

3.4.2.2 公共 BB の試験候補地の調査結果

表 3.15 に示す 4 区間（表の A 局～B 局の区間）について、回線シミュレータを用いて見通し状況を確認し、見通し外区間については、現地で各地点間における通信接続（リンク）の良否を確認した。本確認結果より、公共 BB の中継回線（多段中継）による試験は、図 3.12 に示す、(イ) 日影沢キャンプ場～(ハ) 城見台～(ニ) 高尾森林ふれあい推進センター の 2 区間で行うこととした。

表 3.15 公共 BB の試験候補地の確認結果

項番	A 局 (空中線種別)	B 局 (空中線種別)	見通し状況 (A 局～B 局距離)	リンクの 確認結果
1	高尾森林ふれあい推進センター (5 素子八木)	城見台 (無指向性)	見通し (約 1km)	/
2	城見台 (無指向性)	いろはの森 (無指向性)	見通し外 (約 1.5km)	×
3	城見台 (無指向性)	日影沢キャンプ場 (5 素子八木)	見通し外 (約 1.5km)	○
4	いろはの森 (無指向性)	日影沢キャンプ場 (5 素子八木)	見通し外 (約 1.1km)	×

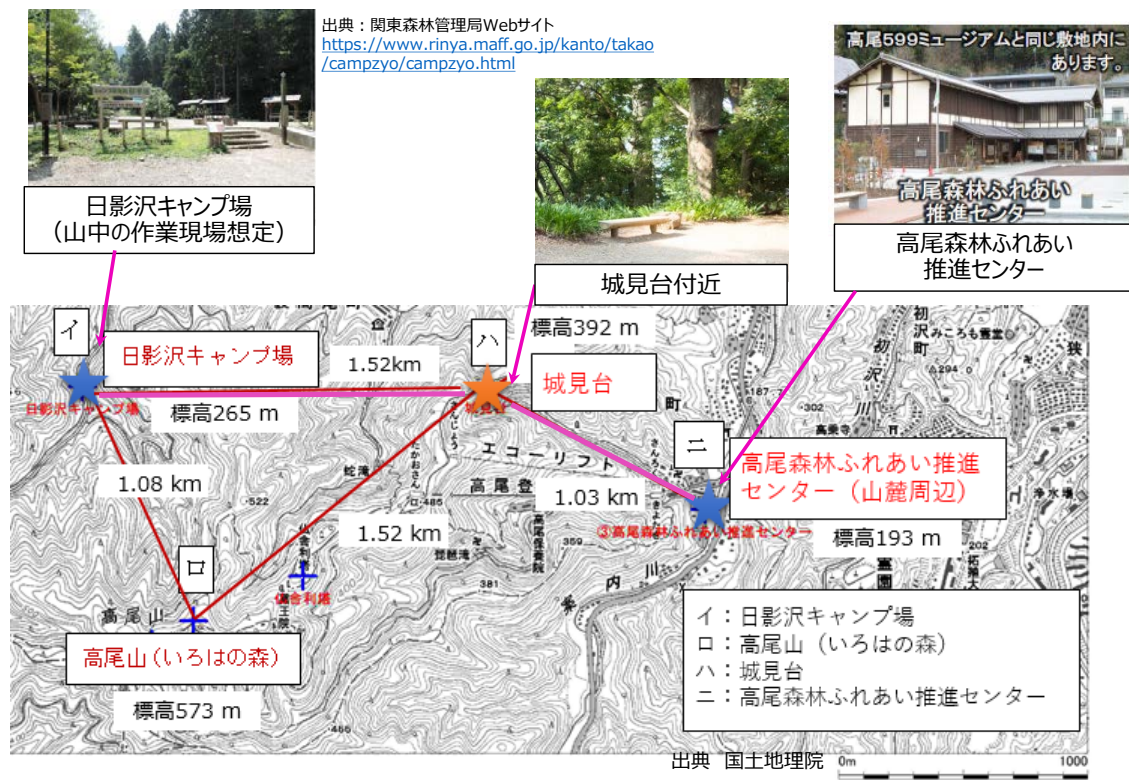


図 3.12 公共 BB の中継回線（多段中継）による試験場所

3.4.3 通信試験の概要

3.4.3.1 デジタル業務用無線/簡易無線（150MHz 帯）による通信試験の概要

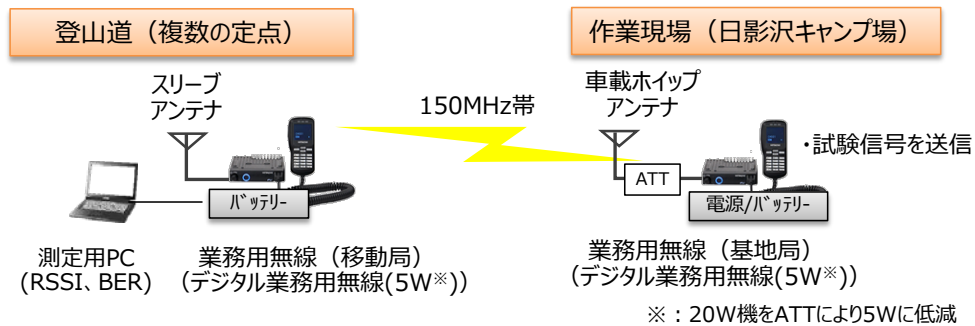
デジタル業務用無線/簡易無線（150MHz 帯）による通信試験の概要を表 3.16 に、試験系統図を図 3.13 に示す。ここで、デジタル業務用無線（伝搬試験用：150MHz 帯実験試験局（車載型））の送信出力は、20W 機をアッテネータ（ATT）により 5W に低減し、空中線は、測定用基準アンテナとして移動局（ML）側をスリーブアンテナ（空中線利得：2.15dBi）、基地局（FB）側を車載ホイップ（空中線利得：2.15dBi）とした。デジタル簡易無線機（機能確認用）は、送信出力は 5W の携帯型（GPS 機能内蔵）を使用した。空中線の仕様を示す。

表 3.16 デジタル業務用無線/簡易無線（150MHz 帯）による通信試験の概要

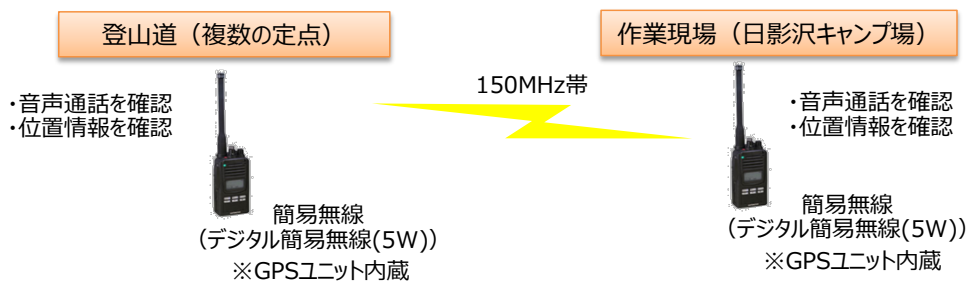
項番	項目	評価項目	評価方法	備考
1	伝搬特性	受信信号強度 符号誤り率*1	デジタル業務用無線（150MHz 帯）を使用して、山中側の作業現場（日影沢キャンプ場(基地局)）と登山道（移動局）の定点間の伝搬特性（基地局→移動局）を測定する。 【参考地図：図 3.10 の縦方向】	デジタル業務用無線 ・150MHz 帯 ・4 値 FSK 方式 ・可搬型 5W ・車載ホイップ (FB) ・スリーブ (ML)
2	機能確認	音声通話	デジタル簡易無線（150MHz 帯）を使用して、山中側の作業現場（日影沢キャンプ場）と登山道の定点間において音声通話を行い、音声メリット*2を確認する。 【参考地図：図 3.10 の縦方向】	デジタル簡易無線 ・150MHz 帯 ・4 値 FSK 方式 ・携帯型 5W ・ヘリカル (付属品)
		位置情報	デジタル簡易無線（150MHz 帯）を使用して、登山道の定点における自局の位置情報を確認する。 【参考地図：図 3.10 の縦方向・横方向】	

*1 受信信号強度：RSSI (Received Signal Strength Indicator)、符号誤り率：BER (Bit Error Rate)

*2 音声メリット：音声明瞭度の主観評価値（1～5 の 5 段階(5 が最良)）



(a) 伝搬特性



(b) 機能確認

図 3.13 業務/簡易無線 (150MHz 帯) の試験系統図

試験装置の外観図を図 3.14 及び図 3.15 に示す。



図 3.14 デジタル業務用無線 (150MHz 帯) 無線本体部 (車載型) 外観図



図 3.15 150MHz 帯デジタル簡易無線 (150MHz 帯) 携帯型外観図

3.4.3.2 自営ブロードバンド（公共 BB）200MHz 帯による通信試験の概要

公共 BB（200MHz 帯）による通信試験の概要を表 3-17 に、試験系統図を図 3.16 に、試験装置の外観図を図 3.17 に示す。ここで、公共 BB の送信出力は 5W（37dBm）※とし、可搬型（アウトドアタイプ又はインドアタイプをバッテリーに接続した構成とした。また、空中線は、両端（基地局及び移動局（終端局））の無線機については指向性アンテナ（5 素子八木アンテナ×2 本）を、中継用の無線機の空中線は無指向性（ブラウンアンテナ×2 本）として、それぞれ 2 ブランチ受信ダイバーシチの構成とした。空中線の仕様を表 3.18 に示す。

※：EIRP 値=46.65dBm（5 素子八木時）、38.15dBm（ブラウン時）。同軸給電損失 1.0dB を含む。

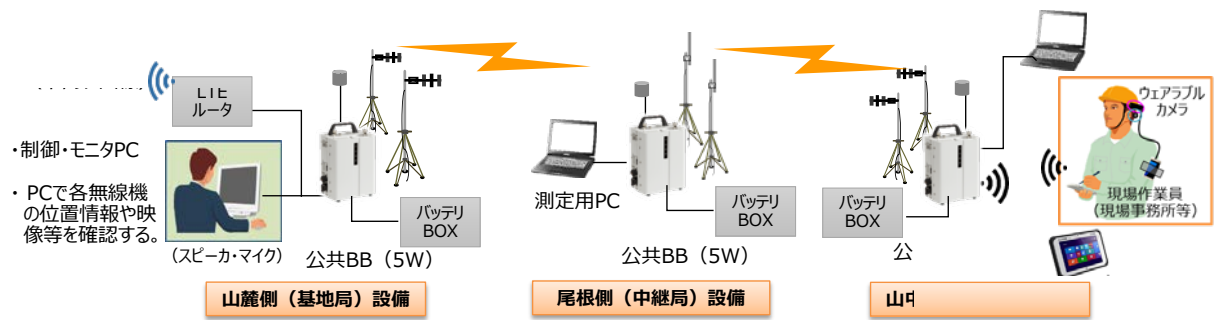
表 3.17 自営ブロードバンド（公共 BB）200MHz 帯による通信試験の概要

項番	項目	評価項目	評価方法	備考
1	伝搬特性	受信信号強度 対雑音品質 符号誤り率*1	①測定用 PC にて、各無線区間の受信信号強度等の回線状態を確認する。 ②見通し外区間についての符号誤り率を測定する。 【参考地図：図 3.11（a）】	
2	機能確認	映像及び音声伝送（オフライン）	①山中側（移動局）設備の無線機に、ウェアラブルカメラを Wi-Fi 接続し、現場からの映像と音声を、山麓側（基地局）設備の PC で確認する。 【参考地図：図 3.11（a）】 ②山中を横方向に移動した時のウェアラブルカメラ映像を対向の無線機（いろはの森案内板：No4）で確認する。 ・基地局（地点 No4）と移動局（横移動）の 1 対 1 通信 【参考地図：図 3.11（b）】	多段中継*3
		位置情報伝送（オフライン）	各無線機に GPS アンテナを接続し、山麓側（基地局）設備の PC により各無線機の位置情報を確認する。 【参考地図：図 3.11】	
		業務用アプリ等（オンライン）*2	①山中側（移動局）設備の無線機に、業務用タブレット等を Wi-Fi 接続し、公共 BB の無線回線を介して業務情報（添付ファイル付きメール）を送信する。 ②IP 電話アプリによる双方向通話を確認する。 【参考地図：図 3.11（a）】	

*1 受信信号強度：RSSI（Received Signal Strength Indicator）、符号誤り率：BER（Bit Error Rate）、対雑音品質：CINR（Carrier to Interference and Noise Ratio）

*2 LTE ルータを介して携帯電話網に接続

*3 民間標準規格（ARIB STD-T119）準拠



(a) 伝送特性及び機能確認



(b) 横移動による映像伝送確認

図 3.16 公共 BB (200MHz 帯) の試験系統図



(a) アウトドアタイプ (b) インドアタイプ

図 3.17 200MHz 帯公共 BB 外観図

表 3.18 空中線の仕様 (公共 BB)

項番	項目	仕様	備考
1	5 素子八木 アンテナ (指向性)	(1) 使用周波数：中心周波数 195MHz (2) 入力インピーダンス：50Ω (3) 空中線利得：10.65dBi (中心周波数)*1 (4) 外観：図 3.18 参照 (5) 重量：2.0kg 以下	・高尾森林ふれあい推 進センター (基地局) ・日影沢キャンプ場 (移動局(終端局))
2	ブラウン アンテナ (無指向性)	(1) 使用周波数：中心周波数 195MHz (2) 入力インピーダンス：50Ω (3) 空中線利得：2.15dBi (中心周波数) (4) 外観：図 3.19 参照 (5) 重量：4.5kg 以下	・城見台 (中継局)

*1 空中線電力の規定は、「10dBi 以下」と規定されている。(但し、給電線損失分の増分は許容される)

3.4.4 試験結果

3.4.4.1 VHF 帯無線装置による実証試験結果

(1) 伝搬特性 (デジタル業務用無線 (150MHz 帯))

デジタル業務用無線 (150MHz 帯) による伝搬特性の試験結果を表 3.19 に示す。試験風景を図 3.20 から図 3.21 に示す。その他の実証試験風景を参考資料 4 に示す。

表 3.19 伝搬特性結果 (デジタル業務用無線 (150MHz 帯))

地点 No	RSSI (dBm)	BER	地点 No	RSSI (dBm)	BER
1	-84	エラーフリー	8	-64	エラーフリー
2	-78	エラーフリー	9	-61	エラーフリー
3	-68	エラーフリー	10	-68	エラーフリー
4	-75	エラーフリー	11	-63	エラーフリー
5	-76	エラーフリー	12	-58	エラーフリー
6	-73	エラーフリー	13	-57	エラーフリー
7	-70	エラーフリー			

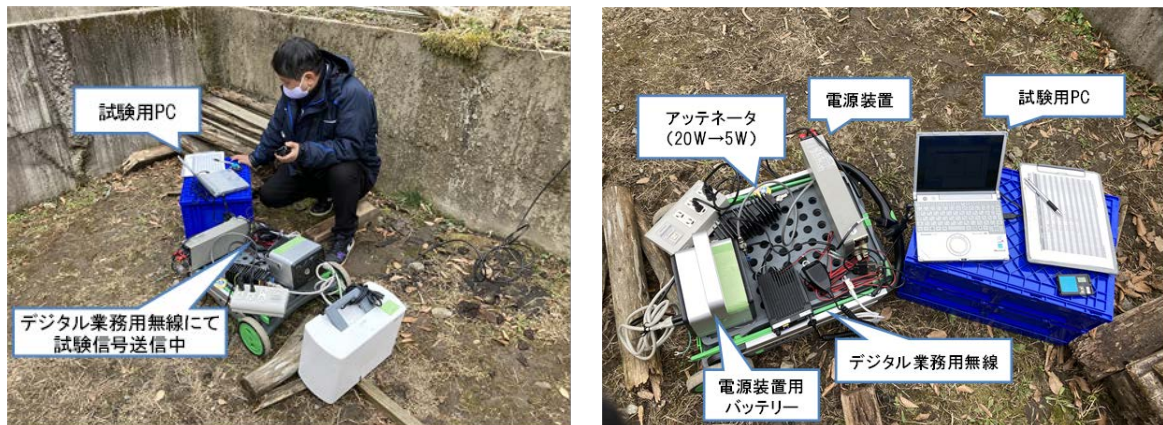


図 3.20 デジタル業務用無線 (150MHz 帯) による試験風景 (日影沢キャンプ場)



図 3.21 デジタル業務用無線（150MHz 帯）による試験風景（いろはの森案内板付近）

つぎに、表 3.19 に示す伝搬特性結果（デジタル業務用無線（150MHz 帯））の結果について、以下に考察する。今回の実証試験においては、受信回線品質を示す BER 特性は、全ての測定地点で、エラーフリーの非常に良好な結果にあった。

デジタル業務用無線（150MHz 帯）の受信感度は、民間標準規格（ARIB STD-T102 第二編）において、 $5\text{dB}\mu\text{V}$ 以下= -108dBm 以下（動特性、 $\text{BER}=3\times 10^{-2}$ 、非受信ダイバーシチ）と規定されている。なお、 $\text{BER}=3\times 10^{-2}$ は、一般的に音声通話の下限値に相当する。また、RSSI (dBm) は、受信機入力電力 (dBm) に該当する。

さらに、総務省・電波法関係審査基準においては、回線品質の基準となる所要受信機入力電力として、 $12.3\text{dB}\mu\text{V}$ 以上= -100.7dBm 以上の規定値にある。ここで、同審査基準では、通信路の伝搬環境によるマージン（土地係数）として、最大 20dB を許容する考え方にあり、一般的に、約 -80dBm であれば（4FSK 変調方式）、良好な回線品質が確保されると言える。表 3.19 に示す RSSI (dBm) の実測値は、 -57dBm ～ -84dBm の範囲にあり、27dB の幅にあるものの、下限値は、 -84dBm であり、デジタル業務用無線（150MHz 帯）車載型による伝搬試験結果は、上記の所要値に対して、十分に良好な結果にあると判断される。なお、この良好な回線品質が得られた理由として、採用した空中線による要因も想定される。

以上のとおり、本試験は、森林内における無線通信方式として、デジタル業務用無線（150MHz 帯）の有効性が十分に期待される結果にある。

(2) 機能確認

1) 音声通話（デジタル簡易無線（150MHz 帯）、縦方向）

デジタル簡易無線（150MHz 帯）による音声通話の確認結果を表 3.20 に示す。

表 3.20 音声通話（デジタル簡易無線（150MHz 帯））

地点 No	音声メリット*	地点 No	音声メリット*
1	1	8	5
2	2～3	9	2～3
3	2～3	10	5
4	2～3	11	5
5	5	12	5
6	5	13	5
7	2～3		

* 音声明瞭度（主観評価：1～5 の 5 段階（5 が最良））

以下に、表 3.20 に示すデジタル簡易無線（150MHz 帯）による音声通話試験の結果について考察する。ここでは、デジタル簡易無線の汎用的な形態である携帯型無線機を用いて、音声通話における音声品質評価の観点から試験を行なった。これは、林業の現場において、作業者が当該無線機を携帯しながら作業、通話を行う利用シーンを想定した評価の位置付けにある。評価手法は、音声メリット（音声明瞭度）評価として、主観評価による 5 段階評価である。なお、評価結果は、試験場所における試験担当者の判断によった。ここで、評価基準は、1：聞き取れない、2：聞き取りにくい、3：了解できる、4：やや良好、5：良好 とした。

デジタル簡易無線（150MHz 帯）の受信感度は、民間標準規格（ARIB STD-T98 第三編）において、デジタル業務用（150MHz 帯）と同様に、 $5\text{dB}\mu\text{V}$ 以下= -108dBm 以下（動特性、 $\text{BER}=3\times 10^{-2}$ 、非受信ダイバーシチ）と規定されている。なお、デジタル簡易無については、共通波による運用、及び簡易な業務に適用される無線通信方式であることから、明確な所要受信入力電力については、規定されていない。

一般的に、携帯型無線機においては、運用時のボディー効果（人体の誘電体損失に起因する損失）、送信源に対する受信方向（人体遮蔽など）、あるいは、空中線の実効的な利得低下など、良好な回線品質を得る上で、車載型無線機と比較して、不利な側面があると言える。例えば、ボディー効果による損失は、送受信で各々、6～10dB のオーダにあることが知られている。したがって、運用状態により、実効的な受信感度は、20dB 程度低下、変動する状況（RSSI： -88dBm のオーダ）も考慮する必要性が見込まれる。このような観点も含め、特に、音声メリット 2～3 の地点については、車載型無線機と比較し必ずしも良好な回線品質、等価的に音声品質が得られていない結果にあるものの、デジタル簡易無線（150MHz 帯）の森林における有効性が示されたと判断される。なお、音声メリットが 1 となる地点の原因については、現状、明確な要因分析に至っていない。

2) 位置情報（デジタル簡易無線（150MHz 帯））

デジタル簡易無線（150MHz 帯）による位置情報の確認結果を表 3.21 に示す。位置情報の確認については、今回送受信の可否及び表示を確認した。図 3.22 にデジタル簡易

無線（150MHz 帯）の試験風景を示す。その他の実証試験風景を参考資料 4 に示す。

表 3.21 位置情報（デジタル簡易無線（150MHz 帯））
 (a) 縦方向（GPS データ補足状況及びデータ送受信状況）

地点 No	衛星捕捉	地点 No	衛星捕捉
1	○	8	○
2	—	9	—
3	—	10	○
4	—	11	○
5	○	12	○
6	○	13	○
7	—		

凡例：“—” 測定できない場合

(b) 横方向（GPS データ捕捉状況）

地点 No	衛星捕捉	地点 No	衛星捕捉
1	—	5	○ (7)
2	○ (4)	6	○ (7)
3	○ (7)	7	○ (6)
4	○ (7)	8	○ (7)

カッコ()内は捕捉衛星数を示す



(a) デジタル簡易無線（150MHz 帯）による通話確認（日影沢キャンプ場）



左図：自局の位置情報（緯度経度、捕捉衛星数、時刻）

右図：受信時の相手局の位置表示（方位、距離）

(b) デジタル簡易無線（150MHz 帯）の位置情報の表示（一例）

図 3.22 試験風景（デジタル簡易無線（150MHz 帯））

3.4.4.2 公共 BB 無線装置による実証試験結果

(1) 伝搬特性

伝搬特性の試験結果を表 3.22 に示す。なお、公共 BB は伝搬環境に柔軟に自動的に適応する適応変調を有しており、高尾森林ふれあい推進センター～城見台間は 64QAM 方式で、城見台～日影沢キャンプ場は 16QAM 方式で接続し、その時の BER はいずれもエラーフリーであった。

つぎに、図 3.23 は、見通し外区間（城見台～日影沢キャンプ場）において周囲の外来雑音等の干渉妨害に対して、他の変調方式に比して耐力を有する QPSK 方式の BER 特性を模擬的に減電力をして測定した結果である。静特性（屋内試験データ）に対する劣化はいずれも 3dB 程度（@BER=1×10⁻⁶）であった。

伝搬試験の試験風景を図 3.24 に、その他の実証試験風景を参考資料 4 に示す。

表 3.22 伝搬特性結果（公共 BB）
(a) 高尾森林ふれあい推進センター～城見台

上記局		下位局		RSSI (dBm)		CINR (dB)		変調方式	
場所	空中線	場所	空中線	DL	UL	DL	UL	DL	UL
高尾森林 ふれあい推 進センター	5 素子 八木 (約 3m)	城見台	ブラウン (約 4m)	-65	-67	24	22	64QAM r=1/2 (エラーフリー)	64QAM r=1/2 (エラーフリー)

r : 符号化率 空中線 : () 空中線高(m)を示す DL:Down Link(下り回線) UL : Up Link(上り回線)

(b) 城見台～日影沢キャンプ場

上記局		下位局		RSSI (dBm)		CINR (dB)		変調方式	
場所	空中線	場所	空中線	DL	UL	DL	UL	DL	UL
城見台	ブラウン (約 4m)	日影沢 キャンプ場	5 素子 八木 (約 3m)	-81	-76	13	16	16QAM r=1/2 (エラーフリー)	16QAM r=1/2 (エラーフリー)

r : 符号化率 空中線 : () 空中線高(m)を示す DL:Down Link(下り回線) UL : Up Link(上り回線)

以上のとおり、本試験は、中継機能及び VHF 帯の見通し外通信により、山中から山麓への尾根を越える中継接続を実証し、公共 BB（200MHz 帯）の有効性が十分に期待される結果にある。

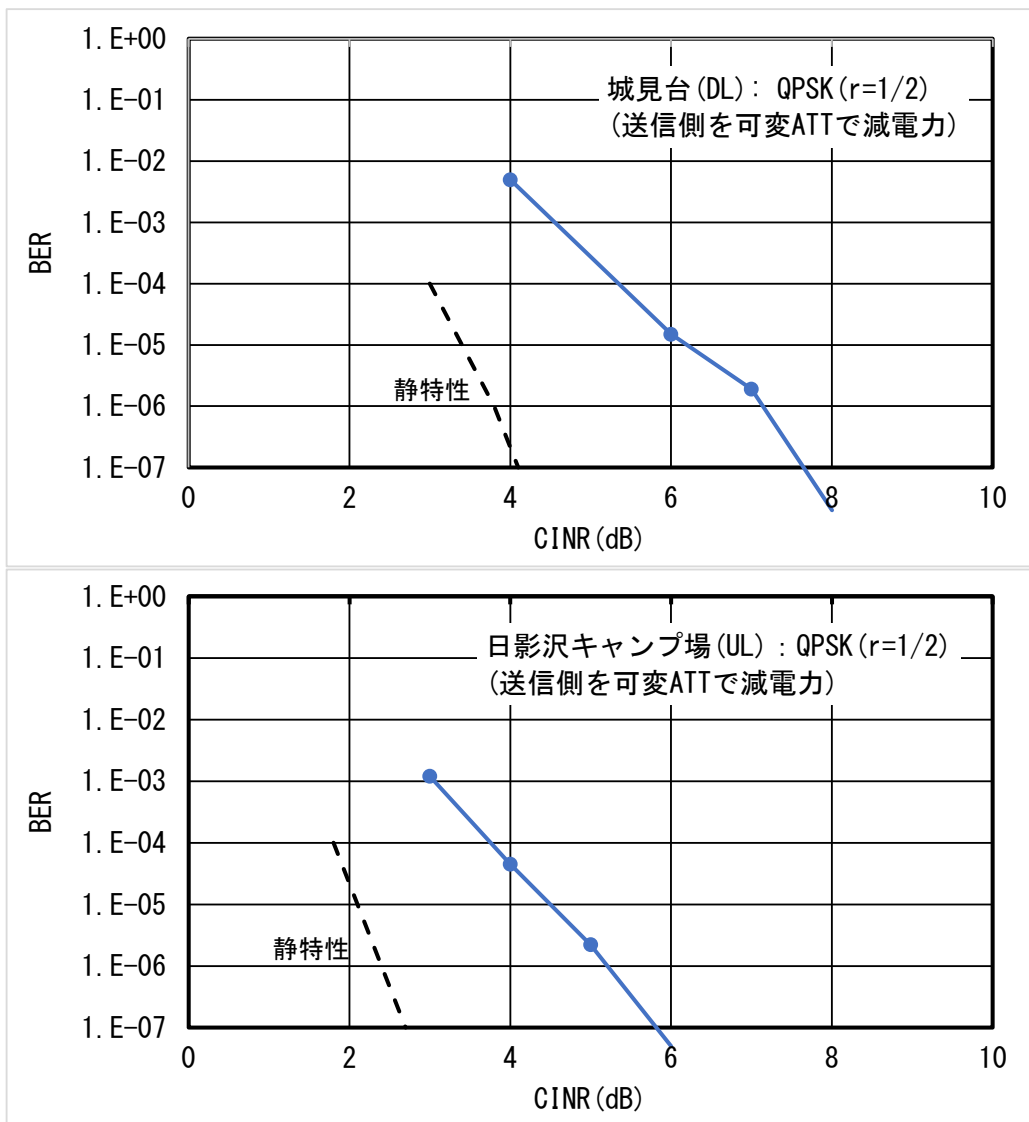


図 3.23 BER 特性結果 (公共 BB)

(2) 機能確認

1) 機能確認結果

機能確認結果を表 3.23 から表 3.24 に示す。機能確認の試験風景を図 3.24 から図 3.26 に示す。位置情報の確認については、今回送受信の可否及び表示を確認した。

その他の実証試験風景を参考資料 4 に示す。

表 3.23 機能確認結果（公共 BB）

項目	無線区間		映像・音声伝送確認				位置情報 伝送		業務用アプリ等	
			ウェアラブルカメラ		音声通話					
	上位局	終端局	DL	UL	DL	UL	DL	UL	DL	UL
多段 中継	高尾森林 ふれあい 推進センター	日影沢 キャンプ場	-	○ (映像 伝送)	○	○	-	○ (位置 伝送)	-	○ (メール伝送)
									○ (IP 電話*)	○ (IP 電話*)
1 対 1 通信	いろはの 森案内板	移動局 (横方向)	-	○ (映像 伝送)	-	-	-	-	-	-

※ LINE アプリを使用

2) メールアプリ転送結果

株式会社ジツタより提供を受けた林業用アプリ（丸太検知システム）がインストールされたスマートホンを経由して Wi-Fi 経由で公共 BB と接続し、添付ファイル（丸太検測画像、計測結果報告フォームといった種別・サイズ）の異なるメールを Gmail にて携帯電話網を通じて、農林水産省の LAN システム（林野庁担当官の Outlook）に送信した結果、数メガバイト（MB）のファイルを添付したメールは 1 分程度で相手側に到達した。

表 3.24 メールアプリ転送結果

項 番	送信場所	送信側	受信側	添付ファイル	送信 時刻	受信 時刻
1	日影沢キャンプ場 (公共 BB 経由)	スマート ホン	PC 担当官 1	csv ファイル：3KB jpg ファイル：4MB	15:22	15:23
2	日影沢キャンプ場 (公共 BB 経由)	スマート ホン	PC 担当官 1	jpg ファイル： 666KB	-	15:36
3	日影沢キャンプ場 (公共 BB 経由)	スマート ホン	PC 担当官 1	csv ファイル：3KB jpg ファイル：4MB	15:50	15:50
4	日影沢キャンプ場 (公共 BB 経由)	スマート ホン	PC 担当官 2	csv ファイル：3KB jpg ファイル：4MB	16:01	16:02

凡例 “-”：送信開始時間が計測できず

以上のとおり、本試験では、多段中継による山中から山麓へのリアルタイム映像伝送や音声通話、位置情報伝送及び、携帯電話回線接続による業務用アプリの動作を実証し、公共 BB（200MHz 帯）の有効性が十分に期待される成果が得られた。

また、横方向（等高線にほぼ沿った方向）におけるウェアラブルカメラによる映像と音声伝送の試験事例においても、林業内の作業環境において、公共 BB 及びウェアラブルカメラの有効活用の可能性が示された結果にある。

今回の試験結果を踏まえ、今後、IoT 無線システム (Wi-SUN 等) と自営ブロードバンド