

# 屋内実証試験の結果

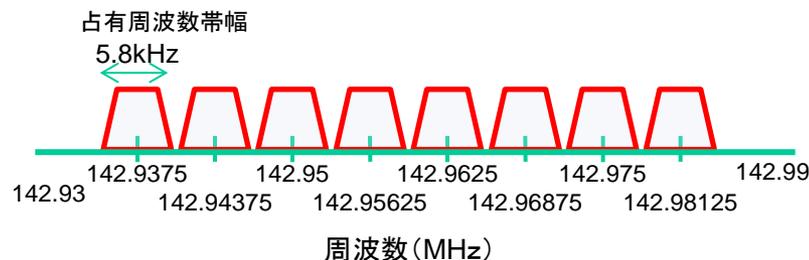
資料 3-2

	試験内容
目的	システムの性能評価、屋外試験のための装置の有線特性を把握し、登山者等位置検知システムの技術的条件の検討に資することを目的とする
概要	<p>①データ伝送品質の確認試験 登山者等位置検知システムの受信電力特性およびデータ伝送品質特性</p> <p>②同システムの共用試験 登山者等位置検知システムの同一CH利用および隣接CH利用におけるキャリアセンス機能動作特性およびデータ伝送品質特性</p> <p>③異システムの共用試験 登山者等位置検知システムと既存システムとの共用に向けた登山者等位置検知システムのキャリアセンス動作特性およびデータ伝送品質特性</p>
実施時期、実施場所	11月10日～11月14日(長野県安曇野市) 11月25日～11月28日(神奈川県横須賀市) 12月10日～12月25日(神奈川県横浜市) 01月05日～01月13日(神奈川県横浜市)

# 試験装置(登山者等検知システム)

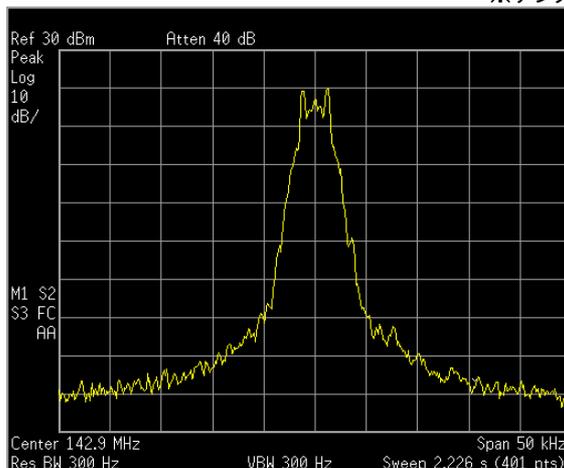
## ■登山者等検知システム

項目	諸元	単体測定結果
周波数	142.9375~142.98125MHz (6.25kHz間隔の8波)	142.9375~142.9125MHz (6.25kHz間隔の8波)
周波数偏差	$\pm 12 \times 10^{-6}$ 以内	$\pm 4.3 \times 10^{-6}$ 以内
占有周波数帯幅	5.8kHz以下	4.1kHz
送信電力	100mW	105.1mW
スプリアス電力	25 $\mu$ W以下※	1.05 $\mu$ W以下
隣接チャネル漏えい電力	-42dBc以下※	-44.8dBc以下
受信感度	-117dBm	-117dBm
通過帯域幅	5.8kHz	-
変調方式	2値GFSK方式	-
通信速度	2400bps	-
通信内容	データ	-
キャリアセンス機能	あり (-97dBm程度)	-97dBm

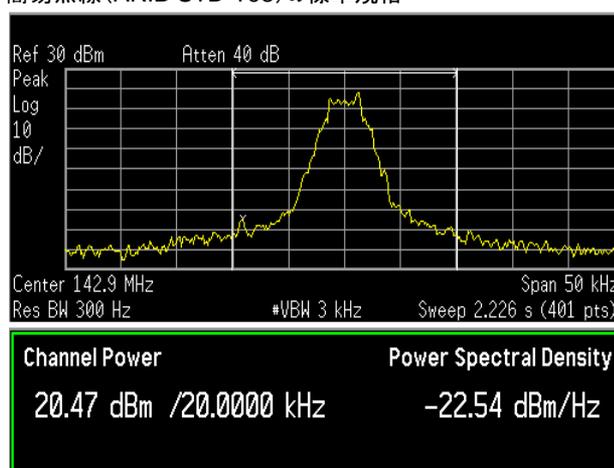


検知者端末

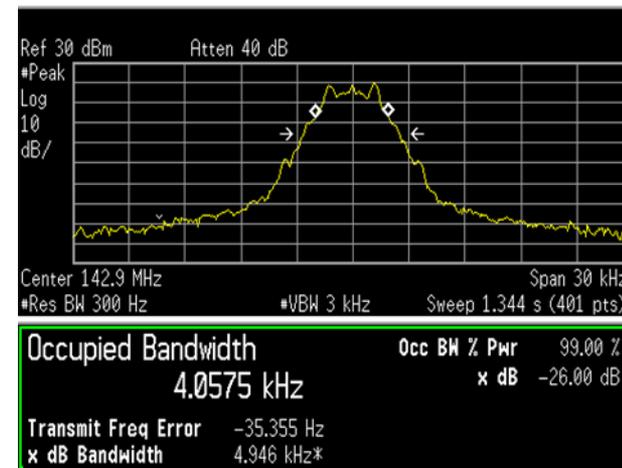
※デジタル簡易無線 (ARIB STD-T98) の標準規格



送信スペクトラム例



チャンネルパワー測定例



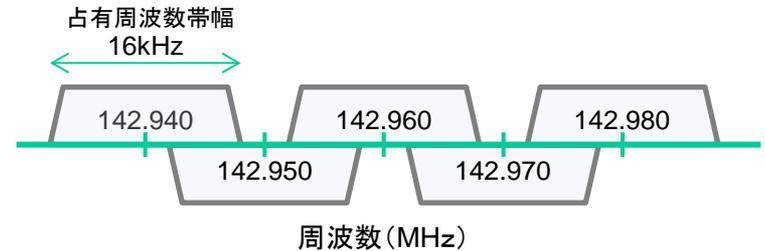
占有帯域幅測定例

# 試験装置(現行方式)

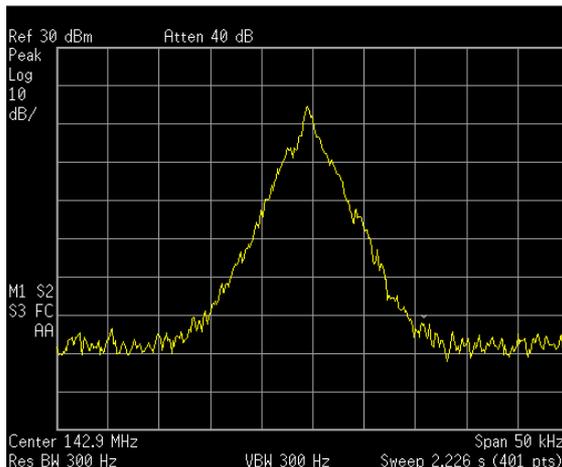
## ■現行方式(ドッグマーカ)

項目	諸元	単体測定結果
周波数	142.940~142.980MHz (10kHz間隔の5波)	142.940~142.980MHz (10kHz間隔の5波)
占有周波数帯幅	16kHz以下	7.2kHz
周波数偏差	$\pm 12 \times 10^{-6}$ 以内※	$\pm 3.9 \times 10^{-6}$ 以内
送信電力	40mW	39.5mW
スプリアス電力	-43dBc以下※	-56.7dBc
隣接チャネル漏えい電力	1 $\mu$ W以下※	0.28 $\mu$ W
変調方式	F3E	-
通信内容	音声	-
キャリアセンス機能	あり (-97dBm程度)	-97dBm

※動物検知通報システム(ARIB STD-T99)の標準規格

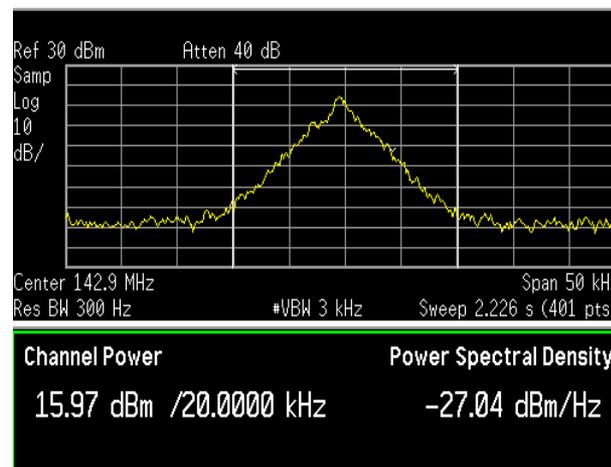


試験機(ドッグマーカ)

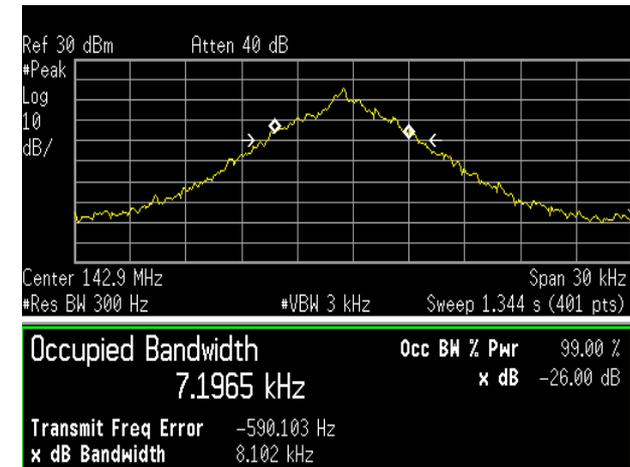


送信スペクトラム例

(音声:ホワイトノイズ※入力時)



チャンネルパワー測定例



占有帯域幅測定例

※ホワイトノイズ(白色雑音):あらゆる可聴覚周波数帯域の周波数成分が含まれており、全ての周波数で同じ強度であるノイズ

# ①データ伝送品質の確認試験

## 概要

・狭帯域化した登山者等位置検知システムを用いて、システム性能の把握および屋外試験に向けた基本データの取得

## ■試験機器構成



## ■測定手順

- ① 検知者端末及び登山者端末の利用CHを同一に設定
- ② Step ATTを変化させて、検知者端末の受信電界強度 (RSSI) とデータ伝送品質 (PER) を測定

## ■測定結果

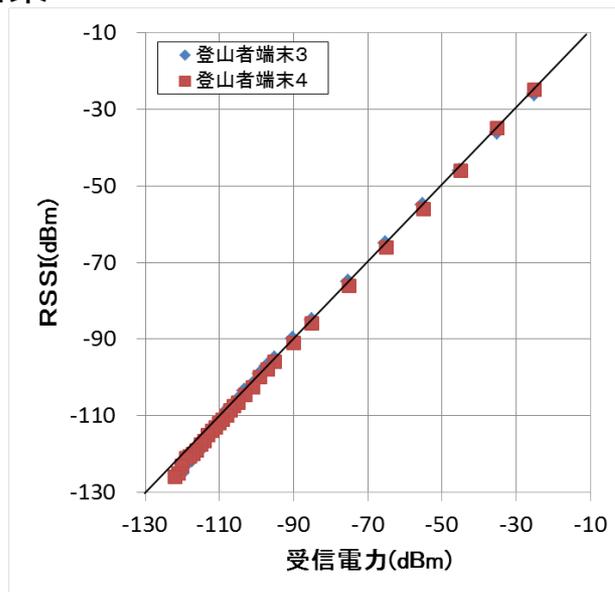


図1-1 RSSI-受信電力特性

- RSSI-受信電力特性は、登山者端末に依存せずほぼ直線性を確保



上記測定データをもとにRSSI値から受信電力へ変換するための6次近似式を作成し、屋外試験の較正カーブとして適用

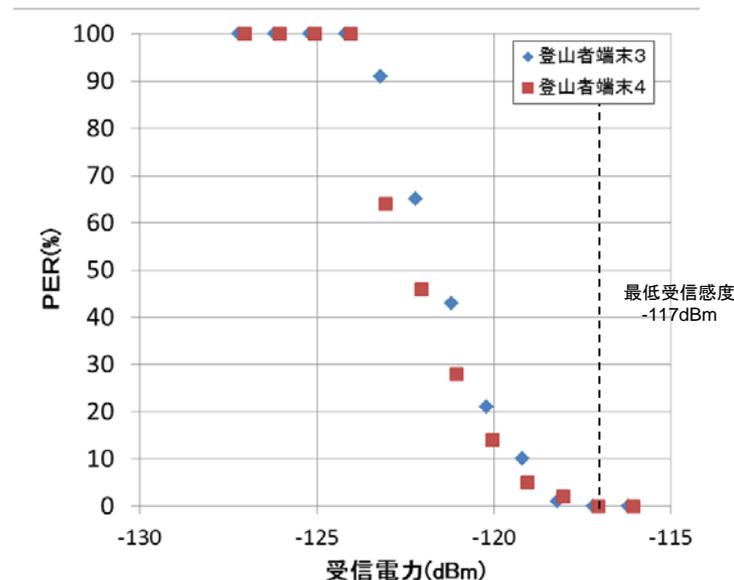


図1-2 受信電力-PER特性

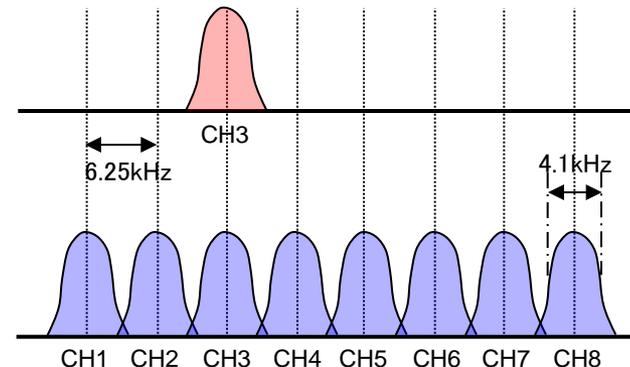
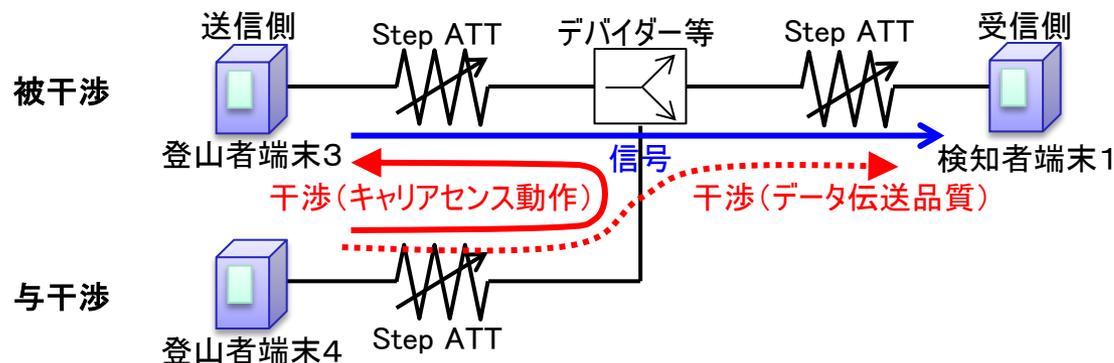
- 受信電力-PER特性は、登山者端末に依存せず受信電力-117dBm未満でエラーが発生
- 受信電力-124dBmでPER100%
- 装置諸元の受信感度-117dBmに一致

# ②同システムの共用試験

## 概要

・登山者等位置検知システムの同一CH利用および隣接CH利用におけるキャリアセンス動作特性およびデータ伝送品質特性

## ■試験機器構成



## ■測定手順(キャリアセンス動作)

- ① 与干渉と被干渉の利用CHを同じ3CHに設定(中心周波数を合わせる)
- ② 被干渉の検知者端末1の入力レベルを良好な通信ができるようにATTを調整(受信電力-86dBmに設定)
- ③ 与干渉の登山者端末4をPN9の変調信号を連続送信し、登山者端末3へ干渉
- ④ 与干渉のStep ATTを変化させて検知者端末3のキャリアセンスの動作を確認
- ⑤ 与干渉の利用CHをずらし、④を実施

## ■測定手順(データ伝送品質)

- ① 与干渉と被干渉の利用CHを同じ3CHに設定(中心周波数を合わせる)
- ② 被干渉の検知者端末1の入力レベルを良好な通信ができるようにATTを調整(受信電力-86dBmに設定)
- ③ 与干渉の登山者端末4をPN9の変調信号を連続送信し、検知者端末1へ干渉
- ④ 与干渉のStep ATTを変化させて検知者端末1のデータ伝送品質(PER)を測定
- ⑤ 与干渉の利用CHをずらし、④を実施

# ②キャリアセンス動作特性

## ■測定結果

- 測定結果からキャリアセンスが動作するときの干渉波受信電力を離調周波数毎にプロット(図2-1)
- 同一CH干渉特性は、装置諸元のキャリアセンスレベル-97dBmに対して**動作レベル-97dBm**  
隣接CH干渉特性は、左右どちらの隣接CHでも動作レベル-49dBm
- 次隣接CH以上ではいずれも動作レベル-21dBm
- 同一システムにおけるCH干渉特性は、送信スペクトラムの波形とほぼ一致



キャリアセンス動作レベルの測定結果をもとに同一システムにおける干渉時の離隔距離を算出する。(表2-1)  
離隔距離の計算に用いる伝搬計算式は平面大地における2波干渉モデルとした。(資料3-3 屋外実証試験の結果 参照)

### <算出条件>

- 周波数: 142.95MHz
- 送信出力: 100mW
- 送受信アンテナ利得: 1.8dBi
- 送受信アンテナ高: 1.5m

表2-1 被干渉CH3に対する各CHにおける干渉波電力と離隔距離

	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8
離隔周波数(kHz)	-12.5	-6.25	0	6.25	12.5	18.75	25.0	31.25
干渉波電力測定値(dBm)	-22.3	-49.3	-97.3	-49.3	-22.3	-22.3	-21.3	-21.3
離隔距離計算値(m)	21	99	1,579	99	21	21	20	20

同一CHにおけるキャリアセンスは、**離隔距離1,579m**で動作する可能性がある。  
同様に隣接CH、次隣接CHの離隔距離は、それぞれ**99m**、**21m**であり、隣接CHにおける干渉の影響は同一CHに比べ十分小さい。

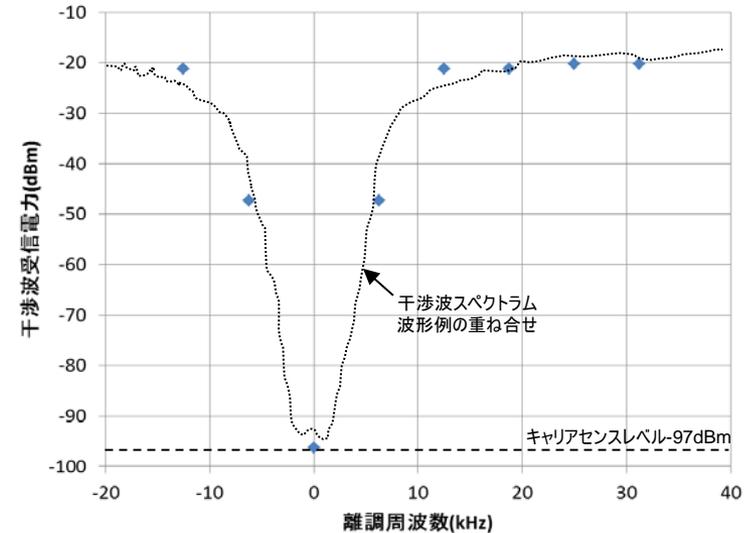


図2-1 離調周波数—干渉波受信電力特性

# ②データ品質特性

## ■測定結果

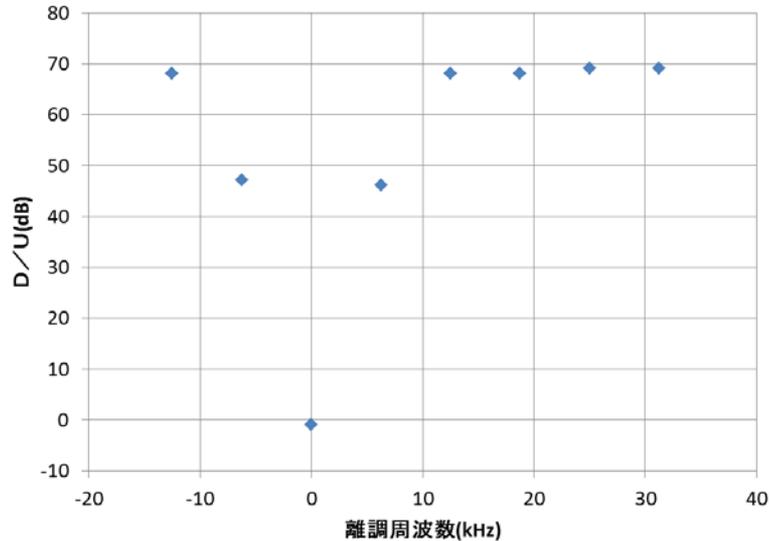


図2-2 離調周波数－D/U特性

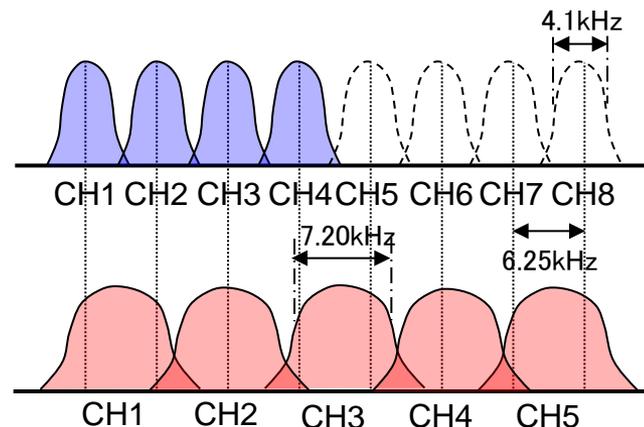
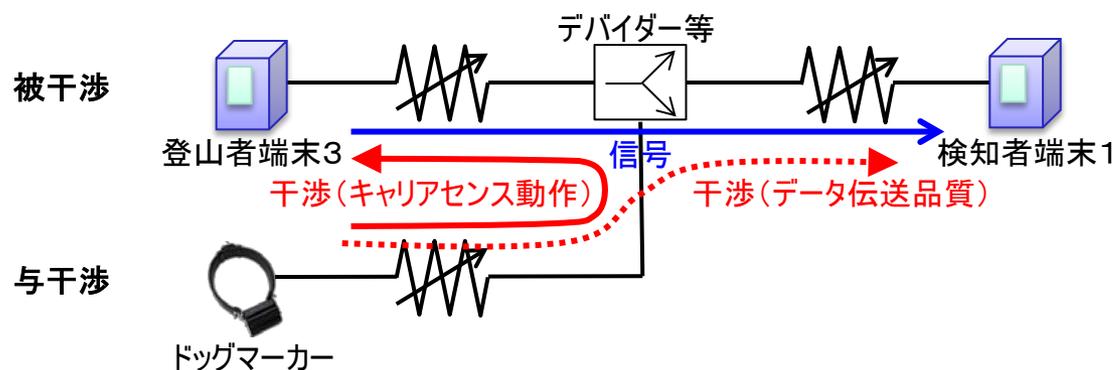
- 測定結果から希望波とPERが発生するときの干渉波とのレベル差D/Uを離調周波数毎にプロット(図2-2)
- 同一CHにおいては、希望波信号-86dBmとした場合に、希望波とPERが発生する干渉波とのレベル差D/U(Desired/Undesired)は-2dB
- 同様に隣接CHにおいては、左右どちらの隣接CHでもD/U46dB
- 次隣接CH以上においては、いずれもD/U68dB

# ③ 異システムの共用試験

## 概要

・登山者等位置検知システムと既存システムとの共用に向けた登山者等位置検知システムのキャリアセンス動作特性およびデータ伝送品質特性

## ■ 試験機器構成



## ■ 測定手順(キャリアセンス動作)

- ① 与干渉の利用CHと被干渉の利用CHを設定
- ② 被干渉の検知者端末1の入力レベルを良好な通信ができるようにATTを調整(受信電力-86dBmに設定)
- ③ 与干渉のドッグマーカーにホワイトノイズを入力し、連続送信させ、登山者端末3へ干渉
- ④ 与干渉のStep ATTを変化させて登山者端末3のキャリアセンスの動作を確認
- ⑤ 与干渉の利用CHをずらし、④を実施

## ■ 測定手順(データ伝送品質)

- ① 与干渉と被干渉の利用CHを同じ3CHに設定(中心周波数を合わせる)
- ② 被干渉の検知者端末1の入力レベルを良好な通信ができるようにATTを調整(受信電力-86dBmに設定)
- ③ 与干渉のドッグマーカーにホワイトノイズを入力し、連続送信させ、検知者端末1へ干渉
- ④ 与干渉のStep ATTを変化させて検知者端末1のデータ伝送品質(PER)を測定
- ⑤ 与干渉の利用CHをずらし、④を実施

# ③ キャリアセンス動作特性(1/3)

## ■ 測定結果

- 測定結果からキャリアセンスが動作するときの干渉波受信電力を離調周波数毎にプロット(図3-1)
- 同一中心周波数である被干渉CH3と与干渉CH2では、装置仕様のキャリアセンスレベル-97dBmに一致(離隔周波数0kHz)
- 離隔周波数が大きくなるに従い干渉波受信電力も上がり、離隔周波数15kHz以上で-38dBmとほぼ一定値
- ドッグマーカ-とのCH干渉特性は、干渉波スペクトラムの数値とほぼ一致

## ■ 測定値と計算値との比較

- キャリアセンスレベルの計算値は、ドッグマーカ-の送信波形と帯域幅等から帯域内電力を算出(表3-1)
- キャリアセンスレベルの計算値と測定値(表3-2)を比較し、若干のばらつきがあるもののほぼ一致



帯域幅の異なるキャリアセンスレベルの検討においても、帯域計算による検討が可能

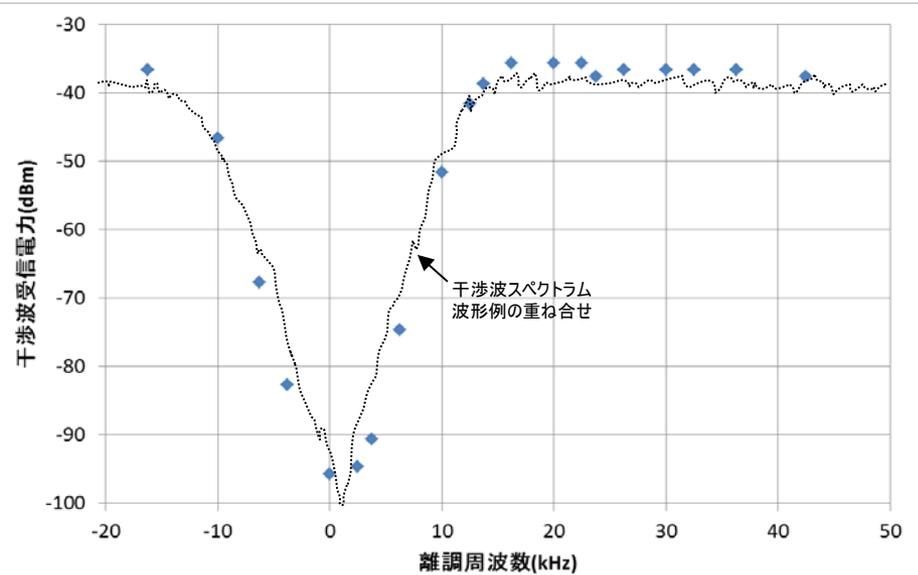


図3-1 離隔周波数—干渉波受信電力特性

表3-1 キャリアセンスレベル計算値

		与干渉(ドッグマーカ-)				
		CH1	CH2	CH3	CH4	CH5
被干渉 (登山者等位置)	検知システム CH1	-96.4	—	—	—	—
	CH2	-88.0	-76.3	—	—	—
	CH3	-54.7	-97.0	-59.0	—	—
	CH4	—	-71.8	-93.0	—	—

表3-2 キャリアセンスレベル測定値

		与干渉(ドッグマーカ-)				
		CH1	CH2	CH3	CH4	CH5
被干渉 (登山者等位置)	検知システム CH1	-95.7	-43.7	-37.7	-38.7	-38.7
	CH2	-84.7	-76.7	-37.7	-38.7	-38.7
	CH3	-48.7	-97.7	-53.7	-38.7	-38.7
	CH4	-38.7	-68.7	-92.7	-41.7	-39.7

# ③キャリアセンス動作特性(2/3)

## ■登山者等位置検知システム(5.8kHz)と現行システム(16kHz)との離隔距離

前述の測定結果をもとに帯域内電力を換算し、同システムにおける干渉時の離隔距離を算出する。  
離隔距離の計算に用いる伝搬計算式は平面大地における2波干渉モデルとした。  
算出条件は以下の通りである。

### <登山者等位置検知システム>

- 周波数帯域幅: 5.8kHz
- キャリアセンス動作レベル: -97dBm
- 受信アンテナ利得: 2.14dBi
- 受信アンテナ高: 1.5m

### <現行システム>

- 周波数帯域幅: 16kHz
- 送信出力: 1W
- 送信アンテナ利得: 2.14dBi
- 送信アンテナ高: 0.5m

表3-3 キャリアセンスが動作する現行システムの受信電力計算値

		与干渉(現行システム)				
		CH1	CH2	CH3	CH4	CH5
被干渉システム)	CH1	-92.6	—	—	—	—
	CH2	-92.6	-91.6	—	—	—
	CH3	-84.5	-92.6	-84.5	—	—
	CH4	—	-91.6	-92.6	—	—
	CH5	—	—	-92.6	-90.3	—
	CH6	—	—	-88.3	-92.6	—
	CH7	—	—	—	-92.6	-92.6
	CH8	—	—	—	—	-92.6

単位: dBm

表3-4 キャリアセンスが動作する離隔距離

		与干渉(現行システム)				
		CH1	CH2	CH3	CH4	CH5
被干渉システム)	CH1	1,286	—	—	—	—
	CH2	1,286	1,210	—	—	—
	CH3	803	1,286	803	—	—
	CH4	—	1,210	1,286	—	—
	CH5	—	—	1,286	1,122	—
	CH6	—	—	1,001	1,286	—
	CH7	—	—	—	1,286	1,286
	CH8	—	—	—	—	1,286

単位: m

## ■登山者等位置検知システム(8.5kHz)と現行システム(16kHz)との離隔距離

登山者検知システム8.5kHzと現行システム16kHzとの離隔距離を算出する。帯域幅以外の条件は上記帯域幅5.8kHzと同じとする。  
同一CH、隣接CHの受信電力計算値はそれぞれ-94.2dBm、-88.5dBmとなり、離隔距離に換算すると、それぞれ1,409m、1,016mとなる。

# ③キャリアセンス動作特性(3/3)

## ■各システムにおけるキャリアセンスが動作する最大離隔距離

測定結果、計算結果をもとに周波数配列および帯域幅が異なるシステムにおける干渉時の最大離隔距離を表3-5に示す。  
離隔距離計算に使用する伝搬計算式は平面大地における2波干渉モデルとした。  
以下に算出条件を示す。

### <登山者等位置検知システム(5.8kHz)>

- 周波数帯域幅: 5.8kHz
- 送信出力: 1W
- 送受信アンテナ利得: 2.14dBi
- 送受信アンテナ高: 1.5m
- キャリアセンス動作レベル: -97dBm
- 使用CH: 3 (中心周波数142.95MHz)

### <登山者等位置検知システム(8.5kHz)>

- 周波数帯域幅: 8.5kHz
- 送信出力: 1W
- 送受信アンテナ利得: 2.14dBi
- 送受信アンテナ高: 1.5m
- キャリアセンス動作レベル: -97dBm
- 使用CH: 3 (中心周波数142.95MHz)

### <現行システム>

- 周波数帯域幅: 16kHz
- 送信出力: 1W
- 送受信アンテナ利得: 2.14dBi
- 送受信アンテナ高: 0.5m
- キャリアセンス動作レベル: -97dBm
- 使用CH: 2 (中心周波数142.95MHz)

表3-5 各システムにおけるキャリアセンスが動作する最大離隔距離

		与干渉		
		登山者等位置検知システム(5.8kHz)	登山者等位置検知システム(8.5kHz)	現行システム(16kHz)
被干渉	登山者等位置検知システム(5.8kHz)	2,857	2,608	1,286
	登山者等位置検知システム(8.5kHz)	2,857	2,857	1,409
	現行システム(16kHz)	1,653	1,653	956

単位: m

各システムの最大離隔距離が算出された。



これらの離隔距離をもとに時間軸上の有効利用の検討を行うことで、干渉回避の検討が可能

# ③データ品質特性(2/2)

## ■測定結果

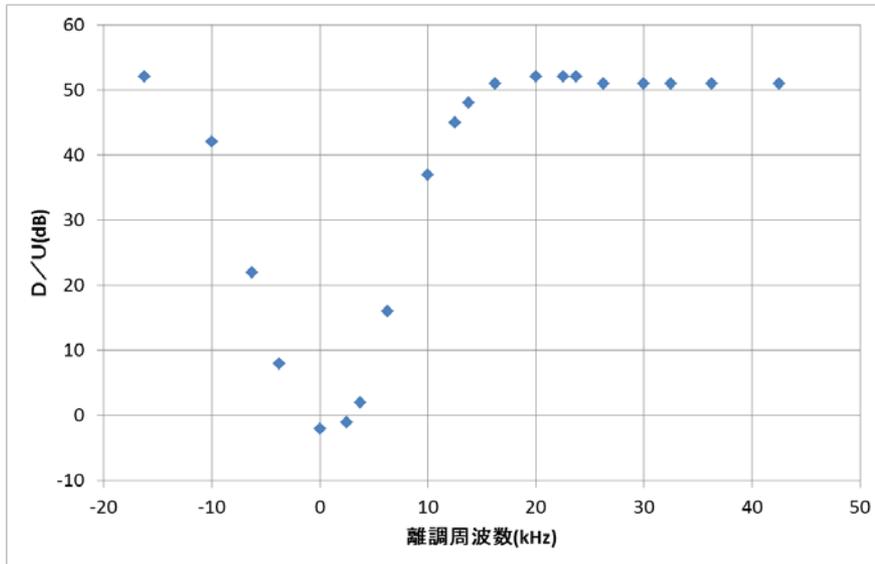


図3-2 各離調周波数におけるSIR特性

- 測定結果から希望波とPERが発生するときの干渉波とのレベル差D/Uを離調周波数毎にプロット(図3-2)
- 離調周波数0kHzにおいては、希望波信号-86dBmとした場合に、希望波とPERが発生する干渉波とのレベル差D/Uは-2dB
- 離調周波数が離れるに従い、D/Uが徐々に大きくなり、離調周波数15kHz以上においては、D/U50dB以上

# まとめ

## ■ データ伝送システムの確認試験

- 今回用意した試験装置のRSSI-受信電力特性、受信電力-PER特性を取得し、屋外実証試験の基礎データとした。
- PERが発生する受信電力が-117dBm以下であり、装置諸元の受信感度-117dBmに一致した。

## ■ 同システムの共用試験

- 今回用意した試験装置において、キャリアセンス動作特性およびデータ品質特性を確認した。
- 本試験装置におけるキャリアセンスレベルは、同一CH、隣接CH、次隣接CHでそれぞれ-97dBm、-49dBm、-21dBmとなり、送信出力100mWの平面大地における2波干渉モデルを用いた計算による離隔距離は、それぞれ1,579m、99m、21mとなった。

## ■ 異システムの共用試験

- 今回用意した試験装置(登山者等位置検知システム<5.8kHz帯域>、現行システム)において、キャリアセンス動作特性およびデータ品質特性を確認した。
- キャリアセンスレベルは、離隔周波数0kHz時に-97dBmとなり、装置仕様に合致した。また、離隔周波数が離れるに従って干渉波受信電力も上がり、離隔周波数15kHz以上で-38dBmとほぼ一定となった。
- 送信波形と帯域幅等から帯域内の電力を計算し、試験装置の試験結果を比較し、計算値と測定値がほぼ一致した。
- 試験装置で測定できないシステムの組合せについては、机上計算を行い、送信出力1Wにおける各システムのキャリアセンスが動作する最大離隔距離を算出した。それによると、登山者等位置検知システム同士では、最大離隔距離2,857m、現行システムと登山者等位置検知システムでは、最大離隔距離1,653mとなった。

# 【参考】同システムの共用試験(1/2)

## ■ 干渉時スペクトラム例

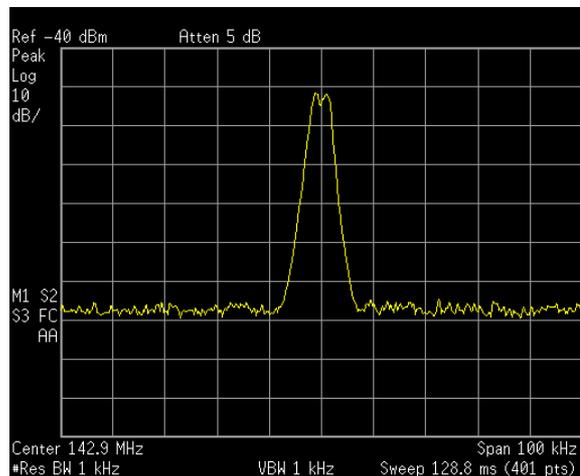


図1 干渉時スペクトラム例  
(被干渉CH3、与干渉CH3)

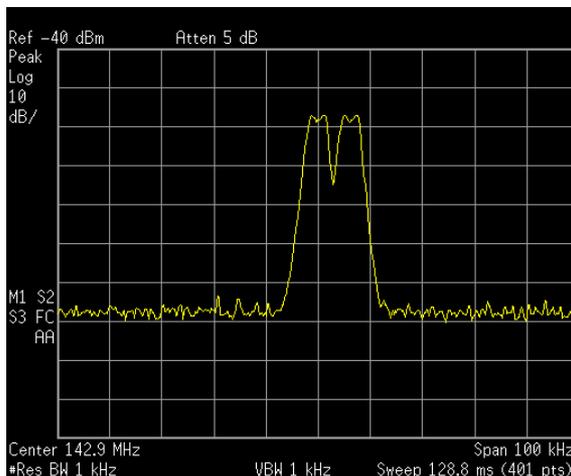


図2 干渉時スペクトラム例  
(被干渉CH3、与干渉CH4)

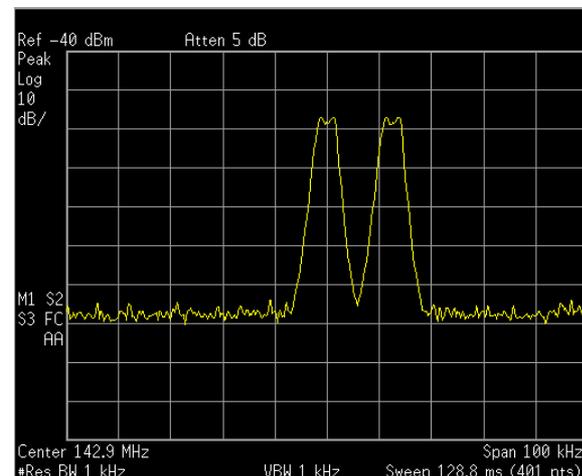


図3 干渉時スペクトラム例  
(被干渉CH3、与干渉CH5)

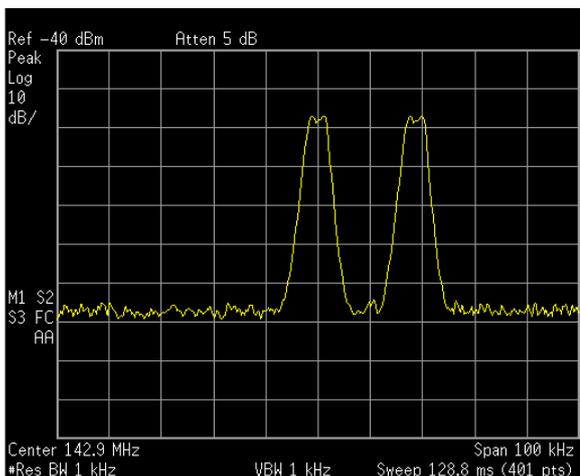


図4 干渉時スペクトラム例  
(被干渉CH3、与干渉CH6)

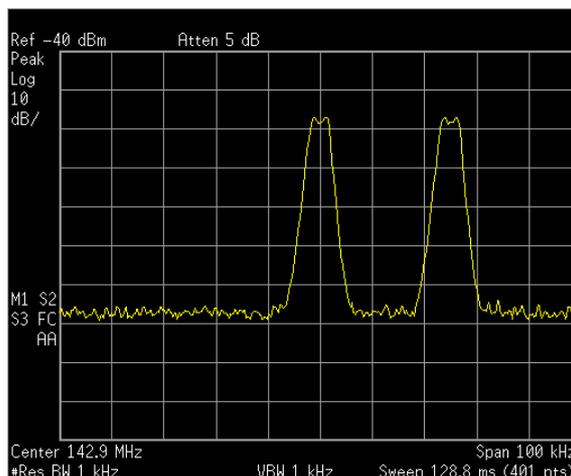


図5 干渉時スペクトラム例  
(被干渉CH3、与干渉CH7)

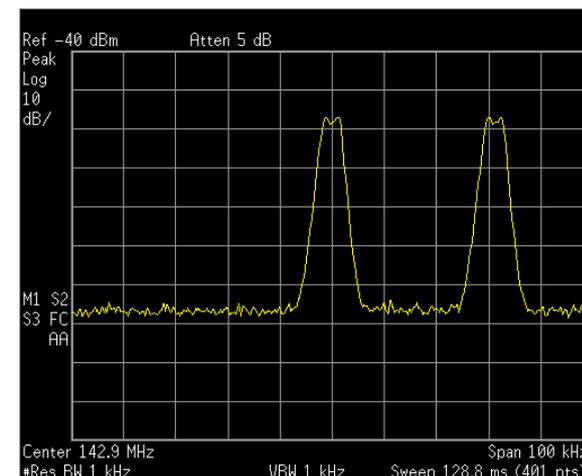


図6 干渉時スペクトラム例  
(被干渉CH3、与干渉CH8)

# 【参考】同システムの共用試験(2/2)

## ■ キャリアセンス動作特性測定結果

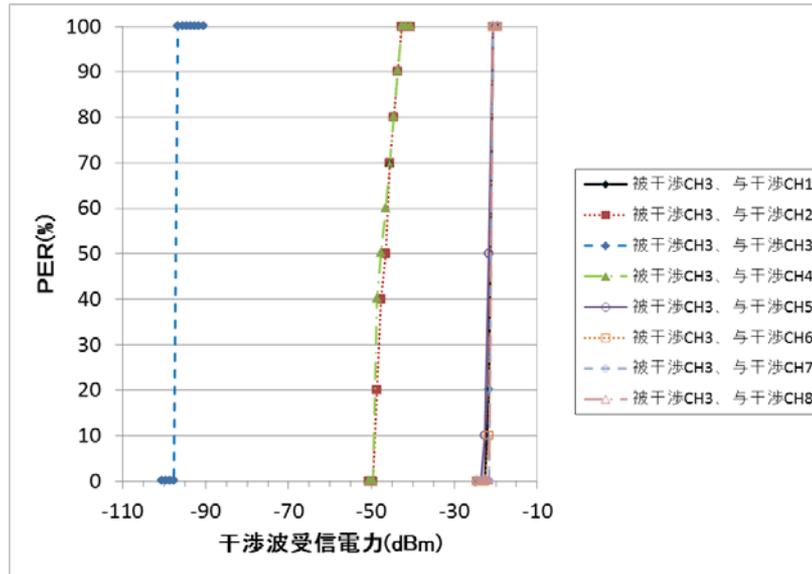


図7 干渉波受信電力－PER特性  
(被干渉CH3、与干渉CH1～8)

## ■ データ品質特性測定結果

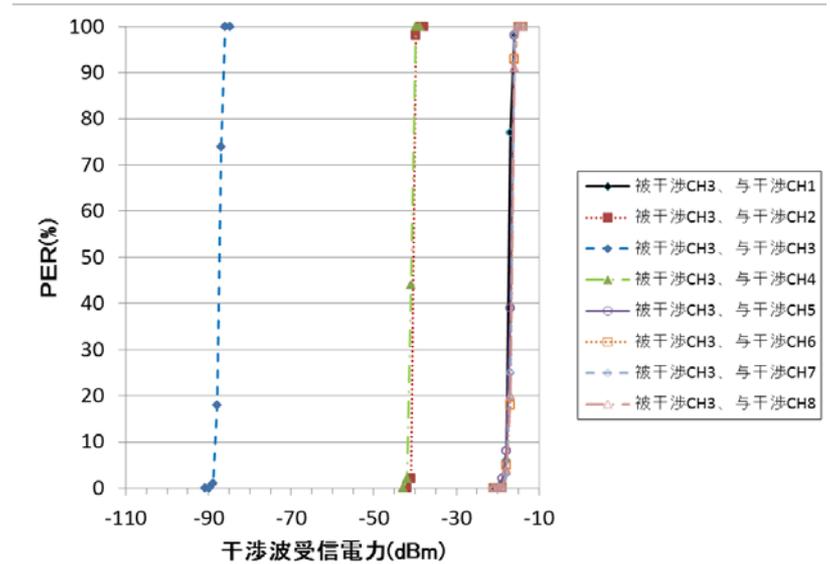


図8 干渉波受信電力－PER特性  
(被干渉CH3、与干渉CH1～8)

# 【参考】異システムの共用試験(1/3)

## ■ 干渉時スペクトラム例

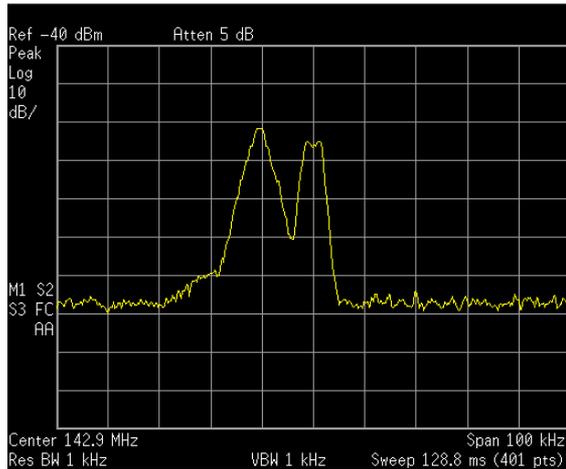


図9 干渉時スペクトラム例  
(被干渉CH3、与干渉CH1)

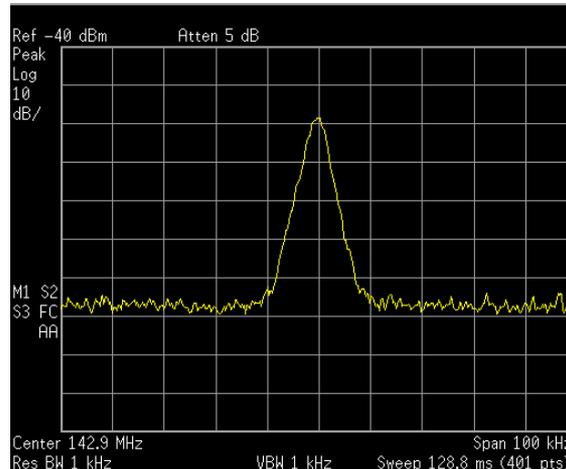


図10 干渉時スペクトラム例  
(被干渉CH3、与干渉CH2)

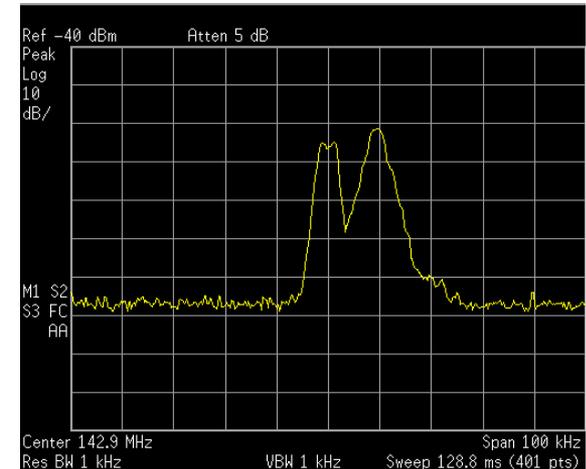


図11 干渉時スペクトラム例  
(被干渉CH3、与干渉CH3)

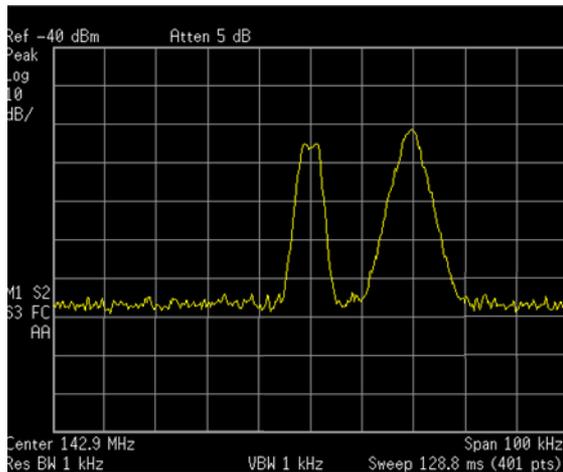


図12 干渉時スペクトラム例  
(被干渉CH3、与干渉CH4)

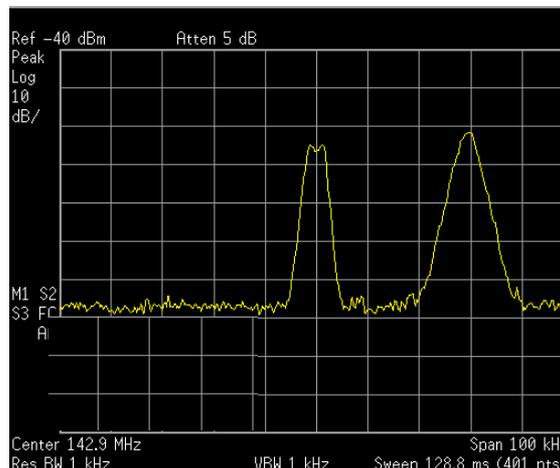


図13 干渉時スペクトラム例  
(被干渉CH3、与干渉CH5)

# 【参考】異システムの共用試験(2/3)

## ■ キャリアセンス動作特性測定結果

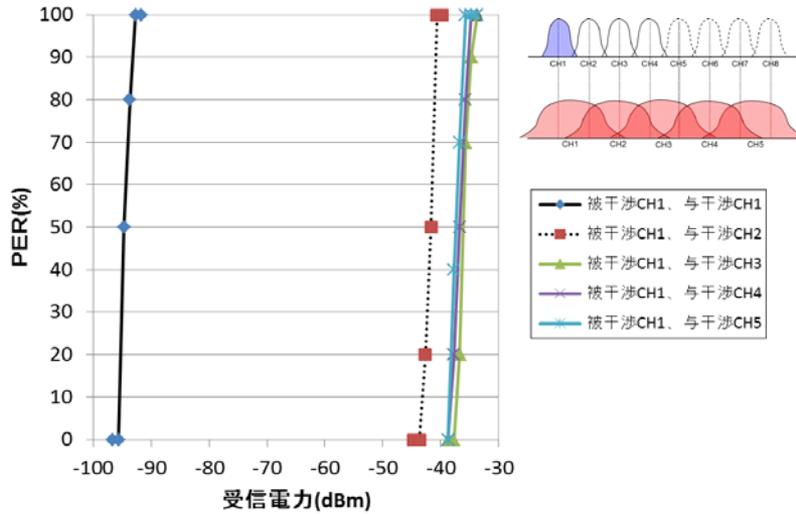


図14 受信電力-PER特性(被干渉CH1)

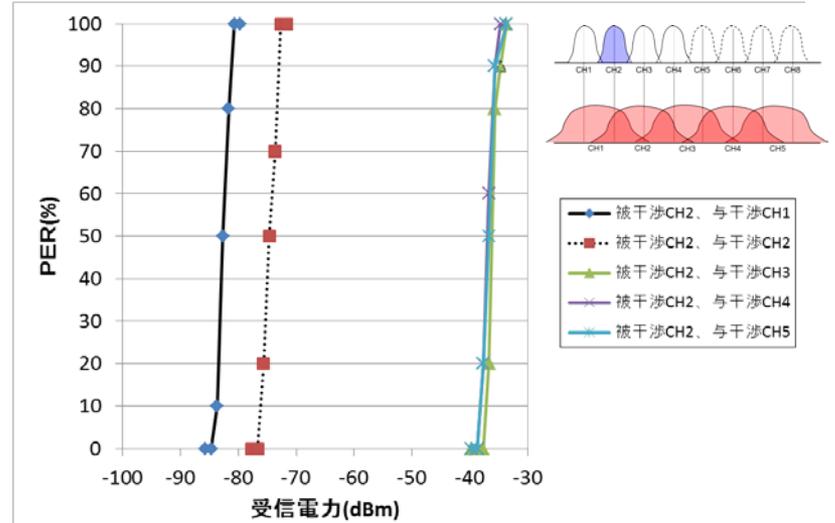


図15 受信電力-PER特性(被干渉CH2)

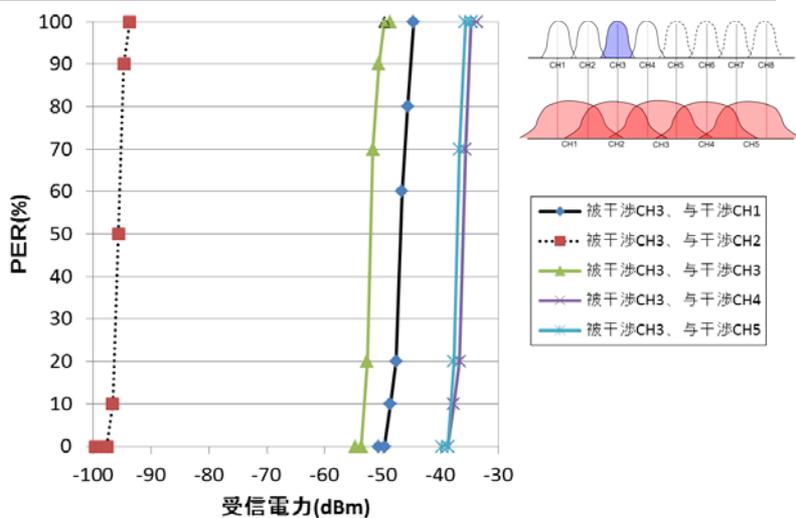


図16 受信電力-PER特性(被干渉CH3)

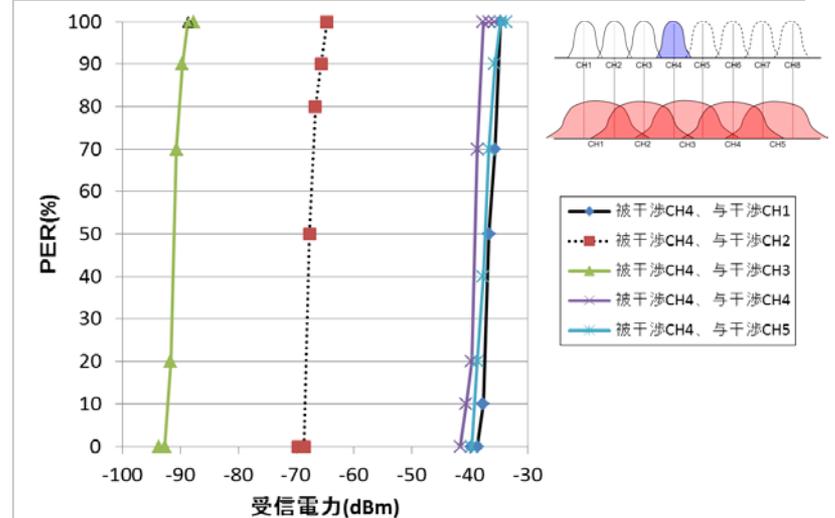


図17 受信電力-PER特性(被干渉CH4)

# 【参考】異システムの共用試験(3/3)

## ■データ品質特性測定結果

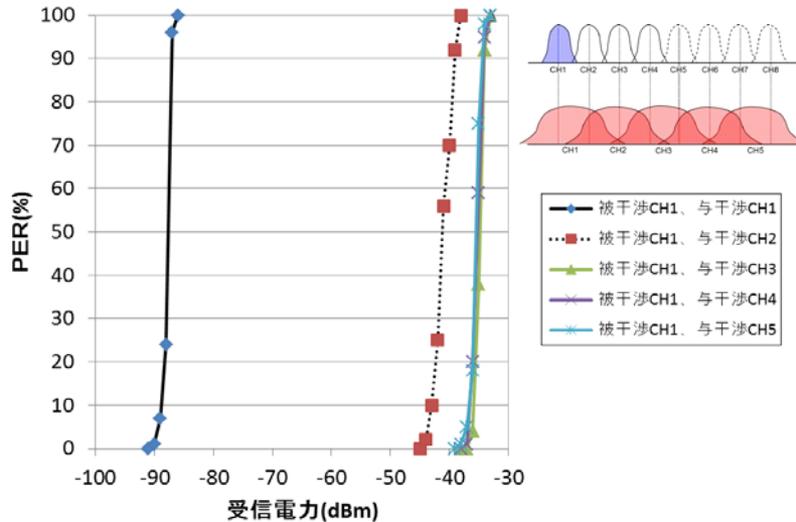


図18 受信電力-PER特性(被干渉CH1)

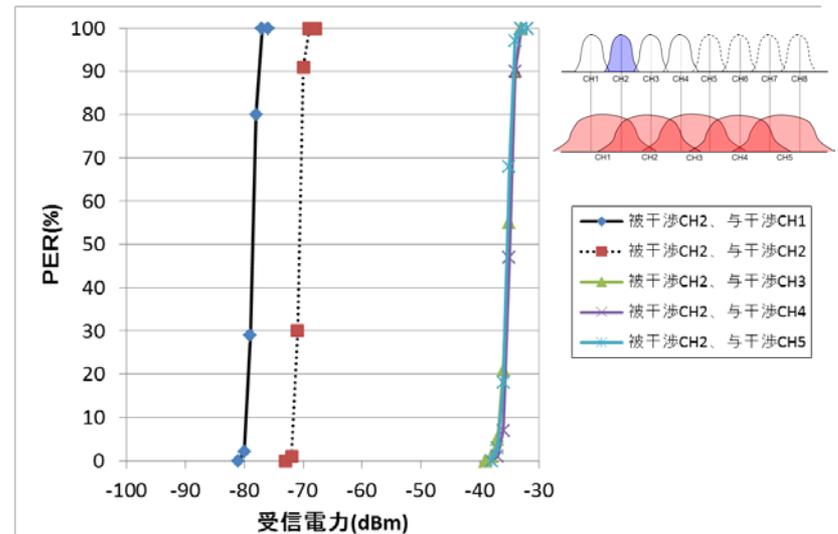


図19 受信電力-PER特性(被干渉CH2)

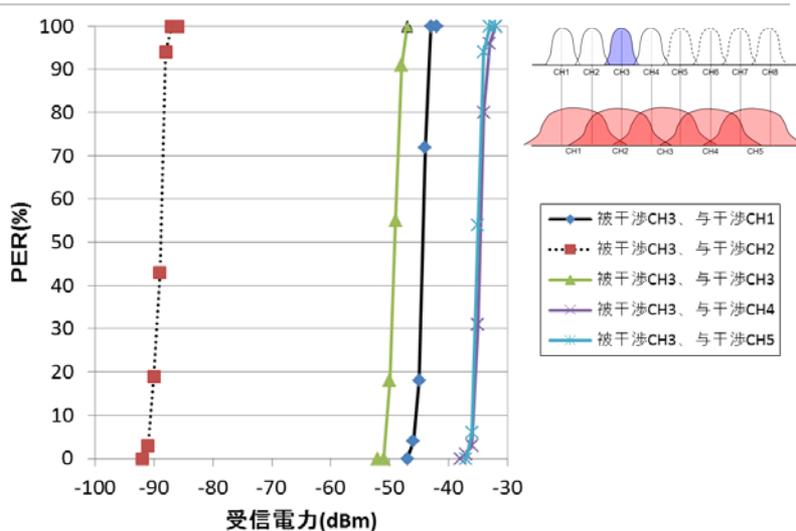


図20 受信電力-PER特性(被干渉CH3)

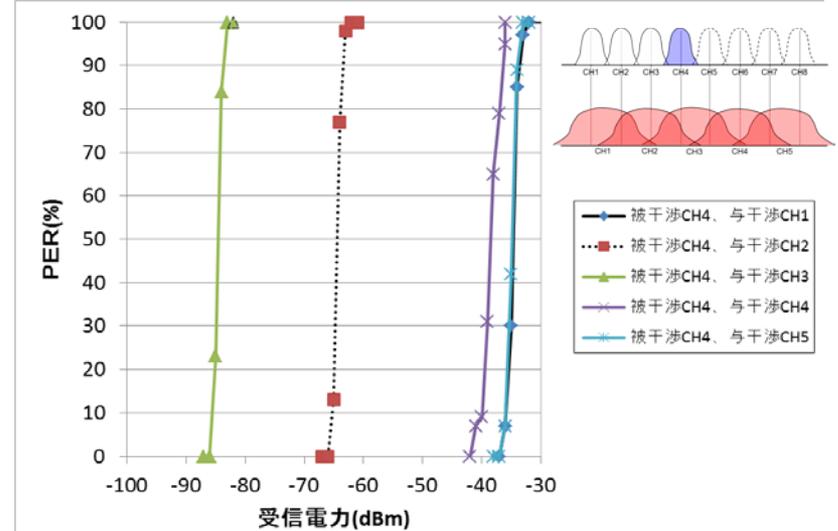


図21 受信電力-PER特性(被干渉CH4)