

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

1. 全体概要	1
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
2. 調査検討の実施内容	3
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
3. 今後の課題及び次年度の検討項目	60
4. まとめ	61

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

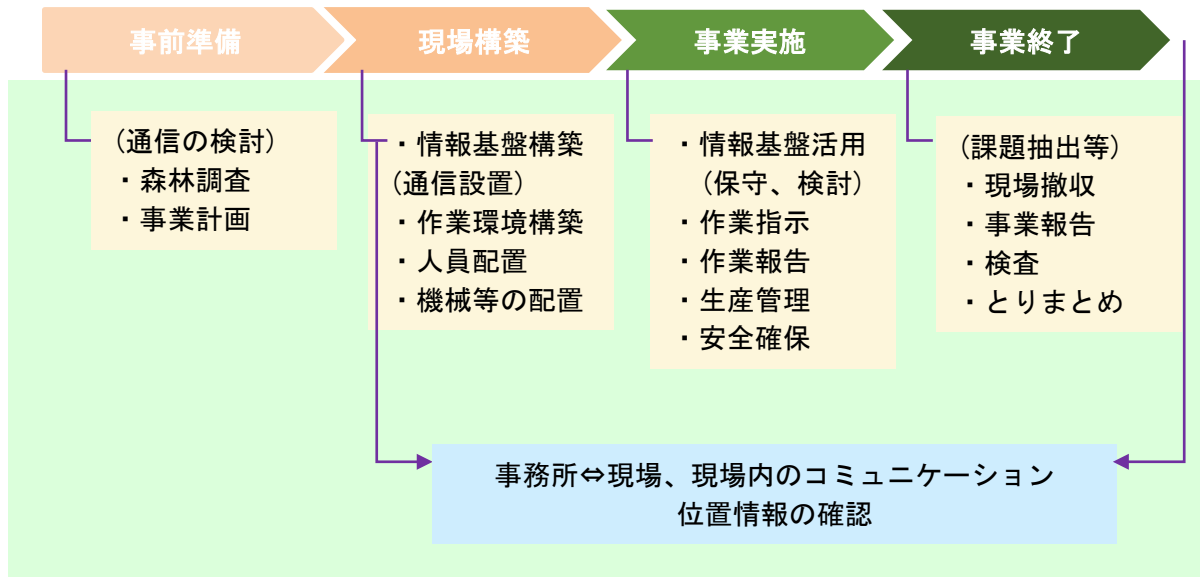


図 2.1 本事業の流れ

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

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"> ・作業環境が厳しい ・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 ・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 ・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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・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） ・現状：衛星電話、業務用無線による音声連絡 <p>【作業員のモニタリング：安心・安全】</p>
2	森林調査	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・調査結果を事務所へ送信できない ・調査結果を統合したい ・3D レーザを活用したい 	<ul style="list-style-type: none"> ・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） <p>【進捗管理：効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3D レーザのデータ送信など将来的な（将来）高度利用
3	生産管理	<ul style="list-style-type: none"> ・作業指示や注文情報を事務所から受けたい ・1日の作業内容の報告を現地から実施したい 	<ul style="list-style-type: none"> ・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） <p>【遠隔指示：効率化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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

(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"> ・簡易無線標準電池パック及び予備

(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"> ・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
(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"> ・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 ・空中線の高さの条件設定 ・基地局や中継局の設置候補地の選定 ・電源受電方法選定 ・アンテナ機材選定 ・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 ・現地地下見を実施し、上記検討内容へフィードバック
(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^{*1}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）^{*2}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) http://www.jafta.or.jp/contents/information/439_list_detail.html#2
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) http://www.jafta.or.jp/contents/_files/jigyو_consulting/2021sma_fukushima.pdf
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) http://www.jafta.or.jp/contents/_files/jigyو_consulting/2021sma_miyazaki.pdf
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) https://www.soumu.go.jp/main_content/000558703.pdf

(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"> ・映像及び音声伝送 (Microsoft Teams、ウェアラブルカメラ) ・業務アプリ(木材検収アプリ) 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"> ・映像及び音声伝送(WEB 会議(Microsoft Teams)) ・業務アプリ(木材検収アプリ) 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"> ・映像及び音声伝送(Microsoft Teams、ウェアラブルカメラ) ・位置情報伝送 ・業務アプリ(木材検収アプリ) 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"> ・初期費用、ランニング費用、維持費用 ・システムセッティング作業
(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"> ・公共 BB 本体及び周辺機器、アプリの評価実施

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。

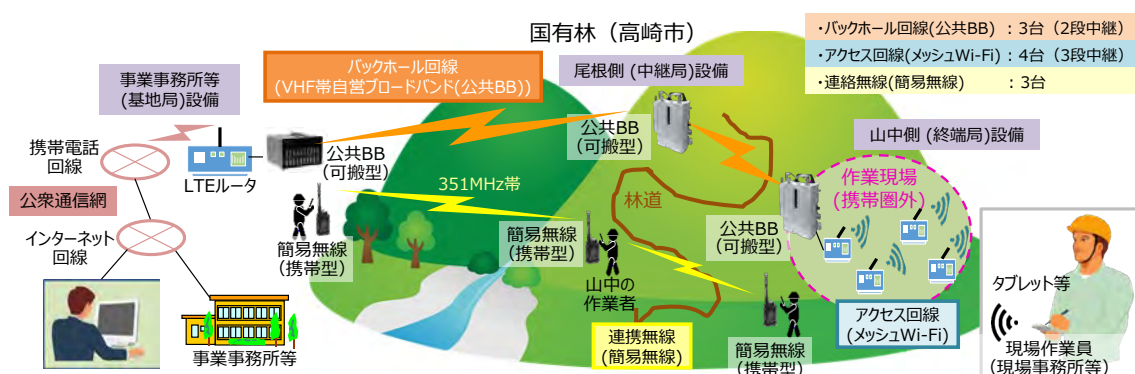


図 2.2 試験構成の全体イメージ図

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

*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

2.6.2 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。

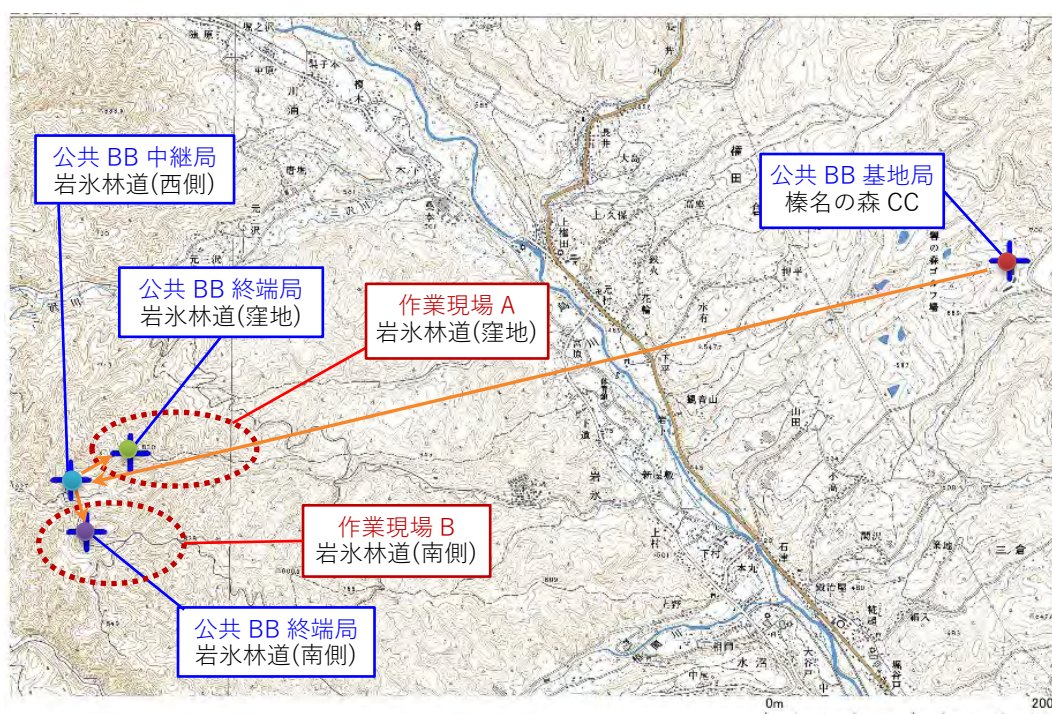


図 2.3 バックホール回線(公共 BB)の無線局配置

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）

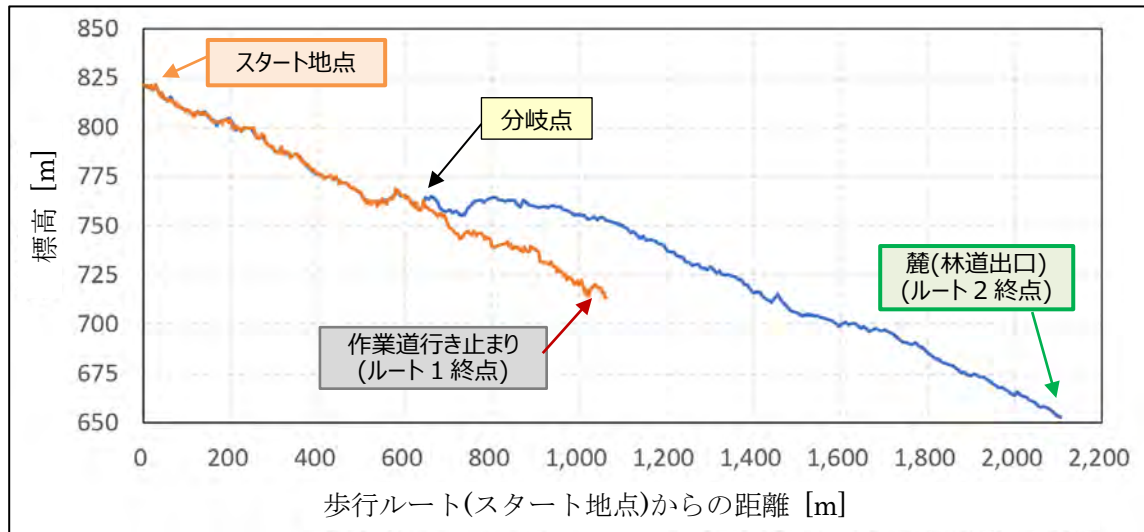


図 2.5 高度プロファイル (作業現場 A の歩行ルート)

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)

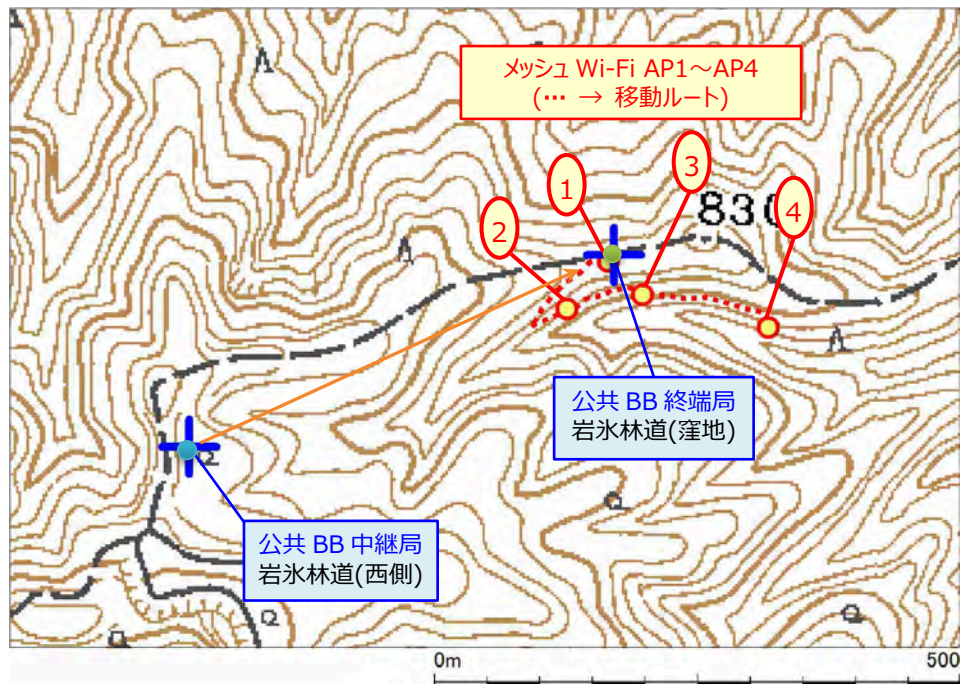


図 2.6 アクセス回線 (メッシュ Wi-Fi AP1～AP4 の配置) (作業現場 A)

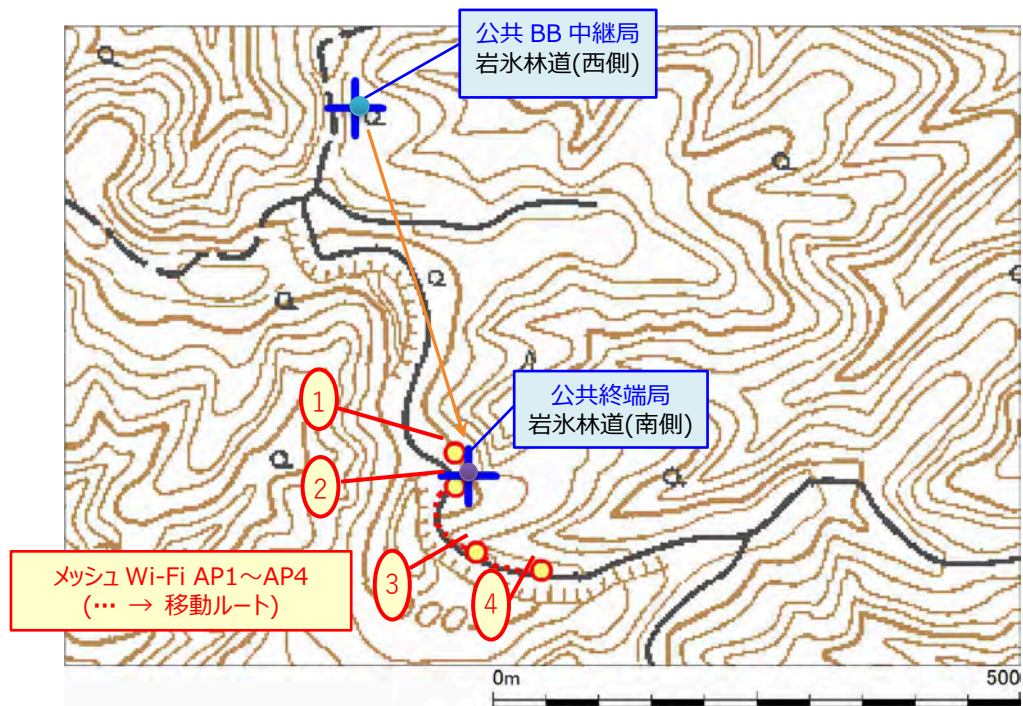


図 2.7 アクセス回線（メッシュ Wi-Fi AP1~AP4 の配置）（作業現場 B）