

令和3年度 森林・林業に係る  
情報基盤整備に係る基本調査

報告書

令和4年3月

林 野 庁

# 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. 調査検討の実施内容</b> .....	<b>3</b>
2.1 調査範囲と方法 .....	3
2.2 事業準備に関する調査 .....	4
2.2.1 検討の概要 .....	4
2.2.2 検討結果 .....	5
2.3 情報基盤の構築に関する調査 .....	8
2.3.1 検討の概要 .....	8
2.3.2 検討結果 .....	9
2.4 位置情報に関する調査 .....	11
2.4.1 検討の概要 .....	11
2.4.2 検討結果 .....	11
2.5 事業実施に関する調査 .....	14
2.5.1 検討の概要 .....	14
2.5.2 検討結果 .....	14
2.5.3 検討の概要 .....	15
2.5.4 検討結果 .....	16
2.6 実運用試験 .....	18
2.6.1 通信試験の計画 .....	18
2.6.2 周波数帯や通信機器等の選定 .....	19
2.6.3 実運用試験場所の選定 .....	20
2.6.4 通信試験の概要 .....	24
2.6.5 試験結果 .....	31
2.6.6 通信結果の普及 .....	54
2.6.7 実運用試験まとめ .....	55
2.7 検討結果のまとめ .....	56
2.7.1 情報基盤整備の手順について .....	56
2.7.2 位置情報の精度向上のための手順について .....	58
2.7.3 事業実施に係る効果について .....	58
<b>3. 今後の課題及び次年度の検討項目</b> .....	<b>60</b>
<b>4. まとめ</b> .....	<b>61</b>

付属資料、参考資料

付属資料 1 令和 3 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 3 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 3 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 今年度の事業計画

参考資料 2 現地検討会（WEB 形式）の概要

参考資料 3 令和 2 年度事業成果概要

参考資料 4 公共 BB 空中線仕様

参考資料 5 用語集

参考資料 6 略語一覧

## 1. 全体概要

### 1.1 背景・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、情報通信の手段としては、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る。一方で、森林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おり、これらの導入により得られた情報をより効率的に活用するためにも、情報基盤を整備していく必要があるが、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は、森林にあっては地形や植生の影響など不明な点も多く、通信に関する問題解消に向けた技術的な検討、ひいては必要な現場業務等を支援するツール（以下「業務支援ツール」という。）の活用や開発が十分に進んでいない状況にある。

森林内での業務・作業を国有林を例に見てみると、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、頻度が異なっている。

このため、森林という特殊な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、森林・林業の現場で活用するために適切な通信システムを検証するため、国有林をフィールドとした実際の現場業務で実証試験を実施し、その効果や課題等を確認する必要がある。

以上を踏まえ、本調査検討会は、令和2年度に実施された成果を基に、森林内の作業、具体的には、森林調査（収穫調査や林況調査など）と生産業務の現場で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、通信を組み合わせることによる業務応用への可能性、またその手順等、情報基盤を整備するための知見を集積することを目的とする。

### 1.2 実施概要

本調査検討では、下記(1)～(5)の項目について試行的取組による調査を行う。

調査内容等（骨子）

- (1) 作業現場での情報基盤整備の試行
- (2) 通信とシステムを組み合わせた取組実践
- (3) 効果の確認
- (4) 実施手順の検討
- (5) 課題の明確化

### 1.3 実施体制

本調査検討を進めるために、技術部門にプロジェクトマネージャーを設置して事業を統括し、机上検討、回線設計、実証試験等について担当責任者を設置するとともに、「令和3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3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3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3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	議題ほか	主な審議内容ほか
第 1 回	令和 3 年 12 月 10 日	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	令和 4 年 3 月 7 日	最終報告	最終報告書について審議し、承認された。

第 1 回調査検討会において、今年度の事業計画（参考資料 1）を説明した。また、本委託事業で構築する通信システムの対象範囲について、流域全体を網羅的にカバーするものではなく、事業地が移動していくことを想定し、事業地とその周辺の動線を範囲と考えた際、最大限対応可能な通信システムの構築を前提とすること、現場と事務所をつなぐ基幹となる通信路で自営ブロードバンドを使って通信システムを構築しメッシュ Wi-Fi を展開する実証を行うことを説明し了解を得た。

このほか地形と距離による通信信号の減衰について、データを取得し整理するが、減衰の傾向については、非常に多くの要因があると想定され、因果関係を単純なルールに当てはめて整理することは難しいことを説明し、事例として整理することについて了解された。

第 2 回調査検討会において、今年度の事業計画に基づいて実施した、調査検討結果及び実運用試験について報告書概要版を元に説明した。実運用試験については、ビデオによる現地試験を放映し具体的な運用イメージを説明し最終取り纏めとして承認された。

## 2. 調査検討の実施内容

### 2.1 調査範囲と方法

生産現場での以下①～⑤の一連の事業の流れの中で、それぞれの場面で必要とされる情報やその伝達・活用方法、情報に関わる者について整理・分類をしながら、効率的な事業実施に資する調査検討を行った。本業務の流れについて、図 2.1 に示す。

調査項目および諸条件

- ① 事業準備
- ② 情報基盤の構築（事業実施）
- ③ 位置情報
- ④ 事業実施（安全管理、業務効率化、運用）
- ⑤ 事業終了

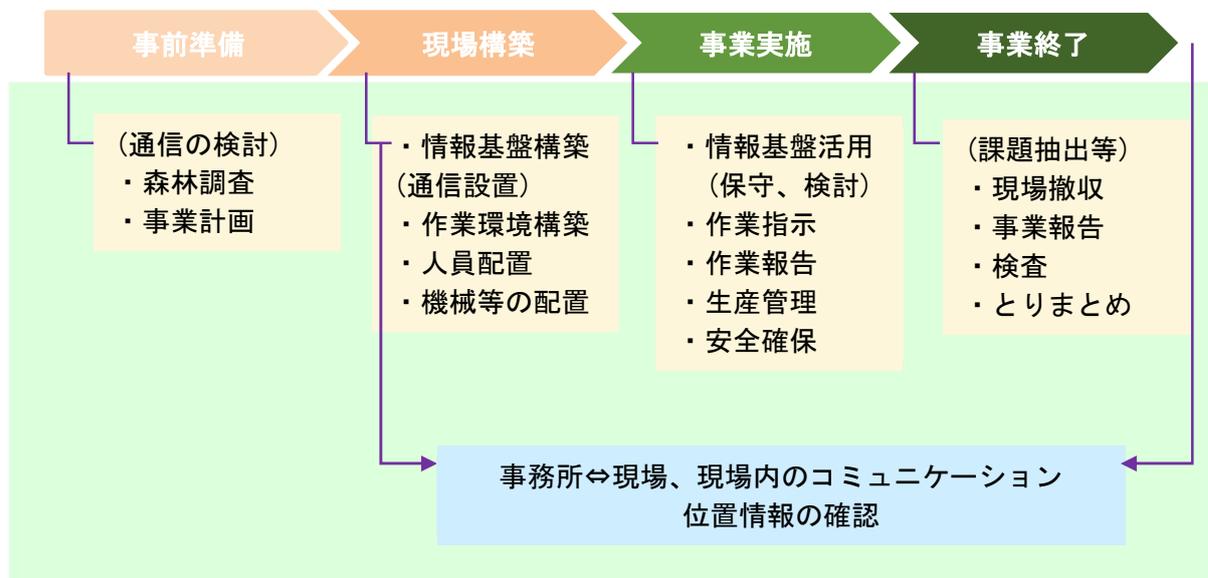


図 2.1 本事業の流れ

## 2.2 事業準備に関する調査

### 2.2.1 検討の概要

事業準備として、森林調査、生産業務の2つの業務カテゴリを考慮し、それぞれ下記(a)～(c)の3つの内容を検討した。

#### 検討内容

##### (1) 森林調査

- (a) 森林調査の準備、ならびに現場を設計・構築する際の、バックホール回線に関する伝搬シミュレーションソフト（回線シミュレータ）等を用いた情報基盤を効率的に整備する手順を試行する。
- (b) 森林調査を実施する際の、業務要件及び通信要件について検討し、試行する。
- (c) 電源の確保について、通信頻度、データ量等を勘案して選択し、設置・運用する手順等を検討し、試行する。

##### (2) 生産業務

- (a) 生産業務の各工程及び既存のアプリケーションの活用状況等を確認し、生産業務の現場において、構築した通信ネットワークを活用した安全管理や業務効率化に資する具体的な実証方法を検討し、生産業務の関係者とも調整のうえ、現地実証の手順を試行する。
- (b) 生産業務を実施する際の、業務要件及び通信要件について検討し、試行する。
- (c) 電源の確保について、通信頻度、データ量等を勘案して選択し、設置・運用する手順等を検討し、試行する。

## 2.2.2 検討結果

事業準備に関する調査の検討結果は、以下のとおり。

### (1) 森林調査

(a) 森林調査の準備、ならびに現場を設計・構築する上で、円滑かつ効率的な実証試験とするため、バックホール回線に関する伝搬シミュレーション（回線シミュレータ）を用いた受信電力の到達エリアシミュレーションにより、事前机上検討を行った。

詳細は、2.6.5 試験結果を参照。

(b) また、森林調査の実施にあたり、業務要件、及び通信要件について整理した。令和2年度報告書を踏まえ、今年度は、主な課題と、その解決方法について、さらなる精査・検討を進めた。表 2-1 に令和2年度報告書で取り纏めた業務カテゴリごとの想定される通信要件を示す。また、表 2-2 に今年度調査した内容をふまえ、業務カテゴリごとの主な課題と解決方法をまとめた。

表 2-1 林業業務カテゴリごとの想定される通信要件

#	業務カテゴリ	通信要件	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>

表 2-2 業務カテゴリごとの主な課題と解決方法

#	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>事業地がオフライン環境であることも多く、事務所と連携を取れる場所まで移動が必要</li> <li>地形の状況や作業の内容によっては目視による確認が難しい場合もある</li> <li>簡易無線であっても、窪地と尾根をはさむと通信環境が悪化する可能性がある。</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> <li>【作業員のモニタリング：安心・安全】</li> </ul>
2	森林調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>木材の生産量を自動計測しても、事業地からデータを送付できない</li> <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> <li>3D レーザを活用したい</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> <li>【進捗管理：効率化】</li> <li>3D レーザのデータ送信など将来的な（将来）高度利用</li> </ul>
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> <li>1日の作業内容の報告を現地から実施したい</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> <li>【遠隔指示：効率化】</li> <li>WEB 会議によるリモートでのリアルタイムでの作業日報実施</li> </ul>

(C) 電源の確保について、デジタル簡易無線に対して手段を整理した。

表 2-3 に、デジタル簡易無線の電源確保の手段について示す。

表 2-3 デジタル簡易無線の電源確保の手段

項目	状況	手段
デジタル簡易無線	<p>デジタル簡易無線は、満充電で約 13 時間稼働可能*</p> <p>*今回採用した I 社製汎用品の事例（カタログ値）： パワーセーブ機能 ON 時の稼働時間は、約 13 時間。 バックアップ手段も考慮することが望ましい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>簡易無線標準電池パック及び予備</li> </ul>

(2) 生産業務

(a) 生産業務の各工程及び既存のアプリケーションの活用状況等を確認し、現地実証を行った。

詳細は、2.6.5 試験結果を参照。

(b) 生産業務を実施する際の、業務要件及び通信要件について検討を行った。

(項(1) 森林調査を含む)

(c) 電源の確保について、VHF 帯自営ブロードバンド（公共 BB）無線局の設置に対して手段を整理した。

表 2-4 に、公共 BB の各無線局の設置における電源確保の手段について示す。公共 BB には専用のオプションバッテリーがあり、終端局を移動しながら利用する場合には活用が可能である。また、ポータブルバッテリーについては、利用シーンに応じて、市販の大容量バッテリーの活用などが有効と想定される。

表 2-4 VHF 帯自営ブロードバンド（公共 BB）無線局の設置における電源確保の手段

項目	状況	手段
基地局	基地局は公衆網が受信できる建屋に設置することが想定されるため、建屋から受電し易い手段が望ましい。	・商用 AC100V 電源
中継局	中継局は任意に移動し、商用電源の無い場所への設置が想定されるため、移動可能な手段が望ましい。	・ポータブルバッテリー (800Wh で 8 時間程度)
終端局	終端局は任意に移動し、商用電源の無い場所への設置が想定されるため、移動可能な手段が望ましい。 このとき、終端局を人が背負う場合は、軽量なものが望ましい。	・ポータブルバッテリー (800Wh で 8 時間程度)

ここで、本報告書では、表 2-4 に示す各無線局は、以下のとおり規定、呼称する。

- ・基地局：公衆携帯通信網と接続し、事業事務所等の設備に配置される公共 BB 基地局  
(見晴らしの良い高台への設置が望ましい)
- ・中継局：無線 2 段中継時の中央に位置し、尾根側設備に配置される公共 BB 移動局  
(見晴らしの良い高台への設置が望ましい)
- ・終端局：無線 2 段中継時の終端に位置し、山中側設備に配置される公共 BB 移動局

## 2.3 情報基盤の構築に関する調査

### 2.3.1 検討の概要

事業実施（森林調査及び生産業務）において、それぞれ下記(a)～(d)の4つの内容を検討した。

- (a) 公衆携帯通信網の受信可能地点からバックホール回線を確保し、無線 LAN（マルチホップ中継、若しくはメッシュ Wi-Fi）等により現場に通信ネットワークを設置し、山間部にある作業現場と2か所以上の地点に、音声、映像、データの送受信が可能な環境を構築する。
- (b) 業務用無線等により、(a)のネットワークエリア外からも音声通信・位置情報が共有できる環境を構築する。
- (c) 情報通信の可用性を確保するため、使用するアンテナ及び電源の設置に係る留意点・工夫について検討する。
- (d) 地形に対する斜面縦方向及び横方向の電波伝搬特性を検証する。

### 2.3.2 検討結果

表 2-5、及び表 2-6 に示す令和 2 年度の調査検討成果を踏襲することにより、本年度調査検討では、見通し外環境での利用、作業現場での ICT・IoT 実現の為の無線 LAN 環境構築の必要性により、デジタル簡易無線、VHF 帯自営ブロードバンド（公共 BB）、及び Wi-Fi を選定し、実フィールド環境において、伝搬試験及び情報アプリに関する実証試験を計画した。なお、表 2-5 に、無線通信方式の比較を示す。

実証試験の詳細は、2.6.5 試験結果を参照。

表 2-5 無線通信方式の比較

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 (イリジウム 端末)	～約 10Mbps	～20Mbps	～数 100Mbps (契約と電波 環境による)
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

凡例) ○：適する（適用可能）      △：条件により適する（適用可能）      ×：適さない（適用不可）

\*：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。

情報基盤の構築に関する調査の検討結果は、以下のとおり。

表 2-6 に情報基盤の構築に関する検討結果を示す。

表 2-6 情報基盤の構築に関する検討結果

#	検討内容	結果
(a)	公衆携帯通信網の受信可能地点からバックホール回線を確保し、無線 LAN (マルチホップ中継若しくはメッシュ Wi-Fi) 等により現場に通信ネットワークを設置。山間部にある作業現場と 2 か所以上の地点に、音声、映像、データの送受信が可能な環境を構築する	バックホール回線として、以下の特徴を持つ VHF 帯自営ブロードバンド (公共 BB) を選定 <ul style="list-style-type: none"> <li>・エリア構成の自由度が高い (可搬型、半固定回線)</li> <li>・到達距離が長い</li> </ul>
(b)	業務用無線等により、(a)のネットワークエリア外からも音声通信・位置情報が共有できる環境を構築する	(a)のネットワークエリア外からも音声通信・位置情報が共有できる回線としてデジタル簡易無線を選定
(c)	情報通信の可用性を確保するため、使用するアンテナ及び電源の設置に係る留意点・工夫について検討する	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地図を用いて、地形のプロフィールや見通し状況を机上確認</li> <li>・空中線の高さの条件設定</li> <li>・基地局や中継局の設置候補地の選定</li> <li>・電源受電方法選定</li> <li>・アンテナ機材選定</li> <li>・回線シミュレータによる受信電力のシミュレーション実施、伝搬損失の机上確認</li> <li>・現地地下見を実施し、上記検討内容へフィードバック</li> </ul>
(d)	地形に対する斜面縦方向及び横方向の電波伝搬特性を検証する	現地の作業現場の林道及び窪地(谷間)で斜面縦方向及び横方向の検証を行う

## 2.4 位置情報に関する調査

### 2.4.1 検討の概要

GNSS<sup>\*1</sup>による位置データの活用にあたり、必要な測位精度が確保されているか確認し、必要な測位精度が確保されていない場合は、補正する仕組みの事例調査、方法の検討を行った。また、位置情報と図面のずれについても補正の必要性の有無等、精度を確保するための仕組みを検討・試行した。前提として、VHF 帯自営ブロードバンド（公共 BB）と Wi-Fi により、スマートフォンのデータ回線を使用し、テザリング機能に接続できる環境を構築した。

### 2.4.2 検討結果

位置情報についての検討結果は以下のとおり。

#### (1) 測位精度の改善技術の調査

GPS（広義に GNSS）を利用した測位技術は、現在、幅広い分野の業務に欠かせない技術となっている。測位方式を大別すると、1 台の受信機により位置を求める「単独測位」と、複数の受信機で同時に観測し相対的な位置関係を求める「相対測位」の 2 つが広く知られている。このうち、単独測位では、衛星信号の遮蔽環境や、妨害波に対するロバスト性の課題があることから、精度を改善する技術として、複数の GNSS を同時に使用する技術（マルチ GNSS）、静止衛星の補助信号を用いて GNSS による測位誤差を補正する技術（補強システム（SBAS））、固定局と移動局の 2 つ以上の受信機で信号を受信する技術（RTK-GNSS）がある。補強システム（SBAS）は、GPS 単独受信時やマルチ GNSS 受信時の補正に利用される。

現在、測位技術に関する研究開発の進展とともに、高性能化、小型化、低価格化などが進んでいる。また、マルチ GNSS 受信及び QZSS（準天頂衛星みちびき）対応チップの携帯電話（スマートフォン）<sup>\*2</sup>への搭載など、一般への普及も広がっていることから、GPS ロガーの代用として GNSS アプリの活用も広まっている。

表 2-7 に主な測位精度の改善技術についてまとめる。

なお、本調査検討の実運用試験において、GPS 単独測位の場合と GPS ロガー（マルチ GNSS 対応品）との比較を行い、マルチ GNSS 対応受信機を利用することでプロット位置のバラつきを抑えられることを確認した。

詳細は、2.7.5 試験結果を参照。

\*1 GNSS(Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム)は、米国の GPS、日本の準天頂衛星（QZSS）、ロシアの GLONASS、欧州連合の Galileo 等の衛星測位システムの総称

\*2 みちびき対応製品紹介（スマホ・タブレット PC）（内閣府宇宙開発戦略推進事務局）  
<https://qzss.go.jp/usage/products/smartphone.html>

表 2-7 主な測位精度の改善技術

#	項目	説明
1	マルチ GNSS	複数の GNSS を同時に使用する技術。利用可能な衛星数・信号数・周波数の増加に伴い、位置情報の信頼性や精度改善を行う。受スマートフォン信機やスマートフォンメーカーもマルチ GNSS への対応を進めている。
2	補強システム (SBAS)	静止衛星の補助信号を用いて GNSS による測位誤差を補正するシステム。GPS 単独受信時やマルチ GNSS 受信時の補正に利用される。日本では、準天頂衛星みちびき (QZSS) を用いて配信サービスを利用することができる。QZSS 対応の受信機やスマートフォンなど、一般への普及も広がっている。地域ごとに独自のシステムが運用されている。日本では、準天頂衛星みちびき (QZSS) を用いて配信サービスを利用することができる。
3	RTK-GNSS (相対測位)	固定局 (基準局) と移動局 (観測点) で同時観測後、2 つの受信機の間で情報をやりとりしてズレを補正する技術 (相対測位) による単独測位よりも精度の高い位置情報を得る。 固定局と移動局間のデータリンクに、携帯電話や簡易無線を利用する方法が実用化されている。

(2) 事例調査

林業等の分野における、測位精度等に関する検討事例を、表 2-8 に示す。

表 2-8 林業等の分野における測位精度等の検討事例

#	調査事例
1	QZSS (準天頂衛星) 対応製品による位置精度の検証や、LPWA 等を活用した試行事例 令和 3 (2021) 年度 【木材流通編】 スマート林業マッチングミーティング (一般社団法人日本森林技術協会) <a href="http://www.jafta.or.jp/contents/information/439_list_detail.html#2">http://www.jafta.or.jp/contents/information/439_list_detail.html#2</a>
2	準天頂衛星「みちびき」の活用 (福島地域：いわき市持続可能な森林・林業推進会議) <a href="http://www.jafta.or.jp/contents/_files/jigyو_consulting/2021sma_fukushima.pdf">http://www.jafta.or.jp/contents/_files/jigyو_consulting/2021sma_fukushima.pdf</a>
3	LPWA「里山通信」を使った労働安全対策とその副産物である GPS ログの有効活用 (宮崎地域：宮崎県合法木材流通促進協議会) <a href="http://www.jafta.or.jp/contents/_files/jigyو_consulting/2021sma_miyazaki.pdf">http://www.jafta.or.jp/contents/_files/jigyو_consulting/2021sma_miyazaki.pdf</a>
4	簡易無線を用いた RTK-GNSS の研究や製品事例 「ロボット農業の高度化のための技術的条件等に係る調査検討」、平成 30 年 3 月 (北海道総合通信局) <a href="https://www.soumu.go.jp/main_content/000558703.pdf">https://www.soumu.go.jp/main_content/000558703.pdf</a>

(3) 位置情報の精度向上のための留意点や手順等について

森林・林業の現場において、GNSSによる位置情報の活用にあたり、精度よく測位するための留意点や手順等を以下に整理した。

① 現場に向かう車中などであらかじめ受信機を起動する

GNSSは、おおまかな軌道情報（アルマナック）、精密な軌道情報（エフェメリス）、及び精密な時報情報を発信しており、これらの情報をGNSS受信機で受信し、必要な演算処理を行うことで、自分の位置を知ることができる。アルマナックを受信するために、電波の受信条件が悪い林内に入る前に受信機を起動しておくことにより（測位結果（緯度経度の値）が一度表示されればアルマナックの受信が出来ている）、林内でも、すぐに測位出来るようになる。

② なるべく条件のよい場所で測位する、動かずにしばらく待つ

GNSSの電波を、できるだけ受信しやすい環境で測位することで、測位精度が改善される（例えば、大径木が近くにある場合は、数m以上離れる）。また、動かずにしばらく待つことで、測位結果が安定する。

③ GNSS受信機の持ち方に注意する

GNSS受信機によっては、アンテナの指向特性に留意し、受信機の持ち方に気をつける必要がある（例えば、測位時に操作者の体が電波を遮らないよう受信機を目の前に構える、機種によっては本体を水平に保つなど）。

④ GNSS受信機の平均化機能を活用する

林内などの不安定な受信環境では、測位結果にばらつきが生じ、それが誤差の大きさにつながる。GNSS受信機の中には、平均値を保存する機能や、複数回の平均結果をさらに平均することで測位精度を一層向上させる機能を搭載している機種があり、単純に瞬間値を記録するよりも精度の高い値を得ることができる。

⑤ その他

新たにGNSS受信機を導入する時などには、特に最新の情報を確認すること、GPSの基礎知識を身につけた上で使うことが望ましい。

参考：「よくわかる石川の森林・林業技術 No. 13、森林・林業の現場で使うGPS」、平成24年3月初版（石川県林業試験場）

<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/ringyo/publish/documents/gps-1.pdf>

## 2.5 事業実施に関する調査

### 2.5.1 検討の概要

森林調査のほか、災害発生時の緊急連絡等の安全管理に資するシステムの実証と合わせ、下記(a)～(d)の4つの項目の内容について検討を行った。

- (a) 生産管理や業務効率化に資するシステムの稼働または活用の実証を実施する。
- (b) 非常用通信を確保する。
- (c) 情報基盤の可用性確保のための維持・メンテナンスを実施する。
- (d) 事業の進捗報告の方法並びにその手続きについて検討する。

### 2.5.2 検討結果

事業実施についての検討結果は、以下のとおり。

表 2-9 に事業実施に関する調査の検討結果を示す。

表 2-9 事業実施に関する調査の検討結果

#	検討内容	結果
(a)	生産管理や業務効率化に資するシステムの稼働または活用の実証を実施する	以下の ICT 環境により業務効率が向上すると仮説を立て試験により効果を確認し取りまとめる <ul style="list-style-type: none"> <li>・映像及び音声伝送 (Microsoft Teams、ウェアラブルカメラ)</li> <li>・業務アプリ(木材検収アプリ)</li> </ul> 詳細は、2.6.5 試験結果を参照
(b)	非常用通信を確保する	バックホール回線を公共 BB で構築できると仮説をたてネットワークエリア外からも音声通信・位置情報が共有できる回線としてデジタル簡易無線を用いることを検証する 詳細は、2.6.5 試験結果を参照
(c)	情報基盤の可用性確保のための維持・メンテナンスを実施する	基地局等の公共 BB の予備機準備や、予備ポータブルバッテリーを準備して情報基盤が構築できることを検証する。 メッシュ Wi-Fi は耐水耐塵性に優れた屋外用機器を準備する 機器設置について風の影響等を考慮し設置場所の選定や支線等の利用による安全性を確保する
(d)	事業の進捗報告の方法並びにその手続きについて検討する	(a) (b) (c) の検討結果を整理し事業の手続きについて取りまとめる <ul style="list-style-type: none"> <li>・映像及び音声伝送(WEB 会議(Microsoft Teams))</li> <li>・業務アプリ(木材検収アプリ)</li> </ul> 詳細は、2.6.5 試験結果を参照

ここで、①映像及び音声伝送(WEB 会議(Microsoft Teams))、及び②業務アプリ(木材検収アプリ)の概要は、以下のとおりである。

- ・①WEB 会議(Microsoft Teams) :  
 マイクロソフト社が推奨する Microsoft365 の WEB コミュニケーションツールで、チャット・通話機能の他、ビデオ会議機能、ファイル共有機能等がある

- ・②業務アプリ(木材検収アプリ)：  
スマートフォンのカメラで丸太の断面撮影により、単木を認識し、検収作業を効率的に行う

### 2.5.3 検討の概要

事業終了について、下記(a)～(c)の3つの項目の内容について検討を行った。

- (a) 通信環境の構築によって得られる効果を取りまとめる
- (b) 通信環境の構築によって追加的に発生する業務とその影響について把握する
- (c) 森林調査、生産現場の終了時の検査等におけるデジタル化の促進方法を検討する

## 2.5.4 検討結果

事業終了についての検討結果は、以下のとおり。

表 2-10 に、事業終了後に関する調査の検討結果を示す。

表 2-10 事業終了に関する調査の検討結果

#	検討内容	検討結果
(a)	通信環境の構築によって得られる効果を取りまとめる	以下の ICT 環境により業務効率が向上すると仮説を立て試験により効果を確認し取りまとめる <ul style="list-style-type: none"> <li>・映像及び音声伝送(Microsoft Teams、ウェアラブルカメラ)</li> <li>・位置情報伝送</li> <li>・業務アプリ(木材検収アプリ)</li> </ul> 詳細は、2.6.5 試験結果を参照
(b)	通信環境の構築によって追加的に発生する業務とその影響について把握する	以下の項目について整理し取り纏める <ul style="list-style-type: none"> <li>・初期費用、ランニング費用、維持費用</li> <li>・システムセッティング作業</li> </ul>
(c)	森林調査、生産現場の終了時の検査等におけるデジタル化の促進方法を検討する	以下の項目について試験結果を取り纏める <ul style="list-style-type: none"> <li>・公共 BB 本体及び周辺機器、アプリの評価実施</li> </ul>

ここで、初期導入コストとランニングコストについては、令和 2 年度事業において、各通信方式の概算導入費用及び現状の課題を整理した（参照：参考資料 3）。本年度は、リース又はレンタルによる導入を想定したランニングコスト（リース費、アプリケーション費、電波利用料等）の調査（素検討）を行った。内容を以下に示す。

### (1) リース費/レンタル費

- ・ デジタル簡易無線（登録局）については、レンタル制度が適用できることから、初期導入コストの軽減、臨時的な増設ニーズへの対応が容易である（参考：月 7 千円前後～）
- ・ ローカル 5G については、定額利用サービスが開始された（月額 100 万円～（参考））
- ・ VHF 帯自営ブロードバンドについては、令和 2 年度報告書のとおり、今後、リース方策について、さらなる調査を進めることが重要。

### (2) アプリケーション費

スマートフォンやタブレットを、オンライン化したアクセス回線（Wi-Fi）に接続して使用する場合、既存のアプリの利用が可能。なお、アプリを開発する場合、別途開発費が必要（金額は仕様・要件による）。

### (3) 電波利用料

電波利用料と無線従事者資格の要否を表 2-11 に示す。

表 2-11 電波利用料と無線従事者資格の要否

#	通信方式	電波利用料 (年額)	無線従事者資格の要否
1	デジタル簡易無線 (4FSK/SCPC)	400 円/(局・年)	不要
2	デジタル業務用無線 (4FSK/SCPC)	400 円/(局・年)	要 (陸上特殊無線技士 3 級*以上)
3	VHF 帯自営ブロード バンド(公共 BB)	400 円/(局・年・CH)	要 (陸上特殊無線技士 3 級*以上)
4	Wi-Fi	不要 (2.4GHz 帯、5GHz 帯)	不要
5	Wi-SUN	不要	不要
6	LoRa	不要	不要
7	ローカル 5G (参考)	基地局 (4.6-4.9GHz) :5,900 円/(局・年) 基地局(28.2-29.1GHz) :2,600 円/(局・年) 端末 (特定無線局) 370 円/(局・年)	要 (設備に応じて 陸上特殊無線技士 1~3 級*)

\*無線従事者資格「陸上特殊無線技士 3 級」については、総務省指定講習機関等の一定の講習受講により資格取得が可能。

## 2.6 実運用試験

現地事業者へのヒアリング結果、及び机上検討により調査・検討した業務要件及び通信要件に基づき、実施した現地試験内容及び試験結果について記載する。

### 2.6.1 通信試験の計画

実運用試験の実施場所及び日程を以下に示す。

試験場所：群馬県高崎市 谷平第一国有林（岩氷林道及び周辺）

試験日程：令和3年11月15日～16日

令和4年1月17日、24日～25日、及び2月14日

実運用試験の概要を以下に示す。

本実用試験においては、公衆携帯通信網と森林内に構築する VHF 帯自営ブロードバンドによる中継機能を有するバックホール回線とを連携することで、林業 ICT に求められる多様なアプリ情報の伝送・通信をとおして、情報基盤のあり方を実証、評価する。

- ① 公衆携帯通信網の受信可能地点から山間部にある林業作業現場までを、バックホール回線（VHF 帯自営ブロードバンド（公共BB））とアクセス回線（メッシュ Wi-Fi）の連携により、山間部の林業作業現場周辺にオンライン環境を構築する。

ここで、無線伝搬特性や音声・映像伝送等の機能確認、及び、作業現場から事業事務所等へアプリ情報のデータ伝送可否の検証を行う。

- ② デジタル簡易無線を用いて、最も簡便な手法として、公衆携帯通信網のネットワークエリア外から音声通話及び位置情報の共有が可能な環境についても検証する。
- ③ 令和2年度の一部追加評価として、林道及び林業作業現場において、斜面方向（横・縦方向）に対する通信確認を実施する。

以下、図 2.2 に試験構成の全体イメージ図を示す。



図 2.2 試験構成の全体イメージ図

上記の図 2.2 の公共 BB 無線装置の局種別の表記について補足する。

今回使用する公共 BB 無線装置は、可搬基地局及び移動局であり、無線設備規則上はいずれも陸上移動局免許にある。本実証試験では、多段中継機能を用いて、無線装置 3 台による 2 無線区間の伝送路を構築する。したがって、それぞれの無線装置の定義・呼称を前述のとおり、便宜上、基地局、中継局及び終端局とした。

なお、公共 BB の多段中継機能は民間標準規格 ARIB STD-T119 \*1 に規定され、実用化されている方式であり、広域系 Wi-RAN システム\*2 としても公知である。

- ・中継機能のプロトコル制御に依存する原理的な遅延時間(概算値)：40ms～最大 190ms  
(条件：無線 2 段中継(無線区間 2)、片方向)

\*1 200 MHz 帯広帯域移動無線中継通信用無線設備(可搬型) ARIB STD-T119

[https://www.arib.or.jp/kikaku/kikaku\\_tushin/desc/std-t119.html](https://www.arib.or.jp/kikaku/kikaku_tushin/desc/std-t119.html)

\*2 Wi-RAN: Wireless Regional Area Network

参考文献：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～

[https://www.hitachi-kokusai.co.jp/products/solutions/public/public\\_case7.html](https://www.hitachi-kokusai.co.jp/products/solutions/public/public_case7.html)

## 2.6.2 周波数帯や通信機器等の選定

今年度実運用試験にて検証に用いた周波数帯及び通信機器の選定理由を以下に示す。

### ① バックホール回線：

奥地に所在する国有林では、携帯電話の電波が届かず、インターネットに接続できない環境(オフライン環境)が多く存在し、そのような山間地での通信において、電波が回り込む特性の優位性の観点から VHF 帯の通信機器を選定

### ② バックホール回線、アクセス回線：

中継器(中継用無線装置)については、マルチホップ(多段)中継機能を有し、可搬型での運用が可能な通信機器を選定

### ③ 無線従事者免許が不要で、無線通話などの簡易な業務に適用される連絡無線：

山間部での音声通話及び位置情報を共有できる回線について、例えば、920MHz 帯と比較して、電波が回り込む特性の優位性の観点、及び利便性(レンタル制度\*が適用されることによる初期導入コストの軽減、イベント的な運用時の増設が容易性)を勘案し、通信機器(登録局：351MHz 帯/UHF 帯)を選定

\* デジタル簡易無線におけるレンタル制度は登録局(351MHz 帯)に適用される  
(なお、令和 2 年度では VHF 帯免許局を採用)

### ④ 林業従事者が作業現場にて使用する業務アプリをインストールしているスマートフォンまたはタブレット端末を選定

前記選定機器とその周波数帯を以下にまとめる。

- ・バックホール回線： VHF 帯自営ブロードバンド(公共 BB) (200MHz 帯/VHF-High 帯)
- ・アクセス回線： 無線 LAN (メッシュ Wi-Fi) (2.4GHz 帯、5GHz 帯)
- ・連絡無線： デジタル業務用無線機/簡易無線 (351MHz 帯/UHF 帯：登録局)
- ・その他： 業務アプリ (スマートフォン)

### 2.6.3 実運用試験場所の選定

今年度の実運用試験における無線設備の設置個所について、以下の表 2-12 に記載する。

表 2-12 実運用試験の無線設備

#	拠点名称	項目	内容
1	榛名の森 CC (事業事務所を想定)	位置情報	公共 BB 基地局 (緯度：36° 26′ 49.67″、経度：138° 48′ 19.24″)
		運用時の想定	(事業事務所) ・バックホール回線 (公共 BB 基地局) ・連絡無線
		選定理由	作業現場として想定している岩氷林道方面に対し、見通し条件が良好なこと。
2	岩氷林道 (西側)	位置情報	公共 BB 中継局及び公共 BB 基地局 (緯度：36° 25′ 59.48″、経度：138° 44′ 05.39″)
		運用時の想定	(山中側中継地点) ・バックホール回線 (公共 BB 中継局及び公共 BB 基地局) ・連絡無線
		選定理由	林道内で標高が高く、林道全体を見渡せるため
3	岩氷林道 (窪地)	位置情報	公共 BB 終端局 (緯度：36° 26′ 05.53″、経度：138° 44′ 21.50″) メッシュ Wi-Fi AP1 (*AP：アクセスポイント) (緯度：36° 26′ 05.33″、経度：138° 44′ 21.29″) メッシュ Wi-Fi AP2 (緯度：36° 26′ 03.86″、経度：138° 44′ 19.73″) メッシュ Wi-Fi AP3 (緯度：36° 26′ 04.31″、経度：138° 44′ 22.60″) メッシュ Wi-Fi AP4 (緯度：36° 26′ 03.35″、経度：138° 44′ 27.41″)
		運用時の想定	(林業作業現場 A) ・バックホール回線 (公共 BB 終端局) ・アクセス回線 (メッシュ Wi-Fi) ・連絡無線
		選定理由	1km 以上、横方向 (東西) に歩行可能であり、高低差もある林道につながっているため
4	岩氷林道 (南側)	位置情報	公共 BB 終端局 (緯度：36° 25′ 48.23″、経度：138° 44′ 09.86″) メッシュ Wi-Fi AP1 (緯度：36° 25′ 48.92″、経度：138° 44′ 09.35″) メッシュ Wi-Fi AP2 (緯度：36° 25′ 47.90″、経度：138° 44′ 09.38″) メッシュ Wi-Fi AP3 (緯度：36° 25′ 45.89″、経度：138° 44′ 10.19″) メッシュ Wi-Fi AP4 (緯度：36° 25′ 45.35″、経度：138° 44′ 12.68″)
		運用時の想定	(林業作業現場 B) ・バックホール回線 (公共 BB 終端局) ・アクセス回線 (メッシュ Wi-Fi) ・連絡無線
		選定理由	林業用重機及びチェーンソーの作業場として適切

上述の表 2-12 に示す無線設備の設置場所を、地図を用いて説明する。

まず、実運用試験の試験エリア全体とバックホール回線（公共 BB）の無線局配置を図 2.3 に示す。

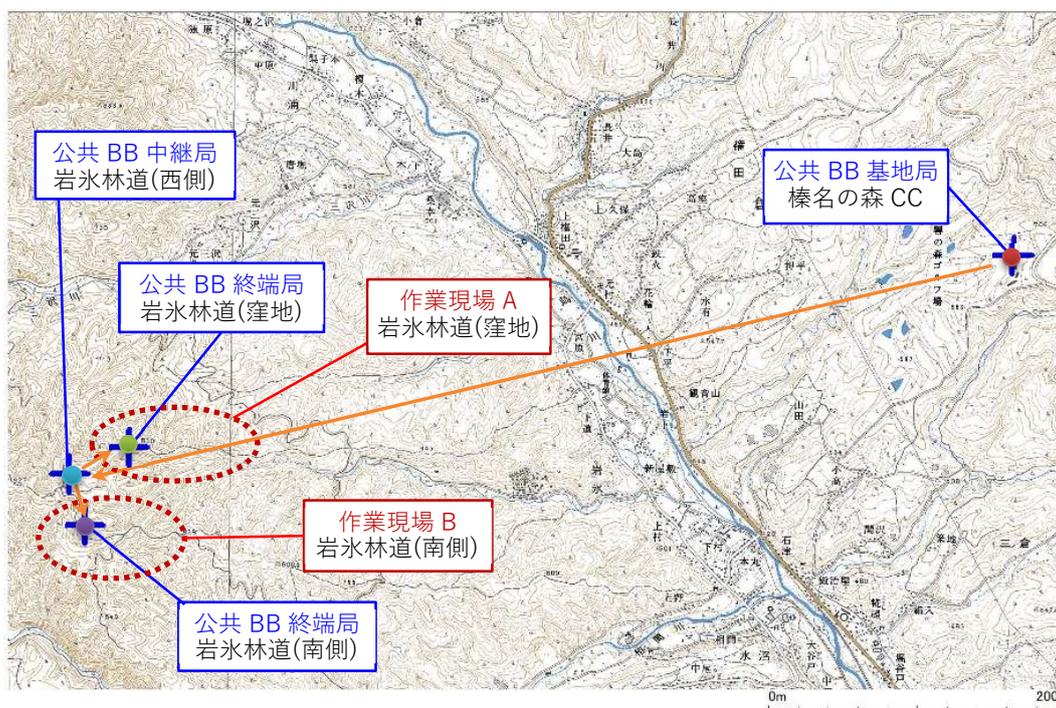


図 2.3 バックホール回線(公共 BB)の無線局配置

作業現場 A の 2 つの歩行ルートを下図の図 2.4 に、2 つの歩行ルートの高度プロファイルを下図の図 2.5 に示す。

ルート 1：スタート地点～作業道行き止まり

ルート 2：スタート地点～麓（林道出口）



図 2.4 岩氷林道（窪地）歩行ルート（作業現場 A）

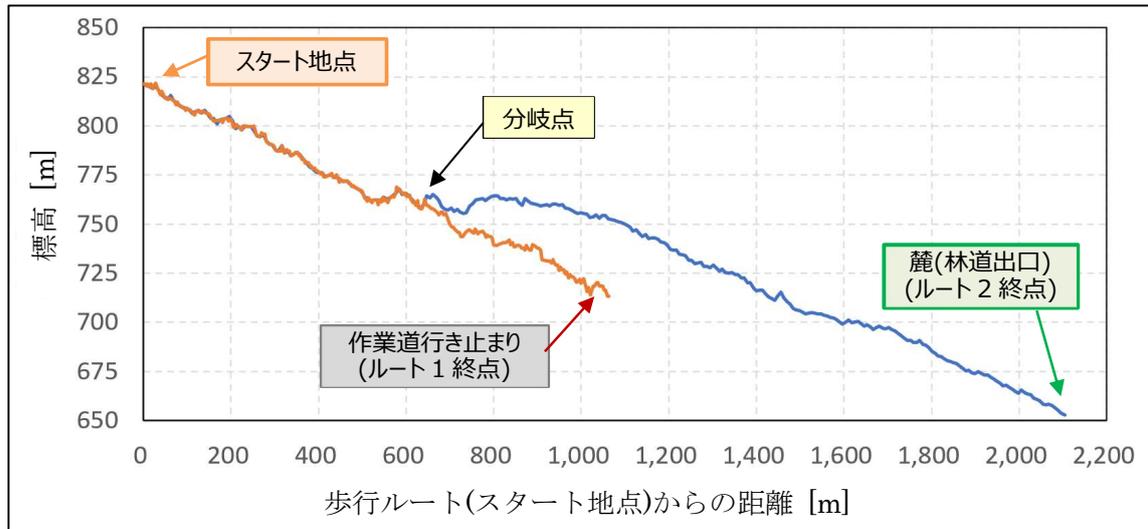


図 2.5 高度プロファイル (作業現場 A の歩行ルート)

次に、作業現場 A、B それぞれに設置したアクセス回線を構成するメッシュ Wi-Fi AP1～AP4 の配置を、以下の図 2.6 及び図 2.7 に示す。(図 2.6 のポイント 4：後述の図 2.37 におけるポイント 3 と 4 の中間付近)

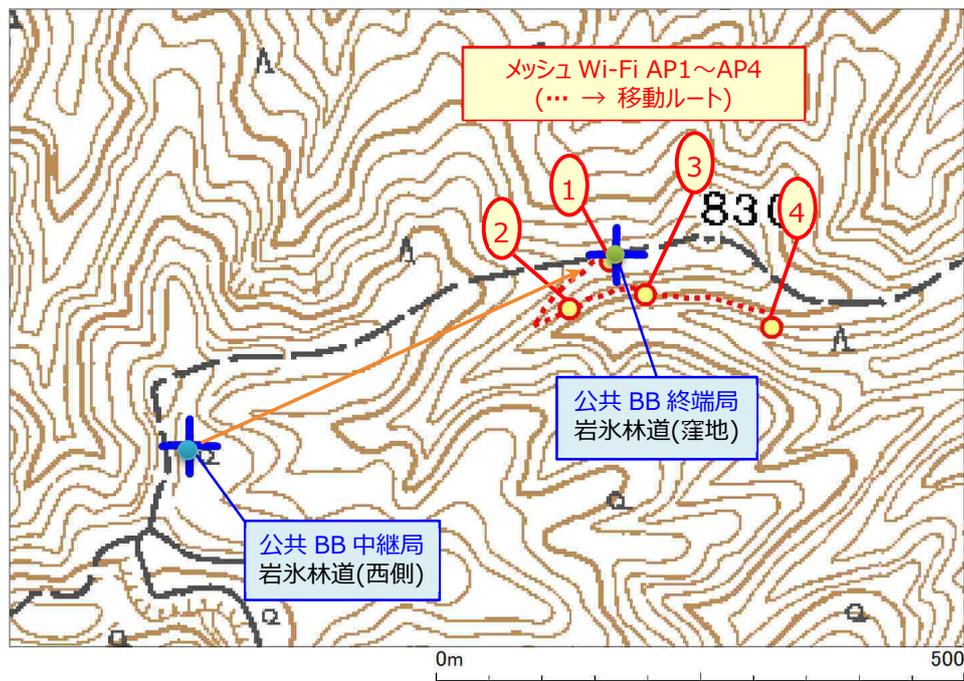


図 2.6 アクセス回線 (メッシュ Wi-Fi AP1～AP4 の配置) (作業現場 A)

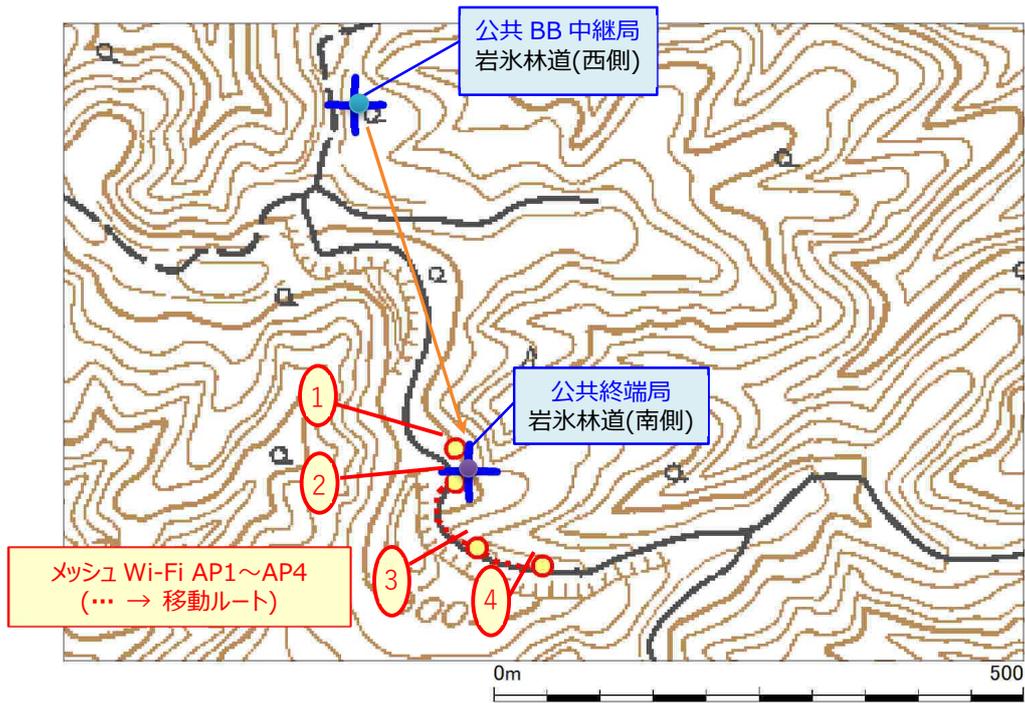


図 2.7 アクセス回線（メッシュ Wi-Fi AP1~AP4 の配置）（作業現場 B）

## 2.6.4 通信試験の概要

### 2.6.4.1 バックホール回線及びアクセス回線の連携による通信試験

#### (1) 試験環境

公衆携帯通信網と自営バックホール回線（公共 BB）及びアクセス回線を連携させるネットワーク構築、実証試験について、以下に述べる。

公衆携帯通信網の受信可能地点から山間部にある林業作業現場まで、バックホール回線（公共 BB）とアクセス回線を連携させることにより、公衆携帯通信網のエリア外の林業作業現場までオンライン環境を構築する。

まず、バックホール回線の構築では、公衆携帯通信網が受信可能な事業事務所を想定した場所に公共 BB 基地局を設置し、山間部の林業作業現場付近には公共 BB 終端局を設置する。さらに、林業作業現場が山奥にあり、事業事務所の公共 BB 基地局と直接通信が不可能なケースを想定し、公共 BB 基地局と公共 BB 終端局の両方と通信可能な地点に公共 BB 中継局を設置した。このように、今回の実証試験においては、公共 BB 無線局による無線多段中継は、実証エリア等を考慮して最小構成の 3 局とし、無線 2 区間のバックホール回線を構築した。

次にアクセス回線の構築では、公共 BB 終端局周辺に複数のメッシュ Wi-Fi AP による無線ネットワークを構成して、Wi-Fi インターフェースを具備する PC、スマートフォン、及びタブレット等が接続可能なアクセス回線を構築した。

バックホール回線からインターネット回線への接続は、公共 BB 基地局と LTE ルータを介して接続し、公衆通信網との連携ネットワークを実現した。

上記のバックホール回線・アクセス回線及び公衆携帯通信網との試験系統図を以下の図 2.8 に示す。



図 2.8 試験系統図 (バックホール回線及びアクセス回線の連携による通信試験)

## (2) 試験内容

本試験では、無線伝搬特性及び機能確認の評価を実施した。それぞれの評価項目及び測定内容を表 2-13 に示す。

表 2-13 バックホール回線及びアクセス回線の連携による通信試験の試験内容

試験項目	評価項目	測定内容
無線伝搬特性	受信電力 (RSSI)、無線回線品質 (CINR)	<p>バックホール回線の無線伝搬特性評価として、公共 BB 無線局による無線伝搬特性を測定</p> <p>○条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・周波数帯：200MHz 帯</li> <li>・空中線：無指向性又は指向性</li> </ul> <p>○測定場所（無線局配置）：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・公共 BB 基地局（榛名の森 CC） ～公共 BB 終端局（岩氷林道（西～東））*</li> <li>・公共 BB 基地局（岩氷林道（西側）） ～公共 BB 終端局（山林内現場）*</li> <li>・公共 BB 基地局（榛名の森 CC） ～公共 BB 中継局（岩氷林道（西側）） ～公共 BB 終端局（山林内現場）*</li> </ul> <p>*林道及び斜面を移動しながらデータ取得</p>
機能確認	映像及び音声伝送	<ul style="list-style-type: none"> <li>・山中側（公共 BB 終端局）設備の無線機とウェアラブルカメラ又はスマートフォン等を Wi-Fi 接続し、林業作業現場から事業事務所想定（公共 BB 基地局）設備間にバックホール回線を構築する。</li> <li>・本回線を介して、映像及び音声のリアルタイム双方向通信を実施し、公共 BB 基地局設備の PC 又はスマートフォンにて映像及び音声を確認</li> </ul>
	位置情報伝送	各無線機に GPS アンテナを接続して測定した GPS 位置情報を事業事務所等（公共 BB 基地局）設備の PC またはスマートフォンにて確認
	業務用アプリ	山中側の無線機（公共 BB 終端局）と業務用タブレット等を Wi-Fi 接続し、バックホール回線（公共 BB）を介し、事業事務所等側設備に接続する PC にて、業務用アプリの動作を確認

### (3) 試験設備

#### 1) バックホール回線

##### a) 公共 BB 無線局

公共 BB 無線局の外観 (図 2.9) および仕様概要 (表 2-14) を以下に示す。なお、公共 BB 無線局には、アウトドアタイプとインドアタイプの 2 種類存在するが、アウトドアタイプは防水型、インドアタイプは小型軽量型と形状に違いがあるが、無線通信性能は同等である。本試験では、固定設置する公共 BB 基地局及び中継局はインドアタイプを使用し、公共 BB 終端局ではアウトドアタイプ (移動時\*) とインドアタイプ (固定設置時) の両方を使用した。インドアタイプは、今回の試行では台の上に設置したが、実用化の段階では、車内設置なども考えられる。

\* 車両が侵入できないエリアにおいて、無線局を徒歩移動運用する場合に、背負子を利用することを推奨。背負子 (約 4kg 程度) を含む無線機本体とバッテリー BOX を搭載した場合の総質量: アウトドアモデル搭載時: 約 18kg 以下 / インドアモデル搭載時: 約 15.5kg 以下。



(a) アウトドアタイプ (5W 出力機)



(b) インドアタイプ (5W 出力機)

図 2.9 公共 BB 無線局の外観

表 2-14 公共 BB 仕様一覧 (概要)

項目	仕様	
	アウトドアタイプ	インドアタイプ
周波数帯	200MHz 帯 (170.0MHz~202.5MHz)	
帯域幅	5MHz / チャンネル	
送信出力	5W	
防水	JIS C0920-2003 IPX4 準拠	—
寸法	240 (W) × 300 (H) × 180 (D) mm	210 (W) × 140 (H) × 197 (D) mm
質量 (本体)	7.3kg 以下	4.8kg 以下

## b) 空中線

バックホール回線を構成する公共 BB 無線局にて使用した空中線（5 素子八木アンテナ、ブラウンアンテナ、車載ホイップアンテナ、高利得ホイップアンテナ）の仕様を以下の表 2-15 に示す。なお、図面等の詳細情報は参考資料 4 に記載する。

表 2-15 公共 BB 空中線仕様一覧

#	アンテナ種別	仕 様
1	5 素子八木アンテナ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用周波数：195MHz</li> <li>・空中線利得：10.65dBi</li> </ul>
2	ブラウンアンテナ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用周波数：195MHz</li> <li>・空中線利得：2.15dBi</li> </ul>
3	車載ホイップアンテナ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用周波数：195MHz</li> <li>・空中線利得：2.15dBi</li> </ul>
4	高利得ホイップアンテナ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用周波数：195MHz</li> <li>・空中線利得：4.14dBi</li> </ul>

## 2) アクセス回線（メッシュ Wi-Fi）

メッシュ Wi-Fi の外観（図 2.10）及び仕様一覧（概要）（表 2-16）を以下に示す。本試験時では、2.4GHz 帯を使用した（5GHz 帯：設定 OFF）



図 2.10 メッシュ Wi-Fi AP の外観

表 2-16 メッシュ Wi-Fi AP 仕様一覧（概要）

項 目	仕 様
周波数帯	2.4GHz 帯、5GHz 帯* IEEE802.11a/b/g/n/ac/ax
送信出力	200mW 未満
寸 法	110(W) × 114(H) × 110(D)mm
質量（本体）	590g

\*：実験時は 2.4GHz 帯を使用（5GHz 帯：設定 OFF）

## 2.6.4.2 簡易無線による通信試験

### (1) 試験環境及び試験内容

簡易無線局を定点に配置し、もう一方の簡易無線局を移動させながら、複数ポイントでの通信試験を実施した。簡易無線局による通信試験の試験系統図を図 2.11 に示す。



図 2.11 試験系統図 (デジタル簡易無線による通信試験)

### (2) 通信試験

本試験では、無線伝搬特性及び機能確認の評価を実施した。それぞれの評価項目及び測定内容を表 2-17 に示す。

表 2-17 簡易無線による通信試験の試験内容

試験項目	評価項目	測定内容
無線伝搬特性	音声メリット*	デジタル簡易無線 (携帯型) を用い、以下の区間における音声メリット*を評価する。 ・岩氷林道 (西側) ~ 岩氷林道沿い (西~東~南) (移動しながら複数ポイントにてデータ取得)
機能確認	音声通話	同上
	位置情報伝送	デジタル簡易無線 (GPS ユニット内蔵) の機能を用いて、自局の位置情報を音声又はデータで通知し確認する。また、GNSS 受信機の位置情報も参考値として記録する。

\* 音声明瞭度の主観評価値 (1~5 の 5 段階 (5 が最良))。明瞭度の評価値を表 2-18 に示す。

表 2-18 音声明瞭度の評価値

メリット	評価値
5	非常に良い (良好)
4	良い (ほぼ良好)
3	普通 (ほぼ了解できる)
2	悪い (途切れる)
1	非常に悪い (聞き取れない)

### (3) 試験設備

#### 1) 簡易無線局

簡易無線局(デジタル簡易無線)の外観、及び仕様一覧(概要)をそれぞれ、図 2.12、及び表 2-19 に示す。本試験では、GPS モジュール内蔵(GPS 単独測位(マルチ GNSS 非対応))のデジタル簡易無線を使用した。



図 2.12 デジタル簡易無線局の外観

表 2-19 デジタル簡易無線仕様一覧(概要)

項目	仕様
周波数帯	351MHz 帯 (登録局)
送信出力	5W
変調方式	4 値 FSK (音声 2.45kbps+FEC 1.15kbps、音声符号化 : AMBE+2*)
寸法	56(W)×92(H)×29(D)mm (カタログ値)
質量	約 240g(付属アンテナ、電池込み)
測位方式	GPS 単独 (マルチ GNSS 非対応)

\* AMBE+2™ Enhanced Half-Rate

## 2) GPS ロガー

GPS ロガーの外観、及び仕様一覧（概要）を、それぞれ図 2.13、及び表 2-20 に示す。  
本試験では、マルチ GNSS 測位（QZSS 対応）の GPS ロガーを使用した。また、平均測定機能（定点測定向け）は、今回移動（トレース）記録するため OFF とした。



図 2.13 GPS ロガーの外観

表 2-20 GPS ロガー仕様一覧（概要）

項目	仕様
寸法	54(W) × 103(H) × 33(D)mm
質量	148g（電池込み）
測位方式	マルチ GNSS（QZSS 対応）
備考	3 軸電子コンパス、気圧高度計 平均位置測定機能

## 2.6.5 試験結果

バックホール回線（公共 BB）とアクセス回線（メッシュ Wi-Fi）を連携させた試験環境及び連絡無線（簡易無線局）により構築した試験環境において実施した無線伝搬試験及び機能確認試験の試験結果について報告する。

なお、実証試験は前述のとおり、令和 3 年 11 月、令和 4 年 1 月、及び令和 4 年 2 月に掛けて、計 6 日間実施した。このうち、実証スケジュールの関係から、2 月度（降雪期）においては、積雪直後の実証試験となった。

### 2.6.5.1 バックホール回線及びアクセス回線の連携による通信試験

#### (1) 無線伝搬特性

無線通信試験では、バックホール回線を構成する公共 BB 無線局による無線伝搬特性の測定を実施した。

##### 1) 榛名の森カントリークラブ（以下、榛名の森 CC）～岩氷林道（西～東）【車両移動】

榛名の森 CC に公共 BB 基地局を設置し、車両に設置した公共 BB 移動局にて移動しながら受信電力の測定を行った。また、移動車両側の位置測定においては、マルチ GNSS 非対応の公共 BB 移動局と、マルチ GNSS 測位（QZSS 対応）の GPS ロガーにより、2 種類を取得した。

各拠点に設置した無線設備を図 2.14～図 2.24 にそれぞれ示す。

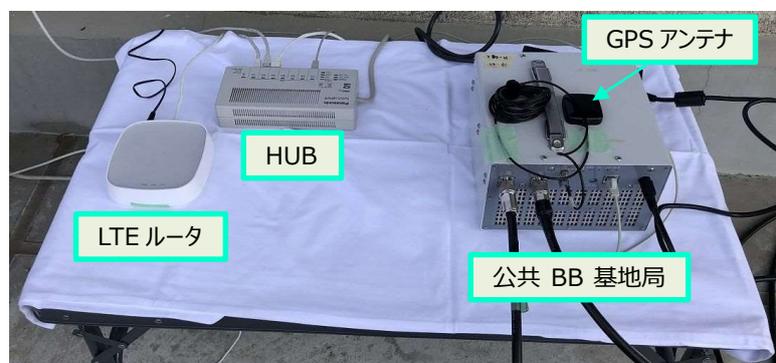


図 2.14 公共 BB 基地局設備外観（榛名の森 CC）



図 2.15 公共 BB 基地局 5 素子八木アンテナ外観 (榛名の森 CC)

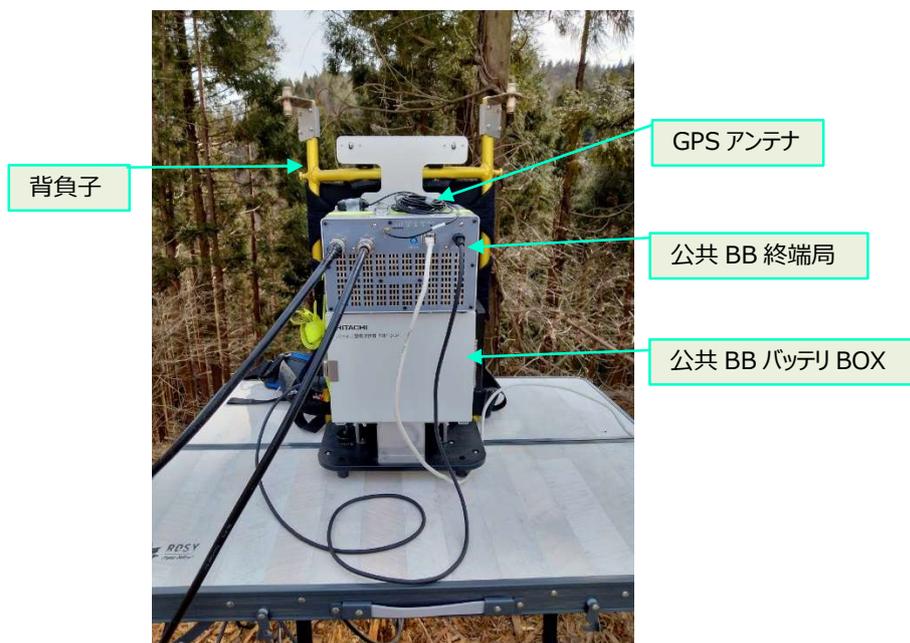


図 2.16 公共 BB 中継局設備外観 (岩氷林道 (西側))



ブラウンアンテナ

図 2.17 公共 BB 中継局 ブラウンアンテナ外観 (岩氷林道 (西側))



背負子

GPS アンテナ

公共 BB 終端局

公共 BB バッテリー BOX

図 2.18 公共 BB 終端局設備外観(固定設置時) (作業現場 A)

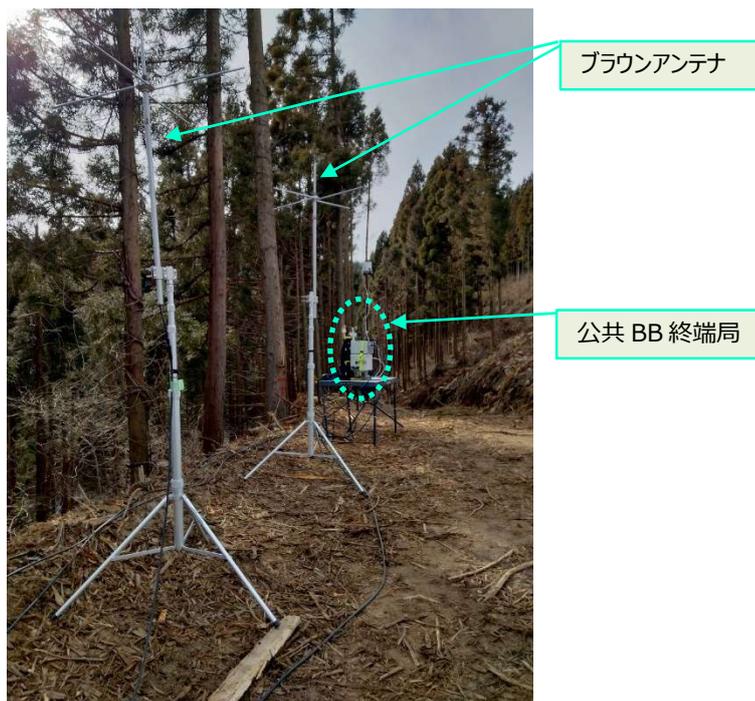


図 2.19 公共 BB 終端局設備外観（固定設置時）（作業現場 A）

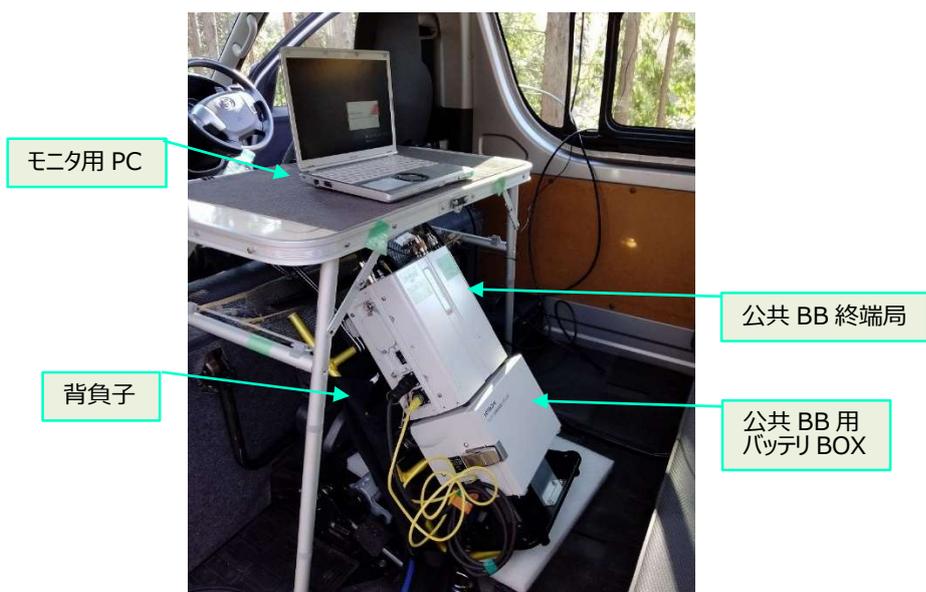


図 2.20 公共 BB 終端局設備外観（車両移動時）



図 2.21 公共 BB 終端局設備（車載アンテナ）外観（車両移動時）

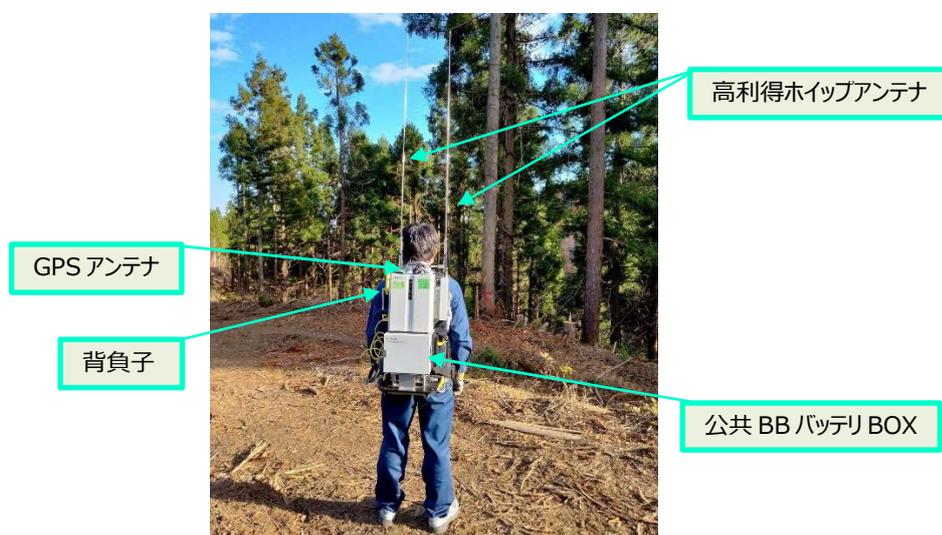


図 2.22 公共 BB 終端局設備外観（歩行移動時）

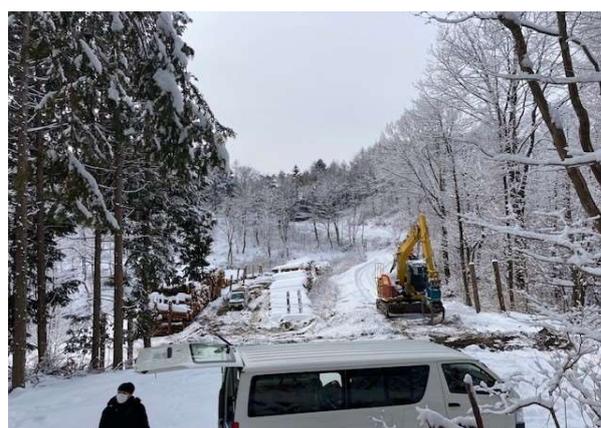


図 2.23 公共 BB 終端局 降雪期の測定前の準備風景（岩氷林道（西側））

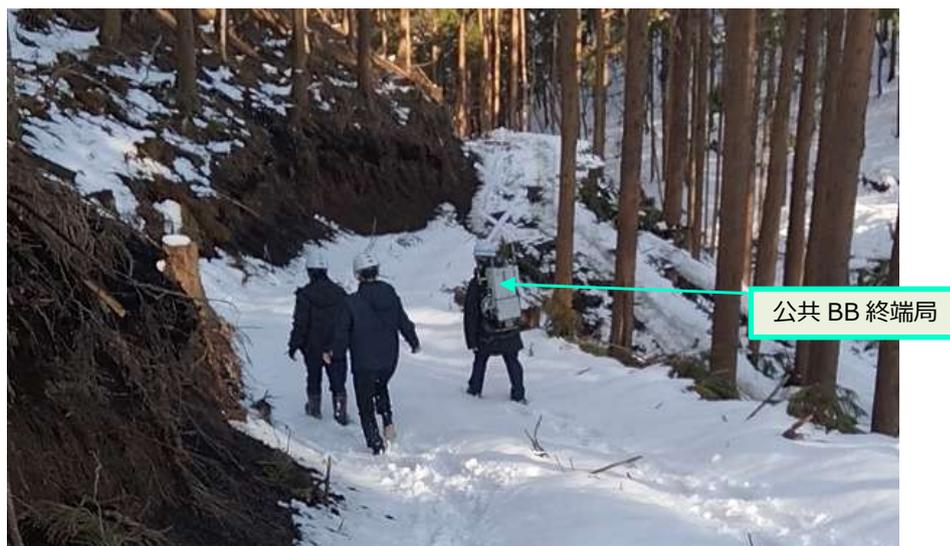


図 2.24 公共 BB 終端局 降雪期の歩行移動測定（岩氷林道（窪地））

本測定時の条件、並びに、測定前に実施した受信電力分布の伝搬シミュレーションにおける空中線条件一覧を以下の表 2-21 に示す。

表 2-21 各拠点の空中線条件一覧

空中線の条件	公共 BB 基地局 榛名の森 CC	公共 BB 終端局 岩氷林道
空中線種別	5 素子八木アンテナ	車載ホイップアンテナ
空中線高	2.5m	2 m

送信局を榛名の森 CC に設置した場合の受信電力の伝搬シミュレーション結果と、移動する車両にて実測した受信電力を地図上にプロットした図を以下の図 2.25、図 2.26 にそれぞれ示す。また、実測した受信電力をプロットする際に用いる GPS 位置情報を、前記のマルチ GNSS 非対応の公共 BB 終端局で測定したデータと、マルチ GNSS 測位（QZSS 対応）の GPS ロガーで測定したデータの 2 種類について比較する。

（注）伝搬シミュレーション条件： 自由空間伝搬損失に地形による回折損失(\*)・近接リッジ損失、及び周辺の損失状態を考慮した土地係数による補正值を採用。

地形読み取りに用いた標高データのサイズは、50m 四方とした。

\*1：今回の実証試験目標値（中継局）：-60dBm 以上（変調方式：64QAM（符号化率  $r=1/2$ ））

\*2：ナイフエッジ回折モデル

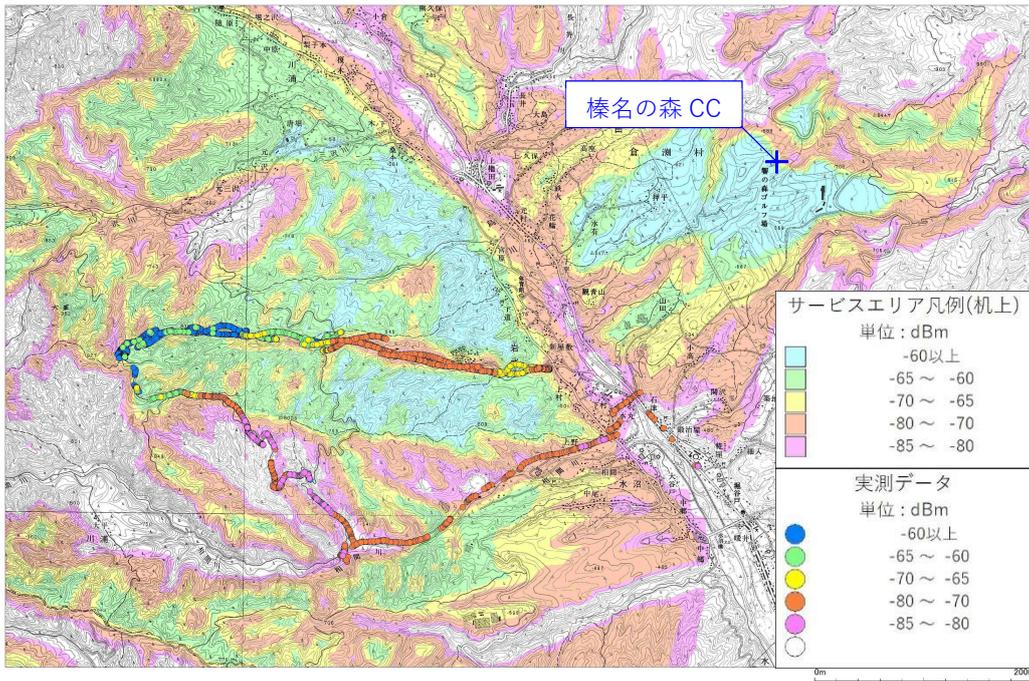


図 2.25 受信電力測定結果（榛名の森 CC→移動車両）（マルチ GNSS 非対応）

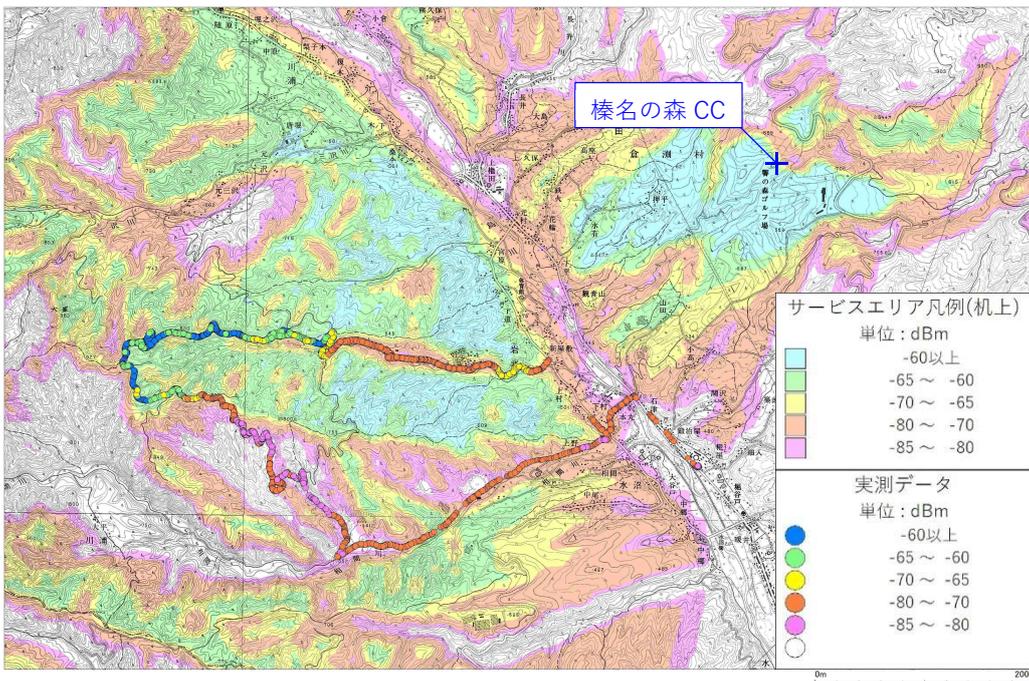


図 2.26 受信電力測定結果（榛名の森 CC→移動車両）（マルチ GNSS 対応）

測定した受信電力は、伝搬シミュレーション結果に対して概ね 5dB 以内の差であった。これより、伝搬シミュレーションと実測値にほぼ、整合性があることが確認できた。また、位置情報取得に際しては、マルチ GNSS 対応の受信機を用いた方がバラつきの小さい結果が得られていることが確認できた。

## 2) 岩氷林道（西側）～作業現場 A【背負子移動】

岩氷林道（西側）に公共 BB 基地局を設置し、岩氷林道（窪地）では、公共 BB 終端局を背負子に設置し、前記図 2.4 及び図 2.5 に示すルート 1 及びルート 2 を歩行移動しながら受信電力の測定を実施した。また前記①の試験と同様、本試験でも GPS 単独測位データ及びマルチ測位データの 2 種類を取得した。

本測定時の条件、並びに、測定前に実施した受信電力分布の伝搬シミュレーションにおける空中線条件の一覧を以下の表 2-22 に示す。

表 2-22 各拠点の空中線条件一覧

空中線の条件	公共 BB 基地局 岩氷林道西側	公共 BB 終端局 作業現場 A
空中線種別	ブラウンアンテナ	高利得ホイップアンテナ
空中線高	4m	2m

次に、受信電力の伝搬シミュレーション結果と受信電力実測値を地図上にプロットした図を図 2.27、図 2.28 にそれぞれ示す。また、受信電力値をプロットする際に用いる GPS 位置情報を、マルチ GNSS 非対応の公共 BB 終端局で測定したデータと、マルチ GNSS 測位（QZSS 対応）の GPS ロガーで測定したデータの 2 種類について比較する。

- ・GPS ロガーでの測定時、平均化機能 OFF

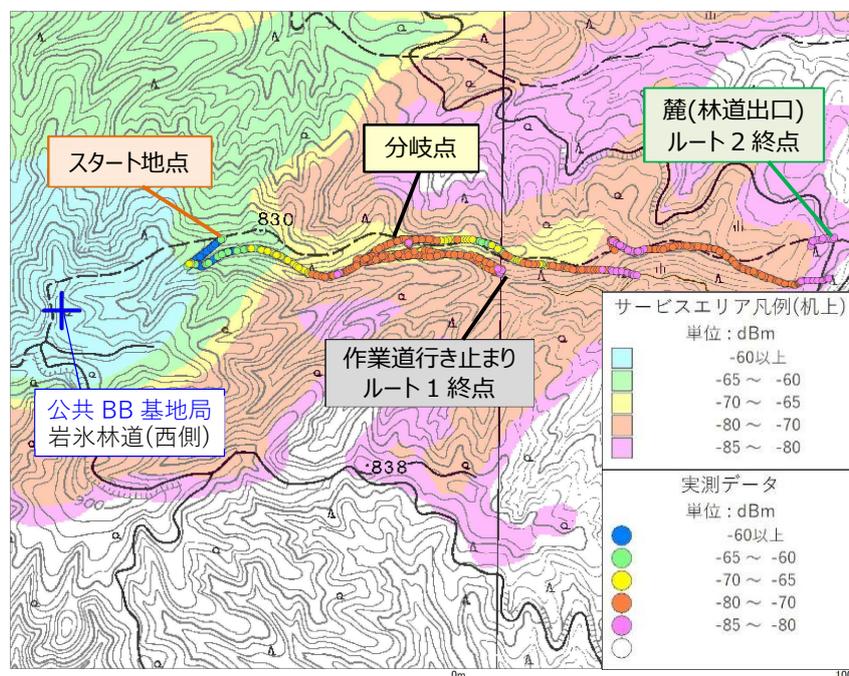


図 2.27 受信電力測定結果（岩氷林道（西側）→歩行移動）（マルチ GNSS 非対応）

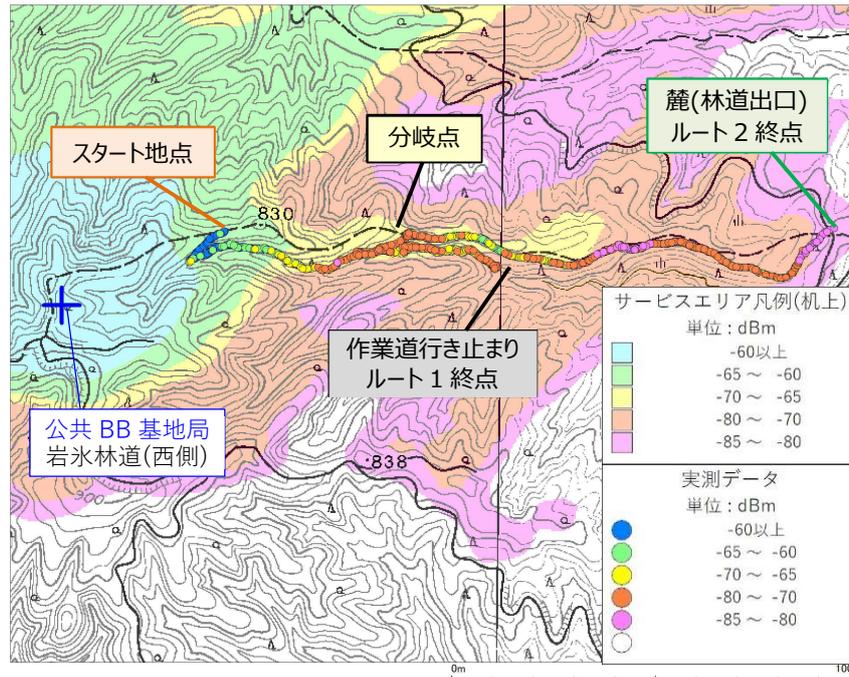


図 2.28 受信電力測定結果（岩氷林道（西側）→歩行移動）（マルチ GNSS 対応）

本試験においても、伝搬シミュレーション結果に対して概ね 5dB 以内の差となる結果が得られている。また、受信電力のプロット位置は、マルチ GNSS 対応の位置情報を用いた方がバラつきが小さく、林道上に連続した位置にプロットできていることが確認できる。

次に、公共 BB 基地局と歩行ルート上の公共 BB 終端局との間の無線伝搬路の見通し状況と受信電力の関係について説明する。送受信アンテナ間の無線伝搬路において、山岳斜面による遮蔽によって無線信号の回折が生じると、受信電力を低下させる要因となりうる。そこで、本試験の歩行ルート上の各地点の回折数と、伝搬シミュレーション結果による受信電力分布を図 2.29 に示す。この図よりわかる通り、作業現場 A は、ルート 1、ルート 2 ともに、見通し通信が可能な場所は限定的であり、見通し外の通信環境となっている。また、伝搬シミュレーション結果と同様に、実測データにおいても回折数が多いほど受信電力が低下する傾向が認められる。

以上の結果より、公共 BB は、見通し外通信環境においても、VHF 帯の良好な伝搬特性による安定した通信が可能であることが確認できる。

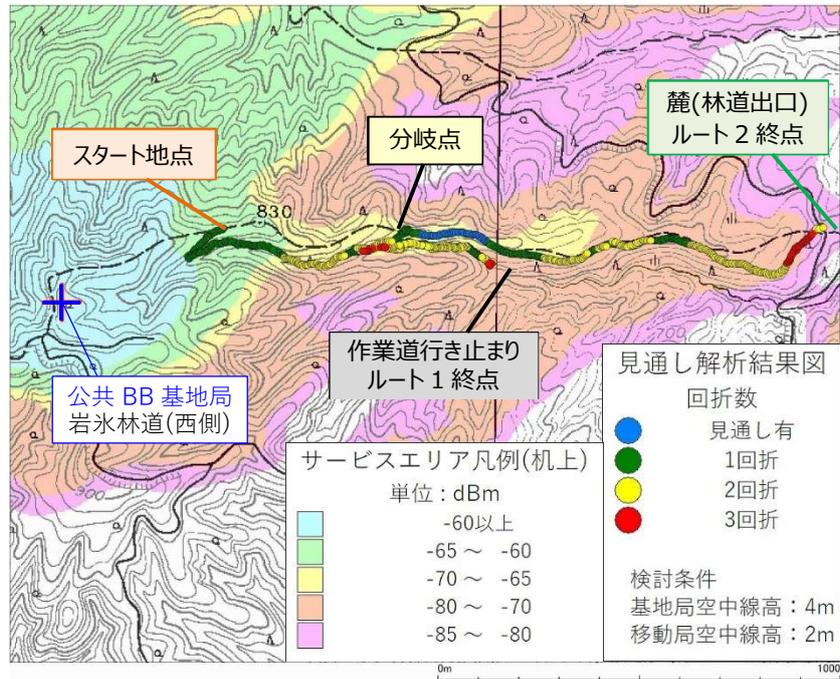


図 2.29 歩行ルート上の回折数と受信電力（机上計算値）

### 3) 榛名の森 CC～岩氷林道（西側）～作業現場 A

榛名の森 CC に公共 BB 基地局を設置し、岩氷林道（西側）に公共 BB 中継局を設置し、山林内現場に公共 BB 移動局を設置し、公共 BB 無線局 3 台によるバックホール回線の無線 2 段中継回線を構築した。

各拠点における空中線の条件を以下の表 2-23 に示す。

表 2-23 各拠点の空中線条件一覧

	公共 BB 基地局 榛名の森 CC	公共 BB 中継局 岩氷林道西側	公共 BB 終端局 作業現場 A
空中線種別	5 素子八木アンテナ	ブラウンアンテナ	ブラウンアンテナ
空中線高	2.5m	4m	2m

2つの無線区間の受信電力及び無線回線品質の測定データを以下の表 2-24 に示す。

表 2-24 各無線区間の伝搬特性（受信電力、無線回線品質）

上位局	下り回線 【上位局 → 下位局】		上り回線 【上位局 ← 下位局】		下位局
	受信電力 [dBm]	無線回線 品質[dB]	受信電力 [dBm]	無線回線 品質[dB]	
公共 BB 基地局 榛名の森 CC	-59	29	-54	30	公共 BB 中継局 岩氷林道西側
公共 BB 中継局 岩氷林道西側	-57	27	-55	29	公共 BB 終端局 作業現場 A

本試験では、無線中継する 2 つの無線区間の受信電力の目安として、令和 2 年度のほか過去の調査検討データを勘案し、-60dBm（変調方式：64QAM (r=1/2)）以上を目標値とした。今回、効率的に実証試験を進める上から、伝搬シミュレーションにおいて、受信電力（RSSI）が目標値を満たす条件から、公共 BB 中継局の配置場所（無線局の置局）を選定、決定する手法を用いた。ついで、この選定場所において、受信電力、CINR の実測を行った。

その結果、選定した 2 つの無線区間の双方向において、受信電力が-60dBm 以上となる結果が得られ、音声や映像の安定に双方向通信が実現できる無線回線品質が得られることを確認した。ここで、無線回線品質の評価基準である CINR 値は、表 2-24 に示す通り変調方式（64QAM (r=1/2)）において、無線伝送路でのビット誤り率（BER）が  $1 \times 10^{-6}$  以下を満たすために必要な所要 CINR 値=20dB よりも、7~10dB 高い値が得られた。

これにより、公衆携帯通信網の受信可能地点から山間部の林業作業現場周辺にオンライン環境を構築するにあたり、公共 BB 無線局を用いて、バックホール回線を構築することが可能であり、その有効性を実証した。

ここで、上述の変数（r）は、符号化率（1/2：情報ビット数と誤り訂正用ビット数の比率が均等）である。なお、公共 BB 無線局は変調方式 16QAM 及び QPSK を具備している。因みに、16QAM 及び QPSK の所要 CINR 値は、それぞれ 14dB 及び 7dB である。また、所要値が下がるほど低い受信電力でも通信が可能であるが、情報伝送量（スループット）が低下する相反関係にある。

また、降雪後の環境における実証結果については、従来の各種実証試験結果と比較して、特段、伝搬特性上の顕著な差異は認められていない。なお、降雪後と非降雪時（夏季）の伝搬特性の比較結果については、例えば、総務省信越総合通信局調査検討報告「中山間地域における公共 BB の有効利用を図るための上空利用に関する調査検討報告書」（令和 2 年 3 月）\*において、公共 BB の実証結果として、差異が認められない旨の報告がある。

\* [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000678209.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000678209.pdf)

## (2) 機能確認試験

### 1) 機能確認試験の無線装置

#### ①バックホール回線及びアクセス回線の設置状況（作業現場）

機能確認試験を実施した作業現場におけるバックホール回線（公共 BB 終端局）及びアクセス回線（メッシュ Wi-Fi AP1～AP4）の設置状況を図 2.30 及び図 2.31 示す。

メッシュ Wi-Fi AP1 は、公共 BB 終端局と LAN ケーブルによる有線接続により、バックホール回線とアクセス回線の接続を行い、メッシュ Wi-Fi AP2～AP4 との無線多段中継により、作業現場周辺にアクセス回線の通信エリアを構築した。

作業現場の林業従事者は、スマートフォンまたはタブレットをアクセス回線と Wi-Fi 接続し、バックホール回線を介して事業事務所（榛名の森 CC）及びインターネット回線との通信を行うことが可能となる。

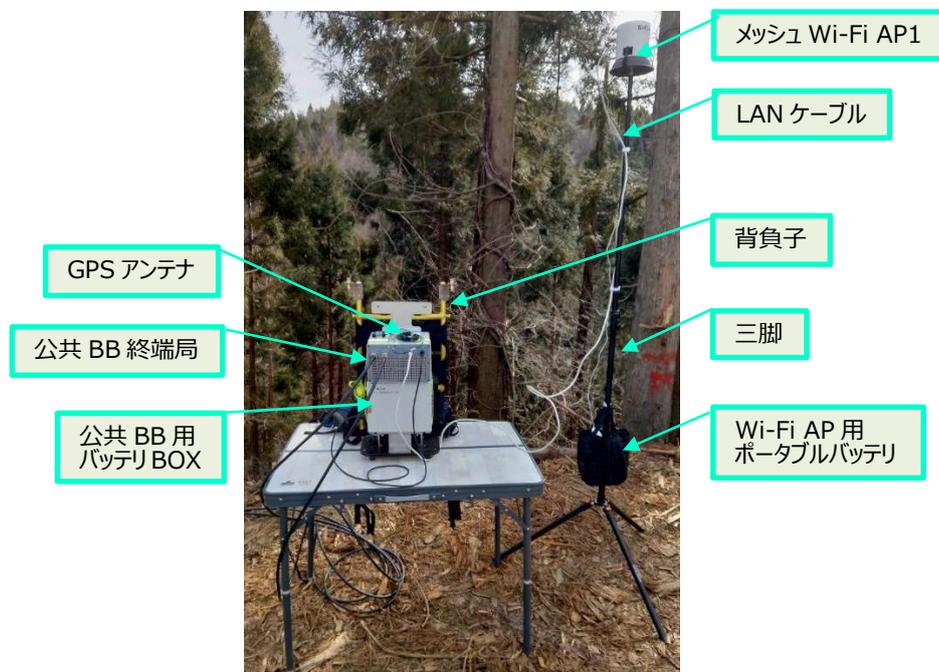


図 2.30 バックホール回線とアクセス回線の接続（作業現場）



図 2.31 アクセス回線（メッシュ Wi-Fi AP2～AP4）の設置状況（作業現場）

② 公共 BB 無線装置の周波数（VHF-High 帯）

本機能試験は、VHF-High 帯（中心周波数 214MHz）を使用する公共 BB 装置を用いて実施している。

VHF-High 帯については、現在、総務省「放送用周波数の活用方策の検討分科会」において、活用方策が審議されており、今回、特定実験試験局制度において開設した無線局を用いて実証試験を実施した。なお、当該帯域は、ガードバンド（5MHz 幅）を挟み公共 BB の帯域に隣接する上側帯域である。

令和 2 年度における調査検討報告書において提言された VHF-High 帯の活用方策の有効性を踏まえ、200MHz 帯以外に VHF-High 帯の周波数を使用し、機能確認試験を実施した。この結果、上記表に示す 200MHz 帯域の結果と同様に、VHF-High 帯域で構築したバックホール回線においても、所期のアプリ機能が円滑に動作することが確認でき、本帯域の活用の有効性が検証された。

## 2) 試験項目および確認結果

機能確認試験では、林業現場で各種アプリケーションの動作確認を行い、すべてのアプリケーションが良好に動作することを確認した。各試験項目及び試験結果一覧を表 2-25 に示す。

表 2-25 機能確認試験の評価項目及び確認結果

#	評価内容	使用機器及び使用アプリ	確認結果
1	映像及び音声伝送 (IP 双方向通信)	ウェアラブルカメラ	○
2		WEB 会議 (Microsoft Teams)	○
3	位置情報伝送 (データ伝送、チャット)	位置共有アプリ (スマートフォン)	○
4	業務アプリ (メール配信)	木材検収アプリ (スマートフォン)	○

今回実証したウェアラブルカメラと WEB 会議 (Microsoft Teams) の条件を以下に明記する。

- ウェアラブルカメラ\*のスループット

上り (映像+音声) : 最大 2Mbps 程度  
下り (音声) : 最大 400kbps 程度

\*コーデック : H.265、解像度 : 最大フル HD (1920×1080) \*1  
遅延時間設定 (バッファ時間) : 2 秒\*2

\*1 : 通信速度に応じ適宜解像度を制御 (常時フル HD ではない)

\*2 : 本試験では、便宜上、動画の滑らかさを重視し 2 秒を設定した。バッファ時間は、動画の滑らかさや待ち時間を調整する目的で設定する設定時間である。

- Microsoft Teams のスループット

上り (映像+音声) : 最大 1Mbps 程度  
(今回実証したウェアラブルカメラの 1/2 程度。回線品質の変動によりアプリケーションで画質等を最適化)  
下り (音声) : 最大 600kbps 程度

表 2-26 に各試験項目に対するスループット実測結果を示す。

表 2-26 各試験項目に対するスループット実測結果の事例（参考値）

試験項目	回線	公共 BB 装置種別	スループット[kbps]	
			最大	平均
ウェアラブルカメラ (チェーンソー)	下り 回線	基地局	—	—
		中継局	390	180
		終端局	340	180
	上り 回線	基地局	2,020	1,220
		中継局	2,020	1,200
		終端局	—	—
ウェアラブルカメラ (フォワード)	下り 回線	基地局	—	—
		中継局	410	240
		終端局	390	230
	上り 回線	基地局	2,020	1,040
		中継局	2,020	1,000
		終端局	—	—
Microsoft Teams	下り 回線	基地局	—	—
		中継局	590	330
		終端局	480	330
	上り 回線	基地局	1,060	650
		中継局	1,110	680
		終端局	—	—

以降に機能確認試験の結果を示す。

① ウェアラブルカメラ

作業現場 B において、チェーンソー及び重機運転を行う林業従事者（現場作業員）にウェアラブルカメラを装備した状態で、林業業務を実施し、作業員目線で撮影した映像を事業事務所（榛名の森 CC）に伝送した。

装備品並びに事業事務所で受信したキャプチャ画像を図 2.32 に示す。現場の鮮明な映像が事業事務所で確認できていることが確認できる。



図 2.32 ウェアラブルカメラを装備した現場作業員と撮影画像

② 業務用アプリ（株式会社ジツタ製の木材検収システム）

業務報告に使用する業務アプリ（木材検収アプリ）をスマートフォンで操作の様子と撮影画像及び事業事務所の伝送されたデータを図 2.33 に示す。現場と事業事務所の間で所望のデータ通信が行われ、木材検収アプリが利用可能になることを確認した。



(a) 業務アプリの操作



(b) 木材自動検収時の撮影画像



(c) 事業事務所 PC へ伝送した報告書

図 2.33 業務アプリの操作及び報告内容

### ③ 位置共有アプリ

林業従事者が携帯するスマートフォンにて取得した GPS 位置情報と、事業事務所周辺の作業者が携帯するスマートフォンにて取得した GPS 位置情報を、相互の位置共有アプリにて共有し、チャットでリアルタイムにメッセージを交換した。位置情報の共有とチャットのスマートフォン画面を図 2.34 に示す。相互間の位置情報確認とチャット機能が利用可能であることを確認した。



(a) 登録相手同士の位置表示状況

(b) 同アプリによるチャット（双方向）

図 2.34 位置情報伝送試験時の位置共有アプリのスマートフォン画面

### ④ WEB 会議 (Microsoft Teams)

WEB 会議システム (Microsoft Teams) を利用し、作業現場と (株) 日立国際電気本社 (@ 東京都港区) との間にて WEB 会議を実施した。WEB 会議中に互いの映像を送受信している PC 画面を以下の図 2.35 に示す。スクリーンショットからも確認できる通り、良好な映像の双方向通信が可能になり、双方向音声通話も可能になることを確認した。



図 2.35 WEB 会議 (Microsoft Teams) にて双方向音声・映像伝送しているときの PC 画面

### 2.6.5.2 簡易無線による通信試験

簡易無線による試験では、一方の無線局を特定の位置に固定し、もう一方の無線局を車両又は歩行により移動し、複数ポイントでの音声メリット及びGPS位置情報を取得した。GPS位置情報の取得では、簡易無線局に内蔵GPSでの測定に加え、マルチGNSS測位(QZSS対応)のGPSロガーによる測定も並行して実施し、測定したGPS位置情報の比較も行った。

通信試験は下記2エリアでそれぞれ実施した。

#### ① 岩氷林道(西側～東側～南側)

本エリアでは、榛名の森CCと岩氷林道(西側)それぞれに簡易無線局を定点固定配置し、3台目の簡易無線局を岩氷林道(西側)から岩氷林道に沿って東側から南側へ向かうルートで移動し、12箇所の測定ポイントにて通信試験を行った。簡易無線局(2台)を固定配置した地点と12箇所の測定ポイントを図2.36に示す。

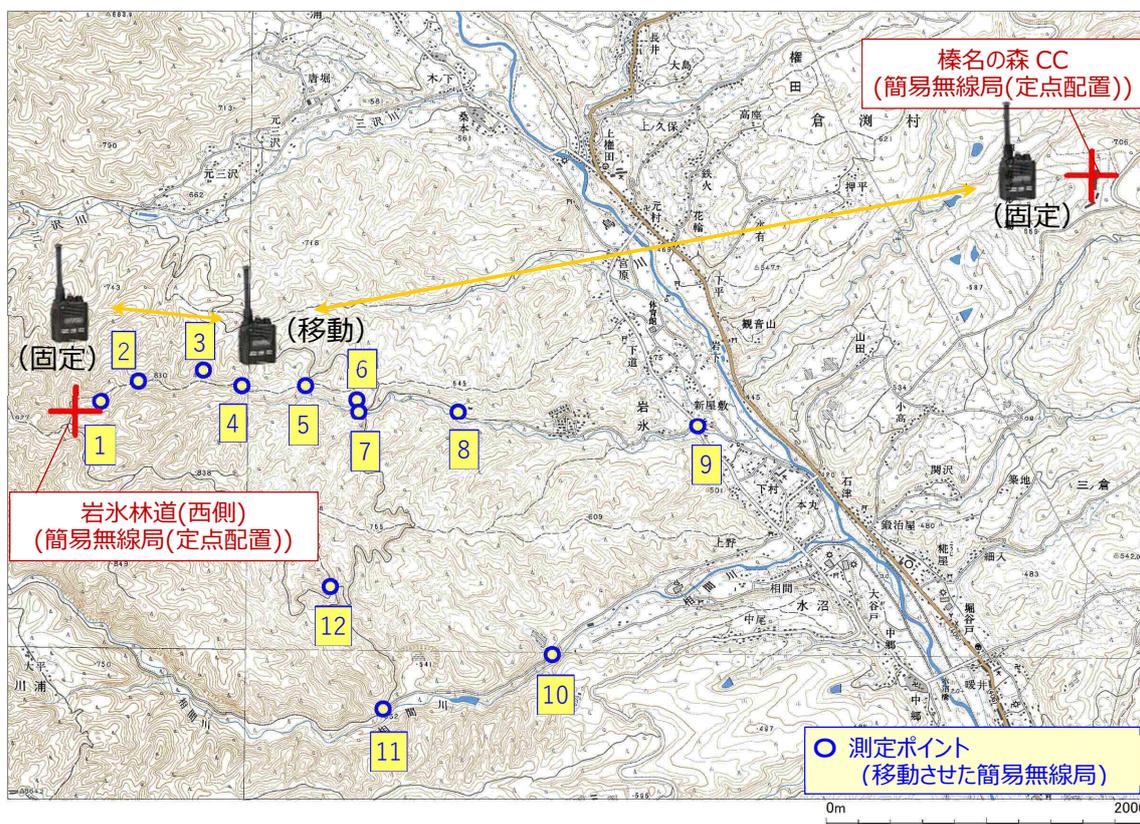


図 2.36 簡易無線の通信試験測定ポイント(岩氷林道(西側～東側～南側))

## ② 岩氷林道（窪地）

本エリアでは、岩氷林道（西側）に簡易無線局を定点固定配置し、もう一方の簡易無線局は岩氷林道（窪地）を作業林道沿いに歩行しながら岩氷林道に沿って東側から南側へ向かうルートで移動し、6箇所の測定ポイントにて通信試験を行った。簡易無線局を固定配置した地点と6箇所の測定ポイントを図 2.37 に示す。

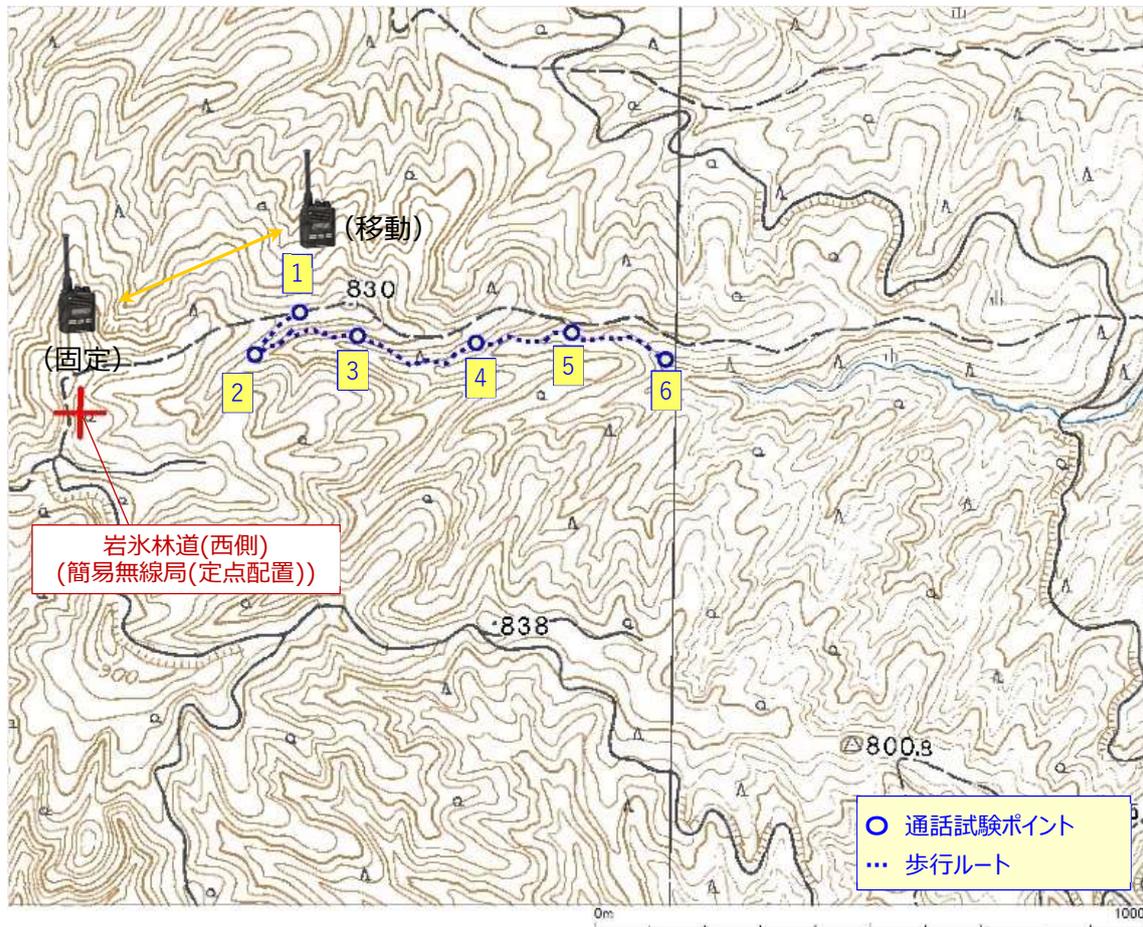


図 2.37 簡易無線の通信試験測定ポイント（岩氷林道（窪地））

### (1) 無線伝搬特性

通信試験の結果を以下に示す。

#### a) 岩氷林道（西側～東側～南側）

各測定ポイントから榛名の森 CC、岩氷林道（西側）に定点設置した簡易無線局との音声メリット確認結果を表 2-27 に示す。

見通し環境に近い榛名の森 CC との通信では、ほとんどの測定ポイントで音声メリット 5 の良好な結果が得られている。一方、山中の複雑な山岳斜面の形状により、見通し環境に制約のある岩氷林道（西側）との通信においては、榛名の森 CC よりも無線区間距離が短いにも関わらず、音声メリットが低い結果が多数確認された。さらには無線区間距離が短い測定ポイントよりも、長い測定ポイントの方が、音声メリットが高くなる

結果も一部に見受けられる。

表 2-27 には、各測定ポイントの音声メリットの他に、見通し状況の指標の一つとして無線伝搬路の遮蔽によって生じる回折数を記載しており、測定結果の全体を見渡すと、回折数が多いほど音声メリットが低下するという傾向が確認できる。ただし、一部の測定ポイントでは、回折数が少なくても音声メリット低下が大きいデータがある。それは回折の要因となる山岳斜面による遮蔽の度合いが異なることに起因していると考えられる。

参考事例として、見通し状況が異なる2つの無線区間の見通し図について図 2.38、図 2.39 に示す。1つ目は、「榛名の森 CC-ポイント 1」間の見通し状況が良好な無線区間を示している。無線区間の中央に谷が存在し、無線伝搬路を山岳斜面が遮蔽しない地形となっている。2つ目は、「岩氷林道(西側)-ポイント 10」間の見通し状況が劣悪な無線区間を示している。無線区間全体には、無線局同士を直接見通せないほどの山岳斜面が存在し、無線区間には、山岳斜面による遮蔽によって生じる回折ポイントが5つ存在する。無線信号は、遮蔽の度合いに応じて大きくなる回折損失の影響を受けるため、後者の無線区間は無線通信には厳しい地勢であることが見て取れる。

今回の実証結果では、無線伝搬距離による無線信号の減衰に加え、山中の複雑な山岳斜面による無線伝搬路の遮蔽及び回折等によって生じる無線伝搬損失の影響を受けていることを確認した。

表 2-27 簡易無線の無線伝搬特性 (岩氷林道 (西側～東側～南側))

測定ポイント	音声メリット*1(見通し状況)	
	榛名の森 CC	岩氷林道 (西側)
1	5 (見通し有)	5 (見通し有)
2	5 (1 回折*2)	5 (1 回折)
3	5 (見通し有)	4 (2 回折)
4	5 (見通し有)	5 (1 回折)
5	5 (見通し有)	3 (1 回折)
6	5 (見通し有)	5 (2 回折)
7	5 (1 回折)	1 (4 回折)
8	5 (2 回折)	2 (2 回折)
9	5 (2 回折)	5 (2 回折)
10	5 (1 回折)	1 (5 回折)
11	5 (1 回折)	1 (4 回折)
12	3 (3 回折)	1 (3 回折)

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

\*2 回折数：地形により電波の直進路が遮られる要因の数

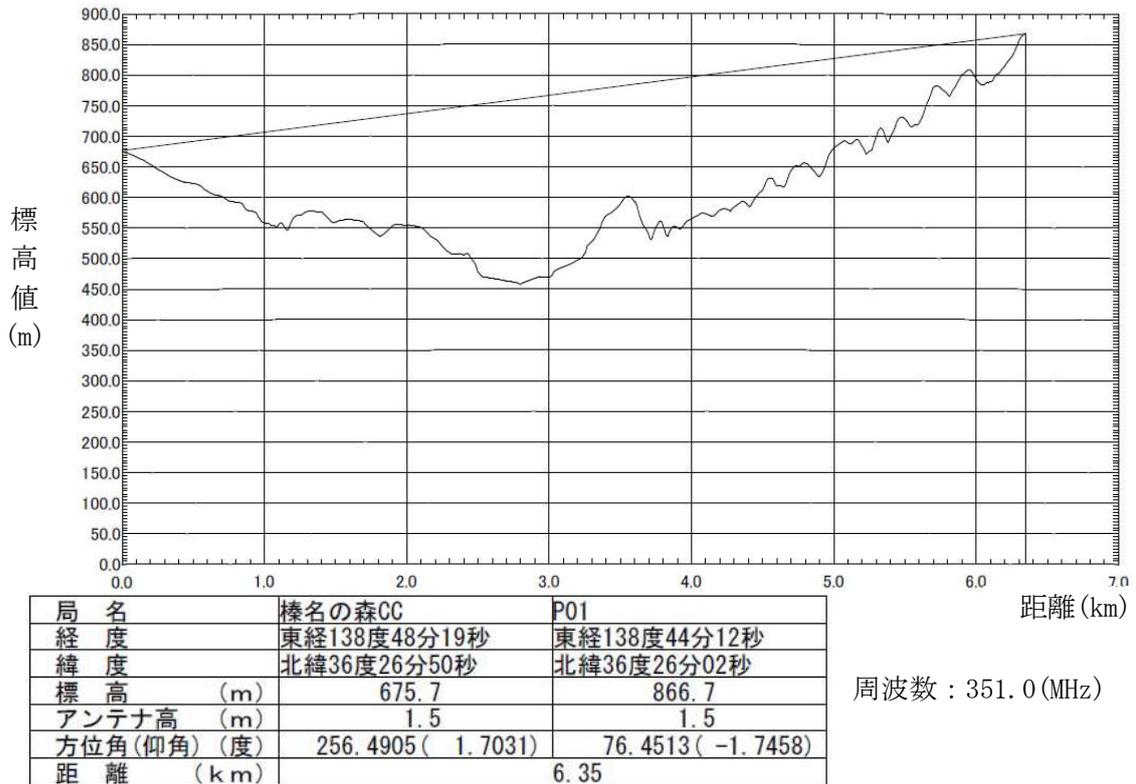


図 2.38 伝搬路見通し図(見通し有)

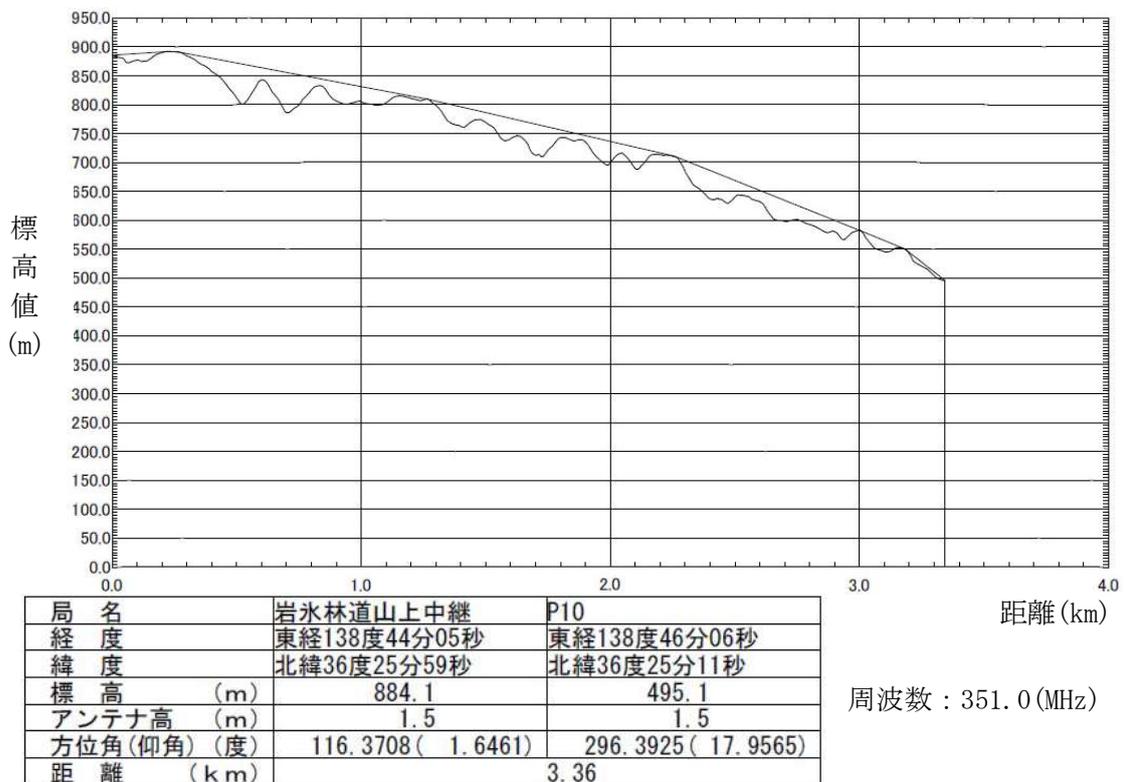


図 2.39 伝搬路見通し図(5回折)

\*世界測地系で表記  
本見通し図は国土地理院作成の国土数値情報を使用

b) 岩氷林道（窪地）

各測定ポイントから岩氷林道（西側）に定点設置した簡易無線局との音声メリット確認結果を以下の表 2-28 に示す。

近距離であれば山中であっても良好な通信が可能であることが確認された。

表 2-28 簡易無線の無線伝搬特性（岩氷林道（窪地））

測定ポイント	音声メリット（見通し状況）
	岩氷林道（西側）
1	5（1回折）
2	5（1回折）
3	5（見通し有）
4	5（1回折）
5	5（2回折）
6	3（3回折）

(2) 機能確認

無線伝搬特性と同じ測定ポイントについて、簡易無線の内蔵 GPS（マルチ GNSS 非対応）による位置情報測定及び対向無線局への位置情報通知可否について測定を行った。また、同じ測定ポイントにおいて、GPS ロガー（マルチ GNSS 測位 (QZSS 対応)）による位置情報測定も並行して行った。

a) 岩氷林道（西側～東側～南側）

林道を移動しながら、簡易無線局の内蔵 GPS による位置情報及び GPS ロガーによる位置情報の測定結果を表 2-29 に示す。

表 2-29 簡易無線の機能確認試験結果（岩氷林道（西側～東側～南側））

ポイント	測定した GPS 位置情報			
	簡易無線局の内蔵 GPS (マルチ GNSS 非対応)		GPS ロガー (マルチ GNSS 対応)	
	緯度	経度	緯度	経度
1	36° 26' 2"	138° 44' 12"	36° 26' 1.59"	138° 44' 11.75"
2	36° 26' 6"	138° 44' 20"	36° 26' 5.72"	138° 44' 20.86"
3	36° 26' 8"	138° 44' 37"	36° 26' 8.17"	138° 44' 37.4"
4	36° 26' 5"	138° 44' 47"	36° 26' 5.01"	138° 44' 47.09"
5	36° 26' 5"	138° 45' 2"	36° 26' 5.22"	138° 45' 3.06"
6	36° 26' 2"	138° 45' 16"	36° 26' 2.44"	138° 45' 15.95"
7	36° 25' 59"	138° 45' 14"	36° 25' 59.93"	138° 45' 16.38"
8	36° 26' 0"	138° 45' 43"	36° 26' 0.19"	138° 45' 41.26"
9	36° 25' 58"	138° 46' 42"	36° 25' 57.67"	138° 46' 41.25"
10	36° 25' 11"	138° 46' 6"	36° 25' 10.85"	138° 46' 5.52"
11	36° 24' 59"	138° 45' 23"	36° 24' 59.42"	138° 45' 23.31"
12	36° 25' 25"	138° 45' 9"	36° 25' 24.21"	138° 45' 9.84"

マルチ GNSS 対応有無による位置情報の差は、最大=約 2.4 秒、最小=約 0.01 秒、平均=約 0.6 秒という結果であった。

b) 岩氷林道（窪地）

林道を移動しながら、簡易無線局の内蔵 GPS（マルチ GNSS 非対応）による位置情報及び GPS ロガー（マルチ GNSS 対応）による位置情報の測定結果を以下の表 2-30 に示す。

表 2-30 簡易無線の機能確認試験結果（岩氷林道（窪地））

測定 ポイント	測定した GPS 位置情報			
	簡易無線局の内蔵 GPS (マルチ GNSS 非対応)		GPS ロガー (マルチ GNSS 対応)	
	緯度	経度	緯度	経度
1	36° 26' 6"	138° 44' 21"	36° 26' 5.58"	138° 44' 21.3"
2	36° 26' 4"	138° 44' 17"	36° 26' 3.04"	138° 44' 18.07"
3	36° 26' 4"	138° 44' 26"	36° 26' 4.2"	138° 44' 25.53"
4	36° 26' 4"	138° 44' 33"	36° 26' 3.87"	138° 44' 34.17"
5	36° 26' 6"	138° 44' 41"	36° 26' 4.54"	138° 44' 41.14"
6	36° 26' 3"	138° 44' 49"	36° 26' 3.02"	138° 44' 47.98"

マルチ GNSS 対応有無による位置情報の差は、最大=約 1.46 秒、最小=約 0.02 秒、平均=約 0.61 秒という結果であった。

日本付近では緯度の 1 秒は約 31m、経度の 1 秒は約 25m である。今回の測定による簡易無線局の内蔵 GPS（マルチ GNSS 非対応）と GPS ロガー（マルチ GNSS 対応）の誤差の平均は約

0.6秒であり、距離にして15～18mに相当する。

林業作業現場の作業員の位置把握に際しては、このような特性を認識したうえで利用する位置情報取得手段を選択することが望ましい。

機能確認試験の様相を図 2.40 に示す。



図 2.40 簡易無線の機能確認の様子

## 2.6.6 通信結果の普及

本調査検討において実施する「木材生産現場で試行的に通信システムを構築し、通信と業務支援ツールを組み合わせた活用方法の検討」について、地域の産学官関係者へ本取り組みに興味を持っていただき、その成果を広く普及することを目的として、主催者である群馬県フォレスター等民団連携推進協議会と協力し、通信システム現地検討会において、通信試験の状況と設置機材について説明した。実施方法については、新型コロナウイルス感染症の感染状況を鑑み、現地で撮影した実証試験のビデオ映像を WEB 経由にて放映した。現地検討会に関する詳細情報は参考資料 2 に記載する。

## 2.6.7 実運用試験まとめ

バックホール回線及びアクセス回線を連携させ、山間部の林業作業現場周辺にオンライン環境を構築し、無線伝搬試験及び音声・映像伝送等の機能確認を実施した。試験結果を以下にまとめる。

なお、アプリに対する要件について、令和2年度事業にて検討し動作確認した要件をもとに選定した。(参考資料3参照)

### (1)無線伝搬試験

無線伝搬試験では、伝搬シミュレーションソフトによる伝搬シミュレーション結果と、実測した無線受信電力の分布を比較することで、伝搬シミュレーションの妥当性を確認した。また、バックホール回線においては、基地局側設備から直接通信できない山奥に林業作業現場がある場合でも、公共BB中継局を設置してさらにその先に設置する終端局まで通信エリアを延伸することで、山中にオンライン環境を構築できることを実証した。

伝搬特性に優れるVHF帯を利用する公共BBによる中長距離バックホール回線と、メッシュWi-Fiによる局地的エリア構成の組み合わせによる林業現場のオンライン化は、今回の実証サイトにおいて良好な通信環境を提供できることを実証した。

さらに、現在、総務省「放送用周波数の活用方策分科会」において審議されているVHF-High帯においても、今回の特定実験試験局を用いた無線伝搬試験において、現行の公共BBと同等の特性が確認された結果にある。これにより、今後、当該帯域への拡張利用が期待されるところである。

### (2)機能確認試験

山中の作業現場にオンライン環境を構築することで、音声・映像の双方向通信を利用した現場作業者目線映像の共有やWEB会議による業務効率化、あるいは林業業務アプリやスマートフォン位置共有アプリ等が利用可能になることを確認した。

作業現場のオンライン化により、業務効率改善が可能になるだけでなく、位置共有アプリ等を活用することで、作業者の安全確保も可能になることを実証した。

### (3)GPS位置情報

マルチGNSS対応/非対応装置それぞれの、位置情報の数値比較と、地図上にプロットした結果のばらつきを比較した。地図上の位置を比較した結果、マルチGNSS対応受信機を利用することでプロット位置のバラつきを抑えられることが確認された。また、位置情報数値の誤差は、距離に換算して平均十数mとなった。

現場での位置情報測定に当たっては、このような特性を把握したうえで、機器コストや、利用目的を勘案した適切な位置情報取得手段を選択することが望ましい。

## 2.7 検討結果のまとめ

### 2.7.1 情報基盤整備の手順について

伝搬シミュレーションソフト等を用いた机上検討や現地試験の結果を踏まえ、①情報基盤を効率的に構築・運用するための設計手法や、②業務に応じた機器・電源の選定および、③設置手順・工夫等を整理した。

以下、それぞれ、①表 2-31、及び②表 2-32 にその結果を示す。

表 2-31 効果的な構築設計手法

手順	項目	内容
1	場所の選定	・情報基盤を整備する林業作業現場の位置確認とネットワーク接続可能場所を地図上で確認。基地局の設置候補場所を選定
2	伝搬シミュレーションによる机上計算	・作業現場と終端局の設置候補場所に対し伝搬シミュレーションを実施し、効果的に基地局の設置場所を確定 ・林業作業現場と基地局設置候補場所が直接通信できない場合、中継局を併設し、設置場所を選定
3	現地調査による設置場所の確認	・伝搬シミュレーションで確定した場所について現地調査を実施し、機器設置を行う際の制約事項や周辺環境を効率的に事前確認 *三脚・機器の設置可否、開放場所か、障害物がないか、電源の有無など
4	通信確認	・情報基盤を整備する場所と無線局設置場所とに無線局を簡易設置し通信できることを確認
5	設置・運用	・アンテナ・三脚、無線局などの機器を設置し運用

表 2-32 業務に応じた機器・電源の選定

#	業務内容	機能	使用機器及び機能	電源
1	業務共通情報基盤	ネットワーク構築	公共 BB	バッテリー電源装置
			メッシュ Wi-Fi	モバイルバッテリー
2	遠隔作業支援 作業状況確認	映像及び音声伝送 (IP 双方向通信)	ウェアラブルカメラ	モバイルバッテリー
			WEB 会議 (PC 等)	内蔵バッテリー
3	作業員管理	位置情報伝送	位置共有アプリ (スマートフォン) GPS ロガー	内蔵バッテリー
4	検収管理	木材検収アプリ (メール配信)	業務アプリ (スマートフォン)	内蔵バッテリー

また、③設置手順・工夫について、  
以下、バックホール回線及びアクセス回線を構築する機器の設置手順、及び工夫点をそれぞれ、表 2-33 及び表 2-34 に示す。

表 2-33 バックホール回線の設置（公共 BB）

手順	項目	内容
1	設置場所の確認	現地調査により機器の設定場所を確認 設置上の制限事項を整理
2	アンテナ・三脚・ポールを組み立て	アンテナ・三脚・ポールを組み立て、アンテナ機器を設営
3	無線局の設置	無線局を設置、現場の状況に応じて電源を準備
4	ケーブルの接続	アンテナと無線局間を同軸ケーブル接続
5	無線局の立ち上げ	無線局の電源投入し通信確立を確認

**【工夫点】**

- ・アンテナ設置する場合に、接続する機器の方向にアンテナを向ける。
- ・三脚を設営する際に、風などの影響による転倒を防ぐため支線を張り固定する。  
(図 2.15 参照)

表 2-34 アクセス回線の設置（メッシュ Wi-Fi）

手順	項目	内容
1	設置場所の確認	現地調査により機器の設定場所を確認 設置上の制限事項を整理
2	三脚・ポールを組み立て	三脚・ポールを組み立てて Wi-Fi AP をポールへ取付、メッシュ Wi-Fi を構築する複数 AP を準備
3	バックホールとの接続	公共 BB 無線局と 1 台目の Wi-Fi AP を LAN ケーブルで接続
4	Wi-Fi AP の立ち上げ	Wi-Fi AP とモバイルバッテリーを接続し電源を投入
5	メッシュ Wi-Fi の接続確認	各々の Wi-Fi AP が接続できることを確認 (スマートフォンをメッシュ Wi-Fi の SSID に接続し、管理画面にて確認)
6	Wi-Fi AP の設置	無線エリアを構築する場所へ Wi-Fi AP を順次設置

**【工夫点】**

- ・Wi-Fi AP の電源投入の際には、確実に相互接続ができる距離で行い、メッシュにて接続確認後に Wi-Fi AP を設置予定場所へ移動する。
- ・Wi-Fi AP を設置後にメッシュ接続が切れた場合には、一度 AP を近づけ再起動する。

## 2.7.2 位置情報の精度向上のための手順について

### ① 位置情報に関する調査

GNSSによる位置データの活用にあたり、測位精度の改善技術（マルチ GNSS、補強システム(SBAS)、RTK-GNSS）の調査、林業等の分野における衛星測位技術の利活用に関する事例調査、GNSSによる位置情報取得の精度向上のための留意点や手順等について整理した。

GNSSを利用した測位技術は、現在、幅広い分野の業務に欠かせない技術として利用され、測位技術に関する研究開発の進展とともに、高性能化、小型化、低価格化なども進んでおり、現場での位置情報測定にあたっては、機器コストや利用目的を勘案した適切な位置情報取得手段を選択することが望ましい。

### ② 作業員の位置情報管理

作業員の安全確認の為に位置情報を取得するために、スマートフォンの位置共有アプリを用いて位置情報を取得しネットワークを介して位置情報を伝送し、遠方で作業員の位置把握を行った。

位置の精度について GNSS 対応の GPS ロガーを用いて測定した位置と差分を比較した結果、平均十数 m 程度の誤差が認められた。

安全確認の為に作業員の場所把握として十数m程度の誤差を許容できれば、情報基盤を用いたスマートフォンアプリでのリアルタイム位置管理は有効と考える。

## 2.7.3 事業実施に係る効果について

本実用試験においては、公衆携帯通信網と森林内に構築する VHF 帯自営ブロードバンドによる中継機能を有するバックホール回線とを連携することで、林業 ICT に求められる多様なアプリ情報の伝送・通信をとおして、情報基盤のあり方を実証、評価することで、情報基盤の整備に向け、従来との比較において多大な成果・効果が得られた。

ここでは具体的に、従来行われていた方法と比較し、机上検討や現地試験の結果を踏まえ、情報基盤が整備された際の下記3点の効果をとりまとめた。

- ① 従来と比較し、効率的になった業務・内容
- ② 従来と比較し、追加的に発生した業務・内容
- ③ 新たに実施可能となった業務・内容

表 2-35 に、事業実施に係る効果について示す。

表 2-35 事業実施に係る効果について

#	項目	業務・内容	効果
①	従来と比較し、効果的になった業務・内容	業務連絡	音声通話だけでなく、文字によるメッセージ送信、データ送信が可能となる。スマートフォンによるメッセージの相互連絡が可能。 日常業務での効率向上だけでなく、事故発生など緊急時の迅速な把握と確実な対処が可能となり、安全性も向上できる。
②	従来と比較し、追加的に発生した業務・内容	情報基盤構築のための機器設置作業	これまで使用していない機器の設置が必要となる。
		ウェアラブルカメラ等の機器の装着	作業員に取り付ける機器が増える。
③	新たに実施可能となった業務・内容	業務アプリによるデータ伝送	現場から事務所へデータ伝送が可能となり集計作業の効率化が図れる。作業内容の報告についても、現場から送信することで、自動的作業報告書を作成するなどアプリケーションにより効率的に報告が可能となる。
		映像による現場の状況確認	現場の作業状況をリアルタイムで詳細に把握できる。 遠隔から複数の作業現場を熟練作業員が監督することが可能となり、またリアルタイムで指導することで、効率的に技術伝承が可能となる。
		遠隔 WEB 会議	遠隔で現場と事務所と意思疎通や作業指示をリアルタイムで行える。 その場の状況を元に作業指示の変更などリアルタイムで柔軟に指示が行えるため、効率化が図られる。

### 3. 今後の課題及び次年度の検討項目

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、引き続き取り組む必要がある検討項目（案）を以下に示す。

#### (1) 本格稼働に向けた実証試験の実施

令和 2 年度及び令和 3 年度の成果を踏まえ、最適化された方法で各種業務に必要な通信ならびにシステムを稼働させ、その効果を検証する。

#### (2) 実システム導入時に想定されるガイドライン等の作成

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用手順等のマニュアル化を目的として、標準化された方法（ガイドライン等）で実施できるよう成果を取りまとめる。

## 4. まとめ

本調査検討では、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的として、国有林をフィールドとした実際の現場業務において、情報基盤（通信手段）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た。さらに、次年度の検討項目について課題等の整理を行った。

### (1) 生産現場で必要とされる情報、伝達・活用方法等、効率的な事業実施に資する調査

生産現場での一連の事業（①事業準備、②情報基盤の構築（事業実施）、③事業実施（安全管理、業務効率化、運用）、④事業終了）の流れの中で、それぞれの場面で必要とされる情報やその伝達・活用方法、情報に関わるものについて整理・分類をした。

### (2) 実運用試験

群馬県高崎市国有林における現場業務において、中継機能を用いたスケーラブルなバックホール回線（VHF 帯自営ブロードバンド）及びアクセス回線（メッシュ Wi-Fi）の組み合わせにより情報基盤の構築及びフィールド試験（伝搬特性及び機能確認）、及び、デジタル簡易無線によるフィールド試験（伝搬特性及び機能確認）を実施した。

本実証試験の結果により、公衆携帯通信網と自営無線通信との適切な連携により、公衆携帯通信網のネットワークエリア外の林業作業現場であっても、バックホール回線及びアクセス回線を設置することで、山中の山奥であってもインターネット回線へのアクセスを可能とし、音声・映像等のリアルタイム系アプリケーションを含むデータ伝送が可能なることを実証した。これにより、林業 ICT における情報基盤の構築に向けた有効な成果が得られたと考える。

GPS 位置情報については、簡易な GPS 受信機による測定であっても、マルチ GNSS 対応受信機による位置情報との差は十数 m 程度であることを確認した。また、スマートフォンの位置共有アプリや簡易無線の GPS 機能の活用により、構築したアクセス回線エリア内や、エリア外における作業者の位置共有の活用について有効性を確認した。

### (3) 今後の課題及び次年度の検討項目

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。

- ・本格稼働に向けた実証試験の実施
- ・実システム導入時に想定されるガイドライン等の作成

おわりに

本調査検討（試行的取組の調査）は、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的として、森林における特殊な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、調査検討を進めた。

令和 2 年度に実施された調査検討の成果を踏まえ、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た。

本調査検討の検討成果、ならびに次年度の本格稼働に向けた継続的検討を踏まえ、森林・林業分野における ICT・IoT 等導入の加速化に向けた技術的課題解決の取り組みが早期に進むことを期待する。

最後に今回の調査検討を行うにあたり、貴重なご意見、審議を頂いた委員の皆様ならびに、フィールドを提供し現地確認等にご協力いただいた関東森林管理局様、群馬森林管理署様、高崎市国有林の作業現場での実運用試験にご協力いただいた磯村産業株式会社様、業務アプリをご提供いただいた株式会社ジツタ様、実験場所をご提供いただいた榛名の森カンントリークラブ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 3 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 3 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 3 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 今年度の事業計画
- 参考資料 2 現地検討会（WEB 形式）の概要
- 参考資料 3 令和 2 年度事業成果概要
- 参考資料 4 公共 BB 空中線仕様
- 参考資料 5 用語集
- 参考資料 6 略語一覧

付属資料1 「令和3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、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、情報通信の手段としては、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る。一方で、森林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おり、これらの導入により得られた情報をより効率的に活用するためにも、情報基盤を整備していく必要があるが、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は、森林にあっては地形や植生の影響など不明な点も多く、通信に関する問題解消に向けた技術的な検討、ひいては必要な現場業務等を支援するツール（以下「業務支援ツール」という。）の活用や開発が十分に進んでいない状況にある。

森林内での業務・作業について、国有林を例に見てみると、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、頻度が異なっている。

このため、森林という特殊な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、森林・林業の現場で活用するために適切な通信システムを検証するため、国有林をフィールドとした実際の現場業務で実証試験を実施し、その効果や課題等を確認する必要がある。

以上を踏まえ、本調査検討会は、令和2年度に実施された成果を基に、森林内の作業、具体的には、森林調査（収穫調査や林況調査など）と生産業務の現場で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、通信を組み合わせることによる業務応用への可能性、またその手順等、情報基盤を整備するための知見を集積することを目的とする。

付属資料2 「令和3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3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、森林・林業における ICT・ToT 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、成果として普及可能な情報基盤整備の方法の整理と手順の作成を目的とする。

本調査検討会は、令和2年度の成果を基に、令和3年度の事業を円滑に実施するため、事業の進捗やとりまとめに必要な検討や外部有識者等からの助言を得るため検討会を設置する。

3. 調査検討事項

調査検討会は次の検討を行う。

(1) 実施計画及び試験調査手法の審議

- ① 森林調査を実施する際の業務要件及び通信要件について検討
- ② 電源の確保について、通信頻度、データ量等を勘案して選択し、設置・運用する手順等を検討、試行
- ③ 生産業務の現場において、構築した通信ネットワークを活用した安全管理や業務の効率化に資する活用等に係る具体的な実証方法を検討し、生産業務の関係者とも調整の上、現地実証の手順を試行
- ④ 地形に対する斜面縦方向及び横方向の電波伝搬特性を検証

(2) 実施内容のとりまとめ、今後の課題の検証

- ① 報告書作成に向けた実施内容報告、成果と課題の整理
- ② 次年度の検討課題を検証

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、農林水産省林野庁(主管課)及び事務局が認めた際は、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。
- (8) 委員に対して、委嘱依頼記載の通り、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)。

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、事務局が招集して開催し、議事運営は座長が主宰する。座長が不在の場合にあつては、座長代理がこれを行う。
- (2) 委員は、調査検討会を審議し運営する。
- (3) 調査検討会は、必要に応じ委員以外の者から意見を徴することができる。

- (4) 調査検討会は、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 4 年 3 月 24 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3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 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	たかやま 高山 いっお 逸夫	群馬県環境森林部森林局 林業振興課 課長
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	ほらだ 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
主管課	おぐち 小口 まゆみ 真由美	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
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
主管課	きかのした 坂之下 かな 佳奈	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
事務局	かとう 加藤 かずえ 数衛	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	さくらい 櫻井 けんじ 研二	株式会社日立国際電気 新事業開発本部 先進ソリューション開発部 部長

事務局	あきもと ようへい 秋元 洋平	株式会社日立国際電気 新事業開発本部 先進ソリューション開発部 主任技師
事務局	かなざわ まさゆき 金澤 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	いしざき まさゆき 石崎 雅之	株式会社日立国際電気 新事業開発本部 次世代技術開発部 技師
事務局	おおはら てつぺい 大原 徹平	株式会社日立国際電気 モノづくり統括本部 プロダクト本部 システムとりまとめ設計部 技師
事務局	とがし りゅうたろう 富樫 竜太郎	株式会社日立国際電気 モノづくり統括本部 プロダクト本部 システムとりまとめ設計部 技師
事務局	たじま かずき 田島 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
事務局	きしだ えりこ 岸田 恵理子	株式会社日立国際電気 新事業開発本部 先進ソリューション開発部
事務局	のうとう かんた 納藤 幹太	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

参考資料1 今年度の事業計画

第1回調査検討会において説明した今年度の事業計画（案）（成果取り纏め案及びスケジュール案）

参-表-1 令和3年度成果の取りまとめ（案）

項目	期待する成果	R3成果の取りまとめ（案）
①情報基盤整備 の手順のまとめ	情報基盤を効率的に構築・運用するため、電波伝搬シミュレーションソフト等を用いた設計、業務に応じた機器選定（電源を含む）のポイント、具体的な通信機器の設置手順・工夫等と基本的な実施方法が試行的に示されること。	机上検討や現地試験の結果を踏まえ、情報基盤を効率的に構築・運用するための設計手法、機器選定及び設置手順・工夫等を整理する。
②位置情報の 精度向上のための 手順のまとめ	GNSS（GPS・GLONASS）による位置データの活用に当たり、位置データの精度を向上させる必要性の有無、必要な場合はその手法を検証する。また、位置情報と図面のずれについても同様に補正の必要性の有無やその手法等、位置情報の精度を確保するための仕組みが試行的に示されること。	位置情報の精度を確保するための仕組みの検討や、実証試験における取得した位置情報の伝達方法の検証を踏まえ、手順等を考察・整理する。
③事業実施に係る 効果のとりまとめ	従来行われていた方法と比較し、情報基盤が整備された際の効果が取りまとめられること。 ①従来と比較し効率的になった業務・内容 ②従来と比較し追加的に発生した業務・内容 ③新たに実施可能となった業務・内容	机上検討や現地試験の結果を踏まえ、左記①～③を取りまとめる。
④次年度に向けた 課題のまとめ	令和4年度に引き続き取り組む必要がある課題が取りまとめられること。	机上検討や現地試験の結果を踏まえ、引き続き取り組む必要がある課題を取りまとめる。

参-表-2 令和3年度スケジュール（案）

項番	項目	令和3年（2021）			令和4年（2022）		
		10	11	12	1	2	3
1	全体計画策定	10/29契約			△ 現地検討会		★ 3/24納期
2	調査検討会 2回開催(提案)	(1)全体概要、実施計画、 試験調査手法審議			△ メール審議		▲ (2)最終報告
3	検討会資料 作成			● 現地試験 の承認	● 試験結果速報 ・報告書骨子案		
4	報告書作成 ・製本				→ 原稿執筆	→ 最終纏め	
5	機器等調達 ・調整		→ 試験装置、アンテナ等				
6	要件等の分析机上 検討 データ整理		→ 詳細要件等の分析	→ 机上検討	→ データ整理		
7	現地事前調査		→				
8	現地試験			注)積雪及び天候等 を考慮して日程調整	→		

## 参考資料 2 現地検討会（WEB 形式）の概要

本委託事業で実施する「木材生産現場で試行的に通信システムを構築し、通信と業務支援ツールを組み合わせた活用方法の検討」について、地域の産学官関係者へ本取り組みに興味を持っていただき、その成果を広く普及することを目的として、主催者である群馬県フォレスター等民団連携推進協議会と協力し、通信システム現地検討会において、通信試験の状況と設置機材について説明した。実施方法については、新型コロナウイルス感染症の感染状況を鑑み、現地で撮影した実証試験のビデオ映像を WEB 経由にて放映した。通信システム現地検討会の概略を以下に示す。

### (1) 通信システム現地検討会の概略

実施日時	令和 4 年 1 月 28 日（金）13:10～15:00
実施方法	WEB 会議への参加
概要	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 調査検討の概要説明</li> <li>2. 現地調査の概要説明（デモンストレーションの説明） <ol style="list-style-type: none"> <li>1) バックホール回線（公共 BB）</li> <li>2) アクセス回線（Wi-Fi）</li> <li>3) ソリューション（アプリ）</li> <li>4) 連絡無線（簡易無線）</li> </ol> </li> </ol>

### (2) デモンストレーション（ビデオ）の概略

#	項目	デモンストレーション（ビデオ）	備考
1	バックホール回線 （公共 BB）	・無線機及びアンテナの設営	基地局、中継局、終端局 （計 3 局）
2	アクセス回線 （Wi-Fi）	・Wi-Fi の設営	メッシュ Wi-Fi（4 台）
		・ウェアラブルカメラ （チェーンソー、フォワード作業）	映像伝送・音声通話
3	ソリューション （アプリ）	・業務アプリ（丸太検収システム）	データ送信（メール）
		・通話アプリ（Microsoft Teams）	映像伝送・音声通話
		・位置共有アプリ	位置共有、チャット
4	連絡無線	・簡易無線（GPS 内蔵）	音声通話、位置共有

参考資料3 令和2年度事業成果概要

林野庁委託事業「森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査本」については、3年の期間を想定して、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、成果として普及可能な情報基盤整備の方法の整理と手順の作成を目的としている

令和2年度は、森林・林業に係る業務カテゴリ（安全確保等共通事項、森林調査、生産業務、土木関連・防災）の4区分毎の通信要件、概算導入費用及び現状の課題を整理した。令和2年度において実施した調査の概要を以下(1)～(4)に示す。

(1) 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)	・デジタル業務用無線/簡易無線 ・VHF帯自営ブロードバンド (公共BB)	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作業者間の情報連絡、位置情報共有、計測結果集計	・デジタル業務用無線/簡易無線 ・VHF帯自営ブロードバンド (公共BB) ・Wi-Fi	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	・デジタル業務用無線/簡易無線 ・VHF帯自営ブロードバンド (公共BB) ・Wi-Fi	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	作業者間情報連絡、位置情報・作業量共有、業務日報作成	・デジタル業務用無線/簡易無線 ・VHF帯自営ブロードバンド (公共BB) ・Wi-Fi	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	・近距離IoT無線 (Wi-SUN、LoRa等) <sup>(注)</sup>	～100kbps
	②災害発生時の初動現場モニタリング	・中容量以上の近距離IoT無線 (Wi-Fi等) <sup>(注)</sup>	～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)	・中容量以上の近距離IoT無線 (Wi-Fi等) <sup>(注)</sup>	～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VHF帯自営ブロードバンド(公共BB)又はマルチホップWi-Fiの連携動作を想定距離の目安(想定)：近距離(～1km)、中距離(～10km)、長距離(10km～)

(2) 概算導入費用及び現状の課題

#	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。

(3) 森林・林業に関わる林業事業者等へ情報基盤構築のための通信へのニーズ調査を実施した。その結果、位置情報などの安全管理、通信やデータの送信など作業指示・業務の効率化、丸太生産量の把握など生産管理に関するニーズが多かった。

(4) その他、提言等

ア 実際の作業現場での検証、斜面方向における電波伝搬特性、通信を行う頻度や電源に関する検討なども有効。

イ 概算導入費用(参考)については、実用化にあたり、リース料等による導入形態について、留意することが有効。

ウ VHF 帯自営ブロードバンドについては、用途に林業分野を含めるためには、VHF-High 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。

\* 総務省「放送用周波数の活用方策に関する分科会」において、審議中の帯域、今後の民間利用における VHF 帯自営ブロードバンド実現の拡張帯域の候補として期待される。

参考資料4 公共BB 空中線仕様

公共BB 無線局で使用する空中線の仕様を示す。

(1)5 素子八木アンテナ

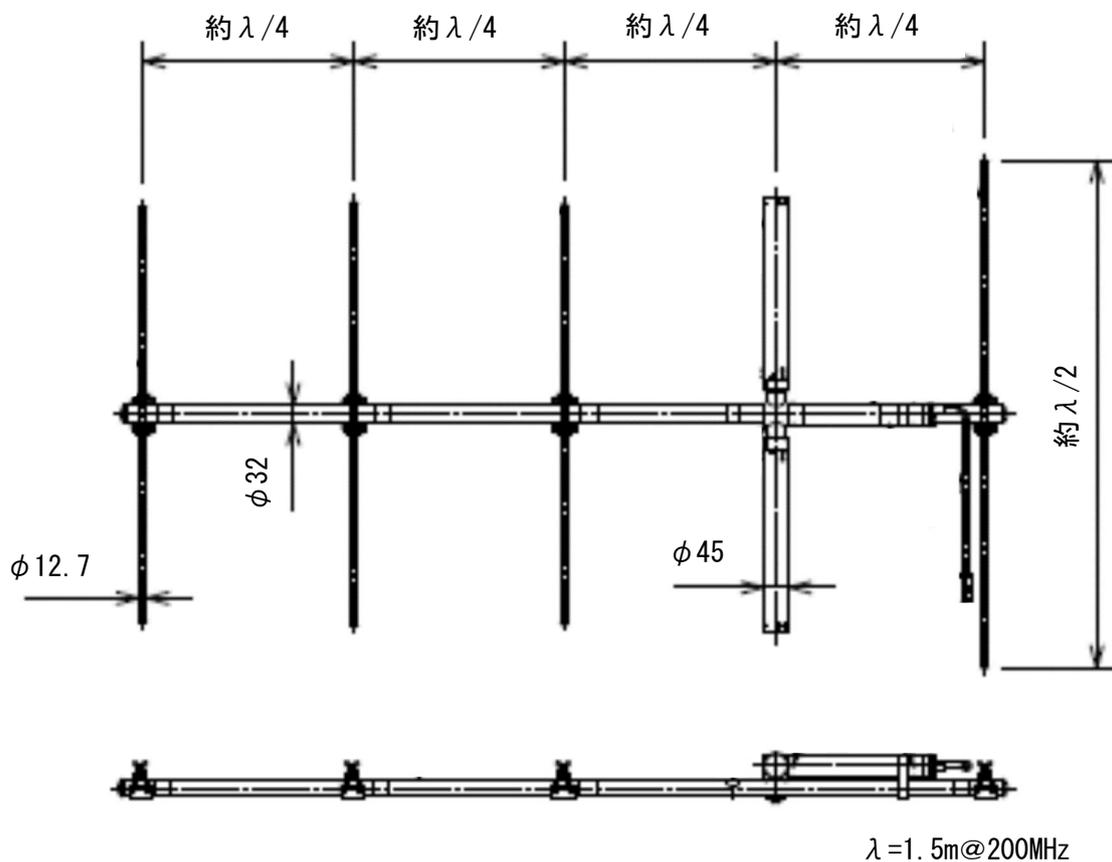


図 参-3-1 5 素子八木アンテナ

(2) ブラウンアンテナ

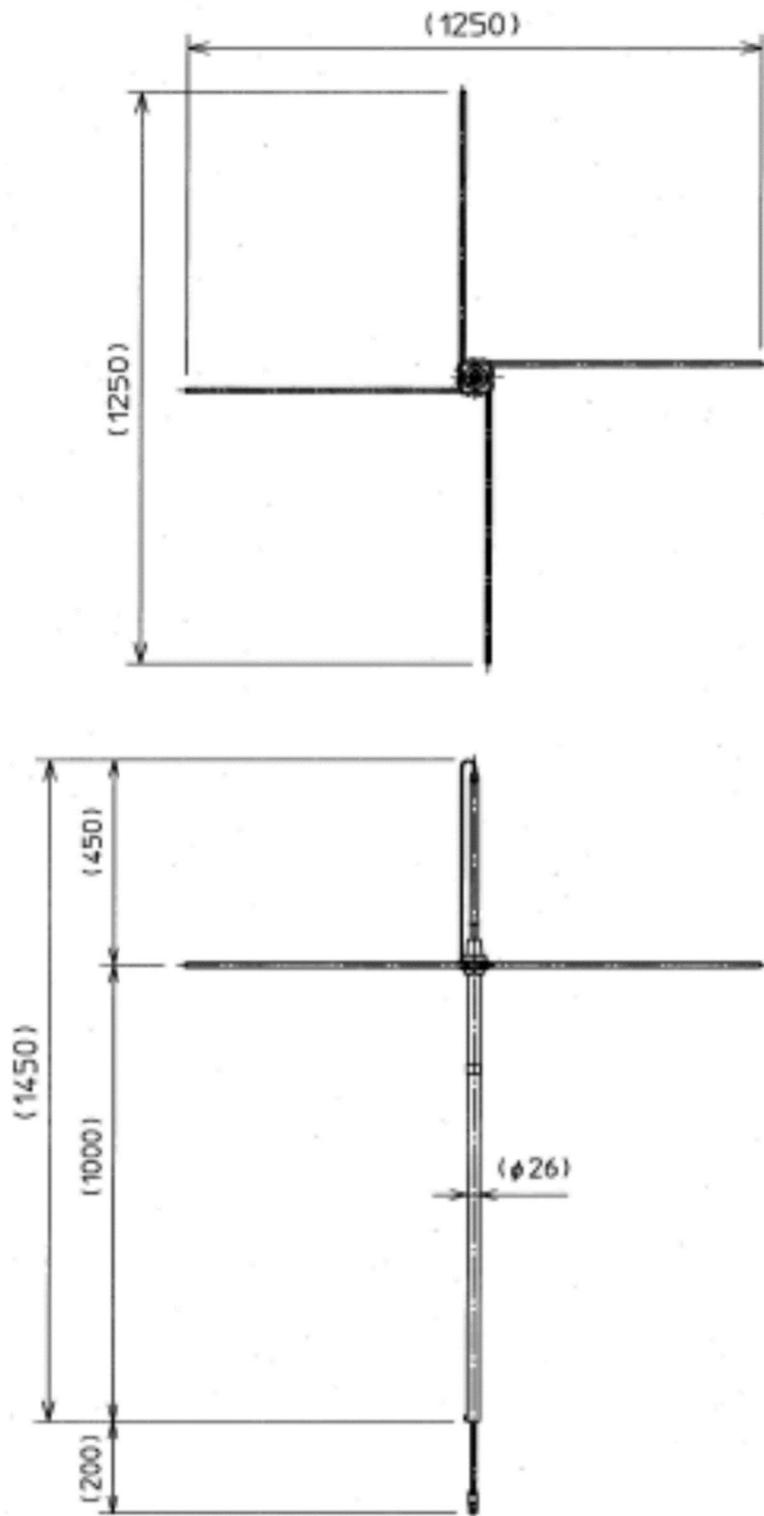


図 参-3-2 ブラウンアンテナ

(3) 車載ホイップアンテナ

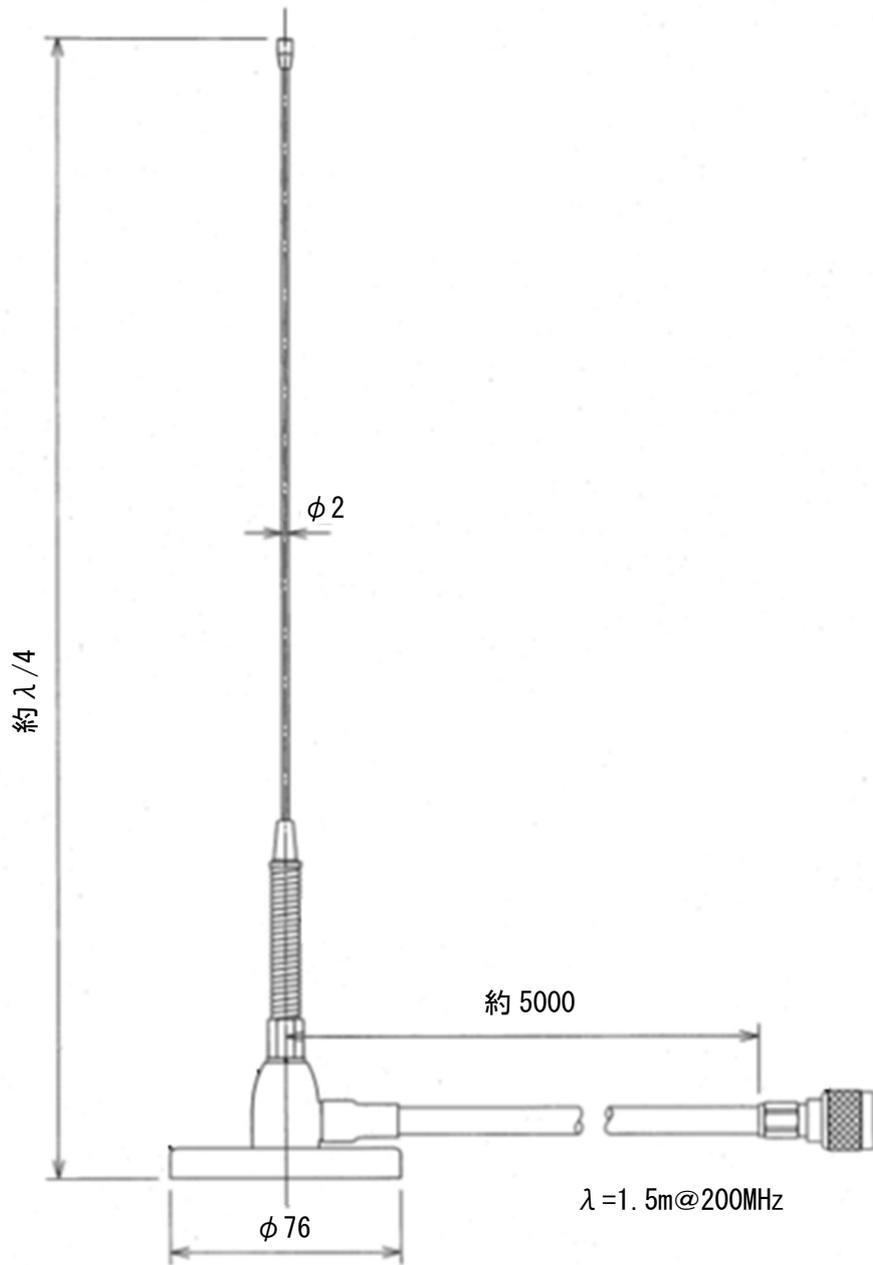


図 参-3-3 車載ホイップアンテナ

(4) 高利得ホイップアンテナ

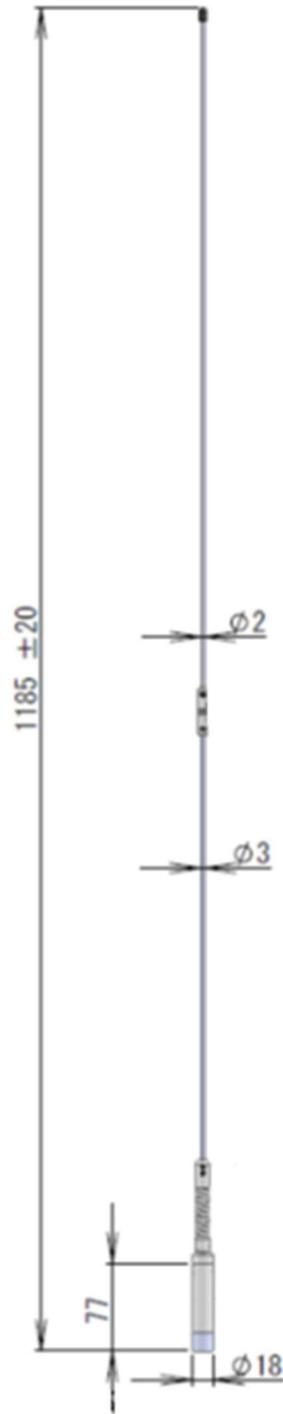


図 参-3-4 高利得ホイップアンテナ

参考資料5 用語集

用語	概要説明
伝搬シミュレーションソフト (回線シミュレータ)	ある無線送信局からの無線信号が、解析エリアのそれぞれの地点に到達する受信電力を机上計算するソフトウェア
公衆携帯通信網	山中の林業作業現場とインターネット回線を接続する携帯電話回線
バックホール回線	広域の通信回線網を構成する回線のうち、通信事業者の拠点施設間を結ぶ回線
アクセス回線	バックホール回線と加入者宅・施設を結ぶ回線
VHF 帯自営ブロードバンド 公共 BB/公共ブロードバンド 移動通信システム	VHF 帯地上アナログテレビジョン放送のデジタル化(地デジ化)に伴い空き周波数を活用した自営ブロードバンド無線通信システム、170～202.5MHz 帯を使用
VHF 帯	一般に、30～300MHz 帯の無線周波数帯
VHF-High 帯	マルチメディア放送の撤退に伴い現在、総務省において、空き周波数となっている活用方策が審議されている帯域で、公共 BB の上側の隣接帯域(207.5～222MHz)
公共 BB 無線装置の種別	公共 BB 無線装置は、可搬基地局及び移動局で、無線設備規則上は、いずれも陸上移動局免許にある。
公共 BB 無線装置の呼称 ・公共 BB 基地局 ・公共 BB 中継局 ・公共 BB 終端局	公共 BB 無線装置の定義・呼称を以下に規定する。 ・公共 BB 基地局： 公衆携帯通信網と接続し、事業事務所等の設備に配置される公共 BB 可搬基地局 ・公共 BB 中継局： 無線 2 段中継時の中央に位置し、尾根側設備に配置される公共 BB 移動局 ・公共 BB 終端局： 無線 2 段中継時の終端に位置し、山中側設備に配置される公共 BB 移動局
メッシュ Wi-Fi	複数の Wi-Fi AP (アクセスポイント) 同士を無線多段中継接続することで、Wi-Fi 通信エリア拡張を可能とするシステム
デジタル簡易無線	業務に使用できる無線従事者が不要なデジタル方式の無線局。GPS 位置情報の取得及び通知機能を有する装置もある。
全球測位衛星システム (GNSS、GPS、GLONASS 等)	GNSS は、人工衛星を利用した全世界測位システムの総称であり、各国の GNSS 呼称を以下に示す。 GPS : アメリカ GLONASS : ロシア Galileo : 欧州 QZSS : 日本 (愛称 : みちびき、準天頂衛星システム)
ウェアラブルカメラ	撮影者が体に装着して撮影可能なカメラ。

	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。
Microsoft Teams	マイクロソフト社製のビジネスチャットツール。リアルタイムの双方向音声通話及び映像伝送（いわゆるテレビ電話）も可能
業務アプリ （木材検収アプリ）	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
位置共有アプリ	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

参考資料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
3G	3rd Generation Mobile Communication System	第 3 世代移動通信システム
4G	4th Generation Mobile Communication System	第 4 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
AI	Artificial Intelligence	人工知能
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
BER	Bit Error Rate	符号誤り率
BLE	Bluetooth Low Energy	低消費電力版ブルートゥース
bps	Bits Per Second	データ信号速度 (1 秒間に伝送できるビット数)
CINR	Carrier to Interference and Noise Ratio	搬送波対干渉雑音比
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
HEMS	Home Energy Management Service	家庭内で使用するエネルギーを節約するための管理システム
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
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
LAN	Local Area Network	ローカルエリアネットワーク
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
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
RTK-GNSS	Realtime Kinematic GNSS	GNSS を用いた測位と地上に設置した基準局からの位置情報データを組み合わせることにより高い精度の測位を実現する技術
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
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
Wi-RAN	Wireless Regional Area Network	200MHz 帯広帯域移動無線中継通信システム
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

令和3年度 森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査  
報告書

令和4年3月  
(発行) 林野庁

(作成) 株式会社 日立国際電気  
〒105-8039 東京都港区西新橋 2-15-12  
TEL 03-5510-5931(代表)  
URL <https://www.hitachi-kokusai.co.jp>