

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)

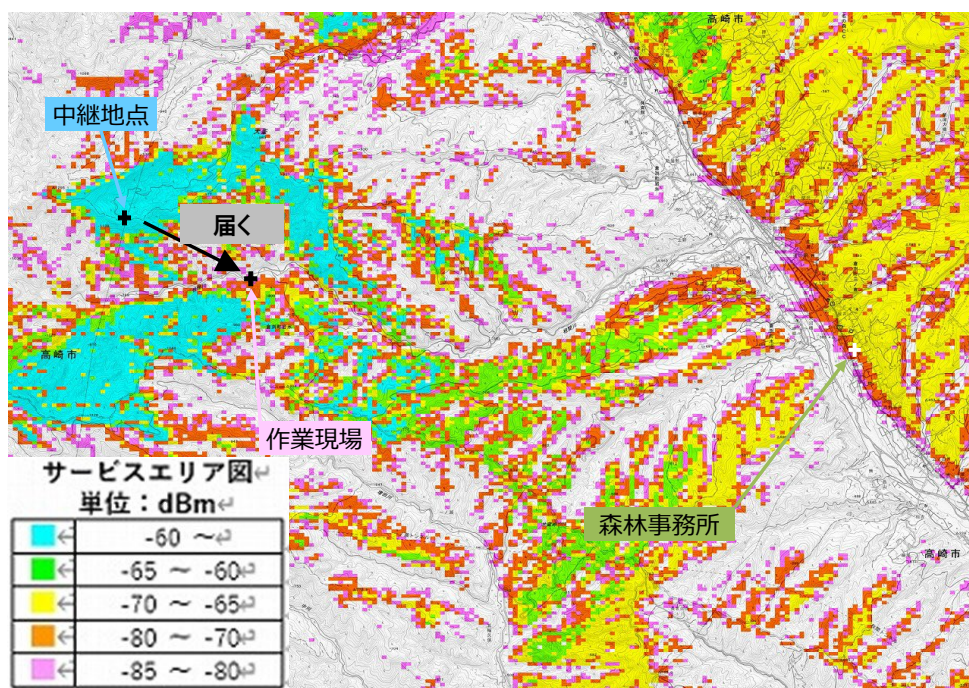


図 参 4-6 伝搬シミュレーション結果 (3-2：中継地点から送信 2)

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。

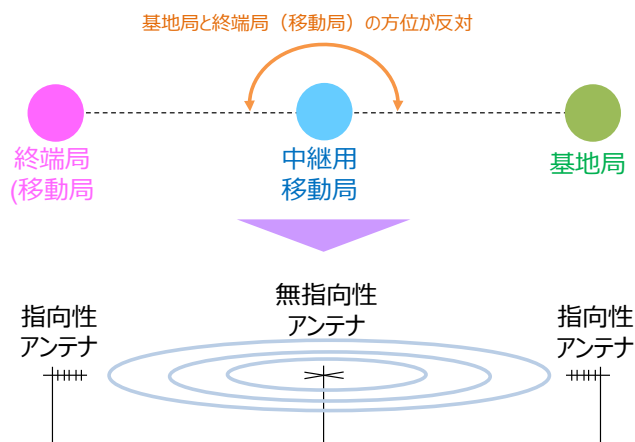


図 参 4-8 中継用移動局が無指向性アンテナ（基本構成）

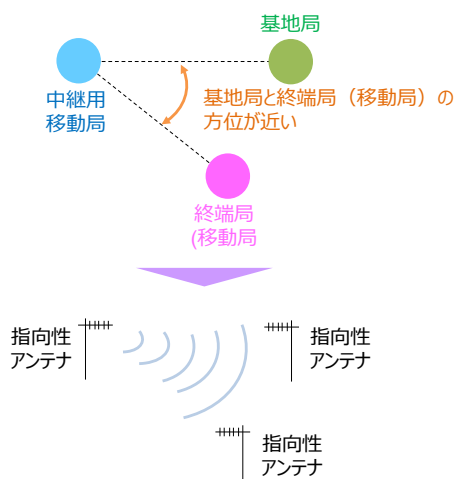


図 参 4-9 中継用移動局に指向性アンテナを用いる場合

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<br>(目安) | 所要無線回線品質<br>(目安) | 回線速度<br>(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。

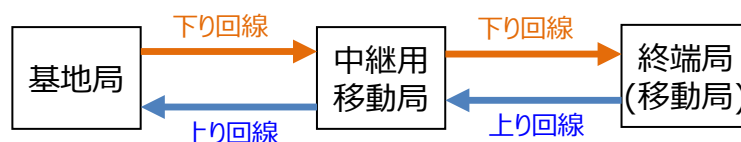


図 参 5-1 公共 BB の下り回線と上り回線

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

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

|   |      |   |
|---|------|---|
| 4 | 電源   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・関連施設からの AC100V 供給可否</li> <li>・ポータブルバッテリー供給可否</li> </ul> |
| 5 | 移動経路 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・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)</li> </ul>        |

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"> <li>・仮設スペース（無線装置、PC 等）</li> <li>・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）</li> </ul>                              |
| 2 | アンテナ設置 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地等の確認</li> <li>・設置スペース（三脚等）</li> <li>・ポール設置条件（屋上、駐車場等）</li> <li>・見通し環境の下見（周囲の遮蔽物有無確認）</li> </ul> |
| 3 | ケーブル敷設 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・必要となる同軸ケーブル及び LAN ケーブルの長さ</li> </ul>  |
| 4 | 電源     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・関連施設からの AC100V 供給可否</li> <li>・ポータブルバッテリー供給可否</li> </ul>   |
| 5 | 移動経路   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・車両による現地までの移動可否（移動経路、所要時間）</li> </ul>  |
| 6 | 作業現場   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・アプリの使用条件（パソコン、スマホ、タブレット、その他）</li> <li>・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</li> </ul>              |

## （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](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<br>(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<br>(4FSK/SCPC)   | 1 対向(携帯型)<br>約 6 万円   | ○        | ○                       | —                               |
| 2 | デジタル業務用無線<br>(4FSK/SCPC)  | 1 対向(車載型)<br>約 12 万円  | ○        | ○                       | —                               |
| 3 | VHF 帯自営ブロード<br>バンド(公共 BB) | 1 対向<br>約 4~6 百万円     | ○        | △<br>(条件付)              | 民間業務に対する<br>免許主体の扱い*1           |
| 4 | Wi-Fi                     | 屋外用無線 AP :<br>約 40 万円 | ○        | ○<br>(5.2GHz 帯<br>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<br>(参考)           | 5 千万円~<br>(参考)        | ○        | ○                       | 近接するローカル<br>5G 免許人等との調<br>整必要*3 |

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

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

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

\*3 総務省 ローカル 5G 導入に関するガイドライン、令和元年 12 月

[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000659870.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000659870.pdf)

概算導入費用(参考) : 実用化にあたり、リース料等による導入形態について留意することが有益とされた。



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<br>(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<br>公共 BB/公共ブロードバンド<br>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<br>・公共 BB 基地局<br>・公共 BB 中継用移動局<br>・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。<br>・公共 BB 基地局：<br>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<br>・公共 BB 中継用移動局：<br>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<br>・公共 BB 終端局 (移動局)：<br>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<br>(GNSS、GPS、GLONASS<br>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。<br>GPS：アメリカ<br>GLONASS：ロシア<br>Galileo：欧州<br>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。<br>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。<br>リアルタイムの双方向音声通話及び映像伝送（いわゆる<br>テレビ電話）も可能             |
| 業務アプリ<br>（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<br>の撮影画像を解析し、インターネットを介して報告書を<br>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<br>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<br>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<br>(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>