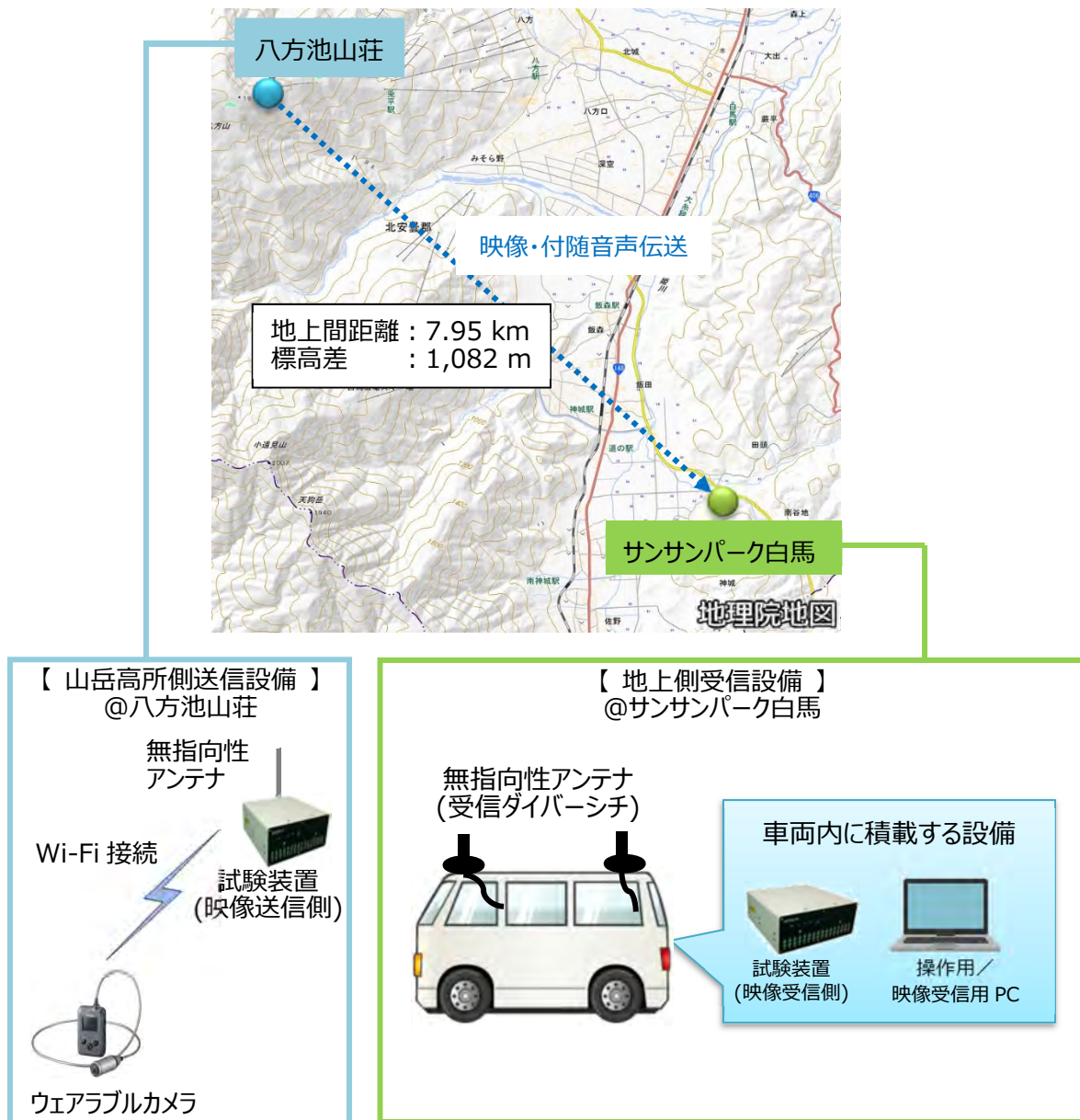


図 2-89 映像伝送試験（単一回線）の試験地点の位置関係及び試験構成

### 2.5.4.1.2 試験結果（単一回線）

単一回線において、山岳高所側（八方池山荘）からカメラ映像を地上側（サンサンパーク白馬）に伝送し、良好に受信されることを確認した。また、同時に双方向の音声通信を重畳し、映像伝送の状況を相互に把握できる利便性の高い利用シーンを実証した。図 2-90 に受信側の録画ファイル（キャプチャ画像）を示す。



図 2-90 映像伝送試験（単一回線） 試験結果

### 2.5.4.2 多段中継利用（通信距離拡大）

多段中継回線を利用する映像伝送試験では、中継用無線局をドローンに搭載し、中継地点の上空に上昇し、無線中継による映像伝送を実施した。本試験では2つの無線区間で中継路を構成し、通信距離拡大のための利用シーンを実証した。今回、中継地点として五竜スキー場を利用した。なお、本試験は公開実証試験（見学会）として実施し、公開試験の日程場所等の情報を付属資料12に掲載する。

#### 2.5.4.2.1 試験地点の位置関係及び試験構成

多段中継回線による映像伝送試験の試験地点の位置関係及び試験構成を図2-91に示す。

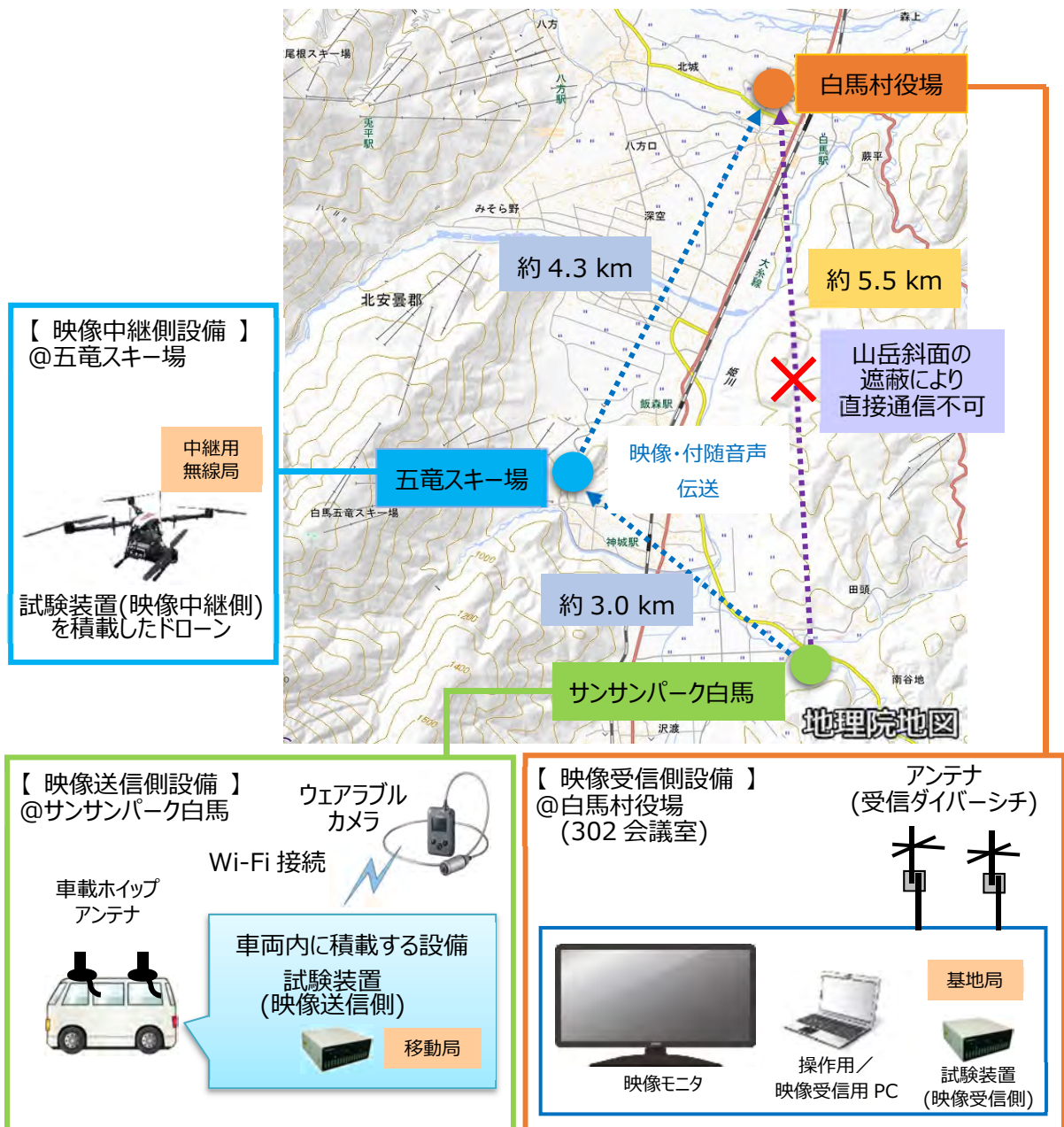


図 2-91 映像伝送試験（多段中継回線）の試験地点の位置関係及び試験構成



#### 2.5.4.2.2 試験風景及び状況

今回想定した災害現場(サンサンパーク白馬)及び災害対策本部(白馬村役場)の試験風景及び状況を図 2-92 から図 2-94 に示す。

公共 BB 試験装置のドローンへの実装状況及び飛行事例を付属資料 13 に掲載する。



図 2-92 災害現場(サンサンパーク白馬)から中継地点(五竜スキー場)の風景



図 2-93 災害現場におけるウェアラブルカメラ実装による救助状況（模擬）





図 2-94 災害対策本部（白馬村役場）にて実施した公開実証試験説明会の風景

#### 2.5.4.2.3 試験結果まとめ（多段中継）

多段中継による映像伝送試験の実証結果を以下にまとめる。

- (1) 公共 BB 中継用無線局をドローンに搭載、上空を中継地点とする多段無線中継回線を構築し、映像伝送を成功裏に実施した。
- (2) 映像はウェアラブルカメラで撮影した災害現場の映像を、リアルタイムで災害対策本部まで伝送するとともに、同時に双方向の音声通話を提供することにより、見通し外の遮蔽伝搬路においても、上空中継を介して災害現場の映像・音声通信による有効な情報伝達の利用シーン・利用形態を実証した。

### 第3章 上空利用における共用検討

共用条件の検討においては、以下の2つに分けて検討を進めた結果を述べる。

- ・ 上空利用における同一周波数帯システムとの共用条件検討
- ・ 上空利用における隣接周波数帯の他のシステムとの共用条件検討

#### 3.1 上空利用における同一周波数帯システムとの共用条件検討

同一周波数帯システムとの共用条件の検討について、上空利用を想定した主要評価パラメータ、電波伝搬モデルの計算式によって算出した減衰特性結果、及び屋内／屋外実証試験にて測定した試験結果に基づき検討を進めた。

なお、前述の「2.3.5 所要離隔距離（机上検討）」において、被干渉局はセルエッジでの運用を想定し、所要離隔距離の最悪ケースについて試算し検討した。本章においては、公共BBユーザの運用シーンを想定し、被干渉局がセルエッジよりも良好な通信回線品質において通信を行う場合の所要離隔距離の試算結果及び共用検討結果についても述べる。

##### 3.1.1 評価パラメータ

上空利用を想定した共用条件検討における主要評価パラメータを表3-1に示す。

ここで、上空における電波伝搬特性として、前述の「2.5.2.3.3 無積雪期と積雪期における伝搬特性の比較結果」に示すとおり、無積雪期及び積雪期の屋外実証試験結果とも、大地反射2波モデルに近い結果が得られたことから、共用条件検討においては、電波伝搬モデルは大地反射2波モデルを用いる。

表 3-1 上空利用を想定した主要評価パラメータ

項番	パラメータ		設定条件	選定理由・備考	
1	空中線電力 (与干渉側送信)		1W、5W	上空における無線局を想定	
2	周波数		200 MHz (隣接チャネル) 195 MHz (同一チャネル) 190 MHz (隣接チャネル) 185 MHz (次隣接チャネル)	同一チャネルからの同一チャネル／隣接チャネル／次隣接チャネルへの干渉の影響を想定	
3	空中線	高さ	送信側 (与干渉側)	約 150 m 約 1,000 m 約 2,000 m	無人航空機 (ドローン) 及び航空機 (ヘリコプター) を想定
		高さ	受信側 (被干渉側)	2 m	地上利用の一般的な公共 BB(被干渉側)の移動局。車載運用を想定
	利得	送信側	2.15 dBi	上空利用として、無指向性アンテナを想定	
		受信側	2.15 dBi	一般的な公共 BB(被干渉側)の移動局用車載ホイップアンテナを想定	

### 3.1.2 所要離隔距離

共用検討は、与干渉／被干渉局間の所要離隔距離にて評価を行う。上空利用における所要離隔距離の試算結果の詳細は、前記「2.3.4 通達距離 (机上検討)」、及び「付属資料 5 通達距離、所要離隔距離の試算結果」に示すように、上空からの干渉波は送信アンテナ高が高いほど、所要離隔距離が長くなる傾向にある。

また、上記傾向の度合いは、干渉波によって大きく異なるため、評価パラメータ (干渉波、受信方式、空中線電力及び環境条件) ごとに、所要離隔距離の試算結果を表 3-2 に整理して再掲する。

なお、表 3-2 では、送信アンテナ高の違いにより所要離隔距離は変化するため、最小値と最大値を併記した。(詳細は前記「2.3.4 通達距離 (机上検討)」及び付属資料 5に記載)

表 3-2 所要離隔距離（実機実力値に基づく試算結果）

干渉波	受信方式	空中線電力	所要離隔距離 [km]								
			環境条件								
			Rural			Residential			City		
			標高差			標高差			標高差		
			150 m	1,000 m	2,000 m	150 m	1,000 m	2,000 m	150 m	1,000 m	2,000 m
同一チャンネル	シングル	5W	53	136	<u>186</u>	40	102	144	30	76	108
		1W	35	91	129	26	68	96	20	51	72
	ダイバーシチ	5W	44	115	162	33	86	122	25	64	91
		1W	30	76	108	22	57	81	17	43	60
隣接チャンネル	シングル	5W	2.8	6.2	3.9	2.1	2.0	3.3	1.5	1.7	1.3
		1W	1.8	1.9	2.9	1.3	1.6	1.2	0.9	0.6	0.9
	ダイバーシチ	5W	2.3	4.4	3.6	1.7	1.9	1.4	1.3	1.5	1.1
		1W	1.5	1.7	1.3	1.1	0.7	1.0	0.4	0.6	0.7
次隣接チャンネル	シングル	5W	1.2	0.7	1.1	0.8	0.6	0.8	0.3	0.4	0.4
		1W	0.3	0.5	0.6	0.3	0.4	0.4	(※1)	0.2	0.2
	ダイバーシチ	5W	0.9	0.6	0.9	0.3	0.5	0.6	0.3	0.3	0.3
		1W	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	(※1)	0.2	0.2

注)下線部の値は、表 2-14 に示す標高差(アンテナ高)2,000m のときの最大見通し距離(186km)を表記した。また、(※1)表示は所要離隔距離が 0.1km 未満を示す。

次に、所要離隔距離を試算に際して用いる所要 D/U 値について述べる。

表 3-2 に示す所要離隔距離は、前述の表 2-7 に示した屋内実証試験において測定した隣接チャンネル/次隣接チャンネル漏えい電力の値を用いた。これらは、無線設備規則の規定値に対し、実力値として約 20dB のマージンが認められる。

他方、無線設備規則において規定される隣接チャンネル/次隣接チャンネル漏えい電力の規定値を用いた場合の所要離隔距離の試算結果を表 3-3 に示す。この試算結果は、所要離隔距離が増加する結果にある。

表 3-3 所要離隔距離(無線設備規則の規定に基づく試算結果)

干渉波	受信方式	空中線電力	所要離隔距離 [km]								
			環境条件								
			Rural			Residential			City		
			標高差			標高差			標高差		
			150 m	1,000 m	2,000 m	150 m	1,000 m	2,000 m	150 m	1,000 m	2,000 m
隣接チャンネル	シングル	5W	11	28	39	8.2	21	29	6.1	15	21
		1W	7.3	19	26	5.5	14	19	4.1	10	13
	ダイバーシチ	5W	9.2	23	33	6.9	17	24	5.2	13	17
		1W	6.1	15	21	4.6	11	15	3.4	8.2	9.6
次隣接チャンネル	シングル	5W	4.2	10	13	3.1	7.2	4.0	2.3	4.3	3.6
		1W	2.8	6.1	3.9	2.1	2.0	3.3	1.5	1.7	1.3
	ダイバーシチ	5W	3.5	8.3	10	2.6	5.6	3.8	1.9	2.0	3.1
		1W	2.3	4.3	3.6	1.7	1.9	1.4	1.2	1.5	1.1

### 3.1.3 共用検討まとめ

公共 BB 帯域内における同一チャンネル、及び、隣接／次隣接チャンネルとの共用条件について、以下に述べる。

#### (1) 同一チャンネルにおける共用検討

表 3-2 に示すとおり、所要離隔距離は、評価パラメータ（干渉波、受信方式、空中線電力及び環境条件）によって異なり、最大数十 km～百数十 km となる試算結果にある。

ここで、空中線電力 1W、受信方式としてダイバーシチ（2 ブランチ）について着目すると、所要離隔距離は同一チャンネルの場合、環境条件に対して、Rural：30～108km、Residential：22～81km、City：17～60km の結果にある。ここで、空中線高は 150m、1,000m 及び 2,000m である。

#### (2) 隣接／次隣接チャンネルにおける共用検討

同様に、表 3-2 に示すとおり、所要離隔距離は隣接チャンネル、次隣接チャンネルと順次短縮され、最小値は 0.1km 未満、また、最大値は 6.2km 程度となる結果にある。

ここで、空中線電力 1W、受信方式としてダイバーシチ（2 ブランチ）について着目すると、所要離隔距離は同一チャンネルの場合、環境条件に対して、Rural：1.3km～1.5km、Residential：0.7km～1.1km、City：0.4km～0.7km と大幅に短縮される結果にある。ここで、空中線高は 150m、1,000m 及び 2,000m である。また、次隣接チャンネルに対しては、さらに短縮される。

このように、公共 BB システムにおける上空利用として、隣接／次隣接チャンネルでの所要離隔距離は、0.4km から最大 1.5km 程度と現実的な値となっている。

#### (3) 被干渉局の通信回線品質が良好な環境における所要離隔距離について

前述の（1）（2）において、所要離隔距離が最悪ケース（セルエッジ）となる条件を想定した。他方、公共 BB が移動局であることを勘案すれば、固定的にセルエッジにある条件は必ずしも現実的でない



想定される。ここでは、被干渉局の通信回線品質が良好な環境における所要離隔距離の試算結果及び共用検討結果について述べる。

例えば、被干渉局が環境条件 Rural において、受信方式がダイバーシチ（2 ブランチ）にて通信を行っている場合を想定する。被干渉局がセルエッジから基地局に近づき、受信電力が 10dB 増加した利用シーンにおける所要離隔距離の試算結果を表 3-4 に示す。

表 3-4 に示すとおり、被干渉局の通信回線品質が良好な環境においては、前述の表 3-2 に示すセルエッジにおける最悪ケースの所要離隔距離と比較し、実効的に所要離隔距離を短縮することができる。

表 3-4 所要離隔距離（受信電力がセルエッジ+10dB の場合の試算結果：Rural の場合）

干渉波	空中線 電力	所要離隔距離		
		標高差		
		150m	1,000m	2,000m
同一チャンネル	5W	25 km	64 km	91 km
	1W	17 km	43 km	60 km
隣接チャンネル	5W	1.3 km	1.5 km	1.1 km
	1W	0.4 km	0.6 km	0.7 km
次隣接チャンネル	5W	0.3 km	0.3 km	0.3 km
	1W	0.1km 未満	0.2 km	0.2 km

#### （４）共用検討における留意事項

上記で算出した所要離隔距離は、屋内実証試験における漏えい電力の測定値を用いた。一方、前述のとおり、無線設備規則の規定値を用いた場合、所要離隔距離が増加することから、実際の運用にあっては、所要離隔距離の短縮、改善の上から、本試験装置と同程度の性能であることが有効である。

### 3.2 上空利用における隣接周波数帯の他のシステムとの共用条件検討

公共BBの上空利用における隣接周波数帯システムとの共用条件の検討結果について、以下に述べる。

公共BB及び隣接周波数帯システムの周波数割当の概念図を図 3-1に示す。図に示すとおり、公共BBは地上アナログテレビジョン放送のデジタル化により空き周波数となった一部（170MHz～202.5MHz）を用いた自営無線通信システムであり、ここでは、下側隣接システム及び上側隣接システムを共用条件の検討対象とすることが適当と考えられる。

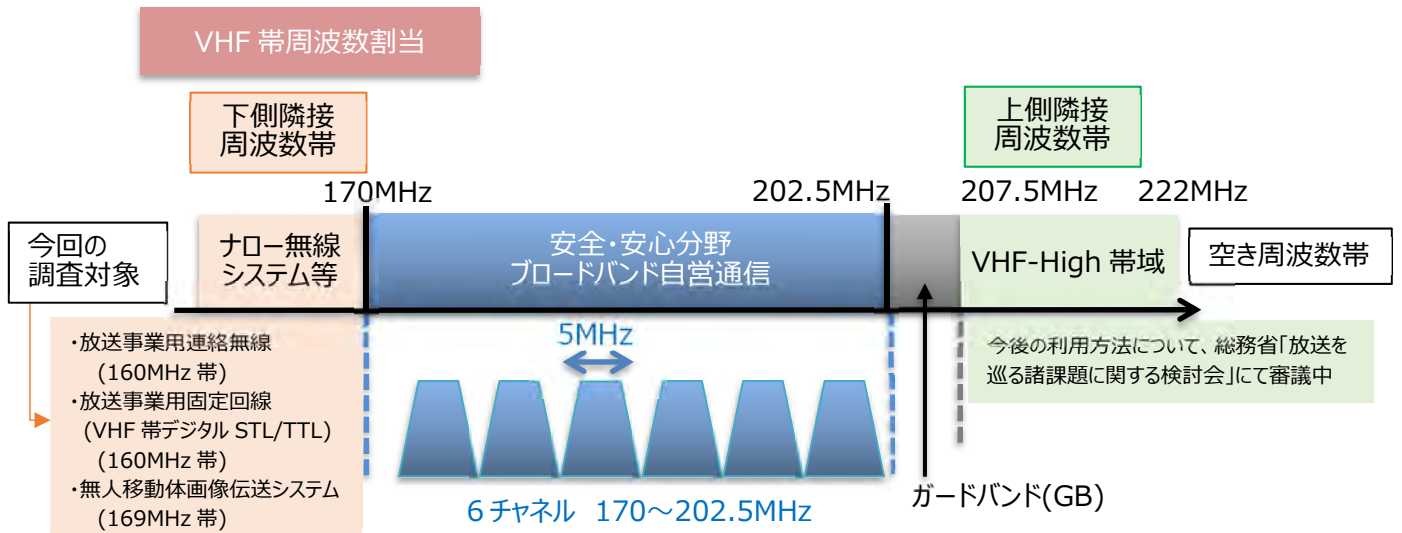


図 3-1 公共 BB と隣接周波数帯システムの周波数割当（概念図）

このうち、上側隣接システム(207.5MHz～222MHz帯)であるVHF-High帯域については現在、空き周波数帯となっていることから、検討対象から除外する。

下側隣接システムについては、160MHz～170MHz帯における代表的なシステムとして、放送事業用連絡無線、放送事業用固定回線(VHF帯デジタルSTL/TTL)、及び無人移動体画像伝送システムとの共用条件について、以下にまとめる。放送連絡用ワイドバンド無線システム等については、従来の共用条件における所要改善量は、放送連絡用無線と同等値<sup>[9]</sup>であることから、ここでは放送業務用連絡無線について検討する。

### (1) 放送事業用連絡無線との共用検討

ここでは、公共BBと放送事業用連絡無線との共用検討について、検討する。

公共BBから放送事業用連絡無線への与干渉時の共用条件に係る所要改善量について、情報通信審議会 公共無線システム委員会報告<sup>[9]</sup>に示されている。公共BBの上空利用においては、無指向性アンテナを標準的に実装することが想定されることから、公共BB移動局（可搬型基地局以外）の値を参照することが適当である。この時の公共BBが与干渉、放送事業用連絡無線が被干渉の場合、許容干渉量及び所要改善量の最大値は、それぞれ、-100.7dBm/MHz及び44.7dBである。

ここで、所要改善量については、共用検討における離隔距離（水平距離）として10mを想定し、その際の所要値を求めている。この所要改善量に対して、当該フィルタ(干渉軽減フィルタ)を用いる処置等により共用が可能としている。

なお、この処置の一つとして、公共BBの電波法関係審査基準 別紙2（第5条関係）無線局の目的別審査基準 第2 陸上関係 2 公共業務用無線局、200MHz帯広帯域移動無線通信システムの無線局(公共BB)において、「チャンネル番号1及び2（175MHz及び180MHz）に含まれる周波数の電波の使用に当たっては、166MHz以上170MHz以下の周波数の電波を陸上で使用する無線局及び無線通信規則 付録第18号の周波数の電波を使用する無線局へ干渉の影響を与えないよう、設置場

所の選択、フィルタの追加等の必要な措置を講じられていること。」の旨とされている。

公共BBの上空利用においては、既に規定されている所要改善量の離隔距離（水平方向）10mの条件を勘案すれば、実運用時の放送事業用連絡無線との離隔距離は大きくなる方向であること、また、付属資料10に例示するような無指向性空中線の垂直面指向性の俯角損失を考慮すれば、従来どおりの処置を講じることで、共用が可能と考えられる。

また、放送事業用連絡無線から公共BBへの与干渉については、従来、前述の情報通信審議会<sup>[10]</sup>において、「狭帯域システムのスプリアス不要輻射は一般的に狭帯域となり、公共ブロードバンド移動通信システムとしてOFDM方式を想定すれば、公共ブロードバンド移動通信システムが受ける被干渉は狭帯域干渉となり、その影響は比較的小さいと考えられる。」とされ、共用が可能とされている。上記のとおり、上空利用においては、無指向性空中線の垂直面指向性の俯角損失が加味されることから、従来どおり、共用が可能と考えられる。

### （2）放送事業用固定回線(VHF帯デジタルSTL/TTL)との共用検討

公共BBと放送事業用固定回線(VHF帯デジタルSTL/TTL)との共用検討について、以下に述べる。公共BBから放送事業用固定回線(VHF帯デジタルSTL/TTL)への与干渉における許容干渉量及び所要改善量については、情報通信審議会 放送システム委員会報告<sup>[10]</sup>において、それぞれ、-87.5dBm/MHz、及び21.1dBと報告されている。

ここでは、「それぞれの空中線が正対する最悪条件モデルによる検討とし、試験装置の実力値を考慮した上で離調周波数及び離隔距離を相互に十分確保することや、VHF帯デジタルSTL/TTLの送信空中線の指向性主方向に正対しない位置関係や、建物等による遮へい等の工夫など、VHF帯デジタルSTL/TTL側のサイトエンジニアリングにより共用可能と考えられる。」との旨とされている。

ここで、所要改善量の値は、前述の放送事業用連絡無線よりも小さい値となっている。公共BBの上空利用にあっては、それぞれの空中線が正対する最悪条件モデルから、俯角損失を見込めるモデルに近づくことから、従来の共用条件を勘案することが適当とされ、共用が可能と考えられる。

また、放送事業用固定回線(VHF帯デジタルSTL/TTL)から公共BBへの与干渉についても、公共BB側の空中線の俯角損失が見込める方向であることから、従来の共用条件を適用することが適当であり、共用が可能と考えられる。

### （3）無人移動体画像伝送システムとの共用条件

次に、災害対応ロボット等に利用される169MHz帯における無人移動体画像伝送システムとの共用条件について、以下に述べる。

ここでは、情報通信審議会 陸上無線通信委員会報告 諮問第2036号「ロボットにおける電波利用の高度化に関する技術的条件」及び 諮問第2034号「災害対応ロボット・機器向け通信システムの技術的条件」<sup>[11]</sup>を参照し検討する。

公共BBから無人移動体画像伝送システムへの与干渉については、当該報告に「公共BBの不要発射により、ロボット用無線システムは影響を受けることとなる。許容干渉量を下回るための所要の離隔距離は、最も影響の大きい場合（ロボット用無線システムを上空で利用）でも300m程度であり、ロボット用無線システム側において、公共ブロードバンド移動通信システムの運用状況に配慮することで共用は可能と考えられる。」の旨の報告がある。

また、同様に、無人移動体画像伝送システムから公共BBへの与干渉については、「ロボット用無線システムの不要発射が影響を与えることとなる。許容干渉量を下回るための所要の離隔距離は、最も影響の大きい場合（空中線電力1Wを上空で利用）で16km程度となる。一方で、ロボット用無線システムを地上で利用する場合や、上空で利用する場合であっても10mW程度の空中線電力で利用する場合、所要の離隔距離は1～2km程度となる。このため、ロボット用無線システム側において、公共ブロードバンド移動通信システムの運用状況に配慮しつつ、災害現場等で公共ブロードバンド移動通信システムと災害対応ロボットが接近して運用される場合には必要に応じて両者間で運用の調整を行う事により、共用することが可能と考えられる。」の旨の報告にある。

今回、公共BBの上空利用に伴い、双方向のシステムが上空で比較的短距離で対向する場合は、最悪条件と考えられる。この場合、自由空間伝搬損失を適用することが適当と思われるが、例えば、公共BBが与干渉となる利用シーンにあっては、前述の干渉軽減フィルタによる所要改善量の改善処置が有効と想定される。他方、ロボット用無線システムの空中線電力が10mW程度の場合は、所要改善量の確保に有効と考えられる。

したがって、公共BBの上空利用にあっても、従来からの共用条件を適用することで、無人移動体画像伝送システムとの共用が可能と考えられる。

## 第4章 調査検討結果のまとめ

本章では、以上述べた屋内実証試験、机上検討、屋外実証試験の結果を踏まえ、調査検討結果をまとめる。

### 4.1 上空利用における調査検討のまとめ

ここでは、上空利用における主要評価パラメータ、通達距離及び所要離隔距離、ならびに、共用条件検討の結果についてまとめる。

#### 4.1.1 上空利用における主要評価パラメータ

上空利用における主要評価パラメータは前述の表 3-1 に示すとおりである。

#### 4.1.2 上空利用における通達距離

上空利用における通達距離について、検討結果のまとめを述べる。

詳細については、前述の「2.3.4 通達距離（机上検討）」に述べたとおりである。

これらの結果を整理すると、以下となる。

##### （1）上空利用の電波伝搬モデル

屋外実証試験において、大地反射 2 波モデルに近い電波伝搬特性が観測され、無積雪期及び積雪期による電波伝搬特性に大きな傾向の違いがないという結果が観測された。

上記より、上空利用の電波伝搬モデルは、無積雪期及び積雪期の違いによらず、大地反射 2 波モデルを適用することが適当である。なお、周辺環境、仰角、距離等の要因により遅延波の影響は変動し、自由空間伝搬損失に近づく事象が観測された。

##### （2）主要評価パラメータに基づく通達距離

評価パラメータに基づく通達距離の試算結果を表 4-1 に整理する。なお、詳細データを「付属資料 5」に掲載する。ここで、通達距離はセルエッジにおける最大距離考慮し変調方式 QPSK、符号化率  $r=1/2$  を適用した場合である。

表 4-1 通達距離まとめ

受信方式	空中線電力	通達距離 [km]								
		環境条件								
		Rural			Residential			City		
		標高差			標高差			標高差		
		150 m	1,000 m	2,000 m	150 m	1,000 m	2,000 m	150 m	1,000 m	2,000 m
シングル	5W	37	96	136	28	72	102	21	54	76
	1W	25	64	91	19	48	68	14	36	51
ダイバーシチ	5W	44	115	162	33	86	122	25	64	91
	1W	30	76	108	22	57	81	17	43	60



通達距離は、標高差が大きくなるほど通達距離が長くなる傾向がある。このため、空中線高の標高差を考慮し、最小値及び最大値を併記した。ここで、空中線高は 150m、1,000m 及び 2,000m である。

#### 4.1.3 上空利用における所要離隔距離

上空利用における所要離隔距離については、前述の「3.1.2 所要離隔距離」及び「3.1.3 共用検討まとめ」にて、所要離隔距離の傾向及び共用検討内容について詳細に説明しているため、ここでは、前述した内容の要約を述べる。

上空利用における所要離隔距離については、標高差が大きくなるほど通達距離が長くなる傾向があり、その傾向の詳細は、前述の表 3-2 に示すとおりである。

また、干渉波の種類によっても所要離隔距離への影響は異なる傾向にある。同一チャネル間における干渉の場合、所要離隔距離は、最大数十～百数十 km となる試算結果にある。ここで、空中線電力 1W、受信方式としてダイバーシチ（2 ブランチ）について着目し、環境条件ごとに比較すると、環境条件に対して、Rural：30～108km、Residential：22～81km、City：17～60km の結果にある。（空中線電力：1W、受信方式：ダイバーシチ(2 ブランチ)、標高差：150m、1,000m 及び 2,000m の場合）

他方、隣接チャネル間における干渉の場合、所要離隔距離の最小値は 0.1km、最大値は 6.2km となる。ここで、空中線電力 1W、受信方式としてダイバーシチ（2 ブランチ）について着目し、環境条件ごとに比較すると、Rural：1.3km～1.5km、Residential：0.7km～1.1km、City：0.4km～0.7km と大幅に短縮される結果にある。（空中線電力：1W、受信方式：ダイバーシチ(2 ブランチ)、標高差：150m、1,000m 及び 2,000m の場合）

また、次隣接チャネル間における干渉の場合、所要離隔距離は、さらに短縮される。

上記の所要離隔距離のまとめは、所要離隔距離が最悪ケース（セルエッジ）となる条件を想定した。他方、公共 BB が移動局であることを勘案すれば、固定的にセルエッジにある条件は必ずしも現実的でない想定される。例えば、受信電力が 10dB 高い通信回線品質が良好な環境においては、実効的に所要離隔距離の更なる短縮が期待できる。例えば、表 3-4 に示すとおり、Rural における隣接チャネルの所要離隔距離は、0.4km～0.7km となり、約 1/3～1/2 に短縮される。

#### 4.2 上空利用における共用条件検討のまとめ

上空利用における共用条件検討については、前述の「第 3 章 上空利用における共用検討」に述べたとおりである。通達距離及び所要離隔距離を勘案し、以下に、上空利用における空中線電力及び上空利用におけるチャネル割当等に係る運用調整の在り方について考察する。

##### 4.2.1 上空利用における空中線電力

上空における空中線電力については、前述の「3.1.3 共用検討まとめ」に着目、例示したとおり、共

用条件である所要離隔距離の低減を図り、公共 BB 相互間ならびに他無線システムへの干渉の影響度を軽減する上から、空中線電力 1W ならびに受信方式ダイバーシチ（2 ブランチ）の条件における通達距離と所要離隔距離を総合的に勘案し、空中線電力 1W が適当と想定される。

したがって、空中線電力については、一般的に他の無線システムで規定されている「1W 以下」の規定を準用することが望ましい。

また、他方、陸上移動局間との干渉が比較的低いと想定される海上を想定した場合、一般に陸上移動局の移動範囲の免許対象外となる海域（3 海里以遠）等における上空利用においては、空中線電力「5W 以下」の規定が思慮される。

#### 4.2.2 チャンネル割当等に係る運用調整の在り方

チャンネル割当等に係る運用調整の在り方については、以下の事項が考えられる。

- ・上空利用においては、運用チャンネルにより運用調整が望ましい。
- ・公共 BB のチャンネル割当は、全国同一免許人・同一業種が同一チャンネルに割り当てられている状況を鑑み、運用調整を容易かつ効率的に行う上では、現行の主波を利用することが最適と思慮される。

#### 4.2.3 上空利用における移動範囲

本章における、これまでの上空利用における共用条件検討結果を踏まえ、電波法関係審査基準に規定される公共 BB 無線局の移動範囲に関して、現行の携帯局に係る「携帯局の移動範囲については、陸上、海上及び上空とする。」への改正が望ましい

#### 4.3 付随する事項の検討

付随する事項の検討として、ドローンを用いた場合の上空利用における考慮すべき事項について述べる。

- ・公共 BB の上空利用の今後の実運用においては、ドローン搭載運用及びヘリコプター等の航空機搭載運用にあつては、それぞれ国土交通省の規定するドローン飛行規定、および航空局の耐空証明等の諸条件を満たすことが必要である。
- ・実際の運用にあたり、ドローンの妨害波電波の輻射に対する留意事項が想定される。  
一般にドローンにおいては駆動電源である DC 電源回路からインパルス性広帯域ノイズ（放射妨害波）が放射されることが知られている。当該放射妨害波は公共 BB の割当周波数帯域を含め VHF 帯に広く発生することから、公共 BB をドローンに搭載、運用する上で、特に遠方受信における低受信電力時の空中線等からの妨害波混入による無線回線品質への影響の有無等に関する事前の調査・検討に留意することが望ましい。

## まとめ

本調査検討では、屋内実証試験及び屋外実証試験等を実施し、公共 BB の上空利用における共用条件、技術的条件等についてとりまとめた。以下に調査検討結果のまとめを述べる。

### (1) 共用条件

#### [1] 上空における電波伝搬モデル

- 上空利用の電波伝搬モデルは、基本的に大地反射 2 波モデルを適用することが適当
- 積雪による伝搬状況の変化は、ほとんど認められない
- なお、周辺環境、仰角、距離等の要因により遅延波の影響は変動し、自由空間伝搬損失に近づく事象が観測された

#### [2] 通達距離

- 送信アンテナと受信アンテナの標高差の大小により変化し、標高差が大きいほど通達距離は伸びる
- 今回の実証範囲の標高差 150m、1,000m 及び 2,000m、ならびに、空中線電力 1W 及び 5W の条件において、通達距離は十数 km～百数十 km と試算され、公共 BB の最大通信距離(約 30km)と同等程度から最大 5 倍程度となる

#### [3] 所要離隔距離

- 所要離隔距離は、送信アンテナと受信アンテナの標高差の大小により変化し、標高差が大きいほど、より大きな距離の確保が求められる
- 上記の標高差及び空中線電力の条件において、同一チャネルの場合、公共 BB の最大通信距離(約 30km)と同等程度から最大 5 倍程度の離隔距離となる
- 一方、隣接チャネル及び次隣接チャネルの場合、同一チャネルの場合に比べ、所要離隔距離は大幅に短縮され、共用がより容易に可能となる。それぞれ所要離隔距離は最大 1.7km 及び 0.4km 程度である(空中線電力 1W、Rural)
- なお、実運用においては、無線装置が有する隣接/次隣接チャネル漏えい電力特性の実力値は、本試験装置と同程度であることが所要離隔距離の短縮、改善の上から有効である。
- さらに、Residential 及び City の環境条件においては、所要回線品質となる所要受信電力が高いことから、干渉波(U)許容レベルも高くなるため、Rural に対して、所要離隔距離はそれぞれ約 2/3 及び約 1/4 に短縮される
- また、被干渉及び与干渉システムそれぞれの希望波(D)レベルが高く、通信回線品質が所要 D/U 以上に良好な環境、運用においては、離隔距離は短縮される
- 公共 BB が移動局であることを勘案し、固定的にセルエッジでない場合(セルエッジにおける受信電力 + 10dB)、実効的に所要離隔距離は更なる短縮が期待できる。隣接チャネル：～0.7km、次隣接チャネル：～0.2km(空中線電力 1W、標高差 2,000m)
- 受信方式のダイバーシチ(2 ブランチ)は、所要離隔距離の短縮に有効である

#### [4]想定される運用条件

- 上空利用においては、陸上運用と比較して、所要離隔距離の延伸が顕著となり、特に同一チャネルの利用にあたっては、運用調整が求められる。これにより共用が可能となる
- 公共 BB のチャネル割当は、全国同一免許人・同一業種が同一チャネルに割り当てられている状況を鑑み、運用調整を容易かつ効率的に行う上では、現行の主波を利用することが最適と思慮される
- なお、災害時等において公共機関が特定の地域内に集合し、公共 BB を運用する場合にあっては、上空利用の有無に関わらず干渉が発生する可能性が高まることから、災害対策本部等において運用調整を行うことが望ましい

### (2) 技術的条件・要件

#### [1]空中線電力

- 上空における空中線電力については、共用条件である所要離隔距離の低減を図るとともに、公共 BB 相互間ならびに他無線システムへの干渉の影響度を軽減する上から、一般的に他の無線システムで規定されている「1W 以下」の規定を準用することが望ましい
- また、他方、一般に陸上移動局の移動範囲の免許対象外となる海域（3 海里以遠）等における上空利用においては、空中線電力「5W 以下」の規定が思慮される

#### [2]移動範囲

- 今回の成果を踏まえ、電波法関係審査基準に規定される公共 BB 無線局の移動範囲に関して、現行の携帯局に係る「携帯局の移動範囲については、陸上又は海上に限ること。」を、「携帯局の移動範囲については、陸上、海上及び上空とする。」への改正が望ましい

おわりに

本調査検討では、陸上及び海上からの長距離映像伝送が可能な「200MHz 帯広帯域移動通信システム」（公共ブロードバンドシステム）の特性を生かし、上空利用への拡大とその有用性、技術的条件等を検討することにより、周波数の有効利用に資することを目的として、屋内実証試験、机上検討及び屋外実証試験等を実施した。この結果、構成員各位等の審議を踏まえ、所期の成果を得るとともに、本報告としてとりまとめた。

今後、本調査検討の成果に基づき、陸上・海上利用に引き続き上空利用に係る制度改正等の環境整備が早期に推進され、公共ブロードバンド移動通信システムの一層の普及促進が図られることを期待するものである。

謝辞

本調査検討を進めるにあたり、「災害・救難事例の紹介」に係るアンケートへの回答を頂いた無線システムユーザ委員、ならびに屋外実証試験において施設提供等の多岐に亘るご協力を頂いた白馬村役場様、八方尾根スキー場様、村営八方池山荘様、Hakuba47 ウィンタースポーツパーク様、エイブル白馬五竜スキー場様、サンサンパーク白馬様、ならびに TEAD 株式会社様の各位に深謝致します。（順不同）





## 付属資料

### 付属資料 1 調査検討会開催要旨

#### 「中山間地域における公共 BB の有効利用を図るための上空利用に関する調査検討会」

##### 開催趣旨

信越地域の地勢はその約半分が山間地域で日本有数の豪雪地域を有し、近年頻発している自然災害においては、土砂崩れや雪害などにより、山間地域に多く点在する集落における孤立化が懸念されています。また、長野県においては、標高 3,000m を超すアルプス群に囲まれた山岳県となっており、近年の登山ブームを背景とした山岳遭難も増加し、国内では最も遭難事故件数が多い状態が続いています。

これらの集落の孤立化や山岳遭難における救急・救命活動等としては、救助隊の二次被害の防止、救助隊の規模、装備品など、災害・救難現場の状況を把握し、迅速に検討を行うことが求められています。

しかし、山間地域においては、険しい地勢のもと容易に災害・救難現場への進入が困難であり、その状況を迅速に把握できないことが想定される。これらの課題解決のひとつの方策として、上空からの映像伝送による現場状況の把握が効果的と考えられています。

本調査検討会は、現在、陸上及び海上からの長距離映像伝送が可能な「200MHz 帯広帯域移動通信システム」（公共ブロードバンド移動通信システム）の特性を生かし、上空利用への拡大とその有用性、技術的条件等を検討することにより、周波数の有効利用に資することを目的とします。

以上

## 付属資料 2 調査検討会設置要綱

### 「中山間地域における公共 BB の有効利用を図るための上空利用に関する調査検討会」 設置要綱

#### 1. 名称

本調査検討会は、「中山間地域における公共 BB（※）の有効利用を図るための上空利用に関する調査検討会」（以下「調査検討会」という。）と称する。

※ 公共 BB（200MHz 帯広帯域移動通信システム（公共ブロードバンド移動通信システム）

#### 2. 目的

調査検討会は、公共 BB の更なる利用促進を図るため、現在、陸上及び海上での利用を上空での利用に拡大することについて、その有用性の検証を行うとともに、他の無線システムとの共用と電波伝搬特性の技術的諸条件を検討し、周波数を有効利用するための方策に資することを目的とする。

#### 3. 調査検討事項

調査検討会は次の検討を行う。

- (1) 公共 BB の上空利用の有用性の検討及び上空利用による電波伝搬特性と技術的諸条件と検討
- (2) 周波数帯を共用する同一システム間及び隣接周波数帯の他のシステムとの周波数共用条件
- (3) 改正すべき技術基準の検討
- (4) その他、付随する事項の項目

#### 4. 構成

調査検討会の構成は、次のとおりとする。

- (1) 調査検討会は、信越総合通信局長から委嘱を受けた委員により構成する。
- (2) 調査検討会に、座長 1 名及び座長代理 1 名を置く。
- (3) 座長は、構成員の互選によって選出する。
- (4) 座長は、調査検討会を代表し、会務を総理する。
- (5) 座長は、構成員の中から座長代理を指名する。
- (6) 座長代理は、座長を補佐し、座長に事故あるとき又は座長が欠けたときは、その職務を代理する。
- (7) 調査検討会に、必要に応じ委員以外の者の参加ができるものとするが、議決の権利を持たない。

## 5. 運営

調査検討会の運営は、次のとおりとする。

- (1) 調査検討会は、座長が招集し、主宰する。座長が不在の場合にあつては、座長代理がこれを行う。
- (2) 委員は、調査検討会を審議し運営する。
- (3) 調査検討会は、必要に応じ委員以外の者から意見を徴することができる。
- (4) 調査検討会は、必要に応じ電子メール等による運営を行う。
- (5) その他、運営に関して必要な事項は、座長が別に定める。

## 6. 設置期間

本調査検討会は、設置の日(第1回調査検討会)から令和2年3月31日までの間とする。

## 7. 事務局

本調査検討会の事務局は、信越総合通信局無線通信部電波利用企画課及び株式会社 日立国際電気が行う。

## 8. その他

- (1) 本調査検討会に調査検討事項に関する成果を公表、利用等するときは、あらかじめ信越総合通信局の承認を得るものとする。
- (2) 本調査検討会の成果物に関する権利は、総務省に帰属する。
- (3) 本調査検討会において、特定した利用目的以外に個人情報を取り扱わないものとする。

以上

付属資料3 調査検討会構成員名簿

「中山間地域における公共 BB の有効利用を図るための上空利用に関する調査検討会」  
構成員名簿

(敬称略・順不同)

区分	氏名	所属、役職
座長	ささもり ふみひと 笹森 文仁	国立大学法人信州大学工学部 電子情報システム工学科 教授
座長代理	にしもり けんたろう 西森 健太郎	国立大学法人新潟大学工学部 情報工学科 准教授
委員	ふなばし かずお 船橋 一雄	海上保安庁 第九管区海上保安本部 総務部情報通信課長
委員	くぼ た みつる 久保田 充	警察庁 関東管区警察局 長野県情報通信部 通信施設課長 【第1回調査検討会】
	まつおか ひろふみ 松岡 浩史	警察庁 関東管区警察局 長野県情報通信部 通信施設課長 【第2回調査検討会 以降】
委員	そのべ かずお 園部 一男	国土交通省 関東地方整備局長野国道事務所 交通対策課長
委員	こばやし たかお 小林 卓生	国土交通省 北陸地方整備局千曲川河川事務所 防災情報課長
委員	わだ つよし 和田 剛	長野県 危機管理部消防課 課長補佐
委員	くしひき ともひろ 榎引 知弘	長野県警察本部 地域部山岳安全対策課 課長補佐
委員	すずき のりよし 鈴木 徳義	長野市消防局 通信指令課 課長
委員	かとう かずえ 加藤 数衛	一般社団法人電波産業会 規格会議 公共ブロードバンド作業班 副主任



委員	いしがき さとる 石垣 悟	日本無線株式会社 事業統括部 担当部長
委員	かわせ かつゆき 川瀬 克行	パナソニック システムソリューションズ ジャパン株式会社 システム開発本部 ネットワークソリューション部 参事
委員	さとう けんいち 佐藤 賢一	株式会社富士通ゼネラル 情報通信システム本部 情報通信システム営業統括部 ビジネス推進部 担当課長
オブザーバー	いしぐる たけひろ 石黒 丈博	総務省総合通信基盤局 電波部基幹・衛星移動通信課重要無線室 課長補佐
オブザーバー	ねもと としかず 根本 俊一	総務省総合通信基盤局 電波部基幹・衛星移動通信課重要無線室 システム開発係長
オブザーバー	た の まさゆき 田野 正行	総務省総合通信基盤局 電波部電波政策課 第三計画係長
事務局	たけした ふみひと 竹下 文人	総務省 信越総合通信局 無線通信部長
事務局	うえかわ まさひろ 上川 政宏	総務省 信越総合通信局 無線通信部 電波利用企画課長
事務局	しまだ あきら 島田 彰	総務省 信越総合通信局 無線通信部 電波利用企画課 課長補佐
事務局	いしだ なおき 石田 直樹	総務省 信越総合通信局 無線通信部 電波利用企画課 上席企画官
事務局	ほ や かつひこ 保谷 勝彦	総務省 信越総合通信局 無線通信部 電波利用企画課 企画官
事務局	あさの まさひろ 浅野 勝洋	株式会社 日立国際電気 ソリューション本部 専門部長
事務局	やなぎさわ けい 柳澤 慶	株式会社 日立国際電気 エンタープライズソリューション部 技師
事務局	いしがき まさゆき 石崎 雅之	株式会社 日立国際電気 次世代技術開発部
事務局	たじま かずき 田島 一輝	株式会社 日立国際電気 公共ソリューション営業部

「中山間地域における公共 B B の有効利用を図るための  
上空利用に関する調査検討会」

災害・救難事例の紹介

令和元年9月26日  
第2回調査検討会

海上保安庁 第九管区海上保安本部 .....	120
国土交通省 関東地方整備局長野国道事務所 .....	122
長野市消防局.....	128
国土交通省 北陸地方整備局千曲川河川事務所 .....	130
警察庁 関東管区警察局 長野県情報通信部 .....	131
長野県警察本部（山岳遭難救助隊） .....	132
長野県（危機管理管理部消防課） .....	134

# 海上保安庁 第九管区海上保安本部

## 1 災害・救難等において各機関が行なった対応の事例

### ①事象

石川県能登半島沖貨物船火災

### ②状況

令和元年8月28日午後4時43分、新潟県姫川港から香川県坂出港向け航行中の貨物船A丸船長から第九管区運用司令センターに「機関監視室から出火した」との118番通報があった。

乗組員全員（10名）は、28日午後7時1分、航空機2機により吊り上げ救助完了、船体は、30日午前11時45分、巡視船艇による船体冷却放水及び特殊救難隊による船内消火活動により鎮火を確認した。

### ③出動勢力

巡視船艇4隻、航空機3機、特殊救難隊5名、機動救難士4名

	
吊り上げ	吊り上げ
	
火災状況	船体冷却放水状況

## 2 各機関においてこれまでの災害・救難等の対応した経験から、公共 BB の上空利用により利便性が向上すると想定される事例

- 1 項事例の場合、人命救助を優先するため、ヘリコプターには 救難要員を乗機させます。救難要員が乗機すると機内スペースの関係からヘリコプターテレビシステムは積載不可となり、同ヘリコプターによる状況画像が伝送できない状態となる。

この場合、巡視船艇による海上からだけの状況確認が、公共 BB が上空利用できれば、ドローンを使用し、より詳細な状況確認が可能となる。

- 岩場での乗揚げ海難場所特定のため、巡視船では近寄れないため、搭載している小型艇で同場所の確認を行なうが、小型艇乗船者の眼高が低いためなかなか特定することができなかった。

この場合でも、公共 BB が上空利用できればドローンに搭載し、特定作業を実施することで早期に確定できる。



# 国土交通省 関東地方整備局 長野国道事務所

## 1 災害・救難等において各機関が行なった対応の事例

- ・ 長野北部地震（H26.11.22 発生）における TEC-FORCE、災害対策車両の派遣による被害状況調査及びリエゾン（情報連絡員）の派遣状況報告  
【長野国道事務所 資料 1】
- ・ 同上災害における土石流危険渓流調査に関する打合せ及び白馬村の村道調査状況報告  
【長野国道事務所 資料 2】
- ・ H26.11.22 長野県北部を震源とする地震について  
【長野国道事務所 資料 3】
- ・ 本白根山に向けたライブ映像配信の記者発表資料（平成 30 年 2 月 6 日（火））  
【長野国道事務所 資料 4】
- ・ 関東 TEC-FORCE 活動通信（本局 HP）  
<http://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/bousai00000153.html>

## 2. 各機関において、これまでの災害・救難等に対応した経験から、公共 BB の上空利用により利便性が向上すると想定される事例

- ・ 直接の災害対応で活用した事例はないが、被災状況の速やかな把握のためにドローン等を活用する計画である。ドローンを活用した場合、一旦地上機器（スマートフォン等）で映像を受信したのちに伝送装置を介して事務所や上位機関へ映像伝送する形式となるが、ドローンから直接公共 BB 回線で地上の公共 BB 親装置に伝送ができれば、当該公共 BB 親装置で受信した映像をそのまま伝送ができるため、装置コストの削減及び映像品質の向上、伝送遅延の解消につながるものと考えられる。
- ・ また、公共 BB の上空利用と合わせて防災共通波の適用ができれば、上空から複数の防災対応機関に対しての同時映像配信など、災害対応に必要な情報の共有を図ることができると思われる。

## 関東 TEC-FORCE 活動状況

国土交通省関東地方整備局では、長野県北部を震源とする地震の被災箇所の支援するために、地震が発生した 11 月 22 日より、TEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）を派遣し、被災状況の調査など支援を実施しています。

23 日現在、国道 148 号等の被災状況調査として調査職員を派遣し、照明車 5 台と衛星通信車 5 台およびその操作職員を、長野県北安曇郡白馬村等に派遣しています。

また、関係機関との連絡調整のために、リエゾンとして長野県庁及び小川村役場へ職員を派遣しています。

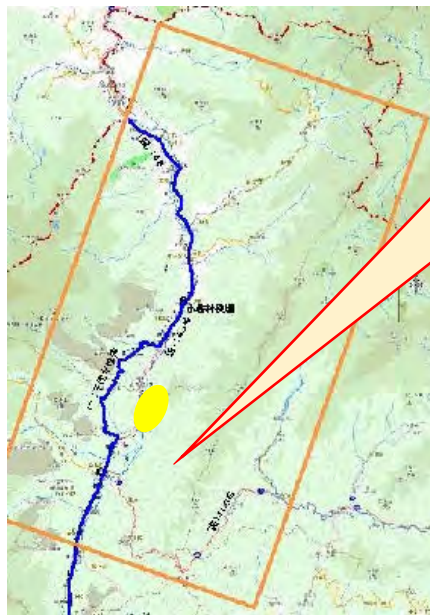
■ TEC-FORCE の 11 月 23 日の主な活動：TEC-FORCE、災害対策車両の派遣による被害状況調査及びリエゾン（情報連絡員）の派遣



国道 148 号線 土砂崩落現場  
(白馬村新田)



長野県庁におけるリエゾンの活動状況



土砂崩落 国道 148 号  
白馬村新田



照明車による被災状況調査



衛星通信車配置状況

## 関東 TEC-FORCE 活動状況

地震に伴う白馬村周辺の土砂災害及び道路被害調査として、ヘリコプター「あおぞら号」による緊急調査を実施しました。

■ TEC-FORCE の 11 月 23 日の主な活動：ヘリコプターによる上空からの緊急調査。



① 峰方沢川：被災状況写真



③ 中谷川：被災状況写真



②国道406号：被災状況写真



④ 国道148号：被災状況写真



## 関東 TEC-FORCE 活動状況

国土交通省関東地方整備局では長野県北部を震源とする地震の被災箇所の支援するために、地震が発生した11月22日より、TEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊）を派遣し、被災状況の調査など支援を実施しています。

11月24日より、長野県からの要請に応じて、土石流危険渓流調査の支援のため、TEC-FORCE（2班6名）を派遣し、地震による土石流の発生の危険性がある渓流において調査を実施します。

また、長野県白馬村の要請によりTEC-FORCE（2班7名）を派遣し、損壊した白馬村の村道の現地調査を実施しました。

### ■ TEC-FORCE の 11 月 24 日、25 日の主な活動： 土石流危険渓流調査に関する打合せ及び白馬村の村道調査

#### ● 土石流危険渓流調査 (11/24)

##### ○ 出発状況



##### ○ 北陸地方整備局との打合せ状況



TEC-FORCE 及びリエゾン派遣状況  
のべ 44 名(11/24 16 時現在)

#### ● 村道の現地調査(11/25) (白馬村蔵平及び青鬼地区)



## H26.11.22 長野県北部を震源とする地震について

(平成 26 年 12 月 8 日 13:00 現在)



### 【地震の概要】

- (1)発生日時：平成26年11月22日22:08頃
  - (2)震源（長野県北部、深さ5 km）、規模（マグニチュード6.7）
  - (3)各地の震度：震度6弱（長野県長野市、小谷(あたり)村、小川村）
  - (4)死者情報なし（負傷者45名）
  - (5)体制：関東地方整備局（本局）は  
以下の通り地震災害対策本部を設置
    - 非常体制：平成26年12月8日13時00分解除
    - 注意体制：平成26年12月8日13時00分現在
- ・本部（関東地方整備局）、関東技術支部（関東技術事務所）  
道路支部

### 【被害状況】

#### (1) 直轄国道

- ・国道18号、国道19号、国道20号点検の結果異常なし
- ・国道18号長野県信濃町野尻にて道路に5～10cmの段差を確認し、片側交互通行にて復旧作業を行い、(11/23 03:05) 全面開放済み

#### (2) 補助国道・地方道

- ・補助国道1箇所、県道3箇所、市町村道24箇所の計28箇所で開催止。
- 国道148号については、12/1 崩落土砂及び立木撤去完了。12/7 仮設防護柵設置完了。（長野県）
- 国道406号については、12/7 16:30 通交止め解除。（片側交互通行へ移行）

### 【関東地整の TEC-FORCE（初動以降）対応状況】

- 国道148号白馬村立の間地先および白馬村野平地先、北城地先において災害対策車両（衛星通信車、照明車等）2台（延べ13台）により崩落箇所の監視、応急復旧の支援中。映像配信を衛星通信車から簡易カメラに2箇所切り替え（12/3）
- 長野県からの要請を受け、一般国道148号の土砂崩落現場（長野県管理、白馬村）の被災状況の確認と復旧作業に関する助言を行うため専門家（独立行政法人土木研究所）、関東地方整備局職員を派遣。（11/24）

### 【リエゾン（連絡情報員）派遣状況】

- 長野県及び白馬村にリエゾンとして関東地方整備局職員を派遣中。

### 【あおぞら号ヘリコプターによる緊急調査】

- あおぞら号による白馬村等土砂災害箇所の調査を実施。（11/23）

### 【TEC-FORCE詳細調査状況】

- （河川班）①土石流危険渓流の被災状況調査完了。緊急点検説明会開催。（11/28）
- （道路班）②白馬村村道の橋梁点検（11/29）及び調査・復旧支援（12/3）完了。
- ③無人化施工機械（遠隔操縦式バックホウ）を白馬村へ派遣し、障害物の一部を撤去。（11/26）
- ④調査結果に基づく148号災害現場及び野平地区・蕨平地区の現地確認を実施。（12/3）
- ⑤白馬村村長へ調査結果の報告を実施。（12/4）



平成30年2月6日（火）  
国土交通省関東地方整備局  
利根川水系砂防事務所

## 記者発表資料

本白根山に向けたライブ映像を配信しました

本白根山に向けた、逢ノ峰カメラのライブ映像をホームページにて配信しましたのでお知らせします。

### 1 アクセス先

関東地方整備局ホームページ

<http://www.ktr.mlit.go.jp/>

利根川水系砂防事務所ホームページ

<http://www.ktr.mlit.go.jp/tonesui/>

### 2 位置



# 長野市 消防局

## 1 災害・救難等において各機関が行なった対応の事例

近年、大規模な自然災害の頻発など、災害は多様化・大規模化しています。

また、高齢化社会による救急出動の増加など、消防防災の強化が求められています。このような状況のなか、今後の災害リスクの高まりを踏まえ、関係機関で災害情報の一元化を図り、迅速で的確な災害対応の実現や広域的な対応が求められます。

### (1) 林野火災等の早期延焼状況の把握

林野火災等は、航空隊を要請するケースが多いが写真でもわかるように地上での情報収集には限界があり、必要の無いフライトを空隊に要請してしまうのでは無いかと、躊躇する場合がある。

航空隊側もある程度の情報がないと効率的な活動が出来ず、要請時に詳細な情報を要求して来ます。

	
<p><b>林野火災での、地上からの状況①</b> 火災の消火作業が先になり、広範囲の延焼状況は、地上からは詳細に把握できない。</p>	<p><b>林野火災での、地上からの状況②</b> 広範囲の延焼状況は、気象条件、地形でも変化し、迅速に対応できず防災ヘリを要請する事になります</p>
	
<p>現場での煙だけでは、延焼範囲や方向など把握できず、的確な消火活動ができなく時間を要してしまう事がある。</p>	<p>鎮火後の調査 防災ヘリ撮影</p>



(2) 中山間地で、トレッキング中道に迷ったとの通報があり、地上部隊が声を出しながら搜索し発見したが時間を要した。通報者が元気で動けるため航空隊には救急・救助事案に該当しないと判断された。

## 2 各機関においてこれまでの災害・救難等の対応した経験から、公共 BB の上空利用により利便性が向上すると想定される事例

○ 山林火災において、早期に地上部隊での上空からの災害状況を把握出来れば航空部隊との連携、迅速的確な活動ができる。また、関係機関での情報共有ができる。

また、大規模な自然災害や消防団の中継送水活動等、長距離におよぶ送水活動状況にも活用でき、現場指揮本部の指揮判断に役立つ。

○ 航空隊を要請するに至らないが、上空からの情報収集した方が、迅速的確な災害対応ができる時の場合等に有効に活用できる。

○ 大規模災害等において、関係機関がそれぞれに情報を収集しているので、あまり情報等の共有が出来ていないのが現状です。

公共 BB の上空利用の映像を共有し、迅速で的確な災害活動が出来ればと考えます。消防は消防、警察は警察等だけの利用ではなく消防の映像、警察の映像等が、災害活動する関係機関が共有できるように、共有的なチャンネルがあればと思います。

# 国土交通省 北陸地方整備局 千曲川河川事務所

## 1 災害・救難等において各機関が行なった対応の事例

### ① 事象

TEC-FORCE 等の被災現場状況確認

### ② 状況

崖崩れ、河岸・斜面崩落等の現場調査で、被災範囲の確認を行いたいが現場の道や足場等の状況が悪く、車や人が立ち入るには危険な場所である。

## 2 各機関においてこれまでの災害・救難等の対応した経験から、公共 BB の上空利用により利便性が向上すると想定される事例

オートパイロット機能等を利用し、車や人が行けない場所について上空から被災状況の確認を行う。

### ※補足

オートパイロット機能という文言を記載したのは、公共 BB の電波は届くがドローン制御用の電波が届かない想定をしています。（一般的なドローンの制御用電波は G H z 帯が一般的で、公共 BB の電波より通信距離が短いという想定）制御用電波が届くのであれば、一般的なドローンでも記載事例の目的は果たせ、公共 BB を利用するメリットが薄れる気がしました。

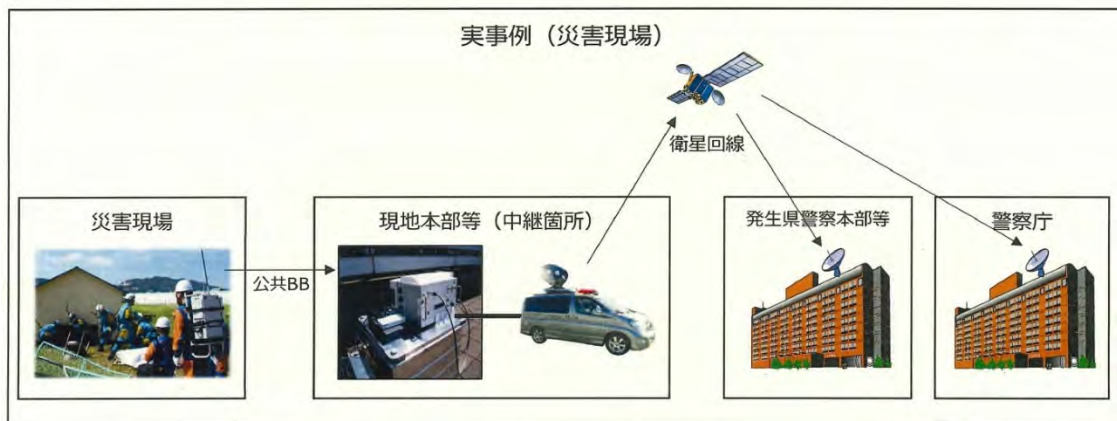
# 警察庁 関東管区警察局 長野県情報通信部

## 1 災害・救難等において各機関が行なった対応の事例

災害現場における被災状況、救助活動等の状況を県警本部等へ映像伝送するため、撮影した現場映像を公共 BB により中継箇所まで伝送し、衛星回線を介して県警本部等へリアルタイムでの映像伝送を行った。

## 2 各機関においてこれまでの災害・救難等の対応した経験から、公共 BB の上空利用により利便性が向上すると想定される事例

現状では特になし。





# 長野県警察本部 山岳遭難救助隊

## 1 災害・救難等において各機関が行なった対応の事例

### ① 事象

山岳遭難に対する救助について

### ② 状況

長野県は南北及び中央アルプスの 3,000m 級の山岳に囲まれた山岳県であり、国内外から多数の登山者が訪れている。

それに比例して、山岳遭難も多発しており、平成 30 年度の状況では国内の山岳遭難総件数 2,661 件中 11.2%、297 件が県内で発生しており、これは 47 都道府県で最も多い。

遭難が発生した際は、県警山岳遭難救助隊や民間の救助隊が出動し、ヘリや陸上部隊などで救助活動を行うが、遭難現場の多くが、断崖絶壁や崩れやすい斜面などの地形上の危険性や、強風、降雪などの気象上の危険性があるため、二次遭難を防止するためには、救助方法や必要な装備資機材等、慎重かつ的確な判断を組織的に行うことが必要不可欠である。しかし、現場まで相当数の時間がかかる遭難現場においては、無線での報告のみで組織的に判断をするしかなく、最終的には、現場に到着した救助隊員個々の経験や技術に基づく判断に頼らざるを得ない状況にある。



山岳遭難を想定した救助訓練の様相

実際の遭難を想定した厳しい環境下での訓練が行われている。

## 2 各機関においてこれまでの災害・救難等の対応した経験から、公共 BB の上空利用により利便性が向上すると想定される事例

山岳遭難救助の約 7 割がヘリにより救助されているが、安全にヘリ救助するためには、

- 現場の状況（遭難者の状況、どのような地形か、周囲の登山者の多さ等）
- 天候の状況（視界、風の強さ、天候の推移等）の情報が必要不可欠であるが、現状では、現場に到着した救助隊員の無線等による情報や、県内に設置されているライブカメラ等の映像により確認している。

正確な情報を収集するためには、実際の現場の状況を確認することが最も有効的であり、到着した救助隊員による映像伝送は、非常に期待できるものである。

### 3 その他

山岳遭難で公共 BB を使用する場合は、

- 上空からの無線中継（ヘリを救助で使用する、または使用できない天候の場合）
- 映像伝送装置の軽量化（隊員が常に所持することを想定する必要があるため）について検討していただきたい。

# 長野県危機管理部消防課

## 1 災害・救難等において各機関が行った対応の事例

### ① 事象

山林火災及び火山の噴火の対応について

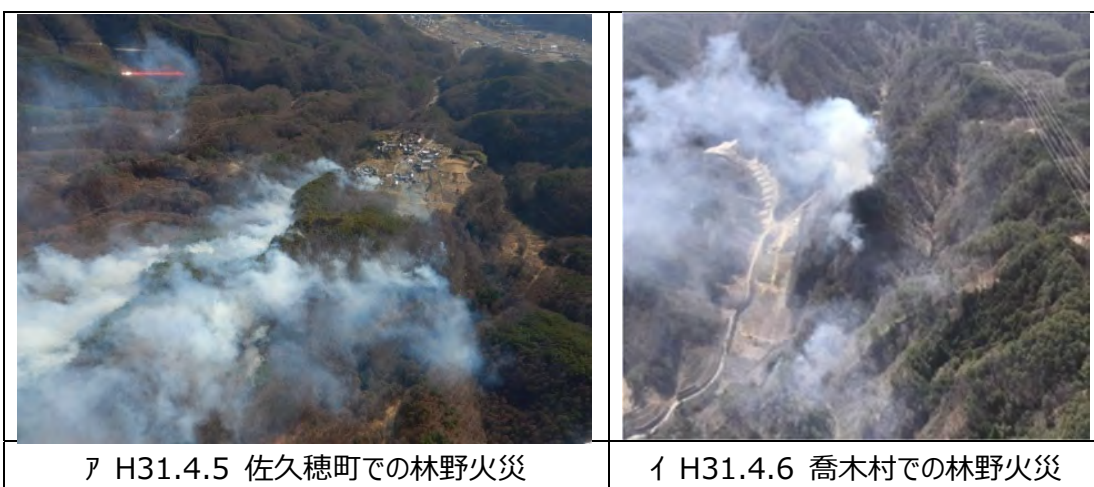
### ② 状況

ア H31.4.5 佐久穂町で林野火災発生

イ H31.4.6 喬木村で林野火災発生

ウ R 元.8.7 浅間山の噴火

いずれも詳細は、別紙資料のとおり



## 2 各機関においてこれまでの災害・救難等の対応した経験から、公共 BB の上空利用により利便性が向上すると想定される事例

- 林野火災では、火災の延焼規模の把握が困難であるため、消防防災ヘリコプターでの目視での確認や県警・自衛隊ヘリコプターからの映像伝送により状況を確認。
- 本年8月の浅間山噴火時には、県警ヘリコプターからの映像伝送により火口周辺の状況を確認。また、通常時も含めて、県設置の地上カメラ（黒斑山、軽井沢町役場などに設置）で、状況確認。
- 林野火災や火山の噴火等の災害時には、上空から画像伝送により県災害本部や現地本部等に情報伝達できればより効果的と思われる。

## 平成31年4月6日からの喬木村氏乗林野火災について（最終報）

危機管理部 平成31年4月7日 9:30 現在

火災の状況	4月6日 10:09 飯田広域消防本部 覚知 下伊那郡喬木村氏乗地籍 林野火災 4月7日 07:30 鎮圧 同日 09:30 鎮火 焼損面積 約 5.86ha			
人的・住家被害	人的被害	なし		
	建物被害	なし		
避難情報	なし			
活動状況	要請	所属・派遣人数	活動場所 活動内容	解除等
県内消防	(6日)	消防本部 18隊 約50人 消防団 約30人	喬木村 消火活動	
	(7日)	消防本部 12隊 45人 消防団 約40人 消防本部地上隊・消防団による残火 処理を継続		
県外消防	(6日) 10:38	相互応援協定 岐阜県ヘリ 1機	喬木村 消火活動	(6日) 15:35 別事案対応の ため活動終了
県警				
陸上自衛隊	(6日) 12:25 派遣要請	15:21 大型ヘリ2機活動開始		(7日) 7:36 自衛隊 撤収要請
	(7日)	05:45 大型ヘリ6機活動開始 07:10 村長等による上空偵察実施		
市町村本部設置状況	6日 11:10 喬木村山林火災対策本部設置			
県本部設置状況	6日 12:25 県警戒対策本部設置 12:25 南信州地方部警戒対策本部設置 7日 07:36 解散			
その他	<6日の活動> 岐阜県ヘリ散水 15回 (確認中) 自衛隊ヘリ散水 22回 (110,000L) <7日の活動> 自衛隊ヘリ散水 24回 (120,000L)			

平成31年4月5日からの佐久穂町筆岩林野火災について（最終報）

危機管理部 平成31年4月7日 17:00 現在

火災の状況	4月5日 14:03 佐久広域消防本部 覚知 南佐久郡佐久穂町筆岩地籍 建物火災から山林へ延焼 4月7日 06:11 鎮圧 同日 16:46 鎮火（焼損面積 約 32ha）			
人的・住家被害	人的被害	なし		
	建物被害	全焼8棟、部分焼1棟（住家・非住家の別は調査中）		
避難情報	自主避難1名（佐久市内の親戚宅へ避難）			
活動状況	要請	所属・派遣人数	活動場所 活動内容	解除等
県内消防	(5日) 14:50	長野県防災ヘリ 1機 消防本部地上隊 ポンプ車4台 タンク車1台 消防団	佐久穂町 消火活動	(5日) 17:50 防災ヘリ 活動終了 20:15 建物火災は鎮火
	(6日)	消防本部地上隊 33名 消防団 約100名 ※空中消火のため消防団は13:16に 20名に縮小		
	(7日)	消防本部地上隊・消防団による残火 処理		
県外消防	(5日) 15:36	相互応援協定 山梨県ヘリ 1機	佐久穂町 消火活動	(5日) 17:40 要請解除
県警				
陸上自衛隊	(5日) 19:09 自衛隊 派遣要請	(6日) 5:34 ヘリ 活動開始 大型ヘリ 5機（消火活動） 中型ヘリ 2機（空域統制等） 小型ヘリ 1機（空域統制等） 中型ヘリ 1機（情報収集）  (7日) 5:55 町長等による上空偵察実施	佐久穂町 消火活動	(7日) 6:16 自衛隊 撤収要請
市町村本部設置状況	5日 14:58 佐久穂町災害対策本部設置			



県本部設置状況	5日 19:09 県警戒対策本部設置 19:09 佐久地方部警戒対策本部設置 7日 06:16 解散
その他	<5日の活動> 長野県へり散水 11回 (5,200L) 山梨県へり散水 25回 (18,000L) <6日の活動> 自衛隊へり散水 105回 (525,000L)

### 浅間山噴火による県内の被害状況等

危機管理部 令和元年8月8日 14:30 現在

発 生 日 時	8/7 22:08 頃 浅間山噴火		
噴 火 警 戒 レベル	8/7 22:30 レベル1（活火山であることに留意）からレベル3（入山規制）に引き上げ 登山禁止（山頂火口から4 km 以内規制）		
人 的 被 害	区 分	人 数	
	死亡	-	
	心肺停止	-	
	行方不明	-	
	重傷	-	
	軽傷	-	
そ の 他	<p>○浅間山登山口の規制状況 長野県内4か所の登山口に警察官配置し入山規制 23:18～小浅間山登山口入山規制開始（規制看板設置完了） 23:35～石尊山登山口入山規制開始（規制看板設置完了） 23:55～一の鳥居登山口入山規制開始（規制看板設置完了） 00:30～高峰高原側登山口入山規制開始（規制看板設置完了）</p> <p>○降灰について 県内市町村に降灰なし（8/8）</p>		
影 響	状 況	解除・復旧等	
避難状況・避難所情報			
安否確認家族待機施設			
ラ イ フ ラ イ ン			
交通状況	鬼押ハイウェイ通行止め（群馬県側）	8月8日 9:00 規制解除	
設 災 害 置 対 策 状 況 本 部	市 町 村 本 部	8月7日 22:30 小諸市災害警戒本部 8月7日 22:30 軽井沢町災害警戒本部	
	県 本 部	8月7日 22:40 浅間山噴火警戒・対策本部設置 佐久地方部設置	
	国 本 部		
県の対応	<p>8月7日 23:50 第1回長野県浅間山噴火警戒・対策本部会議 8月8日 06:00 第2回長野県浅間山噴火警戒・対策本部会議 8月8日 14:30 第3回長野県浅間山噴火警戒・対策本部会議</p>		

付属資料5 通達距離、所要離隔距離の試算結果

本報告書「2.3.4 通達距離（机上検討）」及び「2.3.5 所要離隔距離（机上検討）」において、通達距離及び所要離隔距離の試算結果をグラフ化して記載しているが、その試算データを一覧表にまとめた結果を表A5-1から表A5-8に示す。

(1) 通達距離（受信方式＝シングル（非ダイバーシチ））

表A5-1 通達距離データ一覧（シングル（非ダイバーシチ））

電波伝搬モデル	空中線電力	標高差	環境条件	通達距離 [km]
自由空間 伝搬損失	5W	-	Rural	566.0
			Residential	319.0
			City	179.0
	1W	-	Rural	253.0
			Residential	143.0
			City	80.0
大地反射 2波モデル	5W	2000m	Rural	136.0
			Residential	102.0
			City	76.2
		1000m	Rural	96.2
			Residential	72.1
			City	54.0
		150m	Rural	37.3
			Residential	28.0
			City	21.0
	1W	2000m	Rural	90.7
			Residential	67.9
			City	50.7
		1000m	Rural	64.2
			Residential	48.1
			City	36.0
		150m	Rural	24.9
			Residential	18.7
			City	14.0

(2) 通達距離 (受信方式 = ダイバーシチ (2 ブランチ) )

表 A5-2 通達距離データ一覧 (ダイバーシチ (2 ブランチ) )

電波伝搬モデル	空中線電力	標高差	環境条件	通達距離 [km]
自由空間 伝搬損失	5W	-	Rural	800
			Residential	450
			City	253
	1W	-	Rural	357
			Residential	201
			City	113
大地反射 2 波モデル	5W	2000m	Rural	162
			Residential	122
			City	90.7
		1000m	Rural	115
			Residential	85.7
			City	64.2
		150m	Rural	44.3
			Residential	33.2
			City	24.9
	1W	2000m	Rural	108
			Residential	80.8
			City	60.4
		1000m	Rural	76.4
			Residential	57.2
			City	42.8
		150m	Rural	29.6
			Residential	22.2
			City	16.7

(3) 所要離隔距離 (受信方式=シングル (非ダイバーシチ)、環境条件=Rural)

表 A5-3 所要離隔距離 (シングル (非ダイバーシチ)、Rural)

電波伝搬モデル	空中線電力	標高差	干渉波種別	所要離隔距離 [km]
自由空間 伝搬損失	5W	-	同一チャンネル	1130.0
			隣接チャンネル	3.2
			次隣接チャンネル	0.7
	1W	-	同一チャンネル	505.0
			隣接チャンネル	1.5
			次隣接チャンネル	0.3
大地反射 2波モデル	5W	2000m	同一チャンネル	192.0
			隣接チャンネル	3.9
			次隣接チャンネル	1.1
		1000m	同一チャンネル	136.0
			隣接チャンネル	6.2
			次隣接チャンネル	0.7
		150m	同一チャンネル	52.7
			隣接チャンネル	2.8
			次隣接チャンネル	1.2
	1W	2000m	同一チャンネル	129.0
			隣接チャンネル	2.9
			次隣接チャンネル	0.6
		1000m	同一チャンネル	90.8
			隣接チャンネル	1.9
			次隣接チャンネル	0.5
150m	同一チャンネル	35.2		
	隣接チャンネル	1.8		
	次隣接チャンネル	0.3		



(4) 所要離隔距離 (受信方式 = シングル (非ダイバーシチ)、環境条件 = Residential)

表 A5-4 所要離隔距離 (シングル (非ダイバーシチ)、Residential)

電波伝搬モデル	空中線電力	標高差	干渉波種別	所要離隔距離 [km]
自由空間 伝搬損失	5W	-	同一チャンネル	635.0
			隣接チャンネル	1.8
			次隣接チャンネル	0.4
	1W	-	同一チャンネル	284.0
			隣接チャンネル	0.8
			次隣接チャンネル	0.2
大地反射 2波モデル	5W	2000m	同一チャンネル	144.0
			隣接チャンネル	3.3
			次隣接チャンネル	0.8
		1000m	同一チャンネル	102.0
			隣接チャンネル	2.0
			次隣接チャンネル	0.6
		150m	同一チャンネル	39.5
			隣接チャンネル	2.1
			次隣接チャンネル	0.8
	1W	2000m	同一チャンネル	96.1
			隣接チャンネル	1.2
			次隣接チャンネル	0.4
		1000m	同一チャンネル	68.0
			隣接チャンネル	1.6
			次隣接チャンネル	0.4
150m	同一チャンネル	26.4		
	隣接チャンネル	1.3		
	次隣接チャンネル	0.3		

(5) 所要離隔距離 (受信方式 = シングル (非ダイバーシチ)、環境条件 = City)

表 A 5 -5 所要離隔距離 (シングル (非ダイバーシチ)、City)

電波伝搬モデル	空中線電力	標高差	干渉波種別	所要離隔距離 [km]
自由空間 伝搬損失	5W	-	同一チャンネル	357.0
			隣接チャンネル	1.1
			次隣接チャンネル	0.3
	1W	-	同一チャンネル	160.0
			隣接チャンネル	0.5
			次隣接チャンネル	0.1km 未満
大地反射 2 波モデル	5W	2000m	同一チャンネル	108.0
			隣接チャンネル	1.3
			次隣接チャンネル	0.4
		1000m	同一チャンネル	76.4
			隣接チャンネル	1.7
			次隣接チャンネル	0.4
		150m	同一チャンネル	29.6
			隣接チャンネル	1.5
			次隣接チャンネル	0.3
	1W	2000m	同一チャンネル	71.9
			隣接チャンネル	0.9
			次隣接チャンネル	0.2
		1000m	同一チャンネル	51.0
			隣接チャンネル	0.6
			次隣接チャンネル	0.2
150m	同一チャンネル	19.8		
	隣接チャンネル	0.9		
	次隣接チャンネル	0.1km 未満		

(6) 所要離隔距離 (受信方式 = ダイバーシチ (2 ブランチ)、環境条件 = Rural)

表 A 5 -6 所要離隔距離 (ダイバーシチ (2 ブランチ)、Rural)

電波伝搬モデル	空中線電力	標高差	干渉波種別	所要離隔距離 [km]
自由空間 伝搬損失	5W	-	同一チャネル	800.0
			隣接チャネル	2.3
			次隣接チャネル	0.5
	1W	-	同一チャネル	357.0
			隣接チャネル	1.1
			次隣接チャネル	0.3
大地反射 2 波モデル	5W	2000m	同一チャネル	162.0
			隣接チャネル	3.6
			次隣接チャネル	0.9
		1000m	同一チャネル	115.0
			隣接チャネル	4.4
			次隣接チャネル	0.6
		150m	同一チャネル	44.3
			隣接チャネル	2.3
			次隣接チャネル	0.9
	1W	2000m	同一チャネル	108.0
			隣接チャネル	1.3
			次隣接チャネル	0.4
		1000m	同一チャネル	76.4
			隣接チャネル	1.7
			次隣接チャネル	0.4
150m	同一チャネル	29.6		
	隣接チャネル	1.5		
	次隣接チャネル	0.3		

(7) 所要離隔距離 (受信方式 = ダイバーシチ (2 ブランチ)、環境条件 = Residential)

表 A5-7 所要離隔距離 (ダイバーシチ (2 ブランチ)、Residential)

電波伝搬モデル	空中線電力	標高差	干渉波種別	所要離隔距離 [km]
自由空間 伝搬損失	5W	-	同一チャンネル	450.0
			隣接チャンネル	1.3
			次隣接チャンネル	0.3
	1W	-	同一チャンネル	201.0
			隣接チャンネル	0.6
			次隣接チャンネル	0.2
大地反射 2 波モデル	5W	2000m	同一チャンネル	122.0
			隣接チャンネル	1.4
			次隣接チャンネル	0.6
		1000m	同一チャンネル	85.7
			隣接チャンネル	1.9
			次隣接チャンネル	0.5
		150m	同一チャンネル	33.2
			隣接チャンネル	1.7
			次隣接チャンネル	0.3
	1W	2000m	同一チャンネル	80.8
			隣接チャンネル	1.0
			次隣接チャンネル	0.3
		1000m	同一チャンネル	57.2
			隣接チャンネル	0.7
			次隣接チャンネル	0.3
150m	同一チャンネル	22.2		
	隣接チャンネル	1.1		
	次隣接チャンネル	0.3		

(8) 所要離隔距離 (受信方式 = ダイバーシチ (2 ブランチ)、環境条件 = City)

表 A5-8 所要離隔距離 (ダイバーシチ (2 ブランチ)、City)

電波伝搬モデル	空中線電力	標高差	干渉波種別	所要離隔距離 [km]
自由空間 伝搬損失	5W	-	同一チャネル	253.0
			隣接チャネル	0.8
			次隣接チャネル	0.2
	1W	-	同一チャネル	113.0
			隣接チャネル	0.4
			次隣接チャネル	0.1km 未満
大地反射 2 波モデル	5W	2000m	同一チャネル	90.7
			隣接チャネル	1.1
			次隣接チャネル	0.3
		1000m	同一チャネル	64.2
			隣接チャネル	1.5
			次隣接チャネル	0.3
		150m	同一チャネル	24.9
			隣接チャネル	1.3
			次隣接チャネル	0.3
	1W	2000m	同一チャネル	60.4
			隣接チャネル	0.7
			次隣接チャネル	0.2
		1000m	同一チャネル	42.9
			隣接チャネル	0.6
			次隣接チャネル	0.2
		150m	同一チャネル	16.7
			隣接チャネル	0.4
			次隣接チャネル	0.1km 未満



付属資料 6 所要離隔距離の試算結果（グラフ）

環境条件（Residential（居住地）及び City（都市部））における所要離隔距離の試算結果を以下に示す。

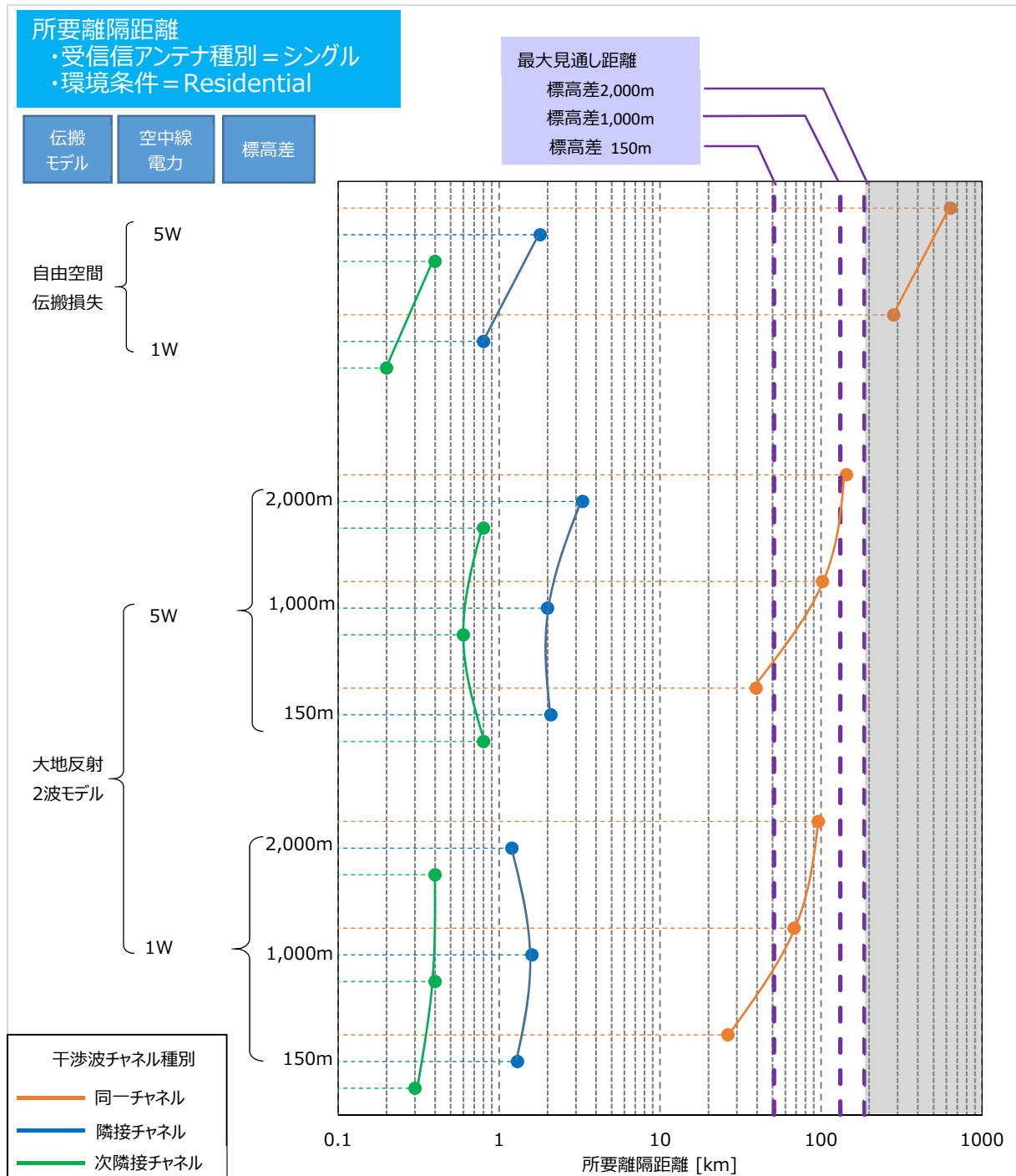


図 A6-1 所要離隔距離（シングル（非ダイバーシチ）、Residential）

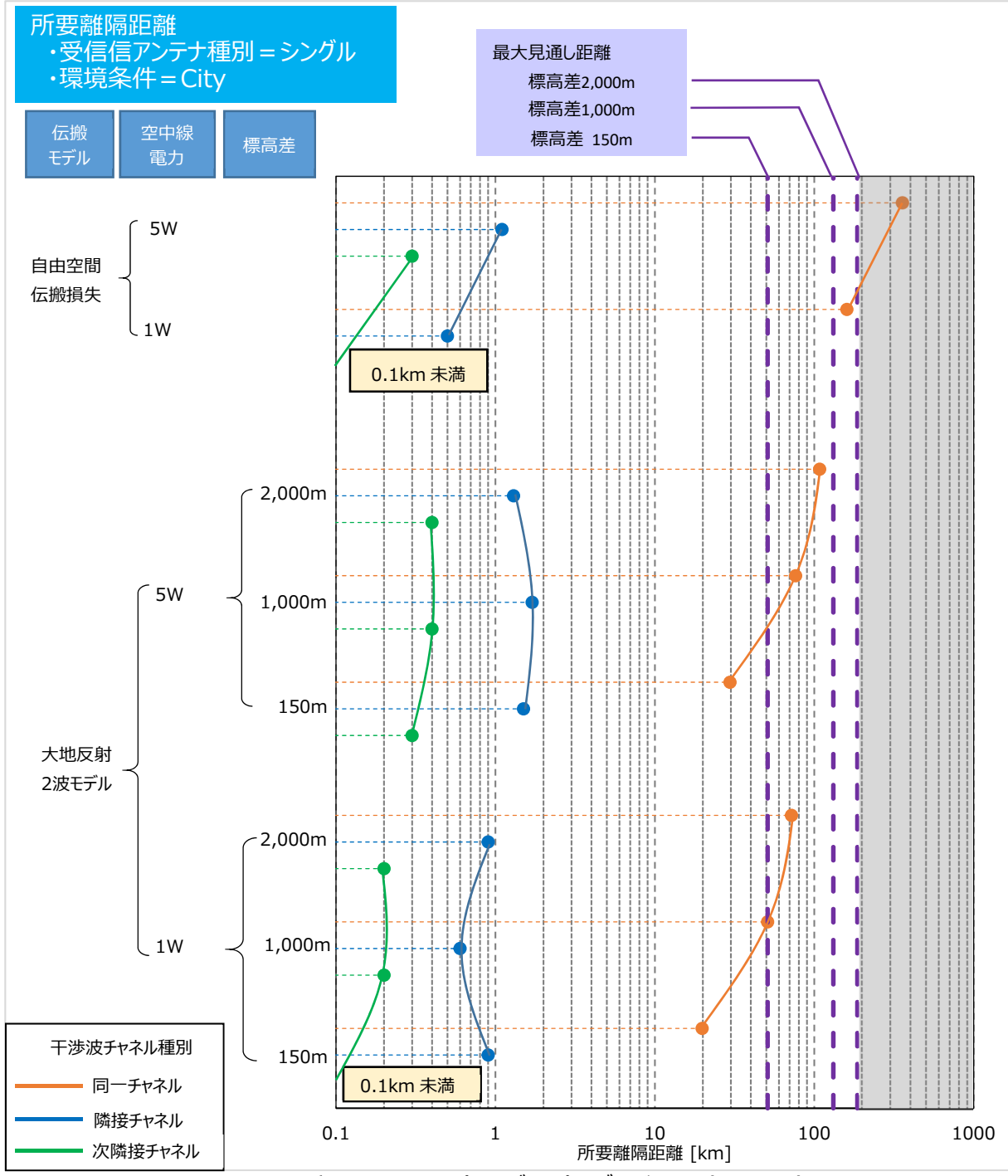


図 A6-2 所要離隔距離 (シングル (非ダイバーシチ) 、City)

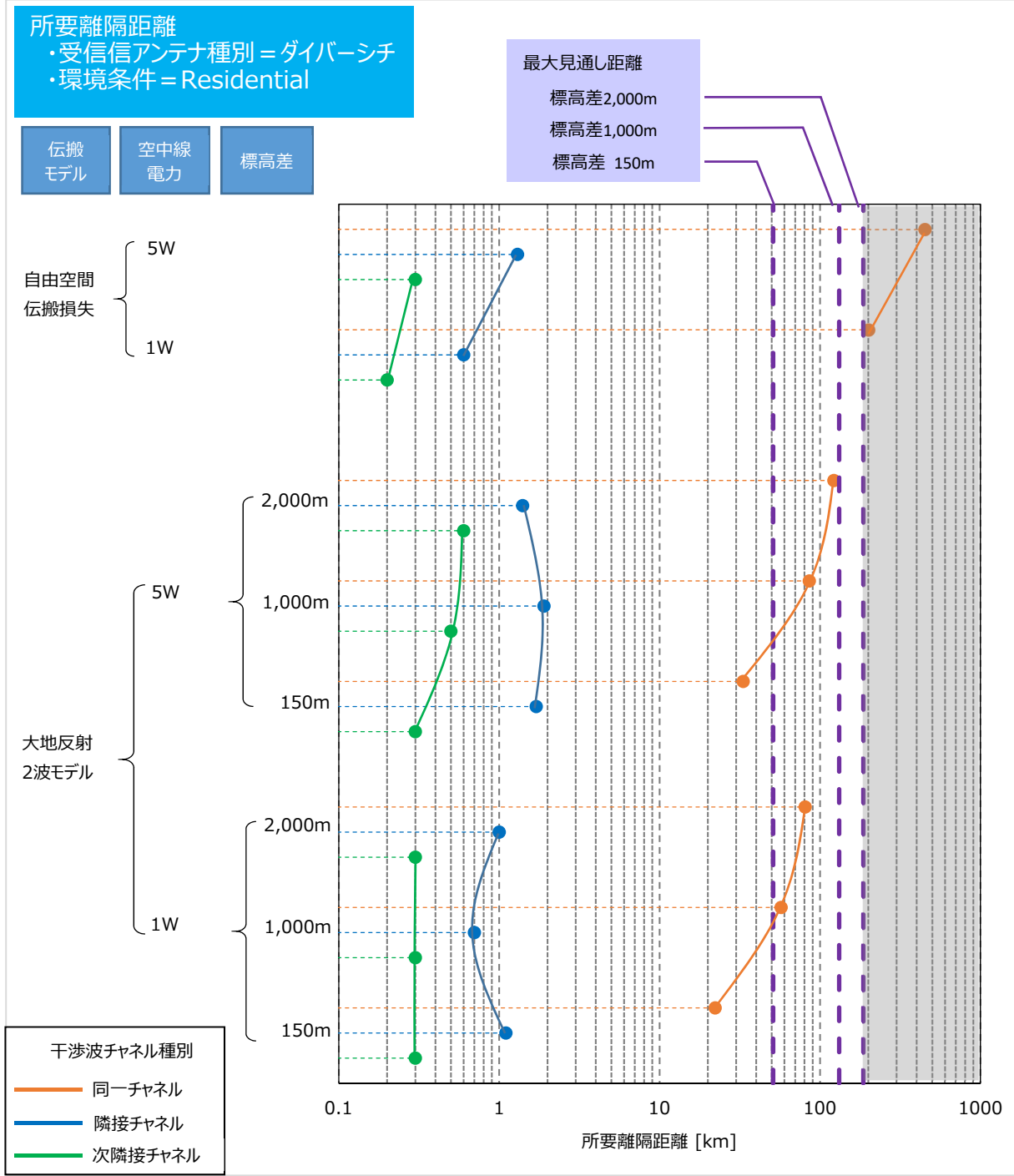


図 A6-3 所要離隔距離 (ダイバーシチ (2 ブランチ) 、Residential)

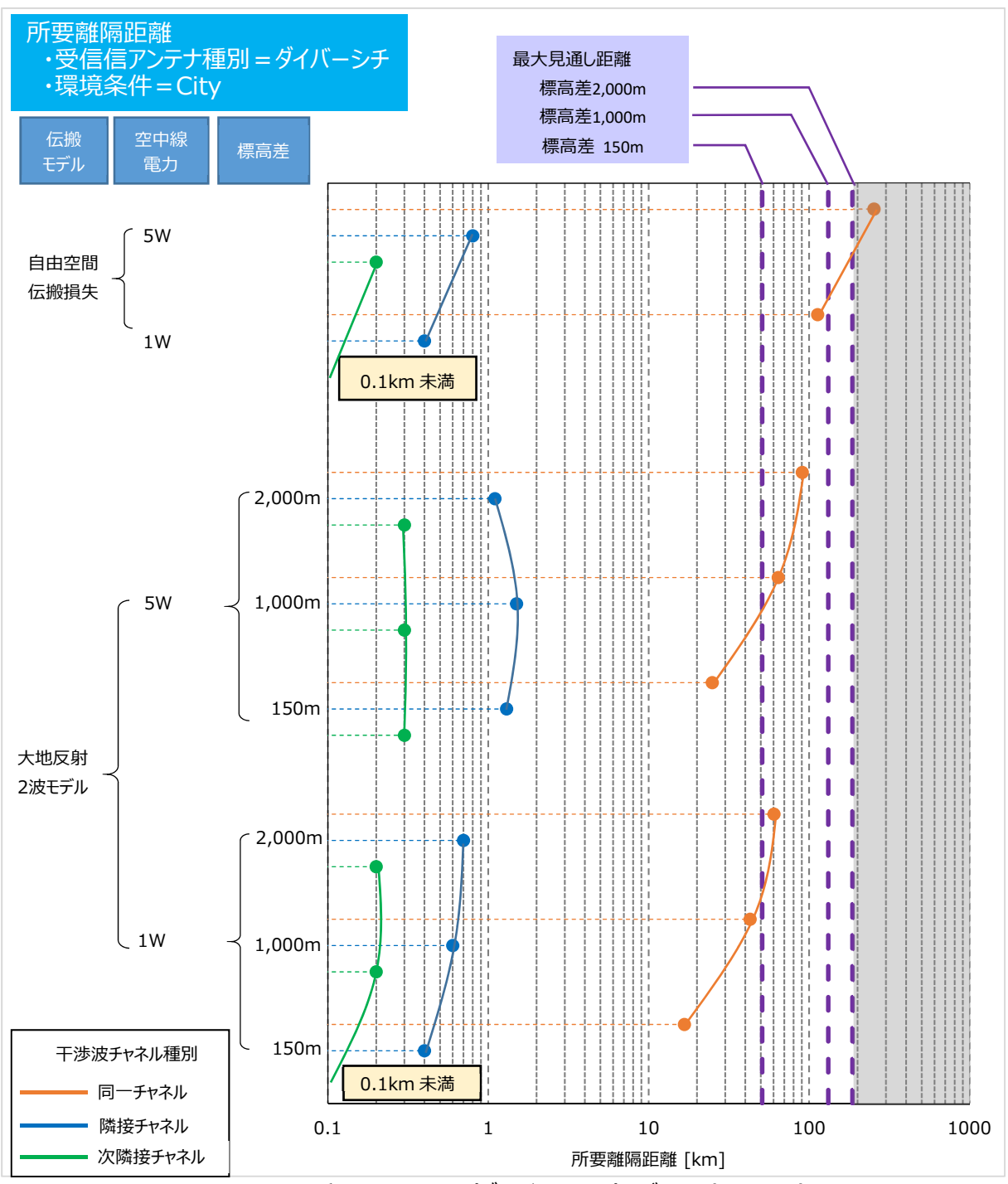


図 A6-4 所要離隔距離 (ダイバーシチ (2 ブランチ) 、City)

## 付属資料 7 多段中継方式の概要

公共 BB システムにおける無線多段中継方式は、民間標準規格<sup>[2]</sup>において規定されている B 方式(周波数分割制御方式)及び C 方式(セグメント分割制御方式)の概要を以下に示す。

### (1) 周波数分割制御方式

周波数分割制御方式 (B 方式) の概要について、図 A7-1 を用いて説明する。

図に示すとおり、B 方式は、1 つの無線チャンネルを周波数軸方向に無線キャリアを分割する方式である。例えば、図中の左側の対向無線局同士は下側無線キャリア 1 (f1-1) を使用し、図中の右側の対向無線局同士は上側無線キャリア 2 (F1-2) を使用して通信を行う。原理上、単一チャンネルでの多段中継段数は最大 2 までとなる。また、中継拠点における無線設備は、無線機及びアンテナが 2 式必要になる。

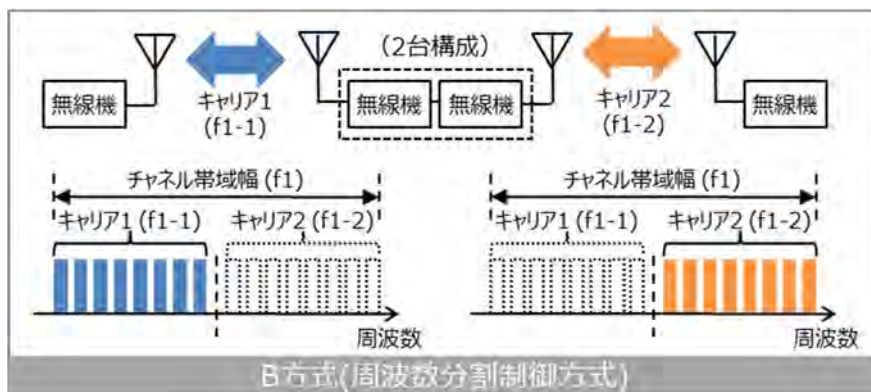


図 A7-1 無線多段中継方式 (B 方式：周波数分割制御方式)

### (2) セグメント分割制御方式

セグメント分割制御方式 (C 方式) の概要について、図 A7-2 を用いて説明する。

図に示すとおり、C 方式は、1 つの無線チャンネルを 3 つの無線キャリアにセグメント分割する方式である。例えば、図中の左側の対向無線局同士はセグメント 0 として分割された無線キャリアを使用し、図中の右側の対向無線局同士はセグメント 1 に分割された無線キャリアを使用して通信を行う。原理上、単一チャンネルでの多段中継段数は最大 3 までとなる。また、中継拠点における無線設備は、B 方式と同様、無線機及びアンテナが 2 式必要になる。



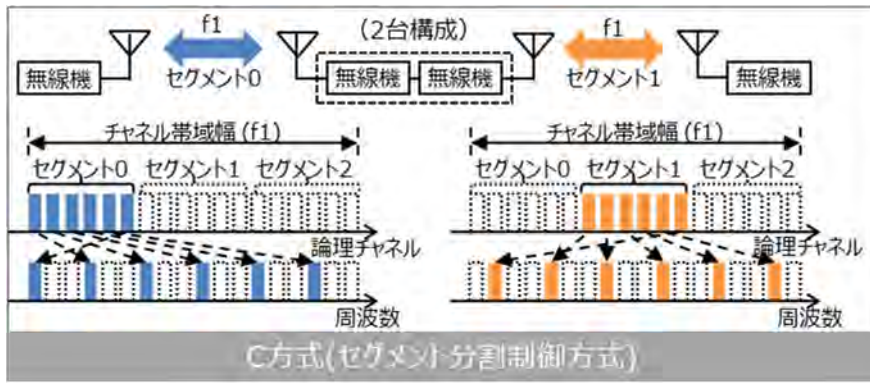


図 A7-2 無線多段中継方式 (C方式:セグメント分割制御方式)

付属資料 8 多段中継方式のメリット・デメリット（過去の情報通信審議会報告 抜粋）

過去の情報通信審議会の審議・報告<sup>[8]</sup>より抜粋した A～C 方式のメリット・デメリットの比較表を表 A8-1 に示す。

表 A8-1 に示すとおり、A 方式（蓄積型時分割制御方式）は、無線局配置制限等を考慮する必要がない等、運用の自由度が高い。

表 A8-1 多段中継利用のための回線の構成④（過去の情報通信審議会報告より抜粋）

	留意事項	A方式	B方式	C方式	補足
		蓄積型時分割制御方式	周波数チャンネル分割制御方式	セグメント分割制御方式	
1	タイミングオフセットの影響	○	○	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメント分割制御方式では中継区間距離の差により希望波と干渉波の伝搬遅延時間の差(タイミングオフセット)が発生し、シンボル間干渉が発生。このため、タイミングオフセットが CP 長(Cyclic Prefix : 遅延到来波を考慮したガードインターバル)を超えると BER が劣化</li> <li>・周波数分割制御方式では、使用する周波数が異なることから、中継区間距離差によるタイミングオフセットの影響は考慮不要</li> <li>・蓄積型時分割制御方式では、同時に送信を行わないため、中継区間距離差によるタイミングオフセットの影響は考慮不要</li> </ul>
2	周波数偏差(周波数オフセット)の影響	○	○	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>・セグメント分割制御方式では、周波数オフセットが増加するにつれて直交性が保てなくなり、BER 劣化する傾向</li> <li>・周波数チャンネル分割制御方式では、使用する周波数がことなることから、周波数オフセットの影響はない</li> <li>・蓄積型時分割制御方式では、同時に送信を行わないため、同一周波数を利用するものの周波数オフセットの影響はない</li> </ul>
3	周波数選択性フェージング耐性	○	△	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周波数チャンネル分割制御方式には、分割数が多くなると、占有周波数帯幅が狭くなることにより、チャンネル帯域内のサブキャリアに一定の間隔で挿入されたフェージング補償に用いる基準信号の全消失リスクが高まる。そのため、フェージング補償(誤り訂正、歪補償等)による品質改善効果が小さくなる</li> </ul>
4	中継可能位置	○	△	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周波数チャンネル分割制御方式における中継可能位置は、隣接チャンネル漏えい電力に起因する所要 D/U 比の関係から、中継地点に到達する信号の所要 CNR を満足する範囲となることから、送受信点と中継地点の距離差から生じる到達電力の差異に依存</li> </ul>
5	伝送遅延(1 段中継時)	△	○	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・蓄積型時分割制御方式では、送信タイミングになるまでの蓄積時間が送信機ごとに必要であることや、送信タイミングで中継を行う送信機が常に 1 つであることから送受信切替えのための時間が必要となるため、周波数チャンネル分割制御方式及びセグメント分割制御方式と比較して遅延が大きくなる。</li> </ul>

次に、伝送速度及び分割数に係る、過去の情報通信審議会報告<sup>[8]</sup>より抜粋した情報を表 A8-2 に、グラフを図 A8-1 及び図 A8-2 に示す。

表 A8-2 多段中継利用のための回線の構成③（過去の情報通信審議会報告より抜粋）

項番	報告内容（抜粋）
1	周波数チャンネル分割制御方式、セグメント分割制御方式及び蓄積型時分割制御方式のいずれも、分割数を大きくすると、中継段数を増やすことが可能となる一方で、伝送速度は低下する。
2	多段中継利用であっても要求条件である 500kbps 以上の伝送速度を確保するため、分割数には一定の上限を設ける必要がある。
3	500kbps 以上の伝送速度を確保できる分割数は以下のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 周波数チャンネル分割制御方式及びセグメント分割制御方式 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ QPSK の場合の最大は 3、64QAM の場合の最大は 9</li> </ul> </li> <li>➤ 蓄積型時分割制御方式 <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ QPSK の場合の最大は 5、64QAM の場合の最大は 16 (TDD 比率を非対称として上りを優先した場合)</li> </ul> </li> </ul>

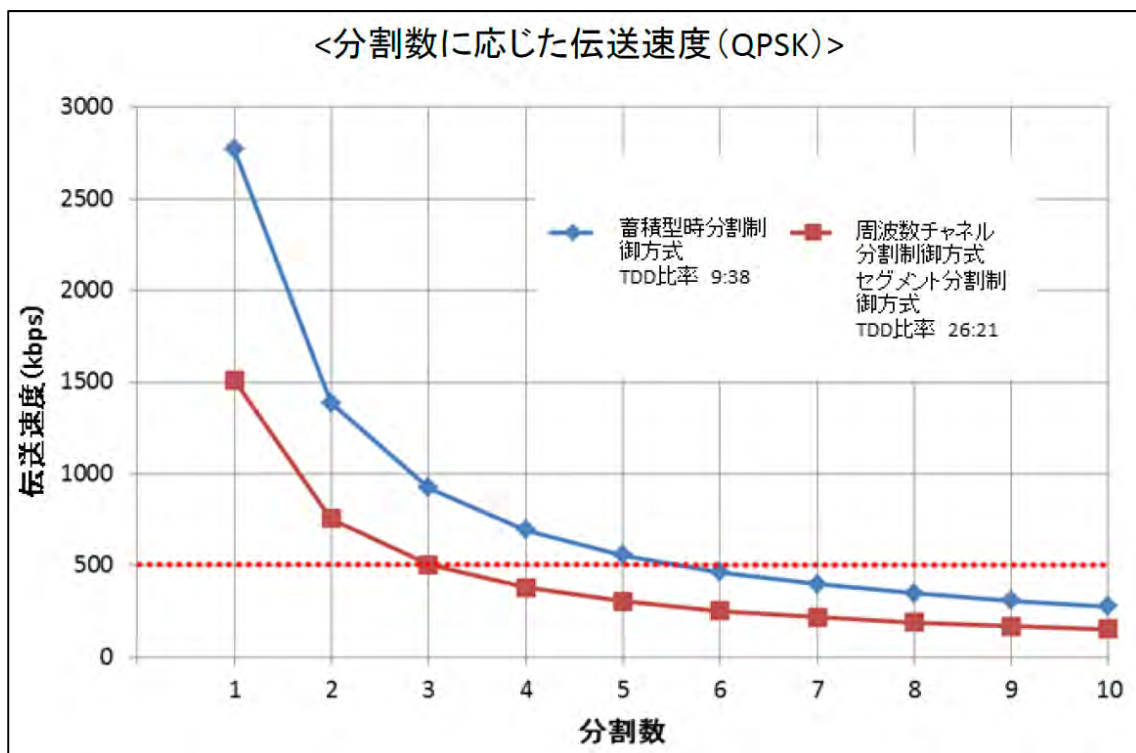


図 A8-1 分割数に応じた伝送速度 <QPSK>

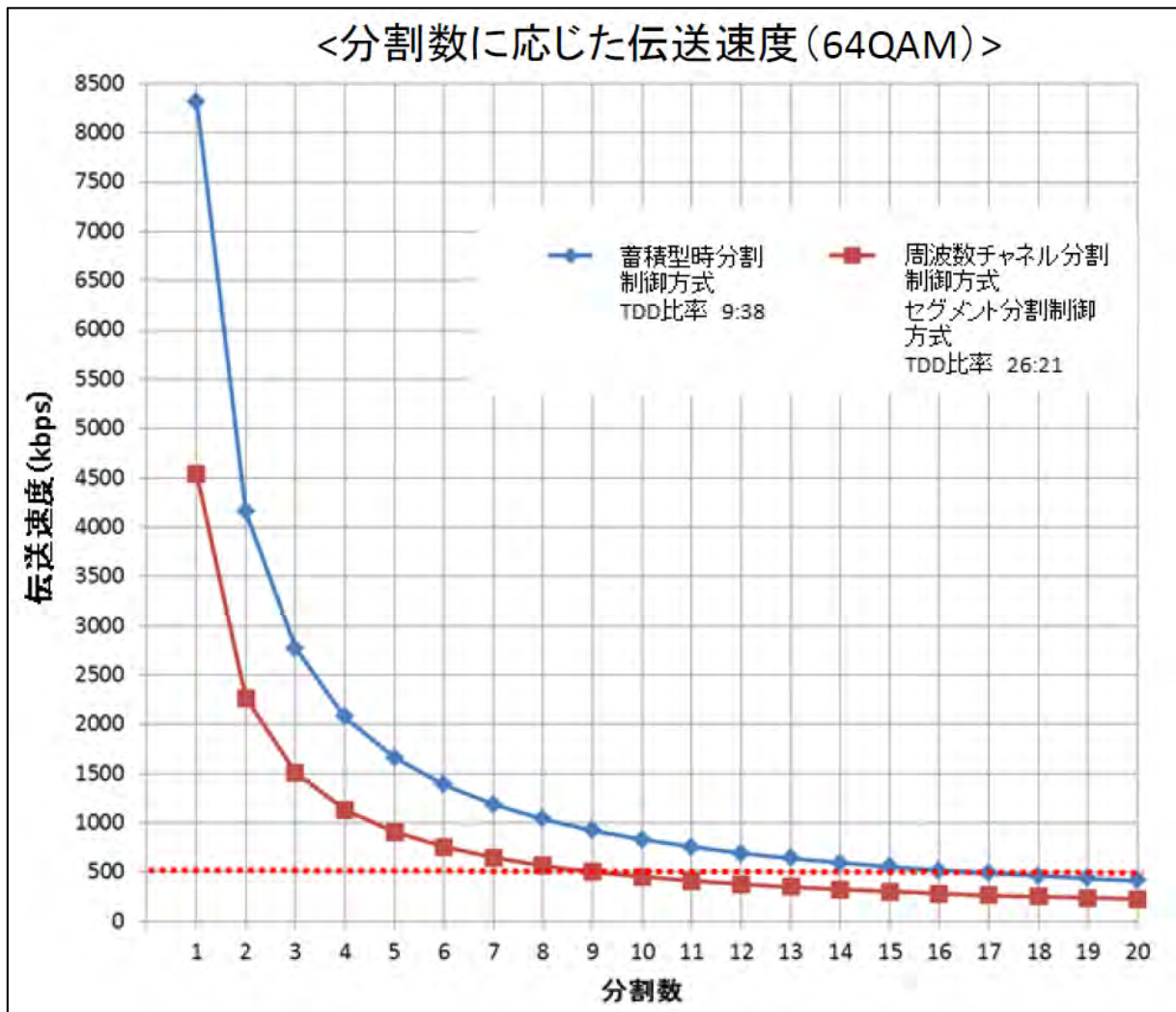


図 A8-2 分割数に応じた伝送速度<64QAM>

蓄積型時分割制御方式は、より多くの中継段数（分割数）設定が可能となっている。なお、「伝送速度 500kbps 以上」は、無線設備規則に規定されており、中継方式における分割数の規定においても適用されている。

付属資料 9 見通し図 (プロフィール)

屋外実証試験における電波伝搬特性試験の追加測定地点 1~4 の見通し図 (プロフィール) を図 A9-1 から図 A9-4 示す。(等価地球半径係数  $K = 4/3$  を使用)

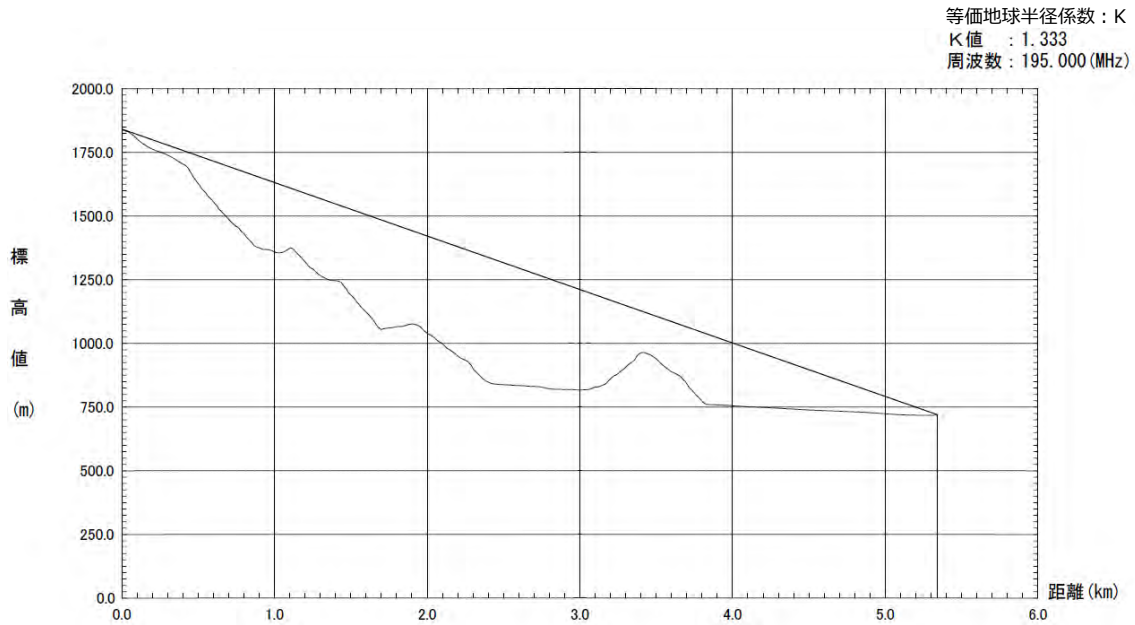


図 A9-1 電波伝搬特性試験 見通し図 (八方池山荘 - 追加測定地点 1)

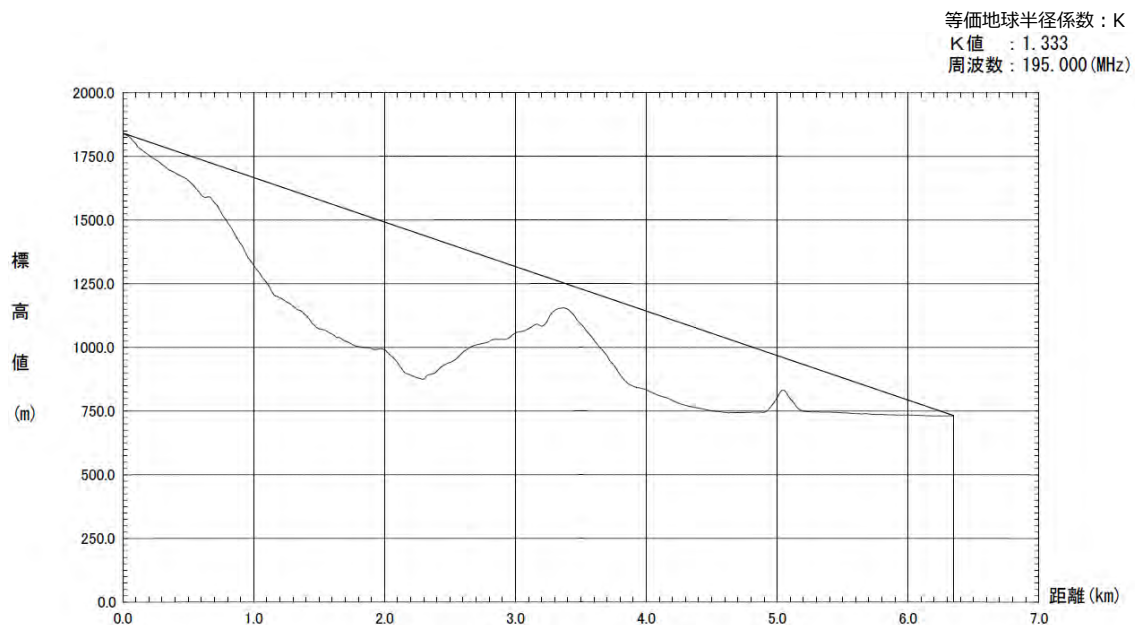


図 A9-2 電波伝搬特性試験 見通し図 (八方池山荘 - 追加測定地点 2)

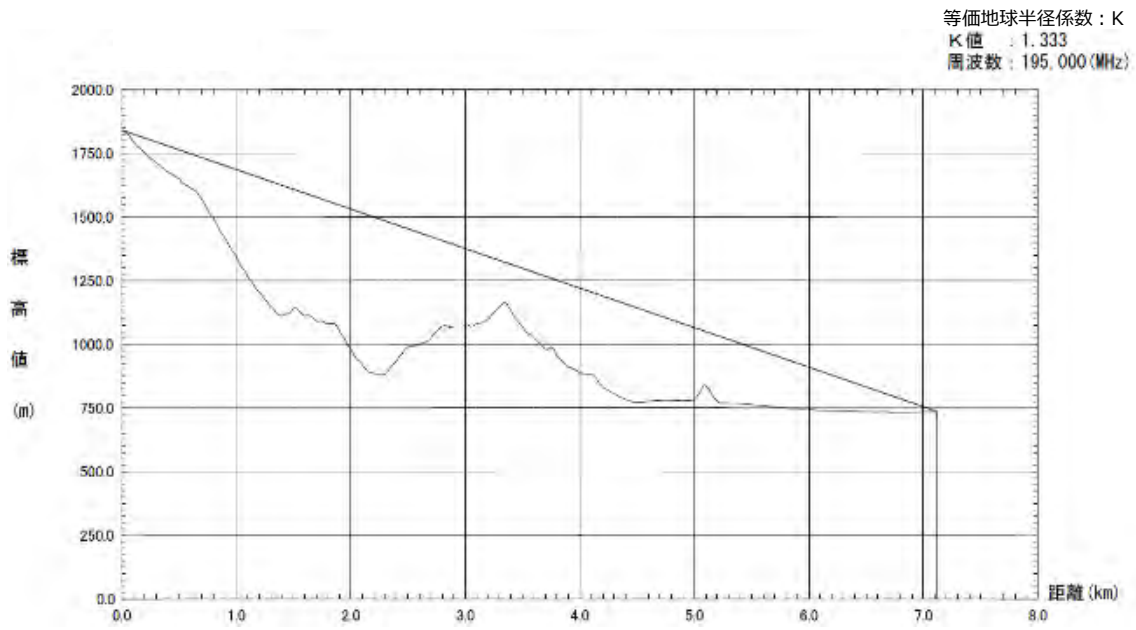


図 A9-3 電波伝搬特性試験 見通し図 (八方池山荘 - 追加測定地点 3)

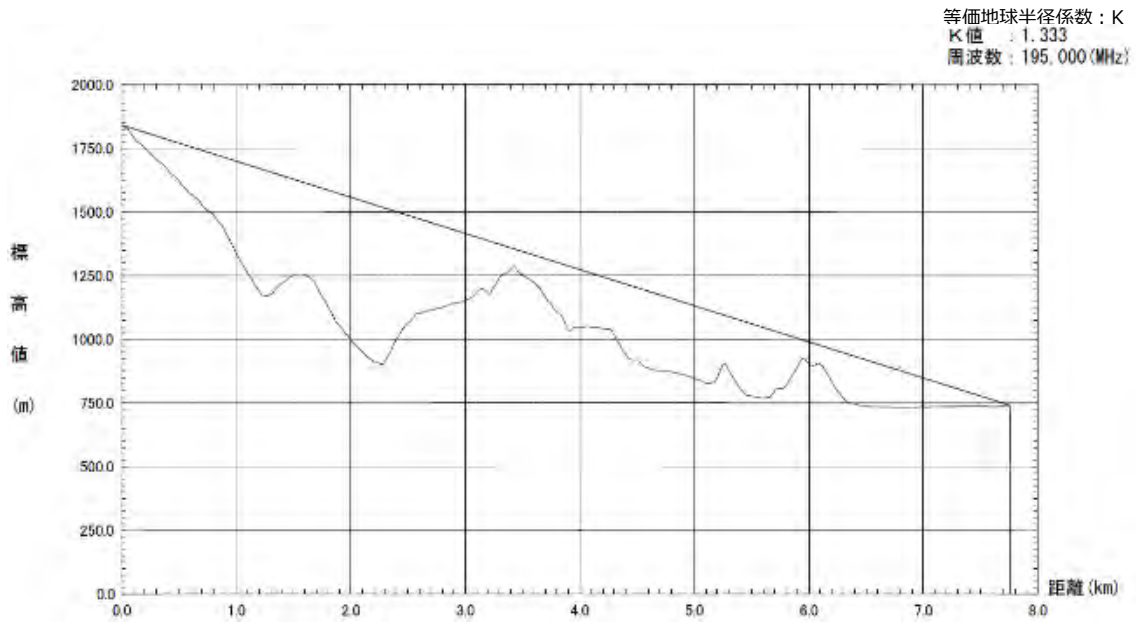


図 A9-4 電波伝搬特性試験 見通し図 (八方池山荘 - 追加測定地点 4)



付属資料 10 アンテナ指向性特性の影響について

本調査検討におけるアンテナは、地上－上空間の通信を想定し、上空側の無線局の位置が時間によって変化することを考慮し、無指向性アンテナでの検討を進めてきた。一般的な無指向性アンテナは水平方向に対しては、指向性特性は均一であるが、垂直方向には均一ではないアンテナ特性を持つ。

次に、地上－上空（山岳高所）間における仰角、俯角の関係を図 A10-1 に示す。図から、仰角 ( $\theta_1$ ) と俯角 ( $\theta_2$ ) は錯角の関係にあるため、地上間距離が変わっても、仰角 ( $\theta_1$ ) = 俯角 ( $\theta_2$ ) になることを表している。

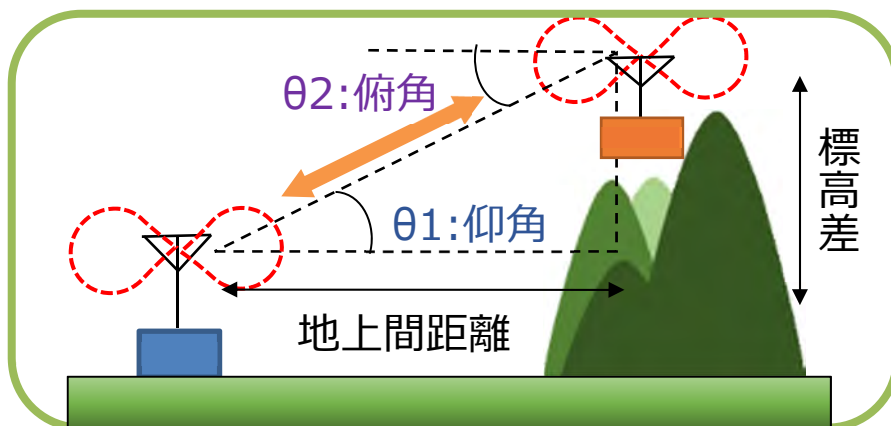


図 A10-1 アンテナの仰角、俯角の関係（概念図）

次に、一般的な無指向性アンテナにおける、仰角及び俯角方向のアンテナ指向性パターンを図 A10-2 に示す。図に示すアンテナの垂直面に対する指向性特性について、以下の 4 つの角度に対する特性 ( $0^\circ \rightarrow 90^\circ$ )、( $0^\circ \rightarrow -90^\circ$ )、( $\pm 180^\circ \rightarrow 90^\circ$ )、( $\pm 180^\circ \rightarrow -90^\circ$ ) は同一である。

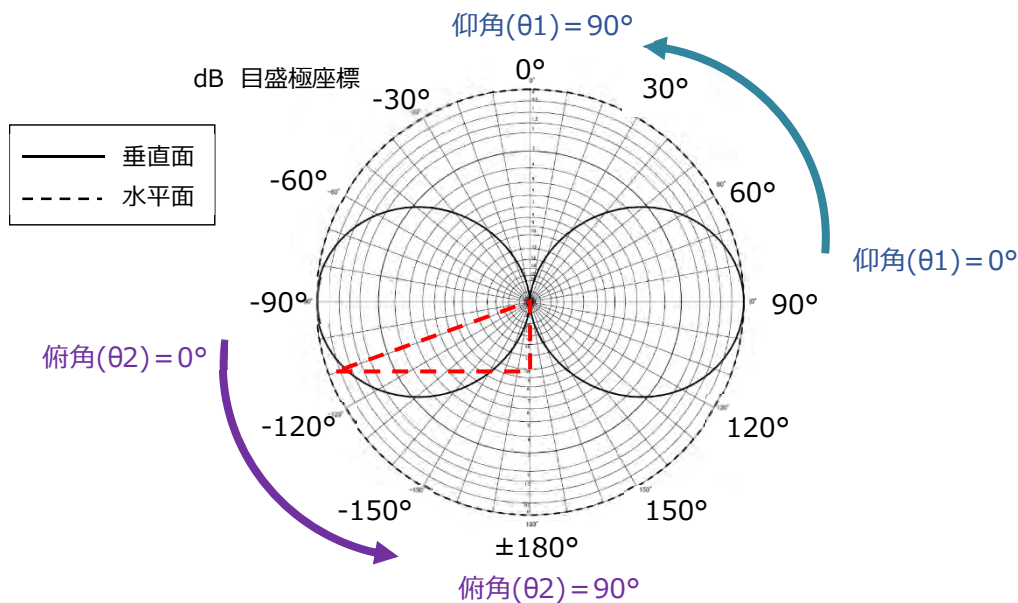


図 A10-2 一般的な無指向性アンテナの指向性パターン

次に、地上間距離に対する俯角( $\theta_2$ )の関係について図 A10-3 に示す。(上空利用の標高差 = 1,000m の場合で計算)

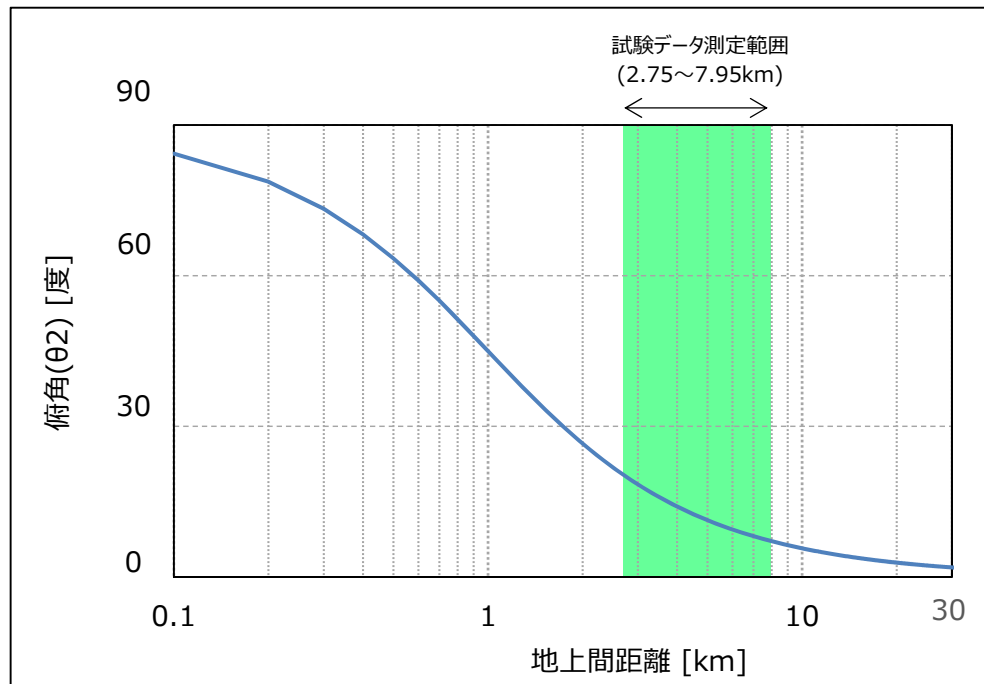


図 A10-3 地上間距離に対する俯角( $\theta_2$ )の関係

次に、地上間距離に対する俯角( $\theta_2$ )側のアンテナ特性の関係について図 A10-4 に示す。(上空利用の標高差 = 1,000m の場合で計算)

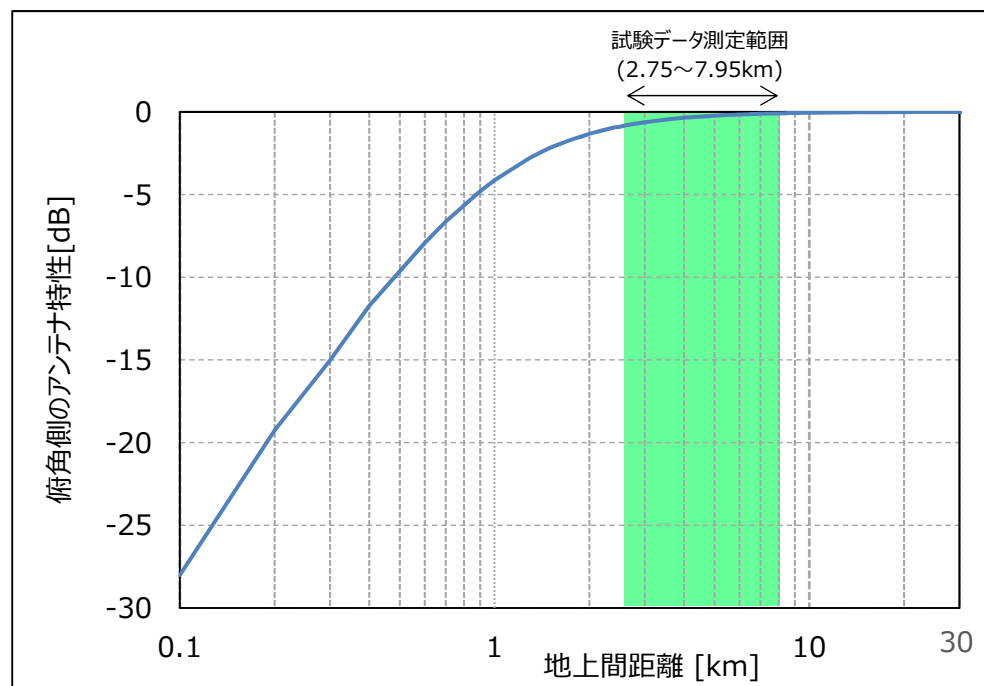


図 A10-4 地上間距離に対する俯角側だけのアンテナ特性の関係

次に、地上間距離に対する俯角( $\theta_2$ )及び仰角( $\theta_1$ )のアンテナ特性の合計値の関係について図 A10-5 に示す。(上空利用の標高差 = 1,000m の場合で計算)

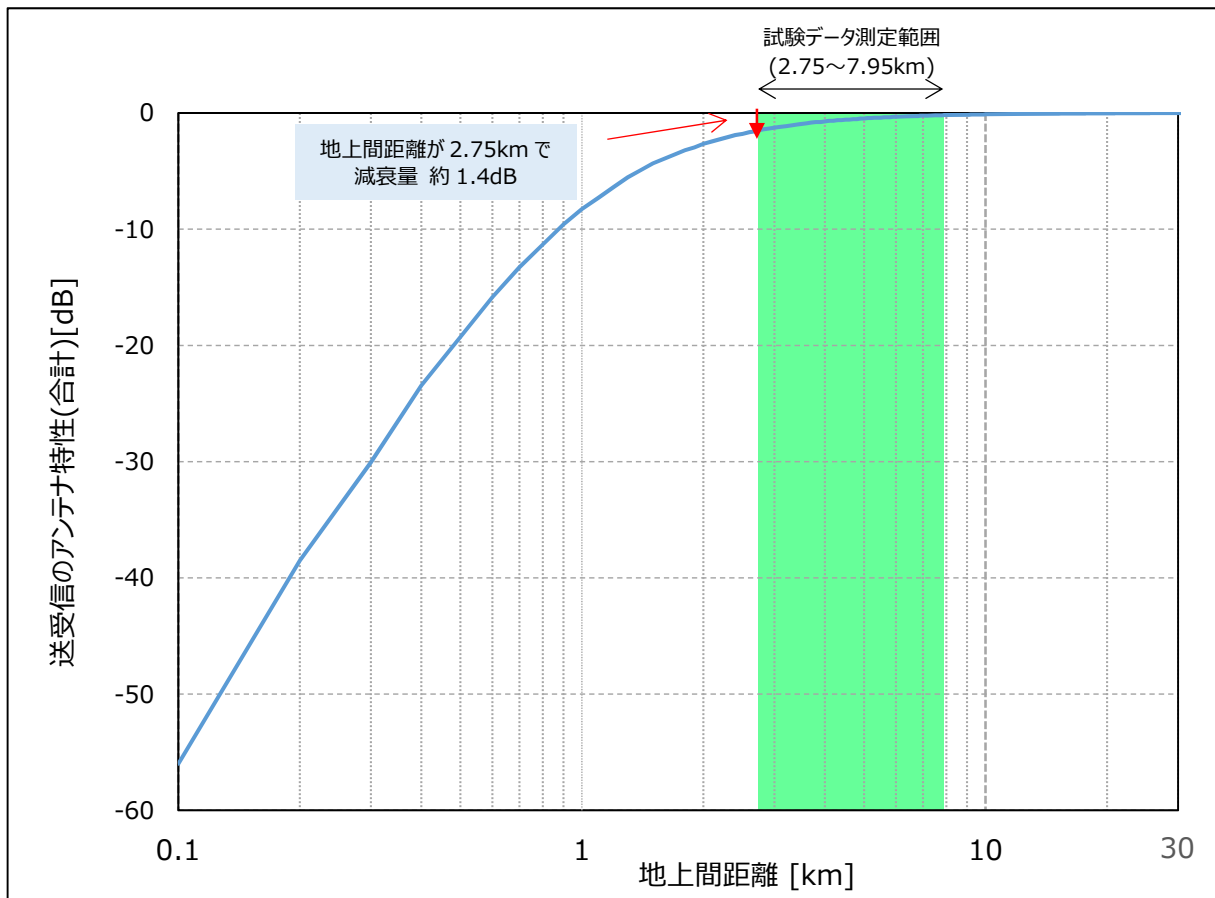


図 A10-5 地上間距離に対するアンテナ利得特性(送受信側の合計)

地上間距離とアンテナ利得特性の関係について以下にまとめる。

- 今回の屋外実証試験の測定データには、ほぼ影響なし  
(一番影響の大きい地点 (2.75km) で、約 1.4dB)
- 標高差が同じ場合、地上間距離が近いほど、減衰量が大きくなる傾向がある。

上記まとめより、地上間距離を近づけすぎることによって所要受信電力が得られなくなるケースや、干渉局が被干渉局へ近づきすぎることによって、被干渉局への干渉の影響が小さくなるケースが存在することが考えられる。

付属資料 11 電波伝搬特性試験におけるハイトパターン測定結果

前記「2.5.2 電波伝搬特性試験」の試験場所（サンサンパーク白馬及び Hakuba47）にて測定したハイトパターンの結果を図 A11-1 及び図 A11-2 に示す。

地上側受信アンテナ高の高低差を両地点で同条件（約 7.5m）とし、受信電力を測定した結果、サンサンパーク白馬では変動が約 7dB、Hakuba47 では変動が約 4dB という結果にあった。なお、各測定点における受信アンテナ高（2m）の場合の受信電力測定結果とも整合性が認められる。

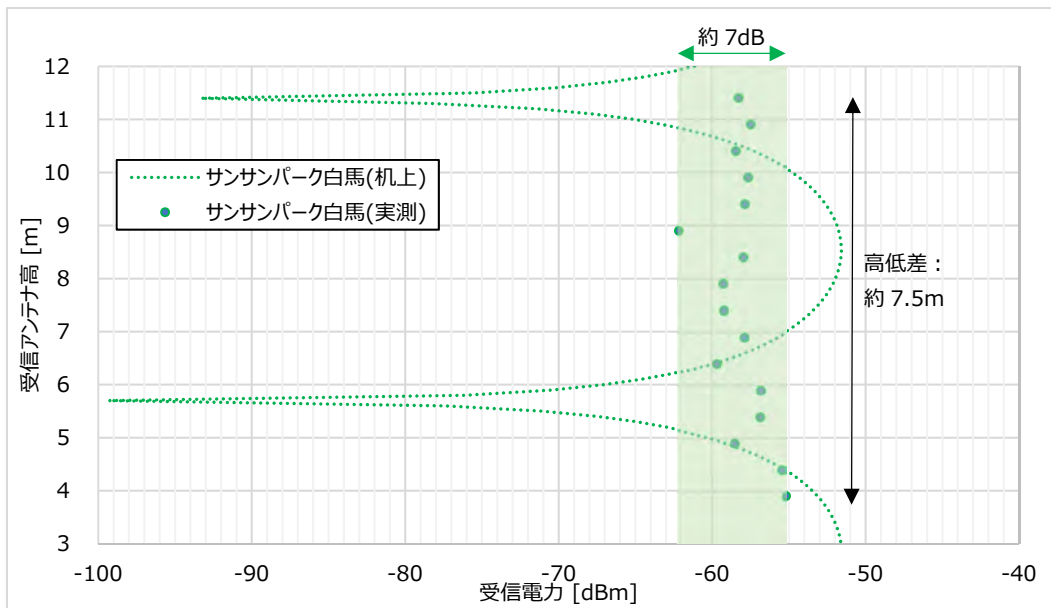


図 A11-1 ハイトパターン測定結果（サンサンパーク白馬）

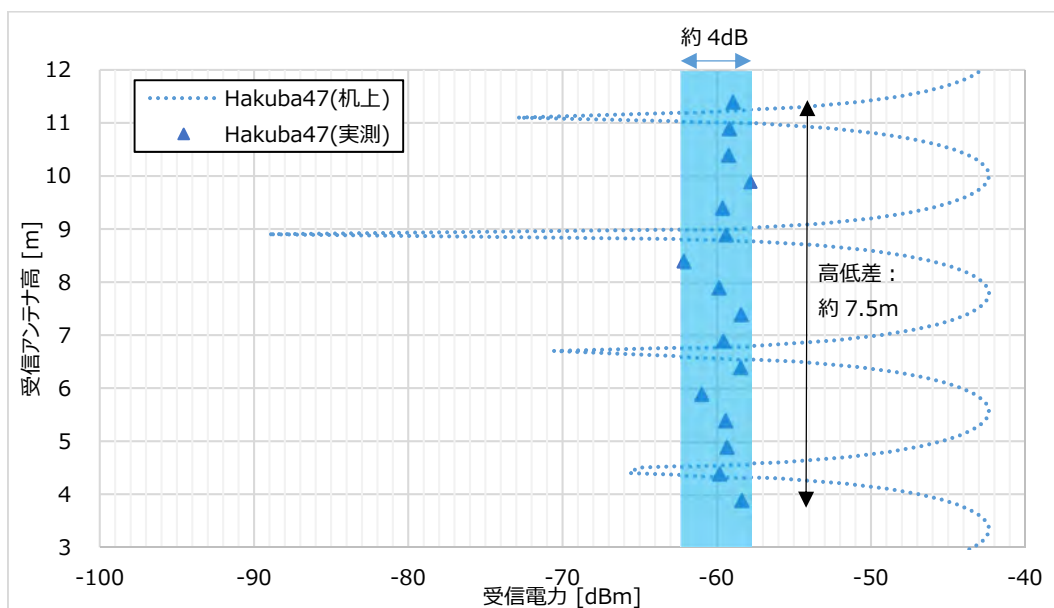


図 A11-2 ハイトパターン測定結果（Hakuba47）

付属資料 12 公開実証試験（見学会）について

映像伝送試験「多段中継利用」は公開にて実施した。公開実証試験の日時、場所について表 A12-1 に示す。

表 A12-1 公開実証試験の日時及び場所

実施日時	令和元年 10 月 9 日（水） 11:30～15:00		
概要	1	ドローン（無人無線中継装置）上昇場所見学	
		時間	11:40～12:00（集合時間 11:30）
		場所	エイブル白馬五竜スキー場 エスカルプラザ第 3 駐車場 長野県白馬村神城 22184-10
	2	無人無線中継装置による画像伝送試験	
		時間	13:30～15:00（集合時間 13:20）
		場所	白馬村役場 302 会議室 長野県白馬村大字北城 7025

付属資料 13 公共 BB 試験装置のドローンへの実装状況及び飛行事例



図 A13-1 ドローンに搭載する公共 BB 試験装置及び無線設備

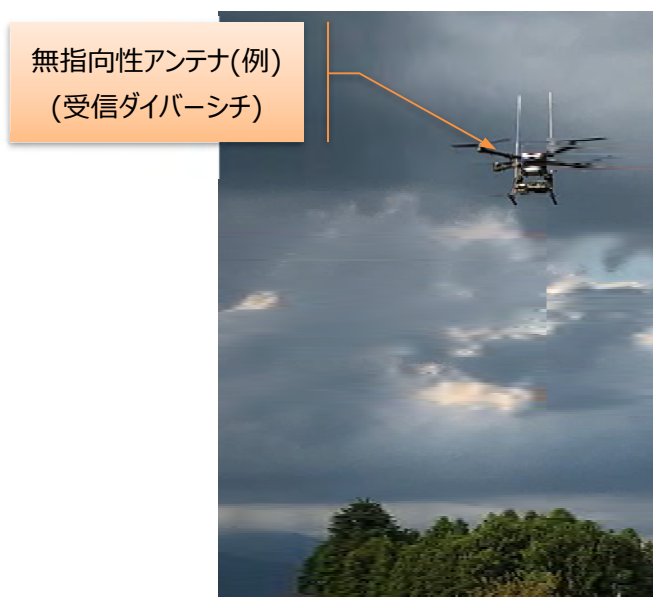


図 A13-2 公共 BB 試験装置 (1W 機) の外観





## 参考文献

- [1] 一般社団法人電波産業会 標準規格 (ARIB STD-T103)  
200MHz 帯 広帯域移動無線通信用無線設備 (可搬型)  
200 MHz-Band Broadband Wireless Communication Systems between  
Portable BS and MSs
- [2] 一般社団法人電波産業会 標準規格 (ARIB STD-T119)  
200MHz 帯 広帯域移動無線中継通信用無線設備 (可搬型)  
200 MHz-Band Broadband Wireless Relay Communication Systems between  
Portable BS and MSs
- [3] 高田潤一, “電波伝搬の基礎理論”, MWE 2005 Workshop Digest, 2005. 11.  
<https://www.apmc-mwe.org/mwe2005/src/TL/TL05-01.pdf>
- [4] 平成 29 年 3 月、情報通信審議会報告、山岳・雪崩等遭難者電波探索システムのための周波数有効利用技術に関する調査検討
- [5] 平成 29 年 5 月、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  
「公共ブロードバンド移動通信システムの高度化に関する技術的条件」
- [6] 平成 30 年 3 月、V H F 帯放送番組中継回線の利用促進のための周波数有効利用技術に関する調査検討報告、信越総合通信局
- [7] 平成 19 年 8 月、ITU-R 勧告 P372-9  
RECOMMENDATION ITU-R P.372-9 Radio noise  
URL : <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.372-9-200708-S/en>
- [8] 平成 29 年 5 月 19 日、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、  
「公共ブロードバンド移動通信システムの高度化に関する技術的条件」  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000486238.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000486238.pdf)
- [9] 平成 22 年 3 月 19 日、情報通信審議会 情報通信技術分科会 (第 72 回)、資料 72  
- 1 - 2 公共無線システム委員会報告 (公共無線システム委員会技術的条件作業班)  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000060842.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000060842.pdf)
- [10] 平成 27 年 7 月 17 日、情報通信審議会 情報通信技術分科会 (第 111 回)、資料  
111 - 3 - 2 放送システム委員会報告 (STL/TTL 作業班、同作業班アドホックグループ)  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000371886.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000371886.pdf)
- [11] 平成 28 年 3 月 22 日、情報通信審議会 情報通信技術分科会 (第 116 回)、資料  
116 - 1 - 2 陸上無線通信委員会報告  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000411570.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000411570.pdf)

- [12] 平成 31 年 4 月 16 日、長距離化公共ブロードバンド移動通信システムによる単区間 100km 超映像伝送に成功  
– 100km 超、双方向、映像伝送可能な IoT 用無線通信システムを開発、実証 –  
[http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research\\_results/2019/190416\\_2](http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2019/190416_2)  
<https://www.hitachi-kokusai.co.jp/news/2019/news190415.html>
- [13] 国土交通省 HP、無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール  
[https://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)
- [14] 国土交通省 HP、航空機及び装備品に対する証明精度  
[https://www.mlit.go.jp/koku/15\\_bf\\_000070.html](https://www.mlit.go.jp/koku/15_bf_000070.html)
- [15] 平成 21 年 3 月、山間部における広域センサーネットワークの構築に関する調査検討会 報告、東北総合通信局  
[https://www.soumu.go.jp/soutsu/tohoku/houkoku/H21/sensor\\_net/pdf/sensor\\_net.pdf](https://www.soumu.go.jp/soutsu/tohoku/houkoku/H21/sensor_net/pdf/sensor_net.pdf)
- [16] 電波法関係審査基準、第 3 陸上移動業務の局、14 の表 2、外来雑音電力
- [17] 平成 16 月 3 月、VHF 帯等を利用したデジタル無線設備における技術基準等に関する調査検討報告、電波産業会、p.15 2.3.4 外来雑音電力（都市雑音電力）

## 略語集

略語	詳細	説明
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses	一般社団法人電波産業会 標準規格(STD)、技術資料(TR)を発行
公共 BB システム	Public Broad Band System	200MHz 帯広帯域移動通信システム (公共ブロードバンドシステム)
BER	Bit Error Rate	ビットエラーレート (ビット誤り率)
C/I	Carrier-Interference Ratio	搬送波対干渉波比
CNR	Carrier - Noise Ratio	搬送波対雑音比
CP	Cyclic Prefix	サイクリック・プレフィックス (巡回プレフィックス)
CP 長	Cyclic Prefix Length	マルチパスフェージングの影響を避けるため、遅延波の遅延時間を考慮したガードインターバルの長さ
D	Desired Signal	希望波
D/U	Desired Signal - Undesired Signal Ratio	希望波対干渉波比
DL	Down Link	下り回線
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
ITU-R	International Telecommunication Union Radio communication Sector	国際電気通信連合 無線通信部門
MS	Mobile Station	移動局装置
NF	Noise Figure	雑音指数
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	直交周波数分割多重
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access	直交周波数分割多重接続
P-P	Point to Point	1 対向通信
PBS	Portable Base Station	可搬型基地局装置
PN	Pseudo random Noise	擬似ランダム雑音

QAM	Quadrature Amplitude Modulation	直交振幅変調
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	4 相位相変調
RBW	Resolution Band Width	分解能帯域幅
RX	Receiver	受信部（受信器）
STL	Studio to Transmitter Link	放送局のスタジオと送信所などを結び放送番組を伝送する無線伝送路
SWT	SWEEP Time	掃引時間
TEC-FORCE	Technical Emergency Control FORCE	緊急災害派遣隊
TDD	Time Division Duplex	時分割複信
TTL	Transmitter to Transmitter Link	送信所と送信所を結び放送番組を伝送する無線伝送路
TX	Transmitter	送信部（送信機）
U	Undesired Signal	干渉波
UL	Up Link	上り回線
VHF	Very High Frequency	超短波（30-300MHz 帯の電波）