

令和2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3年3月

令和2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

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. 我が国の森林・林業の状況について	3
2.1 森林・林業の ICT 化の目標	3
2.2 森林・林業における課題とその解決方法	3
2.3 林業業務カテゴリ毎に想定される通信要件	4
2.4 林業分野において求められる通信の要件	5
2.5 無線通信方式の比較（例）	5
3. 調査検討の実施内容	7
3.1 調査範囲と方法	7
3.2 林業関係者へのヒアリング	7
3.2.1 ヒアリング調査の計画	7
3.2.2 ヒアリング結果	8
3.3 通信方法や通信機器の運用形態等に関する調査	13
3.3.1 検討の概要	13
3.3.2 通信方式の概要	14
3.3.3 森林における伝搬特性の調査	26
3.4 通信試験	28
3.4.1 通信試験の計画	28
3.4.2 屋外実証試験場所の選定	29
3.4.3 通信試験の概要	32
3.4.4 試験結果	37
4. 業務カテゴリ毎の通信要件等の検討	47
4.1 検討の概要	47
4.2 検討結果のまとめ	51
5. 今後の課題及び次年度の計画	55
6. まとめ	56
おわりに	57
付属資料、参考資料	

1. 全体概要

1.1 背景・目的

森林・林業に関する調査・作業等は携帯電話の電波状態が悪く、エリア外等の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、これまでの情報通信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。

現在、森林・林業においても ICT・IoT 等の導入を加速化し、情報基盤を整備していくことが必要とされているが、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、技術的な開発が遅れており、基本的な技術的問題の整理や課題の明確化、実証を進めていく必要がある。これは、森林・林業における業務・作業等については、森林内における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、頻度もそれぞれ異なってくること、森林内は植生や地形等といった通信上の障害や制約となる条件の変化に富んでおり、通信に関する問題解消を更に複雑化させていることが要因として考えられる。

本調査検討会は情報基盤の整備を目標に、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、業務要件の整理と通信に係る基本的な要求事項を整理することを目的とする。

1.2 実施概要

本実証では、下記（１）～（４）の実施項目を行う。

実施項目

- （１）通信機器類や使用する周波数等について、実際に導入可能なものを選定し、電源の確保の方法等についての検討
- （２）通信試験による、森林内の植生による電波の減衰等、通信を本格導入する際の障害となる要因についての分析
- （３）林業の業務カテゴリについて、通信に係る機器類についての固定式、移動式、携帯型の別についての検討
- （４）その他、付随する事項の項目

1.3 実施体制

本調査検討を進めるために、「令和２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２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２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２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	議題他	主な審議内容他
第 1 回	R3. 1. 29	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	R3. 3. 15	最終報告	最終報告書について審議し、承認された。

2. 我が国の森林・林業の状況について

2.1 森林・林業の ICT 化の目標

林野庁では、平成 30（2018）年度から ICT 等の先進的な技術を現場レベルで活用する実践的取組を支援し、スマート林業の構築を推進している。各実践地域においては、航空レーザ計測等による森林資源や森林境界の把握、路網設計支援ソフトの導入、スマートホンを活用した木材検収システムの活用、ICT 生産管理システムの開発、クラウドを活用した需給マッチング支援システムの構築等の様々な取組が進められている。森林・林業の ICT 化の目標を図 2.1 に示す。



出典：令和元年度 森林・林業白書（林野庁）の「林業イノベーションの展開方向」（p.49）の図を参照・加工している。

図 2.1 森林・林業の ICT 化の目標

2.2 森林・林業における課題とその解決方法

森林・林業における ICT・IoT 等の導入を加速化し、情報基盤を整備していくことが必要とされているが、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、技術的な開発が遅れており、基本的な技術的問題の整理や課題の明確化、実証を進めていく必要がある。

森林・林業の業務・作業は、立木の調査から木材生産、治山・災害対策まで幅広いため、本基本調査では、業務カテゴリを以下の 4 項目に分類し、情報基盤の整備について検討するものとした。

- ①安全確保、②森林調査、③生産管理、④土木関連・防災

業務カテゴリごとの主な課題と、解決方法の概略を表 2.1 に示す。各課題を解決するためには「森林・林業における ICT・IoT」等の導入が必要と想定される。

表 2.1 業務カテゴリごとの主な課題と解決方法

項番	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 事故発生状況が共有しにくい 	<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 【作業員のモニタリング：安心・安全】
2	森林調査	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<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） 【進捗管理：効率化】
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 	<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） 【遠隔指示：効率化】
4	土木関連 ・防災	<ul style="list-style-type: none"> 危険箇所のモニタリングをしたい 施工の自動化をしたい 	<ul style="list-style-type: none"> リアルタイムな情報伝達のための、データ・映像伝送が可能な無線ネットワークの構築（データ、映像） 【作業環境のモニタリング：安心・安全】

2.3 林業業務カテゴリ毎に想定される通信要件

林業業務カテゴリ毎の想定される通信要件、必要なデータ及び種別を表 2.2 に示す。業務カテゴリにおいて要件を分析し、それぞれに適した通信方法や通信機器類等の検討が必要と想定される。

表 2.2 林業業務カテゴリ毎の想定される通信要件

項番	業務カテゴリ	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

2.4 林業分野において求められる通信の要件

山林部における無線通信普及の課題に着目すると、携帯電話の人口カバー率（約 100%）に対して、日本国土面積でのカバー率は約 60%程度であり、作業現場である山林部は携帯電話が利用できない場所が多く、ICT 等の導入を進めにくい状況にある。

林業において求められる通信要件（事例）を以下に示す。

- ① 樹木や地形の起伏の多い森林の中で十分に電波が届くこと（VHF 帯～UHF 帯）
- ② 音声伝送できること（簡便な無線機、衛星電話等）
- ③ 生産管理等のデータ通信が伝送できること（Wi-Fi、VHF 帯自営ブロードバンド）
- ④ 中継機能による見通し外通信が出来ること（VHF 帯自営ブロードバンド）
- ⑤ 現場・事務所周辺で日常的な通信ができること（LTE、Wi-Fi）
- ⑥ 導入コストが比較的低廉なこと

2.5 無線通信方式の比較（例）

林業分野において求められる通信の要件と具体的な通信方式を表 2.3 に例示する。現状、衛星電話、業務用無線（音声通話主体）が主に利用されている通信手段となる。

表 2.3 無線通信方式の比較 (例)

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 (ｲｼﾞｳﾑ端末)	～約 10Mbps	～20Mbps	～数 100Mbps (契約と電波 環境次第)
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	△	×	○*1	○*2	×
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

※：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。

*1 例えば、比較的簡便なシステム用途に適するマルチホップ段数 4 (無線装置 5 ユニット)、また、方式的には 36 ホップの事例が知られている。

<https://www.hitachi-kokusai.co.jp/news/2017/news170316.html>

*2 例えば下記 URL 事例のとおり、中継台数 10～20 台の製品紹介記事が見受けられる。

<https://jp.sharp/business/smartnetwork/products/qxc300.html>

<https://www.nttdocomo.co.jp/biz/service/pmwifi/>

3. 調査検討の実施内容

3.1 調査範囲と方法

(1) 林業関係者へのヒアリング

調査検討の取りまとめにおける通信要件の整理にあたり、林業事業体及び関連事業体へ、林業における通信の現状や課題等についてヒアリングを行った。

(2) 通信方法や通信機器類等の検討

作業現場が森林特有の過酷な伝搬環境や見通し外環境であることを踏まえ、周波数帯や通信方式について検討した。機器については、実際に導入可能なものを選定することとし、電源の確保の方法等について検討を行った。

(3) 通信試験

森林内伝搬環境に求められる「見通し外通信（森林内通信の可能性）」、「中継機能」に着目し、想定される通信方式を選定し、通信試験（電波伝搬試験）を行った。

3.2 林業関係者へのヒアリング

3.2.1 ヒアリング調査の計画

(1) ヒアリング対象（敬称略）

- ・アジア航測株式会社
- ・株式会社ジツタ
- ・株式会社大林組
- ・北信州森林組合
- ・日立建機株式会社
- ・有限会社杉産業

(2) ヒアリング内容

- ① 林業に関する業務内容
- ② 林業における通信の現状・課題
- ③ 通信が必要な業務・作業と通信内容
- ④ 導入済の通信・アプリケーション
- ⑤ 導入予定の通信・アプリケーション
- ⑥ 通信インフラが整うことで導入したいアプリケーション
- ⑦ 通信機器・インフラに求める要件

3.2.2 ヒアリング結果

ヒアリング結果を表 3.1 から表 3.7 に示す。

概要は以下のとおり。

- ・ 現状はオフライン環境を前提として作業をしている。
(事務所からの連絡手段が携帯電話以外ない)。
- ・ 安全管理のためのシステムを導入したいと考えていることが多く、位置情報やバイタルチェックに関する要望が多い。
- ・ 事務所での報告作業の手間を省くために、日報を簡単に送信したいという要望も多い。
- ・ 生産管理や、注文情報などをリアルタイムに確認したいという要望もある。
- ・ 画像や映像は、作業指示のために利用することを考えているところが多いが、現状では導入された場合には使う機会が増えるという程度にとどまる。
- ・ リアルタイム性を必要とする情報と、必要としない情報がある。

表 3.1 ヒアリング結果① (林業に関する業務内容)

ヒアリング対象組織	意見① (林業に関する業務内容)
アジア航測株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・ 丸太検知：スマートホンのカメラ利用。どこでどれだけ伐採したのかをデータ化する。 ・ ドローン撮影：作業前後で上空から撮影し、進捗確認する。データはGISに載せる。 ・ セスナでのレーザ計測。 ・ 取得データを基にしたコンサル業務。
株式会社ジツタ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 面積測量：どこをどれだけ伐採したか報告。デジタルコンパスとGPSで測量する。 ・ 検収：スマートホンで撮影した画像から、木材の本数を測定する。 ・ ドローン撮影：森林データをドローンで取得し、生えている樹木の本数を測定することで在庫量の把握に繋がる。 ・ GNSS (リアルタイム性必要)：面積の測定に使用するための位置情報の取得。1m規模の精度が求められる。
株式会社大林組	<ul style="list-style-type: none"> ・ 森林ビジネスにおける新市場創出 (スマート林業等)。
日立建機株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・ 建設機械の販売、レンタル、サービス。マシンの他、アタッチメントも取り扱っている。 ・ 林業については、ショベルのベースマシン(本体)のみで、フォワーダの販売はしていない。
北信州森林組合	<ul style="list-style-type: none"> ・ 森林調査：伐採時の権利関係を明確にするため、境界の調査を行う。森林の状況、地形、木のボリュームなどをレーザ計測する。 ・ 森林整備：伐採、木材の搬出。 ・ 地権管理。
有限会社杉産業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 素材生産。間伐や皆伐も行っている。

表 3.2 ヒアリング結果②（林業における通信の現状・課題）

ヒアリング 対象組織	意見②（林業における通信の現状・課題）
アジア航測 株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・オフライン環境が前提のため、林業機械の GPS 搭載も少なく、精度も良くないため、作業現場の情報が分からない。 ・タブレットが使用できるようになれば、作業現場について分かるようになる。 ・林業従事者は、ICT 化の理屈は理解しているが、ICT 化自体は進んでいない。
株式会社 ジツタ	<ul style="list-style-type: none"> ・オフライン環境を前提にしたシステムになっている。 ・面積測量では、GPS 情報を通信できれば現在位置を取得し、測量結果を即時送信することで、作業後に事務所に戻る必要がなくなる。 ・検取アプリがないと従事者は、木材を正の字で記録し、事務所で Excel 入力している。 ・動画を伝送できるようになれば、間伐でどの木を切ればよいか、熟練者が遠隔で指示を出せるようになる。
株式会社 大林組	<p>特に無し</p>
日立建機 株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・年間 30 名ほどが労働災害で死亡しており、安全確保のための通信が必要。 通信手段がないため、事故に巻き込まれても発見されにくい。 ・危険箇所の検知(土砂崩れなどの情報)のニーズあり。
北信州森林 組合	<ul style="list-style-type: none"> ・携帯電話を使用するが、繋がらない場所も多い。 ・簡易無線を、グループ内で使用している。
有限会社 杉産業	<ul style="list-style-type: none"> ・事務所から出ると携帯電話しか無い。携帯電話の通信可能箇所を探すことを 1 番に行う（作業中、どこから連絡できるのかを把握する）。 ・製材所との連絡は電話と FAX。打合せはグループウェア（LineWorks）を使用。画像をチャットに上げて、木材の在庫数などを共有している。 ・生産管理では on time で情報を得ることができれば収益にも繋がる。 ・事務所から作業員（現場）への通信、連絡ができないことが課題。

表 3.3 ヒアリング結果③（通信が必要な業務・作業と通信内容）

ヒアリング対象組織	意見③（通信が必要な業務・作業と通信内容）★：現在使用している通信手段
アジア航測株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ★ドローン撮影（リアルタイム性不要） ・遠隔指導用 TV 会議 ★音声通話（LINE 通話等を含む） ・GoogleMap など地図アプリの利用、現在地の共有
株式会社ジツタ	<ul style="list-style-type: none"> ★GNSS の補正情報 ・測量結果の送信 ・現在位置の本部への送信 ★検収結果（画像）の送信
株式会社大林組	特に無し
日立建機株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・安全管理：人と機械の距離を共有し、事故を減らしたい。木が倒れる方向に人がいることもある。 ・生産管理：現状はリアルタイム性不要で、1日の終わりに送信できればよい。リアルタイムであれば、製材側の発注もスムーズになる。 ・現場と事務所の通信：日報など、現場での情報を集約して事務所に送信できるとよい。リアルタイム性はなくてもよい。 ★森林調査 ・遠隔操作、自動運転：まだ現実的ではない。国の施策によるところが大きい。林野庁の方針に沿って進めることとなる。
北信州森林組合	<ul style="list-style-type: none"> ★簡易無線での音声通話 ・バイタルやチャット、位置情報など分かるとよい ・写真や動画が送信できれば、作業指示に使用できる ・GoPro など動画を収集し、作業方法の蓄積や AI 解析、事故状況の調査などへ活用が想定される。
有限会社杉産業	<ul style="list-style-type: none"> ・安全管理と生産管理（どのくらいの丸太が生産されているか）に使用。 ・事務所で作業員や機械の位置確認ができるとよい。 ・素材生産では、倒す、道を作る、集める、造材する、運ぶの 5 つの工程がある。運ぶことができないなど通信を使って知ることができるとよい。 ・作業員や機械が 1 時間以上動かないなどの情報も得られるとよい。 ・リアルタイムでなくとも、1 時間に 1 回の通信でも進歩。 ・写真、PDF、Excel を伝送したい。 ・木を切る量は計画の上、フル生産できるように計画している。 「このような木材が欲しい」という発注をリアルタイムに把握できるようになるとよい。

表 3.4 ヒアリング結果 4 (導入済の通信・アプリケーション)

ヒアリング対象組織	意見④ (導入済の通信・アプリケーション)
アジア航測株式会社	特に無し
株式会社ジツタ	特に無し
株式会社大林組	・腕時計型ウェアラブルセンサー：建設現場用での熱中症対策として、バイタルデータの取得に利用。山中での利用は前提としていない。
日立建機株式会社	・アラームや位置情報 ・サポート用の電話（機械に付属） ・携帯電話（こちらがメイン） ・スマートホンアプリ：オフライン前提で作られており、通信の要望なし
北信州森林組合	・簡易無線 ・木材検取アプリ
有限会社杉産業	・携帯電話のみ ・ハーベスタに Timber Office が入っており、USB に保存して事務所でデータを引き出す。生産した材木の情報が入っている。

表 3.5 ヒアリング結果 5 (導入予定の通信・アプリケーション)

ヒアリング対象組織	意見⑤ (導入予定の通信・アプリケーション)
アジア航測株式会社	特に無し
株式会社ジツタ	特に無し
株式会社大林組	・5G を応用した、フォワーダの自動走行を検討中
日立建機株式会社	・LPWA を利用した安全管理システム：人と機械の接近警告や、位置情報の導入を検討中
北信州森林組合	・日報システム(開発中)：バイタル情報と連携したい
有限会社杉産業	特に無し

表 3.6 ヒアリング結果 6 (通信インフラが整うことで導入したいアプリケーション)

ヒアリング対象組織	意見⑥ (通信インフラが整うことで導入したいアプリケーション)
アジア航測株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・困った時の指導に使う TV 会議システム ・山中でのデータの自動アップデート、ダウンロード:現在は SD カードを利用 ・GoogleMap の利用:指示、安全面の観点から、位置情報を利用した人、機械の場所管理をしたい。精度は 5m 程度必要。 ・通信可能になれば、機器のソフトウェアの作り込みも変わる。
株式会社ジツタ	<ul style="list-style-type: none"> ・GNSS の補正情報 ・測量結果の即時送信 ・現在位置の本部への送信 ・検取結果の即時送信 ・動画伝送
株式会社大林組	特に無し
日立建機株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・日報や生産情報のリアルタイム通信 ・動画伝送 ・メーカーとしては、土木現場で遠隔操作や自動運転ができないと林業には展開できない。林業現場では傾斜などの危険があり、遠隔では判断ができない場合もある。そのような状況で崖から落下すると修理費も莫大になる。
北信州森林組合	特に無し
有限会社杉産業	・Line Works の活用を進めたい。

表 3.7 ヒアリング結果 7 (通信機器・インフラに求める要件)

ヒアリング対象組織	意見⑦ (通信機器・インフラに求める要件)
アジア航測株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・車両で運搬するため、大きさに関する要求はない。 ・1つの端末で利用できることが望ましい。 ・車両のシガーソケットは出力が小さいため、バッテリー運用が望ましい。発電機を所有している組合もある。
株式会社ジツタ	<ul style="list-style-type: none"> ・林業従事者の 1 チームが車両にて山林内に移動するが、その車両に移動基地局が設置でき、半径 1 Km 程度通信エリアが確保できるような安価な機材。 ・電源は車両から供給可能なため、各種機材を搭載した車両があると便利。費用は 12 万円のジツタアプリでも高いと言われるため、支援策が有った方が良い。
株式会社大林組	<ul style="list-style-type: none"> ・1 千万円規模^{*1} では、林業分野では高い。 ・スマートシティでも山間部では通信が課題となる
日立建機株式会社	<ul style="list-style-type: none"> ・免許不要で手軽なもの ・500m 程度のエリアで使えるもの
北信州森林組合	特に無し
有限会社杉産業	<ul style="list-style-type: none"> ・作業は機械が入りやすい場所から行う。 ・奥に入ると作業が難しい場所もあるため、そのような場所では通信があるとなおよい。 ・木を切る前は GPS の誤差が大きい。GPS が捕捉できるようになれば 5m 程度の誤差になる。 ・電源は重機から取れるが、バッテリーから取れるとなおよい。

*1 映像装置(カメラ)等、アプリケーション周辺装置などを含めた概算価格

3.3 通信方法や通信機器の運用形態等に関する調査

3.3.1 検討の概要

(1) VHF 帯無線方式

作業現場が森林特有の過酷な伝搬環境や見通し外環境であることを勘案し、電波の回り込み特性に優れた VHF 帯の周波数を候補として、文献等を参考に、通信方法等について検討・考察した。以下に対象として想定される通信方式を示す。

- ・デジタル業務用無線機/デジタル簡易無線（150MHz 帯）
- ・自営ブロードバンド(公共 BB)（200MHz 帯）

参考資料 2 に、森林における自営ブロードバンド(公共 BB)の活用事例を示す。

(2) 中継機能

公衆系通信インフラではカバーが難しい山間部の作業エリアにおいて、簡便かつ柔軟に無線エリアの構築が可能な、マルチホップ中継機能を有し、可搬型での運用が可能な通信方式について検討・考察した。以下に対象として想定される通信方式を示す。

- ・無線 LAN(Wi-Fi)（2.4GHz 帯、5GHz 帯）
- ・自営ブロードバンド(公共 BB)（200MHz 帯）

(3) モニタリング・センサ系

業務カテゴリのうちモニタリングを行う業務等（センサ系）について、以下を対象候補として検討・考察した。

- ・Wi-SUN 等、近距離～中距離用の小電力無線システム（920MHz 帯）

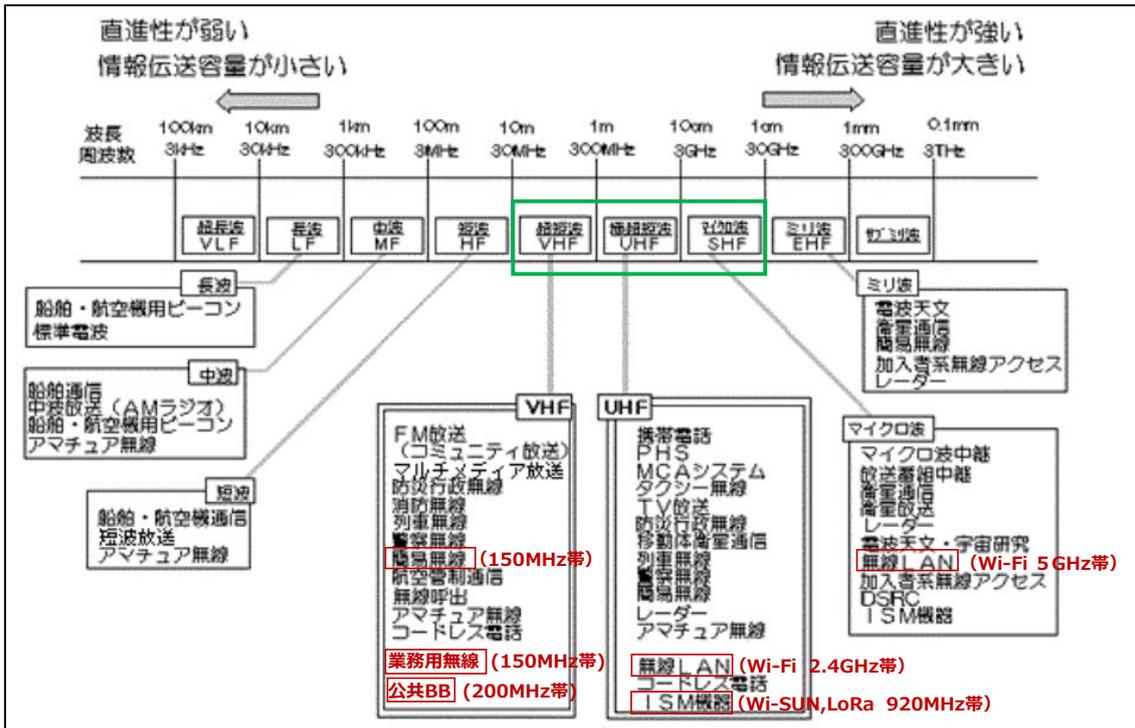
(4) 無線機器の運用形態

無線機器について、電源の確保・供給方法や、機器の形態（固定式(卓上型等)、移動式(車載型等)、携帯型(ハンディ型等)の種別等）について調査した。

(5) 森林における伝搬特性の調査

森林内の植生等による電波の減衰等について文献等を調査した。

本調査検討における無線通信方式の周波数帯を図 3.1 に示す。



出典：総務省電波利用ホームページ「周波数帯ごとの主な用途と電波の特徴」を引用し、加筆した
<https://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/myuse/summary/index.htm>

図 3.1 本調査検討における無線通信方式の周波数帯

3.3.2 通信方式の概要

(1) デジタル業務用無線機/簡易無線 (150MHz 帯)

デジタル業務用無線機/簡易無線 (150MHz 帯) について概要を以下に述べる。

無線機の特長・機器の形態：

- ・デジタル業務用無線 (150MHz 帯) は、一般に専用波による免許局であり、各地方総合通信局に対し免許申請し、林業業務として個別に割当てられた周波数で運用することが必要である。無線機器の形態は、固定式(卓上型等)、移動式(車載型等)、あるいは、携帯型 (ハンディ型) が一般的である。
- ・デジタル簡易無線 (150MHz 帯) は、共通波による簡易な業務用の免許局 (送信電力 5W、28 波) として制度化されており、無線従事者が不要なため利便性が高い。最近では、比較的簡便な精度の GPS ユニットの内蔵する携帯型 (ハンディ型) が広く市販されており、デジタル業務用無線 (150MHz 帯) よりも比較的低廉な市場価格にある。
- ・また、いずれの無線機とも、4 値 FSK 方式 (四値周波数偏移変調方式) を採用した狭帯域デジタル方式であり、音声/低速データ速度は、2.45kbps (誤り訂正 1.15kbps を除く)

として、民間標準規格化（ARIB STD-T102（第2編）及びARIB STD-T102（第3編））が行われている。

無線機器への電源の確保・供給方法：

・無線機器への電源供給方については、車載型、固定型（卓上型）は、DC 公称 13.8V、あるいは、商用 AC100V 電源からの AC/DC 変換アダプタ方式が、一般的に採用されている。森林内作業現場においては、発動発電機による AC 供給も想定される。また、デジタル簡易無線については、通常、リチウムイオン二次バッテリーパック搭載の携帯型である。

免許申請等について：

・1W 以上のデジタル業務用無線機を使用する場合には、各地方総合通信局へ免許の申請が必要（免許有効期間は 5 年）である。運用には無線従事者（第三級陸上特殊無線技士以上）が必要である。なお、第三級陸上特殊無線技士資格は、関係機関による講習を受講することでも比較的容易に取得が可能である。

・デジタル業務用無線機/簡易無線（150MHz 帯）については、電波利用料の支払いが求められる。これらの料率は、総務省電波利用ホームページ電波利用料額表に掲載^{*}されたとおり、現状、年間 400 円/無線局（個別免許の電波利用料：電波法別表第 6 令和元年 10 月 1 日改訂）にある。

※：総務省電波利用ホームページ「電波利用料額表」

<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/sum/money.htm>

その他事項：

デジタル業務用無線（150MHz 帯）においては、受信ダイバーシチ方式を採用した無線装置も存在することから、現場事務所に固定型（卓上型）を設置、移動側に車載型を採用することで、森林内の劣悪な伝搬環境に対し、良好な回線品質を確保する利用形態も着想される。

例えば、4FSK 方式における受信ダイバーシチ方式の有効事例を図 3.2^{*}に例示する。通常、良好な音声通信、及びデータ伝送に求められる回線品質（BER 特性：符号誤り率）は、それぞれ、BER=1×10⁻²以下、及び BER=1×10⁻³～1×10⁻⁴のオーダーにある。

さらに、建設機械などの停止制御等においては、呼損率にもよるが、1×10⁻⁴以下が求められると考えられる。図 3.2 に示す BER 特性のとおり、受信ダイバーシチ利得による回線品質の改善効果の有効性が顕著であることが分かる。

ここで、図中の実測条件は、民間標準規格（ARIB STD-T102）に規定するレイリーフェージング 7.5Hz の条件にある。これは 150MHz 帯における走行速度時速 54km/h の条件に相当する。なお、本条件は、建機などの森林への移動時の公道における移動速度を考慮する場合においても、安全サイドの条件と想定される。

※ 出典：北海道総合通信局、北海道農業ICT/IoT懇談会、ロボット農業向け制御システムの技術的条件等に係る調査検討報告書、令和2年3月27日

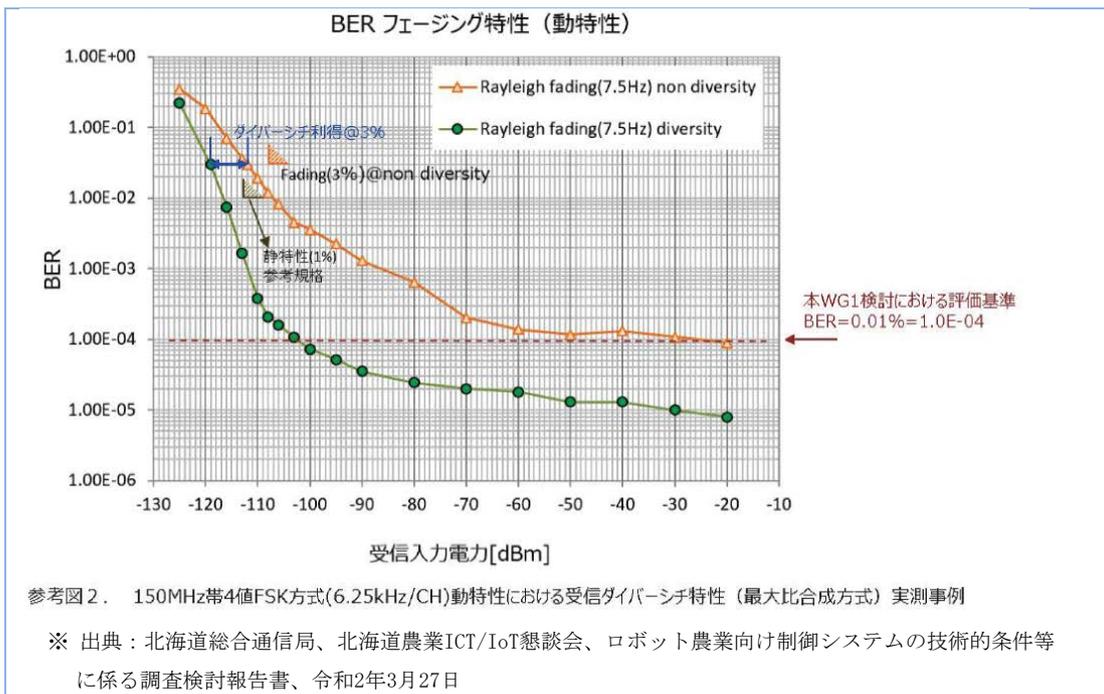


図 3.2 4 値 FSK 方式における受信ダイバーシチ方式の有効性

図 3.3 にデジタル業務用無線機/簡易無線 (150MHz 帯) の外観を例示する。

■ 携帯モデル

■ 車載モデル



図 3.3 デジタル業務用無線機/簡易無線 外観イメージ

(2) 自営ブロードバンド (公共 BB) (200MHz 帯)

自営ブロードバンド (以下、「公共 BB」と記す。) の概要について、以下に述べる。

無線方式の概要:

・本方式は、災害現場等における公共機関の通信は従来、音声通信が主体であったものに映像を伝達する仕組みを加え、より詳細な状況把握をすること等を目的とし、2011年のVHF帯地デジ化移行に伴い、地上アナログテレビ放送の空き周波数(200MHz帯)を利用した自営ブロードバンド無線(5MHz幅/ch)として利用開始されたもので、「安心・安全」に関わる業務用(主に災害対策分野)として、国、地方自治体、警察・消防等を免許主体として運用されている。

- ・公共 BB は、見通しのとれない山間部の運用や、高速移動及びマルチパスフェージング環境下での車載運用が可能であり、最大 30km 程度の長距離伝送が可能で、OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 通信方式を用い、上り回線最大 8Mbps の伝送速度を実現できる (1 チャンネルあたり 5MHz の帯域幅の場合)。表 3.8 に公共 BB の通信仕様を示す。この通信仕様は、一般社団法人電波産業会 (ARIB) において、ARIB STD-T103 として標準化され、中継方式については、ARIB STD-T119 として標準化が完了している。
 - ・公共 BB のマルチホップ通信機能は、民間標準規格 (ARIB STD-T119) により規定されており、1 周波数による蓄積型時分割方式として実用化されている。無線装置の電源投入操作のみで、自動的に無線通信路を構築できることが特長である。
 - ・標準的には良好な回線品質を確保するため受信ダイバーシチ方式が推奨されるが、非ダイバーシチ運用も可能な回路構成にある。
- ※ 今回の試験は「山間部の運用」に有利であるという特性に着目し、試験局を申請し、調査を実施する。

表 3.8 公共 BB の通信仕様

項目	仕様
通信方式	TDD
無線周波数帯	170~202.5MHz
多重化方式	OFDM/OFDMA
FFT ポイント数	1,024
変調方式	QPSK、16QAM、64QAM
データ伝送速度	500 kbit/s 以上
周波数の許容偏差	5×10^{-6} 以内
チャンネル間隔	5MHz
占有周波数帯幅	4.9MHz 以下
空中線電力	5W 以下
空中線電力の許容偏差	上限 50%、下限 50%以内
隣接チャンネル漏えい電力 (4.8MHz 帯域比)	-21dBc 以下 (離調周波数 2.6~7.4MHz) -41dBc 以下 (離調周波数 7.6~12.4MHz)
空中線絶対利得	10dBi 以下

TDD : Time Division Duplex
 OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing
 QPSK : Quadrature Phase Shift Keying
 QAM : Quadrature Amplitude Modulation

図 3.4 に公共 BB の外観を例示する。

■アウトドアモデル（防水・堅牢）

■インドアモデル（小型・軽量）



5W



5Wタイプ



1Wタイプ

項番	項目	アウトドアモデル		インドアモデル	
1	送信電力	5W		5W	1W
2	外形サイズ (突起部を除く)	240(W)×300(H) ×180(D) mm		210(W)×140(H) ×197(D) mm	210(W)×90(H) ×200(D) mm
3	本体質量	7.3kg		4.8kg	2.7kg
4	電源供給	DC13.8VAC100V (オプション電源装置接続による)		DC13.8V 又は AC100V (付属の AC アダプタによる)	
5	外付バッテリー対応 (大容量リチウムイオン 二次電池)	約 240 分連続動作可能(2 個並列動 作時@常温)、Wi-Fi AP 内蔵。 3.5kg 以下(電池除く)			

注) 外形サイズ・本体質量等はバッテリーボックスを除く。

図 3.4 公共 BB 外観イメージ

無線機の特長・機器の形態：

- 公共 BB の基本的な運用は、可搬、あるいは車載による移動通信であることから、構造上の特長は、前述の図 3.4 に例示するとおり、取手等を備えた持ち運びに適する形態になっている。また、背負子による移動運用も可能であるが、作業現場の周辺に臨時的に仮置きし、Wi-SUN 端末、あるいは Wi-Fi 端末等を接続して運用する臨時基幹通信路としての利用形態が想定される。

無線機器への電源の確保・供給方法：

- 上記に例示する自営ブロードバンド（公共 BB）の電源供給は、別筐体のバッテリーボックス（リチウムイオン二次電池駆動）、あるいは公称 DC13.8 V 駆動又は、AC100V 電源によるアダプタユニットを介した電源供給形態にある。また、外付バッテリーボックスには、Wi-Fi のアクセスポイント(AP)を具備した構造となっている。

免許申請等について：

- 公共 BB の無線機を使用する場合には、各地方総合通信局へ免許の申請が必用（免許有効期間は 5 年）。制度的には、免許局扱いにあり、運用には無線従事者（第三級陸上特殊無線技士以上）が必要である。
- 公共 BB については、電波利用料の支払いが求められる。これらの料率は、総務省電波利用ホームページ電波利用料額表に掲載※されるとおり、現状、年間 400 円/無線局（個

別免許の電波利用料：電波法別表第6（令和元年10月1日改訂）にある。

※：総務省電波利用ホームページ「電波利用料額表」

<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/sum/money.htm>

その他事項：

・公共BBは、現状、国、地方自治体等において活用されている。今後、国、あるいは地方自治体との連携運用^(注1)により、林業分野での利用が期待される。

(注1)

自営ブロードバンド（公共BB）については、現在、国、地方自治体等の公共機関における「安心・安全」分野の業務等に免許される電波制度にあるが、現在のところ、林業分野での利用は想定されていない。林野庁は、山地災害への対応を行う業務を所掌していることから運用方法を検討することによって、免許主体となり得ると思われる。

他方、林業分野における民間利用については、例えば、平時利用と被災時との棲み分けを含めた運用調整の在り方のほか、国、あるいは地方自治体との連携運用、林野庁と民間林業事業者との連携業務等を前提とした運用形態など、周波数資源の有効利用の観点から、総務省との連携を進めることが望ましいと思われる。

また、現在、総務省「放送周波数の活用方策に関する検討分科会」において審議されているVHF-High帯域^{*}が、今後の民間利用における自営ブロードバンド実現の拡張帯域の候補として着想されている。林業分野に用途を含めるためには、当該帯域における実証試験を積重ね有用性を確認するといった方策の検討なども有効と想定される。

※：VHF-High帯域：公共BBの上側帯域に隣接するマルマルチメディア放送の空き周波数帯（対象14.5MHz幅、公共BBとのガードバンド5MHzを合わせ19.5MHz幅相当）、現在、令和4年3月末までの間、当該帯域の利用に係る特定実験試験局による実証試験期間とされている。

(3) 無線LAN（Wi-Fi）システム（2.4GHz帯、5GHz帯）

無線LAN（Wi-Fi）システムの概要について、以下に述べる。

無線方式の概要：

・無線通信を利用してデータの送受信を行うLANシステムとして、代表的な通信規格にIEEE 802.11がある（Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceによって、国際標準規格であるIEEE 802.11規格を使用したデバイス間の相互接続が認められたことを示す名称）。本Wi-Fiは、1MbpsのIEEE802.11bから規格化、製品化がはじまり、広く一般に利用されている。現在、最大で9.6Gbpsの伝送が可能となる802.11ax（Wi-Fi6）がリリースされており、

従来の Wi-Fi では不可能だった同じチャネルの複数ユーザ共用が可能になっており、技術的にセルラーシステムにより近い機能・性能をもつようになった。また Wi-Fi6 対応機器は、すでに製品として入手可能な状況にある。表 3.9 に Wi-Fi 方式の一覧を示す。

表 3.9 Wi-Fi 方式一覧

規格名	使用周波数	伝送方式	変調方式	最大伝送速度	帯域幅	策定期
802.11b	2.4GHz 帯	DSSS	DBPSK DQPSK CCK	11Mbit/s	22MHz	1999
802.11a	5GHz 帯	OFDM	BPSK、QPSK 16QAM、64QAM	54Mbit/s	20MHz	1999
802.11g	2.4GHz 帯	OFDM	BPSK、QPSK 16QAM、64QAM	54Mbit/s	20MHz	2003
802.11j	4.9GHz 帯	OFDM	BPSK、QPSK 16QAM、64QAM	54Mbit/s	20MHz	2004
802.11n	5GHz 帯 /2.4GHz 帯	OFDM /MIMO	BPSK、QPSK 16QAM、64QAM	65Mbit/s～ 600Mbit/s(MIMO)	20/40MHz	2009
802.11ac	5GHz 帯	OFDM /MIMO	BPSK、QPSK、16QAM、 64QAM、256QAM	290Mbit/s～ 6.93Gbit/s : 256QAM (8×8MIMO)	80/160MHz	2014
802.11ax	5GHz 帯 /2.4GHz 帯	OFDMA /MIMO	BPSK、QPSK、16QAM 64QAM、256QAM 1024QAM	290Mbit/s～ 9.61Gbit/s : 1024QAM (8×8MIMO)	80/160MHz	2021
802.11be	6GHz 帯 /5GHz 帯 /2.4GHz 帯	OFDMA /MIMO	BPSK、QPSK、16QAM 64QAM、256QAM 1024QAM、4096QAM	290Mbit/s～ 30Gbit/s : 4096QAM (16×16MIMO)	80/160/320 MHz	2024 (予定)

無線 LAN が使用する電波の周波数は大きく分けて 2.4GHz 帯と 5GHz 帯があり、5GHz 帯は 5.2GHz、5.3GHz、5.6GHz 帯に分けられる。

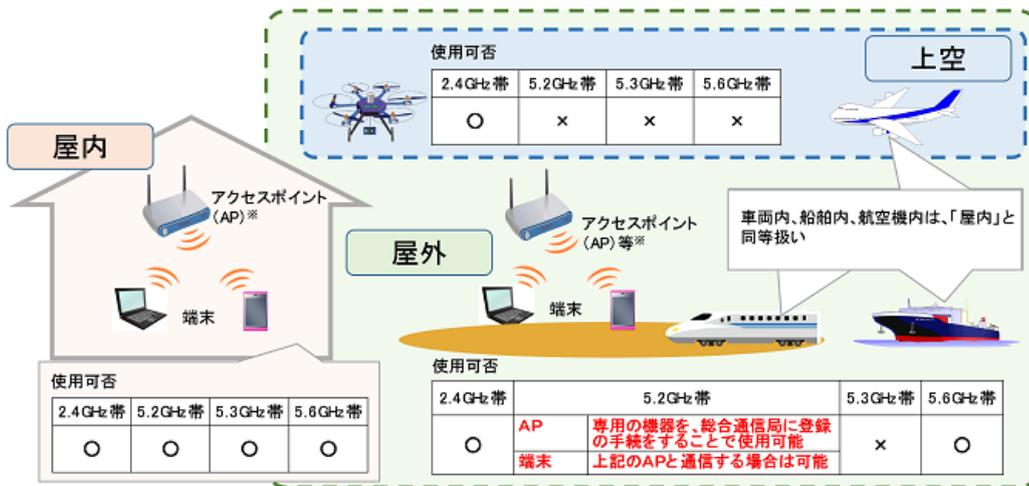
近年の Wi-Fi 利用拡大に伴う利用ニーズに対応すべく、制度化面でも対応がすすめられ、これまで屋外利用可能な周波数帯は 2.4GHz 帯と 5.6GHz 帯であったが、平成 30 年 2 月に総務省情報通信審議会からの一部答申を受け、平成 30 年 6 月から条件付で 5.2GHz 帯の屋外利用が可能になった。屋内・屋外の使用条件は、表 3.10 及び図 3.5 に示すとおりである※。

※：総務省電波利用ホームページ「無線 LAN の屋外利用について」

https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan_outdoor/index.htm

表 3.10 無線 LAN (Wi-Fi) の利用可能場所の条件

帯域	2.4GHz	5.2GHz	5.3GHz	5.6GHz
屋内	○	○	○	○
屋外	○	△ (条件付)	×	○



(※中継器を含む。)

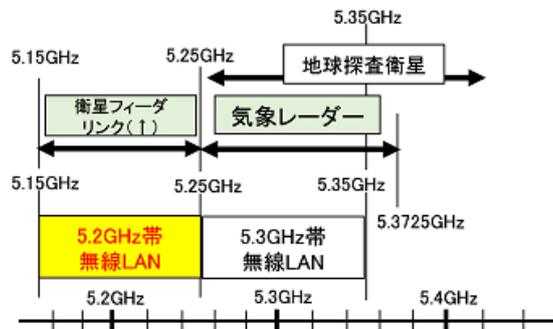
出典：総務省電波利用ホームページ「無線 LAN の屋外利用について」

https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan_outdoor/index.htm

図 3.5 無線 LAN の周波数と利用可能場所

● 5.2GHz 帯の屋外利用

5.2GHz 帯は、衛星通信システムのフィードリンクと周波数を共有している。また、隣接周波数帯に気象レーダーが使用している。このため、これらのシステムと共有を図りながら屋外利用を可能とするため、5.2GHz 帯の屋外利用には条件が設けられている。図 3.6 に 5.2GHz 帯の周波数配置を示す。



出典：総務省電波利用ホームページ「無線 LAN の屋外利用について」

https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan_outdoor/index.htm

図 3.6 5.2GHz 帯周波数配置

a) 5.2GHz 帯の屋外利用条件：

- ・人工衛星に影響を与えない（上空側へ強い電波が出ない）工夫が施された専用機器を利用する。
（「5.2GHz 帯高出力データ通信システム」の技術基準適合証明等を取得した機器）
- ・アクセスポイント及び中継器については、事前に総合通信局に「登録局」の手続きが必

要である。

- ・ 気象レーダーに影響を与えない場所（告示*に示す「開設区域」内）でのみ利用可能である。

b) 5.2GHz 帯のアクセスポイント、中継器の屋外利用

5.2GHz 帯を使用するアクセスポイントや中継器を屋外で利用する場合、衛星システム及び気象レーダーに影響を与えないよう、

- ① 専用の機器
- ② 事前に総合通信局に「登録局」の手続^(注)
- ③ 告示*に示す「開設区域」内での利用が必要である。

* 平成 30 年 6 月 29 日総務省告示第 223 号（5,150MHz を超え 5,250MHz 以下の周波数の電波を使用する無線局の開設区域を定める件）

注：5.2GHz 帯高出力データ通信システムの登録局の運用に際しては、「第三級陸上特殊無線技士」の無線従事者の資格が必要になる。

無線機の特長・機器の形態：

- ・ 無線 LAN (Wi-Fi) の機器の形態については、前述の利用場所により、屋外に設置し簡易的なアクセスポイントとして利用するものをはじめとし、屋内設置型の機器（据付型や可搬型）、モバイル端末（ノート PC 及びタブレット等）に内蔵されているものなどがある。図 3.7 に無線 LAN (Wi-Fi) システムの外観イメージを示す。



図 3.7 無線 LAN (Wi-Fi) システム 外観イメージ

免許申請等について：

- ・ 空中線電力が 1W 以下の無線局（小電力無線局に該当するもの）については、無線局免許や無線従事者資格が不要（一部を除く）。ただし、技術基準適合証明等（技術基準適合証明及び工事設計認証）を受けた適合表示無線設備を使用する必要がある。

- ・ さらに、前述のように周波数帯ごとに屋内・屋外の使用条件や免許の要件が異なること

から、特に、5.2GHz 帯の屋外利用条件として、登録局申請や、第三級陸上特殊無線技士の無線従事者の資格、告示に示す開設区域内での利用制限などの規定に留意する必要がある。

- ・また、将来的に 5.2GHz 帯の屋外利用等の台数が増加し、衛星システムへの影響のおそれがある場合は、新規の屋外利用等の登録の受付停止や、既に屋外利用等を運用されている機器に対し運用を制限する可能性があること、国際的な場で 5.2GHz 帯の屋外利用の検討結果によっては屋外利用の条件等が見直される可能性があること、開設区域及び条件は、利用ニーズ及び気象レーダーの周波数状況により、今後変更の可能性がある^(注)。

注 出典：総務省電波利用ホームページ「無線 LAN の屋外利用について」
https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan_outdoor/index.htm

(4) Wi-SUN 等、近距離～中距離用の小電力無線システム (920MHz 帯)

Wi-SUN 等、近距離～中距離用の小電力無線システムの概要について、以下に述べる。
 ここでは、代表例として Wi-SUN について記載する。

Wi-SUN : Wireless Smart Utility Network

無線方式の概要：

- ・Wi-SUN は IEEE 802.15.4g システムをベースに、各種アプリケーションに対応した技術仕様、開発メーカー間の相互接続性を担保された無線 IoT 機器として Wi-SUN は開発されている。認証は、2012 年に設立された Wi-SUN アライアンス (2018 年 12 月時点で 200 社以上の会社が加盟) が実施する。表 3.11 に Wi-SUN の基本仕様をまとめる。特徴としては 100kbps の伝送速度を持ち、伝送距離が 1km 程度伝送できる点がある。

表 3.11 Wi-SUN の基本仕様

項目	仕様
標準規格	物理層 IEEE 802.15.4g / MAC 層 IEEE 802.15.4/4e
周波数	免許不要帯域 (国内では 920MHz)
伝送速度	50、100、150kbps
伝送距離	約 1km (市街地)、約 2km (郊外地)
変調方式	2GFSK
最大送信電力 (国内)	20mW (免許不要)、250mW (登録局)
誤り訂正	畳み込み符号 (オプション)
IP 通信への対応	高い (IPv6 対応)
ソフトウェア・アップデート	OTA による設定可能

MAC : 媒体アクセス制御 Medium Access Control