

# 地域ニーズに応じた自営等BWAの 高度利用に関する調査検討

## 【報告書（概要版）】

令和5年3月

地域ニーズに応じた自営等BWAの  
高度利用に関する調査検討会

# 1. 調査検討の背景

## 背景・目的

自営等BWAは自己土地内の運用に限るという制約がありながら比較的安価で構築できる利点を有し、スマート農業や保守点検業務などの需要に応えるものとして期待されている。

しかしながら実際の運用では既存システムである地域BWA、全国BWA、そして将来的な5G NR地域BWA、5G NR全国BWAとどう共存し構築していくかを調査することが喫緊の課題となっている。

本調査検討会では、自営等BWAに期待される新たな運用形態（基地局の移設運用、ドローン等による端末の上空利用、上り回線の通信比率を大きくとるための準同期運用）の導入の具現化、また、既存のシステム（同じ周波数帯を使用する地域BWA及び隣接帯域を使用する全国BWA）との周波数共用条件の導出、さらに自営等BWAの周波数帯に関して、環境条件（圃場、森林、水上、上空など）ごとの電波伝搬特性を測定し、自営等BWAのエリア設計に活用できるデータを取得すること等を目的として調査検討を実施する。

## 検討項目

- 自営等BWAの新たな運用形態に関する利用ニーズ（スマート農業等分野）の調査
- 農業等での活用で想定される環境（圃場、森林、水上、および上空）の電波伝搬特性データ取得
- 自営等BWAの高度利用（基地局の移設運用、端末の上空利用、準同期運用）の導入に向けた実証試験および調査
- 既存システム（地域BWA、地域WiMAX、全国BWA）及び5G NRとの周波数共用に関する条件検討
- 新たな運用形態導入に向けた技術的要求条件の取りまとめ

# 2. 自営等BWAの高度利用について

## 基地局の移設運用

例：広い畑で自営等BWAを利用したスマート農業を行うための費用を抑えたい。無線局免許手続きも簡素化したい。

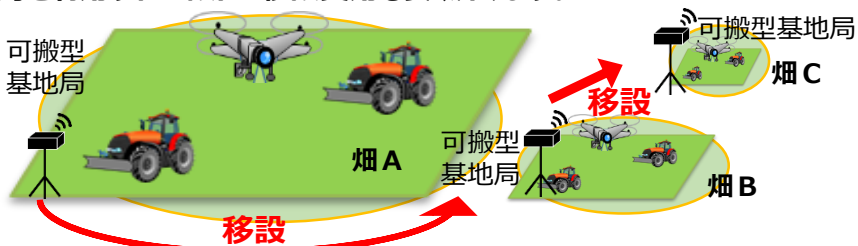
【現状】 広い畑を無線でカバーする場合、大規模な基地局を建てたり、複数の基地局を設置しなければならず、費用が膨らんでしまいます。また、基地局の設置場所を変更する場合、その都度無線局の変更の手続きが必要です。



基地局を複数設置すると費用が膨らみ採算が取れないなあ。設置場所の変更の手続も面倒だ。



【新たな運用】 基地局の移設運用が可能になると、1局分の基地局費用で済むため費用負担が少なくなり、無線局の変更の手続も不要になります。可搬型基地局を利用すれば設置・移設費用も安く済みます。



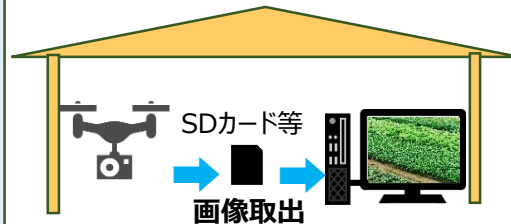
基地局が1台で済むし、移設手続も不要。費用が抑えられるのでこれなら採算が取れるわ。



## 移動局の上空運用

例：ドローンを使った空撮映像により、作物の生育状態をリアルタイムに確認したい。

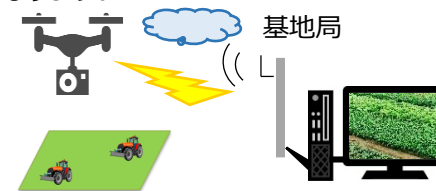
【現状】 現在は、ドローンで撮影した映像を蓄積し地上に戻ってから映像を確認しています。



メディアを取り出してから確認するので時間がかかる。すぐに確認できないので不便だなあ。



【新たな運用】 上空運用が可能になると、撮影中の映像がリアルタイムに確認できるようになります。



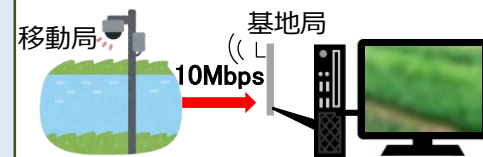
リアルタイムに育成状態を確認。次の作業がすぐにできるので効率的だわ。



## 準同期運用（カメラ映像など端末（移動局）からの伝送容量を拡張）

例：リアルタイムに作物の生育状況をより高画質映像で確認したい。

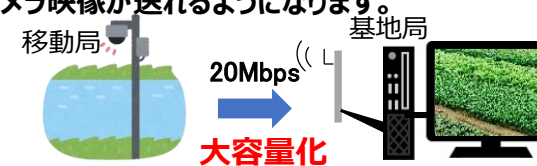
【現状】 現在は、フルHD映像が送れます。



細かな生育状況が確認できない。より高画質で確認したいなあ。



【新たな運用】 準同期運用が可能になると、より高画質な映像（4K映像）が送れるようになったり、複数のカメラ映像が送れるようになります。



生育の様子が細部まではっきり見える。次の作業がすぐにできるわ。



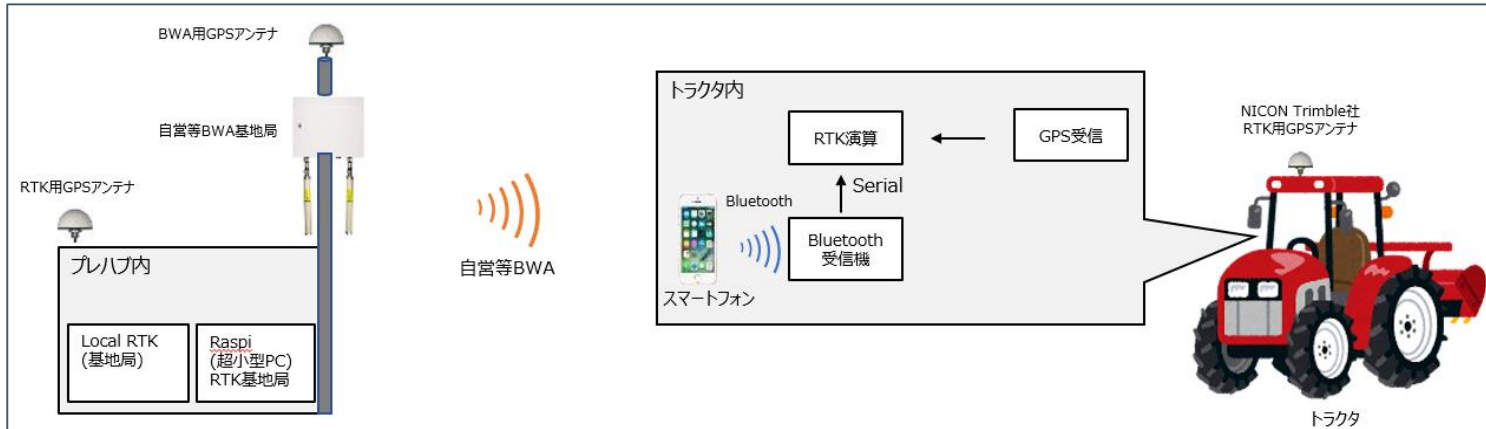
# 3. 自営等BWAの新たな運用形態に関する利用ニーズの調査結果①

## 自営等BWAを活用した自動操舵トラクタ走行デモの実施

### 実験概要

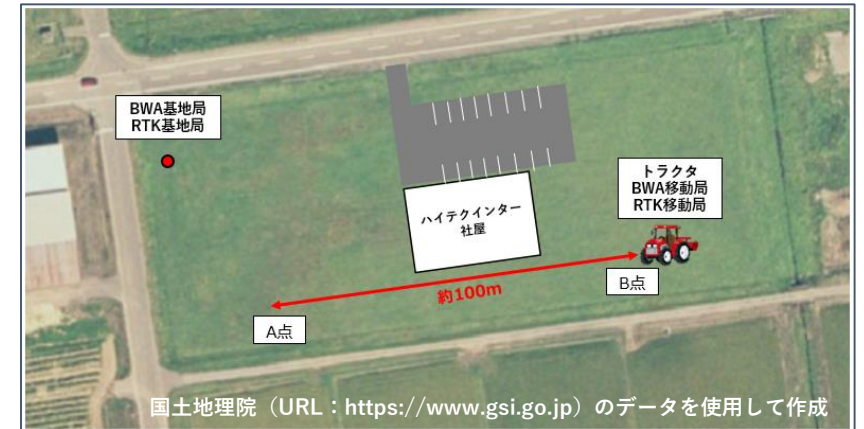
- 実験フィールドに100mの直線ロープを張り、ロープの上を自営等BWAを用いた自動操舵トラクタが直線走行
- 自営等BWAのSIMを挿入したスマートフォンを介して、トラクタ内の受信機とRTK基地局を接続
- トラクタはロープのGPSアンテナおよびRTK基地局からの情報を元に自己位置を正確に算出

試験構成図



実験用トラクタおよび自動操舵システムは株式会社北海道クボタ北竜営業所から借用

システム配置



### 実験結果

- 誤差 数cmの精度で自動走行制御可能であることを確認

実験の様子



沼田町役場 農業推進課からの見学があった

### 3. 自営等BWAの新たな運用形態に関する利用ニーズの調査結果②

#### 農業従事者を対象とした自営等 BWA 活用に関するアンケートを実施

- ・ 繁忙期の人手不足や高齢化対策としてのスマート農業導入の要望
- ・ 導入費用の高額化などの懸念
- ・ ドローンを活用した圃場の高精細な映像伝送へのニーズ
- ・ 携帯電話サービスエリア外における自動操舵トラクタ利用の要望

#### 調査検討会構成員を対象とした現制度の課題、導入メリット等に関するアンケートを実施

- ・ 基地局の導入費用、管理メンテナンス費用などコストに関する課題
- ・ 移設運用のメリット：圃場や工事現場等での作業進捗に合わせた通信エリア変更に対応可
- ・ 上空利用のメリット：ドローンからのセンシングデータのリアルタイム受信、飛行範囲の拡大
- ・ 準同期運用のメリット：複数の防犯カメラの無線化やビッグデータ技術の利用、遠隔操縦



**スマート農業の導入や積極的活用などに向けた自営等BWAの高度利用に関する明確なニーズを確認**

# 4. 利用環境ごとの電波伝搬特性調査結果

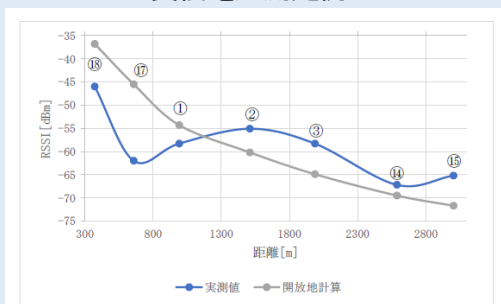
北海道雨竜郡沼田町において、環境条件（圃場、森林、水上、上空）ごとの電波伝搬特性（受信信号強度、伝送レート等）の測定を実施（測定期間：2022年9月～11月）

## 圃場（農作物を栽培するための場所）

- 伝搬特性は総務省「開放地」計算式に近似



受信電力測定例



## 水上（沼、湖）

- 波面反射によるマルチパスで受信レベル変動大
- 基地局に近いエリアでの減衰大
- 基地局から遠方のエリアは、開放地計算式で推定可能



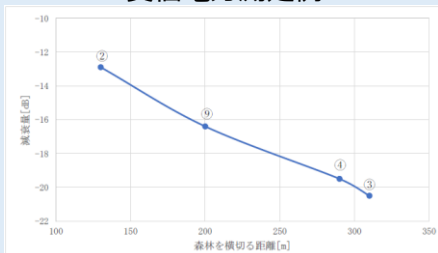
※ 水上のみ浦臼町鶴沼公園内で実施

## 森林

- 樹高約15mの森林内の伝搬：5.4dB/100m程度の減衰（植生の密度や季節による変動有）



受信電力測定例



## 上空

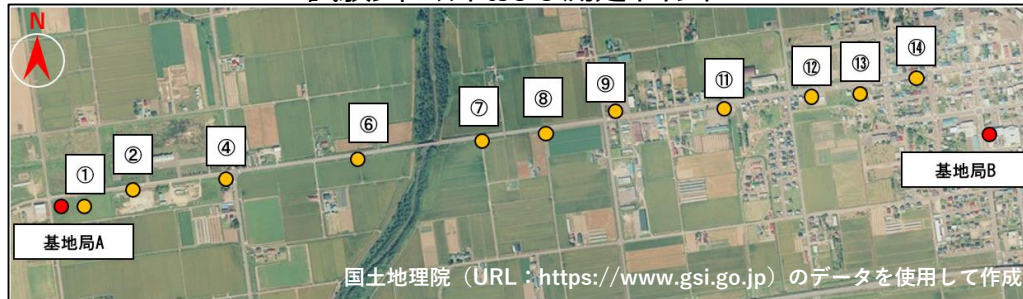
- 飛行中のドローン（高度50mおよび100m）を利用した測定を実施
- 遠方捕捉（遠方遅延）干渉の評価
- 他基地局からの干渉が無ければ、地上より安定した通信（伝送レート、ハンドオーバー特性）が可能



# 5. 既存システムへの影響検証

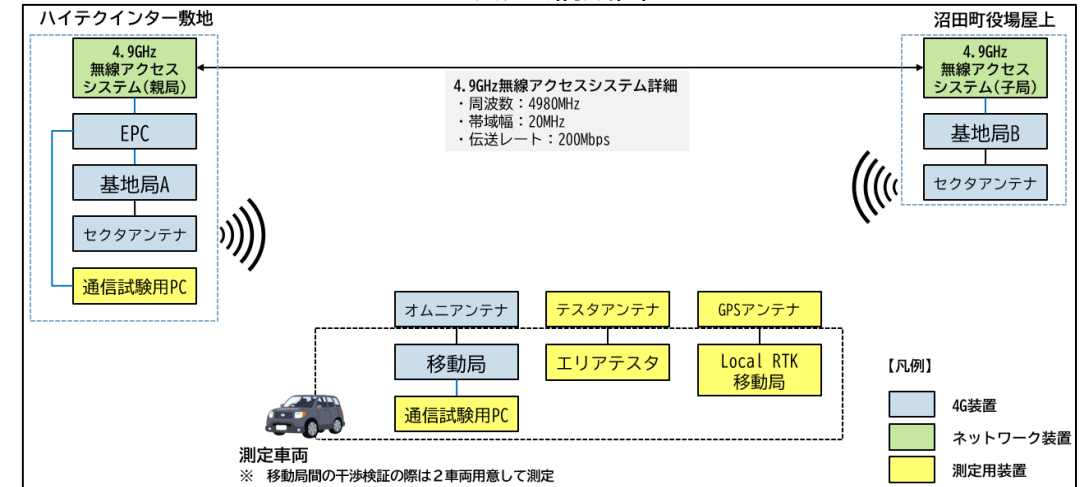
既存システム（地域BWA、全国BWA）への影響について干渉モデルを構築し、フィールド試験を実施  
 （測定期間：2022年9月～12月）

試験フィールドおよび測定ポイント



システム	基地局	カバーエリア/調整対象区域		
		20MHz	10MHz	5MHz
自営等 BWA 10W	基地局 A	1km/2.62km	1km/2.92km	1km/3.64km
自営等 BWA 5W		0.82km/2.02km	-	-
自営等 BWA 2W		0.63km/1.55km	-	-
地域 BWA	基地局 B	2.4km/5.92km	-	-
地域 WIMAX		-	2.4km/7.2km	-
全国 BWA		2.4km/5.92km	-	-

システム構成図



## 実験結果

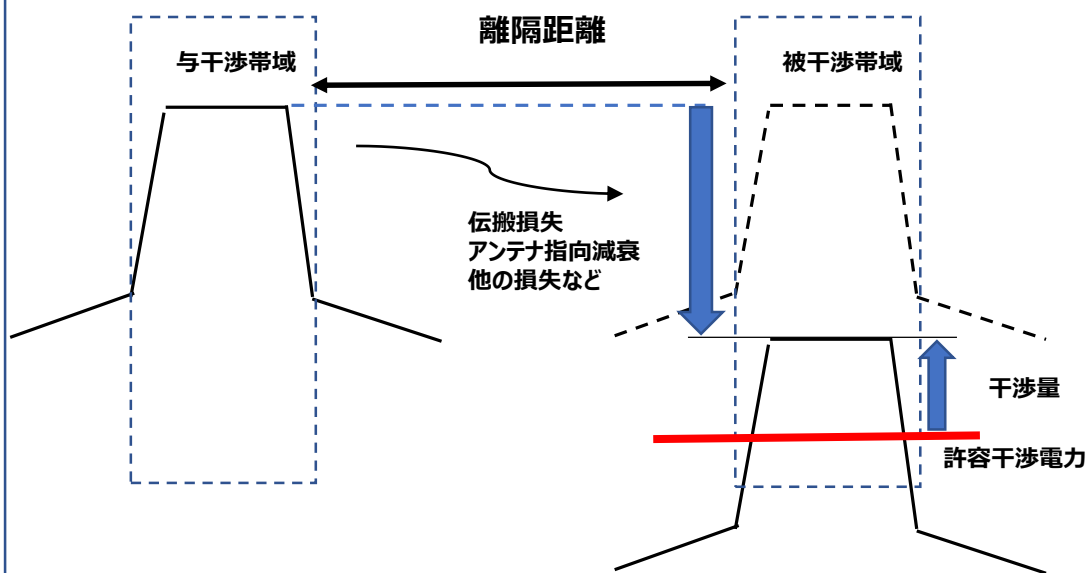
- 地域 BWA基地局（20MHz幅）との干渉測定：**  
 自営等BWA基地局（20MHz幅）が同期運用の場合、カバーエリアが重ならない場所では通信可能であったが、カバーエリアが重なる場所では、地域BWAの通信可能距離が短縮した（1.9km）。準同期運用の場合は自営等BWAは通信不可（干渉影響大）
- 全国BWA基地局（LTE方式）との干渉測定：**  
 カバーエリアが重なっても両システムとも安定した通信が可能

# 6. 周波数共用に関する具体的検討項目

自営等BWAの周波数帯（2575～2595MHz）に関して、既存システム（地域BWA、全国BWA）との周波数共用条件を導出

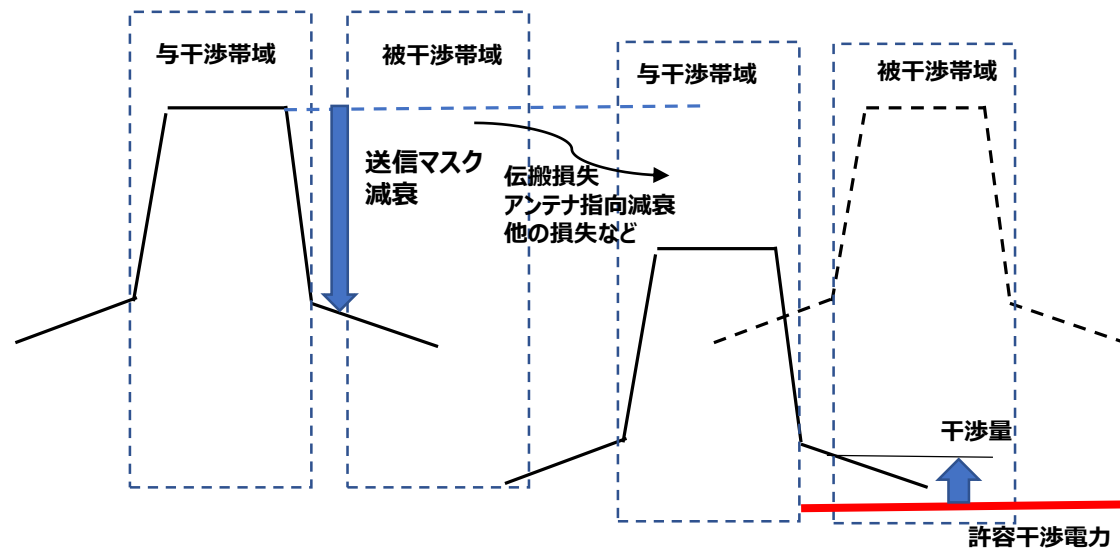
## 同一周波数帯システムとの共用

- 基地局同士が同期の場合の離隔距離、干渉特性評価
- 自営等BWA側を準同期とした場合の与干渉および被干渉特性評価



## 隣接チャンネル周波数帯を利用するシステムとの共用

- ガードバンドの条件検討
- 自営等BWA側を準同期とした場合の与干渉および被干渉特性評価

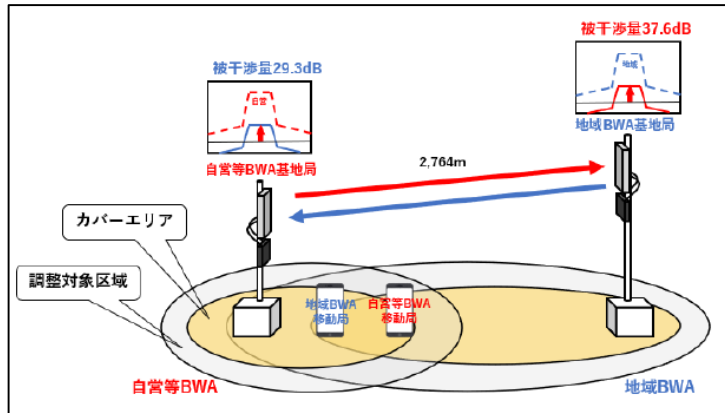




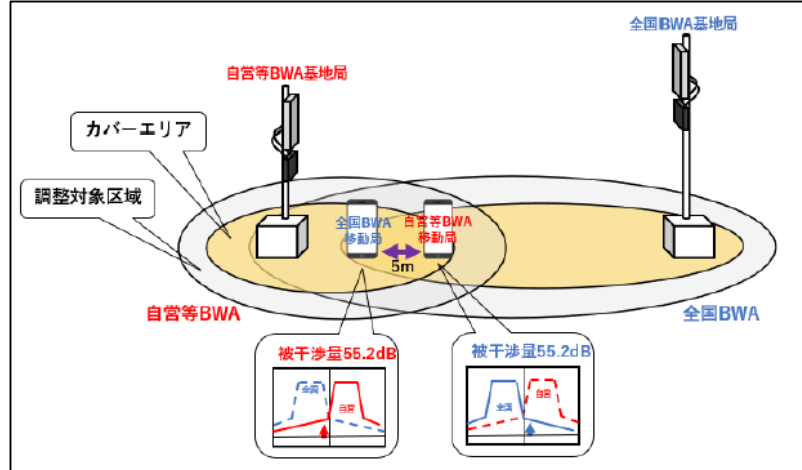
# 7. 既存システムとの周波数共用に関する検討結果

自営等BWA（同期・準同期）と既存システム（地域BWA、地域WiMAX、全国BWA、5GNR地域BWA、5GNR全国BWA）との周波数共用に関して、基地局間、基地局（移動局）—移動局（基地局）間および移動局間の干渉量を評価

基地局間干渉評価（同一周波数帯）のイメージ例



移動局間の干渉評価（隣接チャンネル周波数帯）のイメージ例



## 同一周波数帯

- **自営等BWA同期：**  
カバーエリアをオーバーラップさせなければ共用可
- **自営等BWA準同期：**  
準同期の自営等BWA側基地局が干渉の影響を受けるため適切な離隔距離が必要

## 隣接チャンネル周波数帯

- **自営等BWA同期：**  
カバーエリアをオーバーラップさせて共用可
- **自営等BWA準同期：**  
カバーエリアをオーバーラップさせて共用可  
ただし、全国BWA移動局が同システムの基地局から遠く、準同期の自営等BWA移動局との距離が近い場合には干渉発生

# 8. DU比と離隔距離について

## 既存システムとの周波数共用に関する計算結果の詳細

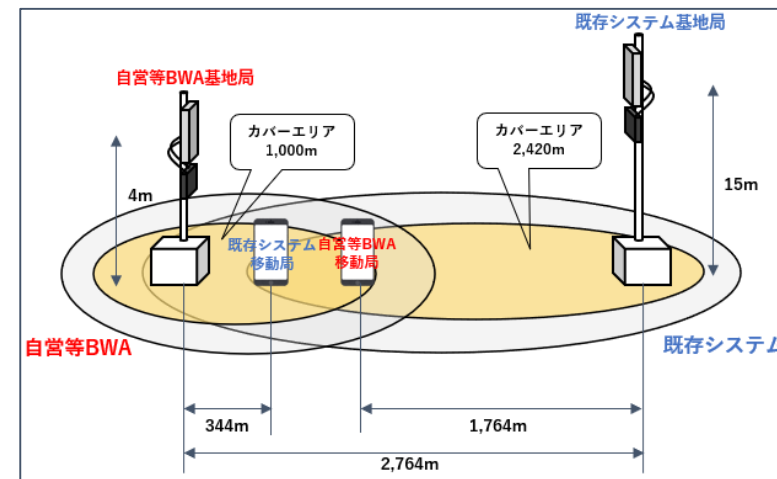
周波数共用計算の採用値

項目	隣接チャンネル漏洩電力	最大送信電力[dBm]/20MHz	アンテナ利得
4G基地局	6dBm/20MHz以下(-7dBm/MHz)	10W(40dBm), 16W(42dBm)	16
4G移動局	3dBm/20MHz以下(-10dBm/MHz)	200mW(23dBm)	4
5G基地局	6dBm/20MHz以下(-7dBm/MHz)	16W(42dBm)	16
5G移動局	3dBm/20MHz以下(-10dBm/MHz)	200mW(23dBm)	4

DU比および離隔距離の計算結果

与干渉	自営等BWA	地域BWA	自営等BWA	地域BWA	自営等BWA	地域BWA	自営等BWA	全国BWA	自営等BWA	全国BWA	自営等BWA	全国BWA	自営等BWA	全国BWA
	基地局	基地局	基地局	基地局	移動局	移動局	基地局	基地局	基地局	基地局	移動局	移動局	移動局	移動局
被干渉	地域BWA	自営等BWA	地域BWA	自営等BWA	地域BWA	自営等BWA	全国BWA	自営等BWA	全国BWA	自営等BWA	全国BWA	自営等BWA	全国BWA	自営等BWA
	基地局	基地局	移動局	移動局	基地局	基地局	基地局	基地局	移動局	移動局	移動局	基地局	基地局	移動局
干渉量[dB]	37.6	29.3	29.6	18.1	8.5	11.7	3.6	-6.7	-4.4	-17.9	-11.5	-8.3	55.2	55.2
準同期DU比[dB]	-10.3	-2.0	-16.1	-4.6	18.8	15.6	23.7	34.0	17.9	31.4	38.8	35.6	-41.7	-41.7
準同期離隔距離[km]	10.4~10.5	6.0~6.1	1.8~1.9	4.5~4.6	0.9~1.0	0.2~0.3	1.1~1.2	0.4~0.5	0.2~0.3	0.4~0.5	0.2~0.3	0.05~0.1	0.09~0.1	0.09~0.1
同期DU比[dB]	19.7	28.0	-16.1	-4.6	18.8	15.6	53.7	64.0	17.9	31.4	38.8	35.6	-11.7	-11.7
同期離隔距離[km]	1.4~1.5	0.8~0.9	1.8~1.9	4.5~4.6	0.9~1.0	0.2~0.3	0.1~0.2	0.05~0.1	0.2~0.3	0.4~0.5	0.2~0.3	0.05~0.1	0.04~0.05	0.04~0.05

干渉モデルのイメージ



# 9. 高度利用の導入に向けた実証試験および検討結果のまとめ

運用形態	検討結果	コメント
<b>移設運用</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基地局移設運用に関しては水上測定および遠方伝搬遅延測定で簡単に設置運用できることが実証できた</li> <li>圃場の飛び地や作付け時期の違いによる異なる圃場での運用において、容易に自営等BWAシステム構築が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電波法関係審査基準別紙2 第2 4 (17)自営等広帯域移動無線アクセスシステムの無線局 のカバーエリア及び調整対象区域の定義に空中線設置予定地点を含めるように改め、基地局の免許申請時等にあらかじめ複数の空中線設置予定地点でカバーエリア及び調整対象区域を算出し、同一周波数帯及び隣接周波数帯の他の免許人との干渉調整を行い、合意済みの予定地点に空中線を移設する場合には、変更申請ではなく変更届の対象とすることが適当</li> </ul>
<b>上空利用</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>移動局の上空利用では、遠方伝搬遅延の影響はないこと、上空でも準同期を含め安定した伝送が可能</li> <li>広大な圃場のセンシングにより育成状況が把握できるようになり農作業の軽減化が図れる</li> <li>上空でのハンドオーバーは、同期した基地局同士では、地上に比べ非常に安定したハンドオーバーが可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基地局の免許申請時等にあらかじめ移動局の上空利用を前提としたカバーエリア及び調整対象区域で干渉調整を行い、合意を得た場合には上空利用が可能となる方向性が示されたと推察</li> </ul>
<b>準同期運用</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同一周波数帯の地域BWA、地域WiMAXとの共用に関しては、同期の場合を除いてカバーエリアの近接は困難、適切な離隔（相手方基地局及び移動局との距離を離す、指向性アンテナ面をずらすなど）が必要。特に自営等BWAを準同期にした場合は、基地局間が近いとカバーエリア外でも自営等BWA側の基地局は地域BWA基地局から常に干渉を受けて通信そのものが不安定になり、場合によっては通信が途絶することがわかった。同期の場合は、カバーエリアをオーバーラップさせなければ共用は可能</li> <li>隣接周波数帯の全国BWAとの共用に関しては、自営等BWAを準同期にした場合を含め、カバーエリアをオーバーラップさせてもお互いに干渉せず、利用できる。ただし、自営等BWAを準同期にして全国BWA移動局を自営等BWA移動局に近接させた場合、送信タイミングにより、全国BWA移動局に干渉を与えるので注意が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同一周波数帯のシステムに対しては、現行の電波法関係審査基準に基づき干渉調整を行うことが適当</li> <li>隣接周波数帯の全国BWAに対しては、電波法関係審査基準別紙2 第2 4 (17)自営等広帯域移動無線アクセスシステムの無線局 イ(ク) Aの「隣接周波数帯を使用する無線局と同期していること」を「隣接周波数帯を使用する無線局と同期又は準同期していること」に改め、基地局の免許申請時等にあらかじめ準同期運用として干渉調整を行い、合意を得た場合には、準同期運用を認めることが適当</li> </ul>

# 10. 調査検討会構成員名簿・検討経過

調査検討会 構成員 (氏名五十音順、敬称略)

	氏名	所属・役職
	旦尾 紀人	ハイテクインター株式会社 代表取締役社長
	稲村 栄	北海道総合通信網株式会社 取締役企画部長
	織田 和彦	NECネットエスアイ株式会社 ビジネスデザイン統括本部デジタルタウン推進本部 主席主幹
	家納 淳也	ホクレン農業協同組合連合会 農業総合研究所 営農支援センター スマート農業推進課 考査役
	黒川 栄	株式会社NTTドコモ 北海道支社 ネットワーク部 建設企画担当課長
<b>座長</b>	笹森 崇行	北海学園大学 工学部 電子情報工学科 教授
	佐藤 拓	UQコミュニケーションズ株式会社 渉外部門
	佐野 弘和	ソフトバンク株式会社 渉外本部 電波政策統括室 制度開発室長
	田中 司	パナソニックコネクタ株式会社 現場ソリューションカンパニー 東日本社 東日本営業部 担当部長
	筒浦 良昌	北海道農政事務所 生産経営産業部 生産支援課長
<b>副座長</b>	日景 隆	北海道大学 大学院情報科学研究院 メディアネットワーク部門 情報通信システム学分野 准教授
	前野 宏之	北海道 農政部 生産振興局 技術普及課 主幹 (スマート農業担当)
	松波 聖文	日本無線株式会社 ソリューション事業部 事業企画開発部 専任課長
	山田 誠哉	北海道総合通信局 無線通信部長

調査検討会の検討経過

会合	日程	議題
<b>第1回</b>	令和4年9月6日 (火)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設置要綱(案)について</li> <li>・座長及び副座長の指名について</li> <li>・調査検討事項(案)について</li> <li>・作業班の設置(案)について</li> <li>・話題提供 「自営等BWAに係る現状について」総務省 「自営等BWAに係る活用状況と高度利用ニーズについて」ハイテクインター株式会社</li> </ul>
<b>第2回</b>	令和5年1月18日 (水)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中間報告書(案)について</li> <li>・作業班の設置について(改正案)</li> <li>・話題提供 「地域BWA 推進協議会～総務省・情報通信審議会 における活動状況～」地域BWA推進協議会</li> </ul>
<b>第3回</b>	令和5年2月22日 (水)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・報告書概要版(案)について</li> <li>・報告書(案)について</li> </ul>

調査検討会作業班の検討経過

会合	日程	議題
<b>第1回</b>	令和4年9月12日 (月)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業班の調査検討事項及びスケジュールの確認</li> <li>・調査検討事項に係る関連情報収集の進め方</li> <li>・調査検討事項に係る基本方針等の提案</li> </ul>
<b>第2回</b>	令和4年12月9日 (金)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中間報告書(案)について</li> </ul>
<b>第3回</b>	令和5年2月10日 (金)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・報告書概要版(案)について</li> <li>・報告書(案)について</li> </ul>