

令和4年度 森林・林業に係る 情報基盤整備に係る基本調査

成果報告書

令和5年3月

林 野 庁

目 次

1. 全体概要	1
1.1 背景・目的	1
1.2 実施概要	2
1.3 実施体制	2
1.4 実施スケジュール	2
2. 調査検討の実施内容	4
2.1 調査検討範囲と方法	4
2.2 調査内容と結果	4
2.2.1 調査検討の概要	4
2.2.2 実運用試験の概要	6
2.2.2.1 実施計画	7
2.2.2.2 無線通信システム概要	8
2.2.2.3 周波数帯や通信機器等の選定	9
2.2.2.4 バックホール回線の概要	10
2.2.3 実運用試験	11
2.2.3.1 バックホール回線概要	11
2.2.3.2 各無線設備の機器構成	11
(1) 基地局設備	11
(2) 中継用移動局設備	13
(3) 終端局（移動局）設備	14
2.2.3.3 試験項目	15
2.2.4 実運用試験結果	16
2.2.4.1 事業地から事務所等までの通信ネットワークの構築	16
(1) 伝搬シミュレータによる事前調査手法の確立	16
(2) 無線設備設置環境の調査手法の確立	17
(3) 無線設備の機材確認手順	20
2.2.4.2 長期稼働の実施に関わる調査	27
(1) 現場業務と組み合わせた作業手順のとりまとめと課題の整理	27
(2) 事業地の移動に係る対応	29
(3) モニター調査の実施	31
(4) モニター調査の意見とりまとめ結果	34
2.2.4.3 通信環境構築マニュアルの作成	38
2.2.4.4 普及活動（現地検討会）の実施	38
3. まとめ	39
おわりに	43

付属資料、参考資料

付属資料 1 令和 4 年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会 開催趣旨

付属資料 2 令和 4 年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会 設置要綱

付属資料 3 令和 4 年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会 構成員名簿

付属資料 4 令和 4 年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査 実施体制

参考資料 1 今年度の事業実績

参考資料 2 現地検討会の概要

参考資料 3 汎用伝搬シミュレータ比較

参考資料 4 伝搬シミュレータを用いた無線局置局検討

参考資料 5 公共 BB の回線速度について

参考資料 6 公共 BB 設置に係るコスト（事例による試算等）

参考資料 7 用語集

参考資料 8 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。

以上の成果を踏まえ、今年度は、本格稼働に向けた調査を実施するため、事務所等に基地局を設置して通信並びにシステムを稼働させ、その効果を検証するとともに現場業務と組み合わせた作業手順など長期稼働の実施に係る調査を行い、現地検討会の開催等により事業の成果を普及することを目的とする。さらに、通信環境を構築する手順をとりまとめ標準化したマニュアル等の成果物を作成した。

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った。

- ・調査内容等（骨子）
 - (1) 長期稼働の実施
 - (2) 実施手順の確認
 - (3) 効果の確認
 - (4) 標準化された手順の作成
 - (5) 普及活動

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4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4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4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4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。付属資料4にプロジェクトマネージャーと各事業の担当責任者の指名を示す。

1.4 実施スケジュール

今年度は、7月27日から3月23日までの間に事業を実施するため、事業地を所管する群馬森林管理署と基地局の設置や実証試験の日程を調整してスケジュールを作成した。

調査検討会の審議過程を表1-1に示す。

今年度の事業計画及びスケジュールの実績について参考資料1「今年度の事業計画」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4年 10月13日	① 令和4年度事業について ② 検討日程(案) ③ 現地検討会の実施について	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。
メール 審議	令和5年 2月10～16日	① 報告書骨子(案) ② 現地検討会 概要(案)	議題について審議し、承認された。
第2回	令和5年 3月2日	最終報告	最終報告書について審議し、承認された。

2. 調査検討の実施内容

2.1 調査検討範囲と方法

令和4年度は、群馬県の国有林等（以下「国有林等」という。）の近隣（おおよそ10km圏内）に所在する事務所等に少なくとも2か月以上の期間に渡り基地局を仮設置して以下「事業地から事務所等までの通信ネットワークの構築」及び「長期稼働の実施に関わる調査」を実施し、調査結果を取りまとめた。

また、令和3年度までの成果やモニター調査結果等からユーザーサイドの意見も適宜取り入れ、自営ブロードバンドを用いた通信環境を構築する手順を標準化し、森林事務所等に基地局を設置することを想定した通信回線構築のためのマニュアルを作成した。

なお、これらの調査の実施に当たっては、林野庁主管課のほか、事業地を所管する森林管理局事業担当職員、ならびに、現場業務従事者等と連携を図り実施した。

2.2 調査内容と結果

2.2.1 調査検討の概要

本年度の調査検討項目及び概要について以下に示す。

(1) 事業地から事務所等までの通信ネットワークの構築

令和3年度までの調査結果を踏まえ、森林や林業の現場事業地となる国有林等の近隣（おおよそ10km圏内）に所在する森林事務所等に基地局を仮設置した。

「2.2.1 (2)」で示すマニュアル作成等に必要な調査を行うことを踏まえ、想定される受信電力、通信頻度、データ量等を勘案して必要な機材を選定し、国有林等から基地局まで自営ブロードバンドによるバックホール回線とアクセス回線（メッシュ Wi-Fi）を連携させた通信ネットワークを構築した。その際、国有林等と基地局の回線をつなげるほか、基地局が無人となる場合においても基地局を経由して、国有林等と遠方の事務所等による遠隔臨場や、国有林等からのデータの送信が可能な通信環境を構築した。

通信ネットワークを設計・構築する際は、事前に電波伝搬シミュレーションソフト等を用いて回線の検討を行った上で、機器配置を検討した後、実際の候補地における通信状況を測定し、機材の仮設置及び調整を行った。また、基地局等の機材設置に必要な手順を整理し、設置に係るコスト試算した結果を参考資料6に記載し、通信ネットワーク構築に係る一連の作業手順を整理した結果は、通信回線構築のためのマニュアルに反映した。

なお、通信ネットワークの構築で設置した機材等は、調査終了後、1月25日に原状回復となるよう撤去作業を完了した。

(2) 長期稼働の実施に係る調査

令和3年度までの調査結果を踏まえ、以下の内容に従い、調査を実施した。

① 現場業務と組み合わせた作業手順のとりまとめと課題の整理

林業の現場業務の1日の流れと通信環境の構築に必要な作業を組み合わせ、通信環境構築に要する作業時間や通信を活用することによる現場業務への影響、課題等を整理し、とりまとめた。とりまとめた結果は、「2.2.4.1 (3) 2) アンテナ、三脚及び無線機設置の手順」に示し、マニュアルにも記載した。

森林整備や木材生産等の事業地における作業の中で、通信環境を構築するための機材の設置、バッテリーの交換、現場業務終了後の機材の撤去等について、各作業に要する人員と時間を測定した。また、通信回線の活用（遠隔臨場、現場からの報告、データの送信等）により想定される監督職員等の出張減に伴う人員と時間の比較により効果を検証した。時間測定の結果と効果の検証結果は、「2.2.4.2 (3) 2) 遠隔臨場」に示す。

また、1日の作業の中で通信回線を構築した区域内の外に作業現場が移動する場合の対応として、Wi-Fi等の機材の移動、または、増設によって対応可能な範囲を検証するとともに、Wi-Fi等の移動または増設で対応できない区域がある場合は、他の対応が可能か検討した。なお、他の対応も困難な場合は、困難な理由や条件を整理して、通信可能域や機材を設置する際の現場判断の参考となるようとりまとめた。とりまとめた結果は、「2.2.4.1 (3) 3) アクセス回線（メッシュ Wi-Fi AP（アクセスポイント）設置」に示す。

② 事業地の移動に係る対応

林業現場では、複数の事業地を移動しながら業務を実施している実態にあることから、事業地を移動することを想定した通信環境の構築手法（例として、車載移動局の可能性など）を検討した。車載移動局の調査結果は、「2.2.4.1 (2) 2) 中継用移動局置局候補地の現地調査（大日影支線終点）」に示す。

③ モニター調査の実施

通信を活用する作業（遠隔臨場、現場報告、画像やデータ送信等）やユーザーサイドが通信環境を構築するために必要な作業（設置・移動・撤去等）の中から林野庁主管課と調整の上、複数の作業を選択し、基地局を設置する森林事務所等の関係者の協力を得てユーザーサイドが行う作業手順や使い勝手についてモニター調査を実施した。実施内容は、「2.2.4.2 (4) モニター調査の意見とりまとめ結果」に示す。

モニター調査により挙げられた意見は、マニュアル作成の際にも参考として活用した。

(3) マニュアルの作成

上記(1)、(2)の調査結果及び令和3年度までの調査結果を踏まえ、通信環境を構築するためのマニュアルを作成した。

具体的には、インターネットの接続できない環境にある森林(作業現場)とインターネットに接続できる環境にある森林事務所等の間に自営ブロードバンドを用いて通信回線を構築する想定で、ユーザーサイドが使用に際し判断すべきことや作業手順を簡単にとりまとめることとし、基地局設置個所と事業地の位置や地形条件等から導き出される通信環境構築が可能なエリアをおおまかに判断するポイント、機材の選択や設置場所を決定するポイント、機材の取扱いに係る注意事項、通信環境を構築するための作業手順、通信環境を構築したエリア外に事業地が移動する場合の対応等について、既存の知見等も適宜活用して通信環境を構築する手順を標準化した。また、代表的なアプリケーションの活用事例も紹介した。執筆にあたっては、専門的な知識がなくても活用できるよう、なるべく平易な表現で作成することに留意した。

(4) 普及活動の実施

事業の成果の普及にあたっては、行政機関や森林・林業の関係者にも知見が広められるよう努め、12月20日に現地検討会を開催し、遠隔臨場や木材検知アプリが生成したデータの送信等を群馬県フォレスター連絡協議会メンバー等に紹介した。現地検討会の詳細は、参考資料2 現地検討会の概要のとおりである。また、後日、概要をとりまとめた資料により、県内の林業関係団体等にも取組み成果を紹介した。

2.2.2 実運用試験の概要

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。

2.2.2.1 実施計画

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4年 11月29日～30日 現地調査

12月19日～20日 現地検討会

実運用試験は以下の手順にて実施した。

- 事前調査（機器選定、場所選定、伝搬シミュレーション、簡易測定）
- バックホール回線、及び、アクセス回線の構築
- 業務アプリケーションを用いたモニター調査

2.2.2.2 無線通信システム概要

本実用試験においては、公衆回線（LTE）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し、前述の「事業地から事務所等までの通信ネットワークの構築」、「長期稼働の実施に関わる調査」を実施し、それらの成果を用いて「通信環境構築マニュアル」を作成した。

図 2.1 に無線通信システムの全体イメージを示す。

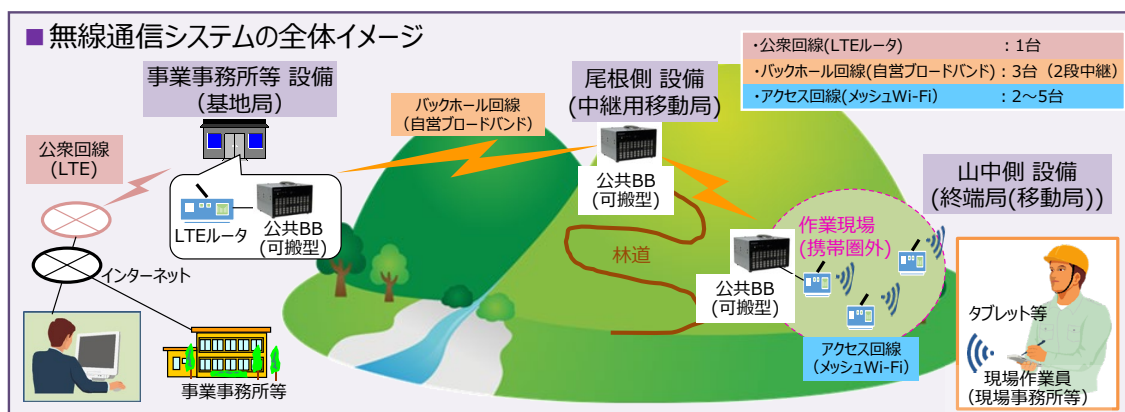


図 2.1 無線通信システムの全体イメージ

各設備の機能概要を以下に示す。

●事業事務所等の設備（基地局）：

インターネット回線と接続可能な公衆回線との接続を実現する。

●尾根側の設備（中継用移動局）：

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

●山中側の設備（終端局（移動局））：

作業現場では、本移動局に具備する Wi-Fi 機器（AP：アクセスポイント）を介して、スマートフォンやタブレット等との無線接続環境を提供する。

本システムは上記 3 設備（拠点）を公共ブロードバンド移動通信システム（以降、公共 BB）によるバックホール回線として接続することで、林業事業地にインターネット接続を提供するものである。

基地局においては、インターネット接続手段として、携帯電話回線や、有線の光回線に代表される公衆回線を活用し、作業現場における作業員の端末（スマートフォンまたはタブレット等）の接続には Wi-Fi をアクセス回線として活用することで、林業事業地からのイン

ターネットアクセスを可能とする。

なお、アクセス回線として利用する Wi-Fi アクセスポイント(以降 Wi-Fi AP と記す)は、市販のものだけでなく、公共 BB 無線局に具備する Wi-Fi AP を利用することが可能である。また、メッシュ Wi-Fi 機器を用いることで、当該無線局周辺の Wi-Fi 通信エリアを拡大することも可能となる。

補足：公共 BB 無線装置の局種別の表記について

本実証試験では、無線装置の定義・呼称を前述のとおり、基地局、中継用移動局、及び、終端局（移動局）とした。公共 BB の多段中継機能は民間標準規格 ARIB STD-T119 *1に規定・実用化されている方式であり、広域系 Wi-RAN システム*2として知られている。

*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

*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

2.2.2.3 周波数帯や通信機器等の選定

使用する回線種別毎の無線システムの利用方法を表 2-1 に示す。

表 2-1 本実証で用いた無線通信方式及び無線通信機器

回線種別	無線システム	説明
バックホール回線	200MHz 帯：公共 BB	公衆携帯網圏内の事務所と、オフライン環境を無線接続するバックホール回線として、昨年度までの屋外実証試験にて検証済み。 今年度は標高の低い森林事務所に基地局を設置し、より実用化に近い形で回線を構築した。

アクセス回線	2.4GHz 帯：無線 LAN (メッシュ Wi-Fi)	作業現場周辺エリアに、林業従事者が業務用アプリ等を使用するために用いるスマートフォンやタブレットを接続するためのアクセス回線として、昨年度までの屋外実証試験にて検証済み。 今年度は沢沿いの林道に終端局（移動局）を設置し、沢向いの事業地まで 3 台のメッシュ Wi-Fi AP（アクセスポイント）を接続するなど、より厳しい条件下での調査を実施した。
--------	---------------------------------	--

2.2.2.4 バックホール回線の概要

本節では、公共 BB によるバックホール回線の概要を示す。

基地局

- ✓ 公衆回線との接続可能な、森林事務所等に設置する通信の中心となる無線局
- ✓ 運用時は、本基地局の配下に中継用移動局及び終端局（移動局）が接続される
- ✓ 通信可能域（30 km）を越えない場所を選定
- ✓ 作業現場では無線機の設置場所が変わるのに対し、基地局は一定の箇所に長期設置が想定されるため、長期設置が問題ないか確認する
- ✓ 公衆回線と公共 BB を接続するためには、有線 LAN インタフェースを有する「LTE ルータ」が必要になる

中継用移動局

- ✓ 基地局と終端局（移動局）が直接通信できない場合に、両局を中継するための無線局
- ✓ 基地局及び終端局（移動局）との接続が可能となるよう直線上に遮断する斜面等がなにか地形状況を確認しながら、なるべく標高の高い場所に設置する。
- ✓ 終端局（移動局）と同様に、Wi-Fi 機器によるアクセス回線が構築可能

終端局（移動局）

- ✓ 山間部のインターネット等のオフライン環境にある作業現場に設置する無線局
- ✓ 基地局または、下記の中継用移動局と接続する
- ✓ 令和 4 年度は車載型の終端局（移動局）を設置。林道など車両通行可能な場所に設置

する

- ✓ 本移動局に具備する Wi-Fi 機器 (アクセスポイント) を介して、スマートフォンやタブレット等との無線接続を可能とする
- ✓ 森林事務所等に設置する基地局と比較し、一般に、1 日単位での設備設置・撤収による運用を想定して調査を実施する

2.2.3 実運用試験

2.2.3.1 バックホール回線概要

本試験では、公共 BB 中継用移動局を用いた無線 2 段中継によりバックホール回線を構築した。各無線局の設置条件を図 2.2 に示す。なお、伝搬シミュレーションを用いた事前調査結果については、「2.2.4.1 (1) 伝搬シミュレータによる事前調査手法の確立」にて後述する。



図 2.2 バックホール回線の置局情報

2.2.3.2 各無線設備の機器構成

(1) 基地局設備

森林事務所に設置した基地局設備の機器構成を図 2.3 に示し、設置時の写真を図 2.4 に示す。

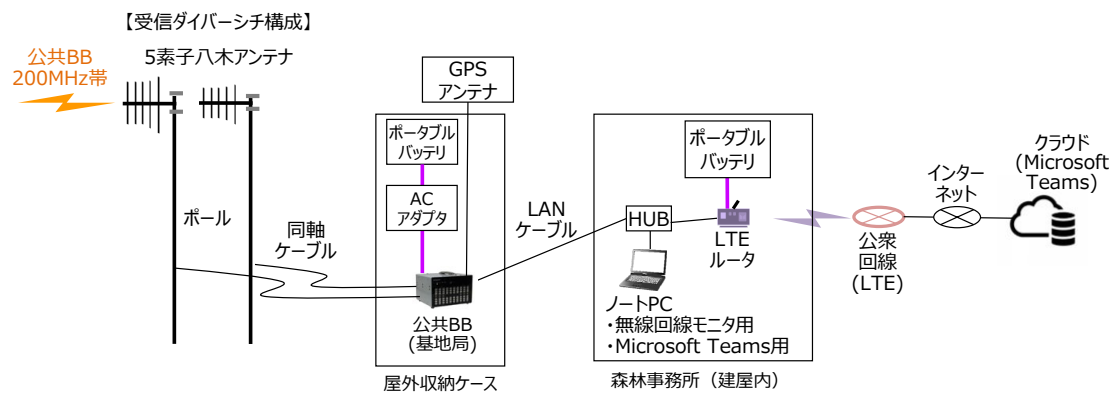
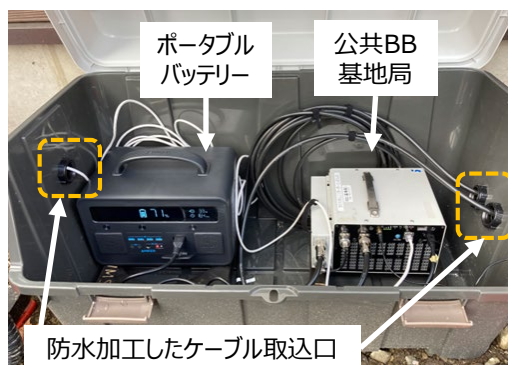


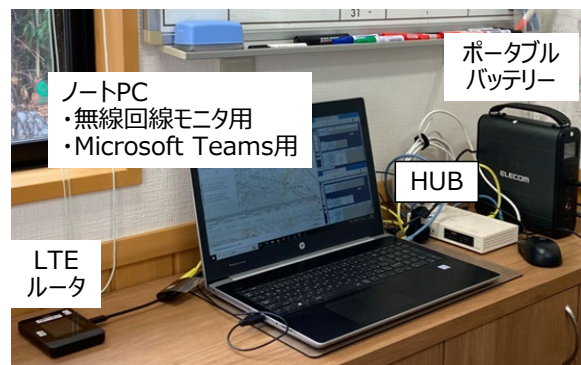
図 2.3 屋外試験時の機器構成（基地局設備）



(a)5 素子八木アンテナ（受信ダイバーシチ構成（*1））



(b)収納ケース内の基地局



(c)建物内の LTE ルータ等の機器一式

図 2.4 設置時の写真（基地局設備）

(*1) 受信ダイバーシチ：

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

(2) 中継用移動局設備

中継地点に設置した中継用移動局設備の機器構成を図 2.5 に示し、設置時の写真を図 2.6 に示す。

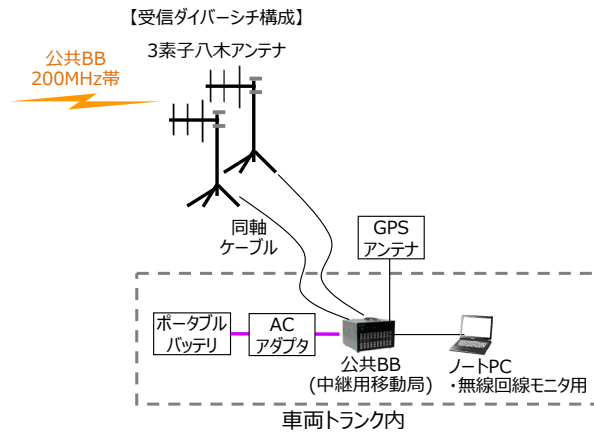
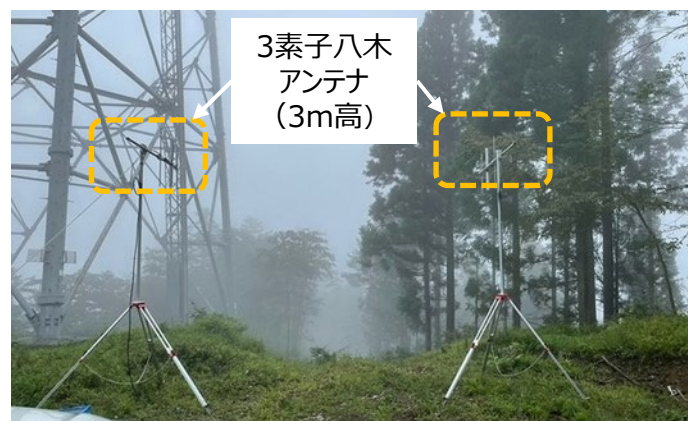


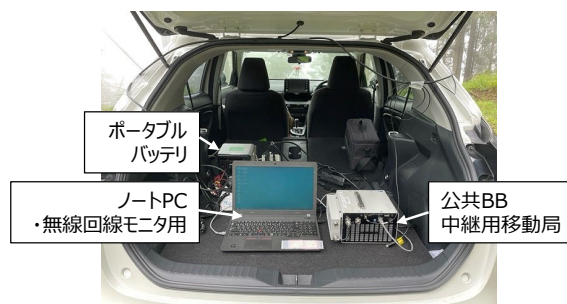
図 2.5 屋外試験時の機器構成（中継用移動局設備）



(a) 3素子八木アンテナ（受信ダイバーシチ構成）



(b) アンテナと無線設備の設置車両



(c) 車両トランク内の無線機器

図 2.6 設置時の写真（中継用移動局設備）

(3) 終端局（移動局）設備

作業現場周辺に設置した終端局（移動局）設備の機器構成を図 2.7 に示し、設置時の写真を図 2.9 に示す。

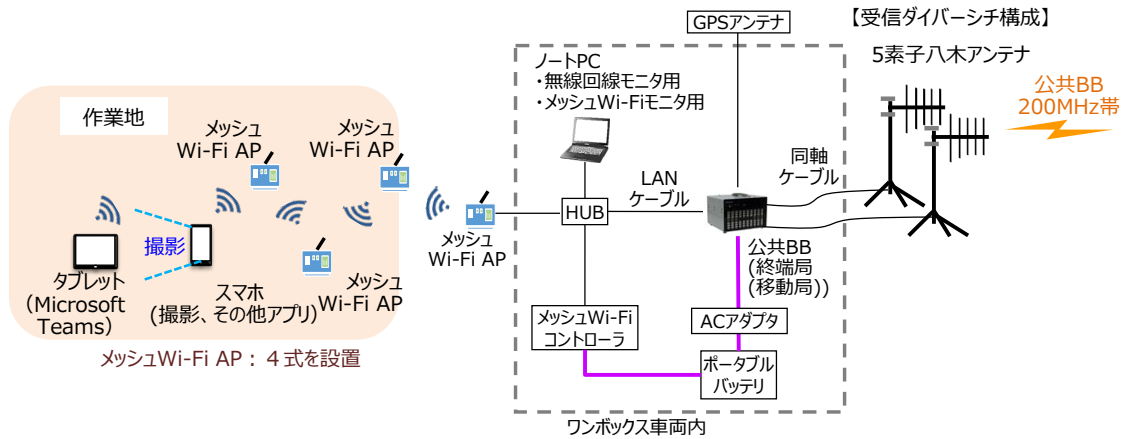


図 2.7 屋外試験時の機器構成（終端局（移動局）設備）



図 2.8 終端局（移動局）のアンテナ設備
(5 素子八木アンテナ、受信ダイバーシチ構成)

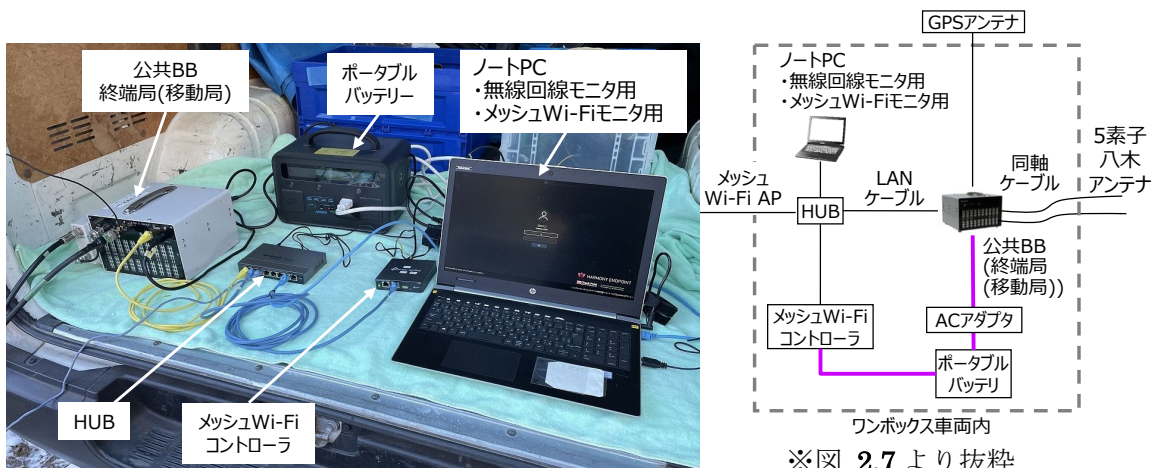


図 2.9 終端局（移動局）の無線設備（車両内）

なお、「2.2.4.1 (1) 伝搬シミュレータによる事前調査手法の確立」では、図 2.11 に示すとおり、本丸三ツ丸林道は沢沿いの低い地形の林道にあるが、通信距離内は、おおむね通信システムが構築可能という調査結果であった。

2.2.3.3 試験項目

本年度の実運用試験は、本丸三ツ丸林道沿いの木材生産箇所において、丸太検知アプリを用いてデータ送信を行うことから、2か所の候補地を選定して、電波の受信状態の確認試験を行った。候補地については、図 2.10 に示す。2か所の候補地のうち、B地点の方が、受信状況が良好であったが、C地点の方が日期的に都合が合うこと、良好な受信状況での試験は令和3年度に実証調査を行ったことを踏まえ、電波状況の条件が劣るC地点で実証調査を行うこととした。

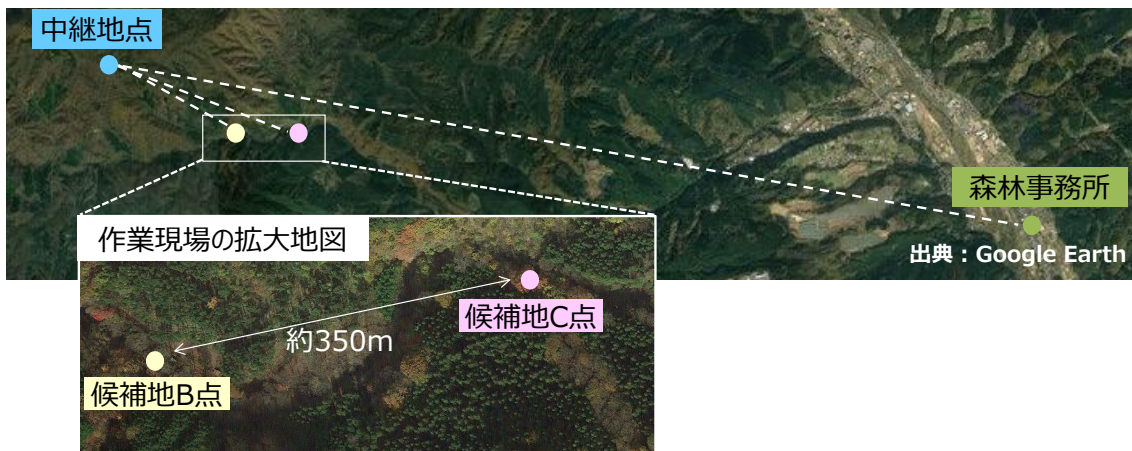


図 2.10 作業現場（候補地 B 点、C 点）

今年度におけるアプリ等の活用結果は、後述する現地検討会におけるモニター調査の位置づけにて、実施したものである。現地検討会では、作業現場と、公衆回線と接続可能な森林事務所、群馬署及び本調査検討会の構成員が居る遠隔地を WEB 会議アプリにて接続し、表 2-2 に示す検証項目について実施した。

なお、実運用試験の内容及び結果の詳細については、「2.2.4 実運用試験結果」に記載する。

表 2-2 本実運用試験での検証項目一覧

#	検証項目
1	現場報告 (WEB 会議アプリを利用)
2	遠隔臨場 (同上)
3	林業研修作業 (林業研修アプリを利用、画像・データ転送含む)
4	位置情報共有

2.2.4 実運用試験結果

2.2.4.1 事業地から事務所等までの通信ネットワークの構築

(1) 伝搬シミュレータによる事前調査手法の確立

本年度の実運用試験の事前調査として実施した、伝搬シミュレーションを用いた受信電力分布図を図 2.11 に示す。

本シミュレーション結果は、中継地点から送信した電波が、倉淵森林事務所 (基地局) 及び作業現場に安定して無線通信が可能なレベルで届いていることを示している。

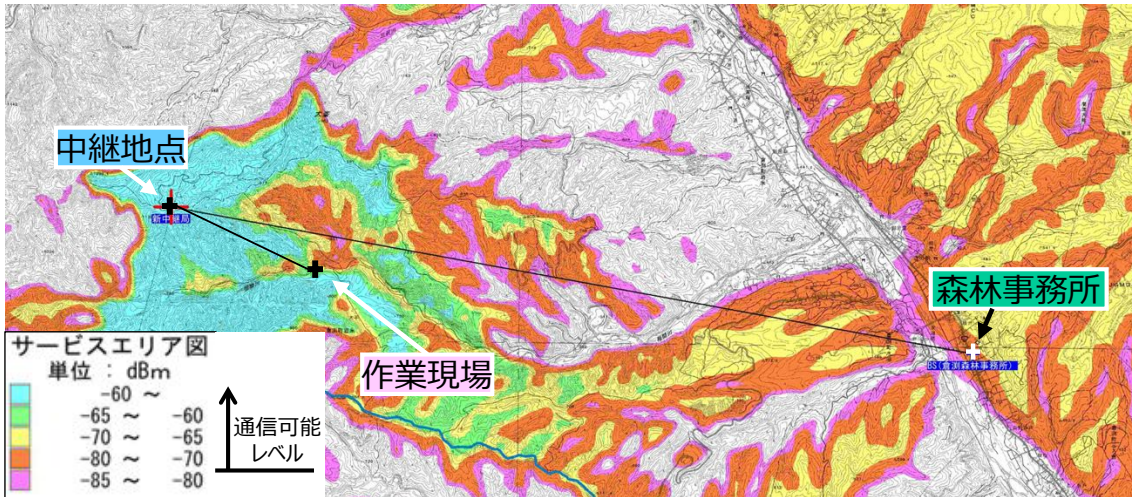


図 2.11 伝搬シミュレーション（送信点：中継地点）

なお、汎用伝搬シミュレータの比較については参考資料3、伝搬シミュレータを用いた置局検討手法については参考資料4に記載のとおりである。また、それらの内容は、通信環境構築マニュアルにも記載した。

(2) 無線設備設置環境の調査手法の確立

無線設備の設置環境に関する調査では、前節に記載した伝搬シミュレーションを用いた無線局置局検討結果に基づき、各無線設備の設置条件を確認するために、事前の現地調査を実施した。それらの現地調査の結果について説明する。

1) 基地局置局候補地の現地調査（倉渕森林事務所）

基地局設備の置局候補地（倉渕森林事務所）の敷地内に仮設するアンテナ設置用ポールの設置位置の検討結果について図 2.12 に示す。森林事務所への設置検討においては、建物裏の空きスペースに、ポール2本（地上高 6m）を立ててアンテナを設置する構成とした。

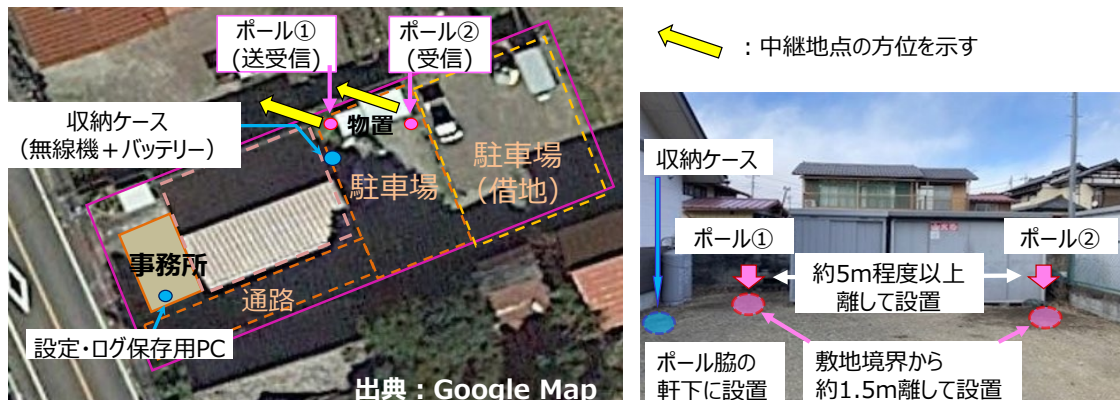


図 2.12 倉渕森林事務所内のアンテナ取付用ポールの仮設位置（事前現地調査）

次に、無線機及び周辺機器の設置と、同軸ケーブル及びLANケーブルの配線についての検討内容について図 2.13 に示す。

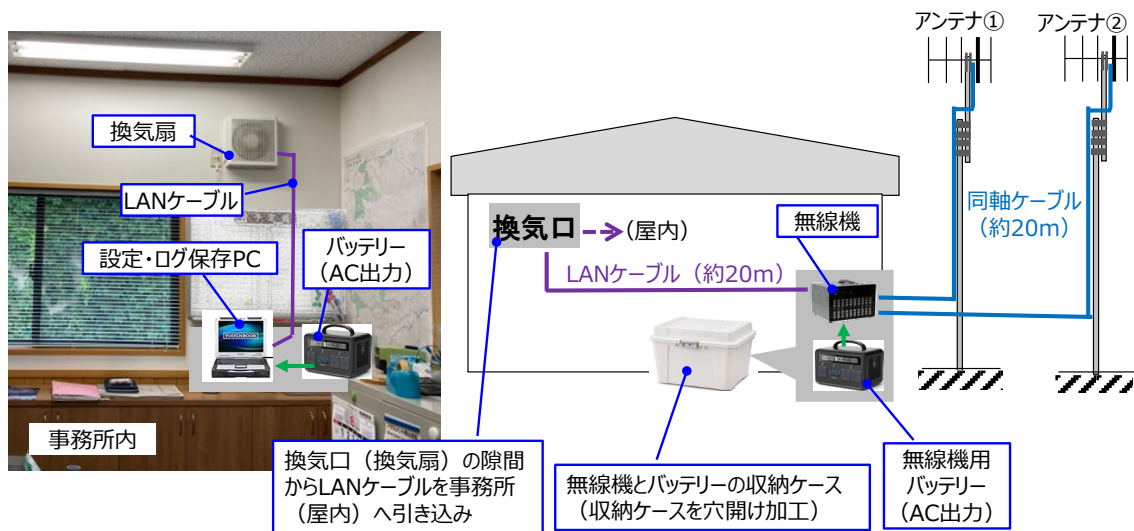


図 2.13 アンテナ取付用ポールの仮設方法の検討 (事前現地調査)

2) 中継用移動局置局候補地の現地調査 (大日影支線終点)

中継用移動局の置局候補地である、作業現場北側の林道 (大日影支線) の終点について現地調査を実施した。

本地点は、標高が高く (1,103m)、車両乗り入れ及び無線設備設置スペースがあるため、機材の運搬にも支障がないことが確認できた。ただし、候補地までの林道は狭く、途中で第2候補地となりそうなスペースは無かった。車両での所要時間は、倉渕森林事務所から林道入口までが約 20 分で、林道入口～置局候補地 (大日影支線終点) までが約 30 分であった。

また、本設置場所の近くにある高圧鉄塔 (送電線) が、バックホール回線に影響を与えるかどうかを調べるために、無線通信の試験を行い、その結果、高圧送電線がバックホール回線に影響を与えないことが確認された。通信試験の内容及び結果については後述する。



図 2.14 中継地点（大日影支線終点）の無線設備設置場所（事前現地調査）

3) 終端局（移動局）置局候補地の現地調査（本丸三ツ丸林道内の土場）

終端局（移動局）の置局候補地である、本丸三ツ丸林道内の土場について現地調査を実施した。

本地点は、林道脇の低地にあるが、車両乗り入れ及び無線設備設置スペースは十分確保でき、機材の運搬にも支障がないことが確認できた。また、本地点は低地で山岳斜面に囲まれた環境にあり、電波の反射による無線通信の劣化も想定されるため、無線機を用いた通信試験を実施し、特段、バックホール回線への影響が無いことが確認された。その通信試験の内容及び結果については後述する。



(a)土場全体

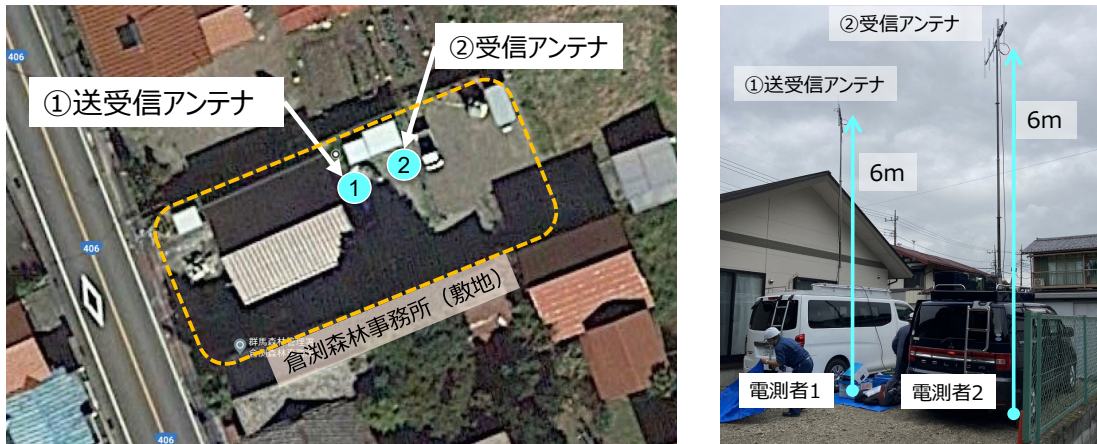
(b)設置スペース

図 2.15 作業現場（本丸三ツ丸林道内の土場）の無線設備設置場所（事前現地調査）

4) 無線機を用いた事前通信試験（簡易測定）

事前現地調査時の通信試験（簡易測定）においては、「倉渕森林事務所－中継地点」、「中継地点－作業現場」の2つの無線区間について測定を実施した。

なお、基地局設備のアンテナ取付用のポールは仮設前であるため、2台の電測車のポールを用いて、アンテナ高=6mとし、通信試験を実施した。(図 2.16)



(a)倉渕森林事務所内のアンテナ位置 (b)アンテナ仮設（電測車）

図 2.16 基地局設備（倉渕森林事務所）（事前現地調査 通信試験）

図 2.17 に、事前現地調査にて、簡易測定した結果を示す。

今回の簡易測定の結果は、上記の中継地点のアンテナ種別変更を考慮した上でも、伝搬シミュレーション結果（図 2.11）と同等な結果が得られている。また、過去の評価実績を踏まえても、安定した無線通信に必要な受信電力が確保できていると考えられる。

参考値として示すと、受信電力では、-83dBm 以上、無線回線品質「通信信号のクリアさ（信号と雑音の電力比）」では、7dB 以上のレベルがあれば、通信路が確保できる。



図 2.17 事前現地調査での簡易測定結果

(3) 無線設備の機材確認手順

本年度調査においては、通信ネットワーク構築時に設置した機材等は、調査終了後に原状

回復に努める方針により、仮設置を行った。

実運用を想定した場合の無線設備の設置形態の想定を以下の表 2-3 に示す。

表 2-3 実運用を想定した無線設備の設置形態

無線設備	設置構成	
	無線機器一式	アンテナ設備
基地局設備	事務所等の建物内	ポール、三脚、屋根馬
中継用移動局	車両内または収納ケース	三脚
終端局（移動局）	車両内	三脚または 車両ルーフのホイップアンテナ

1) ポール設置及びケーブル敷設

前述の現地事前調査に基づき検討した設置方法に基づき仮設した基地局設備の外観について示す。

i) アンテナ・ポール仮設

倉渕森林事務所裏の駐車場に、アンテナ設営用ポール（アンテナ高 6m）と 5 素子八木アンテナを 2 本設置した。



図 2.18 基地局側のアンテナ設置後の外観

ii) 基地局、同軸ケーブル、LAN ケーブル、収納ボックス

基地局－アンテナ間の同軸ケーブル、及び、基地局－PC 間の LAN ケーブルの取組口を防水加工した収納ケースを設置した。なお、盗難防止のため、収納ケースには施錠機能を具備した。

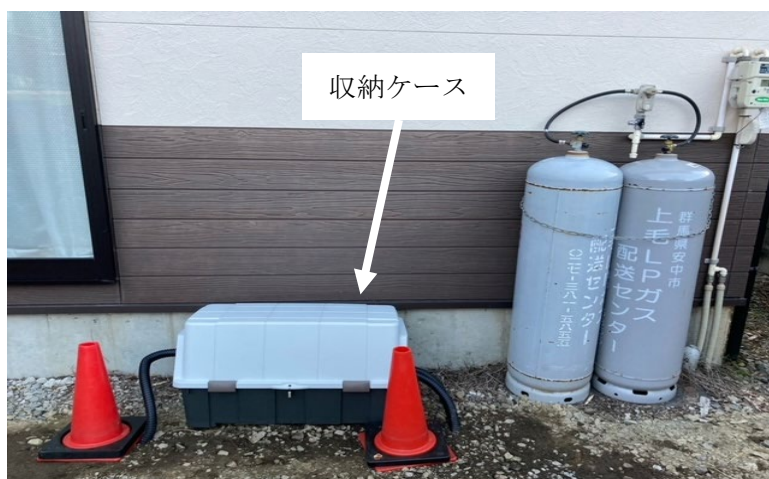


図 2.19 基地局及びバッテリーを設置する収納ケース（建物軒下）



図 2.20 防水加工した収納ケースのケーブル取込口

iii) 森林事務所内への LAN ケーブル引き込み

換気扇の羽根と LAN ケーブルが干渉しないように、換気扇の隙間から屋内へ LAN ケーブルを引き込むように配線した。



図 2.21 森林事務所の屋内への LAN ケーブル引き込み結果の外観

2) アンテナ、三脚及び無線機設置の手順

本年度実証において、中継用移動局及び終端局（移動局）設備にて仮設した、三脚を用いたアンテナ設置作業の流れ（一例）を表 2-4 に示し、実際に設置作業を行っているときの写真を図 2.22～図 2.27 に示す。

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

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

表 2-4 三脚を用いたアンテナ設置の作業（一例）

工 程	作 業	写 真
1	アンテナ素子組立	図 2.22
2	アンテナと同軸ケーブルの接続	図 2.23
3	アンテナとポール接合	図 2.24
4	ポール・アンテナと三脚の組立	図 2.25
5	アンテナ位置（方位）の決定	図 2.26
6	無線局含む機器の設置	図 2.27

工程1：アンテナ素子組立

アンテナ素子は、事前に組み立てておくことが至便である。

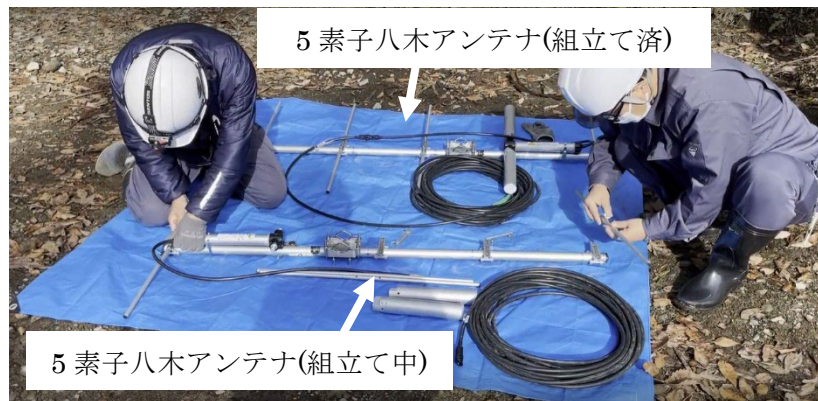


図 2.22 アンテナ素子組立作業

工程2：アンテナと同軸ケーブルの接続

接続するコネクタ部には、ビニールテープを巻く等の防水対策を行う。



図 2.23 アンテナと同軸ケーブル接続作業

工程3：アンテナとポール接合

ポールを三脚に設置する前に、アンテナとポールを取付金具にて接合する。



図 2.24 アンテナとポール接合作業

工程 4 : ポール・アンテナと三脚の組立

本工程は、安全面を考慮し、2名での作業とする。



図 2.25 ポール・アンテナと三脚の組み立て作業

工程 5 : アンテナ位置 (方位) 決定

アンテナ設置後、無線機への入力信号レベルが最良値となるよう、アンテナ方向を微調整する。



図 2.26 アンテナ位置 (方位) 決定作業

工程 6：無線局を含む機器の設置

車両後部に無線局を含む機器一式を設置する。

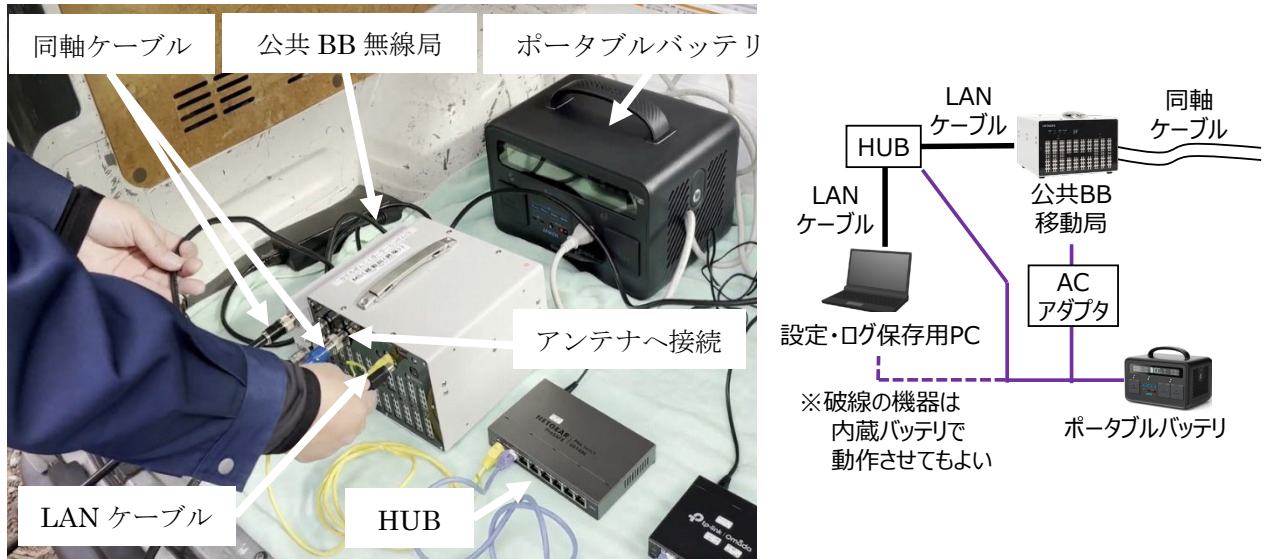


図 2.27 無線局を含む機器の設置作業

3) アクセス回線（メッシュ Wi-Fi AP（アクセスポイント））設置

終端局（移動局）に接続し、現場作業員が操作するスマートフォンやタブレットをバックホール回線と接続するアクセス回線の無線設備の写真を示す。

アクセス回線を構成するメッシュ Wi-Fi AP（アクセスポイント）同士は、図 2.28 に示すような無線設備一式を山中に 50m 程度の間隔で配置した。

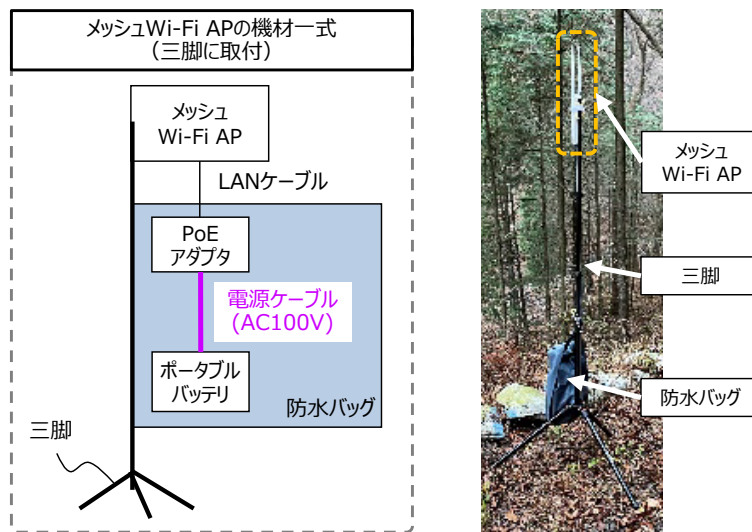


図 2.28 設置時の写真（アクセス回線 メッシュ Wi-Fi）

バックホール回線の公共 BB 終端局（移動局）と、アクセス回線のメッシュ Wi-Fi AP は、
図 2.29 に示すように LAN ケーブルにて接続した。

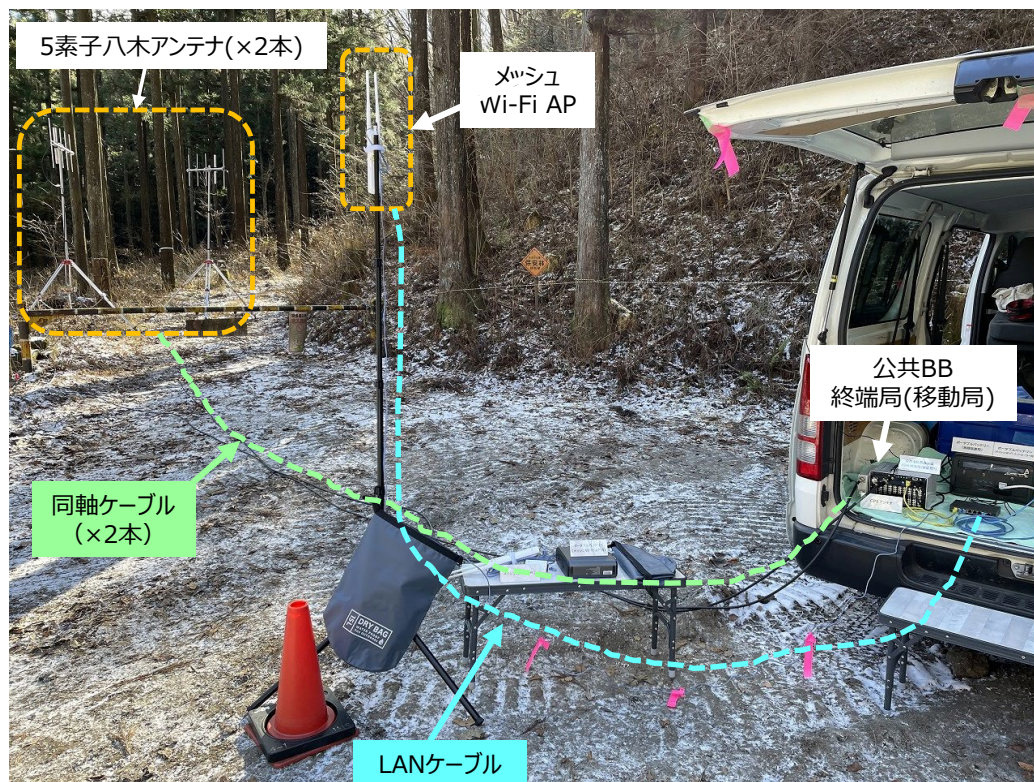


図 2.29 設置時の写真（バックホール回線とアクセス回線の接続）

本実証試験で使用したメッシュ Wi-Fi AP（アクセスポイント）の通信距離は、カタログ記載値で約 180m 程度となっている。通信距離を長くするには、アンテナ高及び見通しの確保が必要となる。アンテナ高は、図 2.28 に示すように、三脚等のアンテナ取付機材により 2m 程度の高さを確保し、地形や周辺環境によって見通しの確保が困難な場合は、Wi-Fi AP を移動または増設する方法が有効である。また、作業現場一帯を見渡せる高所に、中継用のメッシュ Wi-Fi AP を設置することも有効と考えられる。

2.2.4.2 長期稼働の実施に関わる調査

(1) 現場業務と組み合わせた作業手順のとりまとめと課題の整理

1) 長期稼働の検討目的（基地局設備）

作業現場にネットワークを構築する上で、設置環境の中心となる基地局設備の長期の据

付けに耐えうる必要な設置要件の検討、仮設工事、ならびに、具体的な経過確認を行った。

前記「2.2.4.1 (3) 1) ポール設置及びケーブル敷設」に示す基地局設備の設置（アンテナ・ポール仮設、無線機器収納ケース及びケーブル敷設）の工事は以下に示すスケジュールにて実施した。

令和 4 年 10 月 17 日（月） 資材の搬入から設置工事完了（1 日）

令和 4 年 12 月 20 日（火） 本設備にて現地調査会を実施

二か月以上に渡る設置期間を経たのち、「現地検討会」を開催し、屋外に設置した基地局設備（アンテナ・ポール仮設、無線機器収納ケース及び敷設ケーブル）が支障なく利用できること確認した。

2) 中継用移動局及び終端局設備の設置要件

無線設備の仮設運用が想定される中継用移動局及び終端局（移動局）の設置条件において、長期運用に関連する電源（バッテリー）容量の設定手法、及び、屋外設置する無線機器の防水化手法について説明する。

i) 電源（バッテリー）容量の選定手法

バッテリー容量の選定は、実運用を想定した場合の以下の情報（表 2-5）を整理して、決定した。

表 2-5 バッテリー容量選定時に考慮すべきパラメータ

#	項目	説明										
1	電源供給機器の消費電力	無線設備内の機器の消費電力の合計（単位：W）										
		一般的な消費電力一覧（参考値）										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>機器</th> <th>消費電力(参考値)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>公共 BB 装置</td> <td>約 60W</td> </tr> <tr> <td>Wi-Fi AP</td> <td>約 10W</td> </tr> <tr> <td>HUB</td> <td>約 5W</td> </tr> <tr> <td>ノート PC</td> <td>約 30W</td> </tr> </tbody> </table>	機器	消費電力(参考値)	公共 BB 装置	約 60W	Wi-Fi AP	約 10W	HUB	約 5W	ノート PC	約 30W
		機器	消費電力(参考値)									
		公共 BB 装置	約 60W									
Wi-Fi AP	約 10W											
HUB	約 5W											
ノート PC	約 30W											
2	連続使用時間とバッテリー充電周期	運用時において、次回充電するまでの動作時間の合計(単位：h)										

必要となるバッテリー容量の単純な試算方法としては、すべての機器の消費電力の合計に対して、充電せずに連続で動作させる時間を計算することで求められる。ただし、リチウム

イオンバッテリーをはじめとする蓄電池は、一般に冬期屋外・寒冷地では使用時間が短くなる傾向にあり、電池容量がカタログ値を下回る可能性を想定して、今回の調査では連続使用時間 20 時間程度のバッテリー（重量 2.8kg 程度）を選択し、1 日約 5 時間の作業終了後に、バッテリー残量を確認したところ、約 7 割の電力が残っていたため、実用化段階では半分程度の充電容量のバッテリーでも使用可能と思われる。

ii) 屋外設置する無線機器の防水化手法

無線機材を設置する環境において、建物内に機材を設置できない場合は、屋外への設置となる。たとえば、基地局設備や中継移動局など、長期間において設置場所の移動が予定されない場合には、収納ケース等に無線機器等を設置することが想定される。その場合は、収納ケースの蓋やケーブル取り込み口には、防水加工を施す必要があり、設置位置に関しては、可能な範囲で、風雨・降雪・落雷を回避できる環境が望ましい。

中継用移動局や終端局（移動局）は、車両内への設置が基本構成であるが、収納ケースと同様に、車両へのケーブル引き込み箇所への防水対策は必要となる。

また、同軸ケーブルや LAN ケーブルの配線においては、周囲の環境によるが、長期間の設置が想定される場合は、配管・埋設工事的必要性についても検討が必要となる。

(2) 事業地の移動に係る対応

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

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

1) 伝搬シミュレーション結果の事前確認

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

2) 終端局（移動局）のアンテナ方向調整

事業地の移動先が、中継用移動局の通信可能エリア内の場合、終端局を新しい事業地に移設し、移動前と同じ中継用移動局にアンテナ方向を向けて設置する。

このケースでは、中継用移動局の無線設備には変更せずに、移設した終端局と通信可能となるため、事業地変更に伴う作業としては一番簡便な対応となる。

3) 中継用移動局の移設

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

4) 中継用移動局の増設

事業地が山中の奥地へ移動する等の状況において、既設の無線設備によるアンテナ方向調整や移設の対応では、新しい事業地に電波が届かない場合、中継用移動局を増設する。この場合、新規無線設備の置局となるため、上記3)と同様、伝搬シミュレーションを用いた置局検討が必要となる。中継用移動局の増設時の留意事項を以下に記載する。

i) 増設によるコスト

中継用無線局の増設コストは、2台目以降も同じであるが、伝搬シミュレーションを用いた置局選定結果によっては、アンテナ設備やアクセス回線の条件も異なることが想定される。

ii) 増設後のバックホール回線の回線速度

参考資料5に示すとおり、バックホール回線は、無線中継段数が増加するほど回線速度が低下するため、使用するアプリケーションに必要なデータ量を考慮した上で、構成変更を検討する必要がある。バックホール回線の各種条件に応じた回線速度の詳細については、参考資料5及び通信環境構築マニュアルに記載している。

iii) アクセス回線との連携

通信エリアの拡大方法については、中継用移動局の増設以外に、終端局（移動局）と作業現場間のアクセス回線を延伸させる方法も想定される。

たとえば、作業現場内やその周辺に終端局（移動局）を設置しても、中継用移動局との無線通信が確立できない場合、終端局（移動局）の設置場所を作業現場から離して、中継用移

動局との無線通信が可能な位置に設置し、終端局（移動局）から作業現場まではメッシュ Wi-Fi によるアクセス回線により延伸する方法が考えられる。ただし、公共 BB と比較して、メッシュ Wi-Fi の通信距離は短いため、作業現場ごとに終端局（移動局）の配置と、メッシュ Wi-Fi 機器の設置条件を考慮し、置局する必要がある。

(3) モニター調査の実施

本年度のモニター調査では、現地調査検討会を開催し、利用者参加型のアプリ実証により、具体的に体感して頂いた上で、今後の実用化に向けた意見収集を行った。

本調査検討会にて実施した、実運用を想定したアプリ実証（作業現場と会議参加者との WEB 会議システム接続、現場報告、遠隔臨場、位置情報共有、等）の内容を以下に示す。

1) 現場報告（調査事業現場の状況報告）

WEB 会議アプリ（Microsoft Teams）を用いて、作業現場から森林事務所等の遠隔地まで、音声・映像伝送による状況報告を実施した。事前確認時は、音声及び映像が途切れることなく、良好に配信された。状況報告時での実証では、事前確認時よりも画質が低下したが作業現場の状況をリアルタイムに把握・共有できることを確認した。

図 2.30 は、実際に、現場報告を映像伝送したときのキャプチャ画像と、WEB 会議にて現場報告しているときの風景である。



(a)ビデオ伝送画像

(b)WEB 会議アプリでの撮影風景

図 2.30 現場報告（Microsoft Teams 使用）

2) 遠隔臨場

WEB 会議アプリ（Microsoft Teams）を用い、事務所の森林官と事業地の作業員との間にて、遠隔臨場を行った。実証時は、森林官の指示に従い、作業現場の作業員が的確に作業できることを確認した。

実際に、遠隔臨場を映像伝送したときのキャプチャ画像と、WEB 会議アプリにて遠隔臨場行っているときの風景を示す。（図 2.31）

なお、図 2.31 では、現場からの画質が若干劣化していることが見て取れるが、これは、インターネットの回線状況に起因した現象であることを確認している。

今回の遠隔臨場では、遠隔地からの指示、及び作業現場からの音声・映像による報告が実証できており、待ち時間や事前調整等がなく定期的に報告することが可能となる。これを踏まえると、例えば従来、現場を確認する日程の調整、現場までの往復時間・出張に係る事務処理、現場作業の事前調整、当日の現場での対応等に要した時間が不用となり、少なくとも 2～3 名の人員の半日程度の業務の効率化及びコスト削減を図ることができると推察される。



(a)ビデオ伝送画像

(b)WEB 会議アプリでの撮影風景

図 2.31 遠隔臨場（Microsoft Teams 使用）

3) 業務用アプリの活用（AI 丸太検知くん）

WEB 会議アプリ（Microsoft Teams）を用いて、現場作業の様子を配信しながら、丸太の木材検収用アプリ「AI 丸太検知くん」の実証を行った。

業務用アプリにて、丸太の撮影画像を解析後、一般的なメールソフトを用い、解析データ及び撮影画像を添付ファイルとしてメール送信した。その後、倉渕森林事務所の PC にてメール受信し、添付ファイルの内容を確認した。

業務用アプリ端末の操作風景（図 2.32）、メール受信した業務用アプリの解析データ及び撮影画像データ（図 2.33）、及び、作業現場全体の風景（図 2.34）を示す。



(a)業務用アプリで丸太の撮影



(b)撮影した丸太の画像



(c)ファイルをメール送信中

図 2.32 業務用アプリの操作風景

	A	B	C	D	E	F	G
1	番号	樹種	長さ	直径	単材積	本数	材積
2	1	スギ	2	30	0.18	1	0.18
3	2	スギ	2	36	0.259	1	0.259
4	3	スギ	2	42	0.353	1	0.353
5	4	スギ	2	44	0.387	1	0.387
6	5	スギ	2	46	0.423	1	0.423
7	6	スギ	2	48	0.461	2	0.922
8					合計	7	2.524

(d)帳票(CSV ファイル)



(e)撮影した丸太画像(JPG ファイル)

図 2.33 メールで受信した添付ファイル(解析データ、撮影画像)



図 2.34 作業現場全体の風景（業務用アプリ実証時）

(4) モニター調査の意見とりまとめ結果

調査検討会中で、参加者との質疑応答を実施した結果を図 2.35、表 2-6 にまとめる。

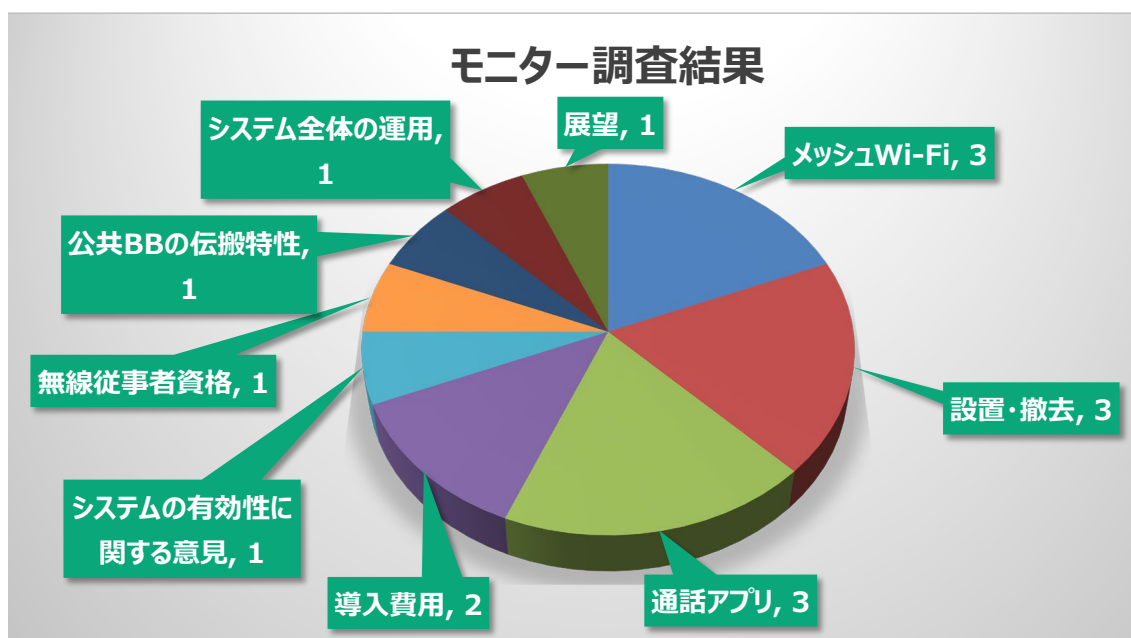


図 2.35 モニター調査のアンケート結果まとめ

表 2-6 モニター調査の質疑応答結果

#	分類	意見・要望ほか	事務局回答
1	システムの有効性に関する事項	現地とのリアルタイム通信は有益である。移動時間及び日程調整が不要になり、業務効率改善になると感じている。	本システムの有効性をご認識頂いたと理解した。
2	メッシュ Wi-Fi に関する事項	メッシュ Wi-Fi の到達距離はどの程度か。	今回採用した汎用製品では約 100m
3	同上	メッシュ Wi-Fi の到達距離が 100m では、広い現場に対応できないと思われる。	今回のメッシュ Wi-Fi は市販の汎用品を使用。空中線電力（到達距離）やコストなど、利用シーンに合わせたモデルを選択することが可能である。
4	同上	通常のネットワーク（インターネット等）と比較し、データ伝送の時間がかかると感じられる。	データ伝送時間は、バックホール回線の回線速度（スループット）の上限に依存するので、汎用のインターネット回線よりも伝送容量が低いことを前提としており、その分の時間を要する。
5	設置・撤去に関する事項	設置・撤去にかかる時間はどの程度か。	設置は 1 時間程度、撤去は 30 分程度要した（初回時の調査結果）
6	同上	設置場所の条件はあるか。	一般に、電波の遮蔽がなく、アンテナ高が高い設置可能な場所が望ましい。アンテナ用三脚を設置する際には、2m 四方面積、アンテナ 2 基設置できるスペースがあれば、設置可能。
7	設置・撤去に関する事項	無線機の設置場所はどのように選定するか。	電波伝搬シミュレーションを用いて、設置場所を選定することが有効である。具体的な内容は通信環境構築マニュアルに記載
8	導入費用に関する事項	公共 BB の導入費用（1 対向）はいくらか。	導入費用は概算で 1 対向約 4~6 百万円（令和 2 年度報告書(※)に掲載済み）リースなどの方策も有効と考える。 (※) https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/attach/pdf/jouhoukibanse

			ibi-9.pdf p.50 表 4.1 概算導入費用及び現状の課題
9	同上	導入にあたってのコスト低減及び設置時間の短縮ができれば、より導入が容易になると考える。	今後の検討事項としたい。
10	通話アプリに関する事項	映像データの粗さは Teams による問題か。	Teams は音声優先の制御特性を持つことが影響していると推測。昨年度実証事例では、動画伝送用のウェアラブルカメラの使用により、高画質な伝送が可能なことを確認している。
11	同上	緊急連絡に使用する場合、どのようなアプリが考えられるか。	LINE など IP 電話のアプリを活用することで、音声接続が可能。その他、利用シーンにより、従来の簡易無線や衛星通信などの既存システムを併用することも有効と考える。
12	通話アプリに関する事項	1 エリア内において、同時接続可能な端末数は何台か。	公共 BB によるバックホール回線では、音声通話では 20 台程度、映像伝送では 6 台程度可能。
13	無線従事者資格に関する事項	公共 BB を使用する際の資格は何が必要か。	無線従事者資格は、第三級陸上特殊無線技士以上が必要となる。
14	伝搬特性に関する事項	木々による電波の減衰はあるか。	VHF 帯を利用することから、他の周波数帯に比較し、一般に、影響は少ないと言える。ただし、電波を遮蔽するような深い森林である場合は、減衰が大きくなる。
15	システム全体の運用に関する事項	SOS を発信できても、受け取り手が気が付かないことがあるため、運用にあたってはルールを作成する必要があると考える。	実用化の段階では、そのようなケースを想定した運用ルールが肝要と考える。
16	今後の展望	実用化に向けた展望はどのようなものがあるか。	今般の成果を踏まえ、今後、林業分野への適用、導入を推進する上で、本システムの得意な領域・不得意な領域の

			整理を進め、実用化に向けて具体的な検討を進める。
--	--	--	--------------------------

このほか、基地局を設置して通信システムを構築した森林内において、業務用アプリ「A I 丸太検知くん」のデータ送信等を実施していただいた群馬森林管理署に対して、所管の国有林での実証調査結果等を踏まえ、アンケート形式による調査を行った。

アンケートでは、森林内で通信システムを構築し、活用することについては、緊急時の位置情報の確認や、遠隔臨場の実施、カメラ画像や業務用アプリのデータ送信等、幅広く活用可能性があり有効性があるとの回答であった。また、メッシュ Wi-Fi の活用については、100m 間隔で設置する必要がある、バッテリーの重量もあることから複数の Wi-Fi を持って移動することを想定される広域の作業現場に対しては実用的とはいえないとの意見があり、使い方について工夫や改善が求められた。また、ファイル容量の大きな画像データを送信する場合、利用する回線によって通信時間がかかること、Teams 会議において画像の乱れがあったことなどについての指摘があった。一方、位置情報については、情報の共有ができる点は大変有効との意見とともに、操作性の観点から、緊急時にワンボタンで送信できるような仕組みが必要との意見があった。このほか、基地局の設置については、業務に特段の支障はなかったとの回答であった。

以上のアンケート結果を踏まえると、実用化の段階では、バックホール回線は、通信状況によってできることに違いがあることや、汎用のインターネット回線と比較すると伝送容量が低くなるため、ファイル容量の大きなデータを送信する場合には、インターネット回線と比較すると時間がかかるなど、バックホール回線の特徴をユーザーに理解していただくことが円滑な活用のため重要なポイントであることが確認できた。また、用途に応じてアプリを選択していくことも重要である。例えば画像を見せたいときには、音声優先の指向性を持つ Teams のカメラを使って映像を送るよりも、ウェアラブルカメラの画像を web 会議の中で共有した方がより鮮明な画像で打ち合わせを行うことが可能であるなど、より効果的な使い方を提案することが必要である。さらに、例えば、緊急時の位置情報の確認の際にワンボタンで送信できるような仕組みの提案など、より利便性や操作性を向上させる工夫や改善等、次の段階において課題となる可能性のあるものも確認できた。

2.2.4.3 通信環境構築マニュアルの作成

本年度の調査検討及び、令和3年度までの調査結果を踏まえ、通信環境構築マニュアルを作成した。作成に当たっては、以下の点に留意して記載すべき内容を取りまとめた。

- ユーザーサイドが使用を検討するに際し判断すべき内容をまとめる
- 専門的な知識がなくても活用できるよう、なるべく平易な表現で整理する
- 昨年度までに実証してきた知見、及び、今年度実証結果等も適宜活用し、通信環境を構築する手順を標準化する

マニュアルは2部構成となっており、第Ⅰ部では基地局・中継用移動局・終端局の設置の手順等を取りまとめ、第Ⅱ部では、これまでの3年間の委託事業で活用したソフトやアプリの活用方法について取りまとめている。

2.2.4.4 普及活動（現地検討会）の実施

本事業の成果の普及への取り組みとして、昨年度に引き続き、令和4年度も群馬県フォレスト等民国連携推進連絡会と連携して、現地検討会を12月20日に開催した。この現地検討会の中で、国有林内の事業地と森林事務所や森林管理署などが双方向に通信を活用した通話や画像を送信する状況など、通信システムを構築することにより事務所でどのようなことができるのかを見ていただき、さらに、行政機関や森林・林業の関係者にも知見が広められるよう、屋外実証の成果をwebにより参加した参加者が確認するという形で実施することとした。

現地検討会では、作業現場と森林事務所の森林官や森林管理署との間で遠隔臨場のデモンストラーションや現地職員の位置情報の確認などを実施し参加者と意見交換を行った。

当日の概略は、参考資料2「現地検討会の概要」に記載し、質疑応答の詳細については、前記の「2.2.4.2 (3) モニター調査の実施」に記載した。

3. まとめ

令和2年度から令和3年度までは、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。

今年度は、本格稼働に向けた調査を実施するため、事務所等に基地局を設置して通信及びシステムを稼働させ、その効果を検証するとともに現場業務と組み合わせた作業手順など長期稼働の実施に係る調査を行った。その際、令和3年度は標高の高い榛名の森カントリークラブに基地局を設置し、通信環境の良好な条件下での実証調査を行ったが、令和4年度は、標高の低い倉渚森林事務所に基地局を設置し、電波伝搬シミュレーションの結果から、通信環境がより悪い事業地での実証調査を実施した。その際、設置する無線局は、基本となるバックホール回線構成（基地局1台、中継移動局1台、終端局1台）で実施した。

また、現地検討会の開催等により事業の成果を普及し、通信環境を構築する手順をとりまとめて標準化したマニュアル等の成果物を作成した。

（1）事業地から事務所等までの通信ネットワークの構築

令和3年度までの調査結果を踏まえ、森林や林業の現場事業地となる国有林等の近隣（おおよそ10km圏内）に所在する森林事務所等に基地局を仮設置し、後記（2）の調査を行うことを踏まえ、想定される受信電力、通信頻度、データ量等を勘案して必要な機材を選定し、国有林等から基地局まで自営ブロードバンドによるバックホール回線とアクセス回線（メッシュWi-Fi）を連携させた通信ネットワークを構築し、実証調査を行った。その結果、令和3年度の実証調査よりも条件の悪い環境下であっても、遠隔臨場や画像の送信が可能であることが確認できた。また、通信回線は、事業地のある国有林等と基地局のほか、基地局が無人となる場合を想定し、国有林等と遠方の事務所等による遠隔臨場や、国有林等からのデータの送信が可能な通信環境を構築し、遠隔臨場が実施できることを確認した。

通信ネットワークを設計・構築する際は、必要に応じて適宜電波伝搬シミュレーションソフト等も用いながら回線の状況を推定し、機材の仮設置及び調整を行うとともに、基地局等の機材設置に必要な手順を整理し、設置に係るコスト試算した結果は参考資料6に記

載し、機材の使い方等の手順を整理してマニュアルに手順等を取りまとめた。

(2) 長期稼働の実施に関わる調査

令和3年度までの調査結果を踏まえ、以下の調査を実施した。

① 現場業務と組み合わせた作業手順のとりまとめと課題の整理

林業の現場業務の1日の流れと通信環境の構築に必要な作業を組み合わせ、通信環境構築に要する作業時間や通信を活用することによる現場業務への影響、課題等を整理し、とりまとめた。

森林整備や木材生産等の事業地における作業の中で、通信環境を構築するための機材の設置、バッテリーの交換、現場業務終了後の機材の撤去等について、各作業に要する人員と時間を測した。また、通信回線の活用（遠隔臨場、現場からの報告、データの送信等）により想定される監督職員等の出張減や事前の準備・調整等に伴う人員と不用となる業務の比較により効果を検証した。

さらに、1日の作業の中で通信回線を構築した区域内の外に作業現場が移動する場合の対応として、Wi-Fi等の機材の移動、または、増設によって対応可能な範囲を検証するとともに、Wi-Fi等の移動または増設で対応できない区域がある場合は、他の対応が可能か検討し、他の対応も困難な場合は、困難な理由や条件を整理して、通信可能域や機材を設置する際の現場判断の参考となるようとりまとめた。

以上の調査結果から、中継移動局と終端局（移動局）をどちらも車載型の通信機材を用い、それぞれの局ごとに三脚に設置した高さ2m程度のアンテナを2本立てることにより、通信回線を構築する場合、作業員2名で設置に係る作業時間は1時間程度、撤去にかかる作業時間は30分程度となることが確認できた。実際の現場業務と組み合わる場合には、作業時間はなるべく短縮されることが望ましいが、初回の場所での時間計測であり、指向性アンテナが受信できる方向を合わせることに最も時間がかかったことなどから、事業地の場所により、無指向性のアンテナに変更したり、2日以上同じ事業地で業務を実施する場合は、事業期間中はアンテナを固定的に現地に設置するなど、作業時間の短縮を図ることが可能であり、工夫により利便性の向上を図ることが可能と思われ、より良い提案について今後も検討したい。

Wi-Fiの設置については、事業地までメッシュ接続した3台のWi-Fi AP（アクセスポイント）を経由してデータ送信等が可能であることを確認したが、インターネット回線よりも

データ送信容量が小さいことや、送信に時間がかかることについて指摘があった。データ送信容量の制限や送信に時間がかかる点は、通信システム上の制約であり、例えば、データ送信容量が大きくなるアプリについては、画像を縮小するなど使い方の工夫により、対応することができた。なお、ウェアラブルカメラの画像は問題なく送信が可能である。

また、Wi-Fi機器を駆動するバッテリーについては、今回の調査では、消耗が大きい冬季調査であったため、確実に使用できるよう1回の充電で2日程度使用が可能な大容量バッテリーを使用したため、約2.8kg程度の重量があり、実用化の段階で、複数のWi-Fi機器を人力で移動させることについて懸念が示されたが、1日使用後のバッテリー残量が7割程度残っていたことから、今回の調査結果から、冬季作業であっても、半分程度の容量のバッテリーでも問題ないことが確認できた。

林業現場では、複数の事業地を移動しながら業務を実施している実態にあることから、事業地を移動することを想定した通信環境の構築手法について、終端局や中継局の移動等も想定し内容を取りまとめ、マニュアルに記載した。

林業現場では、複数の事業地を移動しながら業務を実施している実態にあることから、事業地を移動することを想定した通信環境の構築手法について、終端局や中継局の移動等も想定し内容を取りまとめ、マニュアルに記載した。

② モニター調査の実施

通信を活用する作業（遠隔臨場、現場報告、画像やデータ送信等）やユーザーサイドが通信環境を構築するために必要な作業（設置・移動・撤去等）の中から林野庁主管課と調整の上、複数の作業を選択し、基地局を設置する森林事務所等の関係者の協力を得てユーザーサイドが行う作業手順や使い勝手についてモニター調査を実施した。

モニター調査により挙げられた意見は、マニュアル作成の際に参考とした。

(3) マニュアルの作成

上記(1)、(2)の調査結果及び令和3年度までの調査結果を踏まえ、通信環境を構築するためのマニュアルを作成した。

具体的には、インターネットの接続できない環境にある森林（作業現場）とインターネットに接続できる環境にある森林事務所等の間に自営ブロードバンドを用いて通信回線を構築する想定で、ユーザーサイドが使用に際し判断すべきことや作業手順を簡単にとりまとめ、基地局設置個所と事業地の位置や地形条件等から導き出される通信環境構築が可能な

エリアをおおまかに判断するポイント、機材の選択や設置場所を決定するポイント、機材の取扱いに係る注意事項、通信環境を構築するための作業手順、通信環境を構築したエリア外に事業地が移動する場合の対応等について、既存の知見等も適宜活用して通信環境を構築する手順を標準化した。また、代表的なアプリケーションの活用事例も紹介した。

(4) 普及活動の実施

事業の成果の普及活動として、現地検討会を開催し、行政機関や森林・林業の関係者にも知見が広められるよう努め実施した。

現地検討会では、国有林内の木材生産の作業現場と、森林事務所、群馬署、及び、本調査検討会の構成員が居る遠隔地を WEB 会議システムにて接続し、利用者参加型によるアプリ利用に関する実証試験（現場報告、遠隔臨場、位置情報共有、等）を実施することで、リアルタイムに参加者全員に体感して頂くとともに、今後の実用化に向けた意見を頂いた。

また、地元の関係団体等に、事業概要等により、公共 BB を活用した通信システムについて紹介した。

このほか、今後の普及ツールとして、マニュアルを作成した。

森林・林業に係る情報基盤整備に向け、上記基本調査を実施し、森林内における自営ブロードバンド（公共 BB）によるバックホール回線の構築、及び、Wi-Fi 等によるアクセス回線の活用により、実証試験を通して、遠隔臨場、業務用アプリ等の有効性に資する環境整備の実証を行った。本事業の成果を踏まえ、今後の林業 ICT・IoT 化が大きく進展することを期待する。

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、また、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のため、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 年度から令和 3 年度に実施した調査検討の成果も踏まえ、今年度は実用化を想定して森林事務所に基地局を設置し、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、森林内での通信システムの構築を検討する人のための、はじめての参考資料として、通信環境構築マニュアルを作成した。

3 年間という短い調査期間であり、途中、新型コロナウイルス感染拡大防止の対策も講じながらの調査となったが、当初目的であった情報基盤整備の方法の整理と手順については、マニュアルの作成等により実施できたものと考えている。本調査検討の成果を踏まえ、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、現地検討会の開催に協力いただいた群馬県フォレスター等民国連携推進連絡会の皆様、フィールド内の実運用試験にご協力いただいた磯村産業株式会社様、令和 2 年度及び令和 3 年度に業務用アプリを御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 4 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 4 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 4 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

付属資料 4 令和 4 年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査 実施体制

参考資料 1 今年度の事業実績

参考資料 2 現地検討会の概要

参考資料 3 汎用伝搬シミュレータ比較

参考資料 4 伝搬シミュレータを用いた無線局置局検討

参考資料 5 公共 BB の回線速度について

参考資料 6 公共 BB 設置に係るコスト（事例による試算等）

参考資料 7 用語集

参考資料 8 略語一覧

付属資料1 「令和4年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会」

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は、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、森林におい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、ひいては現場業務等を支援するツールの開発・利用環境を整える上での障壁となっている。

また、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。

以上の成果を踏まえ、今年度は、本格稼働に向けた調査を実施するため、事務所等に基地局を設置して通信並びにシステムを稼働させ、その効果を検証するとともに現場業務と組み合わせた作業手順など長期稼働の実施に係る調査を行う。また、現地検討会の開催等により事業の成果を普及する。さらに、通信環境を構築する手順をとりまとめ標準化したマニュアル等の成果物を作成する。

付属資料2 「令和4年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会」
設置要綱

1. 名称

本調査検討会は、「令和4年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会」と称する。

2. 目的

本事業は、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おり、今年度は3年目となる。

令和4年度は、令和2年度及び令和3年度の成果を基に、令和4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 事業地から事務所等までの通信ネットワークの構築について検討
- ② 長期稼働の実施に係る調査
 - ・現場業務と組み合わせた作業手順のとりまとめと課題の整理
 - ・事業地の移動に係る対応についての検討
 - ・モニター調査の実施
- ③ 通信環境構築マニュアルの作成
- ④ 普及活動の実施

(2) 実施内容のとりまとめ、今後の課題の整理

- ① 報告書作成に向けた実施内容報告、成果のとりまとめ
- ② 今後の検討課題の整理

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、株式会社日立国際電気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、林野庁及び株式会社日立国際電気が認めた際は、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、株式会社日立国際電気が招集して開催し、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、必要に応じ書面審議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、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。)

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5年3月23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。

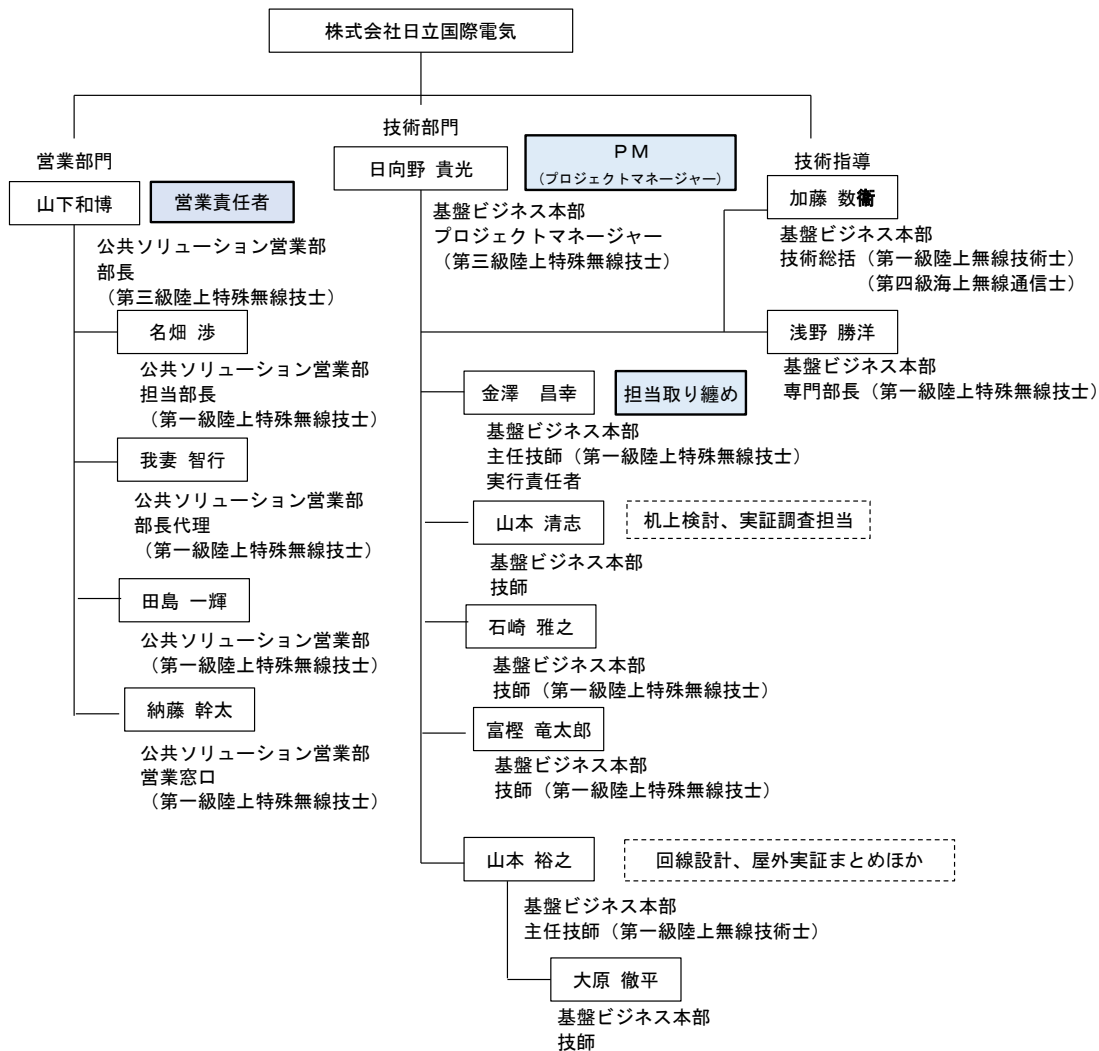
付属資料3 「令和4年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査検討会」

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	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

付属資料4 「令和4年度森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査」
実施体制



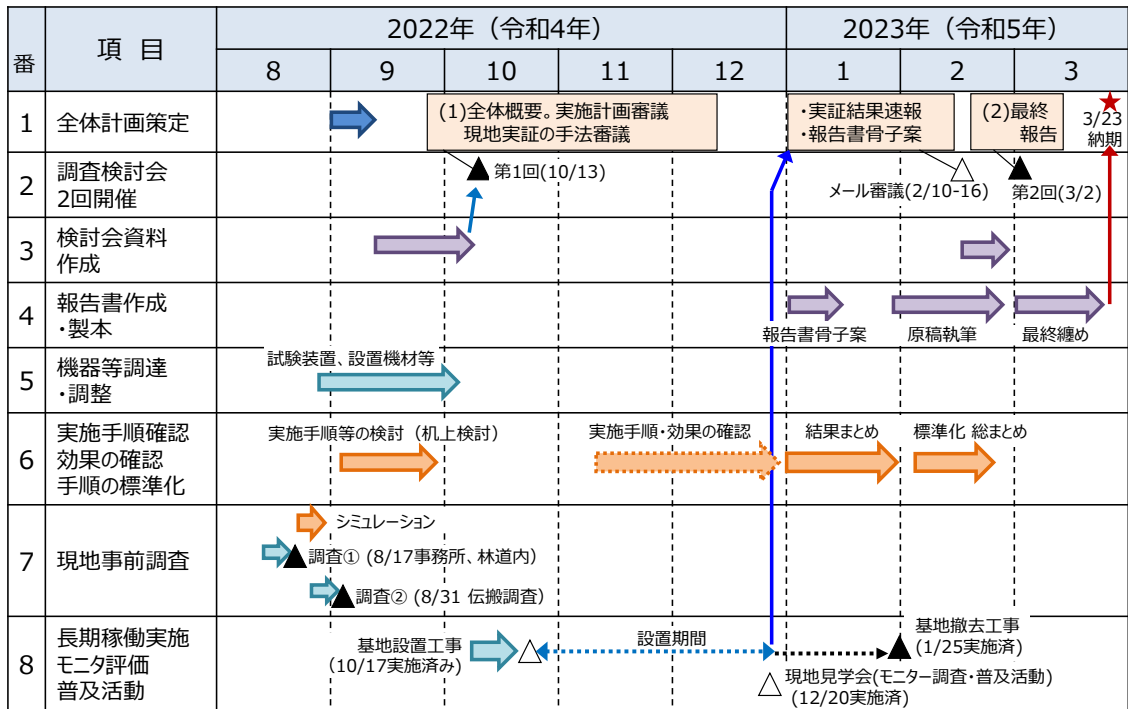
参考資料 1 今年度の事業実績

今年度の実施内容及びスケジュールの実績を示す。

参-表-1 令和4年度成果の取りまとめ（実績）

#	項目	実施内容	成果・実績
(1)	事業地から事務所等までの通信ネットワークの構築	① バックホール回線及びアクセス回線を連携させた通信ネットワークを構築 ② 国有林等と遠方の事務所等による遠隔臨場や、国有林等からのデータの送信が可能な通信環境を構築	1) 伝搬シミュレータによる事前調査手法の確立 2) 無線設備設置環境の調査手法の確立 3) 無線設備の機材確認手順等の確立
(2)	長期稼働の実施に関わる調査	① 現場業務と組み合わせた作業手順のとりまとめと課題の整理 ② 事業地の移動に係る対応 ③ モニター調査の実施	1) 長期稼働の検討（基地局設備） 2) 中継用移動局及び終端局設備の設置要件を整理 ・電源(バッテリー)の選定方法の確立 ・屋外設置する無線機器の防水化手法の確立 3) 事業地移動を想定した通信環境の再構築手法 4) 基地局側設備による、業務用アプリ等の活用方法の検討、モニター調査
(3)	通信環境構築マニュアルの作成	上記(1)、(2)の調査結果及び令和3年度までの調査結果を踏まえ、通信環境構築に関するマニュアルを作成	マニュアル(案)の詳細は、配布資料「林業情報基盤整備2-4」参照
(4)	普及活動の実施	本事業の成果の普及への取り組み（行政機関や森林・林業の関係者にも知見が広められるよう努める）	現地検討会の開催 等

参-表-2 令和4年度スケジュール（実績）



参考資料2 現地検討会の概要

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国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、現地とインターネット回線を介した各拠点をWEB会議アプリにて接続し、作業現場と遠隔地との間での遠隔臨場、位置情報共有アプリ等を森林官によるモニター調査も兼ねた実証試験として実施した。

現地検討会の概略を以下に示す。

1. 日 時 令和4年12月20日 13:30～15:00
2. 開催方法 WEB会議アプリによる接続（Microsoft Teams 使用）
3. プログラム
 - (1) 13:30～ 開会（司会進行：(株)日立国際電気）
 - (2) 13:35～ 挨拶（群馬県フォレスター連絡会会長：群馬署長）
 - (3) 13:45～ 委託調査事業概要説明（林野庁業務課：課長補佐、(株)日立国際電気）
 - (4) 13:55～ 調査事業現場の紹介（群馬署）
 - (5) 14:00～ 遠隔臨場・林業アプリの活用等
 - (6) 14:40～ 質疑・応答、意見交換

参考資料3 汎用伝搬シミュレータ比較

現時点で購入可能な伝搬シミュレータについて表 参 3-1 に示す。

表 参 3-1 伝搬シミュレーター一覧

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

※表記の価格は参考価格のため、実際には見積もりの確認が必要

参考資料 4 伝搬シミュレータを用いた無線局置局検討

公共 BB システムにて、森林事務所（基地局）と作業現場（終端局（移動局））を無線接続する場合の無線局の置局検討手法について説明する。

無線局の置局設定では以下に示す 2 つのステップを実行する。

ステップ 1：基地局と作業現場の直接通信可否の判定

ステップ 2：中継用移動局を介する必要がある場合に、候補地を選定

ステップ 1、2 ともに、通信可否の判定に際しては、伝搬シミュレーションソフトウェア（以下、伝搬シミュレータと記す）を活用した検討が有効となる。（代表的な汎用伝搬シミュレータ例は、付録 3 に記載）

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

（1）無線局の条件設定

まず、送信局から発射された電波が到達する範囲を計算する場合に、無線伝搬特性計算に必要な無線局の情報（表 参 4-1）を伝搬シミュレータの入力パラメータとして設定する。伝搬シミュレータは、このような条件と地形を基にして、送信局から発射される電波の到達範囲と電波の強さを地図上にプロットする。

表 参 4-1 伝搬シミュレータ入力パラメータ（一例）

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

(2) 伝搬シミュレーション結果出力

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

たとえば、付録3に示す「RVMX 回線設計」を用いて計算した場合の計算結果を、図 参 4-1～図 参 4-6 に示し、この結果を利用して以下に置局検討例を図 参 4-7 に示す。

(3) 無線局置局検討方法

各無線局の置局について、伝搬シミュレーション結果に基づき、最適な置局候補地を絞り込む手法について以降に示す①～③の流れで説明する。なお、本説明に用いた置局場所は、本年度事業の実施場所と同じ場所を想定している。

- ① 森林事務所と作業現場が直接接続可能かどうか確認する
- ② 森林事務所と作業現場からの電波が両方とも受信できる地点を探す
- ③ 中継地点からの電波が森林事務所と作業現場に届くことを確認する

① 森林事務所と作業現場が直接接続可能かどうか確認する

森林事務所(基地局)と作業現場(終端局(移動局))のそれぞれから送信した場合の伝搬シミュレーション結果を図 参 4-1、図 参 4-2 にそれぞれ示す。

公共 BB システムにおける各伝送レートに必要な受信電力レベルについての詳細は付録2に記載しているとおりであり、ここでは、オレンジ色の「-80~-70 dBm」以上を、通信可能な受信レベルとして説明する。

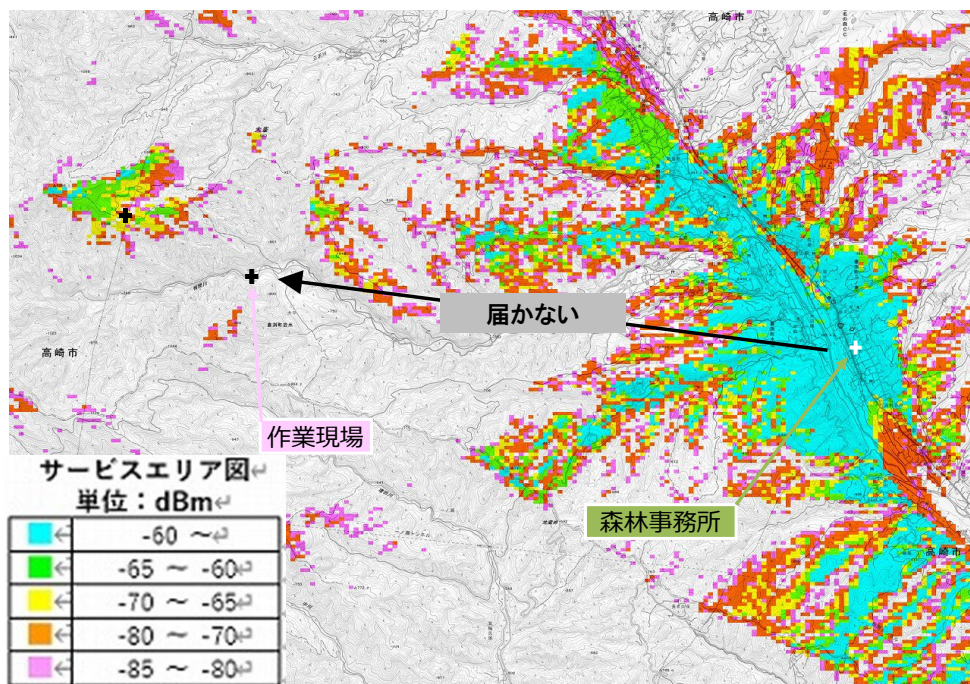


図 参 4-1 伝搬シミュレーション結果 (1-1：森林事務所から送信)

図 参 4-1 の結果より、森林事務所からの電波は、作業現場に届かないことが分かる。

次に、作業現場から送信した場合の伝搬シミュレーション結果を図 参 4-2 に示す。この結果から、作業現場から送信した電波も森林事務所に届かないことが確認できる。

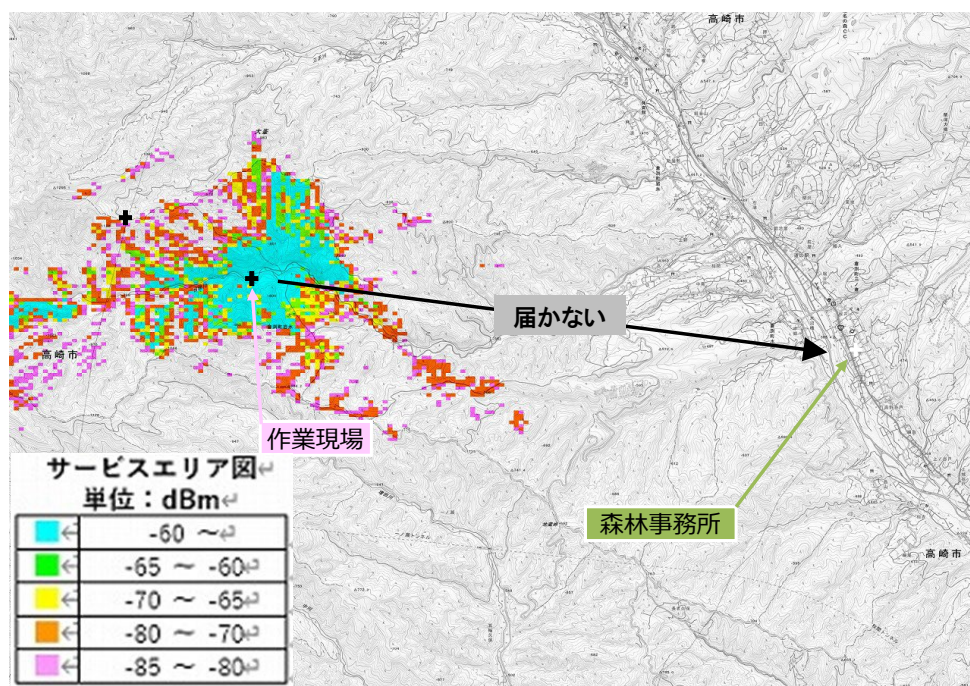


図 参 4-2 伝搬シミュレーション結果 (1-2：作業現場から送信)

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

② 森林事務所と作業現場からの電波が両方とも受信できる地点を探す

次に、森林事務所(基地局)と作業現場(終端局(移動局))のそれぞれから送信した場合の伝搬シミュレーション結果を図 参 4-3、図 参 4-4 にそれぞれ示す。

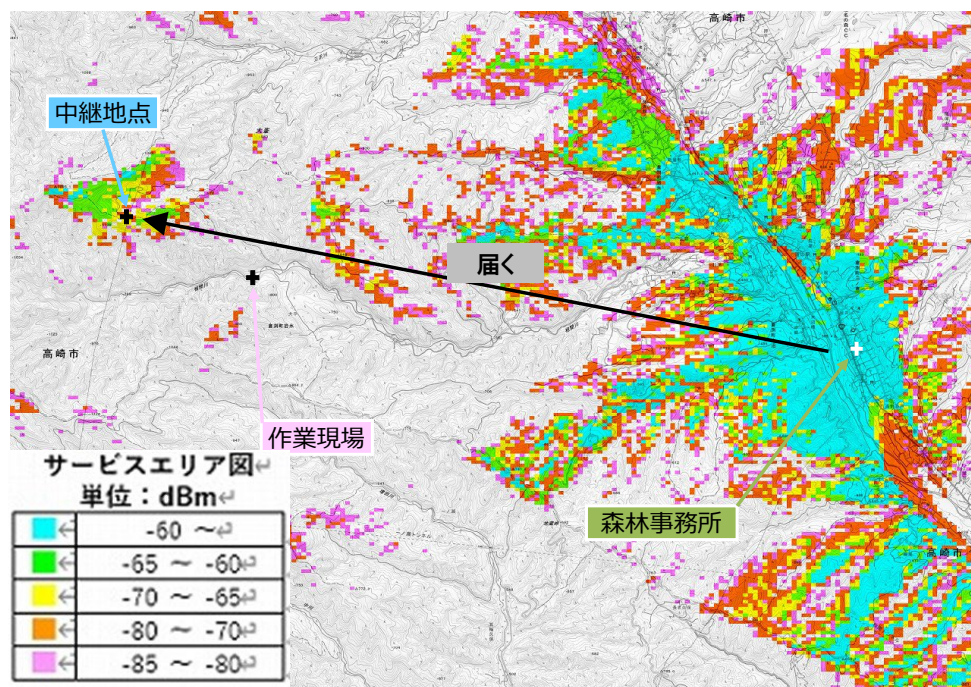


図 参 4-3 伝搬シミュレーション結果 (2-1：森林事務所から送信)

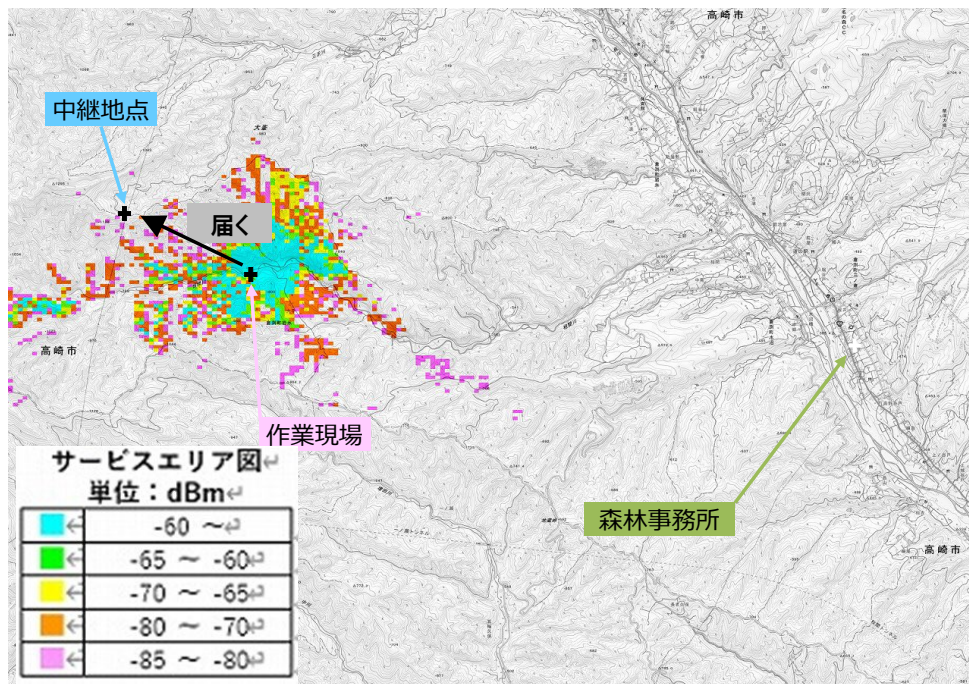


図 参 4-4 伝搬シミュレーション結果 (2-2: 作業現場から送信)

図 参 4-3、図 参 4-4 の結果から、地図の北西部 (林道の終点付近) に、森林事務所と作業現場の両方からの電波が届く中継地点の候補地があることが確認できる。

③ 中継地点からの電波が森林事務所と作業現場に届くことを確認する

中継地点 (中継用移動局) から電場を送信した場合のシミュレーション結果を図 参 4-5、参 4-6 に示す。以下の2つのシミュレーションでは、送信条件は同じであるが、受信条件が異なる。図 参 4-5 は、森林事務所での受信を想定し、アンテナ高=6m (ポール仮設)、アンテナ種別=指向性アンテナ (5 素子八木アンテナ) とし、図 参 4-6 は、作業現場での受信を想定し、アンテナ高=3m (三脚仮設)、アンテナ種別=無指向性アンテナ (ブラウンアンテナ) の条件にて、伝搬シミュレーションを実施している。

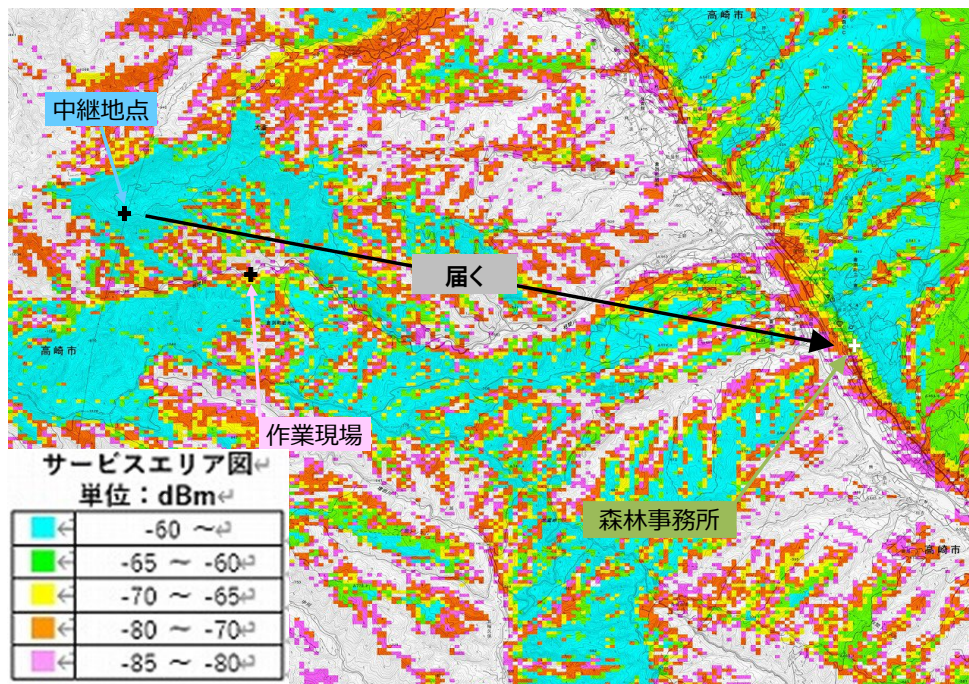


図 参 4-5 伝搬シミュレーション結果 (3-1 : 中継地点から送信 1)

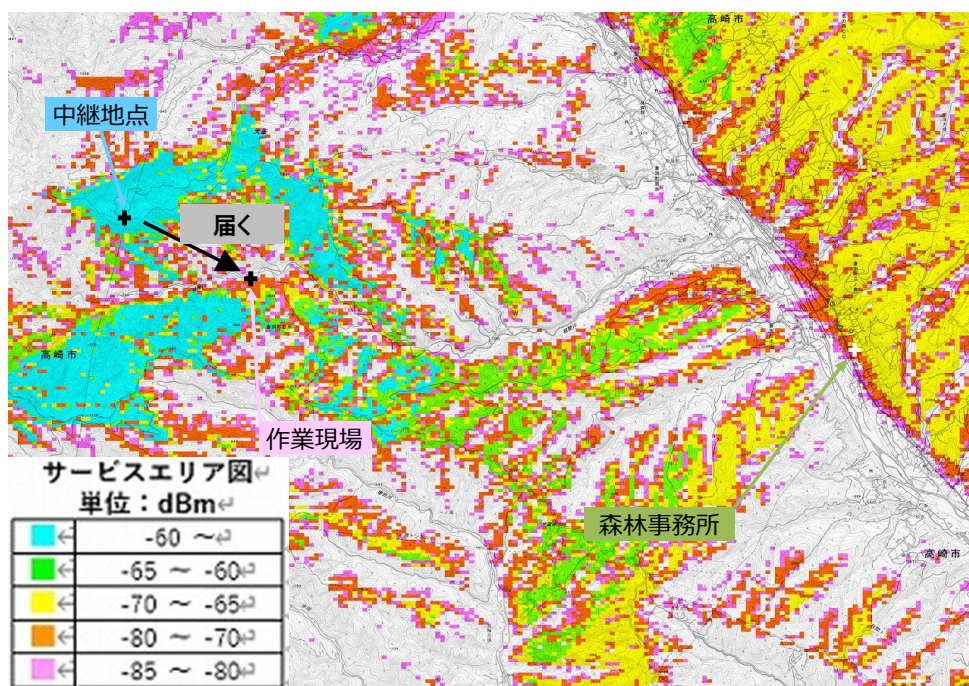


図 参 4-6 伝搬シミュレーション結果 (3-2 : 中継地点から送信 2)

以上の結果より、中継地点（中継用移動局）の候補地から送信した電波が、森林事務所（基地局）と作業現場（終端局（移動局））両方に届いていることが確認できる。

このように、①～③の伝搬シミュレーションを実施することで、3つの無線局間の無線通信が可能であることが確認され、結果として図 参 4-7 に示すバックホール回線が構築できる。



図 参 4-7 シミュレーション結果に基づくバックホール回線

今回の実証試験におけるアンテナ選定について説明する。

● アンテナの選定について

指向性アンテナは、特定の方向からの信号を強く受信したり、特定の方向に信号を送信することができる特長があるアンテナで、TV 放送受信用途等に広く利用されている。指向性アンテナは、特定の方向に位置する無線局との通信距離を延ばせる反面、アンテナの方向調整を行う作業が必要となる。

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

アンテナ指向性の有無には、前述のような得失があるが、基地局及び終端局(移動局)は、同時に1台の無線局とのみ通信を行うため、指向性アンテナを使用しやすい条件にある。

一方、中継用移動局は、2台の無線局(基地局と終端局(移動局))と同時に通信することや、移動する事業地への対応を想定した場合、無指向性アンテナを使用することが基本構成と言える(図 参 4-8)。しかし、各無線局の配置によっては、中継用移動局でも指向性アンテナを使用することも選択肢の一つとなる。(図 参 4-9)

事業地の移動に際しては、これらの特徴を考慮した上で、伝搬シミュレーションを用いた

置局再検討結果を基本として、アンテナ指向性の有無を選択することが推奨される。

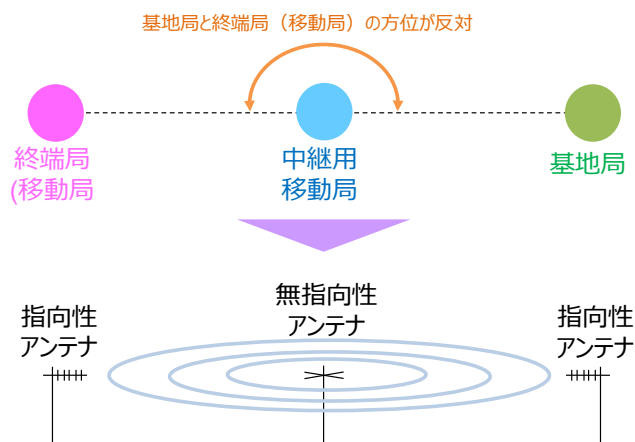


図 参 4-8 中継用移動局が無指向性アンテナ（基本構成）

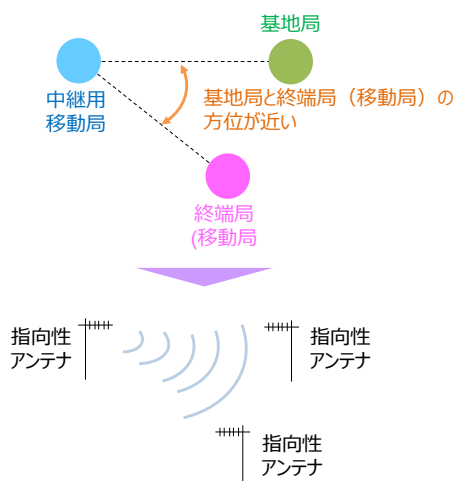


図 参 4-9 中継用移動局に指向性アンテナを用いる場合

今回の置局検討において選定した中継地点を基準とした場合、図 2.17 に示すとおり、森林事務所と作業現場の方位差は小さく、ほぼ同一方向とみなせる範囲（約 11 度）であったため、中継地点のアンテナは、3 素子八木アンテナを用いることとした。また、今回の方位差であれば、5 素子八木アンテナであっても、基地局及び終端局（移動局）の両局ともに通信可能な位置関係にあると推察されるが、指向性の高いアンテナを用いると、作業現場が移動したときの中継用移動局の通信エリアが狭まることになるため、今回の試験においては実運用を想定し、3 素子八木アンテナを選定した。

参考資料5 公共 BB の回線速度について

公共 BB システムの回線速度の特徴

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

公共 BB の変調方式と回線速度の関係

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

表 参 5-1 公共 BB システムの変調方式一覧

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

※符号化率(r)は、すべて r=1/2

公共 BB の伝送容量の配分（3パターン）

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

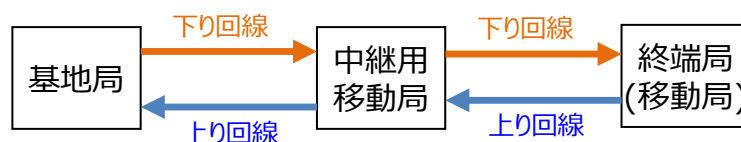


図 参 5-1 公共 BB の下り回線と上り回線

公共 BB の回線速度

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

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

表 参 5-2 公共 BB の回線速度一覧（中継用移動局=0 台）

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

（単位：kbps）

表 参 5-3 公共 BB の回線速度一覧（中継用移動局=1 台）

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

（単位：kbps）

表 参 5-4 公共 BB の回線速度一覧（中継用移動局=2 台）

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

（単位：kbps）

参考資料6 公共 BB 設置に係るコスト（事例による試算等）

（1）設置時に係る経費

基地局、中継用移動局、及び、終端局（移動局）の設置に関する確認事項（表 参 6-1、表 参 6-2、表 参 6-3）の条件により、試算例は異なる。

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

表 参 6-1 基地局設置に関する確認事項

#	項目	確認事項
1	設置場所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 仮設スペース（無線装置、PC 等） ・ 屋内／屋外設置の条件整理 （防水対策要否、収納ボックスなど）
2	アンテナ設置	<ul style="list-style-type: none"> ・ 敷地等の確認 ・ 設置スペース（三脚等） ・ ポール設置条件（屋上、駐車場等） ・ 見通し環境の下見（周囲の遮蔽物有無確認）
3	ケーブル敷設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 必要となる同軸ケーブル及び LAN ケーブルの長さ、及び、配線方法
4	電源	<ul style="list-style-type: none"> ・ 関連施設からの AC100V 供給可否 ・ ポータブルバッテリー供給可否
5	公衆回線の通信環境 （インターネット回線 接続の場合）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 森林事務所側（基地局）の LTE 回線の状況確認

表 参 6-2 中継用移動局の設置に関する確認事項

#	項目	確認事項
1	設置場所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 仮設スペース（無線装置、PC 等） ・ 屋内／屋外設置の条件整理 （防水対策要否、収納ボックスなど）
2	アンテナ設置	<ul style="list-style-type: none"> ・ 敷地等の確認 ・ 設置スペース（三脚等） ・ ポール設置条件（屋上、駐車場等） ・ 見通し環境の下見（周囲の遮蔽物有無確認）
3	ケーブル敷設	<ul style="list-style-type: none"> ・ 必要となる同軸ケーブル及び LAN ケーブルの長さ

4	電源	<ul style="list-style-type: none"> ・関連施設からの AC100V 供給可否 ・ポータブルバッテリー供給可否
5	移動経路	<ul style="list-style-type: none"> ・車両による現地までの移動及び機材運搬可否 (移動経路、所要時間、機材運搬)

表 参 6-3 終端局（移動局）の設置に関する確認事項

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

（2）保守管理に係る経費

導入時における、納入業者、あるいは、リース会社との個別の契約形態による。

なお、納入業者から保守業者への委託形態も想定される。

（3）通信費の見込み

通信費については、大きく 3 要素に大別される。

① 公共 BB：

電波利用料 [*] が適用される。1 無線局（1 周波数）あたり 400 円／年かかる。

[*] 出典：

総務省 電波利用ホームページ

電波利用料 料額表（令和 4 年 10 月 1 日改定）

1 個別免許の電波利用料（電波法別表第 6） 注：広域使用電波を使用するものを除く
https://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/fees/sum/money_r0410.pdf

② アクセス回線（Wi-Fi）：

Wi-Fi の通信料は無料

③ 公衆回線 (LTE) :

一般の携帯電話料の契約形態による

(4) 買取及びリースの比較

公共 BB の概算買取費用 (初期費用) については、第 2 回 調査検討会報告書のとおり、1 対向 約 4~6 百万円 [*] の記載にある。

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

[*] 出典 :

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

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

p.50 表 4.1 概算導入費用及び現状の課題 第 3 項

公共 BB を含む他システムの導入に向けた概算費用と現状の課題について表 参 6-4 に示す。

表 参 6-4 各通信方式の導入費用概算と現状の課題 (令和 3 年度成果報告書より抜粋)

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

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

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

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

*3 総務省 ローカル 5G 導入に関するガイドライン、令和元年 12 月

https://www.soumu.go.jp/main_content/000659870.pdf

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。

参考資料 7 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用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 中継用移動局 ・公共 BB 終端局 (移動局)	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 中継用移動局： 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 (移動局)： 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
位置情報共有アプリ	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 8 略語一覧

用語・略語	正式名称	説明
3G	3rd Generation Mobile Communication System	第3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
GNSS	Global Navigation Satellite Systems	全世界的衛星航法システム (各国の衛星測位システムの総称)
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
HUB	HUB	スイッチングハブ
ICT	Information and Communication Technology	情報通信技術
IoT	Internet of Things	さまざまな「モノ」がインターネットに接続され、相互に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
LAN	Local Area Network	ローカルエリアネットワーク
LTE	Long Term Evolution	第3世代携帯電話(3G)を進化させた通信規格
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
公共BB	Public Broad Band System	200MHz帯広帯域移動通信システム

令和4年度 森林・林業に係る情報基盤整備に係る基本調査
報告書

令和5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>