

**令和4年度 森林・林業に係る  
情報基盤整備に係る基本調査  
通信環境構築マニュアル**

令和5年3月

林 野 庁



# 目次

<b>【序】概説</b> .....	1
<b>1. マニュアルの目的</b> .....	1
<b>2. 林業分野の ICT・IoT 化に向けた全体像（将来構想）</b> .....	6
<b>3. 公共 BB を用いた通信システムについて</b> .....	9
<b>4. 通信環境構築実用化の構想</b> .....	11
4.1 無線通信システムの概要.....	11
4.2 バックホール回線の概要.....	12
4.3 公共 BB 無線局置局場所の検討方法.....	13
4.4 伝搬シミュレータを用いた無線局置局検討.....	13
4.4.1 無線局の条件設定.....	13
4.4.2 伝搬シミュレーション結果出力.....	14
4.4.3 無線局置局検討方法.....	14
4.4.4 伝搬シミュレータの運用について.....	19
4.5 使用アプリの選定.....	20
<b>【第 I 部】 基地局・中継用移動局・終端局（移動局） の設置について</b> .....	21
<b>1. 基地局の設置</b> .....	21
1.1 設置場所の選定.....	21
1.2 作業の工程.....	26
<b>2. 中継用移動局の設置</b> .....	27
2.1 設置場所の選定.....	27
2.2 作業の工程.....	28
2.3 設置に向けた準備.....	31
2.4 中継用移動局の移設・増設が必要な場合.....	31
2.4.1 伝搬シミュレーション結果の事前確認.....	31
2.4.2 終端局（移動局）のアンテナ方向調整.....	32
2.4.3 中継用移動局の移設.....	32
2.4.4 中継用移動局の増設.....	32
2.5 長期稼働の展望.....	33
<b>3. 終端局(移動局)の設置</b> .....	34
3.1 設置場所の選定.....	34
3.2 作業の工程.....	36
3.3 作業現場の移動について.....	36

<b>4. 無線局（基地局・中継用移動局・終端局（移動局））撤去及び移動手法</b> .....	<b>38</b>
4.1 撤去に必要な作業.....	38
4.2 事業地を移動する場合の作業.....	38
4.2.1 アンテナの選定について.....	38
4.2.2 事業地の移動パターンとそれに伴う作業.....	39
<b>5. 無線局の開設に向けた準備</b> .....	<b>42</b>
5.1 無線局の開設手続き.....	42
5.2 無線従事者資格.....	42
<b>6. 公共 BB 設置に係るコスト（事例による試算等）</b> .....	<b>43</b>
6.1 設置時に係る経費.....	43
6.2 保守管理に係る経費.....	43
6.3 通信費の見込み.....	43
6.4 買取及びリースの比較.....	44
<b>【第 II 部】 使用事例と活用に関する留意点</b> .....	<b>45</b>
<b>1. 委託事業で活用したソフト</b> .....	<b>45</b>
<b>2. 位置情報共有確認</b> .....	<b>46</b>
2.1 概要.....	46
2.2 機器構成.....	46
2.3 活用事例.....	46
2.4 想定される用途.....	47
2.5 必要な機材・ソフト.....	47
2.6 各位置情報の比較と誤差について.....	47
<b>3. ウェアラブルカメラ</b> .....	<b>48</b>
3.1 概要.....	48
3.2 機器構成.....	48
3.3 活用事例.....	48
<b>4. 素材検知</b> .....	<b>49</b>
4.1 概要.....	49
4.2 機器構成.....	49
4.3 活用事例.....	49
4.4 想定される用途.....	50
4.5 必要な機材・ソフト.....	51
4.6 データの転送方法.....	51

<b>5. WEB会議</b> .....	<b>52</b>
5.1 概要.....	52
5.2 機器構成.....	52
5.3 活用事例.....	52
5.4 想定される用途.....	53
5.5 必要な機材・ソフト.....	54
5.6 画像の転送方法.....	54
<b>まとめ</b> .....	<b>55</b>

<b>付録</b> .....	<b>57</b>
付録 1. 公共 BB の回線速度について.....	57
付録 2. 汎用伝搬シミュレータ比較.....	59
付録 3. 無線設備の主要機材一覧.....	60
付録 4. 公共 BB の通信仕様.....	61
付録 5. 用語一覧.....	62
付録 6. 略語一覧.....	64



## 【序】概説

### 1. マニュアルの目的

森林、特に奥地に所在する国有林は、携帯電話の電波が届くエリアの外であるなど、インターネットに接続できない環境（以下、「オフライン環境」という。）であることが多く、通信手段としては、簡易無線や衛星携帯電話等を利用した音声による連絡が最も汎用的に行われていますが、森林・林業の分野でもドローンやレーザ計測など ICT・IoT の導入等が進められているところです。今後、ICT 化をさらに推進し、効果を十全に発揮していくためには、単に情報を収集・蓄積するだけではなく、早期に分析、利用、発信していくことが必要なため、オフライン環境の解消は、ICT を活用する上でも非常に重要です。

一方で、オフライン環境下の森林内での通信システムの構築に当たっては、地形や植生の影響など不明な点が多く、技術的な検討が必要となること、森林・林業の分野において、通信システムはあまりなじみのない分野であり、専門的な知見が不足していると考えられること、初期の設備投資がかかることなどにより、導入が進んでいない状況にあります。また、どの程度の通信環境であれば、どの程度の活用が可能なのかといった点についても、実際の森林内で検証する必要性がありました。

例えば、森林内の作業現場をオンライン化することにより、WEB 会議アプリによる「現場報告、遠隔臨場」、さらに、林業用アプリ（素材検知アプリ等）、位置情報共有アプリ、あるいは、ウェアラブルカメラにより現地映像のリアルタイム伝送等を活用することが実現できるようになります。

本マニュアルは、こうしたことを踏まえ、森林の管理経営や林業経営等を行う、国や地方公共団体、大学、森林・林業に係る民間団体等を対象として作成しました。令和2年度から3年間の委託事業で実施した調査を取りまとめ、森林・林業の関係者が新たに通信システム構築を検討する際の参考として、VHF 帯自営ブロードバンド（公共ブロードバンド移動通信システム）を設置する際の手順等を取りまとめ作成したものです。

本マニュアルが、オフライン環境下の森林において、通信システム構築を推進する一助となれば幸いです。

本文書は、VHF 帯自営ブロードバンド（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）を用いた森林内におけるバックホール回線構築に関する手引き書（マニュアル）の位置づけになります。

VHF 帯（Very High Frequency）は超短波とも呼ばれ、波長は、1～10mで、直進性があり、電離層で反射しにくい性質もあり、山や建物の陰にもある程度回り込んで伝わるすることができます。短波に比べて多くの情報を伝えることが出来るため、FMラジオ放送用や多種多様な業務用移動通信に幅広く利用されています。

本マニュアルのフローを以下のとおり示します。（図 1、図 2）

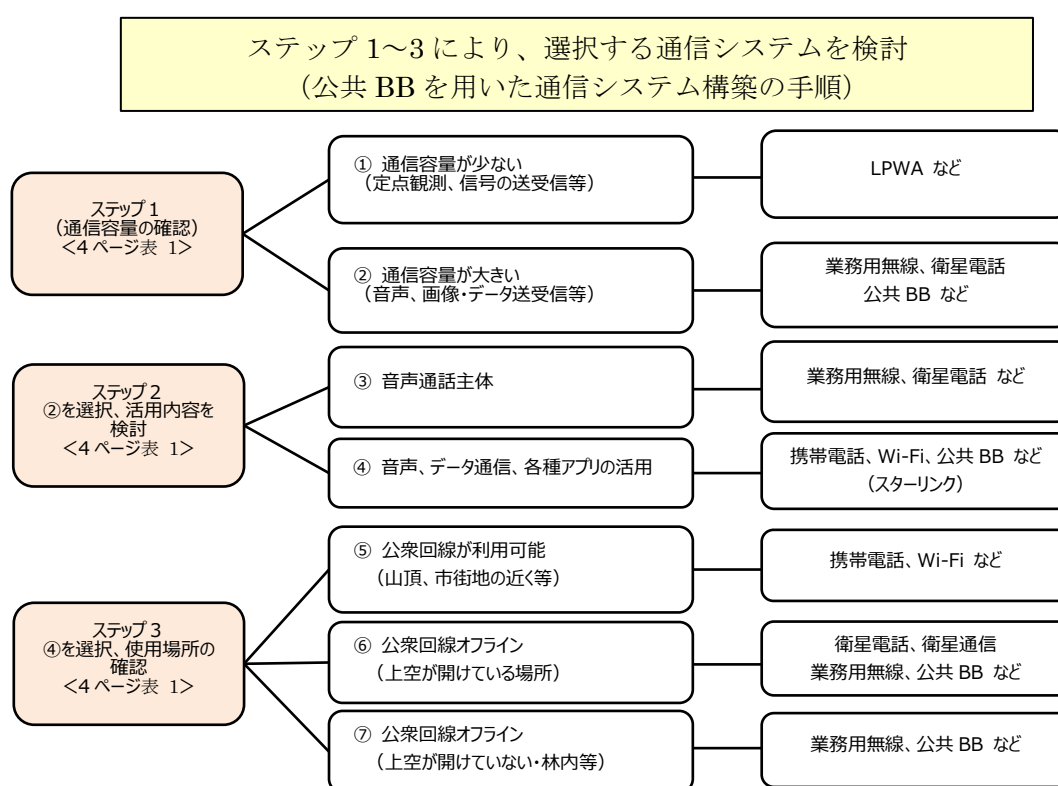


図 1 森林内において通信システムを構築するためのフロー1  
（通信システムの選択）



ステップ4～7により、公共BBのシステムを稼働させるフローを示します。  
 ・基地局の設置場所の選定、事業地から基地局までの通信回線のルート決定、使用するアプリ等から回線の品質を検討、設置機材の検討

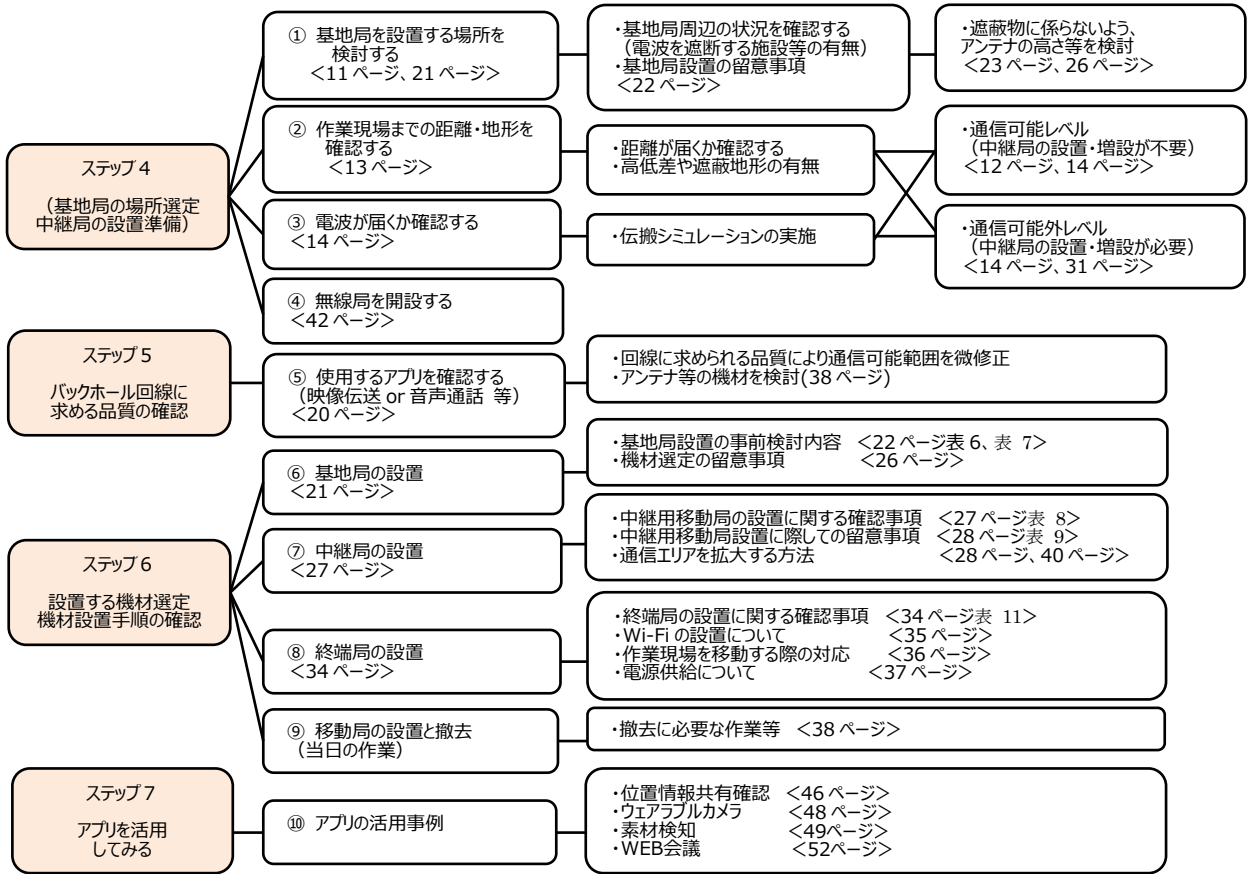


図 2 森林内において通信システムを構築するためのフロー2  
 (公共BBの設置までの手順、撤去等)

山林部における無線通信普及の課題に着目すると、携帯電話の人口カバー率(約100%)に対して、日本国土面積でのカバー率は約60%程度であり、作業現場である山林部は携帯電話が利用できない場所が多く、ICT等の導入を進めにくい状況にあります。

オフライン環境下の森林内において求められる通信要件(事例)をとりまとめると、以下のようなものとなります。

- ① 樹木や地形の起伏の多い森林の中で十分に電波が届くこと (VHF帯～UHF帯)
- ② 音声伝送ができること (簡便な無線機、衛星電話等)
- ③ 生産管理等のデータ通信が伝送できること (Wi-Fi、VHF帯自営ブロードバンド)
- ④ 中継機能による見通し外通信が出来ること (VHF帯自営ブロードバンド)
- ⑤ 現場・事務所周辺で日常的な通信ができること (LTE、Wi-Fi)

⑥ 導入コストが比較的低廉なこと

また、システムの構築の目的として、森林内にある事業地と事務所の間で双方向での音声通話ができること、さらに業務用アプリの活用も条件として検討することとし、データ通信容量の少ない通信方法を除いて検討することとしました。

上記を踏まえ、各通信システムを比較検証した結果は、表 1 の一覧表のとおりです。(令和 2 年度成果報告書「表 2.4」抜粋(一部改訂))

表 1 公共 BB 及び他システムの比較結果一覧

項目	デジタル 業務用無線 /簡易無線	衛星電話	公共 BB	Wi-Fi	携帯電話 3G/LTE/5G
運営主体 (免許主体)	自営	通信事業者	自営	自営	通信事業者
周波数帯	VHF/UHF 帯	1.6GHz 帯	VHF 帯	2.4GHz 帯 5GHz 帯	800MHz ～28GHz 帯
データ通信 容量	2.4kbps 程度 (4 値 FSK)	2.4kbps (リジウム端末)	～約 10Mbps	～20Mbps	～数 100Mbps (契約と電波 環境次第)
用途	音声通話が 主体	音声通話が 主体	・音声通話 ・データ通信 ・各種アプリ利用	・音声通話 ・データ通信 ・各種アプリ利用	・音声通話 ・データ通信 ・各種アプリ利用
見通し外 通信 (森林内通信 の可能性)	○	×	○	△	×
中継機能	△	×	○	○	×
特徴	・各種業務 用途に広く 普及	・携帯電話のエ リア外での通話 が可能 ・山間地森林内 で不感の場合が ある	・エリア構成の自 由度が高い(可搬 型、半固定回線) ・到達距離が長い	・局所的 Wi-Fi ス ポットを容易に構 築可能 ・エリアは最大で も数 100m に留 まる	・森林内はエリア 外となる場合が多 い ・汎用的、誰でも 使いやすい

それぞれの通信システムの特徴を踏まえ、本マニュアルでは基地局から中継局を経由して終端局までつなぐ基本の回線（以下、「バックホール回線」という。）を公共 BB で構築

し、終端局から事業地までを Wi-Fi を用いて業務用アプリのデータ伝送等を行うシステムを構築する手順等を本マニュアルにより作成することとしました。

#### ●衛星インターネットサービス（スターリンク）について（補足）

日本国内においては、令和 4 年度にサービスが開始され、林業分野においても注目されているスペース X 社が開発した衛星インターネットサービスのスターリンク（Starlink™）について補足します。

スターリンクは、大量の衛星を使った低軌道衛星通信ネットワークで、光回線への接続が困難な地域のインターネットサービスや、災害時など、地上の通信が困難な地域において、通信インフラの改善に役立つことが期待されると言われています。林業分野の ICT・IoT 化に向け、この新しい無線通信方式を適用した場合の想定される事項について以下にまとめます。

- 高い回線速度（想定値：ダウンロード＝20～100Mbps、アップロード＝5～15Mbps）
- 地上の基地局設備が不要
- 通信には、空が開けている必要がある（特に北側の空）
- 衛星は、地球を周回移動しているため、常に、通信可能域に衛星があるとは限らない
- 移動運用可能なサービス（RV）と定置型サービス（レジデンシャル）が提供されており、移動運用可能なサービスは混雑時にベストエフォートでのサービスとなり定置型サービスが優先される旨、アナウンスされている
- サービスが始まったばかりで、今後のサービス形態・継続性については未知

スターリンクは、上記のような特徴がありますが、林業分野への適用を想定した場合、山中の作業現場まで、スターリンクの無線設備を運搬し、安定してインターネット通信が確立できるかどうか、確認すべき 1 つのポイントになると言えます。

山中の奥深い作業現場では、見通し条件や衛星の配置などにより、常に衛星を捕捉できるかどうかが変わり、通信の安定性、実現性は、場所に影響して状況が変化します。また、表 1 に整理したとおり、山間地の森林内で不感となる場所があります。林内の木の幹などの遮蔽物を回り込んで電波を伝える性能は、VHF 帯公共 BB が優れています。

以上説明した通り、制限事項はあるものの、衛星が捕捉可能な環境におけるインターネット接続手段としての活用は有効と思われるので、本マニュアルの対象とする無線システムとの相互補完、あるいは、適切・柔軟な棲み分けによる活用方策が有効と想定されます。

## 2. 林業分野の ICT・IoT 化に向けた全体像（将来構想）

森林・林業の作業現場における ICT 推進のための基盤整備として、無線通信システムを構築することで、オフライン環境での ICT・IoT 化を推進することが可能となり、スマート林業の実現に寄与するものと考えます。

近年、ICT などの新技術の開発が著しく進展していますが、森林・林業分野においても、新技術を積極的に活用し、森林管理や林業の効率化等を図ることが期待されています。

例えば、航空レーザー計測は、地上の標高や地形の形状、樹高や森林の蓄積量を測量し、得られた森林資源データを解析・分析したデータを、位置情報などの他のデータと結びつけることにより、より効率的・効果的な森林管理や林業経営を行うことができます。通信システムの実装により、作業現場のオンライン化の実現を図ることで、データの送信・分析や他のデータとの結びつけが、より簡単に行うことができます。

また、将来ドローンの目視外飛行や林業機械の自動操縦、現場監督業務等を行う際には、事務所に居ながらにして作業現場に指示等を行えるようになる可能性があります。

さらに、木材の川上側から川下側までの流通を管理するサプライチェーンマネジメントにおいては、木材の生産段階から流通、木材を加工段階まで、各段階の在庫管理等が重要と思われませんが、通信システムによって、リアルタイムで木材生産の状況を把握できるようになる可能性があります。

以上のように、特に ICT の分野においては、将来的に、通信システムの活用による効果が期待されます。

このような取り組みは、以下に示す、林業イノベーションの展開の一端を担うものとして期待されます。



図 3 森林・林業における ICT・IoT 化の目標

出典：令和元年度 森林・林業白書(林野庁) の

「林業イノベーションの展開方向」 p.49) から抜粋

森林内の作業現場をオンライン化 (ICT・IoT 化) に期待される業務内容を示します。(表 2) 本事業にて活用したアプリケーション事例は、第 II 部に記載しています。

表 2 森林・林業における ICT・IoT 化に期待される効果

業務カテゴリ	期待される効果
安心・安全の確保	森林内緊急連絡の実現 (音声通信、位置情報共有のためのデータ通信)
森林調査	①作業者間の情報連絡、位置情報共有、計測結果集計
	②作業指示、報告
生産業務	作業者間情報連絡、位置情報・作業量共有、業務日報作成
土木関連・防災	①インフラ設備・要監視地域のモニタリング
	②災害発生時の初動現場モニタリング
	③現場施工自動化を推進する通信 (現場管理事務所と機械間の点群データ通信等)

### 3. 公共 BB を用いた通信システムについて

林業事業地の ICT 化に向けて、バックホール回線として使用する通信システムとして、公共 BB を想定しています。公共 BB の特長を以下に示します。(詳細は付録 4 に示します)

- 見通し外通信(\*1)に適しており、降雨・降雪に影響されにくい電波の特長を有する
- 山間部などで発生しやすい反射波(\*2)のある環境下でも通信が可能
- 無線局 1 対向で最大約 8Mbps のスループット(\*3)が可能
- 最大 30km まで通信可能
- 3 台以上の無線局での無線多段中継による通信エリアの拡大に適する
- 有線 LAN インタフェースを有し、パソコンとの有線接続可能
- 装置に具備する Wi-Fi 機器 (アクセスポイント) (\*4)を介して、スマートフォンやタブレット等との無線接続可能
- 従来の無線システム (LPWA(\*5)、簡易無線) と比較し、映像伝送、及び、インターネット回線への接続も簡単に実現可能
- 2 本のアンテナ構成 (受信ダイバーシチ(\*6)) のため、森林内においても良好な受信性能を得ることが可能

上記(\*1~\*6)の用語について補足します。

(\*1) 見通し外通信：

通信路に物理障害物が存在する環境での通信を指します。障害物に当たった電波は、障害物を回り込んで他の方向に伝播する、いわゆる回折現象を利用し、通信距離を延ばすことができます。

(\*2) 反射波：

電波が壁面や障害物に当たって反射し、元の方向と逆の方向に伝播する現象のことを指します。一般に反射波の存在する環境においては、信号品質低下が発生することが知られていますが、一方で、反射波を活用して障害物の先まで通信が可能になったり、多重反射による信号を合成して信号品質を改善することが出来る場合もあります。

(\*3) スループット :

一般的に、携帯電話等の説明で 사용되는回線速度、または、通信速度と同義であり、単位時間あたりに伝送できるデータ量のこと。単位は bps (bit per second) で、1 秒あたりの情報ビット数で表すことが多いです。

(\*4) Wi-Fi アクセスポイント :

無線でスマートフォン、ノートパソコン、ゲーム機といった複数の無線 LAN (Wi-Fi) 機能付きの端末を、インターネット回線に接続するための機械です。無線 LAN と有線 LAN を相互変換する装置であるとも言えます。

(\*5) LPWA :

Low Power Wide Area の略で、低消費電力で長距離通信が可能な無線通信技術のことを指します。IoT などの低帯域通信に適しており、多数のセンサーなどを接続することができます。Sigfox、LoRa、NB-IoT などの規格があります。

(\*6) 受信ダイバーシチ :

複数のアンテナを使用して同じ信号を受信することで、信号品質の向上を図る技術です。受信機が複数の信号を同時に受信し、それらを組み合わせるとより良い信号を得ることができます。これにより、電波が弱い場所でもより高い通信品質を実現できます。受信ダイバーシチは、無線通信やテレビ放送などの分野で広く利用されています。



## 4. 通信環境構築実用化の構想

本節では、通信システムの全体構成と、各構成要素の機能について説明します。

### 4.1 無線通信システムの概要

無線通信システムは主に3つの設備「事業事務所等設備（基地局）」、「尾根側設備（中継用移動局）」、「山中側設備（終端局（移動局）」から構成され、それぞれの無線局が無線ネットワークを構成することで、林業事業地（作業現場）のICT化を推進します。典型的な無線システムの構成イメージを、図4に示します。

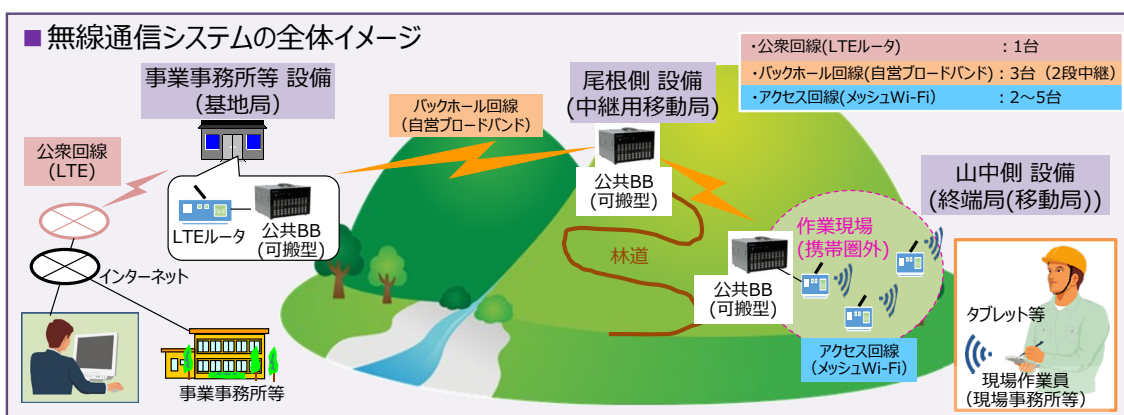


図4 林業分野における無線通信システムの構築イメージ

各設備の機能概要を以下に示します。

#### ●事業事務所等の設備（基地局）：

無線通信システムを通じて、現場から発信される情報を、インターネット回線と基地局の接続可能な公衆回線を接続することにより、基地局を通じて現場と他の事務所をつなげることが可能となります。

#### ●尾根側の設備（中継用移動局）：

「事業事務所等の設備」と「山中側の設備（終端局(移動局))」を中継し、山中の作業現場までインターネット回線を延伸するために設置します。

#### ●山中側の設備（終端局（移動局））：

作業現場、または、車載型の機器の場合は車両を停止できる箇所に設置して、本移動局に具備するWi-Fi機器（AP：アクセスポイント）を介して、オフライン環境下の森林内でもスマートフォンやタブレット等との無線接続環境を提供できます。

本システムは上記3設備（拠点）をバックホール回線として接続することで、林業事業地にインターネット接続を提供するものです。

基地局におけるインターネット接続手段としては、携帯電話回線や、有線の光回線に代表される公衆回線を活用することができます。また、作業現場における作業者の端末（スマートフォンまたはタブレット等）の接続には Wi-Fi をアクセス回線として活用することで、林業事業地における IP 通信を可能にします。

なお、アクセス回線として利用する Wi-Fi アクセスポイント（以降 Wi-Fi AP と記す）は、市販のものだけでなく、公共 BB 無線局に具備する Wi-Fi AP を利用することができます。また、メッシュ Wi-Fi 機器を増設していくことで、当該無線局周辺の Wi-Fi 通信エリアを拡大することが可能になります。

## 4.2 バックホール回線の概要

本節では、公共 BB によるバックホール回線の概要を示します。

### 基地局

- ✓ 公衆回線との接続可能な、森林事務所等に設置する通信の中心となる無線局です
- ✓ 運用時は、本基地局の配下に中継用移動局及び終端局（移動局）が接続されます
- ✓ 作業現場では無線機の設置場所が変わるのに対し、基地局は一定の箇所に長期設置することを想定した設備としました
- ✓ 公衆回線と公共 BB を接続するためには、有線 LAN インタフェースを有する「LTE ルータ」が必要になります

### 中継用移動局

- ✓ 基地局と終端局（移動局）が直接通信できない場合に、両局を中継するための無線局
- ✓ 終端局（移動局）と同様に、Wi-Fi 機器によるアクセス回線が構築可能です

### 終端局（移動局）

- ✓ 山間部のインターネット等のオフライン環境にある作業現場に設置する無線局です
- ✓ 基地局または、下記の中継用移動局と接続されます
- ✓ 本移動局に具備する Wi-Fi 機器（アクセスポイント）を介して、スマートフォンやタブレット等との無線接続が可能です
- ✓ 森林事務所等に設置する基地局と比べ、一般に、林業業務では事業地がいくつもあり、

作業現場が変わる前提があるため、1日単位での設備設置・撤収による運用を想定して設置方法を検討しました。

### 4.3 公共 BB 無線局置局場所の検討方法

森林事務所（基地局）と作業現場（終端局（移動局））を公共 BB システムで無線接続する場合、以下 2 段階で検討を行う必要があります。

ステップ 1：基地局と作業現場の直接通信可否の判定

ステップ 2：中継用移動局を介する必要がある場合に、候補地を選定

ステップ 1、2 ともに、通信可否の判定に際しては、伝搬シミュレーションソフトウェア（以下、伝搬シミュレータと記す）を活用した検討が有効です。

伝搬シミュレーションソフトウェアは、各種ございますが、代表的な汎用伝搬シミュレーションソフトウェア例は、付録 2 に示したとおりです。

通信可否の判断は、2 つの要素の確認となります。1 つは、基地局から接続する先まで、通信が届く範囲内にあるかどうか、もう 1 つは、接続先までの直線ルートに通信を遮断する要素の有無となります。これらを調べる方法として、まず、最初に机上の調査である伝搬シミュレーションを行います。

### 4.4 伝搬シミュレータを用いた無線局置局検討

ここでは、伝搬シミュレータによる通信可否を判断する方法と実際の事例を示します。

#### 4.4.1 無線局の条件設定

まず、送信局から発射された電波が到達する範囲を計算する場合に、無線伝搬特性計算に必要な無線局の情報（表 3）を伝搬シミュレータの入力パラメータとして設定します。

伝搬シミュレータは、このような条件と地形を基にして、送信局から発射される電波の到達範囲と電波の強さを地図上にプロットします。

表 3 伝搬シミュレータ入力パラメータ（一例）

無線局	パラメータ	入力数値（例）	単位
基地局 (送信側)	送信出力	5	W
	アンテナ利得	10.65	dBi
	アンテナ高 (設置条件による)	6	m
	ケーブル損失(20m)	2.1	dB
	位置情報	36.416090 138.799960	緯度 経度
終端局または中継用移動局 (受信側)	アンテナ利得	2.15	dBi
	アンテナ高 (設置条件による)	3	m
	ケーブル損失(20m)	1.0	dB

#### 4.4.2 伝搬シミュレーション結果出力

ある送信点から電波を送信したときに、あるエリア内の各地点において、電波の強さがレベルごとに色分けされた情報を地図上に表示します。

たとえば、付録 2 に示す「RVMX 回線設計」を用いて計算した場合の計算結果を、図 5 ～図 10 のように視覚化し、この結果を利用して以下に置局検討例を示します。

#### 4.4.3 無線局置局検討方法

各無線局の置局について、伝搬シミュレーション結果に基づき、最適な置局候補地を絞り込む手法について説明します。なお、本説明に用いた置局場所は、本年度事業の実施場所と同じ場所を想定しています。

##### ① 森林事務所と作業現場が直接接続可能かどうか確認する

森林事務所(基地局)と作業現場(終端局(移動局))のそれぞれから送信した場合の伝搬シミュレーション結果を図 5、図 6 にそれぞれ示します。

公共 BB システムにおける各回線速度の実現に必要な受信電力レベルについての詳細は付録 1 に記載しているとおりですが、ここでは、オレンジ色の「-80~-70 dBm」以上を、通信可能な受信レベルとして説明します。

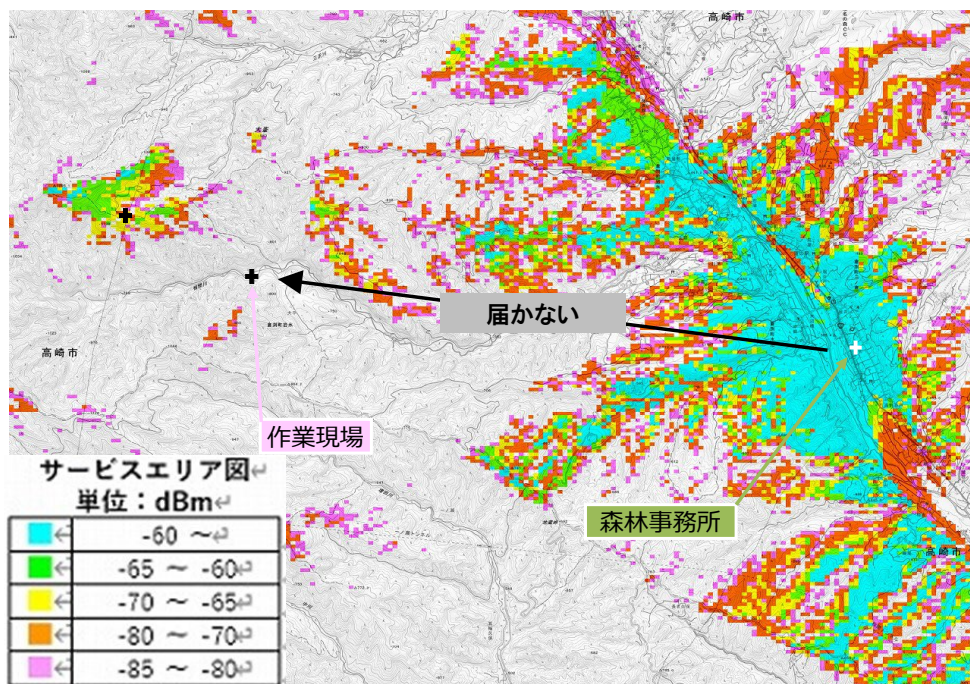


図 5 伝搬シミュレーション結果 (1-1：森林事務所から送信)

図 5 の結果より、森林事務所からの電波は、作業現場に届かないことが分ります。

次に、作業現場から送信した場合の伝搬シミュレーション結果を図 6 に示します。この結果から、作業現場から送信した電波も森林事務所に届かないことが確認できます。

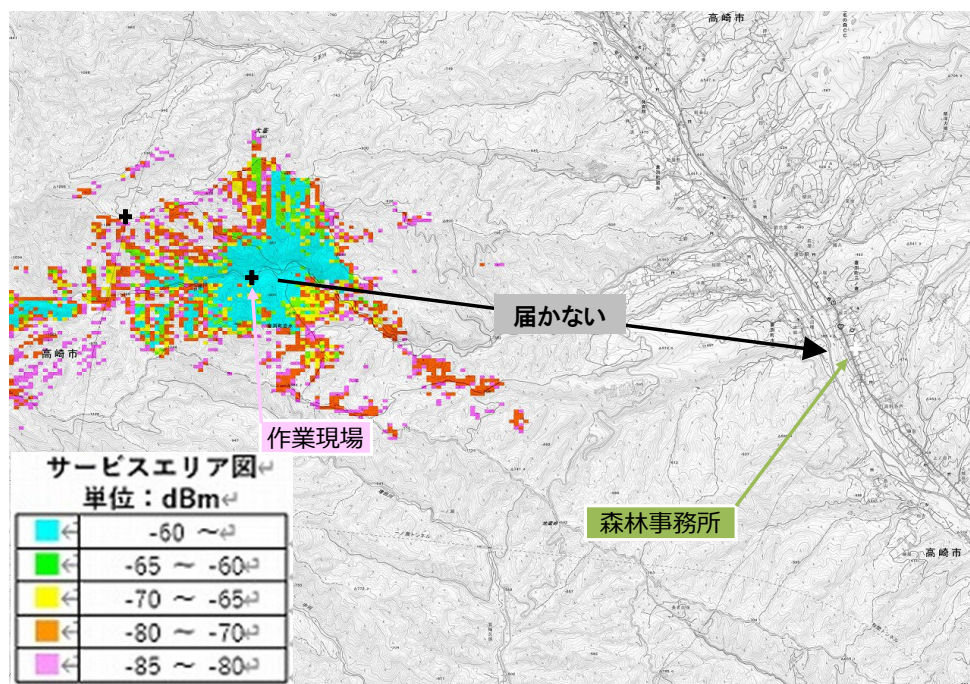


図 6 伝搬シミュレーション結果 (1-2：作業現場から送信)

以上より、森林事務所と作業現場からの電波は互いに届かないことが確認できるため、森林事務所と作業現場で通信するためには、中継用移動局が必要という結果になります。

## ② 森林事務所と作業現場からの電波が両方とも受信できる地点を探す

次に、森林事務所(基地局)と作業現場(終端局(移動局))のそれぞれから送信した場合の伝搬シミュレーション結果を図7、図8にそれぞれ示します。

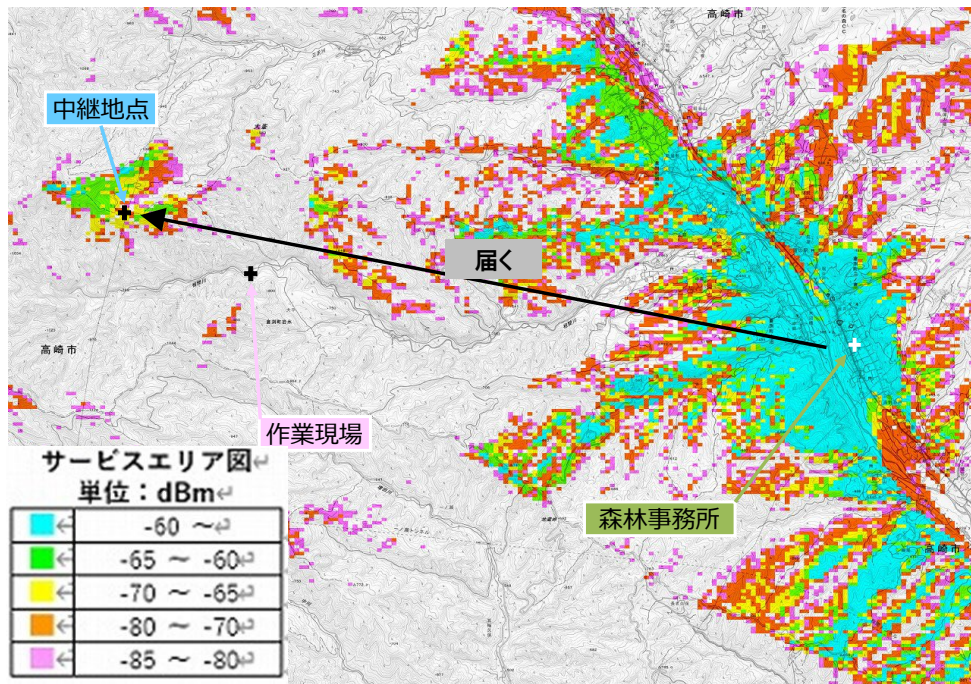


図7 伝搬シミュレーション結果 (2-1: 森林事務所から送信)

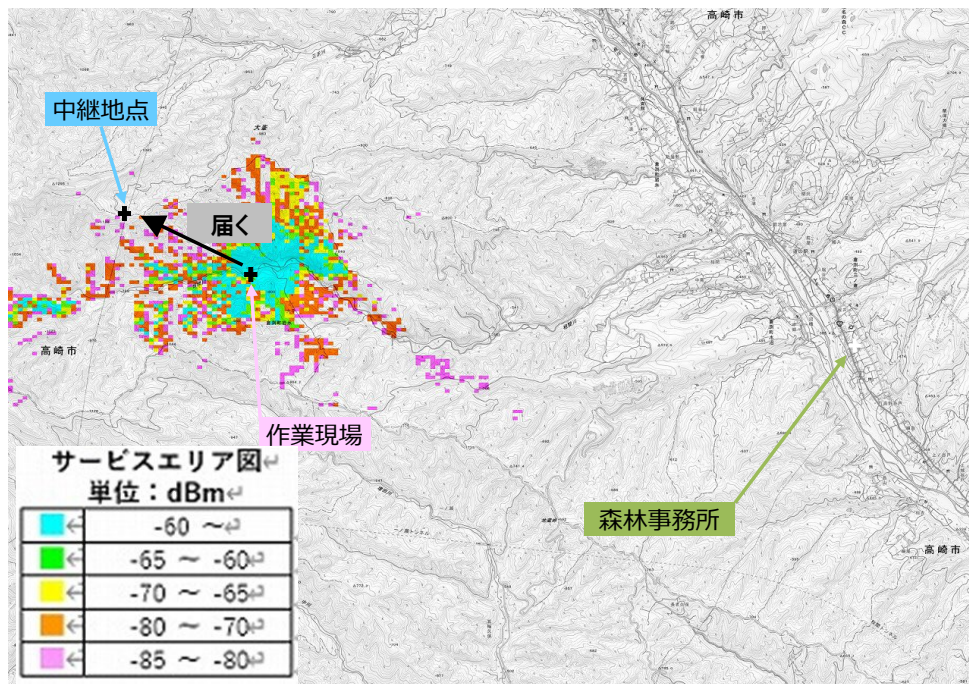


図 8 伝搬シミュレーション結果 (2-2：作業現場から送信)

図 7、図 8 の結果から、地図の北西部（林道の終点付近）に、森林事務所と作業現場の両方からの電波が届く中継地点の候補地があることが確認できます。

### ③ 中継地点からの電波が森林事務所と作業現場に届くことを確認する

中継地点（中継用移動局）から電場を送信した場合のシミュレーション結果を図 9、図 10 に示します。以下の 2 つのシミュレーションでは、送信条件は同じですが、受信条件が異なります。図 9 は、森林事務所での受信を想定し、アンテナ高=6m（ポール仮設）、アンテナ種別=指向性アンテナ（5 素子八木アンテナ）とし、図 10 は、作業現場での受信を想定し、アンテナ高=3m（三脚仮設）、アンテナ種別=無指向性アンテナ（ブラウンアンテナ）の条件にて、伝搬シミュレーションを実施しています。

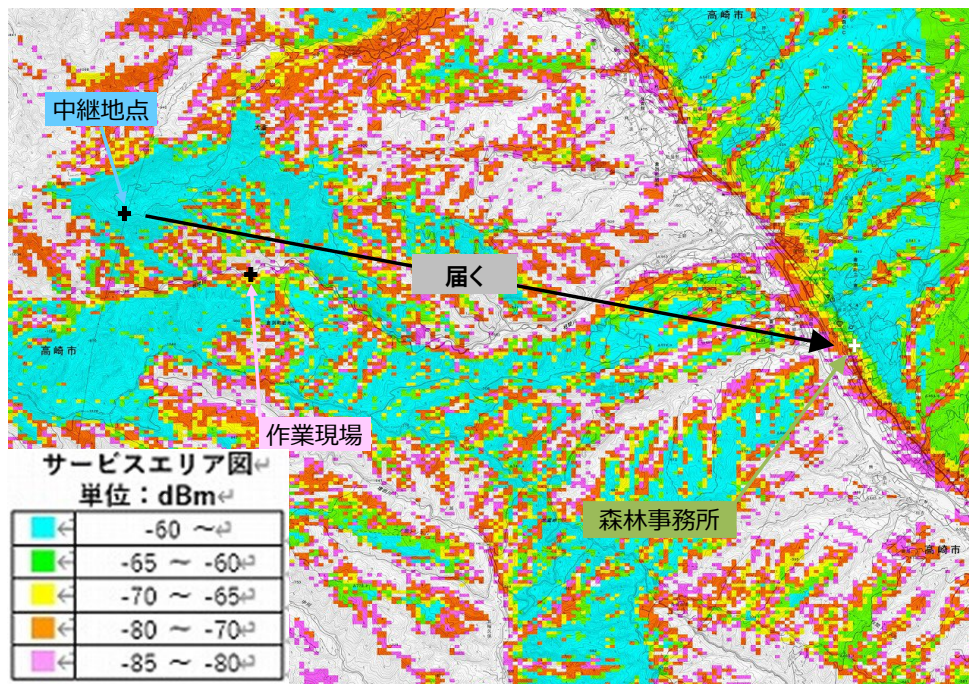


図 9 伝搬シミュレーション結果 (3-1：中継地点から送信 1)

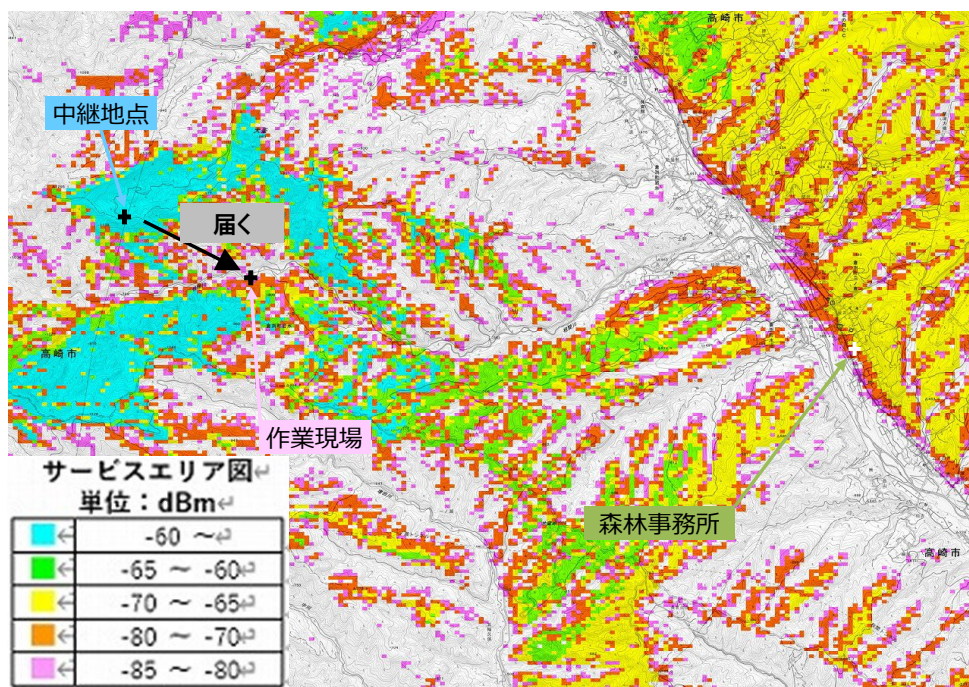


図 10 伝搬シミュレーション結果 (3-2：中継地点から送信 2)

以上の結果より、中継地点（中継用移動局）の候補地から送信した電波が、森林事務所（基地局）と作業現場（終端局（移動局））の両方に到達することが確認できます。



このように、①～③の伝搬シミュレーションを実施することで、3つの無線局間の無線通信が可能であることが確認され、結果として図11に示すバックホール回線が構築できます。



図 11 シミュレーション結果に基づくバックホール回線

#### 4.4.4 伝搬シミュレータの運用について

「4.4」及び、付録2では、汎用の伝搬シミュレータを用いた無線局の置局検討方法、及び、市販の伝搬シミュレータの調査結果について記載しています。そして、システム運用前のバックホール回線の構築に関しては、事前の置局検討と電波伝搬試験を実施し、無線設備を設置した上で運用を開始する、という流れになります。

しかしながら、現在のICT・IoT化を推進している林業分野において、森林の管理経営や林業経営等を行う者（国、地方公共団体、大学、民間団体等）が、無線システムの導入を検討する場合、ユーザ自身で市販の伝搬シミュレータを購入し、事務所等と作業現場間のバックホール回線構築の検討を行うことは、ノウハウ等の側面から実行面での課題も想定されます。

そのような状況を鑑みると、現実的な対応策として、通信システムの導入を検討されるユーザが、置局検討及び電波到来状況の確認及び通信システムの設計業務等を外部委託し、導入可否検討を実施することも、一つの選択肢と考えられます。また、1つの地域において、無線システム構築を完了し、運用が継続している中で、他の事業地への展開を見据えた時期に、段階的に伝搬シミュレータを導入し、事業地の移動への対応も含め、置局検討に伝搬シミュレータを活用していく運用も想定されます。

## 4.5 使用アプリの選定

バックホール回線を利用して実現したい ICT 機能に応じて、最適なアプリケーションを事前に選定しておくことが円滑な運用を行う上で、重要な要件となります。

アプリケーションによって、バックホール回線に求められる特性が異なりますので、構築するバックホール回線で実現可能な回線速度に応じたアプリケーションの選定が必要になります。

### 回線速度とアプリ要求品質の関係

- データ伝送と比較し、音声・映像伝送はリアルタイム性が要求されるため、回線速度に余裕を持たせておく必要があります。
- 音声に比べ、映像伝送の方が、より大きな回線速度を必要とする傾向があります。
- WEB 会議用アプリ、または、映像配信用機器などには、回線速度に応じて、自動で送信データ量を可変させる機能を有するものが存在します。

### 公共 BB システムの回線速度の特徴

- 無線回線品質「通信信号のクリアさ（信号と雑音の電力比）」に応じて通信方式（変調方式）を変更させることで、安定した無線通信を実現します。
- 基地局から終端局への回線速度と、終端局から基地局への回線速度の比率を変更可能です。（3パターン）
- 無線回線品質が高いほど、回線速度が上がる傾向があります。
- 中継用移動局を増設するごとに回線速度は低下します。

表 4 公共 BB システムの回線状況と回線速度の目安

変調方式	所要受信電力 (目安)	所要無線回線品質 (目安)	回線速度 (相対比較)
QPSK	-83 dBm	7 dB	低
16QAM	-76 dBm	14 dB	中
64QAM	-70 dBm	20 dB	高

詳細は付録 1 「公共 BB の回線速度について」をご参照ください。

# 【第 I 部】 基地局・中継用移動局・終端局（移動局） の設置について

第 I 部では、公共 BB を用いたバックホール回線を構築するために必要な機材について説明するとともに、設置方法について事例を元に説明します。

## 1. 基地局の設置

### 1.1 設置場所の選定

#### (1) 設置場所の選定条件

基地局設置に関する確認事項を記載します。

表 5 基地局設置に関する確認事項

#	項目	確認事項
1	設置場所	・仮設スペース（無線装置、PC 等） ・屋内／屋外設置の条件整理 （防水対策要否、収納ボックスなど）
2	アンテナ設置	・敷地等の確認、 ・設置スペース（三脚等） ・ポール設置条件（屋上、駐車場等） ・見通し環境の下見（周囲の遮蔽物有無確認）
3	ケーブル敷設	・必要となる同軸ケーブル及び LAN ケーブルの長さ、及び、 配線方法
4	電源	・関連施設からの AC100V 供給可否 ・ポータブルバッテリー供給可否
5	公衆回線の通信環境 （インターネット回線 接続の場合）	・森林事務所側（基地局）の LTE 回線の状況確認

#### (2) 基地局設備の機器構成

基地局設備の機器構成の一例について以下の図 12 に示します。

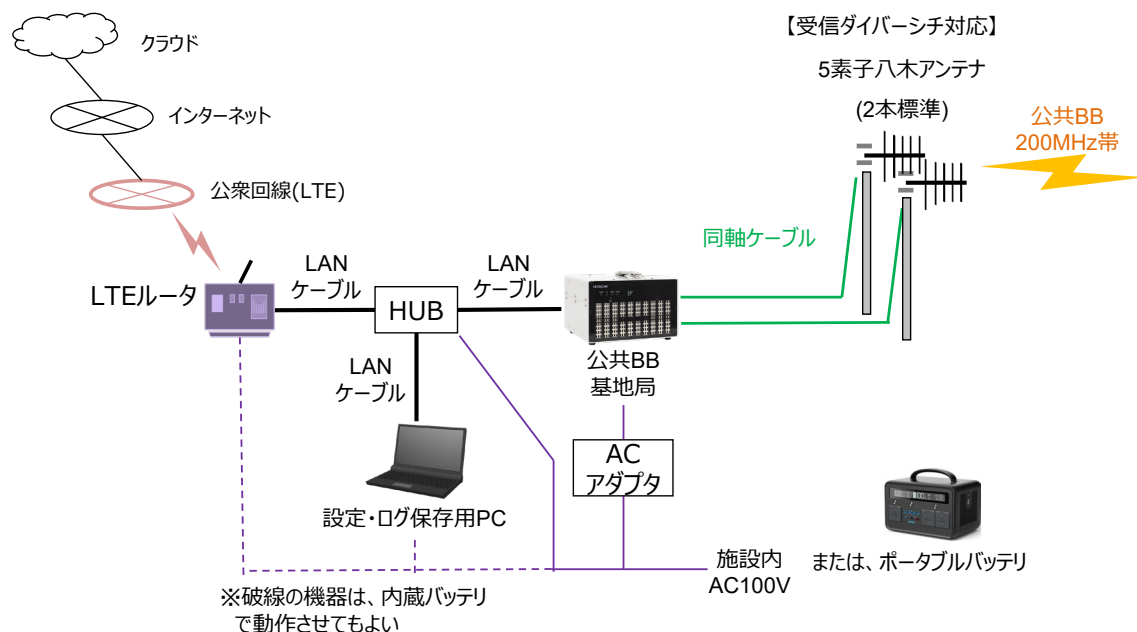


図 12 基地局設備の一例

基地局設置に際しての留意事項を表 6 に示します。

表 6 基地局設置に際しての留意事項

#	留意事項
1	基地局の操作には、無線従事者資格「第3級陸上特殊無線技師（三陸特）」以上が必要
2	公共 BB システムを介してインターネット回線と接続するためには、基地局と LTE ルータ等の携帯電話網、もしくは、光回線網と基地局を接続する必要あり
3	各機器の電源供給では、AC100V、または、ポータブルバッテリーからの供給が考えられる。なお、バッテリー内蔵タイプの機器には、外部からの電源供給は不要
4	公共 BB の免許人対象は、原則、林野庁など国・自治体等の公的公共機関、内閣総理大臣が指定する指定公共機関、および都道府県知事が指定する指定地方公共機関

### (3) 事前調査（機材設置個所の確認 等）

基地局は、森林事務所などの既存の建物を利用した設置が想定されます。

基地局設置の事例は、図 12 のとおりですが、このうち、アンテナについては周辺の建物に通信の見通しが遮断されない高さに、2 本設置する必要があります。図 12 に示す事例では、指向性のあるアンテナを選択していますが、事業地が基地局から見て複数の方位にある場合や、通信環境によっては無指向性のアンテナを活用することも可能です。

本節では、倉渕森林事務所の敷地内に仮設するアンテナ設置用ポールの設置位置の検討結果について図 13 に示します。本事例では、建物裏の空きスペースに、ポール2本（地上高 6m）を立ててアンテナを設置する構成としました。

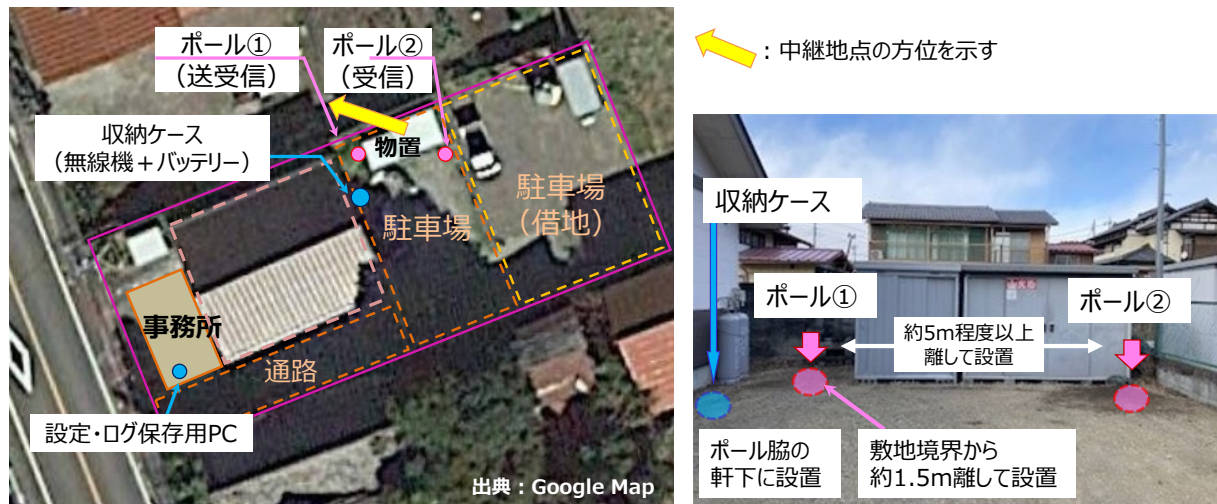


図 13 倉渕森林事務所内のアンテナ取付用ポールの仮設位置（事前現地調査）

次に、無線機及び周辺機器の設置と、同軸ケーブル及び LAN ケーブルの配線についての検討内容について図 14 に示します。

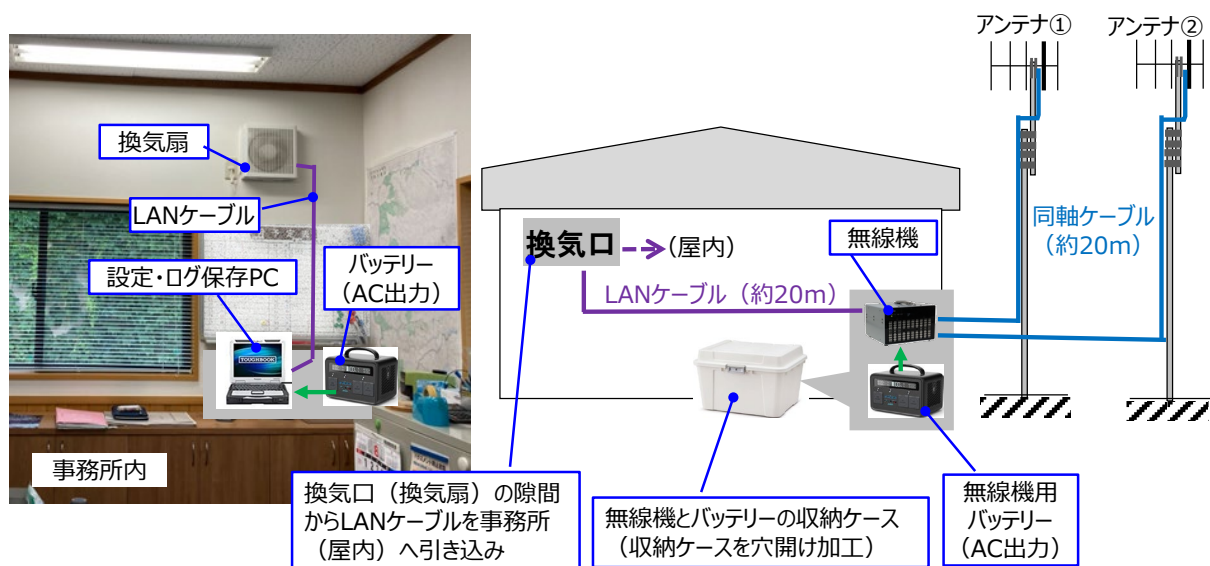


図 14 アンテナ取付用ポールの仮設方法の検討検討（事前現地調査）

無線機とバッテリーの設置場所、ポール仮設、同軸ケーブル及び LAN ケーブルの配線の方法については、表 7 に示したように、事務所内の設置工事が最小限の内容で収まるように工夫しました。

表 7 基地局設備の事前検討内容（一例）

#	設置項目	事前検討内容
1	無線機及び周辺機器の設置	ポール直近の軒下に設置する収納ケースに機材一式を収納
2	ポール仮設	コンクリートを注入する基礎工事は行わず、複数の単管パイプを組み合わせて土台を作成
3	同軸ケーブル配線	アンテナから収納ケースまで、建物の軒下を配線
4	LAN ケーブル配線	収納ケースから建物までは軒下を配線し、建物内には換気扇の隙間から引き入れる

#### (4) 機材設置箇所の確認

前節での事前現地調査における検討結果に基づき、基地局設備を仮設した倉渕森林事務所の写真を参考情報として示します。

#### アンテナ設置後の外観

倉渕森林事務所裏の駐車場に、図 15 のとおり、ポール(6m)と 5 素子八木アンテナを 2 本設置しました。



図 15 基地局側のアンテナ設置後の外観

#### 基地局、同軸ケーブル、LAN ケーブル、収納ボックス

基地局－アンテナ間の同軸ケーブル、及び、基地局－PC 間の LAN ケーブルの取り組み口を防水加工した収納ケースを設置しました。このように通信システムを活用しない時は、同軸ケーブルや LAN ケーブルを収納することも可能です。なお、収納ケースは機器盗難防止のため、施錠機能を具備します。(図 16、図 17)

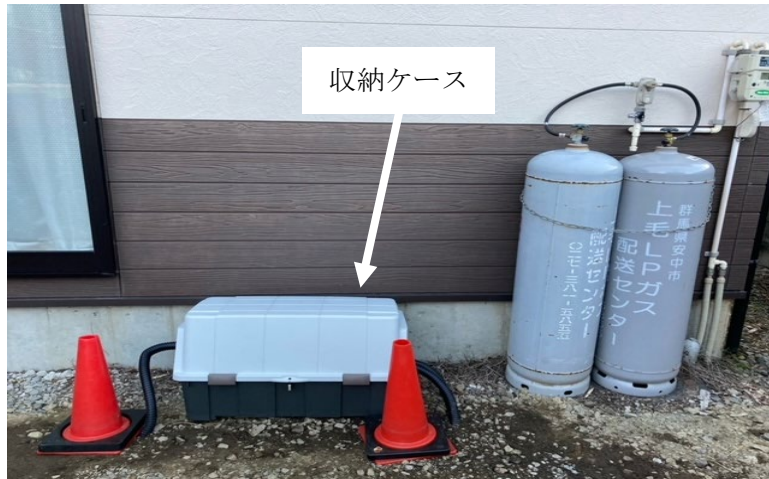


図 16 基地局及びバッテリーを設置する収納ケース（建物軒下）



図 17 防水加工した収納ケースのケーブル取り込み口

森林事務所内への LAN ケーブル引き込み

換気扇と LAN ケーブルが干渉しないように、図 18 のとおり、換気扇の隙間から屋内へ LAN ケーブルを引き込むように配線しました。



図 18 森林事務所の屋内への LAN ケーブル引き込み結果の外観

#### (5) 機材選定の留意事項

令和 3 年度の実証試験では、仮設運用のため基地局のアンテナを三脚に設置しましたが、令和 4 年度の実証試験では、長期間の運用に耐える設置方法が望ましい点と、三脚による設置で可能となるアンテナ高では、山中の中継用移動局との通信が不可能という事前検討結果から、事務所の駐車場に約 6m の自立型ポールを設置し、このポールにアンテナを取り付けました。

アンテナ取付用ポールは、2 か月間の設置期間を見越して設計・設置して、運用に支障がないことを確認しましたが、実運用時においても、設置環境及び設置期間を考慮し、適切な設置工事を行う必要があります。

### 1.2 作業の工程

基地局のアンテナ設置、ケーブル配線、無線局及び周辺機器の設置の所要日程は、1 日で完了可能です。一般的な事項として、アンテナ工事についてはポール等を設置する方法の他、屋根馬を設置して取り付ける方法もあります。周辺の状況により、設置の所要時間が変わる可能性がありますので、設置の際は、設置方法を考慮した事前のスケジューリングが効果的です。



## 2. 中継用移動局の設置

### 2.1 設置場所の選定

#### (1) 設置場所の選定条件

中継用移動局の設置に関する確認事項を記載します。

表 8 中継用移動局の設置に関する確認事項

#	項目	確認事項
1	設置場所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・仮設スペース（無線装置、PC等）</li> <li>・屋内／屋外設置の条件整理（防水対策要否、収納ボックスなど）</li> </ul>
2	アンテナ設置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地等の確認</li> <li>・設置スペース（三脚等）</li> <li>・ポール設置条件（屋上、駐車場等）</li> <li>・見通し環境の下見（周囲の遮蔽物有無確認）</li> </ul>
3	ケーブル敷設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必要となる同軸ケーブル及びLANケーブルの長さ、及び、配線方法</li> </ul>
4	電源	<ul style="list-style-type: none"> <li>・関連施設からのAC100V供給可否</li> <li>・ポータブルバッテリー供給可否</li> </ul>
5	移動経路	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両による現地までの移動及び機材運搬可否（移動経路、所要時間、機材運搬）</li> </ul>

#### (2) 中継用移動局の機器構成

中継用移動局設備の機器構成の一例を図 19 に示します。

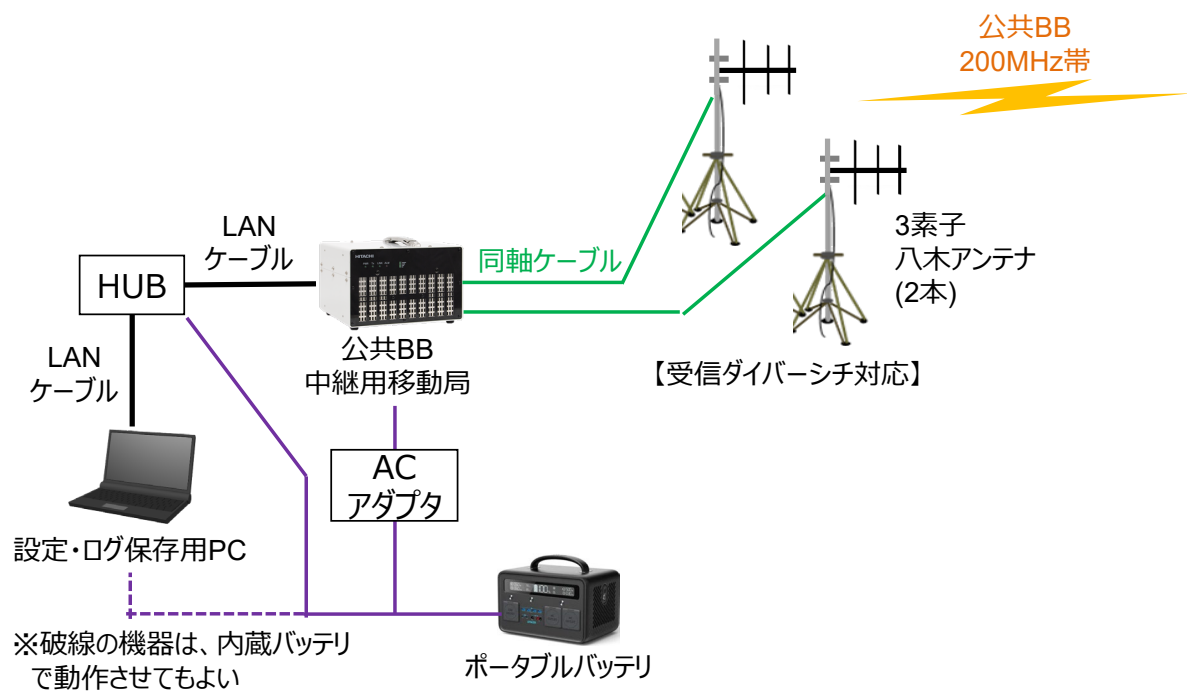


図 19 中継用移動局設備の一例

中継用移動局設置に際しての留意事項を表 9 に示します。

表 9 中継用移動局設置に際しての留意事項

#	留意事項
1	中継用移動局の操作には、無線従事者資格「第3級陸上特殊無線技師（三陸特）」以上が必要
2	スマートフォンやタブレット等を使わない場合、アクセス回線（Wi-Fi 機器）は不要
3	アンテナ種別選定には、基地局、及び、終端局（移動局）との位置関係も考慮が必要
4	各機器の電源供給では、AC100V、または、ポータブルバッテリーからの供給が考えられます。 なお、バッテリー内蔵タイプの機器には、外部からの電源供給は不要
5	公共 BB の免許人対象は、原則、林野庁など国・自治体等の公的公共機関、内閣総理大臣が指定する指定公共機関、および都道府県知事が指定する指定地方公共機関

中継地点は山中の中でも標高の高い位置に設置されることが想定されるため、特に雷の多い地域では避雷針設置による雷対策や降雨・降雪に耐えられる防水対策も必要となります。

また、中継用移動局の設置に際しては、定点への固定設置も可能ですが、作業現場が変わることにより中継用移動局の移動が想定される場合には、三脚を用いた簡便な設置方法が有効です。

### (3) 通信エリア拡大に関する方法・工夫

森林内の公共 BB の通信エリア（通信距離）を拡大する方法としては、一般に、アンテナ高を上げることが有効です。

また、中継用移動局には通常、ホイップ型アンテナ（無指向性）を用いますが、基地局と終端局（移動局）の方位差が 60 度程度以内の場合には、3 素子八木アンテナ（指向性）を、よりアンテナ利得の高い 5 素子八木アンテナに変更するような工夫も効果的です。

## 2.2 作業の工程

中継用移動局での三脚を用いたアンテナ設置作業（一例）の流れを表 10 に、具体的な作業を写真（図 20～図 25）に示します。

表 10 三脚を用いたアンテナ設置の作業（一例）

工 程	作 業	写 真
1	アンテナ組立	図 20
2	アンテナと同軸ケーブルの接続	図 21
3	アンテナとポール接合	図 22
4	ポール・アンテナと三脚の組立	図 23
5	アンテナ位置（方位）の決定	図 24
6	無線局含む機器の設置	図 25

工程 1：アンテナ組立

アンテナは、事前に組み立てておくことが至便です。



図 20 アンテナ組立作業

工程 2：アンテナと同軸ケーブルの接続

接続するコネクタ部には、ビニールテープを巻く等の防水対策を行います。



図 21 アンテナと同軸ケーブル接続作業

### 工程 3 : アンテナとポール接合

ポールを三脚に設置する前に、アンテナとポールを取付金具にて接合します。



図 22 アンテナとポール接合作業

### 工程 4 : ポール・アンテナと三脚の組立

本工程は、安全面を考慮し、2名での作業としてください。



図 23 ポール・アンテナと三脚の組み立て作業

### 工程 5 : アンテナ位置 (方位) 決定

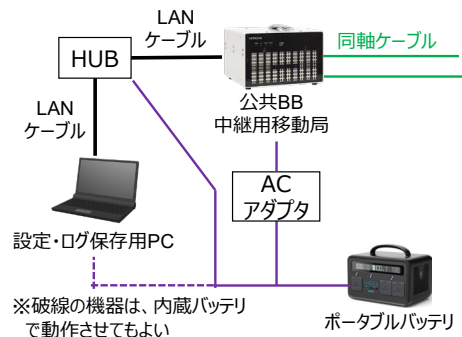
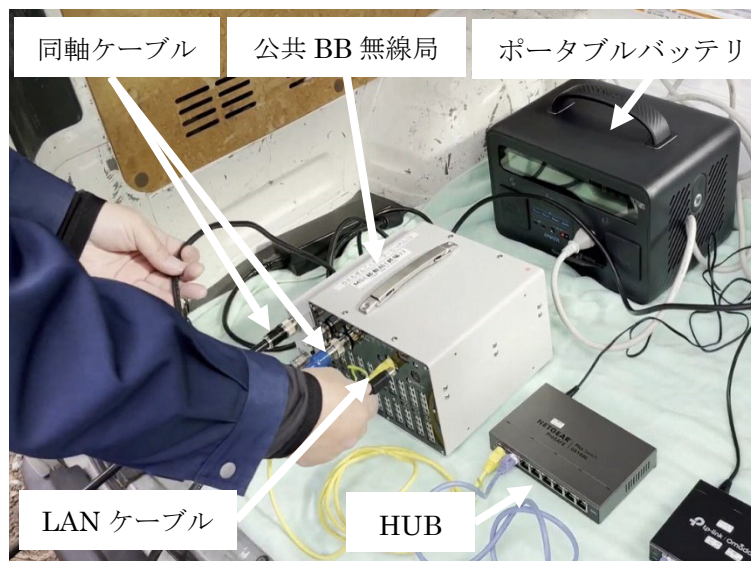
アンテナ設置後、パソコンに表示される電波の信号レベルを見ながら、アンテナ方向を微調整します。



図 24 アンテナ方位 (方位) 決定作業

## 工程 6：無線局を含む機器の設置

車両後部に無線局を含む機器一式を設置しています。



※図 19 から抜粋

図 25 無線局を含む機器の設置作業

## 2.3 設置に向けた準備

無線局の設置場所の選定には、前述の「【序】4. 通信環境構築実用化の構想 4.3 公共 BB 無線局置局場所の検討方法」のとおり、伝搬シミュレーションを用います。

実業務での運用をする上で、伝搬シミュレーションにより選定した置局候補地において、事前の通信状況の確認を、無線機を用いた通信試験にて実施することを推奨します。

## 2.4 中継用移動局の移設・増設が必要な場合

複数の事業地を移動しながら業務を実施する林業現場を想定した通信環境を構築する上での検討事項、ならびに、留意事項について説明します。

事業地が移動になると、無線設備間の電波伝搬環境が変化するため、無線設備の変更や増設等の対応が必要になります。上記の電波伝搬環境の変化に応じて実施すべき対応内容及び留意事項はそれぞれ異なるため、それらについて以下に示します。

### 2.4.1 伝搬シミュレーション結果の事前確認

置局検討時の伝搬シミュレーション結果から、中継用移動局の通信可能エリアを確認します。具体的には、中継地点から電波を発射したときの受信電力分布において、通信可能レベルを超えているエリアは、終端局（移動局）のみの変更で対応可能な、事業地の移動先とみなすことができます。

## 2.4.2 終端局（移動局）のアンテナ方向調整

事業地の移動先が、中継用移動局の通信可能エリア内の場合、終端局（移動局）を新しい事業地に移設し、移動前と同じ中継用移動局にアンテナ方向を向けて設置します。このケースでは、中継用移動局の無線設備には変更せずに、移設した終端局と通信可能となるため、事業地変更に伴う作業としては一番簡便な対応となります。

## 2.4.3 中継用移動局の移設

事業地の移動先が、中継用移動局の通信可能エリア外の場合、中継用移動局を移設する必要性も想定されます。中継用移動局が移設すると、基地局側との設置要件も変更となるため、システム構築時に実施する置局検討と同様に、伝搬シミュレーションを用いた中継地点の候補地選定が必要となります。また、作業現場が比較的広い場合においては、車両に終端局（移動局）設備を仮設した車載移動局にて、作業現場周辺を移動しながら中継用移動局との通信確認を行い、最適な設置場所を選定する方法も有効と考えられます。

## 2.4.4 中継用移動局の増設

事業地が山中の奥地へ移動する等の状況において、既設の無線設備によるアンテナ方向調整や移設の対応では、新しい事業地に電波が届かない場合、中継用移動局を増設します。この場合、新規無線設備の置局となるため、上記「2.4.3」と同様、伝搬シミュレーションを用いた置局検討が必要になります。中継用移動局の増設時の留意事項を以下に記載します。

### 2.4.4.1 増設によるコスト

中継用無線局の2台目以降のコストは、1台目のコストと変わりません。ただし、アンテナ設置等にかかる費用は、設置環境によって異なります。

### 2.4.4.2 増設後のバックホール回線の回線速度

バックホール回線は、付録1に示すとおり、無線中継段数が増加するほど回線速度が低下するため、使用するアプリケーションに必要なデータ量を考慮した上で、構成変更を検討してください。

### 2.4.4.3 アクセス回線との連携

通信エリアの拡大方法については、中継用移動局の増設以外に、終端局（移動局）と作業現場間のアクセス回線を延伸させる方法も想定されます。この方法については、「3.1 設置場所の選定 3.1 (4) 機材選定の留意事項」の記載内容をご参照ください。

## 2.5 長期稼働の展望

また、アンテナの組み立てから設置までの作業は、概ね1時間以内で実施可能です。同じ場所で継続的に設置する場合は、設置場所とアンテナの方向を記録したり、アンテナを事前に組み立てておくことにより、設置作業時間をさらに短縮することができます。

なお、アンテナ及び三脚等の機材は、屋外使用に耐えうる機材を選定することにより、設置状態を維持したまま、毎日の設置及び撤去作業を省略した、長期稼働が可能となります。

### 3. 終端局(移動局)の設置

#### 3.1 設置場所の選定

##### (1) 設置場所の選定条件

表 11 に終端局（移動局）の設置に関する確認事項を記載します。

表 11 終端局（移動局）の設置に関する確認事項

#	項目	確認事項
1	設置場所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・仮設スペース（無線装置、PC 等）</li> <li>・屋内／屋外設置の条件整理（防水対策要否、収納ボックスなど）</li> </ul>
2	アンテナ設置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地等の確認</li> <li>・設置スペース（三脚等）</li> <li>・ポール設置条件（屋上、駐車場等）</li> <li>・見通し環境の下見（周囲の遮蔽物有無確認）</li> </ul>
3	ケーブル敷設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必要となる同軸ケーブル及び LAN ケーブルの長さ、及び、配線方法</li> </ul>
4	電源	<ul style="list-style-type: none"> <li>・関連施設からの AC100V 供給可否</li> <li>・ポータブルバッテリー供給可否</li> </ul>
5	移動経路	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両による現地までの移動可否（移動経路、所要時間）</li> </ul>
6	作業現場	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アプリの使用条件（パソコン、スマホ、タブレット、その他）</li> <li>・アクセス回線の要否、移動有無及び移動範囲、メッシュ Wi-Fi 要否</li> </ul>

##### (2) 終端局（移動局）の機器構成

図 26 に終端局（移動局）機器構成の一例を示します。

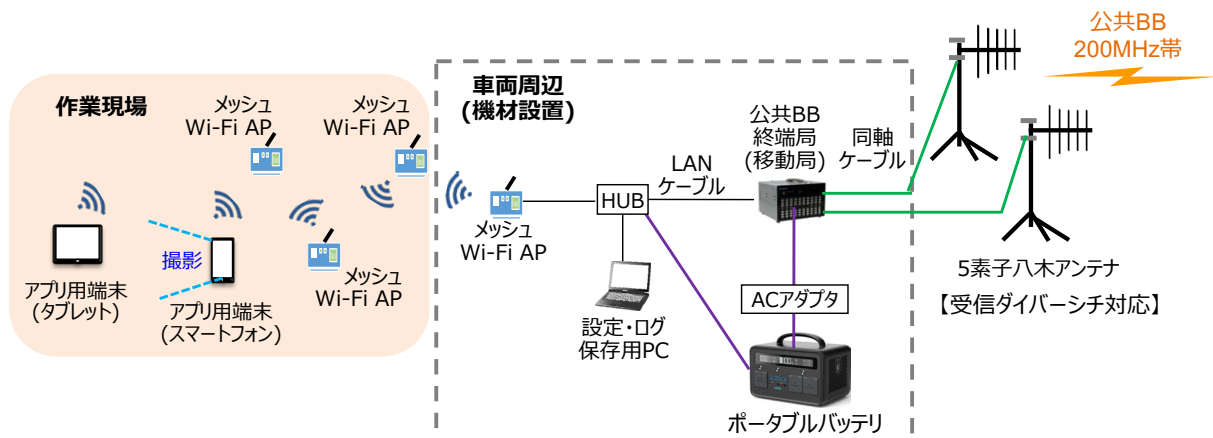


図 26 終端局（移動局）の機器（一例）

##### (3) 設置場所の事前調査（中継局との回線状況、設定範囲 等）

市街地の建物の敷地内に設置する基地局、及び、山間部の高所に設置する中継用移動局と比較し、終端局（移動局）の設置場所は、一般に電波の通りにくい環境が想定されます。



このため、設置場所の選定においては、以下の点に留意することが必要です。

- ・タブレット端末を携帯する現場作業員の移動範囲
- ・上記移動範囲をカバー可能な Wi-Fi AP の設置場所及び台数
- ・中継用移動局と終端局（移動局）の通信状況

#### (4) 機材選定の留意事項

作業現場のエリアの広さや、終端局（移動局）の設置場所の条件によっては、アクセス回線の通信エリアは、終端局（移動局）の周辺ではなく、メッシュ Wi-Fi 機器を用いて、アクセス回線の通信エリアを拡張させる必要も考えられます。そのため、作業現場ごとの終端局(移動局)およびアクセス回線の Wi-Fi 機器の設置条件を考慮し、必要な Wi-Fi 機器を準備する必要があります。

#### (5) Wi-Fi について

メッシュ Wi-Fi 機器を用いて、Wi-Fi AP（アクセスポイント）によるアクセス回線の通信エリアの拡張が可能です。

Wi-Fi AP に必要なバッテリー容量は、機材の消費電力と運用継続時間を勘案して選定する必要があります。

以下に、Wi-Fi AP の消費電力と、充電池（モバイルバッテリー）容量の選定事例を参考値として示します。

- Wi-Fi AP の消費電力：約 10 W
- モバイルバッテリーの容量：約 220 Wh

参照 URL（事例）：Wi-Fi AP

<https://www.tp-link.com/jp/business-networking/omada-sdn-access-point/eap225-outdoor/#specifications>

上記より、Wi-Fi AP の連続駆動時間は、単純計算で約 20 時間程度（ $=220\text{Wh} \div 10\text{W}$ ）と試算されます。したがって、一般的に新しい電池の場合、1 回のフル充電で、2.5～3 日程度（8 時間稼働/日を想定）の運用が可能です。なお、リチウムイオンバッテリーをはじめとする蓄電池は、冬季屋外・寒冷地では使用時間が短くなる傾向にありますが、本調査を実施した実績では、冬季（12 月）に 5 時間程度稼働させた後でも 7 割程度の電力が残っていることを確認しています。

### 3.2 作業の工程

終端局（移動局）の設置は、運用期間中、設置（仮設）と撤去を繰り返すことが想定されます。その場合の無線設備の設置作業は、前述の中継用移動局の設置作業（「2. 中継用移動局の設置」の「2.2 作業の工程」）と同様になります。

### 3.3 作業現場の移動について

#### (1) 終端局（移動局）の移動運用について

令和4年度実証試験の設置場所においては、山間部の奥地に終端局（移動局）と中継用移動局の距離が約1.5kmの条件で無線通信を実現しましたが、森林内の山岳斜面や植生等の遮蔽、あるいは、窪地等が少ない平坦なエリアにおいては、無線回線品質の急峻な劣化等が少ないことが見込まれるため、無線局を車両や背負子等に搭載して、移動しながら通信を行う移動運用も可能になります。

車両を利用した移動運用では、車両の屋根上に車載アンテナ（ホイップ型）を設置するとともに、終端局（移動局）を含む無線設備を作業車等に搭載し、移動させる運用が可能です。その際、電源については、専用バッテリー、汎用ポータブルバッテリー、または、車両のバッテリー（公称13.8V）から供給する方法が標準的な運用方法です。

また、公共BB無線局およびアンテナを背負子に取り付け、作業現場周辺を徒歩移動しながら運用することも可能です。この場合も、終端局（移動局）のアンテナはホイップ型になり、電源は専用バッテリーの利用が一般的です。

なお、これらの移動運用は、固定的な運用に比べて厳しい通信環境となりますので、終端局（移動局）の周辺環境によっては、必要な受信環境が得られない可能性もあります。実施にあたっては、伝搬シミュレーションによる検討に加えて、実際の通信確認の実施が推奨されます。

#### (2) 通信エリア拡大方法

前述のとおり、終端局（移動局）の設置場所は、山岳斜面に囲まれ、電波の届きにくい環境が想定されることから、事前の机上検討に加えて、現場でのアンテナ調整が重要になります。

#### アンテナの設置位置決定方法

作業現場が比較的広い場合、もしくは、複数の作業現場が連なっている場合などは、アンテナを含む無線設備を車両内に設置し、移動しながら受信電力を測定することで、周辺エリアの中から受信電力の高い地点を置局候補地として選定する方法も考えられます。

### アンテナの方向調整

一般的には、対向する無線局の方向に指向性アンテナを向ける事で、最適な通信環境が構築できます。しかし、終端局（移動局）の設置場所は、山岳斜面に囲まれ、その山岳斜面に反射する複数の電波が受信されるケースも想定されます。そのような環境においては、指向性アンテナの向きを、一番強い反射波が到来する方向へ向けることで、安定した通信を実現できる場合もあります。

### (3) 電源供給について

防水仕様のアウトドアモデルの公共 BB 無線局には、2 つの専用バッテリーを搭載可能なバッテリー BOX による電源供給が可能です。

また、バッテリー BOX に収納される専用バッテリーは、通信を継続した状態を維持しながら交換することも可能です。この機能を利用することで、公共 BB 無線局を背負子に取り付け、作業員が徒歩で移動しながら通信する場合においても、長時間の連続運用が可能になります。

## 4. 無線局（基地局・中継用移動局・終端局（移動局））撤去及び移動手法

### 4.1 撤去に必要な作業

基本的には、すべての無線局設備において、撤去作業は設置作業の逆の手順となり、撤去時間は、設置時間の約半分になります。

### 4.2 事業地を移動する場合の作業

事業地の移動に伴い、各無線設備（基地局、中継用移動局、終端局（移動局））の構成を変更する必要が発生するケースが想定され、その際に考慮すべき点について説明します。

今回の実証試験におけるアンテナ選定について以下に説明する。

#### 4.2.1 アンテナの選定について

指向性アンテナは、特定の方向からの信号を強く受信したり、特定の方向に信号を送信することができるアンテナで、無線通信や TV 放送受信用途等に広く利用されています。特定の方向に位置する無線局との通信距離を延ばせる特長をもつ反面、設置時にアンテナの方向調整を行う作業が必要となる点に注意が必要です。

一方、無指向性アンテナは、全方位に対して同等な強さの信号を受信及び送信できます。そのため、指向性アンテナと比較し、通信距離は短くなりますが、対向する無線局の位置が変わってもアンテナ方向調整をする必要がありません。

アンテナ指向性の有無には、前述のような得失がありますが、基地局及び終端局（移動局）は、同時に1台の無線局とのみ通信を行うため、中継用移動局に向けた指向性アンテナを使用しやすい条件にあり、中継用移動局は、2台の無線局（基地局と終端局（移動局））と同時に通信することや、移動する事業地への対応を想定した場合、無指向性アンテナを使用することが基本構成と言えます（図 27）。

しかし、各無線局の配置によっては、中継用移動局でも指向性アンテナを使用することも選択肢の一つとなります。（図 28）

事業地の移動に際しては、これらの特徴を考慮した上で、伝搬シミュレーションを用いた置局再検討結果を基本として、アンテナ指向性の有無を選択することが推奨されます。

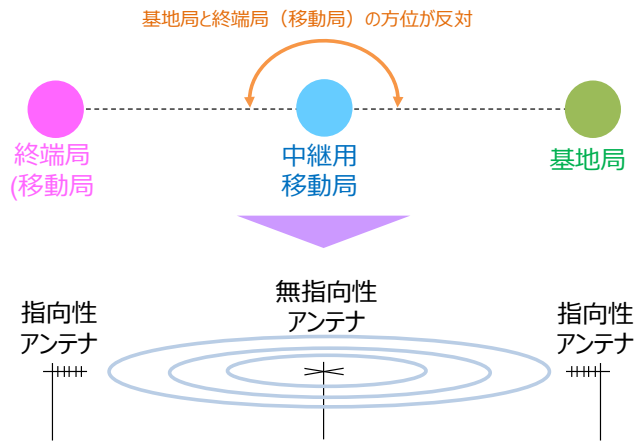


図 27 中継用移動局が無指向性アンテナ（基本構成）

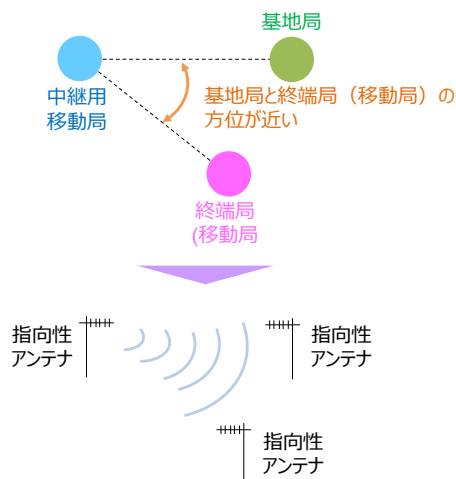


図 28 中継用移動局に指向性アンテナを用いる場合

#### 4.2.2 事業地の移動パターンとそれに伴う作業

事業地の移動には、無線設備の変更が必要になります。その変更作業は、アンテナ方向調整と移設の2種類が考えられ、アンテナ方向調整だけの対応で、移設作業を不要とした方が、作業負荷は軽減されます。また、事業地の移動先の条件によっても変更が必要となる無線設備も異なり、端末局だけの変更で済む場合もあれば、基地局や中継用移動局の変更も必要となる場合もあります。このように軽微な変更から大規模な変更まで、想定される4パターンについて図を用いて説明します。

なお、以降の説明におけるアンテナ方向調整の作業は、指向性アンテナを使用している場合の作業になります。

#### 4.2.2.1 中継用移動局の通信範囲内の移動

終端局（移動局）が、中継用移動局の通信範囲内を移動する場合、終端局（移動局）が移動先でアンテナ方向調整を行う作業のみ、必要となります。（図 29）

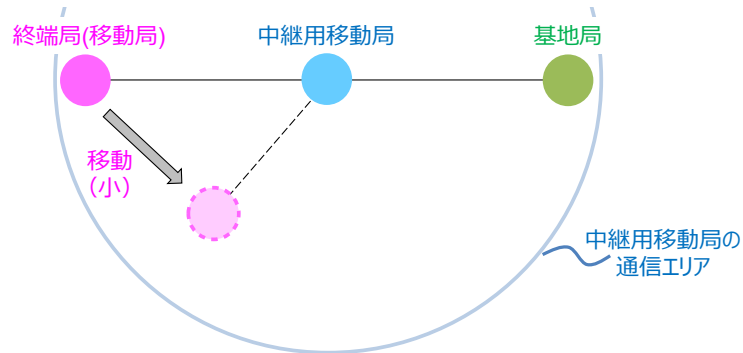


図 29 中継用移動局の通信範囲内の移動

#### 4.2.2.2 中継用移動局の通信範囲外への移動

事業地が、中継用移動局の通信範囲外に移動する場合、中継用移動局も移設が必要になります。この場合には、伝搬シミュレーションを用いた無線局の置局検討が必要になります。（図 30）

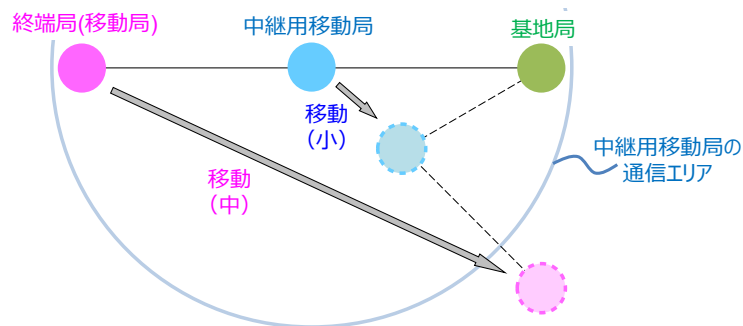


図 30 中継用移動局の通信範囲外への移動

#### 4.2.2.3 基地局の通信範囲外への移動

事業地の移動に伴い、中継用移動局が基地局の通信範囲外に移動する場合、基地局のアンテナ方向調整で対応することが想定されます。この場合にも、伝搬シミュレーションを用いた無線局の置局検討が必要になります。（図 31）

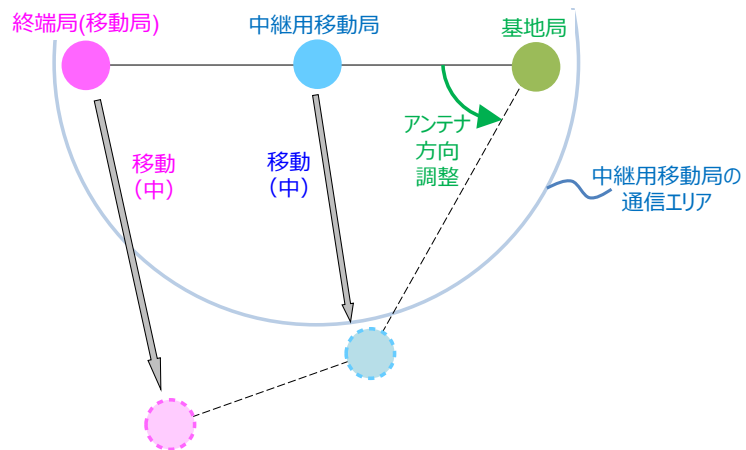


図 31 端末局（移動局）、中継用移動局の移動（中）

#### 4.2.2.4 基地局の移設を伴う移動

事業地が大きく移動する場合には、中継用移動局と基地局の両方を移設させる必要があります。その場合は、全く別な山岳エリアへの無線システムの構築という位置づけになりますので、伝搬シミュレーションを用いた全ての無線局の置局検討が必要になります。（図 32）

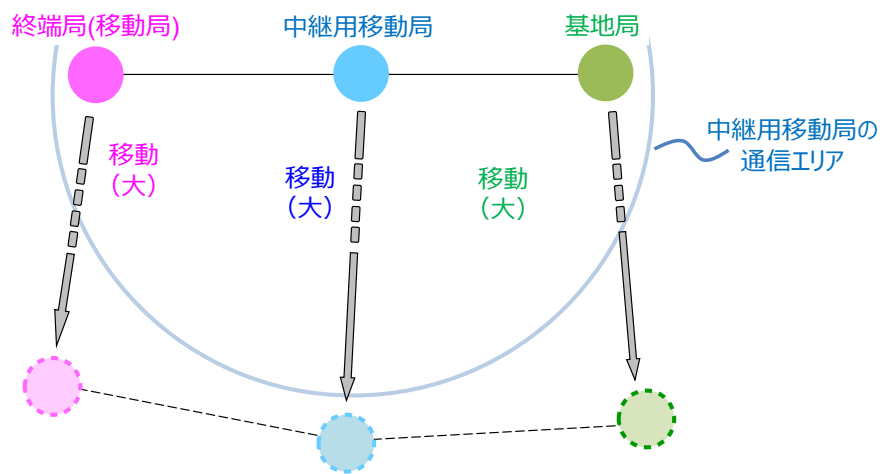


図 32 端末局（移動局）、中継用移動局、基地局の移動（大）

## 5. 無線局の開設に向けた準備

### 5.1 無線局の開設手続き

公共 BB 無線局を開設する際は、購入後に免許[\*] を取得するとともに、無線局開局の手続き[\*] が必要になります。手続きの流れの概要を図 33 に示します。

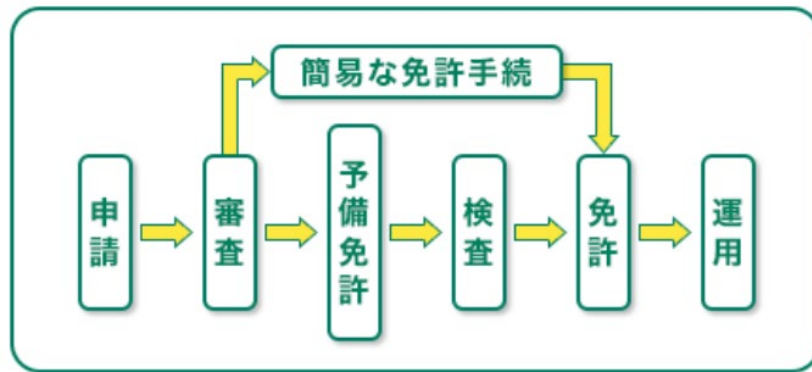


図 33 申請から免許取得・運用までの流れ（総務省 HP から抜粋）

[\*] 出典：総務省 電波利用ホームページ 無線局開局の手続き・検査  
<https://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/proc/type/aptoli/index.htm>

### 5.2 無線従事者資格

公共 BB 無線局の操作には、無線従事者資格「第 3 級陸上特殊無線技師（三陸特）」以上が必要になります。無線従事者資格の取得方法の詳細につきましては、以下の URL をご参照ください。

<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/operator/acquest/index.htm>

本資格は国家試験受験以外に、一日の講習会受講で容易に取得可能です。  
例えば、以下の URL をご参照ください。

[https://www.qcq.co.jp/ykk/tkg/tkg\\_k.html](https://www.qcq.co.jp/ykk/tkg/tkg_k.html)



## 6. 公共 BB 設置に係るコスト（事例による試算等）

### 6.1 設置時に係る経費

基地局、中継用移動局、及び、終端局（移動局）の設置の留意事項（表 5、表 8、表 11）の条件により、試算例は異なります。

- ① 基地局設置における一般的な概算値として、ポールによる仮設工事の場合、設置に約 60 万円、撤去に約 40 万円程度が想定されます。（アンテナ、同軸ケーブル(20m)、LAN ケーブル費用は含みません）
- ② 中継用移動局及び終端局の場合：  
三脚等を使用する場合は、一般的に、実運用される作業員で対応可能と考えます。（アンテナ、同軸ケーブル、LAN ケーブル、三脚等の費用は含みません）
- ③ 無線局の増設の場合は、増設台数にしたがい、上記②の費用が必要になります。

### 6.2 保守管理に係る経費

導入時における、納入業者、あるいは、リース会社との個別の契約形態によります。  
なお、納入業者から保守業者への委託形態も想定されます。

### 6.3 通信費の見込み

通信費については、大きく 3 要素に大別されます。

#### ④ 公共 BB：

電波利用料 [\*] が適用されます。1 無線局（1 周波数）あたり 400 円／年かかります。

[\*] 出典：

総務省 電波利用ホームページ

電波利用料 料額表（令和 4 年 10 月 1 日改定）

1 個別免許の電波利用料（電波法別表第 6） 注：広域使用電波を使用するものを除く

[https://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/fees/sum/money\\_r0410.pdf](https://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/fees/sum/money_r0410.pdf)

#### ⑤ アクセス回線（Wi-Fi）：

Wi-Fi の電波利用料は不要（無料）です。

#### ⑥ 公衆回線（LTE）：

一般の携帯電話料の契約形態によります。

## 6.4 買取及びリースの比較

公共 BB の概算買取費用（初期費用）は、第 2 回 調査検討会報告書に記載のとおり、1 対向 約 4～6 百万円 [\*] です。

また、「実用化にあたりリース料等による導入形態についても留意することが有益と考えられる」旨、報告されています。このような観点からリース費については今後、借用期間、及び、契約会社とのリース料率などの兼ね合いから賃料が決まることが一般的です。

[\*] 出典：

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/attach/pdf/jouhoukibanseibi-9.pdf>

令和 2 年度 成果報告書\_Part4（44～57 ページ、付 1～4 ページ、参 1～2 ページ）

p.50 表 4.1 概算導入費用及び現状の課題 第 3 項

公共 BB を含む他システムの導入に向けた概算費用と現状の課題を表 12 にまとめます。

表 12 各通信方式の導入費用概算と現状の課題（令和 3 年度成果報告書より抜粋）

#	通信方式	概算導入費用 (参考)	現在の導入可能性		課題
			技術面	制度面	
1	デジタル簡易無線 (4FSK/SCPC)	1 対向(携帯型) 約 6 万円	○	○	—
2	デジタル業務用無線 (4FSK/SCPC)	1 対向(車載型) 約 12 万円	○	○	—
3	VHF 帯自営ブロード バンド(公共 BB)	1 対向 約 4～6 百万円	○	△ (条件付)	民間業務に対する 免許主体の扱い*1
4	Wi-Fi	屋外用無線 AP : 約 40 万円	○	○ (5.2GHz 帯 は条件付)	—
5	Wi-SUN	1 万円程度*2	○	○	—
6	LoRa	数千円程度～	○	○	—
7	ローカル 5G (参考)	5 千万円～ (参考)	○	○	近接するローカル 5G 免許人等との調 整必要*3

\*1 令和 2 年度報告書：3.3.2 (2)項：総務省との協議を進めることが課題と想定される。

\*2 例えば、HEMS 用 Wi-SUN モジュール (テセラ・テクノロジー(株))

<https://www.tessera.co.jp/rfmodul.html>

\*3 総務省 ローカル 5G 導入に関するガイドライン、令和元年 12 月

[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000659870.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000659870.pdf)

概算導入費用(参考)：実用化にあたり、リース料等による導入形態について留意することが有益とされた。

## 【第 II 部】 使用事例と活用に関する留意点

第 II 部では、3 年間の委託事業の実証試験にて、活用したソフトウェア（アプリケーション）について事例を元に説明します。

### 1. 委託事業で活用したソフト

使用したアプリケーションを表 13 に示します。

表 13 使用アプリケーション一覧

#	アプリケーション	説明
1	位置情報共有	スマートフォンやタブレットにアプリをインストールし、互いの端末の位置情報を自動で共有 (例：Life360)
2	音声・映像伝送 (ウェアラブルカメラ)	作業現場の作業員は、ウェアラブルカメラのため、作業員は、音声通話と映像伝送をしながら、現場作業を行うことが可能
3	素材検知	タブレットにインストールされた既存の林業アプリを作業現場で使用し、撮影した写真や素材検知結果（テキストデータ）を、作業現場からデータ伝送 (例：AI 丸太検知くん)
4	WEB 会議	作業現場及びインターネットを介した遠方の端末と WEB 会議を接続し、双方向音声・映像伝送を行うことが可能 (例：Microsoft Teams)

## 2. 位置情報共有確認

### 2.1 概要

スマートフォンやタブレットにアプリをインストールし、互いの端末の位置情報を自動で共有します。例えば、令和4年度実証試験においては、「Life360」を用いて試験を実施しました。

### 2.2 機器構成

位置情報共有アプリをインストールしたスマートフォンもしくはタブレットにて、互いの位置情報を共有できます。また、各端末はインターネット経由で位置情報共有サーバと接続されている必要があります。

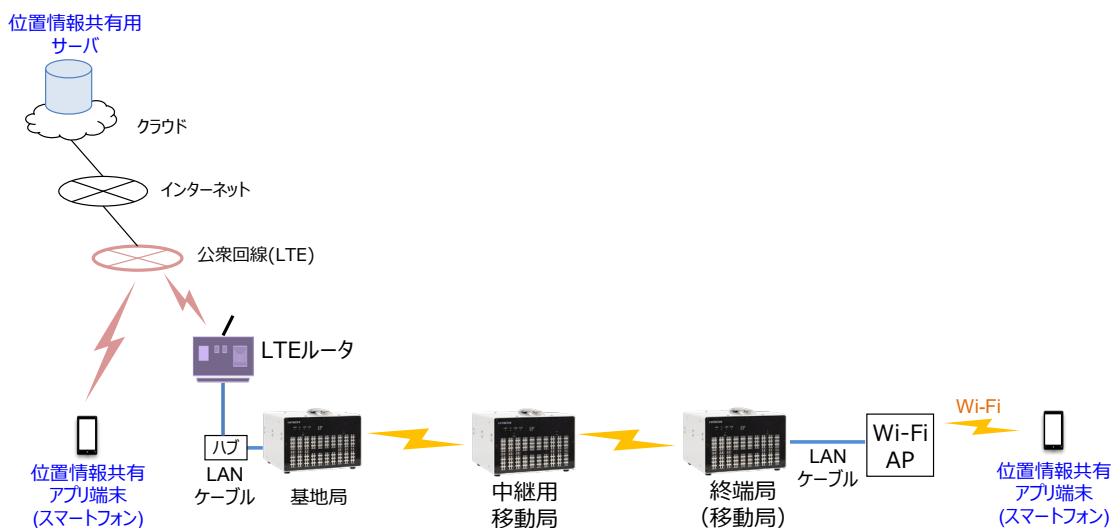


図 34 位置情報共有アプリを用いた場合の機器構成

### 2.3 活用事例

位置情報共有するメンバは、端末表示画面の下部にリスト化され、お互いの位置は、地図上に自動的にマッピングされます。そのためユーザは設定済みのアプリ起動後は、位置情報に関する操作は不要です。

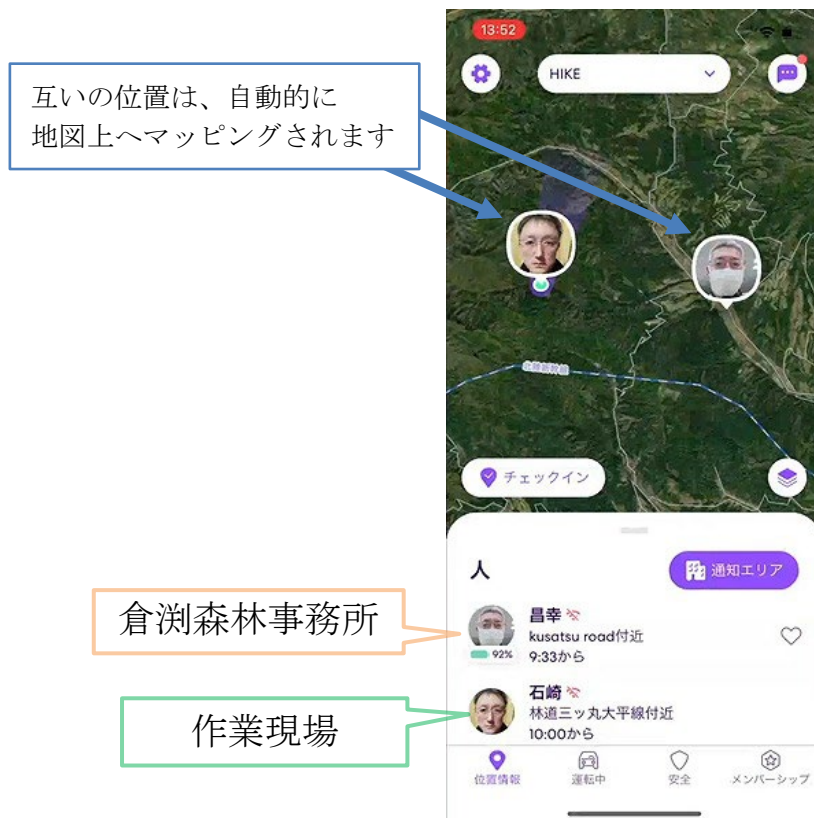


図 35 位置情報共有時のスマートフォン画面（一例）

## 2.4 想定される用途

位置共有アプリには、最新の位置情報を自動更新する機能を有するものがあり、不慮の事故等により、ユーザがスマートフォンを操作できない状況に陥った時でも位置情報が更新され、救難活動等にも活用することが可能です。

## 2.5 必要な機材・ソフト

終端局（移動局）設備に、位置情報共有アプリをインストールしたスマートフォンまたはタブレットを、アクセス回線を介して接続することで実現可能です。

## 2.6 各位置情報の比較と誤差について

位置情報共有アプリの位置情報の更新周期を短く設定することで、常に最新情報を共有したり、ユーザが通知したいときだけ位置情報を共有することも可能です。位置情報の誤差については、スマートフォン内蔵の GPS を用いた位置情報を取得するため、スマートフォンと同等の精度になります。

### 3. ウェアラブルカメラ

#### 3.1 概要

イヤホンマイクを具備するウェアラブルカメラを現場作業員に装着し、Wi-Fi インタフェースにより終端局（移動局）と接続することで、現場作業員は、通常業務を行いながら、音声通話及び映像伝送が可能になります。

#### 3.2 機器構成

本アプリケーションは、ウェアラブルカメラとビューワ用端末のソフトウェアとの通信にて実現するものです。従って、インターネット回線接続は必須ではありません。

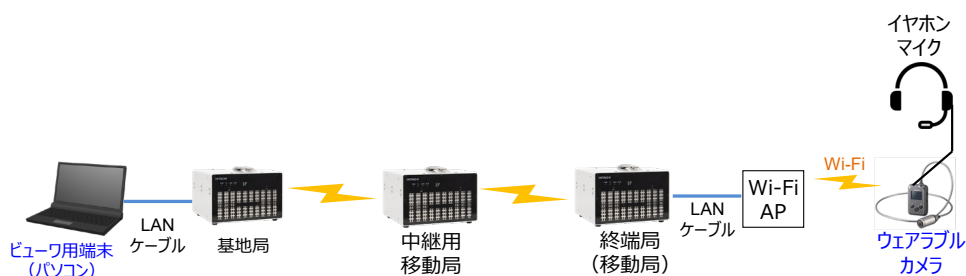


図 36 ウェアラブルカメラを用いた場合の機器構成

#### 3.3 活用事例

令和3年度の実証試験時に、現場作業員がウェアラブルカメラ一式を装着し、チェーンソーにより伐採作業及びフォワーダ（林業用重機）を運転し、木材の積み下ろしを行ったときの写真を図 37 示します。



図 37 ウェアラブルカメラ一式を装着した現地作業員

## 4. 素材検知

### 4.1 概要

木材生産業務にて素材検知用のアプリを活用している場合、当該アプリがインストールされているタブレットを用いて、生成されたファイル及び撮影した写真を、アクセス回線を介してデータ転送を行うことができます。業務用アプリで生成したデータ及び写真をメールに添付することも可能です。令和3年度及び令和4年度の実証調査では、異なる素材検知アプリを用いて活用できることを確認しました。事例として、令和4年度に実証調査をおこなった「AI丸太検知くん」についての事例を紹介します。

### 4.2 機器構成

業務用アプリでは、オフライン環境の作業現場でも素材検知する機能は動作しますが、生成したファイルを伝送する場合には、インターネット回線が必要になります。

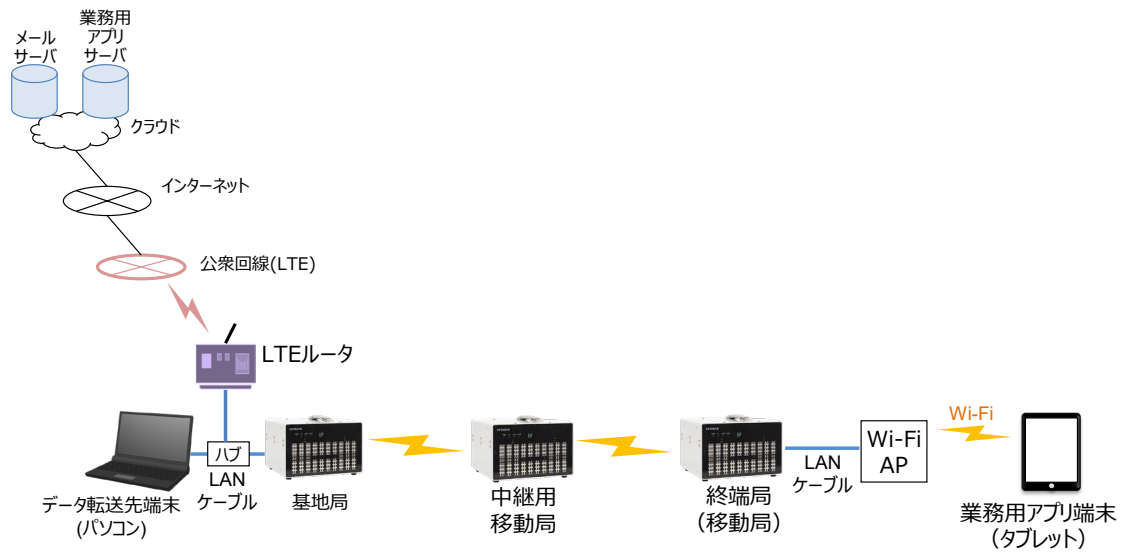


図 38 業務用アプリを用いた場合の機器構成

### 4.3 活用事例

業務用アプリにて撮影した素材検知時の写真と調査結果ファイルを一例として図 39、図 40 に示します。



図 39 業務用アプリで撮影した素材検知時の写真（一例）

	A	B	C	D	E	F	G
1	番号	樹種	長さ	直径	単材積	本数	材積
2	1	スギ	2	40	0.32	1	0.32
3	2	スギ	2	44	0.387	1	0.387
4	3	スギ	2	52	0.541	1	0.541
5	4	スギ	2	58	0.673	1	0.673
6	5	スギ	2	60	0.72	1	0.72
7	6	スギ	2	72	1.037	1	1.037
8					合計	6	3.678

図 40 業務用アプリの素材検知結果（一例）

#### 4.4 想定される用途

従来の森林・林業分野におけるオフライン環境の作業現場では、業務用アプリを用いた作業を行い、以下に示す生成ファイルは、1日の作業を終えた後、森林事務所等に設置されるパソコンにデータを蓄積したり、公衆回線を利用してデータを転送する運用となります。

- 業務用アプリによる素材検知結果データ（写真、集計データ）
- 作業日誌
- 林業機械の計測データ
- 被災情報（写真、データ）
- 事業の進捗状況（写真、データ）

今回の作業現場をオンライン化することにより森林事務所に戻る前に、作業現場に居ながら、生成ファイルを森林事務所へ転送することが可能になります。



#### 4.5 必要な機材・ソフト

林業分野に特化した業務に関するアプリも含め、パソコン、スマートフォン及びタブレットにインストール可能であれば、追加の専用端末は特段必要ないと考えられます。

一般的なパソコン、スマートフォン及びタブレットには装備されている内容になりますが、作業現場で使用する端末での利用が想定される機能及びインタフェースの一例を以下に示します。

- モニター画面（データ、写真、映像、設定画面、等の確認用）
- カメラ（静止画、動画撮影用）
- マイク、スピーカ（録音、通話用）
- Wi-Fi インタフェース（アクセス回線利用）
- バッテリ（作業現場での移動利用を想定）

#### 4.6 データの転送方法

業務用アプリや他のアプリには、専用のデータ転送機能を有している場合もありますが、一般的なメール機能にて、データをメールに添付する方法もあります。

##### 転送データのサイズと圧縮について

一般的なスマートフォンやタブレットの内蔵カメラで撮影すると、その撮影データは、まとめると数十～数百メガバイトのようにサイズが大きくなります。そのような大きなデータを1度の送信で送ると、転送完了までに数分程度の時間がかかるため、転送データは、転送前に圧縮するか、複数回に分けて転送することで、データ転送にかかる時間を低減することが可能です。

## 5. WEB会議

### 5.1 概要

WEB 会議用アプリをインストールしているパソコン、スマートフォン及びタブレットを用い、アクセス回線、バックホール回線、公衆回線を介し、インターネット経由で遠方の端末との WEB 会議（双方向音声・映像伝送）を実証しました。例えば、令和 4 年度実証試験においては、「Microsoft Teams」を用いて試験を実施しました。

### 5.2 機器構成

令和 4 年度の実証試験においては、本 WEB 会議用アプリを用いることで、実際の作業現場とのリアルタイムの遠隔臨場について、森林官他、関係者によるモニター調査を行いました。

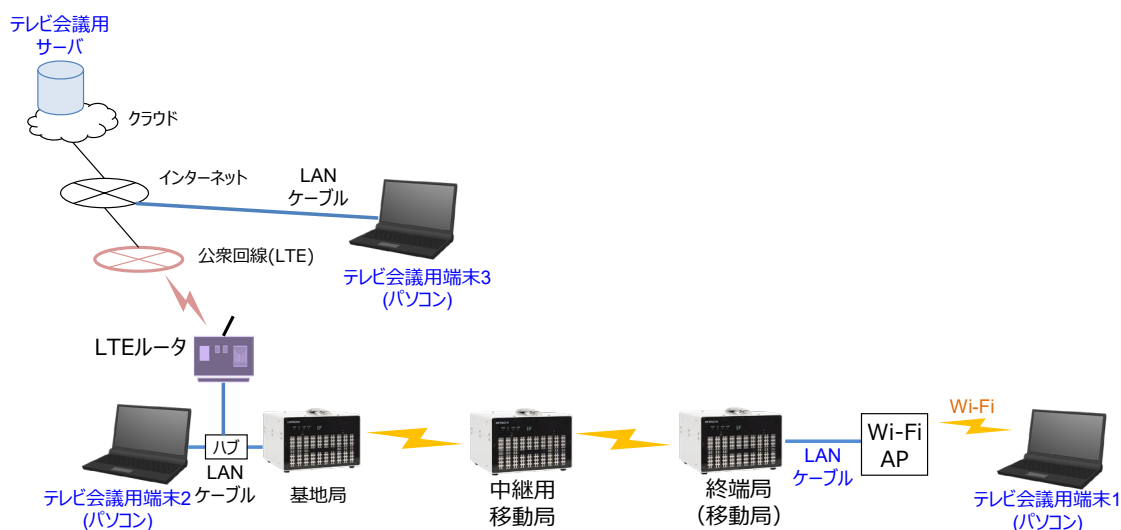


図 41 WEB 会議アプリ用いた場合の機器構成

### 5.3 活用事例

令和 4 年度の現地見学会での実証試験時の写真（遠隔臨場、業務用アプリ）を示します。



図 42 遠隔臨場の実証時の WEB 会議アプリ使用風景



図 43 業務用アプリの実証時の WEB 会議アプリ使用風景

#### 5.4 想定される用途

双方向の音声通話、映像伝送となるため、事務所側、もしくは、インターネットを介した、全国各地の拠点において、作業現場の状況を把握することができ、作業現場の作業員との意思疎通、作業指示等を実施することが可能です。

## 5.5 必要な機材・ソフト

令和4年度の実証試験では、パソコン、スマートフォン、タブレットにインストール可能なWEB会議用アプリを用い、現場の作業員が外付けのマイクやスピーカを追加することなく、各端末の内蔵マイク及びスピーカを使用して、音声・映像の双方向伝送を実証しました。

本実証に用いたWEB会議用アプリ以外にも、WEB会議用アプリ（フリーソフト、有料ソフト）は複数存在し、通信回線の状況に応じて映像伝送レートを最適制御するアプリもあります。ただし、アプリに必要とされる回線速度に関わる詳細仕様はユーザに開示されていない場合もあるため、使用するアプリは、事前の動作確認が必要になります。

## 5.6 画像の転送方法

WEB会議用アプリは、元々音声・映像の双方向伝送の機能が備わっているため、それらの機能を使用することになります。

画像の転送については、WEB会議用のアプリにファイル転送機能を有するものを使用する方法や、メール用アプリを用いて、転送したデータをメールに添付して送信する方法での実現手段が考えられます。

## まとめ

本資料は、令和2年度から令和4年度の3年間に実施してきた調査検討及び実証試験の成果を踏まえ、国有林をフィールドとした実際の現場業務において、試行的に通信手段となる情報基盤を構築するとともに、通信と業務支援ツールを組み合わせた活用方法の検証等を行い、その効果や手順等を整理し、通信環境構築マニュアルとして記載しています。

本マニュアルを活用した、森林・林業分野におけるICT・IoT等の導入による課題解決の取り組みが早期に進むことを期待いたします。



# 付録

## 付録 1. 公共 BB の回線速度について

### 公共 BB システムの回線速度の特徴

- 無線回線品質「通信信号のクリアさ（信号と雑音の電力比）」に応じて通信方式（変調方式）を変更させることで、安定した無線通信を実現します。
- 基地局から終端局への回線速度と、終端局から基地局への回線速度の比率を変更可能です。（3パターン）
- 無線回線品質が高いほど、回線速度が上がる傾向があります。
- 中継用移動局を増設するごとに回線速度は低下します。

### 公共 BB の変調方式と回線速度の関係

公共 BB には、変調方式が 3 種類あります。各変調方式と目安となる所要受信電力及び所要無線回線品質を示します。

表 14 公共 BB システムの変調方式一覧

変調方式	所要受信電力 (目安)	所要無線回線品質 (目安)	回線速度 (相対比較)
QPSK	-83 dBm	7 dB	低
16QAM	-76 dBm	14 dB	中
64QAM	-70 dBm	20 dB	高

※符号化率(r)は、すべて r=1/2

### 公共 BB の伝送容量の配分（3パターン）

公共 BB では、データの流れの方向によって、それぞれ下り回線と上り回線と呼びます。そして設定変更により、伝送容量をそれぞれの回線に配分可能であり、配分の仕方には、下り回線優先／上り回線優先／下り上り回線均等の 3 パターンが存在します。



図 44 公共 BB の下り回線と上り回線

## 公共 BB の回線速度

中継用無線局の台数=0 台、1 台、2 台のときの、基地局ーと終端局（移動局）間の回線速度を以下に示します。

映像伝送レートを通信回線に応じて可変させる機能を有するアプリも存在しますが、映像伝送レートと映像品質の関係については、アプリの性能にも依存するため、事前の動作確認が必要です。

表 15 公共 BB の回線速度一覧（中継用移動局=0 台）

伝送容量配分	QPSK		16QAM		64QAM	
	下り回線	上り回線	下り回線	上り回線	下り回線	上り回線
下り回線優先	2,195	465	4,409	953	6,606	1,441
均等	1,515	953	3,032	1,912	4,548	2,888
上り回線優先	400	1,750	818	3,522	1,236	5,294

（単位：kbps）

表 16 公共 BB の回線速度一覧（中継用移動局=1 台）

伝送容量配分	QPSK		16QAM		64QAM	
	下り回線	上り回線	下り回線	上り回線	下り回線	上り回線
下り回線優先	798	169	1,603	347	2,402	524
均等	551	347	1,103	695	1,654	1,050
上り回線優先	145	636	297	1,281	449	1,925

（単位：kbps）

表 17 公共 BB の回線速度一覧（中継用移動局=2 台）

伝送容量配分	QPSK		16QAM		64QAM	
	下り回線	上り回線	下り回線	上り回線	下り回線	上り回線
下り回線優先	448	103	980	212	1,468	320
均等	337	212	674	425	1,011	642
上り回線優先	89	389	182	783	275	1,176

（単位：kbps）



## 付録 2. 汎用伝搬シミュレータ比較

現時点で購入可能な伝搬シミュレータについて表 18 に示します。

表 18 伝搬シミュレーター一覧

1	RVMX 回線設計	
	販売元	(有)RVMX
	特徴	設計コンサル会社が利用するなど比較的安価に利用可能
	参考価格	1 ライセンス 40 万円程度
	URL	<a href="http://rvmx.net/vitemiyauchi/index.htm">http://rvmx.net/vitemiyauchi/index.htm</a>
2	エリアかくべえ	
	販売元	近藤 技術士 事務所
	特徴	総務省・免許手続規則第 7 条告示第 640 号に完全準拠。放送関係の置局シミュレーションを得意としている
	参考価格	バージョンアップ価格で 20 万円程度
	URL	<a href="https://www.e-unicorn.co.jp/kakube">https://www.e-unicorn.co.jp/kakube</a>
3	Denpa Pro	
	販売元	アジア航測株式会社
	特徴	プロフィール作成を含む高機能なシミュレーターソフト
	参考価格	数百万円 (例えば 200 万~400 万円)
	URL	<a href="https://www.ajiko.co.jp/dl_data/pdf_ff2021/P78-79.pdf">https://www.ajiko.co.jp/dl_data/pdf_ff2021/P78-79.pdf</a>

※表記の価格は参考価格のため、実際には見積もりの確認が必要です。

### 付録 3. 無線設備の主要機材一覧

本通信システムにおいて、バックホール回線の公共 BB 装置（3 台）の無線 2 段中継時の無線設備の主要機器構成一覧を以下に示す。

表 19 無線設備の主要機器構成一覧（無線 2 段中継時）

#	機器名称	員数	備考
1	公共 BB 無線局	3	基地局、中継用移動局、終端局（移動局）
2	基地局用電源装置	1	基地局は、事務所等の商用電源 AC100V を想定
3	移動局用ポータブルバッテリー	2	
4	アンテナ	2 式×3	受信ダイバーシチ構成の条件 (No.5,6 同様) 無指向性/指向性アンテナの選定は、設置条件による
5	アンテナ取付用支柱(ポール)	2 式	設置条件による
6	三脚 (アンテナ設置用)	2 式×2	
7	LTE ルータ	1	公衆回線接続用
8	メッシュ Wi-Fi AP (AP: アクセスポイント)	複数台	作業現場でのアクセス回線用 台数は実施規模による
9	端末	—	PC、スマートフォン、タブレット等 (Wi-Fi 接続可能な装置)

(同軸ケーブル及び LAN ケーブルは掲載を割愛した)

#### 付録 4. 公共 BB の通信仕様

公共 BB の通信仕様を示す。

表 20 公共 BB の通信仕様 (令和 2 年度成果報告書「表 3.8」抜粋)

項目	仕様
通信方式	TDD
無線周波数帯	170~202.5MHz
多重化方式	OFDM/OFDMA
FFT ポイント数	1,024
変調方式	QPSK、16QAM、64QAM
データ伝送速度	500 kbit/s 以上
周波数の許容偏差	$5 \times 10^{-6}$ 以内
チャンネル間隔	5MHz
占有周波数帯幅	4.9MHz 以下
空中線電力	5W 以下
空中線電力の許容偏差	上限 50%、下限 50%以内
隣接チャンネル漏えい電力 (4.8MHz 帯域比)	-21dBc 以下 (離調周波数 2.6~7.4MHz) -41dBc 以下 (離調周波数 7.6~12.4MHz)
空中線絶対利得	10dBi 以下

TDD : Time Division Duplex

OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing

QPSK : Quadrature Phase Shift Keying

QAM : Quadrature Amplitude Modulation



	<p>GLONASS : ロシア</p> <p>Galileo : 欧州</p> <p>QZSS : 日本 (愛称 : みちびき、準天頂衛星システム)</p>
ウェアラブルカメラ	<p>撮影者が体に装着して撮影可能なカメラ。</p> <p>リアルタイム映像配信機能や双方向音声通話機能を有する装置もある。</p>
業務アプリ (素材検知用アプリ)	<p>林業従事者が作業現場でスマートフォンを用いて、木材の撮影画像を解析し、インターネットを介して報告書を事務所等へ送付することができるアプリ</p>
位置情報共有アプリ	<p>スマートフォンの内蔵 GPS で取得した位置情報を、他のスマートフォンと共有できるアプリ</p>
見越し外通信	<p>通信路に物理障害物が存在する環境での通信を指します。障害物に当たった電波は、障害物を回り込んで他の方向に伝播する、いわゆる回折現象を利用し、通信距離を延ばすことができます。</p>
反射波	<p>電波が壁面や障害物に当たって反射し、元の方向と逆の方向に伝播する現象のことを指します。反射波は、電波の通信距離を延ばすことができる一方、多重反射によって電波が干渉して信号品質が低下することがあります。</p>
スループット	<p>一般的に、携帯電話等の説明で使用される回線速度、または、通信速度と同義であり、単位時間あたりに伝送できるデータ量のこと。単位は bps (bit per second) で、1 秒あたりのビット数で表すことが多いです。</p>
LPWA	<p>Low Power Wide Area の略で、低消費電力で長距離通信が可能な無線通信技術のことを指します。IoT などの低帯域通信に適しており、多数のセンサーなどを接続することができます。</p>
受信ダイバーシチ	<p>複数のアンテナを使用して同じ信号を受信することで、信号品質の向上を図る技術です。受信機が複数の信号を同時に受信し、それらを組み合わせてより良い信号を得ることができます。これにより、電波が弱い場所でもより高い通信品質を実現できます。受信ダイバーシチは、無線通信やテレビ放送などの分野で広く利用されています。</p>

付録 6 . 略語一覧

用語・略語	正式名称	説明
4FSK	4-level Frequency Shift Keying	4 値周波数偏移変調
AP	Access Point	アクセスポイント
bps	Bits Per Second	データ信号速度(1 秒間に伝送できるビット数)
GNSS	Global Navigation Satellite Systems	全世界的衛星航法システム (各国の衛星測位システムの総称)
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
HUB	HUB	スイッチングハブ
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
IoT	Internet of Things	さまざまな「モノ」がインターネットに接続され、相互に情報交換をする仕組み
LAN	Local Area Network	ローカルエリアネットワーク
LTE	Long Term Evolution	第 3 世代携帯電話 (3G) を進化させた通信規格
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	直交振幅変調
UHF	Ultra High Frequency	マイクロ波(極超短波)
VHF	Very High Frequency	超短波 (30-300MHz 帯の電波)
Wi-Fi	Wireless Fidelity	米国の業界団体、Wi-Fi アライアンスが機器間の相互接続性を認定した無線 LAN アダプターのブランド名
公共 BB	Public Broad Band System	200MHz 帯広帯域移動通信システム