

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



報告書概要

令和4年3月

林野庁

1. 調査検討の目的と背景

◀概要▶ 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方法の整理と手順が作成されることを目的とする。

(情報基盤の整備を目標に3年の期間を想定(下表参照))

今年度：令和2年度の成果を踏まえ、森林調査と生産業務の現場で、試行的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、情報基盤を整備するための知見を集積する。

■ 森林・林業における通信環境の現状

○作業現場が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「オフライン環境」にあり、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。

■ 情報基盤の整備に向けた課題

○森林・林業の業務・作業は多岐にわたり、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。

■ 本調査事業の3年間の予定

令和2年度	令和3年度	令和4年度*
基礎的調査 ・業務の整理と通信に係る基本的要求事項の整理 ・通信試験を通じた技術的問題点の把握 ・課題の明確化	試行的取組の調査 ・作業現場での情報基盤整備の試行 ・通信とシステムを組み合わせた取り組み実践 ・効果の確認 ・実施手順の検討 ・課題の明確化	本格稼働に向けた調査 ・長期稼働の実施 ・実施手順の確認 ・効果の確認 ・標準化された手順の作成 ・普及活動

* 令和4年度の事業は想定しているものであり実施を約束するものではない。

2. 令和3年度調査検討項目

調査項目及び諸条件

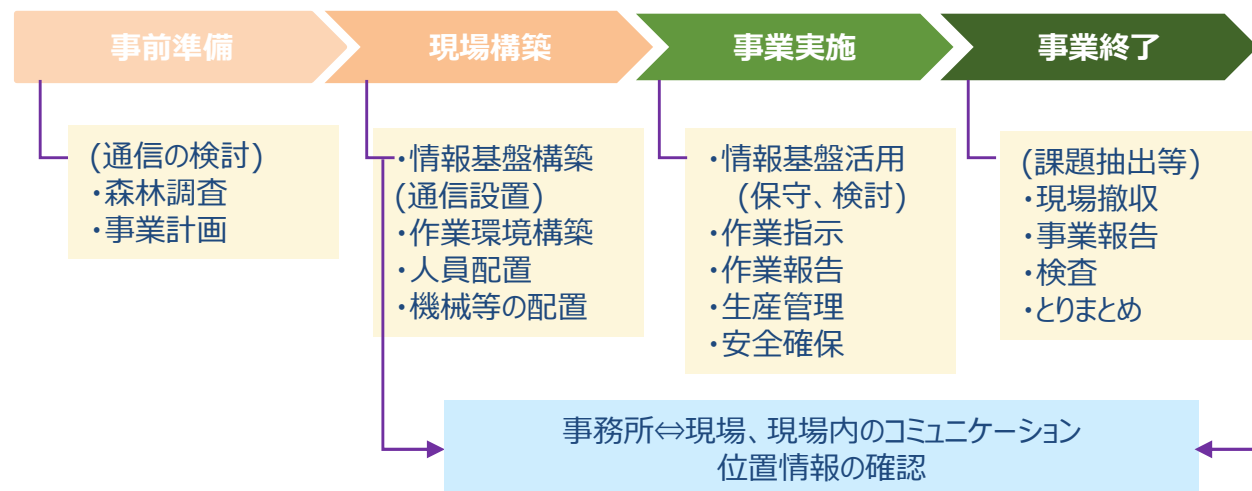
(1)生産現場で必要とされる情報、伝達・活用方法等、効率的な事業実施に資する調査検討
以下①～⑤の一連の事業の流れの中で、それぞれの場面で必要とされる情報やその伝達・活用方法、
情報に関わる者について整理・分類をしながら、効率的な事業実施に資する調査検討を行う。

- ①事前準備
- 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

(2) 実運用試験

・令和2年度の調査検討成果を踏まえ、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。

■ 本事業の流れ



3. 令和3年度調査検討概要

(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検討

検討項目	検討成果
①情報基盤の構築に関する調査	<ul style="list-style-type: none">● 令和2年度の調査検討成果を踏襲することにより、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。● 伝搬シミュレーションソフト等や現地試験の結果を踏まえ、以下の項目について整理した。<ul style="list-style-type: none">・ 情報基盤を効率的に構築・運用するための設計手法・ 業務に応じた機器・電源の選定・ 設置手順・工夫等（バックホール回線、アクセス回線）
②位置情報に関する調査	<ul style="list-style-type: none">● GNSS(全球測位衛星システム*1)に関する測位精度の改善技術の調査、林業等の分野における衛星測位技術の活用に関する事例調査、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文献等を調査した。● 実証試験において、マルチGNSS対応／非対応装置それぞれの位置情報を比較し、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。 <p>*1 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。</p>
③事業実施に関する調査	<ul style="list-style-type: none">● 森林調査や安全管理に関する実証試験の計画について、下記の項目について整理した。<ul style="list-style-type: none">・ 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の計画・ 非常用通信の確保・ 情報基盤の可用性確保のための維持・メンテナンス・ 事業の進捗報告の方法並びにその手続き● 机上検討や実証試験の結果を踏まえ、従来と比較し、情報基盤が整備された際の効果を整理した。（効果を確認した業務用アプリ等*2：木材検収アプリ、位置共有アプリ、WEB会議、ウェアラブルカメラ）<ul style="list-style-type: none">・ 従来と比較し、効率的になった業務・内容・ 従来と比較し、追加的に発生した業務・内容・ 新たに実施可能となった業務・内容 <p>*2 令和2年度成果（令和3年度報告書参考資料3：森林・林業におけるICT化のための通信要件）をもとに選定</p>
④事業終了に関する調査	<ul style="list-style-type: none">● 以下の項目について検討すべき項目を整理した。<ul style="list-style-type: none">・ 通信環境の構築によって得られる効果・ 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・ 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

3. 令和3年度調査検討概要

(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検討

①情報基盤の構築に関する調査

#	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	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伝搬シミュレーション実施、伝搬損失の机上確認 ・現地見を実施し、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)で検証を行う

②位置情報に関する調査 (1) 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。➡本調査（実運用試験）にて評価
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。➡事例①
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。➡事例④

(2) 林業等の分野における測位精度等に関する検討事例

- ①スマート林業マッチングミーティング（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（いわき市持続可能な森林・林業推進会議）
http://www.jafta.or.jp/contents/files/jigyo_consulting/2021sma_fukushima.pdf
- ③LPWA「里山通信」を使った労働安全対策とその副産物であるGPSロガーの有効活用（宮崎県合法木材流通促進協議会）
http://www.jafta.or.jp/contents/files/jigyo_consulting/2021sma_miyazaki.pdf
- ④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報告書、平成30年3月（北海道総合通信局）
https://www.soumu.go.jp/main_content/000558703.pdf

3. 令和3年度調査検討概要

(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検討

③事業実施に関する調査

#	検討内容	結果 (実運用試験にて実証)
(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	以下を評価することにより、効果を取りまとめる <ul style="list-style-type: none"> ・映像及び音声伝送(Microsoft Teams^{*1}、ウェアラブルカメラ) ・業務アプリ(木材検収アプリ^{*2})
(b)	非常用通信を確保する	バックホール回線が構築する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
(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	以下を評価することにより、効果を取りまとめる <ul style="list-style-type: none"> ・映像及び音声伝送(Microsoft Teams^{*1}) ・業務アプリ(木材検収アプリ^{*2})

④事業終了に関する調査

#	検討内容	結果 (実運用試験にて実証)
(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	以下を評価することにより、効果を取りまとめる <ul style="list-style-type: none"> ・映像及び音声伝送(Microsoft Teams^{*1}) ・位置情報伝送 ・業務アプリ(木材検収アプリ^{*2})
(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	<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	<ul style="list-style-type: none"> ・公共BB本体及び周辺機器、アプリの評価運用実施 ・評価運用時のメーカーサポート実施

*1 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 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

3. 令和3年度調査検討概要

(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検討

●初期導入コストとランニングコストの素検討について

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、各通信方式の概算導入費用及び現状の課題を整理した（令和2年度成果：令和3年度報告書参考資料3）。本年度、ランニングコスト（リース費/レンタル費、アプリケーション費、電波利用料等）の調査の内容を以下に示す。

(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（参考：月額100万円～*）
- ・ VHF帯自営ブロードバンドについては、R2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

* <https://www.hitachikokusai.co.jp/news/2021/news211207.html>

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

表-A. 電波利用料と無線従事者資格の要否

項番	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（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。

3. 令和3年度調査検討概要

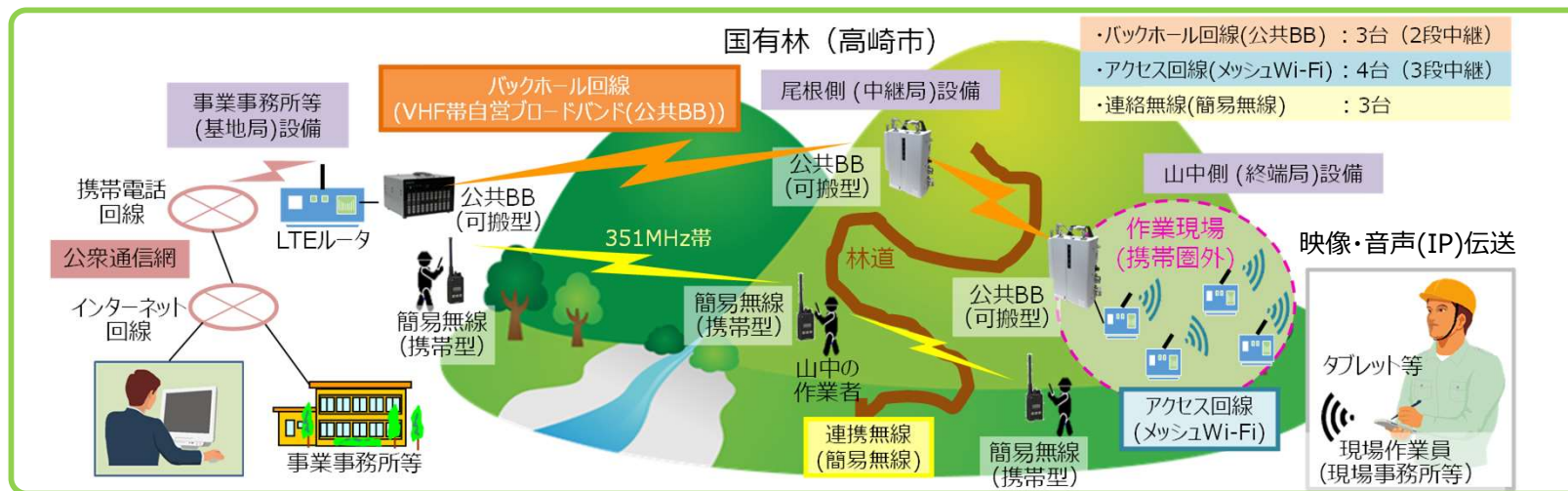
(2) 実運用試験（作業現場での情報基盤整備の試行、通信とシステムを組み合わせた取り組み）

検討項目	検討成果
①試験場所の選定	<ul style="list-style-type: none"> ここでは、林業ICT情報基盤の在り方の実証試験の上から、公衆携帯通信網とVHF帯自営ブロードバンド(公共BB)等によるネットワーク連携を目的とする。このため、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（群馬県高崎市 谷平第一国有林）までを、バックホール回線（公共BB）とアクセス回線（メッシュWi-Fi）の組合せ連携により、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ための各無線局の設置方法を調査・選定した。
②通信試験（伝搬特性、機能確認）	<ul style="list-style-type: none"> バックホール回線（公共BB）及びアクセス回線（メッシュWi-Fi）の連携 <ol style="list-style-type: none"> 伝搬特性（公共BB）：受信電力(RSSI)、無線回線品質(CINR) <ul style="list-style-type: none"> 林道及び斜面を移動しながらデータ取得 機能確認：映像及び音声(IP)伝送、位置情報伝送、業務用アプリ <ul style="list-style-type: none"> ウェアラブルカメラをWi-Fi接続し、映像・音声を、公共BB基地局設備のPC又はスマートフォンにて確認 各無線機にGPSアンテナを接続して測定したGPS位置情報を公共BB基地局設備のPCまたはスマートフォンにて確認 タブレット等をWi-Fi接続し、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 簡易無線局 <ol style="list-style-type: none"> 伝搬特性：音声メリット* *音声明瞭度（主観評価：1～5段階（5が最良）） <ul style="list-style-type: none"> 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、位置情報伝送 <ul style="list-style-type: none"> デジタル簡易無線局（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（GNSS受信機の位置情報も参考値として記録）

通信試験の概要

・場所：群馬県高崎市
谷平第一国有林
（岩氷林道及び周辺）

・日程：
R3年11月15～16日
R4年1月17、24～25日
2月14日(降雪期)

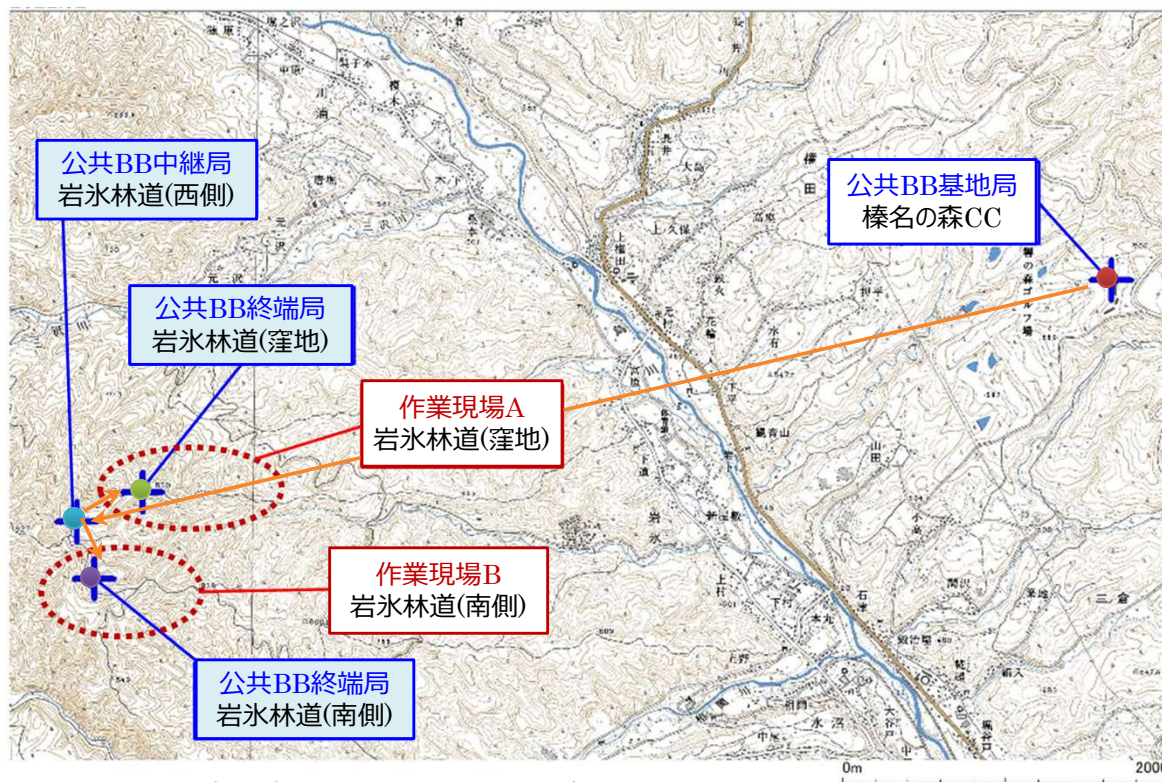


3. 令和3年度調査検討概要

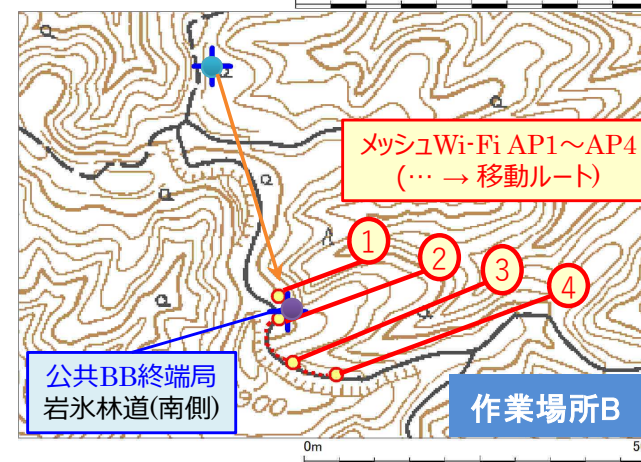
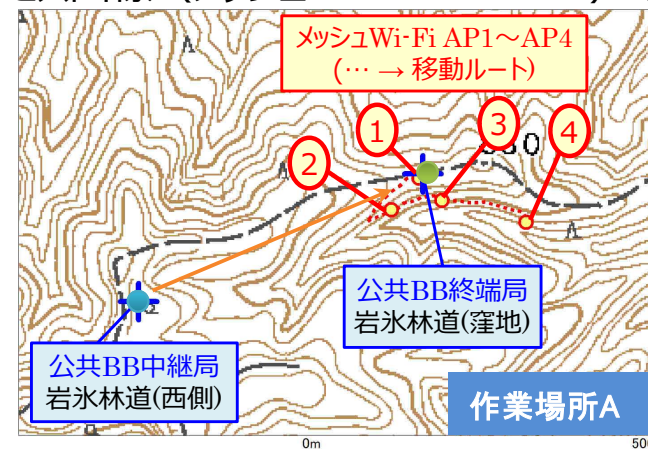
(2) 通信試験 : ①-1 場所の選定 (バックホール回線とアクセス回線の連携)

- 公衆携帯通信網の受信可能地点から山間部の作業現場までを、バックホール回線 (公共BB) とアクセス回線 (メッシュWi-Fi) の連携により作業現場にオンライン環境を構築するための各無線局 (注) の設置場所を選定した。(下図参照)
- バックホール回線は、基地局、中継局及び終端局をそれぞれ、①公衆携帯通信網エリア内の「榛名の森カントリークラブ」(事業事務所を想定)、②林道内で標高が高く林道全体を見渡せる林道の西側、及び③終端局を2つの作業場所A,B内に設置した。
- アクセス回線は、上記終端局にメッシュWi-Fiのアクセスポイント (AP1~4) を順に並べるように設置した。

①バックホール回線 (公共BB) の無線局配置



②アクセス回線 (メッシュWi-Fi : AP1~4) の配置



注 : 本報告書では、各無線局を以下のとおり規定、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*
- 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*
- 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

* 見晴らしの良い高台等への設置が望ましい

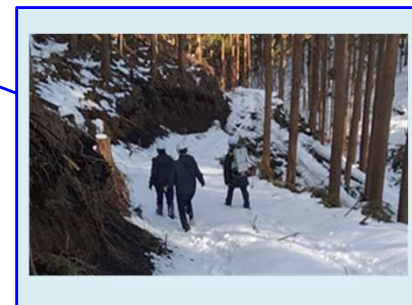
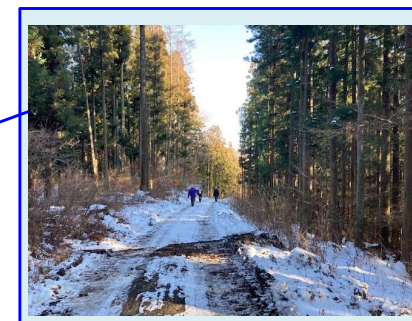
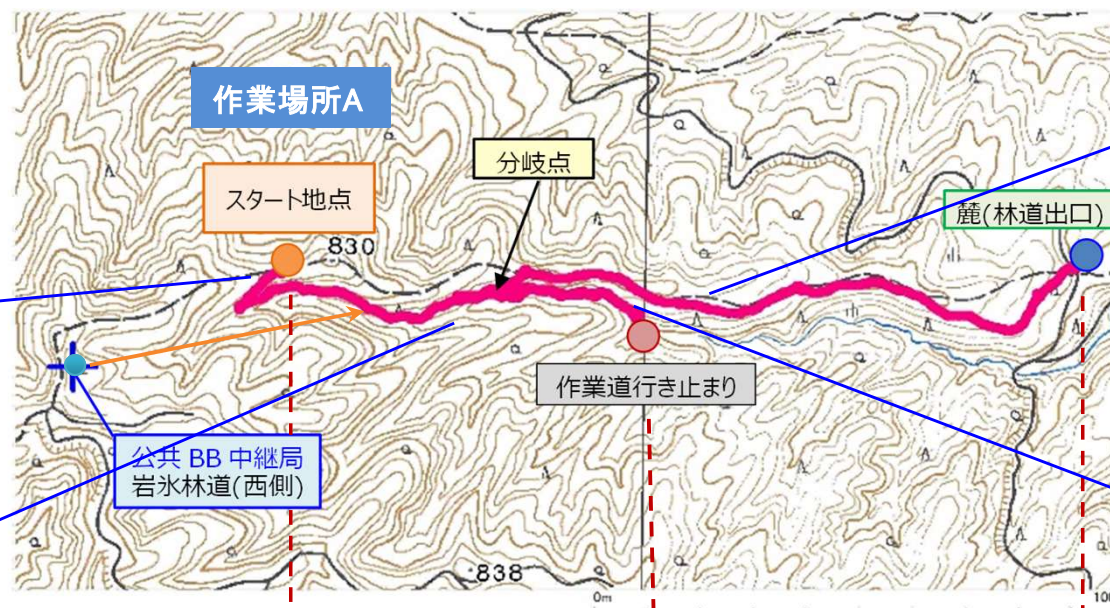
3. 令和3年度調査検討概要

(2) 通信試験 : ①-2 場所の選定 (バックホール回線とアクセス回線の連携)

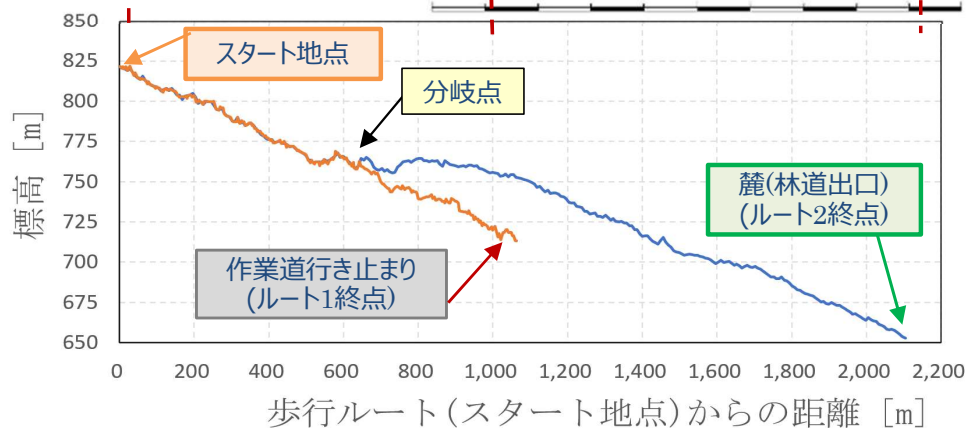
窪地となっている作業現場Aについては、1km以上横方向（東西）に歩行可能であり、高低差もある林道につながっているため、徒歩で移動し伝搬特性等を評価することとした。作業現場Aの歩行ルートと高度プロファイルを以下に示す。

- ルート1：スタート地点～作業道行き止まり（窪地）
- ルート2：スタート地点～麓（林道出口）

①作業現場A（窪地）の歩行ルート



②高度プロファイル（作業現場Aの歩行ルート）

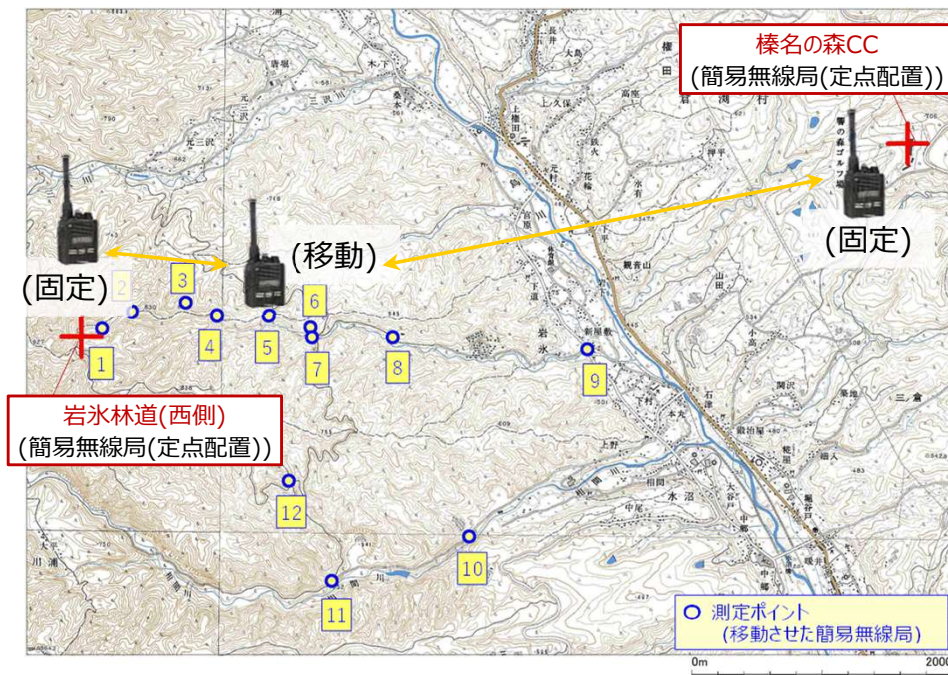


3. 令和3年度調査検討概要

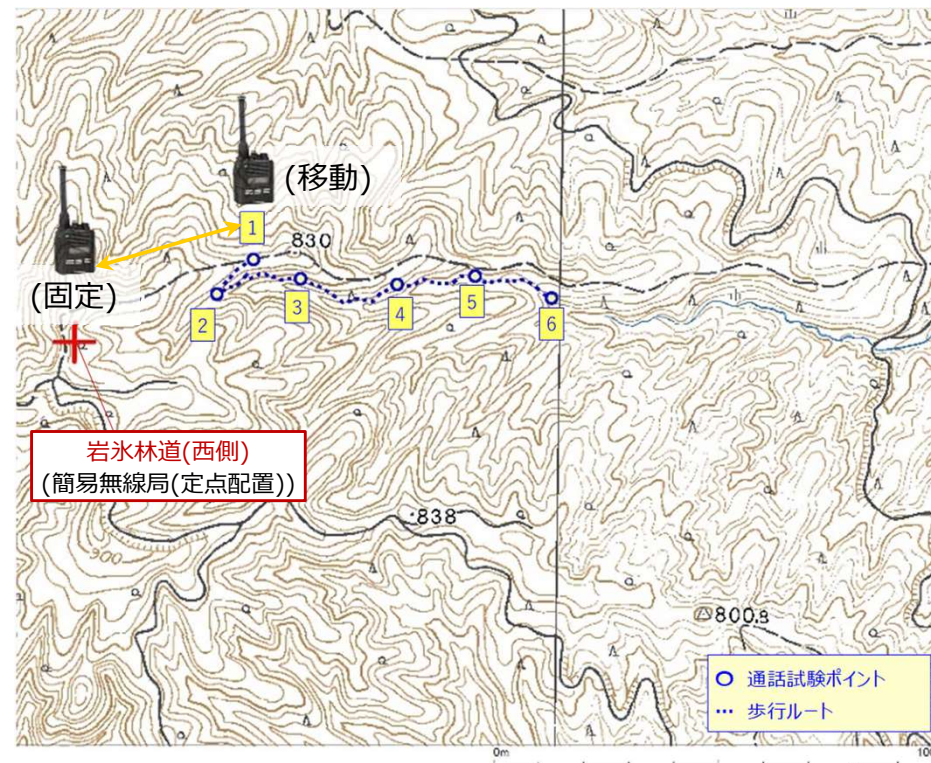
(2) 通信試験 : ①-3 場所の選定 (簡易無線局)

- ① 岩氷林道 (西側～東側～南側) : 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。
- ② 岩氷林道 (窪地) : 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。

① 岩氷林道 (西側～東側～南側 : 12ポイント)



② 岩氷林道 (窪地 : 6ポイント)



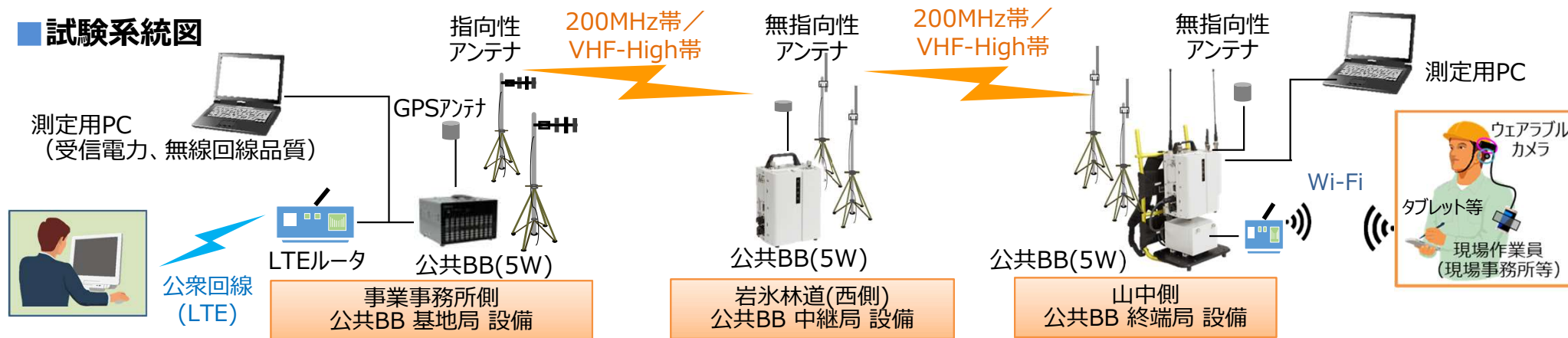
3. 令和3年度調査検討概要

(2) 通信試験 : 試験系統図-1 (バックホール回線とアクセス回線の連携)

- バックホール回線 (公共BB) 及びアクセス回線 (メッシュWi-Fi) による通信試験の試験系統図を以下に示す。
 - バックホール回線は、公衆携帯通信網が受信可能な場所に公共BB基地局を、作業現場に公共BB終端局を、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中継局をそれぞれ設置し、無線2段中継によりバックホール回線を構築した*。
 - アクセス回線は、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基地局と接続するLTEルータにより実現した。

* 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)

■ 試験系統図



(参考) 公共BB無線機の仕様と外観図

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 / チャネル	
送信出力	5W	
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



アウトドアタイプ (防水型)



インドアタイプ (小型軽量型)

(参考) メッシュWi-Fiの仕様と外観図

項目	仕様
周波数帯	2.4GHz帯、5GHz帯 (注)
	802.11a/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



注 : 実験時は2.4GHz帯を使用 (5GHz帯 : 設定OFF)

3. 令和3年度調査検討概要

(2) 通信試験 : 試験系統図-2 (簡易無線局)

- 簡易無線局による通信試験の試験系統図を以下に示す。
- デジタル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。
- デジタル簡易無線機は、送信出力5Wの携帯型 (GPS機能内蔵) を使用した。
また、GPSロガー (マルチGNSS測位(QZSS対応)) の位置情報も参考値として記録した。

■ 試験系統図



(参考) デジタル簡易無線局の仕様と外観図

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)



(参考) GPSロガーの仕様と外観図

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 (注)



注: 実験時は平均測定機能OFF

3. 令和3年度調査検討概要

(2) 通信試験：試験結果①（バックホール回線とアクセス回線の連携）

■伝搬特性

- バックホール回線を良好な回線品質*で構築することが可能であることを実証した。
- 受信電力の伝搬シミュレーション（次ページ注釈参照）の結果に対して、移動車両にて実測した受信電力の差は概ね5dB以内であった。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。
- 位置取得に、マルチGNSS対応受信機を用いた方が、地図上でプロットの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。

■機能確認

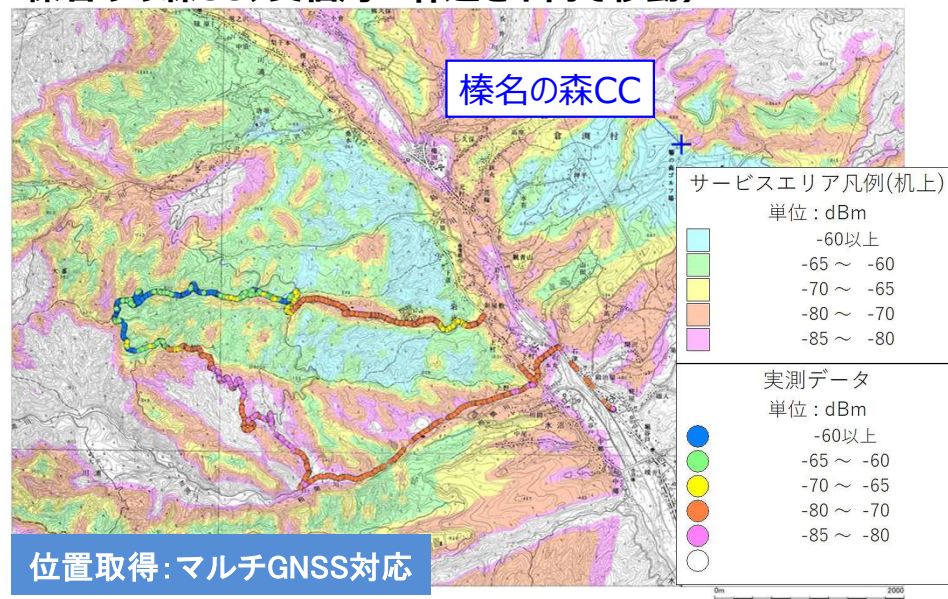
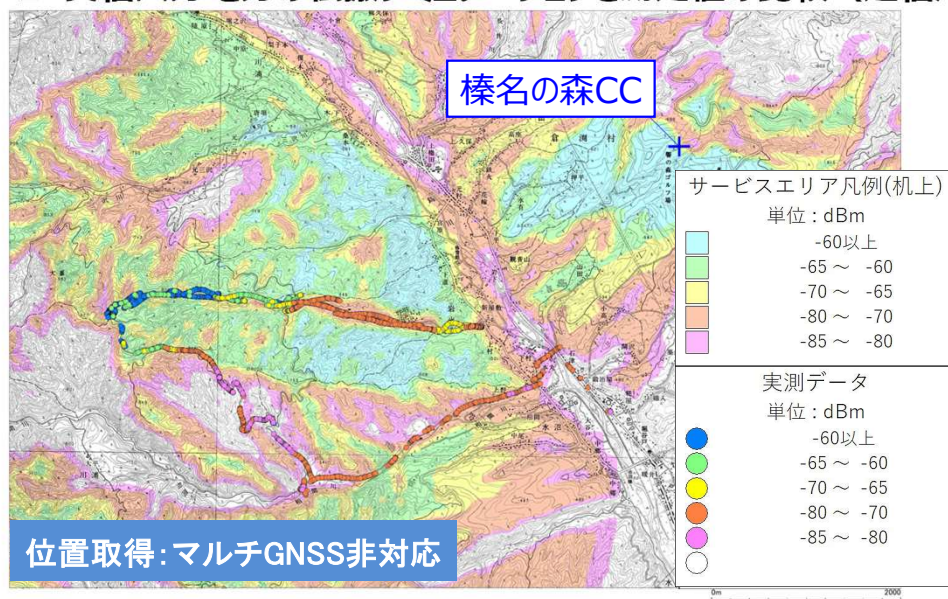
- 林業現場で各種アプリケーションの動作確認を行い、すべてのアプリケーションが良好に動作することを確認した。

* 目標値（中継局）：-60dBm（変調方式：64QAM（r=1/2））以上

■伝搬特性 ①各無線区間の伝搬特性

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 RSSI[dBm]	無線回線品質 CINR[dB]	受信電力 RSSI[dBm]	無線回線品質 CINR[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）

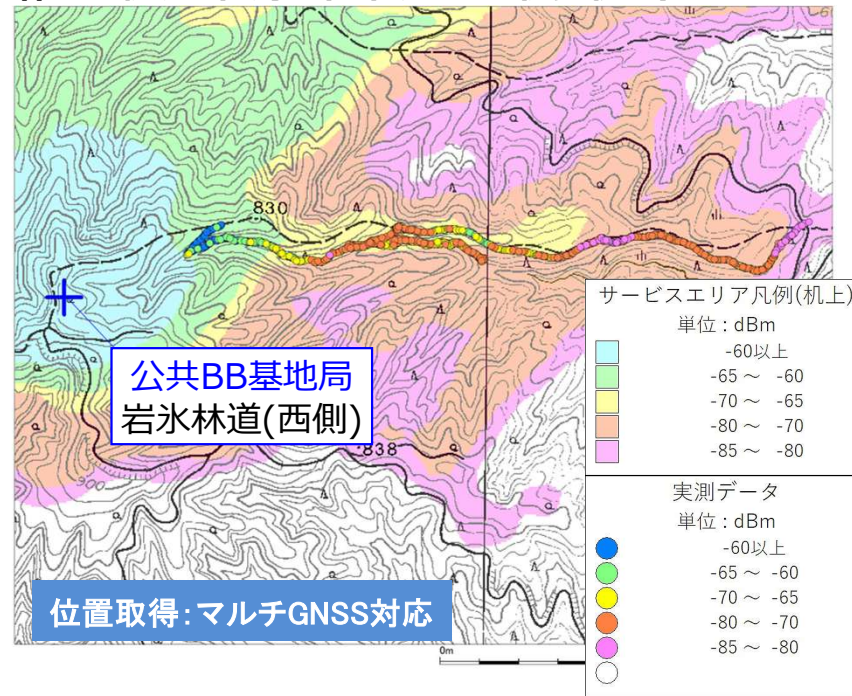
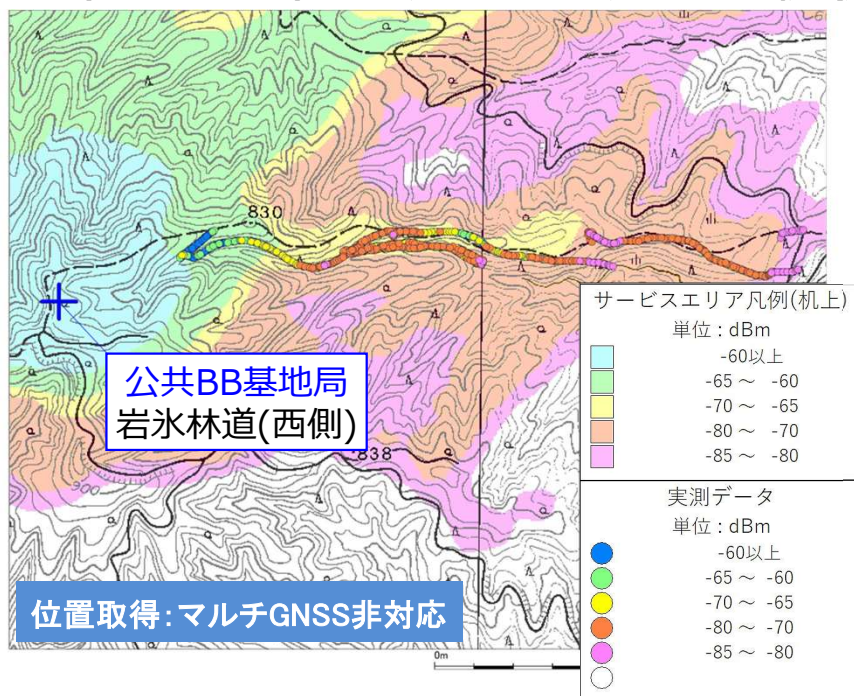
②-1 受信入力電力の伝搬シミュレーションと測定値の比較（送信局：榛名の森CC、受信局：林道を車両で移動）



3. 令和3年度調査検討概要

(2) 通信試験：試験結果①（バックホール回線とアクセス回線の連携）

②-2 受信入力電力の伝搬シミュレーションと測定値の比較（送信局：林道西側、受信局：作業現場Aを徒歩移動）



(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(ナイフエッジ回折モデル)・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。なお、地形読み取りに用いた標高データのメッシュサイズは、50m四方とした。

機能確認の結果

#	評価内容	使用機器及び使用アプリ	確認結果	スループット実測結果の事例（参考値）
1	映像及び音声伝送 (IP双方向通信)	ウェアラブルカメラ*	○	上り（映像+音声）：最大 2Mbps程度 下り（音声）：最大 400kbps程度
2		WEB会議（Microsoft Teams）（タブレット）	○	上り（映像+音声）：最大 1Mbps程度 下り（音声）：最大 600kbps程度
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）	○	

* コーデック：H.265、解像度：最大フルHD(1920×1080)、通信速度に応じ適宜解像度を制御（常時フルHDではない）
遅延時間設定（バッファ時間）：2秒（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）

3. 令和3年度調査検討概要

(2) 通信試験：試験結果①（バックホール回線：VHF-High帯実証結果ほか）

■バックホール回線におけるVHF-High帯における実証試験について：

- 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、本年度は、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。
- 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(14.5MHz幅)である。
- 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。

■バックホール回線における多段中継機能について：

- 本実証試験で採用した公共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。

*1 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～

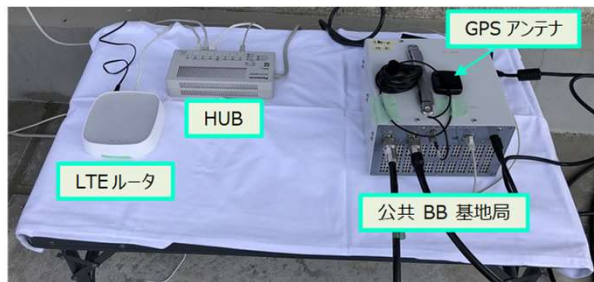
https://www.hitachi-kokusai.co.jp/products/solutions/public/public_case7.html

3. 令和3年度調査検討概要

(参考) 試験風景 (バックホール回線)

(参考) バックホール回線 (公共BB) 試験風景

① 基地局設備外観 (榛名の森CC)



基地局 5素子八木アンテナ外観



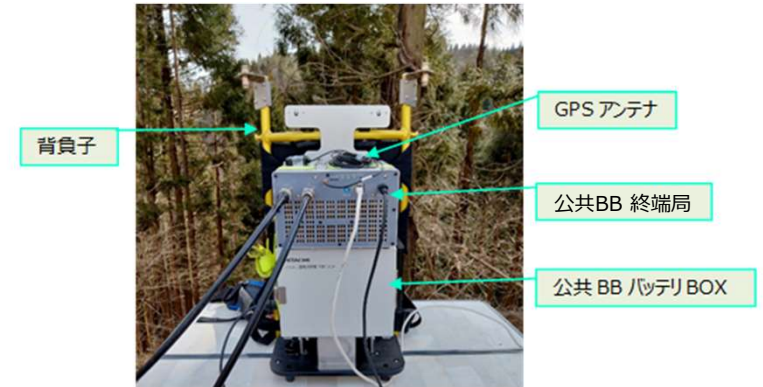
② 中継局設備外観 (岩氷林道(西側))



中継局 ブラウンアンテナ外観



③ 終端局設備外観 (固定設置時) (作業現場A)



終端局設備 (車載用マグネットアンテナ) 外観



公共BB終端局設備外観 (歩行移動時*)

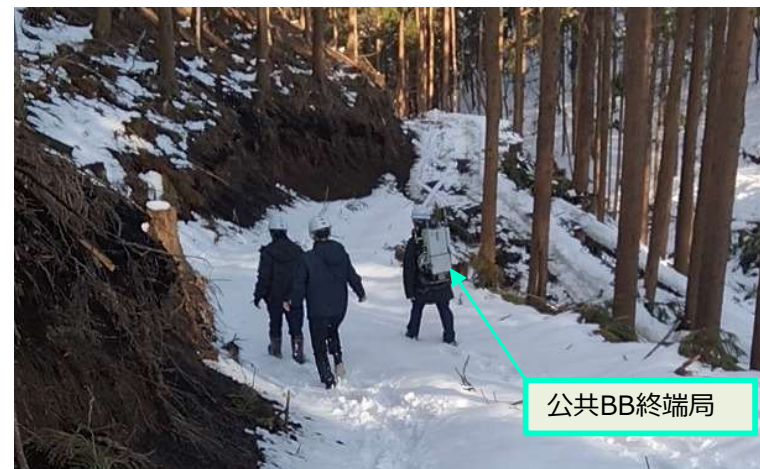
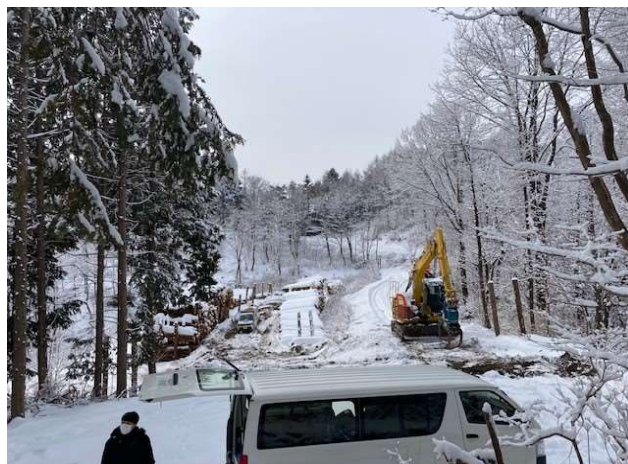


* 車両が侵入できないエリアにおいて、無線局を徒歩移動運用する場合に、背負子を利用することを推奨
 背負子 (約4kg程度) を含む無線機本体とバッテリーBOXを搭載した場合の総質量：
 アウトドアモデル搭載時:約18kg以下 / インドアモデル搭載時:約15.5kg以下

3. 令和3年度調査検討概要

(参考) 試験風景 (バックホール回線)

(参考) バックホール回線 (公共BB) 試験風景



公共BB終端局 降雪期の歩行移動測定
(岩氷林道 (窪地))

公共BB終端局 降雪期の測定前の準備風景 (岩氷林道 (西側))

- 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。

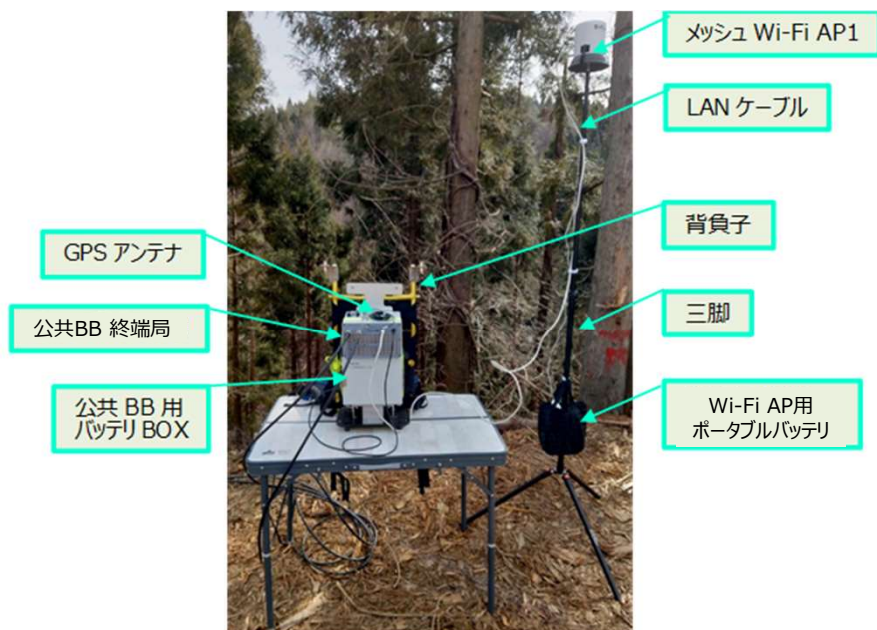
* 出典：https://www.soumu.go.jp/main_content/000678209.pdf

3. 令和3年度調査検討概要

(参考) 試験風景 (アクセス回線)

(参考) アクセス回線 (メッシュWi-Fi) 試験風景

①メッシュWi-Fi AP1外観 (終端局と接続)



②メッシュWi-Fi AP2~AP4外観 (Wi-Fiメッシュ中継)



3. 令和3年度調査検討概要

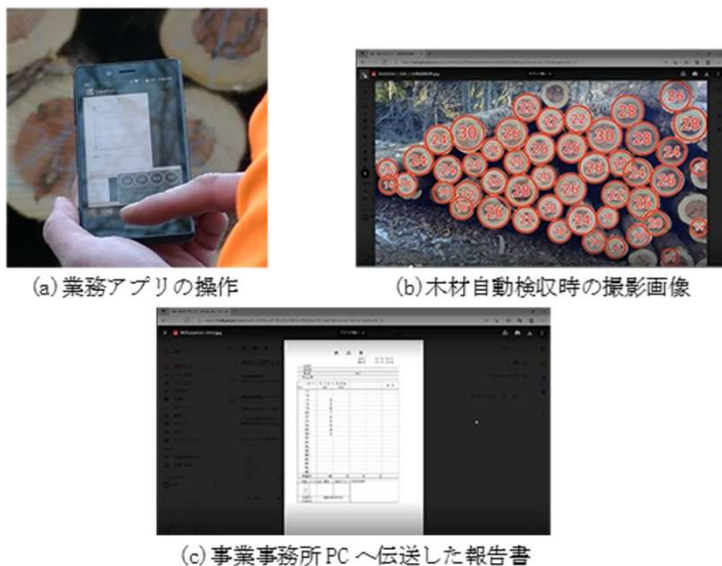
(参考) 試験風景 (バックホール回線とアクセス回線の連携による機能確認)

(参考) 機能確認 試験風景

①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業務アプリの操作及び報告内容 (メール配信)



③位置共有アプリのスマートフォン画面 (相互の位置表示、チャット)



④WEB会議 (Microsoft Teams) にて双方向音声・映像伝送



3. 令和3年度調査検討概要

(2) 通信試験 : 試験結果② (簡易無線局)

■ 伝搬特性 (音声メリット)

①見通し環境に近い榛名の森CCとの通信では、ほとんどの場所で良好な結果が得られた。一方、岩氷林道 (西側) との音声メリットは、山中の複雑な山岳斜面の形状に起因する見通し環境及び遮蔽や反射の条件が無線信号に影響を与えた結果であると考えられる。

②岩氷林道 (窪地) との音声メリットの確認結果より、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。

■ 機能確認 (位置情報)

簡易無線局内蔵のGPS機能により、自局及び通話相手の位置把握を確認した。GPSロガー (マルチGNSS(QZSS対応)) との測位誤差は平均約0.6秒 (距離15~18m相当) の結果であった。

■ 伝搬特性 (音声メリット)

①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)

*2 回折数:地形により電波の直進路が遮られる要因の数

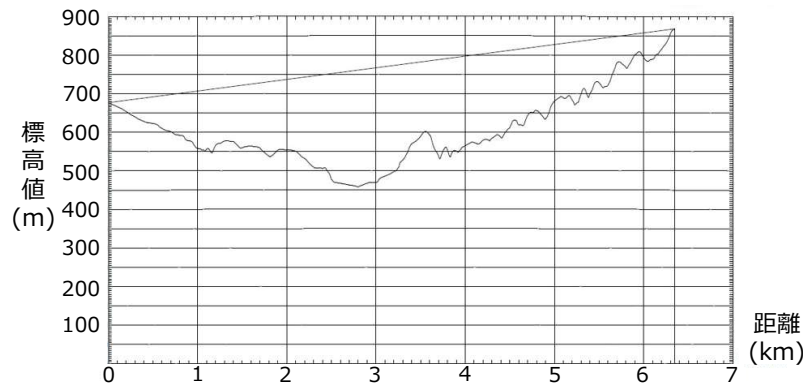
②岩氷林道 (窪地)

測定ポイント	音声メリット*1 (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)

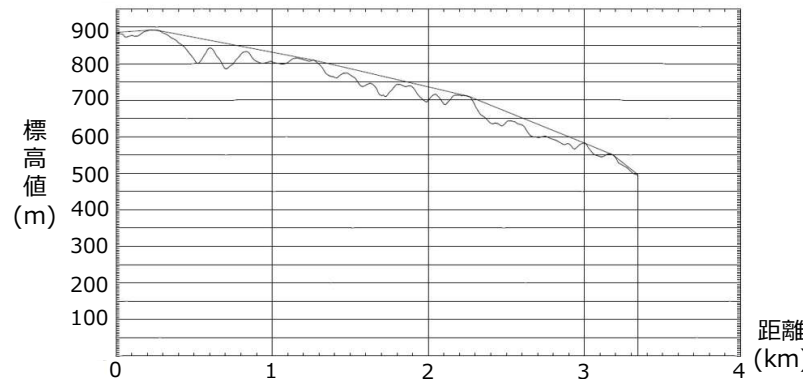
メリット	評価値
5	非常に良い (良好)
4	良い (ほぼ良好)
3	普通 (ほぼ了解できる)
2	悪い (途切れる)
1	非常に悪い (聞き取れない)

*1 音声明瞭度の評価値 (基準)
(主観評価: 1~5段階)

参考: 見通し図 (①榛名の森CC~ポイント1)



参考: 見通し図 (①林道西側~ポイント10)



3. 令和3年度調査検討概要

(2) 通信試験 : 試験結果② (簡易無線局)

■ 機能確認 (位置情報)

- ① 岩氷林道 (西側～東側～南側) : ポイント1～12で位置情報を取得
・GPSロガーとの測位誤差 : 最大約2.4秒、最小約0.01秒、平均約0.6秒
- ② 岩氷林道 (西側～東側～南側) : ポイント1～6で位置情報を取得
・GPSロガーとの測位誤差 : 最大約1.46秒、最小約0.02秒、平均約0.61秒

(参考) 簡易無線局の機能確認の様子



3. 令和3年度調査検討概要

(3) 実運用試験のまとめ

#	項目	結果（実証成果）	備考
①	バックホール回線 （公共BB）	<ul style="list-style-type: none">山間部の作業現場～公衆携帯通信網の受信可能地点までを、公共BBによるバックホール回線を構築林道及び作業現場において、伝搬特性や、斜面方向に対する通信を確認	・無線機の設定
②	アクセス回線 （Wi-Fi）	<ul style="list-style-type: none">バックホール回線にアクセス回線（メッシュWi-Fi）を接続し、山間部の現場にオンライン環境を構築ウェアラブルデバイス（双方向音声通信機能付）を活用し、山中側で撮影した映像と音声のリアルタイムな伝送を確認	・Wi-Fiの設定 ・ウェアラブルカメラ（チェーンソー、フォワーダ作業）
③	業務アプリ等	<ul style="list-style-type: none">従来オフラインで活用が出来なかった、業務アプリ等によるデータ送信（メール配信、位置共有、チャット）を本環境下で確認WEB会議（Microsoft Teams）による音声・映像伝送を確認	・木材検収アプリ ・位置情報アプリ ・WEB会議（現場～事務所）
④	連絡無線 （簡易無線）	<ul style="list-style-type: none">公衆通信網サービスエリア外から音声通信・位置情報が共有できる環境を検証	・音声通話 ・位置情報

4. まとめ

(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、情報基盤の効率的な構築手法、業務に応じた機器・電源の選定及び設置手順・工夫等について整理した。下表に情報基盤整備の手順（構築手法）を示す。

● 情報基盤整備の手順（構築手法）

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 ・ また、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

(2) 位置情報の精度向上のための手順について

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利活用事例の調査を行った。位置情報取得の精度向上のためにおける手順を以下に示す。

- GNSSによる位置情報取得の精度向上のための手順（留意点）
 - ・ 現場に向かう車中などであらかじめ受信機を起動すること
 - ・ なるべく条件のよい場所で測位すること、動かずにしばらく待つこと
 - ・ GNSS受信機の持ち方に注意すること
 - ・ GNSS受信機の平均化機能を活用すること

本調査の実運用試験において、マルチGNSS対応/非対応の受信機の位置精度の比較を行い、マルチGNSS受信の有効性を確認した。なお、林業従事者の位置を把握するという用途で考えた場合、安全確認の為に作業員の場所把握として、情報基盤を用いたスマートフォンアプリ等でのリアルタイム位置管理は有効と考える。

4. まとめ

(3) 事業実施に係る効果について

本調査検討において、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・評価し、情報基盤の整備に向け、従来との比較において成果・効果が得られた。

本調査検討の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効果を下表に示す。

● 情報基盤が整備された際の効果

#	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。
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向上が図れる。
		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。

(4) 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（最適化された方法で通信システムを稼働させ、その効果を検証）
- ・実システム導入時に想定されるガイドライン等の作成

付録. 調査検討会の構成

(敬称略・五十音順)

座長	有賀 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
座長代理	小川 将 克	上智大学 理工学部 情報理工学科 教授
委 員	加藤 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
	高山 逸 夫	群馬県環境森林部森林局 林業振興課 課長
	中澤 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
	原田 博 司	国立大学法人京都大学 大学院 情報学研究科 教授
	宗像 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	農林水産省林野庁 国有林野部 業務課 技術開発・普及班	
事務局	株式会社日立国際電気	

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
報告書概要

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>