

### 第3章 実証試験

#### 第1節 実証試験の項目

##### (1) 実験試験局の構成

今回の実証試験では、150MHz 帯デジタル簡易無線局が現状の150MHz 帯アナログ簡易無線局へ与える干渉量の試験、400MHz 帯デジタル簡易無線局との比較を含めた伝搬距離の試験、ならびに運用面の発展として150MHz 帯と400MHz 帯デジタル簡易無線局間を接続した中継動作試験、およびカメラと画像伝送装置を組み合わせる無線機の利用した静止画伝送試験を行うために、以下の実験試験局を開設した。

表 3-1 システム1の実験試験局

呼出名称	種類	周波数	CH 名称	出力
おおのじっけん A1	150M アナログ携帯機	154.41000MHz	A1	5W
おおのじっけん A2	150M アナログ携帯機	154.43000MHz	A2	
おおのじっけん D1	150M デジタル携帯機	154.40375MHz	Dx1	5W
おおのじっけん D2	150M デジタル車載機	154.41000MHz	Dx2	
おおのじっけん D5	150M デジタル携帯機	154.41625MHz	Dx3	
おおのじっけん D6	150M デジタル車載機	154.42375MHz	Dx4	
おおのじっけん D7	150M デジタル車載機	154.43000MHz	Dx5	
おおのじっけん D7	150M デジタル車載機	154.43625MHz	Dx6	
おおのじっけん D41	400M デジタル車載機	467.38125MHz 467.38750MHz	CH62	5W
おおのじっけん D42	400M デジタル携帯機		CH63	
おおのじっけん D43	400M デジタル携帯機			

表 3-2 システム2の実験試験局

呼出名称	種類	周波数	CH 名称	出力
おおのじっけん A3	150M アナログ携帯機	154.41000MHz	A1	1W/5W
おおのじっけん A4	150M アナログ携帯機	154.43000MHz	A2	
おおのじっけん D3	150M デジタル携帯機	154.403125MHz	Dy1	1W
		154.409375MHz	Dy2	
		154.415625MHz	Dy3	
		154.421875MHz	Dy4	
おおのじっけん D4	150M デジタル携帯機	154.428125MHz	Dy5	
		154.434375MHz	Dy6	
		154.41000MHz	Dy7	1W/5W

システム1はA社の無線機、システム2はB社の無線機で構成される実験試験局である。アナログ簡易無線機に与える干渉をさまざまな条件で試験するために、システム1とシステム2のデジタル実験試験局には異なった周波数割り当てを行った。

本実験試験局で使用する周波数帯域は150MHz帯簡易無線の帯域の下側の154.400MHz～154.440MHzであるため、アナログ実験試験局は150MHz帯簡易無線の下限周波数(154.450MHz)に対して-40kHz(A1)と-20kHz(A2)の周波数を使用する。それに対してシステム1では1.25kHzステップを基準とし、アナログ実験試験局用周波数A1/A2を中心として±6.25kHzの周波数(Dx1～Dx6)を割り当て、システム2では3.125kHzステップを基準とし、154.400MHzを起点として3.125kHzオフセットした周波数から6.25kHz間隔の周波数(Dy1～Dy6)を割り当てた。異なった周波数ステップのシステムを使用することで、アナログ実験試験局とデジタル実験試験局間の干渉をさまざまな周波数間隔で試験することができる。

表3-3に150MHz帯の実験試験局の周波数関係を示す。△は、アナログ実験試験局の周波数A1/A2の近い側に対する差分を示す。なお400MHz帯の実験試験局はデジタル簡易無線の免許局のCH62とCH63を使用する。

表 3-3 実験試験局の周波数ステップ

アナログ	周波数	システム1	システム2	
	154.403125		△-6.875 kHz Dy1	
	154.403750	Dx1	△-6.250 kHz	
	154.404375		6.25kHz	
	154.405000			
	154.405625			
	154.406250			
	154.406875			
	154.407500			
	154.408125			
	154.408750			
	154.409375		△-0.625 kHz Dy2	
A1	154.410000	Dx2	△0 kHz Dy7	
	154.410625		6.25kHz	
	154.411250			
	154.411875			
	154.412500			
	154.413125			
	154.413750			
	154.414375			
	154.415000			
	154.415625		△5.625 kHz Dy3	
	154.416250	Dx3	△6.250 kHz	
	154.416875		6.25kHz	
	154.417500			
	154.418125			
	154.418750			
	154.419375			
	154.420000			
	154.420625			
	154.421250			
	154.421875		△-8.125 kHz Dy4	
	154.422500		6.25kHz	
	154.423125			
	154.423750	Dx4		△-6.250 kHz
	154.424375			
	154.425000			
	154.425625			
	154.426250			
	154.426875			
	154.427500			
	154.428125		△-1.875 kHz Dy5	
	154.428750		6.25kHz	
	154.429375			
A2	154.430000	Dx5		△0 kHz
	154.430625			
	154.431250			
	154.431875			
	154.432500			
	154.433125			
	154.433750			
	154.434375		△4.375 kHz Dy6	
	154.435000		6.25kHz	
	154.435625			
	154.436250	Dx6	△6.250 kHz	

## (2) シールドルーム等での屋内試験

実験試験局の各種の送受信性能を測定するために、屋内にて行った試験内容を説明する。

試験の測定条件は、郵政省告示 395 号の条件を使用する。この条件ではアナログ機の希望波は無変調信号を使用することになるが、実運用状態やデジタル機との条件を揃えるために、それぞれの試験方法で別途実施した。

## ア 受信感度特性試験

本試験では、実験試験局の受信感度特性を測定する。

## (7) 被試験機

システム 1	アナログ : A1/A2	デジタル : D1/D2/D41/D42
システム 2	アナログ : A3/A4	デジタル : D3/D4

## (イ) 測定内容

アナログ機 = 受信入力電圧に対する雑音抑圧量 (N<sub>Q</sub>) 及び SINAD

デジタル機 = 受信入力電圧に対するビットエラーレート (BER)

## (ウ) 測定方法

標準信号発生器 (SSG) と受信機を下図のように結線する。

## ① アナログ機の場合

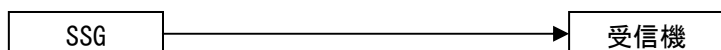
SSG は無変調状態とし、受信入力電圧を変化させたときの受信機の雑音抑圧量を記録する。

また、SSG は 1kHz の周波数で ±3.5kHz の周波数偏移 (70%変調度) の状態とし、受信入力電圧を変化させたときの受信機の SINAD を記録する。

## ② デジタル機の場合

SSG は符号長 511 ビット周期の PN 系列を使用した 4 値 FSK 変調状態とし、受信入力電圧を変化させたときの受信機のビット誤り率を記録する。

フェージング条件の場合、ドップラー周波数が 150MHz 帯では 7.5Hz、400MHz 帯では 20Hz のレイリーフェージングを使用する。



受信 = 154.41MHz  
467.38125MHz

## イ 干渉特性試験（計算値）

本試験では、アナログ受信機及びデジタル受信機の妨害信号の排除能力をシミュレーション計算する。

## (ア) 計算条件

以下の組み合わせの2種類の計算を行う。

妨害波 \ 希望波	20kHz FM	6.25kHz 4値FSK
20kHz FM		○
6.25kHz 4値FSK	○	

妨害波の変調条件を以下に示す。なお20kHz FMの変調条件は、次項ウの実測編の変調条件とは異なる。

20kHz FM = 疑似音声にて±5kHzの周波数偏移

6.25kHz 4値FSK = PN9系列を使用した4値FSK変調状態

## (イ) 計算方法

妨害波のスペクトル特性より求められるオフセット周波数に対する漏えい電力比と、希望波の受信機における所要C/Nを用いて、オフセット周波数に対するD/Uの計算を行う。

## ウ 干渉特性試験（実測編）

本試験では、実験試験局における妨害信号の排除能力を測定する。ここでは2種類の測定方法にて干渉特性を測定することとし、妨害信号として標準信号発生器(SSG)と実験試験局とを使用する。

## (ア) 被試験機

システム1	アナログ：A2（妨害用A1）	デジタル：D2（妨害用D1）
システム2	アナログ：A4（妨害用A3）	デジタル：D4（妨害用D3）

## (イ) 測定内容

以下の組み合わせの6種類の測定を行う。

妨害波 \ 希望波	20kHz FM (無変調状態)	20kHz FM (変調状態)	6.25kHz 4値FSK
20kHz FM	○	○	○
6.25kHz 4値FSK	○	○	○

## (ウ) 離調周波数に対する D/U の測定

## ① 信号発生器での測定方法

信号発生器と受信機を下図のように結線する。

## i アナログ機の場合

希望波 (SSG1) は、20dB NQ とするために必要な受信入力電圧より 6dB 高い希望波を加えた状態とする。希望波から  $\Delta F$  ( $\Delta F$  の範囲は 0kHz $\sim$  $\pm$ 1MHz) だけ離れた妨害波 (SSG2) を加えた場合において、20dB NQ となるときの妨害波のレベルと希望波のレベルの比を D/U として記録する。

また感度測定に SINAD を用いる場合では、希望波 (SSG1) は、12dB SINAD とするために必要な受信入力電圧より 3dB および 30dB 高い希望波を加えた状態とする。希望波から  $\Delta F$  ( $\Delta F$  の範囲は 0kHz $\sim$  $\pm$ 1MHz) だけ離れた妨害波 (SSG2) を加えた場合において、12dB SINAD となるときの妨害波のレベルと希望波のレベルの比を D/U として記録する。

## ii デジタル機の場合

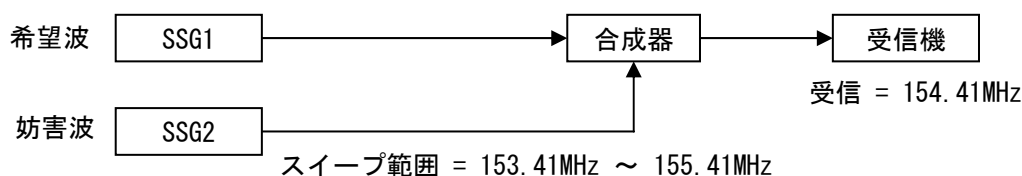
希望波 (SSG1) は、規格感度 (0dB  $\mu$ V) より 3dB 高い希望波を加えた状態とする。希望波から  $\Delta F$  ( $\Delta F$  の範囲は 0kHz $\sim$  $\pm$ 1MHz) だけ離れた妨害波 (SSG2) を加えた場合において、ビット誤り率が  $1 \times 10^{-2}$  となるときの妨害波のレベルと希望波のレベルの比を D/U として記録する。

## iii 妨害波 (SSG2) の設定

20kHz FM (無変調状態) = 無変調

20kHz FM (変調状態) = 400Hz の周波数で  $\pm$ 3.5kHz の周波数偏移

6.25kHz 4 値 FSK = PN15 系列を使用した 4 値 FSK 変調状態



## ② 実験試験局での測定方法

信号発生器、実験試験局ならびに受信機を下図のように結線する。

## i アナログ機の場合

希望波 (SSG) は、20dB NQ とするために必要な受信入力電圧より 6dB 高い希望波入力電圧を加えた状態とする。希望波から  $\Delta F$  ( $\Delta F$  の範囲は 0kHz $\sim$  $\pm$ 1MHz) だけ離れた妨害波 (実験試験局) を加えた場合において、20dB NQ となるときの妨害波のレベルと希望波のレベルの比を D/U として記録する。

## ii デジタル機の場合

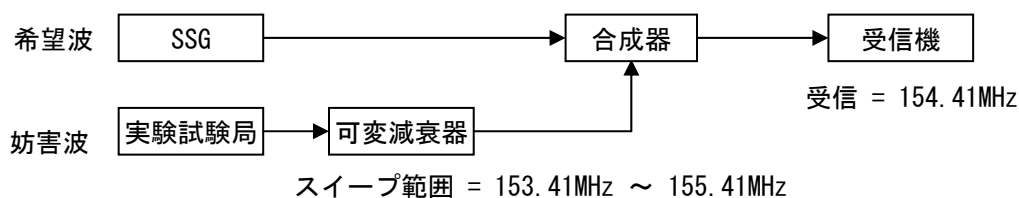
希望波 (SSG) は、規格感度 ( $0\text{dB}\mu\text{V}$ ) より  $3\text{dB}$  高い希望波を加えた状態とする。希望波から  $\Delta F$  ( $\Delta F$  の範囲は  $0\text{kHz}\sim\pm 1\text{MHz}$ ) だけ離れた妨害波 (実験試験局) を加えた場合において、ビット誤り率が  $1\times 10^{-2}$  となるときの妨害波のレベルと希望波のレベルの比を D/U として記録する。

## iii 妨害波 (実験試験局) の設定 :

20kHz FM (無変調状態) = 無変調

20kHz FM (変調状態) = 400Hz の周波数で  $\pm 3.5\text{kHz}$  の周波数偏移

6. 25kHz 4 値 FSK = PN9 または PN15 系列を使用した 4 値 FSK 変調状態



## (イ) D/U 一定の下で、離調周波数に対する受信感度の測定

この測定方法は、システム 1 にのみ適用する。

## ② 信号発生器での測定方法

信号発生器と受信機を下図のように結線する。

## i アナログ機の場合

希望波 (SSG1) と妨害波 (SSG2) の出力レベルは、受信機入力端にて下記の受信入力電圧となるように設定する。希望波から  $\Delta F$  ( $\Delta F$  の範囲は  $0\text{kHz}\sim\pm 1\text{MHz}$ ) だけ離れた妨害波を加えた場合において、雑音抑圧量 (NQ) を記録する。

D/U =  $0\text{dB}$  の場合 : SSG1 =  $30\text{dB}\mu\text{V}$ 、SSG2 =  $30\text{dB}\mu\text{V}$

D/U =  $-30\text{dB}$  の場合 : SSG1 =  $30\text{dB}\mu\text{V}$ 、SSG2 =  $60\text{dB}\mu\text{V}$

## ii デジタル機の場合

希望波 (SSG1) と妨害波 (SSG2) の出力レベルは、受信機入力端にて下記の受信入力電圧となるように設定する。希望波から  $\Delta F$  ( $\Delta F$  の範囲は  $0\text{kHz}\sim\pm 1\text{MHz}$ ) だけ離れた妨害波を加えた場合において、ビット誤り率を記録する。

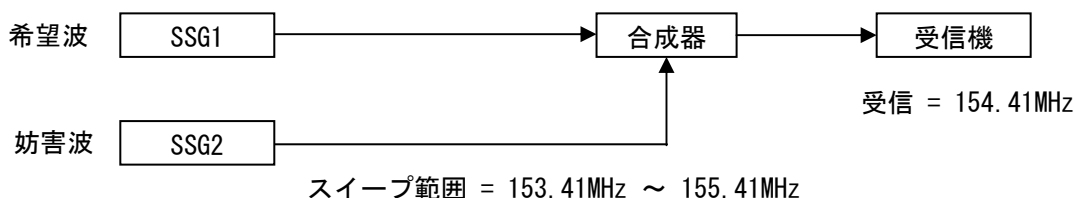
D/U =  $0\text{dB}$  : SSG1 =  $30\text{dB}\mu\text{V}$ 、SSG2 =  $30\text{dB}\mu\text{V}$

iii 妨害波 (SSG2) の設定 :

20kHz FM(無変調状態) = 無変調

20kHz FM(変調状態) = 400Hz の周波数で±3.5kHz の周波数偏移

6.25kHz 4 値 FSK = PN15 系列を使用した 4 値 FSK 変調状態



エ 送信 C/N 測定試験

本試験では、干渉特性試験の妨害波として使用する実験試験局の送信 C/N を測定する。

(ア) 被試験機

システム 1	アナログ : A1	デジタル : D1
--------	-----------	-----------

(イ) 測定内容

送信機のアフセット周波数に対する 1Hz 当たりの C/N 特性 (dBc/Hz) を測定する。

(ウ) 測定方法

送信機と Signal Source Analyzer を下図のように結線する。

送信機から 5W で送信し、Signal Source Analyzer にて C/N を測定する。

① 送信機の設定

アナログ機 = 無変調状態と、400Hz の周波数で±3.5kHz の周波数偏移状態

デジタル機 = PN9 系列を使用した 4 値 FSK 変調状態

② Signal Source Analyzer の設定 :

掃引周波数幅 : 100Hz~5MHz

Y 軸スケール : 10dB/div



送信 = 154.41MHz



## オ 話中検出特性試験

本試験では、希望波の近傍の周波数の信号を受信したときの、受信機の話中 (Busy) 表示機能の動作を測定する。

## (ア) 被試験機

システム 1	アナログ : A2	デジタル : D1
システム 2	アナログ : A4	デジタル : D4

## (イ) 測定内容

希望波の周波数を変化させて、受信機の話中 (Busy) 表示が点灯する受信機入力レベルを記録する。

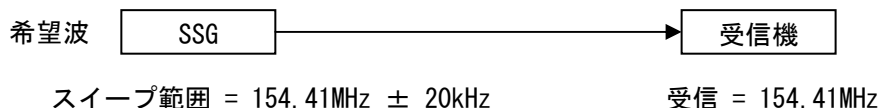
## (ウ) 測定方法

信号発生器と受信機を下図のように結線する。

受信入力電圧を上げて行き、話中表示が点灯する受信入力電圧を記録する。SSG の周波数は、受信周波数に対して  $\pm 20\text{kHz}$  の範囲にて任意のステップで変化させる。

SSG の設定は以下のとおりとする。

アナログ/デジタル共通 = 無変調および PN9 系列を使用した 4 値 FSK 変調状態



## カ 実験試験局のビット誤り率と RSSI の表示値の試験

大野市でのフィールド試験で利用するため、デジタル実験試験局はエラー率計算処理と RSSI 算出処理に対応し、処理結果をディスプレイに表示する機能を備えている。本試験はフィールド試験の事前のデータ採取が目的である。

## (ア) 被試験機

システム 1	—	デジタル : D1/D2/D41/D42
システム 2	—	デジタル : D3/D4

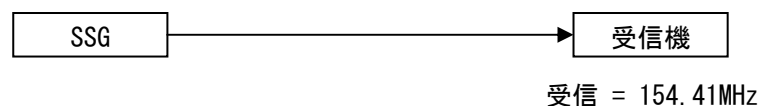
## (イ) 測定内容

受信入力電圧に対する実験試験局 (デジタル機) のディスプレイに表示されるビット誤り率と RSSI の値を記録する。

(ウ) 測定方法

SSG と受信機を下図のように結線する。

SSG はビット誤り計測用のパターンを使用した 4 値 FSK 変調状態とする。受信入力電圧を変化させて、受信機に表示されるビット誤り率及び RSSI の値を記録する。



(3) 屋外におけるフィールド試験

福井県大野市にて実施した各種のフィールド試験の内容を説明する。

ア 到達距離試験

本試験では、固定局のアンテナ高を高く設定し、伝搬環境の良好な条件にて 150MHz アナログ機・デジタル機及び 400MHz デジタル機の到達可能な距離を試験する。

(ア) 試験構成

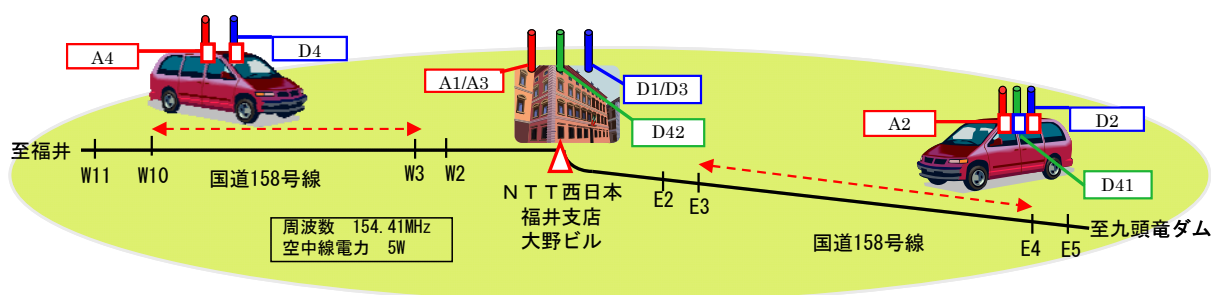


図 3-1 到達距離試験構成

(イ) 試験手順

- ① 固定局として NTT 福井支店大野ビルの屋上に、下記の 5 台の実験試験局を設置し、外部アンテナを接続する。

150MHz アナログ機 (システム 1 : A1 / システム 2 : A3)

150MHz デジタル機 (システム 1 : D1 / システム 2 : D3)

400MHz デジタル機 (システム 1 : D42)

- ② 移動局の 2 台の車両に下記の実験試験局 (3 台 / 2 台) を搭載し、外部アンテナを接続する。

システム 1 : 150MHz アナログ機 (A2)、150MHz デジタル機 (D2)

400MHz デジタル機 (D41)

システム 2 : 150MHz アナログ機 (A4)、150MHz デジタル機 (D4)

- ③ 固定局から送信し、移動局で受信品質を評価する。またその逆も評価する。

移動範囲：固定局から R158 号線を西（福井方面）へ 1km 毎に約 11km まで、若しくは入感が無くなる地点まで移動する。また東（九頭竜ダム方面）へ 1km 毎に約 15km まで、若しくは入感が無くなる地点まで移動する。

(ウ) 評価項目

各試験ポイントにて、メリット評価を記録する。またデジタル機では RSSI と BER も記録する。

イ 大野市内伝搬試験

本試験では、固定局として車載アンテナを設置した車両を使用し、150MHz アナログ機・デジタル機及び 400MHz デジタル機の大野市内の伝搬特性を試験する。

(7) 試験構成

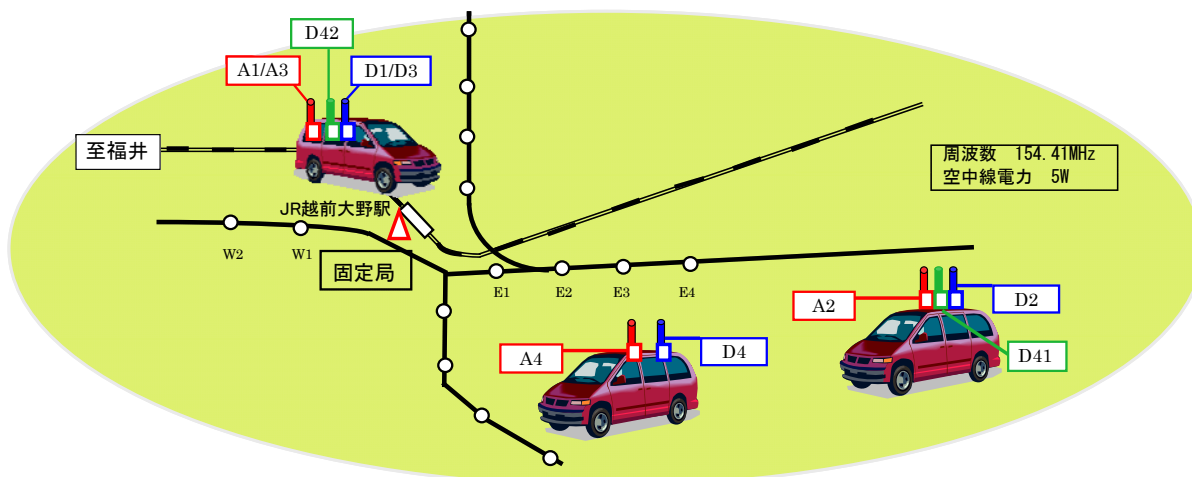


図 3-2 大野市内伝搬試験構成

(イ) 試験手順

- ① 固定局として JR 越前大野駅の駐車場に駐車した車両に、下記の 5 台の実験試験局を設置し、外部アンテナを接続する。

150MHz アナログ機 (システム 1 : A1 / システム 2 : A3)

150MHz デジタル機 (システム 1 : D1 / システム 2 : D3)

400MHz デジタル機 (システム 1 : D42)

- ② 移動局の 2 台の車両に下記の実験試験局 (3 台/2 台) を搭載し、外部アンテナを接続する。

システム 1 : 150MHz アナログ機 (A2)、150MHz デジタル機 (D2)  
400MHz デジタル機 (D41)

システム 2 : 150MHz アナログ機 (A4)、150MHz デジタル機 (D4)

- ③ 固定局から送信し、移動局で受信品質を評価する。またその逆も評価する。  
移動範囲 : 固定局から R158 号線を東西へ 500m 毎に入感が無くなるまで、若しくは適度な距離まで移動する。

(ウ) 評価項目

各試験ポイントにて、メリット評価を記録する。またデジタル機では RSSI と BER も記録する。

(エ) 試験結果のまとめ方

到達距離試験 (ア項) と大野市内伝搬試験 (イ項) の試験結果は、以下に示す記号を用いて整理する。送受信の組み合わせ (固定→移動、移動→固定) には記号を用いない。

“X-Y-Z”

X : 1=到達距離試験、2=大野市内伝搬試験

Y : 1=2=アナログ機、3=4=150MHz デジタル機、5=400MHz デジタル機、且つ  
1=3=5=システム 1、2=4=システム 2

Z : A=東方面、B=西方面

試験項目	方角	システム 1	システム 2
到達距離試験	東方面	1-1-A/1-3-A/1-5-A	1-2-A/1-4-A
	西方面	1-1-B/1-3-B/1-5-B	1-2-B/1-4-B
大野市内伝搬試験	東方面	2-1-A/2-3-A/2-5-A	2-2-A/2-4-A
	西方面	2-1-B/2-3-B/2-5-B	2-2-B/2-4-B

ウ アナログ通話中にアナログ機で妨害したときのメリット試験

本試験では、アナログ通話中にアナログ妨害波を加えたときのメリットを試験する。

(7) 試験構成

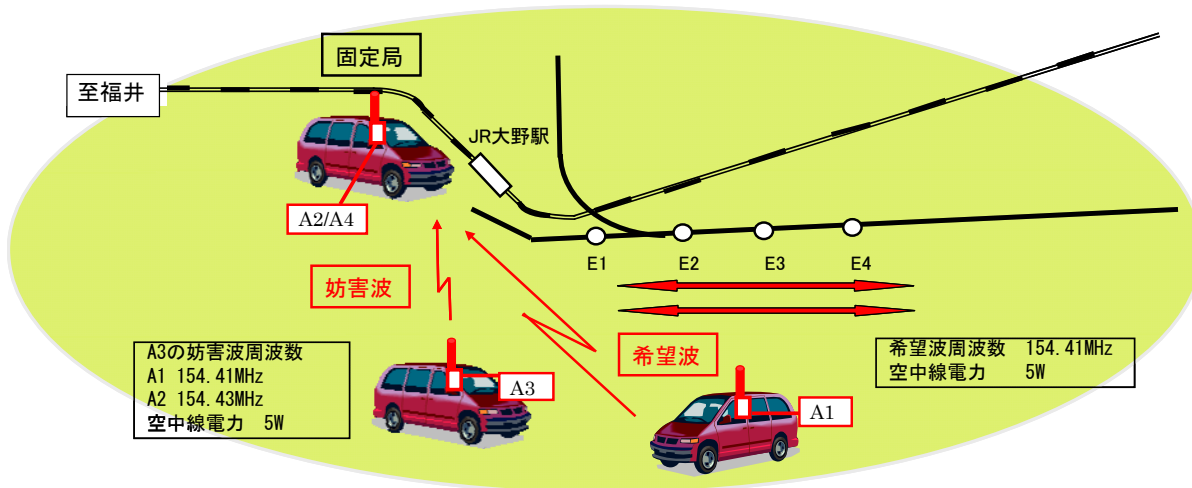


図 3-3 アナログ通話中にアナログ機で妨害したときのメリット試験構成

(イ) 試験手順

- ① 固定局としてJR越前大野駅の駐車場に駐車した車両に、150MHz アナログ機(A2/A4)を設置し、周波数を154.41MHzに設定して外部アンテナを接続する。
- ② 固定局と交信を行う移動局の車両に150MHz アナログ機(A1)を搭載し、周波数を154.41MHzに設定して外部アンテナを接続する。
- ③ 妨害波の移動局の車両に150MHz アナログ機(A3)を搭載し、外部アンテナを接続する。
- ④ 始めに希望波の固定局：A2、希望波の移動局：A1、妨害波の移動局：A3の組み合わせで行う。
  - a. 希望波の固定局A2に対し、希望波の移動局A1は500m離れたE1地点より交信を行う。
  - b. 交信中に、妨害波の移動局A3は同E1地点より周波数をA1に設定し妨害波を放射する。この状態で固定局A2のメリットを評価する。
  - c. A1の試験後、周波数をA2に変更し同様に評価を行う。
  - d. 次に、妨害波の移動局A3はE2、E3、・・・地点(500m間隔のポイント)で妨害波を放射し、その都度周波数をA1～A2に設定して同様な試験を行う。
  - e. 希望波の固定局A2が移動局A3から妨害を受けなくなるまで移動して試験を行う。

⑤ 次に実験試験局を下記に変更して、④のステップ a~e を行う。

希望波の固定局 A4、希望波の移動局 A1、妨害波の移動局 A3

エ アナログ通話中にデジタル機で妨害したときのメリット試験

本試験では、アナログ通話中にデジタル妨害波を加えたときのメリットを試験する。

(7) 試験構成

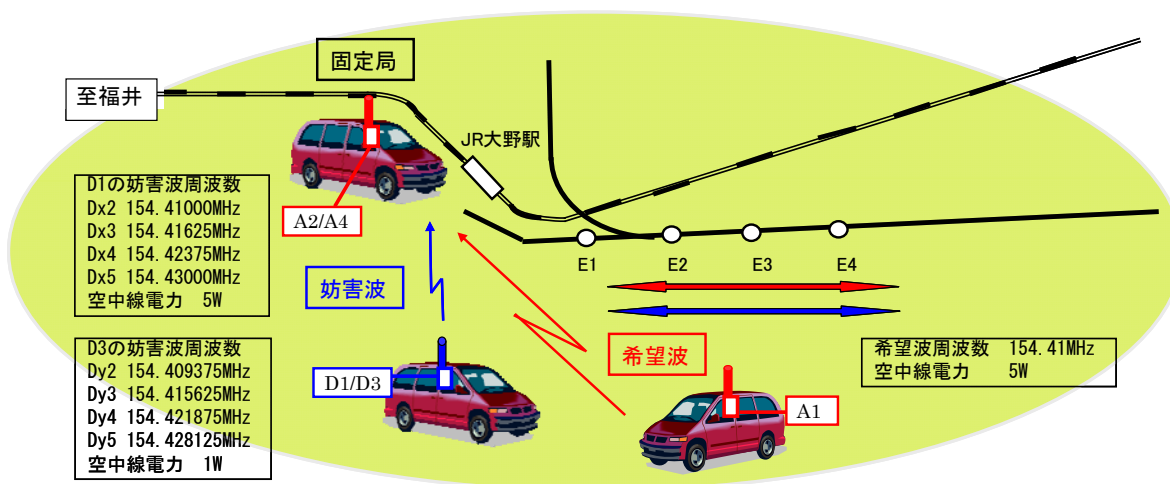


図 3-4 アナログ通話中にデジタル機で妨害したときのメリット試験構成

(イ) 試験手順

① 固定局としてJR越前大野駅の駐車場に駐車した車両に、150MHz アナログ機(A2/A4)を設置し、周波数を154.41MHzに設定して外部アンテナを接続する。

② 固定局と交信を行う移動局の車両に150MHz アナログ機(A1)を搭載し、周波数を154.41MHzに設定して外部アンテナを接続する。

③ 妨害波の移動局の車両に150MHz デジタル機(D1/D3)を搭載し、外部アンテナを接続する。

④ 以降の手順は試験項目ウに記載した要領にて、以下の組み合わせで実施する。

希望波の固定局 A2、希望波の移動局 A1、妨害波の移動局 D1 の組み合わせ  
(妨害波の周波数=Dx2~Dx5)

希望波の固定局 A4、希望波の移動局 A1、妨害波の移動局 D3 の組み合わせ  
(妨害波の周波数=Dy2~Dy5)

オ デジタル通話中にデジタル機で妨害したときのメリット試験

本試験では、デジタル通話中にデジタル妨害波を加えたときのメリットを試験する。

(7) 試験構成

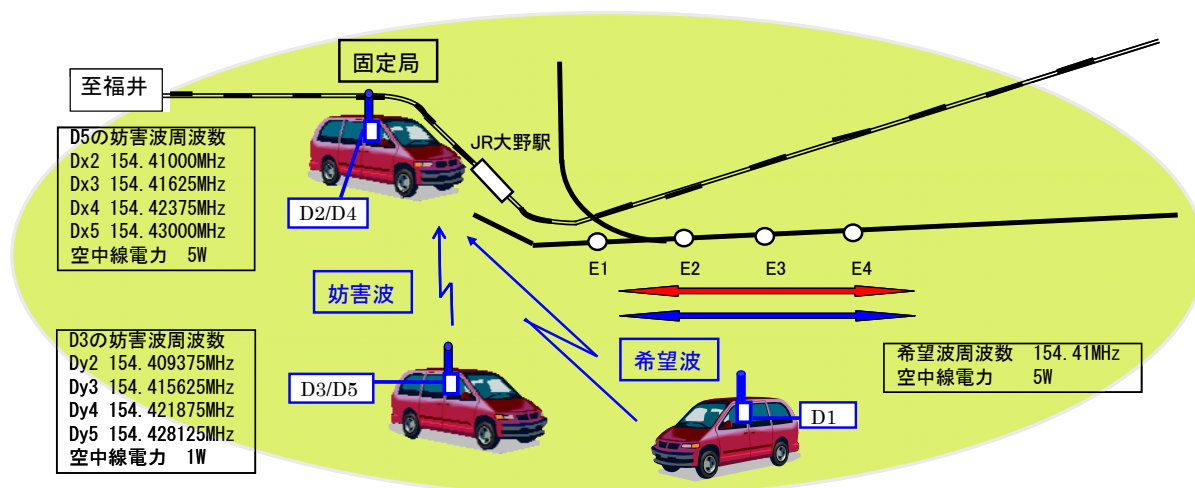


図 3-5 デジタル通話中にデジタル機で妨害したときのメリット試験構成

(イ) 試験手順

- ① 固定局としてJR越前大野駅の駐車場に駐車した車両に、150MHz デジタル機 (D2 /D4) を設置し、周波数を 154.41MHz に設定して外部アンテナを接続する。
- ② 固定局と交信を行う移動局の車両に 150MHz デジタル機 (D1) を搭載し、周波数を 154.41MHz に設定して外部アンテナを接続する。
- ③ 妨害波の移動局の車両に 150MHz デジタル機 (D3/D5) を搭載し、外部アンテナを接続する。
- ④ 以降の手順は試験項目 ウ に記載した要領にて、以下の組み合わせで実施する。

希望波の固定局 D2、希望波の移動局 D1、妨害波の移動局 D5 の組み合わせ

(妨害波の周波数=Dx2~Dx5)

希望波の固定局 D4、希望波の移動局 D1、妨害波の移動局 D3 の組み合わせ

(妨害波の周波数=Dy2~Dy5)



カ デジタル通話中にアナログ機で妨害したときのメリット試験

本試験では、デジタル通話中にアナログ妨害波を加えたときのメリットを試験する。

(7) 試験構成

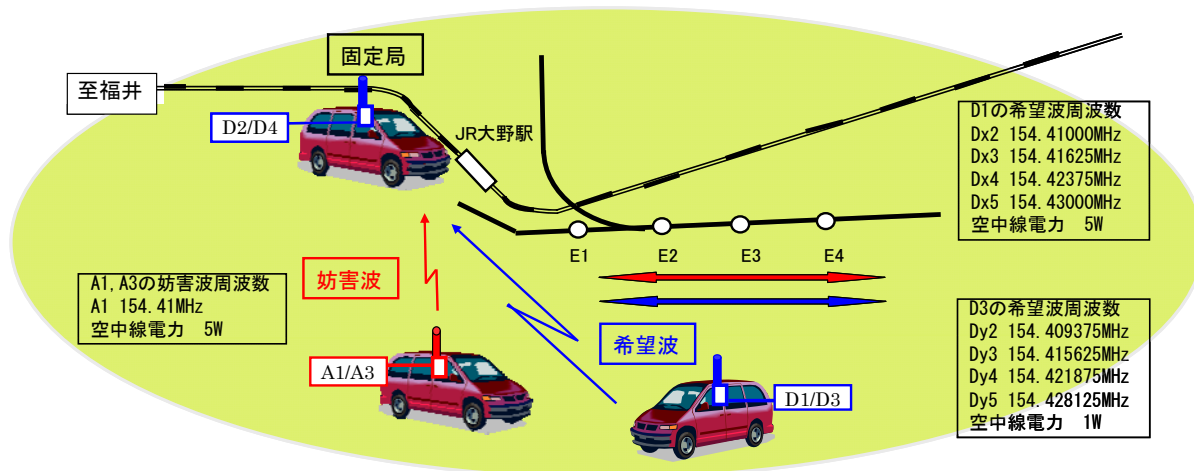


図 3-6 デジタル通話中にアナログ機で妨害したときのメリット試験構成

(イ) 試験手順

- ① 固定局としてJR越前大野駅の駐車場に駐車した車両に、150MHz デジタル機 (D2 /D4) を設置し、周波数は 154. 41MHz に設定して外部アンテナを接続する。
- ② 固定局と交信を行う移動局の車両に 150MHz デジタル機 (D1 /D3) を搭載し、周波数を 154. 41MHz に設定して外部アンテナを接続する。
- ③ 妨害波の移動局の車両に 150MHz アナログ機 (A1 /A3) を搭載し、外部アンテナを接続する。
- ④ 以降の手順は試験項目 ウ に記載した要領にて、以下の組み合わせで実施する。  
ただし妨害波の周波数を固定とし、希望波の周波数を変更して試験する。

希望波の固定局 D2、希望波の移動局 D1、妨害波の移動局 A1 の組み合わせ  
(希望波の周波数=Dx2~Dx5)

希望波の固定局 D4、希望波の移動局 D3、妨害波の移動局 A3 の組み合わせ  
(希望波の周波数=Dy2~Dy5)



キ 可変減衰器を介して無線機間を接続した場合の妨害試験

(7) 試験構成

N T T 福井支店大野ビル内の公開試験の部屋に設置した試験構成を示す。

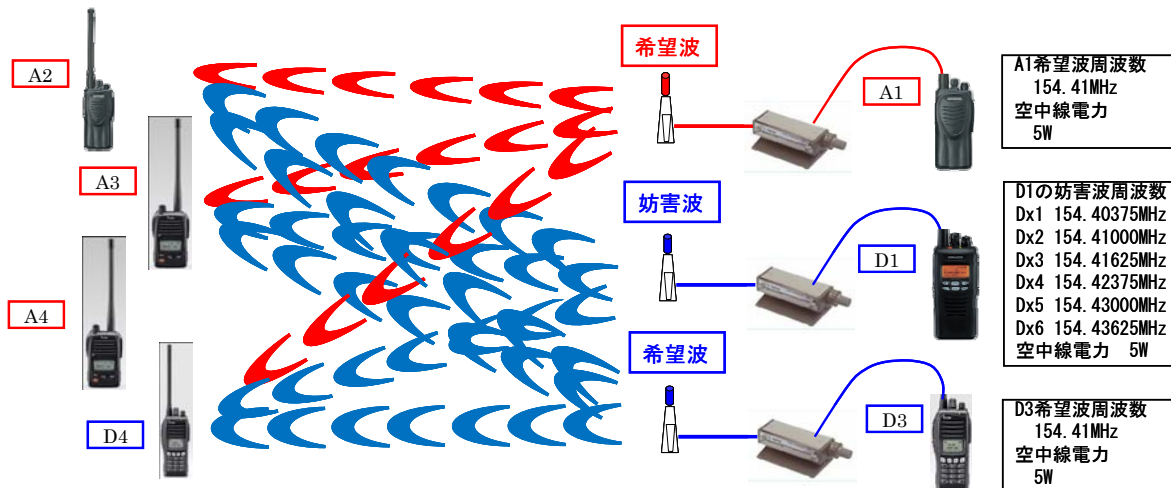


図 3-7 可変減衰器を介して無線機間を接続した場合の妨害試験構成

(イ) 試験手順

- ① 希望波として 150MHz アナログ機 (A1) と 150MHz デジタル機 (D3) を、妨害波として 150MHz デジタル機 (D1) の出力を可変減衰器で可変できるようにする。
- ② 公開実験の参加者に 150MHz アナログ機 (A2/A3/A4) 及び 150MHz デジタル機 (D4) を視聴してもらう。
- ③ アナログ通話にデジタル波の妨害が発生している状態の視聴：  
受信側が受信できるように、アナログ機 A1 の可変減衰器の減衰量を調整する。  
ここで、デジタル機 D1 の可変減衰器の減衰量を小さくし妨害波の出力を上げて妨害された音を視聴する。
- ④ デジタル通話にデジタル波の妨害が発生している状態の視聴：  
受信側が受信できるように、デジタル機 D1 の可変減衰器の減衰量を調整する。  
ここで、デジタル機 D1 の可変減衰器の減衰量を小さくして妨害波の出力を上げて妨害された音を視聴する。

ク 150MHz デジタル機と 400MHz デジタル機を接続した中継接続試験

(7) 試験構成

N T T 福井支店大野ビル内の公開試験の部屋に設置した試験構成を示す。

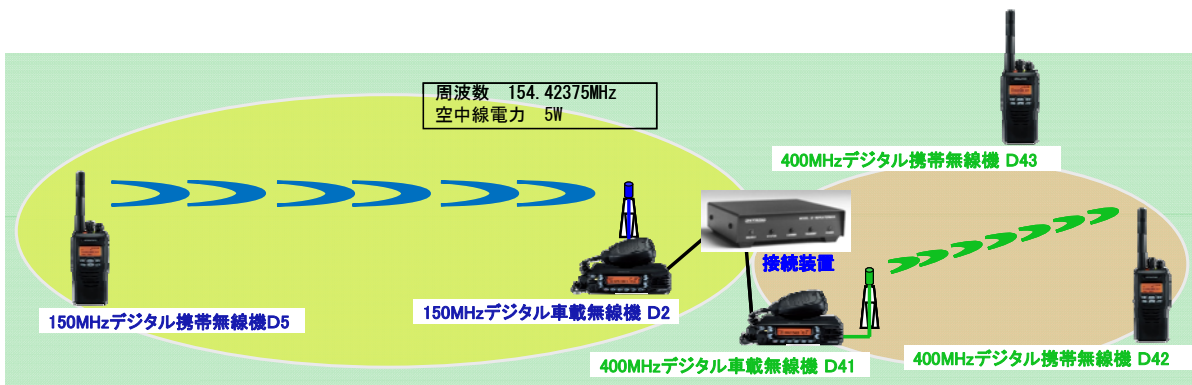


図 3-8 150MHz デジタル機と 400MHz デジタル機を接続した中継接続試験構成

(イ) 試験手順

- ① 中継局として接続装置を通じて中継用信号線が接続された下記の 2 台の実験試験局を設置し、外部アンテナを接続する。  
150MHz デジタル機 (D2)、400MHz デジタル機 (D41)
- ② 150MHz デジタル移動局として 150MHz デジタル機 (D5) を用意する。
- ③ 400MHz デジタル移動局として 400MHz デジタル機 (D42) を用意する。
- ④ 150MHz 移動局から送信し、400MHz 移動局にて受信できることを確認する。またその逆も確認する。なお、中継動作のモニタ用として、400MHz デジタル機 (D43) を使用する。

ケ 150MHz デジタル機による静止画像の伝送試験

(7) 試験構成

N T T 福井支店大野ビル内の公開試験の部屋に設置した試験構成を示す。

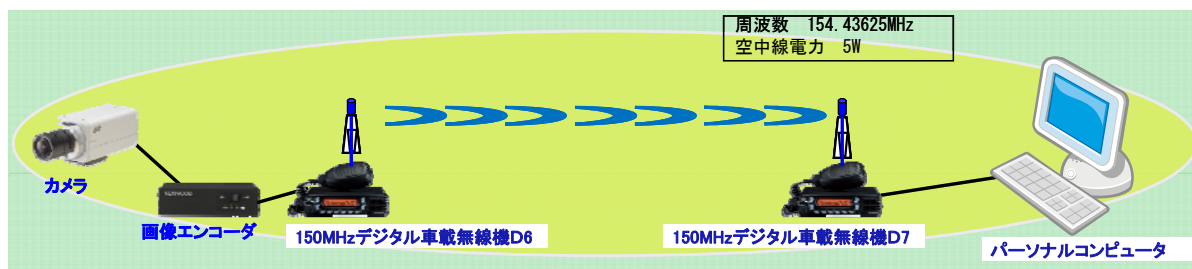


図 3-9 150MHz デジタル機による静止画像の伝送試験

(イ) 試験手順

- ① 画像表示用の PC を接続した 150MHz デジタル機 (D7) を設置し、外部アンテナを接続する。
- ② 画像エンコーダを通じてカメラを接続した 150MHz デジタル機 (D6) を設置し、外部アンテナを接続する。
- ③ PC にインストールされた専用の画像表示ソフトにおいて、画像データサイズなどのパラメータを設定し、カメラから静止画像の取り込みを開始する。
- ④ 画像エンコーダはカメラからの映像信号に対して指定された画像データサイズに圧縮符号化を行い、150MHz デジタル機 (D6) からデータ送信される。
- ⑤ 画像表示ソフトに、受信した静止画像が表示されることを確認する。

## 第2節 実証試験の結果

### (1) 屋内試験の結果

第1節(2)項のそれぞれの試験の結果を以下に示す。

#### ア 受信感度特性試験

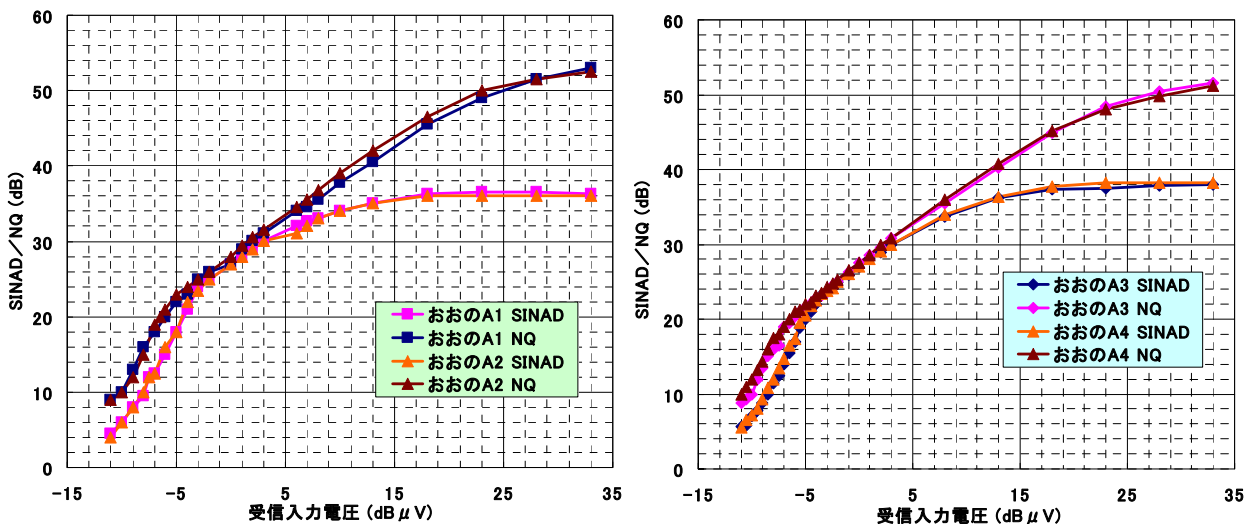


図3-10 アナログ機の受信感度特性  
(左図＝システム1、右図＝システム2)

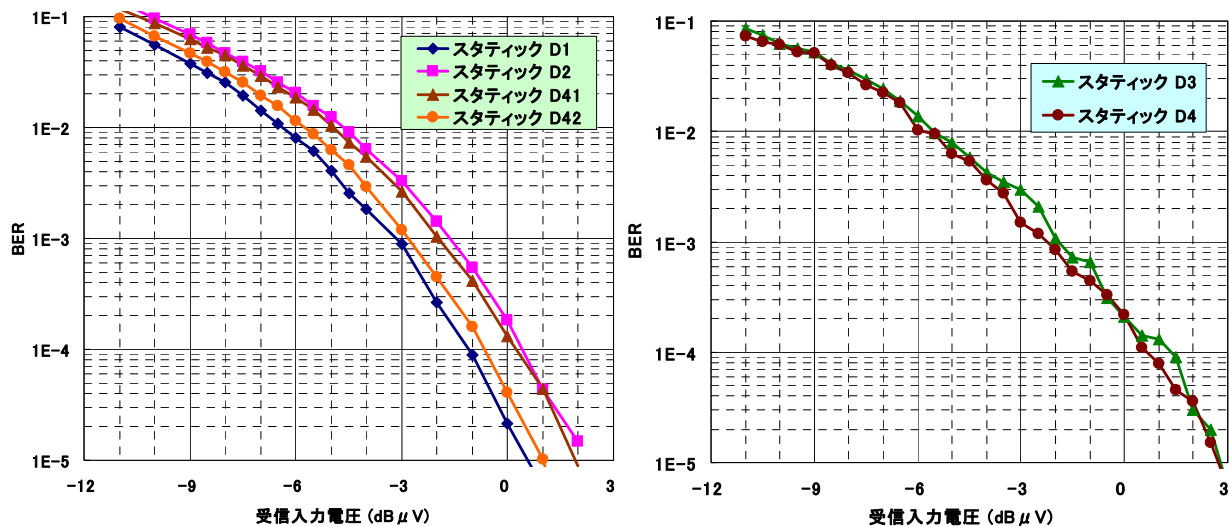


図3-11 デジタル機のスタティック状態での受信感度特性  
(左図＝システム1、右図＝システム2)

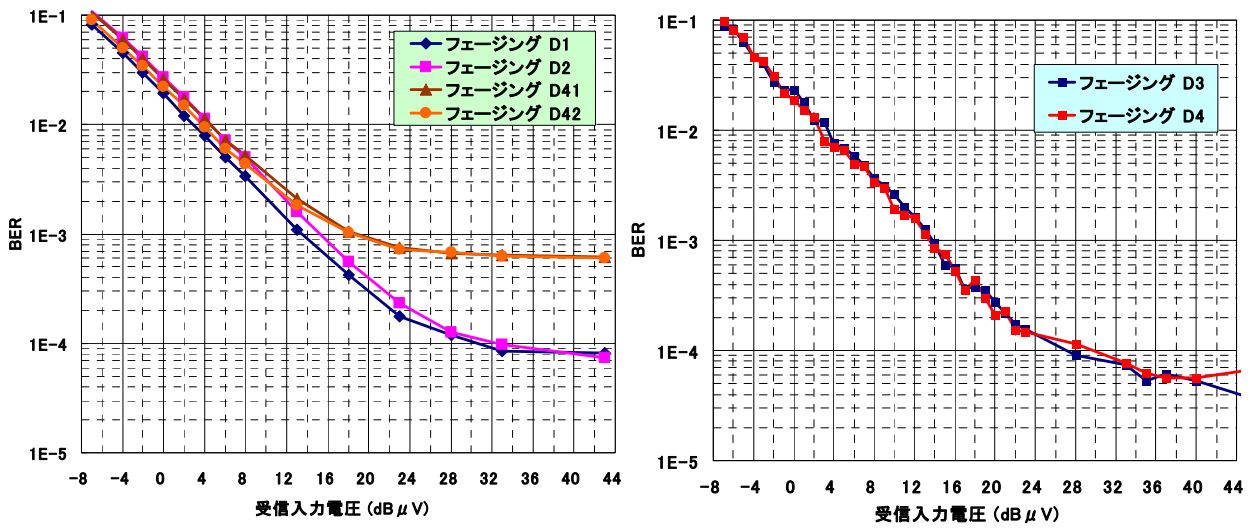


図 3-12 デジタル機のフェージング状態での受信感度特性  
(左図＝システム 1、右図＝システム 2)

イ 干渉特性計算 (計算値)

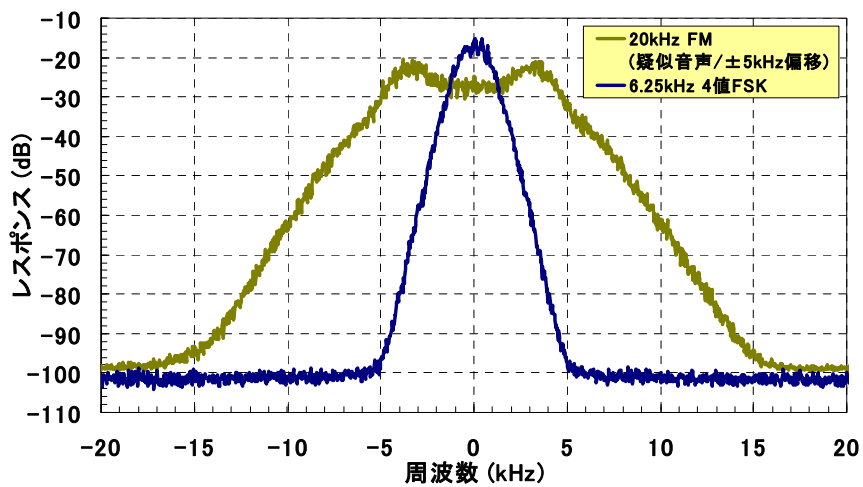


図 3-13 計算に用いた送信スペクトル特性

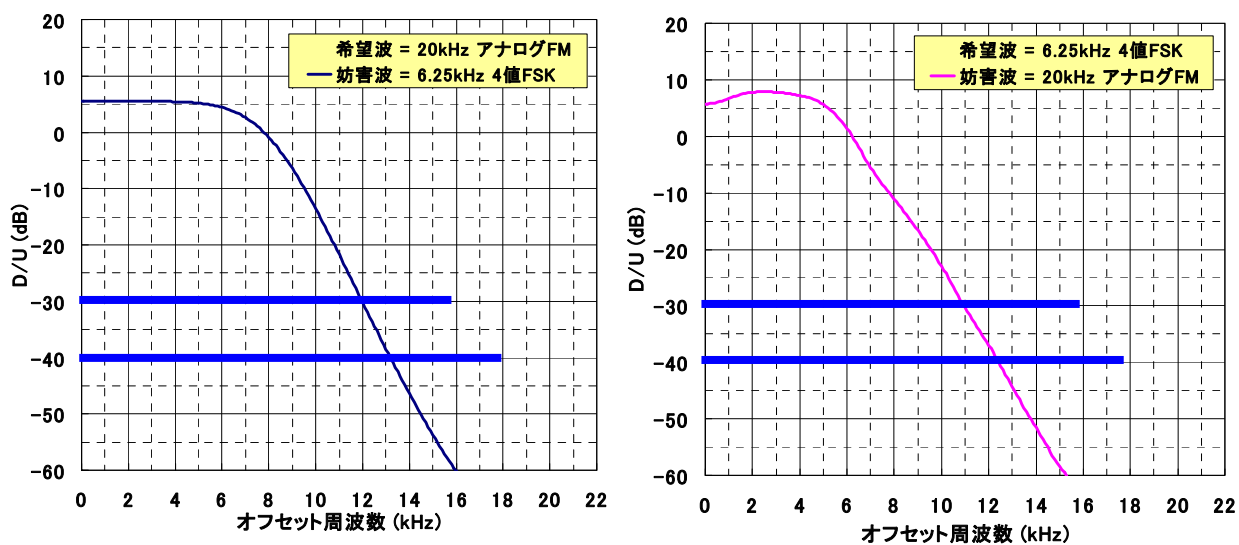


図 3-14 計算値による D/U 特性

ウ 干渉特性試験 (実測編)

A) 離調周波数に対する D/U の測定

(7) システム 1 の試験結果

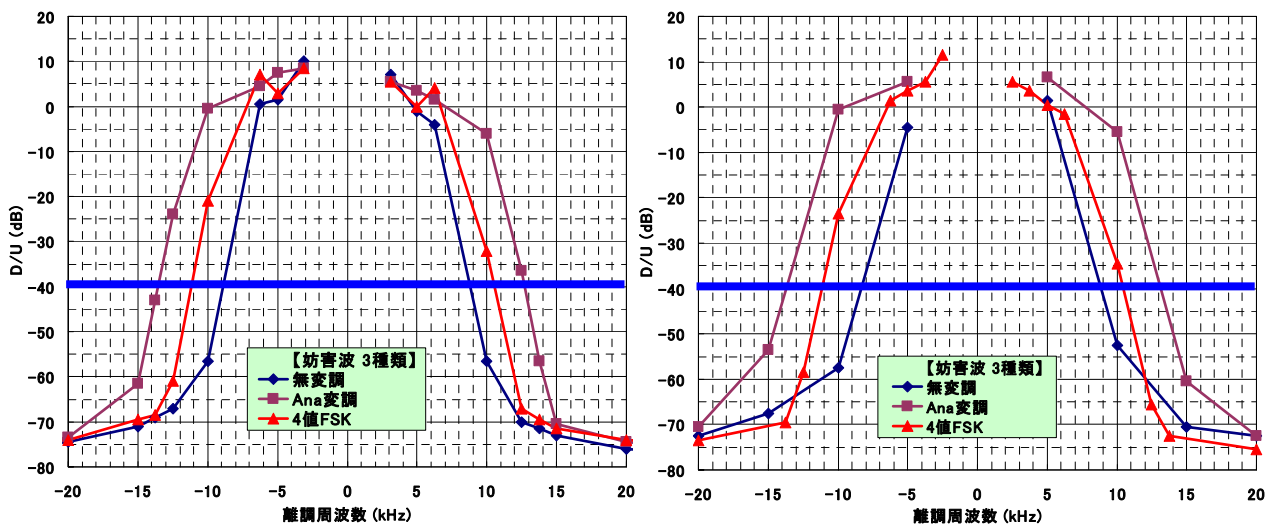


図 3-15 アナログ機の離調周波数に対する D/U 特性 (NQ 法)

(妨害波 : 左図=SSG、右図=実験試験局)

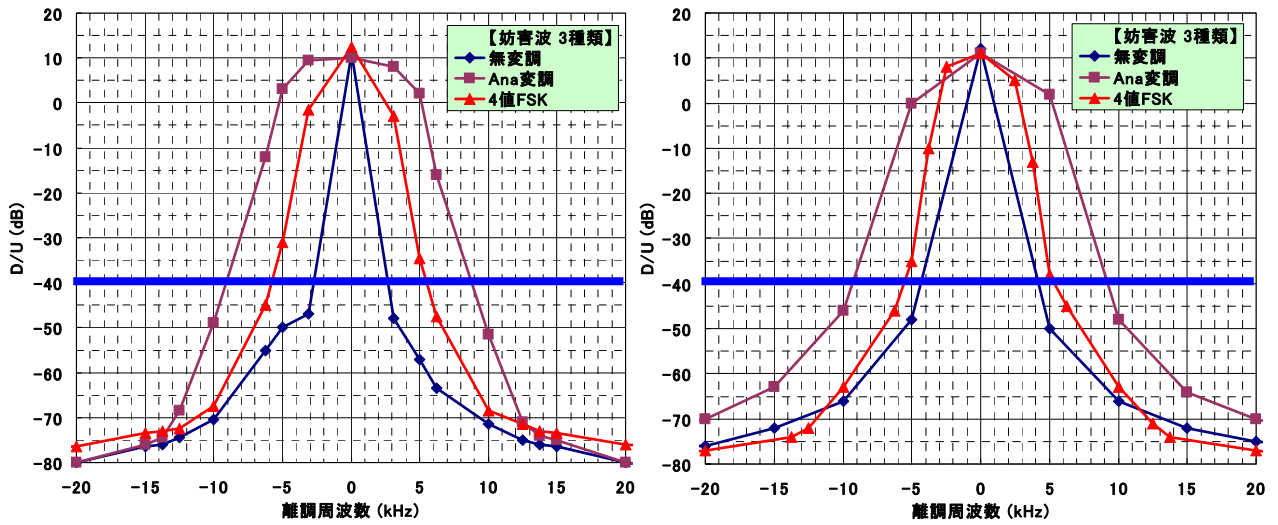


図 3-16 デジタル機の離調周波数に対する D/U 特性  
(妨害波： 左図=SSG、右図=実験試験局)

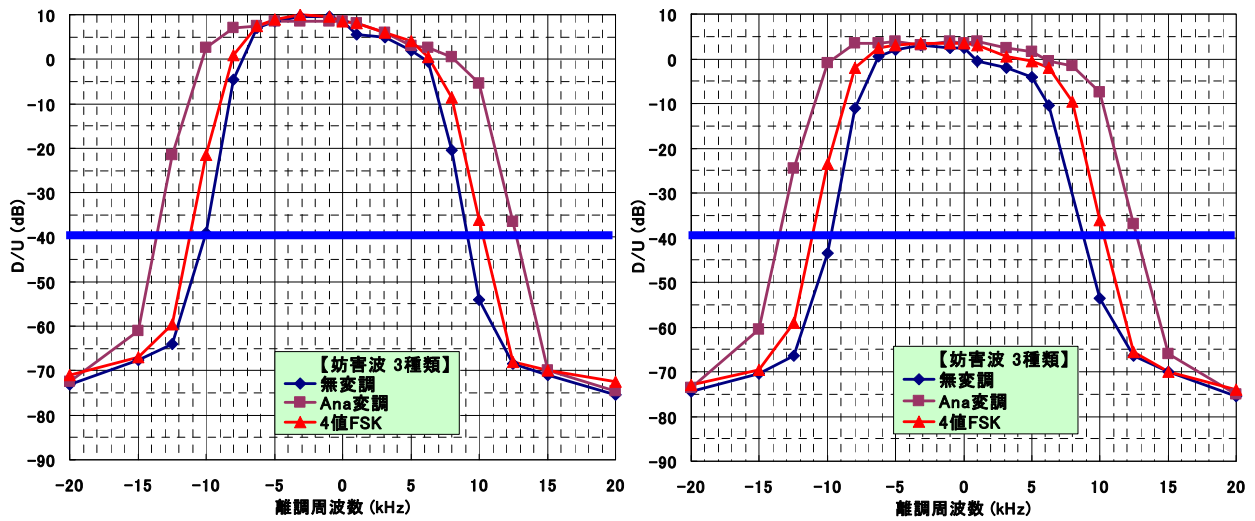


図 3-17 アナログ機の離調周波数に対する D/U 特性 (SINAD 法)  
(希望波レベル： 左図=12dB SINAD+3dB、右図=12dB SINAD+30dB)

(イ) システム 2 の試験結果

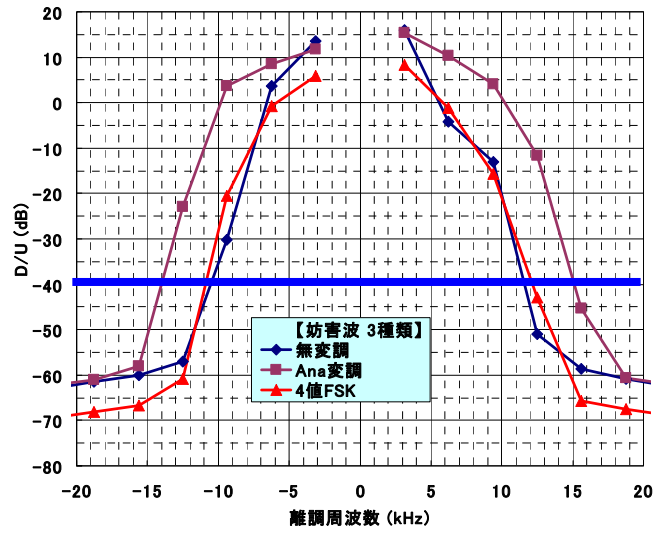


図 3-18 アナログ機の離調周波数に対する D/U 特性 (NQ 法、妨害波=SSG)

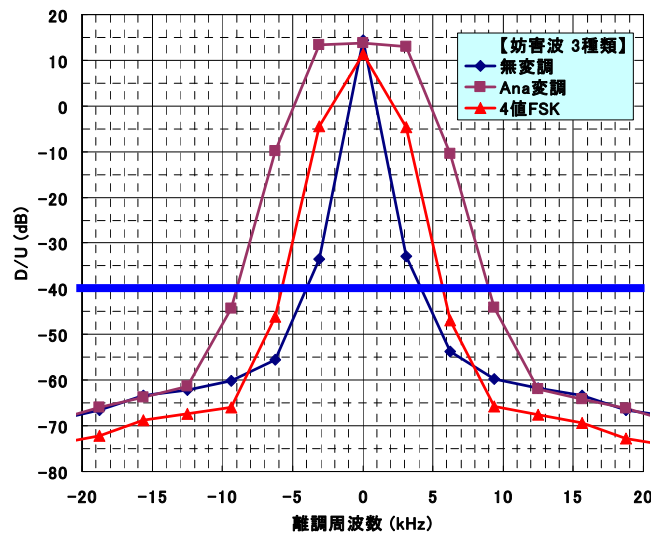


図 3-19 デジタル機の離調周波数に対する D/U 特性 (妨害波=SSG)



B) D/U 一定の下で、離調周波数に対する受信感度の測定

(7) システム 1 の試験結果

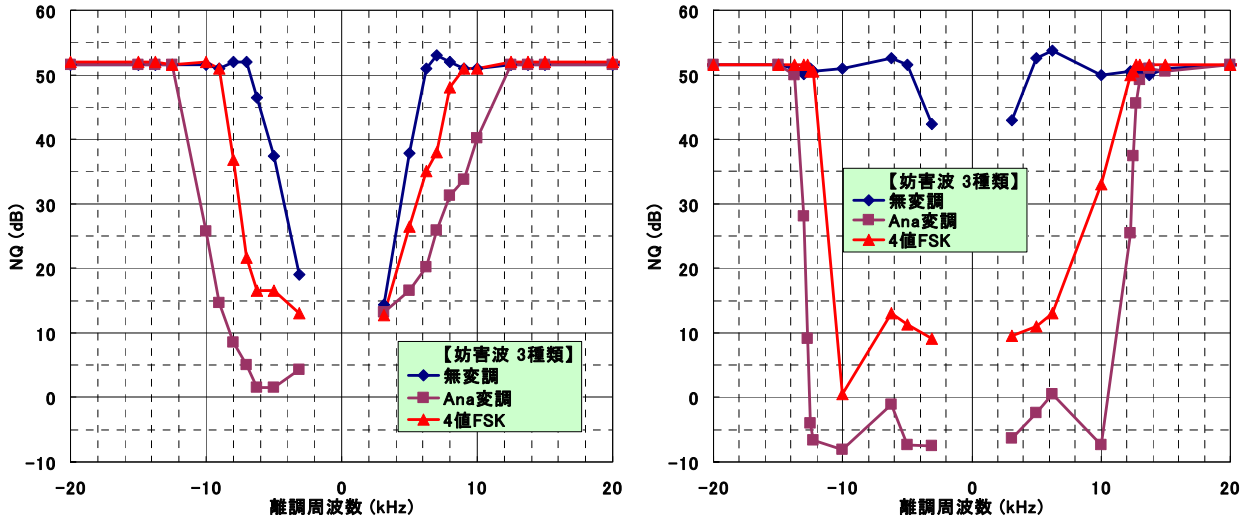


図 3-20 アナログ機の離調周波数に対する NQ 感度特性  
(左図 : D/U = 0dB、右図 : D/U = -30dB)

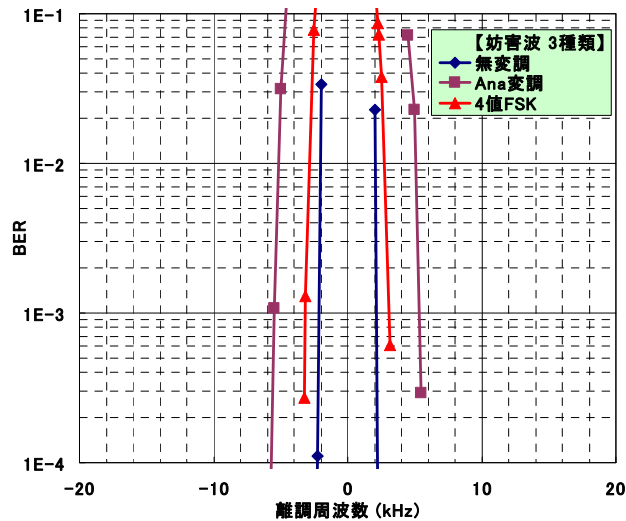


図 3-21 デジタル機の離調周波数に対する BER 特性 (D/U = 0dB)

## エ 送信 C/N 測定試験

## (7) 実験試験局と標準信号発生器の C/N 特性

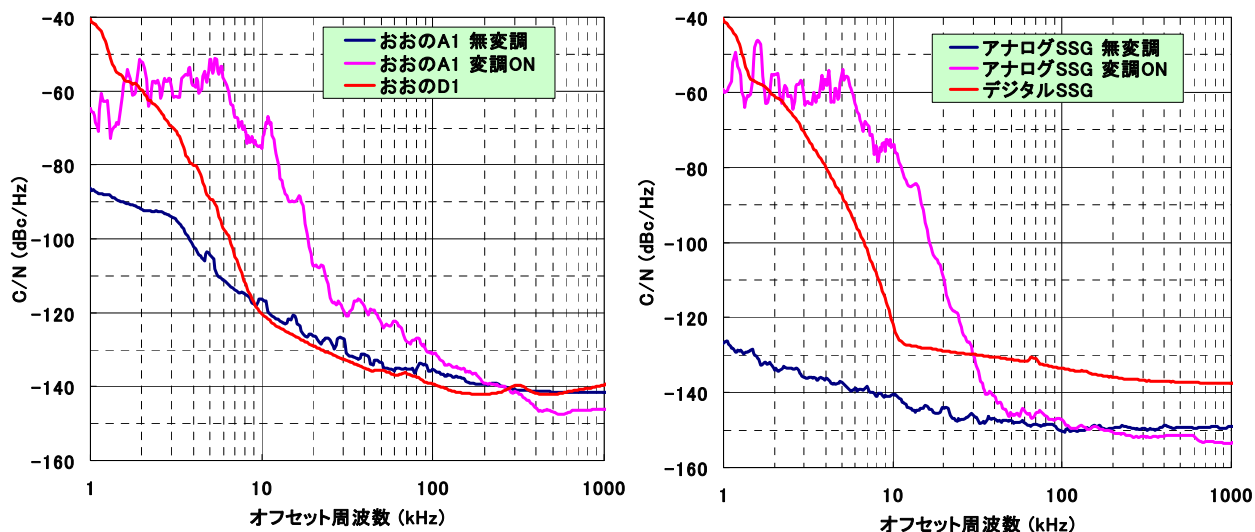


図 3-22 実験試験局の送信 C/N 特性 (左図=実験試験局、右図=SSG)

## (イ) C/N 特性の違いと干渉特性試験への影響について

SSG と実験試験局の C/N 特性を比べた場合、無変調状態の C/N 特性に大きな違いが発生している。またアナログ変調状態と 4 値 FSK 変調状態においては、オフセット周波数が 30kHz 以上の範囲で違いが発生している。

干渉特性試験の図 3-15 および図 3-16 の試験結果において、妨害波に SSG と実験試験局を用いた場合の D/U の違いは、離調周波数が  $\geq 10$ kHz よりも大きな範囲で発生している。このように妨害波によって D/U の結果が異なることは、妨害波の C/N 特性の違いに起因するものと推測される。

ただし、妨害波によって D/U の結果に差異が生じるのは D/U=-50dB 以下の範囲であり、共用条件の D/U=-40dB あるいは D/U=-30dB となる離調周波数はどちらの妨害波でもほぼ同一である。そのため、周波数ステップを任意に設定でき出力レベルが安定していることから、図 3-15 と図 3-16 を除いた他の干渉特性試験では、妨害波として SSG を使用した結果を記載することとする。

オ 話中検出特性試験

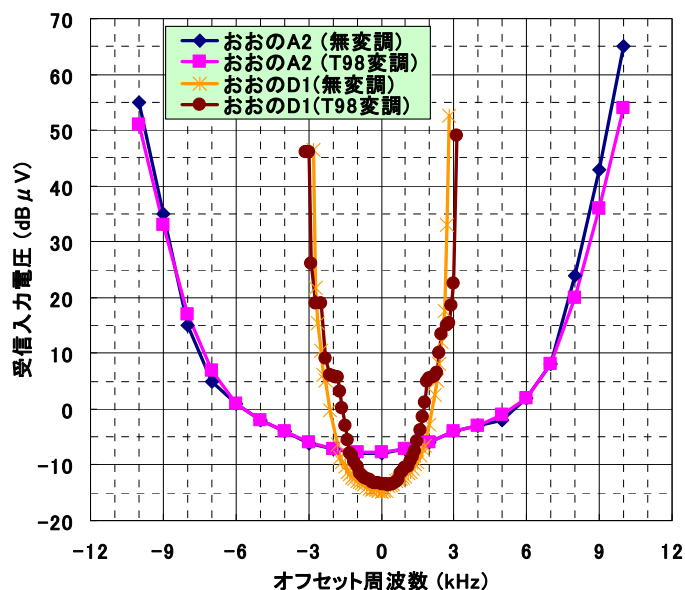


図 3-23 システム 1 のアナログ機 (A2) とデジタル機 (D1) の話中検出範囲

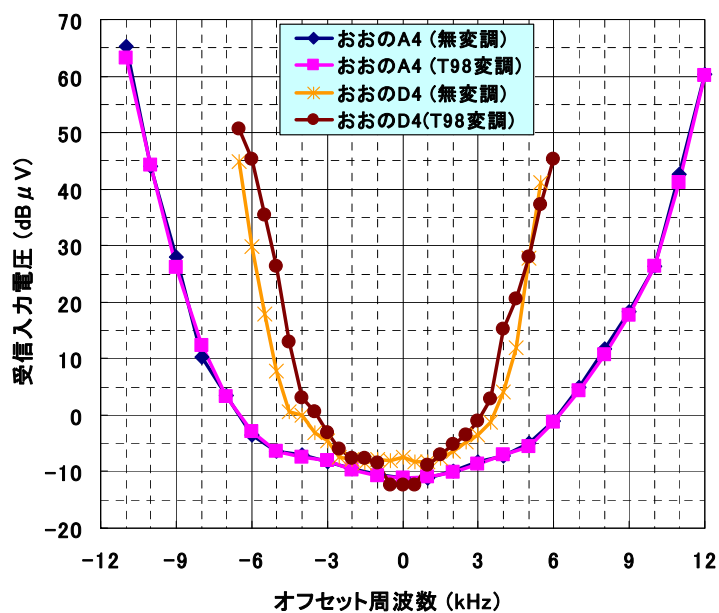


図 3-24 システム 2 のアナログ機 (A4) とデジタル機 (D4) の話中検出範囲

カ 実験試験局のビット誤り率と RSSI の表示値の試験

(7) 試験結果

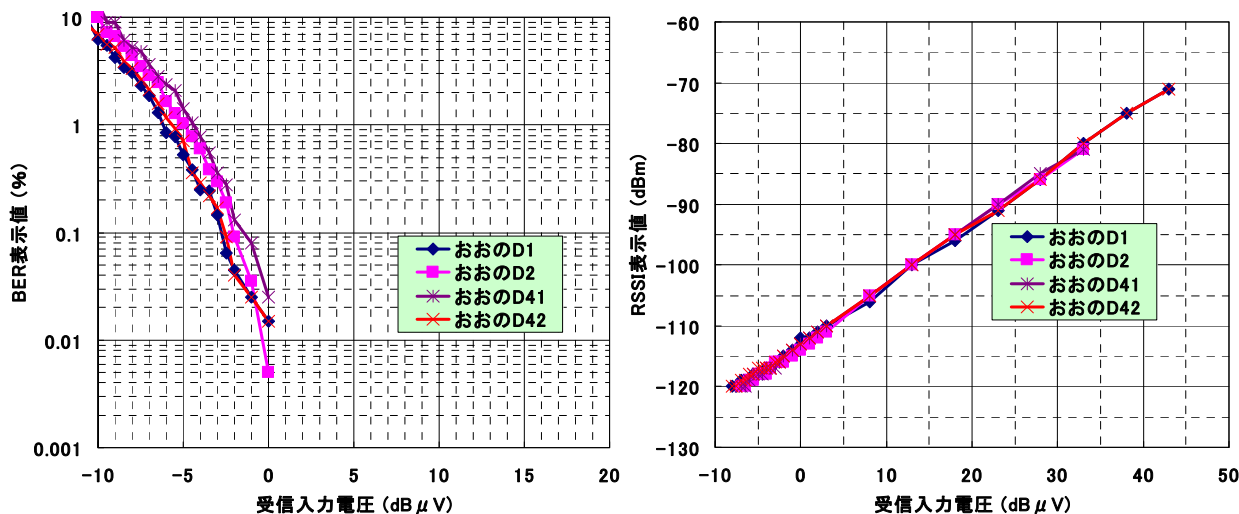


図 3-25 システム 1 の特性 (左図 : BER 表示値、右図 : RSSI 表示値)

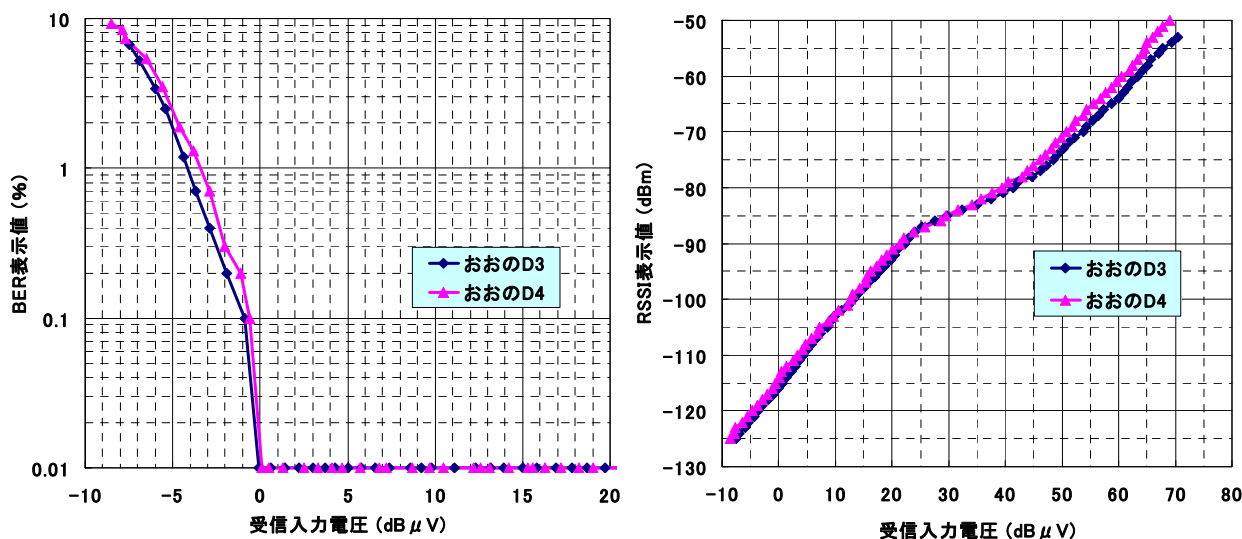


図 3-26 システム 2 の特性 (左図 : BER 表示値、右図 : RSSI 表示値)

(イ) 実験試験局の表示範囲について

RSSI の表示範囲は、システム 1 とシステム 2 で異なり、またシステム 1 では携帯機 (-120dBm~-70dBm) と車載機 (-120dBm~-80dBm)の間でも異なる。実験試験局の入力レベルが表示範囲外の場合には上限あるいは下限の値が表示されるため、フィールド試験の RSSI 値は受信機入力レベルが表示可能範囲内において正しい結果を示す。

(2) フィールド試験の結果

第1節 (3)項 のそれぞれの試験の結果を以下に示す。

ア 到達距離試験

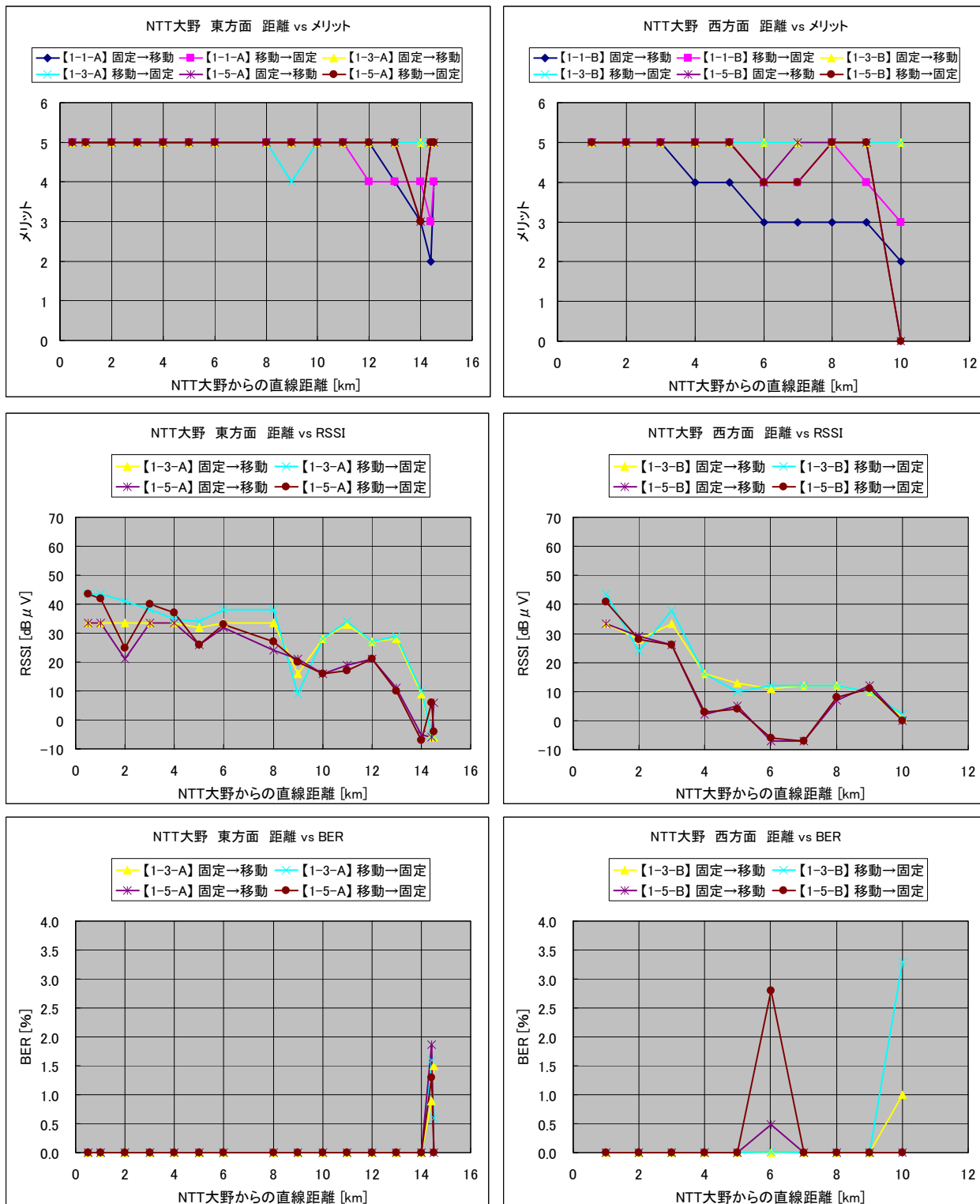


図 3-27 システム 1 の到達距離試験の結果 (左図：東方面、右図：西方面)

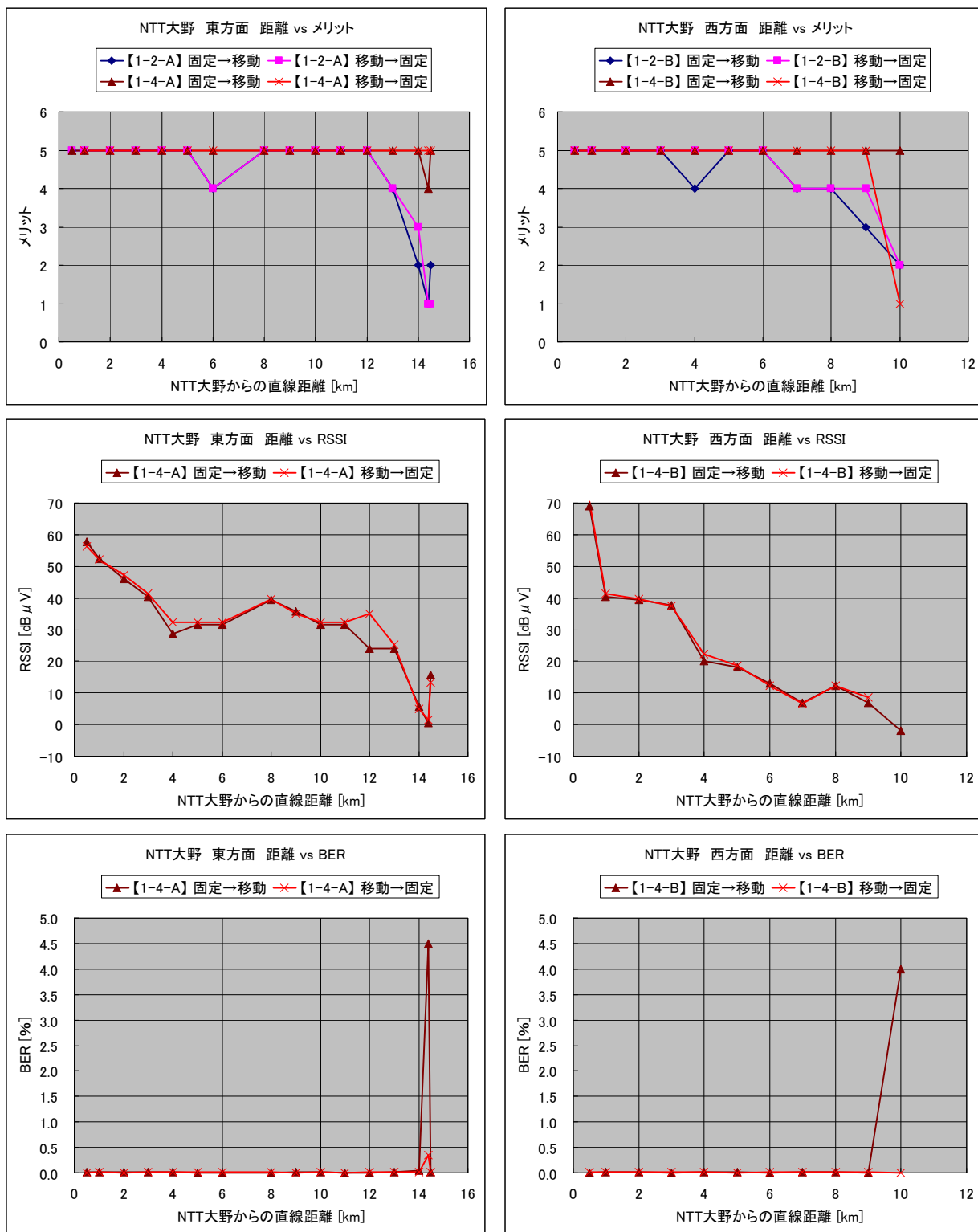


図 3-28 システム 2 の到達距離試験の結果 (左図：東方面、右図：西方面)

イ 大野市内伝搬試験

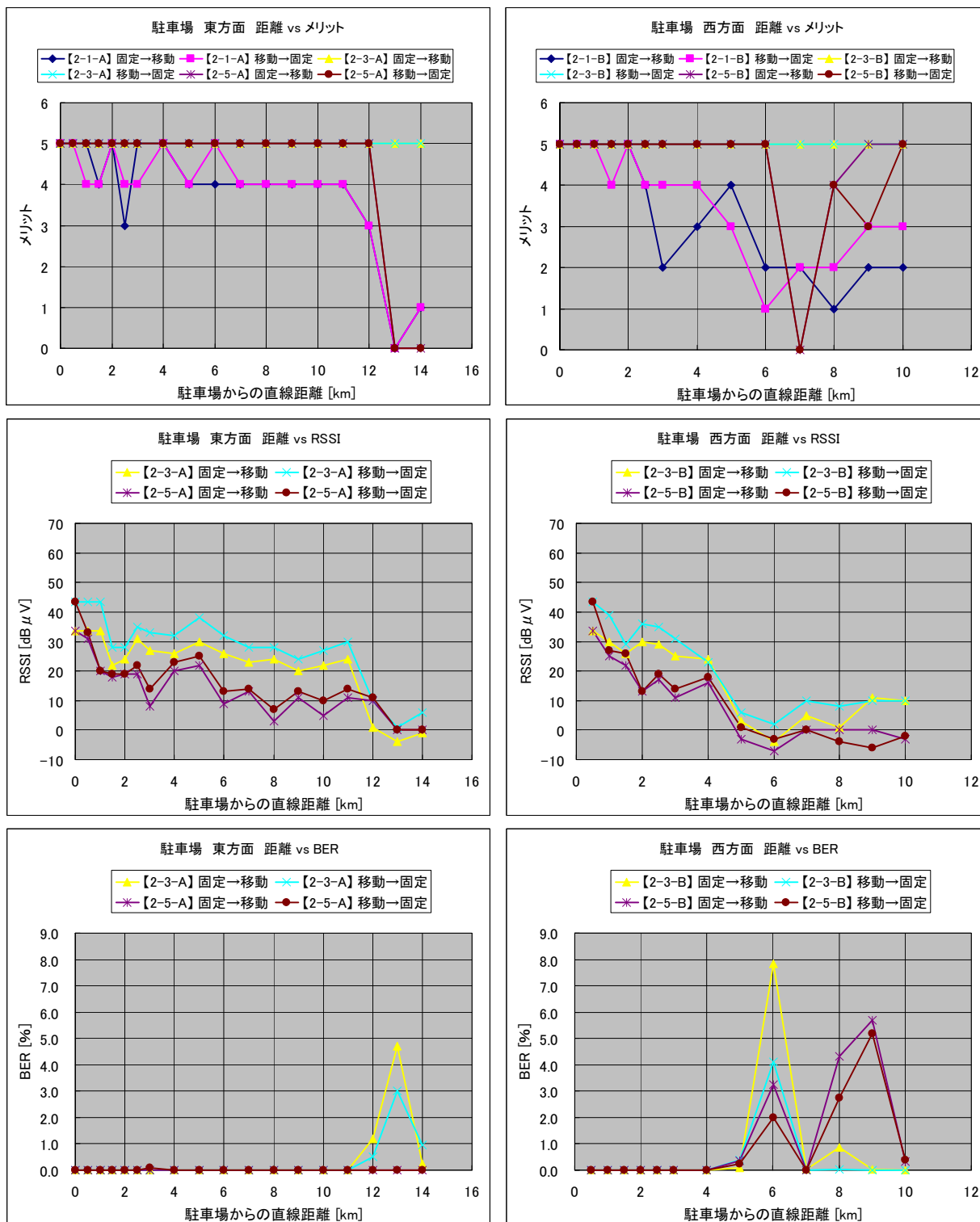


図 3-29 システム 1 の大野市内伝搬試験の結果 (左図：東方面、右図：西方面)

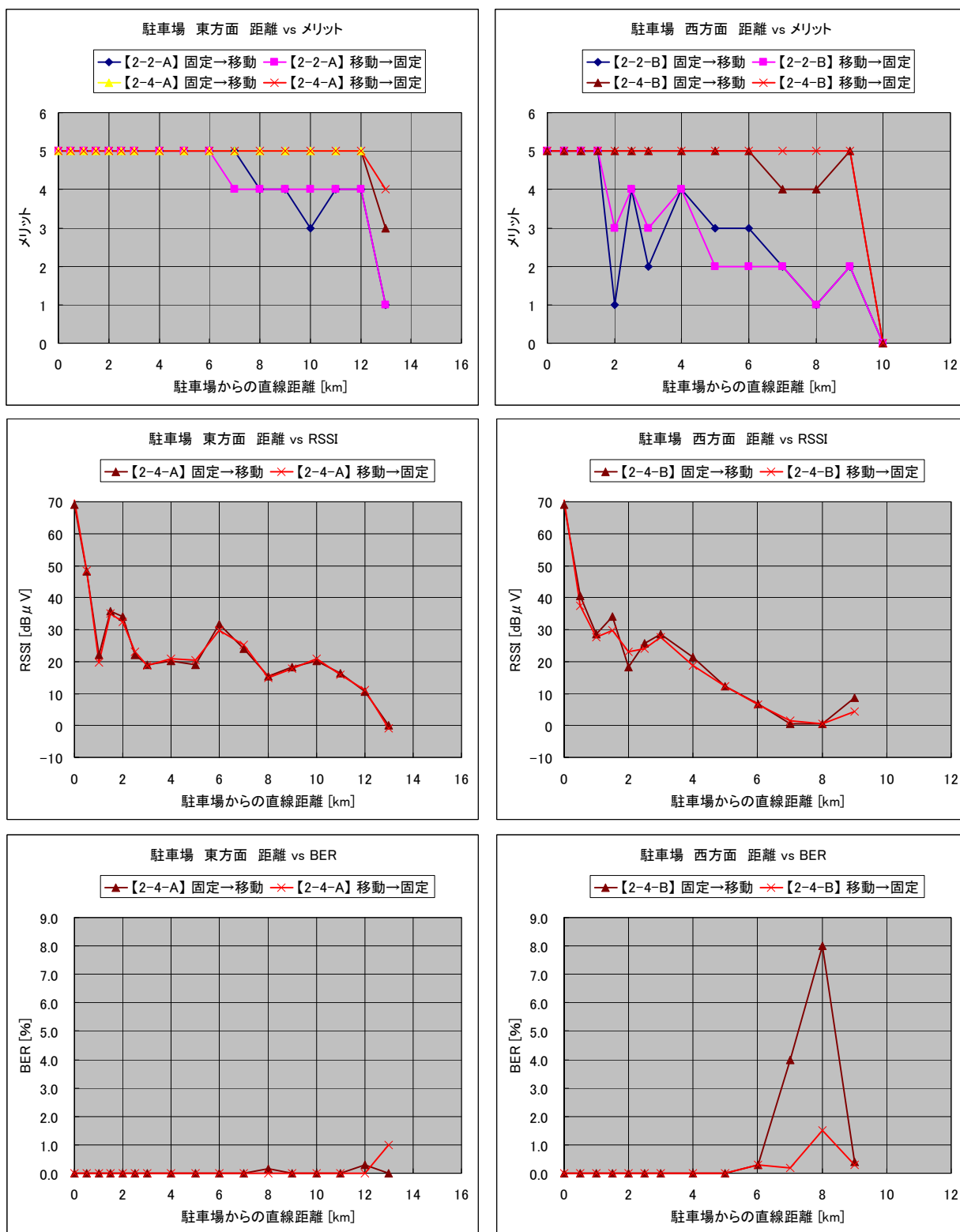


図 3-30 システム 2 の大野市内伝搬試験の結果（左図：東方面、右図：西方面）



ウ アナログ通話中にアナログ機で妨害したときのメリット試験

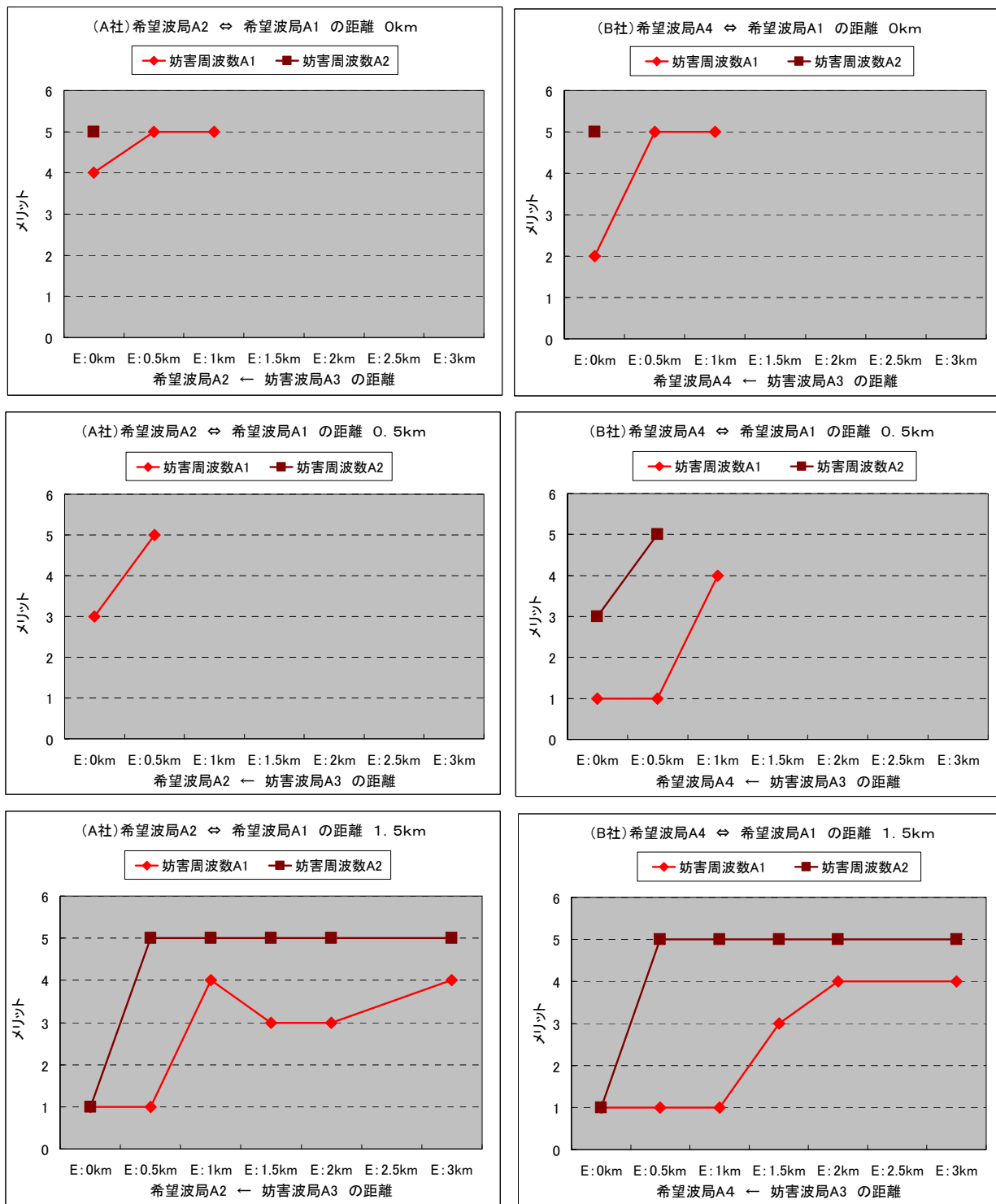


図 3-31 アナログ通話中にアナログ機で妨害したときのメリット試験の結果  
(左図：システム 1、右図：システム 2)

エ アナログ通話中にデジタル機で妨害したときのメリット試験

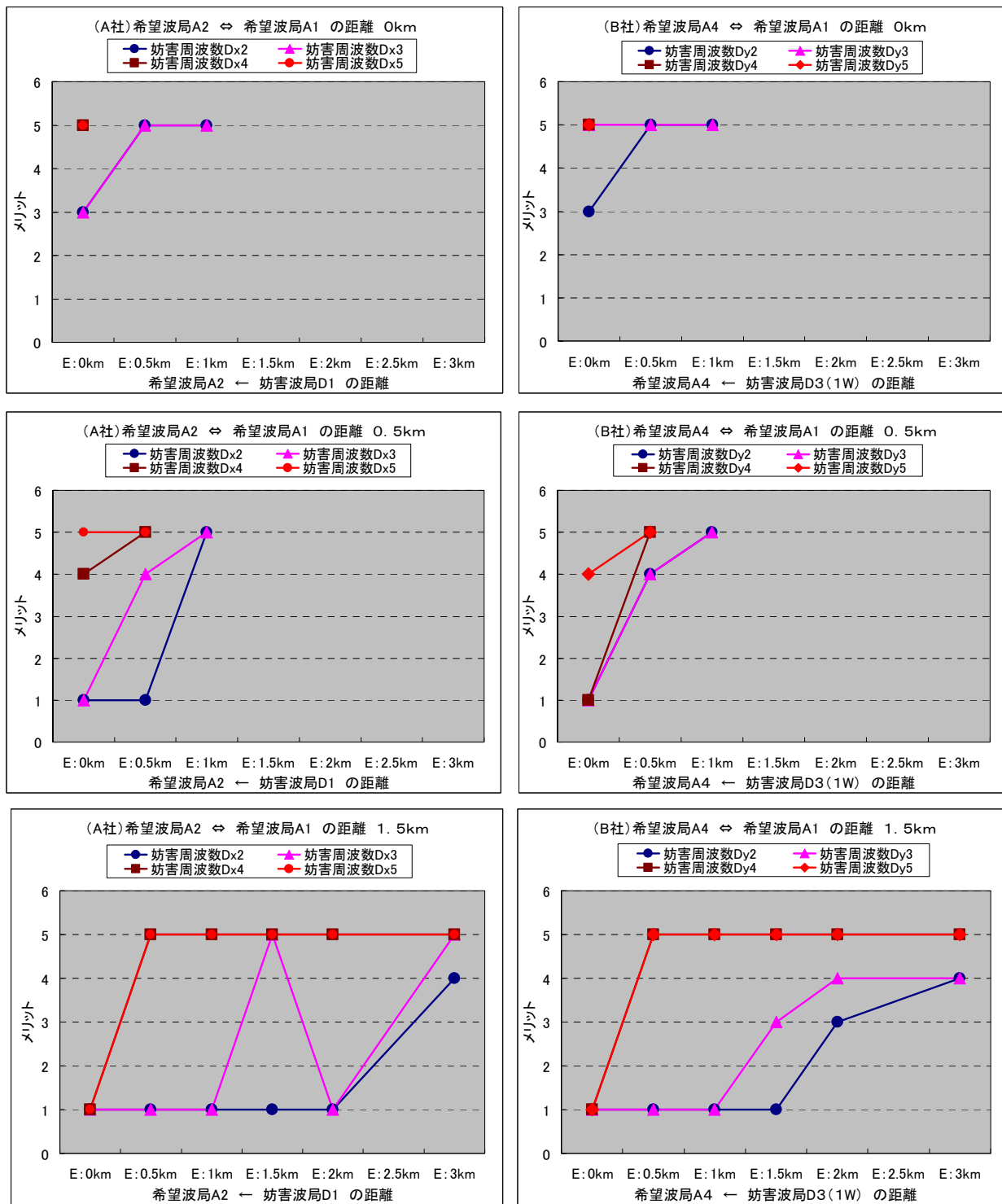


図 3-32 アナログ通話中にデジタル機で妨害したときのメリット試験の結果  
(左図：システム 1、右図：システム 2)

オ デジタル通話中にデジタル機で妨害したときのメリット試験

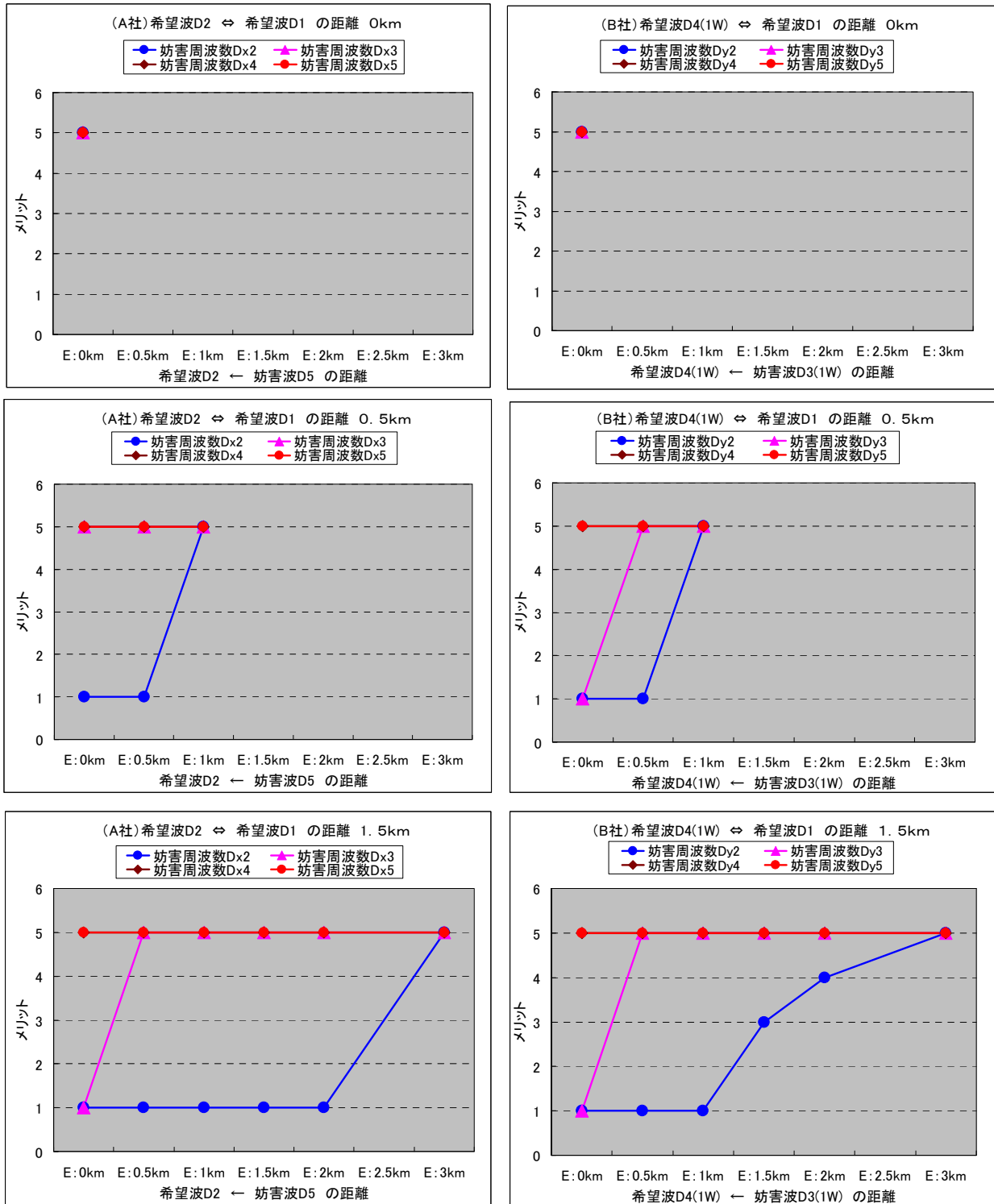


図 3-33 デジタル通話中にデジタル機で妨害したときのメリット試験の結果  
(左図：システム1、右図：システム2)

カ デジタル通話中にアナログ機で妨害したときのメリット試験

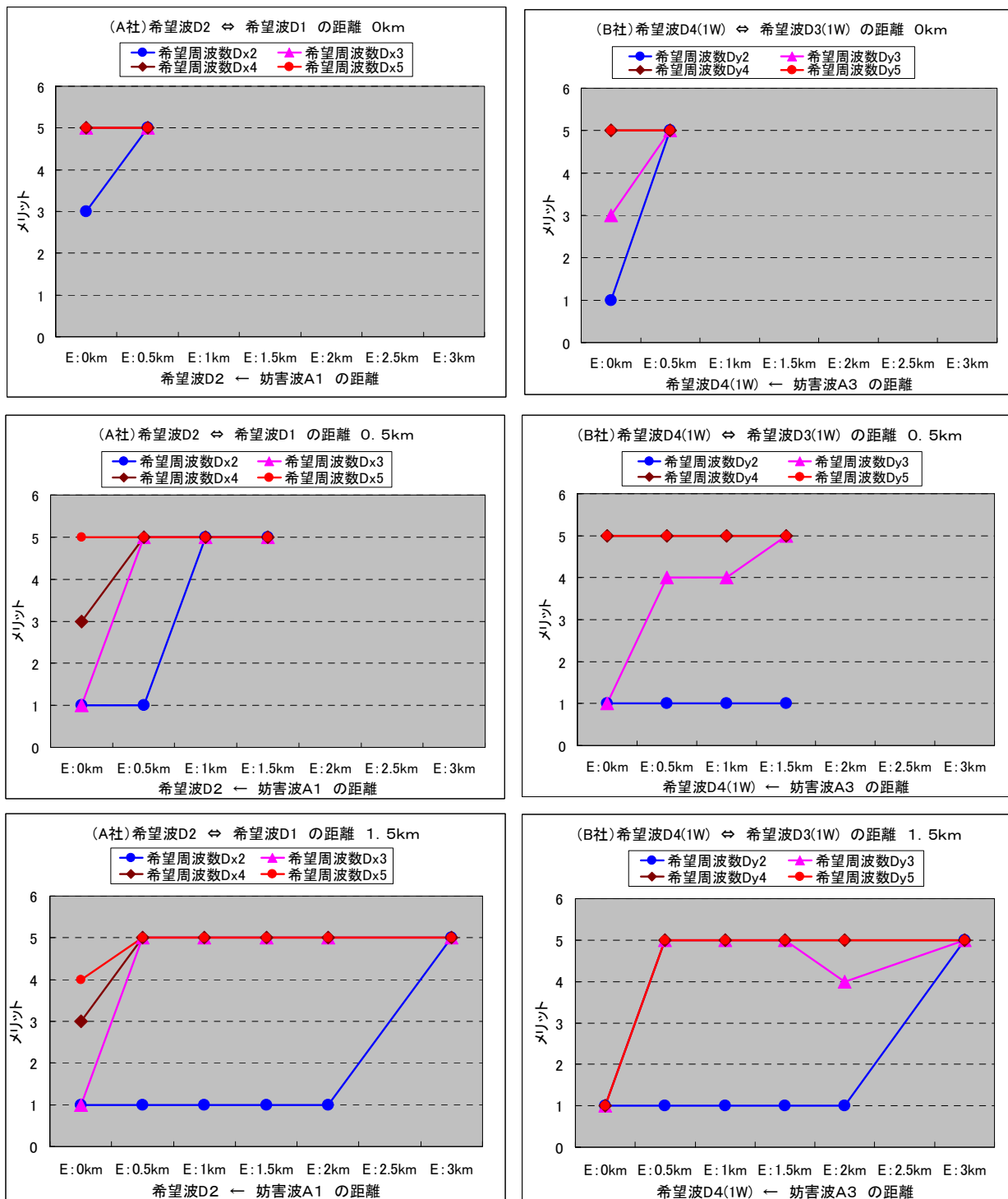


図 3-34 デジタル通話中にアナログ機で妨害したときのメリット試験の結果  
(左図：システム1、右図：システム2)

#### キ 可変減衰器を介して無線機間を接続した場合の妨害試験

実運用と同じような干渉が発生している状況を公開試験の部屋の中で再現するため、可変減衰器にてアンテナからの放射電力を変化させて、受信機に入力される希望波と妨害波のレベルを調節した。試験では、希望波と妨害波の周波数間隔および受信機入力レベルをスペクトラムアナライザの画面で確認しつつ、受信機の受信音の変化を公開試験の参加者全員で視聴した。

簡易無線ではF2Dを使用したデータ伝送が行われており、アナログ機に干渉が発生した場合の受信音は、F2Dの妨害波の場合と4値FSKの妨害波の場合において、伝送速度と周波数偏位の違いによる音色の違い程度で大きく異なるものではない。

#### ク 150MHz デジタル機と 400MHz デジタル機を接続した中継接続試験

中継接続試験では、接続装置(市販品)を介在させて150MHz デジタル機と400MHz デジタル機での異なった周波数帯での通信が可能なことを確認した。デジタル機を使用しているものの接続構成は接続装置を使用した簡易なものであるため、一旦アナログ信号に戻してから、中継送信のために再度4値FSK変調を行う信号の流れとなっている。接続装置と2台の中継用無線機とのインタフェースを図3-35に示す。150MHz デジタル機 → 400MHz デジタル機の中継動作と、400MHz デジタル機 → 150MHz デジタル機の中継動作の両方に対応するために、2台の接続装置にて2方向の信号を分離して処理している。

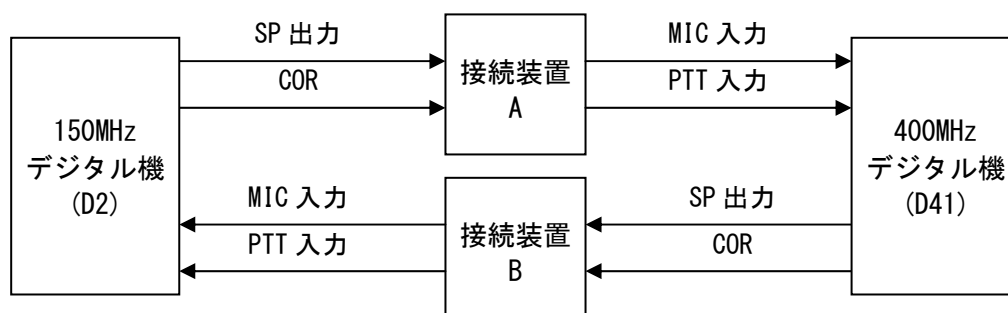


図 3-35 接続装置と中継用無線機間のインタフェース

一般的に、デジタル機では音声信号をデジタル化し圧縮するための音声符号化による処理時間のために音声に遅延が発生する。本試験の構成ではアナログ音声信号まで戻して中継を行うため、無線機同士の直接通信よりも音声遅延が大きくなると予想される。表 3-4 に接続形態ごとの音声の遅延時間の測定結果を示す。本試験の構成では圧縮・伸長の音声符号化処理が2度行われるため、直接通信の約2倍の遅延時間となっている。

表 3-4 接続形態における音声の遅延時間

接続形態	直接通信 (D5-D2 間)	中継通信 (D5-D42 間)
遅延時間	約 120ms	約 240ms

## ケ 150MHz デジタル機による静止画像の伝送試験

試験に使用した画像エンコーダの主な定格を表 3-5 に示す。また画像エンコーダおよび PC と無線機とのインターフェースを図 3-36 に示す。

表 3-5 画像エンコーダの定格

項目	定格
入力信号方式	NTSC / PAL
ビデオ入力	VBS 1.0 V(p-p). 75 Ω (BNC)
無線機インターフェース	RS-232C
静止画圧縮符号化方式	MPEG-4AVC/H. 264
画像圧縮サイズ	1.5kB / 3kB / 6kB / 12kB / 18kB

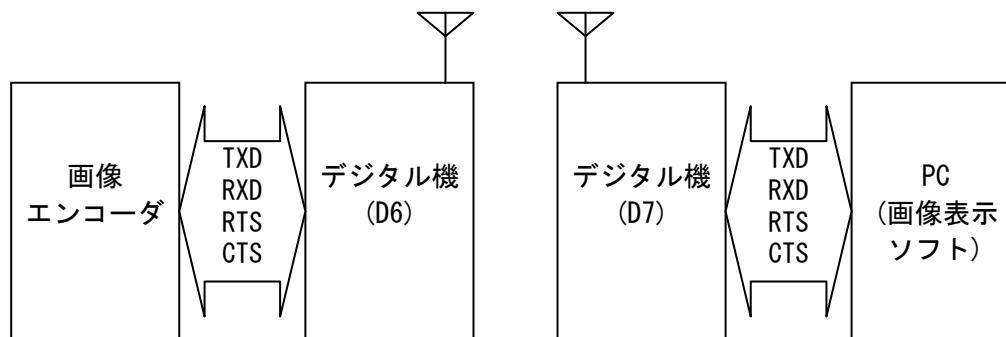


図 3-36 画像エンコーダおよび PC と無線機間のインターフェース

150MHz デジタル機 (D6/D7) では画像エンコーダおよび画像表示ソフトとの通信インターフェースおよび無線機間でのデータ通信プロトコルを実装した。本試験において、4.8kbps の伝送速度において表 3-5 のすべての画像サイズが伝送できることを確認した。ただし、4.8kbps の中には同期ワードや誤り訂正の冗長ビットなどのオーバーヘッドを含んでいるため、画像伝送における実効伝送速度は約 2kbps となる。表 3-6 に画像サイズごとの伝送時間を示す。この時間は、画像表示ソフトから静止画要求コマンドを送出してから、受信した静止画が PC の画面に表示されるまでの時間である。

表 3-6 静止画の伝送時間

画像サイズ	1.5kB	3kB	6kB	12kB	18kB
伝送時間	13 秒	20 秒	35 秒	60 秒	95 秒

画像サイズごとの画質を表す静止画のサンプルを図 3-37 に示す。MPEG-4AVC/H.264 を用いたことで、1.5kB の高圧縮率において JPEG の 3kB と同等な画質を得ている。

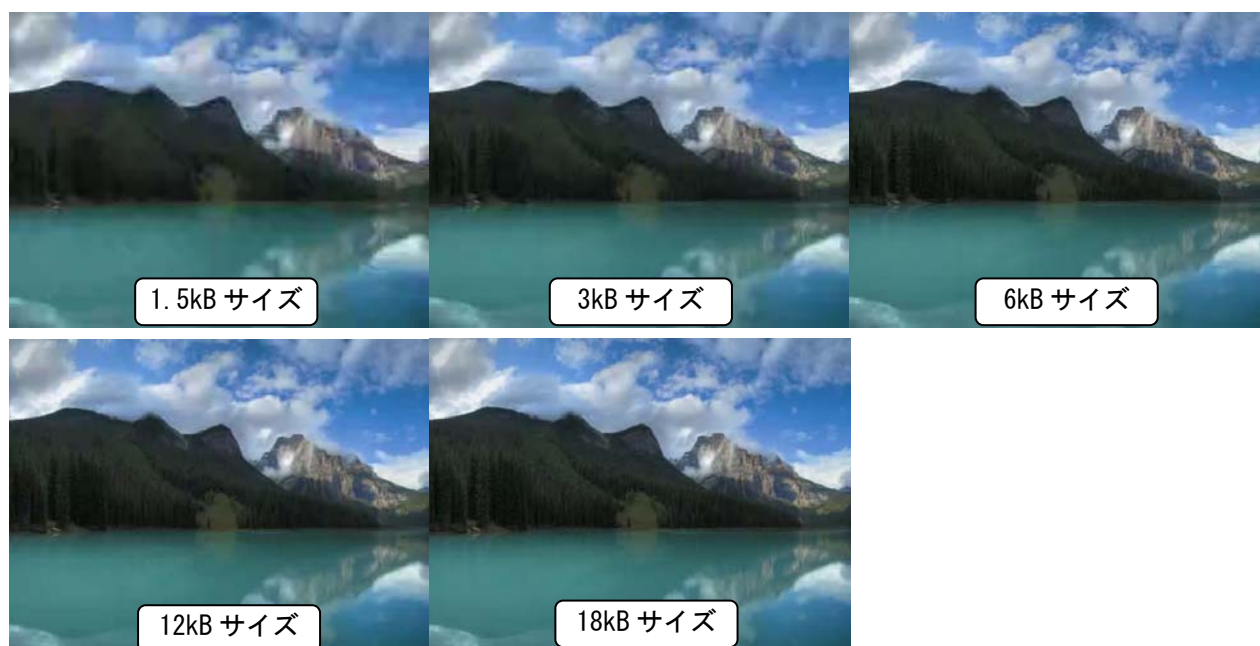


図 3-37 5種類の画像サイズに対する静止画サンプル

またNTT大野ビルにて公開試験を行いながら周期的に静止画を記録しており、その中から 1.5kB サイズと 18kB サイズの静止画のサンプルを以下に示す。1.5kB の場合は顔の判別は困難であるが全体の状況は確認でき、18kB の場合は十分に顔の判別が可能であるが伝送時間が長くなる性質を持つ。



図 3-38 実証試験時の静止画サンプル

### 第3節 考察

#### (1) デジタル波がアナログ波に及ぼす影響

図 3-14 の D/U の計算結果と、図 3-15 および図 3-18 の実験試験局による測定結果を表 3-7 に整理する。計算結果と測定結果の違いは BPF 特性の違いに依存すると考えられ、無線機の BPF の方が狭帯域な特性を有していると推察される。

表 3-7 アナログ機における所要 D/U に対するオフセット周波数

	オフセット周波数	
	計算結果	測定結果
D/U = -30dB	約 12kHz	約 11kHz
D/U = -40dB	約 13kHz	約 12kHz

アナログ波と同一周波数にデジタル波を配置した場合の同一チャネル特性は、SINAD にて感度測定を行った図 3-17 より、アナログ希望波の受信入力電圧が十分に大きければ、D/U = +3dB、すなわちアナログ希望波に対してデジタル妨害波のレベルが -3dB まで上昇しても、最低限の通話品質を確保できる結果が得られた。

実運用にてユーザは受信品質にて通話の可否を判断することを踏まえて、D/U ではなく受信品質の尺度として NQ を用いた干渉特性試験の結果を図 3-20 に示す。D/U = 0dB の場合には離調周波数に対する NQ の改善は緩やかなのに対し、D/U = -30dB の場合には NQ は急激に改善される特性となる。D/U = -30dB のためには約 11kHz のオフセットが必要であることを述べたが、妨害波のオフセットが僅かでも大きくなればユーザにとって十分な受信品質となり、干渉の発生はほとんど認識されなくなることを表している。

#### (2) アナログ波がデジタル波に及ぼす影響

図 3-14 の D/U の計算結果と、図 3-16 および図 3-19 の実験試験局による測定結果を表 3-8 に整理する。計算結果と測定結果の違いは妨害波の変調条件に関係し、最大周波数偏移を使用する計算結果の方が妨害波のスペクトルが広がる分だけオフセット周波数が大きくなる。

表 3-8 デジタル機における所要 D/U に対するオフセット周波数

	オフセット周波数	
	計算結果	測定結果
D/U = -30dB	約 11kHz	約 8kHz
D/U = -40dB	約 12.5kHz	約 9kHz

(1) 項と同様に、受信品質の尺度として BER を用いた干渉特性試験の結果を図 3-21 に示す。図 3-11 の受信感度特性に示すように、受信入力電圧の数 dB の変化で BER は 1 桁も変化するため、妨害波の離調周波数が僅かに変化しただけで BER は急激に改善される特性となる。



## (3) アナログ機とデジタル機の特性の違いによる影響

20kHz FM 無線機と 6.25kHz 4 値 FSK 無線機では、チャンネル間隔の違いにより、受信機の BPF の帯域幅が大きく異なる。20kHz FM 無線機の BPF の帯域幅は 12kHz～16kHz に対し、4 値 FSK 無線機の BPF の帯域幅は 4kHz 程度である。この帯域幅の違いにより、図 3-23 と図 3-24 に示される話中検出範囲が違ってくる。

話中検出レベルを+17dBuV(7 $\mu$ V) 以下とした場合、話中検出範囲は図 3-23 と図 3-24 より、アナログ機では $\pm 8$ kHz～ $\pm 8.5$ kHz の範囲、デジタル機では $\pm 2.5$ kHz～ $\pm 4.5$ kHz の範囲となる。アナログ機では A 社と B 社とでほぼ同じ特性が得られ、FM 受信機における受信回路構成や話中検出方法の技術がほぼ確立されているために製造者による差異が生じにくいと考えられる。デジタル機では製造者ごとにベースバンドのデジタル信号処理アルゴリズムが異なるために、試験結果に差異が生じるものと考えられる。

試験結果より、変調方式が異なった信号に対しても話中検出が可能であると判断できる。しかしながら、アナログ機とデジタル機で話中検出の範囲が異なるため、アナログ波と同じ周波数上にデジタル波を配置する場合にはお互いの信号の有無を検出できるものの、アナログ波とデジタル波の周波数間隔によっては、アナログ機とデジタル機の話中検出動作に違いが生じることが推測される。

## (4) 通信可能な距離

到達距離試験と大野市内伝搬試験にて、メリット 1 以上となる通話距離(限界)を表 3-9 に整理する。固定局→移動局と移動局→固定局との 2 つの通信方向で、通話距離の遠い方の結果を採用している。

表 3-9 通話距離(限界)

試験項目	周波数帯 変調方式	システム 1		システム 2	
		東方面	西方面	東方面	西方面
到達距離試験	150MHz アナログ	14.5km	10km	14.5km	10km
	150MHz デジタル	14.5km	10km	14.5km	11km
	400MHz デジタル	14.5km	9km	—	—
大野市内 伝搬試験	150MHz アナログ	14km	10km	13km	9km
	150MHz デジタル	14km	10km	13km	9km
	400MHz デジタル	12km	10km	—	—

- 2 つのシステムの通話距離はほぼ同等であった
- 固定局のアンテナ高の違いが、通話距離の違いとして明確に表れなかった
- 変調方式の違いが、通話距離の違いとして明確に表れなかった
- 周波数帯の違いが、通話距離の違いとして明確に表れなかった

アンテナ高や周波数帯が異なっても通話距離に差が生じない要因は、大野市の地形に大きく関係すると推測される。大野市は盆地形状で周囲は山に囲まれているため、山を越える前後で電界強度が大きく変動する。N T T大野ビルから西方面の数 km 先にはトンネルがあり、RSSI のグラフからも 4km 付近で RSSI が急激に低下している。東方面の 10 数 km 以降は山間部のつづら折り道路となっており、移動局が山陰に隠れて電波が遮断される状況で、東西両方向で地形の影響を受けるロケーションとなっていた。

しかしながらメリットのグラフにて遠方地点のメリットを比較すると、デジタル機ではほとんどがメリット 5 を得ているのに対し、アナログ機ではメリットの低下が散見される。またシステム 1 の RSSI のグラフにて電界強度を比較すると、平均的には 150MHz 帯の電界強度の方が高くなっている。

これらの結果をまとめると、弱電界での受信品質は 150MHz アナログ機よりも 150MHz デジタル機の方が良好であり、400MHz 帯と 150MHz 帯の伝搬損失の違いにより、ユーザは 150MHz デジタル機の通話距離が最も長いと感じるものと考えられる。

#### (5) 150MHz 帯を中継として使用した際の効果

400MHz 帯デジタル簡易無線の登録局は、GSM とキャリアセンスの義務付けによって中継運用に適用することができるが、登録局の周波数帯域が 180kHz 程度しかないため、上り信号と下り信号の周波数間隔を通常は数 MHz 以上離すことを踏まえると、中継局での上り信号と下り信号のアイソレーションの確保に課題が残る。アイソレーションを確保する一般的な手段は BPF を挿入して妨害波を減衰させることであるが、コスト、設置方法および挿入損失の弊害が生じる。

150MHz 帯デジタル簡易無線を中継運用に適用することにより、400MHz 帯に対して 300MHz 程度のオフセットが得られ、アイソレーションの確保は比較的容易になる。

150MHz 帯と 400MHz 帯を使用した中継運用としては、上り信号と下り信号に異なった周波数帯を割り当てる方法と、150MHz 帯を中継専用回線として中継局と移動局間は 400MHz 帯を使用する方法の 2 通りが想定される。どちらの方法でも、移動局間直接通信に比べて通信距離を伸ばすことができ、特に山間部での利用に効果を発揮すると考えられる。

#### (6) 静止画像伝送での利用

本試験で用いた静止画像伝送システムにおける機器間の接続ならびに設置は簡便なものであり、また高圧縮効率の静止画圧縮符号化方式を採用することで 4800bps の低伝送速度でも実用的な伝送時間で静止画伝送をすることができるため、固定運用ならびに移動運用の様々な場面に静止画アプリケーションを適用することができる。

想定される利用形態例を以下に示す。

##### ア 危険・災害

河川・ダム・山岳・道路の状況の監視、山間部の災害現場の監視

イ 農業

田畑の鳥獣害の監視、温室内外の監視

ウ 安心・安全

登山者の安全確保、巡回介護支援、不法投棄の防止、GPS 情報と連動した安全パトロール