

# 令和2年度 森林・林業に係る 情報基盤整備に係る基本調査

## 成果報告書

令和3年3月

令和2年度 森林・林業に係る情報基盤整備  
に係る基本調査検討会



# 目 次

<b>1. 全体概要</b> .....	<b>1</b>
1.1 背景・目的 .....	1
1.2 実施概要 .....	1
1.3 実施体制 .....	1
1.4 実施スケジュール .....	2
<b>2. 我が国の森林・林業の状況について</b> .....	<b>3</b>
2.1 森林・林業の ICT 化の目標 .....	3
2.2 森林・林業における課題とその解決方法 .....	3
2.3 林業業務カテゴリ毎に想定される通信要件 .....	4
2.4 林業分野において求められる通信の要件 .....	5
2.5 無線通信方式の比較（例） .....	5
<b>3. 調査検討の実施内容</b> .....	<b>7</b>
3.1 調査範囲と方法 .....	7
3.2 林業関係者へのヒアリング .....	7
3.2.1 ヒアリング調査の計画 .....	7
3.2.2 ヒアリング結果 .....	8
3.3 通信方法や通信機器の運用形態等に関する調査 .....	13
3.3.1 検討の概要 .....	13
3.3.2 通信方式の概要 .....	14
3.3.3 森林における伝搬特性の調査 .....	26
3.4 通信試験 .....	28
3.4.1 通信試験の計画 .....	28
3.4.2 屋外実証試験場所の選定 .....	29
3.4.3 通信試験の概要 .....	32
3.4.4 試験結果 .....	37
<b>4. 業務カテゴリ毎の通信要件等の検討</b> .....	<b>47</b>
4.1 検討の概要 .....	47
4.2 検討結果のまとめ .....	51
<b>5. 今後の課題及び次年度の計画</b> .....	<b>55</b>
<b>6. まとめ</b> .....	<b>56</b>
おわりに .....	57
付属資料、参考資料	





## 1. 全体概要

### 1.1 背景・目的

森林・林業に関する調査・作業等は携帯電話の電波状態が悪く、エリア外等の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、今までの情報通信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る。

現在、森林・林業においても ICT・IoT 等の導入を加速化し、情報基盤を整備していくことが必要とされているが、オフライン環境下での通信ネットワークの構築等について、技術的な開発が遅れており、基本的な技術的問題の整理や課題の明確化、実証を進めていく必要がある。これは、森林・林業における業務・作業等については、森林内における立木の調査から木材生産、治山・災害対策まで幅が広い上に、それぞれの業務要件によって必要とされる情報の種類や量、通信速度、頻度もそれぞれ異なってくること、森林内は植生や地形等といった通信上の障害や制約となる条件の変化に富んでおり、通信に関する問題解消を更に複雑化させていることが要因として考えられる。

本調査検討会は情報基盤の整備を目標に、森林・林業における ICT・IoT 等の導入の加速化を可能とする通信に関する技術的問題の解決を目指し、業務要件の整理と通信に係る基本的な要求事項を整理することを目的とする。

### 1.2 実施概要

本実証では、下記（１）～（４）の実施項目を行う。

#### 実施項目

- （１）通信機器類や使用する周波数等について、実際に導入可能なものを選定し、電源の確保の方法等についての検討
- （２）通信試験による、森林内の植生による電波の減衰等、通信を本格導入する際の障害となる要因についての分析
- （３）林業の業務カテゴリについて、通信に係る機器類についての固定式、移動式、携帯型の別についての検討
- （４）その他、付随する事項の項目

### 1.3 実施体制

本調査検討を進めるために、「令和２年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会」を設置し、調査検討を行った。付属資料１に「令和２年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会 開催趣旨」、付属資料２に「令和２年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会 設置要綱」、付属資料３に「令和２年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会 構成員名簿」を示す。

#### 1.4 実施スケジュール

調査検討会の審議過程を表 1.1 に示す。

表 1.1 調査検討会の審議過程

開催回	開催日	議題他	主な審議内容他
第 1 回	R3. 1. 29	① 調査検討会の活動方針 (案) ② 検討内容の概要 (案) ③ 全体工程 (案)	調査検討会の開催趣旨の説明後、調査検討会の背景、検討課題 (案) 及び検討日程(案)について審議し、承認された。
第 2 回	R3. 3. 15	最終報告	最終報告書について審議し、承認された。

## 2. 我が国の森林・林業の状況について

### 2.1 森林・林業の ICT 化の目標

林野庁では、平成 30（2018）年度から ICT 等の先進的な技術を現場レベルで活用する実践的取組を支援し、スマート林業の構築を推進している。各実践地域においては、航空レーザ計測等による森林資源や森林境界の把握、路網設計支援ソフトの導入、スマートホンを活用した木材検収システムの活用、ICT 生産管理システムの開発、クラウドを活用した需給マッチング支援システムの構築等の様々な取組が進められている。森林・林業の ICT 化の目標を図 2.1 に示す。



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）の図を参照・加工している。

図 2.1 森林・林業の ICT 化の目標

### 2.2 森林・林業における課題とその解決方法

森林・林業における ICT・IoT 等の導入を加速化し、情報基盤を整備していくことが必要とされているが、オフライン環境下での通信ネットワークの構築等について、技術的な開発が遅れており、基本的な技術的問題の整理や課題の明確化、実証を進めていく必要がある。

森林・林業の業務・作業は、立木の調査から木材生産、治山・災害対策まで幅広いため、本基本調査では、業務カテゴリを以下の 4 項目に分類し、情報基盤の整備について検討するものとした。

- ①安全確保、②森林調査、③生産管理、④土木関連・防災

業務カテゴリごとの主な課題と、解決方法の概略を表 2.1 に示す。各課題を解決するためには「森林・林業における ICT・IoT」等の導入が必要と想定される。

表 2.1 業務カテゴリごとの主な課題と解決方法

項番	業務カテゴリ	主な課題	解決方法
1	安全確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業環境が厳しい</li> <li>事故発生状況が共有しにくい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業員と作業員間、作業員と事務所間を繋ぐ無線システムの構築（音声、位置情報）</li> <li>現状：衛星電話、業務用無線による音声連絡</li> </ul> <b>【作業員のモニタリング：安心・安全】</b>
2	森林調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査結果を事務所へ送信できない</li> <li>調査結果を統合したい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業員と事務所間でデータ通信を可能とする無線システムの構築（データ、写真画像）</li> </ul> <b>【進捗管理：効率化】</b>
3	生産管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業指示や注文情報を事務所から受けたい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業員と事務所間で相互でのデータ通信を可能とする無線システムの構築（データ、写真画像）</li> </ul> <b>【遠隔指示：効率化】</b>
4	土木関連 ・防災	<ul style="list-style-type: none"> <li>危険箇所のモニタリングをしたい</li> <li>施工の自動化をしたい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>リアルタイムな情報伝達のための、データ・映像伝送が可能な無線ネットワークの構築（データ、映像）</li> </ul> <b>【作業環境のモニタリング：安心・安全】</b>

### 2.3 林業業務カテゴリ毎に想定される通信要件

林業業務カテゴリ毎の想定される通信要件、必要なデータ及び種別を表 2.2 に示す。業務カテゴリにおいて要件を分析し、それぞれに適した通信方法や通信機器類等の検討が必要と想定される。

表 2.2 林業業務カテゴリ毎の想定される通信要件

項番	業務カテゴリ	要件	想定される必要なデータ	種別
1	安全確保	<ul style="list-style-type: none"> <li>・森林内緊急連絡</li> <li>・相互音声通信</li> <li>・位置情報の共有</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・音声情報</li> <li>・位置情報</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・業務用/簡易無線 (音声主体)</li> </ul>
2	森林調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・相互音声通信</li> <li>・調査結果の統合</li> <li>・調査結果の送信</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・音声情報</li> <li>・位置情報</li> <li>・データ情報</li> <li>・写真画像</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・業務用/簡易無線</li> <li>・センサ系</li> </ul>
3	生産管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・相互音声通信</li> <li>・作業状況の把握</li> <li>・位置情報から近接作業の警告</li> <li>・作業結果の送信</li> <li>・作業指示の受信</li> <li>・作業者の安全確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・音声情報</li> <li>・位置情報</li> <li>・データ情報</li> <li>・写真画像</li> <li>・リアルタイム画像</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・業務用/簡易無線</li> <li>・センサ系</li> <li>・ブロードバンド通信</li> </ul>
4	土木関連 ・防災	<ul style="list-style-type: none"> <li>・危険箇所のモニタリング</li> <li>・災害発生時初動現場のモニタリング</li> <li>・施工の自動化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・音声情報</li> <li>・位置情報</li> <li>・データ情報</li> <li>・リアルタイム映像</li> <li>・遠隔操作のための高速通信</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・業務用/簡易無線</li> <li>・センサ系</li> <li>・ブロードバンド通信</li> </ul>

#### 2.4 林業分野において求められる通信の要件

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る。

林業において求められる通信要件（事例）を以下に示す。

- 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

#### 2.5 無線通信方式の比較（例）

林業分野において求められる通信の要件と具体的な通信方式を表 2.3 に例示する。現状、衛星電話、業務用無線（音声通話主体）が主に利用されている通信手段となる。

表 2.3 無線通信方式の比較 (例)

項目	デジタル 業務用無線 /簡易無線	衛星電話	VHF 帯自営 ブロードバンド※	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 (ｲｼﾞｳﾑ端末)	～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	△	×	○*1	○*2	×
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

※：VHF 帯自営ブロードバンドとして、公共ブロードバンド移動通信システム(公共 BB、200MHz 帯)が現在、制度化され、実用化されている。

\*1 例えば、比較的簡便なシステム用途に適するマルチホップ段数 4 (無線装置 5 ユニット)、また、方式的には 36 ホップの事例が知られている。

<https://www.hitachi-kokusai.co.jp/news/2017/news170316.html>

\*2 例えば下記 URL 事例のとおり、中継台数 10～20 台の製品紹介記事が見受けられる。

<https://jp.sharp/business/smartnetwork/products/qxc300.html>

<https://www.nttdocomo.co.jp/biz/service/pmwifi/>

### 3. 調査検討の実施内容

#### 3.1 調査範囲と方法

##### (1) 林業関係者へのヒアリング

調査検討の取りまとめにおける通信要件の整理にあたり、林業事業体及び関連事業体へ、林業における通信の現状や課題等についてヒアリングを行った。

##### (2) 通信方法や通信機器類等の検討

作業現場が森林特有の過酷な伝搬環境や見通し外環境であることを踏まえ、周波数帯や通信方式について検討した。機器については、実際に導入可能なものを選定することとし、電源の確保の方法等について検討を行った。

##### (3) 通信試験

森林内伝搬環境に求められる「見通し外通信（森林内通信の可能性）」、「中継機能」に着目し、想定される通信方式を選定し、通信試験（電波伝搬試験）を行った。

#### 3.2 林業関係者へのヒアリング

##### 3.2.1 ヒアリング調査の計画

##### (1) ヒアリング対象（敬称略）

- ・アジア航測株式会社
- ・株式会社ジツタ
- ・株式会社大林組
- ・北信州森林組合
- ・日立建機株式会社
- ・有限会社杉産業

##### (2) ヒアリング内容

- ① 林業に関する業務内容
- ② 林業における通信の現状・課題
- ③ 通信が必要な業務・作業と通信内容
- ④ 導入済の通信・アプリケーション
- ⑤ 導入予定の通信・アプリケーション
- ⑥ 通信インフラが整うことで導入したいアプリケーション
- ⑦ 通信機器・インフラに求める要件

### 3.2.2 ヒアリング結果

ヒアリング結果を表 3.1 から表 3.7 に示す。

概要は以下のとおり。

- ・ 現状はオフライン環境を前提として作業をしている。  
(事務所からの連絡手段が携帯電話以外ない)。
- ・ 安全管理のためのシステムを導入したいと考えていることが多く、位置情報やバイタルチェックに関する要望が多い。
- ・ 事務所での報告作業の手間を省くために、日報を簡単に送信したいという要望も多い。
- ・ 生産管理や、注文情報などをリアルタイムに確認したいという要望もある。
- ・ 画像や映像は、作業指示のために利用することを考えているところが多いが、現状では導入された場合には使う機会が増えるという程度にとどまる。
- ・ リアルタイム性を必要とする情報と、必要としない情報がある。

表 3.1 ヒアリング結果① (林業に関する業務内容)

ヒアリング対象組織	意見① (林業に関する業務内容)
アジア航測株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 丸太検知：スマートホンのカメラ利用。どこでどれだけ伐採したのかをデータ化する。</li> <li>・ ドローン撮影：作業前後で上空から撮影し、進捗確認する。データはGISに載せる。</li> <li>・ セスナでのレーザ計測。</li> <li>・ 取得データを基にしたコンサル業務。</li> </ul>
株式会社ジツタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 面積測量：どこをどれだけ伐採したか報告。デジタルコンパスとGPSで測量する。</li> <li>・ 検収：スマートホンで撮影した画像から、木材の本数を測定する。</li> <li>・ ドローン撮影：森林データをドローンで取得し、生えている樹木の本数を測定することで在庫量の把握に繋がる。</li> <li>・ GNSS (リアルタイム性必要)：面積の測定に使用するための位置情報の取得。1m規模の精度が求められる。</li> </ul>
株式会社大林組	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 森林ビジネスにおける新市場創出 (スマート林業等)。</li> </ul>
日立建機株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建設機械の販売、レンタル、サービス。マシンの他、アタッチメントも取り扱っている。</li> <li>・ 林業については、ショベルのベースマシン(本体)のみで、フォワーダの販売はしていない。</li> </ul>
北信州森林組合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 森林調査：伐採時の権利関係を明確にするため、境界の調査を行う。森林の状況、地形、木のボリュームなどをレーザ計測する。</li> <li>・ 森林整備：伐採、木材の搬出。</li> <li>・ 地権管理。</li> </ul>
有限会社杉産業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 素材生産。間伐や皆伐も行っている。</li> </ul>



表 3.2 ヒアリング結果②（林業における通信の現状・課題）

ヒアリング 対象組織	意見②（林業における通信の現状・課題）
アジア航測 株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オフライン環境が前提のため、林業機械の GPS 搭載も少なく、精度も良くないため、作業現場の情報が分からない。</li> <li>・タブレットが使用できるようになれば、作業現場について分かるようになる。</li> <li>・林業従事者は、ICT 化の理屈は理解しているが、ICT 化自体は進んでいない。</li> </ul>
株式会社 ジツタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オフライン環境を前提にしたシステムになっている。</li> <li>・面積測量では、GPS 情報を通信できれば現在位置を取得し、測量結果を即時送信することで、作業後に事務所に戻る必要がなくなる。</li> <li>・検取アプリがないと従事者は、木材を正の字で記録し、事務所で Excel 入力している。</li> <li>・動画を伝送できるようになれば、間伐でどの木を切ればよいか、熟練者が遠隔で指示を出せるようになる。</li> </ul>
株式会社 大林組	<p>特に無し</p>
日立建機 株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・年間 30 名ほどが労働災害で死亡しており、安全確保のための通信が必要。</li> <li>通信手段がないため、事故に巻き込まれても発見されにくい。</li> <li>・危険箇所の検知(土砂崩れなどの情報)のニーズあり。</li> </ul>
北信州森林 組合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・携帯電話を使用するが、繋がらない場所も多い。</li> <li>・簡易無線を、グループ内で使用している。</li> </ul>
有限会社 杉産業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事務所から出ると携帯電話しか無い。携帯電話の通信可能箇所を探すことを 1 番に行う（作業中、どこから連絡できるのかを把握する）。</li> <li>・製材所との連絡は電話と FAX。打合せはグループウェア（LineWorks）を使用。画像をチャットに上げて、木材の在庫数などを共有している。</li> <li>・生産管理では on time で情報を得ることができれば収益にも繋がる。</li> <li>・事務所から作業員（現場）への通信、連絡ができないことが課題。</li> </ul>

表 3.3 ヒアリング結果③（通信が必要な業務・作業と通信内容）

ヒアリング対象組織	意見③（通信が必要な業務・作業と通信内容）★：現在使用している通信手段
アジア航測株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>★ドローン撮影（リアルタイム性不要）</li> <li>・遠隔指導用 TV 会議</li> <li>★音声通話（LINE 通話等を含む）</li> <li>・GoogleMap など地図アプリの利用、現在地の共有</li> </ul>
株式会社ジツタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>★GNSS の補正情報</li> <li>・測量結果の送信</li> <li>・現在位置の本部への送信</li> <li>★検収結果（画像）の送信</li> </ul>
株式会社大林組	特に無し
日立建機株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全管理：人と機械の距離を共有し、事故を減らしたい。木が倒れる方向に人がいることもある。</li> <li>・生産管理：現状はリアルタイム性不要で、1日の終わりに送信できればよい。リアルタイムであれば、製材側の発注もスムーズになる。</li> <li>・現場と事務所の通信：日報など、現場での情報を集約して事務所に送信できるとよい。リアルタイム性はなくてもよい。</li> <li>★森林調査</li> <li>・遠隔操作、自動運転：まだ現実的ではない。国の施策によるところが大きい。林野庁の方針に沿って進めることとなる。</li> </ul>
北信州森林組合	<ul style="list-style-type: none"> <li>★簡易無線での音声通話</li> <li>・バイタルやチャット、位置情報など分かるとよい</li> <li>・写真や動画が送信できれば、作業指示に使用できる</li> <li>・GoPro など動画を収集し、作業方法の蓄積や AI 解析、事故状況の調査などへ活用が想定される。</li> </ul>
有限会社杉産業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全管理と生産管理（どのくらいの丸太が生産されているか）に使用。</li> <li>・事務所で作業員や機械の位置確認ができるとよい。</li> <li>・素材生産では、倒す、道を作る、集める、造材する、運ぶの 5 つの工程がある。運ぶことができないなど通信を使って知ることができるとよい。</li> <li>・作業員や機械が 1 時間以上動かないなどの情報も得られるとよい。</li> <li>・リアルタイムでなくとも、1 時間に 1 回の通信でも進歩。</li> <li>・写真、PDF、Excel を伝送したい。</li> <li>・木を切る量は計画の上、フル生産できるように計画している。</li> <li>「このような木材が欲しい」という発注をリアルタイムに把握できるようになるとよい。</li> </ul>

表 3.4 ヒアリング結果 4 (導入済の通信・アプリケーション)

ヒアリング対象組織	意見④ (導入済の通信・アプリケーション)
アジア航測株式会社	特に無し
株式会社ジツタ	特に無し
株式会社大林組	・腕時計型ウェアラブルセンサー：建設現場用での熱中症対策として、バイタルデータの取得に利用。山中での利用は前提としていない。
日立建機株式会社	・アラームや位置情報 ・サポート用の電話（機械に付属） ・携帯電話（こちらがメイン） ・スマートホンアプリ：オフライン前提で作られており、通信の要望なし
北信州森林組合	・簡易無線 ・木材検取アプリ
有限会社杉産業	・携帯電話のみ ・ハーベスタに Timber Office が入っており、USB に保存して事務所でデータを引き出す。生産した材木の情報が入っている。

表 3.5 ヒアリング結果 5 (導入予定の通信・アプリケーション)

ヒアリング対象組織	意見⑤ (導入予定の通信・アプリケーション)
アジア航測株式会社	特に無し
株式会社ジツタ	特に無し
株式会社大林組	・5G を応用した、フォワーダの自動走行を検討中
日立建機株式会社	・LPWA を利用した安全管理システム：人と機械の接近警告や、位置情報の導入を検討中
北信州森林組合	・日報システム(開発中)：バイタル情報と連携したい
有限会社杉産業	特に無し

表 3.6 ヒアリング結果 6 (通信インフラが整うことで導入したいアプリケーション)

ヒアリング対象組織	意見⑥ (通信インフラが整うことで導入したいアプリケーション)
アジア航測株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・困った時の指導に使う TV 会議システム</li> <li>・山中でのデータの自動アップデート、ダウンロード:現在は SD カードを利用</li> <li>・GoogleMap の利用:指示、安全面の観点から、位置情報を利用した人、機械の場所管理をしたい。精度は 5m 程度必要。</li> <li>・通信可能になれば、機器のソフトウェアの作り込みも変わる。</li> </ul>
株式会社ジツタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・GNSS の補正情報</li> <li>・測量結果の即時送信</li> <li>・現在位置の本部への送信</li> <li>・検取結果の即時送信</li> <li>・動画伝送</li> </ul>
株式会社大林組	特に無し
日立建機株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日報や生産情報のリアルタイム通信</li> <li>・動画伝送</li> <li>・メーカーとしては、土木現場で遠隔操作や自動運転ができないと林業には展開できない。林業現場では傾斜などの危険があり、遠隔では判断ができない場合もある。そのような状況で崖から落下すると修理費も莫大になる。</li> </ul>
北信州森林組合	特に無し
有限会社杉産業	・Line Works の活用を進めたい。

表 3.7 ヒアリング結果 7 (通信機器・インフラに求める要件)

ヒアリング対象組織	意見⑦ (通信機器・インフラに求める要件)
アジア航測株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両で運搬するため、大きさに関する要求はない。</li> <li>・1つの端末で利用できることが望ましい。</li> <li>・車両のシガーソケットは出力が小さいため、バッテリー運用が望ましい。発電機を所有している組合もある。</li> </ul>
株式会社ジツタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・林業従事者の 1 チームが車両にて山林内に移動するが、その車両に移動基地局が設置でき、半径 1 Km 程度通信エリアが確保できるような安価な機材。</li> <li>・電源は車両から供給可能なため、各種機材を搭載した車両があると便利。費用は 12 万円のジツタアプリでも高いと言われるため、支援策が有った方が良い。</li> </ul>
株式会社大林組	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1 千万円規模<sup>*1</sup> では、林業分野では高い。</li> <li>・スマートシティでも山間部では通信が課題となる</li> </ul>
日立建機株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・免許不要で手軽なもの</li> <li>・500m 程度のエリアで使えるもの</li> </ul>
北信州森林組合	特に無し
有限会社杉産業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業は機械が入りやすい場所から行う。</li> <li>・奥に入ると作業が難しい場所もあるため、そのような場所では通信があるとなおよい。</li> <li>・木を切る前は GPS の誤差が大きい。GPS が捕捉できるようになれば 5m 程度の誤差になる。</li> <li>・電源は重機から取れるが、バッテリーから取れるとなおよい。</li> </ul>

\*1 映像装置(カメラ)等、アプリケーション周辺装置などを含めた概算価格

### 3.3 通信方法や通信機器の運用形態等に関する調査

#### 3.3.1 検討の概要

##### (1) VHF 帯無線方式

作業現場が森林特有の過酷な伝搬環境や見通し外環境であることを勘案し、電波の回り込み特性に優れた VHF 帯の周波数を候補として、文献等を参考に、通信方法等について検討・考察した。以下に対象として想定される通信方式を示す。

- ・デジタル業務用無線機/デジタル簡易無線（150MHz 帯）
- ・自営ブロードバンド(公共 BB)（200MHz 帯）

参考資料 2 に、森林における自営ブロードバンド(公共 BB)の活用事例を示す。

##### (2) 中継機能

公衆系通信インフラではカバーが難しい山間部の作業エリアにおいて、簡便かつ柔軟に無線エリアの構築が可能な、マルチホップ中継機能を有し、可搬型での運用が可能な通信方式について検討・考察した。以下に対象として想定される通信方式を示す。

- ・無線 LAN(Wi-Fi)（2.4GHz 帯、5GHz 帯）
- ・自営ブロードバンド(公共 BB)（200MHz 帯）

##### (3) モニタリング・センサ系

業務カテゴリのうちモニタリングを行う業務等（センサ系）について、以下を対象候補として検討・考察した。

- ・Wi-SUN 等、近距離～中距離用の小電力無線システム（920MHz 帯）

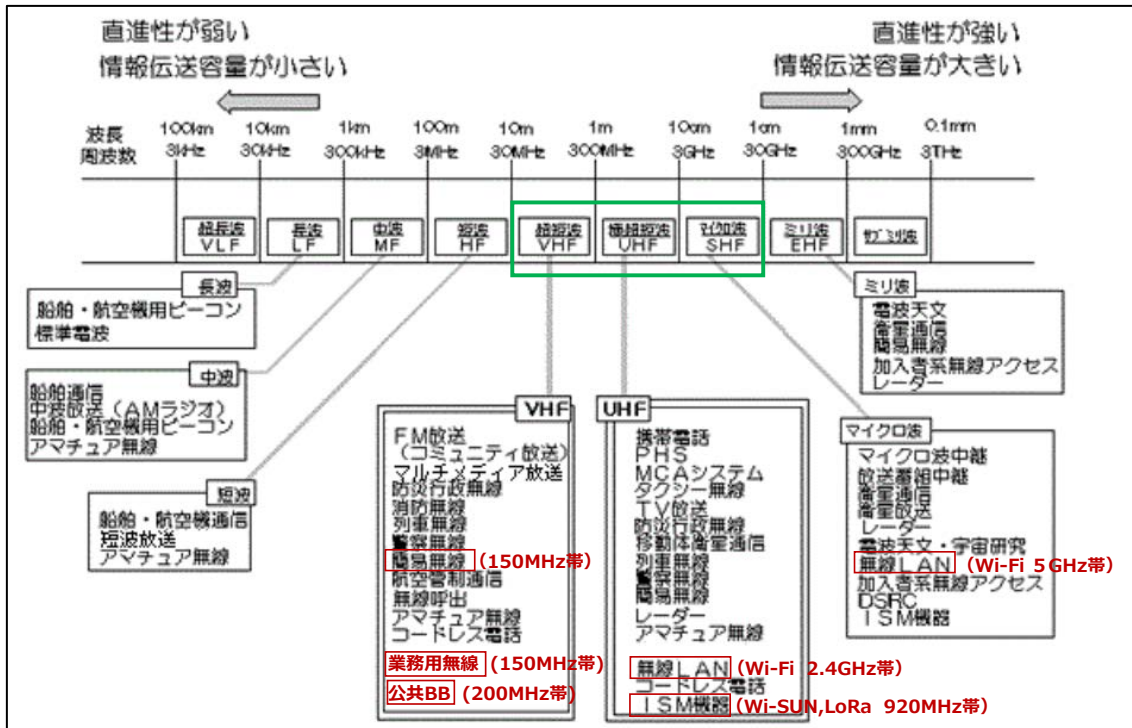
##### (4) 無線機器の運用形態

無線機器について、電源の確保・供給方法や、機器の形態（固定式(卓上型等)、移動式(車載型等)、携帯型(ハンディ型等)の種別等）について調査した。

##### (5) 森林における伝搬特性の調査

森林内の植生等による電波の減衰等について文献等を調査した。

本調査検討における無線通信方式の周波数帯を図 3.1 に示す。



出典：総務省電波利用ホームページ「周波数帯ごとの主な用途と電波の特徴」を引用し、加筆した  
<https://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/myuse/summary/index.htm>

図 3.1 本調査検討における無線通信方式の周波数帯

### 3.3.2 通信方式の概要

#### (1) デジタル業務用無線機/簡易無線 (150MHz 帯)

デジタル業務用無線機/簡易無線 (150MHz 帯) について概要を以下に述べる。

##### 無線機の特長・機器の形態：

- ・デジタル業務用無線 (150MHz 帯) は、一般に専用波による免許局であり、各地方総合通信局に対し免許申請し、林業業務として個別に割当てられた周波数で運用することが必要である。無線機器の形態は、固定式(卓上型等)、移動式(車載型等)、あるいは、携帯型 (ハンディ型) が一般的である。
- ・デジタル簡易無線 (150MHz 帯) は、共通波による簡易な業務用の免許局 (送信電力 5W、28 波) として制度化されており、無線従事者が不要なため利便性が高い。最近では、比較的簡便な精度の GPS ユニットを内蔵する携帯型 (ハンディ型) が広く市販されており、デジタル業務用無線 (150MHz 帯) よりも比較的低廉な市場価格にある。
- ・また、いずれの無線機とも、4 値 FSK 方式 (四値周波数偏移変調方式) を採用した狭帯域デジタル方式であり、音声/低速データ速度は、2.45kbps (誤り訂正 1.15kbps を除く)

として、民間標準規格化（ARIB STD-T102（第2編）及びARIB STD-T102（第3編））が行われている。

**無線機器への電源の確保・供給方法：**

・無線機器への電源供給方については、車載型、固定型（卓上型）は、DC 公称 13.8V、あるいは、商用 AC100V 電源からの AC/DC 変換アダプタ方式が、一般的に採用されている。森林内作業現場においては、発動発電機による AC 供給も想定される。また、デジタル簡易無線については、通常、リチウムイオン二次バッテリーパック搭載の携帯型である。

**免許申請等について：**

・1W 以上のデジタル業務用無線機を使用する場合には、各地方総合通信局へ免許の申請が必要（免許有効期間は 5 年）である。運用には無線従事者（第三級陸上特殊無線技士以上）が必要である。なお、第三級陸上特殊無線技士資格は、関係機関による講習を受講することでも比較的容易に取得が可能である。

・デジタル業務用無線機/簡易無線（150MHz 帯）については、電波利用料の支払いが求められる。これらの料率は、総務省電波利用ホームページ電波利用料額表に掲載<sup>\*</sup>されたとおり、現状、年間 400 円/無線局（個別免許の電波利用料：電波法別表第 6 令和元年 10 月 1 日改訂）にある。

※：総務省電波利用ホームページ「電波利用料額表」

<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/sum/money.htm>

**その他事項：**

デジタル業務用無線（150MHz 帯）においては、受信ダイバーシチ方式を採用した無線装置も存在することから、現場事務所に固定型（卓上型）を設置、移動側に車載型を採用することで、森林内の劣悪な伝搬環境に対し、良好な回線品質を確保する利用形態も着想される。

例えば、4FSK 方式における受信ダイバーシチ方式の有効事例を図 3.2<sup>\*</sup>に例示する。通常、良好な音声通信、及びデータ伝送に求められる回線品質（BER 特性：符号誤り率）は、それぞれ、BER=1×10<sup>-2</sup>以下、及び BER=1×10<sup>-3</sup>～1×10<sup>-4</sup>のオーダーにある。

さらに、建設機械などの停止制御等においては、呼損率にもよるが、1×10<sup>-4</sup>以下が求められると考えられる。図 3.2 に示す BER 特性のとおり、受信ダイバーシチ利得による回線品質の改善効果の有効性が顕著であることが分かる。

ここで、図中の実測条件は、民間標準規格（ARIB STD-T102）に規定するレイリーフェージング 7.5Hz の条件にある。これは 150MHz 帯における走行速度時速 54km/h の条件に相当する。なお、本条件は、建機などの森林への移動時の公道における移動速度を考慮する場合においても、安全サイドの条件と想定される。

※ 出典：北海道総合通信局、北海道農業ICT/IoT懇談会、ロボット農業向け制御システムの技術的条件等に係る調査検討報告書、令和2年3月27日

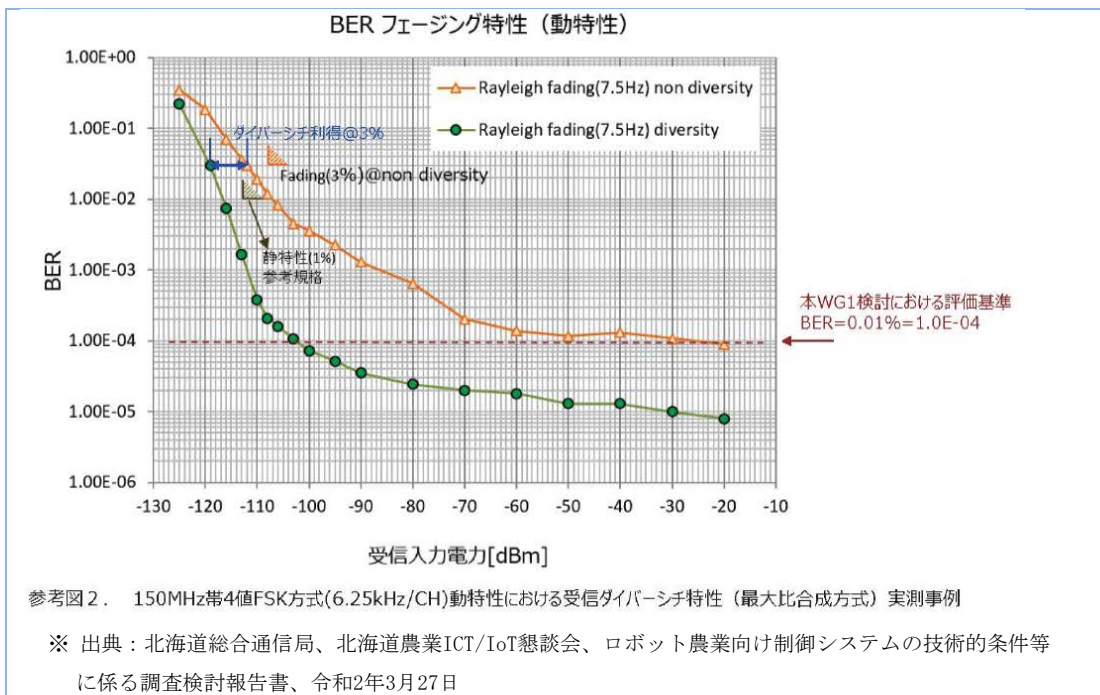


図 3.2 4 値 FSK 方式における受信ダイバーシチ方式の有効性

図 3.3 にデジタル業務用無線機/簡易無線 (150MHz 帯) の外観を例示する。

■ 携帯モデル

■ 車載モデル



図 3.3 デジタル業務用無線機/簡易無線 外観イメージ

(2) 自営ブロードバンド (公共 BB) (200MHz 帯)

自営ブロードバンド (以下、「公共 BB」と記す。) の概要について、以下に述べる。

**無線方式の概要:**

・本方式は、災害現場等における公共機関の通信は従来、音声通信が主体であったものに映像を伝達する仕組みを加え、より詳細な状況把握をすること等を目的とし、2011年のVHF帯地デジ化移行に伴い、地上アナログテレビ放送の空き周波数(200MHz帯)を利用した自営ブロードバンド無線(5MHz幅/ch)として利用開始されたもので、「安心・安全」に関わる業務用(主に災害対策分野)として、国、地方自治体、警察・消防等を免許主体として運用されている。



- ・公共 BB は、見通しのとれない山間部の運用や、高速移動及びマルチパスフェージング環境下での車載運用が可能であり、最大 30km 程度の長距離伝送が可能で、OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 通信方式を用い、上り回線最大 8Mbps の伝送速度を実現できる (1 チャネルあたり 5MHz の帯域幅の場合)。表 3.8 に公共 BB の通信仕様を示す。この通信仕様は、一般社団法人電波産業会 (ARIB) において、ARIB STD-T103 として標準化され、中継方式については、ARIB STD-T119 として標準化が完了している。
  - ・公共 BB のマルチホップ通信機能は、民間標準規格 (ARIB STD-T119) により規定されており、1 周波数による蓄積型時分割方式として実用化されている。無線装置の電源投入操作のみで、自動的に無線通信路を構築できることが特長である。
  - ・標準的には良好な回線品質を確保するため受信ダイバーシチ方式が推奨されるが、非ダイバーシチ運用も可能な回路構成にある。
- ※ 今回の試験は「山間部の運用」に有利であるという特性に着目し、試験局を申請し、調査を実施する。

表 3.8 公共 BB の通信仕様

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

図 3.4 に公共 BB の外観を例示する。

■アウトドアモデル（防水・堅牢）

■インドアモデル（小型・軽量）



5W



5Wタイプ



1Wタイプ

項番	項目	アウトドアモデル		インドアモデル	
1	送信電力	5W		5W	1W
2	外形サイズ (突起部を除く)	240(W)×300(H) ×180(D) mm		210(W)×140(H) ×197(D) mm	210(W)×90(H) ×200(D) mm
3	本体質量	7.3kg		4.8kg	2.7kg
4	電源供給	DC13.8VAC100V (オプション電源装置接続による)		DC13.8V 又は AC100V (付属の AC アダプタによる)	
5	外付バッテリー対応 (大容量リチウムイオン 二次電池)	約 240 分連続動作可能(2 個並列動 作時@常温)、Wi-Fi AP 内蔵。 3.5kg 以下(電池除く)			

注) 外形サイズ・本体質量等はバッテリーボックスを除く。

図 3.4 公共 BB 外観イメージ

**無線機の特長・機器の形態：**

・公共 BB の基本的な運用は、可搬、あるいは車載による移動通信であることから、構造上の特長は、前述の図 3.4 に例示するとおり、取手等を備えた持ち運びに適する形態になっている。また、背負子による移動運用も可能であるが、作業現場の周辺に臨時的に仮置きし、Wi-SUN 端末、あるいは Wi-Fi 端末等を接続して運用する臨時基幹通信路としての利用形態が想定される。

**無線機器への電源の確保・供給方法：**

・上記に例示する自営ブロードバンド（公共 BB）の電源供給は、別筐体のバッテリーボックス（リチウムイオン二次電池駆動）、あるいは公称 DC13.8 V 駆動又は、AC100V 電源によるアダプタユニットを介した電源供給形態にある。また、外付バッテリーボックスには、Wi-Fi のアクセスポイント（AP）を具備した構造となっている。

**免許申請等について：**

・公共 BB の無線機を使用する場合には、各地方総合通信局へ免許の申請が必用（免許有効期間は 5 年）。制度的には、免許局扱いにあり、運用には無線従事者（第三級陸上特殊無線技士以上）が必要である。

・公共 BB については、電波利用料の支払いが求められる。これらの料率は、総務省電波利用ホームページ電波利用料額表に掲載※されるとおり、現状、年間 400 円/無線局（個

別免許の電波利用料：電波法別表第6（令和元年10月1日改訂）にある。

※：総務省電波利用ホームページ「電波利用料額表」

<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/sum/money.htm>

**その他事項：**

- ・公共BBは、現状、国、地方自治体等において活用されている。今後、国、あるいは地方自治体との連携運用<sup>(注1)</sup>により、林業分野での利用が期待される。

(注1)

自営ブロードバンド（公共BB）については、現在、国、地方自治体等の公共機関における「安心・安全」分野の業務等に免許される電波制度にあるが、現在のところ、林業分野での利用は想定されていない。林野庁は、山地災害への対応を行う業務を所掌していることから運用方法を検討することによって、免許主体となり得ると思われる。

他方、林業分野における民間利用については、例えば、平時利用と被災時の利用との棲み分けを含めた運用調整の在り方のほか、国、あるいは地方自治体との連携運用、林野庁と民間林業事業者との連携業務等を前提とした運用形態など、周波数資源の有効利用の観点から、総務省との連携を進めることが望ましいと思われる。

また、現在、総務省「放送周波数の活用方策に関する検討分科会」において審議されているVHF-High帯域<sup>\*</sup>が、今後の民間利用における自営ブロードバンド実現の拡張帯域の候補として着想されている。林業分野に用途を含めるためには、当該帯域における実証試験を積重ね有用性を確認するといった方策の検討なども有効と想定される。

※：VHF-High帯域：公共BBの上側帯域に隣接するマルマルチメディア放送の空き周波数帯（対象14.5MHz幅、公共BBとのガードバンド5MHzを合わせ19.5MHz幅相当）、現在、令和4年3月末までの間、当該帯域の利用に係る特定実験試験局による実証試験期間とされている。

(3) 無線LAN（Wi-Fi）システム（2.4GHz帯、5GHz帯）

無線LAN（Wi-Fi）システムの概要について、以下に述べる。

**無線方式の概要：**

- ・無線通信を利用してデータの送受信を行うLANシステムとして、代表的な通信規格にIEEE 802.11がある（Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceによって、国際標準規格であるIEEE 802.11規格を使用したデバイス間の相互接続が認められたことを示す名称）。本Wi-Fiは、1MbpsのIEEE802.11bから規格化、製品化がはじまり、広く一般に利用されている。現在、最大で9.6Gbpsの伝送が可能となる802.11ax（Wi-Fi6）がリリースされており、

従来の Wi-Fi では不可能だった同じチャネルの複数ユーザ共用が可能になっており、技術的にセルラーシステムにより近い機能・性能をもつようになった。また Wi-Fi6 対応機器は、すでに製品として入手可能な状況にある。表 3.9 に Wi-Fi 方式の一覧を示す。

表 3.9 Wi-Fi 方式一覧

規格名	使用周波数	伝送方式	変調方式	最大伝送速度	帯域幅	策定期
802.11b	2.4GHz 帯	DSSS	DBPSK DQPSK CCK	11Mbit/s	22MHz	1999
802.11a	5GHz 帯	OFDM	BPSK、QPSK 16QAM、64QAM	54Mbit/s	20MHz	1999
802.11g	2.4GHz 帯	OFDM	BPSK、QPSK 16QAM、64QAM	54Mbit/s	20MHz	2003
802.11j	4.9GHz 帯	OFDM	BPSK、QPSK 16QAM、64QAM	54Mbit/s	20MHz	2004
802.11n	5GHz 帯 /2.4GHz 帯	OFDM /MIMO	BPSK、QPSK 16QAM、64QAM	65Mbit/s～ 600Mbit/s(MIMO)	20/40MHz	2009
802.11ac	5GHz 帯	OFDM /MIMO	BPSK、QPSK、16QAM、 64QAM、256QAM	290Mbit/s～ 6.93Gbit/s : 256QAM (8×8MIMO)	80/160MHz	2014
802.11ax	5GHz 帯 /2.4GHz 帯	OFDMA /MIMO	BPSK、QPSK、16QAM 64QAM、256QAM 1024QAM	290Mbit/s～ 9.61Gbit/s : 1024QAM (8×8MIMO)	80/160MHz	2021
802.11be	6GHz 帯 /5GHz 帯 /2.4GHz 帯	OFDMA /MIMO	BPSK、QPSK、16QAM 64QAM、256QAM 1024QAM、4096QAM	290Mbit/s～ 30Gbit/s : 4096QAM (16×16MIMO)	80/160/320 MHz	2024 (予定)

無線 LAN が使用する電波の周波数は大きく分けて 2.4GHz 帯と 5GHz 帯があり、5GHz 帯は 5.2GHz、5.3GHz、5.6GHz 帯に分けられる。

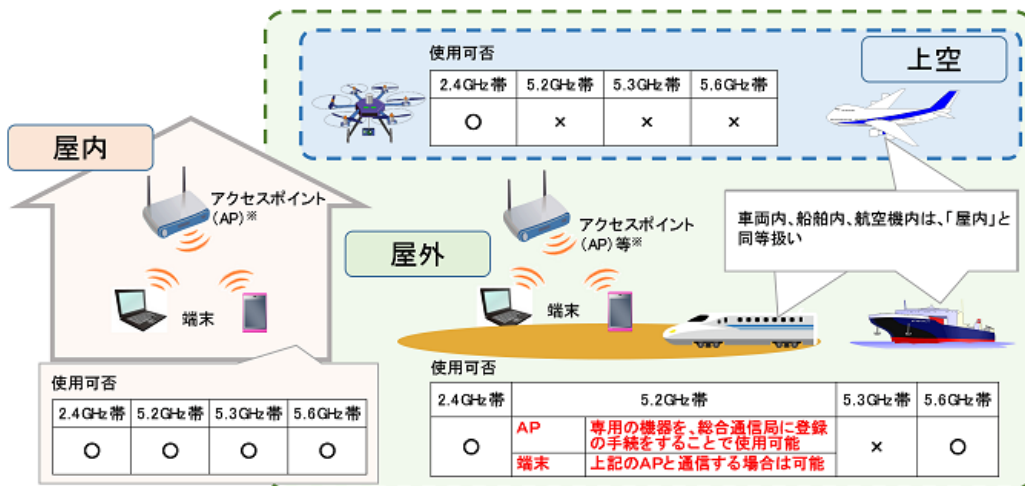
近年の Wi-Fi 利用拡大に伴う利用ニーズに対応すべく、制度化面でも対応がすすめられ、これまで屋外利用可能な周波数帯は 2.4GHz 帯と 5.6GHz 帯であったが、平成 30 年 2 月に総務省情報通信審議会からの一部答申を受け、平成 30 年 6 月から条件付で 5.2GHz 帯の屋外利用が可能になった。屋内・屋外の使用条件は、表 3.10 及び図 3.5 に示すとおりである\*。

※：総務省電波利用ホームページ「無線 LAN の屋外利用について」

[https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan\\_outdoor/index.htm](https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan_outdoor/index.htm)

表 3.10 無線 LAN (Wi-Fi) の利用可能場所の条件

帯域	2.4GHz	5.2GHz	5.3GHz	5.6GHz
屋内	○	○	○	○
屋外	○	△ (条件付)	×	○



(※中継器を含む。)

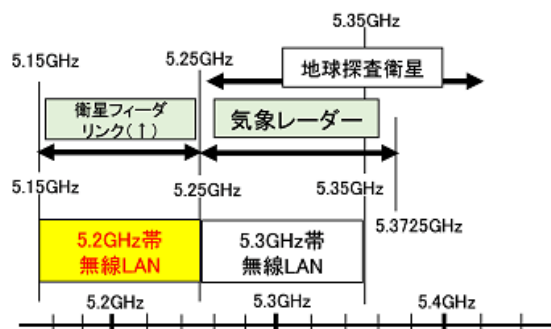
出典：総務省電波利用ホームページ「無線 LAN の屋外利用について」

[https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan\\_outdoor/index.htm](https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan_outdoor/index.htm)

図 3.5 無線 LAN の周波数と利用可能場所

● 5.2GHz 帯の屋外利用

5.2GHz 帯は、衛星通信システムのフィードリンクと周波数を共有している。また、隣接周波数帯に気象レーダーが使用している。このため、これらのシステムと共有を図りながら屋外利用を可能とするため、5.2GHz 帯の屋外利用には条件が設けられている。図 3.6 に 5.2GHz 帯の周波数配置を示す。



出典：総務省電波利用ホームページ「無線 LAN の屋外利用について」

[https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan\\_outdoor/index.htm](https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan_outdoor/index.htm)

図 3.6 5.2GHz 帯周波数配置

a) 5.2GHz 帯の屋外利用条件：

- ・人工衛星に影響を与えない（上空側へ強い電波が出ない）工夫が施された専用機器を利用する。  
（「5.2GHz 帯高出力データ通信システム」の技術基準適合証明等を取得した機器）
- ・アクセスポイント及び中継器については、事前に総合通信局に「登録局」の手続きが必

要である。

- ・ 気象レーダーに影響を与えない場所（告示\*に示す「開設区域」内）でのみ利用可能である。

b) 5.2GHz 帯のアクセスポイント、中継器の屋外利用

5.2GHz 帯を使用するアクセスポイントや中継器を屋外で利用する場合、衛星システム及び気象レーダーに影響を与えないよう、

- ① 専用の機器
- ② 事前に総合通信局に「登録局」の手続<sup>(注)</sup>
- ③ 告示\*に示す「開設区域」内での利用が必要である。

\* 平成 30 年 6 月 29 日総務省告示第 223 号（5,150MHz を超え 5,250MHz 以下の周波数の電波を使用する無線局の開設区域を定める件）

注：5.2GHz 帯高出力データ通信システムの登録局の運用に際しては、「第三級陸上特殊無線技士」の無線従事者の資格が必要になる。

**無線機の特長・機器の形態：**

- ・ 無線 LAN (Wi-Fi) の機器の形態については、前述の利用場所により、屋外に設置し簡易的なアクセスポイントとして利用するものをはじめとし、屋内設置型の機器（据付型や可搬型）、モバイル端末（ノート PC 及びタブレット等）に内蔵されているものなどがある。図 3.7 に無線 LAN (Wi-Fi) システムの外観イメージを示す。



図 3.7 無線 LAN (Wi-Fi) システム 外観イメージ

**免許申請等について：**

- ・ 空中線電力が 1W 以下の無線局（小電力無線局に該当するもの）については、無線局免許や無線従事者資格が不要（一部を除く）。ただし、技術基準適合証明等（技術基準適合証明及び工事設計認証）を受けた適合表示無線設備を使用する必要がある。

- ・ さらに、前述のように周波数帯ごとに屋内・屋外の使用条件や免許の要件が異なること

から、特に、5.2GHz 帯の屋外利用条件として、登録局申請や、第三級陸上特殊無線技士の無線従事者の資格、告示に示す開設区域内での利用制限などの規定に留意する必要がある。

- ・また、将来的に 5.2GHz 帯の屋外利用等の台数が増加し、衛星システムへの影響のおそれがある場合は、新規の屋外利用等の登録の受付停止や、既に屋外利用等を運用されている機器に対し運用を制限する可能性があること、国際的な場で 5.2GHz 帯の屋外利用の検討結果によっては屋外利用の条件等が見直される可能性があること、開設区域及び条件は、利用ニーズ及び気象レーダーの周波数状況により、今後変更の可能性がある<sup>(注)</sup>。

注 出典：総務省電波利用ホームページ「無線 LAN の屋外利用について」  
[https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan\\_outdoor/index.htm](https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan_outdoor/index.htm)

#### (4) Wi-SUN 等、近距離～中距離用の小電力無線システム (920MHz 帯)

Wi-SUN 等、近距離～中距離用の小電力無線システムの概要について、以下に述べる。  
 ここでは、代表例として Wi-SUN について記載する。

Wi-SUN : Wireless Smart Utility Network

#### 無線方式の概要：

- ・Wi-SUN は IEEE 802.15.4g システムをベースに、各種アプリケーションに対応した技術仕様、開発メーカー間の相互接続性を担保された無線 IoT 機器として Wi-SUN は開発されている。認証は、2012 年に設立された Wi-SUN アライアンス (2018 年 12 月時点で 200 社以上の会社が加盟) が実施する。表 3.11 に Wi-SUN の基本仕様をまとめる。特徴としては 100kbps の伝送速度を持ち、伝送距離が 1km 程度伝送できる点がある。

表 3.11 Wi-SUN の基本仕様

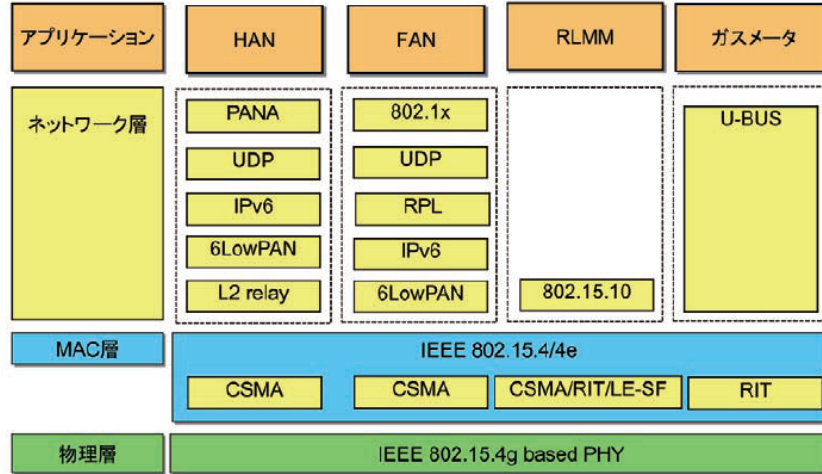
項目	仕様
標準規格	物理層 IEEE 802.15.4g / MAC 層 IEEE 802.15.4/4e
周波数	免許不要帯域 (国内では 920MHz)
伝送速度	50、100、150kbps
伝送距離	約 1km (市街地)、約 2km (郊外地)
変調方式	2GFSK
最大送信電力 (国内)	20mW (免許不要)、250mW (登録局)
誤り訂正	畳み込み符号 (オプション)
IP 通信への対応	高い (IPv6 対応)
ソフトウェア・アップデート	OTA による設定可能

MAC : 媒体アクセス制御 Medium Access Control



Wi-SUN では4種類のアプリケーション仕様（図3.8）が検討されている。

- HAN (Home Area Network) : 宅内利用向け
- FAN (Field Area Network) : 屋外利用向け、多段中継で情報を収集
- RLMM (Resource Limited Monitoring and Management) : 非IP を用いず、多段中継を駆使して情報収集
- JUTA (Japan Utility Telemetry Association) : ガスメータ用省電力仕様



出典：原田、「IoT時代を支える国際無線通信規格Wi-SUN」、ITU ジャーナル Vol. 47 No. 2 (2017-2)

図3.8 Wi-SUNのアプリケーション仕様

林業向けの利用形態では、屋外利用で比較的広域に渡るIoTネットワークを構成する利用形態が想定され、その場合はWi-SUN FANの適用が最適と考えられる。そこで以降ではWi-SUN FANにフォーカスして説明する。Wi-SUN FANの仕様を表3.12に示す。

Wi-SUN FANは、データリンク層ではCSMA (Carrier Sense Multiple Access) プロトコル、ネットワーク層以上ではIPv6、UDP (User Datagram Protocol) を用い、ネットワーク認証ではIEEE 802.1Xを用い、物理層以外はWi-Fiと似た構造をとっている。また、IETF (Internet Engineering Task Force: インターネット技術の標準化を推進する組織) が規定するRPL (IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks) プロトコルを採用することで多段中継を実現している。Wi-SUN FANにおいては、表3.13に示す3種類の無線機器のカテゴリ (Boarder router、Router node、Leaf node) があり、このうちBoarder routerがデータを収集するノードである。また、無線機同士の干渉を避けるために、周波数をホッピングさせて通信を行っている。



表 3.12 Wi-SUN FAN の仕様

項目	仕様
アプリケーション層	各種センサ、メータ、モニタ
アクセス認証	IEEE 802.1x
トランスポート層	UDP
ネットワーク層	マルチホップ：RPL IPv6、ICMPv6
アダプテーション層	6LoWPAN
データリンク層 (MAC 層)	IEEE 802.15.4e (暗号化)：CSMA
物理層	IEEE 802.15.4g (920MHz、FSK、50、100kbps)

表 3.13 Wi-SUN FAN における無線機のカテゴリ

無線機カテゴリ	機能
Boarder router	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 広域各ノードからの情報収集、マルチホップの経路を決定</li> <li>・ 自身が管理するネットワークへのアクセス認証、暗号鍵の管理</li> <li>・ ほかのネットワークとの接続</li> </ul>
Router node	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ データ及びセキュリティとアドレスの管理情報を中継</li> </ul>
Leaf node	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 最低限度の機能</li> <li>✓ PAN の探索、Join</li> <li>✓ パケットの送信、受信</li> </ul>

**無線機の特長・機器の形態：**

- ・ Wi-SUN 等の省電力無線システムは、ウェアラブル端末を使用した作業員のバイタルチェックや、作業環境の定期的なモニタリングに有効である。作業環境のモニタリングは、杭型の傾斜センサや空気中の特定の物質濃度を測定するセンサなどの使用が考えられる。
- ・ 通信経路は、複数のセンサからゲートウェイ、ゲートウェイから公衆無線を使用して指定したネットワークに送信する方法が多く取られる。Wi-SUN 等を利用した通信は、見通し外であれば、数 km 程度の通信が可能であるため、ゲートウェイは電源確保がしやすい場所に設置し、そこから少し離れた場所に作業場所を展開することも可能である。
- ・ センサの送信頻度によって混信の程度は変化するが、1つのセンサからの送信データは数百～数キロバイト (kB) と小さいため、1つのゲートウェイに対して 20 台程度のセンサ利用が見込める。

**免許申請等について：**

- ・ 小電力無線局（免許を要しない無線局の一つで、空中線電力が 1W 以下で、特定の用途に使用される一定の技術基準が定められた無線局）は、無線局免許や無線従事者資格が不要である。ただし、技術基準適合証明等（技術基準適合証明及び工事設計認証）を受けた適合表示無線設備を使用する必要がある。

### 3.3.3 森林における伝搬特性の調査

森林は電波に損失を与えることが知られているが、樹木の種類・形状等パラメータが非常に多く正確なモデル化は極めて難しい。ここでは、樹木の影響による電波の減衰等について文献等を調査した結果を以下に示す。

#### (1) 樹木の影響に関する森林損推定モデルについて

森林が電波に損失を与える伝搬メカニズム及びそれに対応する伝搬付加損失モデル（森林損推定モデル）と適用領域の関係を表 3.14 に示す。以下、代表的な森林損推定モデルの概要を示す。

表 3.14 森林損推定モデルと適用領域<sup>\*1</sup>

	3 MHz	30 MHz	300 MHz	3 GHz	30 GHz
	MF	HF	VHF	UHF	SHF
森林損なし	ITU-Rモデル				
	誘電体スラブモデル		回折モデル		
	Weissbergerモデル				
	Seville-Craigモデル				

\*1 電波伝搬ハンドブック：4章 樹木の影響（細矢良雄）、リアライズ社

#### 1) ITU-R モデル

ITU-R では、多くの理論及び実験結果を集大成し、送受アンテナがともに森林内にある場合の付加損失の減衰係数をグラフで与えている。

#### 2) ナイフエッジ回折モデル

送受アンテナが森林から十分遠く、送受間結合のほとんどが森林による回折によって生じるものと見ることができるときがある。この時の伝搬損失は、送受アンテナに最も近い樹木の位置に回折物体が存在していると仮定したナイフエッジモデルにより計算できる。

#### 3) Weissberge モデル

温帯の森林において、送受アンテナのいずれかが小さい森林に十分近く設置され、電波エネルギーのほとんどが森林内を通過していると考えられる場合、付加損失は減衰係数でなく距離に関するべき乗則で表される。

#### 4) Seville and Craig モデル

ミリ波領域において、短距離では樹木による遮蔽により距離と共に損失が急増するが、ある程度以上の距離では、森林による多重散乱波が受信アンテナに到達するため見かけの損失増加は小さくなる。

## (2) 森林内伝搬に関する実証試験等の事例について

### 1) 自営ブロードバンド（公共 BB）

例えば、以下の森林内伝搬に関する実証試験の報告がされている。

- ・京都大学ほか、「森林による見通し外環境下での広域系 Wi-RAN を用いた映像伝送に成功 ～林業における業務効率化に向けた新ソリューションへの適用実証～」  
（平成 30 年 6 月）

<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20180629/index.html>

### 2) 広域通信ネットワーク

例えば、東北総合通信局において、950MHz 帯及び 2.4GHz 帯無線 LAN の検討が行われており、森林内における伝搬特性が一部報告されている。

- ・東北総合通信局、「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」（平成 21 年 3 月）

[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)

### 3.4 通信試験

#### 3.4.1 通信試験の計画

作業現場が森林特有の過酷な伝搬環境や見通し外環境であることを踏まえ、携帯電話の電波が届かない山中を作業現場と想定し、VHF 帯無線方式（デジタル業務用無線機/簡易無線（150MHz 帯））及び自営ブロードバンド（公共 BB）によるフィールド試験を計画した。

ここで、公共 BB については、その特長である VHF 帯特有の見通し外通信路での中・高速データ伝送（映像を含む）を可能とする有用性ととともに、簡便な操作により、柔軟なマルチホップ通信路の構築が可能な 1 周波多段中継機能を主眼に通信試験を計画した。

試験構成の概要（全体イメージ）を図 3.9 に示す。

- (1) デジタル業務用無線機/簡易無線（携帯型又は可搬型）により、作業現場（日影沢キャンプ場）から登山道（定点）への伝搬特性の測定及び GPS の確認を行う。さらに、横方向への移動による GPS の確認を行う。
- (2) 公共 BB（可搬型）の多段中継<sup>※</sup>により、作業現場（日影沢キャンプ場（移動局））から山麓側（高尾森林ふれあい推進センター（基地局））へ中継回線を結び、伝搬特性の測定及び機能確認を行う。さらに、横方向への移動による映像伝送の確認を行う。

※：民間標準規格（ARIB STD-T119）準拠

#### (3) 試験計画

- ・試験場所：高尾山国有林及び周辺（東京都八王子市高尾町）
- ・試験日程：2月18～19日 公共 BB  
3月5日 デジタル簡易無線/業務用無線（150MHz 帯）

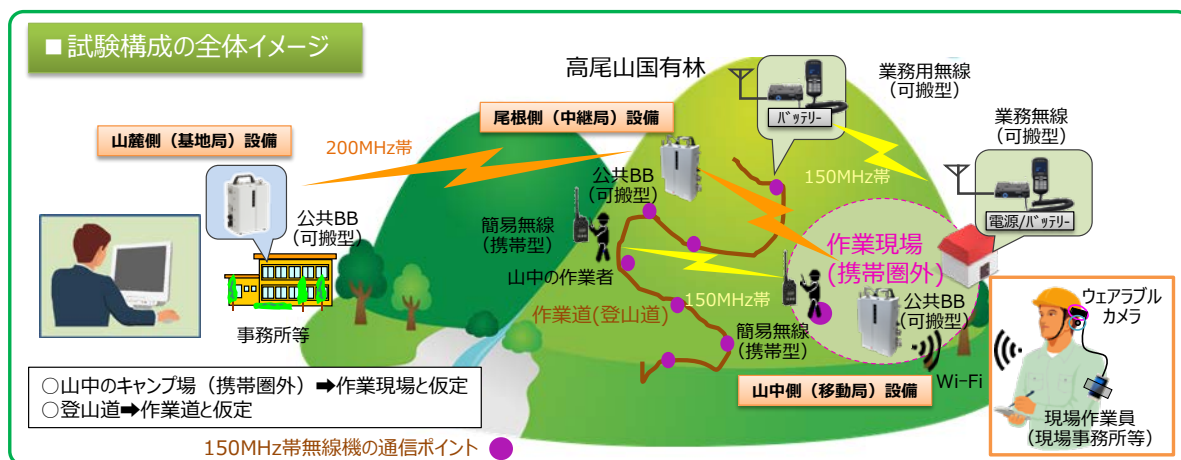


図 3.9 通信試験の概要

### 3.4.2 屋外実証試験場所の選定

高尾山国有林及び周辺を試験候補地として、携帯電話の圏外エリアとなっている日影沢キャンプ場を山中の作業現場と想定し、その周辺にて各試験の場所を調査・選定した。

- ・試験候補地に、携帯電話の圏外エリアが含まれていること
  - ・山間地における縦方向と横方向（500m～1km程度\*）の範囲測定が可能であること
- ※：ヒアリング結果から想定される作業エリア範囲

#### 3.4.2.1 デジタル業務/簡易無線（150MHz帯）の試験候補地

日影沢キャンプ場から高尾山山頂付近への登山道（いろはの森コース）を試験ルートと想定し、通信試験を行うものとした。候補地とした地図上の位置（縦方向：赤数字の13地点、横方向：青数字の8地点（高尾山いろはの森案内板を中心に約600m））を図3.10に示す。

（横方向の断面図は図3.11（b）を参照）



図3.10 デジタル業務用無線/簡易無線の試験候補地（縦方向、横方向）



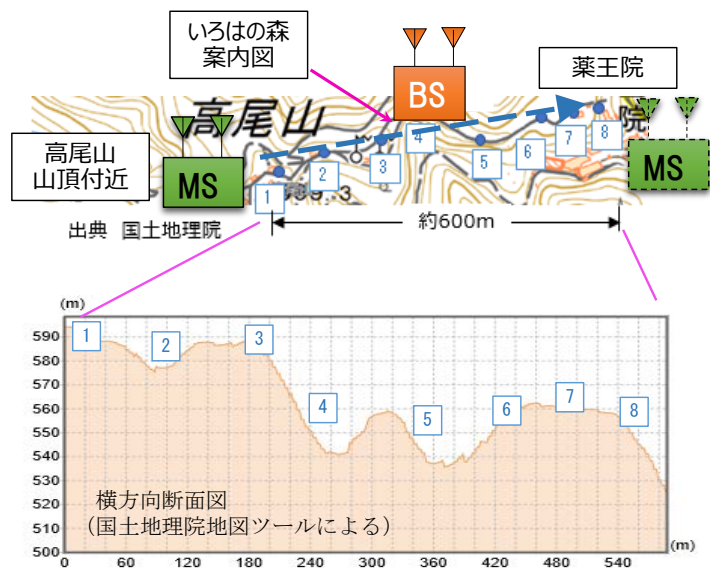
### 3.4.2.1 公共 BB の試験候補地

日影沢キャンプ場と林野庁施設（高尾森林ふれあい推進センター）を繋ぐ中継回線を想定した以下の試験場所を調査・選定した。ここで、中継地点及び回線リンク数（中継段数）等の詳細については、現地調査実施の上、決定するものとした。また、いろはの森周辺において、横方向（高尾山いろはの森案内板を中心にした約 600m）における通信試験を検討した。候補地とした地図上の位置を図 3.11 に示す。

- イ 日影沢キャンプ場 : 移動局（終端局）設置場所
- ロ 高尾山いろはの森案内板 : 中継点の候補 1
- ハ 城見台付近 : 中継点の候補 2
- ニ 高尾森林ふれあい推進センター : 基地局設置場所



(a) 中継回線（多段中継）の候補地点



(b) 横方向（高尾山いろはの森案内板周辺）の候補地点

図 3.11 公共 BB の試験候補地

### 3.4.2.2 公共 BB の試験候補地の調査結果

表 3.15 に示す 4 区間（表の A 局～B 局の区間）について、回線シミュレータを用いて見通し状況を確認し、見通し外区間については、現地で各地点間における通信接続（リンク）の良否を確認した。本確認結果より、公共 BB の中継回線（多段中継）による試験は、図 3.12 に示す、(イ) 日影沢キャンプ場～(ハ) 城見台～(ニ) 高尾森林ふれあい推進センター の 2 区間で行うこととした。

表 3.15 公共 BB の試験候補地の確認結果

項番	A 局 (空中線種別)	B 局 (空中線種別)	見通し状況 (A 局～B 局距離)	リンクの 確認結果
1	高尾森林ふれあい推進センター (5 素子八木)	城見台 (無指向性)	見通し (約 1km)	/
2	城見台 (無指向性)	いろはの森 (無指向性)	見通し外 (約 1.5km)	×
3	城見台 (無指向性)	日影沢キャンプ場 (5 素子八木)	見通し外 (約 1.5km)	○
4	いろはの森 (無指向性)	日影沢キャンプ場 (5 素子八木)	見通し外 (約 1.1km)	×



図 3.12 公共 BB の中継回線（多段中継）による試験場所

### 3.4.3 通信試験の概要

#### 3.4.3.1 デジタル業務用無線/簡易無線（150MHz 帯）による通信試験の概要

デジタル業務用無線/簡易無線（150MHz 帯）による通信試験の概要を表 3.16 に、試験系統図を図 3.13 に示す。ここで、デジタル業務用無線（伝搬試験用：150MHz 帯実験試験局（車載型））の送信出力は、20W 機をアッテネータ（ATT）により 5W に低減し、空中線は、測定用基準アンテナとして移動局（ML）側をスリーブアンテナ（空中線利得：2.15dBi）、基地局（FB）側を車載ホイップ（空中線利得：2.15dBi）とした。デジタル簡易無線機（機能確認用）は、送信出力は 5W の携帯型（GPS 機能内蔵）を使用した。空中線の仕様を示す。

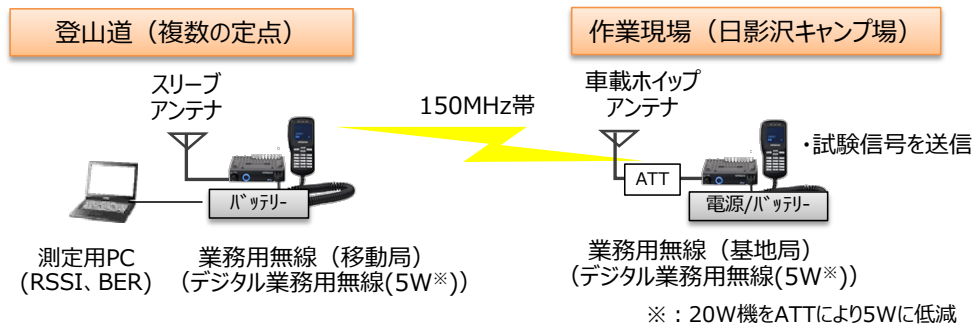
表 3.16 デジタル業務用無線/簡易無線（150MHz 帯）による通信試験の概要

項番	項目	評価項目	評価方法	備考
1	伝搬特性	受信信号強度 符号誤り率*1	デジタル業務用無線（150MHz 帯）を使用して、山中側の作業現場（日影沢キャンプ場(基地局)）と登山道（移動局）の定点間の伝搬特性（基地局→移動局）を測定する。 【参考地図：図 3.10 の縦方向】	デジタル業務用無線 ・150MHz 帯 ・4 値 FSK 方式 ・可搬型 5W ・車載ホイップ (FB) ・スリーブ (ML)
2	機能確認	音声通話	デジタル簡易無線（150MHz 帯）を使用して、山中側の作業現場（日影沢キャンプ場）と登山道の定点間において音声通話を行い、音声メリット*2を確認する。 【参考地図：図 3.10 の縦方向】	デジタル簡易無線 ・150MHz 帯 ・4 値 FSK 方式 ・携帯型 5W ・ヘリカル (付属品)
		位置情報	デジタル簡易無線（150MHz 帯）を使用して、登山道の定点における自局の位置情報を確認する。 【参考地図：図 3.10 の縦方向・横方向】	

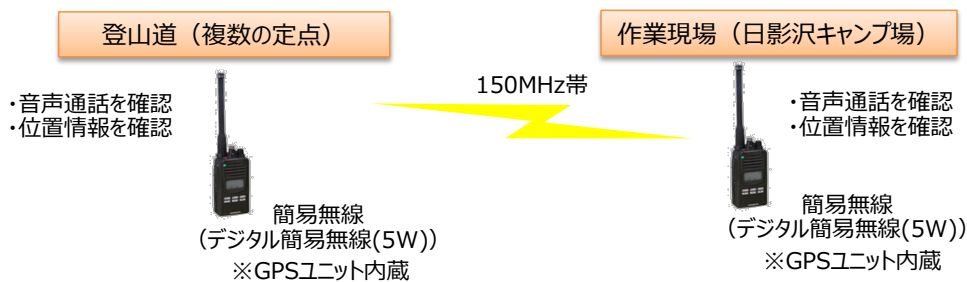
\*1 受信信号強度：RSSI (Received Signal Strength Indicator)、符号誤り率：BER (Bit Error Rate)

\*2 音声メリット：音声明瞭度の主観評価値（1～5 の 5 段階(5 が最良)）





(a) 伝搬特性



(b) 機能確認

図 3.13 業務/簡易無線 (150MHz 帯) の試験系統図

試験装置の外観図を図 3.14 及び図 3.15 に示す。



図 3.14 デジタル業務用無線 (150MHz 帯) 無線本体部 (車載型) 外観図



図 3.15 150MHz 帯デジタル簡易無線 (150MHz 帯) 携帯型外観図

### 3.4.3.2 自営ブロードバンド（公共 BB）200MHz 帯による通信試験の概要

公共 BB（200MHz 帯）による通信試験の概要を表 3-17 に、試験系統図を図 3.16 に、試験装置の外観図を図 3.17 に示す。ここで、公共 BB の送信出力は 5W（37dBm）※とし、可搬型（アウトドアタイプ又はインドアタイプをバッテリーに接続した構成とした。また、空中線は、両端（基地局及び移動局（終端局））の無線機については指向性アンテナ（5 素子八木アンテナ×2 本）を、中継用の無線機の空中線は無指向性（ブラウンアンテナ×2 本）として、それぞれ 2 ブランチ受信ダイバーシチの構成とした。空中線の仕様を表 3.18 に示す。

※：EIRP 値=46.65dBm（5 素子八木時）、38.15dBm（ブラウン時）。同軸給電損失 1.0dB を含む。

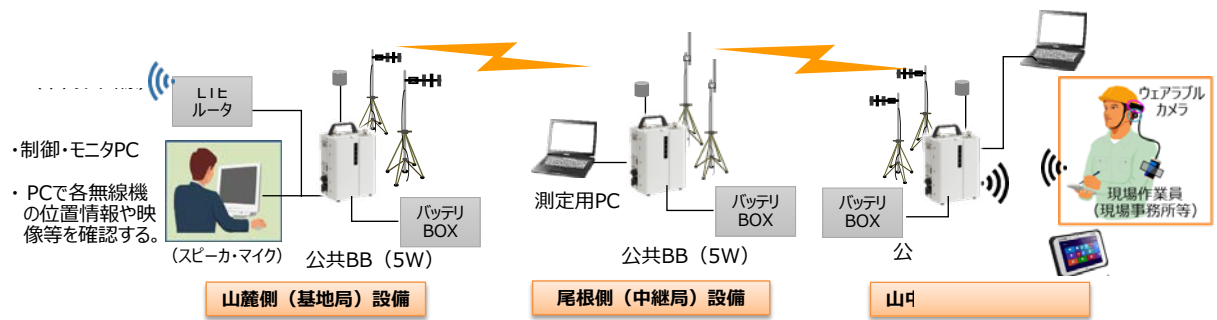
表 3.17 自営ブロードバンド（公共 BB）200MHz 帯による通信試験の概要

項番	項目	評価項目	評価方法	備考
1	伝搬特性	受信信号強度 対雑音品質 符号誤り率*1	①測定用 PC にて、各無線区間の受信信号強度等の回線状態を確認する。 ②見通し外区間についての符号誤り率を測定する。 【参考地図：図 3.11（a）】	
2	機能確認	映像及び音声伝送（オフライン）	①山中側（移動局）設備の無線機に、ウェアラブルカメラを Wi-Fi 接続し、現場からの映像と音声を、山麓側（基地局）設備の PC で確認する。 【参考地図：図 3.11（a）】 ②山中を横方向に移動した時のウェアラブルカメラ映像を対向の無線機（いろはの森案内板：No4）で確認する。 ・基地局（地点 No4）と移動局（横移動）の 1 対 1 通信 【参考地図：図 3.11（b）】	多段中継*3
		位置情報伝送（オフライン）	各無線機に GPS アンテナを接続し、山麓側（基地局）設備の PC により各無線機の位置情報を確認する。 【参考地図：図 3.11】	
		業務用アプリ等（オンライン）*2	①山中側（移動局）設備の無線機に、業務用タブレット等を Wi-Fi 接続し、公共 BB の無線回線を介して業務情報（添付ファイル付きメール）を送信する。 ②IP 電話アプリによる双方向通話を確認する。 【参考地図：図 3.11（a）】	

\*1 受信信号強度：RSSI（Received Signal Strength Indicator）、符号誤り率：BER（Bit Error Rate）、対雑音品質：CINR（Carrier to Interference and Noise Ratio）

\*2 LTE ルータを介して携帯電話網に接続

\*3 民間標準規格（ARIB STD-T119）準拠



(a) 伝送特性及び機能確認



(b) 横移動による映像伝送確認

図 3.16 公共 BB (200MHz 帯) の試験系統図



(a) アウトドアタイプ (b) インドアタイプ

図 3.17 200MHz 帯公共 BB 外観図

表 3.18 空中線の仕様 (公共 BB)

項番	項目	仕様	備考
1	5 素子八木 アンテナ (指向性)	(1) 使用周波数：中心周波数 195MHz (2) 入力インピーダンス：50Ω (3) 空中線利得：10.65dBi (中心周波数)*1 (4) 外観：図 3.18 参照 (5) 重量：2.0kg 以下	・高尾森林ふれあい推 進センター (基地局) ・日影沢キャンプ場 (移動局(終端局))
2	ブラウン アンテナ (無指向性)	(1) 使用周波数：中心周波数 195MHz (2) 入力インピーダンス：50Ω (3) 空中線利得：2.15dBi (中心周波数) (4) 外観：図 3.19 参照 (5) 重量：4.5kg 以下	・城見台 (中継局)

\*1 空中線電力の規定は、「10dBi 以下」と規定されている。(但し、給電線損失分の増分は許容される)

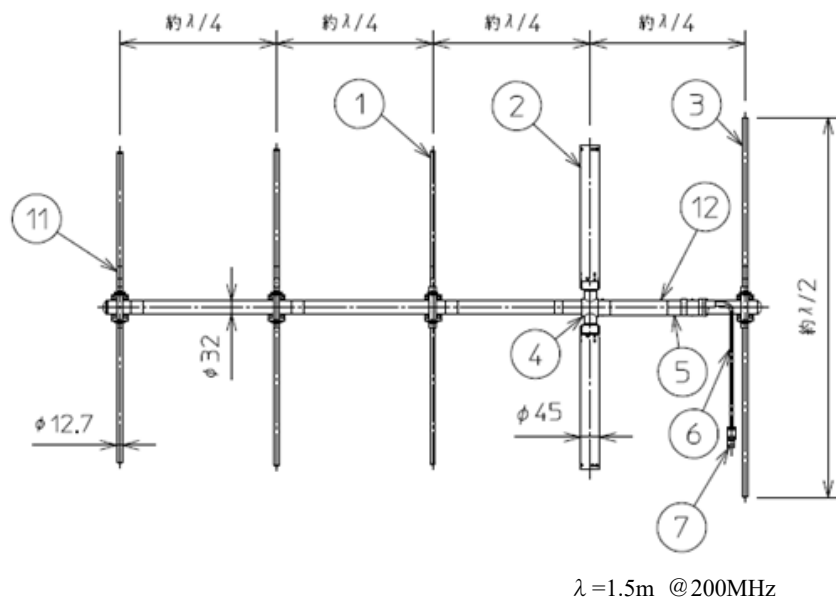


図 3.18 空中線外観図 (5 素子八木アンテナ)

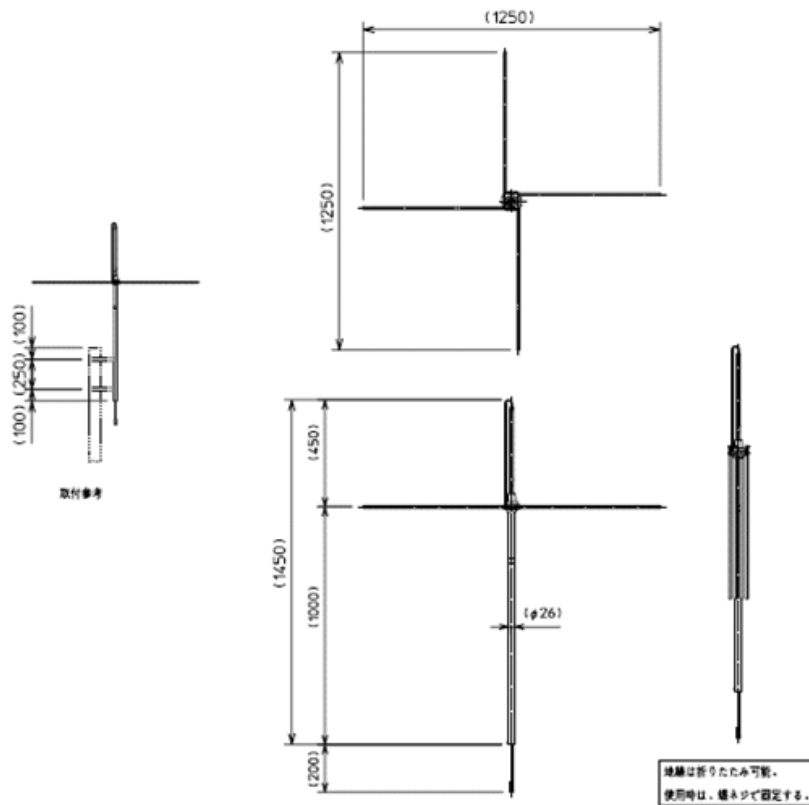


図 3.19 空中線外観図 (ブラウンアンテナ)

### 3.4.4 試験結果

#### 3.4.4.1 VHF 帯無線装置による実証試験結果

##### (1) 伝搬特性 (デジタル業務用無線 (150MHz 帯))

デジタル業務用無線 (150MHz 帯) による伝搬特性の試験結果を表 3.19 に示す。試験風景を図 3.20 から図 3.21 に示す。その他の実証試験風景を参考資料 4 に示す。

表 3.19 伝搬特性結果 (デジタル業務用無線 (150MHz 帯))

地点 No	RSSI (dBm)	BER	地点 No	RSSI (dBm)	BER
1	-84	エラーフリー	8	-64	エラーフリー
2	-78	エラーフリー	9	-61	エラーフリー
3	-68	エラーフリー	10	-68	エラーフリー
4	-75	エラーフリー	11	-63	エラーフリー
5	-76	エラーフリー	12	-58	エラーフリー
6	-73	エラーフリー	13	-57	エラーフリー
7	-70	エラーフリー			

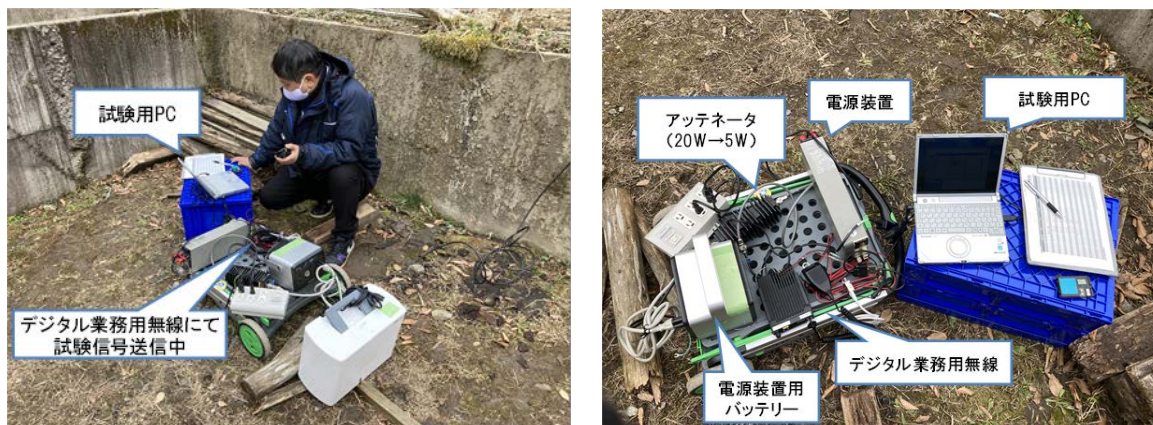


図 3.20 デジタル業務用無線 (150MHz 帯) による試験風景 (日影沢キャンプ場)





図 3.21 デジタル業務用無線（150MHz 帯）による試験風景（いろはの森案内板付近）

つぎに、表 3.19 に示す伝搬特性結果（デジタル業務用無線（150MHz 帯））の結果について、以下に考察する。今回の実証試験においては、受信回線品質を示す BER 特性は、全ての測定地点で、エラーフリーの非常に良好な結果にあった。

デジタル業務用無線（150MHz 帯）の受信感度は、民間標準規格（ARIB STD-T102 第二編）において、 $5\text{dB}\mu\text{V}$  以下 $=-108\text{dBm}$  以下（動特性、 $\text{BER}=3\times 10^{-2}$ 、非受信ダイバーシチ）と規定されている。なお、 $\text{BER}=3\times 10^{-2}$  は、一般的に音声通話の下限値に相当する。また、RSSI (dBm) は、受信機入力電力 (dBm) に該当する。

さらに、総務省・電波法関係審査基準においては、回線品質の基準となる所要受信機入力電力として、 $12.3\text{dB}\mu\text{V}$  以上 $=-100.7\text{dBm}$  以上の規定値にある。ここで、同審査基準では、通信路の伝搬環境によるマージン（土地係数）として、最大 20dB を許容する考え方にあり、一般的に、約 $-80\text{dBm}$  であれば（4FSK 変調方式）、良好な回線品質が確保されると言える。表 3.19 に示す RSSI (dBm) の実測値は、 $-57\text{dBm}\sim-84\text{dBm}$  の範囲にあり、27dB の幅にあるものの、下限値は、 $-84\text{dBm}$  であり、デジタル業務用無線（150MHz 帯）車載型による伝搬試験結果は、上記の所要値に対して、十分に良好な結果にあると判断される。なお、この良好な回線品質が得られた理由として、採用した空中線による要因も想定される。

以上のとおり、本試験は、森林内における無線通信方式として、デジタル業務用無線（150MHz 帯）の有効性が十分に期待される結果にある。

## (2) 機能確認

### 1) 音声通話（デジタル簡易無線（150MHz 帯）、縦方向）

デジタル簡易無線（150MHz 帯）による音声通話の確認結果を表 3.20 に示す。

表 3.20 音声通話（デジタル簡易無線（150MHz 帯））

地点 No	音声メリット*	地点 No	音声メリット*
1	1	8	5
2	2～3	9	2～3
3	2～3	10	5
4	2～3	11	5
5	5	12	5
6	5	13	5
7	2～3		

\* 音声明瞭度（主観評価：1～5 の 5 段階（5 が最良））

以下に、表 3.20 に示すデジタル簡易無線（150MHz 帯）による音声通話試験の結果について考察する。ここでは、デジタル簡易無線の汎用的な形態である携帯型無線機を用いて、音声通話における音声品質評価の観点から試験を行なった。これは、林業の現場において、作業者が当該無線機を携帯しながら作業、通話を行う利用シーンを想定した評価の位置付けにある。評価手法は、音声メリット（音声明瞭度）評価として、主観評価による 5 段階評価である。なお、評価結果は、試験場所における試験担当者の判断によった。ここで、評価基準は、1：聞き取れない、2：聞き取りにくい、3：了解できる、4：やや良好、5：良好 とした。

デジタル簡易無線（150MHz 帯）の受信感度は、民間標準規格（ARIB STD-T98 第三編）において、デジタル業務用（150MHz 帯）と同様に、 $5\text{dB}\mu\text{V}$  以下= $-108\text{dBm}$  以下（動特性、 $\text{BER}=3\times 10^{-2}$ 、非受信ダイバーシチ）と規定されている。なお、デジタル簡易無については、共通波による運用、及び簡易な業務に適用される無線通信方式であることから、明確な所要受信入力電力については、規定されていない。

一般的に、携帯型無線機においては、運用時のボディー効果（人体の誘電体損失に起因する損失）、送信源に対する受信方向（人体遮蔽など）、あるいは、空中線の実効的な利得低下など、良好な回線品質を得る上で、車載型無線機と比較して、不利な側面があると言える。例えば、ボディー効果による損失は、送受信で各々、 $6\sim 10\text{dB}$  のオーダーにあることが知られている。したがって、運用状態により、実効的な受信感度は、 $20\text{dB}$  程度低下、変動する状況（RSSI： $-88\text{dBm}$  のオーダー）も考慮する必要性が見込まれる。このような観点も含め、特に、音声メリット 2～3 の地点については、車載型無線機と比較し必ずしも良好な回線品質、等価的に音声品質が得られていない結果にあるものの、デジタル簡易無線（150MHz 帯）の森林における有効性が示されたと判断される。なお、音声メリットが 1 となる地点の原因については、現状、明確な要因分析に至っていない。

## 2) 位置情報（デジタル簡易無線（150MHz 帯））

デジタル簡易無線（150MHz 帯）による位置情報の確認結果を表 3.21 に示す。位置情報の確認については、今回送受信の可否及び表示を確認した。図 3.22 にデジタル簡易



無線（150MHz 帯）の試験風景を示す。その他の実証試験風景を参考資料 4 に示す。

表 3.21 位置情報（デジタル簡易無線（150MHz 帯））  
 (a) 縦方向（GPS データ補足状況及びデータ送受信状況）

地点 No	衛星捕捉	地点 No	衛星捕捉
1	○	8	○
2	—	9	—
3	—	10	○
4	—	11	○
5	○	12	○
6	○	13	○
7	—		

凡例：“—” 測定できない場合

(b) 横方向（GPS データ捕捉状況）

地点 No	衛星捕捉	地点 No	衛星捕捉
1	—	5	○ (7)
2	○ (4)	6	○ (7)
3	○ (7)	7	○ (6)
4	○ (7)	8	○ (7)

カッコ( )内は捕捉衛星数を示す



(a) デジタル簡易無線（150MHz 帯）による通話確認（日影沢キャンプ場）



左図：自局の位置情報（緯度経度、捕捉衛星数、時刻）

右図：受信時の相手局の位置表示（方位、距離）

(b) デジタル簡易無線（150MHz 帯）の位置情報の表示（一例）

図 3.22 試験風景（デジタル簡易無線（150MHz 帯））

### 3.4.4.2 公共 BB 無線装置による実証試験結果

#### (1) 伝搬特性

伝搬特性の試験結果を表 3.22 に示す。なお、公共 BB は伝搬環境に柔軟に自動的に適応する適応変調を有しており、高尾森林ふれあい推進センター～城見台間は 64QAM 方式で、城見台～日影沢キャンプ場は 16QAM 方式で接続し、その時の BER はいずれもエラーフリーであった。

つぎに、図 3.23 は、見通し外区間（城見台～日影沢キャンプ場）において周囲の外来雑音等の干渉妨害に対して、他の変調方式に比して耐力を有する QPSK 方式の BER 特性を模擬的に減電力をして測定した結果である。静特性（屋内試験データ）に対する劣化はいずれも 3dB 程度（@BER=1×10<sup>-6</sup>）であった。

伝搬試験の試験風景を図 3.24 に、その他の実証試験風景を参考資料 4 に示す。

表 3.22 伝搬特性結果（公共 BB）  
(a) 高尾森林ふれあい推進センター～城見台

上記局		下位局		RSSI (dBm)		CINR (dB)		変調方式	
場所	空中線	場所	空中線	DL	UL	DL	UL	DL	UL
高尾森林 ふれあい推 進センター	5 素子 八木 (約 3m)	城見台	ブラウン (約 4m)	-65	-67	24	22	64QAM r=1/2 (エラーフリー)	64QAM r=1/2 (エラーフリー)

r : 符号化率 空中線 : ( ) 空中線高(m)を示す DL:Down Link(下り回線) UL : Up Link(上り回線)

(b) 城見台～日影沢キャンプ場

上記局		下位局		RSSI (dBm)		CINR (dB)		変調方式	
場所	空中線	場所	空中線	DL	UL	DL	UL	DL	UL
城見台	ブラウン (約 4m)	日影沢 キャンプ場	5 素子 八木 (約 3m)	-81	-76	13	16	16QAM r=1/2 (エラーフリー)	16QAM r=1/2 (エラーフリー)

r : 符号化率 空中線 : ( ) 空中線高(m)を示す DL:Down Link(下り回線) UL : Up Link(上り回線)

以上のとおり、本試験は、中継機能及び VHF 帯の見通し外通信により、山中から山麓への尾根を越える中継接続を実証し、公共 BB（200MHz 帯）の有効性が十分に期待される結果にある。

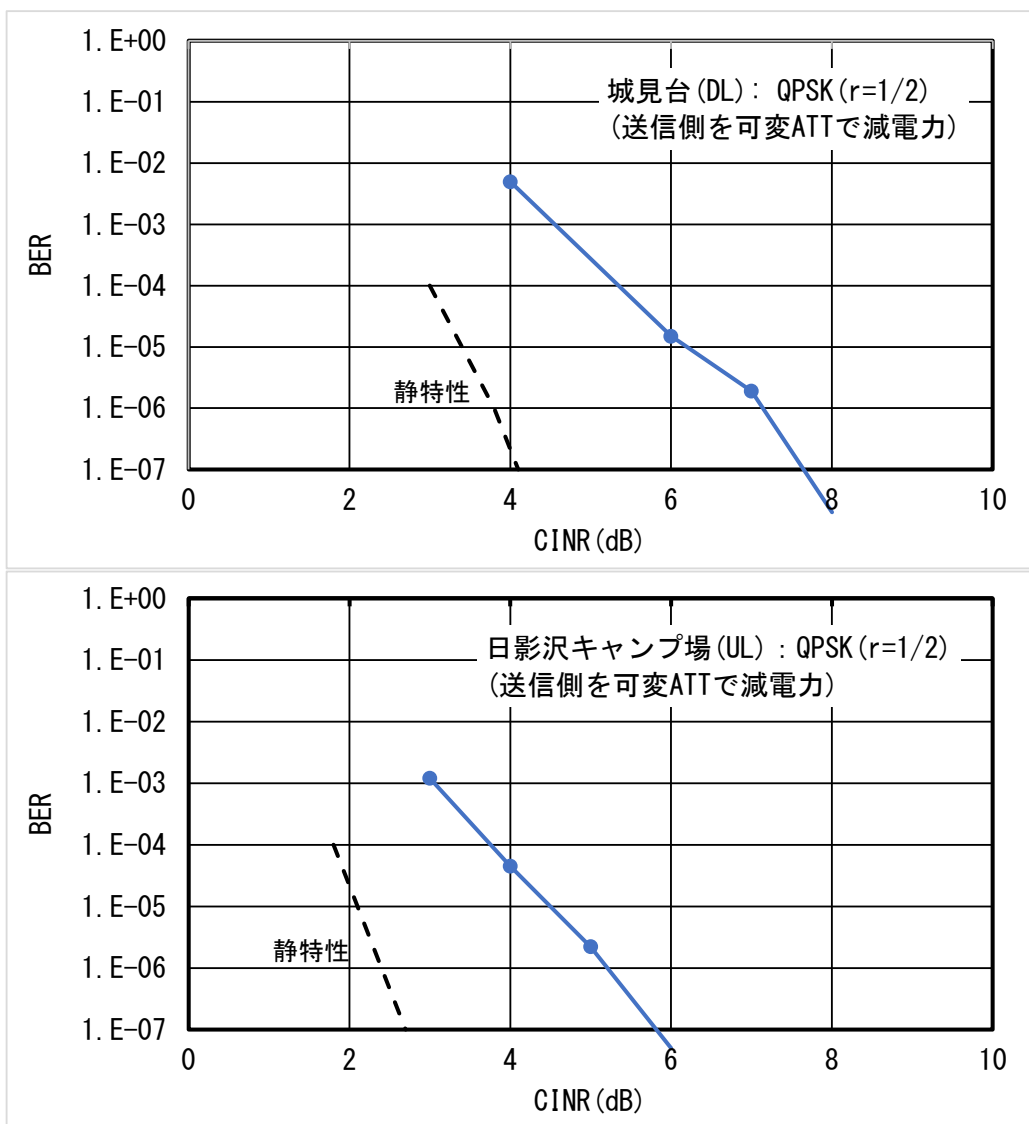


図 3.23 BER 特性結果 (公共 BB)

(2) 機能確認

1) 機能確認結果

機能確認結果を表 3.23 から表 3.24 に示す。機能確認の試験風景を図 3.24 から図 3.26 に示す。位置情報の確認については、今回送受信の可否及び表示を確認した。

その他の実証試験風景を参考資料 4 に示す。

表 3.23 機能確認結果（公共 BB）

項目	無線区間		映像・音声伝送確認				位置情報 伝送		業務用アプリ等	
			ウェアラブルカメラ		音声通話					
	上位局	終端局	DL	UL	DL	UL	DL	UL	DL	UL
多段 中継	高尾森林 ふれあい 推進センター	日影沢 キャンプ場	-	○ (映像 伝送)	○	○	-	○ (位置 伝送)	-	○ (メール伝送)
									○ (IP 電話*)	○ (IP 電話*)
1 対 1 通信	いろはの 森案内板	移動局 (横方向)	-	○ (映像 伝送)	-	-	-	-	-	-

※ LINE アプリを使用

## 2) メールアプリ転送結果

株式会社ジツタより提供を受けた林業用アプリ（丸太検知システム）がインストールされたスマートホンに Wi-Fi 経由で公共 BB と接続し、添付ファイル（丸太検測画像、計測結果報告フォームといった種別・サイズ）の異なるメールを Gmail にて携帯電話網を通じて、農林水産省の LAN システム（林野庁担当官の Outlook）に送信した結果、数メガバイト（MB）のファイルを添付したメールは 1 分程度で相手側に到達した。

表 3.24 メールアプリ転送結果

項 番	送信場所	送信側	受信側	添付ファイル	送信 時刻	受信 時刻
1	日影沢キャンプ場 (公共 BB 経由)	スマート ホン	PC 担当官 1	csv ファイル：3KB jpg ファイル：4MB	15:22	15:23
2	日影沢キャンプ場 (公共 BB 経由)	スマート ホン	PC 担当官 1	jpg ファイル： 666KB	-	15:36
3	日影沢キャンプ場 (公共 BB 経由)	スマート ホン	PC 担当官 1	csv ファイル：3KB jpg ファイル：4MB	15:50	15:50
4	日影沢キャンプ場 (公共 BB 経由)	スマート ホン	PC 担当官 2	csv ファイル：3KB jpg ファイル：4MB	16:01	16:02

凡例 “-”：送信開始時間が計測できず

以上のとおり、本試験では、多段中継による山中から山麓へのリアルタイム映像伝送や音声通話、位置情報伝送及び、携帯電話回線接続による業務用アプリの動作を実証し、公共 BB（200MHz 帯）の有効性が十分に期待される成果が得られた。

また、横方向（等高線にほぼ沿った方向）におけるウェアラブルカメラによる映像と音声伝送の試験事例においても、林業内の作業環境において、公共 BB 及びウェアラブルカメラの有効活用の可能性が示された結果にある。

今回の試験結果を踏まえ、今後、IoT 無線システム (Wi-SUN 等) と自営ブロードバンド



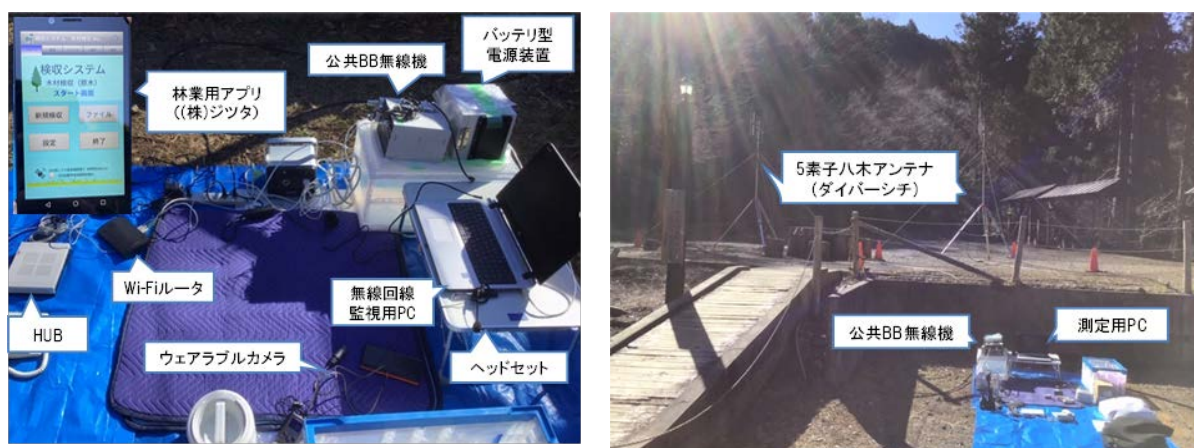
(公共BB)との連動による森林内でのデータネットワークなど、多様なアプリケーションの利用シーン想定した可能性が期待される。



(a) 機器の設置風景 (高尾森林ふれあい推進センター)

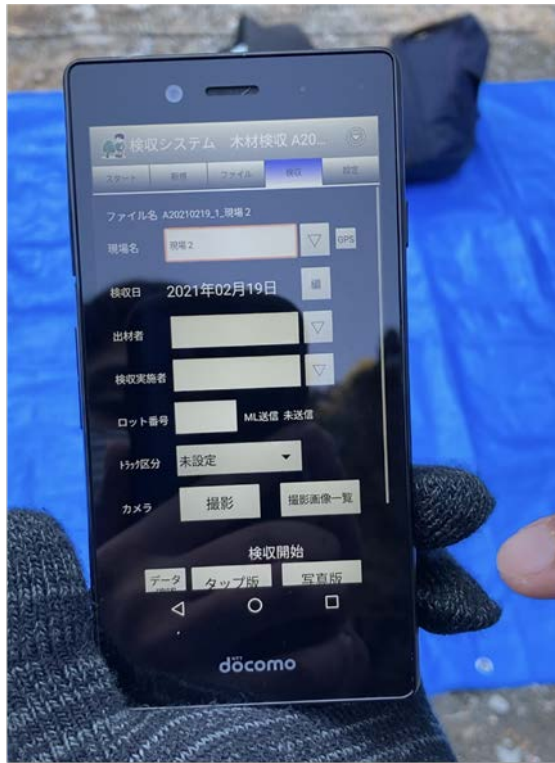


(b) 機器設置風景 (城見台付近)



(c) 機器設置風景 (日影沢キャンプ場)

図 3.24 伝搬試験風景 (公共 BB)



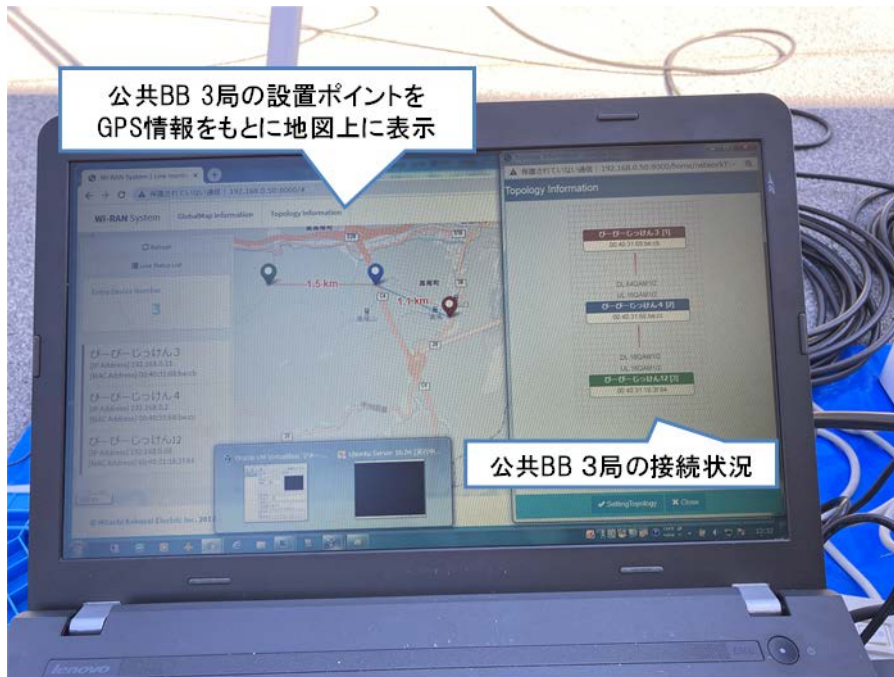
(a) 林業用アプリによるメール送信（日影沢キャンプ場）



(b) ウェアラブルカメラによる映像伝送（山頂から薬王院への歩行）

図 3.25 機能確認風景 1（公共 BB）





(c) 位置情報伝送の確認（高尾森林ふれあい推進センター）



(d) ウェアラブルカメラの映像受信（高尾森林ふれあい推進センター）

図 3.26 機能確認風景 2（公共 BB）



## 4. 業務カテゴリ毎の通信要件等の検討

以上の調査検討の結果を踏まえ、業務カテゴリ毎の通信要件を検討し、結果を後述の表 4.2 のように整理した。

### 4.1 検討の概要

#### (1) 安全確保

##### ④ 業務等の概要

本業務カテゴリ「安全確保」においては、主に、以下の業務が挙げられる。

- ・ 森林内緊急連絡

したがって、音声通信や、作業者の位置情報共有のための低速データ通信が必要と想定される。

##### ⑤ 通信要件（通信方式・情報量）

本業務カテゴリにおいては、音声通話が可能な実効伝送速度 2.4kbps 程度（誤り訂正を除く）のデータ容量の通信が可能で、できるだけ、遠距離まで通信可能な方式が望ましい。そのような通信方式として、以下の2方式が対象として想定される。

##### 【デジタル業務用無線/簡易無線】

- ・ VHF 帯特有の伝搬特性を生かした数 km の音声通信。
- ・ 中継局による中継や、話者伝言による多段中継で距離延伸が可能なこと。

なお、一般的に、中継においては、相互干渉回避の上から、一定の周波数離隔、干渉軽減フィルタ、空中線間の離隔、アイソレーション確保等が求められるなど、制約条件が伴う。

##### 【自営ブロードバンド（公共 BB）】

- ・ 山間地において VHF 帯特有の伝搬特性を生かした数 km、最大 10Mbps 程度のデータ伝送（IP 通話可能）。
- ・ 1 周波数によるマルチホップ中継機能による通信距離延伸が可能なこと。

#### (2) 森林調査

##### ① 業務等の概要

本業務カテゴリ「森林調査」においては、主に以下の業務が挙げられる。

- ・ 作業者間の情報連絡、位置情報共有、計測結果集計。
- ・ 作業指示、報告。

したがって、音声通信や、各種作業データの授受を行うためのデータ通信が必要とされることが想定される。

## ② 通信要件（通信方式・情報量）

本業務カテゴリにおいても、声通話が可能な実効伝送速度 2.4kbps 程度（誤り訂正を除く）以上のデータ容量で、できるだけ、遠距離まで通信可能な方式が望ましい。そのような通信方式として、以下の2方式が対象として想定される。

### 【デジタル業務用無線/簡易無線】

- ・VHF 帯特有の伝搬特性を生かした数 km の音声通信。
- ・中継局による中継や、話者伝言による多段中継で距離延伸が可能なこと。  
なお、中継に求められる一般的要件は前述のとおり。

### 【自営ブロードバンド（公共 BB）】

- ・VHF 帯特有の伝搬特性を生かした数 km、最大 10Mbps 程度のデータ伝送（IP 通話可能）。
- ・1 周波数によるマルチホップ中継機能による通信距離延伸が可能なこと。

なお、パソコン、スマートホン、タブレット等の入力端末を用いた作業を行う場合は、作業効率の観点から、自営ブロードバンド（公共 BB）の適用が望ましい。

公共 BB と入力端末との接続に用いる無線は、一般的な通信端末に標準装備されることの多い下記方式の適用が望ましい。

### 【Wi-Fi】

- ・数 10m、数 10Mbps 程度の IP データ通信によるデータ授受。

## (3) 生産業務

### ① 業務等の概要

本業務カテゴリ「生産業務」においては主に以下の業務が挙げられる。

- ・作業仲間情報連絡、位置情報・作業量共有、業務日報作成。

したがって、音声通信や、各種作業データの授受を行うためのデータ通信が必要とされることが想定される。

### ② 通信要件（通信方式・情報量）

「森林調査」カテゴリと同様の要件、方式が求められる。

前述の(2) ②項通信要件（通信方式・情報量）を参照。

## (4) 土木関連・防災

### ① 業務等の概要

本業務カテゴリ「土木関連・防災」においては、主に以下の業務が挙げられる。

- ・インフラ設備・要監視地域のモニタリング
- ・災害発生時の初動現場モニタリング
- ・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）

モニタリング対象となる情報量に応じた通信手段の適用が必要になるものと想定される。

## ②通信要件（通信方式・情報量）

環境把握のための、通信手段としては、以下の3方式が対象として想定される。ここでは、距離の目安を、近距離（～1km）、中距離（～10km）、長距離（10km～）とした。

### 【大容量近距離 IoT 無線：Wi-Fi】

- ・数 10m、数 10Mbps 程度の IP データ通信によるセンサデータ（映像を含む）収集やエリア内の IP 通話も可能であることから、以下の三三業務への適用が想定される。
- ・インフラ設備・要監視地域のモニタリング
- ・災害発生時の初動現場モニタリング
- ・現場施工自動化を推進する通信

特に「現場施工自動化を推進する通信」のような、大容量データ伝送を必要とする利用に最適であると想定される。

- ・マルチホップ中継機能による面的カバーも可能

### 【近距離 IoT 無線：Wi-SUN】

- ・数 100m、100kbps 程度の IP データ通信によるセンサデータ収集が可能であることから、「インフラ設備・要監視地域のモニタリング」への適用が想定される。
- ・マルチホップ中継機能による面的カバーも可能

Wi-SUN：Wireless Smart Utility Network

### 【中～長距離 IoT 無線：LoRa】

- ・数 km、数 100bps 程度のセンサデータ収集が可能であることから、「インフラ設備・要監視地域のモニタリング」への適用が想定される。

LoRa®：Long Range（米国 Semtech 社）

なお、上記各種 IoT 無線で収集したデータを、山麓部でリアルタイムに観測するような利用シーンにおいては、必要に応じて公共 BB によるデータ伝送を複合的に組み合わせる運用が効果的と考えられる。

## (5) 概算導入費用及び現状の課題

本項目については、基本的に林業分野に適用上から、業務内容に依存して異なる要因は特に無いと想定されることを踏まえ、技術面及び制度面から現在の導入可能性について、通信方式毎の整理結果を表 4.1 に示す。参考として、ローカル 5G (項 7) を追加した。

なお、ここで、概算導入価格 (参考) については、利用頻度等についてヒアリングを実施し、イニシャルコストの算定以外に、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。

自営ブロードバンド (公共 BB) については、民間業務に対する免許主体の扱いが現状、課題と想定される (参照 : 3.3.2 (2) 項)。

表 4.1 概算導入費用及び現状の課題

項番	通信方式	概算導入費用 (参考)	現在の導入可能性		課題	備考
			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	○	○	—	汎用品 参照 : 3.3.2 (1) 項
2	デジタル業務用無線 (4FSK/SCPC)	1 対向 (車載型) 約 12 万円	○	○	—	
3	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	参照 : 3.3.2 (2) 項
4	Wi-Fi	屋外用無線 AP : 約 40 万円	○	○ (5.2GHz 帯は条件付)	—	参照 : 3.3.2 (2) 項
5	Wi-SUN	1 万円程度*2	○	○	—	参照 : 3.3.2 (4) 項
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 参照 : 3.3.2 (2)、その他の項目

\*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)

## 4.2 検討結果のまとめ

以下、森林・林業における ICT 化のための通信要件について表 4.2 に整理する。

表 4.2 森林・林業における ICT 化のための通信要件

業務 カテゴリ	業務等の概要	通信要件	
		通信方式(候補)	所要情報量
安全確保 (共通事項)	森林内緊急連絡。 (音声通信、位置情報共有のためのデータ通信)	<ul style="list-style-type: none"> <li>デジタル業務用無線/簡易無線</li> <li>自営ブロードバンド(公共 BB)</li> </ul>	音声：2.4kbps 程度 データ： 低速 2.4kbps 程度 ～ 中・高速 10Mbps 程度
森林調査	① 作業員間の情報連絡、位置情報共有、計測結果集計	<ul style="list-style-type: none"> <li>デジタル業務用無線/簡易無線</li> <li>自営ブロードバンド(公共 BB)</li> <li>Wi-Fi</li> </ul>	音声：2.4kbps 程度 データ： 低速 2.4kbps 程度 ～ 中・高速 10Mbps 程度
	② 作業指示、報告	<ul style="list-style-type: none"> <li>デジタル業務用無線/簡易無線</li> <li>自営ブロードバンド(公共 BB)</li> <li>Wi-Fi</li> </ul>	音声：2.4kbps 程度 データ： 低速 2.4kbps 程度 ～ 中・高速 10Mbps 程度
生産業務	作業員間情報連絡、位置情報・作業量共有、業務日報作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>デジタル業務用無線/簡易無線</li> <li>自営ブロードバンド(公共 BB)</li> <li>Wi-Fi</li> </ul>	音声：2.4kbps 程度 データ： 低速 2.4kbps 程度 ～ 中・高速 10Mbps 程度
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	<ul style="list-style-type: none"> <li>近距離 IoT 無線 (Wi-SUN、LoRa 等)<sup>(注)</sup></li> </ul>	～100kbps
	② 災害発生時の初動現場モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>中容量以上の近距離 IoT 無線 (Wi-Fi 等)<sup>(注)</sup></li> </ul>	～10Mbps
	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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>中容量以上の近距離 IoT 無線 (Wi-Fi 等)<sup>(注)</sup></li> </ul>	～10Mbps ※自動運転には更なる 伝送容量が必要

(注) IoT 無線システムと自営ブロードバンド(公共 BB)又はマルチホップ Wi-Fi の連携動作を想定

以上のとりまとめ結果を念頭においた、森林・林業における ICT 導入イメージ(想定される各種無線通信方式の活用例)を図 4.1 に示す。

今回、検討対象とした自営通信である無線通信方式をはじめとして、これらと携帯電話網などの公衆回線網を融合的にネットワークすることにより、森林・林業における有効な ICT 化が期待される。

### (1) デジタル業務用無線/簡易無線

VHF 帯の良好な伝搬特性を活かし、山間地における作業員同士の安全確認と緊急時の連絡、GPS 位置情報等の低速データの伝送手段として利用する。

### (2) 自営ブロードバンド (公共 BB)

VHF 帯の良好な伝搬特性を活かし、公共 BB のマルチホップ中継により、携帯電話の電波が届かない森林地域と外をつなぐ通信ネットワークを簡便かつ柔軟に構築することにより、データ通信のバックボーンとして活用する。

### (3) Wi-Fi 又は Wi-SUN

マルチホップ中継により、森林内の作業エリア内に通信ネットワークを構築し、作業者がスマートホン・タブレット等で接続して、業務日誌入力等の業務や、安全管理のための情報収集、作業員への指示等を行う環境を提供する。Wi-Fi と Wi-SUN は IP 通信をベースとしているため、アプリケーションの共用は容易である。

また、必要となるデータの容量、通信距離、運用期間、等を勘案して各方式を選択するなど、複合的な活用をするシステム構築が望ましい。

携帯電話網などの公衆系通信エリア外である森林内と山麓との通信は、公共 BB の通信網を活用することで、容易に実現可能である。

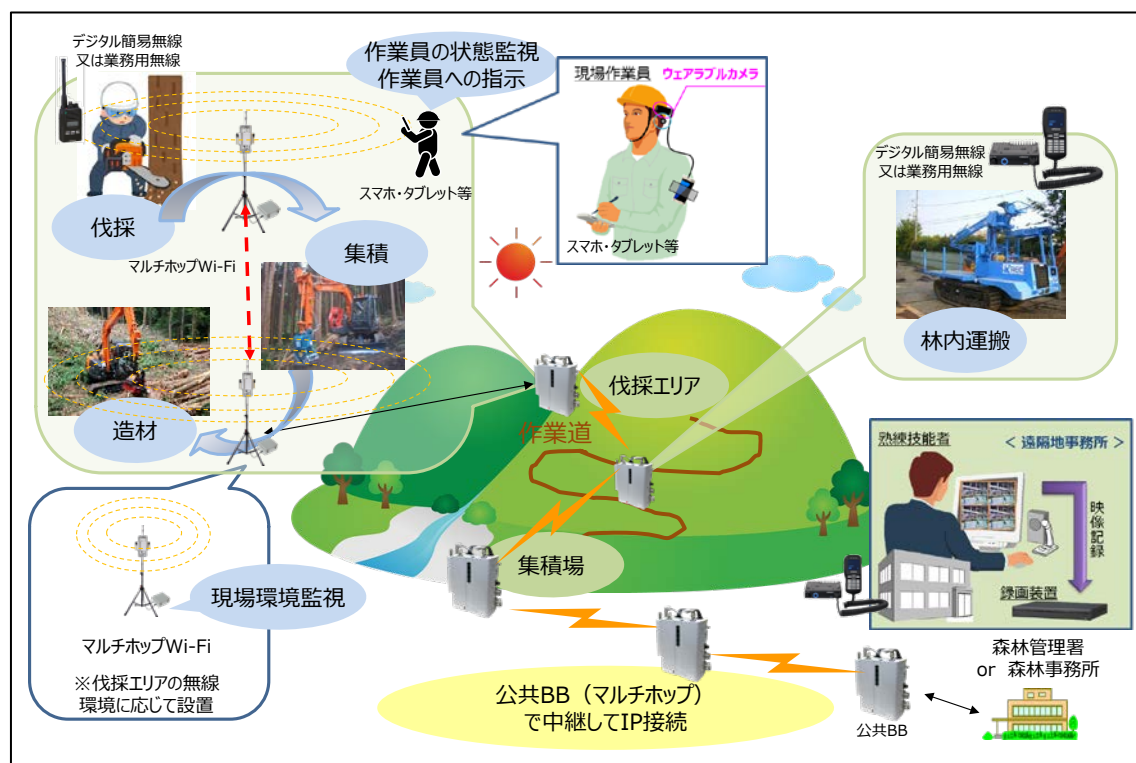


図 4.1 森林・林業における ICT 導入イメージ (想定)

また、各通信方式の主要諸元等について、表 4.3 から表 4.6 に示す。

表 4.3 デジタル業務用無線/簡易無線の主要諸元

項番	項目	仕様
1	周波数帯	150MHz 帯
2	通信方式 (アクセス方式)	SCPC
3	変調方式	4 値 FSK
4	チャンネル間隔	6.25 kHz
5	信号伝送速度	4.8kbps 以下 (実効伝送速度 : 3.6kbps =2.45kbps+誤り訂正 FEC 1.15kbps)
6	規格等	簡易無線 : 無線局運用規則第 54 条第 2 号 民間標準規格 : ARIB STD-T98 (第 3 編)  業務用無線 : 無線局運用規則第 57 条の 3 の 2 民間標準規格 : ARIB STD-T102 (第 2 編) ほか
7	免許	要
8	無線従事者	デジタル簡易無線 : 不要 業務用無線 : 要 (第 3 級陸上特殊無線技士)

表 4.4 自営ブロードバンド (公共 BB) の主要諸元

項番	項目	仕様
1	周波数帯	200MHz 帯
2	通信方式 (アクセス方式)	TDD (OFDMA/OFDMA)
3	変調方式	QPSK、16QAM、64QAM
4	チャンネル間隔	5MHz
5	規格等	無線設備規則第 49 条の 30 民間標準規格 : ARIB STD-T119 ほか
6	免許	要
7	無線従事者	要 (第 3 級陸上特殊無線技士)

表 4.5 Wi-Fi の主要諸元

項番	項目	仕様
1	周波数帯	2.4GHz 帯、5GHz 帯
2	IEEE 規格	IEEE802.11b/g/n/a/ac/ax
3	変調方式	QPSK、16QAM、64QAM、 256QAM、1024QAM
4	チャンネル帯域幅	20~160MHz
5	免許	不要/要 (5.2GHz 帯 AP・中継器)
6	無線従事者	不要/要 (5.2GHz 帯高出力データ通信システム) (第 3 級陸上特殊無線技士)



表 4.6 Wi-SUN の主要諸元

項番	項目	仕様
1	周波数帯	920MHz 帯
2	IEEE 規格	物理層 IEEE 802.15.4g MAC 層 IEEE 802.15.4/4e
3	変調方式	2GFSK
4	チャンネル帯域幅	200/400kHz
5	免許	不要
6	無線従事者	不要

## 5. 今後の課題及び次年度の計画

以上の調査検討の成果を踏まえ、森林・林業への各種通信システムの導入に向けて想定される主な課題及び検討項目（案）を以下に示す。

### (1) 総合評価

本年度の調査検討の結果を踏まえ、実際の現場において実証試験を行い、総合評価により、課題等の洗い出しを行う。

### (2) 実システム導入時に想定されるガイドライン等の整理

現場における通信システム導入の計画策定、現場への設置手順や現場における運手順等のマニュアル化を目的として、関連作業のガイドライン等について検討・整理を行う。

## 6. まとめ

本調査検討では、森林・林業における情報基盤の整備を目標に、ICT・IoT等の導入の加速化を可能とする通信に関する技術的問題の解決を目指し、業務要件の整理と通信に係る基本的な要求事項を整理することを目的として、以下の項目について技術的な検討を行った。ここでは、森林・林業の現状等の整理を踏まえ、林業関係者へのヒアリング、通信方法や通信機器類等の検討及び通信試験を行い、その有効性を確認し、林業分野において求められる通信の要件等について検討を行った。さらに、次年度の計画に向けた課題等について整理を行った。

### (1) 林業関係者へのヒアリング

調査検討の取りまとめにおける通信要件の整理にあたり、林業事業体及び関連事業体へヒアリングを行い、林業における通信の現状や課題等について整理した。

### (2) 通信方法や通信機器類等の検討

作業現場が森林特有の過酷な伝搬環境や見通し外環境であることを踏まえ、VHF帯無線方式、中継機能及びモニタリング・センサ系の観点で着目した以下の通信方式を対象に、周波数帯や通信方式の概要、機器の形態や電源の確保・供給方法、免許申請等に係る関連事項について調査を行った。

- ・デジタル業務用無線機/簡易無線（150MHz帯）
- ・自営ブロードバンド(公共BB)（200MHz帯）
- ・無線LAN(Wi-Fi)（2.4GHz帯、5GHz帯）
- ・Wi-SUN等、近距離～中距離用の小電力無線システム（920MHz帯）

### (3) 通信試験

作業現場が森林特有の過酷な伝搬環境や見通し外環境であることを踏まえ、携帯電話の電波が届かない山中を作業現場と想定し、VHF帯無線方式（デジタル業務用無線機/簡易無線及び公共BB）によるフィールド試験（伝搬特性及び機能確認）を計画・実施し、森林・林業におけるVHF帯通信方式の有効性等を確認した。

### (4) 業務カテゴリ毎の通信要件等の検討

以上の調査検討の結果を踏まえ、4つの業務カテゴリ（安全確保、森林調査、生産業務、土木関連・防災）ごとの通信要件を検討し、結果を一覧に整理した。

### (5) 今後の課題及び次年度の計画

本年度の調査検討の成果を踏まえ、森林・林業への各種通信システムの導入に向けて想定される主な課題及び検討項目（案）を以下のとおり整理した。

- ・総合評価
- ・実システム導入時に想定されるガイドライン等の整理

おわりに

本基本調査検討は、作業現場が森林特有の過酷な伝搬環境や見通し外環境（オフライン環境）での通信ネットワークの構築等について、技術的な開発が遅れている状況を背景に、森林・林業における ICT・IoT 等の導入の加速化を可能とする通信に関する技術的問題の解決を目指し、業務要件の整理と通信に係る基本的な要求事項の検討として、林業関係者へのヒアリング、通信方法や通信機器類等の検討及び通信試験を実施した。

林業関係者へのヒアリングについては、通信要件の整理にあたり、林業における通信の現状や課題等について調査・整理した。

通信方法や通信機器類等の検討については、作業現場が森林特有の過酷な伝搬環境や見通し外環境であることを踏まえ、VHF 帯無線方式、中継機能及びモニタリング・センサ系の観点で着目した通信方式を対象に、周波数帯や通信方式の概要、機器の形態や電源の供給方法、免許申請等に係る関連事項について調査を行った。

通信試験については、VHF 帯無線方式（デジタル簡易線/デジタル業務用無線及び公共 BB）によるフィールド試験（伝搬特性及び機能確認）を計画・実施し、森林・林業における VHF 帯の通信方式の有効性等を確認した。

以上の調査検討の結果を踏まえ、4 つの業務カテゴリ（安全確保、森林調査、生産業務、土木関連・防災）ごとの通信要件を検討し、結果を一覧に整理した。

今回の検討において、多くの関係者から森林・林業分野への情報基盤整備の早期実現の期待等を感じ取ることができた。本調査検討でとりまとめた機能要件を踏まえて、次年度の総合評価の成果により、ICT・IoT 等導入の加速化に資する通信に関する技術的課題解決の取り組みに期待する。

最後に今回の基本調査検討を行うにあたり、ヒアリング調査にご協力いただいた団体等の関係各位、貴重なご意見、審議を頂いた委員及びオブザーバ各位ならびに、業務アプリをご提供いただいた株式会社ジツタ様に深く感謝申し上げます。



## 付属資料・参考資料



## 付属資料、参考資料

- 付属資料 1 令和 2 年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会 開催趣旨
- 付属資料 2 令和 2 年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会 設置要綱
- 付属資料 3 令和 2 年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会 構成員名簿

- 参考資料 1 ヒアリングシート（様式）
- 参考資料 2 自営ブロードバンド（公共 BB）の森林・林業への活用事例（地籍調査）
- 参考資料 3 用語集
- 参考資料 4 試験風景





付属資料1 「令和2年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会」  
開催趣旨

森林・林業に係る調査・作業等は携帯電話の電波状態が悪く、エリア外等の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、今までの情報通信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る。

現在、森林・林業においてもICT・IoT等の導入を加速化し、情報基盤を整備していくことが必要とされているが、オフライン環境下での通信ネットワークの構築等について、技術的な開発が遅れており、基本的な技術的問題の整理や課題の明確化、実証を進めていく必要がある。これは、森林・林業における業務・作業等については、森林内における立木の調査から木材生産、治山・災害対策まで幅が広い上に、それぞれの業務要件によって必要とされる情報の種類や量、通信速度、頻度もそれぞれ異なってくること、森林内は植生や地形等といった通信上の障害や制約となる条件の変化に富んでおり、通信に関する問題解消を更に複雑化させていることが要因として考えられる。

本調査検討会は情報基盤の整備を目標に、森林・林業におけるICT・IoT等の導入の加速化を可能とする通信に関する技術的問題の解決を目指し、業務要件の整理と通信に係る基本的な要求事項を整理することを目的とする。

付属資料2 「令和2年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会」  
設置要綱

1. 名称

本調査検討会は、「令和2年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会」と称する。

2. 目的

調査検討会は、情報基盤の整備を目標に、森林・林業におけるICT・IoT等の導入の加速化を可能とする通信に関する技術的問題の解決を目指し、成果として業務要件の整理と通信に係る基本的な要求事項の整理を目的とする。

3. 調査検討事項

調査検討会は次の検討を行う。

- (1) 通信機器類や使用する周波数等について、実際に導入可能なものを選定し、電源の確保の方法等についての検討
- (2) 通信試験による、森林内の植生による電波の減衰等、通信を本格導入する際の障害となる要因についての分析
- (3) 林業の業務カテゴリについて、通信に係る機器類についての固定式、移動式、携帯型の別についての検討
- (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、事務局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っては、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、原則、リモート会合形式（WEB開催）とし、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) 委員に対して、別に定める規定に基づき、謝金、及び交通費を支給する。なお、辞退は可能とする。（ただしWEB開催においては、交通費は支給しない）

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3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、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、あらかじめ農林水産省林野庁(主管課)及び株式会社日立国際電気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、農林水産省林野庁に帰属する。
- (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。

付属資料3 「令和2年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会」  
構成員名簿

(敬称略・五十音順)

区分	氏名	所属、役職
委員	あるが 有賀 かずひろ 一広	国立大学法人宇都宮大学 農学部 森林科学科・農学研究科森林科学専攻 准教授
委員	おがわ 小川 まさかつ 将克	上智大学 理工学部 情報理工学科 教授
委員	かとう 加藤 まさと 正人	国立大学法人信州大学 先鋭領域融合研究郡 山岳科学研究拠点 教授
委員	なかざわ 中澤 まさひこ 昌彦	国立研究開発法人森林・研究整備機構 森林総合研究所 林業工学研究領域 収穫システム研究室 室長
委員	はらだ 原田 ひろし 博司	国立大学法人京都大学 大学院 情報学研究科 教授
委員	むなかた 宗像 かずのり 和規	一般社団法人日本森林技術協会 業務執行理事
オブザーバ (主管課)	こま 高麗 やすゆき 泰行	農林水産省林野庁 国有林野部 業務課 技術開発・普及班 課長補佐
オブザーバ (主管課)	きくち 菊地 あきら 暁	農林水産省林野庁 国有林野部 業務課 技術開発・普及班 技術普及係長
事務局	かとう 加藤 かずえ 教衛	株式会社日立国際電気 モノづくり統括本部 技術総括
事務局	あさの 浅野 まさひろ 勝洋	株式会社日立国際電気 モノづくり統括本部 ソリューション本部 専門部長
事務局	かなざわ 金澤 まさゆき 昌幸	株式会社日立国際電気 モノづくり統括本部 ソリューション本部 ソリューション部 主任技師
事務局	きしだ 岸田 えりこ 恵理子	株式会社日立国際電気 モノづくり統括本部 ソリューション本部 ソリューション部
事務局	たじま 田島 かずき 一輝	株式会社日立国際電気 営業本部 公共ソリューション営業部

様

2021年 月 日

令和2年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る  
基本調査検討会 事務局  
(株式会社日立国際電気)

林野庁「令和2年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査」に関するアンケート

記

森林・林業に関する調査・作業等は携帯電話の電波状態が悪く、エリア外等の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、今までの情報通信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。

現在、森林・林業においてもICT・IoT等の導入を加速化し、情報基盤を整備していくことが必要とされていますが、オフライン環境下での通信ネットワークの構築等について、技術的な開発が遅れており、基本的な技術的問題の整理や課題の明確化、実証を進めていく必要があります。

これは、森林・林業における業務・作業等については森林内における立木の調査から木材生産・治山・災害対策まで幅が広い上に、それぞれの業務要件によって必要とされる情報の種類や量、通信速度、頻度もそれぞれ異なってくることで、森林内は植生や地形等といった通信上の障害や制約となる条件の変化に富んでおり、通信に関する問題解消を更に複雑化させていることが要因として考えられます。

このような背景から、林野庁「令和2年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査」において、調査検討会を設置し、森林・林業のICT・IoTの導入に向け、弊社が事務局として調査検討を推進していく予定です。

森林・林業に関わる皆様からご意見を聴取し、森林・林業における業務要件の整理と通信にかかる基本的な要求事項の整理をさせていただきたくご協力戴けますようお願い申し上げます。

以上

令和2年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る  
基本調査検討会 事務局  
E-mail : [jimukyoku@h-kokusai.com](mailto:jimukyoku@h-kokusai.com)

(1)林業における御社の業務についてお聞かせください。

(2)林業における通信の現状・課題についてお聞かせください。

(3)通信が必要な業務・作業についてお聞かせください。

(4)上記(3)でご回答いただいた内容において、通信したい情報についてお聞かせください。

例. 音声、写真、動画、文書データ等

(5)導入済みの通信、アプリケーションについてお聞かせください。

(6)導入予定の通信、アプリケーションについてお聞かせください。

(7)通信インフラが整うことで導入できる・したいアプリケーション等についてお聞かせください。

(8)整備してほしい通信機器、インフラに関する要件についてお聞かせください。

例. 固定式（卓上型等）、移動式（可搬型、車載型等）、携帯型（ハンディ型等）



## 森林による見通し外環境下での映像伝送 ～林業における業務効率化に向けた新ソリューションへの適用実証～

- 森林による厳しい遮蔽環境下での山中から山麓へのリアルタイム映像伝送を実証
- 中継接続により尾根を越える無線回線延伸を実証
- 林業における原木伐採で必要となる地籍調査ソリューションを実証

→森林内伝搬環境に求められる「見通し外通信（森林内通信の可能性）」、「中継機能」の観点から、森林・林業分野における多様な業務の高度化・効率化のICT基盤として公共BBの活用が想定される。



360°カメラで撮影した  
高画質な写真を伝送



基地局側で無線機の位置を  
地図上で確認



地権者の方々立ち合いの下  
土地境界線の確認



航空写真出典：国際航業株式会社  
地図出典：高知県

出典：「森林による見通し外環境下での広域系Wi-RANを用いた映像伝送に成功～林業における業務効率化に向けた新ソリューションへの適用実証～」、京都大学ほか（H30年6月29日）  
<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20180629/index.html>



参考資料3 用語集

用語・略語	正式名称	説明
2GFSK	2 Gaussian-filtered Frequency Shift Keying	電波の帯域制限を考慮した2値周波数偏移変調
3G	3th Generation Mobile Communication System	第3世代移動通信システム
5G	5th Generation Mobile Communication System	第5世代移動通信システム
6LowPAN	IPv6 over Low-power Wireless Personal Area Networks	IPv6 プロトコルを IEEE802.15.4 無線 PAN 上で稼働させるための標準化仕様
AC	Alternating Current	交流
AI	Artificial Intelligence	人工知能
AM	Amplitude Modulation	振幅変調
AP	Access Point	アクセスポイント
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
ARIB STD	ARIB Standard	ARIB 標準規格
ATT	Attenuator	減衰器
BER	Bit Error Rate	符号誤り率
bps	bits per second	データ信号速度(1秒間に伝送できるビット数)
BPSK	binary phase-shift keying	二位相偏移変調
CCK	Complementary Code Keying	相補型符号変調
CINR	Carrier to Interference and Noise Ratio	搬送波対干渉雑音比
CSMA	Carrier Sense Multiple Access	キャリアセンス多重アクセス制御
DBPSK	Differential binary phase-shift keying	差動二位相偏移変調
DC	Direct Current	直流
DL	Down Link	下り回線
DQPSK	Differential Quadrature Phase Shift Keying	差動四位相偏移変調
DSRC	Dedicated Short Range Communication	専用狭域通信
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum	直接拡散方式
EHF	extremely high frequency	マイクロ波(ミリ波)
FAN	Field Area Network	LPWA 向け拡張
FEC	Forward Error Correction	前方誤り訂正
FM	Frequency Modulation	周波数変調

FSK	frequency shift keying	周波数変換式変調方式
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GNSS	Global Navigation Satellite Systems	全世界的衛星航法システム
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
HAN	Home Area Network	スマートメーター向けのネットワーク
HF	high frequency	短波
ICMPv6	Internet Control Message Protocol for IPv6	IPv6 で使用される ICMP プロトコル
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	米国電気電子学会
IETF	Internet Engineering Task Force	インターネット技術の標準化を推進する任意団体
IoT	Internet of Things	さまざまな「モノ」がインターネットに接続され、相互に制御できるようになる仕組み
IP	Internet Protocol	インターネットプロトコル
IPv6	Internet Protocol Version 6	インターネットプロトコルバージョン6
ISM	Industrial Scientific and Medical Band	産業科学医療用バンド
IT	Information Technology	コンピューターの機能やデータ通信に関する技術
ITU-R	International Telecommunication Union Radio communication Sector	国際電気通信連合 無線通信部門
JUTA	Japan Utility Telemetry Association	テレメータリング推進協議会
L2	Layer 2	OSI 参照モデルの第2層
LAN	Local Area Network	ローカルエリアネットワーク
LE-SF	Low Energy-Super Frame	省電力スーパーフレーム
LF	low frequency	長波
LoRa	Long Range	LPWA (Low Power Wide Area) の一種で、米国の SEMTECH 社が策定した無線通信方式
LPWA	Low Power Wide Area	低消費電力かつ広範囲なエリアでの通信が可能という特長をもっている無線ネットワーク方式の総称
LTE	Long Term Evolution	第3世代携帯電話 (3G) を進化させた通信規格

MAC	Medium Access Control	媒体アクセス制御
MCA	Multi Channel Access System	マルチチャンネルアクセス方式による業務用無線通信システム
MF	medium frequency	中波
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output	多重入力/多重出力
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	直交周波数分割多重
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access	直交周波数分割多元接続
OSI	open systems interconnection	異なる機種間でデータ通信を行う際の規格
OTA	Over the Air	無線経由
PANA	Protocol for Carrying Authentication for Network Access	ネットワークアクセス認証プロトコル
PHS	Personal Handy-phone System	移動通信サービスの1つ
PHY	physical layer	物理層
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	直交振幅変調
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	四位相偏移変調
RIT	Receiver Initiated Transmission	ガススマートメーター用無線通信プロトコル
RLMM	Resource Limited Monitoring and Management	農業、防災、生産工場など、外部電源が利用できない/しにくい場所に向けた通信規格
RPL	Routing Protocol for Low power and Lossy Networks	IPv6 のルーティングプロトコル
RSSI	Received Signal Strength Indicator	受信信号強度
SCPC	Single Channel Per Carrier	一つの無線キャリアが一つの無線チャンネルに対応す通信方式
SHF	super high frequency	マイクロ波(センチメートル波)
TDD	Time Division Duplex	時分割複信
U-BUS	U-BUS	テレメータリング用通信方式
UDP	User Datagram Protocol	OSI 参照モデルにおけるトランスポート層のプロトコル
UHF	ultra high frequency	マイクロ波(極超短波)
UL	Up Link	上り回線
USB	Universal Serial Bus	コンピュータに周辺機器を接続する規格
VHF	Very High Frequency	超短波 (30-300MHz 帯の電波)
VLF	very low frequency	超長波

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
Wi-Fi6	Wi-Fi 6	無線 LAN 規格「IEEE802.11ax」
Wi-RAN	Wireless Regional Area Network	広域系公共ブロードバンド移動通信システム
Wi-SUN	Wireless Smart Utility Network	ワイヤレス・スマートユーティリティネットワーク
公共 BB	Public Broad Band System	200MHz 帯広帯域移動通信システム



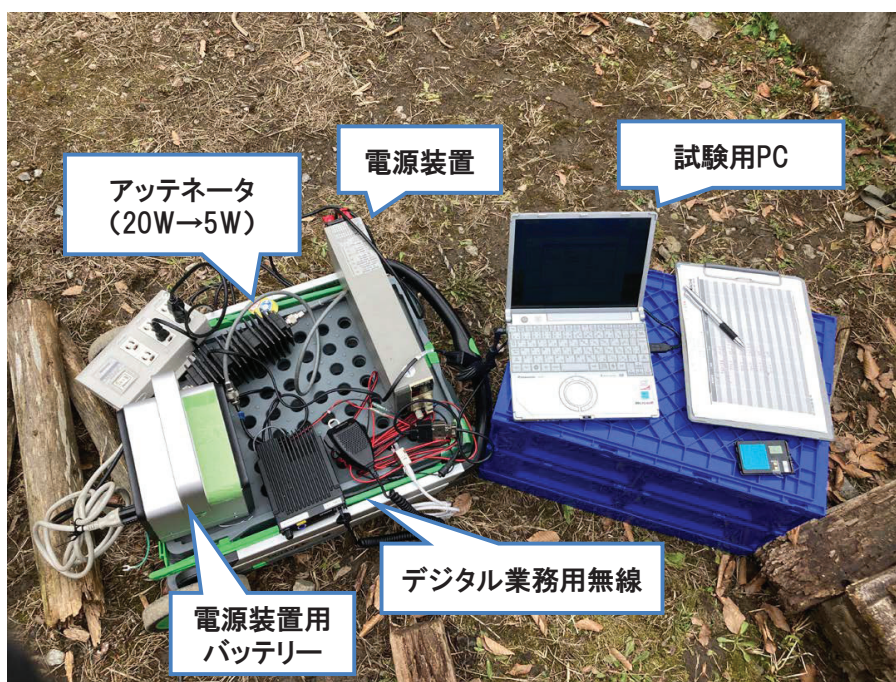
### Contents

- **150MHz帯デジタル業務用無線/簡易無線 通信試験**
  - ・日影沢キャンプ場
  - ・いろはの森コース
  - ・山頂付近～薬王院
- **200MHz帯自営ブロードバンド(公共BB) 通信試験**
  - ・日影沢キャンプ場
  - ・高尾森林ふれあい推進センター
  - ・城見台付近
  - ・山頂付近～薬王院

### 150MHz帯デジタル業務用無線/簡易無線 通信試験 (日影沢キャンプ場)

---

- ・通信試験用機器の設置（150MHz帯デジタル業務用無線）



## 150MHz帯デジタル業務用無線/簡易無線 通信試験 (日影沢キャンプ場)

- ・日影沢キャンプ場においてデジタル無線及び簡易無線の試験中
- ・デジタル簡易無線：通話試験にてメリットの確認
- ・デジタル業務用無線（送信局）：試験電波を送信し、移動局（受信側）にてデータ取得



## 150MHz帯デジタル業務用無線/簡易無線 通信試験 (日影沢キャンプ場)

- ・150MHz帯デジタル業務用無線（送信局）の通信試験風景
- ・日影沢キャンプ場から試験電波の送信を行い、移動局（受信側）にてデータ取得





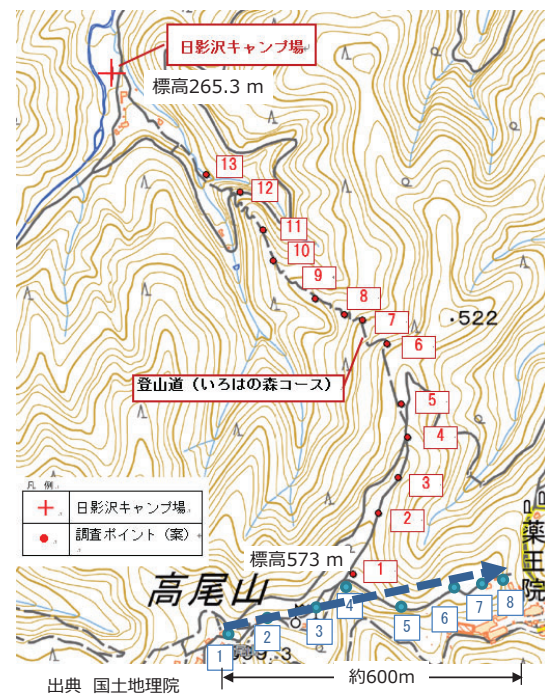
## 150MHz帯デジタル業務用無線/簡易無線 通信試験 (いろはの森コース)

- ・縦方向伝搬試験
- ・高尾山 (いろはの森案内板) から日影沢キャンプ場までを歩行



## 150MHz帯デジタル業務用無線/簡易無線 通信試験 (山頂付近～薬王院)

- ・横方向伝搬試験
- ・山頂付近から薬王院までを歩行





## 150MHz帯デジタル業務用無線/簡易無線 通信試験 (日影沢キャンプ場)

- 150MHz帯デジタル簡易無線の通信試験風景
- 通話試験にてメリット（音声明瞭度）を確認



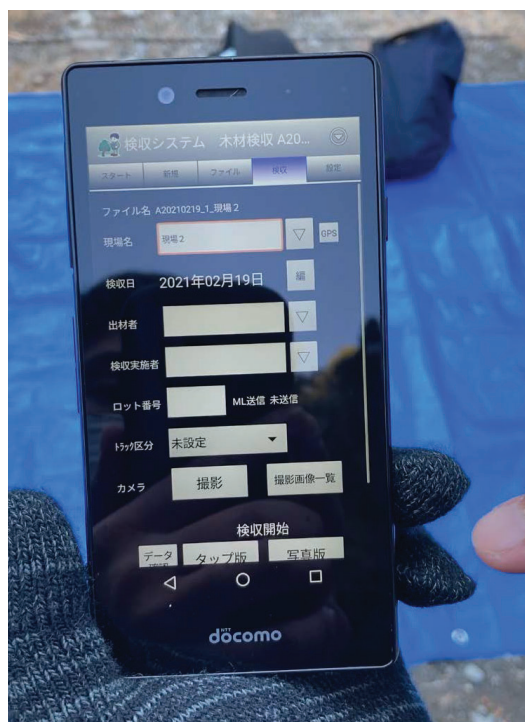
## 200MHz帯自営ブロードバンド(公共BB) 通信試験 (日影沢キャンプ場)

- 通信試験用機器の設置



## 200MHz帯自営ブロードバンド(公共BB) 通信試験 (日影沢キャンプ場)

- ・林業用アプリ操作の様子  
Wi-Fi経由で公共BBと接続



## 200MHz帯自営ブロードバンド(公共BB) 通信試験 (日影沢キャンプ場)

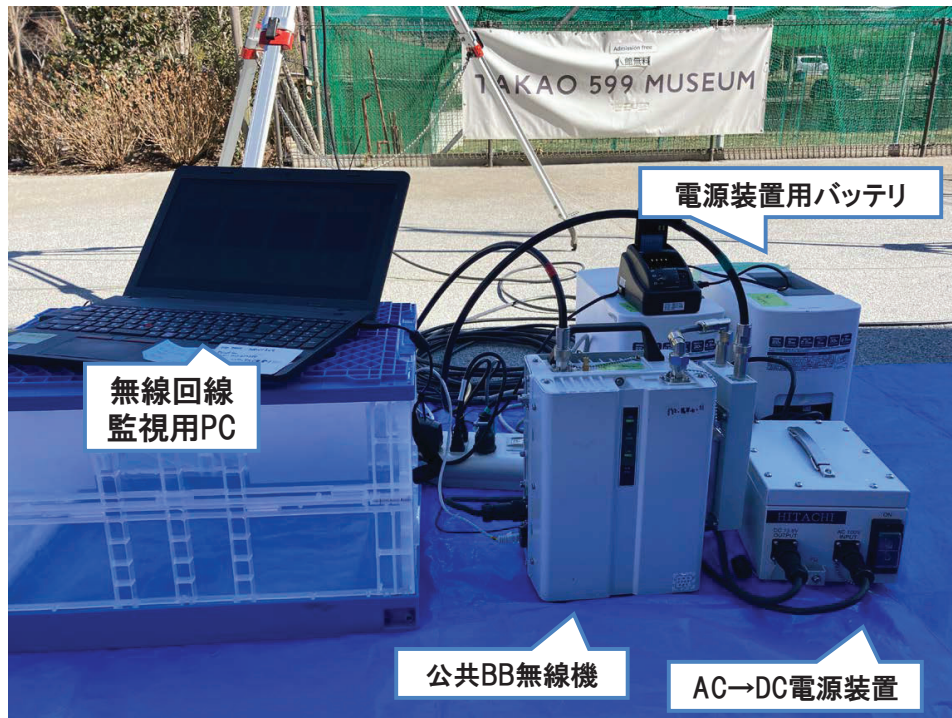
- ・空中線 (5素子八木アンテナ) の設置





## 200MHz帯自営ブロードバンド(公共BB) 通信試験 (高尾森林ふれあい推進センター)

### ・通信試験用機器の設置



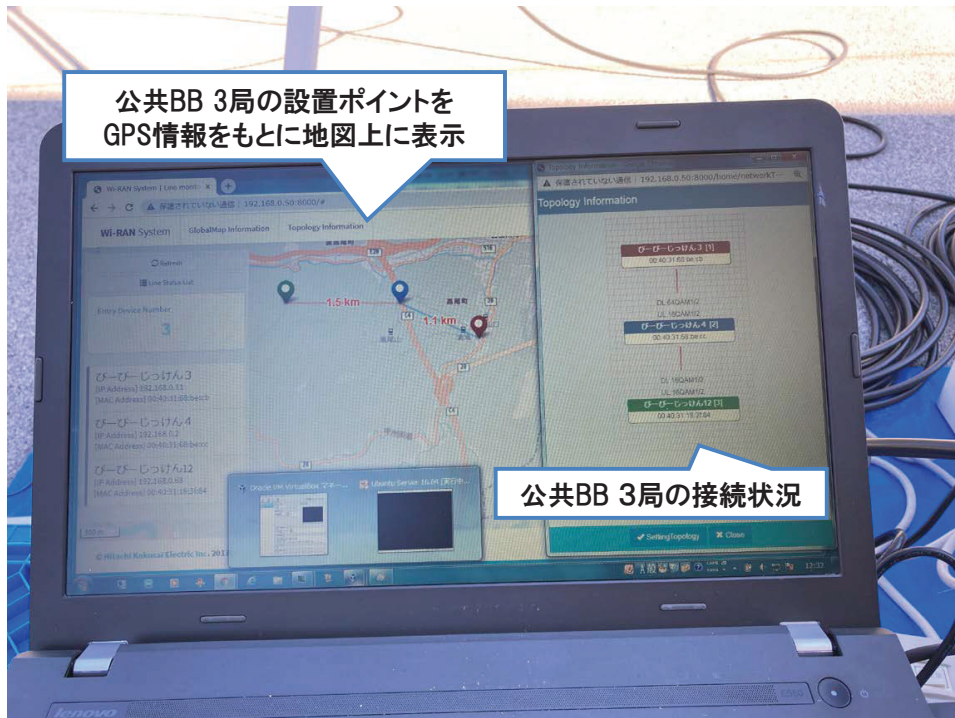
## 200MHz帯自営ブロードバンド(公共BB) 通信試験 (高尾森林ふれあい推進センター)

### ・空中線 (5素子八木アンテナ) の設置



## 200MHz帯自営ブロードバンド(公共BB) 通信試験 (高尾森林ふれあい推進センター)

- ・ふれあいセンターで受信した各無線局の位置情報と実験風景



## 200MHz帯自営ブロードバンド(公共BB) 通信試験 (高尾森林ふれあい推進センター)

- ・ふれあいセンターで受信したウェアラブルカメラ映像及び実験風景
- ・映像は日影沢キャンプ場から送信
- ・連絡・指示は、ウェアラブルカメラ及びモニタPCに接続したヘッドセットで実施





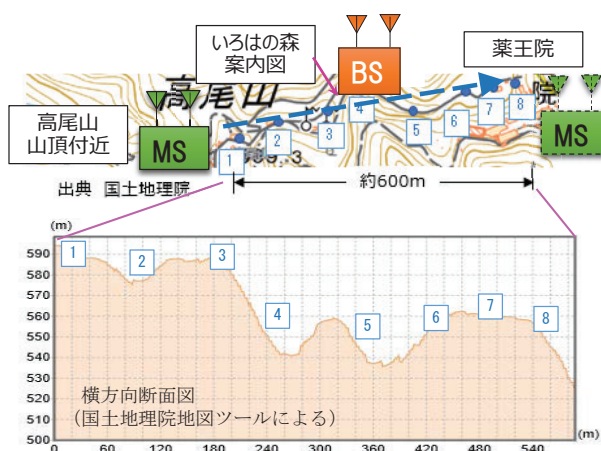
## 200MHz帯自営ブロードバンド(公共BB) 通信試験 (城見台付近)

- ・空中線 (ブラウンアンテナ) の設置と実験風景



## 200MHz帯自営ブロードバンド(公共BB) 通信試験 (山頂付近～薬王院)

- ・横方向伝搬試験
- ・山頂付近から薬王院までを歩行
- ・ウェアラブルカメラ映像伝送の実験風景



# 200MHz帯自営ブロードバンド(公共BB) 通信試験 (城見台付近)

・伝搬特性・BER測定の実験風景

