

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
400MHz帯災害対策用可搬型無線システム作業班
報告書(案)

平成27年10月

目次

I.	検討事項	2
II.	委員会及び作業班の構成	2
III.	検討経過	2
IV.	検討概要	4
	第1章 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの概要	4
	1.1 検討の背景	4
	1.2 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの現状	7
	1.3 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの新たな方式	11
	1.4 災害時等に備えた活用ニーズ	18
	第2章 周波数の共用検討	20
	2.1 共用検討の条件	20
	2.2 電気通信業務用システムと公共業務用システムの相互間の共用検討	22
	2.3 低群下側隣接帯域との共用	24
	2.4 低群上側隣接帯域との共用	25
	2.5 高群下側隣接帯域との共用	28
	2.6 高群上側隣接帯域との共用	28
	2.7 共用検討結果	28
	2.8 周波数配置の検討	29
	第3章 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの技術的条件	33
	3.1 一般的条件	33
	3.2 無線設備の技術的条件	35
	3.3 電波防護指針	38
	3.4 測定法	39
	参考資料 1 医療用テレメータの無線スペック	45
	参考資料 2 モンテカルロ法による干渉発生確率の計算	46
	参考資料 3 電波の強度の算出例	47
	参考資料 4 電気通信業務用装置実証試験	48
	参考資料 5 公共業務用装置実証試験	52
	参考資料 6 防災・災害対策用無線システム	55

I. 検討事項

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(以下「委員会」という。)は、情報通信審議会諮問第 2033 号「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件」のうち「6.5/7.5GHz 帯等可搬型システムの導入」のうち「400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの高度化等に係る技術的条件」について検討を行った。

II. 委員会及び作業班の構成

委員会の構成は別表 1 のとおりである。

検討の効率化を図るため、委員会の下に「400MHz 帯災害対策用可搬型無線システム作業班」(以下「作業班」という。)を設置し、400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの高度化等に係る技術的条件に関する調査を行った。

作業班の構成は別表 2 のとおりである。

III. 検討経過

1 委員会

① 第 23 回(平成 27 年 6 月 11 日)

「400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの高度化等に係る技術的条件」に関し、委員会の運営方針について検討を行ったほか、検討の促進を図るため、作業班を設置することとした。また、400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムに関し広く提案を募集することとし、その説明が行われた。

② 第 25 回(平成 27 年 11 月 19 日)

「400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの高度化等に係る技術的条件」の検討及び意見募集を行う委員会報告書の取りまとめが行われた。(予定)

2 作業班

① 第 1 回(平成 27 年 6 月 22 日)

作業班の運営方針、400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの概要について説明が行われ、検討に着手した。

② 第 2 回(平成 27 年 9 月 1 日)

400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの高度化に係る周波数共用条件及び技術的条件について検討した。

③ 第3回(平成27年10月22日)

技術的条件を含め、作業班報告書について取りまとめた。

IV. 検討概要

第1章 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの概要

1.1 検討の背景

東日本大震災以降、地震をはじめ台風や大雨など甚大な災害が発生しており、災害対策は非常に重要性を増している。通信における対策では、表 1-1 に示すように通信事業者や自治体において従来から地上系無線(図 1-1, 図 1-3, 図 1-4)や衛星通信(図 1-2)等の各種無線システムが適材適所で配備されている。

現行(アナログ方式)の電気通信業務用の 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムは、図 1-1 に示すように災害時等の特設公衆電話で有効に活用されている。一方で近年アナログシステムからデジタルシステムへの移行が様々な無線システムにおいて実施されており(図 1-3, 図 1-4)、400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムにおいても同様にデジタル化への移行が急務となっている。

表 1-1 防災・災害対策用無線システムの現状

	電気通信業務用			公共業務用		
	臨時/災害対策用無線システム	400MHz 帯 災害対策用 可搬型 無線システム ①	災害対策用 衛星通信 システム ②	60MHz 帯 デジタル同報系 防災行政無線 システム ③	260MHz 帯 デジタル 防災行政 無線システム ④	公共 ブロードバンド 移動通信 システム ⑤
方式	アナログ	アナログ	デジタル	デジタル	デジタル	デジタル
周波数帯	60MHz 帯	400MHz 帯	Ku 帯	60MHz 帯	260MHz 帯	170~202.5MHz
伝送速度	~3 回線	~24 回線	~8 回線	~45kbps	32kbps	~7Mbps
伝送距離	~50km 程度	~数十 km 程度	衛星通信 可能範囲	~10km 程度	~10km 程度	~20km 程度
用途	音声通話 (特設公衆電話・ 臨時/山間部電話)	音声通話 (特設公衆電話)	音声通話 IP 通信	音声通話 音声同報 FAX 画像(静止画)	音声通話 FAX 画像(静止画)	音声通話 動画 IP 通信

デジタル化により 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムを高度化することで、従来の音声通話だけではなく、被災地域におけるデータ通信や災害現場における画像伝送など、幅広く活用できるように周波数を有効利用していくことが求められている。このような高度化を実現するために、新たなデジタル方式の災害対策用可搬型無線システムが利用可能となるよう、更なる周波数有効利用に向けた技術的条件の策定が必要になっている。

今般、当該システムの高度化検討に合わせ、本周波数帯域において更なる周波数有効利用を図るため、同周波数帯域における公共業務用システムの新たな導入も含めて、新たな 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムが利用可能となるように当該技術的条件について検討を行うものである。

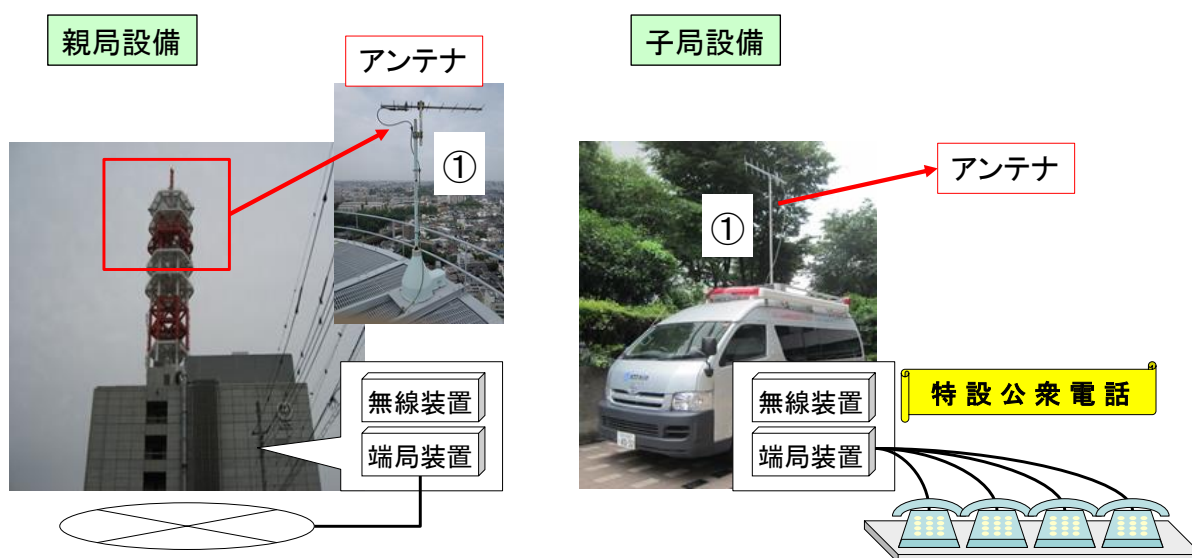


図 1-1 現行の 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システム①の例

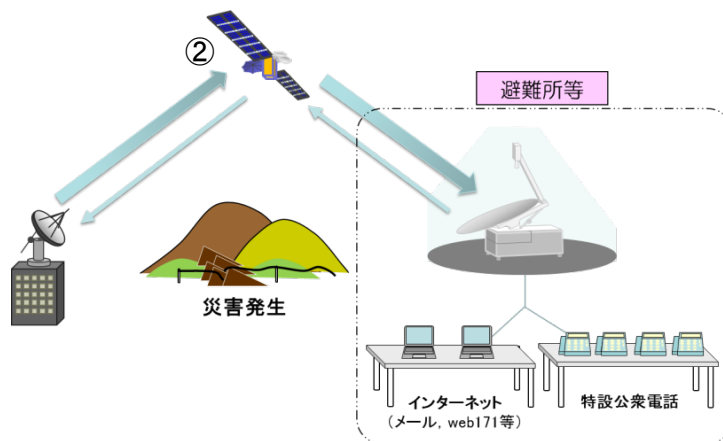


図 1-2 衛星通信システム②の例

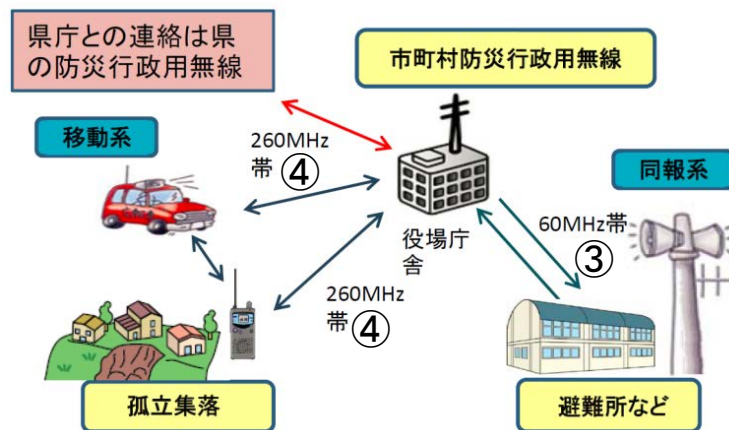


図 1-3 防災行政無線システム③④の例



図 1-4 公共ブロードバンド移動通信システム⑤の例

1.2 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの現状

1.2.1 電気通信業務用システムの現状

電気通信業務用の 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムは、日本電信電話公社(現在の日本電信電話株式会社、NTT)により昭和 43 年(1968 年)にアナログ 400MHz 帯無線機 1 号が山間僻地、離島向け固定無線機として実用化され、昭和 55 年(1980 年)に小型軽量化したアナログ 400MHz 帯無線機 2 号が現在の東日本電信電話株式会社(以下 NTT 東日本)及び西日本電信電話株式会社(以下 NTT 西日本)において可搬型無線機として災害対策用途に使用されてきた。古くは昭和 59 年の世田谷ケーブル火災(1984 年)や平成 7 年の阪神淡路大震災(1995 年)などで利用され避難所等に対して特設公衆電話の提供に用いられた。近年では平成 23 年の東日本大震災(2011 年)や平成 25 年の埼玉県竜巻被害(2013 年)において、避難所や帰宅困難者に対して特設公衆電話の提供に用いられた。一方、平成 20 年の洞爺湖サミット(2008 年)においては千歳空港にバックアップ回線として使用された(図 1-5)。



図 1-5 洞爺湖サミットにおけるバックアップ回線利用例

NTT 東日本及び NTT 西日本は災害対策基本法第三十九条に基づく指定公共機関として、被災者が利用する特設公衆電話の設置に努めることとしており、通信の迅速な復旧と確保を目的に、機動性に優れた 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムを全国に配備しており、災害時において可能な限り電気通信サービスを早期に復旧させ、重要通信を疎通させるとともに、防災対策の推進と防災体制の確立に利用している。さらに、図 1-6 に示すように、情報連絡体制の充実と防災意識の高揚を図るために、年間を通じて回線復旧演習を計画的に実施するとともに、地方行政機関主催の防災訓練で利用している。



図 1-6 防災訓練での利用状況

(地方行政機関主催の防災訓練や防災フェアにおいて、特設公衆電話の設置、回線復旧演習を実施)

一方、ポータブル衛星や衛星携帯電話等の衛星端末の小型化が進み、図 1-2 に示すように小容量伝送の災害対策機器として衛星通信が使われるようになっている。しかし、通信衛星方向に遮蔽物があるなどの地理的条件が原因で衛星が使用できない場合があることや、同時接続できる衛星端末の台数にも制限がある。400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムは従来より用いられているが、現在、データ通信に対応し、さらに多元接続方式とする高度化が検討されているところである。

1.2.2 公共業務用システムの現状

防災・災害対策用途に使用される既存の無線システムとしては、60MHz 帯デジタル同報系防災行政無線システムや 260MHz 帯デジタル防災行政無線システム(図 1-3)及び公共ブロードバンド移動通信システム(図 1-4)などがある。

60MHz 帯デジタル同報系防災行政無線システム及び 260MHz 帯デジタル防災行政無線システムについては、簡単な文字伝送や FAX 等の実効スループットが低い通信には利用できるが、動画や画像の伝送のためには伝送速度が不足している。

公共ブロードバンド移動通信システムは周波数が低いため廻り込みに強く数十 km のエリアをカバーできるが、空中線が大きく、運搬、設置については 400MHz 帯の方が有利である。また、公共ブロードバンド移動通信システムでは空中線利得が 10dBi 以下(親局は 20W、子局は 5W の場合)に制限されており高利得空中線が使用できない。

また、災害現場からの情報収集には携帯電話等の既存無線通信インフラを使用することも考えられるが、山間部等のサービスエリア外や災害により通信、電力設備が被災し運用停止した地域では使用できない。

1.2.3 周波数割当計画

400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムが使用する周波数の割当計画を表 1-2 に示す。また隣接周波数システムを合わせて示す(隣接周波数は括弧付で記載)。

表 1-2 周波数割当計画(抜粋)

<低群>			
国内分配(MHz)		無線局の目的	周波数の使用に関する条件
(415.5 - 417.5)	固定 陸上移動	電気通信業務用 公共業務用 一般業務用	二周波方式による使用は、 460-462MHz帯と対とする。
	宇宙研究 (宇宙から宇宙)	公共業務用 一般業務用	
417.5 - 420	固定 陸上移動	電気通信業務用 公共業務用	二周波方式による使用は、 454.9125-457.3625MHz帯と対とする。
	宇宙研究 (宇宙から宇宙)	公共業務用 一般業務用	
(420 - 430)	無線標定	公共業務用 一般業務用	
	移動	小電力業務用	
	陸上移動	公共業務用 小電力業務用 一般業務用	小電力業務用での使用は医療 用テレメーター用及び小電力セ キュリティシステム用
	海上移動	小電力業務用	小電力セキュリティシステム用
<高群>			
国内分配(MHz)		無線局の目的	周波数の使用に関する条件
(454.2 - 454.9125)	固定 移動	公共業務用	二周波方式による使用は、 465.2-465.9125MHz帯と対す る。
454.9125 - 457.3625	固定 移動	電気通信業務用 公共業務用	二周波方式による使用は、 417.5-420MHz帯と対とする。
(457.3625 - 457.5125)	固定 移動	公共業務用	二周波方式による使用は、 410.3-410.3875MHz帯又は 411.3-411.35MHz帯と対とする。

1.3 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの新たな方式

1.3.1 電気通信業務用システムのニーズ

平成 23 年(2011 年)の東日本大震災の被災現場において、スマートフォンに代表されるようなパーソナル端末を使った電子メールやSNS等が非常時の連絡手段として有用であったことが情報通信白書で報告されており¹、音声回線に加えてデータ通信回線を迅速かつ効率的に避難所等に対して提供することが重要とされている。電気通信業務で用いられる現行の 400MHz帯災害対策用可搬型無線システムは、アナログ方式であるため音声通信のみの提供であったが、デジタル化により音声通信に加えて、データ通信も可能とする高度化が要求されている。

一方、デジタル方式にして伝送効率を改善させて1チャンネル当たりの周波数帯幅を狭くすることで(狭帯域化)、周波数有効利用向上を図り新規に公共業務用システムとの周波数共用が可能となる。図 1-7 に現行方式から新たな方式への高度化イメージを示す。

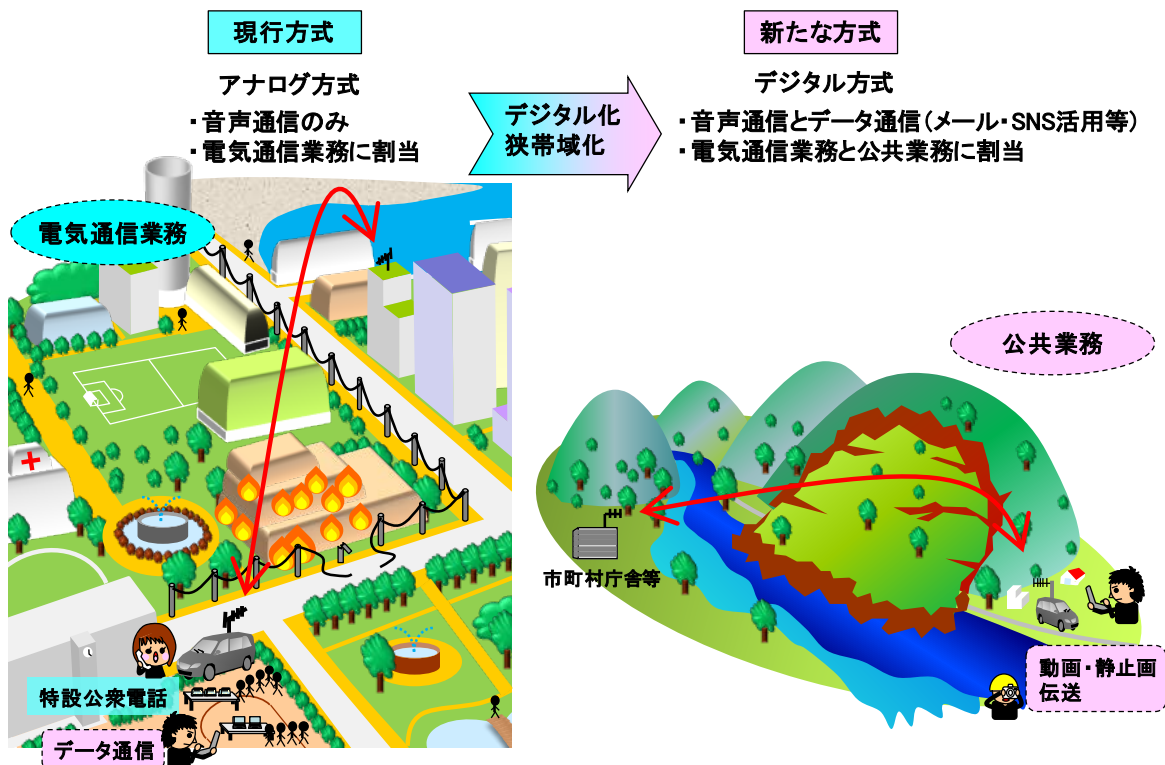


図 1-7 現行方式から新たな方式への高度化イメージ

¹ 総務省 平成 24 年度版情報通信白書 第 3 章「大震災からの教訓と ICT の役割」

さらに、巨大地震や巨大津波などの大規模災害時は、内閣府発表の被害想定では複数県に及ぶ広域災害となることが想定されるため、400MHz帯による数十kmの長距離通信の利用が必要不可欠であり、かつ、互いに干渉することなく多数の避難所に無線回線を提供する高度化技術が要求される。

発災時の機動性を高めるための可搬性に配慮しながら、これらの新たなニーズに応えるために、狭帯域化した複数の無線チャンネルを繰り返し利用して、広域エリアに点在する避難所に対して迅速に通信手段を提供するための高度化技術を以下に挙げる。

(1) 適応変調技術

通信距離が数km～数十kmにわたり、山岳、海上、平野、都市部などの多様な伝搬環境に利用されることから、電波の伝搬環境の状態変動を吸収して通信品質を確保するために、変調多値数を自動的に変更する適応変調技術(図1-8)を実現する。

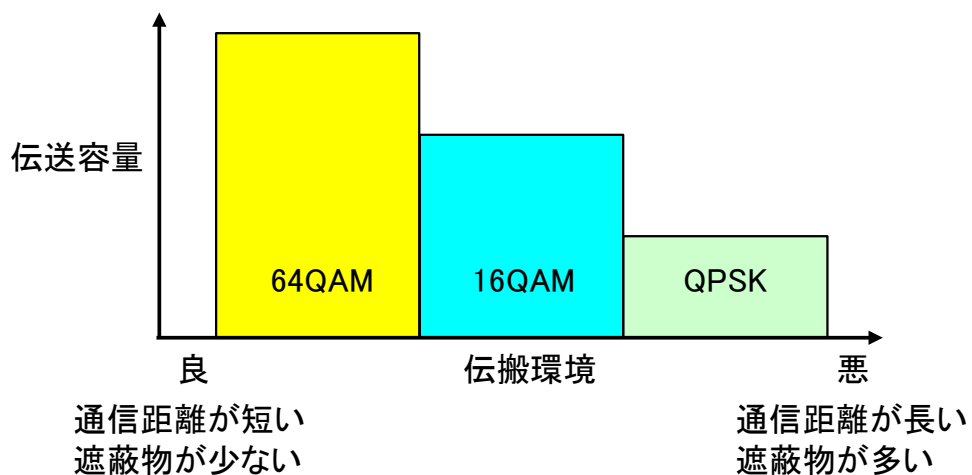


図 1-8 適応変調技術

(2) 狭帯域化技術

図 1-9 に示すように、従来のアナログ方式に使用される基本的な無線チャンネルの占有周波数帯幅は 620kHz であった。デジタル方式ではバンド内により多くのチャンネルを配置して周波数有効利用を推し進めるために、高出力増幅器等の歪を補償するなどの技術を適用することで帯域外漏えい電力を抑制して占有周波数帯幅 285kHz 以下に狭帯域化し、チャンネル間隔 300kHz を実現する。

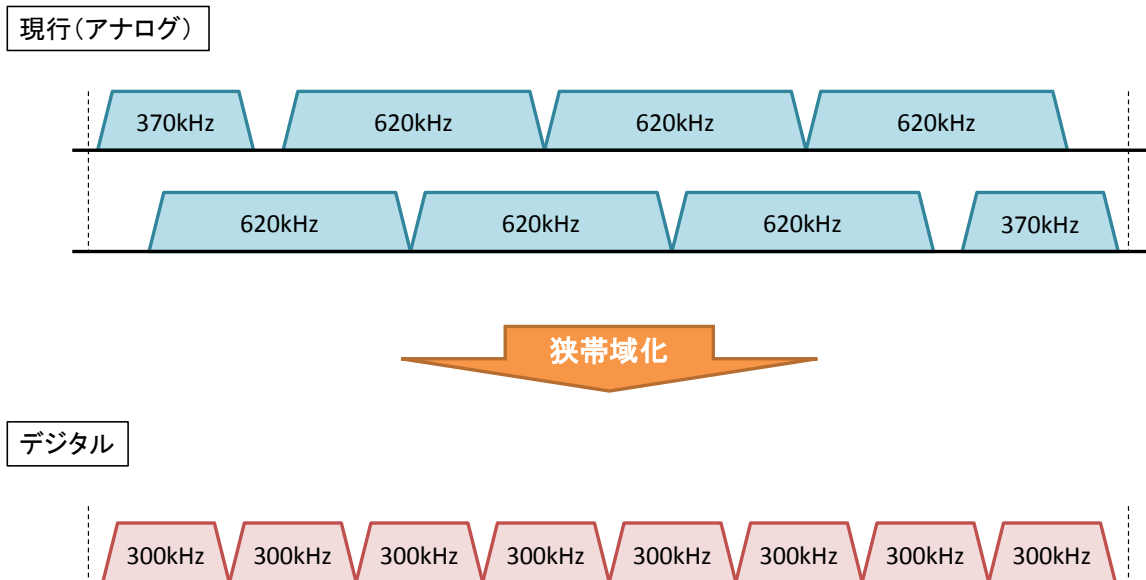


図 1-9 狭帯域化技術

(3) 多元接続方式

広域災害に備えて、複数台の子局を 1 台の親局で収容することにより迅速かつ効率的に多くの避難所に対して通信回線の提供が可能となる。図 1-10 に 1 対 3 の接続構成例を示す。

多元接続方式として、同一周波数の無線チャンネルを時間軸で分割して子局に割当てる TDMA (Time Division Multiple Access: 時分割多元接続) 方式を適用する。

また、子局側には送信電力制御機能を設けることにより、親局での受信電力を平滑しつつ、不要な電波干渉を抑制する効果も期待できる。

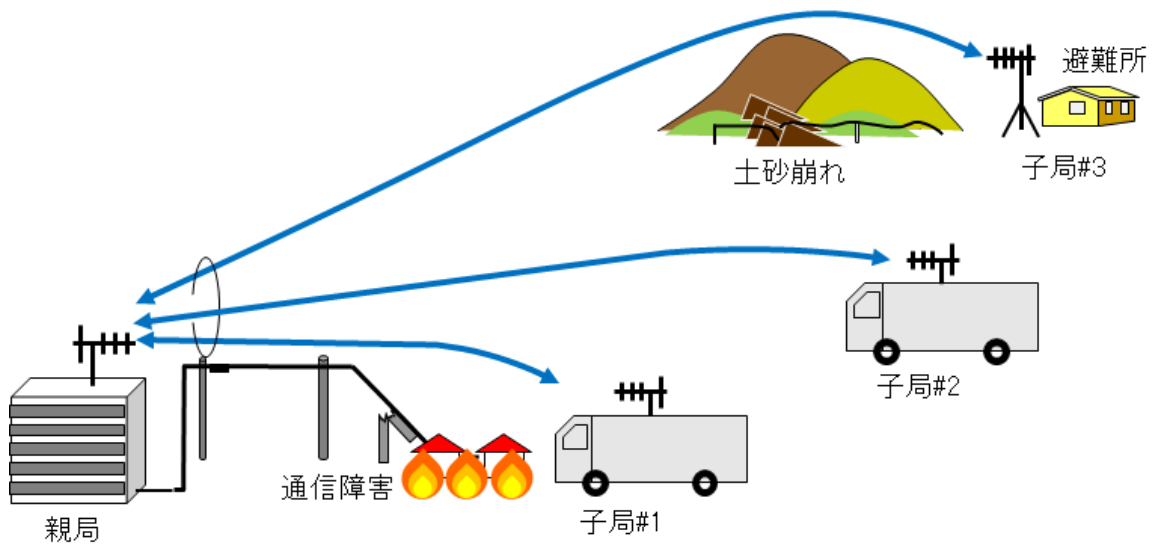


図 1-10 多元接続方式

1.3.2 公共業務用システムのニーズ

新たな 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの導入に対するニーズについて、地方公共団体及び無線機器製造業者へヒアリングを行った結果として以下のようなニーズが挙げられた。

- 防災無線は整備されているが、災害現場からの動画伝送は 3G 携帯電話を使用しているため、携帯電話サービスエリア外の災害現場から動画を伝送することを要望する。
- 最近の災害時には現場で録画した動画をテレビ会議システムを用いて情報共有を図っているが、いち早く正確な災害情報を入手するために、現場から動画を送信できるシステムがあれば有効である。
- 孤立化集落・避難所とのデータ通信回線の確保を要望する。

これらのニーズをもとにして新たに東日本大震災の被害を受けた地方公共団体に対してヒアリングを行った。表 1-3 にその集約結果を示す。

表 1-3 ヒアリング結果

	想定される利用シーン (通信距離含む)	想定される利用シーン での用途	無線機の大きさ
A市	山が多いことから、見通し外での 利用が見込まれる	映像の現地中継 HP上の災害時情報更新 対策本部と現場とのTV会議	自動車に設置し他の荷物も置ける程度 の大きさ 人が運べなくても可
B町	河川氾濫時等の現地情報の送信	映像等の中継(バッテリー運用)	30Kg以下、リュックに背負って行ける程 度
C市	見通し5km(見通し最遠地点) 見通し外13km(最遠外局部署)	孤立化地域との音声通話 災害現場の精細な静止画 現地～対策本部間の動画伝送	1人で持ち歩き可能なサイズ(10kg以下 程度) 複数人で移動が可能なサイズ(20kg以 下程度)
D市	市内全域(12～13km)の災害現場 と市役所間の通信	主に動画、静止画及び音声 孤立化した地区での情報収集用 のインターネット接続	1人で運搬・設置が可能な程度の大き さ、空中線は無指向性が好ましい 電源はAC,DC,バッテリー等複数に対応
E市	孤立化集落との一時的なデータ通 信回線の確保	既設通信インフラが被災し途絶 した状況下での通信路確保	自動車に設置し利用することを想定
F町	見通し20km(最遠の支所) 見通し外40km(最遠地区)からの 音声通話	現場からの通話、静止画や動画 で災害対策本部に情報提供	1人で持ち運びが可能な重量

また、価格についても低廉化の要望が多く聞かれた。

これらのヒアリング結果を踏まえると2つの利用シーンが導出される。この2つの利用シーン(後述)に共通する要件は次のとおりである。

① 構造

災害発生時に山間部などにも持ち運んで運用できるよう、可搬型であること。

② 電源

電源は商用電源からも発電式発電機やバッテリー等からも供給できるよう AC 及び DC で動作すること。

③ 空中線

小型軽量で容易に運搬でき、簡単な方向調整で設置運用が可能であること。

利用シーンごとに必要となる要件は以下のとおりである。

(1) シーン 1: 災害現場からの動画・静止画伝送

災害発生後いち早く現場付近に無線装置を運搬し、災害現場の動画又は精細な静止画を送信することにより被災現場情報の収集・共有に役立てる。

実効スループットは 500kbps 程度、通信距離は見通し 30km 程度を想定する。

山間地での土砂崩れ、火山活動などリアルタイムで映像情報・精細画像の収集と提供を目的として災害現場に設置し、災害情報を収集、共有する。運用イメージを図 1-11 に示す。

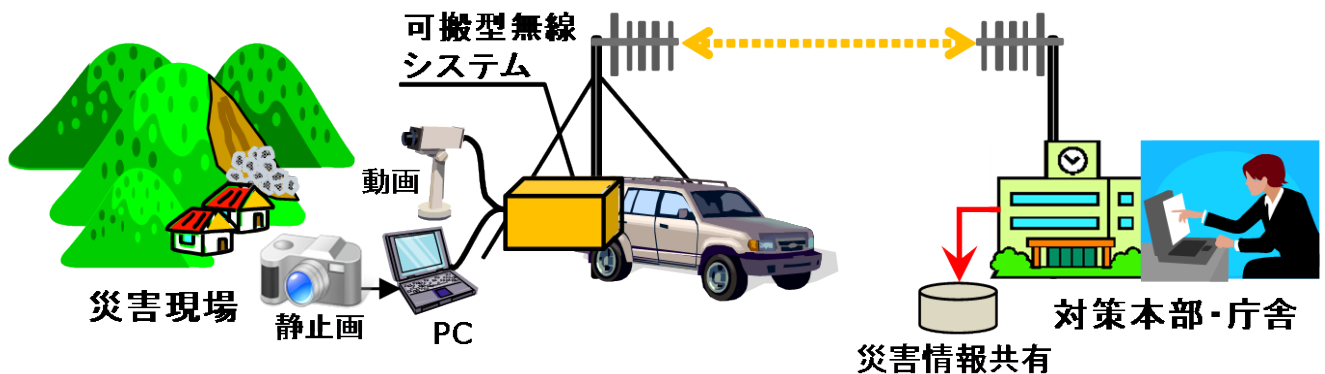


図 1-11 シーン 1 運用イメージ

(2) シーン 2: 孤立化集落、避難所との一時的なデータ通信回線確保

災害が発生し既存インフラによる通信が途絶した地域等で孤立化した集落や避難所との間で、音声通話、IP データ通信 (Web 掲示板やメールなどの情報提供) を確保することを目的とする。

実効スループットは 300kbps 程度、通信距離は見通し 50km 程度を想定する。

豪雪、台風、道路不通等による孤立化集落や避難所、キャンプ場、山小屋など既存通信インフラの途絶した地区との通信手段を確保し、共有した災害情報の提供や通話、掲示板などの連絡手段とする。運用イメージを図 1-12 に示す。

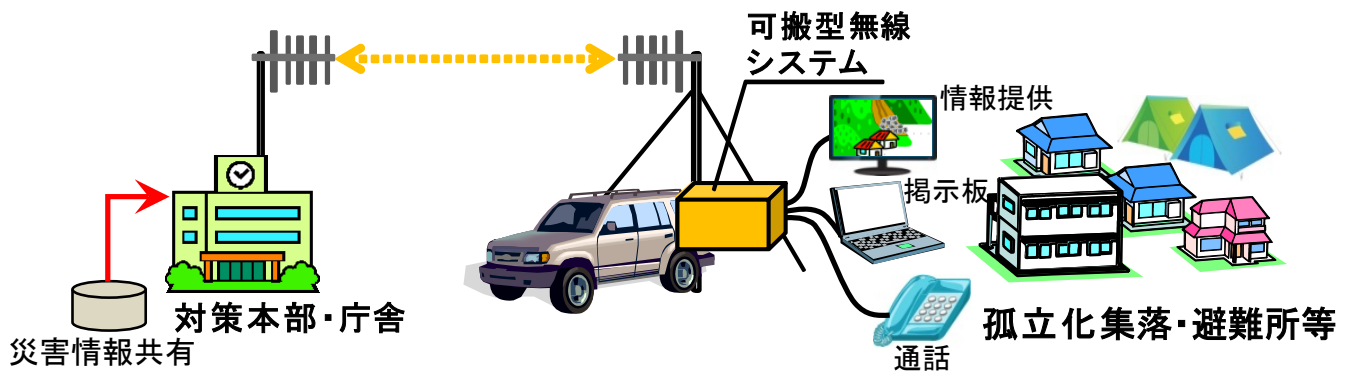


図 1-12 シーン 2 運用イメージ

また、隣接する地域で同一チャネルを使用する公共業務用無線設備が見通し 110km 以下の離隔距離で正対して空中線を設置した場合には干渉が発生する恐れがあるが、実際は地形等による減衰や空中線を正対して使用する可能性が極めて低いため同一チャネルを共用可能であると考えられる。

1.4 災害時等に備えた活用ニーズ

400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムは、災害時等に活用されるものであることから、平時より地震、噴火、台風や雪害等の自然災害への準備が大変重要である。そのため、様々なエリアにて開催される防災訓練等の際に、災害対策機器の運搬だけでなく、避難所への特設公衆電話機器の回線復旧演習が度々行われている。

高度化によるデータ通信や装置が小型化されることで、災害時等に備えた様々な活用シーンが考えられる。例えば、重要回線や公共業務用固定マイクロ回線のバックアップ回線の提供や重要拠点ビルにおける監視制御回線の確保等が考えられる。

1.4.1 重要回線のバックアップ回線の例

バックアップ回線の1つ目の例としては、重要な会合等において、有線系の主回線とは別に無線システムによる回線を予め敷設しておくことにより(図 1-13)、信頼性の向上を目的とした活用が考えられる。

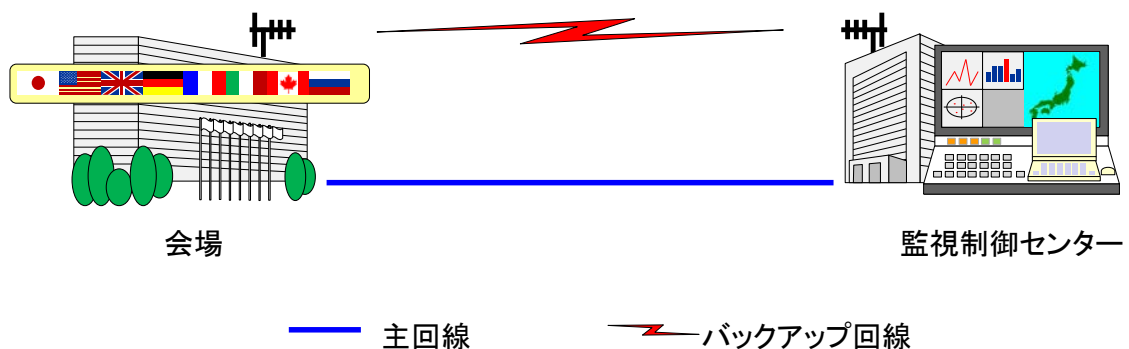


図 1-13 重要回線のバックアップ回線の例

1.4.2 公共業務用固定マイクロ回線のバックアップ回線の例

バックアップ回線の2つ目の例としては、マイクロ波等を使用した公共業務用回線に対するバックアップ回線の提供が考えられる。例えば、送受信設備や中継所の災害による損壊、停電に対してのバックアップ回線として常時運用し(図 1-14)、災害発生時にも公共施設間のデータ通信の接続を維持するという活用が考えられる。

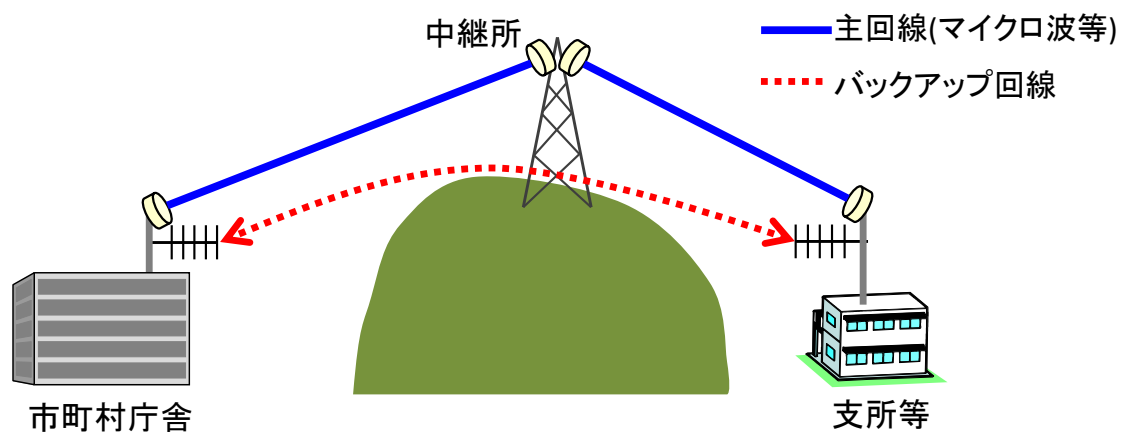


図 1-14 公共業務用固定マイクロ回線のバックアップ回線の例

1.4.3 監視制御回線のバックアップ回線の例

監視制御回線の確保の例としては、災害等により既存の有線回線等が物理的に切断されると、通信回線だけでなく、通信装置の状態を監視(制御)する回線も切断されるため、特に重要拠点ビル等において予め無線装置を利用した監視制御回線のバックアップ回線(図 1-15)を準備しておく活用が考えられる。有線回線等が切断された状況においても、遠隔により通信装置の状況を把握できるため、復旧対応に必要な情報収集に有効な手段になりうる。

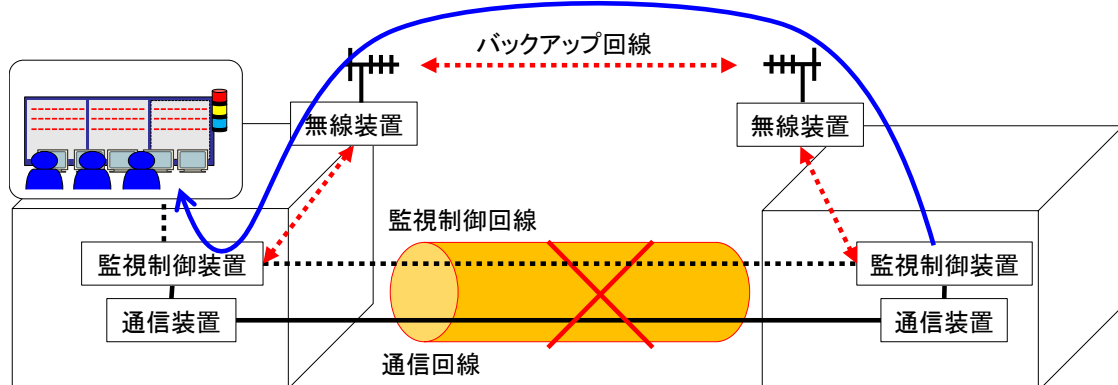


図 1-15 監視制御回線のバックアップ回線の例

第2章 周波数の共用検討

400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムのうち、電気通信業務用システムと公共業務用システムの相互間及び隣接するシステムとの必要な離隔距離を求め、周波数配置の検討を実施した。

2.1 共用検討の条件

電気通信業務用システム及び公共業務用システムについて、表 2-1 に共用検討の組み合わせについて、表 2-2 の共用検討条件に基づき干渉検討を行った。

表 2-1 共用検討の組み合わせ

	下側隣接バンド		バンド内				上側隣接バンド	
	隣接システム		下側		上側		隣接システム	
低群	一般業務	⇔	公共業務 用システム	⇔	電気通信業務 用システム	⇔	小電力業務 (医療用テレメータ—)	
高群	公共業務	⇔					公共業務 (狭帯域デジタル等)	

表 2-2 共用検討条件

項目	電気通信業務用システム	公共業務用システム
空中線電力	40W	10W
チャンネル間隔	300kHz 600kHz	150kHz 300kHz
占有周波数帯幅	285kHz 570kHz	125kHz 250kHz
隣接チャンネル漏えい電力	-37dBc	-37dBc
変調方式	OFDM (QPSK/16QAM/64QAM の適応変調)	64QAM QPSK
干渉検討の品質条件	パケットロス率= 1×10^{-3} @-86dBm	BER = 1×10^{-4} @-70dBm
所要D/Uの判定基準	-30dB 災害発生時に限定地域で一時的に使用されることを考慮	

2.2 電気通信業務用システムと公共業務用システムの相互間の共用検討

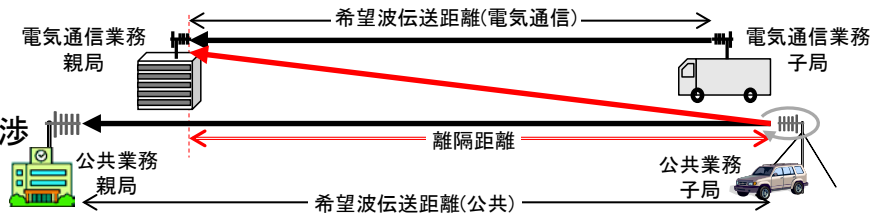
電気通信業務用無線設備、公共業務用無線設備の両方について、それぞれの親局と子局が被干渉となる場合を想定し、図 2-1 に示す4つの運用モデルについて隣接するチャンネルを使用する場合に D/U が -30dB となる所要離隔距離を求めた。

モデル(1)

上り回線(高群)

公共業務から

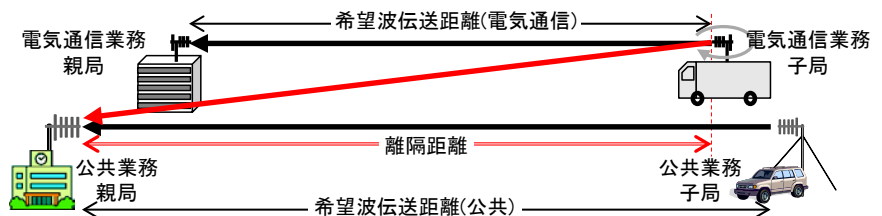
電気通信業務への干渉



モデル(2)

上り回線(高群)

電気通信業務から
公共業務への干渉

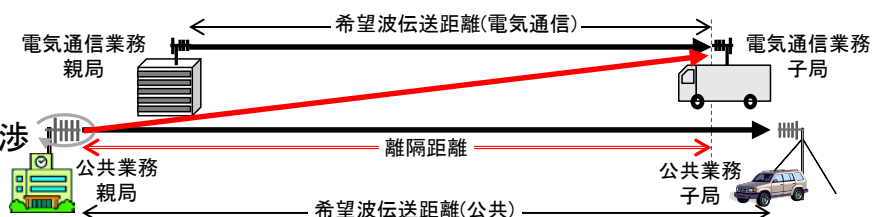


モデル(3)

下り回線(低群)

公共業務から

電気通信業務への干渉



モデル(4)

下り回線(低群)

電気通信業務から
公共業務への干渉

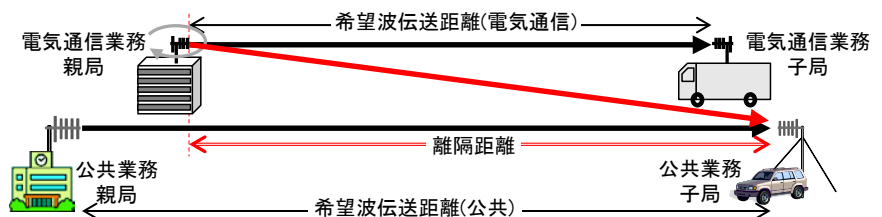


図 2-1 同一周波数帯内干渉モデル

表 2-3 に離隔距離を算出するために用いた設備条件を示す。

表 2-1 電気通信業務用システム、公共業務用システムの設備条件

		電気通信業務用 無線設備	公共業務用 無線設備	
無線周波数	MHz	低群: 418.0MHz 高群: 455.4MHz	低群: 417.7MHz 高群: 455.1MHz	左記周波数で 伝搬損失を算出
親局空中線高	m	20	20	
子局空中線高	m	10	10	
送信出力	dBm	46	40	
給電線損失(送受)	dB	3	3	
共用器損失(送受)	dB	0	1.5	
送信空中線利得	dBi	12	12	
受信空中線利得	dBi	12	12	
周波数共用条件	dB	D/U = -30dB		

両システムとも運用時は空中線を固定するため伝搬損失(干渉波)の算出は式 2-1 に示す2波モデル¹を用いた。

$$L(d) = 10 \log_{10} \left[\left(\frac{\lambda}{2\pi d} \right)^2 \sin^2 \left(\frac{\Delta\phi}{2} \right) \right] \quad (\text{dB}) \quad \dots \text{式 2-1}$$

$$\Delta\phi = \frac{4\pi h_t h_r}{\lambda d}$$

ここで λ : 波長(m)、 d : 送受信距離(m)、 h_t : 送信空中線高(m)、 h_r : 受信空中線高(m)。

また、両システムの互いの空中線方向はランダムに向いているとして、受信の指向性利得を平均化した 0dB にて計算した。

¹ 電波伝搬ハンドブック (細矢良雄監修 1999 リアライズ社)

所要離隔距離の結果を表 2-4 に示す。約 4.5km 以上の離隔で共用可能の結果となったが、双方に混信防止機能を具備することで、上記離隔距離未満でも共用可能となる。

表 2-4 電気通信業務用システムと公共業務用システムとの所要離隔距離

モデル	与干渉	被干渉	所要離隔距離 (km)
(1) 上り回線(高群)	公共業務用の子局	電気通信業務用の親局	4.54
(2) 上り回線(高群)	電気通信業務用の子局	公共業務用の親局	2.46
(3) 下り回線(低群)	公共業務用の親局	電気通信業務用の子局	4.55
(4) 下り回線(低群)	電気通信業務用の親局	公共業務用の子局	2.48

2.3 低群下側隣接帯域との共用

直近の周波数帯は一般業務用に免許されている。公共業務用無線設備の諸元を用い、当該無線局との干渉検討を行った結果、1m 以上の離隔距離を確保することで共用可能であり、既に当該無線局免許人の合意を得ている。

2.4 低群上側隣接帯域との共用

直近の周波数帯は小電力業務の医療用テレメーターとして利用されている。電気通信業務用無線設備の諸元と医療用テレメーター用無線設備の標準規格 ARIB STD-21 を用いて干渉検討を行った(参考資料 1 を参照)。電気通信業務用無線設備と医療用テレメーターとの共用検討モデルを図 2-2 に、周波数条件を図 2-3 に示す。電気通信業務用無線設備の送信機が医療用テレメーターの送信機と同一位置に設置されて、空中線が病院内の医療用テレメーターの受信機に正対する最悪条件を想定している(外壁の透過損失を見込む)。主な建築材の透過損失の一覧を表 2-5 に示す。今回の検討では外壁材として ALC の透過損失 4.6dB (f=457MHz) を用いている。

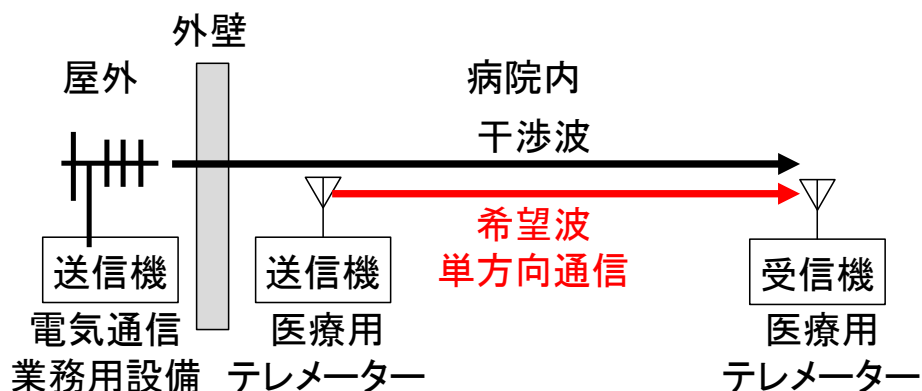


図 2-2 最悪条件の干渉検討モデル

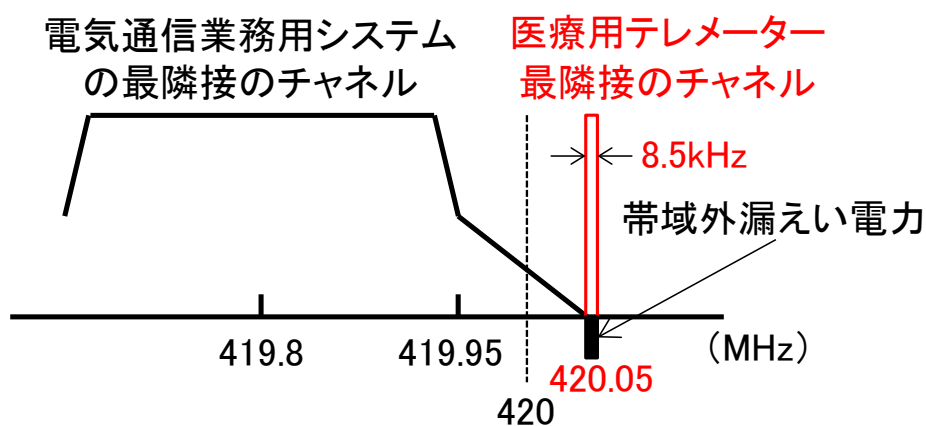


図 2-3 周波数条件 (低群上側隣接バンド)

表 2-5 建築材透過損失¹

(出典:西尾,加地:昭59信学光・電波全大, No.35)

試料(厚さ)		透過損失(dB)			
		457(MHz)	920(MHz)	1,450(MHz)	2,200(MHz)
間仕切材	木板(15mm)	0.7	2.6	2.7	3.5
	石膏ボード(7mm)	0.0	0.3	0.2	0.1
外壁材	れんが ² (60mm)	3.2	1.3	0.8	1.4
	れんが(含水)	6.0	1.9	3.1	5.8
	スレート ² (11mm)	20.2	32.7	3.4	4.5
	瓦(15mm)	1.5	1.1	3.3	8.1
	ALC ³ (100mm)	4.6	4.9	7.6	10.9
断熱材	熱遮断フィルム ⁴	25.9	22.6	22.3	25.2
	断熱用グラスウール	19.2	36.1	38.6	37.1

干渉検討結果を表 2-6 に示す。電気通信業務用無線設備の空中線の設置条件が最悪の場合でも所望 D/U の確保が見込まれる結果となった。さらに、以下のように実運用を勘案すると、電気通信業務用無線設備は病院から離れた場所に設置されることが考えられる。

実運用時の干渉検討の例として、図 2-4 (a)に示すように、電気通信業務用無線設備の空中線が医療用テレメータの送信空中線との離隔距離が医療用テレメータの通信距離と同じ距離である場合を検討する。その場合、D/U は約 6dB 改善される。さらに、電気通信業務用無線設備の空中線を直近の病院に正対して運用する可能性はなく、例えば、図 2-4 (b)のように空中線方位角を 45 度以上ずらした場合は、指向性利得が減衰して干渉マージンが約 10dB 以上増加する。

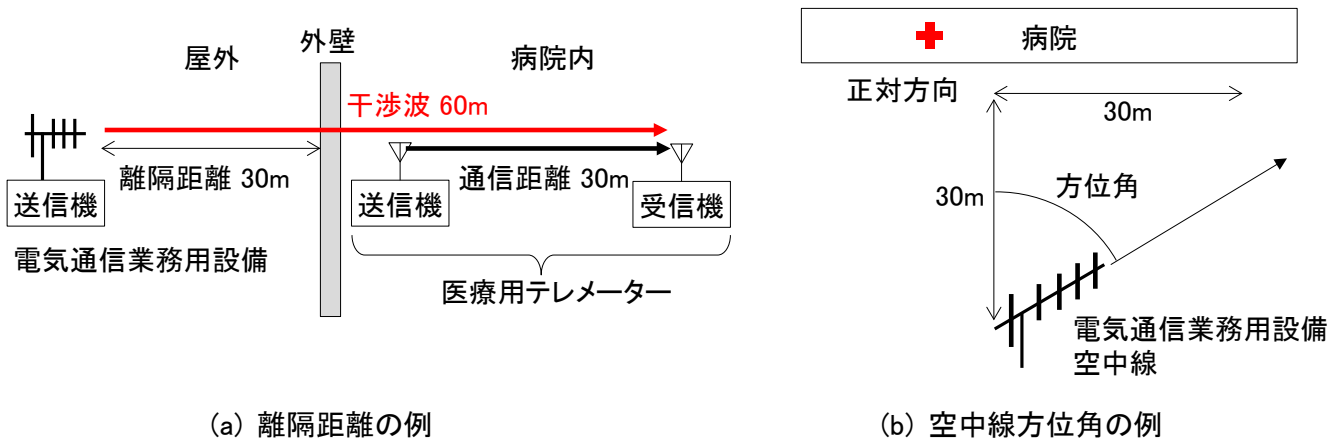
これらより実際の干渉マージンは合計約 18dB 以上確保できるため、医療用テレメータと電気通信業務用無線設備は共用可能である。

¹ 進士昌明 無線通信の電波伝搬, P.241 (社)電子情報通信学会 1992 年 2 月

² NK ホーム

³ 軽量気泡コンクリート、旭化成(株)ヘーベル

⁴ 東レ(株)ルミクール



(a) 離隔距離の例

(b) 空中線方位角の例

図 2-4 実運用時の干渉検討モデル

表 2-6 電気通信業務用システムと医療用テレメーターとの干渉計算

設備	項目	数値	単位	備考
電気通信 業務用 無線設備	帯域外漏えい電力	-13.7	dBm/8.5kHz	
	給電線損失	3.0	dB	
	送信空中線利得	12.0	dBi	
	干渉波電力	-4.7	dBm	EIRP
	外壁の透過損失	4.6	dB	表2-5
医療用 テレメーター	送信電力	0.0	dBm	ARIB STD-21
	占有周波数帯幅	8.5	kHz	ARIB STD-21
	給電線損失	0.0	dB	
	送信空中線利得	2.14	dBi	ARIB STD-21
	希望波電力	2.14	dBm	EIRP
受信電力D/U		11.4	dB	
理論C/N		9.5	dB	2値FSK、BER=1×10 ⁻² 、遅延検波
最悪条件のマージン		1.9	dB	図2-2
離隔距離による改善量		6.0	dB	図2-4 (a)
空中線方位角による改善量		10.0	dB	図2-4 (b)
実運用時の干渉マージン		17.9	dB	上記の干渉モデル

2.5 高群下側隣接帯域との共用

直近の周波数帯は公共業務用に免許されている。公共業務用無線設備の諸元を用い、当該無線局との干渉検討を行った結果、810m 以上の離隔距離を確保することで共用可能であり、既に当該無線局免許人の合意を得ている。

2.6 高群上側隣接帯域との共用

直近の周波数帯は公共業務用に免許されている。公共業務用の諸元を用い、公共業務側の受信感度点でモンテカルロ法を用いて検討を行った結果(参考資料 2 を参照)、干渉発生確率は極めて低いため共用可能と考えられる。なお、同様にアナログ無線設備との間でも共用可能と考えられる。

2.7 共用検討結果

各組み合わせについて周波数の共用検討結果を整理すると、表 2-7 のとおりである。

表 2-7 周波数の共用検討結果

	下側隣接バンド		バンド内		上側隣接バンド		
	隣接システム		下側		上側	隣接システム	
低群	一般業務	共用可能 (免許人と合意)	公共業務用システム	共用可能 条件: 4.5km以上の離隔距離を確保 混信防止機能を具備することで、4.5km未満でも共用可能	電気通信業務用システム	共用可能	小電力業務 (医療用テレメータ)
		条件: 1m以上の離隔距離を確保				干渉検討結果及び実運用上の条件により共用可能 (病院へ空中線を向けることはなく適切な離隔距離を確保するため)	
高群	公共業務	共用可能 (免許人と合意)				共用可能	公共業務 (狭帯域デジタル等)
		条件: 810m以上の離隔距離を確保				干渉発生確率は極めて低い	

2.8 周波数配置の検討

2.8.1 所要チャンネル数

現行の400MHz帯災害対策用可搬型無線システムは、図2-5のように7~8のチャンネルをインターリーブ配置して活用している。各チャンネルに使用順位を決め、さらに地域ごとに使用順位を変えることにより、インターリーブで重なるチャンネル同士が干渉し合わないよう運用している。

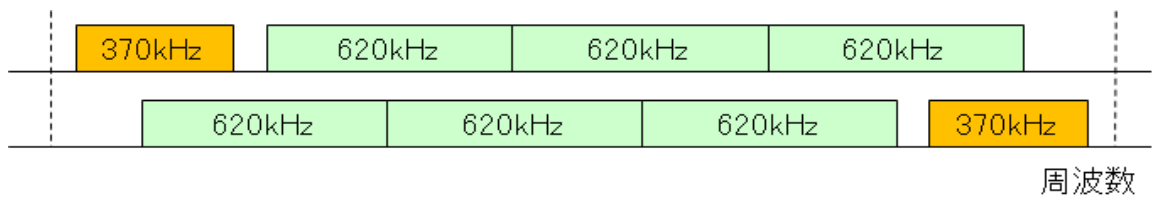


図 2-5 現行アナログ方式の周波数配置例

内閣府算定では首都直下地震¹及び南海トラフ地震²等の巨大地震による被害は複数県にまたがると想定されているため、非常に多数の避難所が広範囲に分布することを考慮する必要がある。多数の避難所に通信回線を提供するためには十分な周波数チャンネルが必要となり、使用できるチャンネル数が足りない場合には、相互に干渉し、送信局から避難所への回線提供が困難となる。例えば図2-6に示すように、避難所が送信局以外の周囲の干渉局から干渉波を受信する場合、所要D/Uを下回る干渉波の数が6波の場合には7チャンネルが必要となる。

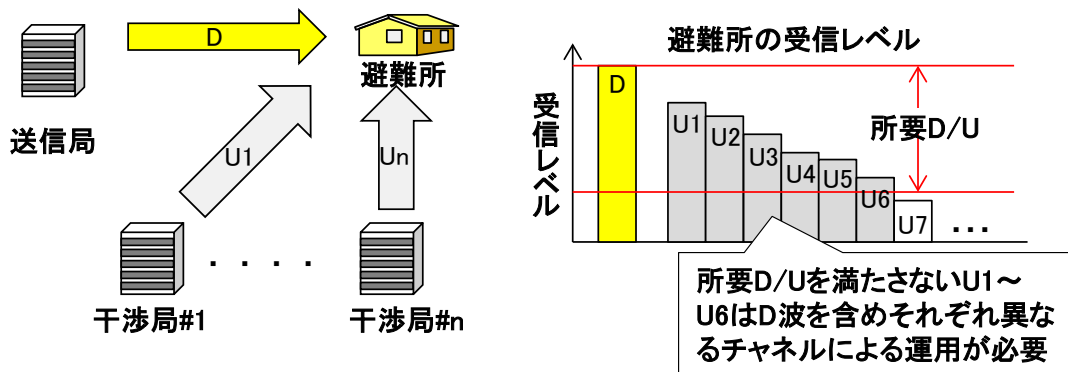


図 2-6 干渉計算モデル

¹ 内閣府中央防災会議首都直下地震対策検討ワーキンググループ

² 内閣府中央防災会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ

首都直下地震及び南海トラフ地震を想定して計算機シミュレーションを行った結果、通信提供可能な避難所の割合を90%以上とするには必要なチャンネル数が7以上となった(図2-7)。これにより、首都直下地震及び南海トラフ地震等の巨大地震の被害想定地域¹では、電気通信業務用システムに現行方式と同等程度のチャンネル数が要求される。

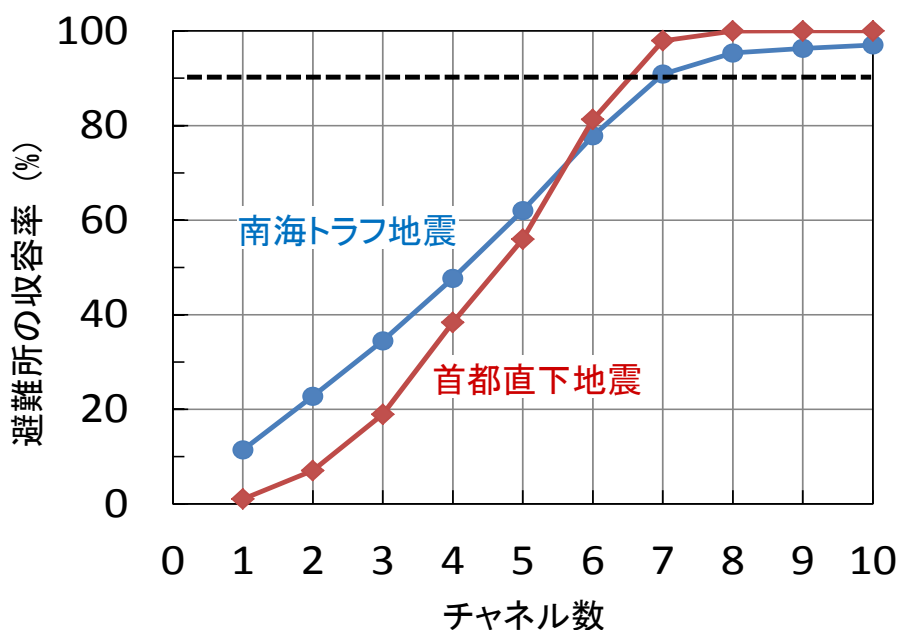


図 2-7 所要チャンネル数の計算機シミュレーション

¹ 内閣府指定の首都直下地震緊急対策区域及び南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域(茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県、長野県、静岡県、愛知県、三重県、兵庫県、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、宮崎県、鹿児島県)

2.8.2 周波数配置

周波数の共用検討並びに想定される首都直下地震、南海トラフ地震等の広域災害で通信回線を確保することを考慮しつつ、電気通信業務用システム及び公共業務用システムの周波数配置について検討した結果、図 2-8(a), (b)に示すチャンネル配置が可能と考えられる。

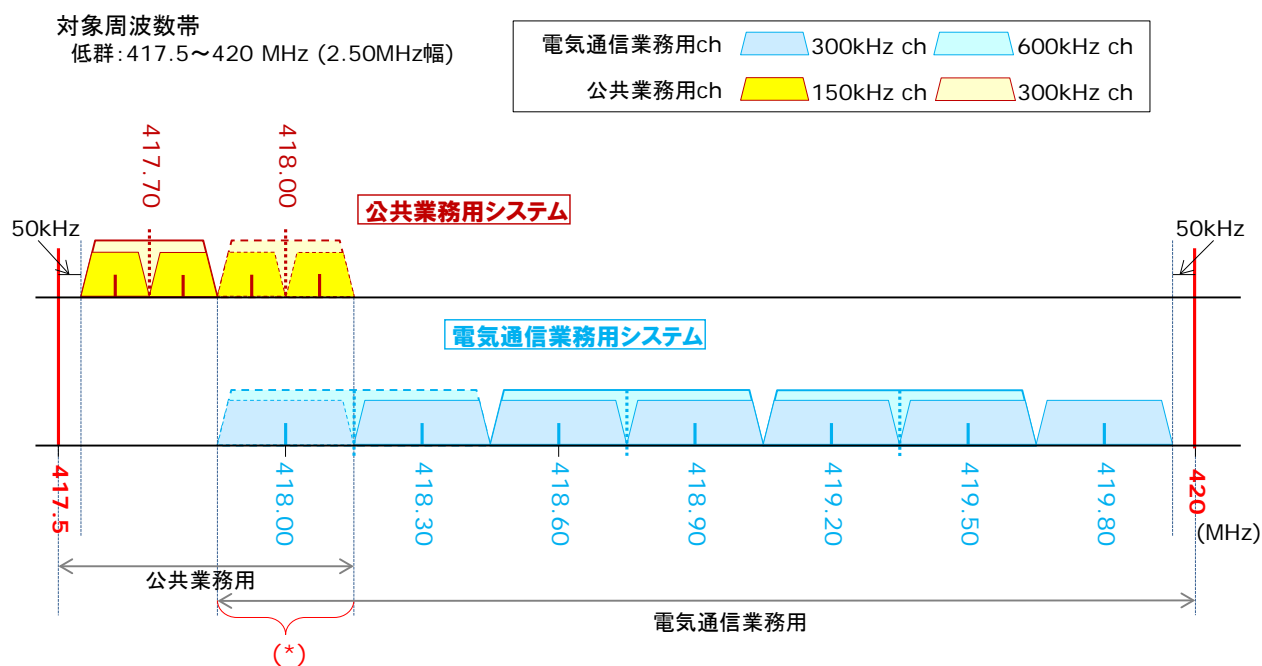


図 2-8(a) 低群周波数配置

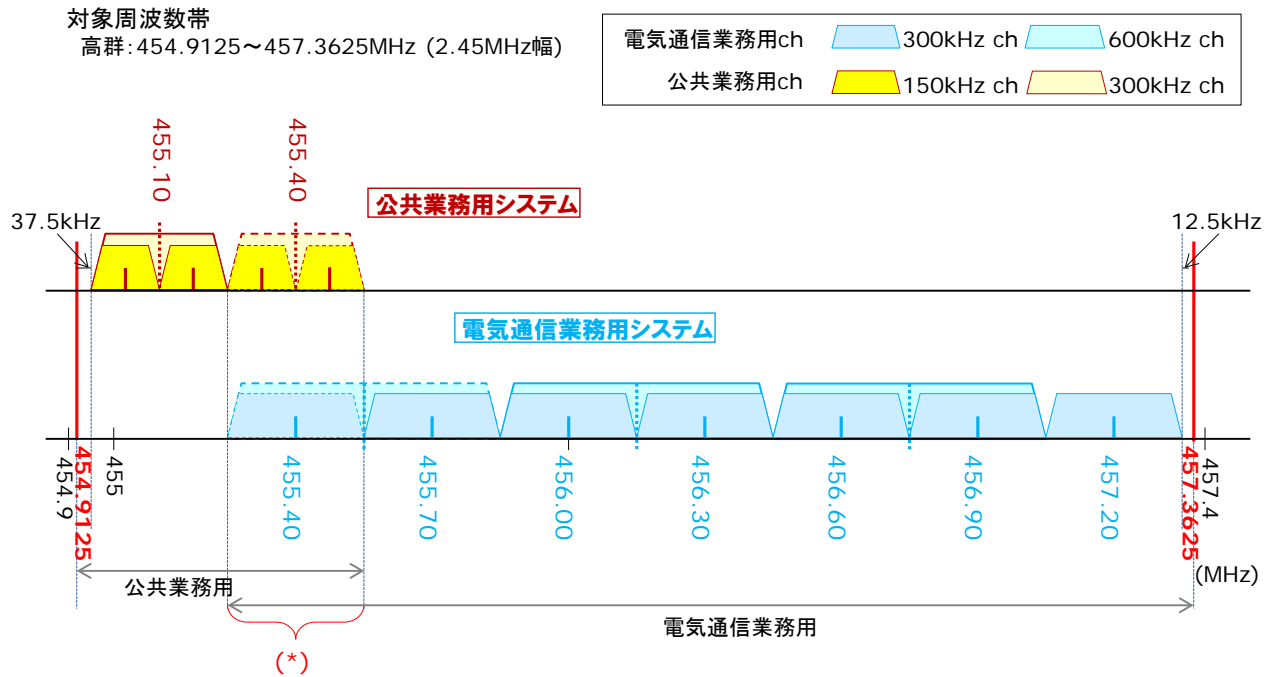


図 2-8(b) 高群周波数配置

(*)内閣府指定の首都直下地震緊急対策区域及び南海トラフ地震津波避難対策特

別強化地域である都県は次のとおりである。(電気通信業務用)

(茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県、長野県、
静岡県、愛知県、三重県、兵庫県、和歌山県、徳島県、愛媛県、高知県、大分県、
宮崎県、鹿児島県)

第3章 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの技術的条件

デジタル化への進展に伴って、400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの高度化規格を整備するため、その技術的条件については本章に記載のとおりとすることが適当である。

3.1 一般的条件

3.1.1 電気通信業務用無線設備の一般的条件

(1) 適用範囲

この技術的条件は、400MHz 帯の電気通信業務用の親局及び子局に対して適用することが適当である。

(2) 周波数帯

周波数割当計画で電気通信業務用に割り当てられている下記周波数帯とする。

低群: 417.5MHz～420MHz

高群: 454.9125MHz～457.3625MHz

ただし、送受信の周波数差は現行通り、37.4MHz であること

(3) 通信方式

現行規格通りに周波数分割複信(FDD)方式とすることが適当である。

(4) 多元接続方式

TDMA(Time Division Multiple Access: 時分割多元接続)方式を適用することが適当である。

(5) 変調方式

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 直交周波数分割多重)方式を適用することが適当である。加えて、電波の伝搬環境の状態に応じて一次変調の多値数を変更可能な適応変調方式の適用を可能とすることが適当である。

(6) 占有周波数帯幅、キャリア周波数間隔

変調方式、誤り訂正機能等の付加などによって占有周波数帯幅はさまざまな値をとることから、キャリア周波数間隔については、周波数有効利用の観点から必要最低限のものとするが適当である。

(7) 空中線電力

1 波あたり 40W 以下の送信出力とすることが適当である。隣接する複数周波数

チャンネルを利用して 1 波送信を行う場合においても、当該送信出力を超えないこととする。なお、混信防止の観点から空中線電力は必要最低限のものとするのが適当である。さらに、親局での受信電力を平滑化する目的で、子局側に送信電力制御機能を具備することが適当である。

(8) 受信感度

受信感度は、20ms 周期のペイロード長 200 バイトのイーサフレーム伝送のパケットロス率が 1×10^{-3} 以下で受信する受信電力であり、QPSK を使用し固定劣化及び誤り訂正改善量を含めて静特性下で、300kHz 帯域の場合に-100dBm 以下であることが適当である。同様に 600kHz 帯域の場合は-97dBm 以下であることが適当である。

(9) 混信防止機能

他の無線局への干渉を防止する機能を有することが適当である。

3.1.2 公共業務用無線設備の一般的条件

(1) 適用範囲

この技術的条件は、400MHz 帯の公共業務用の親局及び子局に対して適用することが適当である。

(2) 周波数帯

電気通信業務用無線設備と同様に、

低群: 417.5MHz~420MHz

高群: 454.9125MHz~457.3625MHz

とし、送受信の周波数差は 37.4MHz とすることが適当である。

(3) 通信方式

電気通信業務用無線設備と同様に FDD 方式とすることが適当である。

(4) 多元接続方式

電気通信業務用無線設備と同様に TDMA 方式とすることが適当である。

(5) 変調方式

QPSK を基本とし、16QAM、64QAM の多値変調も可能とすることが適当である。

(6) 占有周波数帯幅、キャリア周波数間隔

電気通信業務用無線設備と同様に、占有周波数帯幅はさまざまな値をとることから、キャリア周波数間隔については必要最低限のものとするのが適当である。

(7) 空中線電力

1波あたり10W以下とすることが適当である。なお、混信防止の観点から空中線電力は必要最低限のものとするのが適当である。

(8) 受信感度

受信感度は、ビット誤り率が 1×10^{-4} 以下で受信する受信電力であり、QPSKを使用し固定劣化及び誤り訂正改善量を含めて静特性下で、150kHz帯域の場合は-99.6dBm、300kHz帯域の場合は-96.6dBm以下であることが適当である。

(9) 混信防止機能

電気通信業務用無線設備と同様に他の無線局への干渉を防止する機能を有することが適当である。

3.2 無線設備の技術的条件

3.2.1 電気通信業務用無線設備の技術的条件

ア 送信設備

(ア) 送信周波数の許容偏差

無線設備規則第5条別表1号の6.3(3)エ(イ)に基づいて送信周波数の許容偏差は ± 3 ppm以内とすることが適当である。

(イ) 占有周波数帯幅の許容値

基本的に使用されるチャンネルの占有周波数帯幅は285kHz以下であることが適当である。また隣接する2チャンネルを利用して1波送信を行う場合においては570kHz以下であることが適当である。

(ウ) キャリア周波数間隔

周波数有効利用の観点からキャリア周波数間隔は300kHzであることが適当である。また隣接する2チャンネルを利用して1波送信を行う場合においては600kHzであることが適当である。

(エ) 空中線電力の許容偏差

無線設備規則第14条に基づいて、+20%、-50%以内とすることが適当である。

(オ) 送信空中線の絶対利得

12dBi以下とすることが適当である。

(カ) スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

無線設備規則第 7 条別表 3 号の 4 項に規定されるとおり、送信設備の帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値は 1mW 以下であり、かつ、基本周波数の平均電力より 60dB 低い値とし、スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は基本周波数の搬送波電力より 60dB 低い値とすることが適当である。

(キ) 隣接チャンネル漏えい電力

隣接チャンネルへの影響を考慮して、中心周波数からキャリア周波数間隔離れた周波数を中心とした占有周波数帯幅の帯域内で-37dBc 以下とすることが適当である。

イ 受信設備

(ア) 副次的に発する電波等の限度

無線設備規則第 24 条に基づき、副次的に発する電波の周波数が 1GHz 未満にあつては 4nW 以下とすることが適当である。

3.2.2 公共業務用無線設備の技術的条件

ア 送信設備

(ア) 送信周波数の許容偏差

電気通信業務用無線設備と同様に、無線設備規則第 5 条別表第 1 号の 6.3(3)エ(イ)に基づいて送信周波数の許容偏差は±3ppm 以内とすることが適当である。

(イ) 占有周波数帯幅の許容値

基本的に使用されるチャンネルの占有周波数帯幅は 125kHz 以下であることが適当である。隣接する 2 チャンネルを利用して 1 波送信を行う場合は 250kHz 以下とすることが適当である。

(ウ) キャリア周波数間隔

周波数有効利用の観点からキャリア周波数間隔は 150kHz であることが適当である。また、隣接する 2 チャンネルを利用して 1 波送信を行う場合においては 300kHz であることが適当である。

(エ) 空中線電力の許容偏差

電気通信業務用無線設備と同様に、無線設備規則第 14 条に基づいて、+

20%, -50%以内とすることが適当である。

(オ) 送信空中線の絶対利得

電気通信業務用無線設備と同様に 12dBi 以下とすることが適当である。

(カ) スプリアス発射又は不要発射の強度の許容値

無線設備規則第 7 条別表 3 号の 4 項に規定されるとおり、送信設備の帯域外領域におけるスプリアス発射の強度の許容値は $25 \mu\text{W}$ 以下とし、スプリアス領域における不要発射の強度の許容値は $25 \mu\text{W}$ 以下とすることが適当である。

(キ) 隣接チャンネル漏えい電力

電気通信業務用無線設備と同様に、隣接チャンネルへの影響を考慮して、中心周波数からキャリア周波数間隔離れた周波数を中心とした占有周波数帯幅の帯域内で-37dBc 以下とすることが適当である。

イ 受信設備

(ア) 副次的に発する電波等の限度

電気通信業務用無線設備と同様に、無線設備規則第 24 条に基づき、副次的に発する電波の周波数が 1GHz 未満にあつては 4nW 以下とすることが適当である。

3.3 電波防護指針

電波法施行規則第 21 条の 3(電波の強度に対する安全施設)に従って電波防護指針に適合するように技術的条件を整備し、空中線と人体との離隔距離を確保することが必要である。非常時において臨時に開設される無線局の無線設備については適用除外とされているが、電気通業務用あるいは公共業務用の親局でビル屋上等に常設される移動しない無線局の無線設備は、本制度に適合することが必要である。参考資料 3 に、電気通信業務用システムの親局をビル屋上の鉄塔に設置した場合の検討結果を示す。

検討の結果、電気通信業務用は 4.8 m、公共業務用は 2.4m の離隔距離を満たすことが必要である。

3.4 測定法

国内で適用されている測定法に準ずることが適当であるが、今後、国際電気標準会議(IEC)等の国際的な動向を踏まえて対応することが適当である。

3.4.1 送信設備

(1) 周波数の偏差

ア アンテナ測定端子付きの場合

無変調の状態で作動させ、指定された周波数に対する偏差の最大値を周波数計を用いて測定する。測定点はアンテナ端子又は測定用モニタ端子とする。

イ アンテナ測定端子のない場合

アンテナ測定端子がない場合は、一時的に測定用端子を設けてアと同様に測定する。

(2) 占有周波数帯幅

ア アンテナ測定端子付きの場合

通常の変調状態で動作させ、規定の変調入力信号を加えたときに得られるスペクトル分布の全電力をスペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分におけるそれぞれの電力和が全電力の0.5%となる周波数幅を測定する。

測定点はアンテナ端子又は測定用モニタ端子とする。変調入力信号は、規定伝送速度に対応した標準符号化試験信号を発生する信号源とする。誤り訂正等を使用している場合には、そのための信号を付加した状態で測定する(内蔵パターン発生器がある場合はこれを使用しても良い)。標準符号化試験信号はランダム性が確保できる信号とする。

イ アンテナ測定端子のない場合

アンテナ測定端子がない場合は、一時的に測定端子を設けてアと同様の状態で測定する。

(3) スプリアス発射又は不要発射の強度

ア 帯域外領域におけるスプリアス発射の強度

(ア) アンテナ測定端子付きの場合

無変調の状態で作動させ、帯域外領域におけるスプリアス発射の平均電力をスペクトルアナライザを用いて測定する。測定点はアンテナ端子とする。

(イ) アンテナ測定端子のない場合

アンテナ測定端子がない場合は、一時的に測定端子を設けて(ア)と同様に測定する。この場合、アンテナ測定端子と一時的に設けた測定用端子の間の損失等を補正する。

イ スプリアス領域における不要発射の強度

(ア) アンテナ測定端子付きの場合

通常の変調状態で動作させ、スプリアス領域における不要発射の強度の平均電力をスペクトルアナライザを用いて測定する。測定点はアンテナ端子とする。測定周波数範囲は 30MHz から 3GHz までとする。

(イ) アンテナ端子のない場合

アンテナ端子がない場合は、一時的に測定端子を設けて(ア)と同様に測定する。

この場合、アンテナ測定端子と一時的に設けた測定用端子の間の損失等を補正する。

(4) 空中線電力の偏差

ア アンテナ測定端子付きの場合

通常の変調の状態連続送信として動作させ、送信設備の出力電力を電力計又はスペクトルアナライザを用いて測定し、定格出力との偏差を求める。

イ アンテナ測定端子のない場合

アンテナ端子がない場合は、一時的に測定端子を設けてアと同様に測定する。この場合、アンテナ測定端子と一時的に設けた測定用端子の間の損失等を補正する。

(5) 隣接チャネル漏えい電力

ア アンテナ測定端子付きの場合

通常の変調状態として動作させ、バースト送信を行う無線設備はバースト送信状態で、隣接チャネル漏えい電力をスペクトルアナライザを用いて測定する。中心周波数 $\pm 0.5BW$ (BW : 占有周波数帯幅の許容値)の値と、中心周波数からキャリア周波数間隔だけ離れた周波数を中心とする $\pm 0.5BW$ の値の比を求めることとし、バースト送信状態の無線設備はスペクトルアナライザの検波モードをポジティブピークとして測定すること。

イ アンテナ測定端子のない場合

アンテナ端子がない場合は、一時的に測定端子を設けてアと同様に測定する。この場合、アンテナ測定端子と一時的に設けた測定用端子の間の損失等を補正する。

3.4.2 受信設備

(1) 副次的に発射する電波等の限度

ア アンテナ測定端子付きの場合

受信状態時に、副次的に発する電波をスペクトルアナライザを用いて測定する。測定点はアンテナ端子とし、受信空中線と電氣的常数の等しい擬似空中線回路を使用して測定する。

イ アンテナ測定端子のない場合

アンテナ測定端子がない場合は、一時的に測定端子を設けてアと同様に測定する。この場合、アンテナ測定端子と一時的に設けた測定用端子の間の損失等を補正する。

情報通信審議会 情報通信技術分科会

陸上無線通信委員会 構成員

(平成27年6月12日現在 敬称略)

氏名	主要現職
主査 委員 安藤 真	東京工業大学 理事・副学長(研究担当) 産学連携推進本部長
主査代理 専門委員 矢野 博之	国立研究開発法人 情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 所長
委員 森川 博之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
専門委員 飯塚 留美	一般財団法人 マルチメディア振興センター電波利用調査部 研究主幹
” 伊藤 数子	特定非営利活動法人STAND 代表理事
” 大寺 廣幸	一般社団法人 日本民間放送連盟 常勤顧問
” 小笠原 守	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
” 加治佐 俊一	日本マイクロソフト株式会社 兼 マイクロソフトディベロップメント株式会社 技術顧問
” 川嶋 弘尚	慶應義塾大学 名誉教授
” 菊井 勉	一般社団法人 全国陸上無線協会 常務理事・事務局長
” 河野 隆二	横浜国立大学大学院 工学研究院 教授 兼 同大学未来情報通信医療社会基盤センター長
” 小林 久美子	日本無線株式会社 研究所 ネットワークフロンティア チームリーダー
” 斉藤 知弘	日本放送協会 放送技術研究所 研究主幹
” 玉眞 博義	一般社団法人 日本アマチュア無線連盟 専務理事
” 本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
” 松尾 綾子	株式会社東芝 研究開発センター研究主務
” 三谷 政昭	東京電機大学 工学部情報通信工学科 教授
” 矢野 由紀子	日本電気株式会社 クラウドシステム研究所 シニアエキスパート
” 若尾 正義	元 一般社団法人電波産業会 専務理事

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
400MHz帯災害対策用可搬型無線システム作業班 構成員

(敬称略)

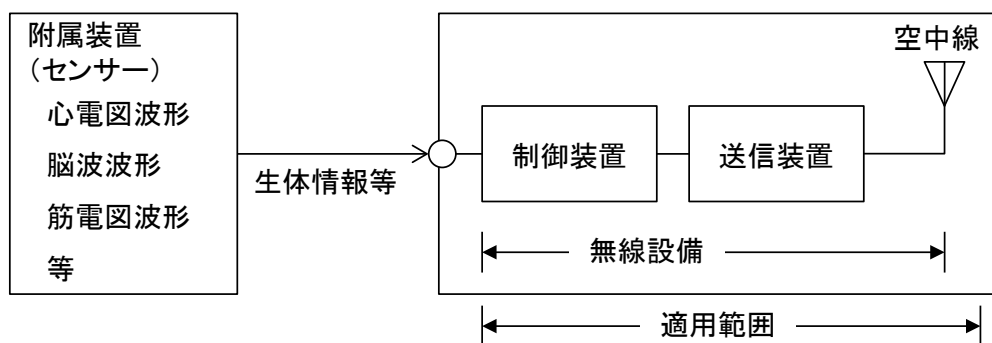
氏名	所属
主査 三谷 政昭	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
伊藤 泰成	KDDI株式会社 電波部 企画・制度グループ マネージャー
岩本 宏	日本電気株式会社 消防・防災ソリューション事業部 シニアエキスパート
牛丸 今男	株式会社富士通ゼネラル 情報通信ネットワーク事業部 技師長
江場 健司	電気事業連合会 情報通信部 副部長 (第1回)
相川 和則	電気事業連合会 情報通信部 副部長 (第2回～)
江原 真一郎	消防庁 国民保護・防災部 防災課 防災情報室 課長補佐
小竹 信幸	一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター 企画・技術部門 技術グループ 担当部長
小山 祐一	ソフトバンクモバイル株式会社 技術統括 アクセスソリューション本部 アクセス工事企画部 部長
加藤 数衛	株式会社日立国際電気 映像・通信事業部 技師長
金澤 昌幸	一般社財団法人電波産業会 研究開発本部 固定通信グループ 担当部長
川瀬 克行	パナソニックシステムネットワークス株式会社 インフラシステム事業部 無線通信システム部 無線システム課 主幹
岸 博之	東京都 総務局 総合防災部 防災通信課 無線係 統括課長代理
酒井 浩介	株式会社ユビテック ユビキタス研究所 主幹
谷澤 正彦	日本無線株式会社 ソリューション事業部 ソリューション技術部 部長
中村 宏之	日本電信電話株式会社 アクセスサービスシステム研究所 無線エントランスプロジェクト 主幹研究員
橋本 昌史	警察庁 情報通信局 通信施設課 課長補佐
平川 洋	国土交通省 大臣官房 技術調査課 電気通信室 課長補佐
守山 栄松	国立研究開発法人情報通信研究機構 電磁波計測研究所 企画室 参事
山崎 高日子	三菱電機株式会社 通信システムエンジニアリングセンター 技術担当部長

(19名)

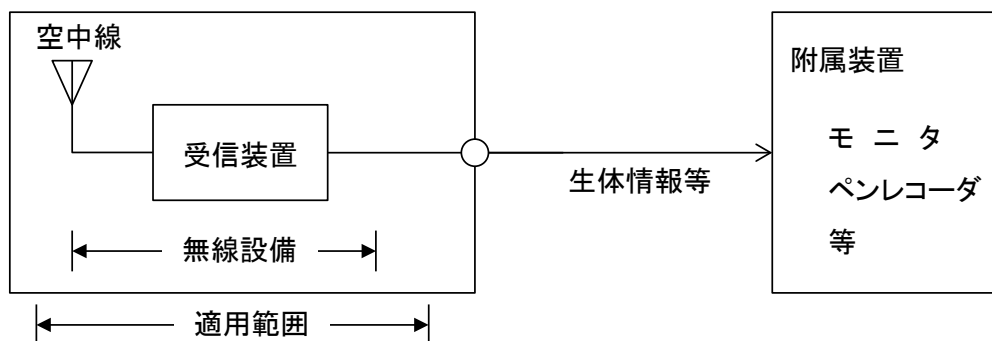
参 考 资 料

参考資料 1 医療用テレメータの無線スペック

「ARIB STD-21 特定小電力無線局 医療用テレメータ用無線設備」で規定されている医療用テレメータの無線設備の構成を図参 1-1 に示す。400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムに最隣接となる医療用テレメータが使用する無線チャンネルは、420.05MHzであり、単方向通信システムの A 型に分類される。医療用テレメータの無線スペックを表参 1-1 に示す。



(1) 送信設備



(2) 受信設備

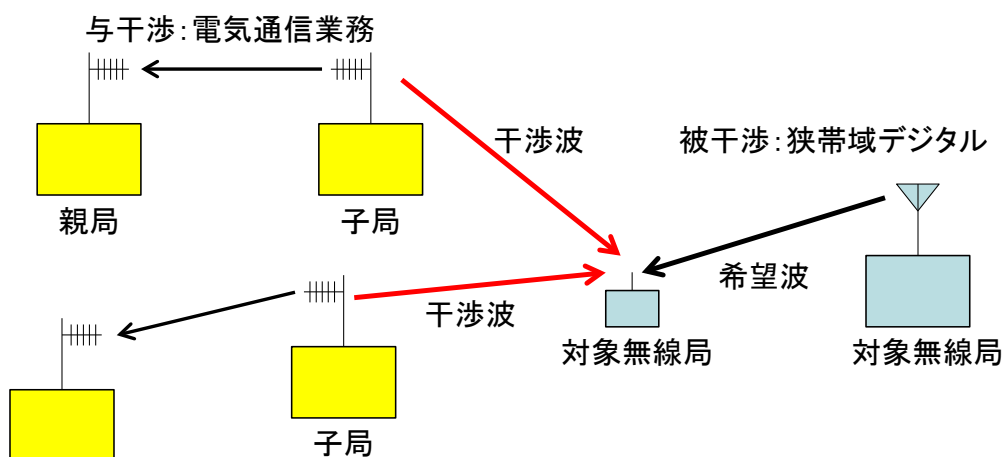
図参 1-1 医療用テレメータの無線設備の構成

表参 1-1 医療用テレメータの無線スペック

項目	単位	数値	備考
使用周波数	MHz	420.05	A型
占有周波数帯幅	kHz	8.5 以下	
空中線電力	mW	1 以下	
空中線利得	dBi	2.14 以下	
変調方式		2値FSK変調	
基準感度	dBm	-110 以下	BER = 1×10^{-2}

参考資料 2 モンテカルロ法による干渉発生確率の計算

高群上側隣接帯域において、電気通信業務用システムと隣接する公共業務(狭帯域デジタル等)との共用検討では、モンテカルロ法により干渉発生確率を計算し共用可否を評価した。モンテカルロ法による干渉検討イメージを図参 2-1 に示す。シミュレーションツールはSEAMCAT¹を用い、伝搬モデルは拡張秦モデルを用いた。電気通信業務用の子局からの与干渉が公共業務側の受信感度点を上回る確率を計算した。通常使われる共用条件は干渉発生確率 3%以下である。計算結果を表参 2-1 に示す。最隣接チャネルを利用する電気通信業務用の子局が 2 局までの場合、干渉発生確率がほぼゼロの結果となるため、実運用上は離隔距離等を規定せず共用可能であると想定される。



図参 2-1 モンテカルロ法による干渉検討イメージ

表参 2-1 干渉発生確率

電気通信業務用の干渉局数	市街地		郊外地	
	1	2	1	2
干渉発生確率 (%)	0.0	1×10^{-6}	0.002	0.008

¹ SEAMCAT: Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool

参考資料 3 電波の強度の算出例

以下に総務省電波利用ホームページ「電波防護のための基準への適合確認の手引き」に基づいて、ビル屋上の鉄塔に電気通信業務用の親局を設置した場合の電波の強度の算出例を示す。

<無線設備の諸元>

無線周波数 f	420.0 MHz
送信電力 P	40 W
給電線損失 L	3 dB
空中線利得 G	12 dBi
大地面の反射係数 K	2.56

電力束密度の基準値は電波法施行規則別表第2号の3の2より以下の値となる。

$$f/1500 = 0.28 \text{ mW/cm}^2$$

この基準値を満足するために、空中線と人体との離隔距離 R は 4.8 m の確保が必要と算出される。

$$\frac{P \times L \times G}{40 \pi R^2} \times K = \frac{40 \times 0.5 \times 15.8}{40 \times \pi \times 4.8^2} \times 2.56 = 0.28 \text{ mW/cm}^2$$

これと同様に、公共業務用の親局 (P=10W) を設置した場合で算出した結果、離隔距離 R は 2.4m の確保が必要とされる。

ビル屋上の鉄塔から 4.8 m と 2.4m のため、通常は施錠され取扱者のほか容易に出入りできない範囲と考えられ、電波防護指針を十分満たしている。

参考資料 4 電気通信業務用装置実証試験

平成 27 年にデジタル化した電気通信業務用 400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの実験試験局を用いてフィールド試験を実施した。

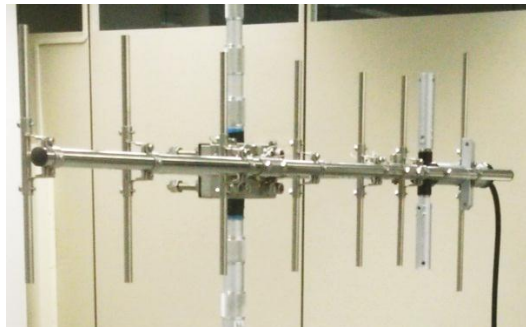
実験試験局の外観を図参 4-1 に示す。



(a) 屋内装置



(b) 屋外装置



(c) 空中線

図参 4-1 実験試験局外観

実験試験局を使用し、想定される使用シーンの一つである離島向け通信に対応できることを確認するため、約 37km の区間でフィールド試験を実施した。試験区間の距離及びシミュレーションによる伝搬損失を表参 4-1 に示す。

表参 4-1 試験区間

	箇所	アンテナ高	距離	見通し	伝搬損失
親局	指宿市	22m	37km	見通し	162.0dB
子局	桜島	8m		見通し外	

試験区間の位置を図参 4-2 に示す。



国土地理院の電子地形図(タイル)に区間・距離を追記して掲載

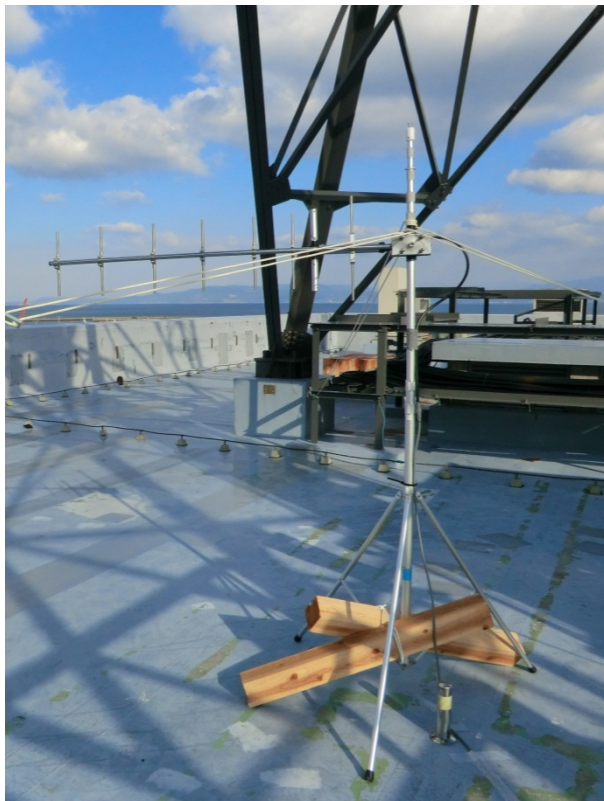
図参 4-2 区間位置図

試験結果を表参 4-2 に示す。

表参 4-2 試験結果

	周波数帯幅	
	300kHz	600kHz
空中線電力	40W	
空中線利得	11dBi	
給電線損失	2dB	
親局受信レベル	-86dBm	-87dBm
子局受信レベル	-84dBm	-85dBm
パケット損失数	0	0
通話・映像品質	OK	OK

フィールド試験実施状況を図参 4-3 及び図参 4-4 に示す。



(a) 親局空中線設置状況



(b) 親局屋外装置設置状況



(c) 親局屋内装置設置状況

図参 4-3 フィールド試験親局実施状況

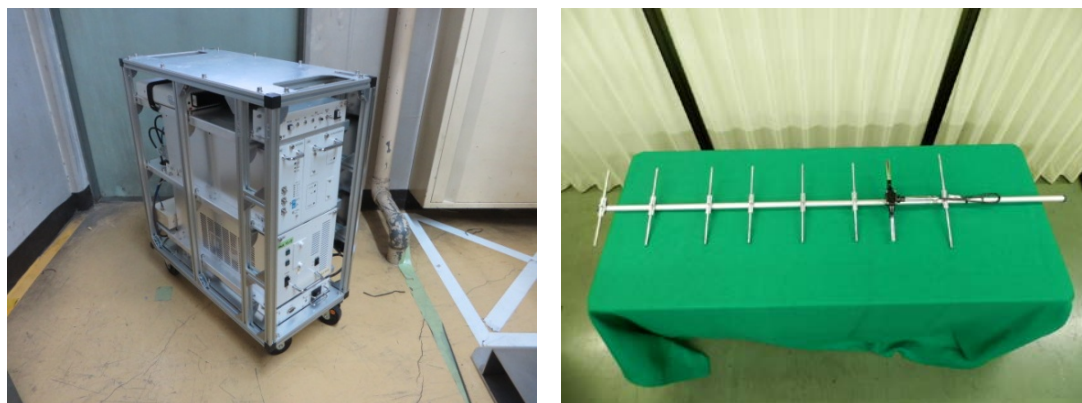


図参 4-4 フィールド試験子局実施状況

参考資料 5 公共業務用装置実証試験

平成 25 年度及び 26 年度に実施した技術試験事務「400MHz 帯災害対策用可搬型無線システムの周波数有効利用技術に関する調査検討」において、実験試験局によるフィールド試験を含む実証試験を実施した。

装置及び空中線の外観を図参 5-1 に示す。



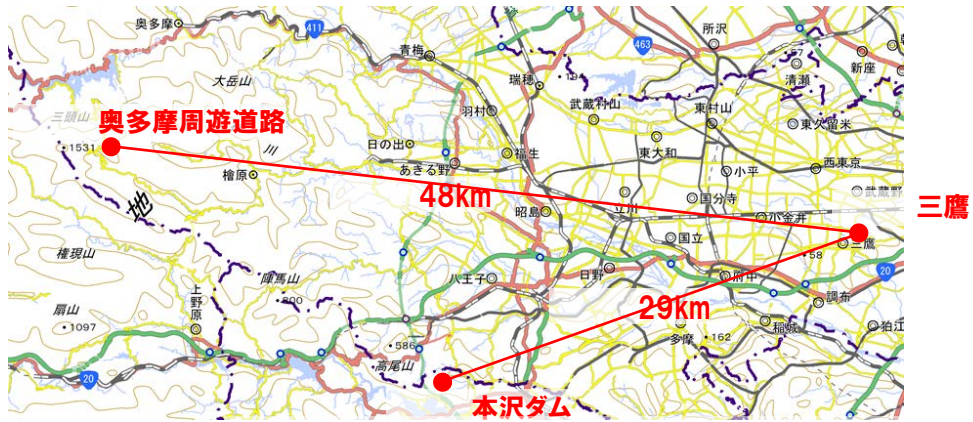
図参 5-1 装置及び空中線

実験試験局を使用し、想定される利用シーンに対応できることを確認するため、約 50km 及び約 30km の区間でフィールド試験を実施した。試験区間の距離及びシミュレーションによる伝搬損失を表参 5-1 に示す。

表参 5-1 試験区間

	箇所	標高	距離 (対親局)	見通し	伝搬損失 (対親局)
親局	三鷹(東京都三鷹市)	59.5m	—	—	—
子局	奥多摩周遊道路 (東京都檜原村)				
	・浅間尾根駐車場	1109.2m	47.78km	見通し	115.69dB
	・月夜見第二駐車場	1091.9m	47.90km	見通し外	128.22dB
	本沢ダム(相模原市緑区)				
	・本沢ダム A	314.6m	28.50km	見通し	117.26dB
・本沢ダム B	314.0m	28.61km	見通し外	123.11dB	

試験区間の位置を図参 5-2 に示す。



国土地理院の電子地形図(タイル)に区間・距離を追記して掲載

図参 5-2 区間位置図

実機による試験結果を表参 5-2 に示す。

表参 5-2 試験結果

変調方式	64QAM	
	見通し	見通し外
子局設置位置	見通し	見通し外
伝搬距離(km)	28.50	28.61
空中線電力(W)	10	
空中線利得(dBi)	11.7	
給電線・共用器損失(dB)	3.5	
受信レベル(dBm)	-58.5	-83.5
BER	0	0
通話・映像試験	OK	OK

変調方式	QPSK	
子局設置位置	見通し	見通し外
伝搬距離(km)	47.78	47.90
空中線電力(W)	10	
空中線利得(dBi)	11.7	
給電線・共用器損失(dB)	3.5	
受信レベル(dBm)	-64.8	-85.5
BER	0	1×10^{-6}
通話・映像試験	OK	OK

フィールド試験実施状況を図参 5-3 に示す。



親局(三鷹)空中線設置状況



子局(本沢ダム)空中線設置状況

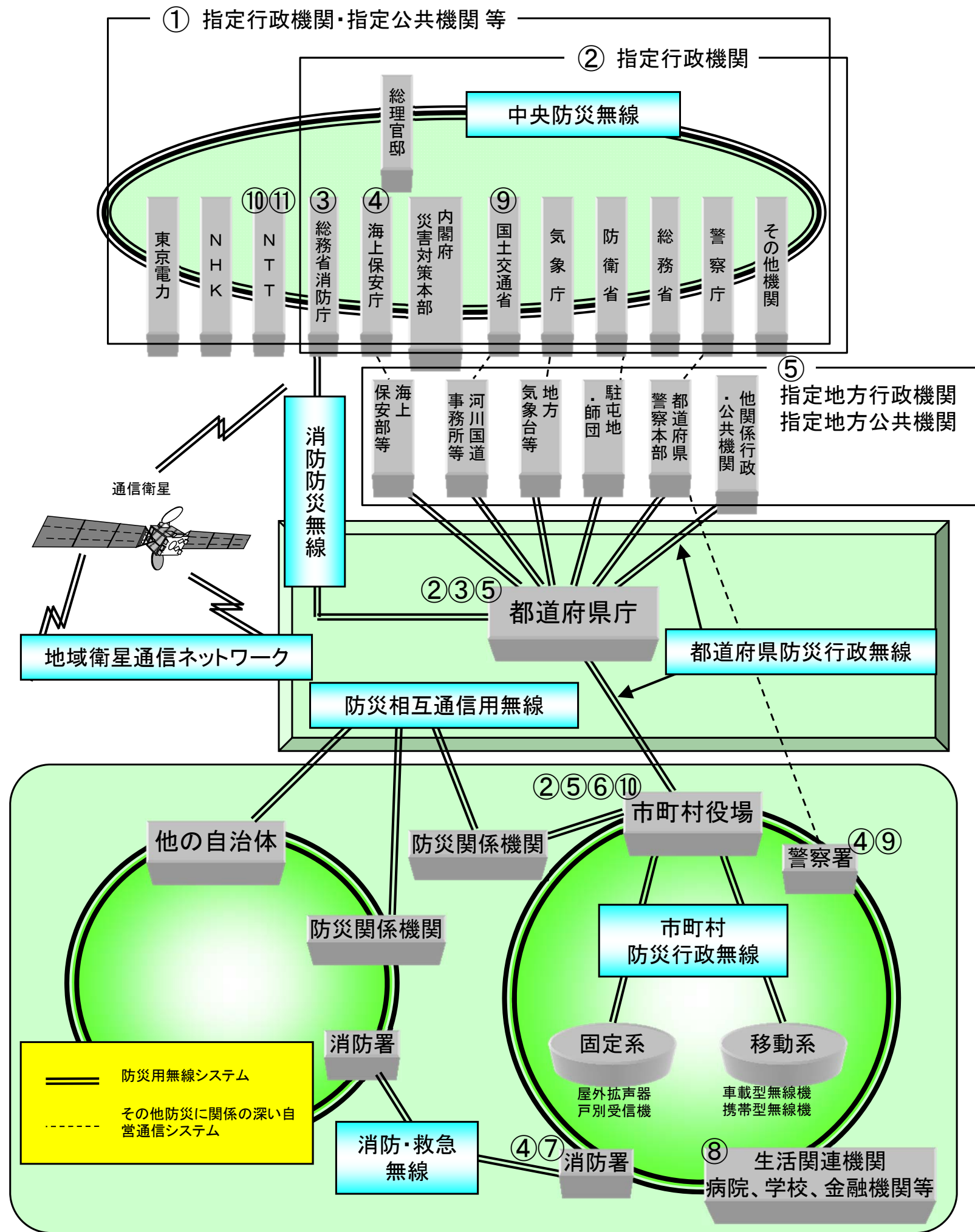


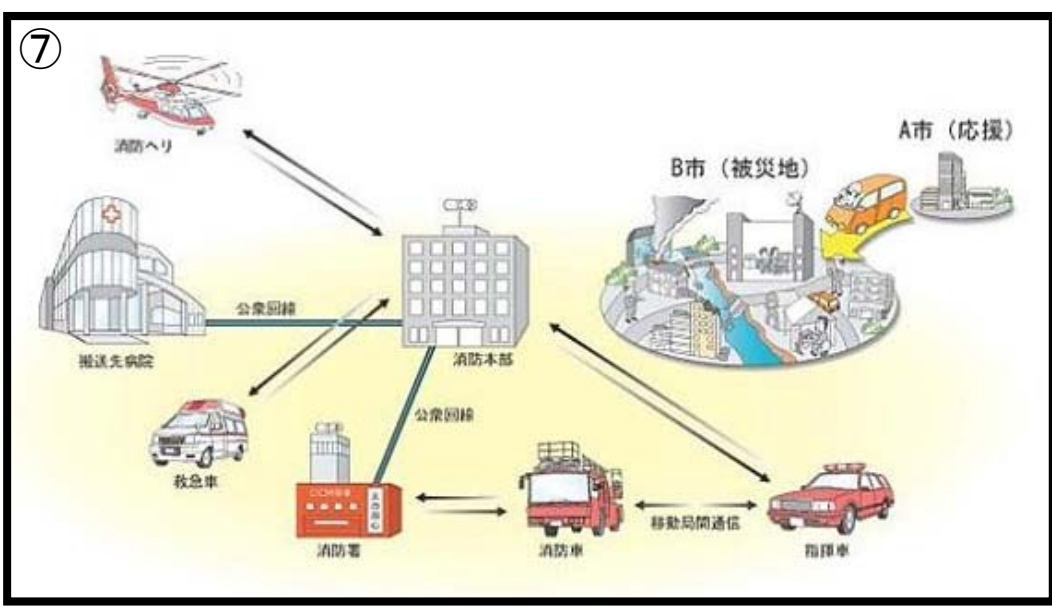
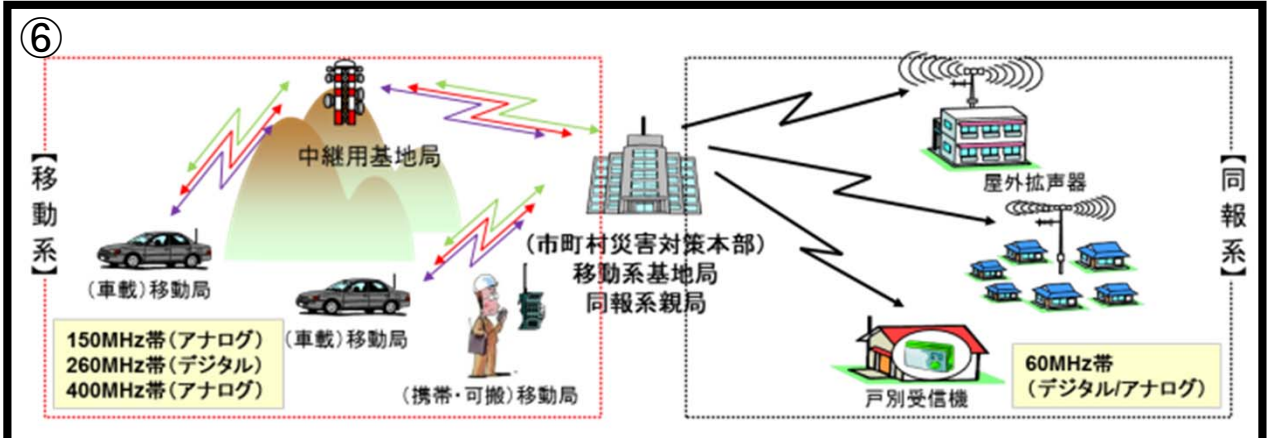
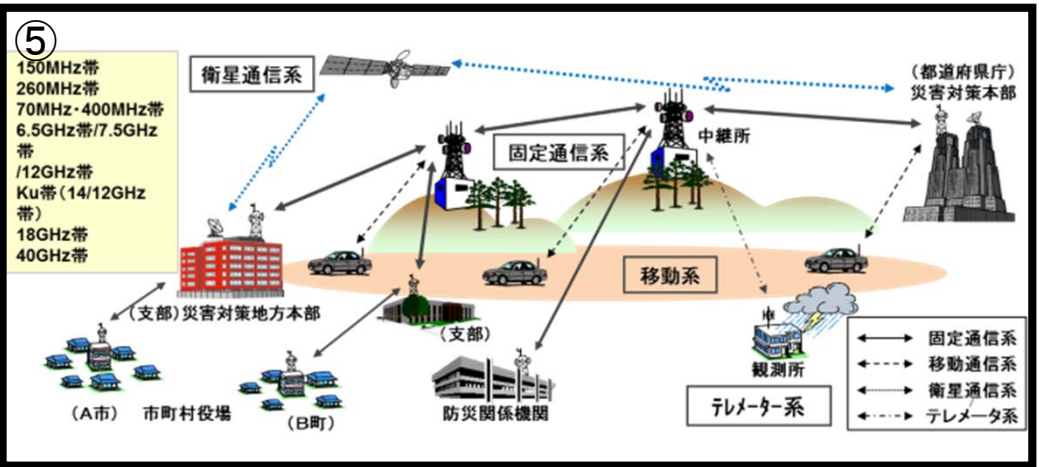
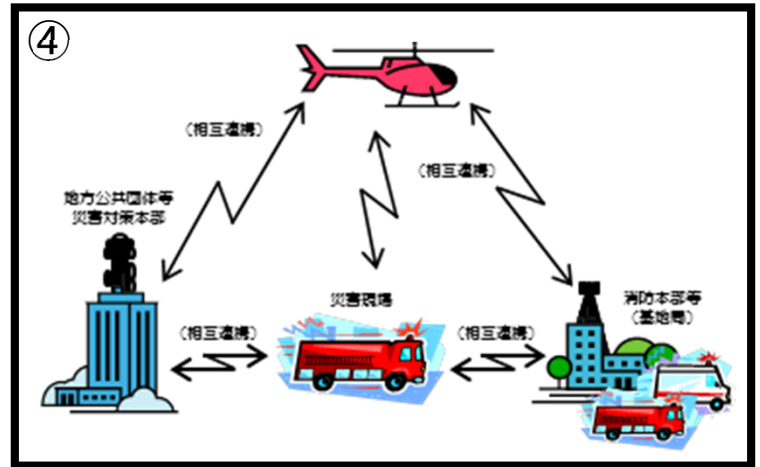
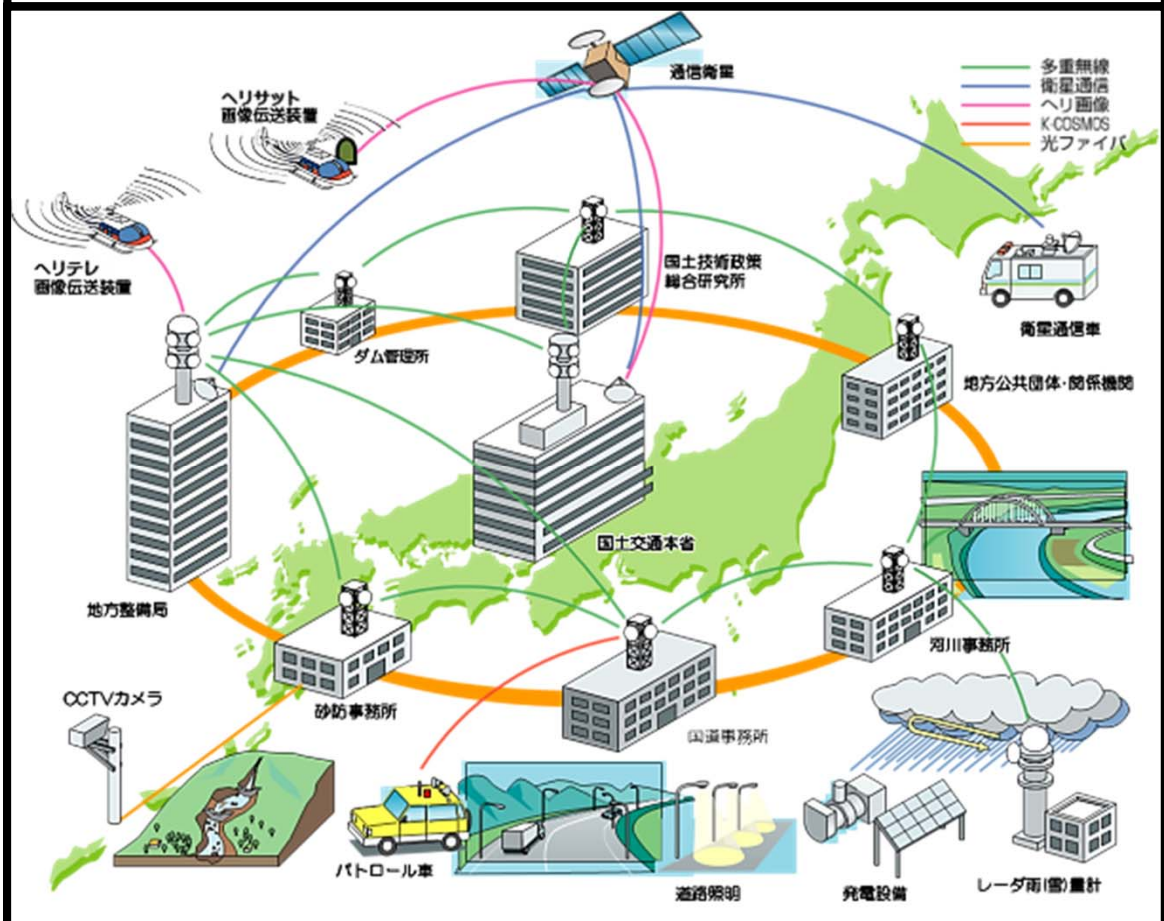
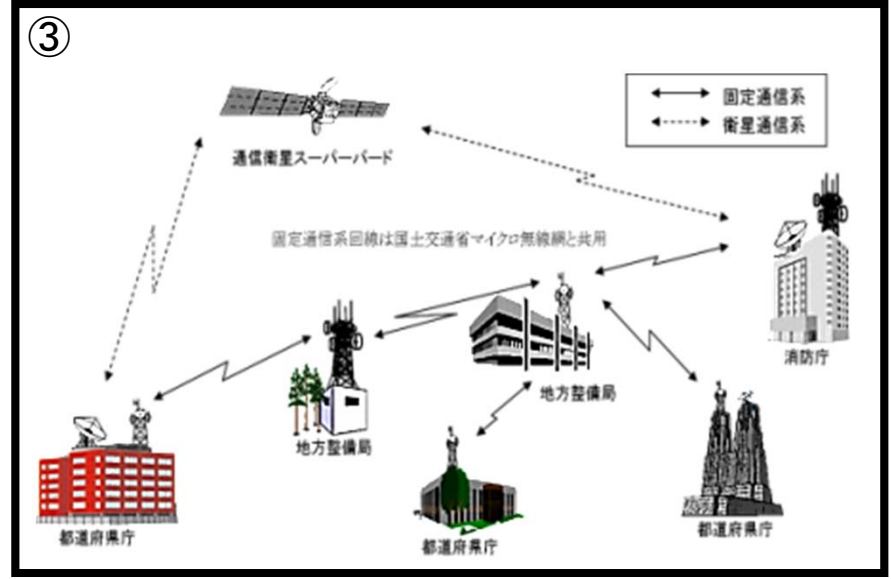
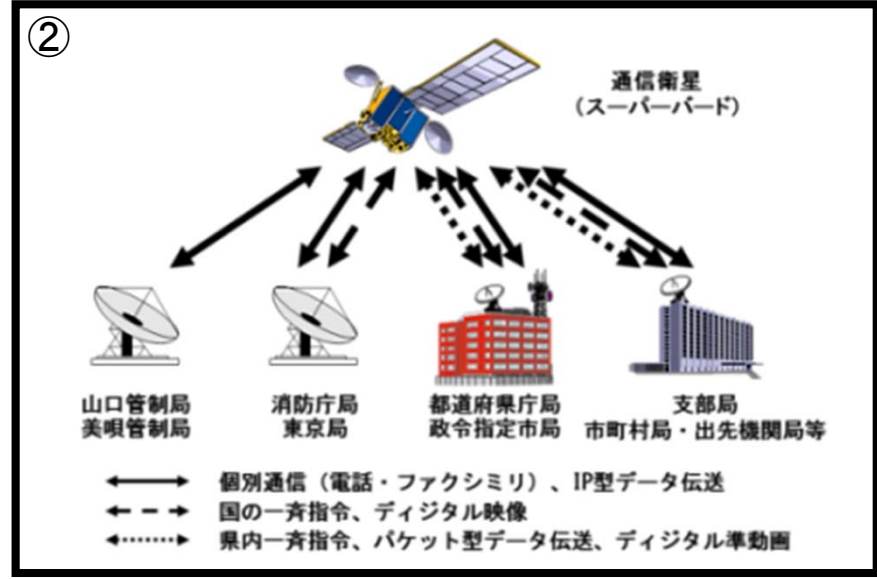
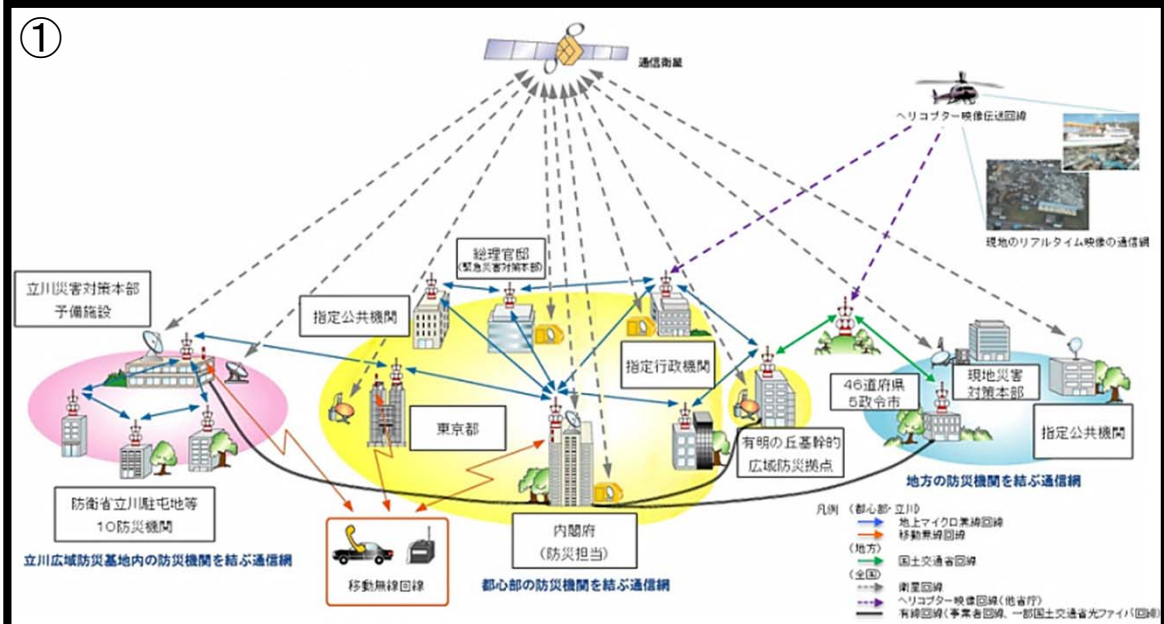
試作無線装置車載状況

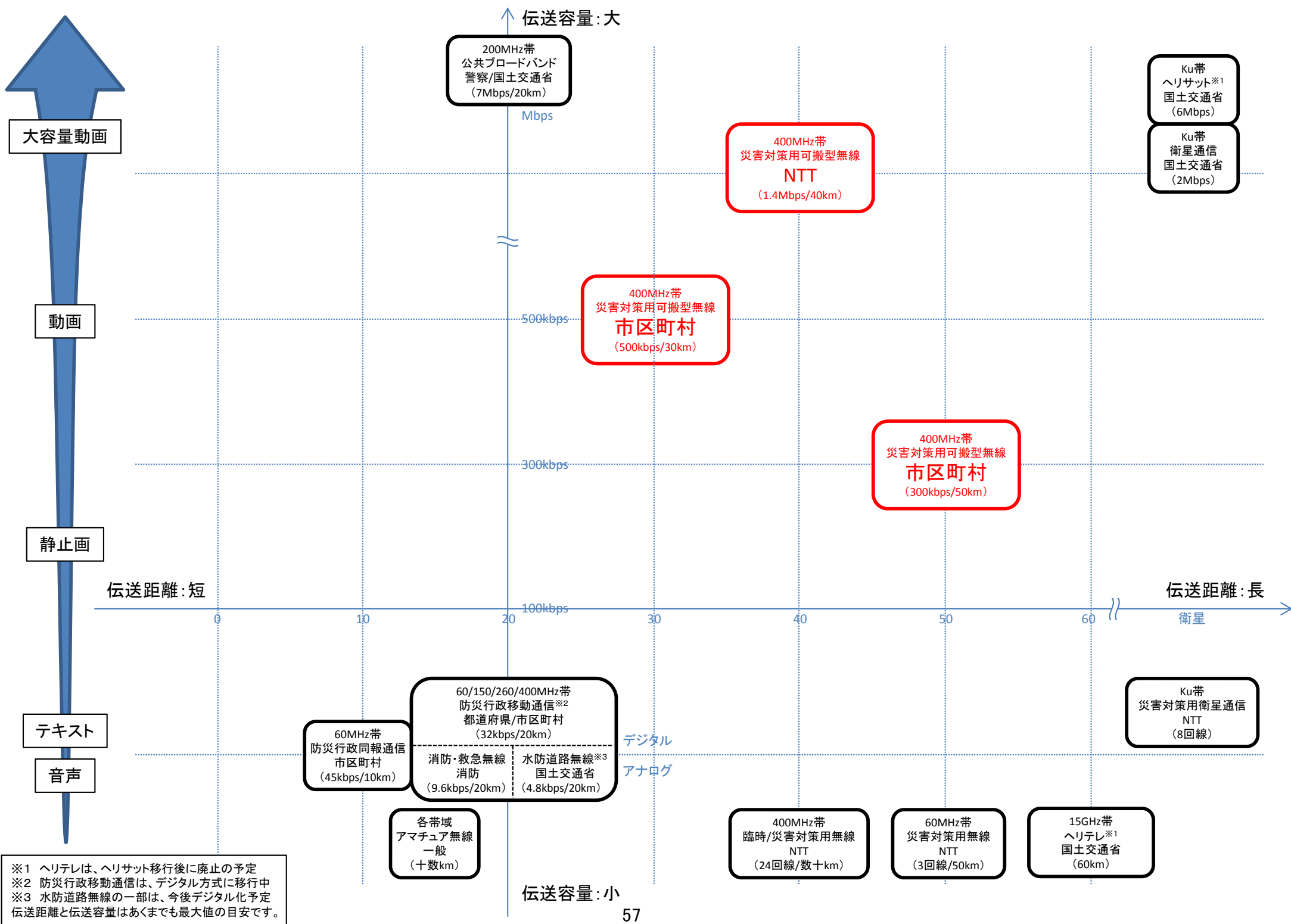
図参 5-3 フィールド試験実施状況

参考資料6 防災・災害対策用無線システム

用途	利用者	概要	周波数
連絡用 (音声による情報収集を含む)	指定行政機関	①指定行政機関、指定公共機関、立川広域防災基地内防災関係機関間で災害情報の収集・伝達を行う。	150MHz帯/40GHz帯/Ku帯(/有線)
		②防災行政無線の拡充・強化・補完を行う。	Ku帯
	指定公共機関	①指定行政機関、指定公共機関、立川広域防災基地内防災関係機関間で災害情報の収集・伝達を行う。	150MHz帯/40GHz帯/Ku帯(/有線)
	立川広域防災基地内防災関係機関		
	総務省消防庁	③消防庁と都道府県間の各種一斉通報や被災地からの災害情報の収集を行う。	40GHz帯/Ku帯
	海上保安庁	④防災活動を円滑に進めるため、海上保安庁、警察、消防等防災関係機関間で被害情報等の相互連絡を行う。	150/400MHz帯
	都道府県	②防災行政無線の拡充・強化・補完を行う。	Ku帯
		③消防庁と都道府県間の各種一斉通報や被災地からの災害情報の収集を行う。	40GHz帯/Ku帯
		⑤地域防災計画に基づき、都道府県、指定地方行政機関、指定地方公共機関、市町村との間で災害情報を収集・伝達する。	70/150/260/400MHz帯/6.5/7.5/12/18/40GHz帯/Ku帯
	警察	④防災活動を円滑に進めるため、海上保安庁、警察、消防等防災関係機関間で被害情報等の相互連絡を行う。	150/400MHz帯
指定地方行政機関	⑤地域防災計画に基づき、都道府県、指定地方行政機関、指定地方公共機関、市町村との間で災害情報を収集・伝達する。	70/150/260/400MHz帯/6.5/7.5/12/18/40GHz帯/Ku帯	
指定地方公共機関			
市町村	②防災行政無線の拡充・強化・補完を行う。	Ku帯	
	⑤地域防災計画に基づき、都道府県、指定地方行政機関、指定地方公共機関、市町村との間で災害情報を収集・伝達する。	70/150/260/400MHz帯/6.5/7.5/12/18/40GHz帯/Ku帯	
消防	④防災活動を円滑に進めるため、海上保安庁、警察、消防等防災関係機関間で被害情報等の相互連絡を行う。	150/400MHz帯	
	⑦消防・救急活動に関する情報伝達、指揮・連絡等を行う。	150/260/400MHz帯	
一般	⑧情報伝達等、ボランティアによる公共無線通信の補完を行う。	各帯域	
情報収集用 (映像による情報収集)	国土交通省	①上空から、被災状況を映像により収集する。	15GHz帯/Ku帯
		⑨災害現場から、災害状況等の映像を送信する。	200MHz帯
	警察	⑨災害現場から、災害状況等の映像を送信する。	200MHz帯
	市町村	⑩災害現場の動画又は精細な静止画を送信し、被災現場情報の収集・共有を行う。	400MHz帯
情報提供用	市町村	⑥市町村役場から地域住民に災害情報の提供を行う。	60MHz帯
		⑩孤立集落や避難所等、既存インフラが途絶した地区との通信を行う。	400MHz帯
電気通信業務用	一般(NTT)	⑪り災者に向けて特設公衆電話を提供する。	60/400MHz帯/Ku帯
		⑩り災者に向けて特設公衆電話及びデータ通信回線を提供する。	400MHz帯/Ku帯







※1 ヘリテレは、ヘリサット移行後に廃止の予定
 ※2 防災行政移動通信は、デジタル方式に移行中
 ※3 水防道路無線の一部は、今後デジタル化予定
 伝送距離と伝送容量はあくまでも最大値の目安です。