

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。

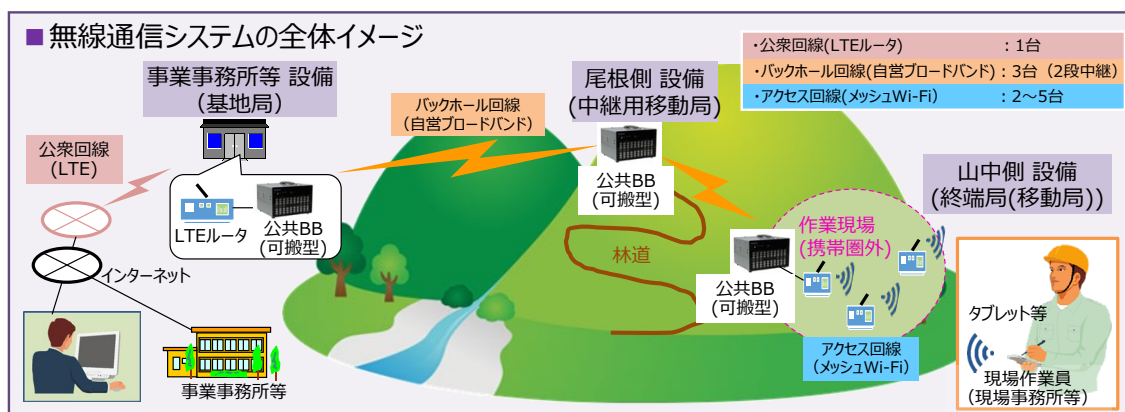


図 2.1 無線通信システムの全体イメージ

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。

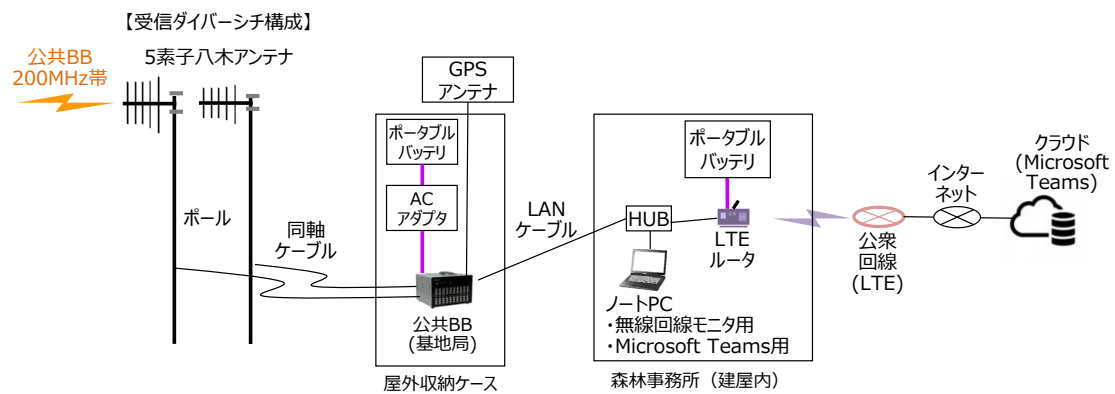
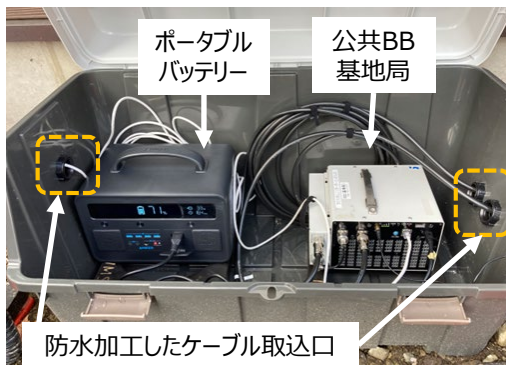


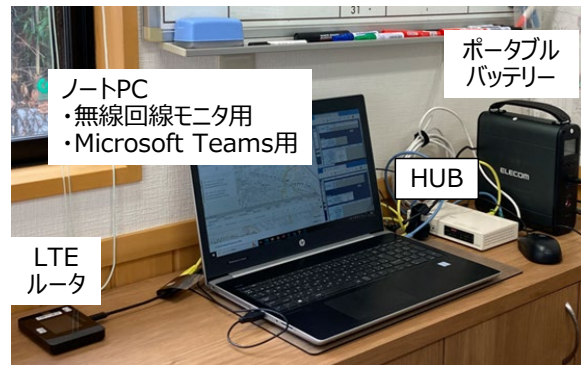
図 2.3 屋外試験時の機器構成（基地局設備）



(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。

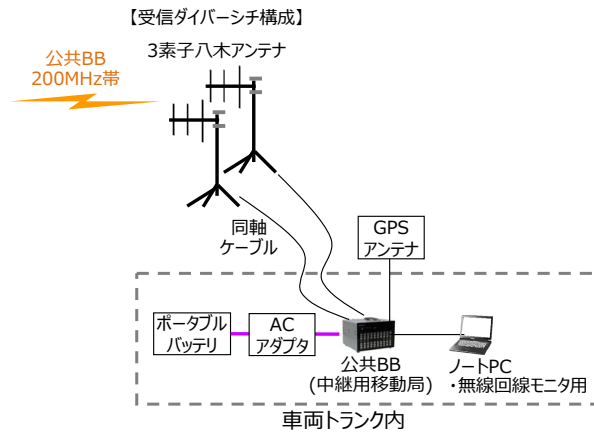
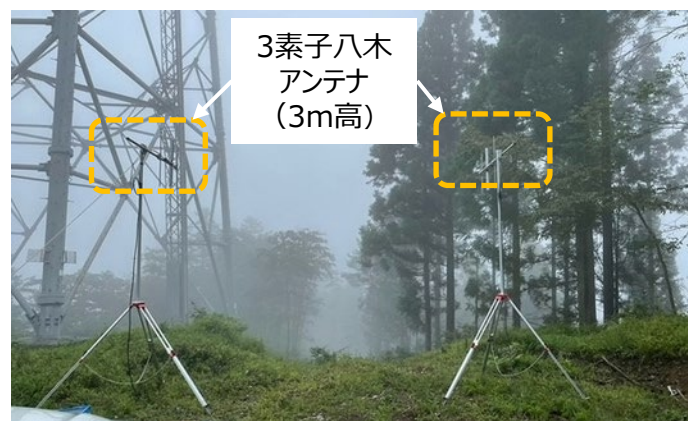


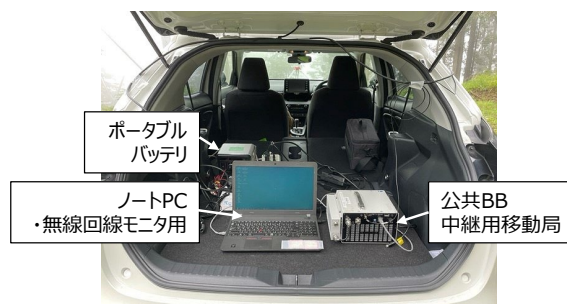
図 2.5 屋外試験時の機器構成（中継用移動局設備）



(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。

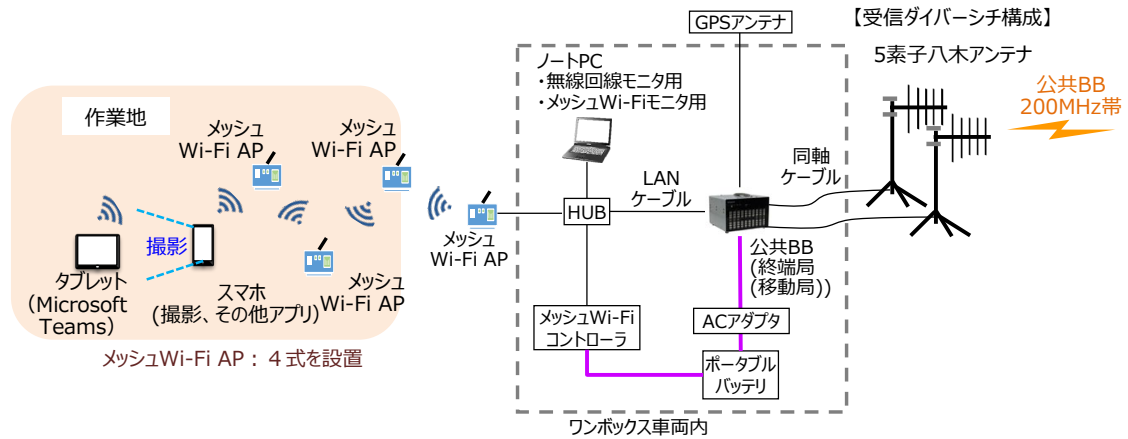


図 2.7 屋外試験時の機器構成（終端局（移動局）設備）



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)