

令和5年度 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

令和6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

目 次

はじめに.....	1
I 調査検討概要.....	2
1. 目的.....	2
2. 調査検討内容.....	2
II 既存システムとの周波数共用条件の導出等.....	3
1. 新たな運用形態1：自営等 BWA の空中線を臨時に移設する運用.....	3
2. 新たな運用形態2：自営等 BWA をドローンに搭載した上空での運用.....	27
3. 遠方伝搬遅延.....	44
4. 自営等 BWA ハンドオーバー時の遠方伝搬遅延.....	51
5. 新たな運用形態と既存システムの周波数共用条件の検討.....	59
III 準同期運用の検討.....	106
1. 概要.....	106
2. 基地局間干渉.....	107
3. 自営等 BWA 基地局が地域・全国移動局へ与える干渉.....	107
4. 自営等 BWA 移動局が地域・全国基地局へ与える干渉.....	107
5. 自営等 BWA 移動局が地域・全国 BWA 移動局へ与える干渉.....	108
6. 空中線移設.....	111
7. 上空利用.....	112
8. 遠方伝搬遅延.....	112
IV 自営等 BWA の新たな運用形態に対するニーズの調査・把握.....	113
1. 目的・概要.....	113
2. アンケート調査実施方法.....	113
3. アンケート調査結果.....	114
4. アンケート結果から想定されるユースケース.....	143
5. ヒアリング調査の実施.....	145
6. 自営等 BWA の新たな運用形態に対するニーズと課題.....	147
V 社会実装に向けた考察.....	152
1. 基地局の空中線を必要に応じて臨時に移設する運用.....	152
2. ドローンに搭載した上空での運用.....	154
資料編.....	169
参考文献等.....	184
用語集.....	185

はじめに

広大な土地・圃場を有し、また人口密度の低い山間地も多い北海道においては、商用の光ファイバや無線によるブロードバンドサービスではカバーできないブロードバンド空白地域が存在しています。このような地域でインフラ設備等の点検やスマート農業を行うには、無線通信ネットワークの確保が必要となります。ここで期待されている解決方法の一つが 2.5 GHz 帯を用いた自営等 BWA (Broadband Wireless Access: 広帯域移動無線アクセス) です。

この自営等 BWA を用いて課題を解決すべく、北海道総合通信局では、令和 4 年度に「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」を設置し、自営等 BWA に期待される新たな運用形態の要件整理や同周波数帯で運用する地域 BWA、全国 BWA との共存に向けた電波伝搬特性の調査などを行いました。

令和5年度は前年度の検討も踏まえ、同名の「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」を設置し、自己土地内での自営等 BWA 基地局の空中線(アンテナ)移設手続きの簡素化やドローンによる上空での利用、映像伝送を主目的とした準同期方式による運用についてシミュレーション・実験で検討を行い、同一周波数で運用する地域 BWA、また隣接する全国 BWA との周波数共用条件を手順書として整理しました。さらに社会実装を想定して、全国の様々な企業や公的機関等に向けて自営等 BWA での新たな運用形態に対するニーズの調査も行い、この度その成果を取りまとめました。

今回検討した結果を基に新たな運用形態での運用が可能になると、自己土地でのスマート農業やインフラ点検の際に基地局の空中線の位置を時期や目的に応じて移設することや、ドローンの活用、また高精細映像の伝送に関しての自由度がたかまり、自営等 BWA の利用促進やブロードバンド通信によるスマート農業等へ貢献できることが期待できます。

最後に、短期間の検討となりました本検討会に、ご多忙の中、本調査検討会および作業班にご参加いただきました構成員の皆様、また実証実験に携わられた関係各位に心より感謝申し上げます。

令和 6 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」

座長 室蘭工業大学工学研究科

教授 北沢 祥一

I 調査検討概要

1. 目的

本調査検討の対象とするシステムである「自営等 BWA (Broadband Wireless Access: 広帯域移動無線アクセス)」は、2.5GHz 帯の周波数の電波を使用し、北海道の中山間地のように商用のブロードバンドサービスが依然提供されていないエリアであっても、高速・セキュアなシステムをオーダーメイドかつ比較的安価で構築できる利点を有している。

本調査検討は、令和4年度に北海道総合通信局が実施した同名の調査検討において、この自営等 BWA に期待される高度利用として提示された、3つの新たな運用形態について、地域におけるブロードバンド需要に応えるものとして、周波数の有効利用にも留意した既存システムとの周波数共用等の技術的条件を導出することを目的とした。

また、実際の社会実装を想定し、事業者等からの需要を確認することで、新たな運用形態を想定した具体的なユースケースを確認するとともに、その活用に求められる制度等への反映を行えるよう課題として整理した。

○3つの新たな運用形態

- ①自営等 BWA 基地局の空中線を必要に応じて臨時に移設する運用
- ②自営等 BWA をドローンに搭載した上空での運用
- ③精細な画像伝送のための準同期(上り回線の通信比率を通常より大きく確保)による運用

2. 調査検討内容

以下に実施した調査検討内容を記す。

(1)既存システムとの周波数共用条件の導出等

新たな運用形態について、自己土地内において自営等 BWA 基地局の空中線を移設した場合に他者土地への電波強度が増加しない(有害な干渉を与えない)ことを確認するための基準・手順を明らかにした。

また、上空と地上との間における通信が自己土地で行われた場合を想定し、これが他者土地に存在する既存システム(地域 BWA 及び全国 BWA)に与える干渉量についてフィールド試験及び机上シミュレーションにより評価し、自営等 BWA と既存システムとの周波数共用条件を導出するとともに、干渉調整に係る具体的な協議事項について周波数共用の評価基準、評価方法等を検討し手順書として整理した。

(2)自営等 BWA における準同期運用の検討

同期方式の運用への影響を最小限に抑え、比較的干渉調整の簡素化が可能な「準同期(TDD 方式)」にかかるフレーム構成を検討・整理した。

(3)自営等 BWA の新たな利用形態に対するニーズの調査・把握

自営等 BWA の有する利点を背景とする「新たな運用形態」に関して、情報通信ネットワークとしてのニーズ・利用意向がどのような分野(利用シーン)・目的のもとに顕在するのか調査・把握した。

Ⅱ 既存システムとの周波数共用条件の導出等

前項の目的で示した自営等 BWA の 3 つの運用形態(空中線移設、上空利用、準同期運用)に関して既存システムとの周波数共用条件を導出するため、北海道雨竜郡沼田町で実証実験を実施した。

以下にその内容を詳細に説明する。

1. 新たな運用形態1: 自営等 BWA の空中線を臨時に移設する運用

(1)測定場所

北海道沼田町役場屋上に既存システム(地域 BWA 及び全国 BWA)の基地局を設置し、約 2.8km 西方へ離れたハイテクインター(株)敷地内の一角のプレハブ小屋屋上(A 地点)、及び、隣接する土地内の B 地点に自営等 BWA 基地局を移設運用した。

移動局は、沼田町郊外の国道 275 号線沿いの1か所とハイテクインター(株)敷地内外 3 か所(下記地図上)に設置した。



図 1.1-1 測定ポイント

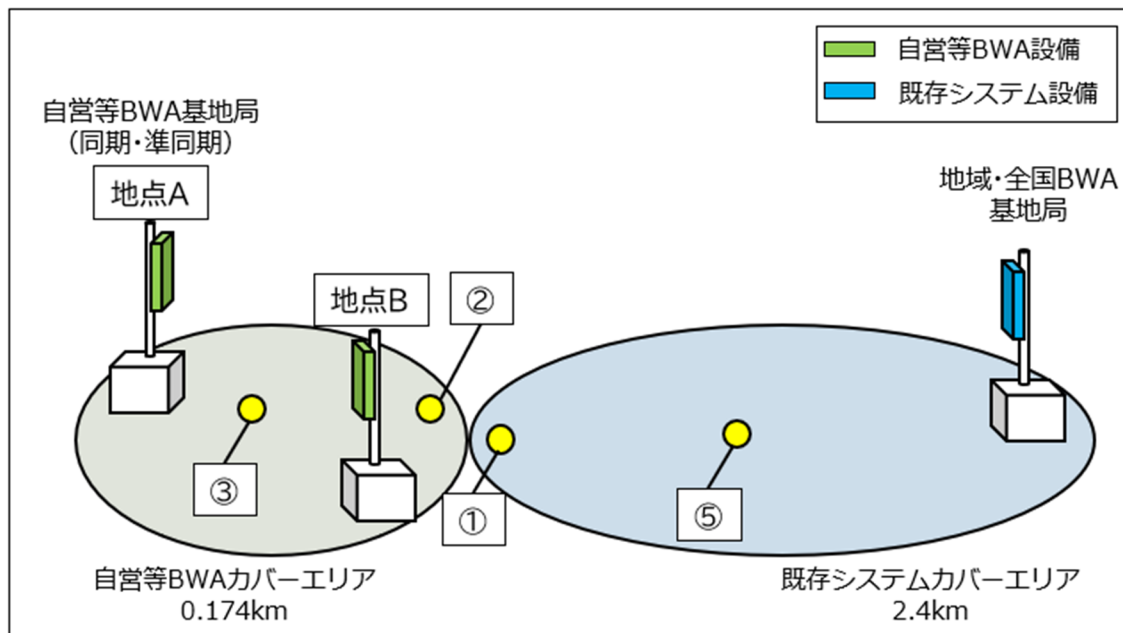


図 1.1-2 基地局および移動局の配置イメージ図

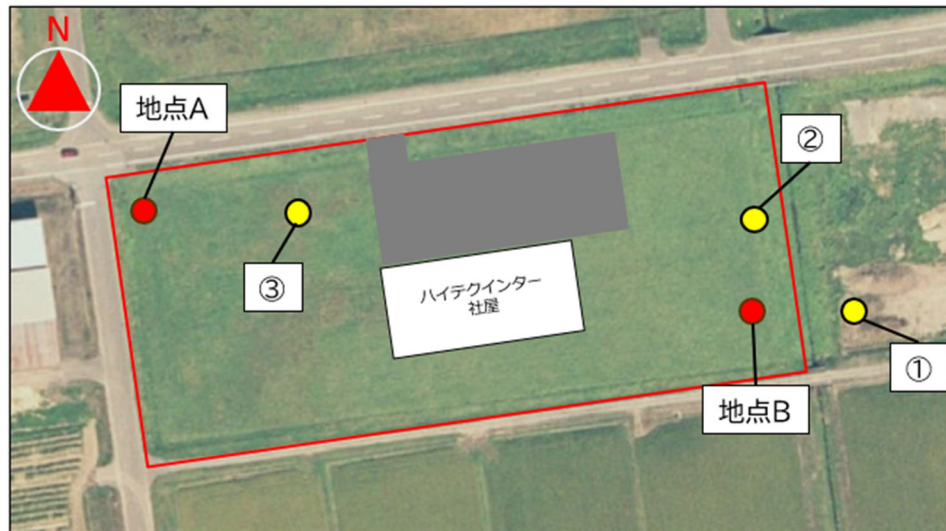


図 1.1-3 ハイテクインター社屋周辺の測定ポイント

赤枠内が自己土地エリア

- ① は隣接地に設置した他のシステム(地域 BWA、全国 BWA)に係る移動局
- ② は自営等 BWA に係る隣接地に近い移動局
- ③ は自営等 BWA に係る隣接地から遠い移動局

表 1.1-1 各基地局におけるカバーエリア・調整対象区域

システム	送信電力 [W]	空中線利得 [dBi]	面方向 TN[°]	カバーエリア [km]	調整対象区域 [km]
自営等 BWA 地点 A	0.0002	16	105	0.174	0.43
自営等 BWA 地点 B			285		
地域(全国)BWA	16	16	265	2.4	5.92
	2			1.35	3.3

※ カバーエリア・調整対象区域は郊外地計算

カバーエリア(所要受信電力)及び調整対象区域(許容干渉レベル)の算出に当たって使用する受信電力の基準値は電波法関係審査基準からカバーエリアは-85dBm、調整対象区域は -98.8dBm とする。



図 1.1-4 基地局 地点 A

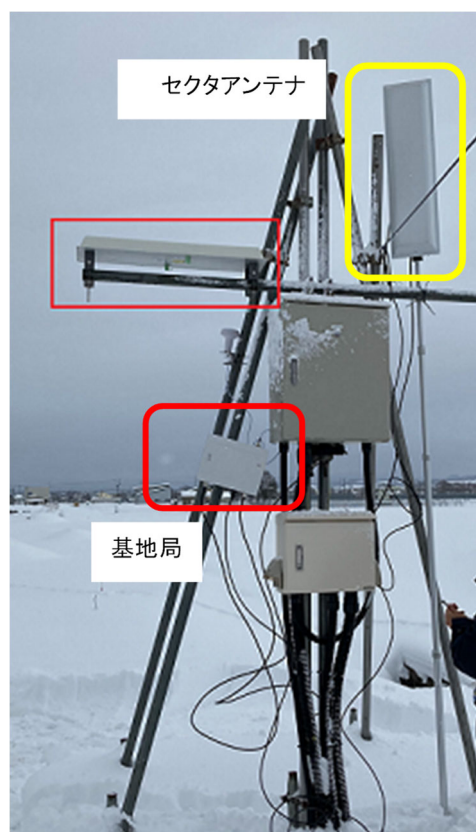


図 1.1-5 基地局 地点 B



図 1.1-6 ポイント①



図 1.1-7 ポイント②奥に基地局 B



図 1.1-8 ポイント③ 奥に基地局 A

(2)測定機器・構成

表 1.1-2 測定機器の一覧

無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
自営等 BWA 基地局	HNB-5100-BW	2585MHz	0.2mW	20MHz	4m	セクタ 16dBi	1dB
	北緯		東経		海拔高	指向方向	
	地点 A:43. 48. 17 地点 B:43. 48. 16		地点 A:141. 53. 56 地点 B:141. 54. 3		地点 A:59. 2m 地点 B:59. 2m	地点 A:TN105° 地点 B:TN285°	
無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
地域/ 全国 BWA 基地局	RDL-6000	2585MHz/ 2565MHz	16W/2W	20MHz	15m	セクタ 16dBi	1dB
	北緯		東経		海拔高	指向方向	
	43. 48. 24		141. 56. 1		67. 3m	TN265°	
無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
移動局	HWL-3501-SS	2585MHz/ 2565MHz	0.2W (最大)	20MHz	1.5m	オムニ 4dBi	0dB

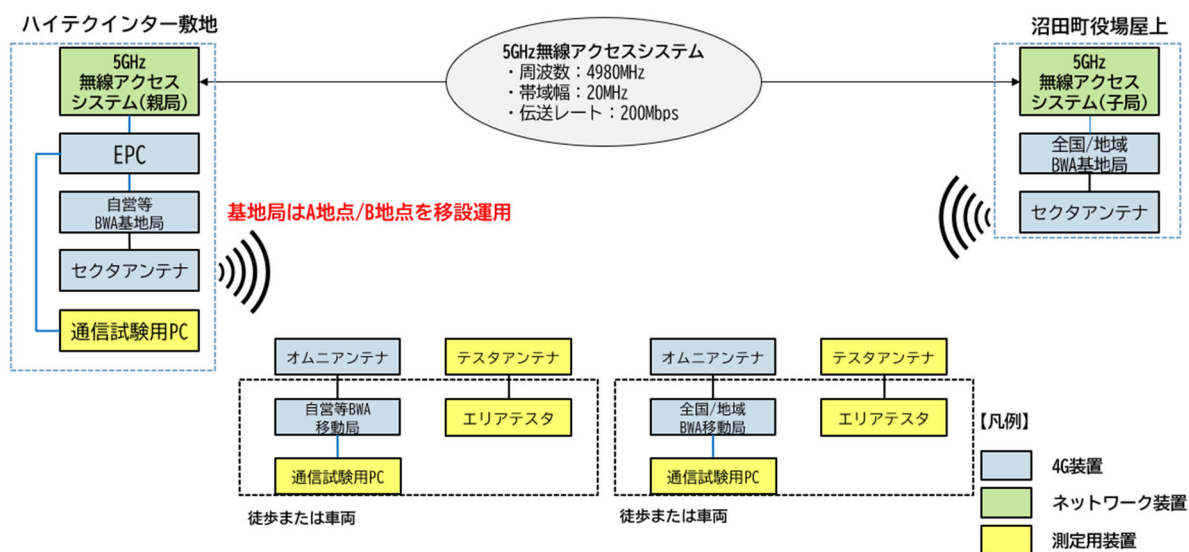


図 1.1-9 測定機器等の接続イメージ

(3)測定期間

2023 年 12 月 15 日～12 月 26 日

(4) 自営等 BWA 基地局(地点 A、B)と地域 BWA・全国 BWA との干渉

1) 自営等 BWA 基地局単体(地点 A、B)の距離特性

表 1.1-3 自営等 BWA 単体(同期)の距離特性

測定項目		RSSI [dBm]		RSRP [dBm]		SIR [dB]		UDP UL [Mbps]		UDP DL [Mbps]	
自営等 BWA 基地局 の設置場所		地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B
測定 ポイ ント	①	-95.2	-95.4	-131.6	-131.4	-6.4	-2.9	10.0	10.0	7.0	16.0
	②	-94.8	-89.3	-126.9	-117.8	0.3	9.8	10.0	10.0	21.0	20.3
	③	-74.3	-95.8	-100.7	-141.9	25.1	-14.3	10.0	10.0	43.9	4.7

表 1.1-4 自営等 BWA 単体(準同期)の距離特性

測定項目		RSSI [dBm]		RSRP [dBm]		SIR [dB]		UDP UL [Mbps]		UDP DL [Mbps]	
自営等 BWA 基地局 の設置場所		地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B
測定 ポイ ント	①	-95.4	-95.4	-132.2	-131.1	-5.8	-3.7	18.9	19.9	4.0	9.4
	②	-94.9	-90.2	-128.3	-117.1	-0.6	8.7	17.1	19.9	14.9	18.2
	③	-74.5	-95.8	-102.1	-141.9	24.7	-14.4	19.5	19.9	29.8	3.5

この表から言えることは、基地局を地点 A に設置した場合、近くのポイント③以外の②及び地域 BWA のカバーエリアであるポイント①に自営等 BWA のカバーエリアが全く被らないことである。

ポイント②は見通しが良いが、間に建屋もあり、また積雪が 2m ほどあるので雪面反射も関係して受信レベルが低くなったと推察される。

雪面は粉雪の為、表面で反射するとは考えられず大地と圧縮された雪(厚さ 1m~2m)の中間と推察され、反射係数も文献(一11)から雪質により変化する。よって基地局からの距離により、雪面反射や雪中による吸収減衰などの影響から受信レベルも変化する と推察される。

※ RSSI(Received Signal Strength Indicator)、RSRP(Reference Signal Received Power)、SIR(Signal-to-Interference Ratio)、UDP(User Datagram Protocol)、UL(Uplink)、DL(Downlink)、詳細は用語集を参照。

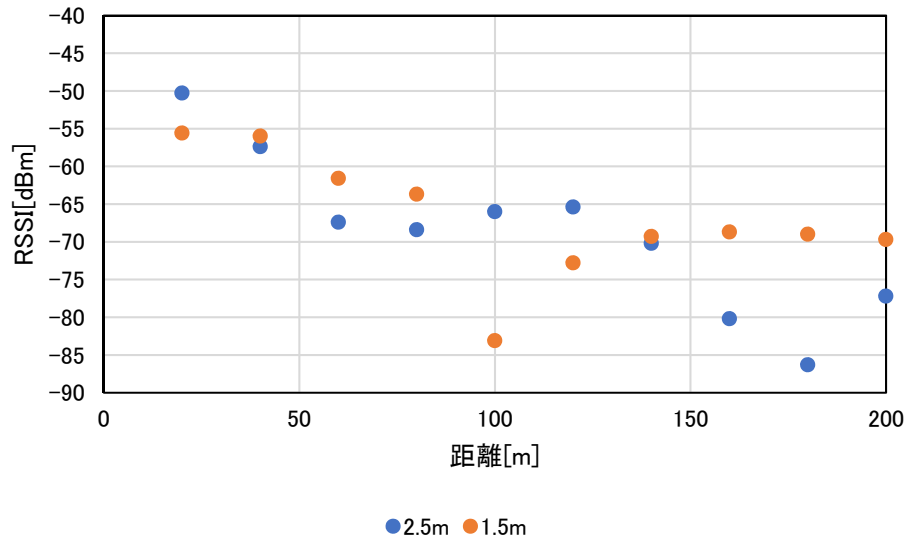


図 1.1-10 2 波モデルによる基地局(地点 A)からの距離特性の計算値

上の図は 2 波モデルによる基地局(地点 A)からの距離と RSSI との関係を示したもので、移動局高さを 2.5m、1.5m と変えたときの様子を表している。

雪が積もってくると移動局周辺を踏み固めてから毎回、移動局のポールを設置するため地上高が高くなることが推察される。

ちょうどポイント②(160m)、③(180m)の付近で受信レベルが大地(雪面)反射の影響で下がるのが分かる。

さらに自営等 BWA 基地局を地点 B に設置した場合は、隣接土地内のポイント①はセクタアンテナの背面に当たり、F/B レンズにより受信レベルが-95dBm とかなり低くなっている。

また、カバーエリア内のポイント②、③でも受信電力が非常に低い。

これはポイント②では空中線のボアサイト(正面)方向から右へ 90 度の位置にあるためと思われる。またポイント③は間の建屋で見通しが無いためと推察する。

以上の理由からダウンリンク(以下、DL)の伝送レートは RSSI のレベルに応じて低くなった。しかしアップリンク(以下、UL)において送信出力は最大の 0.2W(23dBm)となり、ダウンリンクの基地局送信出力 0.2mW(-7dBm)に比べ 30dB 高いので 9~10Mbps が得られている。

以上のことは、自営等 BWA が準同期でも同様である。

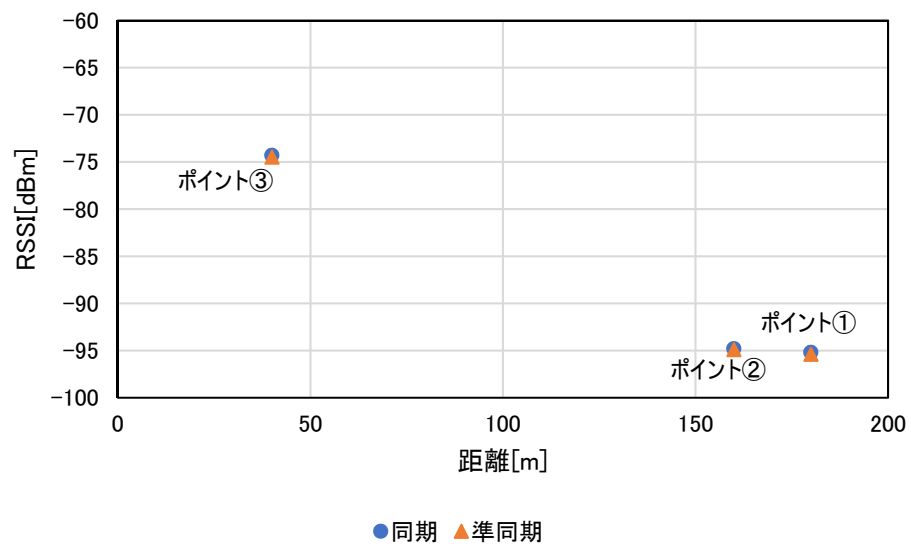


図 1.1-11 自営等 BWA 基地局(地点 A)単体 RSSI

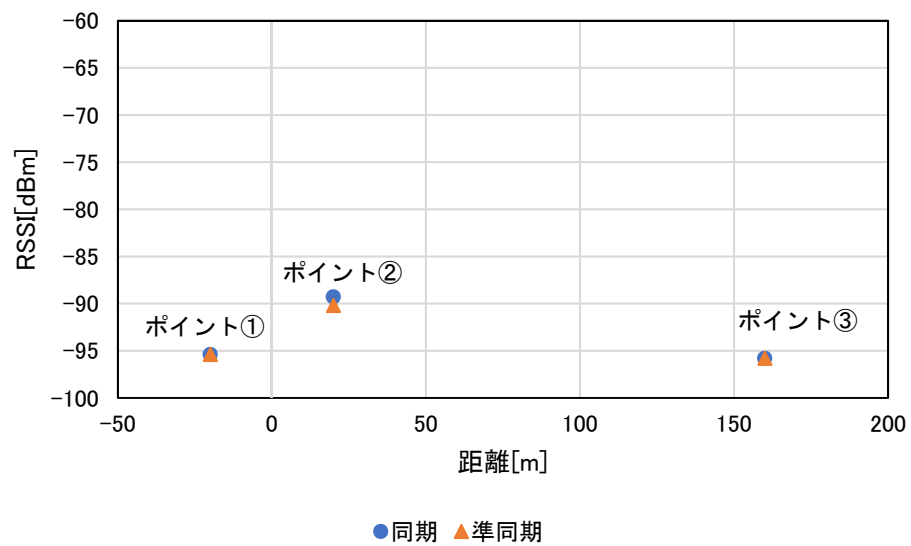


図 1.1-12 自営等 BWA 基地局(地点 B)単体 RSSI

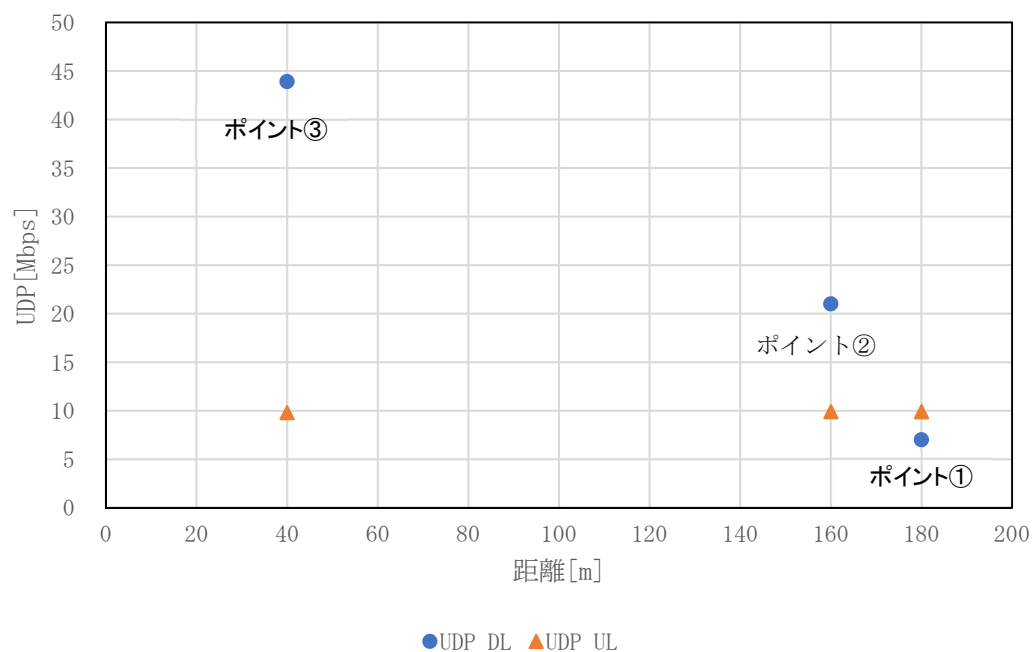


図 1.1-13 基地局(地点 A)同期 UDP DL/UL 距離特性

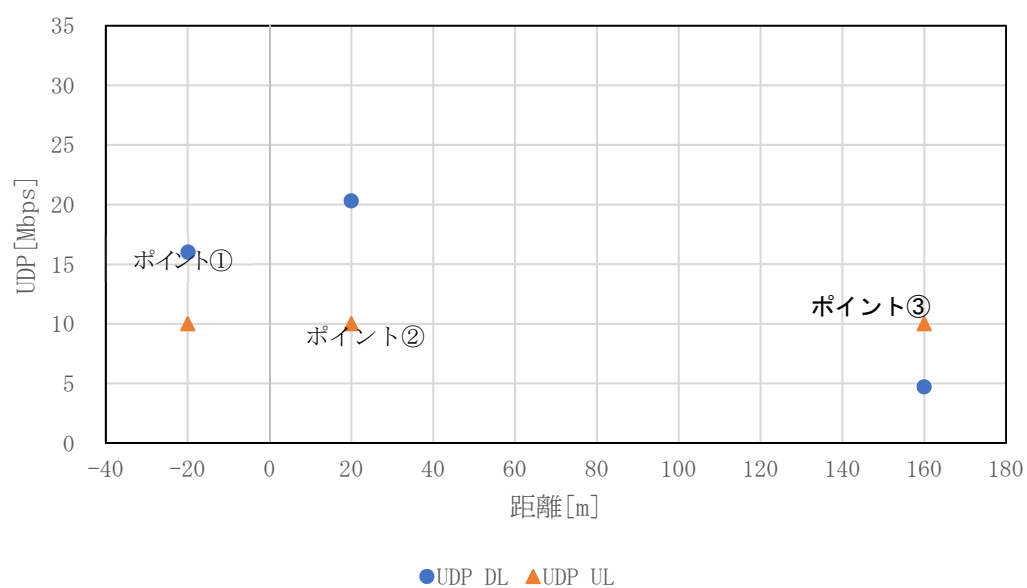


図 1.1-14 基地局(地点 B)同期 UDP DL/UL 距離特性

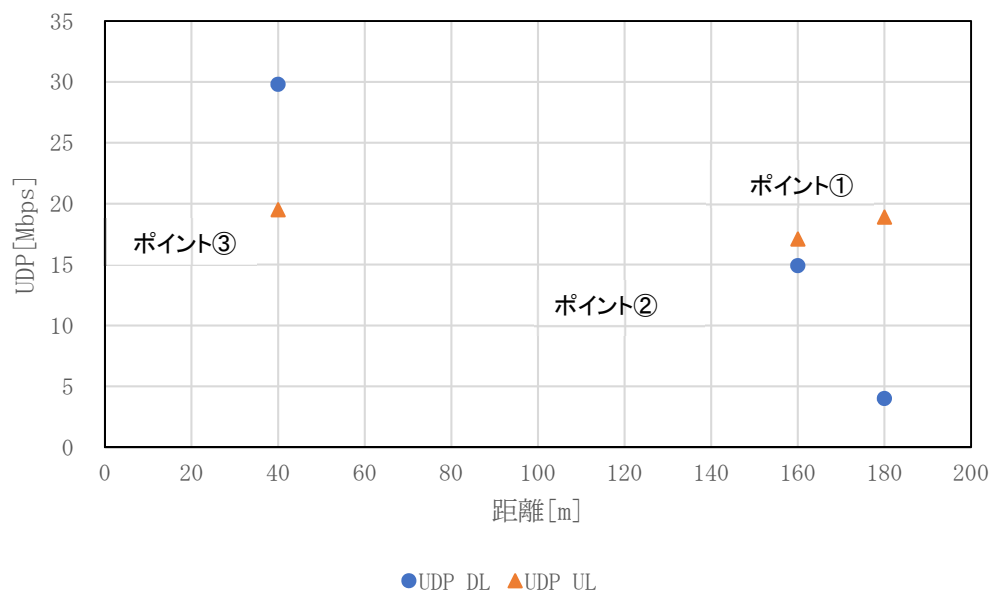


図 1.1-15 基地局(地点 A)準同期 UDP DL/UL 距離特性

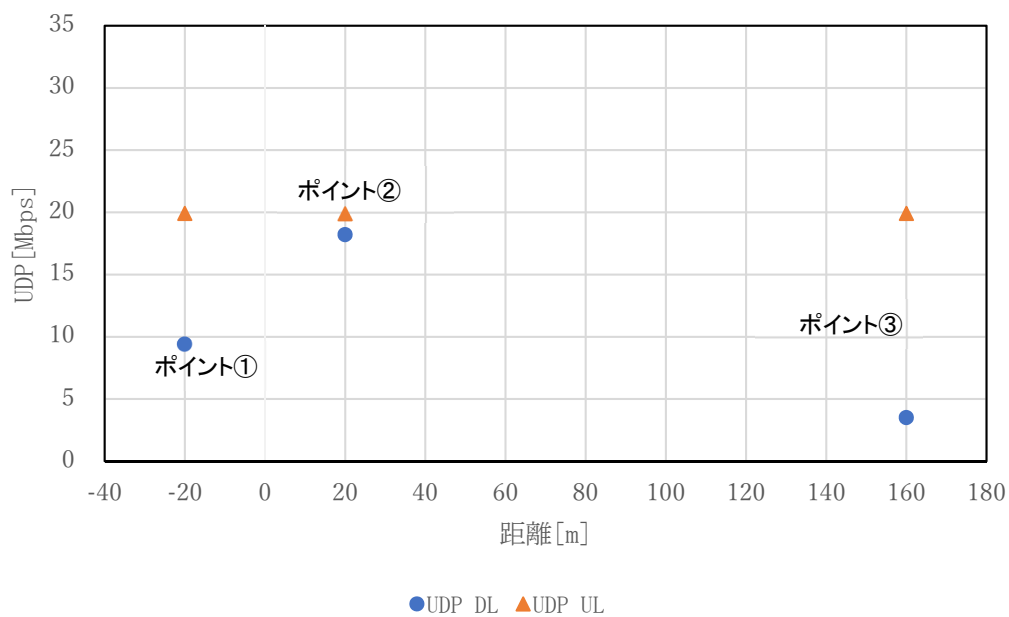


図 1.1-16 基地局(地点 B)準同期 UDP DL/UL 距離特性

2) 地域 BWA 基地局単体の距離特性

表 1.1-5 地域 BWA 基地局単体の距離特性

測定項目			RSSI [dBm]		RSRP [dBm]		SIR [dB]		UDP UL [Mbps]		UDP DL [Mbps]	
地域 BWA 基地局の空中線電力			16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W
測定ポイント および地域 BWA 基地局からの距離[m]	⑤	840.9	-62.6	-75.2	-88.8	-101.5	33.6	26.4	9.4	3.4	49.2	43.9
	①	2619.7	-73.0	-83.4	-99.6	-109.2	26.5	16.2	6.0	4.4	44.6	44.5
	②	2642.4	-78.5	-86.2	-104.8	-112.8	21.9	13.6	3.2	2.4	43.9	37.3
	③	2770.0	-82.7	-89.5	-109.5	-116.8	17.3	9.8	1.7	1.6	40.9	33.4

この表から、16W 出力では自営等 BWA のカバーエリア全域(②、③)が地域 BWA のカバーエリア内であることがわかる。

2W で隣接敷地内(①)までがカバーエリア (-85dBm)であり、これはハイテクインター敷地周辺が圃場で見通しが良い為であると推察される。

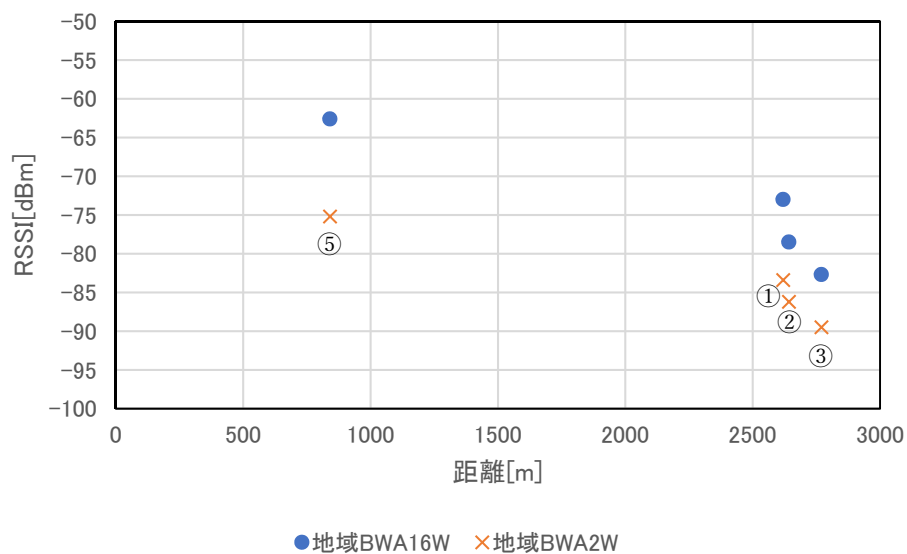


図 1.1-17 地域 BWA 基地局 RSSI 距離特性

16W と 2W の差(9dB)が全ポイントで良く表れている。

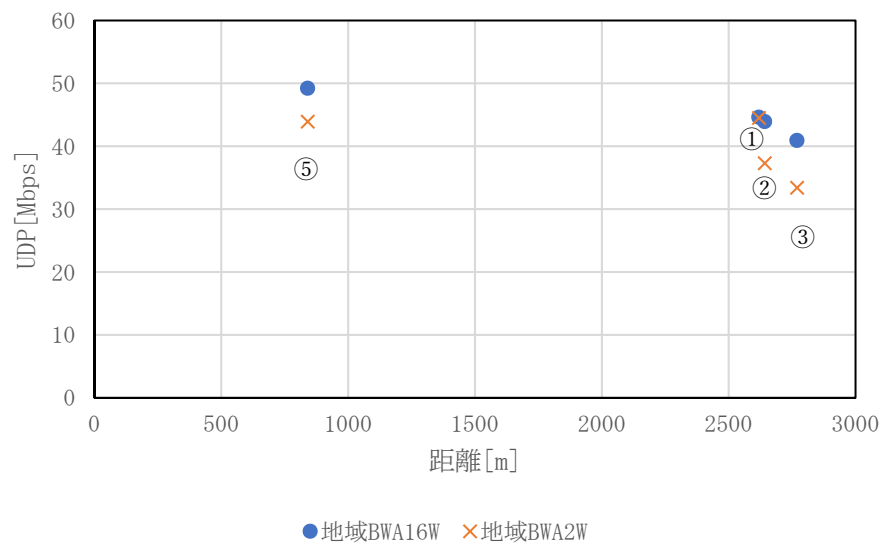


図 1.1-18 地域 BWA UDP DL 距離特性

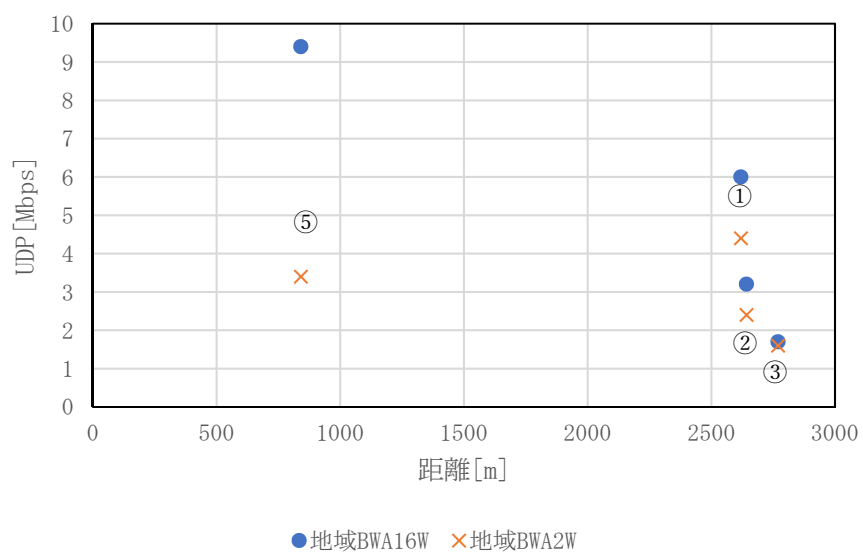


図 1.1-19 地域 BWA UDP UL 距離特性

3) 全国 BWA 基地局単体の距離特性

表 1.1-6 全国 BWA 基地局単体の距離特性

測定項目			RSSI[dBm]		RSRP[dBm]		SIR[dB]		UDP UL[Mbps]		UDP DL[Mbps]	
地域 BWA 基地局の空中線電力			16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W
測定ポイントおよび全国 BWA 基地局からの距離[m]	⑤	840.9	-59.8	-70.1	-86.6	-96.7	34.2	28.7	7.0	3.0	48.3	45.4
	①	2619.7	-73.2	-80.5	-99.6	-107.3	22.9	15.8	1.9	1.0	48.3	45.6
	②	2642.4	-79.0	-86.6	-105.7	-113.4	17.4	9.8	1.1	0.6	42.3	34.1
	③	2770.0	-81.4	-89.7	-108.1	-117.1	17.8	8.7	0.5	0.5	47.7	36.7

この表から、地域 BWA と同様に 16W 出力では自営等 BWA のカバーエリア全域(②、③)が全国 BWA のカバーエリア内であることがわかる。

2W で隣接敷地内(①)までがカバーエリア(-85dBm)であり、これはハイテクインター敷地周辺が圃場で見通しが良い為であると推察される。

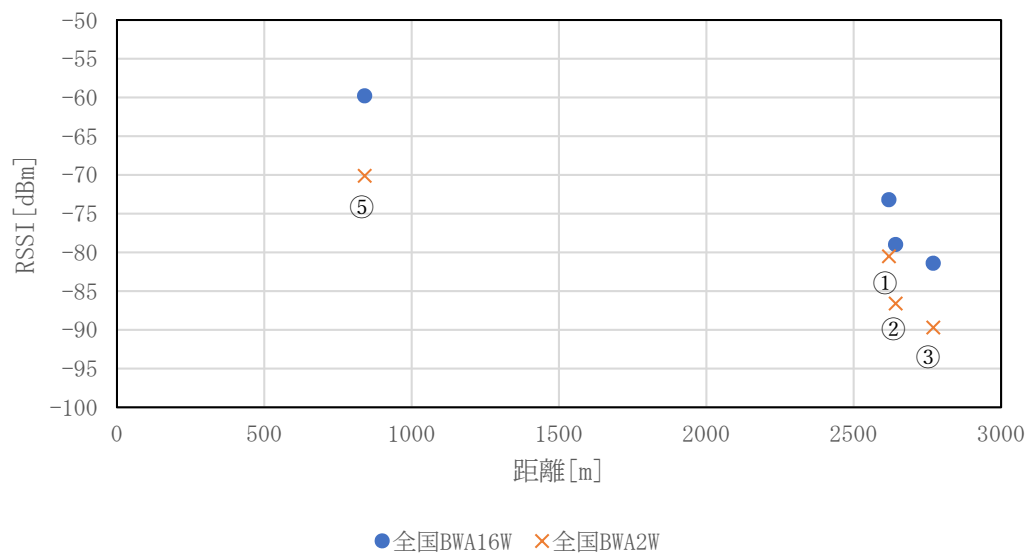


図 1.1-20 全国 BWA 基地局 RSSI 距離特性

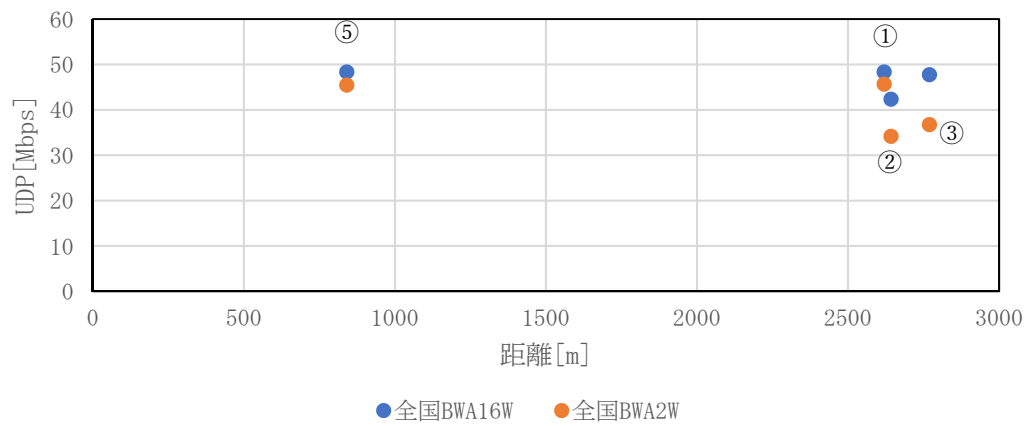


图 1.1-21 全国 BWA UDP DL 距離特性

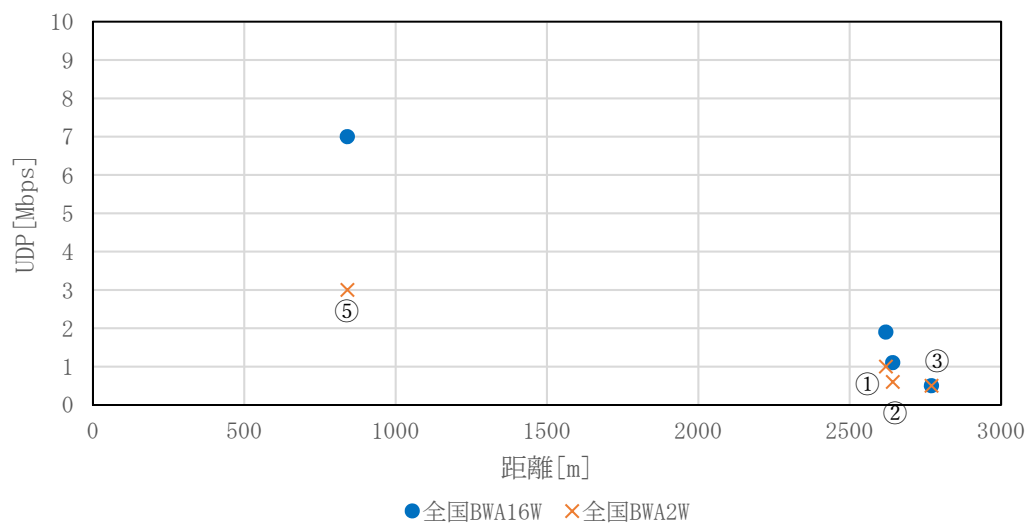


图 1.1-22 全国 BWA UDP UL 距離特性

4) 自営等 BWA システムの空中線移設と地域 BWA との干渉

表 1.1-7 地域 BWA との干渉時の自営等 BWA(同期)の受信性能

測定項目		RSSI [dBm]				RSRP [dBm]				SIR [dB]			
地域 BWA 基地局 の空中線電力		16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W
自営等 BWA 基地 局の設置場所		地点 A		地点 B		地点 A		地点 B		地点 A		地点 B	
測定ポ イント	①	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	②	×	-92.7	×	-89.3	×	-127.0	×	-118.0	×	-0.7	×	8.6
	③	-76.9	-75.2	×	×	-104.0	-102.0	×	×	22.7	24.5	×	×

※ “×”は測定不可。

この表は地域 BWA 基地局から 16W または 2W で電波を放射したときの自営等 BWA(同期)の受信性能をエリアテスタで測定したものである。

地域 BWA の干渉が無い場合に比べ、地域 BWA 基地局 16W では自営等 BWA 基地局 A のごく近傍のポイント③を除き測定不可(自営等 BWA の電波が観測できない)となった。地域 BWA 基地局 2W においてさえ、隣接ポイント①では測定不可となった。

自営等 BWA 基地局の空中線設置場所 A、B の違いは、A では地域 BWA の干渉波をセクタアンテナでまともに受けるが、B ではセクタアンテナの背面から干渉を受けるため F/B レシオ 20dB 分だけ干渉影響が減殺される。**その結果がポイント②に良く表れている。**

表 1.1-8 自営等 BWA(同期)との干渉時の地域 BWA の受信性能

測定項目		RSSI [dBm]				RSRP [dBm]				SIR [dB]			
地域 BWA 基地局 の空中線電力		16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W
自営等 BWA 基地 局の設置場所		地点 A		地点 B		地点 A		地点 B		地点 A		地点 B	
測定ポ イント	①	-74.1	-83.9	-74.9	-84.4	-101.1	-111.2	-101.0	-109.9	24.5	15.2	24.2	16.0
	②	-77.5	-84.4	-77.3	-84.9	-104.0	-111.4	-103.8	-112.0	19.9	14.6	20.8	12.0
	③	-78.1	-80.0	-81.6	-87.9	-107.2	-114.8	-108.3	-115.0	5.9	-3.5	17.7	11.5

地域 BWA 単体(自営等 BWA からの干渉が無い場合)に比べポイント①、②では全く影響を受けないが、ポイント③では自営等 BWA 基地局空中線を地点 A に設置したときに限り地域 BWA 基地局 16W、2W とともに干渉の影響を受け RSSI が高めになり、SIR が劣化した。しかし、**自営等 BWA 基地局空中線を地点 B に移設した場合は、ほぼ干渉が無い場合と同等となった。**

これはポイント③では自営等 BWA 基地局空中線が A 地点の場合は、ほぼ近傍で自営等 BWA の干渉を受け、自営等 BWA 基地局空中線を B に移設した場合は、建屋の陰になり自営等 BWA の干渉影響を受けないからと推察される。

特にポイント①ではセクタアンテナの背面なので干渉影響はないと言える。

今回の環境条件による実証実験では、**自営等 BWA のカバーエリアの中で空中線を移設しても隣接する地域 BWA に干渉しないことが分かった。**

同一周波数帯の地域 BWA と自営等 BWA がカバーエリアをオーバーラップすることは考えられないが、以上の考察から自営等 BWA と地域 BWA が混在する場所では、自営等 BWA が与干渉ではなく被干渉側になることが分かった。

以上は、DU 比の観点から後ほど詳細に検討する。

なお、ポイント⑤については、自営等 BWA の調整対象区域から大きく外れるので省略した。

以上は、基地局間干渉と、移動局が他システムの基地局から受ける干渉である。

次に、自営等 BWA もしくは地域 BWA がダウンリンク時に移動局が受ける干渉、そして地域 BWA 移動局がアップリンク時に自営等 BWA 基地局に与える干渉、さらに移動局間の干渉について考える。

測定方法は、自営等 BWA システムが DL (ダウンリンク) のときに地域 BWA システムとの干渉を見るため、地域 BWA システムでも同時に DL または UL (アップリンク) の iperf にてユーザデータを送信し続ける。

同様に、自営等 BWA システムが UL のときにも、地域 BWA システムで同時に DL、UL を送信し続ける。

ユーザデータが無い状態(ビーコンの送信のみ)では干渉影響が見られないと推察したため、iperf でユーザデータを送信することとした。

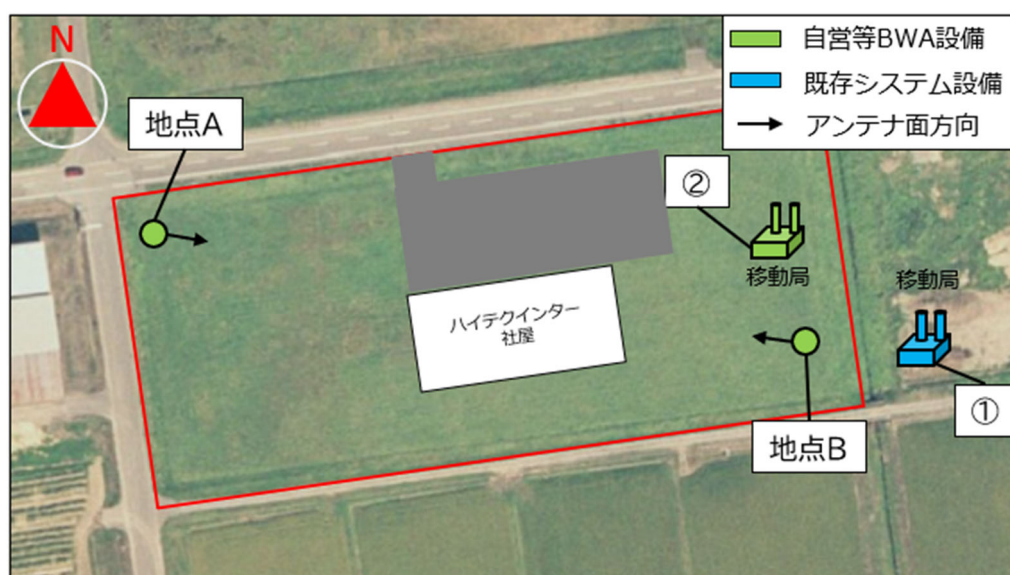


図 1.1-23 ②に自営等 BWA 移動局を設置した際の干渉試験の無線局の位置関係

表 1.1-9 ②に自営等 BWA 移動局を設置した際の干渉時の UDP DL/UL(同期)

自営等 BWA 移動局(同期)					地域 BWA 移動局(同期)					
場所:ポイント②					場所:ポイント①					
地域 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W		地域 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W		
自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	
DL[Mbps]	接続 不可	接続 不可	接続 不可	2.7	DL[Mbps]	44.3	46.0	43.3	36.8	
				3.2	UL[Mbps]	7.0	6.1	5.0	5.0	
UL[Mbps]				2.4	DL[Mbps]					28.8
				3.5	UL[Mbps]					5.0

これは地域 BWA 移動局を隣接地の境界ポイント①に、自営等 BWA 移動局を隣接地に近い②に置き、自営等 BWA 基地局空中線位置を A、B、そして地域 BWA 基地局の送信電力を 16W/2W にした場合である。

まず、自営等 BWA は地域 BWA 基地局から自営等 BWA 移動局への干渉の為に接続すらできていない。ポイント②では自営等 BWA 単体(干渉が無い場合)の電波が RSSI で高い方の空中線位置、地点 B でも-89.3dBm であり、地点 A では-94.8dBm である。

同一周波数帯の地域 BWA の RSSI が-78.5dBm(16W)、-86.2dBm(2W)と地域 BWA からの干渉レベルが高くなっている。

DU 比を実際の RSSI -94.8dBm から干渉量 11.9dB(表 1.5-5 を参照)と合わせて計算すると、

DU 比 = 希望波 RSSI - (許容干渉レベル + 干渉量)

-94.8 - (-98.8 + 11.9) = -7.9dB

となる。これでは通信すら出来ない。本来であれば空中線移設の際、他の地域 BWA の移動局に与える干渉を論ずるはずであるが、逆に自営等 BWA が干渉を受ける格好になった。

自営等 BWA は自己土地利用の観点からそのカバーエリアが狭く、広範囲をカバーする地域 BWA に比べて被干渉となることが明らかになった。

地域 BWA の伝送レートは、干渉無しの場合と比較してほぼ同様である。

表 1.1-10 ②に自営等 BWA 移動局を設置した際の干渉時の UDP DL/UL(準同期)

自営等 BWA 移動局(準同期)					地域 BWA 移動局(同期)				
場所:ポイント②					場所:ポイント①				
地域 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W		地域 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W	
自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B
DL [Mbps]	接続 不可	接続 不可	接続 不可	1.2	DL [Mbps]	41.0	42.1	44.6	35.3
				測定中 に切断	UL [Mbps]	6.1	7.0	4.8	5.0
					DL [Mbps]				41.3
UL [Mbps]					UL [Mbps]				5.0

自営等 BWA が準同期の場合は、サブフレーム3、8で自営等 BWA がアップリンクであり、地域 BWA 基地局から自営等 BWA 基地局に直接干渉波が入力され、移動局のみならず基地局も地域 BWA 基地局から干渉を受けるのでさらに状況は悪化していることになる。

そのため、地域 BWA 基地局の送信電力が 2W、自営等 BWA 基地局空中線が地点 B で自営等 BWA 移動局が近いとき、同期の場合はかろうじてダウンリンクもアップリンクも通信できているが、準同期の場合は自営等 BWA がアップリンク時は通信できていない。

次に、自営等 BWA 移動局をポイント③に置いてテストを行った。

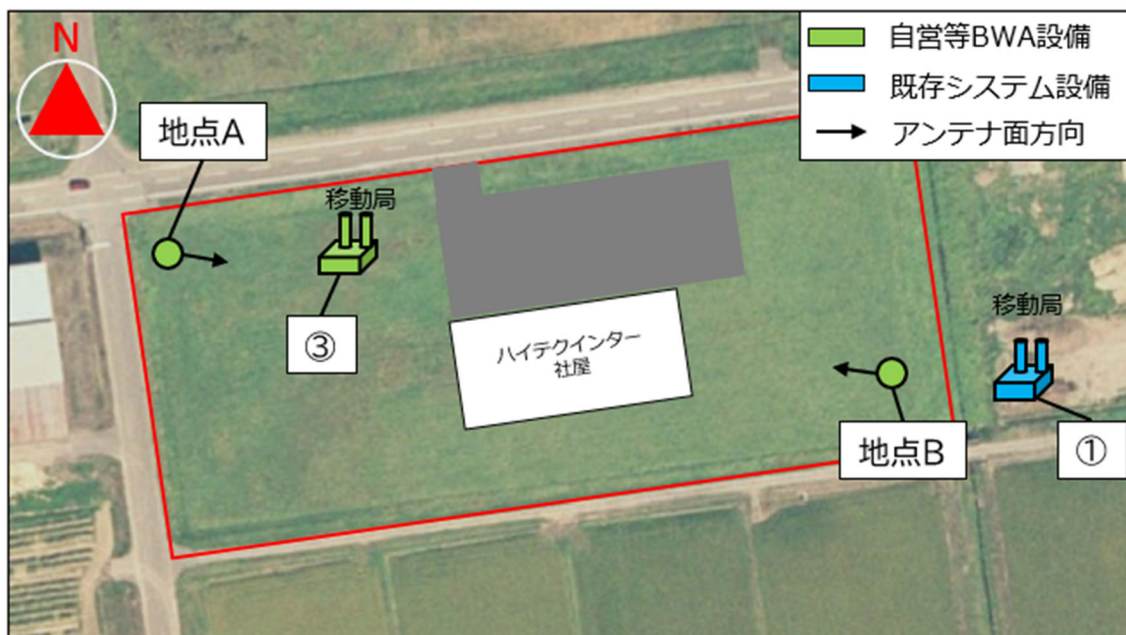


図 1.1-24 ③に自営等 BWA 移動局を設置した際の干渉試験の無線局の位置関係

表 1.1-11 ③に自営等 BWA 移動局を設置した際の干渉時の UDP DL/UL(同期)

自営等 BWA 移動局(同期)					地域 BWA 移動局(同期)				
場所:ポイント③					場所:ポイント①				
地域 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W		地域 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W	
自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B
DL [Mbps]	3.7	接続	6.1	接続	DL [Mbps]	42.2	44.6	43.2	42.8
	4.8		16.9		UL [Mbps]	6.1	6.8	5.0	5.0
UL [Mbps]	0.4	不可	0.7	不可	DL [Mbps]	41.5		43.8	
	4.9		2.2		UL [Mbps]	6.2		5.0	

表 1.1-12 ③に自営等 BWA 移動局を設置した際の干渉時の UDP DL/UL(準同期)

自営等 BWA 移動局(準同期)					地域 BWA 移動局(同期)				
場所:ポイント③					場所:ポイント①				
地域 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W		地域 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W	
自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B
DL [Mbps]	3.4	接続	4.6	接続	DL [Mbps]	44.3	6.1	41.8	42.3
	5.8		2.9		UL [Mbps]	6.4	43.2	5.0	5.0
UL [Mbps]	1.5	不可	2.5	不可	DL [Mbps]	42.4		43.3	
	1.9		3.8		UL [Mbps]	6.6		5.0	

上記の2つの表は自営等 BWA 移動局をポイント③に置いた場合である。

この場合は自営等 BWA 基地局空中線が地点 A の近傍であり、自営等 BWA 基地局の RSSI は-74.3dBm と高くなっている。

このとき DU 比は自営等 BWA 移動局のポイント②とポイント③での RSSI の差から、 $-94.8 - (-74.3) = 20.5\text{dB}$ 改善される。また、地域 BWA 基地局からの RSSI は 16W で-82.7dBm、2W のときは-89.5dBm である。ポイント②の場所より地域 BWA 基地局からの干渉は 3dB 少ない。

それでも 2W の場合でもダウンリンクの伝送レートは 3~6Mbps と低く、アップリンクも自営等 BWA 単体(干渉が無い場合)に比べてかなり低くなっている。

しかし地域 BWA 側はダウンリンク、アップリンク共に全く干渉の影響はない。準同期でも同様である。

5) 自営等 BWA システムの空中線移設と全国 BWA との干渉

表 1.1-13 全国 BWA との干渉時の自営等 BWA の受信性能

測定項目		RSSI[dBm]				RSRP[dBm]				SIR[dB]			
全国 BWA 基地局の 空中線電力		16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W
自営等 BWA 基地局 の設置場所		地点 A		地点 B		地点 A		地点 B		地点 A		地点 B	
測定ポイント	①	-95.2	-95.5	-94.8	-94.8	-133.0	-133.8	-129.0	-130.0	-7.4	-6.5	-3.1	-2.3
	②	-94.8	-94.7	-89.4	-91.2	-129.0	-128.0	-117.0	-120.0	-1.2	-0.6	9.5	7.2
	③	-74.1	-73.4	×	-95.8	-101.0	-100.4	×	-142.0	26.1	25.9	×	-14.3

※ “×”は測定不可。

この表は全国 BWA 基地局から 16W または 2W で電波を放射したときの自営等 BWA(同期)の受信性能をエリアテストで測定したものである。

自営等 BWA の受信性能に関して、自営等 BWA 基地局が地点 A の場合は全国 BWA からの干渉が無い場合と大きな違いはない。

自営等 BWA 基地局が地点 B の場合は、全国 BWA 基地局が 16W のとき測定不可となった。

表 1.1-14 自営等 BWA との干渉時の全国 BWA の受信性能

測定項目		RSSI[dBm]				RSRP[dBm]				SIR[dB]			
全国 BWA 基地局の 空中線電力		16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W	16W	2W
自営等 BWA 基地局 の設置場所		地点 A		地点 B		地点 A		地点 B		地点 A		地点 B	
測定ポイント	①	-72.8	-79.9	-71.8	-81.9	-98.8	-107.3	-98.8	-109.0	23.5	15.3	24.5	13.1
	②	-77.7	-85.9	-78.2	-85.2	-105.0	-113.0	-105.0	-113.0	17.8	9.4	18.9	9.7
	③	-80.5	-89.6	-80.5	-91.2	-107.0	-118.0	-109.0	-120.0	20.0	8.5	19.6	6.4

全国 BWA の受信性能に関しては、自営等 BWA からの干渉が無い場合と大きな違いはない。

次に、自営等 BWA もしくは全国 BWA がダウンリンク時に移動局が受ける干渉、そして全国 BWA 移動局が自営等 BWA 基地局に与える干渉、さらに移動局間の干渉について考える。

まずは②に自営等 BWA 移動局を設置した際のテストを行った。

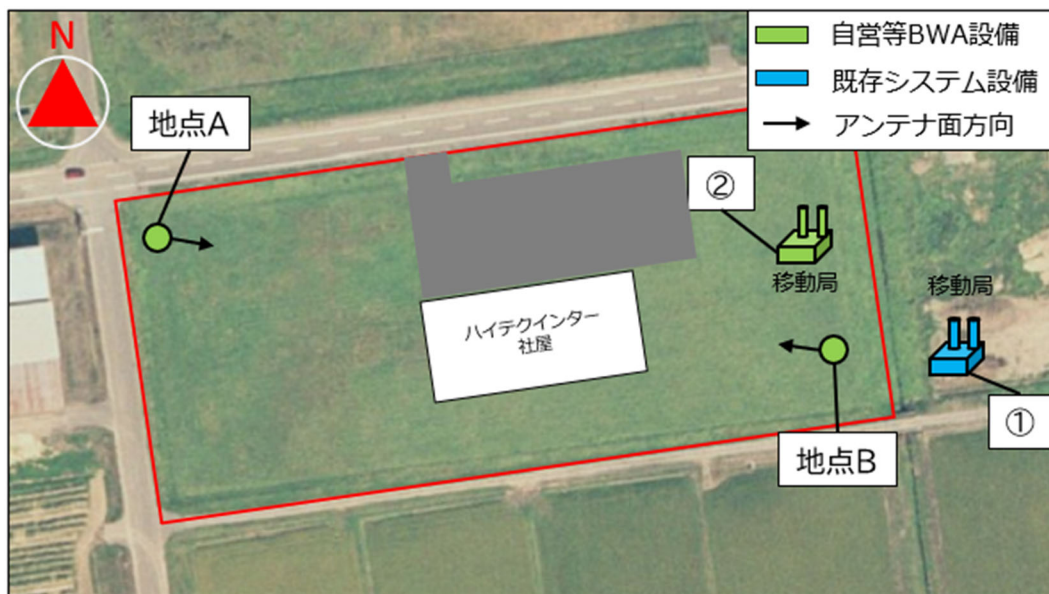


図 1.1-25 ②に自営等 BWA 移動局を設置した際の干渉試験の無線局の位置関係

表 1.1-15 ②に自営等 BWA 移動局を設置した際の干渉時の UDP DL/UL(同期)

自営等 BWA 移動局(同期)					全国 BWA 移動局(同期)				
場所: ポイント②					場所: ポイント①				
全国 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W		全国 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W	
自営等 BWA 基地局 の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B
DL [Mbps]	接続	接続	接続	8.4	DL [Mbps]	43.4	40.9	38.7	38.8
				9.3	UL [Mbps]	1.8	1.2	1.8	1.3
UL [Mbps]	不可	不可	不可	10.0	DL [Mbps]				39.2
				10.0	UL [Mbps]				1.7

表 1.1-16 ②に自営等 BWA 移動局を設置した際の干渉時の UDP DL/UL(準同期)

自営等 BWA 移動局 (準同期)					全国 BWA 移動局 (同期)				
場所:ポイント②					場所:ポイント①				
全国 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W		全国 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W	
自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B
DL [Mbps]	接続 不可	接続 不可	接続 不可	9. 4	DL [Mbps]	42. 9	40. 8	39. 2	38. 1
				9. 5	UL [Mbps]	1. 7	1. 7	1. 4	1. 1
UL [Mbps]				19. 9	DL [Mbps]				38. 6
				19. 9	UL [Mbps]				1. 1

上記の2つの表は自営等 BWA 移動局がポイント②のため、自営等 BWA 基地局からの見通しが悪く、干渉が無い場合でも地点 A からの RSSI は-95dBm、地点 B からの RSSI は-89dBm ほどである。

一般的にガードバンド 0Hz でも送信マスク減衰のため、お互いの基地局からの干渉は、同期の場合、ごくわずかである。

今回は自営等 BWA 基地局の送信出力は 0.2mW(-7dBm)と非常に低く全国 BWA 基地局への干渉はない。しかし、ポイント②にある自営等 BWA 移動局には、全国 BWA 基地局の空中線電力が 16W、2W の場合、RSSI はそれぞれ-79dBm、-87dBm と自営等 BWA 基地局からの信号よりも高いレベルで干渉波が存在する。

全国 BWA 基地局から自営等 BWA 移動局までの伝搬損失は郊外地計算で 147.4dB であるが、測定値の RSSI -79dBm から逆算すると伝搬損失は 127dB となり計算値よりも 20dB 程低い。これは自営等 BWA 移動局周辺が圃場で開放地に近いのと雪面反射の影響と思われる。

結局、干渉量は送信マスク減衰もあり、ポイント②で-12.7dB、ポイント③で-14.7dB となる。(実際の受信電力からポイント②、③での伝搬損失を用いた。)

自営等 BWA 基地局が地点 A の場合、自営等 BWA 移動局のポイント②での DU 比は、

$$-94.8 - (-98.8 + (-12.7)) = 16.7\text{dB}$$

$$\text{ポイント③での DU 比は、} -74.3 - (-98.8 + (-14.7)) = 39.2\text{dB}$$

自営等 BWA 基地局が地点 B では、

$$\text{ポイント②での DU 比は、} -89.3 - (-98.8 + (-12.7)) = 22.2\text{dB}$$

$$\text{ポイント③での DU 比は、} -95.8 - (-98.8 + (-14.7)) = 17.7\text{dB}$$

となる。いずれも通信接続が出来ないことはない。しかし、これは計算上の話である。

まずポイント②では、干渉がない単体でも自営等 BWA 基地局が地点 A では RSSI が約-95dBm であり、地点 B では約-90dBm である。

そこに隣接周波数帯とはいえ干渉波が存在すると、移動局受信系の選択度特性が良くても限度があり、RSSI が約-95dBm だと移動局感度(KTB 雑音)に近く少しでも別の雑音が加わると復調できない。RSSI が-90dBm の地

点 B でも厳しい。

以上は全国 BWA 基地局の空中線電力が 16W の場合の干渉波だが、2W であれば DU 比が 9dB 改善されるので、自営等 BWA 基地局が地点 B のときのポイント②で通信が出来た。

しかし、ダウンリンクは全国 BWA 基地局からの影響で約 10Mbps と低くなっている。

以上から移動局での DU 比が 10dB 以上でも Desired（希望波）自身の RSSI が移動局自体の雑音レベルに近いと通信できないことが分かる。

また、この場合でも自営等 BWA 基地局や移動局が全国 BWA 移動局に与える干渉はダウンリンクでは極めて少なく、アップリンクでは同期の場合は問題ないが準同期の場合は干渉が激しく全国 BWA 移動局の DU 比を劣化させる。しかし、実証結果では 1.7Mbps（同期）、1.1Mbps（準同期）であり、干渉が無い場合と比べて伝送レートに大きな違いはない。

これは、元々全国 BWA 移動局のポイント②での受信電力が DU 比計算の指標の -71.5dBm より低く、-79dBm（16W）、-87dBm（2W）となっており、RB（Resource Block）が低く割り当てられているので干渉の影響が出なかったと推察される。

次に、自営等 BWA 移動局をポイント③に置いてテストを行った。

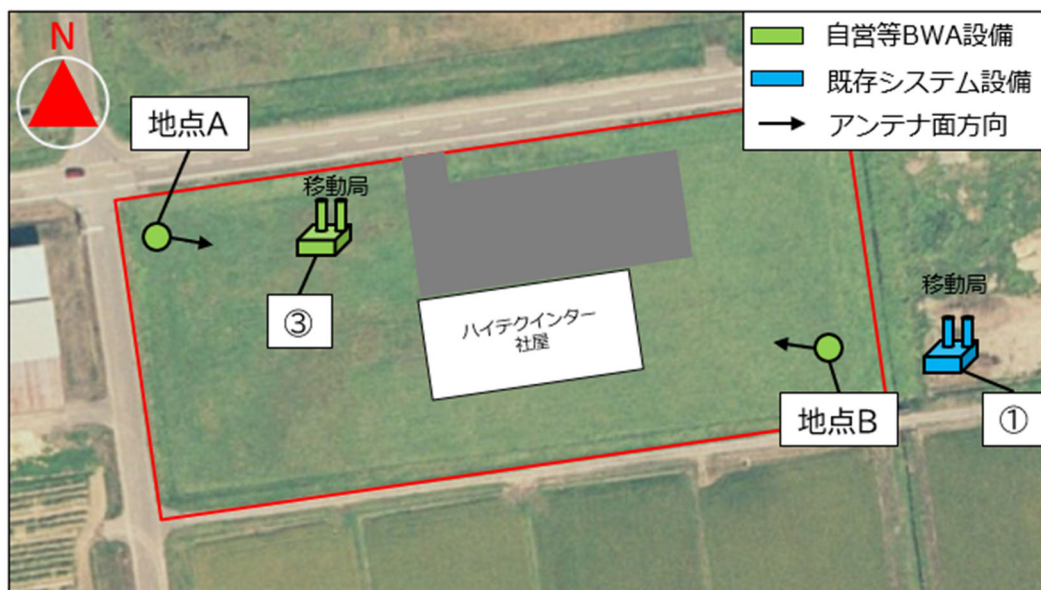


図 1.1-26 ③に自営等 BWA 移動局を設置した際の干渉試験の無線局の位置関係

表 1.1-17 ③に自営等 BWA 移動局を設置した際の干渉時の UDP DL/UL(同期)

自営等 BWA 移動局(同期)					全国 BWA 移動局(同期)				
場所:ポイント③					場所:ポイント①				
全国 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W		全国 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W	
自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B
DL [Mbps]	49.8	接続	49.8	接続	DL [Mbps]	36.3	39.5	38.7	41.2
	49.8		49.8		UL [Mbps]	1.2	1.4	1.4	1.3
UL [Mbps]	10.0	不可	10.0	不可	DL [Mbps]	41.4		37.2	
	10.0		10.0		UL [Mbps]	1.3		1.5	

表 1.1-18 ③に自営等 BWA 移動局を設置した際の干渉時の UDP DL/UL(準同期)

自営等 BWA 移動局(準同期)					全国 BWA 移動局(同期)				
場所:ポイント③					場所:ポイント①				
全国 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W		全国 BWA 基地局 の空中線電力	16W		2W	
自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B	自営等 BWA 基地 局の設置場所	地点 A	地点 B	地点 A	地点 B
DL [Mbps]	34.5	接続	47.0	接続	DL [Mbps]	38.0	40.8	39.0	38.7
	34.9		38.1		UL [Mbps]	1.8	1.8	1.2	1.5
UL [Mbps]	19.5	不可	19.9	不可	DL [Mbps]	40.6		38.7	
	19.5		19.9		UL [Mbps]	1.7		1.2	

自営等 BWA 移動局を自営等 BWA 基地局の地点 A にごく近いポイント③に移すと、RSSI がポイント②に比べ約 20dB 上がり、逆に全国 BWA からの干渉は 2dB 下がる。

全国 BWA の伝送レートに関しては、自営等 BWA からの干渉が無い場合と比べて大きな違いはない。

2. 新たな運用形態2: 自営等 BWA をドローンに搭載した上空での運用

(1)測定場所

北海道雨竜郡沼田町のハイテクインター敷地内の一角に自営等 BWA 基地局を設置した。既存システム(地域、全国)BWA の基地局は自営等 BWA 基地局から約 2.8km 離れた沼田町役場屋上に設置した。以下、その詳細を示す。



図 1.2-1 上空利用 基地局

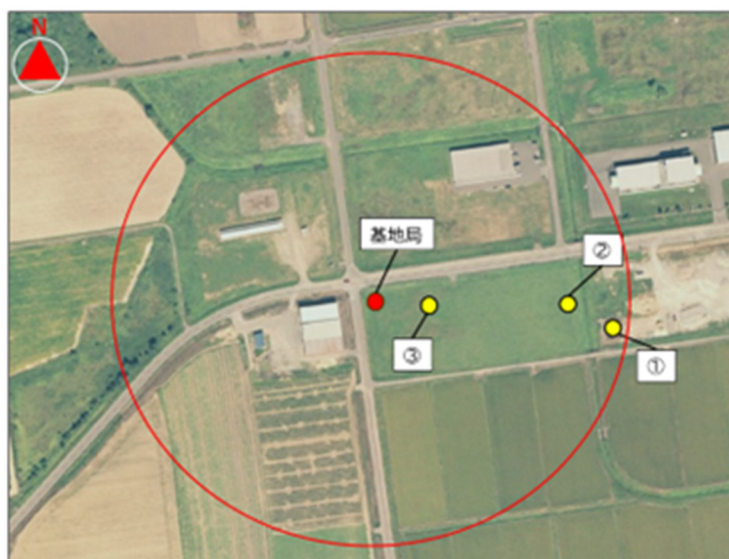


図 1.2-2 自営等 BWA 基地局カバーエリア図

上図は自営等 BWA 基地局の送信電力を 4mW (6dBm)、空中線が無指向性で 5dBi にしたカバーエリアを表したものである。

(2)測定機器・構成

表 1.2-1 測定機器の一覧

無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
自営等 BWA 基地局	HNB-5100- BW	2585MHz	4mW	20MHz	4m	オムニ 5dBi	0dB
	北緯		東経		海拔高	指向方向	
	43. 48. 17		141. 53. 56		59. 2m	-	
無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
地域/ 全国 BWA 基地局	RDL-6000	2585MHz/ 2565MHz	16W/2W	20MHz	15m	セクタ 16dBi	1dB
	北緯		東経		海拔高	指向方向	
	43. 48. 24		141. 56. 1		67. 3m	TN265°	
無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
移動局	HWL-3501- SS	2585MHz/ 2565MHz	0. 2W (最大)	20MHz	1. 5m	オムニ 4dBi	0dB

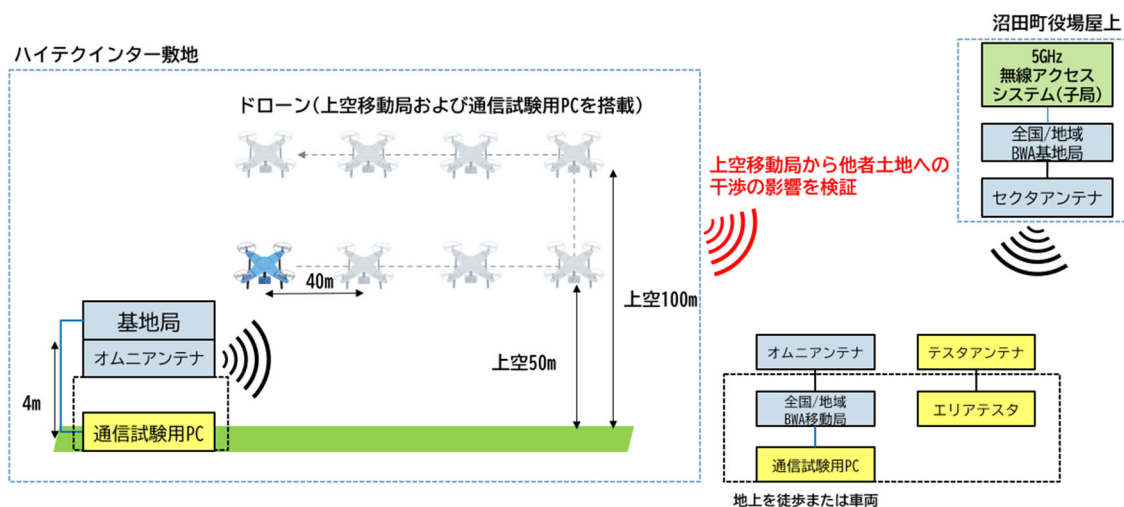


図 1.2-3 測定のイメージ図



図 1.2-4 ドローン(下から見たコーンアンテナ)



図 1.2-5 ドローン(移動局 BOX, アンテナ)



図 1.2-6 ドローン飛行状態

(3)測定期間

2024 年 1 月 9 日～2024 年 1 月 19 日

(4)上空ドローン搭載移動局と地上自営等 BWA 基地局単体(同期・準同期)の距離特性

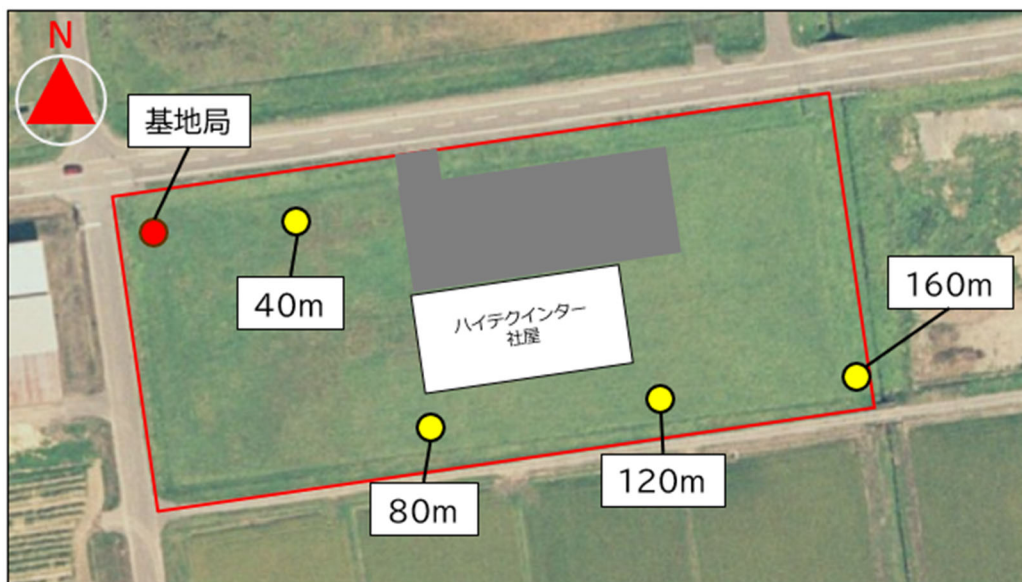


図 1.2-7 上空移動局の測定ポイント

表 1.2-2 上空移動局単体の UDP DL/UL

同期/準同期		自営等 BWA 単体(同期)				自営等 BWA 単体(準同期)			
ドローン高さ[m]		50		100		50		100	
UDP [Mbps]		UL	DL	UL	DL	UL	DL	UL	DL
ドローン 水平距離 [m]	40	10.0	22.2	9.7	20.8	19.9	15.3	15.4	10.0
	80	10.0	21.4	10.0	21.2	19.9	17.0	19.1	13.1
	120	10.0	23.4	9.9	9.8	19.0	18.6	18.5	8.2
	160	10.0	17.4	4.7	8.8	19.0	11.9	14.3	7.2

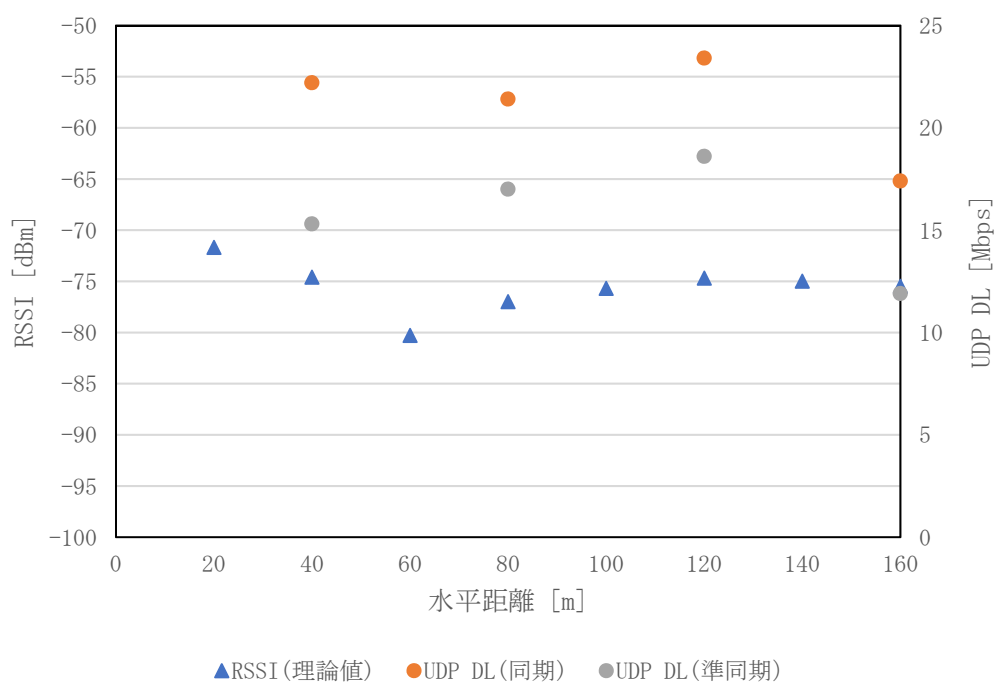


図 1.2-8 高さ 50m 移動局 RSSI 理論値/UDP DL 距離特性

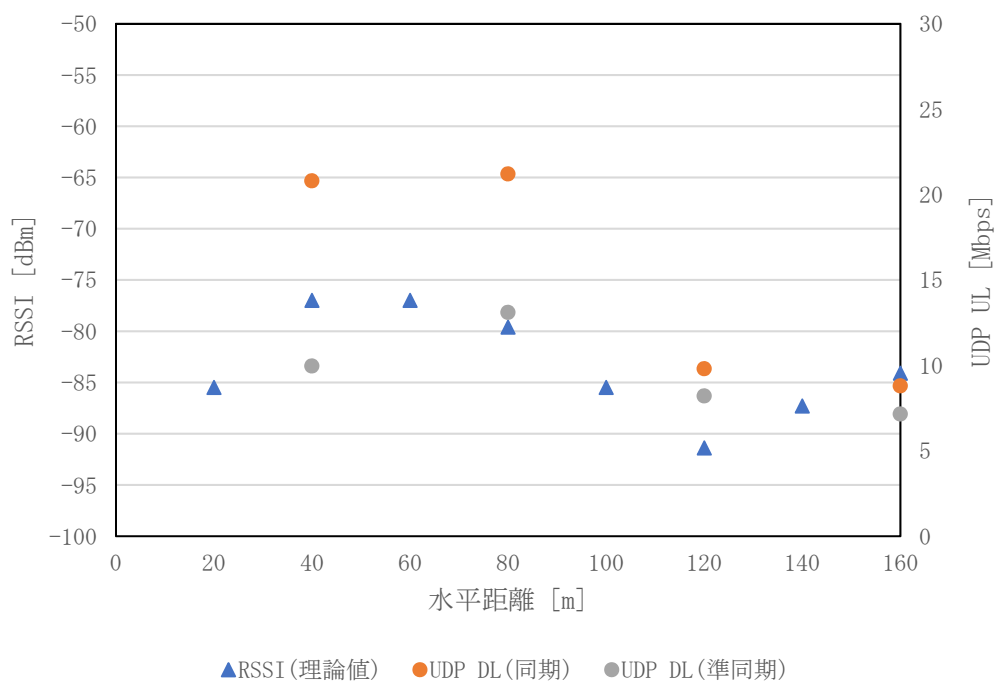


図 1.2-9 高さ 100m 移動局 RSSI 理論値/UDP DL 距離特性

上記の2つのグラフは、ドローン搭載の移動局での RSSI を自由空間伝搬損失、基地局、移動局の仰角方向の利得を勘案して算出し、それとダウンリンク伝送レートの実測値とを比較したものである。

高度 100m では同期、準同期ともに傾向がよく合致している。

また、同期に比べ準同期の方の伝送レートが下がっており理論値とよく合っている。

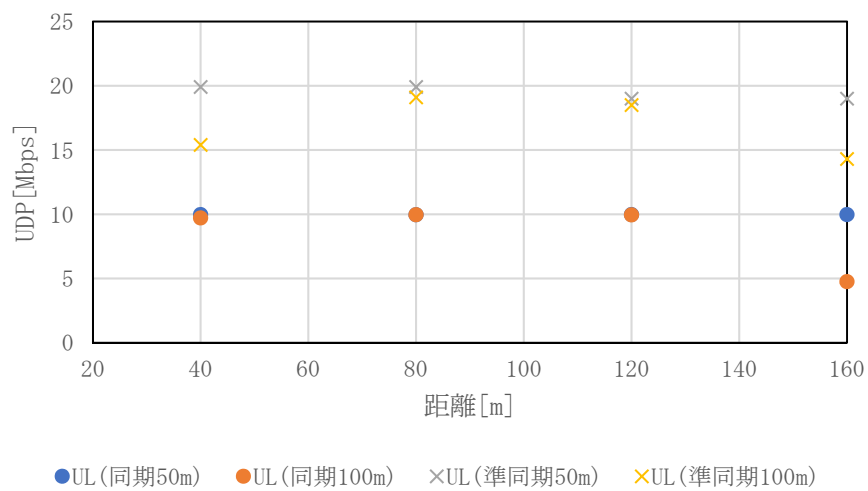


図 1.2-10 上空移動局 UDP UL 距離特性

アップリンクでは高度の差がなく、準同期では同期に比べほぼ 2 倍となり理論どおりの結果が得られた。

(5) 自営等 BWA と地域 BWA システムとの干渉

地域 BWA システムとの干渉影響を、ドローンの高さ、水平距離を変えて、そのときの伝送レートを測定した。

地域 BWA 移動局での測定ポイントは隣接のポイント①である。

本実験では地域 BWA 移動局からの干渉よりも地域 BWA 基地局からの干渉の方がはるかに大きいため、地域 BWA 基地局が与干渉となり、自営等 BWA 基地局と移動局に干渉を与えることが分かる。

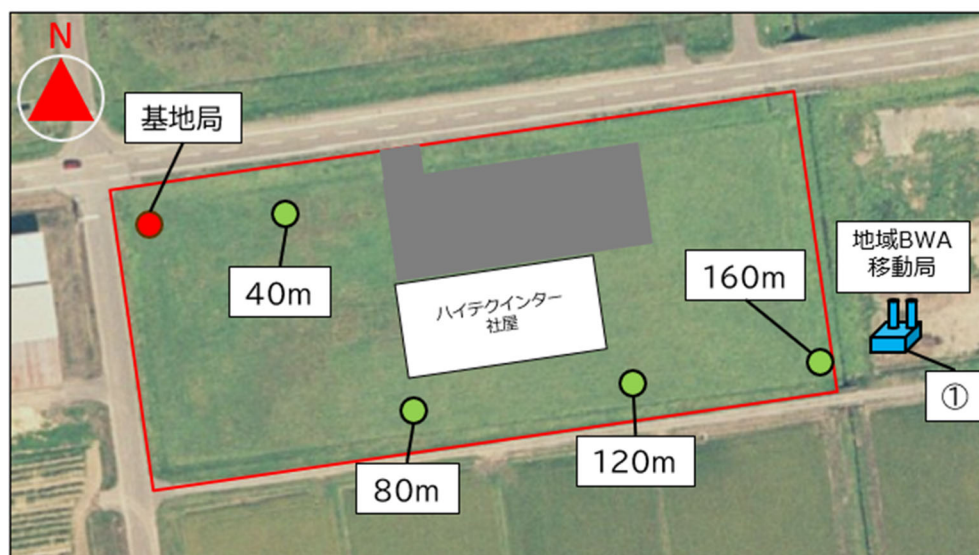


図 1.2-11 ドローンの飛行ポイントと地域 BWA 移動局の位置関係

● 測定方法

自営等 BWA システムが DL (ダウンリンク) のときに地域 BWA システムとの干渉を見るため、地域 BWA システムでも同時に DL または UL (アップリンク) の iperf にてユーザデータを送信し続ける。

同様に、自営等 BWA システムが UL のときにも、地域 BWA システムで同時に DL、UL を送信し続ける。

● なぜこのような測定方法を実施するのか

自営等 BWA システムと地域 BWA システムがともに同期状態であれば DL、UL のサブフレームタイミングは同じである。今回の実証実験の場合、干渉により、自営等 BWA システムが DL のとき、地域 BWA システムが DL でドローン搭載移動局に干渉を与えることは容易に推察できる。

また、地域 BWA システムのユーザデータが DL の時に干渉源として自営等 BWA 基地局の受信系に入りその受信性能に影響を与える可能性がある。また逆に自営等 BWA システムが与干渉となって地域 BWA システムに干渉を与える可能性がある。

なぜわざわざユーザデータを送るのかというと、単に DL で伝搬路推定の RS (Reference Signal) や UL での SRS (Sounding Reference Signal) だけでは RB (Resource Block) が割り当てられず干渉源のエネルギーとしては不足しているからである。

サブフレームについて以下にさらに詳しく説明する。

UL(DL)でユーザデータを送信し続けたとしても、UL(DL)の場合は DL(UL)のサブフレームではそのタイミングでは確かにユーザデータは送信しない。

今、自営等 BWA システムと地域 BWA システムが DL の時、ユーザデータと共に RS(Reference Signal)が各々の移動局に送られ伝搬路推定する。各々の移動局は他のシステムの干渉により復調結果の SIR を次の UL タイミングの時に CQI として各々の基地局側へ送り基地局内のスケジューラにより、もし伝搬路が悪い(干渉が多い)と DL 時に RB(Resource Block)を多く割り当てない。その逆の UL の場合は、SRS(Sounding Reference Signal)を用いるがスケジューリング機能は DL と同様である。

ここで 4 つの組み合わせを考える。(自営等 BWA システムを被干渉と考える)

- ① 自営等 BWA システムが DL のとき、地域 BWA システムは DL 時にユーザデータを送り続ける。
- ② 自営等 BWA システムが DL のとき、地域 BWA システムは UL 時のみユーザデータを送り続ける。
- ③ 自営等 BWA システムが UL のとき、地域 BWA システムは DL 時にユーザデータを送り続ける。
- ④ 自営等 BWA システムが UL のとき、地域 BWA システムは UL 時にのみユーザデータを送り続ける。

②と④では DL 時において基地局は RS 信号や PBCH という物理チャネルしか送らないので DL 時の自営等 BWA システムに対する干渉量は①と比べてかなり低いと推察される。①と③では RB:100 個が 20MHz 帯域で PDSCH という物理チャネルで送られる。

①では自営等 BWA 移動局が表 1.2-3 にあるように DL で地域 BWA 基地局から干渉を多く受け伝送レートが大きく劣化する(DL の RB が割り当てられない)。

②では自営等 BWA 移動局が DL で、地域 BWA 基地局から干渉を受ける割合が①に比べ 20dB 少なくなる。結果として①よりは自営等 BWA の DL 伝送レートは劣化が小さい。

③では自営等 BWA システムは UL であるが、地域 BWA 基地局から DL で高いレベルで干渉を受け続ける。よって自営等 BWA 移動局は自営等基地局にその情報を送り、その基地局はスケジューラが UL で自営等 BWA 移動局に対し RB を割り当てないよう DL 時のある物理チャネルを介して指令をだす。結果として、自営等 BWA システムの UL 時の伝送レートはかなり劣化する(UL の RB が割り当てられない)。

④では、自営等 BWA システムは UL で、地域 BWA から DL 時の干渉は②と同様少ない。また地域 BWA システムが UL 時にユーザデータを送ってもその自営等 BWA 基地局に対する干渉量は少ないので、③よりも UL 時の伝送レートは劣化しない。という結果となった。

以上説明したようにユーザデータの有無で干渉の様相が大きく異なり、同時のタイミングで DL(UL)送って、そのタイミングでは干渉がなくとも次のサブフレームの DL(UL)タイミングでユーザデータを送り続けることでスケジューリングにより結果として干渉の影響が大きく現れる。

移動体通信システムは基地局と移動局間で常に色々なチャネルで通信をやりとりし、どの移動局に無線リソースを割り当てればよいか常に判断し周波数有効利用を図っている。

以降、試験結果の数値とその内容等を記載する。

表 1.2-3 ドローン搭載自営等 BWA 移動局(同期)の高度 50m、地域 BWA 基地局が 2W のときの干渉試験

ドローン 水平距離 [m]	同時通信の結果[Mbps]				
	自営等 BWA (同期) (移動局の高度 50m)		地域 BWA (基地局の送信電力 2W)		
40	DL	2.0	DL	35.2	
		9.5	UL	4.5	
	UL	1.5	DL	8.8	
		9.8	UL	4.4	
80	DL	0.3	DL	34.2	
		1.4	UL	4.4	
	UL	通信不可	DL	36.4	
			UL	自営等 BWA が 通信不可のため 未測定	
120	DL		DL		
			UL		
	UL		DL		
			UL		
160	DL		DL		
			UL		
	UL		DL		
			UL		

※ 表内の赤字は干渉が無い時と比較して、伝送レートが下がった部分

自営等 BWA 移動局を高度 50m のドローンに搭載し、地上の自営等 BWA 基地局と通信させ、ドローンは自営等 BWA 基地局から水平距離で 40m 離れている時、地域 BWA 基地局は 2.8km 離れた沼田町役場屋上にあり 2W の送信電力で自営等 BWA 基地局(及びドローン搭載自営等 BWA 移動局)に向かって電波を放射し、地上 1.5m 固定(図 1.2-11 のポイント①)の地域 BWA 移動局と通信させている。

ここで上の表の結果を考察する。自営等 BWA システムは干渉が無い時、表 1.2-2 から DL 22.2Mbps、UL 10.0Mbps である。また地域 BWA システムは干渉が無い時は表 1.1-5 から DL 44.5Mbps、UL 4.4Mbps である。

自営等 BWA、地域 BWA の2つのシステムを同時に稼働させ、自営等 BWA が DL の時に地域 BWA の DL ユーザデータを送ると、自営等 BWA システムの DL は 2.0Mbps と劣化した。しかし、地域 BWA システムを DL 時にユーザデータを送らず UL の時に送ると自営等 BWA システムの DL は 9.5Mbps と干渉の影響は受けているが 2.0Mbps よりも改善された。明らかに RB がフルに割り当てられたユーザデータの場合とは異なった結果である。

また、自営等 BWA システムが UL のときには地域 BWA システムの DL が 8.8Mbps と劣化した。これはドローン搭載移動局が UL のとき、2.8km 離れた地域 BWA 基地局に干渉を与え、その結果が地域 BWA システムの DL に現れたと推察する。つまり両システムが DL/UL 同期状態(Configuration 2)で同時に DL/UL でもユーザデータの有無で干渉の様子が変わることが分かる。

なぜこういう結果となるかは各システム共に基地局—移動局間で RS、SRS 用いて伝搬路推定(または干渉の有無)しその結果で RB を割り当てるからと推察する。

なお、RS、SRS に関してスケジューリングの考えについては巻末資料を参照されたい。

表 1.2-4 ドローン搭載自営等 BWA 移動局(同期)の高度 100m、地域 BWA 基地局が 2W のときの干渉試験

ドローン 水平距離 [m]	同時通信の結果[Mbps]			
	自営等 BWA (同期) (移動局の高度 100m)		地域 BWA (基地局の送信電力 2W)	
40	DL	0.0	DL	36.5
		2.1	UL	4.5
	UL	通信不可	DL	36.5
		1.0	UL	4.5
80	DL	通信不可	DL	自営等 BWA が通 信不可のため未 測定
			UL	
	UL		DL	
			UL	
120	DL		DL	
			UL	
	UL		DL	
			UL	
160	DL		DL	
			UL	
	UL		DL	
			UL	

※ 表内の赤字は干渉が無い時と比較して、伝送レートが下がった部分

上の表は自営等 BWA 移動局を高度 100m とした場合の結果である。

また、同期条件においては、地域 BWA 基地局の送信電力が 16W の場合は自営等 BWA ドローン搭載移動局への干渉で自営等 BWA システムが全く通信できない。よって地域 BWA システムからの自営等 BWA システムへの干渉の影響が支配的となった。

表 1.2-5 ドローン搭載自営等 BWA 移動局(準同期)の高さ 50m、地域 BWA 基地局が 2W のときの干渉試験

ドローン 水平距離 [m]	同時通信の結果[Mbps]			
	自営等 BWA(準同期) (移動局の高度 50m)		地域 BWA (基地局の送信電力 2W)	
40	DL	1.3	DL	35.2
		0.8	UL	4.5
	UL	0.5	DL	12.9
		2.2	UL	4.5
80	DL	通信不可	DL	36.3
		1.6	UL	4.5
	UL	2.5	DL	10.2
		2.8	UL	1.8
120	DL	通信不可	DL	37.3
			UL	自営等 BWA が 通信不可のため 未測定
	UL		DL	
			UL	
160	DL		DL	
			UL	
	UL		DL	
			UL	

※ 表内の赤字は干渉が無い時と比較して、伝送レートが下がった部分

準同期条件においては、地域 BWA 基地局の送信電力が 16W の場合は、自営等 BWA ドローン搭載移動局への干渉で自営等 BWA システムが全く通信できない。よって地域 BWA システムからの自営等 BWA システムへの干渉の影響が支配的となった。

地域 BWA 基地局の送信電力が 2W の場合は、自営等 BWA 移動局の DU 比が良い 50m で、それも自営等 BWA 基地局に近い 40m でかろうじて通信出来、そのアップリンクのとき、地域 BWA システムのダウンリンクに干渉を与え伝送レートが下がった。

また、準同期では同期に比べ自営等 BWA 移動局が地域 BWA 移動局に与える干渉が多く、その影響が出ている。

(6) 自営等 BWA と全国 BWA システムとの干渉

全国 BWA 基地局が 16W 及び 2W での干渉影響を、ドローンの高さ、水平距離を変えて、そのときの伝送レートを測定した。全国 BWA 移動局での測定ポイントは隣接のポイント①である。

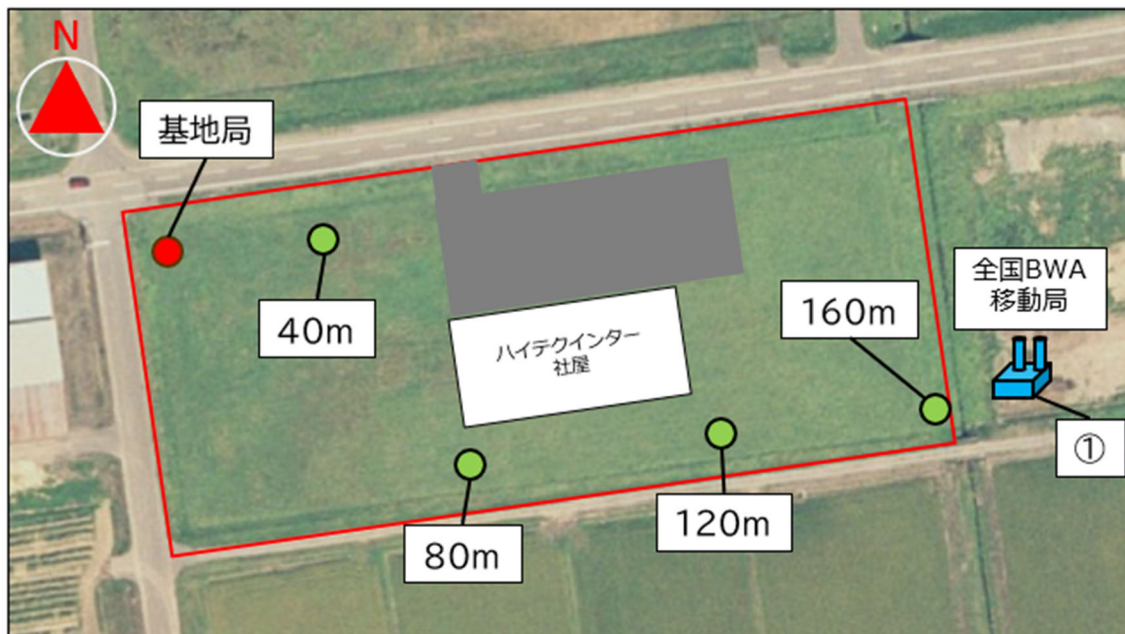


図 1.2-12 ドローンの飛行ポイントと全国 BWA 移動局の位置関係

表 1.2-6 ドローン搭載自営等 BWA 移動局(同期)の高さ 50m、全国 BWA 基地局が 16W のときの干渉試験

ドローン 水平距離 [m]	同時通信の結果[Mbps]			
	自営等 BWA(同期) (移動局の高度 50m)		全国 BWA (基地局の送信電力 16W)	
40	DL	20.4	DL	44.8
		24.8	UL	2.3
	UL	10.0	DL	44.6
		10.0	UL	1.8
80	DL	16.2	DL	44.9
		24.9	UL	1.9
	UL	10.0	DL	44.8
		10.0	UL	2.1
120	DL	10.7	DL	44.7
		24.9	UL	2.1
	UL	10.0	DL	44.7
		10.0	UL	2.1
160	DL	11.1	DL	44.7
		19.1	UL	1.4
	UL	10.0	DL	44.7
		10.0	UL	2.0

※ 表内の赤字は干渉が無い時と比較して、伝送レートが下がった部分

表 1.2-7 ドローン搭載自営等 BWA 移動局(同期)の高さ 50m、全国 BWA 基地局が 2W のときの干渉試験

ドローン 水平距離 [m]	同時通信の結果[Mbps]			
	自営等 BWA(同期) (移動局の高度 50m)		全国 BWA (基地局の送信電力 2W)	
40	DL	27.5	DL	32.0
		25.5	UL	1.0
	UL	10.0	DL	31.0
		10.0	UL	1.0
80	DL	23.4	DL	33.4
		19.8	UL	1.0
	UL	10.0	DL	33.8
		10.0	UL	1.0
120	DL	27.0	DL	33.9
		22.1	UL	1.0
	UL	10.0	DL	33.7
		10.0	UL	0.9
160	DL	22.1	DL	34.1
		26.1	UL	1.0
	UL	10.0	DL	34.0
		10.0	UL	1.0

表 1.2-8 ドローン搭載自営等 BWA 移動局(同期)の高さ 100m、全国 BWA 基地局が 16W のときの干渉試験

ドローン 水平距離 [m]	同時通信の結果[Mbps]			
	自営等 BWA(同期) (移動局の高度 100m)		全国 BWA (基地局の送信電力 16W)	
40	DL	19.8	DL	44.1
		19.2	UL	2.1
	UL	10.0	DL	44.7
		10.0	UL	2.0
80	DL	12.7	DL	44.8
		10.8	UL	1.8
	UL	10.0	DL	44.2
		10.0	UL	1.6
120	DL	9.4	DL	44.7
		15.4	UL	2.0
	UL	7.4	DL	44.5
		6.7	UL	2.1
160	DL	10.0	DL	44.5
		8.0	UL	1.9
	UL	6.9	DL	44.8
		7.1	UL	2.0

※ 表内の赤字は干渉が無い時と比較して、伝送レートが下がった部分

表 1.2-9 ドローン搭載自営等 BWA 移動局(同期)の高さ 100m、全国 BWA 基地局が 2W のときの干渉試験

ドローン 水平距離 [m]	同時通信の結果[Mbps]			
	自営等 BWA(同期) (移動局の高度 100m)		全国 BWA (基地局の送信電力 2W)	
40	DL	19.0	DL	34.4
		22.1	UL	1.0
	UL	9.4	DL	34.7
		8.8	UL	1.0
80	DL	29.9	DL	33.9
		29.9	UL	1.0
	UL	10.0	DL	34.4
		10.0	UL	1.0
120	DL	8.9	DL	34.3
		9.7	UL	0.9
	UL	10.0	DL	33.8
		10.0	UL	1.0
160	DL	4.4	DL	34.2
		4.9	UL	1.0
	UL	5.6	DL	34.6
		5.5	UL	0.9

※ 表内の赤字は干渉が無い時と比較して、伝送レートが下がった部分

まず、同期条件においては自営等 BWA システムで干渉が無い場合(表 1.2-2)と比べて少し伝送レートがダウンリンク・アップリンクとも低い所(赤字)があるが概ね単体と同様である。

全国 BWA(ポイント①)では、干渉が無い場合と比べて全くと言ってよいほど伝送レートがダウンリンク・アップリンクとも同じである。ドローン移動局からの干渉の影響はないと言ってよい。

次に、準同期条件における自営等 BWA システムと全国 BWA システムの干渉試験の結果を以下に示す。

表 1.2-10 ドローン搭載自営等 BWA 移動局(準同期)の高さ 50m、全国 BWA 基地局が 16W のときの干渉試験

ドローン 水平距離 [m]	同時通信の結果[Mbps]			
	自営等 BWA(準同期) (移動局の高度 50m)		全国 BWA (基地局の送信電力 16W)	
40	DL	14.4	DL	44.5
		14.2	UL	1.7
	UL	19.9	DL	44.8
		19.9	UL	2.1
80	DL	12.4	DL	44.7
		13.8	UL	1.9
	UL	19.9	DL	44.5
		19.9	UL	1.7
120	DL	18.1	DL	44.4
		27.2	UL	2.1
	UL	19.9	DL	44.8
		20.0	UL	2.0
160	DL	12.0	DL	44.7
		24.5	UL	2.1
	UL	19.9	DL	44.7
		19.9	UL	2.2

※ 表内の赤字は干渉が無い時と比較して、伝送レートが下がった部分

表 1.2-11 ドローン搭載自営等 BWA 移動局(準同期)の高さ 50m、全国 BWA 基地局が 2W のときの干渉試験

ドローン 水平距離 [m]	同時通信の結果[Mbps]			
	自営等 BWA(準同期) (移動局の高度 50m)		全国 BWA (基地局の送信電力 2W)	
40	DL	15.6	DL	34.5
		14.6	UL	1.0
	UL	19.9	DL	33.7
		19.9	UL	0.9
80	DL	16.7	DL	34.0
		19.8	UL	1.0
	UL	19.9	DL	34.2
		19.9	UL	0.9
120	DL	11.6	DL	34.5
		12.3	UL	1.0
	UL	19.9	DL	34.4
		19.9	UL	0.9
160	DL	8.4	DL	34.5
		10.0	UL	0.9
	UL	19.9	DL	34.3
		19.9	UL	0.8

※ 表内の赤字は干渉が無い時と比較して、伝送レートが下がった部分

表 1.2-12 ドローン搭載自営等 BWA 移動局(準同期)の高さ 100m、全国 BWA 基地局が 16W のときの干渉試験

ドローン 水平距離 [m]	同時通信の結果[Mbps]			
	自営等 BWA(準同期) (移動局の高度 100m)		全国 BWA (基地局の送信電力 16W)	
40	DL	21.0	DL	44.7
		21.5	UL	1.7
	UL	19.8	DL	44.6
		19.9	UL	2.0
80	DL	12.0	DL	44.8
		12.1	UL	2.2
	UL	19.9	DL	44.7
		19.9	UL	1.8
120	DL	10.1	DL	44.7
		10.1	UL	2.0
	UL	9.0	DL	44.8
		9.4	UL	1.8
160	DL	6.8	DL	44.8
		9.5	UL	1.7
	UL	11.4	DL	44.7
		11.4	UL	2.1

※ 表内の赤字は干渉が無い時と比較して、伝送レートが下がった部分

表 1.2-13 ドローン搭載自営等 BWA 移動局(準同期)の高さ 100m、全国 BWA 基地局が 2W のときの干渉試験

ドローン 水平距離 [m]	同時通信の結果[Mbps]			
	自営等 BWA(準同期) (移動局の高度 100m)		全国 BWA (基地局の送信電力 2W)	
40	DL	7.4	DL	32.1
		6.9	UL	1.0
	UL	16.7	DL	33.8
		17.5	UL	1.0
80	DL	14.7	DL	34.3
		12.7	UL	1.0
	UL	19.9	DL	33.8
		19.9	UL	1.0
120	DL	7.5	DL	34.2
		7.7	UL	0.9
	UL	18.0	DL	34.4
		19.4	UL	1.0
160	DL	5.3	DL	34.4
		7.6	UL	0.9
	UL	14.2	DL	34.5
		13.1	UL	1.0

※ 表内の赤字は干渉が無い時と比較して、伝送レートが下がった部分

準同期条件においては、自営等 BWA システムで干渉が無い場合と比べて少し伝送レートがダウンリンク・アップリンクとも低い所(赤字)があるが概ね単体と同様である。この傾向は同期と同じであり、全国 BWA からの干渉を極端に受けているとは言えない。

全国 BWA(ポイント①)では、干渉が無い場合と比べて全くと言ってよいほど伝送レートがダウンリンク・アップリンクとも同じである。ドローン移動局からの干渉の影響はないと言ってよい。準同期では、ドローン搭載移動局がアップリンクのとき、全国 BWA のダウンリンクで干渉を与えることが予想されるが全く影響はなかった。

3. 遠方伝搬遅延

(1)測定場所



図 0-1 遠方伝搬遅延の測定場所

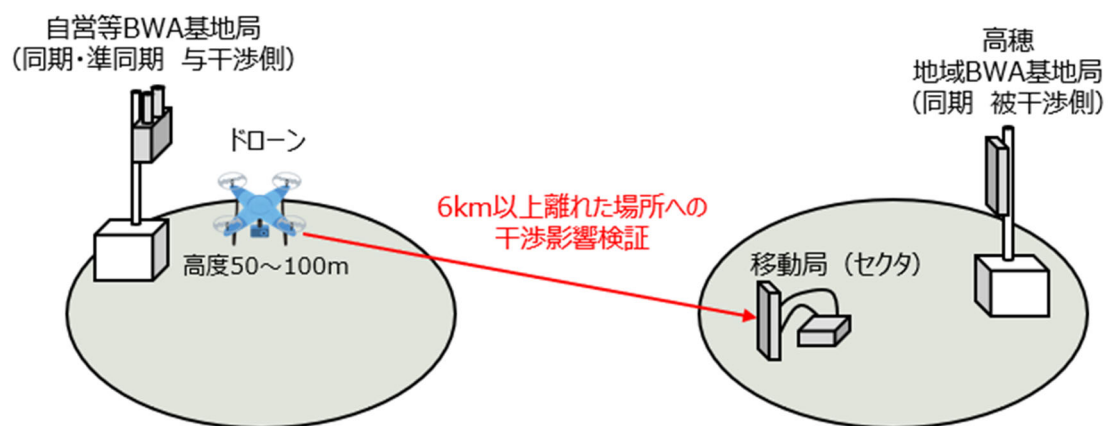


図 1.3-2 遠方伝搬遅延検証のイメージ図



図 1.3-3 高穂 地域 BWA 基地局



図 1.3-4 高穂 地域 BWA 移動局(基地局から 20m 地点)

セクタアンテナ面方向はいずれも 6.1km 離れたドローン方向に向けた。

(2)測定機器構成

表 1.3-1 与干渉側機器の一覧

無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
自営等 BWA 基地局	HNB-5100-BW	2585MHz	4mW	20MHz	4m	オムニ 5dBi	0dB
	北緯		東経		海拔高	指向方向	
	43. 48. 17		141. 53. 56		59. 2m	-	
無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
移動局	HWL-3501-SS	2585MHz	0. 2W (最大)	20MHz	1. 5m	オムニ 4dBi	0dB

表 1.3-2 被干渉側機器の一覧

無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
被干渉 地域 BWA 基地局	HNB-5100-BW	2585MHz	0. 2mW	20MHz	4m	セクタ 16dBi	1dB
	北緯		東経		海拔高	指向方向	
	43. 48. 51		141. 58. 23		61. 8m	TN260°	
無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
被干渉 移動局	HWL-3501-SS	2585MHz	0. 2W (最大)	20MHz	1. 5m	セクタ 16dBi	1dB

(3)測定期間

2024 年 1 月 10 日～1 月 19 日

(4)地域 BWA システムの単体距離特性

表 1.3-3 高穂地域 BWA 基地局単体(干渉が無い場合)の距離特性

基地局からの 距離[m]	エリアテスト			UDP	
	RSSI [dBm]	RSRP [dBm]	SIR [dB]	UL [Mbps]	DL [Mbps]
10	-84.4	-110.2	15.1	9.9	34.6
20	-71.4	-97.7	27.8	9.9	33.7

地域 BWA 移動局送信出力を既定の EIRP 27dBm(23dBm+4dBi)にするため 12dBm(27dBm-(16dBi-1dB))に絞って測定した。

地域 BWA 基地局からの距離は 10m、20m とした。大地(雪面)反射の影響で地域 BWA 基地局に近い 10m で RSSI が約-85dBm(カバーエリア相当)、20m 地点で-71dBm となった。この DU 比の差が遠方伝搬遅延の干渉に効いてくる。

地域 BWA 基地局、移動局のアンテナはいずれも西側のドローン搭載自営等 BWA 移動局方向を向いている。

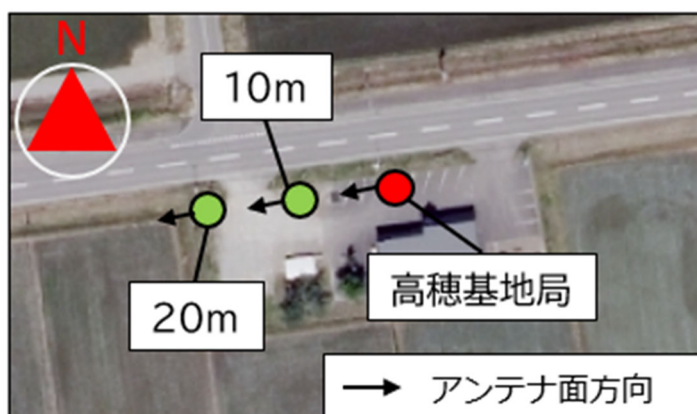


図 1.3-5 高穂地域 BWA 基地局と地域 BWA 移動局の位置関係

(5)ドローン搭載自営等 BWA 移動局からの遠方伝搬遅延干渉

表 1.3-4 遠方伝搬遅延干渉がある場合の高穂地域 BWA 基地局の UDP DL/UL

基地局からの距離[m]	UL [Mbps]		DL [Mbps]	
	同期	準同期	同期	準同期
10	3.7	4.4	5.0	5.2
20	6.4	6.5	5.4	5.4

ドローンの位置については、搭載する自営等 BWA 移動局の送信出力が高く、RB も割り当てられユーザデータ（アップリンク伝送レート）が同期、準同期とも 10Mbps、20Mbps に近い、水平距離 40m 固定とした。

ドローン搭載自営等 BWA 移動局を常にアップリンク状態にしてユーザデータを送り続け、そのとき 6.1km 離れた高穂地区で地域 BWA システムの伝送レートを測定した。

地域 BWA 基地局から 10m、20m 地点、同期、準同期、アップリンク、ダウンリンクともに地域 BWA システムの伝送レートの劣化が激しい。

(6)P_max 可変時の遠方伝搬遅延干渉

表 1.3-5 P_max 可変時の遠方伝搬遅延干渉の影響

P_max [dBm]	基地局からの距離[m]	UL[Mbps]		DL[Mbps]	
		同期	準同期	同期	準同期
20	10	3.9	－	7.8	－
	20	－	－	－	－
17	10	4.0	7.0	5.8	11.5
	20	8.6	8.3	9.3	6.8
14	10	6.5	7.6	6.6	8.1
	20	9.7	8.4	11.5	7.0
11	10	8.6	8.9	16.0	38.9
	20	9.9	9.9	36.6	34.5
8	10	9.3	－	27.1	－
	20	－	－	－	－

※ “－”は測定していない項目

ドローン搭載自営等 BWA 移動局の最大送信電力を 0.2W(23dBm)から 3dB ずつ下げて、地域 BWA システムに対する遠方伝搬遅延による干渉の影響がなくなる送信電力を測定した。

この表からバラツキはあるが、アップリンク、ダウンリンクともに遠方伝搬遅延による同期外れの干渉がなくなるのは同期と準同期で差があることが分かる。さらに信号レベルが低く DU 比が小さい 10m 地点の方が干渉の影響を大きく受けるのがわかる。

表 1.3-6 高穂地域 BWA 移動局の地点による DU 比の違い

基地局からの距離[m]	同期 DU 比[dB]	準同期 DU 比[dB]
10	8	8～11
20	11～14	11

10m 地点は RSSI が約-85dBm で大地との反射で不安定であること、20m 地点の RSSI は-71.4dBm と DU 比の計算に都合がよいことから 20m 地点に集中することとする。

昨年度の調査検討会の実証実験では地域 BWA 移動局にオムニアンテナ(4dBi)を用いて遠方伝搬遅延の影響が見られなかった。今回はセクタアンテナ(16dBi)を用いた。

よって昨年度の結果と異なるのは、オムニアンテナとセクタアンテナの利得差(面方向による違い)である。

高穂地域 BWA 移動局の受信レベルにおいて、昨年度の結果との差は、セクタアンテナの給電線損失(1dB)を考慮し、

$$(16\text{dBi} - 1\text{dB}) - 4\text{dBi} = 11\text{dB}$$

つまり 10dB、昨年度の場合よりドローン搭載自営等 BWA 移動局からの受信電力が上がったことになる。これは移動局 10 台分である。昨年度は、同期、準同期とも全く干渉の影響は見られなかった。

ドローンが高度 100m、水平距離 40m における理論的なドローン搭載自営等 BWA 移動局の受信電力は-76dBm ほどであり、このときの送信電力は 20～21dBm と推察される。

表から P_max を 10dBm まで下げればほぼ遠方伝搬干渉の影響がなくなるので、昨年度の結果は遠方伝搬遅延干渉が見られなかったことがわかる。

4. 自営等 BWA ハンドオーバー時の遠方伝搬遅延

(1)測定場所

高穂地区は遠方伝搬遅延のテストと同じ場所である。

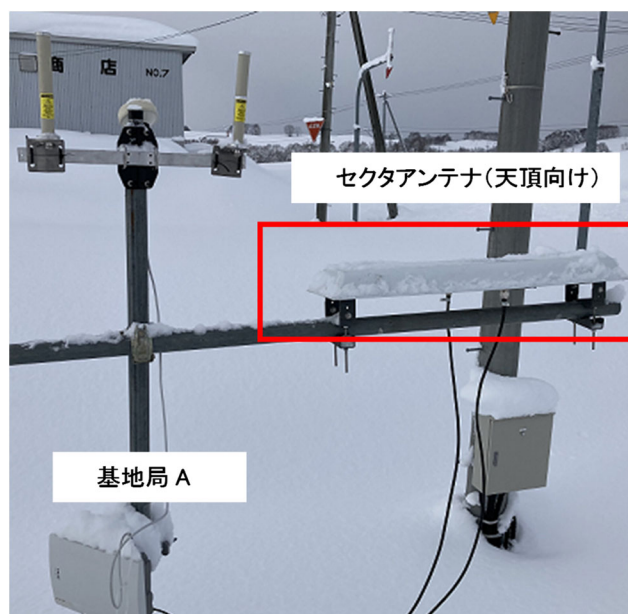


図 1.4-1 ハンドオーバー試験時のセクタアンテナの設置方法

自営等 BWA 基地局 A のアンテナをオムニアンテナからセクタアンテナに変え、南北方向に天頂(仰角 90 度)へ向ける。(基地局 B も同じ)

※今回の実証では、限られた敷地内でのハンドオーバー試験を実施するため、限定的にアンテナを天頂に向けた試験を行った。

(2)測定機器・構成

表 1.4-1 与干渉側機器の一覧

無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
自営等 BWA 基地局 A	HNB-5100-BW	2585MHz	0.2mW	20MHz	4m	セクタ 16dBi	1dB
	北緯		東経		海拔高	指向方向	
	43. 48. 17		141. 53. 56		59. 2m	TN0°	
無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
自営等 BWA 基地局 B	HNB-5100-BW	2585MHz	0.2mW	20MHz	4m	セクタ 16dBi	1dB
	北緯		東経		海拔高	指向方向	
	43. 48. 16		141. 54. 3		59. 2m	TN0°	
無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
移動局	HWL-3501-SS	2585MHz	0.2W (最大)	20MHz	1.5m	コーン 4dBi	0dB

表 1.4-2 被干渉側機器の一覧

無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
被干渉 地域 BWA 基地局	HNB-5100-BW	2585MHz	0.2mW	20MHz	4m	セクタ 16dBi	1dB
	北緯		東経		海拔高	指向方向	
	43. 48. 51		141. 58. 23		61. 8m	TN260°	
無線局	型番	周波数	空中線電力	帯域幅	地上高	アンテナ	給電線損失
被干渉 移動局	HWL-3501-SS	2585MHz	15.8mW	20MHz	1.5m	セクタ 16dBi	1dB

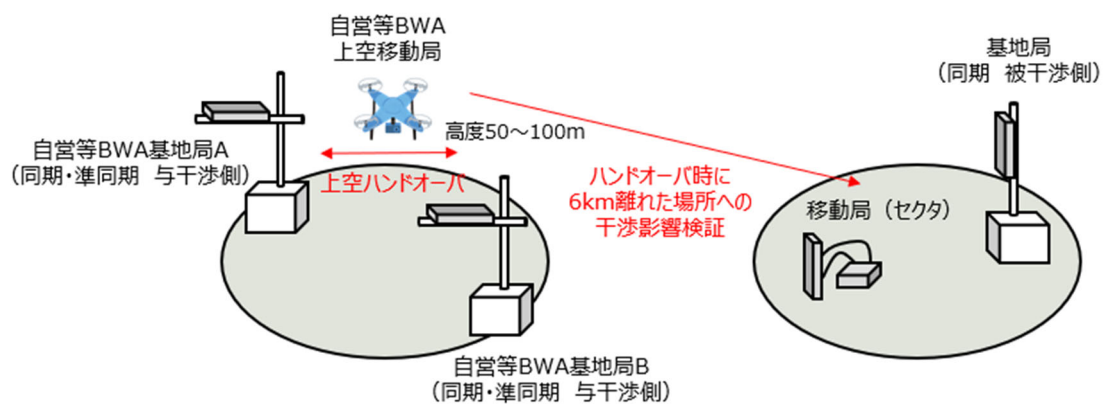


図 1.4-2 ハンドオーバ試験のイメージ図

(3)測定期間

2024 年 1 月 15 日～1 月 19 日

(4)自営等 BWA ハンドオーバー単体の距離特性

表 1.4-3 同期運用のハンドオーバー単体特性

ドローン 水平距離 [m]	ドローン高さ 50[m]				ドローン高さ 100[m]			
	同期		移動局 RSSI[dBm]	接続先 基地局	同期		移動局 RSSI[dBm]	接続先 基地局
	UL[Mbps]	DL[Mbps]			UL[Mbps]	DL[Mbps]		
20	9.9	72.5	-67	A	9.9	64.8	-69	A
40	9.9	54.4	-73	A	9.9	53.3	-69	A
60	6.9	14.2	-87	A	9.9	30.8	-79	B
80	9.9	21.4	-81	B	9.9	52.2	-69	B
100	9.9	43.2	-73	B	9.9	30.6	-67	B
120	9.9	64.6	-67	B	9.9	35.4	-73	B
140	9.9	40.3	-67	B	9.9	40.4	-73	B
160	9.9	77.3	-67	B	9.9	63.5	-73	B

表 1.4-4 準同期運用のハンドオーバー単体特性

ドローン 水平距離 [m]	ドローン高さ 50[m]				ドローン高さ 100[m]			
	準同期		移動局 RSSI[dBm]	接続先 基地局	準同期		移動局 RSSI[dBm]	接続先 基地局
	UL[Mbps]	DL[Mbps]			UL[Mbps]	DL[Mbps]		
20	19.7	57.3	-65	A	19.9	47.5	-67	A
40	19.9	34.0	-73	A	19.9	34.2	-69	A
60	19.9	13.9	-81	A	19.9	29.1	-75	B
80	19.9	17.7	-73	B	19.9	40.2	-75	B
100	19.9	46.3	-67	B	19.9	29.6	-73	B
120	19.9	46.9	-67	B	19.9	31.2	-73	B
140	19.9	29.5	-61	B	19.7	24.7	-73	B
160	19.9	54.1	-73	B	19.9	38.2	-73	B

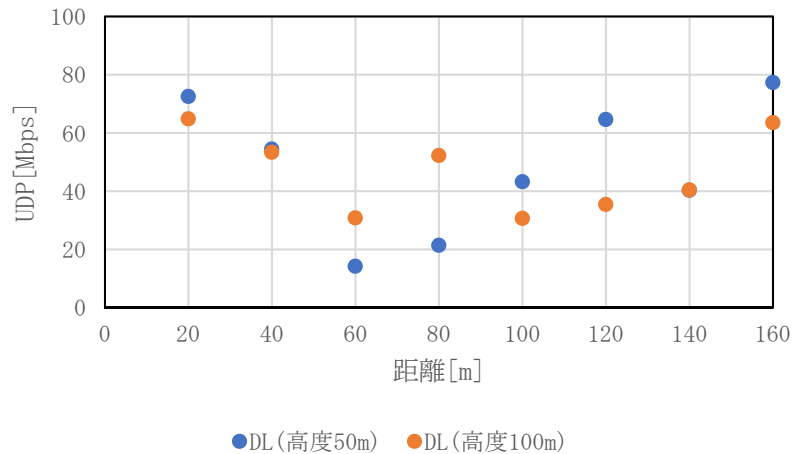


図 1.4-3 ハンドオーバー時単体の UDP DL(同期)

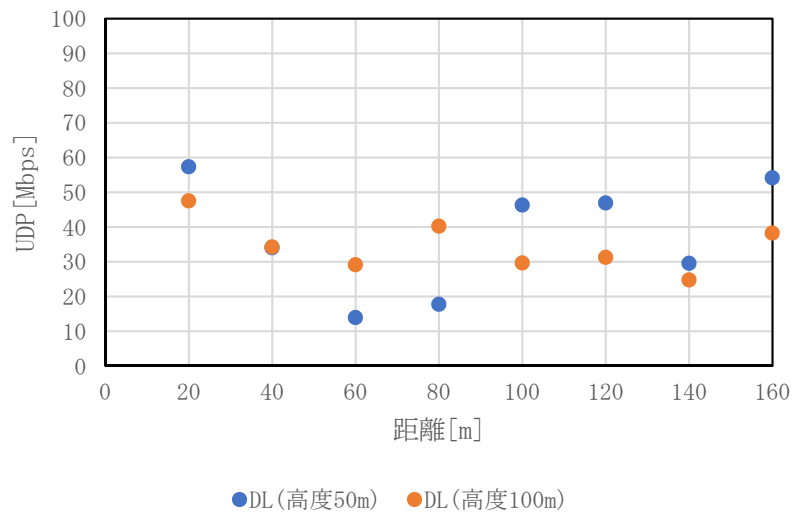


図 1.4-4 ハンドオーバー時単体の UDP DL(準同期)

これらはドローン搭載自営等 BWA 移動局単体でのハンドオーバー特性を見たものである。

上記の2つの表から RSSI とダウンリンク伝送レートはほぼ傾向が合致し、ハンドオーバー前後の 60m 付近で基地局からの受信電力が低く、移動局の送信電力はおよそ 20dBm の最大になり、どちらかの基地局に近づくほど受信電力が-70dBm 位まで高まり、移動局の送信電力は 12dBm～15dBm 位まで下がることになる。

この傾向が 1.3 項のドローン搭載自営等 BWA 移動局の送信電力が最大出力となる高度 100m、水平距離 40m に固定した場合に比べ、どちらかの基地局に近い 20m、160m 地点では遠方伝搬遅延による干渉が弱まると推察され、P_max を下げたのと同じ効果となると思われる。

以下はドローン搭載自営等 BWA 移動局のハンドオーバー時の送信電力イメージである。

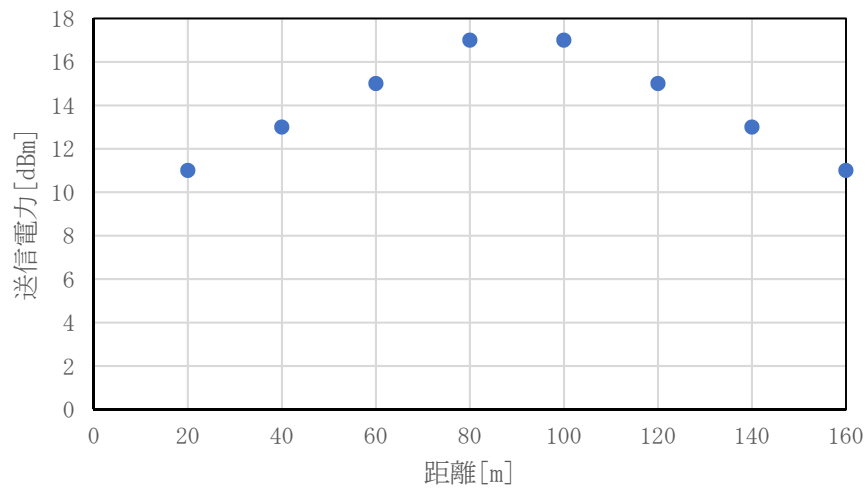


図 1.4-5 ドローン搭載移動局のハンドオーバー時の送信電力イメージ

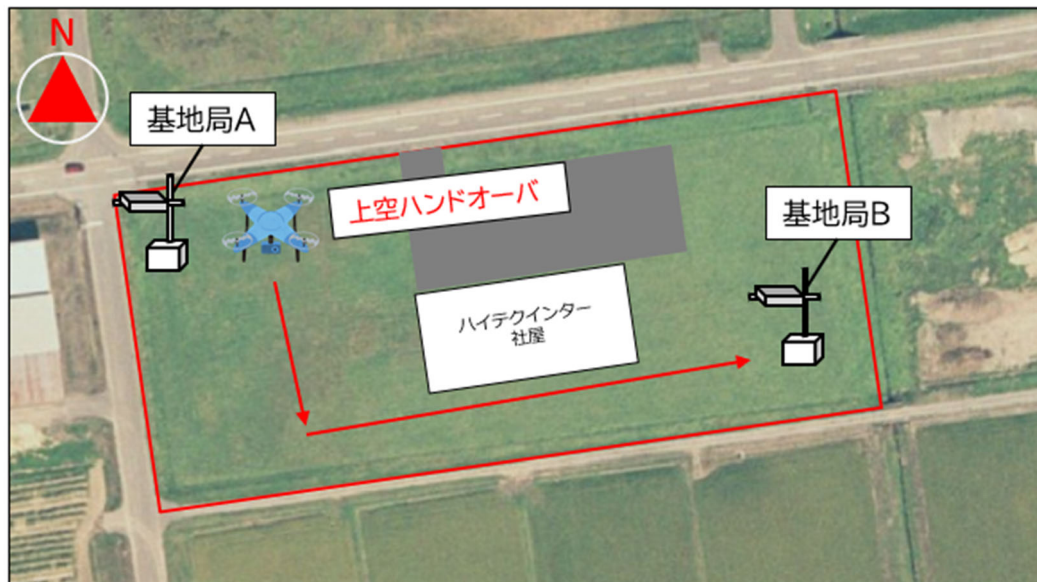


図 1.4-6 ハンドオーバーの飛行イメージ

6. 1km 離れた高穂の地域 BWA 移動局に上図の距離により変化する干渉波電力が影響を与える。

(5)ハンドオーバー時におけるドローン搭載自営等 BWA 移動局からの遠方伝搬遅延干渉

表 1.4-5 自営等 BWA UL 時の地域 BWA UDP 特性(水平距離 20[m])

ドローン高さ及び 水平距離[m]	高さ 50、水平距離 20				高さ 100、水平距離 20			
	UL [Mbps]		DL [Mbps]		UL [Mbps]		DL [Mbps]	
	同期	準同期	同期	準同期	同期	準同期	同期	準同期
10	9.9	9.9	36.9	39.3	9.9	9.9	37.2	39.4
20	9.9	9.9	34.2	34.1	9.9	9.9	34.3	34.2

表 1.4-6 自営等 BWA UL 時の地域 BWA UDP 特性(水平距離 60[m])

ドローン高さ及び 水平距離[m]	高さ 50、水平距離 60				高さ 100、水平距離 60			
	UL [Mbps]		DL [Mbps]		UL [Mbps]		DL [Mbps]	
	同期	準同期	同期	準同期	同期	準同期	同期	準同期
10	9.9	9.9	37.0	38.6	9.9	9.9	36.9	4.8
20	9.9	9.9	33.5	37.8	9.6	9.9	34.2	35.5

表 1.4-7 自営等 BWA UL 時の地域 BWA UDP 特性(水平距離 140[m])

ドローン高さ及び 水平距離[m]	高さ 50、水平距離 140				高さ 100、水平距離 140			
	UL [Mbps]		DL [Mbps]		UL [Mbps]		DL [Mbps]	
	同期	準同期	同期	準同期	同期	準同期	同期	準同期
10	9.9	9.9	35.4	38.4	9.9	9.9	39.2	36.7
20	9.9	9.9	34.1	34.1	9.9	9.9	37.3	35.9

これらの表から高度 100m、水平距離 60m(ドローン搭載自営等 BWA 移動局の自営等 BWA 基地局からの受信電力が低く、よって送信電力が 20dBm~22dBm)のとき、かつ、高穂の地域 BWA 側の DU 比が悪い 10m 地点のみについて遠方伝搬干渉対策として P_{max} を可変した。

ドローン搭載自営等 BWA 移動局側は準同期である。

表 1.4-8 P_max 可変時の遠方(高穂)への干渉影響(準同期)

ドローン高さ及び水平距離[m]		高さ 100、水平距離 60	
P_max [dBm]	被干渉側の移動局と 基地局間の距離[m]	UL [Mbps]	DL [Mbps]
20	10	9.9	4.8
17	10	9.9	27.5
14	10	9.9	28.5
11	10	9.9	34.8

この表からハンドオーバー時ではドローン搭載自営等 BWA 移動局が 10 台同時に電波を放射した場合、準同期の場合で、かつ、6.1km 離れた地域 BWA でカバーエリア境界ぎりぎりに移動局がある場合、P_max を 11～14dBm まで下げる必要があることが分かる。

しかし、實際上、地域 BWA はサービスとして RSRP が-100dBm 以上(RSSI が-70～-75dBm を下限)で使用すると思われ、P_max を下げる必要はないと思われる。さらにドローンが 10 台同時に飛行するか、搭載移動局が 10 台の場合もあるかは疑念もあるが、最悪の場合を考えて周波数共用条件を提案することが求められる。

5. 新たな運用形態と既存システムの周波数共用条件の検討

同一周波数帯、隣接周波数帯各々について自営等 BWA とのシステム間干渉の干渉量を各運用形態で求め、さらに DU 比を求めて実証実験データを考察する。

(1)干渉検討の組み合わせ

表 1.5-1 干渉検討の組み合わせ一覧

自営等 BWA **基地局**と影響を検証する既存システムの**基地局**

	地域 BWA	地域 WiMAX	地域 BWA5G NR	全国 BWA	全国 BWA5G NR
自営等 BWA 同期	○	○	○	○	○
自営等 BWA 準同期	○	○	○	○	○

自営等 BWA **基地局**と影響を検証する既存システムの**移動局**

	地域 BWA	地域 WiMAX	地域 BWA5G NR	全国 BWA	全国 BWA5G NR
自営等 BWA 同期	○	○	○	○	○
自営等 BWA 準同期	○	○	○	○	○

自営等 BWA **移動局**と影響を検証する既存システムの**基地局**

	地域 BWA	地域 WiMAX	地域 BWA5G NR	全国 BWA	全国 BWA5G NR
自営等 BWA 同期	○	○	○	○	○
自営等 BWA 準同期	○	○	○	○	○

自営等 BWA **移動局**と影響を検証する既存システムの**移動局**

	地域 BWA	地域 WiMAX	地域 BWA5G NR	全国 BWA	全国 BWA5G NR
自営等 BWA 準同期	--	--	--	○	○

※ ○は対象、--は対象外

※ 地域 BWA、地域 WiMAX、地域 BWA5G NR はカバーエリアを近づけて通信できないので省略

(2)同一周波数帯

被干渉局の許容干渉レベルに対する所要改善量を求める。

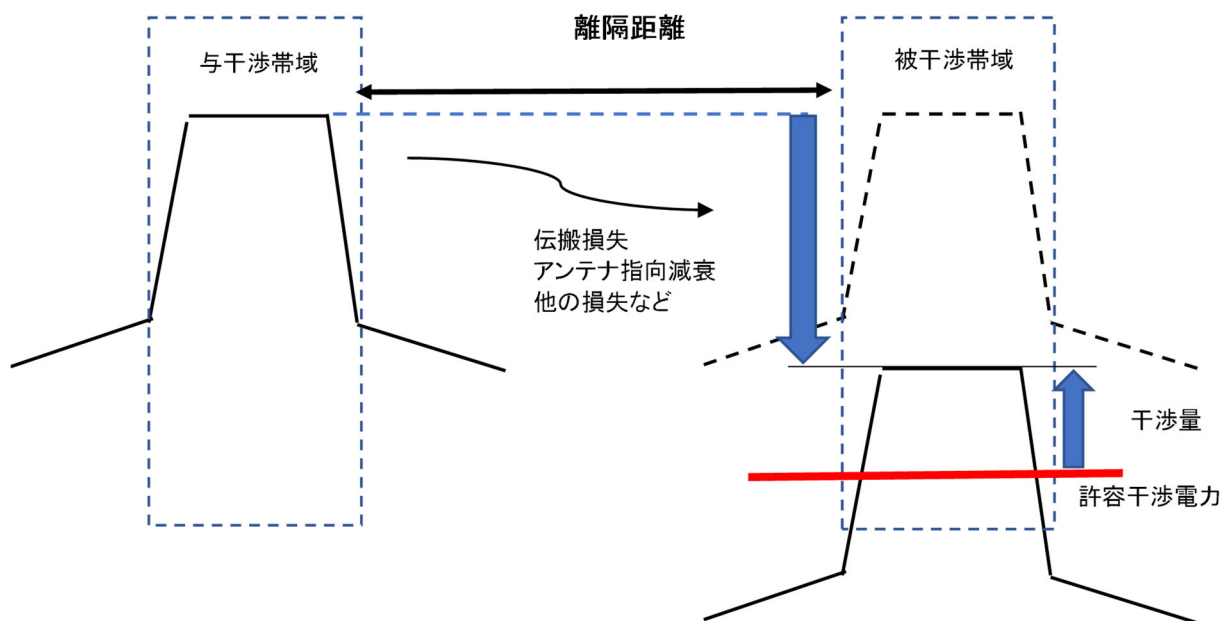


図 1.5-1 同一周波数帯の干渉波のイメージ

(3)隣接周波数帯

ここではガードバンドがゼロの隣接周波数帯を考える。被干渉局の許容干渉レベルに対する所要改善量を求め、その共存条件を求める。具体的には帯域外漏洩電力の扱いが鍵となる。

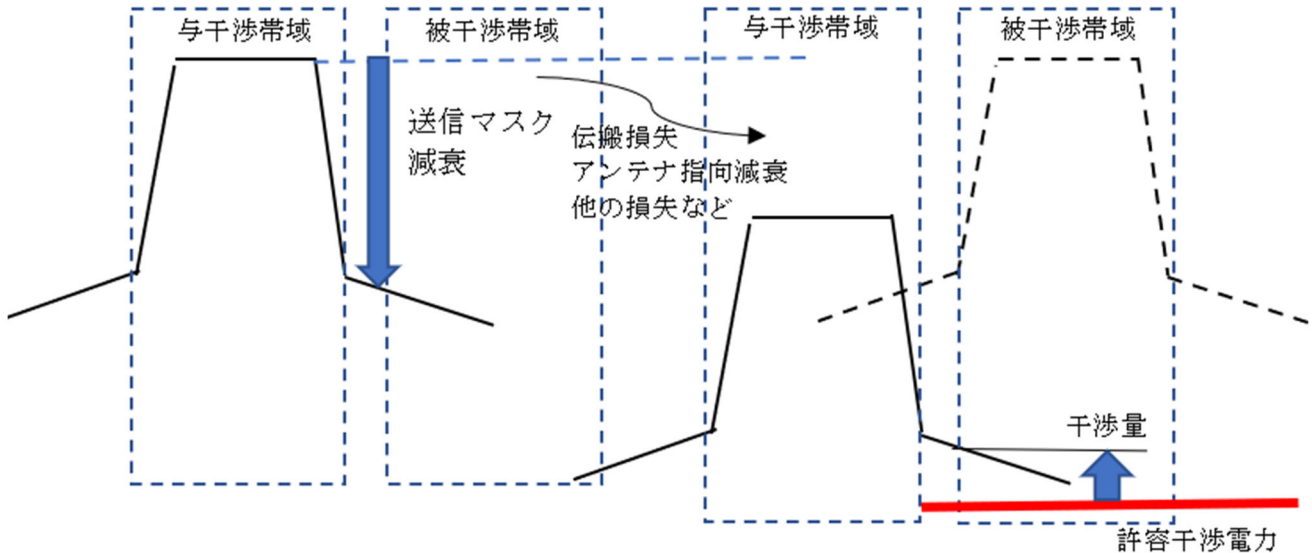


図 1.5-2 隣接周波数帯の干渉波のイメージ

[送信パラメータ]

- EIRP 密度[dBm/MHz]
- 給電損失[dB]
- 送信マスク減衰[dB]

その他、基地局、移動局各パラメータ、アンテナ利得

[伝搬路パラメータ]

- 伝搬損失[dB]
- アンテナ指向減衰[dB]

[受信パラメータ]

- 受信アンテナ利得[dBi]
- 給電損失[dB]
- 許容干渉レベル[dBm/MHz]:電波法関係審査基準から-98.8dBm/20MHz(-111.8dBm/MHz)とした
- 干渉量(所要改善量) [dB]

[計算方法]

- MCL (Minimum Coupling Loss) [dB]= EIRP + 受信アンテナ利得—給電損失—許容干渉レベル
- 干渉量[dB] = MCL—伝搬損失—アンテナ指向減衰

(4)周波数共用条件に関する DU 比と I/N

既存の無線システム及び新たに導入されるシステム相互間に干渉が発生しないよう、技術的に干渉が発生しない条件を明らかにすることが必要であり、共存を目指すことが求められる。

- 2.5GHz 帯を使用する広帯域移動無線アクセスシステムの高度化に関する技術的条件

参考資料—5の中で従来の XGP や WiMAX から 3GPP 規格に準拠した WiMAX Release2.1AE（又は AXGP）に移行する際、干渉検討の組み合わせや干渉検討の方法について議論された。すなわち被干渉局の許容干渉レベルに対する所要改善量（干渉量）を求め、その所要改善量がゼロとなる与干渉局との離隔距離を求めている。さらに 1 対 1 対向の最悪値条件（干渉が生じるあらゆる想定ケースの中から、干渉が最悪となるケース）による干渉検討を原則とし、その際の共存条件を検討している。さらに I/N というパラメータを用い、被干渉側の受信機熱雑音よりも低い干渉電力が求められる手法を用いている。

- DU 比による手法

本報告書では DU 比による手法を用いている。乃ち希望波に対し、干渉波のレベルが 10dB までであることを許す格好となっており、必ずしも所要改善量（干渉量）をゼロとはしていない。自営等 BWA は自己土地内利用の原則から自営等 BWA システムの基地局の送信電力（又は EIRP）が地域（全国）BWA よりかなり低く与干渉よりも被干渉になる可能性が高い。そのため、同一周波数帯（地域 BWA）からの干渉対策としての離隔をとるため DU 比 10dB でも与干渉源としての影響の心配はない。

今般、本実証実験では周波数共用に関しては共存可能性を探る考えが要求されている。自営等 BWA システムは以上述べた観点から DU 比 10dB となる離隔距離を取れば十分既存システムと周波数共存が可能と思われる。

以上から本報告書では従来の I/N による最悪値の考えを入れた手法とは全く異なる手法を用いている。

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なっている。

(5)電波伝搬損失モデル

基地局間	: 拡張秦式
移動局ー基地局間	: 拡張秦式
基地局ー移動局間	: 電波法関係審査基準 別紙(17)ー1
移動局間	: 電波法関係審査基準 別紙(17)ー1

拡張秦式は参考資料(ー4)による

表 1.5-2 周波数共用条件計算の規格(無線設備規則第 49 条の 29 及び第 49 条の 29 の 2 による)

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 [dBi]
4G 基地局	6dBm/20MHz 以下(ー7dBm/MHz)	40W(46dBm)	17
4G 移動局	3dBm/20MHz 以下(ー10dBm/MHz)	200mW(23dBm)	4
5G 基地局	6dBm/20MHz 以下(ー7dBm/MHz)	40W(46dBm)	17
5G 移動局	3dBm/20MHz 以下(ー10dBm/MHz)	200mW(23dBm)	4
項目	採用値	最大送信電力 [dBm]/20MHz	アンテナ利得 [dBi]
4G 基地局	6dBm/20MHz 以下(ー7dBm/MHz)	10W(40dBm), 16W(42dBm)	16
4G 移動局	3dBm/20MHz 以下(ー10dBm/MHz)	200mW(23dBm)	4
5G 基地局	6dBm/20MHz 以下(ー7dBm/MHz)	16W(42dBm)	16
5G 移動局	3dBm/20MHz 以下(ー10dBm/MHz)	200mW(23dBm)	4

(6)空中線移設

1) 自営等 BWA 基地局(地点 A、地点 B)と地域 BWA 基地局

表 1.5-3 自営等 BWA と地域 BWA の干渉

項目	自営等 BWA－地域 BWA			
与干渉基地局	自営基地局 A	自営基地局 B	地域 BWA 基地局(16W)	
アンテナ高さ[m]	4	4	15	15
アンテナチルト角[deg]	0	0	0	0
被干渉基地局	地域 BWA 基地局		自営基地局 A	自営基地局 B
アンテナ高さ[m]	15m	15	4	4
アンテナチルト角[deg]	0	0	0	0
水平距離[m]	2802	2640	2802	2640
空中線電力[dBm/MHz]	-20	-20	29	29
アンテナ利得[dBi]	16	-4	16	16
給電線損失[dB]	1	1	1	1
帯域幅[MHz]	20	20	20	20
EIRP[dBm/MHz]	-5	-25	44	44
受信アンテナ利得[dBi]	16	16	16	-4
受信給電線損失[dB]	1	1	1	1
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8	-111.8	-111.8
MCL[dB]	121.8	101.8	170.8	150.8
伝搬損失(郊外地)[dB]	130.4	129.4	140.7	139.8
送信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
受信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
干渉量[dB]	-9.6	-28.6	29.1	10

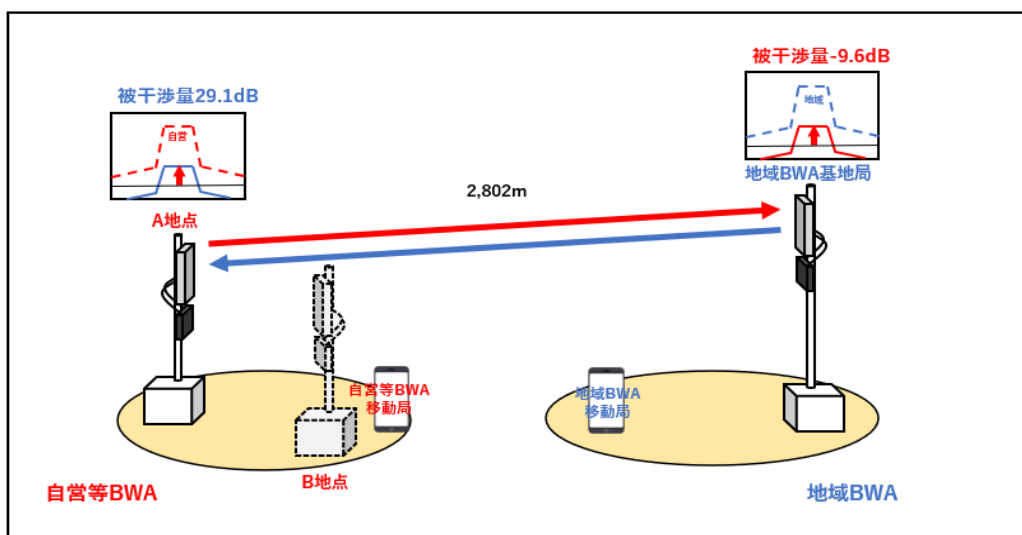


図 1.5-3 地域 BWA 基地局と自営等 BWA 基地局 A との干渉

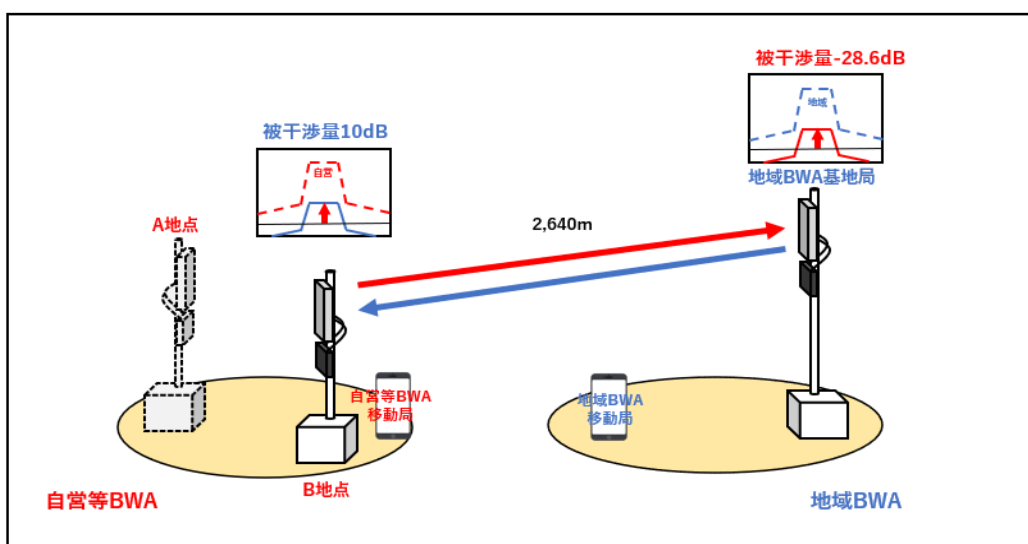


図 1.5-4 地域 BWA 基地局と自営等 BWA 基地局 B との干渉

自営等 BWA 基地局 A と地域 BWA 基地局間の距離は 2,802m であり、各アンテナの高さが異なるので拡張秦式の伝搬損失は自営等 BWA 側から町役場の地域(全国)BWA におけるものと逆の場合とで伝搬損失が異なり、自営等 BWA 側での所要減衰量(干渉量)は地点 A で 29.1dB、地点 B ではアンテナの F/B レシオ 20dB から 10dB となる。また、これは 16W の場合であり、2W では 9dB 干渉量が少なくなる。

役場側では-9.6dB(地点 A)、-28.6dB(地点 B)である。

同期同士の場合は、基地局入力端のアンテナスイッチのアイソレーションがほぼ 30dB あるので問題ないと推察する。後ほど DU 比計算のところで示す。準同期では自営等 BWA 基地局が干渉を受ける。

しかし、準同期の場合、常に地域 BWA 側の 2 個のサブフレームが干渉を自営等 BWA 基地局の受信系に与えているので自営等 BWA は通信が難しいと思われる。

表 1.5-4 自営等 BWA と全国 BWA の干渉

項目	自営等 BWA—全国 BWA			
与干渉基地局	自営基地局 A	自営基地局 B	全国 BWA 基地局 (16W)	
アンテナ高さ[m]	4	4	15	15
アンテナチルト角[deg]	0	0	0	0
被干渉基地局	全国 BWA 基地局		自営基地局 A	自営基地局 B
アンテナ高さ[m]	15	15	4	4
アンテナチルト角[deg]	0	0	0	0
水平距離[m]	2802	2640	2802	2640
空中線電力[dBm/MHz]	-20	-20	29	29
アンテナ利得[dBi]	16	-4	16	16
給電線損失[dB]	1	1	1	1
帯域幅[MHz]	20	20	20	20
EIRP[dBm/MHz]	-5	-25	44	44
送信マスク減衰[dB]	-20	-20	-36	-36
受信アンテナ利得[dBi]	16	16	16	-4
受信給電線損失[dB]	1	1	1	1
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8	-111.8	-111.8
MCL[dB]	101.8	81.8	134.8	114.8
伝搬損失(郊外地)[dB]	130.4	129.4	140.7	139.8
送信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
受信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
干渉量[dB]	-29.6	-48.6	-6.9	-26

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なっており、参考の検討手法である。【詳細は P. 62 参照】

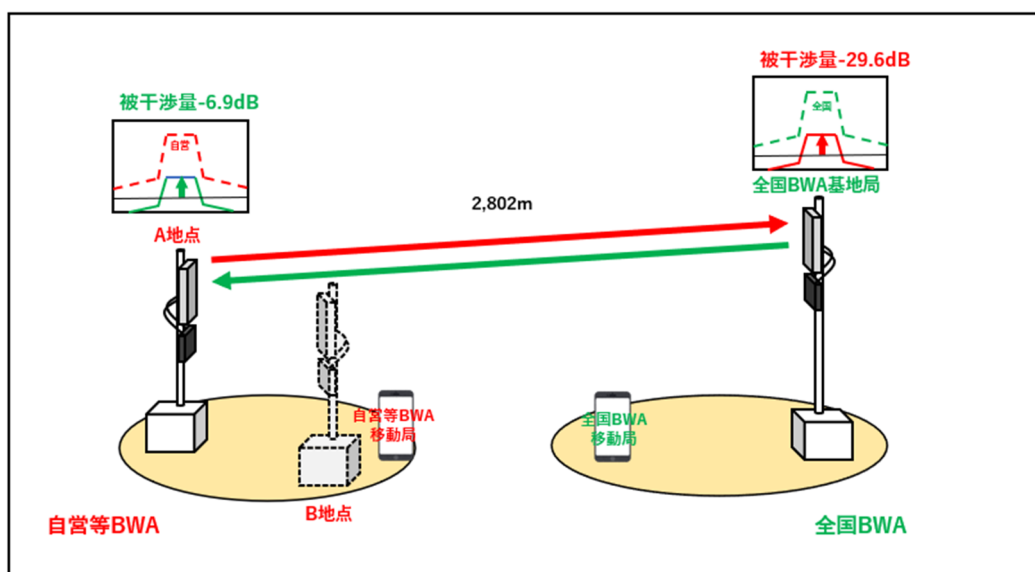


図 1.5-5 全国 BWA 基地局と自営等 BWA 基地局 A との干渉

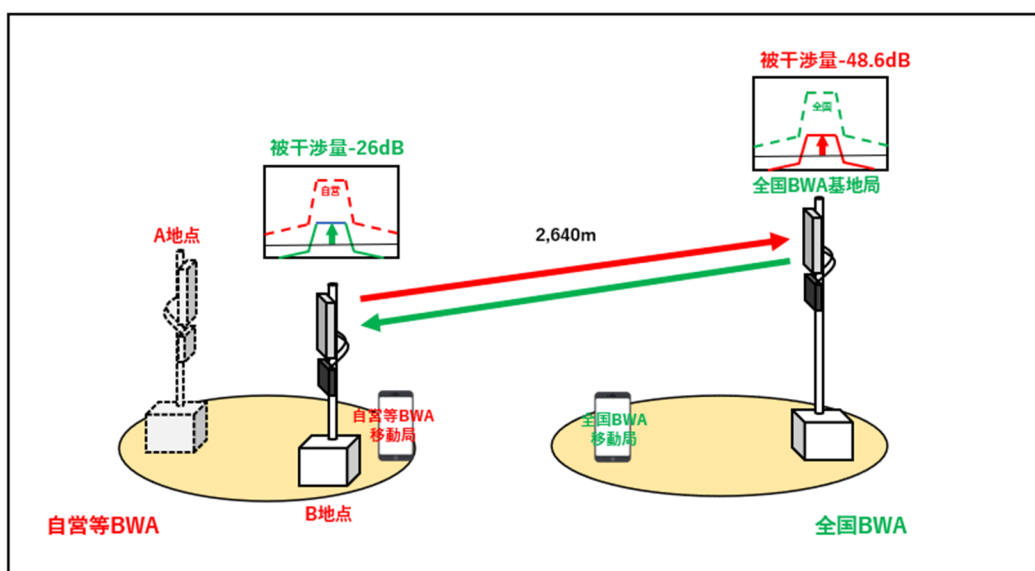


図 1.5-6 全国 BWA 基地局と自営等 BWA 基地局 B との干渉

隣接チャンネルの場合、送信マスク減衰が効いている。ACLR (Adjacent Channel Leakage Ratio: 隣接チャンネル漏洩電力比) は無線設備規則からの計算であり実際はさらにマージンがあると推察する。つまり、ガードバンドがなくても同期同士ではカバーエリアが重なっていても問題なく通信できることを表している。

しかし、準同期では注意が必要だが、社屋側の準同期自営等 BWA 基地局がサブフレーム 3、8 で干渉受けるが、干渉量がマイナスなので問題ないと推察する。よって、準同期でも自営等 BWA 側は干渉を受けない。

2) 自営等 BWA 基地局(地点 A、地点 B)と地域 BWA(全国 BWA)移動局

表 1.5-5 自営等 BWA と地域 BWA の基地局から移動局への干渉

項目	自営等 BWA－地域 BWA		
与干渉基地局	自営基地局 A	自営基地局 B	地域 BWA 基地局(16W)
アンテナ高さ[m]	4	4	15
アンテナチルト角[deg]	0	0	0
被干渉移動局	地域 BWA 移動局		自営移動局 ポイント②
アンテナ高さ[m]	1.5	1.5	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0	0
水平距離[m]	180	20	2642
空中線電力[dBm/MHz]	-20	-20	29
アンテナ利得[dBi]	16	-4	16
給電線損失[dB]	1	1	1
帯域幅[MHz]	20	20	20
EIRP[dBm/MHz]	-5	-25	44
受信アンテナ利得[dBi]	4	4	4
受信給電線損失[dB]	0	0	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8	-111.8
MCL[dB]	110.8	90.8	159.8
伝搬損失(郊外地)[dB]	117.8	66.7	147.4
送信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5	-0.5
受信アンテナ指向減衰[dB]	0	0	0
干渉量[dB]	-7.5	23.6	11.9

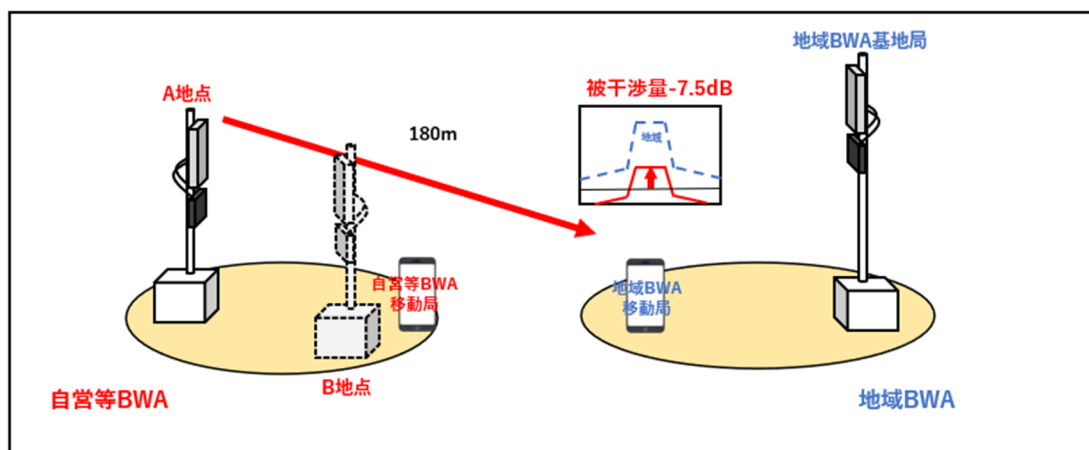


図 1.5-7 自営等 BWA 基地局 A と地域 BWA 移動局との干渉

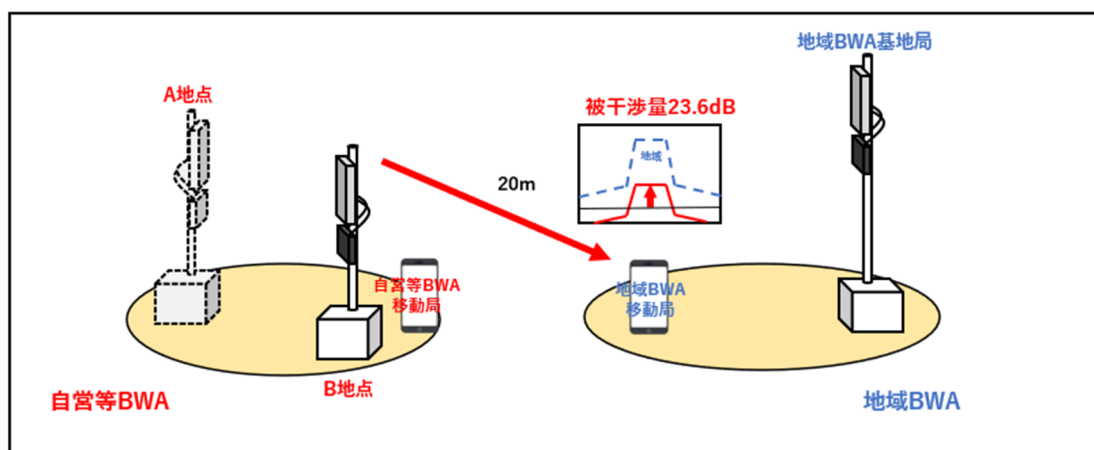


図 1.5-8 自営等 BWA 基地局 B と地域 BWA 移動局との干渉

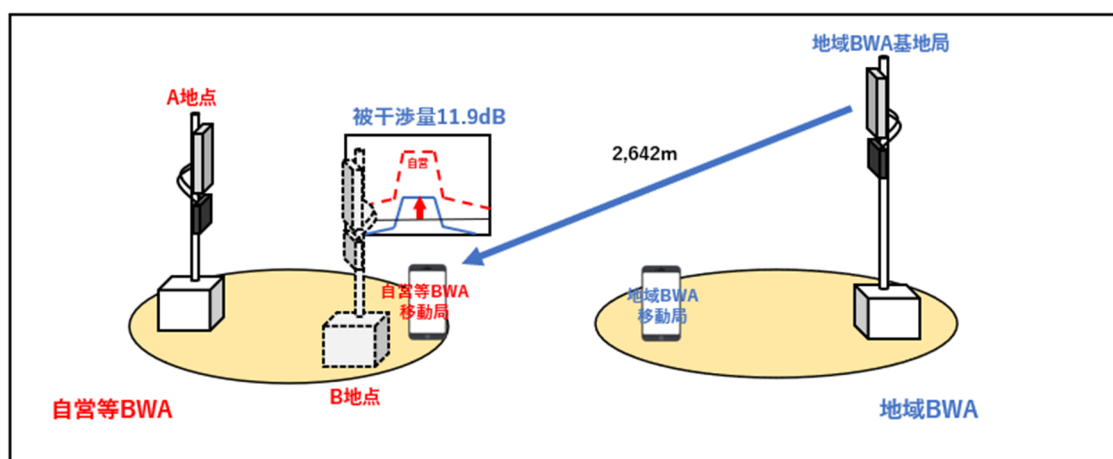


図 1.5-9 地域 BWA 基地局と自営等 BWA 移動局との干渉

それぞれの移動局は相手方基地局の干渉を常に受ける。その干渉量は、

自営等 BWA 移動局:11.9dB

地域 BWA 側移動局:23.6dB（自営等 BWA 基地局地点 B）、-7.5dB（基地局地点 A）

一見、地域 BWA 側移動局の方が自営等 BWA 基地局からより多く干渉を受けるように見えるが、ここで気を付けなければいけないのは、自営等 BWA 基地局が地域 BWA 基地局から干渉を受けると、そのシステムが通信できず、地域 BWA 移動局に対し与干渉源になりえないことである。

表 1.5-6 自営等 BWA と全国 BWA の基地局から移動局への干渉

項目	自営等 BWA－全国 BWA		
与干渉基地局	自営基地局 A	自営基地局 B	全国 BWA 基地局 (16W)
アンテナ高さ[m]	4	4	15
アンテナチルト角[deg]	0	0	0
被干渉移動局	全国 BWA 移動局		自営移動局 ポイント②
アンテナ高さ[m]	1.5	1.5	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0	0
水平距離[m]	180	20	2642
空中線電力[dBm/MHz]	-20	-20	29
アンテナ利得[dBi]	16	-4	16
給電線損失[dB]	1	1	1
帯域幅[MHz]	20	20	20
EIRP[dBm/MHz]	-5	-25	44
送信マスク減衰[dB]	-20	-20	-36
受信アンテナ利得[dBi]	4	4	4
受信給電線損失[dB]	0	0	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8	-111.8
MCL[dB]	90.8	70.8	123.8
伝搬損失(郊外地)[dB]	117.8	66.7	147.4
送信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5	-0.5
受信アンテナ指向減衰[dB]	0	0	0
干渉量[dB]	-27.5	3.6	-24.1

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なっており、参考の検討手法である。【詳細は P. 62 参照】

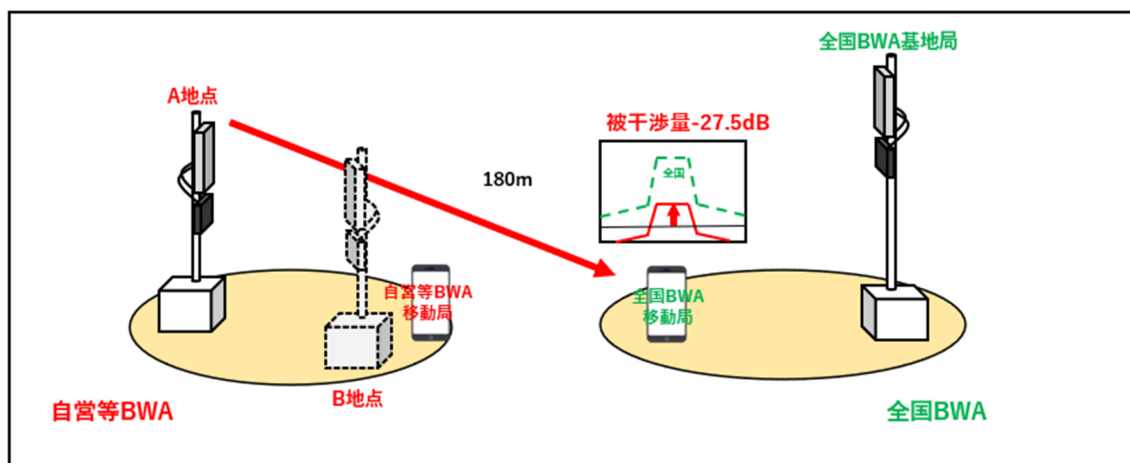


図 1.5-10 自営等 BWA 基地局 A と全国 BWA 移動局との干渉

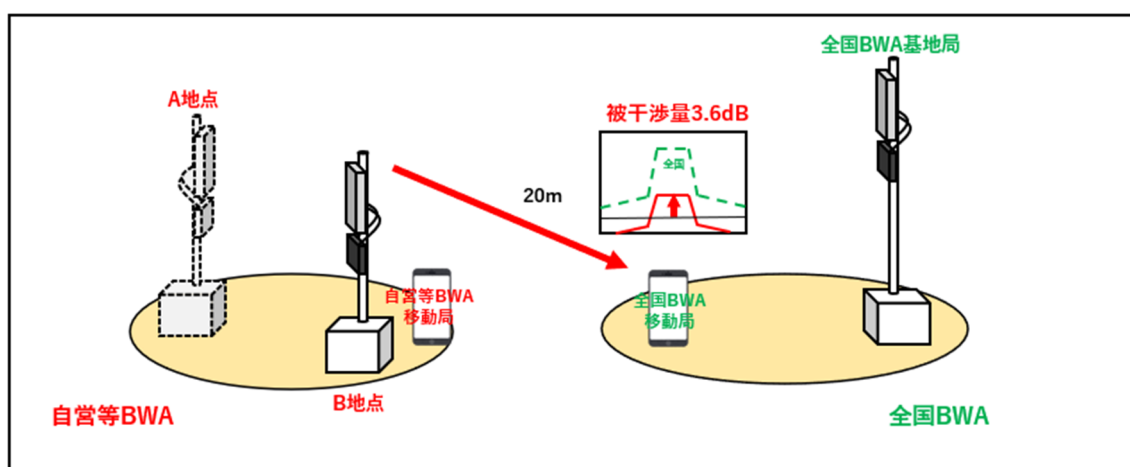


図 1.5-11 自営等 BWA 基地局 B と全国 BWA 移動局との干渉

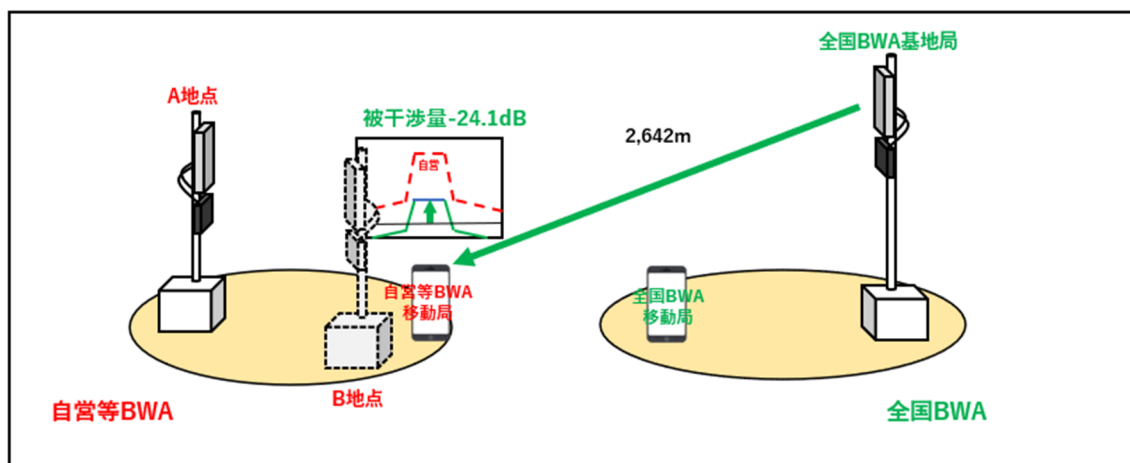


図 1.5-12 全国 BWA 基地局と自営等 BWA 移動局との干渉

自営等 BWA 基地局 B から全国 BWA 移動局にわずか 3.6dB の干渉量があるが後ほど説明する DU 比は 10dB あり問題はない。

その他、全国 BWA 基地局から自営等 BWA 移動局にも送信マスク減衰の為、干渉は問題とならない。

なお、高穂地区における全国 BWA の遠方伝搬干渉については、次の項目で説明する DU 比が 10dB 以上あるため全く干渉を受けないと推察され、実施していない。

3) 自営等 BWA 移動局と地域 BWA(全国 BWA)移動局との干渉

表 1.5-7 自営等 BWA と地域 BWA の移動局間干渉

項目	自営等 BWA—地域 BWA	
与干渉移動局	自営移動局 ポイント②	地域 BWA 移動局 ポイント①
アンテナ高さ[m]	1.5	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0
被干渉移動局	地域 BWA 移動局 ポイント①	自営移動局 ポイント②
アンテナ高さ[m]	1.5	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0
水平距離[m]	20	20
空中線電力[dBm/MHz]	10	10
アンテナ利得[dBi]	4	4
給電線損失[dB]	0	0
帯域幅[MHz]	20	20
EIRP[dBm/MHz]	14	14
送信マスク減衰[dB]	0	0
受信アンテナ利得[dBi]	4	4
受信給電線損失[dB]	0	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8
MCL[dB]	129.8	129.8
伝搬損失(郊外地)[dB]	66.7	66.7
送信アンテナ指向減衰[dB]	0	0
受信アンテナ指向減衰[dB]	0	0
干渉量[dB]	63.1	63.1

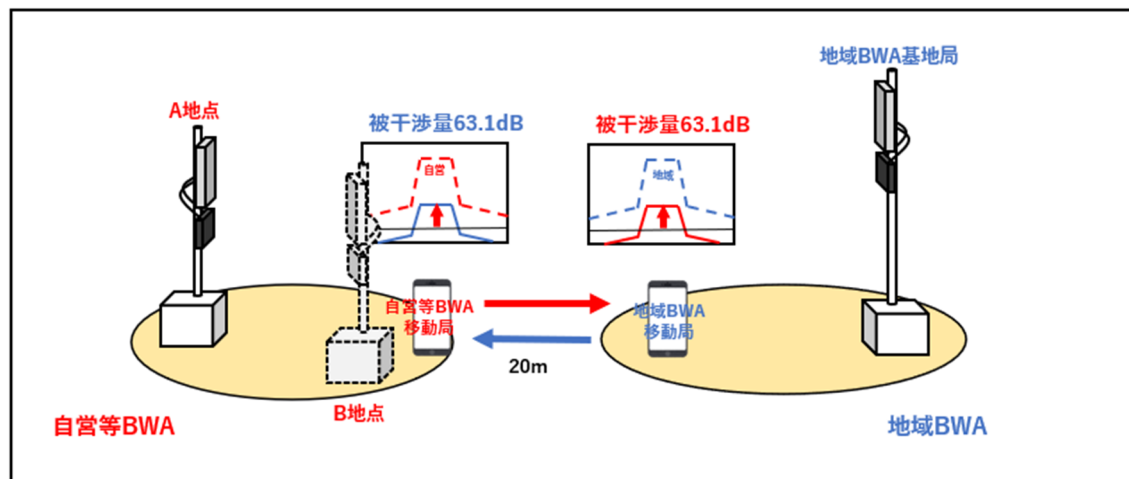


図 1.5-13 自営等 BWA と地域 BWA の移動局間の干渉

自営等 BWA 移動局と地域 BWA 移動局が隣接している場合で、かなり干渉し合っている。

ただし、同時に電波を吹くタイミングや、その場所に同時に存在する台数など確率的に解析すると実際の平均的な干渉は少なくなる。

また、同期の場合、移動局入力端のアンテナスイッチのアイソレーションが約 30dB あり、実質的な干渉量は共に 33.1dB となる。

準同期では自営等 BWA 移動局から地域 BWA 移動局への干渉のみ 63.1dB である。

さらに、自営等 BWA 基地局のカバーエリアが狭いので、自営等 BWA 基地局が干渉を受けて通信できなくなると移動局からアップリンクのユーザデータが送信されないので、実質、自営等 BWA 移動局からの干渉は存在しなくなる。

表 1.5-8 自営等 BWA と全国 BWA の移動局間干渉

項目	自営等 BWA－全国 BWA	
与干渉移動局	自営移動局 ポイント②	全国 BWA 移動局
アンテナ高さ[m]	1.5	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0
被干渉移動局	全国 BWA 移動局	自営移動局 ポイント②
アンテナ高さ[m]	1.5	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0
水平距離[m]	20	20
空中線電力[dBm/MHz]	10	10
アンテナ利得[dBi]	4	4
給電線損失[dB]	0	0
帯域幅[MHz]	20	20
EIRP[dBm/MHz]	14	14
送信マスク減衰[dB]	-20	-20
受信アンテナ利得[dBi]	4	4
受信給電線損失[dB]	0	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8
MCL[dB]	109.8	109.8
伝搬損失(郊外地)[dB]	66.7	66.7
送信アンテナ指向減衰[dB]	0	0
受信アンテナ指向減衰[dB]	0	0
干渉量[dB]	43.1	43.1

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なっており、参考の検討手法である。【詳細は P. 62 参照】

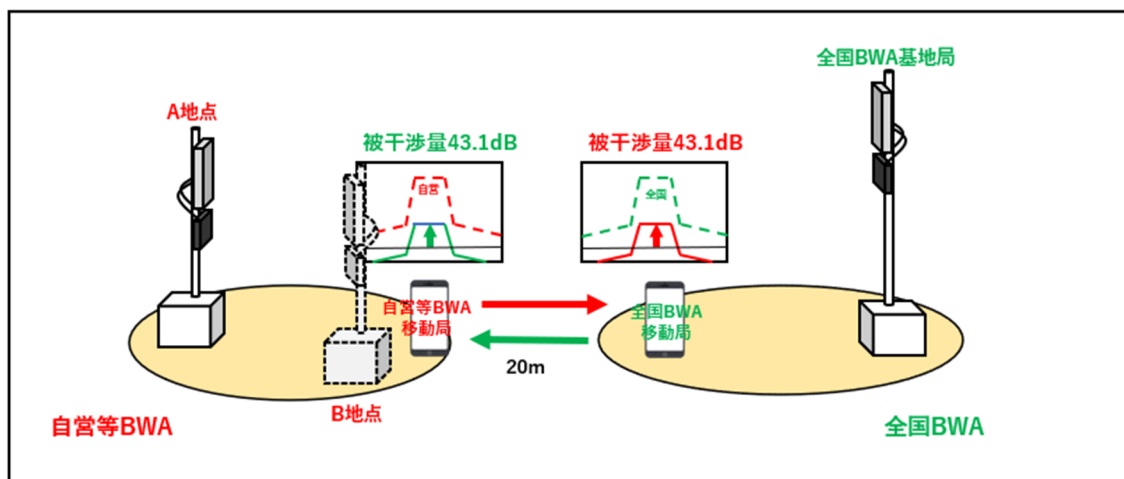


図 1.5-14 自営等 BWA と全国 BWA の移動局間の干渉

送信マスク減衰が効いているが干渉量は多い。

同期の場合、移動局入力端のアンテナスイッチのアイソレーションが約 30dB あり、実質的な干渉量は共に 13.1dB となる。

準同期では自営等 BWA 移動局から地域 BWA 移動局への干渉のみ 43.1dB である。

4) 自営等 BWA 移動局と地域 BWA(全国 BWA)基地局との干渉

表 1.5-9 自営等 BWA と地域 BWA の移動局から基地局への干渉

	自営等 BWA—地域 BWA		
与干渉移動局	自営移動局 ポイント②	地域 BWA 移動局	
アンテナ高さ[m]	1.5	1.5	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0	0
被干渉基地局	地域 BWA 基地局	自営基地局 A	自営基地局 B
アンテナ高さ[m]	15	4	4
アンテナチルト角[deg]	0	0	0
水平距離[m]	2642	180	20
空中線電力[dBm/MHz]	10	10	10
アンテナ利得[dBi]	4	4	4
給電線損失[dB]	0	0	0
帯域幅[MHz]	20	20	20
EIRP[dBm/MHz]	14	14	14
受信アンテナ利得[dBi]	16	16	-4
受信給電線損失[dB]	1	1	1
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8	-111.8
MCL[dB]	140.8	140.8	120.8
伝搬損失(郊外地)[dB]	138	118.7	66.8
送信アンテナ指向減衰[dB]	0	0	0
受信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5	-0.5
干渉量[dB]	2.3	21.6	53.5

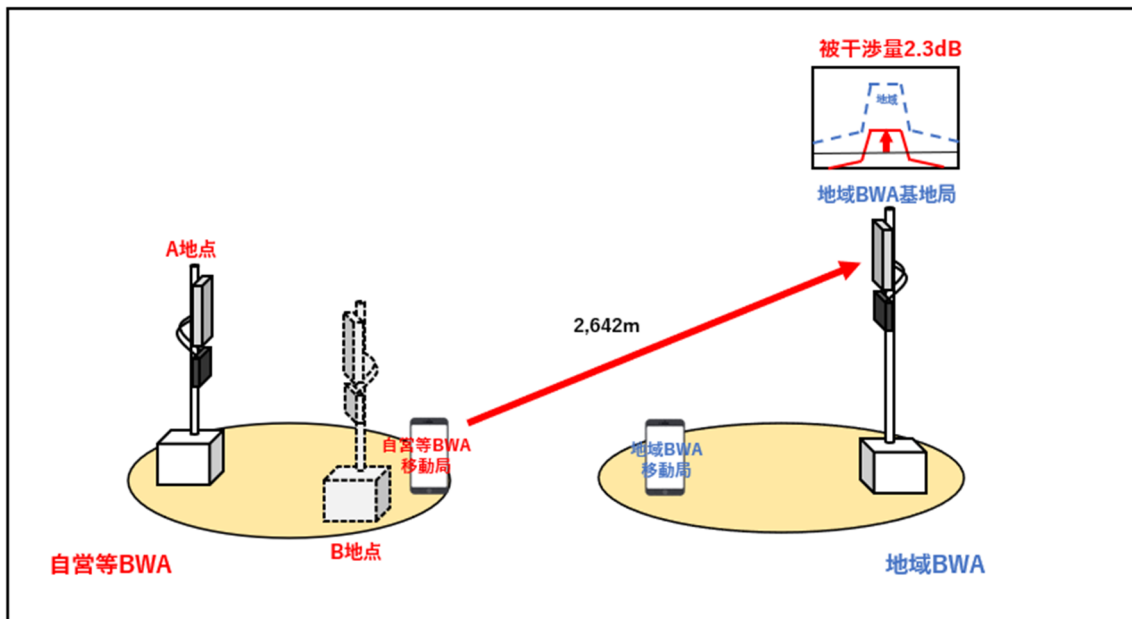


図 1.5-15 自営等 BWA 移動局から地域 BWA 基地局への干渉

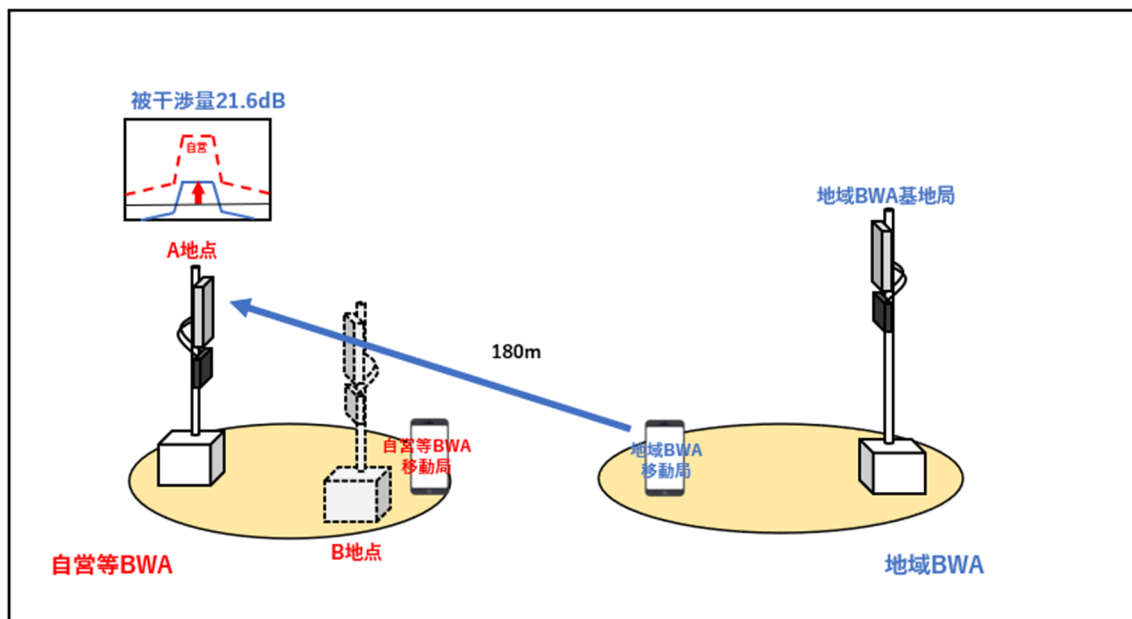


図 1.5-16 地域 BWA 移動局から自営等 BWA 基地局 A への干渉

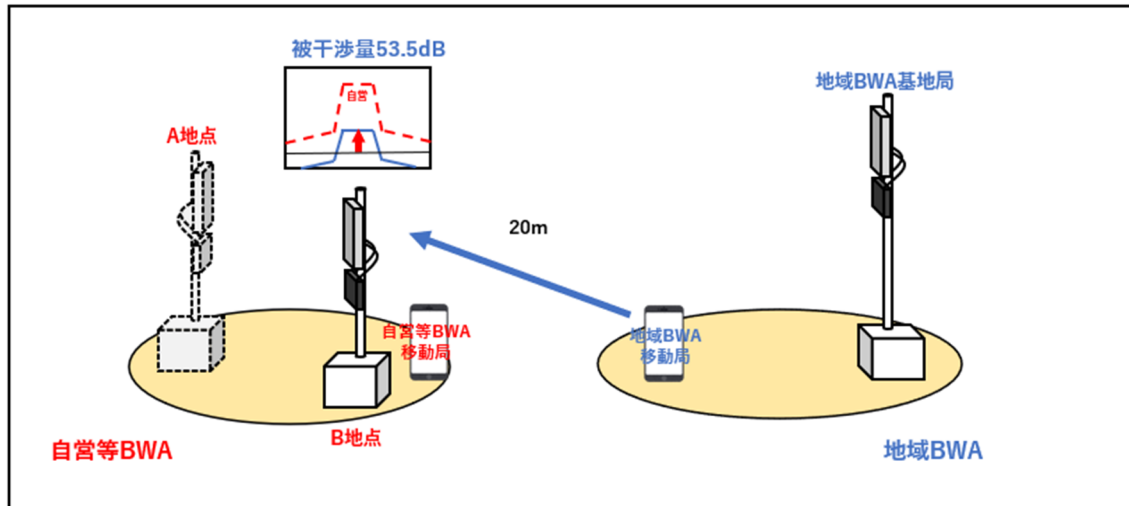


図 1.5-17 地域 BWA 移動局から自営等 BWA 基地局 B への干渉

自営等 BWA 移動局が地域 BWA 基地局に与える干渉は非常に少ないが、地域 BWA 移動局が自営等 BWA 基地局に与える干渉は大きく、とりわけ地点 B では基地局アンテナが背面でも 53.5dB と非常に大きな干渉となっている。

表 1.5-10 自営等 BWA と全国 BWA の移動局から基地局への干渉

	自営等 BWA－全国 BWA		
与干渉移動局	自営移動局②	全国 BWA 移動局	
アンテナ高さ[m]	1.5	1.5	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0	0
被干渉基地局	全国 BWA 基地局	自営基地局 A	自営基地局 B
アンテナ高さ[m]	15	4	4
アンテナチルト角[deg]	0	0	0
水平距離[m]	2642	180	20
空中線電力[dBm/MHz]	10	10	10
アンテナ利得[dBi]	4	4	4
給電線損失[dB]	0	0	0
帯域幅[MHz]	20	20	20
EIRP[dBm/MHz]	14	14	14
送信マスク減衰[dB]	-20	-20	-20
受信アンテナ利得[dBi]	16	16	-4
受信給電線損失[dB]	1	1	1
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8	-111.8
MCL[dB]	120.8	120.8	100.8
伝搬損失(郊外地)[dB]	138	118.7	66.8
送信アンテナ指向減衰[dB]	0	0	0
受信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5	-0.5
干渉量[dB]	-17.7	1.6	33.5

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なっており、参考の検討手法である。【詳細は P. 62 参照】

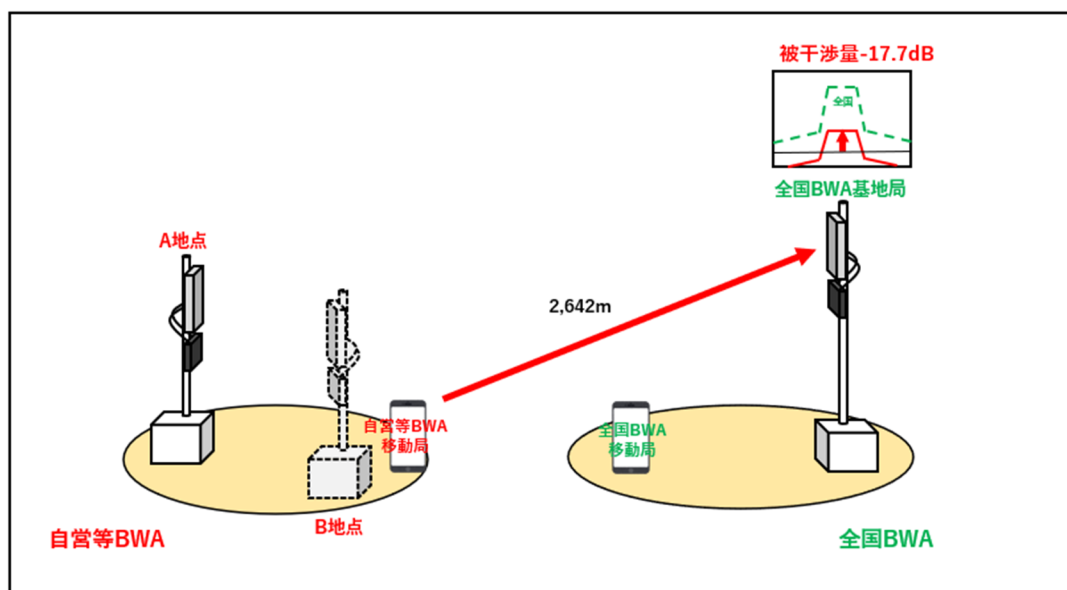


図 1.5-18 自営等 BWA 移動局から全国 BWA 基地局への干渉

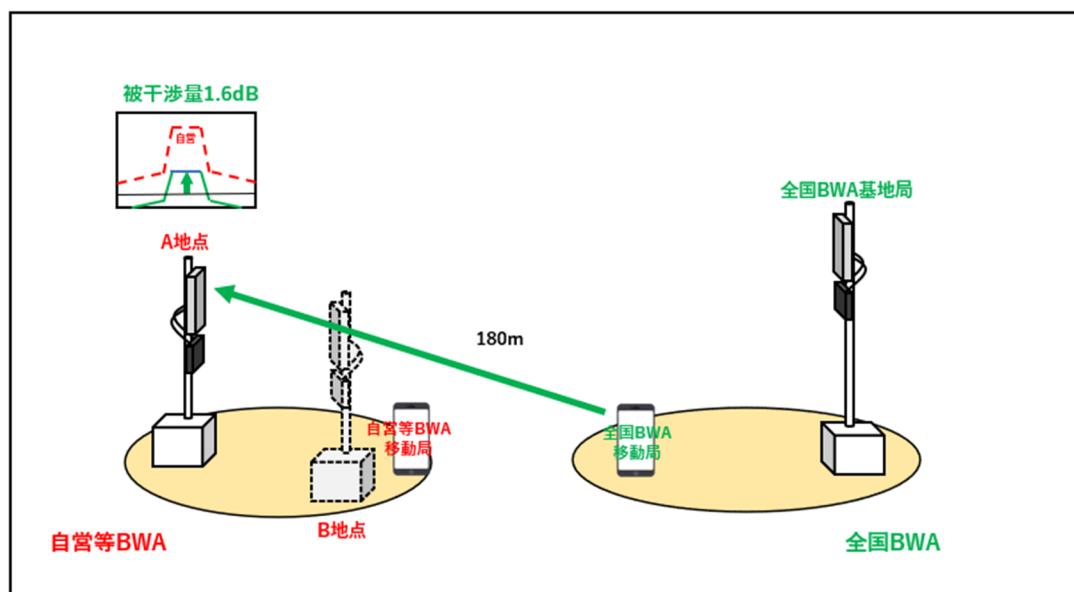


図 1.5-19 全国 BWA 移動局から自営等 BWA 基地局 A への干渉

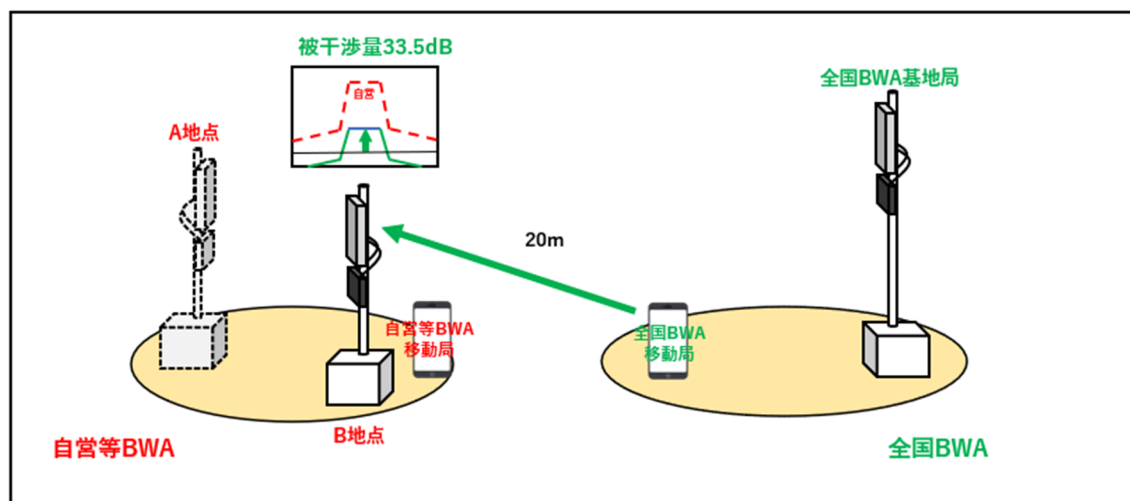


図 1.5-20 全国 BWA 移動局から自営等 BWA 基地局 B への干渉

全国 BWA 移動局が自営等 BWA 基地局に与える干渉は、送信マスク減衰があっても地点 B で 33.5dB と高くなっている。

5) 自営等 BWA 基地局と地域 BWA の WiMAX 方式との周波数共用条件

WiMAX の主な仕様を次に示す。(文献—1)

表 1.5-11 WiMAX の主な仕様

項目		値		単位
中心周波数		2587		MHz
帯域幅		10		MHz
通信方式		TDD		
多重化方式		OFDMA, TDM 方式との複合		
変調方式	(基地局)	64(16)QAM, Q(B)PSK		
	(移動局)	16QAM, QPSK		
送信バースト 繰り返し周期		5m+/-10u		sec
送信バースト長		DL	UL	msec
		3. 65	1. 35	msec
		3. 55	1. 45	msec
		3. 45	1. 55	msec
		3. 35	1. 65	msec
		3. 25	1. 75	msec
		3. 15	1. 85	msec
		3. 05	1. 95	msec
		2. 95	2. 05	msec
		2. 85	2. 15	msec
		2. 75	2. 25	msec
空中線電力	基地局	20 以下		W
	移動局	200 以下		mW
アンテナ利 得	基地局	17 以下		dBi
	移動局	2 以下		dBi

注目すべきは送信バースト繰り返し周期と送信バースト長である。

自営等 BWA 機器では送信バースト繰り返し周期が同期の Configuration 2 では 5msec でバースト長はその構成 6D2U2S による。また、自営等 BWA では、3GPP 規格でフレーム送信開始タイミングがオフセット 59872xTs と規定されている。

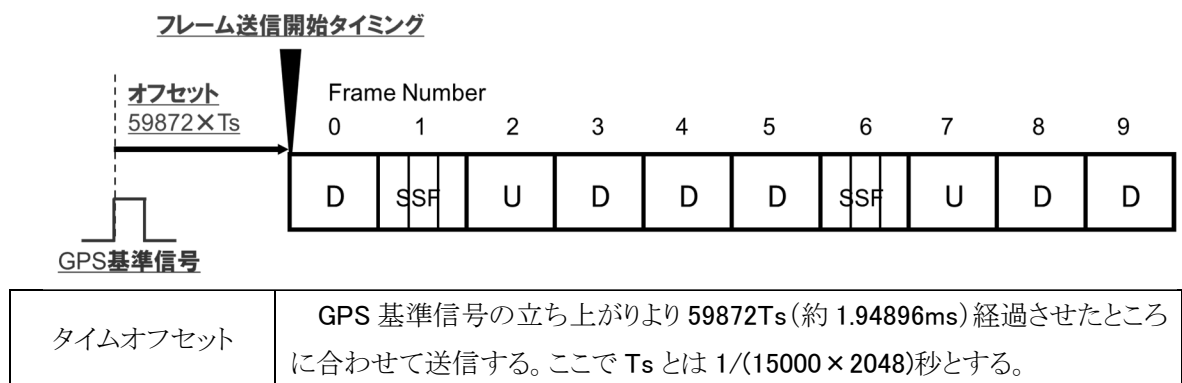


図 1.5-21 自営等 BWA のフレーム送信開始タイミング

また、同期では、DL/UL Configuration: 2 として規定されている、(準同期は1)。以上から地域 BWA の WiMAX 方式は自営等 BWA にとって非同期として解釈する。

理論的には自営等 BWA と地域 BWA の干渉モデルを用いるが、地域 WiMAX 側が 10MHz なので許容干渉レベルを $-111.8 - 3 = -114.8\text{dBm}$ とする。

表 1.5-12 自営等 BWA と地域 WiMAX の基地局間の干渉結果

項目	自営等 BWA—地域 WiMAX			
与干渉基地局	自営基地局 A	自営基地局 B	地域 WiMAX 基地局 (16W)	
アンテナ高さ[m]	4	4	15	15
アンテナチルト角[deg]	0	0	0	0
被干渉基地局	地域 WiMAX 基地局		自営基地局 A	自営基地局 B
アンテナ高さ[m]	15	15	4	4
アンテナチルト角[deg]	0	0	0	0
水平距離[m]	2802	2640	2802	2640
空中線電力[dBm/MHz]	-20	-20	29	29
アンテナ利得[dBi]	16	-4	16	16
給電線損失[dB]	1	1	1	1
帯域幅	20	20	20	20
EIRP[dBm/MHz]	-5	-25	44	44
受信アンテナ利得[dBi]	16	16	16	-4
受信給電線損失[dB]	1	1	1	1
許容干渉レベル	-114.8	-114.8	-111.8	-111.8
MCL[dB]	124.8	104.8	170.8	150.8
伝搬損失(郊外地)[dB]	130.4	129.4	140.7	139.8
送信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
受信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
干渉量[dB]	-6.6	-25.6	29.1	10

自営等 BWA を同期・準同期にしても干渉は同じである。

自営等 BWA から地域 WiMAX 側基地局への干渉量は-6.6dB(地点 A)、-25.6dB(地点 B)と低く、全く問題にはならない。

表 1.5-13 自営等 BWA と地域 WiMAX の基地局－移動局間の干渉結果

項目	自営等 BWA－地域 WiMAX		
与干渉基地局	自営基地局 A	自営基地局 B	地域 WiMAX 基地局 (16W)
アンテナ高さ[m]	4	4	15
アンテナチルト角[deg]	0	0	0
被干渉基地局	地域 WiMAX 移動局		自営移動局 ポイント②
アンテナ高さ[m]	1.5	1.5	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0	0
水平距離[m]	180	20	2642
空中線電力[dBm/MHz]	-20	-20	29
アンテナ利得[dBi]	16	-4	16
給電線損失[dB]	1	1	1
帯域幅	20	20	20
EIRP[dBm/MHz]	-5	-25	44
受信アンテナ利得[dBi]	4	4	4
受信給電線損失[dB]	0	0	0
許容干渉レベル	-114.8	-114.8	-111.8
MCL[dB]	113.8	93.8	159.8
伝搬損失(郊外地)[dB]	117.8	66.7	147.4
送信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5	-0.5
受信アンテナ指向減衰[dB]	0	0	0
干渉量[dB]	-4.5	26.6	11.9

6) 自営等 BWA 基地局と地域 BWA の 5G NR 方式との周波数共用条件

まず、4G と 5G のフレームフォーマットを比較する。いずれも 1 ラジオフレームは 10msec であり、サブフレームも 1msec 共通である。

「総務省ローカル 5G ガイドライン」(https://www.soumu.go.jp/main_content/000897566.pdf)には 2.5GHz 帯の記述がないので 4.6～4.9GHz 帯のフレーム構成を用いることとする。ただし、帯域幅は 20MHz である。LTE では各サブフレームは 2 つのスロットからなり、DL から UL への切り替えは、各フレーム中の 2 番目のフレームで行なわれる。

5G ではサブキャリア間隔が 15kHz のみならず 30kHz、60kHz もあり 1 サブフレームのスロット数が異なる。

ここではキャリア間隔が 30kHz の 1 サブフレーム 2 スロットの場合を考える。さらにタイムオフセットも 4G と同じ規格なので、サブフレーム構成が同じであれば「同期」と解釈できる。

まず、お互いが同期同士の場合である。

フレーム番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4G同期	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
5G同期	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D

図 1.5-22 4G 同期と 5G 同期のフレームフォーマットの比較

簡単にするために S (Special Subframe) は無いものとすると同期同士では干渉の心配はない。

次に 4G 同期、5G 準同期の場合である。

これも S を無いものとする、第 4、9 サブフレームが異なり、基地局が近く干渉がある場合、5G NR 側が一方的に干渉を 4G 側から受けることになる。

フレーム番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4G同期	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
5G準同期	D	D	D	S	U	U	D	D	D	S

図 1.5-23 4G 同期と 5G 準同期のフレームフォーマットの比較

次に 4G 準同期、5G 同期の場合である。

これは第 3、8 サブフレームが異なり、基地局が近く干渉がある場合、4G 準同期側が一方的に干渉を 5G NR 側から受けることになる。

フレーム番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4G準同期	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
5G同期	D	D	D	S	U	U	D	D	D	D

図 1.5-24 4G 準同期と 5G 同期のフレームフォーマットの比較

最後に 4G 準同期、5G 準同期の場合である。

これは第 3、4、8、9 サブフレームが異なり、基地局が近く干渉がある場合、第 3、8 サブフレームでは 4G 側が 5G NR 側から干渉を受け、第 4、9 サブフレームでは逆に 5G NR 側が 4G 側から干渉を受けることになる。

フレーム番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4G準同期	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
5G準同期	D	D	D	S	U	U	D	S	U	U

図 1.5-25 4G 準同期と 5G 準同期のフレームフォーマットの比較

以上をまとめるとお互いが同期であれば干渉の心配はない。(もちろん、あまりに近いと干渉を受ける)

S (Special Subframe)の扱いだが、5G NR においては 4G と違ってその内容は 1 スロット 14 シンボルのうち、D (Downlink)は 6 シンボル以下、そして 4 つのガードバンドシンボルがあり、U (Uplink)は 4 シンボル以下となっており、詳細は事業者(機器)によって異なるところである。

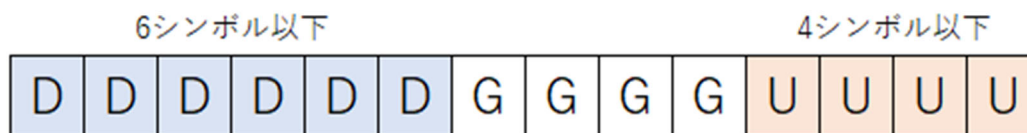


図 1.5-26 5G NR の Special Subframe のイメージ

4G の場合は SSF (例えば7)を決めると D と U の時間が自動的に決まる。よって、厳密には、S のところで多少なりとも同期同士でも干渉の可能性はある。

その他の組み合わせは自営等 BWA 準同期の場合が参考になる。「自営等 BWA 基地局と地域 BWA 方式との周波数共用条件」の準同期の記述を参照。

7) 自営等 BWA 基地局と地域 BWA 5G NR 方式との周波数共用条件

これは自営等 BWA(同期、準同期)と地域 BWA と同じ周波数共用条件を用いる。

S フレームを無いものとする、干渉量の計算は地域 BWA 方式と同様である。

8) 自営等 BWA 基地局と全国 BWA の 5G NR 方式との周波数共用条件

5G NR は前項のところで、フレーム構成は同じとし、周波数が隣接チャンネル(20MHz 帯域幅)とする。

これは自営等 BWA(同期、準同期)と全国 BWA と同じ周波数共用条件を用いる。

S フレームを無いものとする、お互いが同期以外は必ず干渉を受けるが、同一周波数帯ではないので、送信マスク減衰が期待できる。干渉量の計算は全国 BWA 方式と同様である。

(6)上空利用

1) 自営等 BWA 基地局と地域・全国 BWA 基地局との干渉

表 1.5-14 自営等 BWA 基地局(上空利用)と地域 BWA 基地局との干渉

項目	自営等 BWA－地域 BWA	
与干渉基地局	自営等 BWA 基地局	地域 BWA 基地局(16W)
アンテナ高さ[m]	4	15
アンテナチルト角[deg]	0	0
被干渉基地局	地域 BWA 基地局	自営等 BWA 基地局
アンテナ高さ[m]	15	4
アンテナチルト角[deg]	0	0
水平距離[m]	2802	2802
空中線電力[dBm/MHz]	-7	29
アンテナ利得[dBi]	5	16
給電線損失[dB]	0	1
帯域幅[MHz]	20	20
EIRP[dBm/MHz]	-2	44
受信アンテナ利得[dBi]	16	5
受信給電線損失[dB]	1	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8
MCL[dB]	124.8	160.8
伝搬損失(郊外地)[dB]	130.4	140.7
送信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5
受信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5
干渉量[dB]	-6.6	19.1

同期同士の場合は、基地局入力端のアンテナスイッチのアイソレーションがほぼ 30dB あるので問題ないと推察する。準同期では自営等 BWA 基地局が干渉を受ける。

表 1.5-15 自営等 BWA 基地局(上空利用)と全国 BWA 基地局との干渉

項目	自営等 BWA—全国 BWA	
与干渉基地局	自営等 BWA 基地局	全国 BWA 基地局(16W)
アンテナ高さ[m]	4	15
アンテナチルト角[deg]	0	0
被干渉基地局	全国 BWA 基地局	自営等 BWA 基地局
アンテナ高さ[m]	15	4
アンテナチルト角[deg]	0	0
水平距離[m]	2802	2802
空中線電力[dBm/MHz]	-7	29
アンテナ利得[dBi]	5	16
給電線損失[dB]	0	1
帯域幅[MHz]	20	20
EIRP[dBm/MHz]	-2	44
送信マスク減衰[dB]	-20	-36
受信アンテナ利得[dBi]	16	5
受信給電線損失[dB]	1	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8
MCL[dB]	104.8	124.8
伝搬損失(郊外地)[dB]	130.4	140.7
送信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5
受信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5
干渉量[dB]	-26.6	-16.9

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なっており、参考の検討手法である。【詳細は P. 62 参照】

隣接チャンネルの場合、送信マスク減衰が効いている。ACLR(Adjacent Channel Leakage Ratio:隣接チャンネル漏洩電力比)は無線設備規則からの計算であり実際はさらにマージンがあると推察する。つまり、ガードバンドがなくても同期同士ではカバーエリアが重なっていても問題なく通信できることを表している。

しかし、準同期では注意が必要だが、自営等 BWA 側の準同期自営等 BWA 基地局がサブフレーム3、8で干渉受けるが、干渉量がマイナスなので問題ないと推察する。よって、準同期でも自営等 BWA 側は干渉を受けない

2) 自営等 BWA 基地局と地域・全国 BWA 移動局との干渉

表 1.5-16 自営等 BWA(上空利用)と地域 BWA の基地局から移動局への干渉

項目	自営等 BWA－地域 BWA	
	自営等 BWA 基地局 A	地域 BWA 基地局 (16W)
与干渉基地局	自営等 BWA 基地局 A	地域 BWA 基地局 (16W)
アンテナ高さ[m]	4	15
アンテナチルト角[deg]	0	0
被干渉移動局	地域 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局 (ドローン搭載)
アンテナ高さ[m]	1.5	50
アンテナチルト角[deg]	0	0
水平距離[m]	180	2642
空中線電力[dBm/MHz]	-7	29
アンテナ利得[dBi]	5	16
給電線損失[dB]	0	1
帯域幅[MHz]	20	20
EIRP[dBm/MHz]	-2	44
受信アンテナ利得[dBi]	4	2
受信給電線損失[dB]	0	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8
MCL[dB]	113.8	157.8
伝搬損失(郊外地/自由空間)[dB]	117.8	109.1
送信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5
受信アンテナ指向減衰[dB]	0	0
干渉量[dB]	-4.5	48.2

地域 BWA 基地局からドローン搭載自営等 BWA 移動局は上空の為、伝搬損失が少なく干渉が激しい。

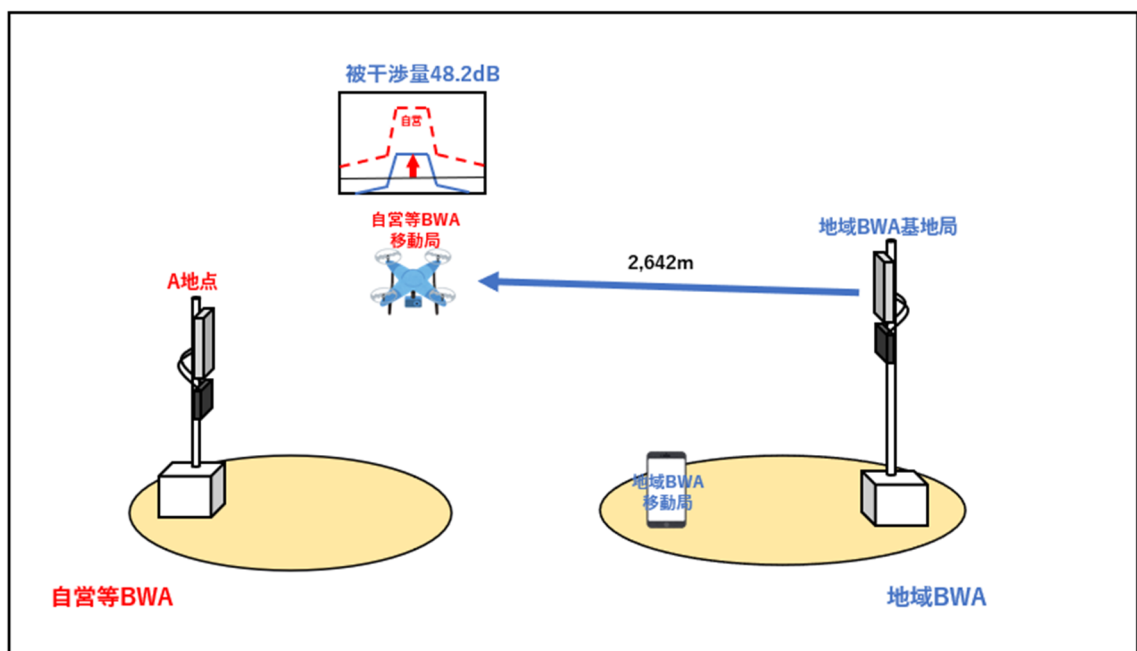


図 1.5-27 地域 BWA 基地局から上空の自営等 BWA 移動局への干渉

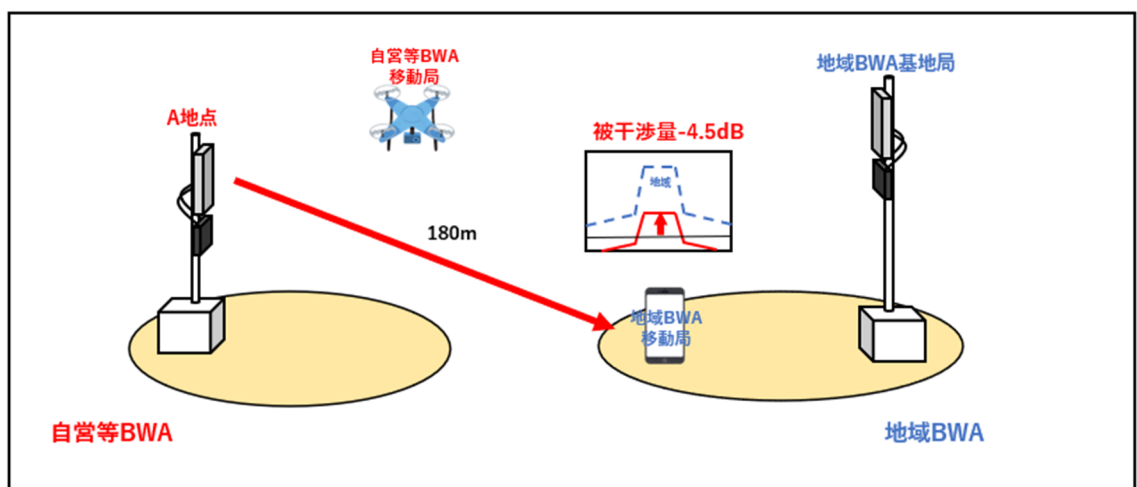


図 1.5-28 自営等 BWA 基地局から地域 BWA 移動局への干渉

表 1.5-17 自営等 BWA(上空利用)と全国 BWA の基地局から移動局への干渉

	自営等 BWA－全国 BWA	
与干渉基地局	自営等 BWA 基地局	全国 BWA 基地局(16W)
アンテナ高さ[m]	4	15
アンテナチルト角[deg]	0	0
被干渉移動局	全国 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局 (ドローン搭載)
アンテナ高さ[m]	1.5	50
アンテナチルト角[deg]	0	0
ドローン移動局間距離[m]	180	2642
空中線電力[dBm/MHz]	-7	29
アンテナ利得[dBi]	5	16
給電線損失[dB]	0	1
帯域幅[MHz]	20	20
EIRP[dBm/MHz]	-2	44
送信マスク減衰[dB]	-20	-36
受信アンテナ利得[dBi]	4	2
受信給電線損失[dB]	0	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8
MCL[dB]	93.8	121.8
伝搬損失(郊外地/自由空間)[dB]	117.8	109.1
送信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5
受信アンテナ指向減衰[dB]	0	0
干渉量[dB]	-24.5	12.2

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なっており、参考の検討手法である。【詳細は P. 62 参照】

ドローンは基地局から水平距離 160m でホバリングを想定。

3) 自営等 BWA 移動局と地域・全国 BWA 移動局との干渉

表 1.5-18 自営等 BWA(上空利用)と地域 BWA の移動局間干渉

	自営等 BWA—地域 BWA	
与干渉移動局	自営等 BWA 移動局 (ドローン搭載)	地域 BWA 移動局 ポイント①
アンテナ高さ[m]	50	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0
被干渉移動局	地域 BWA 移動局 ポイント①	自営等 BWA 移動局 (ドローン搭載)
アンテナ高さ[m]	1.5	50
アンテナチルト角[deg]	0	0
ドローン移動局間距離[m]	52.5	52.5
空中線電力[dBm/MHz]	8	10
アンテナ利得[dBi]	4	4
給電線損失[dB]	0	0
帯域幅[MHz]	20	20
EIRP[dBm/MHz]	12	14
送信マスク減衰[dB]	0	0
受信アンテナ利得	4	2
受信給電線損失[dB]	0	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8
MCL[dB]	127.8	127.8
伝搬損失(自由空間)[dB]	75.1	75.1
送信アンテナ指向減衰[dB]	-3	-7
受信アンテナ指向減衰[dB]	-7	-3
干渉量[dB]	42.7	42.7

表 1.5-19 自営等 BWA(上空利用)と全国 BWA の移動局間干渉

	自営等 BWA－全国 BWA	
与干渉移動局	自営等 BWA 移動局 (ドローン搭載)	全国 BWA 移動局
アンテナ高さ[m]	50	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0
被干渉移動局	全国 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局 (ドローン搭載)
アンテナ高さ[m]	1.5	50
アンテナチルト角[deg]	0	0
水平距離[m]	52.5	52.5
空中線電力[dBm/MHz]	8	10
アンテナ利得[dBi]	2	4
給電線損失[dB]	0	0
帯域幅[MHz]	20	20
EIRP[dBm/MHz]	10	14
送信マスク減衰[dB]	-20	-20
受信アンテナ利得	4	2
受信給電線損失[dB]	0	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8
MCL[dB]	105.8	107.8
伝搬損失(自由空間)[dB]	75.1	75.1
送信アンテナ指向減衰[dB]	-1	-7
受信アンテナ指向減衰[dB]	-7	-1
干渉量[dB]	22.7	24.7

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なっており、参考の検討手法である。【詳細は P. 62 参照】

4) 自営等 BWA 移動局と地域・全国 BWA 基地局との干渉

表 1.5-20 自営等 BWA(上空利用)と地域 BWA の移動局から基地局への干渉

	自営等 BWA－地域 BWA	
与干渉移動局	自営等 BWA 移動局 (ドローン搭載)	地域 BWA 移動局
アンテナ高さ[m]	50	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0
被干渉基地局	地域 BWA 基地局	自営等 BWA 基地局
アンテナ高さ[m]	15	4
アンテナチルト角[deg]	0	0
水平距離[m]	2642	180
空中線電力[dBm/MHz]	8	10
アンテナ利得[dBi]	2	4
給電線損失[dB]	0	0
帯域幅[MHz]	20	20
EIRP[dBm/MHz]	12	14
受信アンテナ利得[dBi]	16	5
受信給電線損失[dB]	1	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8
MCL[dB]	136.8	130.8
伝搬損失(自由空間/郊外地)[dB]	109.1	118.7
送信アンテナ指向減衰[dB]	0	0
受信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5
干渉量[dB]	27.2	11.6

表 1.5-21 自営等 BWA(上空利用)と全国 BWA の移動局から基地局への干渉

	自営等 BWA－全国 BWA	
与干渉移動局	自営等 BWA 移動局 (ドローン搭載)	全国 BWA 移動局
アンテナ高さ[m]	50	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0
被干渉基地局	全国 BWA 基地局	自営等 BWA 基地局
アンテナ高さ[m]	15	4
アンテナチルト角[deg]	0	0
水平距離[m]	2642	180
空中線電力[dBm/MHz]	8	10
アンテナ利得[dBi]	2	4
給電線損失[dB]	0	0
帯域幅[MHz]	20	20
EIRP[dBm/MHz]	10	14
送信マスク減衰[dB]	-20	-20
受信アンテナ利得[dBi]	16	5
受信給電線損失[dB]	1	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8
MCL[dB]	116.8	110.8
伝搬損失(自由空間/郊外地)[dB]	109.1	118.7
送信アンテナ指向減衰[dB]	-3	0
受信アンテナ指向減衰[dB]	-0.5	-0.5
干渉量[dB]	4.2	-8.4

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なっており、参考の検討手法である。【詳細は P. 62 参照】

(7)遠方伝搬遅延

ここでは最も干渉が激しいドローン搭載自営等 BWA 移動局から地域 BWA 移動局への干渉のみ説明する。

表 1.5-22 自営等 BWA(上空利用)と地域 BWA への遠方伝搬遅延干渉

	自営等 BWA－地域 BWA	
与干渉移動局	自営等 BWA 移動局 (ドローン搭載)	地域 BWA 移動局 ポイント①
アンテナ高さ[m]	100	1.5
アンテナチルト角[deg]	0	0
被干渉移動局	地域 BWA 移動局 ポイント①	自営等 BWA 移動局 (ドローン搭載)
アンテナ高さ[m]	1.5	100
アンテナチルト角[deg]	0	0
水平距離[m]	6100	6100
空中線電力[dBm/MHz]	10	10
アンテナ利得[dBi]	2	16
給電線損失[dB]	0	1
帯域幅[MHz]	20	20
EIRP[dBm/MHz]	12	25
送信マスク減衰[dB]	0	0
受信アンテナ利得[dBi]	16	2
受信給電線損失[dB]	1	0
許容干渉レベル[dBm/MHz]	-111.8	-111.8
MCL[dB]	138.8	138.8
伝搬損失(自由空間)[dB]	116.4	116.4
送信アンテナ指向減衰[dB]	0.5	0
受信アンテナ指向減衰[dB]	0	0.5
干渉量[dB]	22.9	22.9

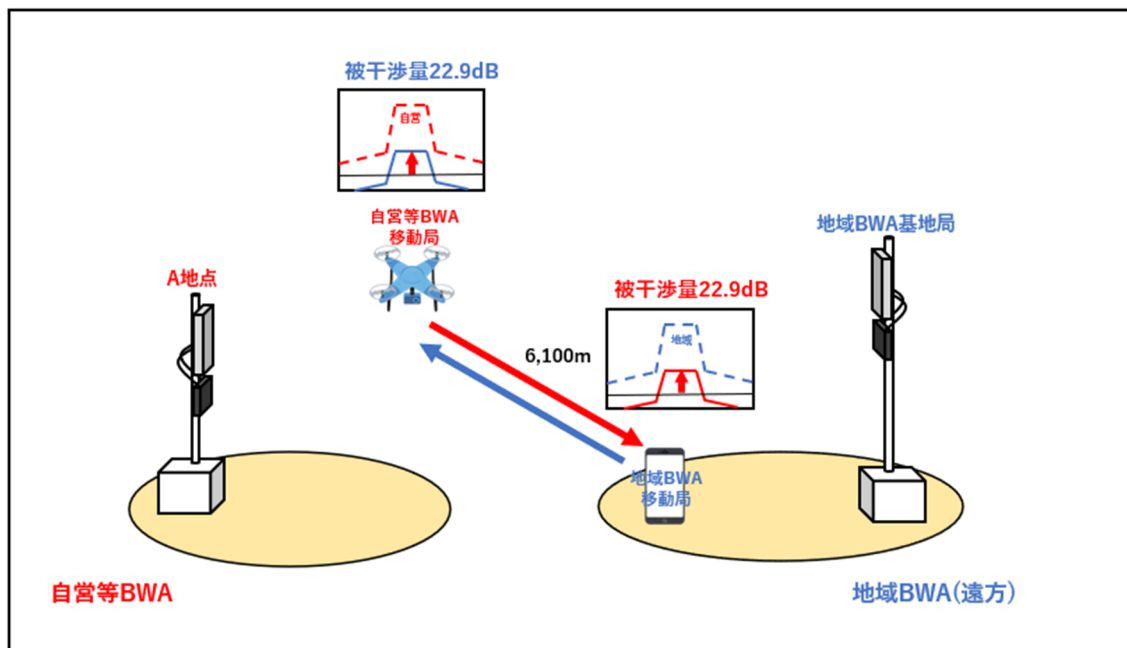


図 1.5-29 上空の自営等 BWA 移動局から 6.1km 先の地域 BWA 移動局への干渉

(8)DU 比の計算（電波法関係審査基準及び DU 比を基にした参考検討）

希望波 (Desired Signal) に対し妨害波 (Undesired Signal) との比 (DU 比) がどの程度であれば通信が成立するかを検討する。

空中線移設、上空利用、遠方伝搬遅延の各々について基地局間のアンテナ高さから拡張秦式を用いて DU 比を計算する。

基地局間伝搬損失 (拡張秦式郊外地計算) の例:

基地局間距離: 2,802 [m]

$d \geq 0.1$ km の場合の伝搬損失は以下で与えられる。

陸上移動局高と基地局高に対する補正項

$$\begin{aligned} a(H_m) &= (11 \log f - 0.7) \min(10, H_m) - (1.56 \log f - 0.8) + \max(0, 20 \log(H_m/10)) \\ b(H_b) &= \min(0, 20 \log(H_b/30)) \end{aligned}$$

(2-1) 市街地

$$\begin{aligned} L [\text{dB}] &= [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, H_b\})] (\log d)^\alpha - a(H_m) - b(H_b) - 13.82 \log(\max\{30, H_b\}) \\ &+ \begin{cases} 69.6 + 26.2 \log(150) - 20 \log(150/f) & \text{for } 30 < f \leq 150 \text{ MHz} \\ 69.6 + 26.2 \log f & \text{for } 150 < f \leq 1500 \text{ MHz} \\ 46.3 + 33.9 \log f & \text{for } 1500 < f \leq 2000 \text{ MHz} \\ 46.3 + 33.9 \log(2000) + 10 \log(f/2000) & \text{for } 2000 < f \leq 3000 \text{ MHz} \end{cases} \end{aligned}$$

(2-2) 郊外地

$$L [\text{dB}] = L(\text{urban}) - 2 \{ \log[(\min\{\max\{150, f\}, 2000\})/28] \}^2 - 5.4$$

DU 比の計算

基地局感度 (Reference sensitivity level):

許容干渉レベル $-98.8 \text{ dBm}/20 \text{ MHz} = -111.8 \text{ dBm}/\text{MHz}$ とする。

移動局感度 (Reference sensitivity level):

許容干渉レベル $-98.8 \text{ dBm}/20 \text{ MHz} = -111.8 \text{ dBm}/\text{MHz}$ とする。

基地局 (及び移動局) での所望の希望波の受信レベル (十分 SNR が高く、以下の条件を維持できる) を計算する。

基地局: 64QAM, 2/3 コーディングレート

移動局: 16QAM, 2/3 コーディングレート

$$\text{希望波の受信レベル} [\text{dBm}] = -174 [\text{dBm}/\text{Hz}] + 10 \log(\text{NRB} \times 180 \text{ K}) + 30 = -174 + 72.5 + 30 = -71.5 \text{ dBm}$$

(NRB: 1RB (Resource Block) で 12 サブキャリア (180kHz)、それが 20MHz 帯域では 100 割り当てられている) 30dB は、NF、実装のマージンに加え 20dB kTB 雑音より高く設定し、SNR30dB を目標とした値である。

基地局間同士では、

$$\text{DU 比} = -71.5 - (-98.8 + \text{干渉量}) [\text{dB}] = 27.3 - \text{干渉量}$$

移動局に於いては、

$$\text{DU 比} = -71.5 - (-98.8 + \text{干渉量}) [\text{dB}] = 27.3 - \text{干渉量}$$

準同期・非同期では以上であり、基地局間同士、移動局間同士の**同期**に於いては得られた DU 比にアンテナスイッチ 30dB を勘案し、

$$\text{DU 比} = -71.5 - (-98.8 + \text{干渉量}) + 30 [\text{dB}] = 57.3 - \text{干渉量}$$

移動局間に於いては、

$$\text{DU 比} = -71.5 - (-98.8 + \text{干渉量}) + 30 [\text{dB}] = 57.3 - \text{干渉量}$$

基地局から移動局への干渉については、同期・準同期共に、

$$\text{DU 比} = -71.5 - (-98.8 + \text{干渉量}) = 27.3 - \text{干渉量}$$

また、スループットを維持できる目標の DU 比は 10dB とする。

(9)空中線移設

同一周波数帯の基地局間

同期では、

$$\text{DU 比} = 57.3 - (-9.6) = 66.9 [\text{dB}]$$

自営等 BWA 基地局 A 側から地域 BWA 基地局側

$$\text{DU 比} = 57.3 - (-28.6) = 85.9 [\text{dB}]$$

自営等 BWA 基地局 B 側から地域 BWA 基地局側

$$\text{DU 比} = 57.3 - 29.1 = 28.2 [\text{dB}]$$

地域 BWA 基地局側から自営等 BWA 基地局 A 側

$$\text{DU 比} = 57.3 - 10 = 47.3 [\text{dB}]$$

地域 BWA 基地局側から自営等 BWA 基地局 B 側

準同期では、

$$\text{DU 比} = 57.3 - (-9.6) = 66.9 [\text{dB}]$$

自営等 BWA 基地局 A 側から地域 BWA 基地局側

$$\text{DU 比} = 57.3 - (-28.6) = 85.9 [\text{dB}]$$

自営等 BWA 基地局 B 側から地域 BWA 基地局側

$$\text{DU 比} = 27.3 - 29.1 = -1.8 [\text{dB}]$$

地域 BWA 基地局側から自営等 BWA 基地局 A 側

$$\text{DU 比} = 27.3 - 10 = 17.3 [\text{dB}]$$

地域 BWA 基地局側から自営等 BWA 基地局 B 側

※ 図 2.5-1 参照

基地局間の同期同士では以上となる。

自営等 BWA が準同期の場合、サブフレーム 3、8 に於いて常に地域 BWA 側から自営等 BWA 基地局 A 側へ干渉があり、DU 比は干渉波が希望波より多く、これでは通信できない。なお、上記は地域 BWA 基地局の送信電力が 16W の場合であり、2W の場合は、DU 比が 9dB 改善する。

全国 BWA 基地局との干渉では、別表(表 1.5-4)のようになり、特に問題はない。

以上は基地局間の場合で、次は**基地局—移動局間**を考える。

同じく拡張秦式(総務省計算式 $H_m=1.5[m]$ 限定)を用いると、各々の移動局が、許容干渉レベル(-98.8dBm/20MHz)で考えると、その所要減衰量は

自営等 BWA 側移動局: 11.9dB

地域 BWA 側移動局: -7.5dB (自営等 BWA 基地局 A)

地域 BWA 側移動局: 23.6dB (自営等 BWA 基地局 B)

従って、

DU 比 = $27.3 - 11.9 = 15.4$ [dB] 自営等 BWA 移動局側

DU 比 = $27.3 - (-7.5) = 34.8$ [dB] 自営等 BWA 基地局 A 側から地域 BWA 移動局側

DU 比 = $27.3 - 23.6 = 3.7$ [dB] 自営等 BWA 基地局 B 側から地域 BWA 移動局側

よって自営等 BWA 基地局 B 側から地域 BWA 移動局側は、所望の DU 比を得られない。

しかし、以上は希望波が-71.5dBm 得られたときの理論的な計算値であり、実際のフィールドで基地局からの RSSI がいくらになるかを考慮せねばならない。また、干渉量の計算でも、伝搬損失は郊外地での理論計算であり、フィールドの状態では基地局からの伝搬損失が少なく、また多くなる場合もあるので注意を要する。例えば、地域 BWA(全国 BWA) 基地局からの受信電力が移動局の地点で理論値より高いと干渉量が増え DU 比はその分劣化する。

隣接周波数帯の場合の、基地局間、基地局—移動局間、さらにまた、同一周波数帯・隣接周波数帯での移動局—基地局間、さらに、移動局間もあり説明が煩雑になるので省略し一覧表に記載した。

表 1.6-1 地域 BWA との DU 比

項番	①				②			③			④	
与干渉	自営等 BWA 基地局 A	自営等 BWA 基 地局 B	地域 BWA 基地局 (16W)		自営等 BWA 基 地局 A	自営等 BWA 基 地局 B	地域 BWA 基地局 (16W)	自営等 BWA 移 動局②	地域 BWA 移動局		自営等 BWA 移 動局②	地域 BWA 移動局 ①
被干渉	地域 BWA 基地局		自営等 BWA 基 地局 A	自営等 BWA 基 地局 B	地域 BWA 移動局①		自営等 BWA 移 動局②	地域 BWA 基 地局	自営等 BWA 基 地局 A	自営等 BWA 基 地局 B	地域 BWA 移動局 ①	自営等 BWA 移 動局②
干渉量[dB]	-9.6	-28.6	29.1	10.0	-7.5	23.6	11.9	2.3	21.6	53.5	63.1	63.1
準同期 DU 比 [dB]	66.9	85.9	-1.8	17.3	34.8	3.7	15.4	25.0	5.7	-26.2	-35.8	-5.8
同期 DU 比 [dB]	66.9	85.9	28.2	47.3	34.8	3.7	15.4	25.0	5.7	-26.2	-5.8	-5.8

表 1.6-2 全国 BWA との DU 比

項番	①				②			③			④	
与干渉	自営等 BWA 基 地局 A	自営等 BWA 基 地局 B	全国 BWA 基地局 (16W)		自営等 BWA 基 地局 A	自営等 BWA 基 地局 B	全国 BWA 基 地局	自営等 BWA 移 動局②	全国 BWA 移動局①		自営等 BWA 移 動局②	全国 BWA 移 動局
被干渉	全国 BWA 基地局		自営等 BWA 基 地局 A	自営等 BWA 基 地局 B	全国 BWA 移動局		自営等 BWA 移 動局②	全国 BWA 基 地局	自営等 BWA 基 地局 A	自営等 BWA 基 地局 B	全国 BWA 移 動局	自営等 BWA 移 動局②
干渉量[dB]	-29.6	-48.6	-6.9	-26.0	-27.5	3.6	-24.1	-17.7	1.6	33.5	43.1	43.1
準同期 DU 比 [dB]	86.9	105.9	34.2	53.3	54.8	23.7	51.4	45.0	25.7	-6.2	-15.8	14.2
同期 DU 比 [dB]	86.9	105.9	64.2	83.3	54.8	23.7	51.4	45.0	25.7	-6.2	14.2	14.2

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なっており、参考の検討手法である。【詳細は P. 62 参照】

Ⅲ 準同期運用の検討

1. 概要

非同期運用の中でも同期方式の運用への影響を最小限に抑えることで比較的干渉調整の簡素化が可能な「準同期(TDD 方式)」にかかるフレーム構成を机上検討した。

表 2.1-1 TD-LTE Configuration

Uplink-downlink configuration	Downlink-to-Uplink Switch-point periodicity	Subframe number									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

同期方式のconfiguration 2 と他のconfiguration を比較し、内容が異なっているサブフレームに着目し、基地局間干渉、自営等BWA 基地局が被干渉の地域・全国BWA移動局に与える干渉、自営等BWA 移動局が被干渉の地域・全国BWA基地局に与える干渉、また、自営等BWA 移動局が被干渉の地域・全国BWA 移動局に与える干渉について考察し、整理した。

次項以降に、各干渉モデルについての考察を述べるが、各々干渉が発生し得る割合が変わるものの、離隔やアンテナ方向調整などのサイトエンジニアリングによる干渉回避処置を講ずる事で、共用は可能と考えられる。

また、上り回線の通信比率を上げられない構成 (Configuration 4,5) は予め除外する。

2. 基地局間干渉

地域・全国BWA基地局はConfiguration 2の同期方式である。自営等BWA がそれ以外の0、1、3、6の場合、昨年度の結果から、サブフレーム3、8では同期方式である地域BWA 基地局がダウンリンクのとき、準同期のシステムはアップリンクである。よって、その基地局は受信状態なので、お互いのカバーエリアが近いと準同期側が干渉を受ける。同様にConfiguration 0 もサブフレーム3、4、8、9 で干渉を受ける。

逆の関係、すなわち同期方式の地域BWA 側の基地局が干渉を受ける組み合わせは、configuration3のサブフレーム7なのでこのconfiguration は準同期として提案しないことが賢明であると推察される。

以上まとめると、

Configuration 0: サブフレーム3, 4, 8, 9で同期方式の基地局から干渉を受ける。

Configuration 1: サブフレーム3, 8で同期方式の基地局から干渉を受ける。

Configuration 3: サブフレーム3, 4で同期方式の基地局から干渉を受け、7で干渉を与える。

Configuration 6: サブフレーム3, 4, 8で同期方式の基地局から干渉を受ける。

3. 自営等 BWA 基地局が地域・全国移動局へ与える干渉

この場合は、両システムがDL の場合が一番干渉をお互いに受ける。つまり同期方式同士の場合でも地域BWA 移動局が自営等BWA カバーエリアに近づくと干渉を受けるので準同期方式として可能なフレーム構成は特にならない。

4. 自営等 BWA 移動局が地域・全国基地局へ与える干渉

この場合は、地域BWA 側がUL であり、準同期方式側もUL であるので、同期方式同士の場合でも自営等BWA 移動局が地域BWA カバーエリアに近づくと干渉を受けるので準同期方式として可能なフレーム構成は特にならない。強いて言えばConfiguration3でサブフレーム7がDLのフレームなので干渉が少ないといえるが、移動局はEIRPも少ないのであえてこれを提案するメリットはない。

5. 自営等 BWA 移動局が地域・全国 BWA 移動局へ与える干渉

このとき問題となるのは、地域BWA側がDLで、準同期自営等BWA側がULの場合である。

Configuration 1はサブフレーム3, 8では同期方式である地域BWA基地局がDLのとき、準同期方式のシステムはULである。同様にConfiguration 0もサブフレーム3, 4, 8, 9で自営等BWA移動局が地域・全国BWA移動局へ干渉を与える。

また、Configuration 3はサブフレーム3, 4で自営等BWA移動局が地域・全国BWA移動局へ干渉を与える。

Configuration 6はサブフレーム3, 4, 8で自営等BWA移動局が地域・全国BWA移動局へ干渉を与える。

以上に鑑み、Configuration 4, 5 は除外し、0, 6 は干渉を与えるサブフレーム数が多いので除き、3 は基地局間にてサブフレーム 7 で干渉を与えることから、結論として自営等 BWA は Configuration 1 を準同期として提案する。

以下に準同期に於いて地上にて干渉を与える組み合わせと干渉比率を示す

表 2.5-1 準同期における地上での自営等 BWA と地域 BWA 間の与・被干渉組み合わせ

与干渉	自営等 BWA 基地局	地域 BWA 基地局	自営等 BWA 基地局	地域 BWA 基地局	自営等 BWA 移動局	地域 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局	地域 BWA 移動局
被干渉	地域 BWA 基地局	自営等 BWA 基地局	地域 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局	地域 BWA 基地局	自営等 BWA 基地局	地域 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局
干渉結果	無し	有り	無し	有り	無し	無し	有り	無し

表 2.5-2 準同期における地上での自営等 BWA と全国 BWA 間の与・被干渉組み合わせ

与干渉	自営等 BWA 基地局	全国 BWA 基地局	自営等 BWA 基地局	全国 BWA 基地局	自営等 BWA 移動局	全国 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局	全国 BWA 移動局
被干渉	全国 BWA 基地局	自営等 BWA 基地局	全国 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局	全国 BWA 基地局	自営等 BWA 基地局	全国 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局
干渉結果	無し	無し	無し	無し	無し	無し	有り	無し

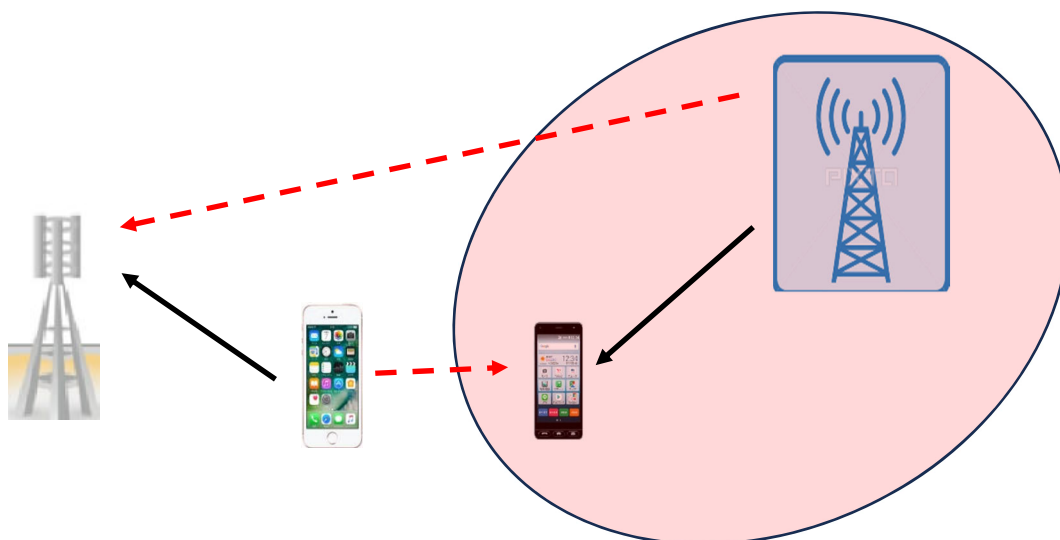


図 2.5-1 準同期自営等 BWA が UL、地域 BWA が DL となる区間での基地局間・移動局間干渉

Configuration 1 (準同期) の UL 区間の 50% は同期の UL 区間と一致していることから、実際に基地局間干渉が発生し得る区間は全体の UL 区間の最大でも 50% となる。

空中線移設、上空利用、遠方伝搬遅延、ハンドオーバーがある遠方伝搬遅延の各々の場合に関して準同期に注目して整理する。但し自営等 BWA は Configuration 1 である。

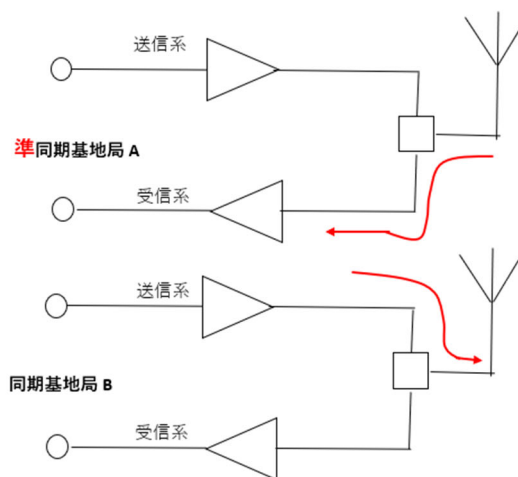
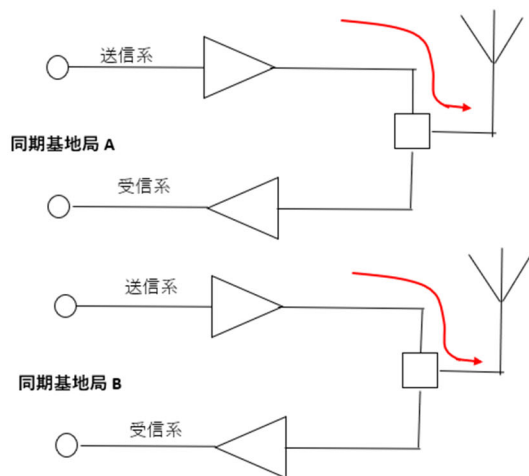
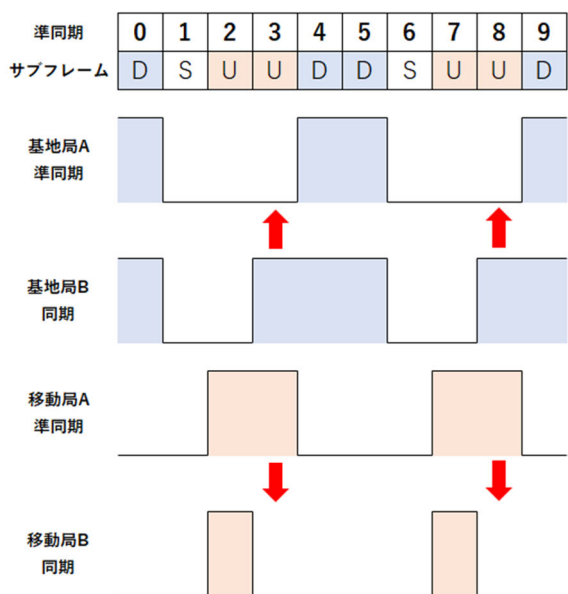
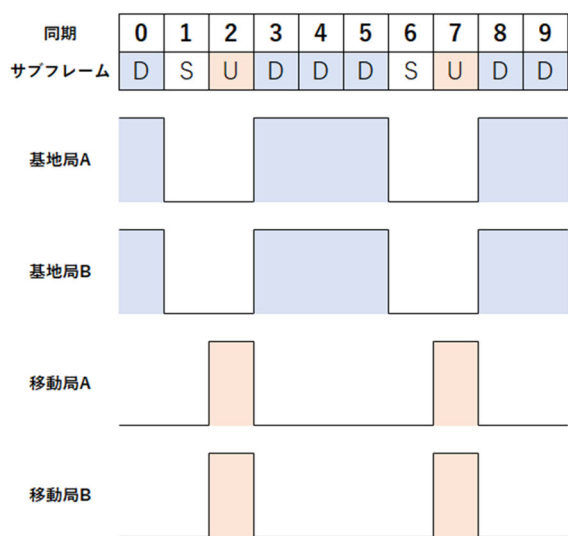


図 2.5-2 同一周波数帯での準同期における通信不良

上の図の左側は、同期方式(Configuration 2)と準同期方式(Configuration 1)における各サブフレームの時間軸において基地局間、移動局間でアップリンク、ダウンリンクの際にどう干渉するかを示したものである。

また、右側は同期方式同士の基地局側のブロックダイアグラム及び同期方式と準同期方式(Configuration 1)のブロックダイアグラムを示したもので、準同期方式の基地局が同期方式の基地局からダウンリンクでその受信系に干渉を受ける様子を示したものである。

6. 空中線移設

(1)地域 BWA

同一周波数帯で準同期として問題になるのは、自営等 BWA 移動局が隣接の地域 BWA 移動局に干渉を与える場合である。

しかし、離隔を取るため、地域 BWA 移動局が自営等 BWA 移動局に隣接することはない。その離隔は基地局間同士の干渉量を基に計算し、その距離は地域 BWA 移動局—自営等 BWA 移動局間の必要離隔よりも長くなる。

(2)全国 BWA

隣接周波数帯で準同期として問題となるのは、自営等 BWA 移動局が隣接もしくはサービスエリア内の全国 BWA 移動局に干渉を与える場合である。

自営等 BWA 移動局のサブフレーム3, 8が UL の時、全国 BWA はダウンリンクなので全国 BWA 移動局は干渉を受ける。

実証実験では自営等 BWA 移動局が全国 BWA 移動局に近いポイント②では自営等 BWA がその基地局からの受信電力が低すぎて通信できず干渉にならなかった。ポイント③では十分干渉であったが、全国 BWA 移動局のポイント①では干渉の影響は見られなかった。

その理由は、自営等 BWA 基地局からの受信電力が高い為に自営等 BWA 移動局の送信出力が低くなり、ポイント①での干渉レベルが低くなったからと思われる。

全国 BWA のサービスエリアでは当然干渉を与えると思われるが、距離を以下の表から 90～100m 離せばよい。あとは両システムの移動局の混在する確率による。

表 2.6-1 距離を離した場合の DU 比

距離 [m]	郊外地伝搬損失 [dB]	干渉量 [dB]	DU 比[dB]
			準同期
20	66.7	43.1	-29.6
40	72.7	37.1	-23.6
60	88.7	21.1	-7.6
80	100.0	9.8	3.7
90	104.7	5.1	8.4
100	117.3	-7.5	21.0

7. 上空利用

(1)地域 BWA

同一周波数帯で準同期として問題になるのは、自営等 BWA 移動局が隣接の地域 BWA 移動局に干渉を与える場合である。

しかし、地上よりも長く移動局間含め離隔を取るため、自営等 BWA 移動局が地域 BWA 移動局と隣接することはない。

(2)全国 BWA

隣接周波数帯で準同期として問題となるのは、自営等 BWA 移動局が隣接もしくはサービスエリア内の全国 BWA 移動局に干渉を与える場合である。

しかし地域 BWA に比べ、マスク減衰が約 20dB ある。また、地上に比べると、移動局のアンテナの仰角方向の指向減衰そして経路差による伝搬損失との差がある。それらを勘案する必要がある。近接では地上に比べると 20dB 分干渉の度合いが低くなる。

今回の実証実験では地上での移動局間が 20m、上空ドローン搭載自営等 BWA 移動局と地上の全国 BWA 移動局間が 52.5m で、その伝搬損失差が約 9dB、さらに送受信アンテナの仰角方向の指向減衰が干渉を減少させている。

8. 遠方伝搬遅延

(1)地域 BWA

ドローン搭載自営等 BWA 移動局の台数が増えると、同期・準同期とも干渉を受ける。

準同期では同期よりも干渉がサブフレーム3, 8に加え2, 7も増すので、ドローン搭載自営等 BWA 移動局の最大送信電力 P_{max} を同期よりも 3dB 多く下げる必要がある。

(2)全国 BWA

一番干渉の度合いが多い組み合わせのドローン搭載自営等 BWA 移動局から全国 BWA 移動局への干渉は、準同期でもドローン搭載自営等 BWA 移動局の台数が増くとも送信マスク減衰の為干渉はない。

IV 自営等BWA の新たな運用形態に対するニーズの調査・把握

1. 目的・概要

自営等 BWA の有する利点を背景とする「新たな運用形態」に関し、このような情報通信ネットワークへのニーズ・利用意向がどのような分野(利用シーン)・目的のもとに顕在するのか等について調査・把握した。

2. アンケート調査実施方法

企業や行政等における、BWA の認知状況を確認するとともに、具体的な利用ニーズや、利用を検討する上での課題を把握するため、企業および行政等、3,000 機関に調査票を送付し、期限内に 261 件(回収率 8.6%)の回答を得た。

(1) 調査概要

【送付対象】

対象エリア	全国		
選定方法	農業・林業	売上上位から	1,000 機関
	建設業	売上上位から	1,000 機関
	製造業/運輸業・郵便業/卸売業・小売業 等	売上上位から	750 機関
	その他		
	過去に、総務省におけるローカル5G等の実証事業に参加した自治体等		250 機関
合計			3,000 機関

※ 選定先については、特に事業上で情報通信ネットワークの利用の有無を把握していない。

【実施内容】

実施方法 郵送により調査票を送付し、オンラインフォームまたは、電子メールでの回答送付による受付

実施時期 発送 2023 年(令和 5 年)12 月 27 日(水)

回答締切 2024 年(令和 6 年)1 月 19 日(金)

送付状況 宛先不明 10 件

受取拒否 2 件

(2) 送付調査票等

末尾 参考文献等(P.177)参照

3. アンケート調査結果

回収した 261 件の回答内容について下記にまとめる。

(1) 自営等 BWA のニーズ

回収した 261 件について、自営等 BWA に関する認知度やニーズについて以下に示す。

【結果概要】

- 自営等 BWA に関する認知や、詳細に関する情報がユーザ層には認知されていない。
(認知度は 16.4%、一方、利用・検討する上での最大の課題は「利用に関する詳細な情報が不足しており、判断できない」で 32.6%)
- 具体的な活用方法としては、「携帯電話不感地帯の通信網」や「画像データ等の大容量データを高速に扱う通信網」として期待されている。
- 活用場所は「敷地内」や「工場等建物内」「農地」のほか、「工事地域」となっている。
- 自営等 BWA の魅力は、「1 台の基地局で広域をカバーできる」「大容量データを高速通信できる」「低コストで運用できる」「災害への耐性」となっている。

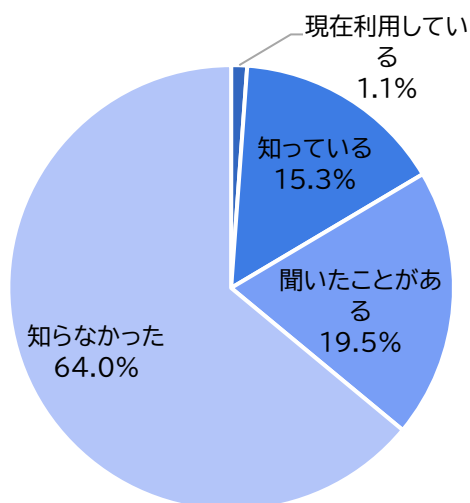
【ニーズ創出の課題と可能性】

- 通信手段としての認知の不足
- 一般的な認知のほか、詳細な情報の伝達が必要
- 携帯電話不感地域が課題とするエリアは、「敷地内」や「工場等建物内」、「農地」、「工事地域」と多い

【集計結果】

○自営等 BWA の認知度

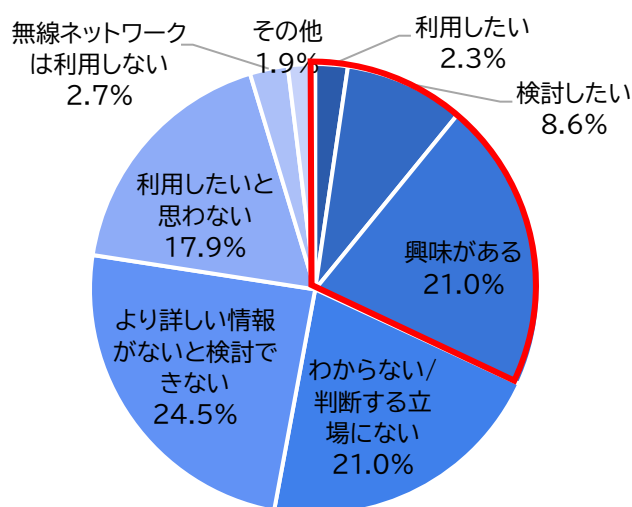
自営等 BWA の認知度は、「知らなかった」が最も多く 64.0%、次いで「聞いたことがある」が 19.5%であった。一方、「現在利用している」「知っている」の合計は 16.4%であった。



N=261

○自営等 BWA の利用意向

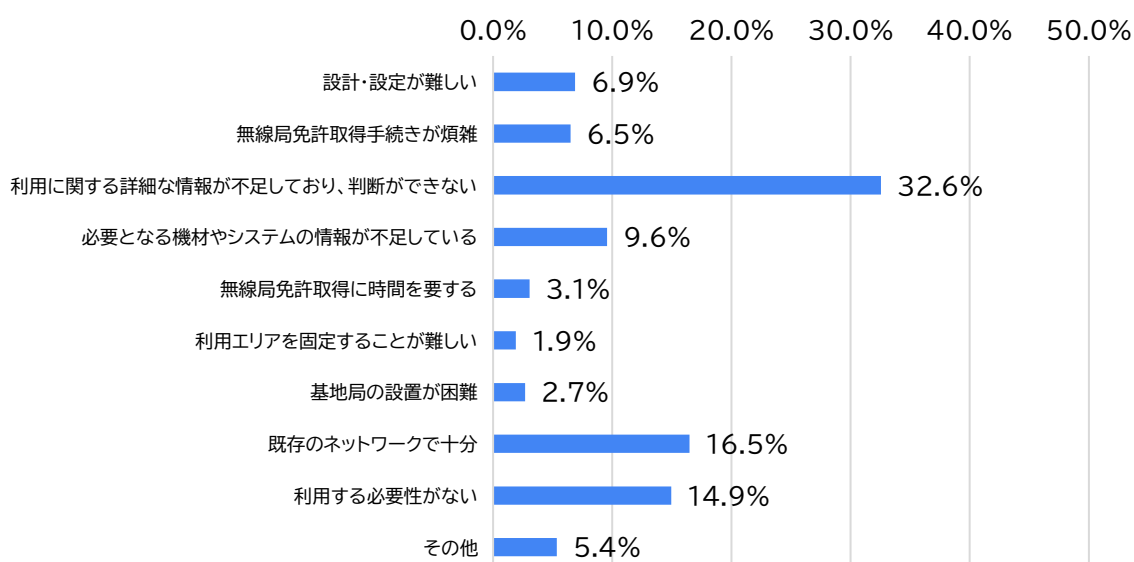
自営等 BWA の利用意向は、「利用したい」「検討したい」「興味がある」の合計が 31.9%、「利用したいと思わない」「無線ネットワークは利用しない」の合計が 20.6%であった。



N=257

○自営等 BWA を利用・検討する上での課題

自営等 BWA を利用・検討する上での最も課題となる点は「利用に関する詳細な情報が不足しており、判断ができない」が最も多く 32.6%、次いで、「既存のネットワークで十分」が 16.5%、「利用する必要性がない」が 14.9%であった。

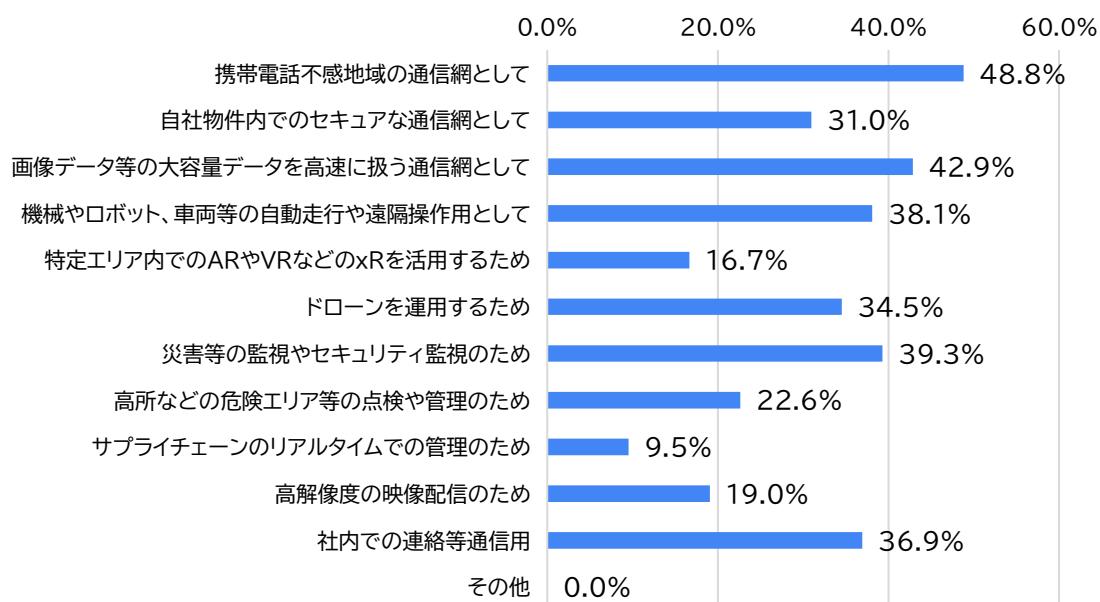


N=261

※自営等 BWA の利用意向において、「利用したい」「検討したい」「興味がある」と回答したものが回答対象

○自営等 BWA の具体的な活用方法

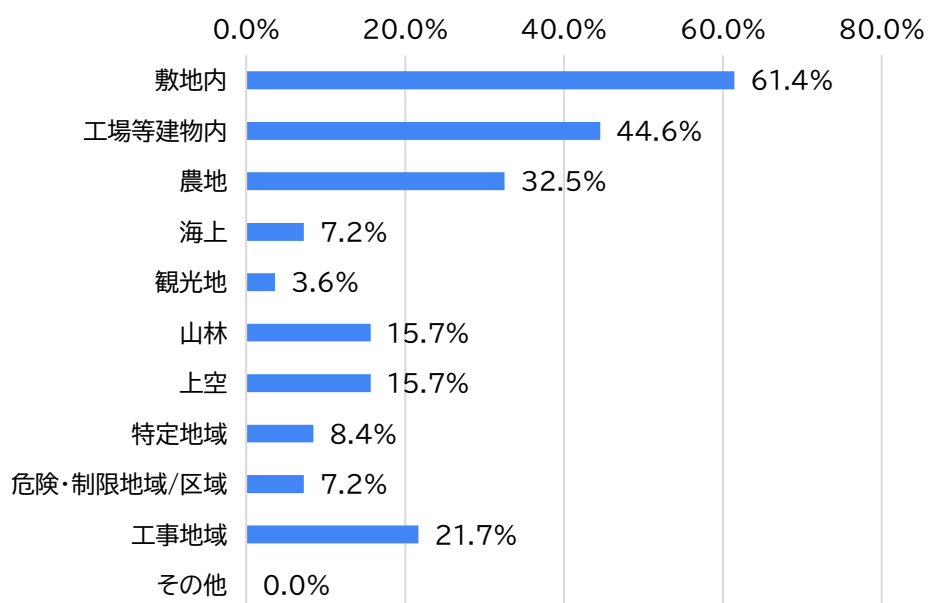
自営等 BWA の具体的な活用方法は「携帯電話不感地域の通信網として」が最も多く 48.8%、次いで、「画像データ等の大容量データを高速に扱う通信網として」が 42.9%、「災害時の監視やセキュリティ監視のため」が 39.3% となった。



N=84

○上記の活用が想定される場所/エリア

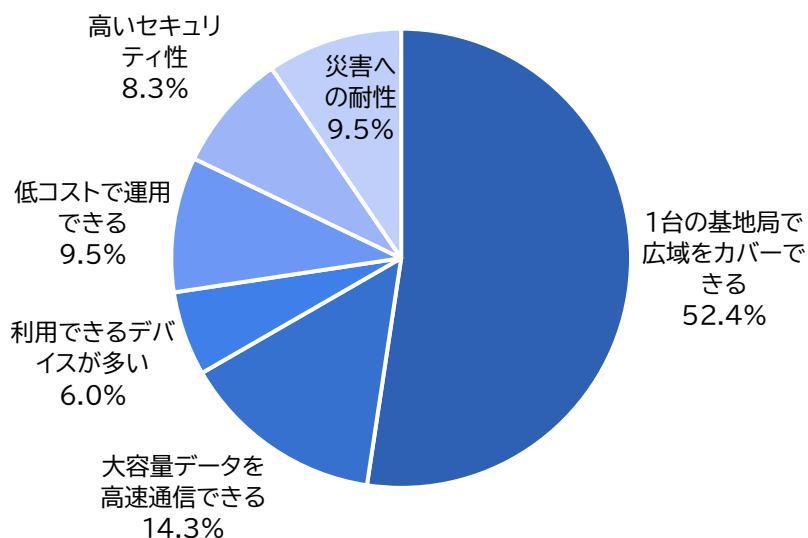
上記で示した活用方法について、想定している場所やエリアについては、「敷地内」が最も多く 61.4%、次いで「工場等建物内」が 44.6%、「農地」が 32.5%であった。



N=83

○自営等 BWA の魅力となる訴求点

自営等 BWA について魅力を感じるポイントについては「1 台の基地局で広域をカバーできる」が 52.4%、次いで、「大容量データを高速通信できる」が 14.3%、「低コストで運用できる」「災害への耐性」が 9.5%であった。

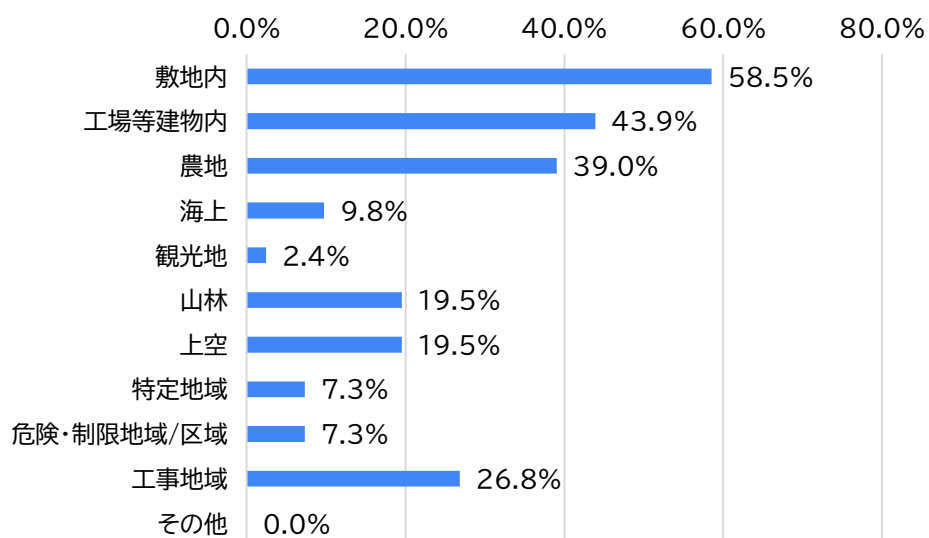


N=84

【参考】下記クロス集計については、サンプル数の関係から参考値(傾向)として記載

上記「自営等 BWA の具体的な活用方法」にて「携帯電話不感地域での通信網として」と回答したものを対象に、「活用が想定されるエリア」をクロス集計した。

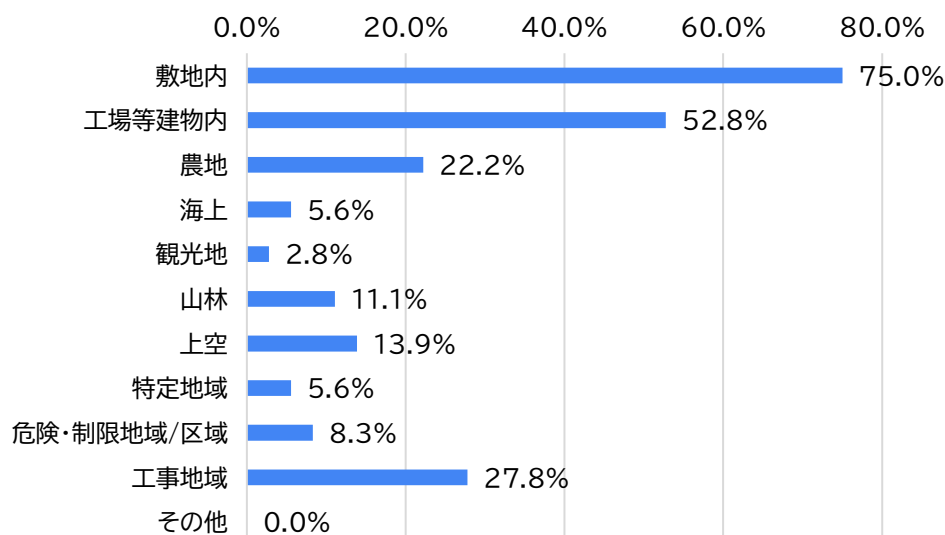
「敷地内」が 58.5%で最も多く、次いで「工場等建物内」が 43.9%、「農地」が 39.0%であった。



N=41

「自営等 BWA の具体的な活用方法」にて「画像データ等の大容量データを高速に扱う通信網として」と回答したものを対象に、「活用が想定されるエリア」をクロス集計した。

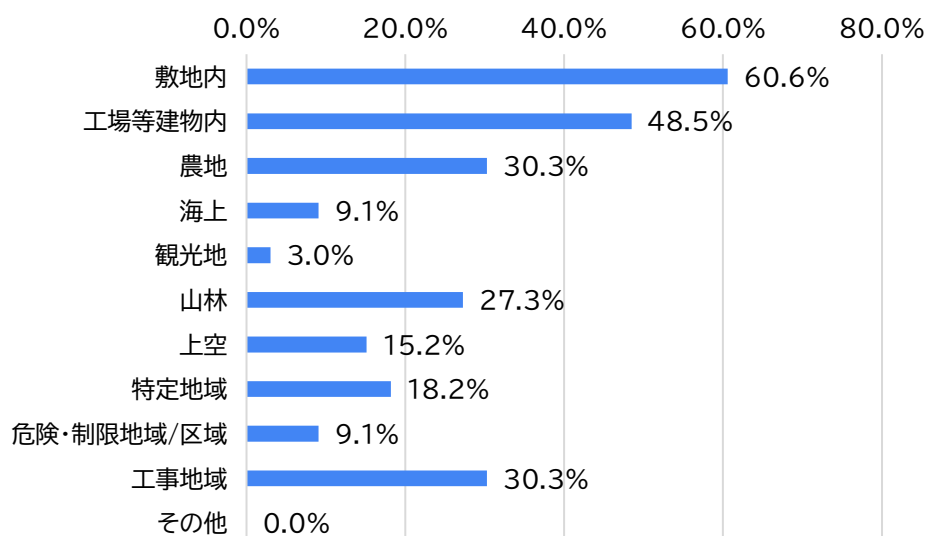
「敷地内」が 75.0%で最も多く、次いで「工場等建物内」で 52.8%、「工事地域」が 27.8%であった。



N=36

「自営等 BWA の具体的な活用方法」にて「災害等の監視やセキュリティ監視のため」と回答したものを対象に、「活用が想定されるエリア」をクロス集計した。

「敷地内」が、60.6%で最も多く、次いで「工場等建物内」が 48.5%、「農地」「工事地域」が 30.3%であった。



N=33

(2) 新たな運用形態に対するニーズ

今回の実証対象である3つの新たな運用形態について、そのニーズや課題について確認した。

なお、回答に際し、新たな運用形態に関する詳細について、調査票と共に、その概要や説明を記載した資料を同封し、一読した上での返答を促している。

同封した説明資料は末尾参考文献等(P.181)参照。

【結果概要】

- 3つの新たな運用形態のうち、最も肯定的な回答が多かったのは「自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用」であった。
- また、説明資料を添付したものの、その内容について理解を得られなかったのは「自営等 BWA で運用する移動局からの伝送量(アップロード)を拡張した運用」であった。
- 具体的な活用イメージについては、
「自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化」では、農業関係は不感地域対策、建設・土木関係はスマート化や不感地域対策、製造業は製造設備関連や不感地域対策に関する意見が多かった。
「自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用」では、農業関係はモニタリング関係や不感地域対策、建設・土木関係は、現場確認や測量関係、製造業では工場施設管理、流通・運輸関係は、配送や管理・セキュリティに関する意見が多く、情報通信業からは早期での実現を要望する意見があった。
「自営等 BWA で運用する移動局から伝送量(アップロード)を拡張した運用」では、農業関係は管理、建設・土木関係はデータ利用、製造業は監視に関する意見が多かった。
- 検討する上での課題としては、いずれも「運用開始までの手続き」「維持・運用コストがかかる」「初期費用が掛かる」が多く、「自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用」では、「無線局免許の取得」が他より多く、「自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用」では、「ドローンによる上空利用時や移動時に自己土地以外を飛行してしまう」「天候」が他より多い傾向にあった。

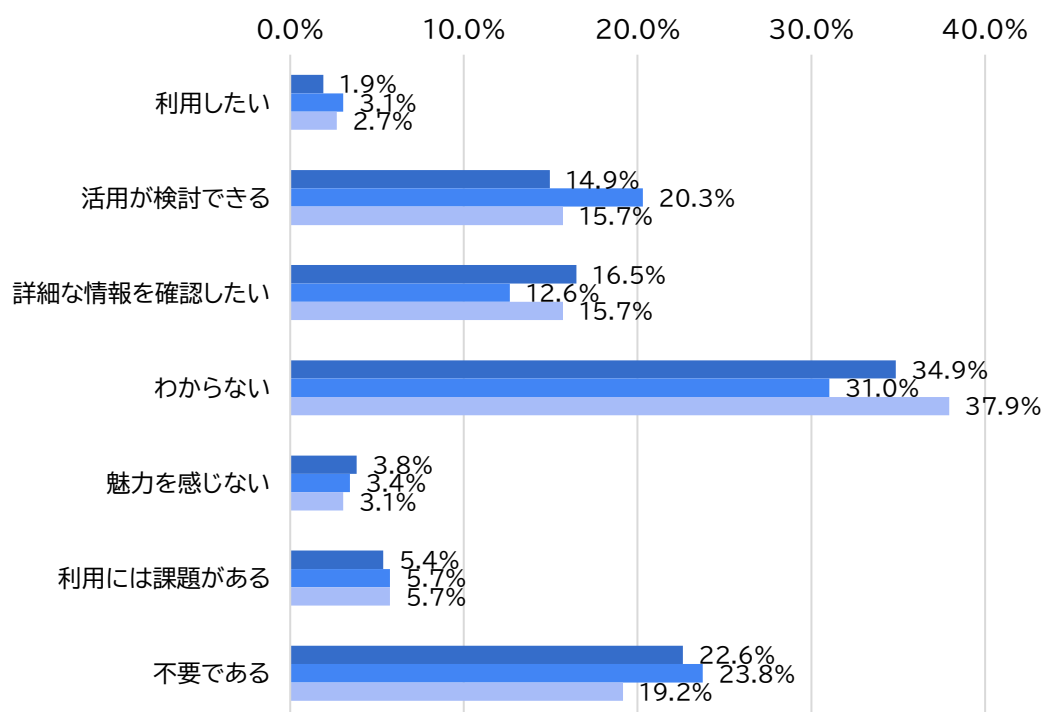
【ニーズ創出の課題と可能性】

- 全体の3割以上が「わからない」と回答していることから、情報の補足(必要となる機材や費用)や具体的な利用可能環境、運用開始までの手続きの提示が必要。
- 屋外環境では、農業のほか、建設・土木業、製造業、屋内環境では、製造業での需要が確認できた。
- 一方、建設・土木業における需要は、主に工事現場であることから、免許取得時に「自己土地」でないことが課題となる。
- 不感地域に関する要望は農業のほか、建設・土木業の工事現場や、製造業の施設内で確認できた。
- ドローンの活用は、農業では「作物のモニタリング」「圃場監視」が見込まれ、建設・土木業では「現場監視や進捗管理」「測量」が見込まれ、製造業では「施設管理」「製造管理」が見込まれる

【集計結果】

○3つの新たな運用形態の利用意向

- ・「自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化」については、「わからない」が最も多く 34.9%、次いで「不要である」が 22.6%、「詳細な情報を確認したい」が 16.5%であった。「利用したい」「活用が期待できる」「詳細な情報を確認したい」といった肯定的な回答は 33.3%であった。
- ・「自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用」については、「わからない」が最も多く 31.0%、次いで「不要である」が 23.8%、「活用が検討できる」が 20.3%であった。「利用したい」「活用が期待できる」「詳細な情報を確認したい」といった肯定的な回答は 36.0%であった。
- ・「自営等 BWA で運用する移動局から伝送量(アップロード)を拡張した運用」については、「わからない」が最も多く 37.9%、次いで「不要である」が 19.2%、「活用が検討できる」「詳細な情報を確認したい」が 15.7%であった。「利用したい」「活用が期待できる」「詳細な情報を確認したい」といった肯定的な回答は 34.1%であった。

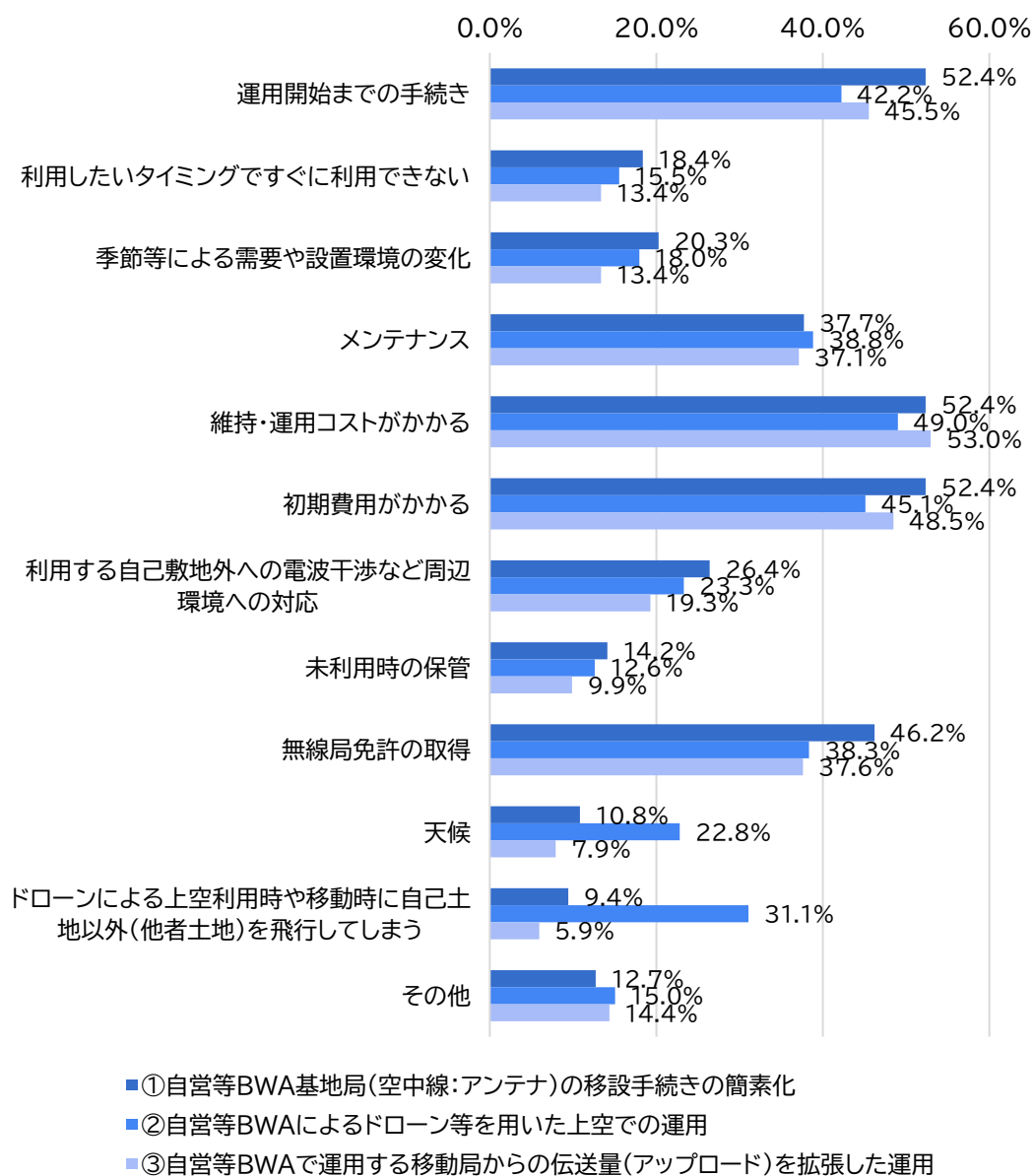


- ①自営等BWA基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化
- ②自営等BWAによるドローン等を用いた上空での運用
- ③自営等BWAで運用する移動局からの伝送量(アップロード)を拡張した運用

N=261

○3つの新たな運用形態を検討する上での課題

- ・「自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化」については、「運用開始までの手続き」「維持・運用コストがかかる」「初期費用がかかる」が最も多く 52.4%、次いで「無線局免許の取得」が 46.2%であった。
- ・「自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用」については、「維持・運用コストがかかる」が最も多く 49.0%、次いで「初期費用がかかる」が 45.1%、「運用開始までの手続き」が 42.2%であった。
- ・「自営等 BWA で運用する移動局から伝送量(アップロード)を拡張した運用」については、「維持・運用コストがかかる」が最も多く 53.0%、次いで「初期費用がかかる」が 48.5%、「運用開始までの手続き」が 45.5%であった。



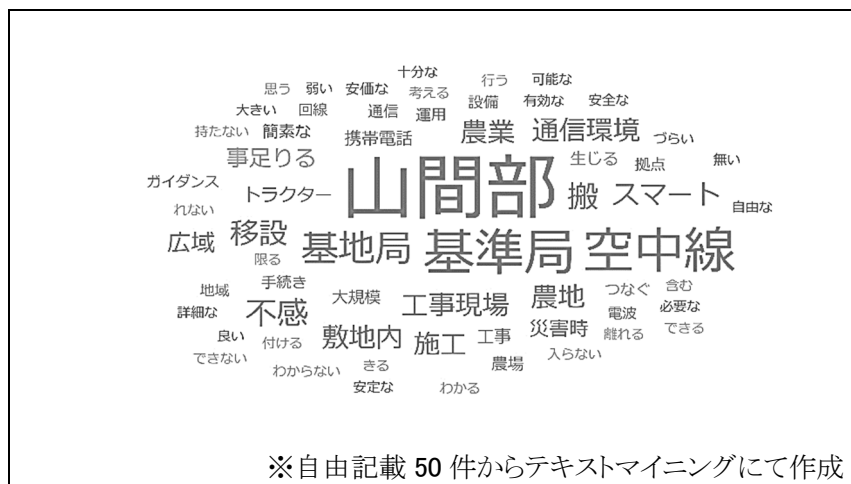
N=212

○回答者が想定した各運用形態の活用方法

回答者から得た活用イメージについて確認した。記載内容については、実際の運用可能性の可否に関わらず回答のまま抜粋して記載する。

①自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化

【頻出単語】



【回答内容(抜粋分類)】

○農業関係

不感地域対策

- ・ 農場内の通信環境の向上
- ・ 敷地内が携帯電話の電波が弱いので、敷地内通信用に
- ・ 畜舎内、環境データの送信及び換気制御のコントロール
- ・ 携帯電話不感地域の通信網の改善
- ・ 電波の入らない地域に安価で安定は魅力
- ・ 自社圃場でのドローンの農薬散布の自動化が検討できる

その他

- ・ 農業におけるシェアリング利用
- ・ 広域の農地でのスマート農業の展開

○建設・土木関係

スマート化

- ・ 大規模な自然災害などで人が作業しづらい工事現場での無人化施工
- ・ 建設・工事現場の進捗で移設する場合の基地局の移設の容易さ
- ・ 土木の機械施工(複数台の建機を遠隔操作)
- ・ 複数箇所ある離れた施工現場間での情報のやりとり
- ・ 公共工事などの現場におけるネットワーク

不感地域対策

- ・ 建設現場での電波範囲の拡大

- ・ 山間部の工事箇所での通信環境の構築
- ・ 山間部に点在する設備の工事時の通信環境構築

○製造業

製造設備関連

- ・ 敷地内にある複数の工場をつなぐ拠点に
- ・ 基地局設備を可搬しての一時的なエリア展開
- ・ 複数事業場間での移設運用
- ・ 工場内や物流拠点の自由なレイアウト変更

緊急時関係

- ・ 大規模災害時の代替通信手段

不感地域対策

- ・ キャリア回線の延伸
- ・ 「利用したいができないエリア」が生じる期間の短縮

○流通・運輸関係

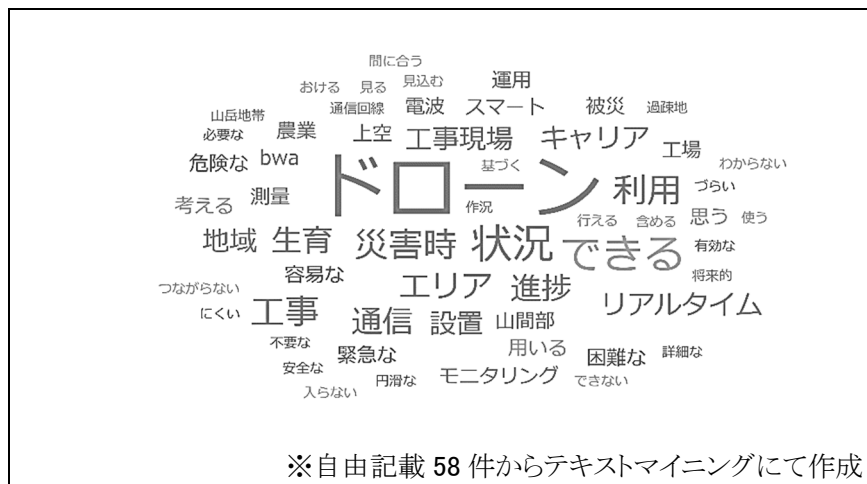
- ・ 家庭用無線 LAN 装置だけでなんとかやりくりしているので
- ・ 配送トラック、店舗運営の管理

○その他・要望・意見

- ・ 特定の場所に限られないため中山間地域での活用が見込める
- ・ 移動運用が可能だとよい
- ・ 車両への搭載
- ・ 森林地での監視、データ集積

②自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用

【頻出単語】



【回答内容(抜粋分類)】

○農業関係

モニタリング関係

- ・ 作況調査等
- ・ 敷地内の状況確認
- ・ 牛舎内・牛の異状の発見(寝起き等)
- ・ 農作物の盗難対策等、広範囲への監視カメラ設置が困難であった状況が改善するのでは
- 不感地域対策
- ・ キャリア通信回線が繋がらない空中を移動するドローンとの通信網を確保できるのは、将来的に魅力
- ・ 軽トラックに設置しておける程度の移動汎用性があるとかなり便利
- ・ 施設栽培のため小型化されたドローン用

○建設・土木関係

現場確認

- ・ 工事の全貌が把握しづらい土木工事の現場
- ・ 現場にドローン本体だけ設置し、事務所から操縦して現場状況を確認する
- ・ 災害時の点検
- ・ 工事現場の工事状況配信、確認
- ・ リアルタイムに映像を見ることができる
- ・ 海上工事現場での上空からの進捗確認撮影

測量関係

- ・ 3D 測量の効率化
- ・ ドローン画像の送信が容易になる

○製造業

工場等施設管理

- ・ 危険個所の設備点検

- ・ 災害時の状況把握
- ・ 広域でのデータ取得と即時解析
- ・ 建物・プラント上空からの検査
- ・ 構造物の状態確認
- ・ 構内監視、インフラ設備管理
- ・ 作業現場の安全管理、点検等
- ・ **AI** によるリアルタイムの映像分析

○流通・運輸関係

配送

- ・ ドローンによる工場内輸送
- ・ ドローン配達

管理・セキュリティ

- ・ 侵入者を感知してドローンを緊急発進させるような警備サービスが実現できるようになるのでは
- ・ 倉庫の在庫管理
- ・ ドローンを用いた自動飛行による施設管理

○情報通信関係

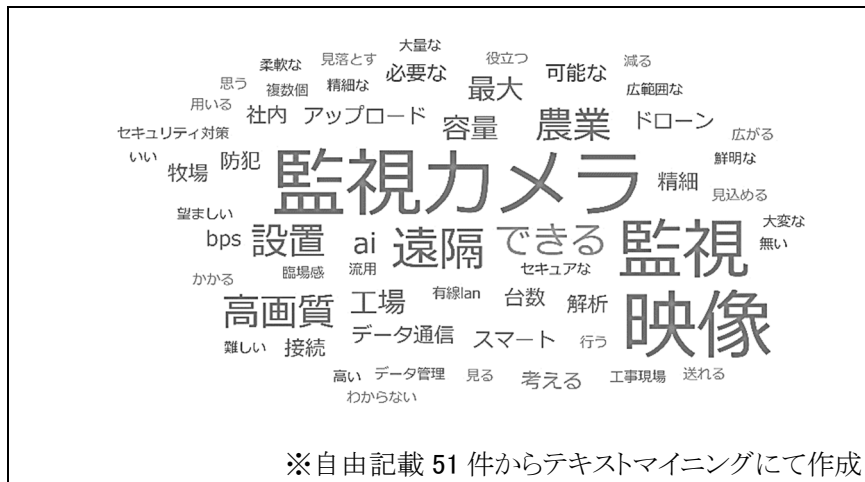
- ・ ローカル **5G** を含めて **TDD** によるドローンとの通信は実験試験局免許でしか利用ができないため、早期に利用可能となることを要望
- ・ 無線の中継局としての移動基地局利用ができると良い

○その他

- ・ 敷地境界監視
- ・ モニタリング系(工事進捗、生育状況等)の利用と、災害時の被災状況の範囲確認への利用が一番有効
- ・ 山林や広野など、遠隔地における無電波エリアが縮小することで、遭難者の捜索や緊急連絡がこれまで以上に円滑に行えるようになるのではないか
- ・ 森林地の生育モニタリング、危険エリアの監視

③自営等 BWA で運用する移動局から伝送量(アップロード)を拡張した運用

【頻出単語】



【回答内容(抜粋分類)】

○農業関係

- ・ 監視カメラ流用、社内データ管理と機器連動
- ・ 防犯、植物監視が特に高精細な画像が確認できると管理にメリット
- ・ 自社バイオガспランツの監視
- ・ リアルタイムでの映像確認によるドローンでの防除、施肥

○建設・土木関係

- ・ 工事現場の複数個所からの写真をアップロードし、AI で設計図面との差異をチェックする
- ・ 遠隔操作重機のデータを送れるようになる
- ・ 管理棟の遠隔監視・点検

○製造業

- ・ 工場ラインの状況確認、センサからの通信
- ・ 監視業務の省人化
- ・ アクセスポイント設置が難しい施設での無線 LAN 運用
- ・ 鮮明な画像で参照できることで、ドローンによる点検や遠隔監視で見落とし/見誤りによるトラブル低減に期待

○流通・運輸関係

- ・ 伝達量の拡張はセキュリティや障害を考えると課題が多い
- ・ 広範囲に設置した監視カメラ等の映像を無線通信する
- ・ 船舶におけるデータ通信、船内 Wi-Fi への活用
- ・ 店舗仮想サービス

○情報通信業

- ・ トラフィック容量が広がることは望ましいので、早期に利用可能となることを要望する
- ・ BWAの規格上、アップロードしたい画像容量にはスペック不足である
- ・ 高精細動画の AI 解析・学習データ収集

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">・ ロボット車両の運用にかかる遠隔監視網の実現 |
|---|

○その他

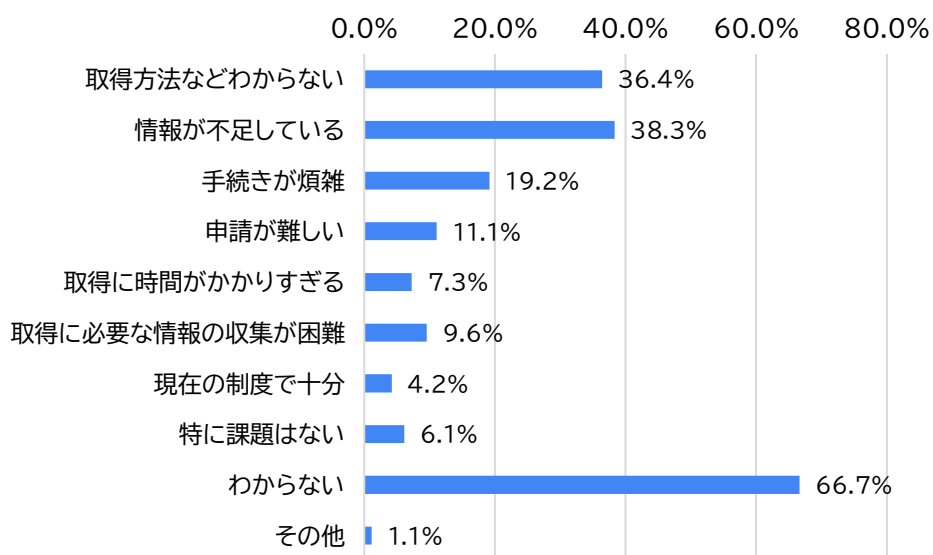
- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">・ データ量の大きな IoT 機器の運用・ 臨場感のあるスポーツ中継 |
|---|

(3) 法規制について

回収した 261 件について、電波利用上で必要となる無線局免許について要望を確認した。

○免許制度について

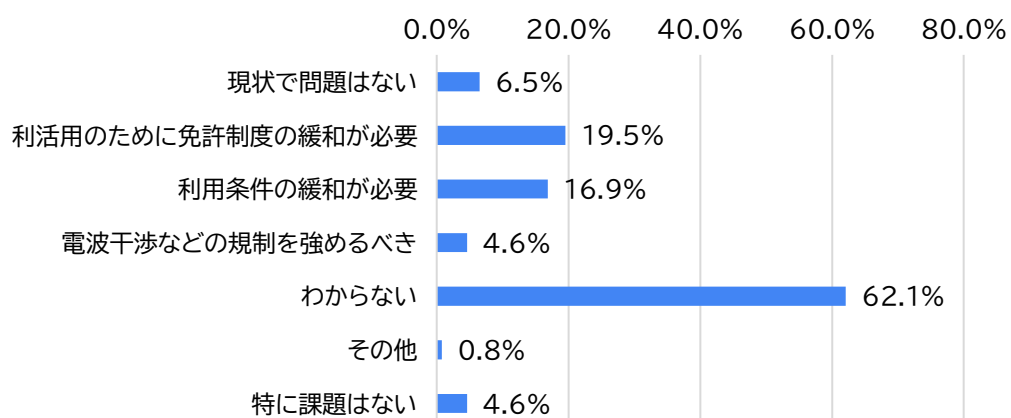
無線局免許については、「わからない」が最も多く 66.7%、次いで「情報が不足している」が 38.3%、「取得方法などわからない」が 36.4%であった。



N=261

○法規制について

法規制については、「わからない」が最も多く 62.1%、次いで「利活用のために免許制度の緩和が必要」が 19.5%、「利用条件の緩和が必要」が 16.9%であった。

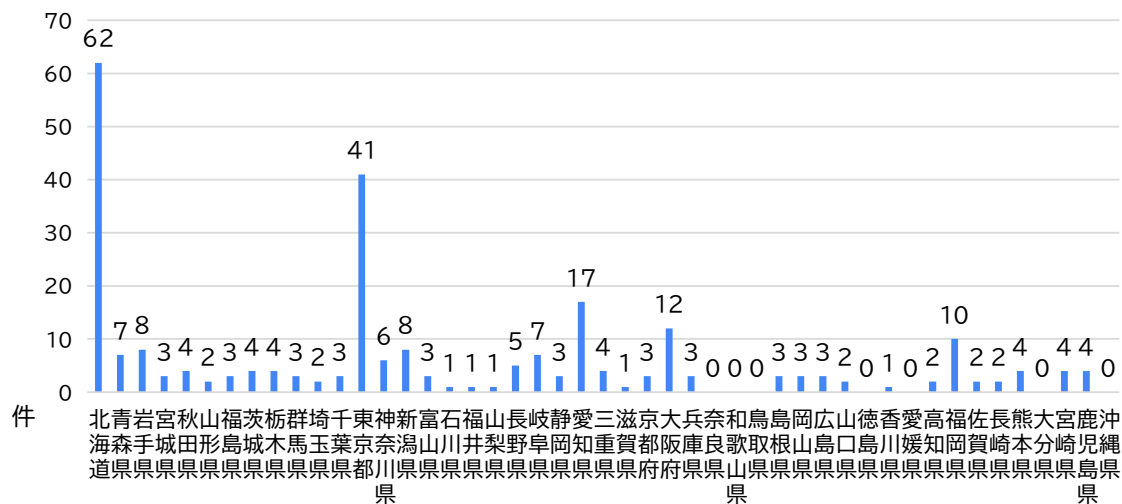


N=261

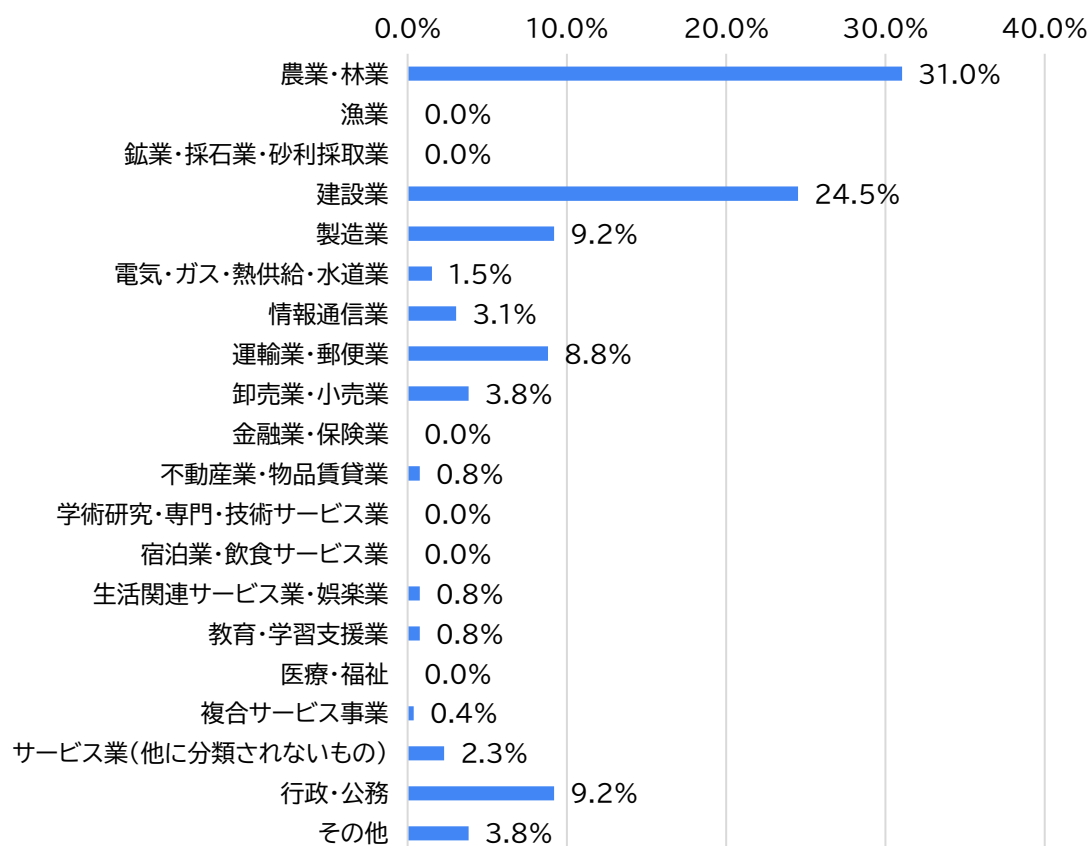
(4) 回答者属性

参考までに回収した 261 件の回答者の属性について以下に示す。

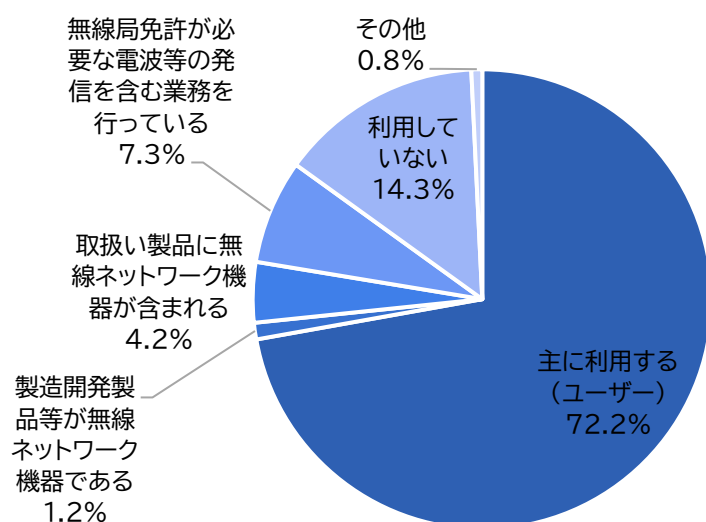
○所在地



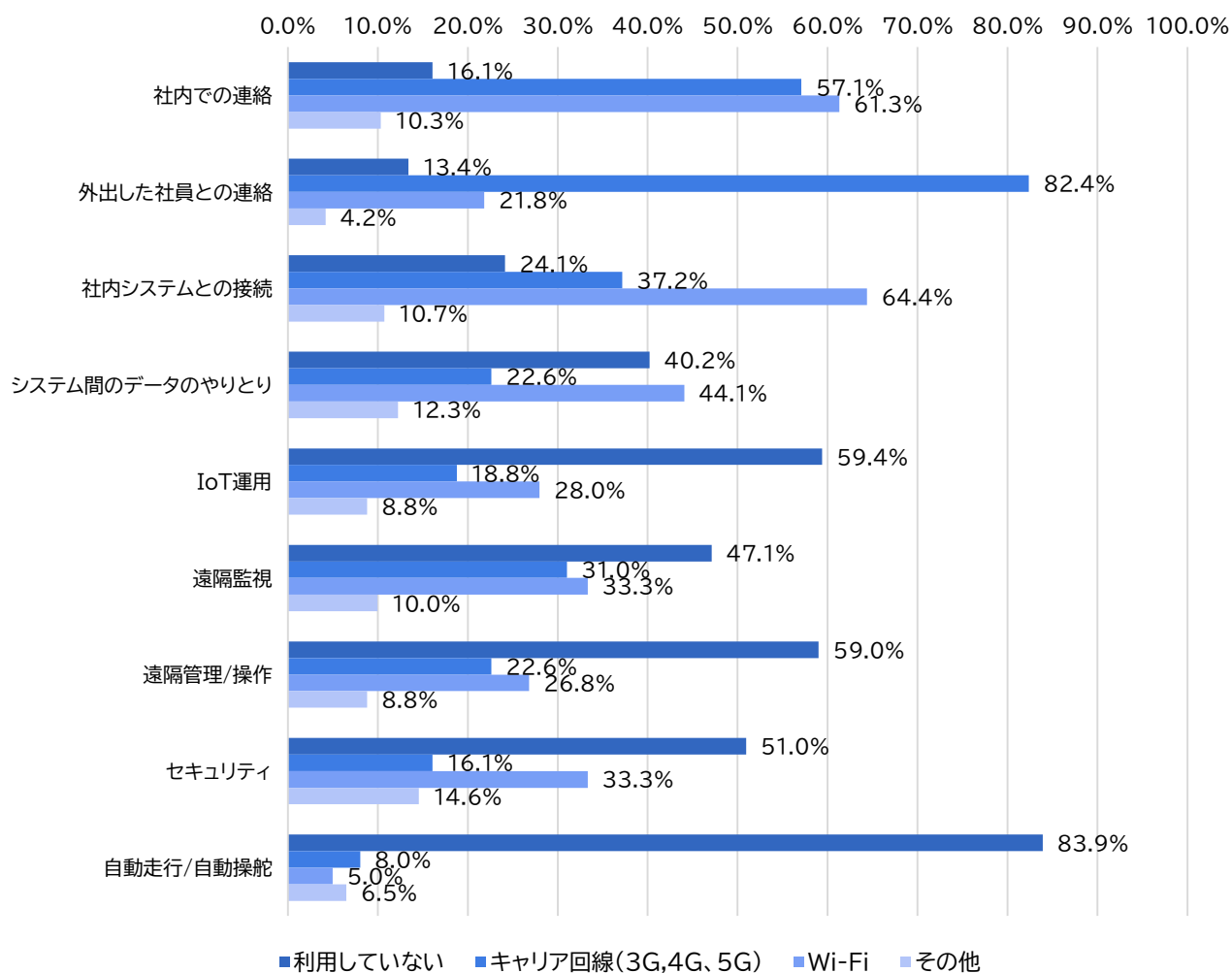
○業種



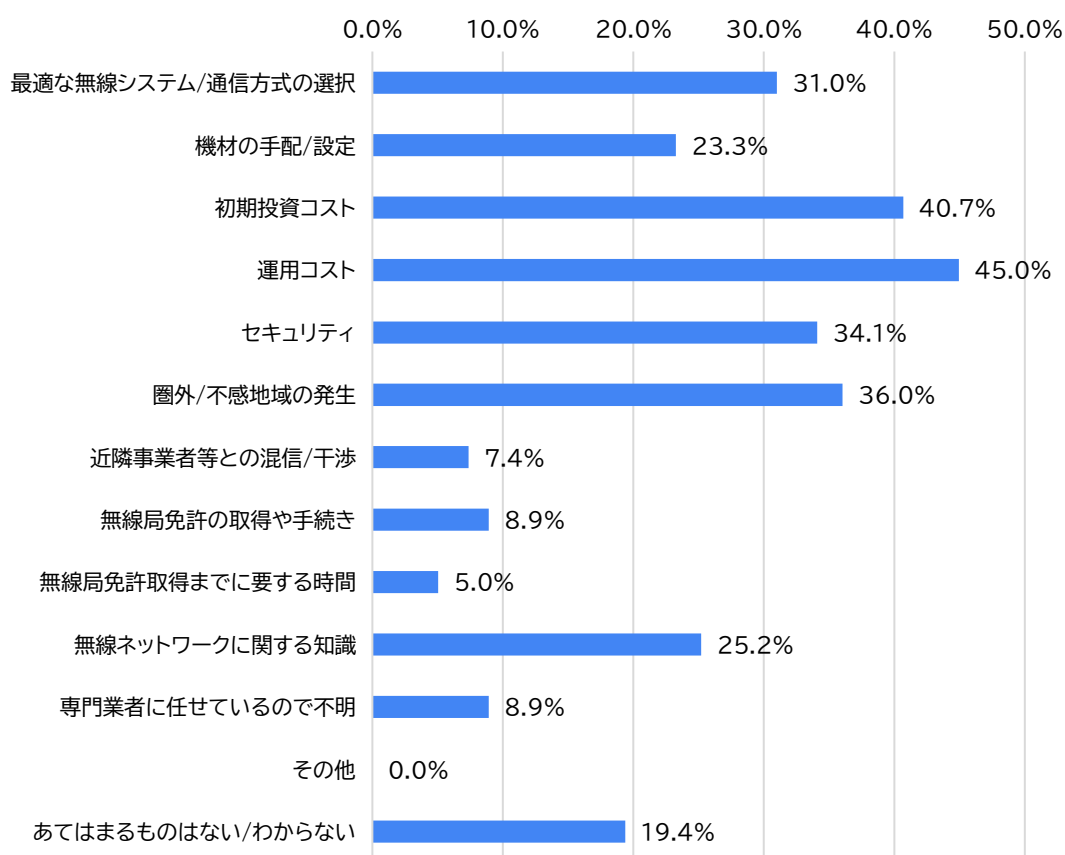
○無線ネットワークと業務の関係性



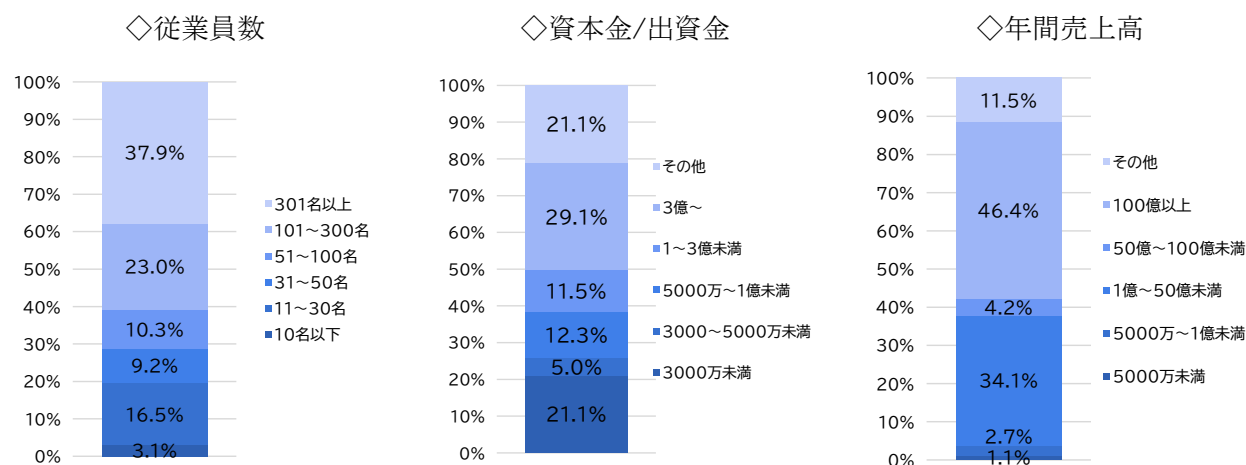
○目的別無線システム利用状況



○無線ネットワークの設定や検討・利用上の課題



○事業規模



(5) 業種による分析

回答者 261 件のうち、サンプル数が傾向値として確認できる「農業・林業」、「建設業」について分析を実施した。

【結果概要】

- 農業・林業では、携帯電話不感地域への対応、エリアカバーに関する要望が強い。
- 新たな運用形態については、「自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化」への関心が高く、無線免許の取得が最も課題と感じている。
- 建設業では、工事現場での通信環境整備への要望が強く、主な目的は、現場でのデータのやり取りやドローンの運用が出来ることが求められている。
- 新たな運用形態については、「自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用」への関心が高く、運用開始までの手続きや無線免許の取得が課題と感じている。

【抽出された課題】

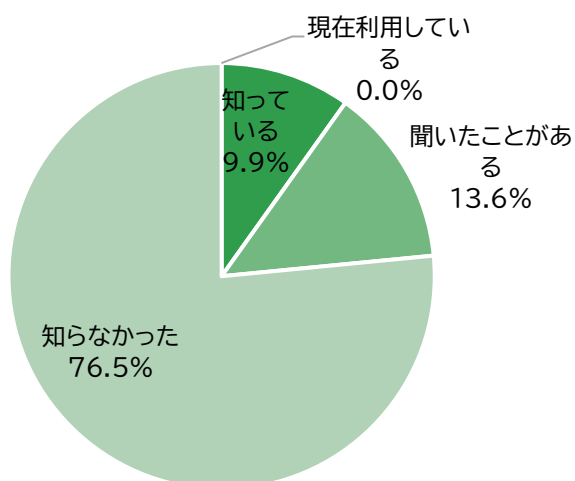
- ・ 利用者側の認知・情報不足
- ・ 「自己土地」に制限されることによる利用機会の制限
- ・ 運用開始までに要する時間

1) 農業・林業

【自営等 BWA のニーズ】

○自営等 BWA の認知度

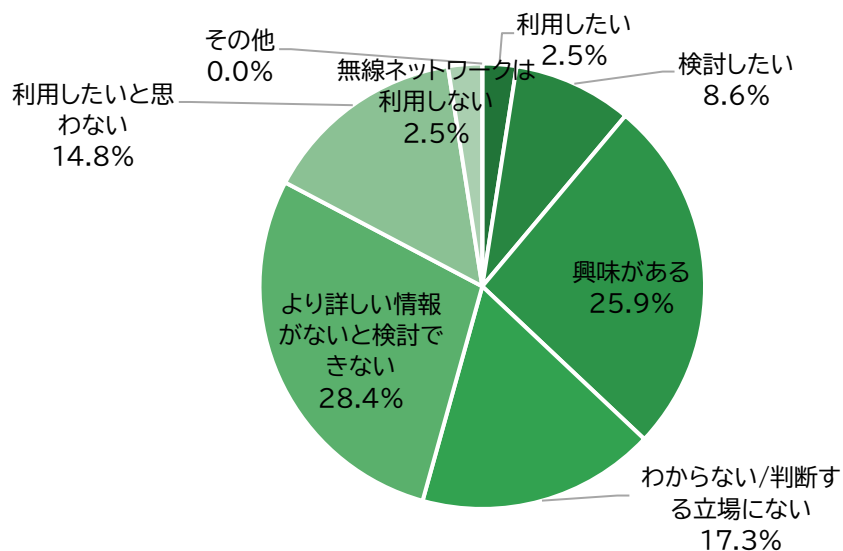
自営等 BWA の認知度は、「知らなかった」が最も多く 76.5%、次いで「聞いたことがある」が 13.6%であった。一方、「現在利用している」「知っている」の合計は 9.9%であった。



N=81

○自営等 BWA の利用意向

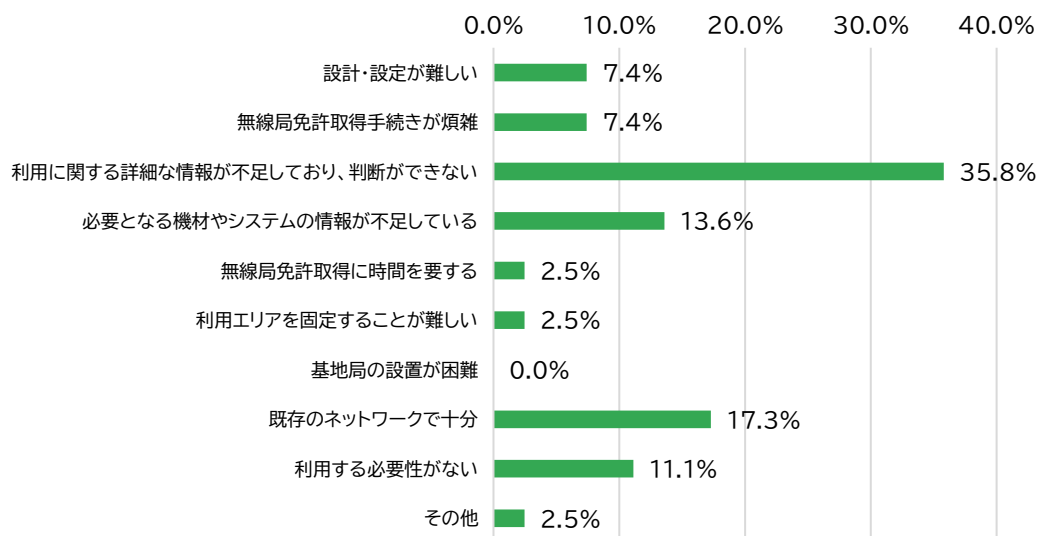
自営等 BWA の利用意向は、「利用したい」「検討したい」「興味がある」の合計が 37.0%、「利用したいと思わない」「無線ネットワークは利用しない」の合計が 17.3%であった。



N=81

○自営等 BWA を利用・検討する上での課題

自営等 BWA を利用・検討する上での最も課題となる点は「利用に関する詳細な情報が不足しており、判断できない」が最も多く 35.8%、次いで、「既存ネットワークで十分」が 17.3%、「利用する必要性がない」が 11.1%であった。

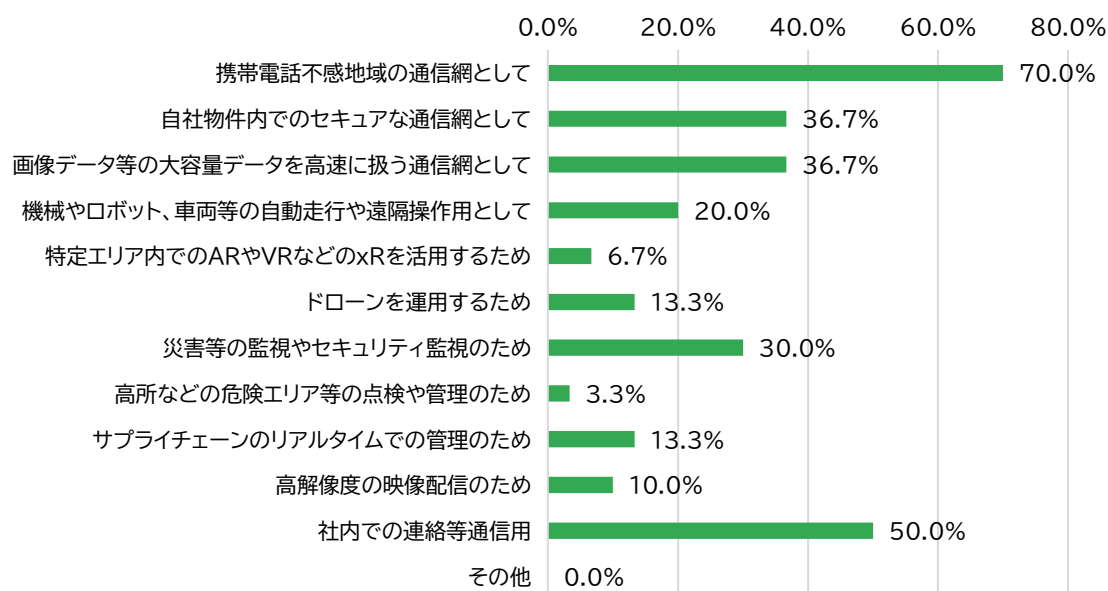


N=81

※自営等 BWA の利用意向において、「利用したい」「検討したい」「興味がある」と回答したものが回答対象

○自営等 BWA の具体的な活用方法

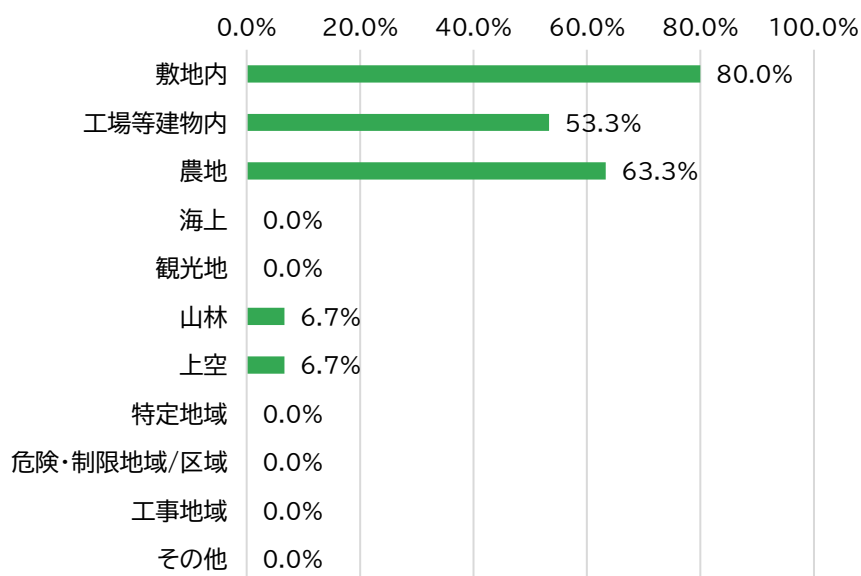
自営等 BWA の具体的な活用方法は「携帯電話不感地域の通信網として」が最も多く 70.0%、次いで、「社内での連絡等通信用」が 50.0%、「自社物件内でのセキュアな通信網として」「画像データ等の大容量データを高速に扱う通信網として」が 36.7%となった。



N=30

○上記の活用が想定される場所/エリア

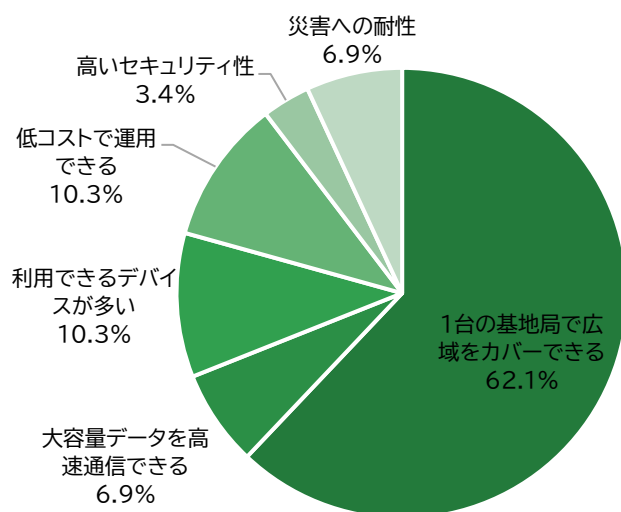
上記で示した活用方法について、想定している場所やエリアについては、「敷地内」が最も多く 80.0%、次いで「農地」が 63.3%、「工場等建物内」が 53.3%、であった。



N=30

○自営等 BWA の魅力となる訴求点

自営等BWAについて魅力を感じるポイントについては「1台の基地局で広域をカバーできる」が62.1%、次いで、「利用できるデバイスが多い」「低コストで運用できる」が10.3%であった。

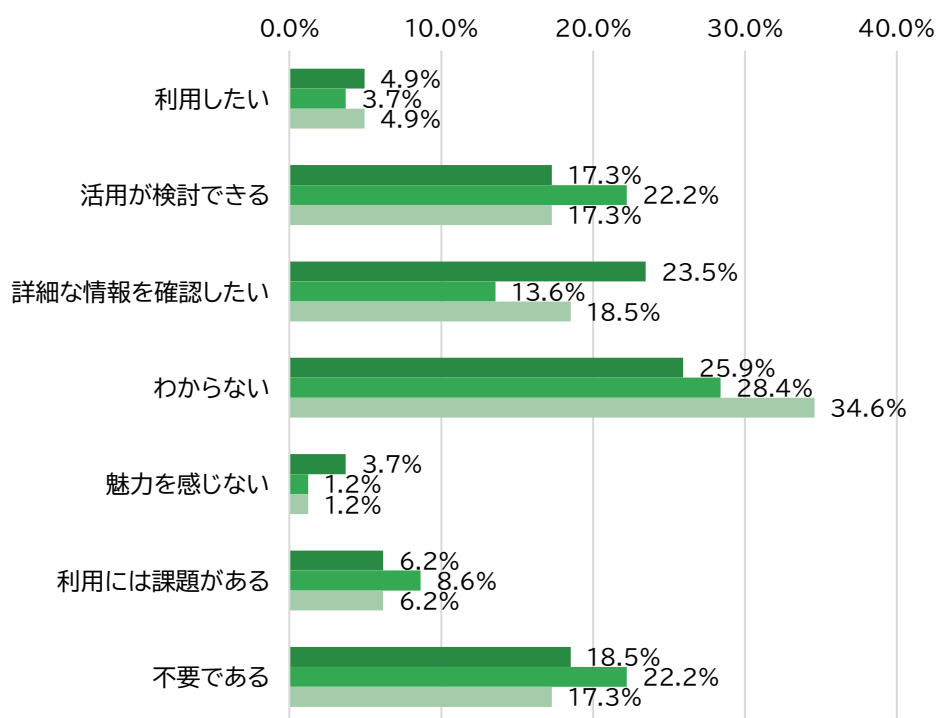


N=29

【新たな運用形態に対するニーズ】

○3つの新たな運用形態の利用意向

- ・「自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化」については、「わからない」が最も多く 25.9%、次いで「詳細な情報を確認したい」が 23.5%、「不要である」が 18.5%であった。「利用したい」「活用が検討できる」「詳細な情報を確認したい」といった肯定的な回答は 45.7%であった。
- ・「自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用」については、「わからない」が最も多く 28.4%、次いで「活用が期待できる」「不要である」が 22.2%であった。「利用したい」「活用が期待できる」「詳細な情報を確認したい」といった肯定的な回答は 39.5%であった。
- ・「自営等 BWA で運用する移動局から伝送量(アップロード)を拡張した運用」については、「わからない」が最も多く 34.6%、次いで「詳細な情報を確認したい」が 18.5%、「活用が検討できる」「不要である」が 17.3%であった。「利用したい」「活用が期待できる」「詳細な情報を確認したい」といった肯定的な回答は 40.7%であった。

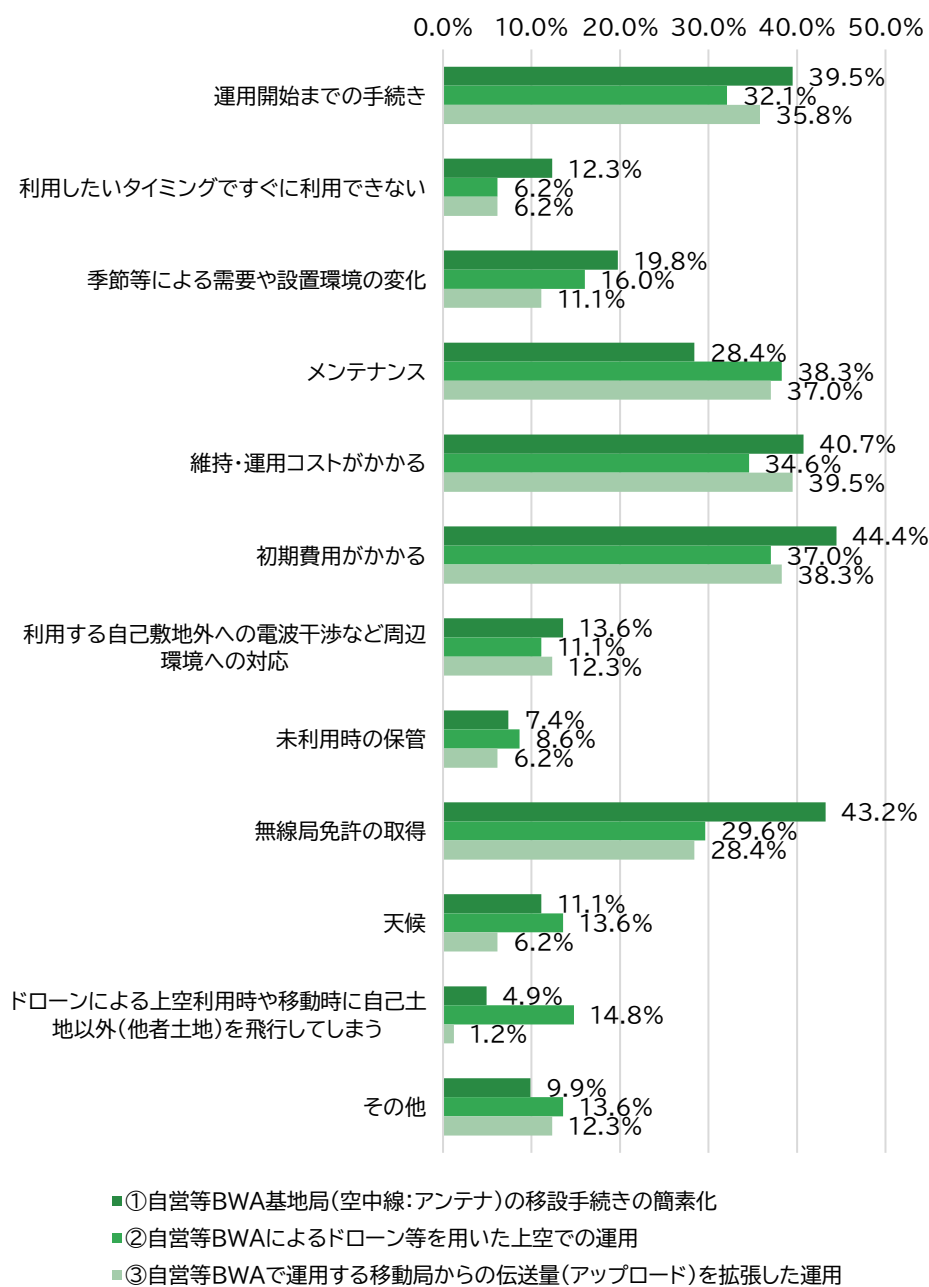


- ①自営等BWA基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化
- ②自営等BWAによるドローン等を用いた上空での運用
- ③自営等BWAで運用する移動局からの伝送量(アップロード)を拡張した運用

N=81

○3 つの新たな運用形態を検討する上での課題

- ・「自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化」については、「初期費用がかかる」が最も多く 44.4%、次いで「無線局免許の取得」が 43.2%、「維持・運用コストがかかる」が 40.7%であった。
- ・「自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用」については、「メンテナンス」が最も多く 38.3%、次いで「初期費用がかかる」が 37.0%、「維持・運用コストがかかる」が 34.6%であった。
- ・「自営等 BWA で運用する移動局から伝送量(アップロード)を拡張した運用」については、「維持・運用コストがかかる」が最も多く 39.5%、次いで「初期費用がかかる」が 38.3%、「メンテナンス」が 37.0%であった。



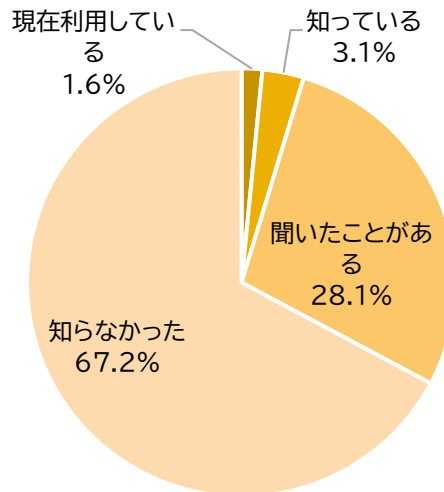
N=81

2) 建設業

【自営等 BWA のニーズ】

○自営等 BWA の認知度

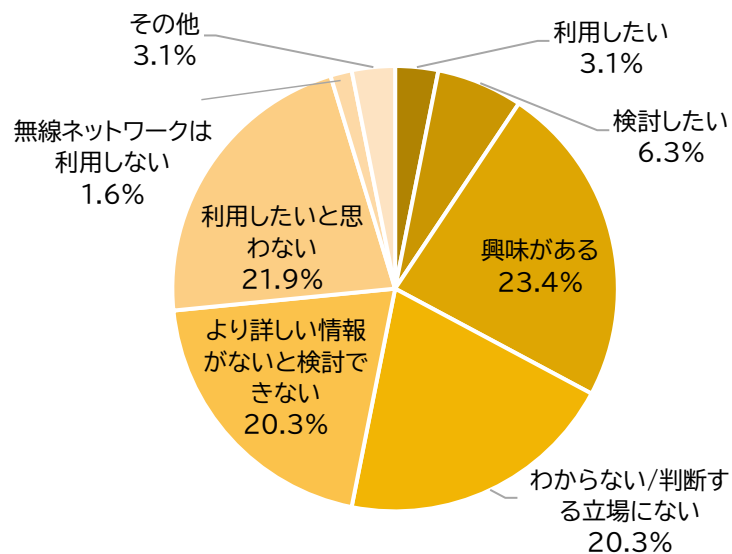
自営等 BWA の認知度は、「知らなかった」が最も多く 67.2%、次いで「聞いたことがある」が 28.1%であった。
一方、「現在利用している」「知っている」の合計は 4.7%であった。



N=64

○自営等 BWA の利用意向

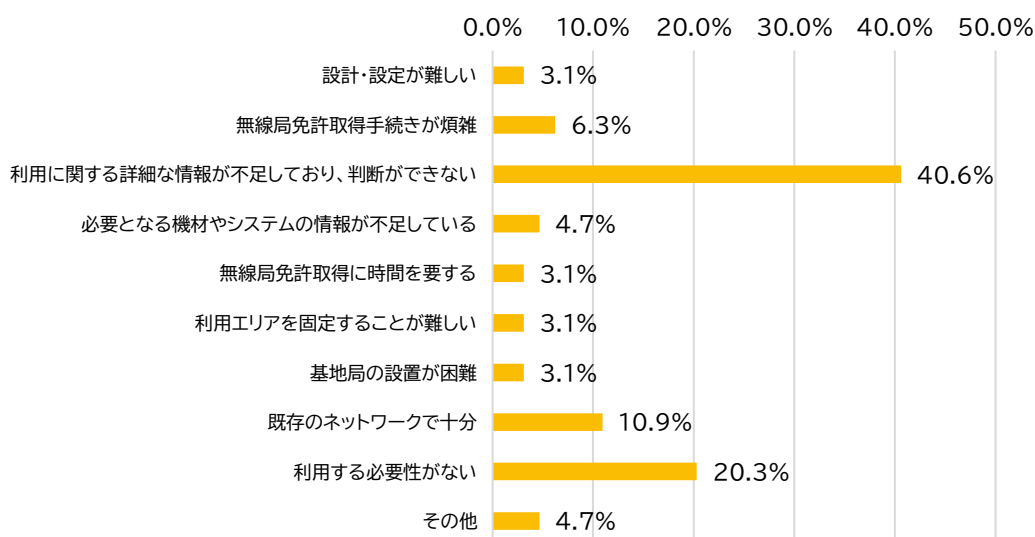
自営等 BWA の利用意向は、「利用したい」「検討したい」「興味がある」の合計が 32.8%、「利用したいと思わない」「無線ネットワークは利用しない」の合計が 23.4%であった。



N=64

○自営等 BWA を利用・検討する上での課題

自営等 BWA を利用・検討する上での最も課題となる点は「利用に関する詳細な情報が不足しており、判断できない」が最も多く 40.6%、次いで、「利用する必要性がない」が 20.3%、「既存ネットワークで十分」が 10.9%、であった。

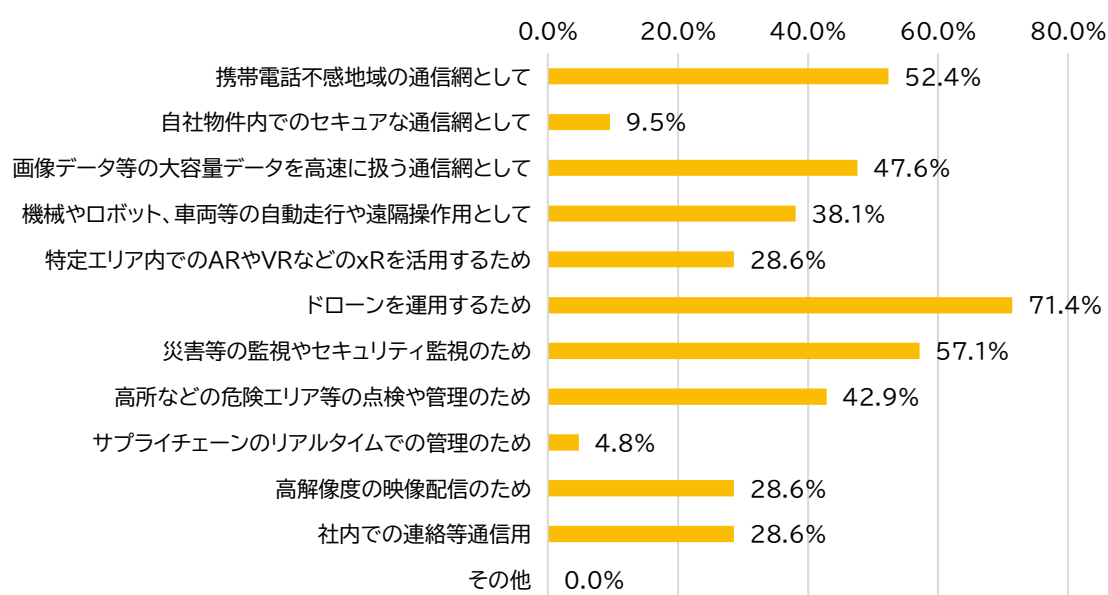


N=64

※自営等 BWA の利用意向において、「利用したい」「検討したい」「興味がある」と回答したものが回答対象

○自営等 BWA の具体的な活用方法

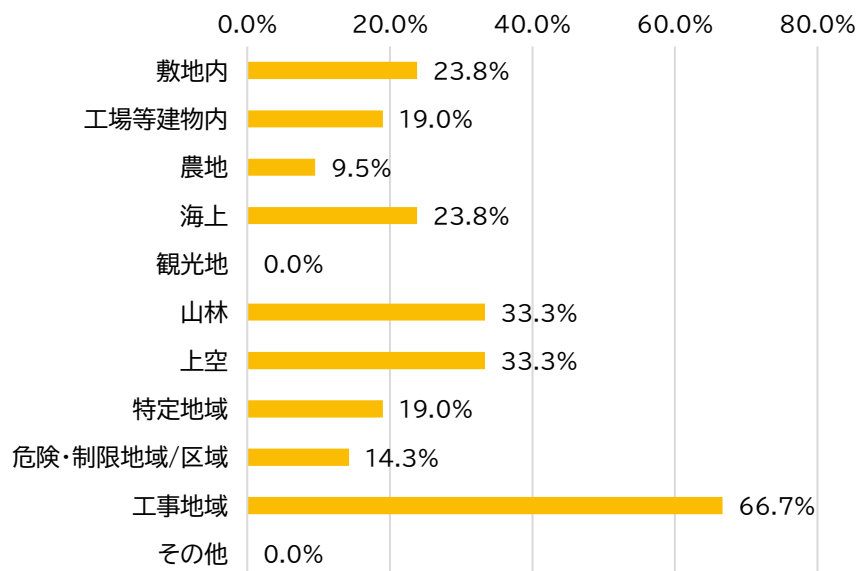
自営等 BWA の具体的な活用方法は「ドローンを運用するため」が最も多く 71.4%、次いで「災害等の監視やセキュリティ監視のため」57.1%、「携帯電話不感地域の通信網として」が 52.4%となった。



N=21

○上記の活用が想定される場所/エリア

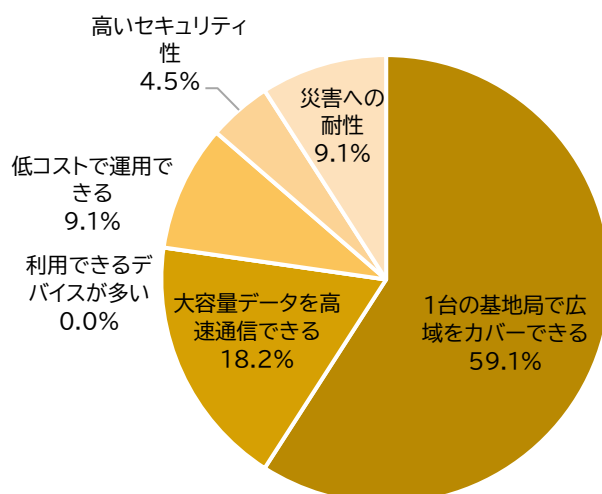
上記で示した活用方法について、想定している場所やエリアについては、「工事地域」が最も多く 66.7%、次いで「山林」「上空」が 33.3%であった。



N=21

○自営等 BWA の魅力となる訴求点

自営等 BWA について魅力を感じるポイントについては「1 台の基地局で広域をカバーできる」が 59.1%、次いで、「大容量データを高速通信できる」が 18.2%、「低コストで運用できる」「災害へ耐性」が 9.1%であった。

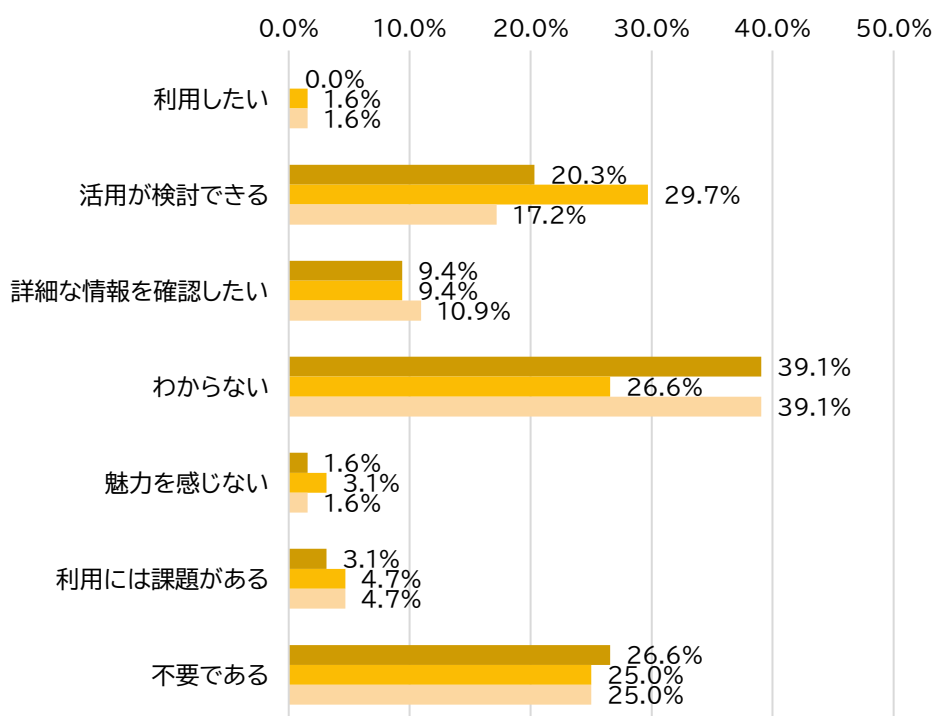


N=22

【新たな運用形態に対するニーズ】

○3 つの新たな運用形態の利用意向

- ・「自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化」については、「わからない」が最も多く 39.1%、次いで「不要である」が 26.6%、「活用が検討できる」が 20.3%であった。「利用したい」「活用が検討できる」「詳細な情報を確認したい」といった肯定的な回答は 29.7%であった。
- ・「自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用」については、「活用が検討できる」が最も多く 29.7%、次いで「わからない」が 26.6%、「不要である」が 25.0%であった。「利用したい」「活用が期待できる」「詳細な情報を確認したい」といった肯定的な回答は 40.6%であった。
- ・「自営等 BWA で運用する移動局から伝送量(アップロード)を拡張した運用」については、「わからない」が最も多く 39.1%、次いで「不要である」が 25.0%、「活用が検討できる」が 17.2%であった。「利用したい」「活用が期待できる」「詳細な情報を確認したい」といった肯定的な回答は 29.7%であった。

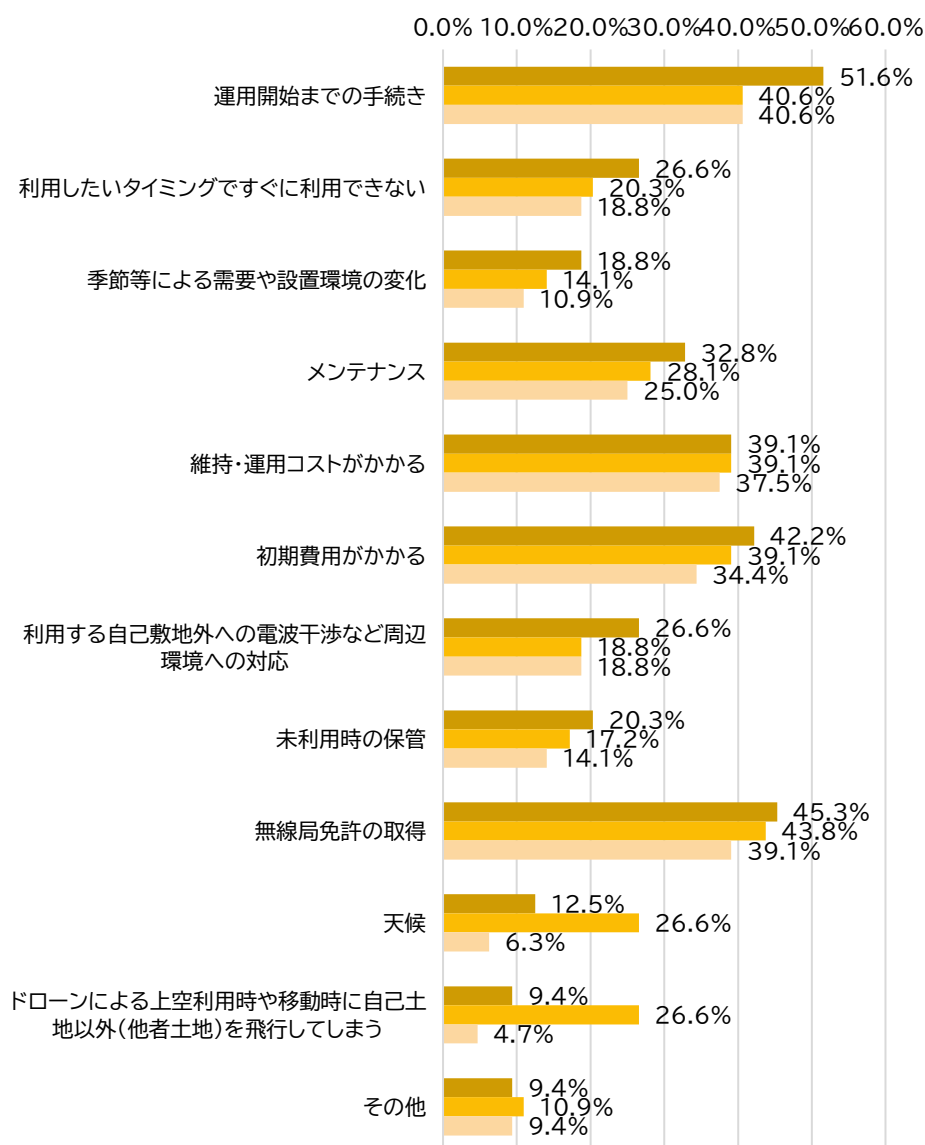


- ①自営等BWA基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化
- ②自営等BWAによるドローン等を用いた上空での運用
- ③自営等BWAで運用する移動局からの伝送量(アップロード)を拡張した運用

N=64

○3つの新たな運用形態を検討する上での課題

- ・「自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化」については、「運用開始までの手続き」が最も多く 51.6%、次いで「無線局免許の取得」が 45.3%、「初期費用がかかる」が 42.2%であった。
- ・「自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用」については、「無線局免許の取得」が最も多く 43.3%、次いで「運用開始までの手続き」が 40.6%、「維持・運用コストがかかる」「初期費用がかかる」が 39.1%であった。
- ・「自営等 BWA で運用する移動局から伝送量(アップロード)を拡張した運用」については、「運用開始までの手続き」が最も多く 40.6%、次いで「無線局免許の取得」が 39.1%、「維持・運用コストがかかる」が 37.5%であった。



- ①自営等BWA基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化
- ②自営等BWAによるドローン等を用いた上空での運用
- ③自営等BWAで運用する移動局からの伝送量(アップロード)を拡張した運用

N=64

4. アンケート結果から想定されるユースケース

回収した 261 件の回答内容から想定される、3 つの新たな運用形態へのユースケースを以下にまとめる。

(1) 自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化

- 広大な農地に点在する携帯電話不感地域のエリアカバー
敷地内でのドローン(自動運航)の活用や、畜舎や施設園芸等の通信環境構築
- 公共工事等の工事エリアでの工事期間中の通信環境構築
工事エリアは進捗に応じて移動するため、期間内での移設
- 敷地内に点在する製造工場に必要な応じた基地局の移設
外観検査や、保守点検時の通信環境を工場ごとに移設
工場内のレイアウト変更に対応した移設
- 山間部での通信環境構築
業種に関係なく、山間部で通信を必要とする際に、必要に応じて設置
※隣接施設での利用や、山間部設備点検時の利用

【想定される課題】

- ・ 対象エリアが自己土地ではない場所(国有や行政所有等)での無線局免許の取得
- ・ 利用したい時期が限られるため、申請から利用開始までの期間

(2) 自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用

- 農場での作物や牧畜等の各種モニタリング
ドローンでの作況状況調査
放牧場での上空からの牧畜の異常検出
- 農作物の上空からの盗難対策
収穫期前後の圃場上空からの防犯モニタリング
- 工事現場の現場事務所内での進捗確認や現場確認
工事事務所と現場に距離がある工事の進捗確認や現場作業状況の把握
- 工事現場等のドローンでの3D 測定の効率化
ドローンを用いた測量時のデータ取得
- 製造工場や構内の上空からの保守検査

工場やプラントの高所等危険個所の点検や、広域な工場敷地構内の管理にドローンを活用

➤ **工場の安全管理**

構内の監視や製造現場状況の確認に活用

➤ **設備や施設内の監視/セキュリティ**

設備内の防犯管理にドローンを活用

自動航行で施設構内を監視

倉庫管理

【想定される課題】

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">・ ドローンの航行上、自己土地外での運用が想定される・ 伝送容量が許容範囲内か |
|--|

(3) 自営等 BWA で運用する移動局から伝送量(アップロード)を拡張した運用

➤ **各種監視業務に活用**

防犯・セキュリティ目的での監視カメラの運用

工事現場やインフラの点検時の異常発見

農畜産物の監視/モニタリング

➤ **重機等の遠隔操作**

遠隔操作に伴う、遠隔監視用

作業に必要な設計等の3D データ等の重機への送受信

➤ **特殊な IoT 機器等の活用**

ガスプラント等、人員では危険を伴うエリアの管理・監視

【想定される課題】

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">・ ローカル 5G との差別化/比較による見劣り(棲み分け)・ 端末の同時接続台数等の影響・ 監視カメラ等を運用した際の画質やフレームレート設計 |
|--|

5. ヒアリング調査の実施

アンケート調査の結果を参考に、調査検討会の構成員をはじめ、関連する事業者等へ、各ユースケース等に関する実際の課題や、実現性などについてヒアリング調査を実施し、以下の意見を得た。

(1) 自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化

- ・ 農地の点在は多いが、区画整理事業により改善される可能性がある
- ・ トラクタの自動運転に Wi-Fi を活用している地域があり、その代替となる可能性はある
- ・ 物流での活用は、免許取得に必要な情報の収集が困難
- ・ エリアでシェアできるような共同申請などの免許の仕組みがあると活用が見込まれる
- ・ 携帯キャリアの不感地域の解消はスマート農業推進の大きな課題
- ・ 中山間地域では特に不感地域を課題とする声が多い
- ・ 農家個人が無線局免許を取得し基地局を設置するのはコストが合わないのではないか
- ・ 複数農家やサービス事業者が許可を取り、活用できるようであれば需要が見込める
- ・ 工場内で製造品に合わせてラインを組み替えた際などに、移設できるのは魅力
- ・ ローカル 5G との比較や違いなどを明確にしないと、利用側は選択できないのではないか

(2) 自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用

- ・ 物流での運用は航路の設計が課題で、通信エリア間でのローミング等システム的な課題がある
- ・ 配送で現時点でのドローンで有用なのは高さへの対応と、河川等車両が通行できないところに限られる
- ・ ドローンによる撮影は作物により有用性が異なる
- ・ 獣害対策での運用が想定できる
- ・ 大規模な公共インフラ等の工事ではエリアカバーは不経済なため、このような活用は期待できる
- ・ ドローンの運用に関する規制がある現状では、ビジネス運用には採算が合わないであろう
- ・ 同様に、現状の規制内での運用の場合、現状の環境で事足りてしまっている
- ・ ドローンでの利用の場合、目的がドローンでの運用のみであっても免許申請時に関係性のない項目も多く求められるため、その収集や理解が手間となり申請を阻害している
- ・ 自己土地利用以外での利用の場合、利用方法が限定的

(3) 自営等 BWA で運用する移動局から伝送量(アップロード)を拡張した運用

- ・ ネットワークカメラによる、倉庫内の在庫管理などに活用できないか
- ・ ローカル 5G をすでに導入したところでは、実際のデータ送信量などから見合うものとして変更されることが想定される
- ・ 農業等での防犯や盗難防止という観点では利用が見込めるかもしれない
- ・ 洋上風力に設置するなどできると、海上での通信やドローンによりメンテナンス確認などに活用できる可能性がある
- ・ 建設業での建設現場での 3D データのやり取りなど、データ移送での運用の可能性がある
- ・ 具体的な利用するシステムやコンテンツによって需要は大きく変わるだろう

(4) その他の課題

- ・ 無線局免許の申請から取得に時間がかかりすぎる
- ・ 利用したいタイミングで短期間でも使える環境/制度が必要
- ・ 場所を事前に申請することが利用の可能性を困難としている
- ・ 干渉等、実際の利用時に関係のないものでも申請時に必要とあり、申請を阻害している
- ・ 申請から許可まで時間を要するため、利用したいタイミングでの利用が出来ない
- ・ 複数名での共同での免許申請ができないか
- ・ 建設業の場合、自己土地でないことから申請上、所有者から理解・承認を得られるか等
- ・ 建設業の場合、自己土地ではない場所で、業務等依頼のために自社が利用する。その場合、利用目的が所有者からの依頼に該当するのかわからない。

6. 自営等 BWA の新たな運用形態に対するニーズと課題

アンケート調査の結果、および、ヒアリング調査の結果から、自営等 BWA の新たな運用形態に関するニーズと課題について以下にまとめる。

(1) 自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化

【ニーズ】

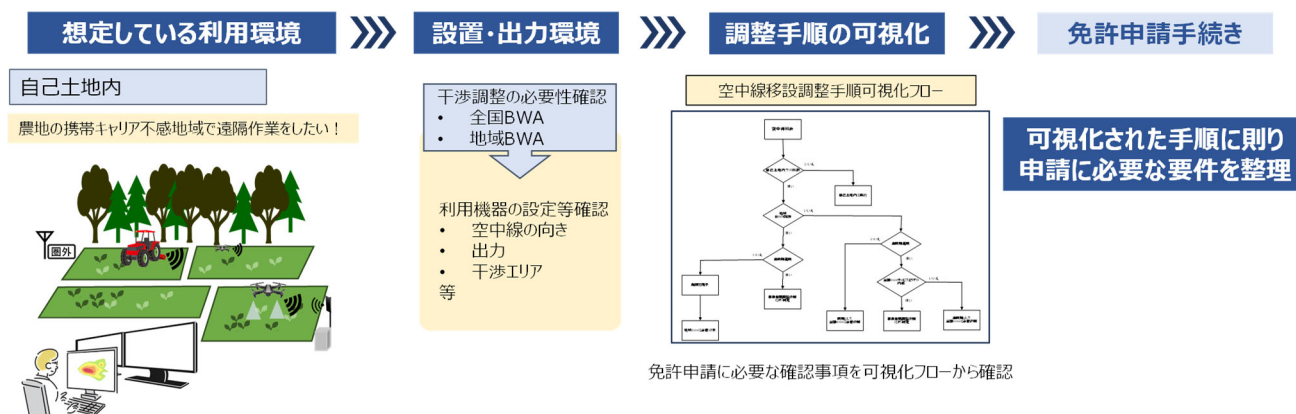
- ・ 農業・林業に限らず、多くの産業で「不感地域」の発生は課題に
- ・ 共通のキーワードとして「中山間部」があげられる
- ・ 事業者が自社で活用するには、現行の免許制度は「不明」もしくは「煩雑」
- ・ 他者土地での運用を望む声も多い



【ユースケース】

- ・ 自己土地の不感地域における一時的な短期間での利用
- ・ 自己土地内での定期的/不定期での移設
- ・ 他者土地での土地所有者からの作業依頼による利用
- ・ 山間部など、そもそも無線環境がない場所での活用

【想定される利用申請手順】



【運用等に伴う課題】

- ・ 利用したい期間・時間が限られるため、開局まで時間がかかると利用機会が喪失する
- ・ 申請に必要な情報が多岐にわたり、申請のために広範囲での勉強が必要
- ・ 実際の運用は週に数時間、年に数回といったケースが多い
- ・ 工事現場等では、他者土地で同様の需要がある

(2) 自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用

【ニーズ】

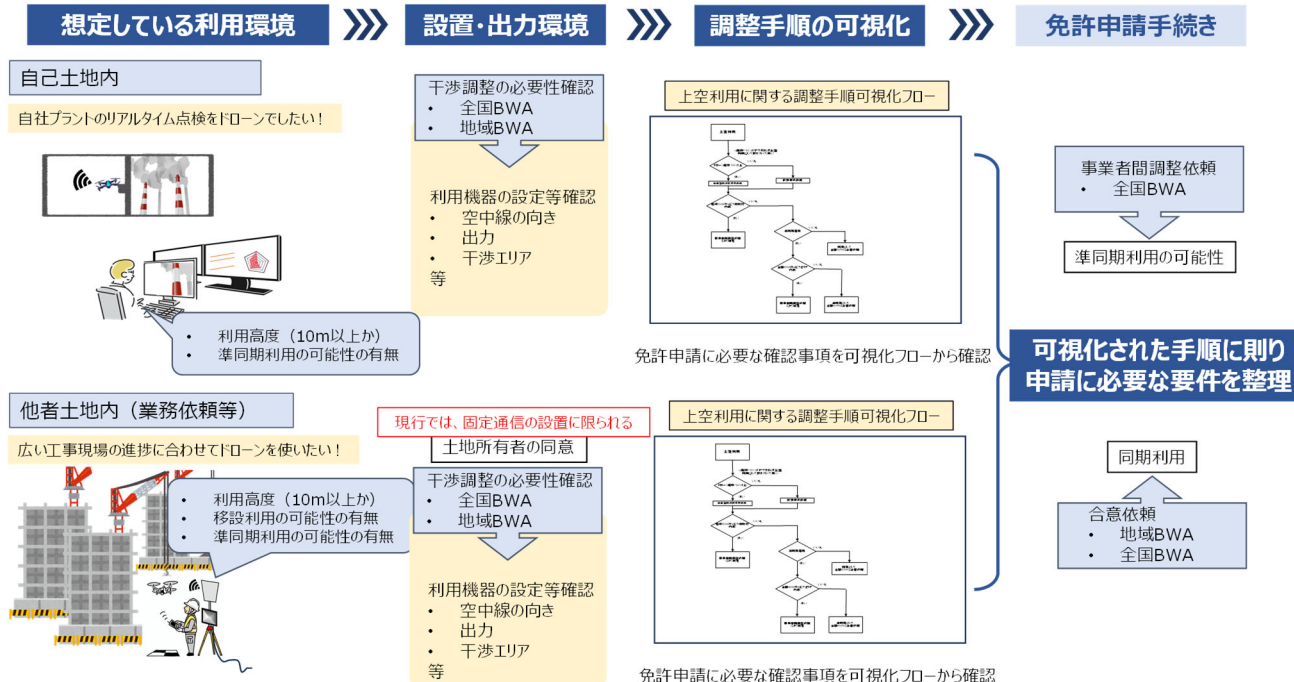
- 航行エリアが自己土地ではない需要が多い
- 一方、不感地域の自己土地での防犯利用などの需要もある
- 建設業など、公共工事に関する要望も多く、工事設計時の手続きとして、併せて申請できることが必要であると推察される
- 他者土地での依頼作業を目的とした、自社利用に関する申請時の手続きの簡易化と制限の撤廃
- 利用自体は短期かつ短時間となる
- 不感地域の中継機としての運用も想定される
- ドローン自体のハンドオーバーからローミングのシステム化



【ユースケース】

- 他者土地での土地所有者からの作業依頼による利用
- 自己土地内の高所や危険エリアでの利用
- 常設（移動も想定）での監視やモニタリング

【想定される利用申請手順】



【運用に伴う課題】

- ・ 上空運用に合わせて、基地局移設の必要がある
- ・ 工事等による他者土地での需要が高いが、現行では固定通信の設置に限られている
- ・ 一定期間での利用のほか、年や月に1回限りといった利用機会が限られた必要がある

(3) 自営等 BWA で運用する移動局から伝送量(アップロード)を拡張した運用

【ニーズ】

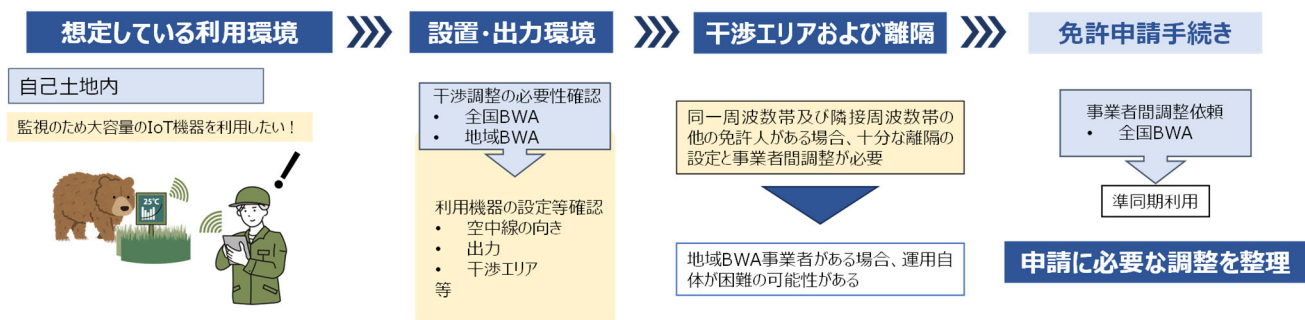
- ・ 他規格の無線システムとの棲み分けや特徴の明確化が必要
- ・ 大容量伝送の需要はあるが、どの程度が期待できるのか事例等が必要
- ・ 画質/フレームレート/同時接続の影響 など
- ・ 物理的利用要件によるユースケースの精査



【ユースケース】

- ・ 施設等の防犯・セキュリティ監視での運用
- ・ 遠隔操作に伴う、リアルタイム監視での利用
- ・ 3D データ等のやり取りに利用
- ・ 特殊な環境下で利用する IoT 機器等での運用

【想定される利用申請手順】



【運用に伴う課題】

- ・ 他事業者等、隣接する環境によっては利用困難
- ・ 必要な離隔をとることで、自己土地内で利用したい場所で運用できない可能性がある

(4)新たな運用形態別のニーズ調査及び実証結果からの考察

これらの、自営等 BWA の新たな運用形態に対するニーズ、およびユースケースについて、アンケート調査から確認できた懸念点や、ヒアリング調査からの意見および、実証の結果からの考察を以下にまとめる。

また、ニーズ調査から得た自営等 BWA および規制等に対する要望や要請について参考までにここで示す。なお、その要望や要請は、各ユースケースについて、その活用に伴うものとなっている。

○自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用

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することが考えられる。

また、干渉影響などからドローンの運用高度を 10m 以上か否かで区切り、その高度域での扱いを変えることが考えられる。

○自営等 BWA で運用する移動局から伝送量(アップロード)を拡張した運用

適切な離隔を行うことを前提に設計し、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考えられる。

上り回線を確保することで、伝送速度などの具体的な利用を想定したスペック表示が求められるが、実際に活用する上での自営等 BWA と他規格(ローカル5G)などとの比較等を示すことの必要性が考えられる。

(5)その他の要望や要請

今回のアンケートおよび、ヒアリング調査から得た、自営等 BWA および規制等に対する要望や要請について参考までに以下に記載する。

【活用促進に資する要望】

- 各ユースケースの対応した、利用判断に資するデータ取得と開示
- 検討する運用形態に合わせた事業者間調整手順のシステム化
- 短時間運用や、短期間かつその後廃止される運用時の申請の届出化
- 自営等 BWA から地域 BWA やキャリア間でのローミング対応

【制度等への要望・要請】

- ドローン利用に対応した申請制度の構築
- 無線局免許申請のシステム化
- 工事等での他者土地運用に対応した申請制度や、移動制限の緩和、自己土地としての対応許可
- 免許制度等の認知・理解の促進

【緩和への期待】

- 自己土地内での一時的な利用や、山間部など干渉対象のない場所を対象に、簡易的で短期間で許可の得られる無線局免許申請方法の検討

V 社会実装に向けた考察

1. 基地局の空中線を必要に応じて臨時に移設する運用

昨今、民間事業者においては、その事業内における作業や運用の機械化やデジタル・ICT の活用が活発化しているが、その運用や安全性の確認、メンテナンスにおいても、一時的にネットワーク等への接続や活用が求められる傾向にある。

今回のニーズ調査においても、そのような機械化・ICT 等による業務の効率化等を図るものの、対象となるエリアが、人口集約地から離れた山間部近郊等にあることなどを理由に、通信キャリア等による無線通信が不感地域となっていることから、その事業投資や効率化を妨げていることが想定される。また、すでにそのような施設を導入している工場等の施設内においても、定期的に製造ライン等のレイアウト変更が行われており、その変更に合わせて移設など、利用環境の変更に応じた需要も発生していることが確認できた。

そして、その利用は、「継続的な利用」のほかに、「定期的な入れ替え」「利用したい不感地域が点在し複数ある」ことや「利用期間が一時的」や「ごく短時間」であることなど、様々なユースケースが想定された。

その需要に応じるため、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期待されている。

(1) 空中線移設対応時の現状

自営等 BWA では、現在の電波法上において、自己土地内であっても基地局の空中線の設置場所を変更する場合、その変更に合わせて、無線局変更の申請・許可が必要である。

そのため、例えば工場内において、製造ラインの変更により空中線の移設が必要となった場合、変更申請を行うため、その許可が得られるまでの期間は運用を開始できないのが現状である。

(2) ユースケースにおけるニーズ

空中線移設を求めるユースケースでは、農作業時の「圃場の不感地域における一時的な利用」や、工場内等での「製造品等に伴う製造ライン変更に伴う移設」など、限られた需要時に早急かつ簡易な利用を見込んだニーズが多い。

(3) 自己土地内における空中線移設利用許可もしくは、届け出での対応

今回の実証実験では、敷地内での移設による干渉等影響について確認している。

今回の結果、自営等 BWA は他の同一周波数帯に対して被干渉であることから、運用可能な敷地内において空中線を自己土地内に向け設置することで、地域 BWA や全国 BWA への影響なく移設できることが確認できている。

そのため、干渉調整等事業者間調整により合意済みの自己土地内において、複数の設置場所をあらかじめ確認しておくことで基地局の空中線移設を変更届(ローカル5G 制度に準拠)とすることが期待される。

(4)検討の結果

基地局の空中線を必要に応じて臨時に移設する運用においては、以下の手順・準備を行うことで、変更届の対象とすることが考えられる。

① 複数の空中線設置予定地でのエリアを算出

基地局の空中線移設を前提に、複数の設置予定地点を対象に、エリアを算出する。

② 複数の予定地を想定した事業者間調整の実施

算出したエリア(自己土地内)をもとに、他の免許人との干渉調整を実施し、事業者間調整等による合意を得る。

③ 無線局免許申請時には、予定場所を明確化

無線局免許申請時には、予定場所が他者土地への干渉を与えないことをあらかじめ確認しておく。

(5) 干渉調整の簡易化と調整内容の明確化

ニーズ調査において、無線局免許申請について「わからない」という意見が多く、その申請手続きに対する認識が明らかとなった。その申請に対する困難さの解消の一端として、本調査では、今回想定した新たな運用形態について、免許申請を検討する際に、用途や設計に合わせて必要となる事業者間調整および合意事項について、フローチャートとして可視化した。

無線局免許手続きに係る手順書・ガイドライン等による明確化や事業者間調整のシステム化等による手続きの簡易化に向けた取り組みが期待される。

2. ドローンに搭載した上空での運用

ニーズ調査において、ドローンでの運用に関する需要は強く、特に山間地域等における短期間での運用等が望まれている。一方、その運用期間が限られていることや、実運用まで短期間での準備による稼働が求められること、無線通信システムや法制度等に理解のある人材は需要のある環境には少ないことなどから、活用の促進には少なからず障害が生じている。

様々な事業現場で、DX(デジタルトランスフォーメーション)や省人化、機械化などが求められるなか、有効な無線システムの運用は、その導入を支えるインフラとなることなどからも、運用を始めるにあたり、求められること・確認すべきこと等を明確かつ分かりやすく示していくことが重要である。

そこで、本調査における、第1項において新たな運用形態①の空中線移設、②の遠方伝搬遅延含めた上空利用、③の準同期運用の3項目について実証実験を実施し、また理論的な検討として干渉量の計算、DU比の計算を基地局間、基地局—移動局間、移動局—基地局間、移動局間の各組み合わせで行った。これらの結果から周波数調整手順を分かりやすい形に示し、わずかでもその申請等における手続きの簡易化を提案する。

なお、本調査において、ドローンによる上空利用については、地域BWAと隣接したエリアにおいては、同期・準同期ともに、十分な離隔距離を置く必要があり、その設置環境によっては運用自体困難である可能性がある。一方、全国BWAについては、同期・準同期ともに問題がないと見込まれるが、全国BWA事業者との事業者間調整に係る合意が必要である、とした。

(1) 周波数調整手順の検討・可視化のフロー

新たな運用形態1～3の導入を念頭に運用形態ごとにフローチャートで場合分けし、それに沿ったフォーマットを提案する。上空利用に於いてはハンドオーバーの有無でも場合分けする。

以下、フロー毎に周波数調整手順可視化のポイントを整理する。

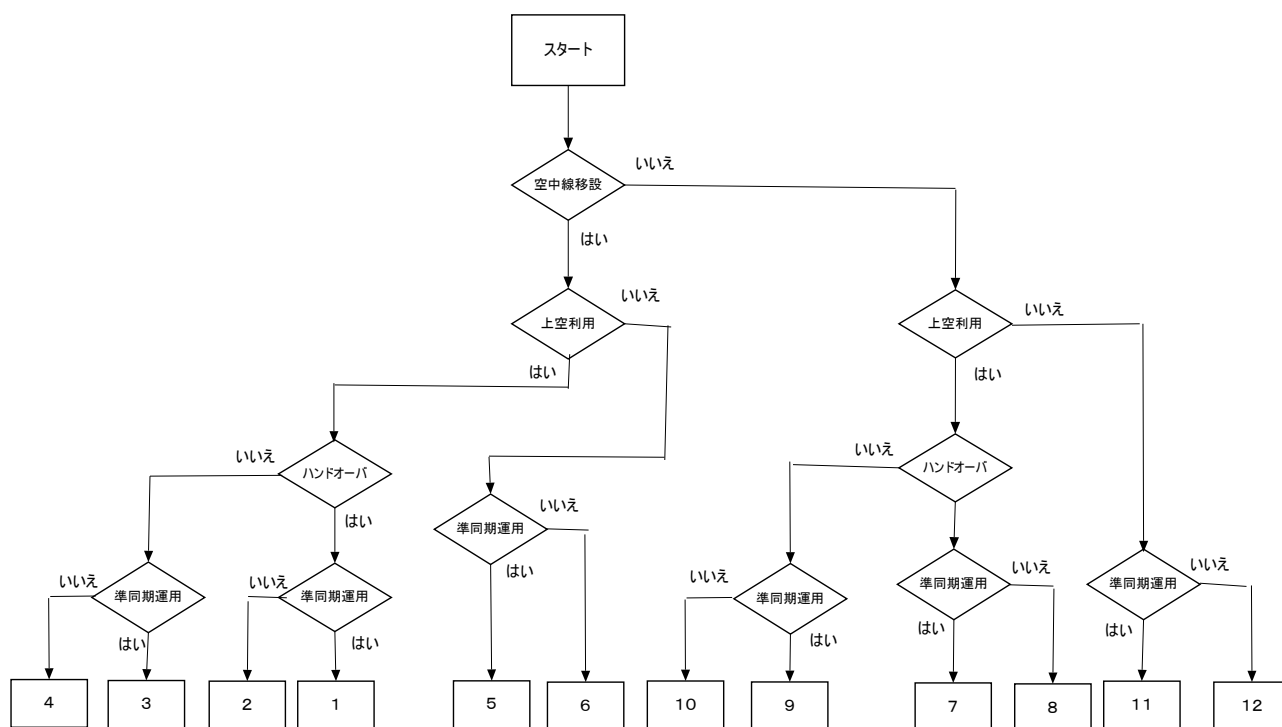


図 4-1 周波数調整手順のフロー

フロー1:空中線の移設、上空利用でハンドオーバーあり、準同期運用すべてに該当

フロー2:空中線の移設、上空利用でハンドオーバーあり、同期運用のみ

フロー3:空中線の移設、上空利用ありでハンドオーバーはなく、準同期運用ありに該当

フロー4:空中線の移設、上空利用ありでハンドオーバーはなく、同期運用のみ

フロー5:空中線の移設はあるが上空利用はなく、準同期運用ありに該当

フロー6:空中線の移設はあるが上空利用はなく、同期運用のみ

フロー7:空中線の移設はないが、上空利用でハンドオーバーあり、準同期運用ありに該当

フロー8:空中線の移設はないが、上空利用でハンドオーバーあり、同期運用のみ

フロー9:空中線の移設はないが、上空利用ありでハンドオーバーはなく、準同期運用あり

フロー10:空中線の移設はないが、上空利用ありでハンドオーバーはなく、同期運用のみ

フロー11:空中線の移設はなく、上空利用もなく、準同期運用ありに該当

フロー12:空中線の移設はなく、上空利用もなく、同期運用のみ

表 4-1 フロー毎の設置場所と運用形態の記載例

無線局名称	海拔高 (m)	地上高 (m)	緯度	経度	併設 の有無	指向 方向 (度)	アンテナ パターン	空中線 移設	上空	ハンド オーバ	準同期
こうど1-1	50	4	35. x	139. x	無	90	図-1	○	○	○	○
こうど1-2	51	5	35. x	139. x	無	270					
こうど2-1	40	4	35. x	139. x	無	90	図-2	○	○	○	×
こうど2-2	41	5	35. x	139. x	無	260					
こうど3	30	4	35. x	139. x	無	50	図-3	○	○	×	○
	31	5	35. x	139. x	無	230					
こうど4	20	3	35. x	139. x	無	80	図-4	○	○	×	×
	21	4	35. x	139. x	無	---					
こうど5	35	4	35. x	139. x	無	---	図-5	○	×	×	○
	38	3	35. x	139. x	無	---					
こうど6	37	6	35. x	139. x	無	40	図-6	○	×	×	×
	35	8	35. x	139. x	無	220					
こうど7-1	42	7	35. x	139. x	無	170	図-7	×	○	○	○
こうど7-2	45	8	35. x	139. x	無	80					
こうど8-1	39	6	35. x	139. x	無	40	図-8	×	○	○	×
こうど8-1	40	5	35. x	139. x	無	220					
こうど9	39	6	35. x	139. x	無	40	図-9	×	○	×	○
こうど10	39	6	35. x	139. x	無	---	図-10	×	○	×	×
こうど11	39	6	35. x	139. x	無	40	図-11	×	×	×	○
こうど12	39	6	35. x	139. x	無	40	図-12	×	×	×	×

周波数調整手順について詳しく説明する。

(2) 回線設計の前提条件（電波法関係審査基準及び DU 比を基にした参考検討）

干渉量から DU 比の計算を行う。

- ・干渉量（所要減衰量）＝ MCL － 伝搬損失 － アンテナ指向減衰
- ・MCL ＝ EIRP ＋ 受信アンテナ利得 － 給電損失 － 許容干渉レベル
- ・許容干渉レベルは 基地局：-111.8dBm/MHz とする
- ・DU 比は 10dB、希望波の受信レベルは-71.5dBm（kTBf よりも SNR 30dB）とする
- ・地域(全国) BWA 基地局
 - 空中線電力：40W（46dBm）
 - アンテナ利得：17dBi
 - 給電線損失：5dB
 - 帯域幅：20MHz
- ・地域(全国、自営等) BWA 移動局
 - 空中線電力：HPUE 0.8W（29dBm）
 - アンテナ利得：4dBi
 - 給電線損失：0dB
 - 帯域幅：20MHz
- ・自営等 BWA 基地局（空中線移設）
 - 空中線電力：0.4W（26dBm）
 - アンテナ利得：16dBi（F/B:20dB）
 - 給電線損失：1dB
 - 帯域幅：20MHz
- ・自営等 BWA 基地局（上空）
 - 空中線電力：0.4W（26dBm）
 - アンテナ利得：5dBi（オムニ）
 - 給電線損失：0dB
 - 帯域幅：20MHz

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なっており、参考の検討手法である。【詳細は P. 62 参照】

(3) 干渉モデル

地域 BWA（自営等 BWA）周波数：2585MHz

全国 BWA 周波数：2565MHz（または 2605MHz）

地域 BWA（全国 BWA）のカバーエリア：4500m（郊外地）

自営等 BWA のカバーエリア（空中線）：450m（郊外地）

自営等 BWA のカバーエリア（上空ドローン）：240m（郊外地）

地域 BWA（全国 BWA）の基地局アンテナ高さ：40m

自営等 BWA の基地局アンテナ高さ：5m

地域 BWA（全国 BWA、自営等 BWA）の移動局アンテナ高さ：1.5m

(4) 空中線移設における周波数調整手順

干渉調整等事業者間調整により合意済みの予定の自己土地内であれば空中線を移設する際には現状の変更申請から変更の届出のみで使用できることを手順の目的とする。

1) 調整手順書の工事設計書に明記すべきパラメータ

（現状に加え新規は明記）

方式：無線設備規則第 49 条の 29 の無線設備

送受信周波数：2575～2595MHz

帯域幅：20MHz（10MHz、5MHz の場合は中心周波数明記）

基地局最大送信電力

帯域外輻射レベル：（2545～2575MHz または 2595～2645MHz）

副次的に発する電波等の強度：（2545～2575MHz または 2595～2645MHz）

空中線種類（複数可能）

空中線利得（種類毎に明記）

各空中線パターン（水平、垂直）、F/B レシオ

空中線方向（指向性利得の場合、空中線毎に明記）

空中線チルト角（種類ごとに明記）

移設時を踏まえた最大空中線高さ（海拔/地上高）

当該住所内の自己土地内における空中線移設の場合のカバーエリア（新規）

準同期(Configuration 明記)の有無

SSF:

地域 BWA システムに関する離隔距離（新規）

全国 BWA システムに関する離隔距離（新規）

2) 離隔距離、カバーエリア参考例

自営等 BWA としてその自己土地エリア内に空中線 2 種類（セクタアンテナ、オムニアンテナ）を移設設置した場合、各々の場合のカバーエリア、そして地域 BWA や全国 BWA システムとの離隔距離を求める。

○カバーエリア(屋外、郊外地とする)

予め、調整手順書に下図、表のようなカバーエリア情報を記載しその内容に沿った移設を実施する。

表 4.3-1 カバーエリア情報の例

空中線位置	送信電力	種類	面方向	利得	給電線損失	カバーエリア
	[w]		TN[°]	[dBi]	[dB]	[m]
地点 A	0.4	セクタ	120	16	1	450
地点 B	0.1	オムニ	---	5	0	159
地点 C	0.4	セクタ	300	16	1	450

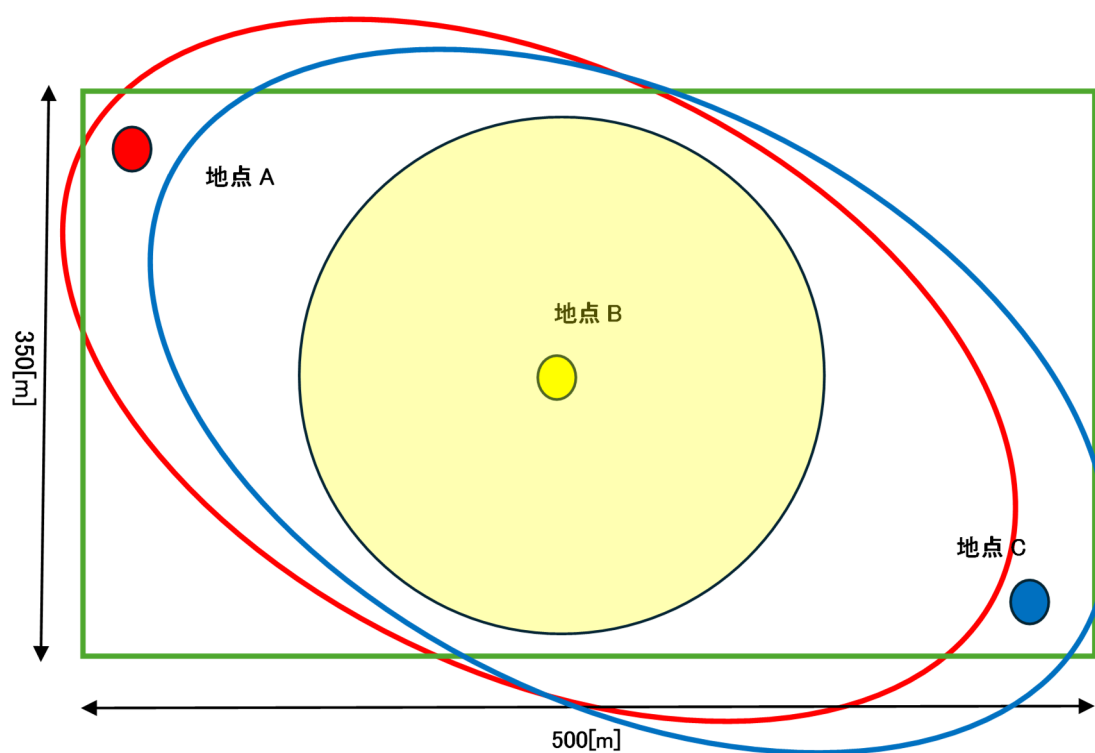


図 4.3-1 カバーエリア図の例

○離隔距離

○地域 BWA

地域 BWA 基地局情報は総務省電波利用ホームページに都道府県・市単位でサービスエリアマップがあり、またエキスパート検索にて市町村単位で検索できるが具体的な位置は公開されていない。

よって自己土地境界で地域 BWA 基地局からの受信レベルが-85dBm 以下となるよう(1)項、(2)項の仕様を用いて離隔を計算する。全体として、最も地域 BWA に対して干渉を与え、また被る可能性が高い地点 A でのみ計算する。乃ち地域 BWA からの電波が地点 B の付近で-85dBm あるとする。よって基地局間は $4500+500=5000\text{m}$ 、移動局間は 50m とする。

DU 比が 10dB 得られない組み合わせは以下である。

表 4.3-2 DU 比が 10dB 得られない組み合わせ(地域 BWA)

与干渉	地域 BWA 基地局 (40W)	自営等 BWA 基地局 B	地域 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局
被干渉	自営等 BWA 基地局 A	地域 BWA 移動局	自営等 BWA 基地局 B	地域 BWA 移動局
干渉量[dB]	33.6	27.5	30.7	29.0
準同期 DU 比[dB]	-6.3	-0.2	-3.4	-1.7
同期 DU 比[dB]	23.7	-0.2	-3.4	28.3
離隔[m]	15000	100	120	110

調整手順として、この離隔距離を提示し、地域 BWA 事業者側は申請する自営等 BWA システムが地域 BWA のカバーエリアでないことを確認し、かつ同期では自営等 BWA 敷地から 120m の離隔がとれることを確認する。

準同期の場合は、基地局間を 15km 取る必要がある。自営等 BWA が干渉を受け使用が難しい場合は、サイトエンジニアリング等で基地局間の周波数共存を図る。

○全国 BWA

全国 BWA は市街地を中心に全国に広く基地局が設置されている。よって前提として申請する自営等 BWA カバーエリアが全国 BWA カバーエリア内にあることとする。全国 BWA 基地局からの受信電力が DU 比計算の希望波の-71.5dBm の場所に自営等 BWA 基地局があるとする。

よって基地局間は 1,900m、自営等 BWA 基地局—地域移動局間は同様に自営等 BWA 希望波のレベルが-71.5dBm の 190m、移動局間は 3m とする。

DU 比が 10dB 得られない組み合わせは以下である。

表 4.3-3 DU 比が 10dB 得られない組み合わせ(全国 BWA)

与干渉	自営等 BWA 移動局	全国 BWA 移動局
被干渉	全国 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局
干渉量[dB]	65.6	65.6
準同期 DU 比[dB]	-38.3	-8.3
同期 DU 比[dB]	-8.3	-8.3
離隔[m]	61(準同期)	25(同期)

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なり、参考の検討手法である。【詳細は P.62 参照】

調整手順書として、この離隔距離を提示し、全国 BWA 事業者側は申請する自営等 BWA システムが全国 BWA のカバーエリア内であり、かつ同期では自営等 BWA 移動局とは 25m の離隔をとるべきことを確認する。準同期の場合は、移動局間を 61m 取らないと全国 BWA 移動局が干渉を受けることを認識し合意または合意できないかを判断する。

以上は、自営等 BWA 移動局（数量は少ない）と全国 BWA 移動局とのある範囲における存在確率も考える必要がある。

また、カバーエリアがお互いにオーバーラップせず、全国 BWA と境界を接している場合は、移動局間を同期で 6m、準同期で 50m の離隔を取る必要がある。その場合、お互いの移動局の受信レベルは-85dBm と低く、与干渉の RB（リソースブロック）が少なく干渉量が計算より少なくなり、かつ、そのため UL の干渉が無くても伝送レートが低いことは考慮すべきである。いずれにしろ、準同期では特にカバーエリアがオーバーラップしている場合では、自営等 BWA 移動局が全国 BWA 移動局に干渉を与える可能性が大きくなるのでサービスエリアが離れている場合の方が合意を得やすい。

(5) 上空利用

近くの市町村に地域 BWA システムがないか、総務省電波利用ホームページや基地局エキスパート検索で調べておく。

自営等 BWA カバーエリア境界での地域 BWA 基地局からの RSSI を予め測定し、ドローン移動範囲での搭載移動局の最小受信電力から基地局－移動局間、移動局間の DU 比から必要な離隔を求める。

具体的には自営等 BWA 設置予定場所に地域 BWA システムが設置されている恐れがある場合、ドローンの予定高度により自営等 BWA 移動局（ドローン）と地域 BWA システム間距離から自由空間の伝搬損失、ドローン搭載アンテナの仰角方向の利得などから地上の地域 BWA システムへの与干渉側電力を計算する。

以上まとめると、自営等 BWA 移動局（ドローン）から地域 BWA 移動局に干渉を与えることはないと言明する資料を DU 比の計算を含めて提示する。

1) 奥村・秦式モデルと自由空間伝搬損失

東京タワー展望台のメインデッキは高さ 150m、又、タワーマンションは通常 20 階以上（高さ 60m 以上）と言われており、これら建築物内で陸上移動局の使用に関して高さに関する規定はない。

ここでは改めて地上 1.5m で使われる電波法関係審査基準（奥村・秦式モデル）と自由空間伝搬損失の違いを考察し、航空法の制限から 150m 以下で使用するドローン搭載移動局の遠方への電波伝搬についても考える。

以下の表は、基地局－移動局（地上 1.5m）距離における自由空間伝搬損失とその減衰量と等しい減衰量となる電波法関係審査基準計算式（開放地）による基地局高さを示したものである。この基地局高さ（Hb）より低いと伝搬損失が大きくなる。

表 4.4-1 自由空間伝搬損失と減衰量が等しくなる基地局高さ

基地局－移動局間距離[m]	自由空間伝搬損失[dB]	基地局高さ[m]
100	80.7	10
200	86.7	17
300	90.2	23
400	92.7	28
500	94.7	37
600	96.3	45
700	97.6	55
800	98.8	60
900	99.8	70
1000	100.7	100

自由空間伝搬損失と同じ減衰量を距離ごとに得るには基地局高さを距離に応じて高くしなければならないことがわかる。

(1)項の回線設計前提条件から基地局高さは最大 40m であり、距離 500m を超えた場合は移動局高さ (Hm) を上げるしかない。

各距離における Hb=40m で自由空間と同じ減衰量になる Hm を求める。(開放地)

表 4.4-2 各距離における Hb=40 で自由空間と同じ減衰量になる Hm

基地局－移動局間距離[m]	Hm[m]
1000	2.8
2000	4.2
3000	5.0
4000	5.6
5000	6.1

(1)項の設計条件で基地局送信電力 40W、高さ 40m、セクタアンテナ 17dBi、給電線損失 5dB からカバーエリア（郊外地）は 4.5km であり、その時移動局高さ 6m 以上では自由空間伝搬損失の計算で良いことになる。

実際の市街地、郊外地での建物は低層でも 3 階建てが多くあり、高さ 10m が標準である。よって 10m 以下では地上高 1.5m と同じく拡張秦式を用いるのが妥当と推察される。

以上から一つの目安としてドローン高さ 10m 未満では地上の電波法関係審査基準の式を用い、10m 以上は自由空間損失モデルを用いることとする。

2) 上空利用における周波数調整手順

ドローン高さが 10m 以上の場合に以下のパラメータを記載し合意条件とする。

3)調整手順書の工事設計に明記すべきパラメータ

(現状に加え新規は明記)

方式： 無線設備規則第 49 条の 29 の無線設備

送受信周波数：2575～2595MHz

帯域幅：20MHz (10MHz, 5MHz の場合は中心周波数明記)

基地局最大送信電力

帯域外輻射レベル： (2545～2575MHz または 2595～2645MHz)

副次的に発する電波等の強度： (2545～2575MHz または 2595～2645MHz)

空中線種類

空中線利得

各空中線パターン (水平、垂直)、F/B レシオ

空中線方向 (指向性利得の場合、空中線毎に明記)

空中線チルト角 (種類ごとに明記)

空中線高さ (海拔/地上高)

自己土地内におけるカバーエリア

準同期(Configuration 明記)の有無

SSF:

ドローン高度 (新規)

ドローン水平移動距離・基地局からの経路 (新規)

ドローン搭載移動局総数 (M) (新規)

地域 BWA システムに関する離隔距離又は基地局制御による移動局最大送信電力 $P_{\max}$ の減少
(新規)

全国 BWA システムに関する離隔距離又は基地局制御による移動局最大送信電力 $P_{\max}$ の減少
(新規)

4) 離隔距離、カバーエリア参考例

自営等 BWA としてその自己土地エリア内の上空（高度 100m）にドローン（移動局を 1 台搭載）を飛ばし、移動局から最大の 0.8W (HPUE) 送信した場合の地域 BWA や全国 BWA システムとの離隔距離を求める。自営等 BWA 基地局は 0.4W、オムニアンテナ 5dBi とする。ドローン水平距離はカバーエリア 240m の境界線上に固定とする。

また、ドローン搭載移動局アンテナの仰角方向の利得変化は考慮しない。

5) 地域 BWA

表 4.4-3 地域 BWA との DU 比及び必要な離隔

項番	①	②	③	④	
与干渉	地域 BWA 基地局 (40W)	地域 BWA 基地局 (40W)	自営等 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局	地域 BWA 移動局
被干渉	自営等 BWA 基地局	自営等 BWA 移動局	地域 BWA 基地局	地域 BWA 移動局	自営等 BWA 移動局
干渉量[dB]	24.4	47.0	27.0	55.1	55.1
準同期 DU 比[dB]	2.9	-19.7	0.3	-27.8	2.2
同期 DU 比[dB]	32.9	-19.7	0.3	2.2	2.2
離隔[km]	7.5(準同期)	150	14	7.8(準同期)	0.25

一番のボトルネックはドローン搭載移動局が地域 BWA 基地局から干渉を受け、そのために非常に大きな離隔を取らなければならないことである。これは自由空間の伝搬損失が地上に比べ少ない最悪値であり、地域 BWA 基地局高さや、また、DU 比を 10dB でなく数 dB を許容し自営等 BWA の伝送レートを犠牲にすれば 40k~50km まで短縮できる。いずれにせよ**同期・準同期含め地域 BWA と同じ市町村内では上空利用は与干渉よりも被干渉という観点から使用が難しい場合**、サイトエンジニアリング等で周波数共存を図る。

与干渉という観点では、ドローン搭載移動局が地域 BWA 基地局に与える（つまりアップリンク）干渉が大きく、これは地域 BWA の基地局アンテナ方向がドローンと正対している場合である。次にドローン搭載移動局が地域 BWA 移動局に与える影響で自営等 BWA が準同期の場合に大きい。

しかし、移動局間干渉はドローン搭載移動局と地域 BWA 基地局との干渉の場合に比べ必要な離隔距離は非常に少ない。

同一周波数帯の遠方伝搬遅延に関しては、6km 離れた場合に干渉を与えるが、離隔距離分の減衰により、ドローン搭載移動局からの地域 BWA 移動局への干渉電力はその感度以下となるので問題とはならない。よって $P_{\max}$ を下げる必要はない。但し、ドローン搭載移動局数 (M) が複数の時は、離隔の減衰量を勘案し $P_{\max}$ を $10 * \log_{10}(M)$ [dB] 分下げる必要がある。

○全国 BWA との干渉

表 4.4-4 全国 BWA との DU 比及び必要な離隔

与干渉	自営等 BWA 移動局
被干渉	全国 BWA 移動局
干渉量[dB]	29.1
準同期 DU 比[dB]	-1.8
同期 DU 比[dB]	28.2
離隔[m]	400(準同期)

※ 情報通信審議会の共用検討手法とは異なることに留意する必要がある。特に全国 BWA との共用検討に関しては、情報通信審議会の共用検討手法とは異なっており、参考の検討手法である。【詳細は P. 62 参照】

自営等 BWA のドローンが全国 BWA のサービスエリアに存在する場合、唯一問題となるのはドローン搭載移動局が準同期の時に全国 BWA 移動局に与える干渉である。離隔 400m を実現するのは難しいと考えるが、移動局の位置関係などにより周波数共存の可能性はある。

なお、同期では問題ない。

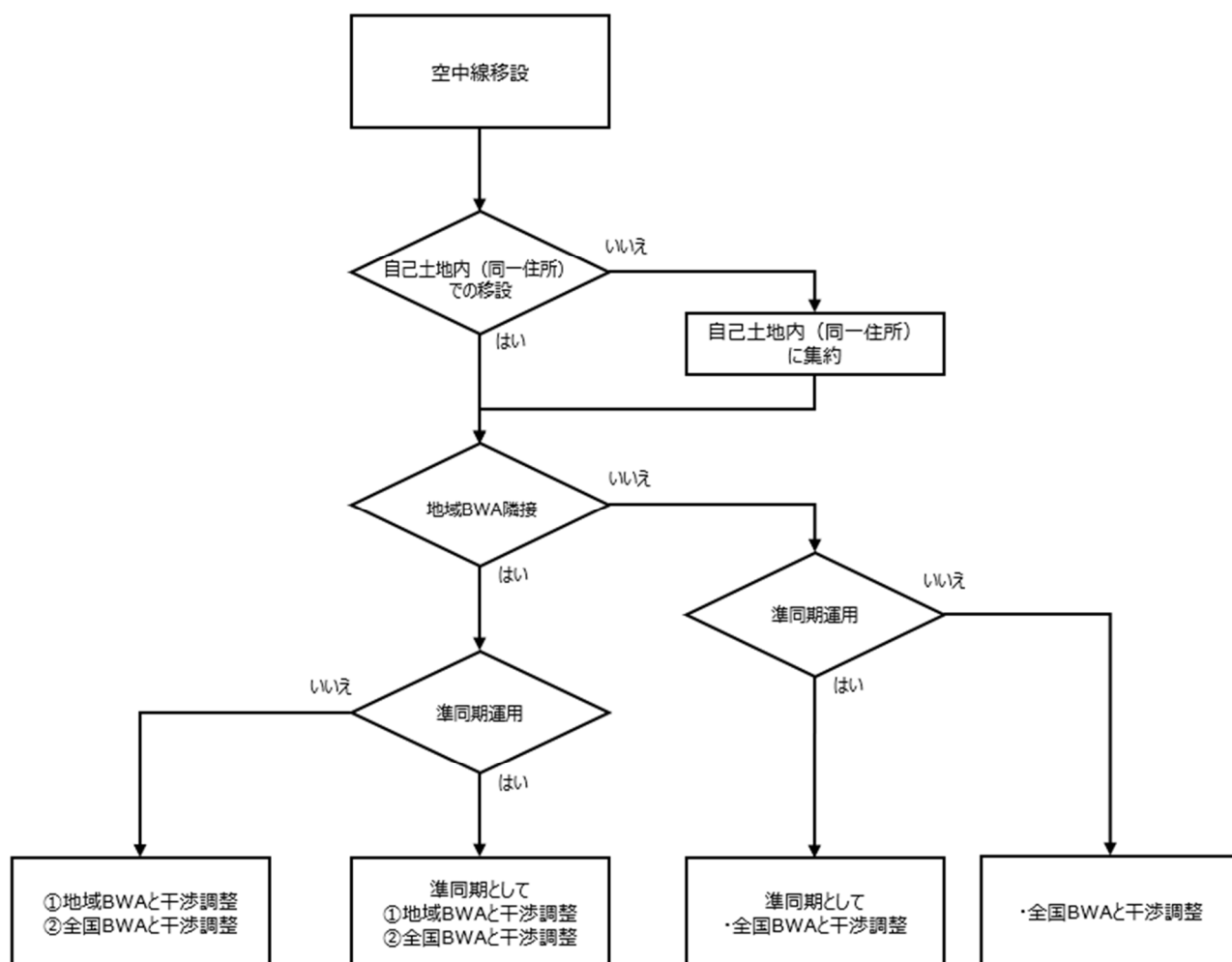
自営等 BWA が全国 BWA のカバーエリアに含まれない場合は（例えば境界を接していて全国 BWA 受信レベルが-85dBm）の場合は、必要な離隔は約 150m に短縮される。それでも全国 BWA 側が合意できるかは不透明であり全国 BWA 受信レベルが-90dBm となるようなサービスエリア外に限って準同期を依頼するのが妥当と推察される。

全国 BWA に関しては遠方伝搬遅延の干渉影響はない。

(6) まとめ

以上の考察から空中線移設、上空利用、準同期についてフローを作成しまとめとする。

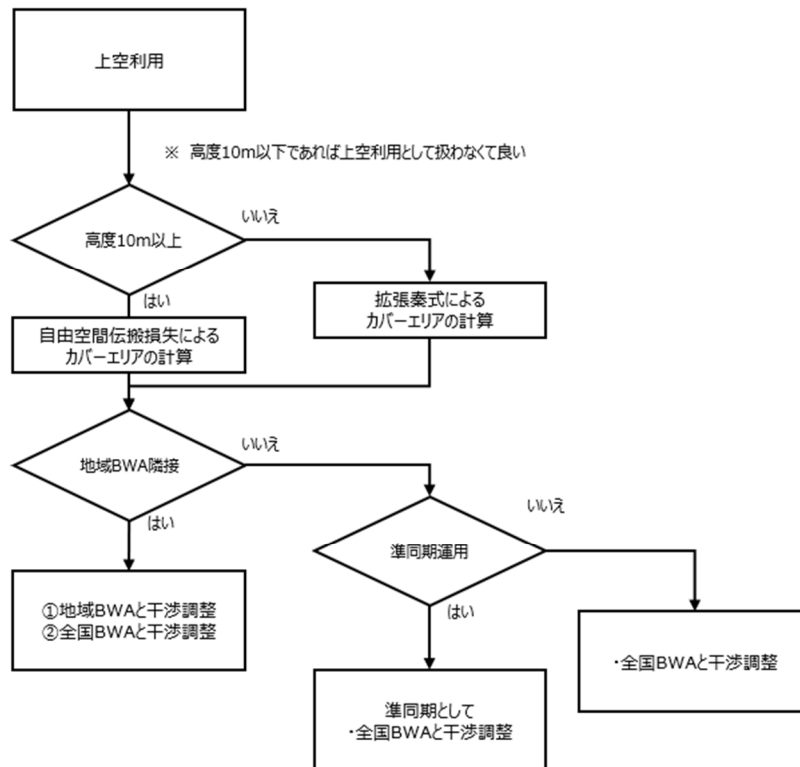
1) 空中線移設（準同期を含む）



※ 干渉調整の際に移設場所でのカバーエリア図および、離隔距離を提示する。

図 4.5-1 空中線移設のフロー

2) 上空利用



※ 干渉調整の際にドローン高度、ドローン水平移動距離・基地局からの経路、ドローン搭載移動局総数、離隔距離又は移動局最大送信電力の減少値を提示する。

図 4.5-2 上空利用のフロー

資料編

資料1 調査検討会設置要綱

「令和5年度 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」 設置要綱

1 目的

自営等BWA（Broadband Wireless Access：広帯域移動無線アクセス）は、2.5GHz帯の周波数の電波を使用し、携帯キャリアの設備を介さずとも、オーダーメイドかつ高速・高セキュアな自前のLTEシステムが比較的安価に構築できるという利点を有する。

この自営等BWAを北海道の様々な社会経済活動分野における有効な通信手段としての活用を期待し、以下に示す「新たな運用形態」についてその利用シーンを同定し、その社会実装を明確に意識したアウトカムとして関連の制度改正を視野においた技術的条件を導出するとともに、自営等BWAと既存無線局との周波数調整手順について、新たに開設する者が活用できる有用な情報として取りまとめることを目的に、総務省北海道総合通信局に「令和5年度 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（以下、「調査検討会」という。）」を設置する。

新たな運用形態1：自営等BWA基地局の空中線を必要に応じて臨時に移設する運用

新たな運用形態2：自営等BWAをドローンに搭載した上空での運用

新たな運用形態3：精細な画像伝送のための準同期（上り回線の通信比率を通常より大きく確保）による運用

2 調査検討事項

- （1）新たな運用形態にかかる周波数共用条件等の技術的条件
- （2）新たな運用形態に対する利用ニーズ
- （3）新たに自営等BWAを導入する際の周波数調整手順

3 調査検討会の設置及び運営

- （1）調査検討会の構成員は別紙1のとおりとする。
- （2）調査検討会に座長及び副座長を置き、総務省北海道総合通信局長が予め指名する。
- （3）座長は、調査検討会を招集し主宰する。
- （4）座長は、必要に応じ構成員以外の関係者の出席を求め意見を聞くことができる。
- （5）副座長は座長を助け、座長不在時にその職務を代行する。
- （6）調査検討会に上記2の調査検討事項に関し専門的な検討を行う作業班を置き、作業班に属すべき構成員は総務省北海道総合通信局長が予め指名する。
- （7）作業班の目的、調査検討事項及び体制については別紙2のとおりとする
- （8）作業班の主査は副座長がこれにあたる。
- （9）調査検討会及び作業班は、リモート会議等の方法により開催することができる。
- （10）やむを得ない事情がある場合、構成員は座長の承認を得て代理の者を調査検討会に出席さ

せることができる。

(11) その他、本調査検討会の運営に必要な事項は、座長が定めるところによる。

4 議事等の公開

(1) 調査検討会は、原則として公開とする。ただし、会議を公開することにより当事者若しくは第三者の権利若しくは利益又は公共の利益を害する恐れがある場合、その他の座長が必要と認める場合については、非公開とする。

(2) 調査検討会で使用した資料、及び議事要旨については原則として総務省北海道総合通信局のホームページに掲載し公開する。ただし、公開することにより当事者若しくは第三者の権利若しくは利益又は公共の利益を害する恐れがある場合その他の座長が必要と認める場合については、非公開とすることができる。

5 スケジュール

調査検討会はその設置の日から令和6年3月までの間、開催する。

6 事務局

調査検討会の事務局は、総務省北海道総合通信局無線通信部電波利用企画課に置く。

附 則

この要綱は、令和5年9月25日から施行する。

調査検討の目的とアウトカム

北海道総合通信局

自営等BWAに対する期待

- ① 道内ブロードバンド空白地域における通信環境の構築手段として
- ② スマート農業、インフラ保守点検、配送等の利用ニーズに最適化された通信ネットワークの選択肢として

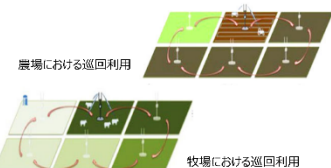
本調査検討会が目指すもの

- ① 自営等BWAの運用機能をさらに高めるための「新たな3つの運用形態」を提案
- ② その社会実装を実現するために必要となる周波数共用条件等の技術的条件の導出と、周波数調整手順の可視化
- ③ 新たな運用形態に相応しい分野横断的な利活用シーンを、アンケート調査等により把握

<新たな運用形態1>

基地局（空中線）移設手続の簡素化

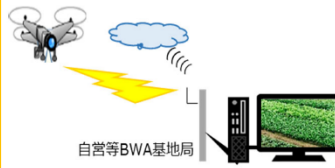
イメージ：自己土地内で複数のエリア化が必要な場合、工事設計の変更手続を簡素化（許可→届出）



<新たな運用形態2>

上空での運用

イメージ：端末をドローンに搭載し、撮影した映像をリアルタイムで地上へ伝送する等の利用を可能に



<新たな運用形態3>

準同期方式による運用

イメージ：上り回線の通信比率を通常より大きく確保し、高精度な画像伝送を可能に



調査検討で得られたアウトプットの活用

- 新たな運用形態の円滑な社会実装を目指し、関係の電波法令等の改正に反映
- 既存の無線システムとの周波数調整にかかるhow toを、利便性のある解りやすい手順書として取りまとめる

別紙2 構成員名簿

(氏名五十音順、敬称略)

	氏 名	所 属
	あさお のりひと 旦尾 紀人	ハイテクインター株式会社 代表取締役社長
	いしだ たかし 石田 崇	一般社団法人北海道IT推進協会 常任理事 (株式会社テクノフェイス 代表取締役)
	いなむら さかえ 稲村 栄	北海道総合通信網株式会社 取締役企画部長
	うえだ たかし 上田 貴之	日本郵便株式会社 郵便・物流オペレーション改革部 担当部長
	おがわ けんた 小川 健太	北海道ドローン協会 会長 (酪農学園大学 農食環境学群 環境共生学類 准教授)
	おだ かずひこ 織田 和彦	NEC ネットエスアイ株式会社 ネットワークソリューション事業本部 サービスソリューション事業部 主席主幹
	かのう じゅんや 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
座長	きたざわ しやういち 北沢 祥一	国立大学法人室蘭工業大学 大学院工学研究科 教授
	くろさわ あつし 黒澤 厚	北海道 総合政策部 次世代社会戦略局 デジタルトランスフォーメーション推進課 主査 (IoT 推進)
	さかい まさと 酒井 真人	株式会社日立国際電気 ソリューション統括本部 DX 本部
	さかもと しんたろう 阪本 伸太郎	パナソニックコネクト株式会社 現場ソリューションカンパニー 東日本社 パブリックサービス本部 営業総括部 東日本営業部 営業1課 1係
	さ の ひろかず 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
	しが き けいすけ 澁木 圭介	北海道 農政部 生産振興局 技術普及課 主幹 (スマート農業)
	てらもと まさひろ 寺本 昌広	北海道農政事務所 生産経営産業部 生産支援課 調整官 (スマート農業・技術 G、環境 G)
	なかの よしふみ 中野 善史	北海道総合通信局 無線通信部長
副座長	ひかげ たかし 日景 隆	国立大学法人北海道大学 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

	まつなみ たかふみ 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
	みやの たいき 宮野 太樹	株式会社NTTドコモ 北海道支社 ネットワーク部 ネットワーク企画担当課長
	やち たかゆき 矢地 孝之	東日本電信電話株式会社 北海道事業部 ビジネスイノベーション部長
	わたなべ あやこ 渡邊 あやこ	UQコミュニケーションズ株式会社 渉外部門

資料2 作業班の設置について

作業班の設置について

1 目的

調査検討会の調査検討事項に関し専門的な検討を行うため、調査検討会設置要綱3（6）に基づき、調査検討会に作業班を設置する。

2 作業班が扱う調査検討事項

（1）既存システムとの周波数共用条件の検討

自営等 BWA の新たな運用形態2及び3を干渉モデルのパラメータとして導入し、以下の検討を行う。

ア 自営等 BWA からの離隔距離と電波強度の特性

イ 自営等 BWA から既存システム（全国 BWA、地域 BWA）へ与える干渉量に関し、これを決定する要素（送信点の地上高、送信電力、アンテナパターン、空中線の指向特性（チルト効果、利得など）を勘案したシミュレーション

ウ イとの比較検討を行うためのフィールドにおける実運用状態での計測

エ 自営等 BWA と既存システムとの周波数共用条件

オ その他周波数共用条件の導出に必要な事項

（2）自営等 BWA において相応しい準同期方式の検討

非同期運用の中でも同期方式の運用への影響を最小限に抑えることで比較的干渉調整の簡素化が可能な「準同期（TDD 方式）」にかかるフレーム構成を検討する。

（3）自営等 BWA を新たに導入する際の周波数調整手順の検討

自営等 BWA の新たな運用形態に鑑み、自営等 BWA を導入する際に必要となる周波数調整において新たに必要と考えられる事項を整理・検討し、標準的な手順として取りまとめる。

3 スケジュール

〔第1回会合〕 具体的な調査検討方針・項目の確認

〔第2回会合〕上記事項に係る調査検討結果の確認

⇒ 第2回調査検討会への中間報告

〔第3回会合〕第2回調査検討会及び上記調査検討結果の確認

⇒ 第3回調査検討会への最終報告

4 作業班の運営

- (1) 主査は作業班を主宰し、検討事項に係る審議取りまとめを行う。
- (2) 作業班の運営事務局は（請負業者）が担い、審議スケジュール管理、開催案内その他必要な事項の連絡を行う。
- (3) 作業班の開催はメール又はwebツールによるリモート形式によることを基本とする。

5 作業班の体制

作業班の体制は調査検討会構成員及びその所属組織の中から選定し以下のとおりとする。

なお、必要に応じ、これ以外の構成員からの参加を妨げない。

（氏名五十音順・敬称略）

	氏 名	所 属
	いちかわ あ き こ 市川 亜希子	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 担当課長
	おおやま て る お 大山 輝夫	ハイテクインター株式会社 無線事業部 CT0
	さかもと しんたろう 阪本 伸太郎	パナソニックコネクト株式会社 現場ソリューションカンパニー 東日本社 パブリックサービス本部 営業総括部 東日本営業部 営業1課 1係
	さわだ より のぶ 澤田 頼伸	北海道総合通信局 無線通信部 電波利用企画課長
主査	ひ か げ たかし 日景 隆	国立大学法人北海道大学 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
	みやざき しんすけ 宮崎 伸介	日本無線株式会社 事業本部 ソリューション事業部 技術統括部 部長補佐
	わたなべ あやこ 渡邊 あやこ	UQコミュニケーションズ株式会社 渉外部門

資料3 検討経過報告

1 調査検討会の検討経過

会合	日程	議題
第1回	令和5年10月24日（火）	(1)調査検討の目的とアウトカム (2)調査検討事項

		ア 調査検討フロー イ 個別の調査事項 (ア)周波数共用条件の検討 (イ)準同期方式の検討 (ウ)周波数調整手順の可視化等 (エ)利用ニーズの収集・分析 (3)話題提供 ～新たな運用形態への期待等～ 1 NEC ネットズエスアイ株式会社 2 ホクレン農業協同組合連合会 農業総合研究所 3 東日本電信電話株式会社 北海道事業部
第2回	令和6年2月20日(火)	(1) [情報提供] 地域BWAに関する最新動向について 地域BWA推進協議会 (2)中間報告書(案)について ア)既存システムとの周波数共用条件の導出等について ①自営等BWAの空中線を臨時に移設する運用 ②自営等BWAをドローンに搭載した上空での運用 ③遠方伝搬遅延および自営等BWAハンドオーバー時の遠方伝搬遅延 ④新たな運用形態と既存システムの周波数共用条件の検討 イ)周波数調整手順の検討・可視化について ウ)自営等BWAの新たな運用形態に対するニーズの調査・把握について
第3回	令和6年3月21日(木)	・報告書概要版(案)について ・報告書(案)について

2 作業班の検討経過

会合	日程	議題
第1回	令和5年10月24日(火)	(1)調査検討事項等 (2)具体的な調査手法等 ア 周波数共用条件の検討 イ 準同期方式選定の検討 ウ 周波数調整手順可視化等の検討
第2回	令和6年1月31日(水)	・周波数共用条件の検討について ①周波数調整手順の検討・可視化について ②自営等BWAの空中線を臨時に移設する運用 ③自営等BWAをドローンに搭載した上空での運用 ④遠方伝搬遅延および自営等BWAハンドオーバー時の遠方伝搬遅延

		⑤新たな運用形態と既存システムの周波数共用条件の検討
第3回	令和6年3月11日(月)	(1) 報告書(案)について ①変更点について ②追加事項について (2) 報告書概要版(案)について

資料4 総務省実証事業案件の視察会対応

本年度に雨竜郡沼田町にて実施中である総務省「地域デジタル基盤活用推進事業(実証事業)」『土地利用型農業におけるローカル5G等無線技術を用いた自動走行トラクタ実装モデルの高度化』と効果的に連携を実施。

その一環として前記実証事業の現地視察会への出席、当調査検討会構成員へオンライン参加の周知を行った。

当日、視察会の中の一項目として中野構成員から本調査検討の方向性(新たな運用形態)について紹介し、実証を「実装」へと繋げていく上での連携の必要性について理解を得た。

実施日時:令和5年12月6日(水)14:00～16:00

実施場所 現地(岩見沢市新産業支援センター(岩見沢市有明町南1-29))とオンラインによるハイブリッド開催

会場内参加人数に制限があるため当調査検討会の構成員に対してはオンライン出席の周知を実施。

参加者:中野構成員(北海道総合通信局) ほか

視察会の内容:実証概要等の説明、質疑応答など(※現地では機器展示実施)

【調査票】

無線ネットワーク需要調査 調 査 票

本調査は、昨今の各事業におけるデジタル化や DX 等を支える通信インフラとして、様々な事業にて活用が見込まれる、無線通信ネットワークについて、想定される活用方法や、運用形態等に合わせ、現状の対応に関する課題や、将来的な要望への対応を検討するため、広く様々な業種・業態に対して実施しているものです。

なお、送付先の選定は無作為に行っており、ご回答いただく内容を含め、個社の判別がつかない統計データとして処理いたします。

別添しております資料をご確認いただきながらご回答いただけますようお願いいたします。

なお、資料にて紹介している無線システムである「自営等 BWA」は、下記のような様々な事業での活用が見込まれています。

【農業】

- ・基地局設置が簡単であることから点在する農地でのスマート農業(トラクターの走行アシスト)
- ・点在する農地でのドローンによる遠隔作業(播種や可変施肥)
- ・携帯電話不感地域にあたる農地・ハウスでの通信補完

【建設・インフラメンテ】

- ・高所や海上などの危険地帯や侵入困難エリアでのリアルタイムでの高画質伝送による、ドローンによる現場確認
- ・携帯電話不感地域・現場へのドローンを介した、広域での IoT センサーからの継続的なデータ集積や現場管理
- ・簡易な基地局設置が可能であるため、限定期間内での特殊エリアでの現場監視/管理
- ・有線ドローンや仮設 WEB カメラ等からセキュアな無線伝送による 24 時間体制での防犯対応

【自治体等】

- ・屋外広域イベント会場等でのデータ集積やセキュアな通信環境の提供
- ・広範囲をサポートできることから、観光地での VR・AR 等の高度デジタル技術による CX(カスタマーエクスペリエンス)向上コンテンツの提供

【工場等製造設備】

- ・スマート工場等でのセキュアかつ機器の配置等に合わせた通信インフラの設置
- ・ドローンによるリアルタイムな高所等の点検
- ・視認やカメラ設置困難ラインでの製造状況や品質確認のための高画質映像伝送

回答期日 2024(令和 6)年 1 月19日(金) 23:59 まで

1. 貴社/組織(団体)について

(1) 所在都道府県

	都 道 府 県
--	------------

(2) 業種

1. 農業・林業	6. 電気・ガス・熱供給・水道業	11. 不動産業・物品賃貸業	16. 医療・福祉
2. 漁業	7. 情報通信業	12. 学術研究・専門・技術サービス業	17. 複合サービス事業
3. 鉱業・採石業・砂利採取業	8. 運輸業・郵便業	13. 宿泊業・飲食サービス業	18. サービス業(他に分類されないもの)
4. 建設業	9. 卸売業・小売業	14. 生活関連サービス業・娯楽業	19. 行政・公務
5. 製造業	10. 金融業・保険業	15. 教育・学習支援業	20. その他

(3) 従業員数

1. 10名以下	3. 31～50名	5. 101～300名
2. 11～30名	4. 51～100名	6. 301名以上

(4) 資本金/出資金(単位:円)

1. 3000万未満	3. 5000万～1億未満	5. 3億～
2. 3000～5000万未満	4. 1～3億未満	6. その他/対象外

(5) 年間売上高(単位:円)

1. 5000万未満	3. 1億～50億未満	5. 100億以上
2. 5000万～1億未満	4. 50億～100億未満	6. その他/対象外

2. 事業での無線ネットワークの活用状況について

(1) 現在、事業運営に伴い無線システムをどのような目的で利用していますか(利用目的ごとに該当する欄に○をつけてください)。

利用目的	利用している無線システム/回答欄→			
	利用していない	キャリア回線 (携帯会社等の4G/5G回線)	Wi-Fi	その他 ()
1. 社内での連絡				
2. 外出した社員との連絡				
3. 社内システムとの接続				
4. システム間のデータのやりとり				
5. IoT 運用				
6. 遠隔監視				
7. 遠隔管理/操作				
8. セキュリティ				
9. 自動走行/自動操舵				
10. その他()				

(2) ご回答された無線ネットワークの設定や検討・利用上での課題はありますか(複数回答可)。

1. 最適な無線システム/通信方式の選択	6. 圏外/不感地域の発生	10. 無線ネットワークに関する知識
2. 機材の手配/設定	7. 近隣事業者等との混信/干渉	11. 専門業者に任せているので不明
3. 初期投資コスト	8. 無線局免許の取得や手続き	12. その他
4. 運用コスト	9. 無線局免許取得までに要する時間	()
5. セキュリティ		13. あてはまるものはない/わからない

(3) 貴社/組織(団体)の業務と無線ネットワークの関係性について、あてはまるものはどれですか。

1. 主に業務で利用する(ユーザー)	3. 取扱製品に無線ネットワーク機器が含まれる	5. 利用していない
2. 製造開発製品等が無線ネットワーク機器である	4. 無線局免許が必要な電波等の整備を含む業務を行っている	6. その他()

3. 別紙にてご案内した自営等BWAについて

(1) 自営等 BWA をご存じでしたか。

- | | |
|--------------------|-------------|
| 1. 現在利用している → (3)へ | 3. 聞いたことがある |
| 2. 知っている | 4. 知らなかった |

(2) 別紙に記載している自営等 BWA のメリット等をご覧の上、貴社/組織(団体)にて利用・検討したいと思われますか。

- | | |
|----------|----------------------|
| 1. 利用したい | 4. わからない/判断する立場にない |
| 2. 検討したい | 5. より詳しい情報がないと検討できない |
| 3. 興味がある | 6. 利用したいと思わない |
| | 7. 無線ネットワークは利用しない |
| | 8. その他() |
| →(3)へ | →(6)へ |

(3) 貴社/組織(団体)の場合、自営等 BWA をどのように活用できると思われますか(複数回答可)。

- | | |
|----------------------------------|---------------------------|
| 1. 携帯電話不感地域の通信網として | 7. 災害等の監視やセキュリティ監視のため |
| 2. 自社物件内でのセキュアな通信網として | 8. 高所などの危険エリア等の点検や管理のため |
| 3. 画像データ等の大容量データを高速に扱う通信網として | 9. サプライチェーンのリアルタイムでの管理のため |
| 4. 機械やロボット、車両等の自動走行や遠隔操作として | 10. 高解像度の映像配信のため |
| 5. 特定エリア内での AR や VR などのXRを活用するため | 11. 社内での連絡等通信用 |
| 6. ドローンを運用するため | 12. その他() |

(4) (3)で回答いただいた活用シーンは、どのような場所を想定していますか(複数回答可)。

- | | | |
|-----------|---------|---------------|
| 1. 敷地内 | 5. 観光地 | 9. 危険・制限地域/区域 |
| 2. 工場等建物内 | 6. 山林 | 10. 工事地域 |
| 3. 農地 | 7. 上空 | 11. その他 |
| 4. 海上 | 8. 特定地域 | () |

(5) 自営等 BWA のどの点が特に魅力となると感じますか(1つ選択してください)。

- | | | |
|---------------------|-----------------|--------------|
| 1. 1台の基地局で広域をカバーできる | 3. 利用できるデバイスが多い | 5. 高いセキュリティ性 |
| 2. 大容量データを高速通信できる | 4. 低コストで運用できる | 6. 災害への耐性 |

(6) 以下の中で、自営等 BWA を利用・検討する上で最も課題となることは何だと思われますか(1つ選択してください)。

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| 1. 設計・設定が難しい | 6. 利用エリアを固定することが難しい |
| 2. 無線局免許取得手続きが煩雑 | 7. 基地局の設置が困難 |
| 3. 利用に関する詳細な情報が不足しており、判断ができない | 8. 既存のネットワークで十分 |
| 4. 必要となる機材やシステムの情報が不足している | 9. 利用する必要性がない |
| 5. 無線局免許取得に時間を要する | 10. その他() |

4. 3つの新たな運用形態について(別紙資料をご確認しながらご回答ください)

(1) 別紙で示している自営等 BWA の3つの新たな運用形態について、それぞれ魅力を感じますか(運用形態ごとに1つ○をつけてください)。

運用形態	選択肢/回答欄→						
	利用したい	活用が検討できる	詳細な情報を確認したい	わからない	魅力を感じない	利用には課題がある	不要である
1. 自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化							
2. 自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用							
3. 自営等 BWA で運用する移動局からの、伝送量(アップロード)を拡張した運用							
	→(2)へ(運用形態別に)			→(3)へ(運用形態別に)			

(2) ご回答いただいた運用形態について、どのような活用方法が考えられますか(自由記述)。

運用形態	記載欄
1. 自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化	

2. 自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用	
3. 自営等 BWA で運用する移動局からの、伝送量(アップロード)を拡張した運用	

(3) 3つの新たな運用形態を検討する上での課題は何だとお考えですか(複数回答可)。

想定される課題	運用形態/回答欄		
	1. 自営等 BWA 基地局(空中線:アンテナ)の移設手続きの簡素化	2. 自営等 BWA によるドローン等を用いた上空での運用	3. 自営等 BWA で運用する移動局からの、伝送量(アップロード)を拡張した運用
1. 運用開始までの手続き			
2. 利用したいタイミングですぐに利用できない			
3. 季節等による需要や設置環境の変化			
4. メンテナンス			
5. 維持・運用コストがかかる			
6. 初期費用がかかる			
7. 利用する自己敷地外への電波干渉など周辺環境への対応			
8. 未利用時の保管			
9. 無線局免許の取得			
10. 天候			
11. ドローンによる上空利用時や移動時に自己土地以外(他者土地)を飛行してしまう			
12. その他			

(4) (3)で課題と考えられる具体的な事例についてお聞かせください(自由記述)。

記載欄	
-----	--

5. 自営等 BWA 等、電波利用には無線局免許の取得が必要です。法規制等について、どのように感じますか。

(1) 免許制度について(複数回答可)。

1. 取得方法などわからない	5. 取得に時間がかかりすぎる	8. 特に課題はない
2. 情報が不足している	6. 取得に必要な情報の収集が困難	9. わからない
3. 手続きが煩雑	7. 現在の制度で十分	10. その他()
4. 申請が難しい		

(2) 法規制について(1つ選択してください)。

1. 現状で問題はない	5. わからない
2. 利活用のために免許制度の緩和が必要	6. その他()
3. 利用条件の緩和が必要	
4. 電波干渉などの規制を強めるべき	7. 特に課題はない

ご回答いただきました本用紙を、PDF 等の記載内容の確認できる形式で、下記メールアドレスに送付願います。

送付先: event@doginsoken.jp (事務局: 株式会社道銀地域総合研究所 担当: 春日)

調査は以上となります。ご協力ありがとうございました。

「新たな運用形態」の利用イメージ

3

① 基地局の可搬運用 (移設手続の簡素化)

＜無人トラクタ自動操舵＞



上図は、1つの基地局でカバーできない広大な1の圃外の自己土地内において、自営等B-WA基地局のアンテナを季節毎、作物毎に移設して利用するケースを想定したものです。

基地局のアンテナの移設運用ができる場合、1局分の小型基地局の費用で広大な畑をカバーできるため、設備負担が少なくなる事と、無線局の変更の事務手続きが軽減されます。

(例示：農業事業者の場合)

- このほかに想定されるユースケース(例)
- ・広大な農地でのスマート農業
 - ・工事の進捗により工事現場が移設していくような場合の通信環境構築
 - ・山間地等に点在する設備の点検時の通信環境構築

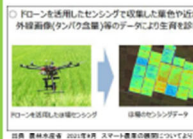
② 上空での運用 (ドローンによる運用)

＜工事現場の工事状況配信＞



出典：国土交通省北陸地方整備局
(ドローンを活用した建設業イメージアップの取組について)

＜生育状況モニタリング＞

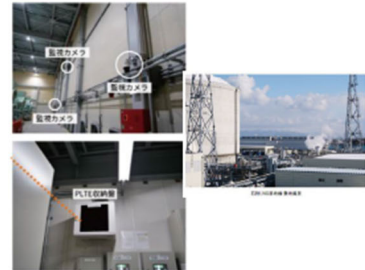


上空運用と準同期運用ができる場合、リアルタイムで高精細な映像が確認出来る事により様々な作業が効率化されます。

- このほかに想定されるユースケース(例)
- ・遠隔での農地の確認
 - ・目視困難な場所の確認作業

③ 準同期方式による運用 (上り回線の通信量拡大)

＜工場・プラントでの利用＞



出典：ハイテックインター株式会社ホームページ
(北海道ガス株式会社様導入事例「プライベートLTEを使ったガスプラント構内の映像監視システム」)

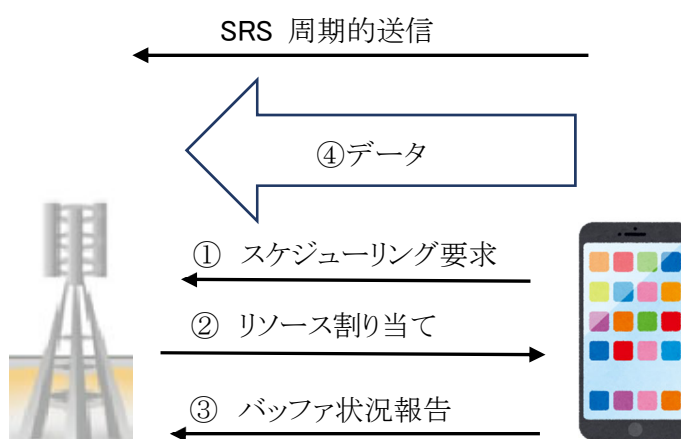
準同期運用ができる場合、監視カメラの増設や高画質化をすることで敷地内の安全確認や警備業務の範囲が拡張できます。

- このほかに想定されるユースケース(例)
- ・工場等の生産現場でのライン確認
 - ・牧場等の管理
 - ・データ量の大きなIoT機器の運用

【巻末資料】

スケジューリングの説明

移動局は周期的にSRS（Sounding Reference Signal）を基地局に送信し、基地局はこれにより各移動局のチャネル（伝搬路）状況を把握する。移動局に送信データが生じると、移動局は基地局に対してスケジューリングリクエストを送信する。基地局はこのリクエストを受信するとまず初期のリソースを割り当てる。この時点では基地局はまだ移動局のバッファ内容を把握できていないので、移動局は割り当てられた初期リソースにてバッファ状況を報告する。



基地局は移動局のバッファ状況、チャネル状態などを考慮してRB割り当てとトランスポートフォーマット（変調方式、符号化率）を、PDCCHにて移動局に通知する。

また、割り当てられた時間に移動局に送信すべきデータがない場合は、基地局にその旨を通知し、基地局はその通知を受けた場合だけ、そのリソースを他のユーザへリリースする。

以上、各ユーザの送受信データに無線リソースを割り当てることをスケジューリングといい、チャネル（伝搬路）の状態やサービス品質（QoS: Quality of Service）を考慮してリソースが割り当てられる。

参考文献等

【出典】

本報告書に使用している地図は、地理院地図(<https://maps.gsi.go.jp/>)を加工して使用している。

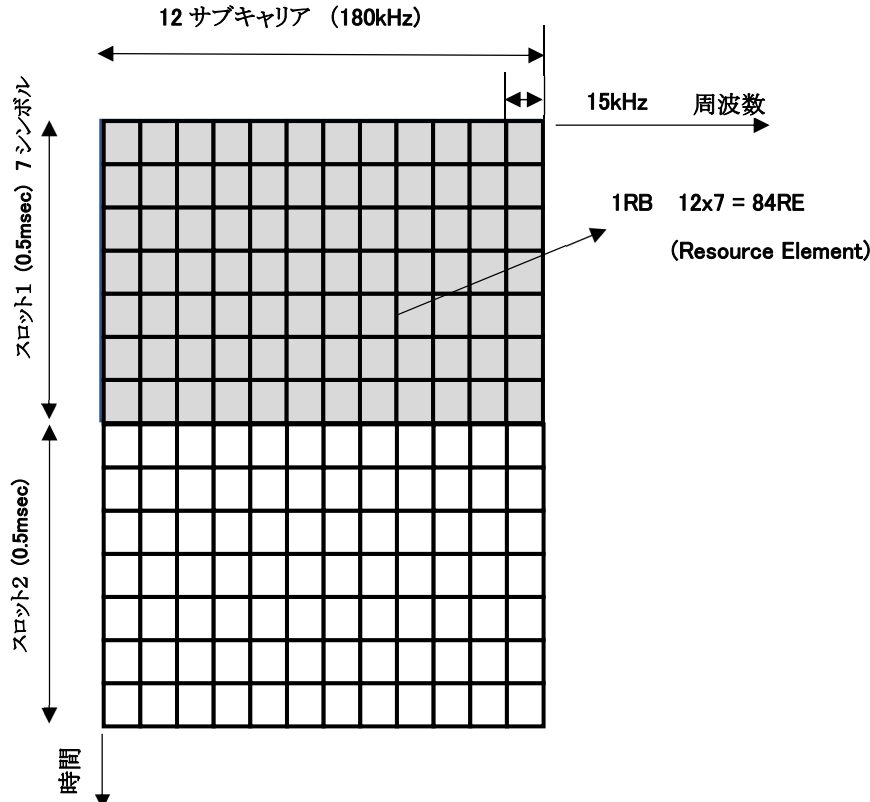
【参考資料】

- 1. 電波法関係審査基準(平成 13 年総務省訓令第 67 号)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 別紙(17)—1 カバーエリア及び調整対象区域の算出法
- 2. ローカル5G 導入に関するガイドライン(令和 5 年 8 月最終改定)
(https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000616.html)
- 3. 令和元年度 情報通信審議会 情報通信技術分科会新世代モバイル通信システム委員会報告資料 148-5-2
(https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/bunkakai/02tsushin10_04000446.html)
- 4. 平成 25 年 情報通信審議会 携帯電話等高度化委員会報告 第 4 世代移動通信システム(IMT-Advanced)の技術的条件 資料 16-4 P.53
(https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/keitai_koudoka/02kiban14_03000319.html)
- 5. 情報通信審議会 諮問第 2021 号(平成 25 年度) 資料 94-2-2

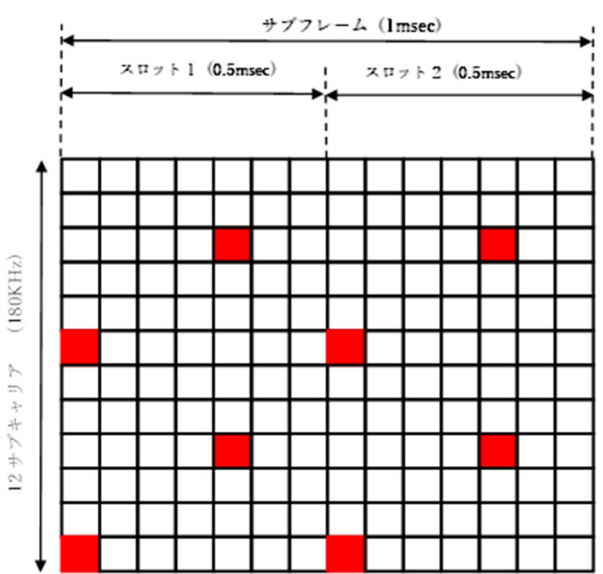
【文献】

- 1. WiMAX 教科書 庄納編 2008 年 7 月 インプレス R&D
- 2. 移動通信における電波伝搬 岩井著 2012 年 11 月 コロナ社
- 3. 改定デジタル移動通信の電波伝搬基礎 唐沢著 2016 年 3 月コロナ社
- 4. 移動通信の基礎 奥村・進士監修 1986 年 電子情報通信学会
- 5. 無線通信の電波伝搬 進士編著 平成 4 年 電子情報通信学会
- 6. 続 5G 教科書 服部、藤岡編著 2023 年 インプレス
- 7. LTE for UMTS 2nd Edition 2011 H. Holma, A. Toskala Wiley
- 8. M. hata “Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services”IEEE Trans, VT29, No.3 1989
- 9. アンリツテクニカル No. 89 Mar. 2014
- 10. デジタル無線通信の変復調 斉藤洋一著 平成 8 年 2 月 電子情報通信学会
- 11. マイクロ波雪上伝播時の実効反射係数変動の一考察 鈴木 電気学会雑誌 昭和 31 年 6 月

用語集

用語	説明
サイトエンジニアリング	無線サイトにて個別調整により干渉調整を行う作業。無線局相互間の離隔距離の確保や、アンテナ指向方向調整など。
サブフレーム	1 ラジオフレーム(10msec)を 10 個に分けてその 1 個をサブフレーム(1msec)という。
自営等 BWA	自営の設備を用いて自己の敷地内で行う自社専用の LTE ネットワーク。
全国 BWA	日本全国での公衆向け高速データ通信 LTE ネットワークサービス。
地域 BWA	1つの市町村の行政区域の全部又は一部、都道府県の行政区域の一部などを対象としてデジタルデバイドの解消、公共の福祉増進に資する高速データ通信 WiMAX、LTE ネットワークサービス。
2 波モデル	見通し内伝搬のなかで最もシンプルなもの直接波と平面大地の反射波による伝搬モデル。
リソースブロック	周波数軸上では 12 サブキャリア(サブキャリア間隔は 15kHz)を基本単位としている。12 サブキャリアと時間軸上の 1 スロット分で囲まれた部分をリソースブロック(RB)といい、ユーザへの割当はこの時間的に連続する 2RB 単位で行われる。 
ACLR	Adjacent Channel Leakage Ratio (隣接チャンネル漏洩電力比) 送信チャンネル帯域内の電力を基準とし、それに隣接する上側・下側のチャンネル帯域の電力との相対値。
BWA	Broadband Wireless Access 広帯域移動無線アクセス 2.5GHz 帯の WiMAX や LTE を利用した無線通信サービス。

DL/UL	DL (Down Link) ダウンリンク、UL (Uplink) アップリンク 自営等(地域、全国)BWA は 4G TDD システムであり、基地局から移動局への通信(ダウンリンク)と移動局から基地局への通信(アップリンク)を交互に行っている。
EIRP	Equivalent Isotropic Radiated Power 等価等方放射電力 アンテナからある方向に放射されるエネルギーを等方性アンテナ(理想アンテナ)での送信電力に置き換えたもの。
5G NR	5th Generation New Radio 3GPP が仕様策定した第 5 世代移動通信システム。
iperf	ネットワークのパフォーマンスを計測するためのツール。
Local RTK	測位のなかで RTK (Real Time Kinematic) の方法の1つでローカル(ユーザーの近く)に基準局を置き、近くの移動局に補正情報を送る。基地局の初期投資は必要だが、工夫することで価格低減できる。移動局との距離である基線長は 10km までと言われている。また基地局から移動局まで送信する手段が必要である。技術の原理は主に下記のように波長の数の計算である。 たとえば、「みちびき」の L1 周波数(1575.42MHz)の波長は、19.0425cm であり、これを 8 ビットの分解能で 1/256 にすると 0.74mm が最小分解能となる。実際には数 cm と言われている。 常に毎秒補正情報を送信し続けねばならず、一度途切れると収束に時間かかるので、インターネット(LTE, Wi-Fi など)利用の際、遅延、干渉、レーダー検知などの恐れがあるものは使わない方が賢明である。 誤差を生ずる要因は電離層での遅延、対流圏での水蒸気による電波の屈折、地表の構造物での反射によるマルチパスなどがある。
LTE	Long Term Evolution 3GPP が仕様策定した第 3.9/4 世代移動通信規格。
MCL	Minimum Coupling Loss 所要最小減衰量 与干渉レベルが許容干渉レベルと等しくなるために必要な最低限の減衰量 $MCL \text{ (Minimum Coupling Loss) [dB]} = EIRP + \text{受信アンテナ利得} - \text{給電損失} - \text{許容干渉レベル}$

用語	説明
RS	受信時に同期検波のためのチャンネル推定に使う基準信号。ダウンリンクでは6サブキャリアごとに各スロットの OFDM シンボルの1番目と5番目にマッピングされる。 
RSRP	Reference Signal Received Power 基地局から RS (Reference Signal) を受信すると途中の経路の干渉により復調後のシンボル点がある広がりを持って分布するがその平均電力。RSRP は 1 リソースエレメント(帯域 15 kHz)当たりの RS の 受信電力である。RS は周波数的にも時間的にも偏らずに 送信されており、トラフィック量にも左右されない。
RSSI	Received Signal Strength Indicator RSSI は RS が存在する OFDM シンボルにおいて LTE システム帯域全体の電力を測定した値。
SIR	Signal to Interference Ratio 受信品質を表す指標の 1 つである。リソースブロックの 15 kHz 帯域内に存在する干渉電力を分母とし、RSRP との比をとる。
SISO	Single-Input Single-Output 送受信アンテナがそれぞれ1つずつのシステム。
3GPP	The 3rd Generation Partnership Project 第3世代以降の移動通信システムの標準規格の仕様検討、調整を行う各国標準化機関によるプロジェクト
UDP	User Datagram Protocol コネクションレス型のプロトコルで、パケットごとに確認応答がなく、また再送制御がないので高速な通信が可能である。
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access IEEE が規格化した無線通信システム。
X2-HO	基地局同士が X2 インターフェイス(基地局間インタフェース)を使用して直接、端末の情報

	をやりとりする。X2 ハンドオーバーは基地局同士が直接端末の情報を授受するため、コアネットワークの負荷を減らし、ハンドオーバーの時間を短縮可能である。
--	--

令和6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報告書

<事務局>

北海道総合通信局 無線通信部 電波利用企画課
〒060-8795 札幌市北区北8条西2丁目1-1
札幌第1合同庁舎
電話 011-709-2311（内線 4624）