

平成28年度 第16回電子航法研究所発表会

ILSローカライザと 隣接帯域の新放送システム との共用条件の検討



Electronic Navigation
Research Institute

航法システム領域

※福島荘之介, 齊藤真二

内容

1. 研究の背景

- ILSローカライザと新放送システム

2. 周波数共用条件の検討

- 保護比による共用検討手順

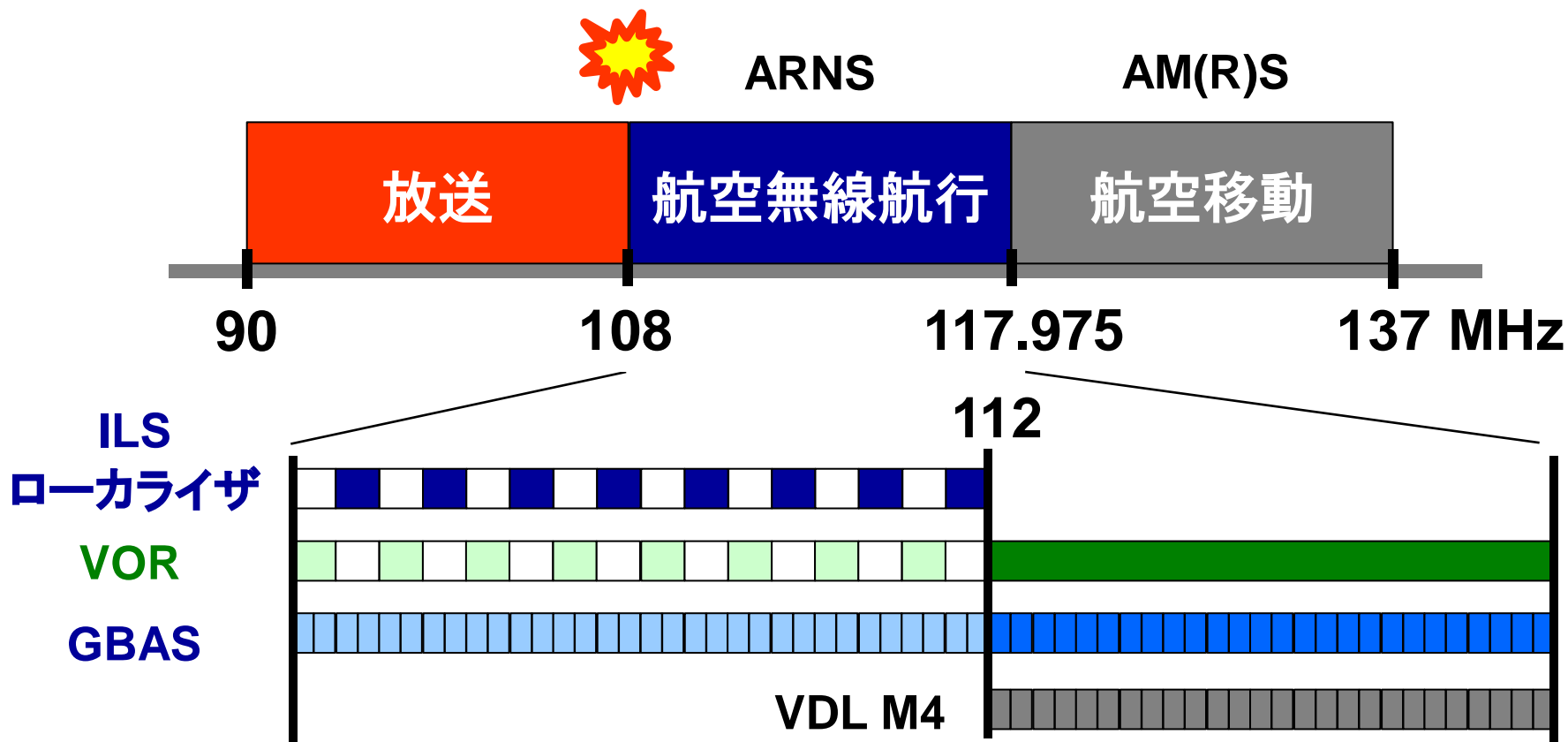
3. 保護比の計測方法と結果

- 信号発生器・放送設備とILS受信機の利用

4. まとめ

1. 研究の背景

航空バンドと隣接バンドの周波数割り当て (ITU-R*)

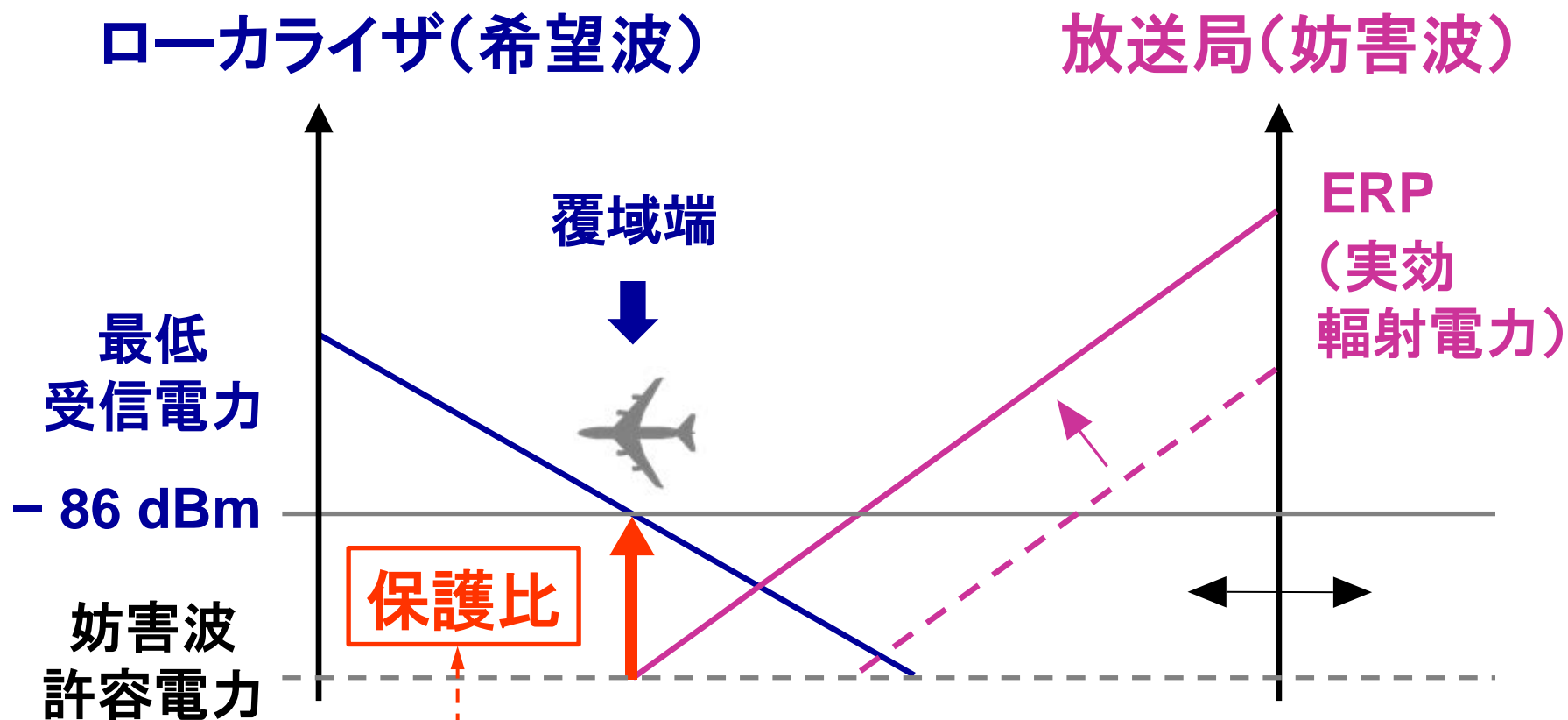


*: ITU-R 国際電気通信連合, 無線通信部門

1. 研究の背景

- アナログ地上テレビ放送(1~3ch)の終了に伴う空き周波数の有効活用
 - 告示(基幹放送周波数使用計画)の変更(2013年)
- V-Low帯のマルチメディア放送(地方ブロック向け)
⇒周波数共用検討の開始
- ILSローカライザ・VORとの共用検討手法は、**FM音声放送のみ国際標準(ITU-R勧告)が存在**
- デジタル音声放送方式(ISDB-T_{SB})であるため、占有周波数帯幅や変調方式が異なる
 - ⇒新しい共用条件が必要

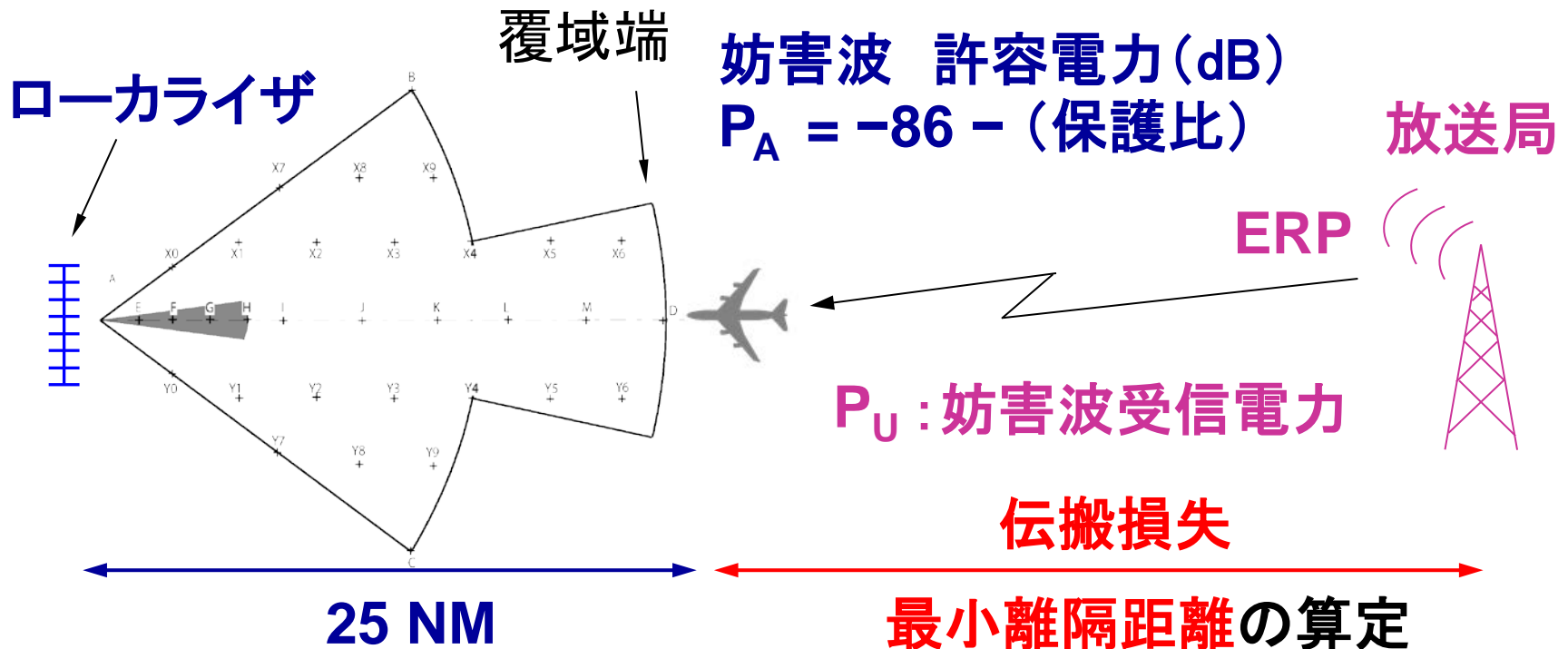
2. 周波数共用条件の検討



干渉に耐えるための条件
(周波数差, 妨害波スペクトル, 受信機選択度などに依存)

2. 最小離隔距離の算定

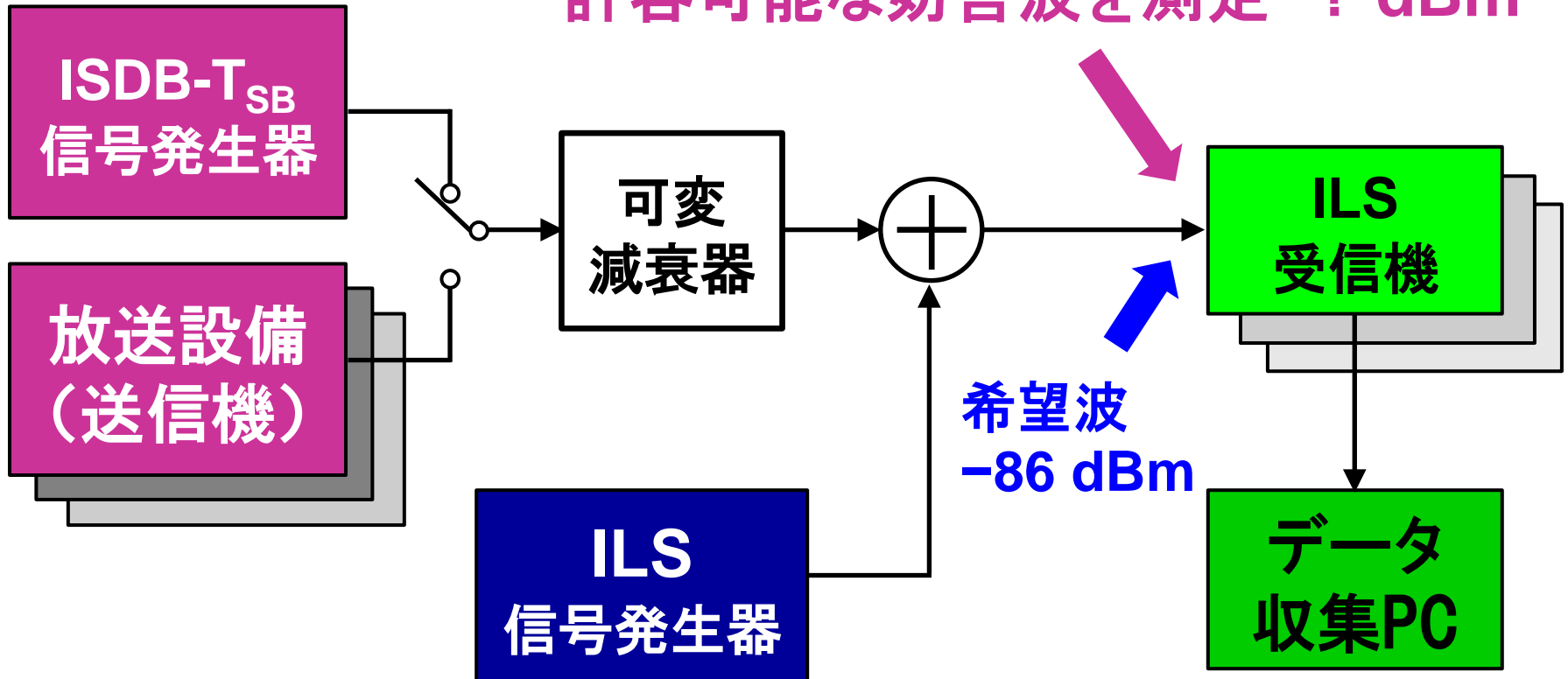
ITU-R SM.1009-1: 音声放送と航空業務の共用性



$P_A > P_U$ となり, 妨害の影響が許容できる場合の伝搬損失:
伝搬損失 (dB) > ERP (dBm) + 86 (dBm) + 保護比 (dB)

3. 保護比計測: ブロック図

許容可能な妨害波を測定 ? dBm



ITU-R SM.1140: 音声放送と航空業務の共用検討に関する試験手順

3. 保護比計測：手順

ILS受信機：妨害波の許容基準 ITU-R SM.1140

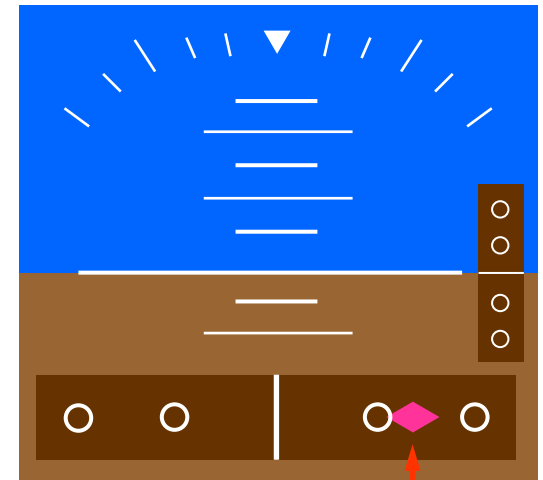
- ILS信号発生器から**90μA(0.093 DDM)**信号を入力(受信器入力:-86 dBm)
- 妨害波を入力しない状態で, DDM値の**2σ**を計測
- 妨害波をILS受信機に入力し, 可変減衰器を調整して **2σ'** を測定

$$2\sigma' < 2\sigma + 4.5\mu A \quad \leftarrow \quad 90\mu A \text{の} 5\%$$

(かつ, フラグしない)

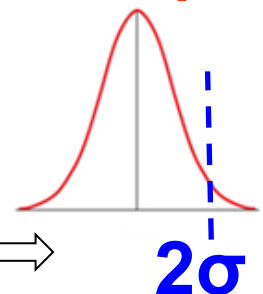
妨害波の**許容入力電力**を求める

PFD



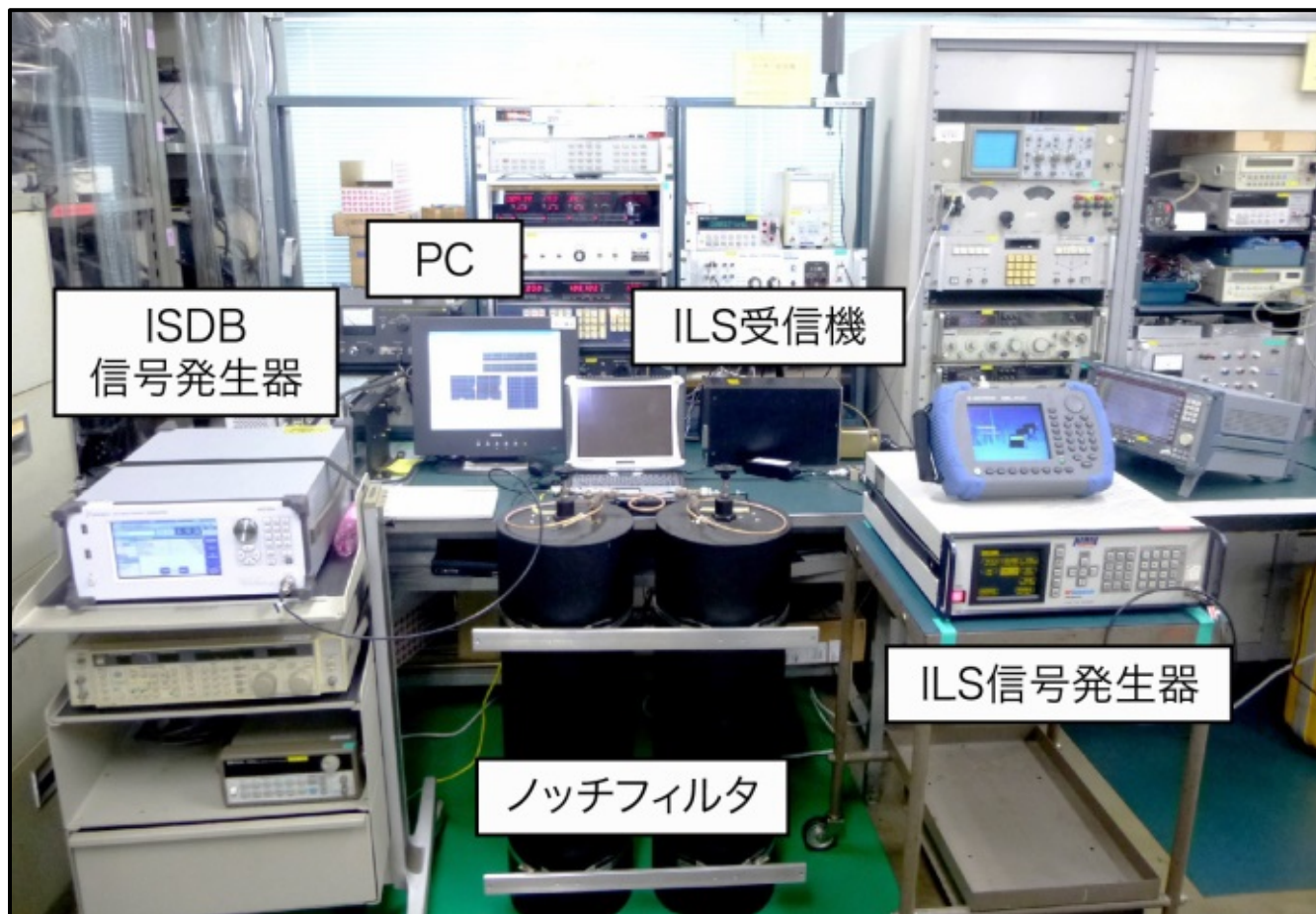
LOC指示 **+90μA**

1,000点
(50ms間隔) ⇒

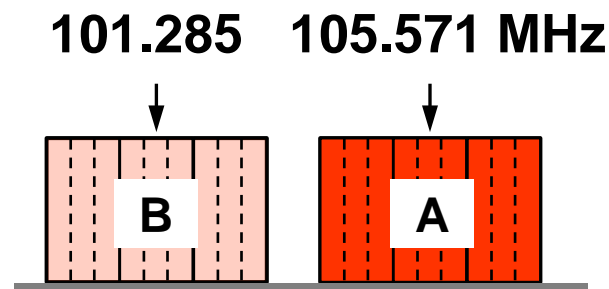
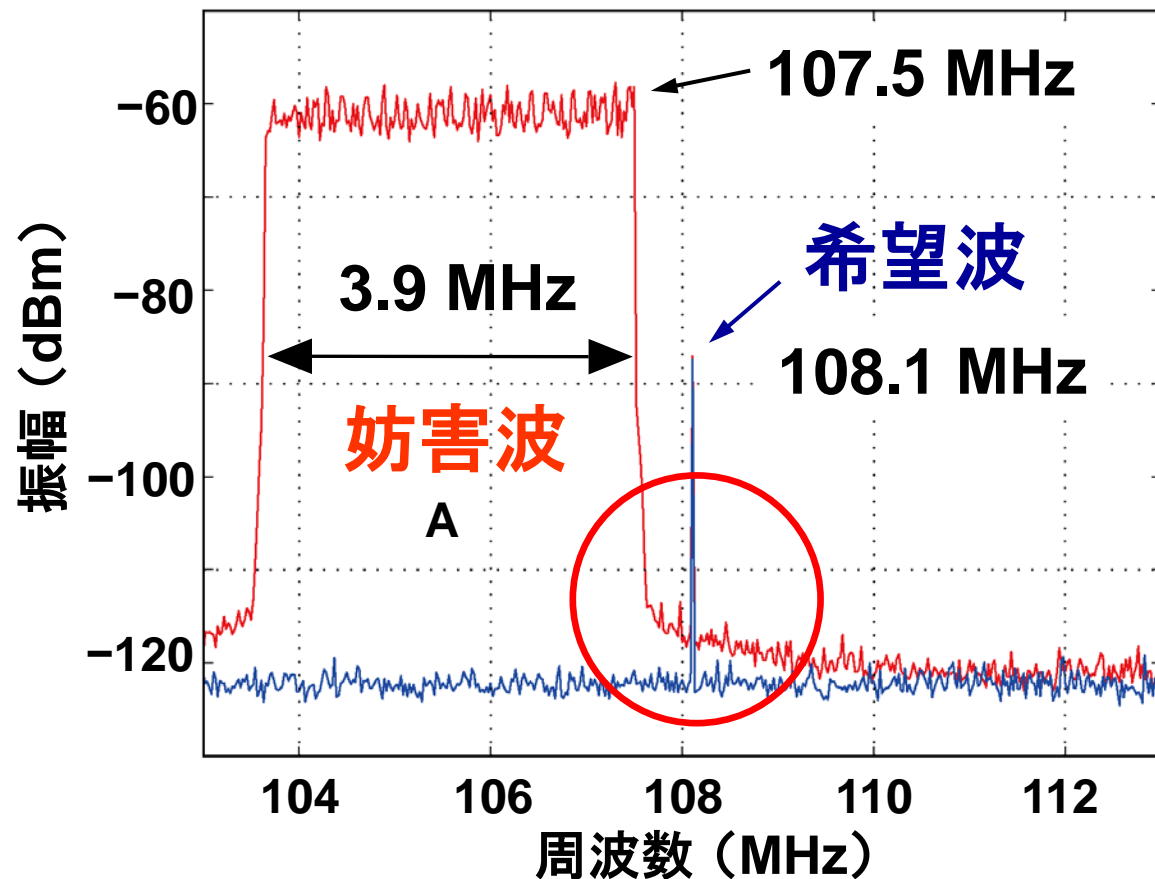


3. 保護比計測：室内実験状況

ISDB-T_{SB}信号発生器による実験



4. 保護比計測: 信号発生器



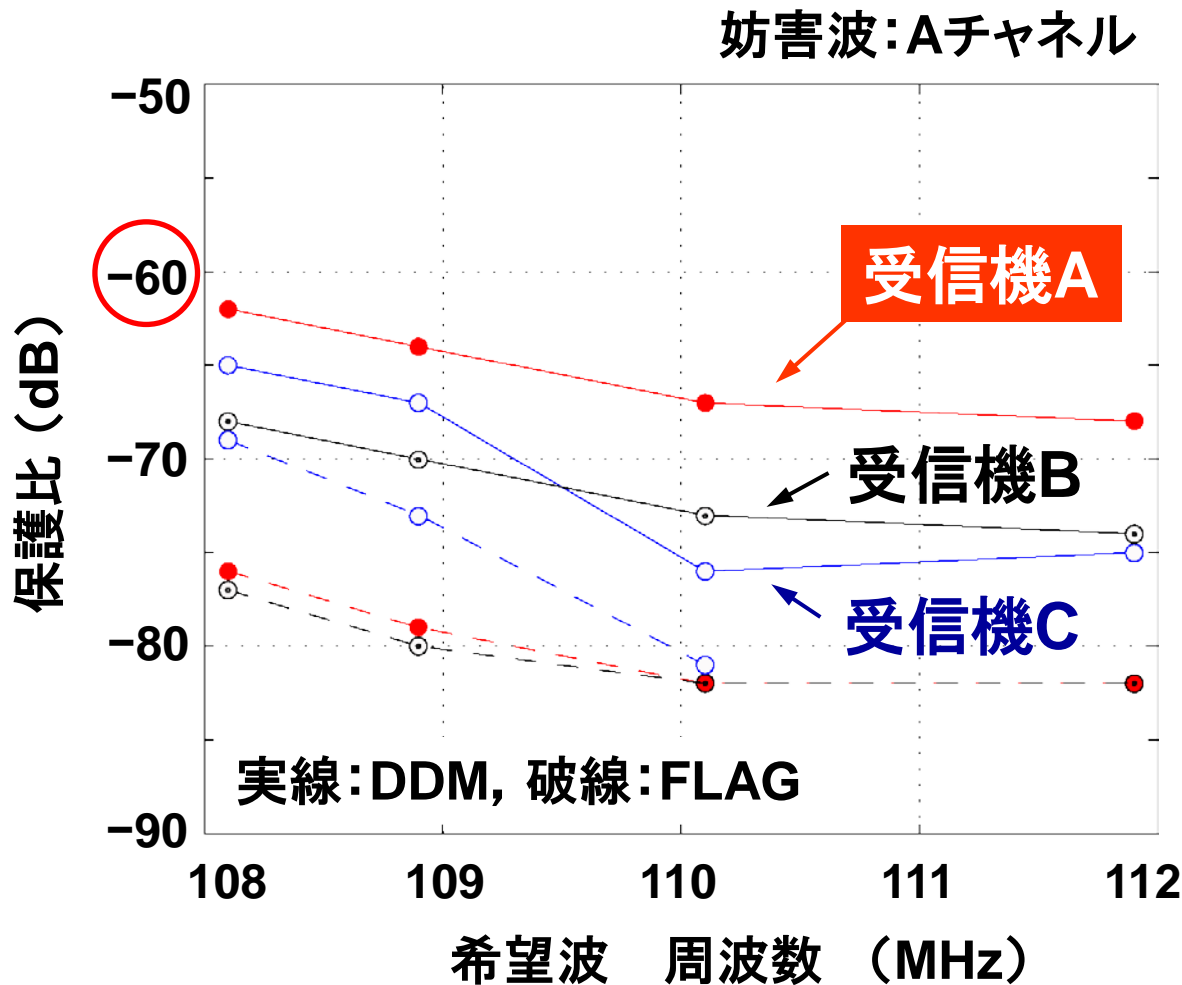
9セグメント(連結)
帯域幅: 3.857 MHz
地上デジタル音声放送
方式(ISDB-T_{SB})
OFDM(マルチキャリア)



帯域外放射

平均電力に対する最大電力の比(PAPR)大
電力増幅器 ⇒ 非線形ひずみ

4. 保護比計測：結果（信号発生器）



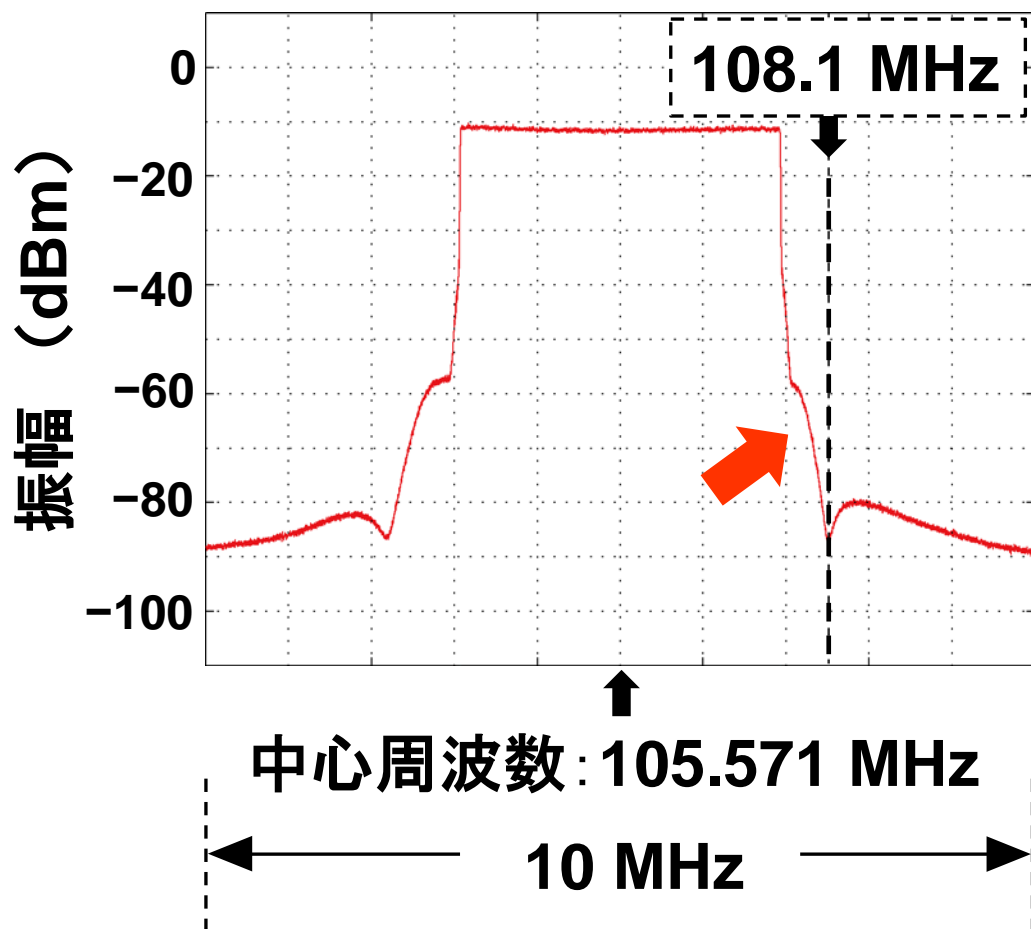
- ILS受信機A, B, C
- DDM偏移の保護比はFLAGより常に大
- 受信機Aの耐干渉性能が低い(保護比最大)
- 保護比 ~ **-60 dB**

課題：

放送設備とは送信スペクトル波形が異なる

4. 保護比計測：放送設備波形

送信機C (10 kW) 出力波形

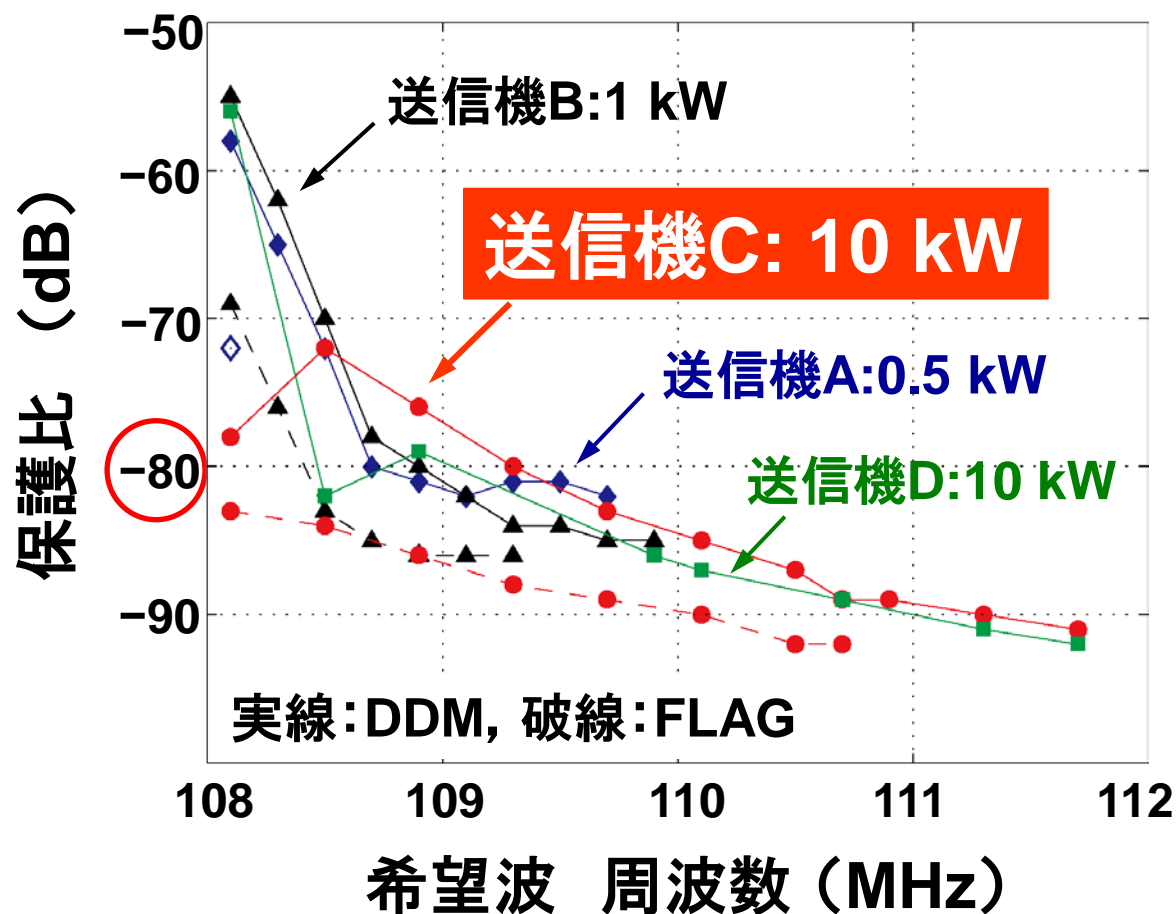


- 大電力増幅器
⇒ 帯域外放射の増加
- 大電力フィルタ(BPF)
⇒ 108.1 MHzを
40 dB減衰

希望波(108.1MHz)に
対して、信号発生器より
保護比を小さくできる

4. 保護比計測：結果（放送設備）

妨害波：Aチャンネル，受信機A

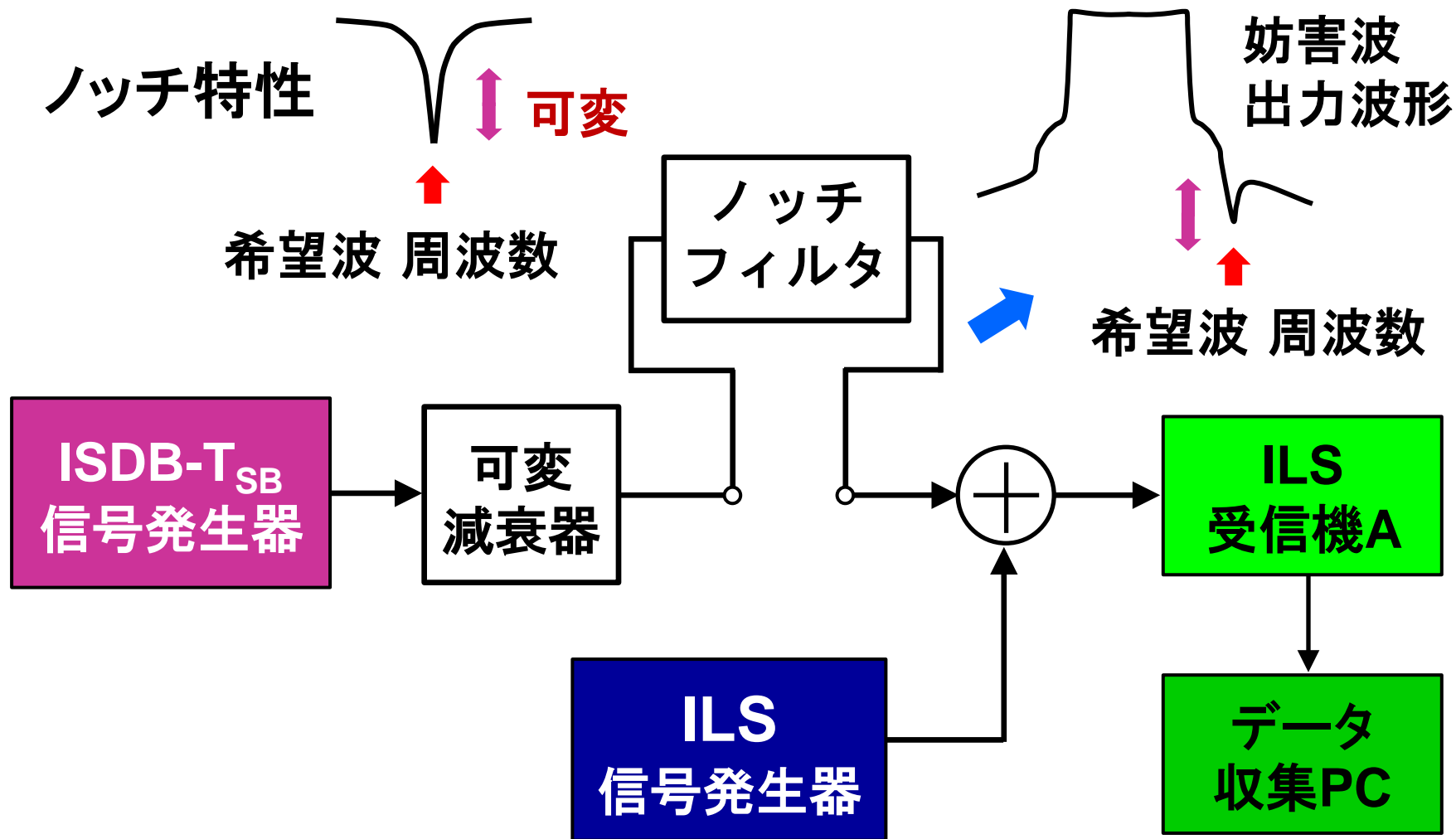


- 送信機A, B, C, D
- 出力大⇒保護比大
- フィルタの効果有
- 保護比 ~ -80 dB



- フィルタ減衰量と保護比の関係は？
- 帯域外放射以外の影響は？

4. 保護比計測：ノッチフィルタ可変



4. 保護比計測：結果（ノッチフィルタ可変）

フィルタ減衰量 (dB)	保護比(dB) (DDM偏移)
10	-75.8
20	-79.8
30	-79.8
40	-80.8

ノッチフィルタの減衰量を20 dB以上としても、
保護比は変化しない



OFDMマルチキャリアが影響

5. 考察(1)

信号発生器による実験

- 保護比は、妨害波の帯域外放射に依存
- 受信機Aの保護比が最も大きく、 $-62 \sim -68$ dB(DDM偏移)
- 放送設備とは波形が異なる課題

放送設備による実験

- 保護比は、 $-55 \sim -95$ dBで希望周波数との離隔に応じて低下
- 大電力フィルタにより、希望波周波数の保護比を低減できる
- 信号発生器の保護比は、放送設備より保守的
- フィルタ減衰量だけ保護比は低減せず、帯域外放射以外が影響している可能性

5. 考察(2)

干渉メカニズムの探求

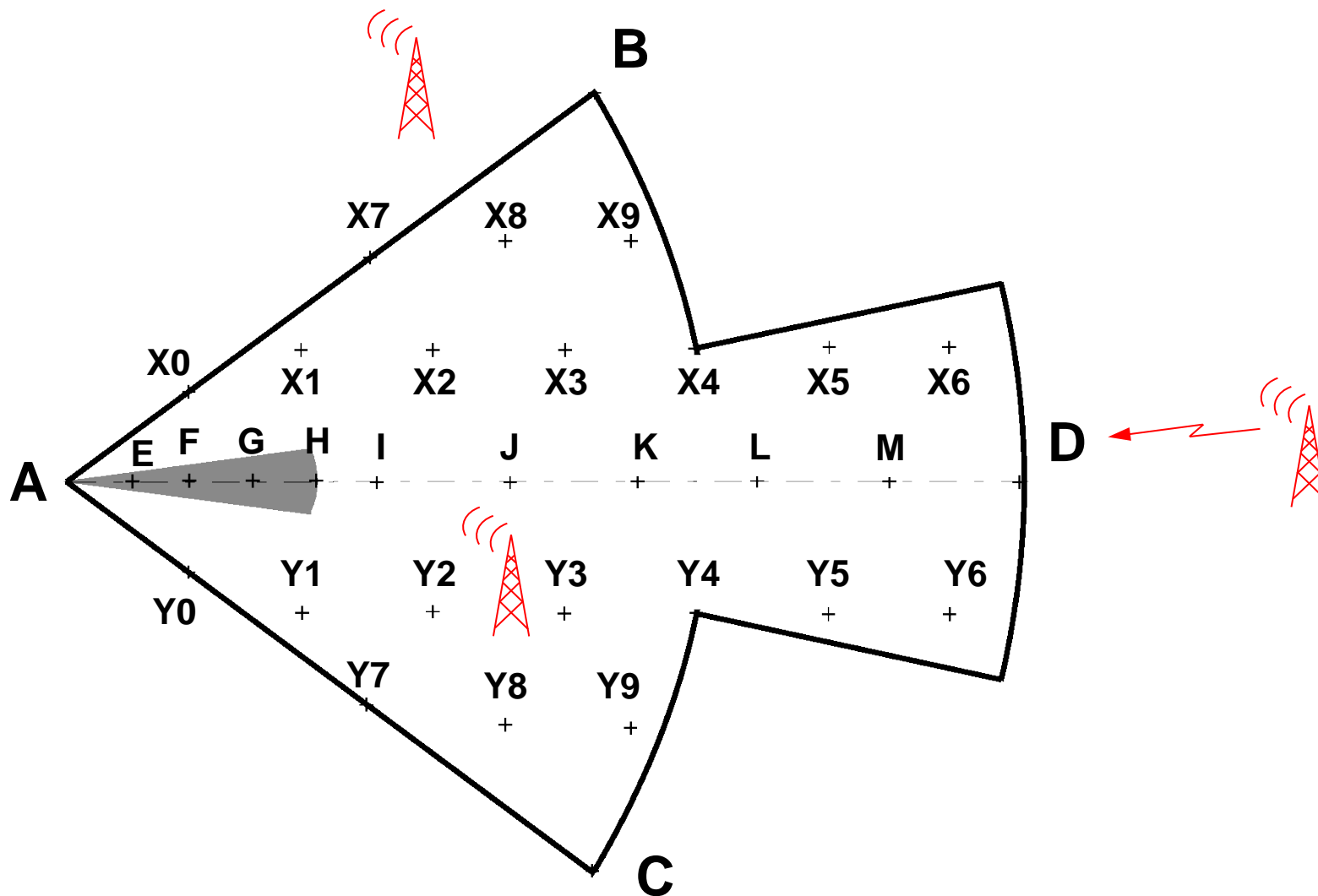
- ノッチフィルタで妨害波の帯域外放射を20 dB以上減衰した場合にも保護比は変化しない
- OFDMマルチキャリアの影響がILS受信機内部で相互変調歪みを生じさせる
- ILS受信機にはFM音声放送の耐干渉要求があるため、従来RFフロントエンドにプリセクタを有する設計が多いが、急峻なフィルタ特性ではない(不必要)
- 送信機の大電力フィルタは帯域外放射を低減できるが、相互変調歪みには効果なし

まとめ

- 新デジタル音声放送とILSの周波数共用条件を検討
- 信号発生器・放送設備(4機種)とILS受信機(3機種)により保護比を計測
- 信号発生器よる保護比は、放送設備より保守的
- 保護比は帯域外放射だけでなく、マルチキャリアによる相互変調ひずみの影響を受ける
- 本研究結果は、総務省における周波数共用検討に活用された

今後の課題：GBASの共用条件（保護比）

付 録（共用検討の例：1）



付 録（共用検討の例：2）

	項目		単位	備考
1	ERP	78.5	dBm	70 kW
2	ERP+10%	78.9	dBm	設備規則13-2
3	希望波受信電力	-86.0	dBm	D点
4	保護比	-78	dB	108.1 MHz
5	妨害波許容電力	-8	dBm	3-4
6	大地反射マージン	6	dB	最大
7	受信機マージン	3	dB	
8	要求伝搬損失	95.9	dB	2+6+7-5
9	最低離隔距離	14.2	km	自由空間