

第5章 屋外試験の実施

屋内試験の測定データをもとに、屋外試験にて検証する。各試験項目における測定条件は以下の通りとする。

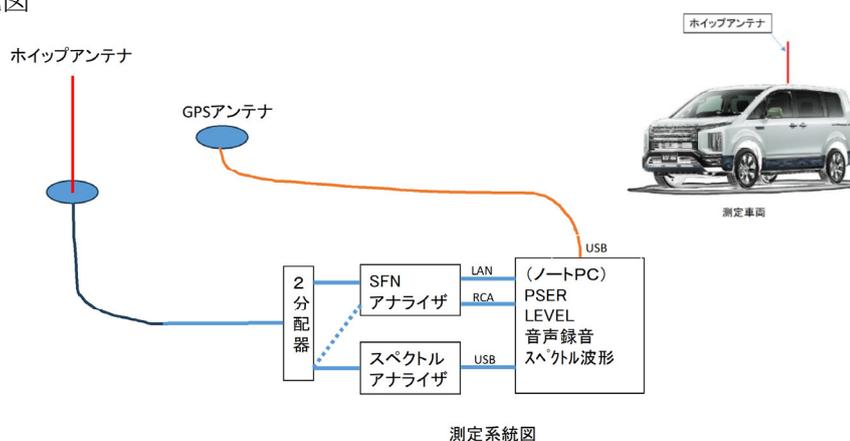
5.1 屋外試験における測定条件

- (1) 「FM中継局－FM実験局」を活用した屋外試験（条件②の確認）
 - ・ K R Y 豊北実験局と K R Y 長門局の電波が交差するエリアでの試験を実施する
 - ・ $D/U = 10 \text{ dB}$ 以内となるエリアを調査し、P S E R や音質の確認を実施
 - ・ 周波数シフトを3パターン変化させて、比較測定を行う
- (2) 「FM中継局－FM中継局1」及び「FM中継局2－FM実験局（FM回り込みキャンセラー装置が設置された実験試験局）」を活用した屋外試験（条件③の確認）
 - ・ K R Y 豊北実験局＋K R Y 豊田局の電波が交差するエリアでの試験
 - ・ $D/U = 10 \text{ dB}$ 以内となるエリアを調査し、P S E R や音質の確認を実施
 - ・ 周波数シフトを3パターン変化させて比較測定を行う
- (3) FM中継局から多方向（「FM中継局－FM実験局1」及び「FM中継局－FM実験局2」）で「FM回り込みキャンセラー装置」が設置された実験試験局を活用した屋外試験（条件④の確認）
 - ・ K R Y 豊北実験局＋「K R Y キャンセラーじっけん3」（雨乞岳）を活用した試験
 - ・ 山口大学構内で小規模の実験局を3局設置し、3局の電波が交差するエリアでの試験
 - ・ エリア内で各局の D/U を調査し、P S E R や音質の確認を実施
 - ・ 周波数シフト、遅延時間、 D/U などパラメータを変化させて試験を実施

5.2 測定機材、測定系統図

屋外試験において使用する測定器や系統図について説明する。

(1) 屋外試験系統図



(2) 測定機材

図5-1 測定系統図

(ア) S F Nアナライザー：MODEL 5775A（日本通信機 株式会社）



図5-2 SFNアナライザ—外観図

(イ) リアルタイムスペクトラムアナライザ：RSA3000 (R I G O L)



図5-3 スペクトラムアナライザ外観図

(ウ) アンテナ：303WA-2 (アペックスラジオ)



図5-4 アンテナ外観図

(エ) G P S アンテナ：GR-7BN、BU-353N5 など各種



図5-5 GPSアンテナ外観図

(オ) ノートパソコン：一般的な WindowsPC



図5-6 ノートパソコン外観図

(参考) 移動測定にて使用するアンテナの仕様について

今回、移動測定で使用しているアンテナは Apex Radio 製「303WA-2」を使用した。このアンテナは長中短波受信用アンテナで、対応周波数範囲は 30 kHz ~ 30 MHz となっている。本調査では測定対象の周波数が超短波のため製品としての設計帯域からは外れているが、エレメントが 3 本継ぎとなっており、真ん中の素子を 1 本抜いて 2 本継ぎにすることで、超短波帯域付近まで帯域が延びるのではないかと期待から改造を行ったところ、他のアンテナと比較して高利得・低ノイズであったため採用した。主な仕様は以下の通り。(株式会社アペックスラジオ ホームページより掲載)

製品概要 303WA-2

303WA-2 は、アペックスラジオが独自開発したパッシブ式の屋外設置型受信アンテナです。限られた空間に短波アンテナを設置するソリューションとして、ホビーユーザー様から放送事業者様にいたる多くのお客様に活用いただいています。

30kHz~30MHz を混変調や相互変調の心配なく、低雑音で受信するために開発設計されたコンパクトな受信アンテナです。設置面積が非常に小さく、ベランダやルーフサイドなどへの設置にも適しています。

303WA-2 は、全長は約1.8mの垂直型です。軽量でコンパクトなサイズながら、独自のマッチング回路(実用新案出願中)を採用したことで、長波~短波帯の広帯域において優れた受信性能を発揮します。特に、長波~中波放送の受信用としても優れており夜間の長距離AM放送受信にもご使用になれます。

また、303WA-2は能動素子を持たず、受動素子で構成される完全パッシブタイプです。従って、アクティブタイプの屋外アンテナで見られやすいアンテナでの混変調の心配が極めて少なく快適な受信を楽しむことができます。

- ★ 全長1.8m、取付金具、同軸ケーブル10m 付 (MP-BNCP)
- ★ このアンテナは受信専用です

| | |
|---------|--|
| 受信周波数範囲 | 30kHz - 30MHz |
| 形式 | 垂直式 |
| 全長 | 約1.8m |
| 重量 | 約 450 g. |
| コネクタ形状 | M型プラグ(MP) |
| 同軸ケーブル | RG-58A/U 約10m (BNCP-MP装着) |
| 適合マスト径 | Φ10 - Φ50 |
| 付属品 | 同軸ケーブル、取付金具、六角レンチ(作業用)、自己融着テープ(防水処理用)、取説 |
| 標準価格 | |
| JANコード | 4573533000015 |
| 参考資料 | 303WA-2 取扱説明書 (PDF) |

図5-7 アンテナの主な仕様

[303WA-2 長中短波受信用アンテナ ApexRadio - BCL 短波 中波 航空無線 エアーバンド アマチュア無線 4573533000015 株式会社アペックスラジオ]

ApexRadio 303WA-2

Superior low noise antenna for LW-MW-SW

303WA-2 は、30kHz～30MHz を混変調や相互変調の心配なく、低雑音で受信するために開発設計されたコンパクトな受信アンテナです。設置面積が非常に小さく、軽量ですのでベランダ等への設置にも適しています。開梱されましたら、次の表に従って各部品の数量を確認してください。

| 部品名 | 数量 |
|------------------------------|----|
| アンテナ本体(給電部～下部ジョイント、約 600 mm) | 1 |
| 中間エレメント (上部ジョイント付 約 600 mm) | 1 |
| 上部エレメント (約 600 mm) | 1 |
| M 型中継コネクタ-M-A (J-J) | 1 |
| 六角ナット (M 型コネクタ用) | 2 |
| マスト取付用L金具 | 1 |
| U字ボルト | 1 |
| ナット(U字ボルト用)、スプリングワッシャ、平ワッシャ | 各2 |
| 同軸ケーブル(MP-BNCP) | 1 |
| 防水用自己融着テープ | 1 |
| ジョイント締付用六角レンチ | 1 |
| 取扱説明書 | 本紙 |

【設置】

この素子を取り外して2段で使用

1. 屋外のなるべく周囲のひらけている場所に設置された 10φ～50φ のマスト、またはベランダの手すりなどに、図を参考に基台部(L金具、U字ボルト類)を取付けて固定します。
2. アンテナ本体の下部ジョイント部に中間エレメントを装着、上部ジョイントに上部エレメントを装着し、それぞれ(上部、下部)のジョイントを六角レンチで、しっかりと締付けます。
3. L金具の穴(16.5φ)に、M 型中継コネクタ-M-A(J-J)を六角ナットで取付けます。
4. M型中継コネクタの上側にアンテナ本体をねじ込んで、しっかりと固定します。このとき、アンテナが垂直になるように確認し、垂直でない場合にはL金具の固定を調節して垂直になるようにしてください。
5. 同軸ケーブル(M-P 側)をM型中継コネクタの下側に接続し、防水用自己融着テープで防水処理を行います。
6. 同軸ケーブル(BNC-P 側)を適切に屋内に引き込むなどして受信機に接続します。受信機側のコネクタが BNC 型でない場合には、変換コネクタなどをご用意ください。

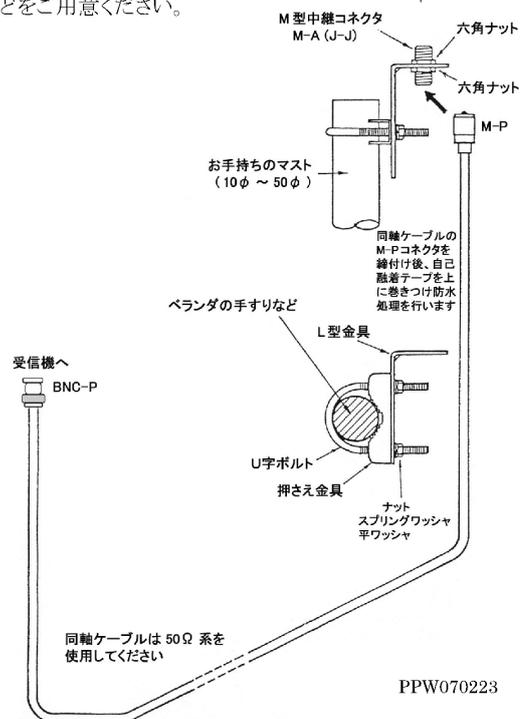
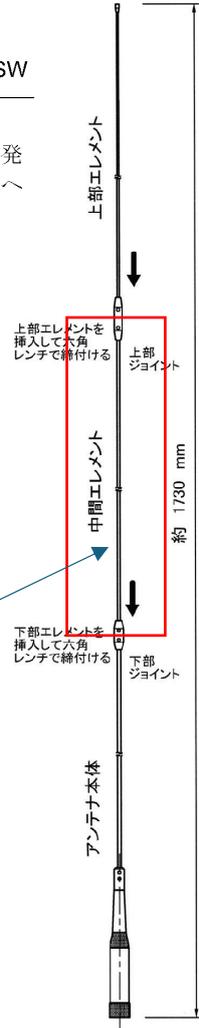
【ご注意】

このアンテナは、受信専用です。送信用として使用することはできません。送信しようすると内部回路が破壊されますので、絶対に送信しないでください。

高所作業の際は落下事故やケガ防止の為、安全帽、安全帯を使用してください。アンテナが万一反倒れたり部品が落下しても人物や構造物などに危害を与えない場所に設置してください。風などによる振動で取付ネジや金具類が緩まないように、しっかりと締付け固定してください。また定期的にゆるみがないかをチェックして必要に応じて増し締めをしてください。なお、303WA を受信アンテナとしての用途以外には使用しないでください。

改良の為、予告なく外観、仕様を変更することがあります。

株式会社 アペックスラジオ



PPW070223

図5-8 アンテナの取り扱い説明書

5. 3 移動測定における端子電圧とPSEERの評価基準について

本実験において、車両による移動測定の数値を地図上へ表示する際の評価基準・表示方法は以下の通りとした。

(測定条件)使用アンテナ: Apex Radio 303WA-2 (エレメントは2段に短縮)

測定器: 日本通信機 MODEL 5775A

帯域は通常MIDDLE, 必要に応じてNARROW

(1) 端子電圧測定レベルと電界強度への換算 (暫定値)

移動測定で得た端子電圧を電界強度に換算するのは多少乱暴ではあるが、実聴エリアを色付けなどで表現する場合、得られたデータを電界強度に換算して表現することも必要と考える。本実験では暫定ではあるが過去の測定結果から以下の数値を目安にした。

(ア) 水平偏波の場合: 30 dB

(イ) 垂直偏波の場合: 20 dB

(ウ) 水平偏波と垂直偏波が混在する場合: 25 dB

なお、地図上へ端子電圧の測定値もしくは電界強度に換算した値をマッピングする場合は、必要に応じてアイコンなどの色を設定する。今回は端子電圧表示とし、色の表現は右図の通りとした。



図5-9 端子電圧表示の凡例

(2) PSEERと音質評価の関係

PSEERと音質の主観の関係については、映像情報メディア学会などで報告されている「FM同期放送用SFNフィールドアナライザの開発と実用化」の論文内で以下のグラフが紹介されている。

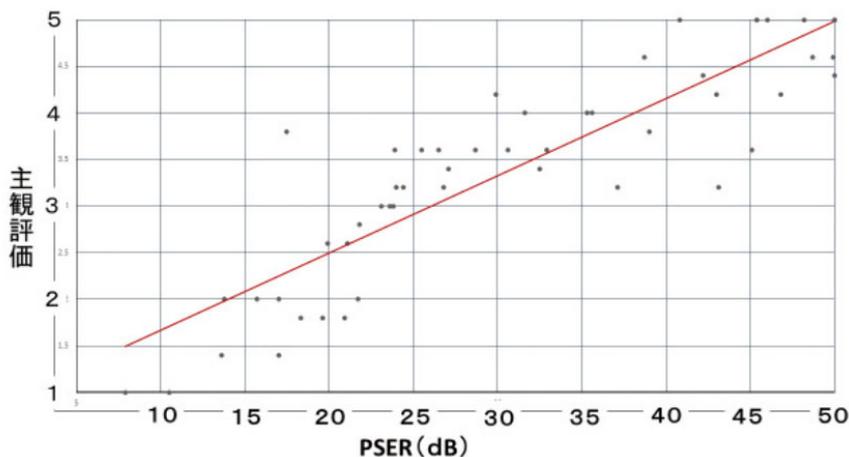


図5-10 PSEERと主観評価のグラフ

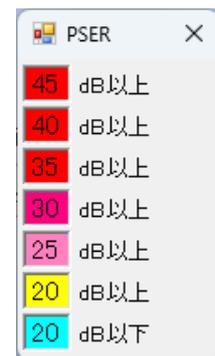


図5-11 PSEERの凡例

本実験では、上記グラフを参考にして、PSEER = 25 dB : 評価3を一つの目安とし、「図5-11 PSEERの凡例」の表現を採用した。

5. 4 実験試験局の概要

(1) KRY豊北FM実験局の概要

山口放送株式会社は現在、基幹局を含めて14局のFM補完局を開設している。図5-12は山口県内におけるFMネットワークの系統図を示す。瀬戸内海側は92.3MHz、日本海側は86.4MHzで同期放送を実施中である。また、KRY豊北実験局、及びKRY錦実験局にて「FM回り込みキャンセラー装置」による実験試験局を設置中である。本検討会では、KRY豊北実験局を活用した屋外試験を行った。

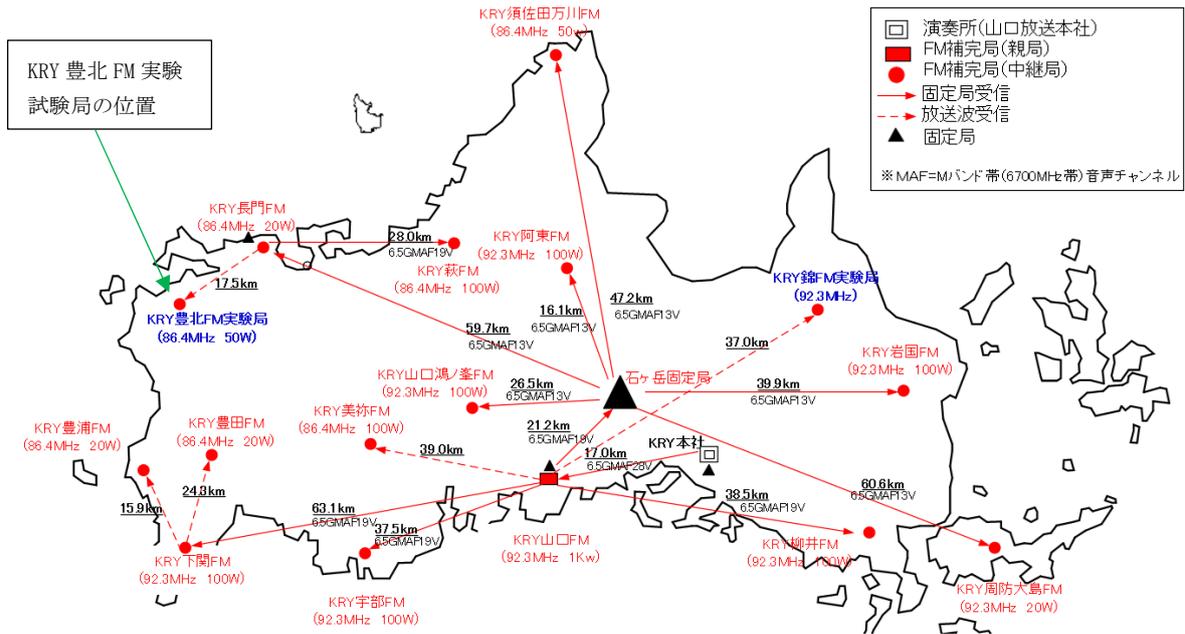


図5-12 山口県内FMネットワーク図

KRY豊北実験局の概要は以下のとおり。

- ・送信場所 : 下関市豊北町大浦岳(旧アナログテレビ送信所)
- ・海拔高 : 288.1m
- ・周波数 : 86.4MHz
- ・出力 : 50W
- ・中継方式 : 長門局からの放送波中継

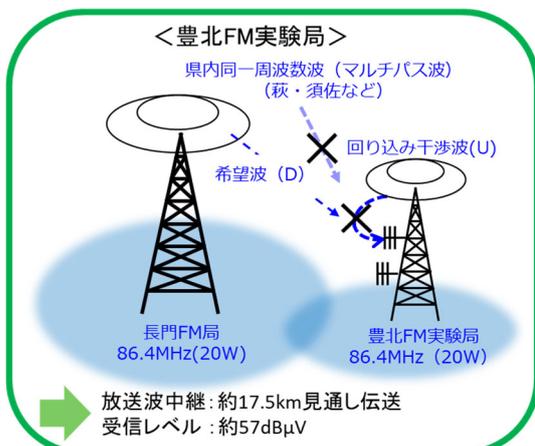


図5-13 豊北実験局の放送波中継イメージ

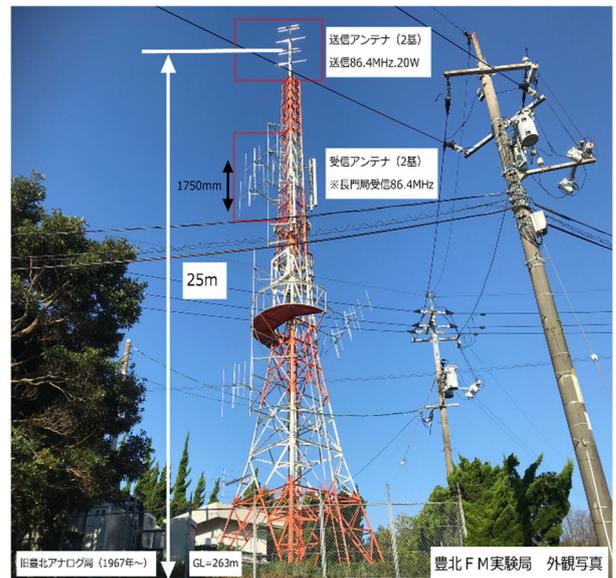


図5-14 豊北実験局のアンテナ設置状況

・実験経過状況

表5-1 豊北実験局の実験経過状況

| | | |
|-------|-------|--|
| 2020年 | 8/24 | 試験運用開始 周波数 86.4001MHz 出力 20W (回り込み波と親局波を区別するため送信周波数を 100Hz シフト) |
| | 9/15 | 位相、レベルの変動検出計算間隔 10ms→0.625ms 毎の移動平均算出に変更。受信アンテナを上方向に 20° 程向けて車の影響を低減 |
| | 10/10 | マルチパスキャンセル(上位局と同一周波数除去)機能追加 受信アンテナの地上高を高くして回り込み波の安定化 |
| | 10/30 | マルチパスキャンセル時間を 72 μ s→300 μ s まで拡張 |
| | 11/20 | 回り込み反射波とマルチパスの遅延プロファイルの学習機能追加 萩局のマルチパスも捕らえる(遅延時間 約 113 μ s) |
| 2022年 | 4/22 | 出力増力 20W→50W |
| | 7/23 | 周波数偏移シフト±100Hz 切替方式※ に設定(切替周期 2Hz) |



図5-15 豊北実験局

(2) 実験試験局「KRYキャンセラーじっけん1, 2, 3」の概要と実験イメージ

本検討会で試験を行うために申請を行った実験試験局は計3局である。実験試験局の諸元一覧を以下に示す。

表5-2 実験試験局諸元一覧表

| | 実験局A (FM中継局) | 実験局B (FMキャンセラー-中継局) | 実験局C (FMキャンセラー-中継局) | |
|----------------|--------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|
| 識別信号 | KRYキャンセラー じっけん1 | KRYキャンセラー じっけん2 | KRYキャンセラー じっけん3 | |
| 変調方式 | FM | FM | FM | |
| 通信方式 | TN1H | TN1H | TN1H、TN1C | |
| 周波数 | 86.4MHz | 86.4MHz | 86.4MHz | |
| 電波の形式 | F3E、F8E | F3E、F8E | F3E、F8E | |
| 占有周波数帯域幅 | 200kHz以内 | 200kHz以内 | 200kHz以内 | |
| 定格出力 | 0.1mW~1mW | 0.1mW~1mW | 0.1mW~1mW | 1W~20W |
| 低下方法 | 可変ATT | 可変ATT | 可変ATT | 固定ATT 3,6,10,13 |
| 空中線利得 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 給電線損失 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.3 |
| その他の損失 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0 |
| 実効輻射電力 | 1.2mW | 1.2mW | 1.2mW | 37w |
| 送信空中線形式 偏波 | 2素子八木 水平・垂直 | 2素子八木 水平・垂直 | 2素子八木 水平・垂直 | FLアンテナ1段1面 水平・垂直 |
| 周波数シフト | なし | +100Hz,-100Hz, ±100Hz | +100Hz,-100Hz,±100Hz | |
| 無線設備の 製造業者名 | 日本通信機 株式会社 | 日本通信機 株式会社 | 日本通信機株式会社 | |

(ア) 小規模エリアでの実験

FM回り込みキャンセラー機能を内蔵した実験局(FM中継局)を2局開設し、実験局同士の放送エリアが交差した場所での品質確認やPSER測定を実施した。開設予定地は①山口県宇部市、②長門市油谷周辺を想定した。なお、宇部市での開設予定地付近はKRY宇部局や大平山からの電波(92.3MHz)が強力であることが想定されるため、実験局の送信周波数は86.4MHzで実施した。FM回り込みキャンセラー機能の動作を確認するため、実験局の親局となる実験局Aも同時に開設した。実験局AはKRY宇部局を親局とするFM中継局とした。実験局Aの送信周波数は86.4MHzで実施した。

(イ) 屋外実験イメージ1：全体

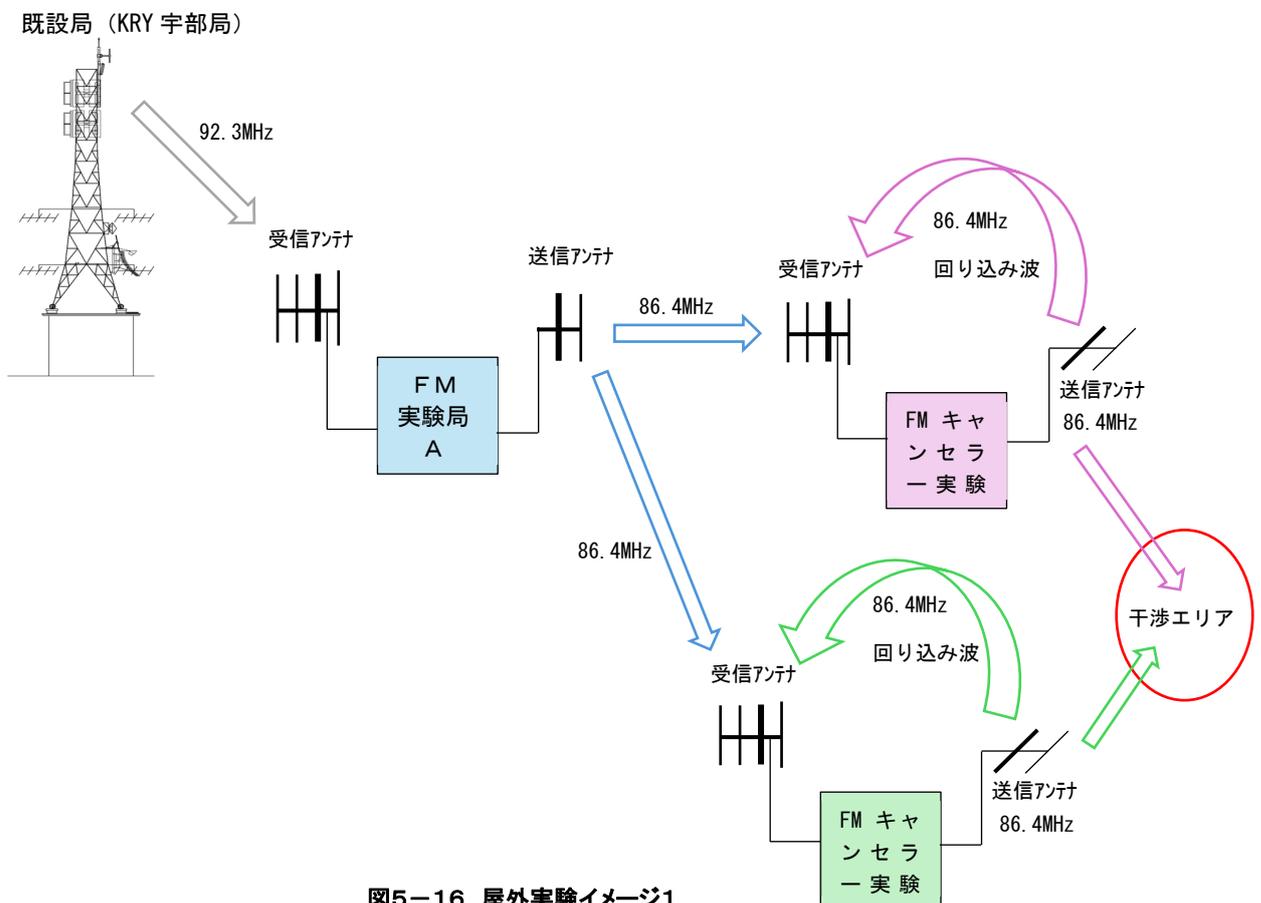


図5-16 屋外実験イメージ1

- 実験局A 受信周波数:92.3MHz、送信周波数:86.4MHz
 - 実験局B 受信周波数:86.4MHz、送信周波数:86.4MHz(周波数シフトあり※)
 - 実験局C 受信周波数:86.4MHz、送信周波数:86.4MHz(周波数シフトあり※)
- ※実験局B、及び実験局Cの送信周波数は、+100Hz、-100Hz、±100Hzの周波数シフトモードで動作する。
また、実験局B、及び実験局CはFMキャンセラー実験局B、FMキャンセラー実験局Cと表示する場合があります。

(ウ) 屋外実験イメージ2：実験局Bと実験局Cが交差するエリアでの試験

実験局Bの電波と実験局Cの電波が交差するエリアにおいて、各種周波数シフトの組み合わせを行い、品質等を確認した。周波数シフトの組み合わせは以下のとおり。

- パターン1: 実験局B = +100Hz、実験局C = +100Hz
- パターン2: 実験局B = +100Hz、実験局C = -100Hz
- パターン3: 実験局B = +100Hz、実験局C = ±100Hz
- パターン4: 実験局B = ±100Hz、実験局C = ±100Hz

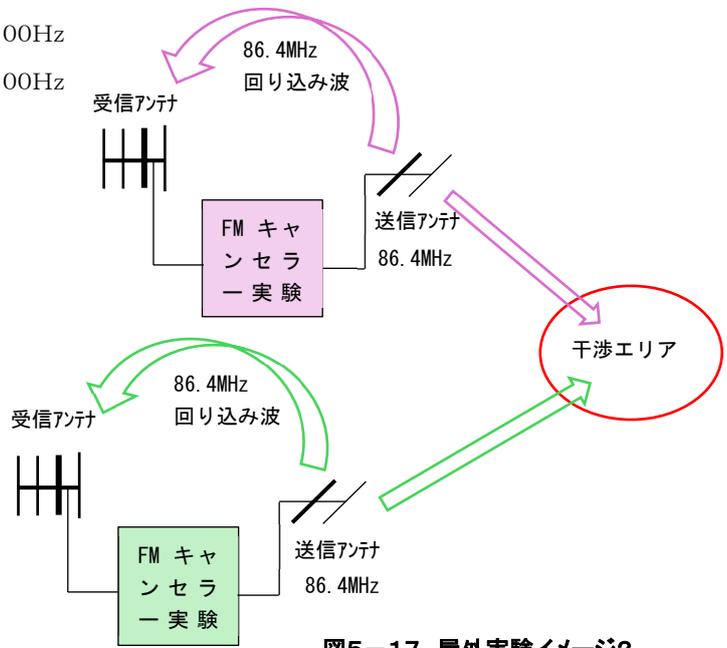


図5-17 屋外実験イメージ2

(エ) 実験局A（親局）とFMキャンセラー実験局Cの周波数シフトの組み合わせ

FM実験局A(親局)とFMキャンセラー実験局Cの電波が交差するエリアにおいて、各種周波数シフトの組み合わせを行い、品質等を確認した。周波数シフトの組み合わせは以下のとおり。

- パターン1: 実験局C = +100Hz
- パターン2: 実験局C = -100Hz
- パターン3: 実験局C = ±100Hz

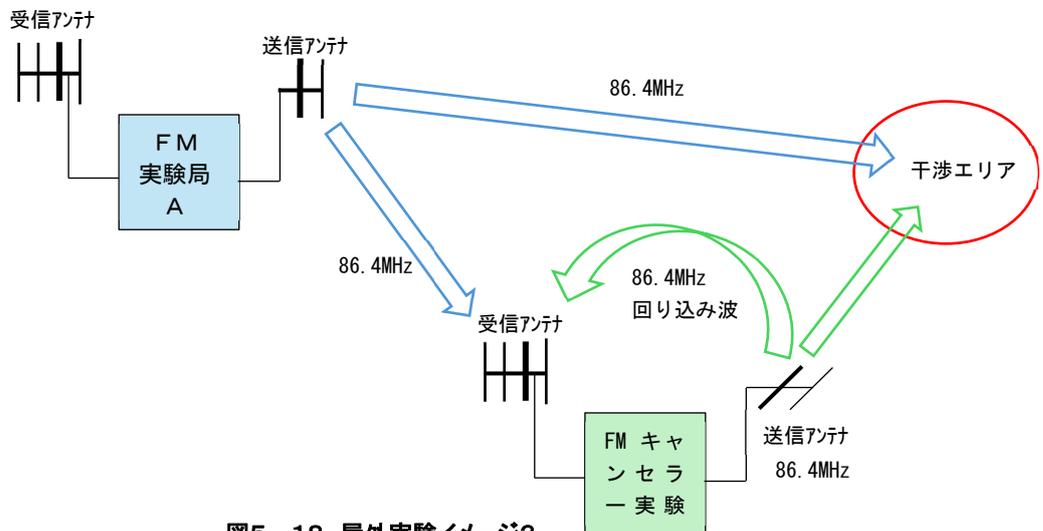


図5-18 屋外実験イメージ3

(3) 「KRYキャンセラーじっけん1, 2, 3」(山口大学)の設置概要

山口大学常盤キャンパスの建物を活用した実験局の設置イメージを 図5-19 に示す。



図5-19 山口大学常盤キャンパスでの実験イメージ

山口大学常盤キャンパスでの実験系統図(全体)を 図5-20 に示す。

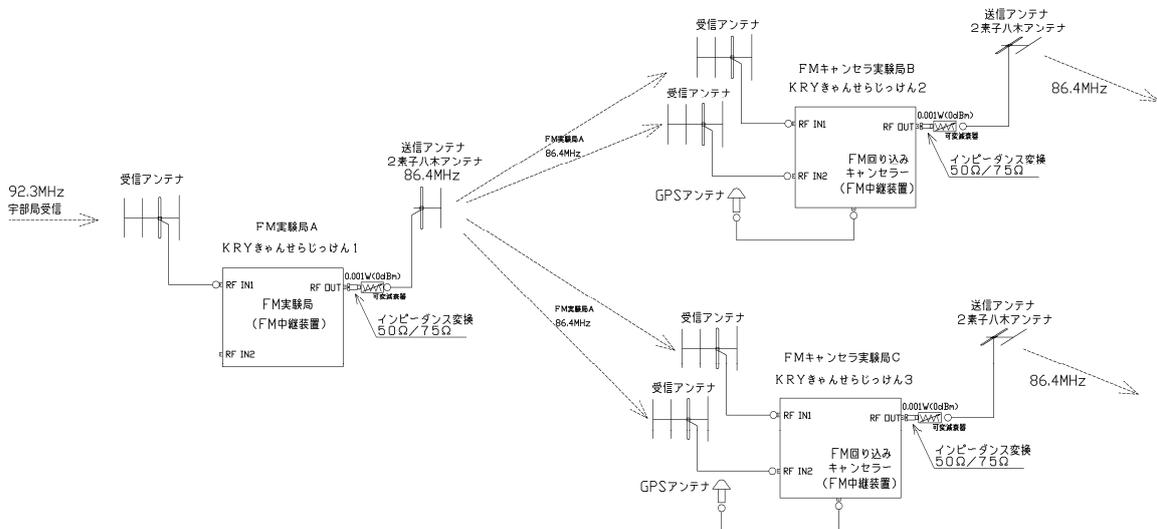


図5-20 山口大学常盤キャンパスでの実験系統図(全体)

山口大学常盤キャンパスでの実験設備 設置概要図(平面図・側面図)を 図5-21 に示す。

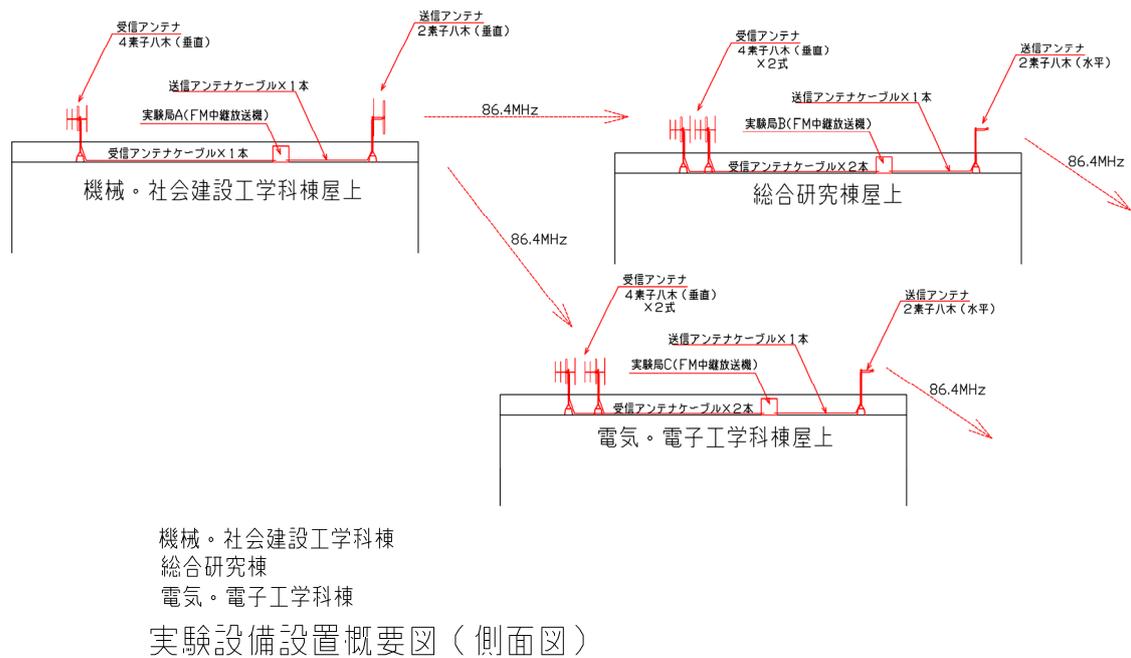
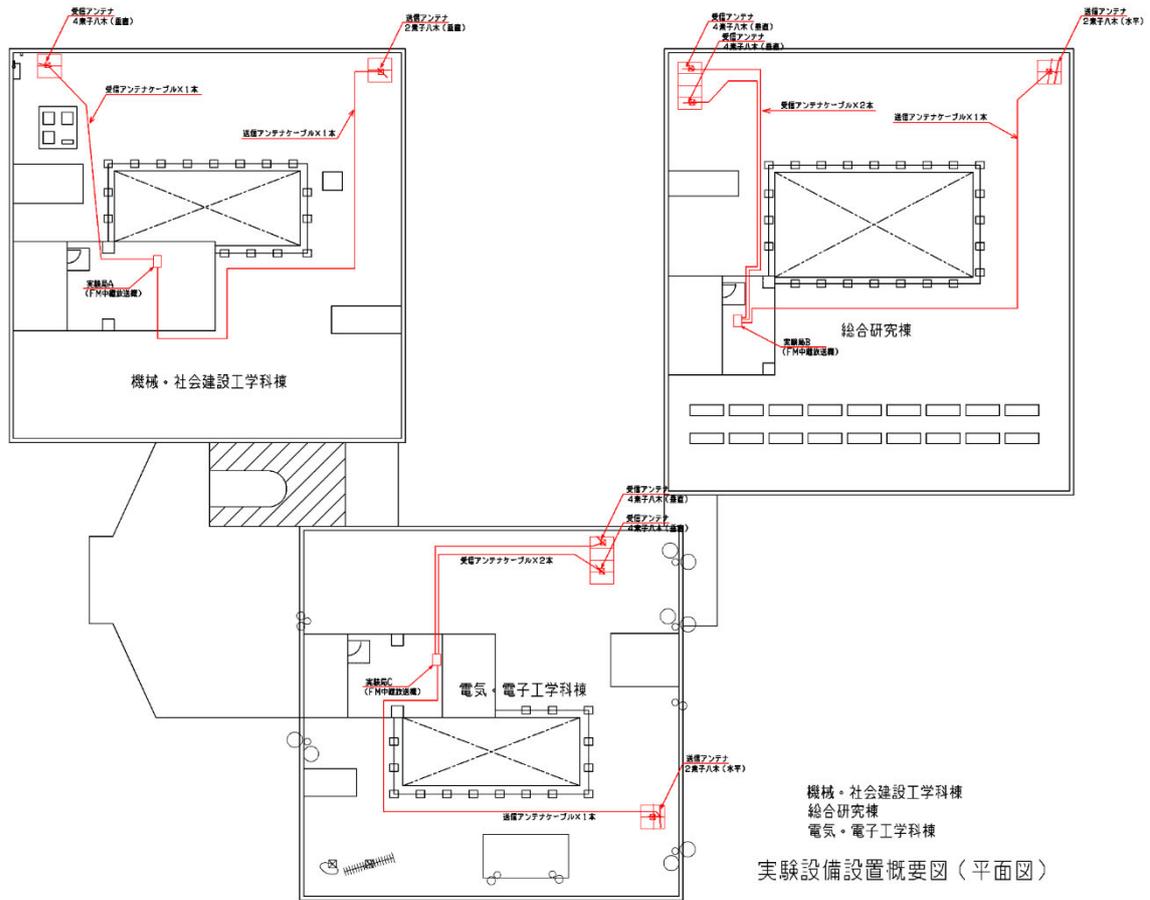
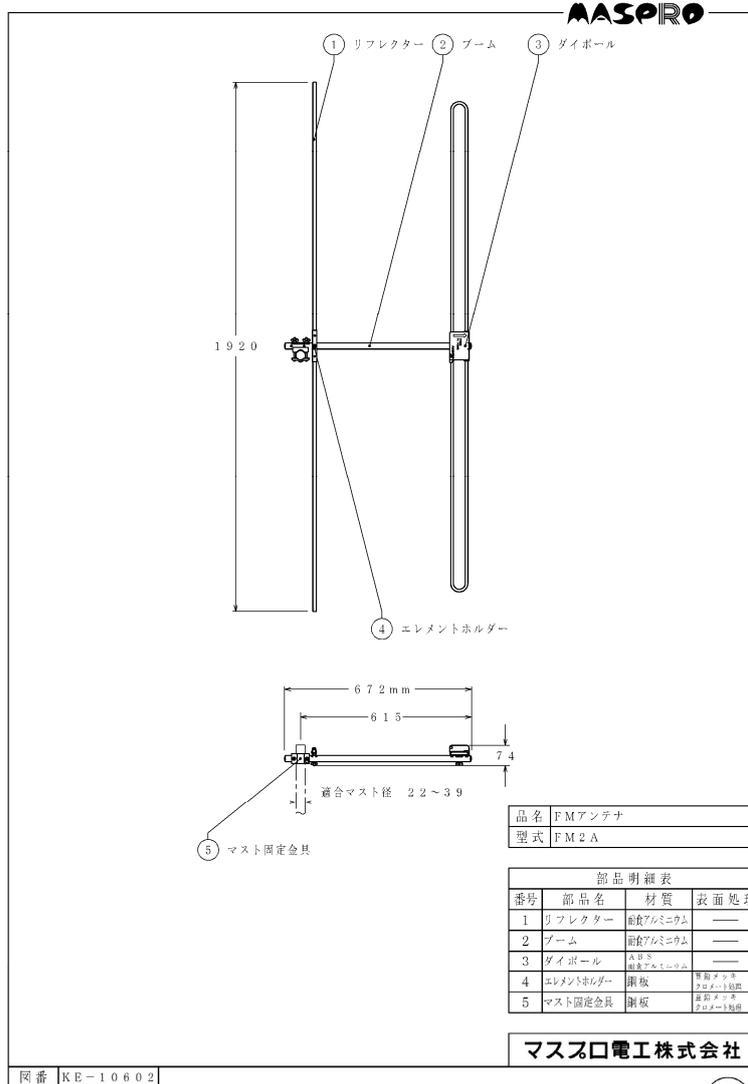


図5-21 山口大学常盤キャンパスでの実験設備 設置概要図(平面図・側面図)

実験局A, B, Cに使用する送信空中線の概要は以下の通り。(型名:FM2A:マスプロ電気(株))



4
13

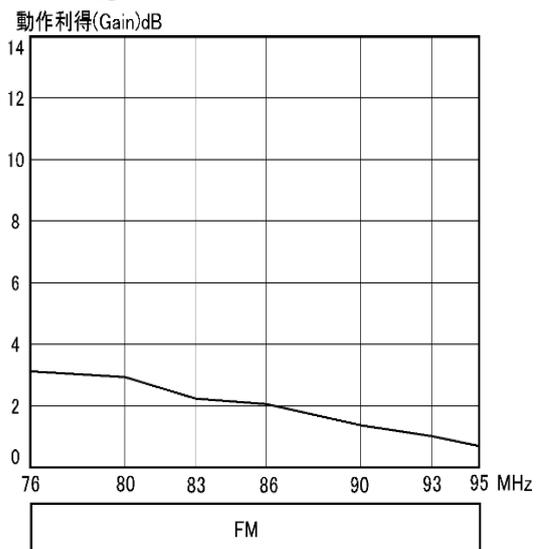
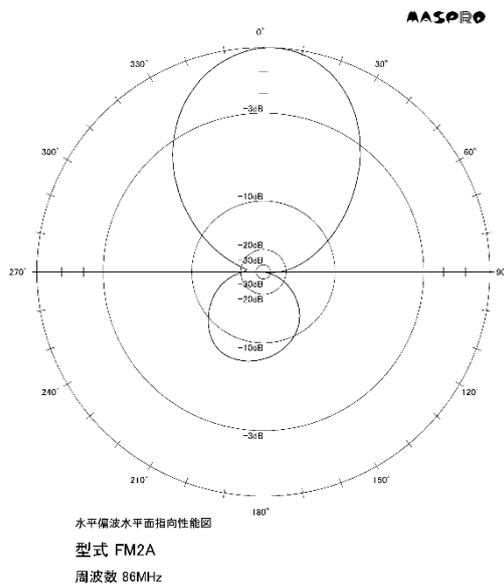
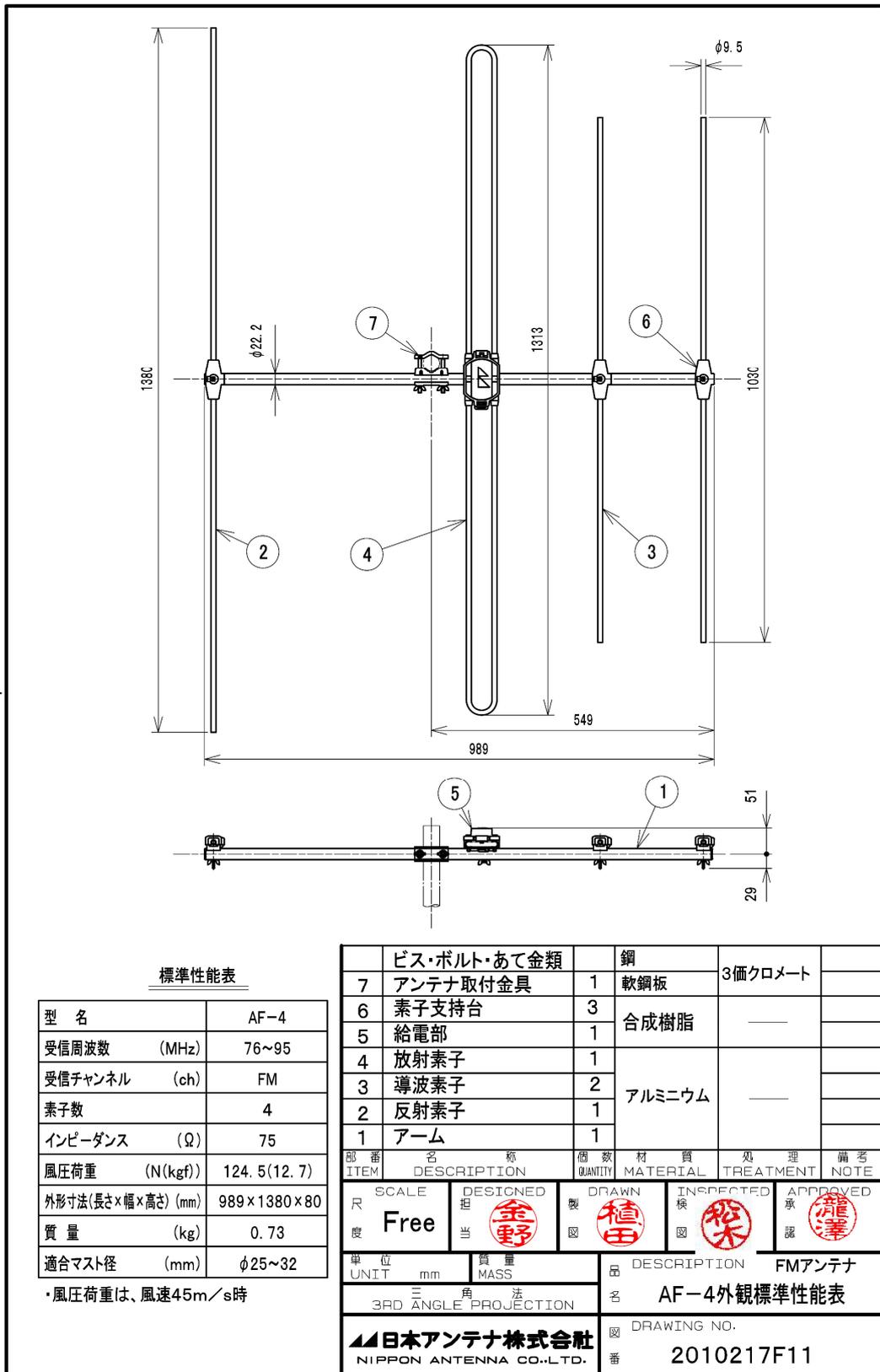


図5-22 実験局で使用する送信空中線の概要

実験局A, B, Cに使用する受信空中線の概要は以下の通り。(型名:AF-4:日本アンテナ(株))

図面を実測しない事

DO NOT SCALE DRAWING



A4-S-ME

図5-23 実験局で使用される受信空中線の概要

(実験局の個別系統図、及び 実効輻射電力)

① KRY キャンセラーじっけん1 (実験局A)

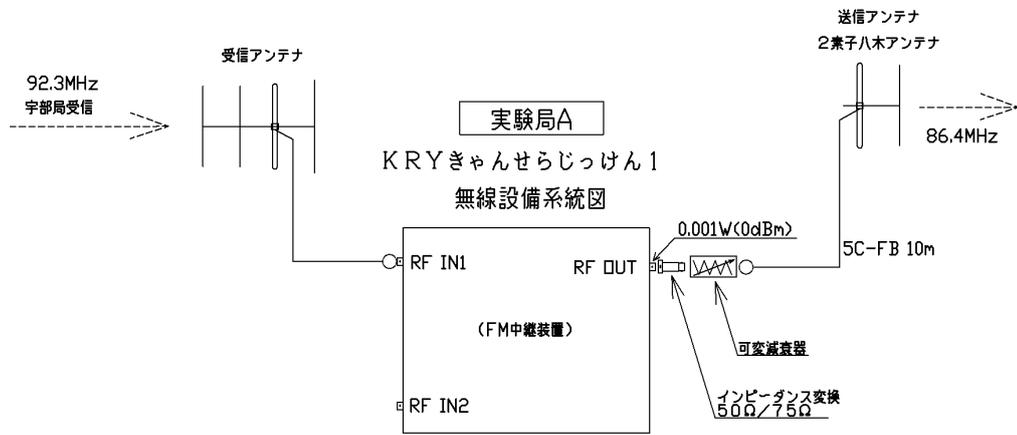


図5-24 実験局A 個別系統図

② KRY キャンセラーじっけん2 (実験局B)

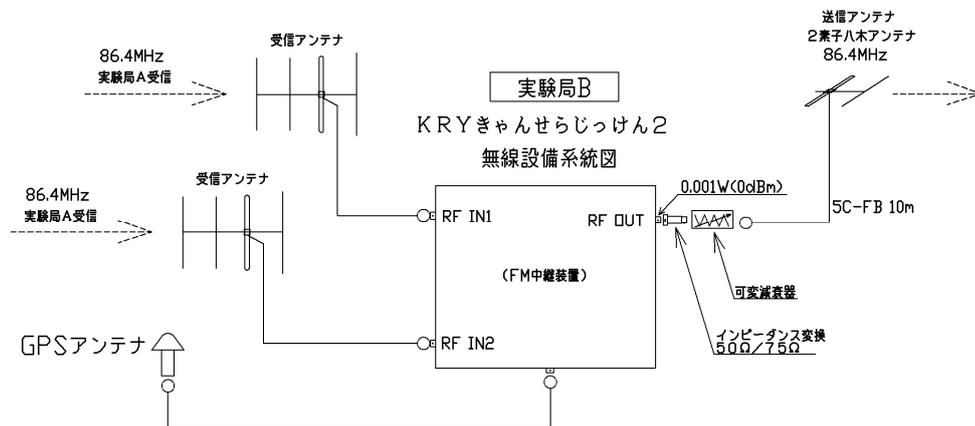


図5-25 実験局B 個別系統図

③ KRY キャンセラーじっけん3

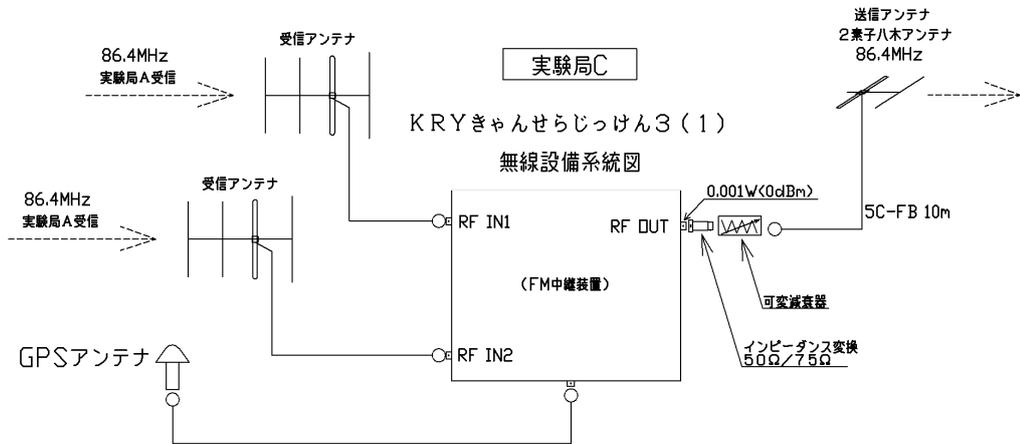


図5-26 実験局C 個別系統図

④ 実効輻射電力

実効輻射電力については、実験局 A, B, C ともに同じ電力。

| 2素子八木1段1面(宇部周辺で使用) | | | | | |
|--------------------|------------|------|----|-----------|--------------------|
| | A面 | B面 | C面 | 単位 | 分配比の合計 |
| 水平方位 | 120 | | | ° | |
| 1段 | 1 | | | | 1 |
| 2段 | | | | | |
| 3段 | | | | | |
| 単体利得 | 2 | | | dB | |
| 分配減衰 | 0 | | | dB | |
| 段積上利得 | 0 | | | dB | 段数の積み上げ利得-段数×0.1 |
| 異分配ロス | 0 | | | dB | |
| 利得 | 2 | | | dB | |
| 申請:利得 | 2.00 | 0.00 | | dB | |
| 給電線損失 | -0.7 | | | dB | 5C-FB 10m 0.07dB/m |
| 共用器損失 | 0 | | | | |
| その他損失 | -0.5 | | | | インピーダンス変換挿入損失 |
| 申請:損失 | -1.2 | 0 | | dB | |
| 総合利得 | 0.8 | 0 | | dB | |
| 放送機出力 | -30 | | | dBm | 0.001 W |
| 空中線電力 | -29.2 | | | dB | |
| W換算 | 0.0012023 | | | dB | |
| 総通計算 | 1.2 | | | mW | |

頭が1の場合は3桁目を2捨3入7捨て8入、0か5単位

図5-27 実効輻射電力計算表

(4) 「KRYキャンセラーじっけん3」(雨乞岳)の設置概要

超短波放送(FM放送)における同一周波数放送波中継による同期放送に関する調査検討のフィールド試験を実施するため、油谷湾周辺を放送区域とする雨乞岳実験局を開設した。油谷湾周辺は、KRY長門局、KRY豊北実験局(FMキャンセラー)の電波が混在する地域となる。調査検討会では、親局を同一とするFMキャンセラー局が混在するエリアの状況確認を行う必要があることから、親局を長門局とする雨乞岳実験局から電波を発射し、豊北実験局との電波が混在する地域での受信状況を確認した。送信機の出力は20wまで発射可能とした。



図5-28 雨乞岳の位置図

(雨乞岳実験局の諸元)

- ・送信空中線海拔高 349 m (地上高4 m)
- ・送信機出力 20 w
- ・送信空中線 FL型アンテナ 1段1面 (TNから310度方向、水平偏波)
- ・北緯34度23分55秒、東経131度03分30秒
- ・放送波中継 (親局長門局 86.4MHz 垂直)
または自局変調方式 (プログラム伝送 長門局から4.9GHz FWA 回線)

雨乞岳から電波を発射した場合、広い範囲で長門局・豊北実験局・雨乞岳実験局の3つの電波が交差するエリアになるため、実際の電波を発射するタイミングは夜間となった。



図5-29 雨乞岳周辺のFM放送区域と調査場所



図5-30 雨乞岳実験局の設備設置場所

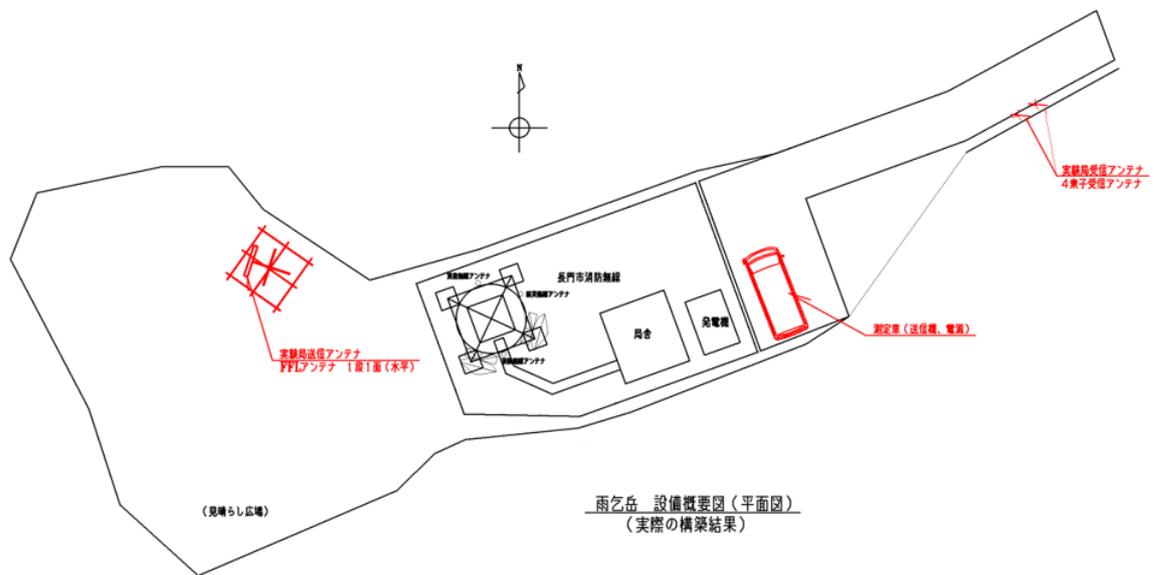


図5-31 雨乞岳実験局の機器配置図(平面図)

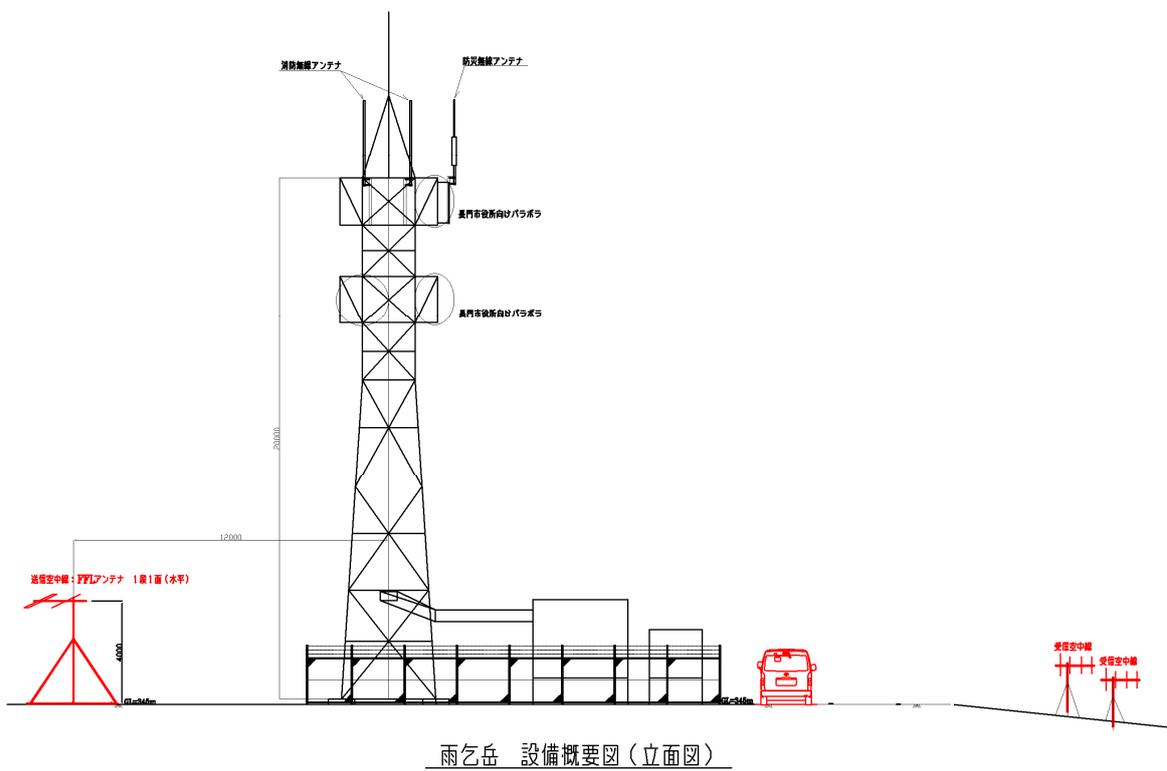


図5-32 雨乞岳実験局の機器配置図(立面図)

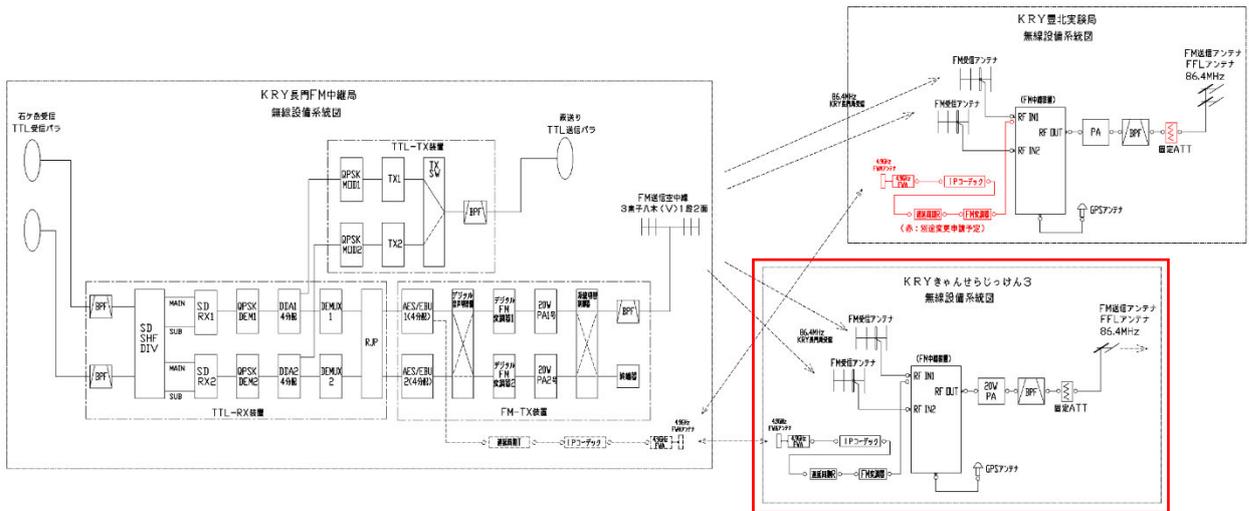
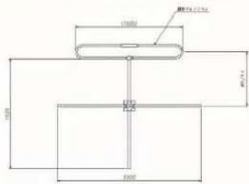


図5-33 雨乞岳実験局の総合系統図

レフダイポールアンテナ 有指向型 / 型名: FFL-1

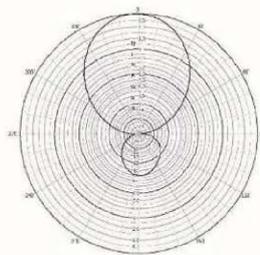
基本仕様



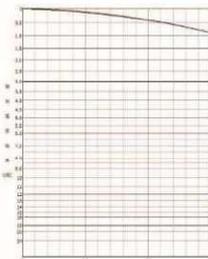
| 項目 | 仕様 |
|---------|----------------------|
| 使用周波数帯域 | 76MHz~108MHz |
| 利得 | 3dBd(単体) |
| VSWR | 1.5以下(76MHz~108MHz)※ |
| 入力 | N型(標準) |
| インピーダンス | 50Ω |
| 耐電力 | 250W(単体)以下 |
| 耐風速 | 65m/秒 以下 |
| 気密性 | 無充填型 |
| 寸法 | 約1700mm×2000mm |
| 材質 | 耐食性高強度アルミ(素子部) |
| 重量 | 約5kg |

※使用周波数での適応となります

指向性例



水平面



垂直面

VSWR例

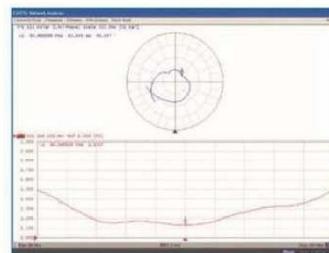


図5-34 雨乞岳実験局の送信空中線

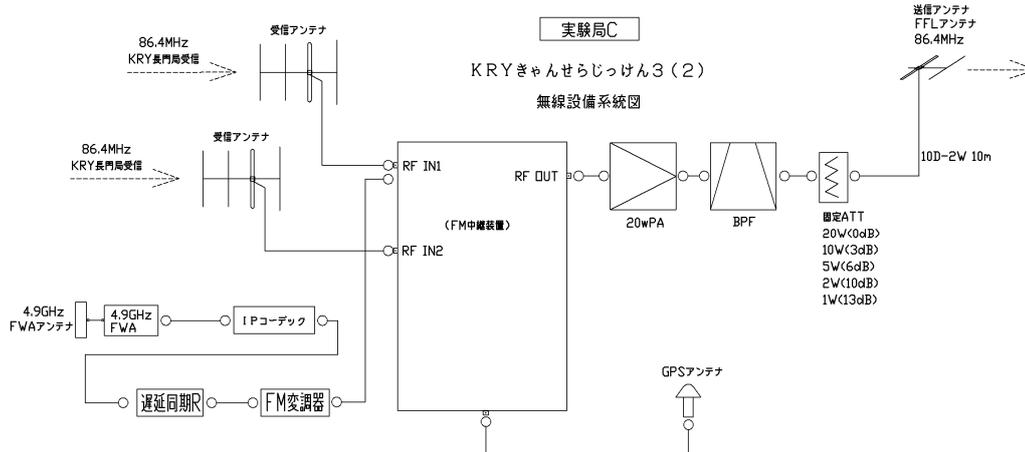


図5-35 雨乞岳実験局の系統図

| FFLアンテナ1段1面(油谷周辺で使用) | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|------|----|----------|------------------|-----|----------|---|
| | A面 | B面 | C面 | 単位 | 分配比の合計 | | | |
| 水平面方位 | 285 | | | ° | | | | |
| 1段 | 1 | | | | | | | 1 |
| 2段 | | | | | | | | |
| 3段 | | | | | | | | |
| 単体利得 | 3 | | | dB | | | | |
| 分配減衰 | 0 | | | dB | | | | |
| 段積上利得 | 0 | | | dB | 段数の積み上げ利得—段数×0.1 | | | |
| 異分配ロス | 0 | | | dB | | | | |
| 利得 | 3 | | | dB | | | | |
| 申請:利得 | 3.00 | 0.00 | | dB | | | | |
| 給電線損失 | -0.3 | | | dB | 10D-2W | 10m | 0.03dB/m | |
| 共用器損失 | 0 | | | | | | | |
| その他損失 | 0 | | | | | | | |
| 申請:損失 | -0.3 | 0 | | dB | | | | |
| 総合利得 | 2.7 | 0 | | dB | | | | |
| 放送機出力 | 13.0103 | | | dBm | 20 W | | | |
| 空中線電力 | 15.7103 | | | dB | | | | |
| W換算 | 37.241743 | | | dB | | | | |
| 総通計算 | 37 | | | W | | | | |

頭が1の場合は3桁目を2捨3入7捨て8入、0か5単位

図5-36 雨乞岳実験局の実効輻射電力計算表

5. 5 実験試験局の設置状況

各実験試験局の設置状況を写真で報告する。

(1) 雨乞岳実験局



図5-37 雨乞岳実験局の送信空中線写真



図5-38 雨乞岳実験局の受信空中線写真



図5-39 FM送信機収容車両

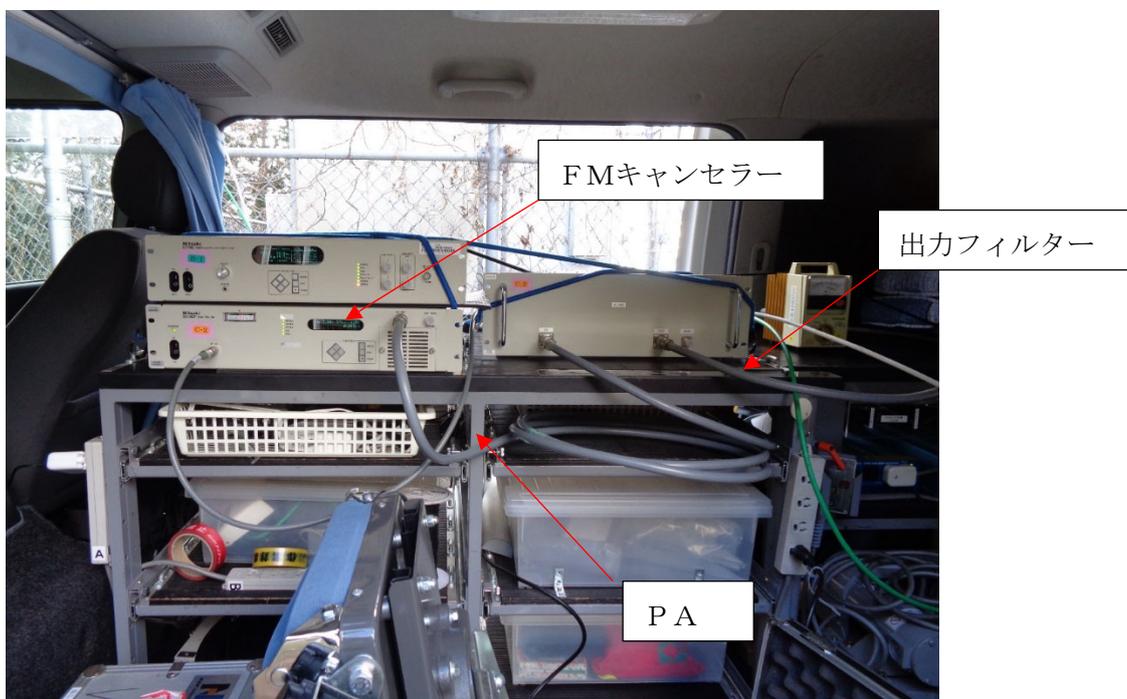


図5-40 FM送信機収容状況

(2) 山口大学 工学部 (字部) 実験試験局の設置状況



図5-41 山口大学 実験局設置場所(地図)



図5-42 山口大学 実験局設置場所(航空写真)



図5-43
機械・社建棟（実験局A）
受信空中線 設置状況



図5-44
機械・社建棟（実験局A）
FM中継装置 設置状況



図5-45
機械・社建棟（実験局A）
送信空中線 設置状況



図5-46
総合研究棟（実験局B）
受信空中線 設置状況



図5-47
総合研究棟（実験局B）
FM中継装置 設置状況



図5-48
総合研究棟（実験局B）
送信空中線 設置状況



図 5 - 4 9
電気・電子棟（実験局 C）
受信空中線 設置状況



図 5 - 5 0
電気・電子棟（実験局 C）
FM中継装置 設置状況



図 5 - 5 1
電気・電子棟（実験局 C）
送信空中線 設置状況

5. 6 KRY豊北実験局を活用した試験

KRY豊北実験試験局を活用した試験結果については、豊北実験局と長門FM局間、及び豊北実験局と豊田FM局間の試験を行ったので報告する。

(1)KRY豊北 FM 実験局～KRY長門 FM 局間の屋外試験

KRY豊北実験試験局を活用し、上位局(親局)であるKRY長門FM中継局の電波とKRY豊北実験局の電波が交差するエリアの屋外試験を実施した。(条件②の確認)

(測定条件)

- ・車両に測定器を搭載し、移動しながら連続測定を実施(SFNアナライザー)
- ・測定周波数は86.4MHz
- ・測定信号はプログラム音声
- ・測定項目は端子電圧、PSER, GPS位置情報
- ・プログラム音声も録音(1分単位で分割、チューナーはSFNアナライザー)
- ・同じルートを周波数シフトごとに3往復走行
- ・走行速度は法定速度を遵守しつつ、できるだけ50km/h前後で走行
- ・アンテナはホイップアンテナ
- ・SFNアナライザーの帯域幅は Middle で設定
- ・KRY豊北実験局は送信機出力50w



図5-52 豊北～長門間 試験走行ルート

(ア) 豊北実験局～長門局間 移動測定データ(端子電圧とPSERの関係:+100Hz)

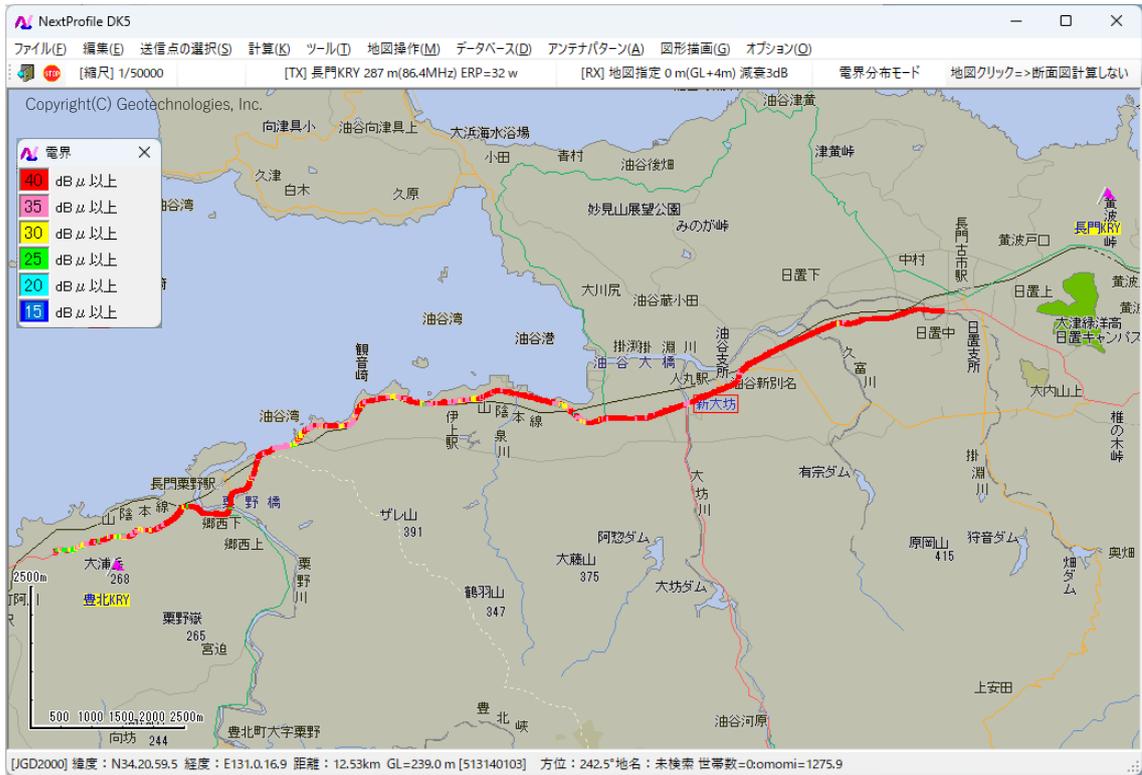


図5-53 豊北～長門間 端子電圧分布図(豊北実験局+100Hz)

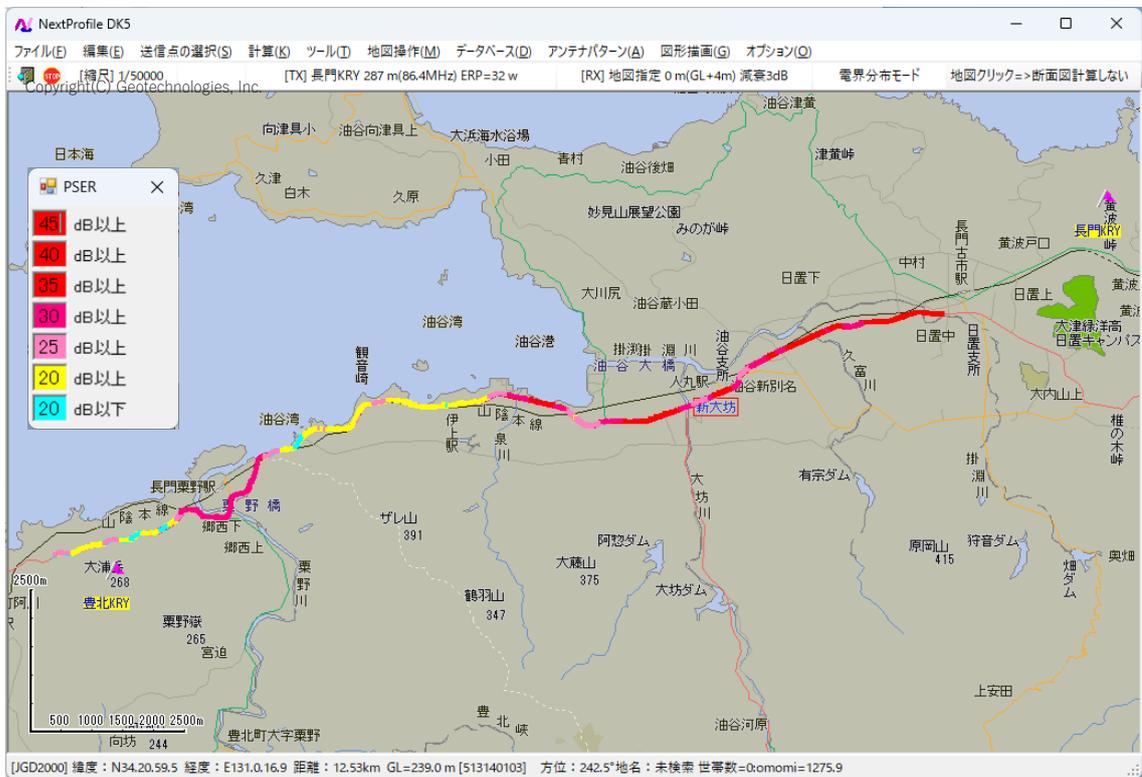


図5-54 豊北～長門間 PSER 分布図(豊北実験局+100Hz)

(イ) 豊北実験局～長門局間 移動測定データ(端子電圧とPSERの関係:-100Hz)

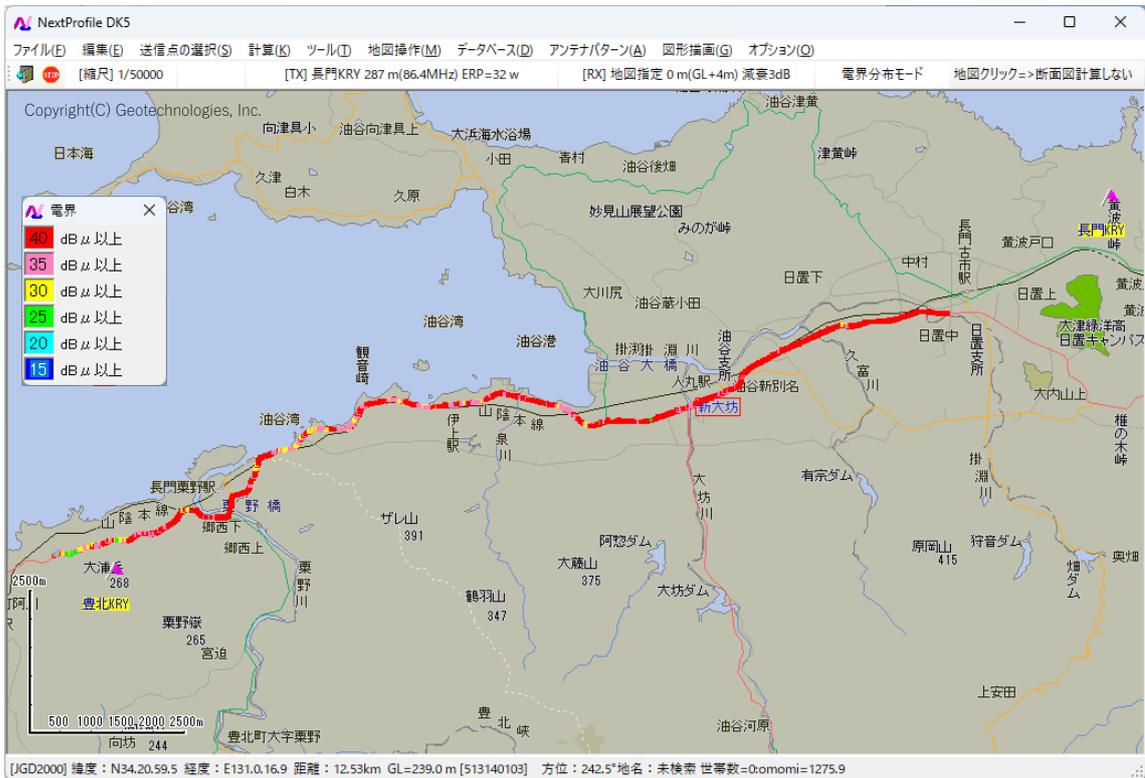


図5-55 豊北～長門間 端子電圧分布図(豊北実験局-100Hz)

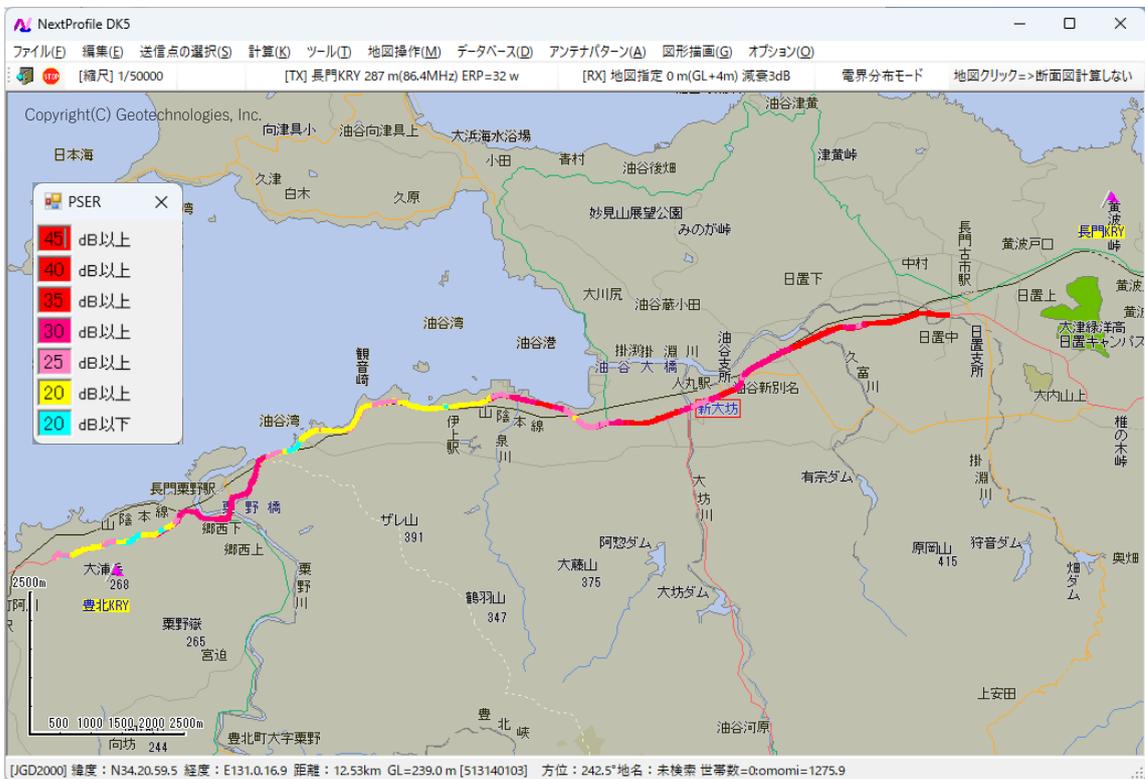


図5-56 豊北～長門間 PSER 分布図(豊北実験局-100Hz)

(ウ) 豊北実験局～長門局間 移動測定データ(端子電圧とPSERの関係: ±100Hz)

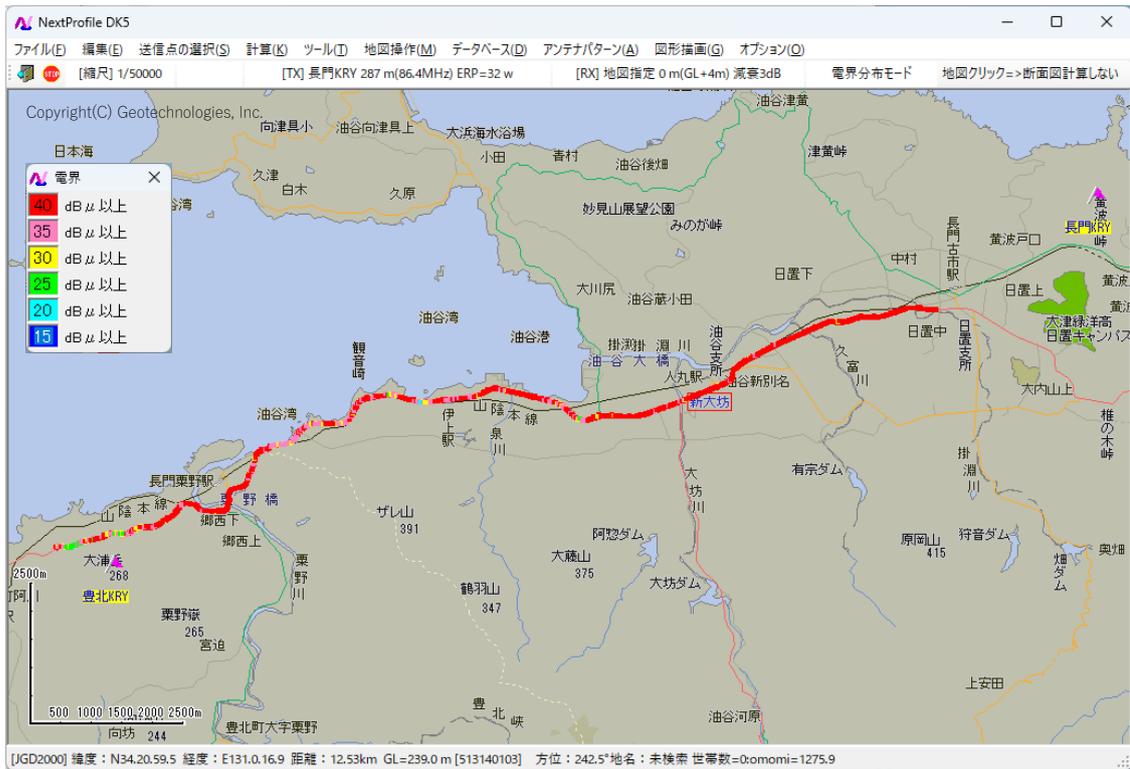


図5-57 豊北～長門間 端子電圧分布図(豊北実験局±100Hz)

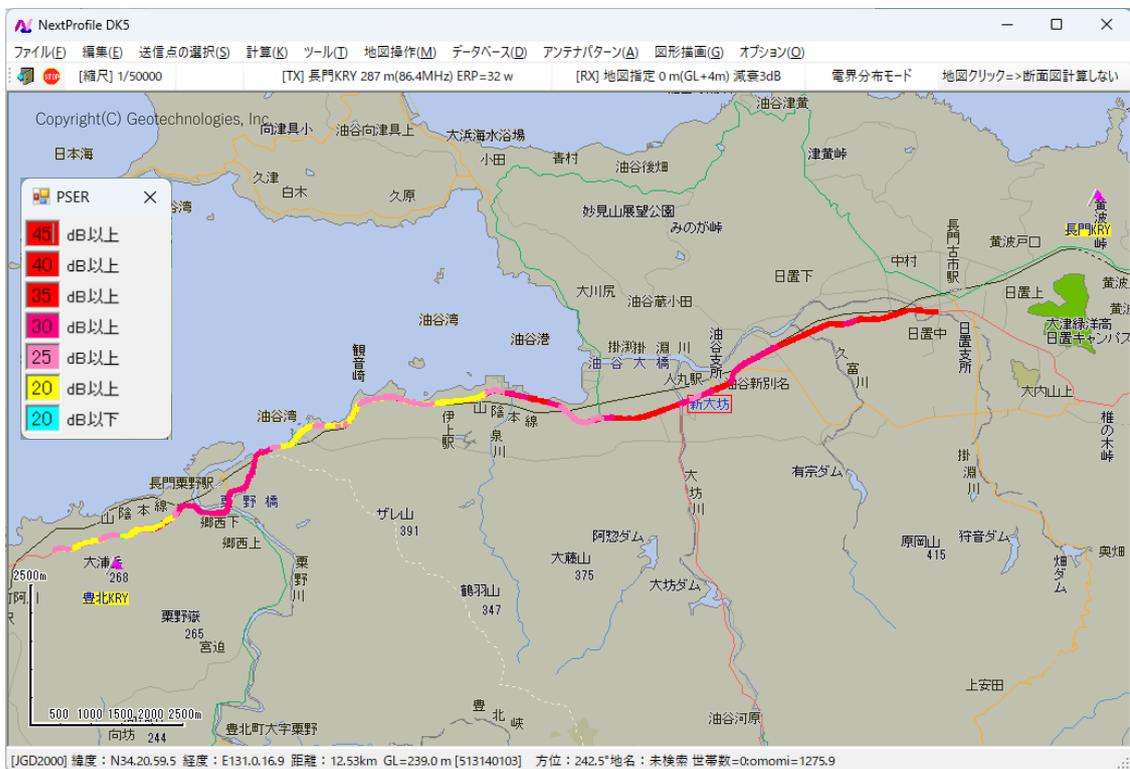


図5-58 豊北～長門間 PSER 分布図(豊北実験局±100Hz)

(エ) 豊北実験局～長門局間 移動測定データグラフ(100m単位で集計)

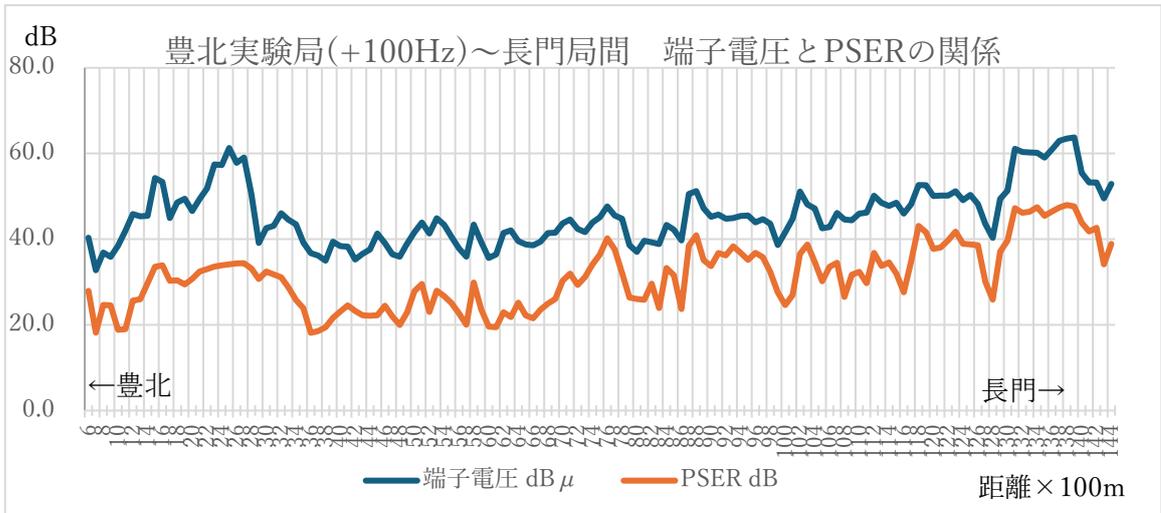


図5-59 豊北～長門間 端子電圧とPSERの集計グラフ(豊北実験局+100Hz)

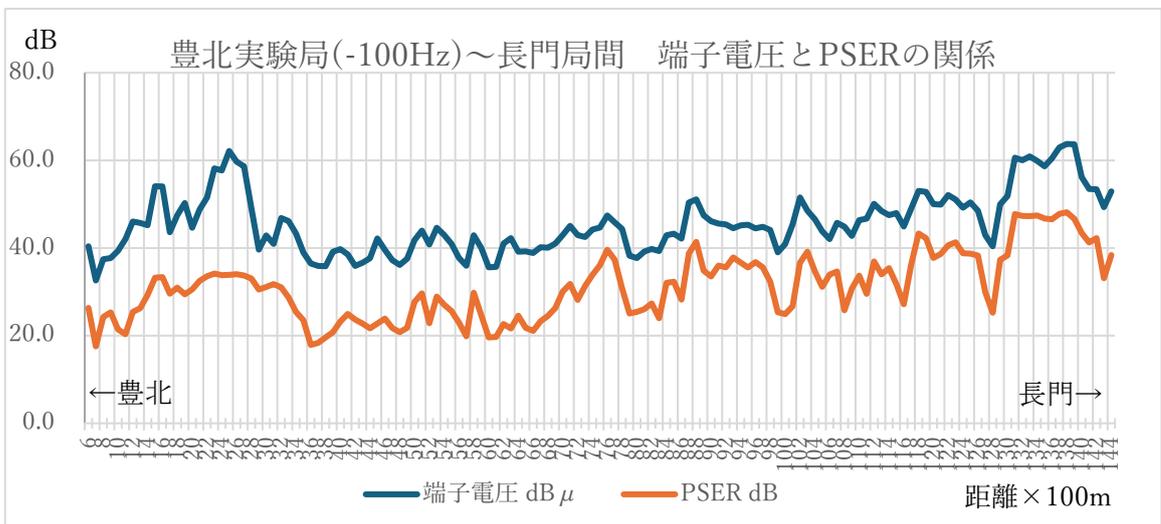


図5-60 豊北～長門間 端子電圧とPSERの集計グラフ(豊北実験局-100Hz)

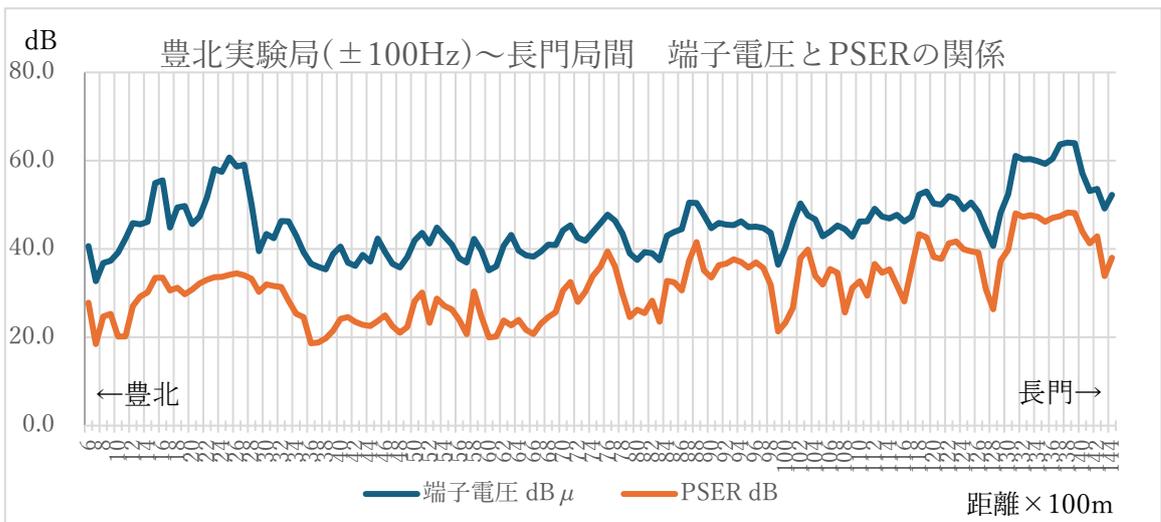


図5-61 豊北～長門間 端子電圧とPSERの集計グラフ(豊北実験局±100Hz)

(オ) 豊北実験局～長門局間 移動測定データ(各シフト方式で比較、100m単位で集計)

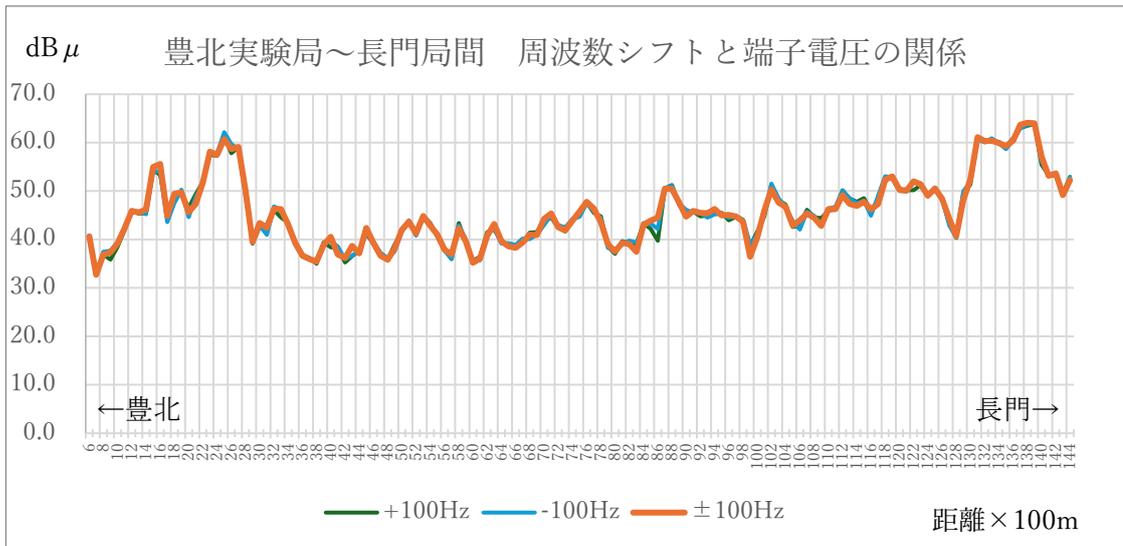


図5-62 豊北～長門間 周波数シフトと端子電圧の関係

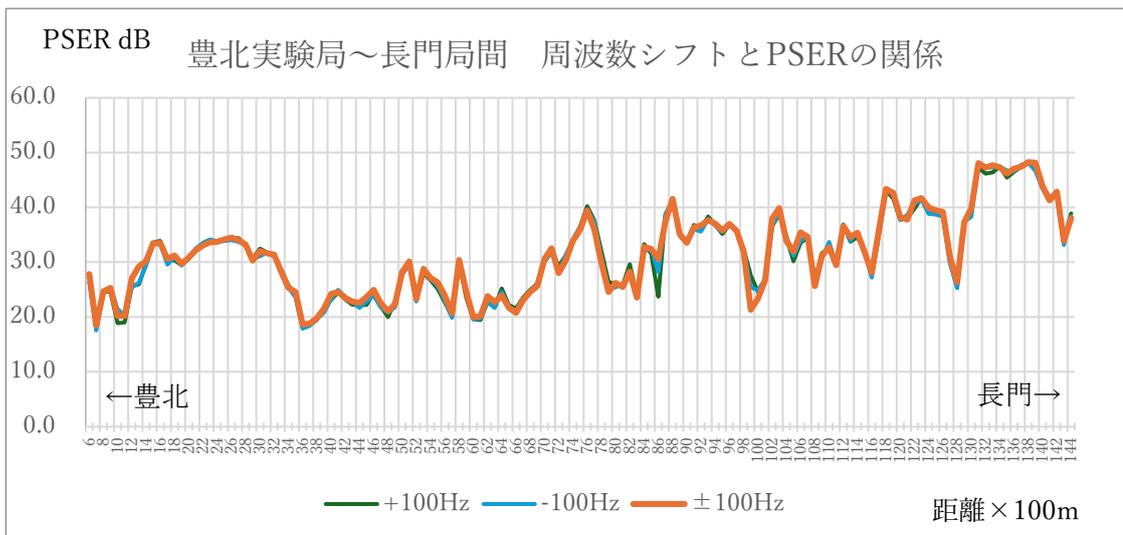


図5-63 豊北～長門間 周波数シフトとPSERの関係

(考察)

周波数シフト方式の違いによる差については顕著な差は見られなかった。

音質についても、周波数シフト方式による差は確認できなかった。

(2) KRY豊北FM実験局～KRY豊田FM局間の屋外試験

KRY豊北実験試験局を活用し、別の放送波中継ルートとなるKRY豊田FM中継局の電波とKRY豊北実験局の電波が交差するエリアの屋外試験を実施した。(条件③の確認)

(測定条件)

- ・車両に測定器を搭載し、移動しながら連続測定を実施(SFNアナライザー)
- ・測定周波数は86.4MHz
- ・測定信号はプログラム音声
- ・測定項目は端子電圧、PSER、GPS位置情報
- ・プログラム音声も録音(1分単位で分割、チューナーはSFNアナライザー)
- ・同じルートを周波数シフトごとに3往復走行
- ・走行速度は法定速度を遵守しつつ、できるだけ50km/h前後で走行
- ・アンテナはホイップアンテナ
- ・SFNアナライザーの帯域幅は Middle で設定
- ・KRY豊北実験局は送信機出力50w

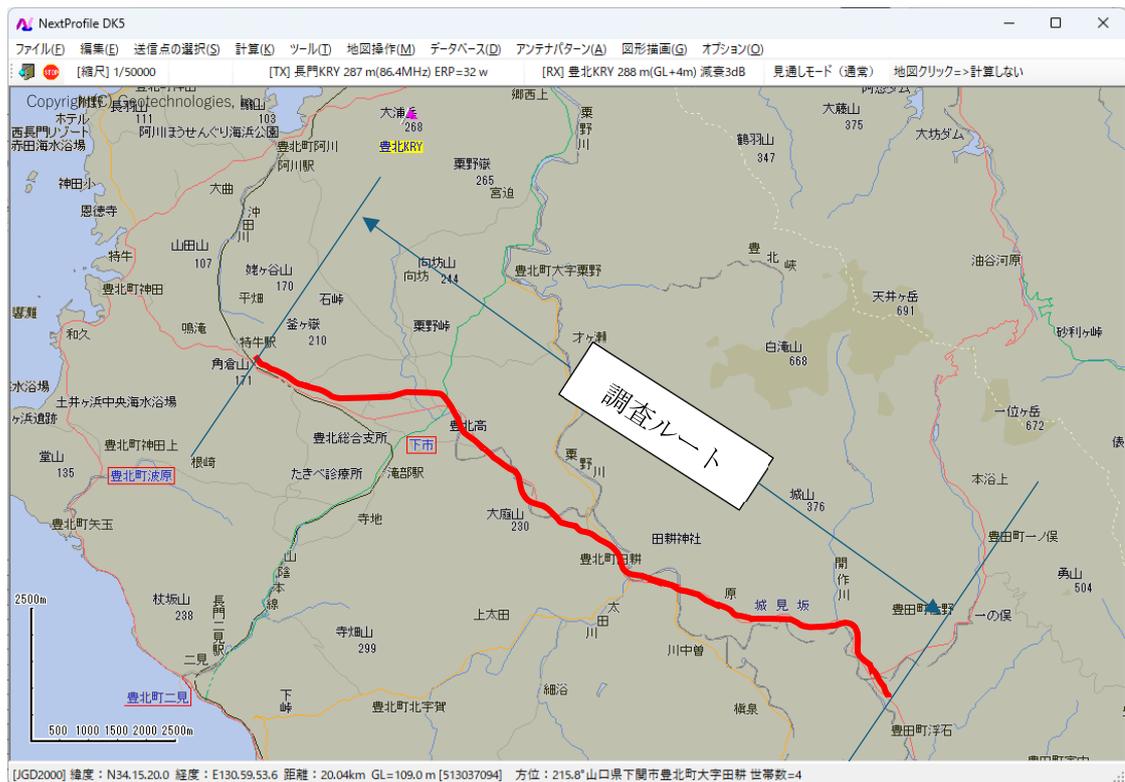


図5-64 豊北～豊田間 試験走行ルート

(ア) 豊北実験局～豊北局間 移動測定データ (端子電圧とPSEERの関係 : +100Hz)

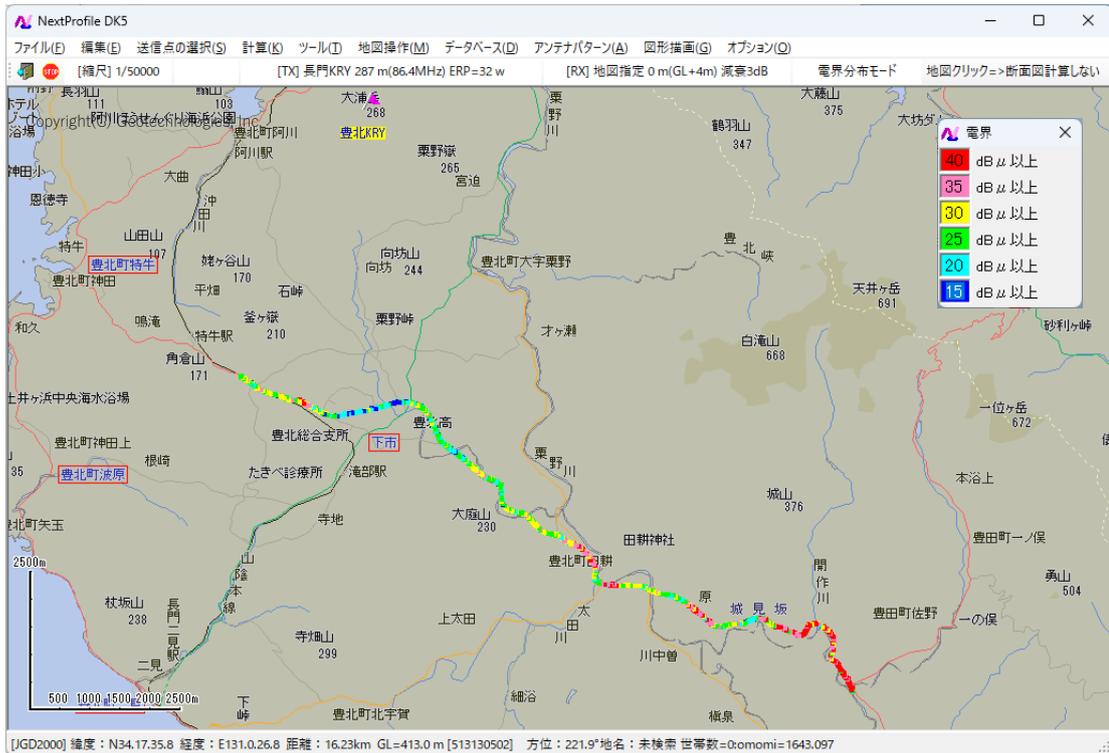


図5-65 豊北～豊田間 端子電圧分布図(豊北実験局+100Hz)

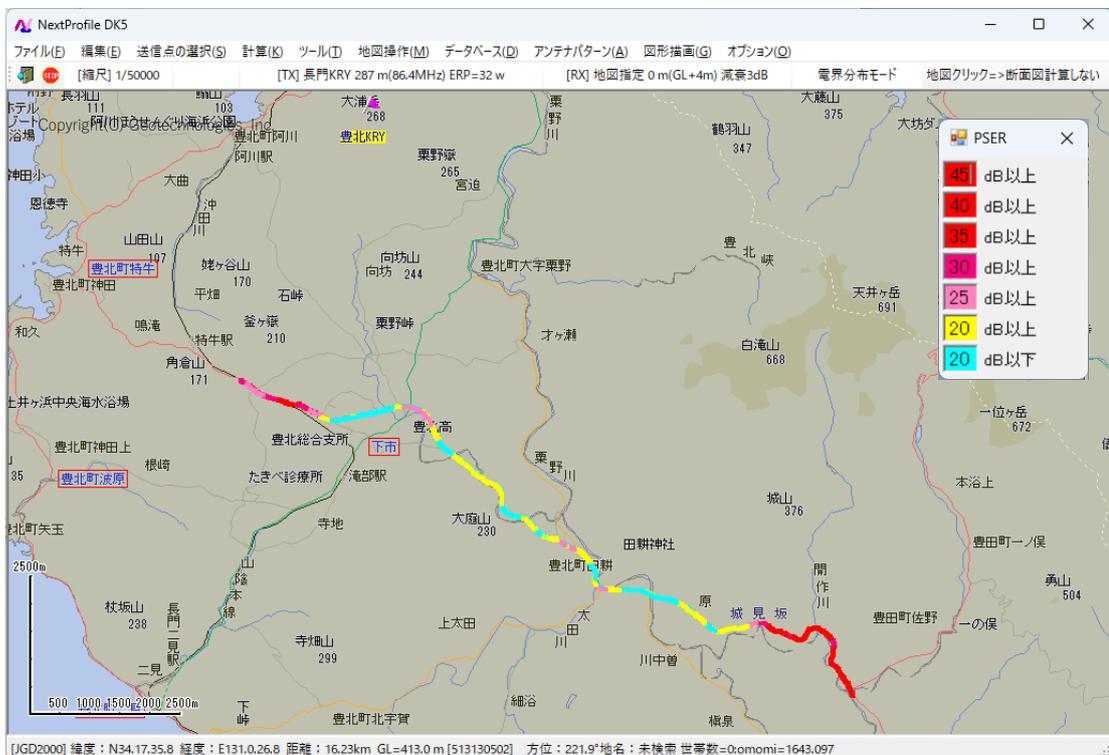


図5-66 豊北～豊田間 PSER 分布図(豊北実験局+100Hz)

(イ) 豊北実験局～豊北局間 移動測定データ (端子電圧とPSEERの関係：-100Hz)



図5-67 豊北～豊田間 端子電圧分布図(豊北実験局—100Hz)

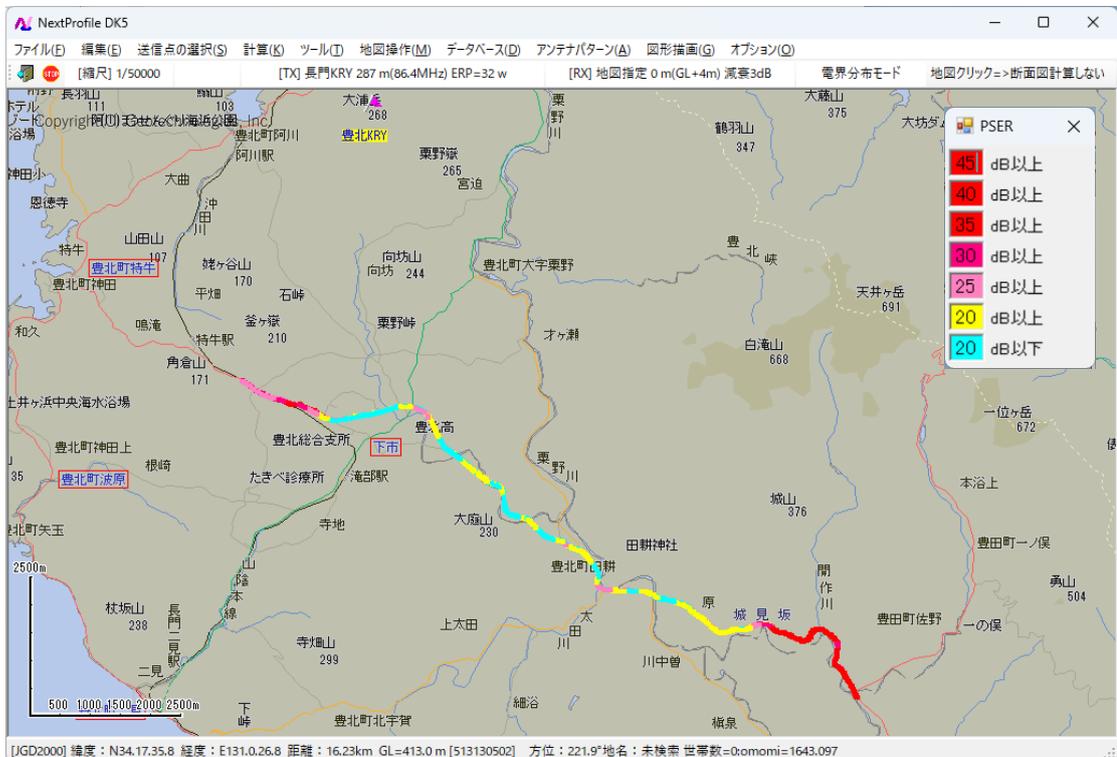


図5-68 豊北～豊田間 PSER 分布図(豊北実験局—100Hz)

(ウ) 豊北実験局～豊北局間 移動測定データ (端子電圧とPSEERの関係: ±100Hz)



図5-69 豊北～豊田間 端子電圧分布図(豊北実験局±100Hz)

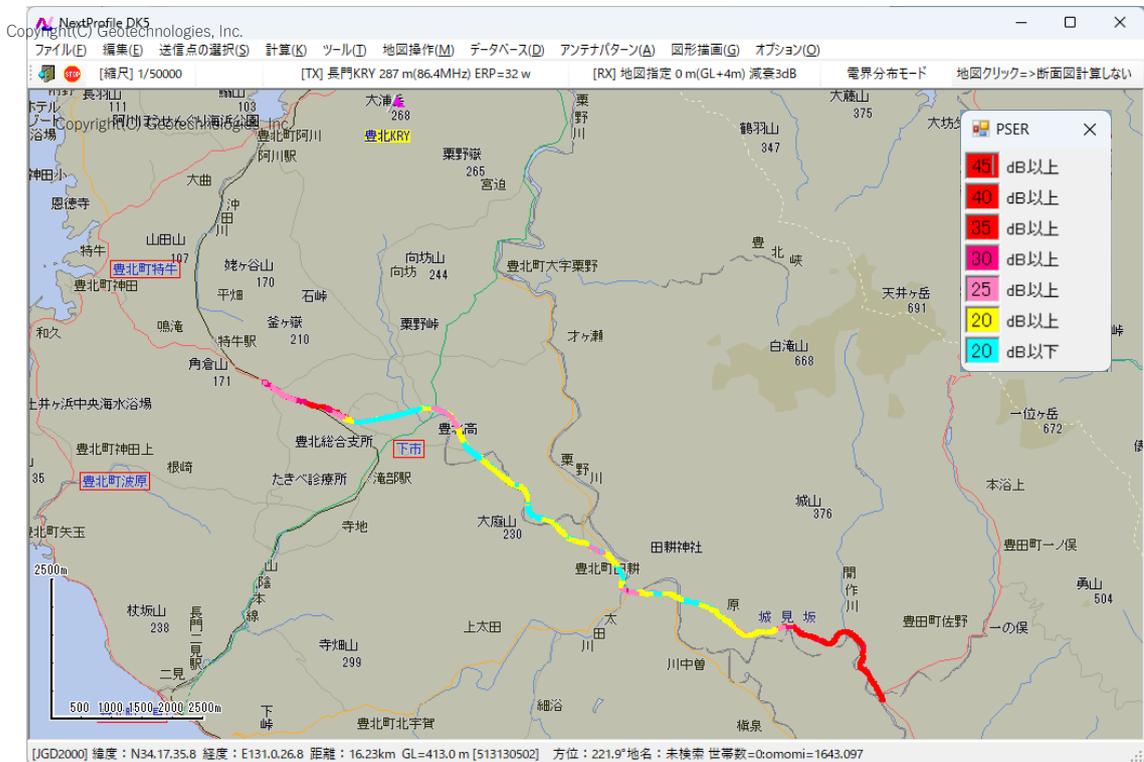


図5-70 豊北～豊田間 PSER 分布図(豊北実験局±100Hz)

(エ) 豊北実験局～豊田局間 移動測定データグラフ(100m単位で集計)

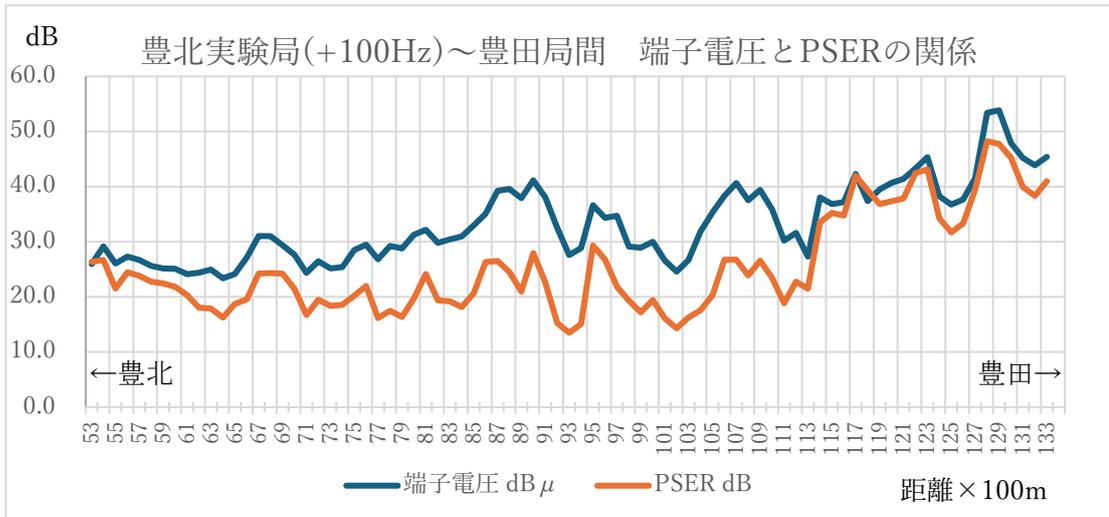


図5-71 豊北～豊田間 端子電圧とPSERの集計グラフ(豊北実験局+100Hz)

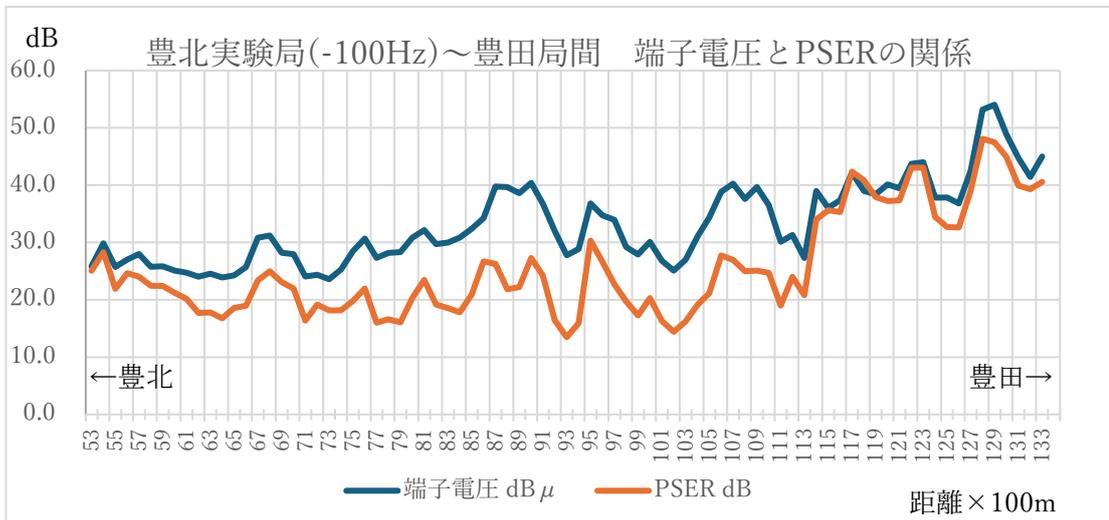


図5-72 豊北～豊田間 端子電圧とPSERの集計グラフ(豊北実験局-100Hz)

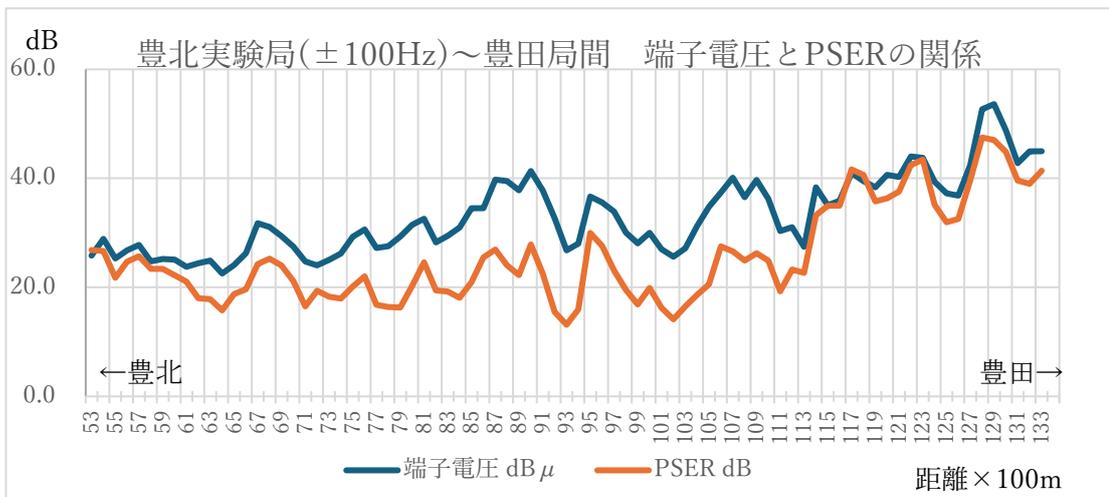


図5-73 豊北～豊田間 端子電圧とPSERの集計グラフ(豊北実験局 $\pm 100\text{Hz}$)

(オ) 豊北実験局～豊田局間 移動測定データ (各シフト方式で比較、100m単位で集計)

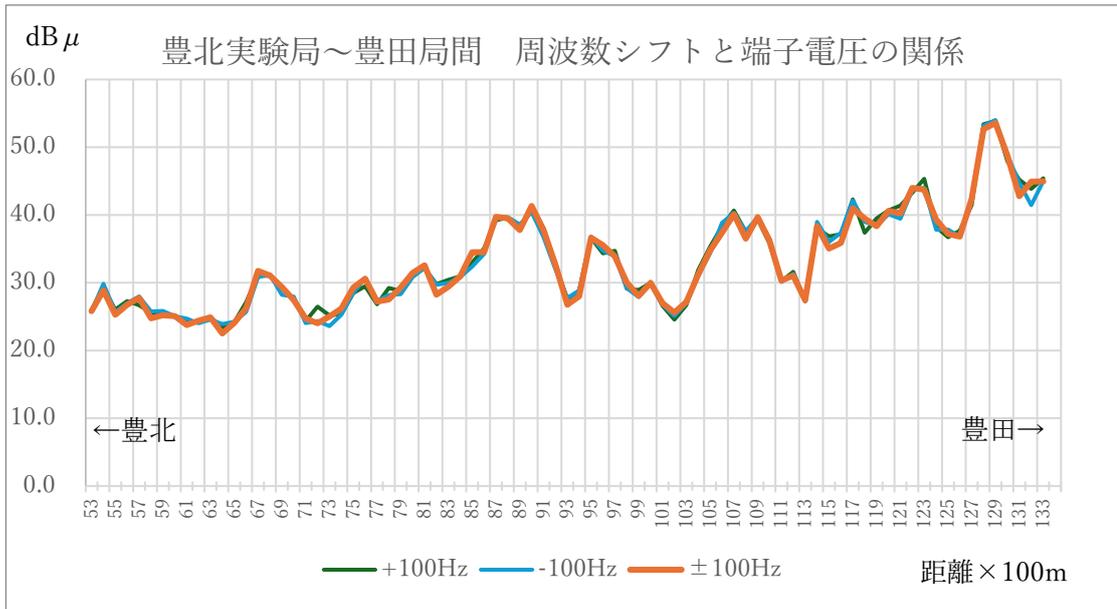


図5-74 豊北～豊田間 周波数シフトと端子電圧の関係

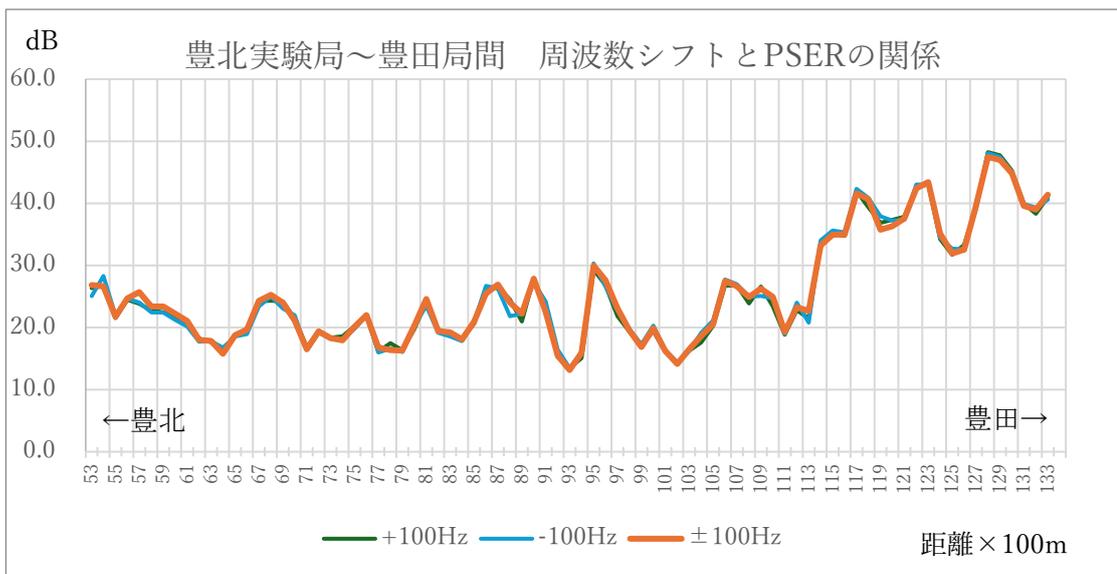


図5-75 豊北～長門間 周波数シフトとPSERの関係

(考察)

水平偏波同士が交錯するエリアでの試験となった。端子電圧が全体的に低めで、PSERの値も低めの範囲が広がった。

長門局と同様に周波数シフト方式の違いによる差については顕著な差は見られなかった。

音質についても、周波数シフト方式による差は確認できなかった。

(3) 各局毎の電界分布測定

山口放送様は、山陰沿いでは86.4MHzでFM同期放送をおこなっておられるため、エリアが輻輳する地域では各局の電波が混ざった状態にあるが、日曜日の深夜は放送休止(無音)となるため、リアルタイムスペアナで周波数範囲(SPAN)を狭めて測定することにより豊北実験局、長門局、豊田局それぞれの電波を分けて測定することができる。これにより、豊北実験局と他局とのDU比が少ない地点を求める。

(測定条件)

- ・車両に測定器を搭載し、移動しながら連続測定を実施(リアルタイムスペアナ)
- ・測定周波数は86.4MHz(SPAN:5kHz)
- ・測定信号は無音(モノラル)
- ・測定項目は端子電圧、GPS位置情報
- ・特定のルートを1回測定。(豊田～豊北～角島～油谷～長門)
- ・周波数シフトは+100Hzのみ。
- ・走行速度は法定速度を遵守しつつ、できるだけ50km/h前後で走行
- ・アンテナはホイップアンテナ
- ・豊北実験局は送信機出力50w

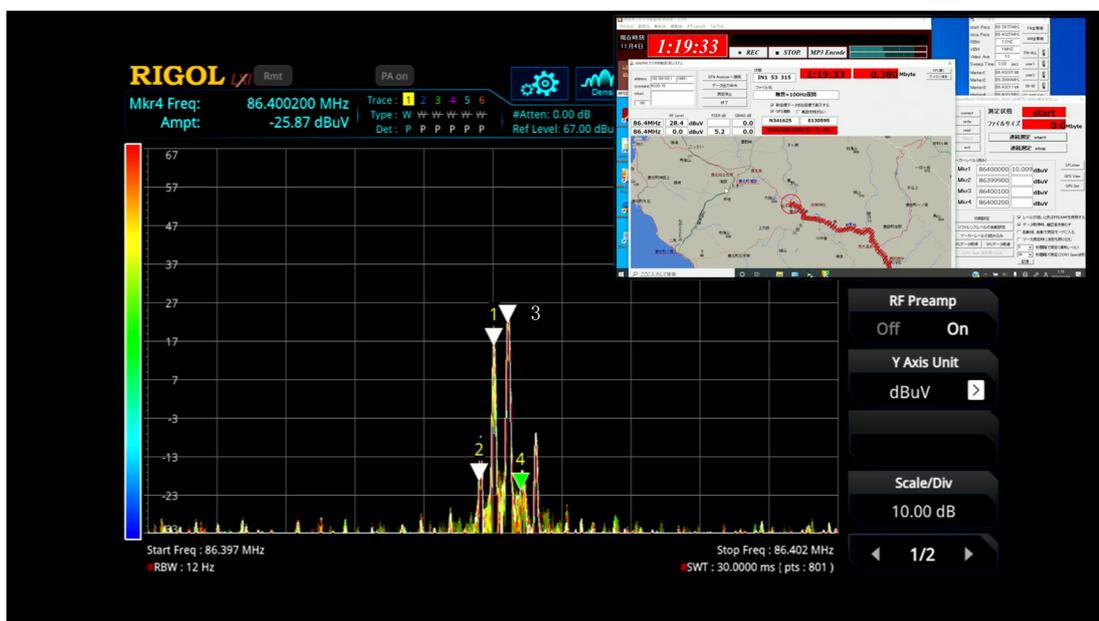


図5-76 無音時のスペアナ波形

- マーカー1: オフセット0Hz(長門局、豊田局)
- マーカー2: オフセット-100Hz
- マーカー3: オフセット+100Hz(豊北実験局)
- マーカー4: オフセット+200Hz

(ア) リアルタイムスペアナによる端子電圧測定結果

周波数:86.400000MHz

変調信号:無音(モノラル)

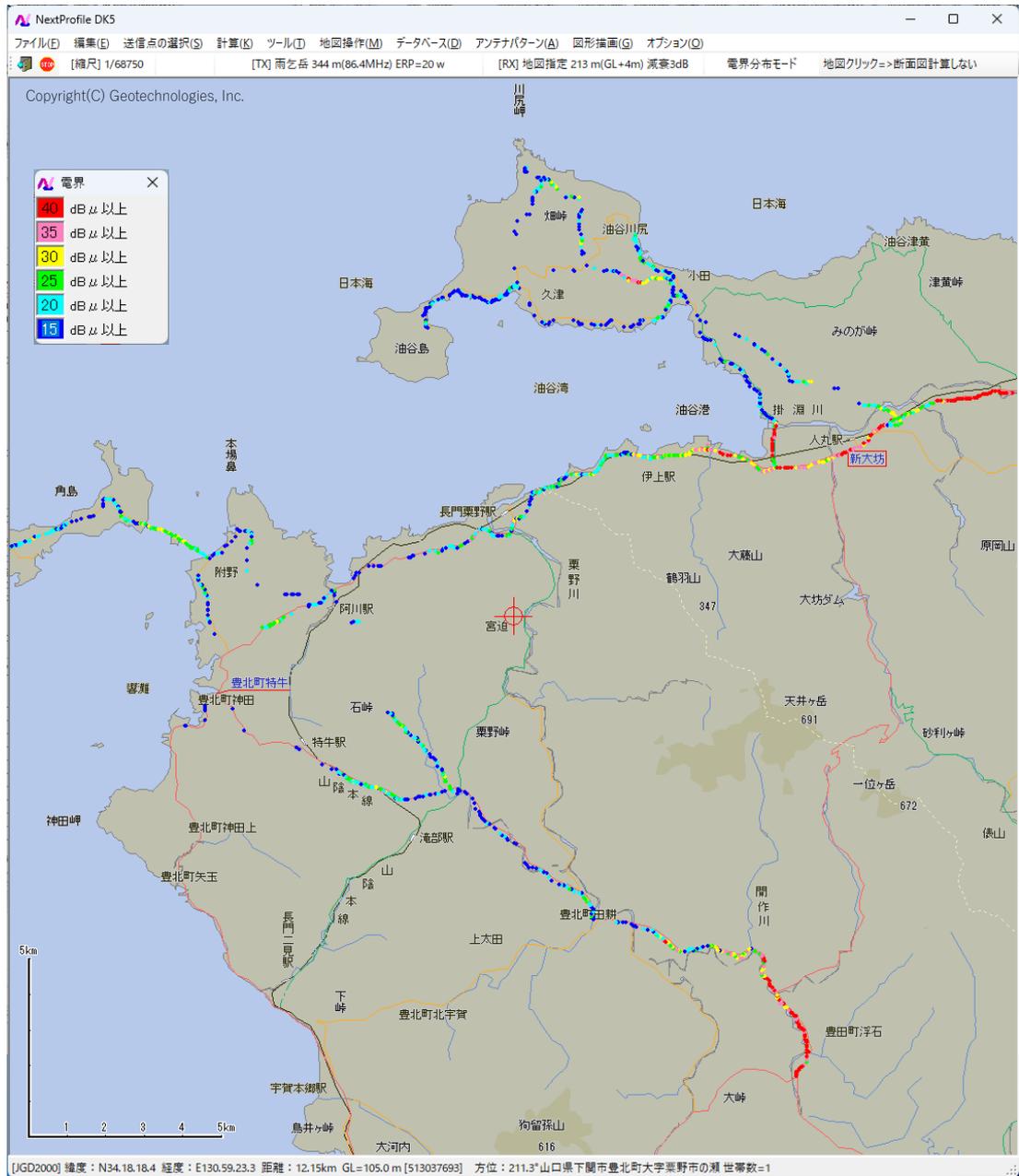


図5-77 86.400000MHz 電界分布図

(イ) リアルタイムスペアナによる端子電圧測定結果

周波数：86.400100MHz

変調信号：無音（モノラル）



図5-78 86.400100MHz 電界分布図

(ウ) 豊北実験局～長門局間の電界カーブ（100m単位で集計）

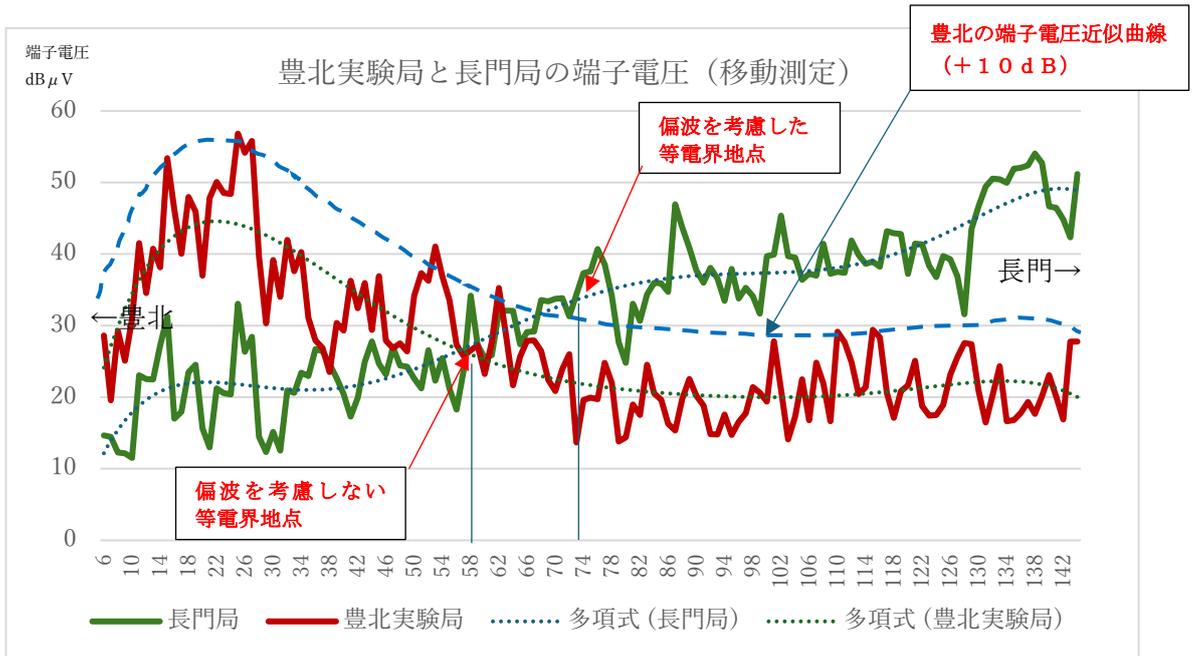


図5-79 豊北～長門間の端子電圧（移動測定）



図5-80 豊北～長門間の端子電圧によるD/U分布図

(エ) 豊北実験局～豊田局間の電界カーブ（100m単位で集計）

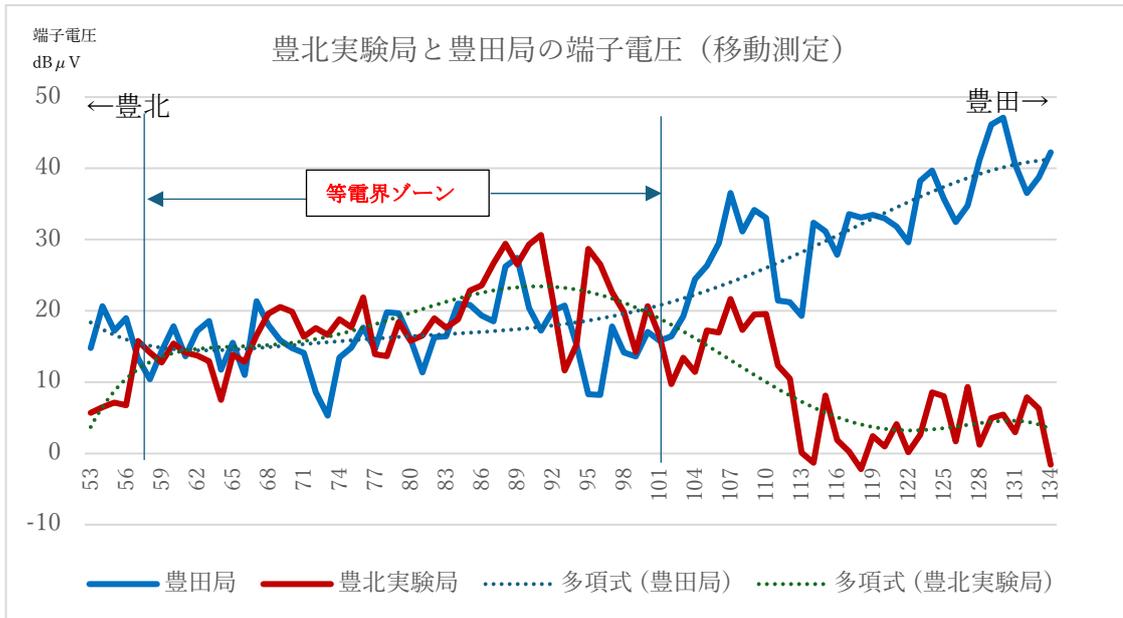


図5-81 豊北～豊田間の端子電圧（移動測定）



図5-82 豊北～豊田間の端子電圧によるDU分布図

(オ) リアルタイムスペアナによる広範囲でのD/U分布測定結果

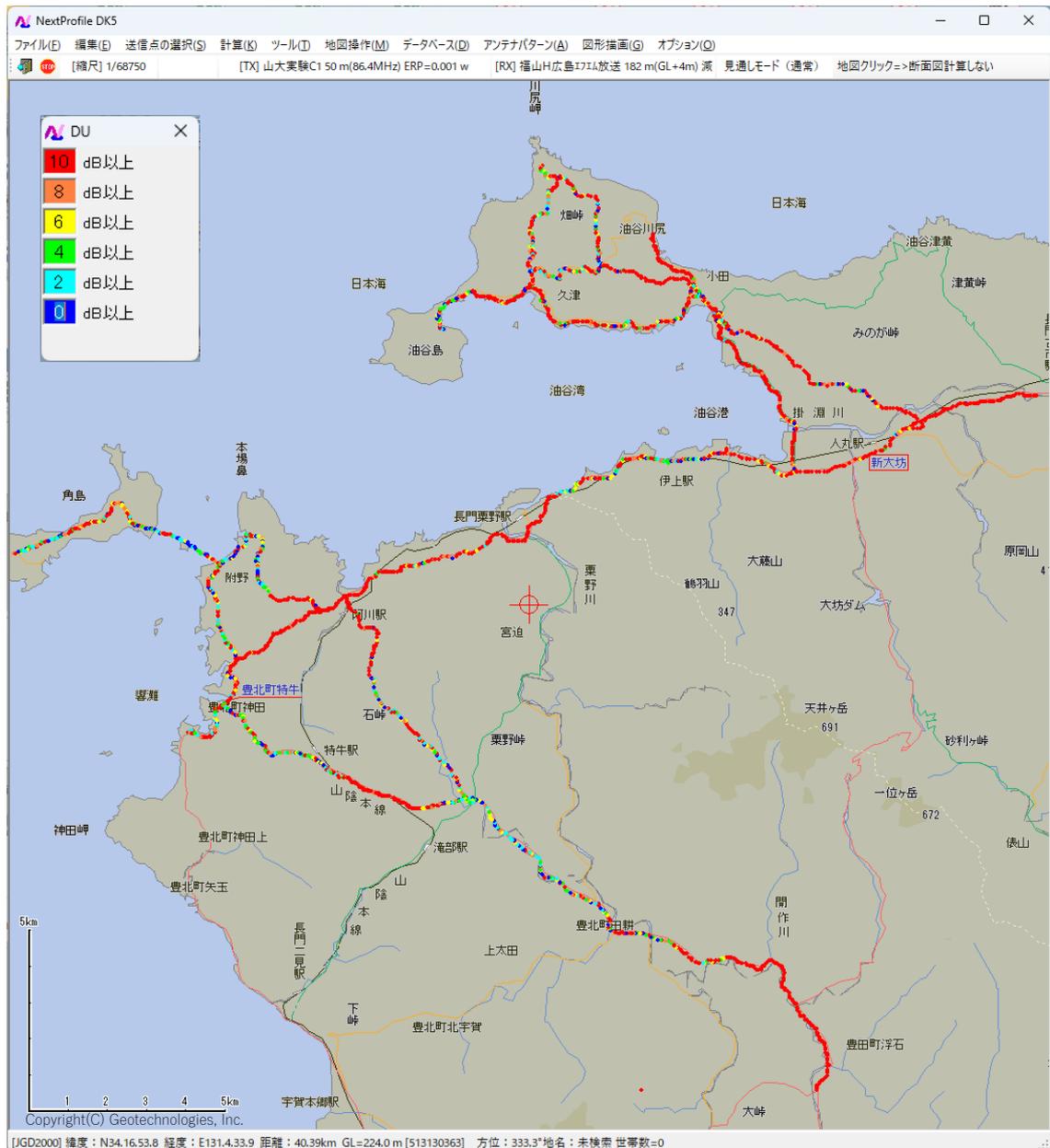


図 5-83 長門～豊北～豊田間の広域D/U分布図

- ・SFNアナライザによるPSER測定結果と同じ傾向となった。
- ・角島大橋付近はDU比が少なく、受信状況がよくない状況とみられる。

(4) KRY豊北実験局の状況

豊北実験局は送信機出力50wで放送中。実験局の出力を変化させた場合の豊田局や長門局との電波が交錯するエリアに対して、どのような影響があるかについて試験を行う。送信機出力は12.5w、2.5w、0wまで変化させ、50w時との比較を行う。

(測定条件)

- ・車両に測定器を搭載し、移動しながら連続測定を実施(SFNアナライザー)
- ・測定周波数は86.4MHz
- ・測定信号はプログラム
- ・測定項目は端子電圧、PSER、GPS位置情報
- ・プログラム音声も録音(1分単位で分割、チューナーはSFNアナライザー)
- ・周波数シフトは+100Hz
- ・特定のルートを1回測定。(豊田～豊北～角島～油谷～長門)
- ・走行速度は法定速度を遵守しつつ、できるだけ50km/h前後で走行
- ・アンテナはホイップアンテナ
- ・SFNアナライザーの帯域幅はMiddleで設定
- ・豊北実験局の送信機出力は50w、12.5w、2.5w、0wで試験を行う

(1) 電界分布、PSE R分布図（豊北実験局 50w時）

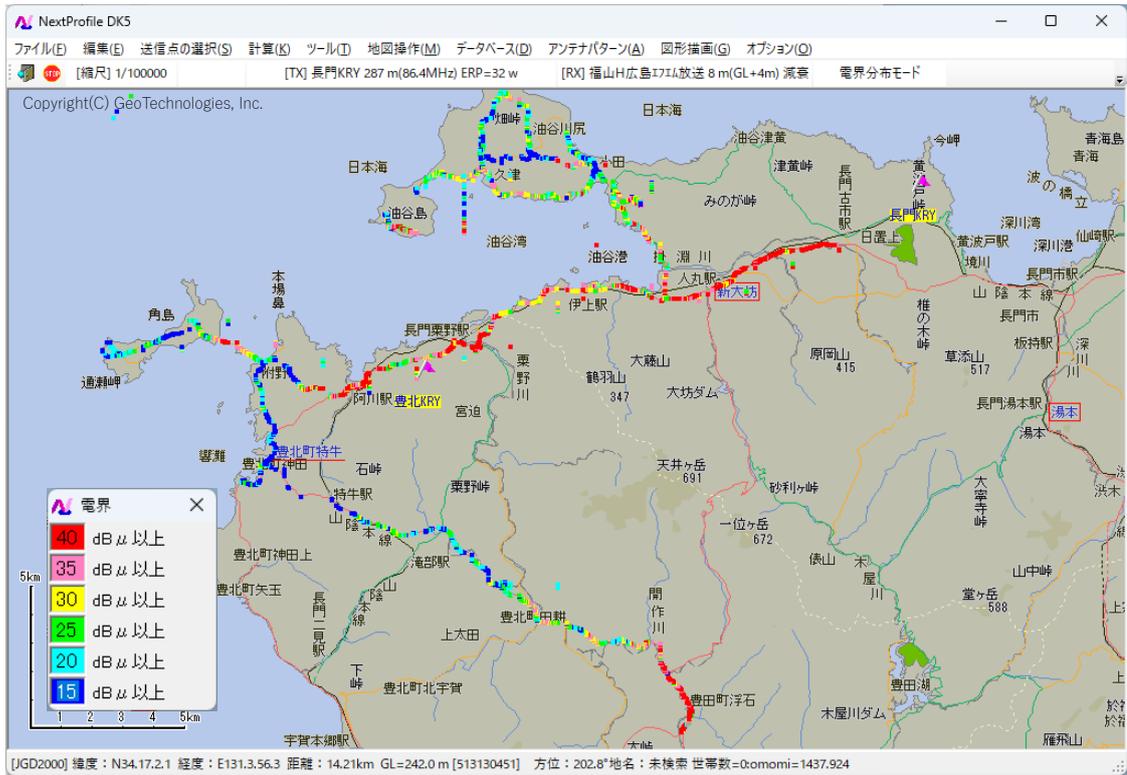


図5-84 豊北実験局 50w時の電界分布図

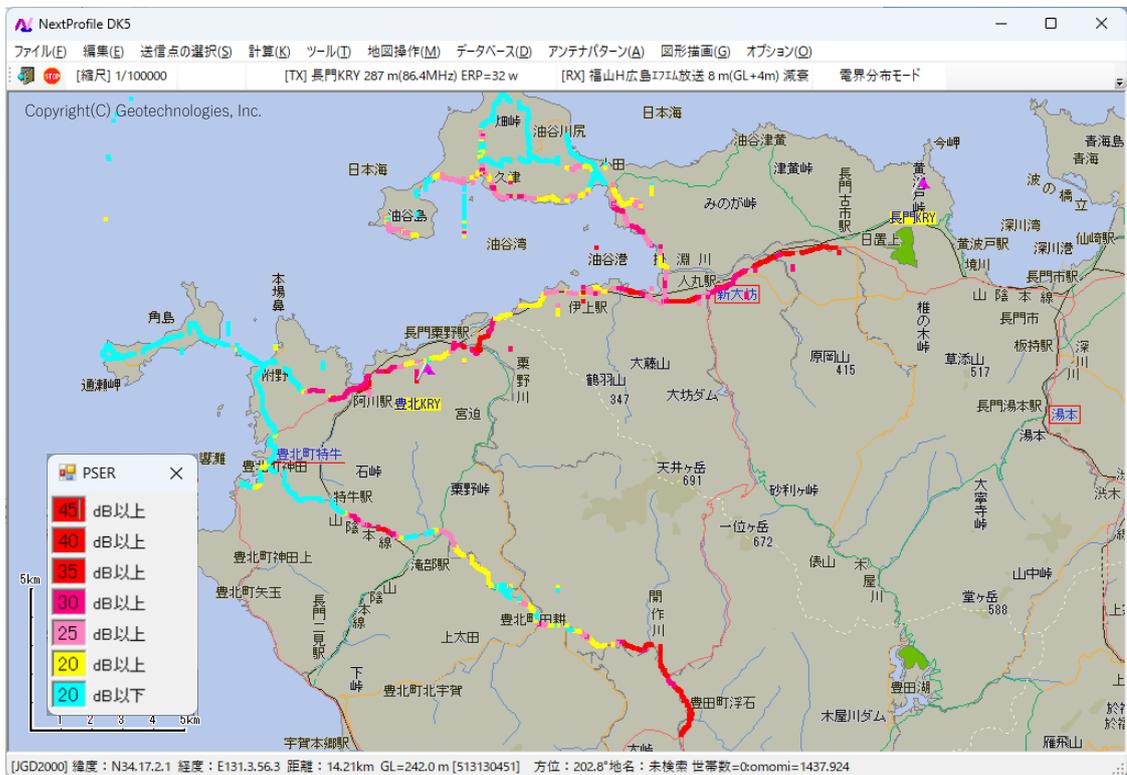


図5-85 豊北実験局 50w時のPSE R分布図

(2) 電界分布、PSE R分布図（豊北実験局 1 2. 5 w）

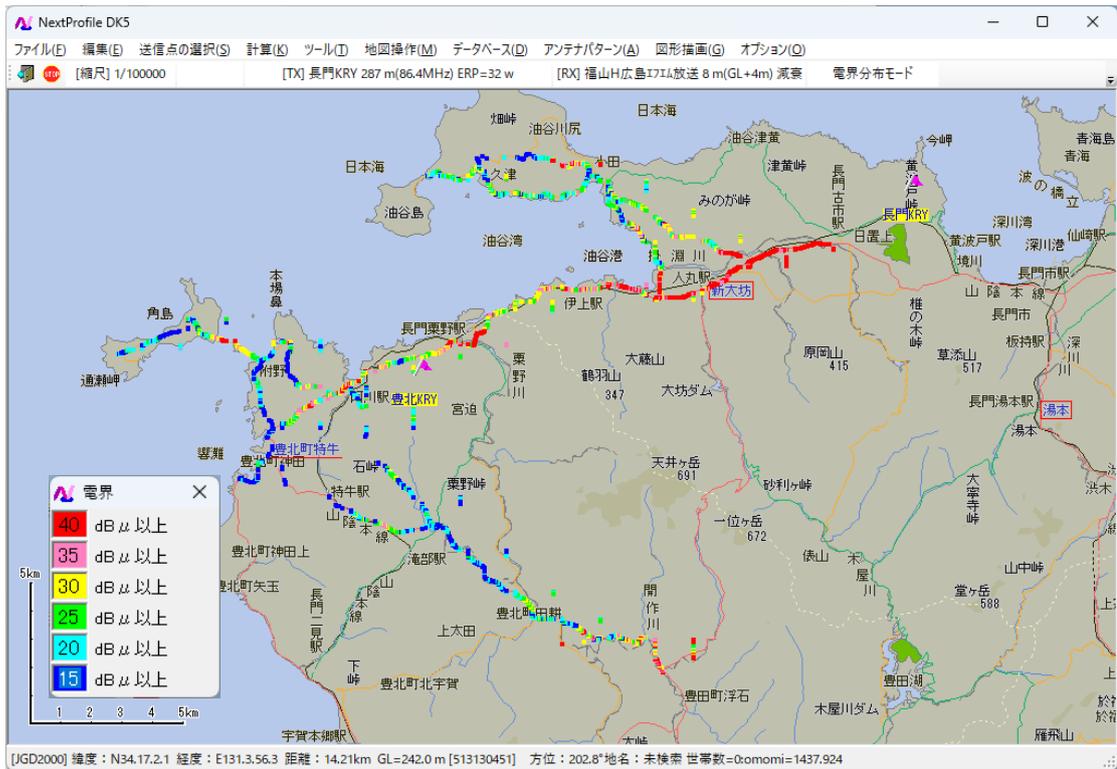


図 5-86 豊北実験局 1 2. 5 w時の電界分布図

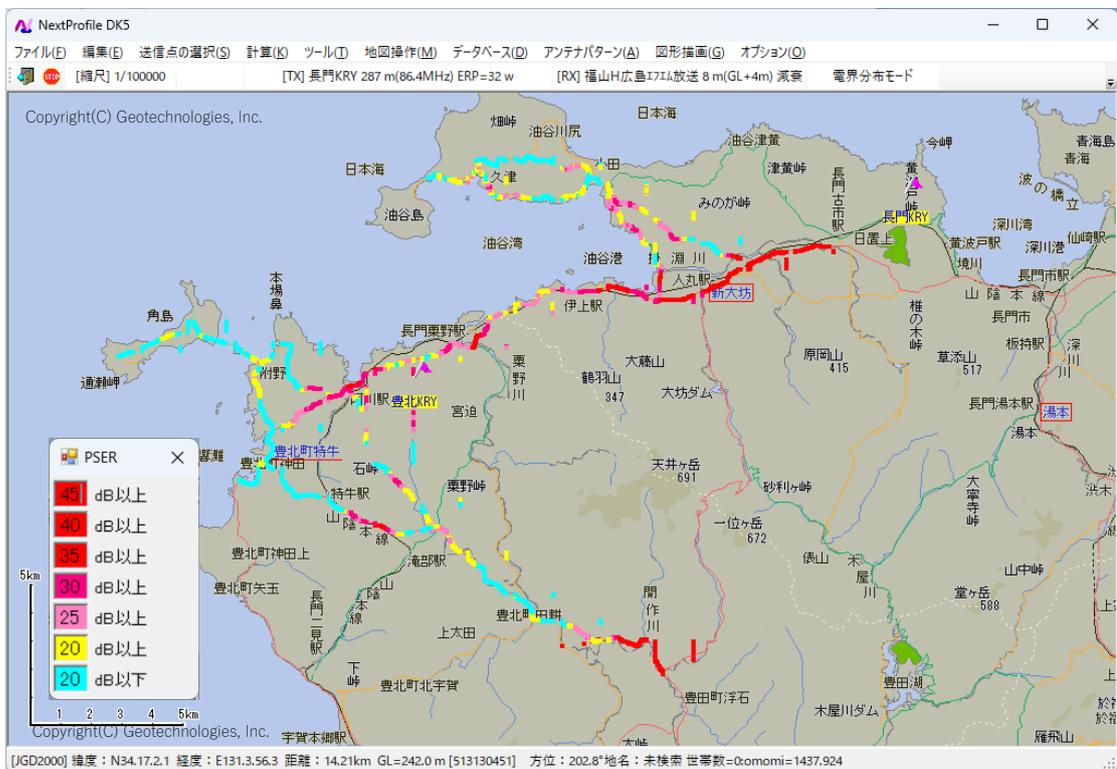


図 5-87 豊北実験局 1 2. 5 w時のPSE R分布図

(3) 電界分布、PSE R分布図（豊北実験局2.5w）

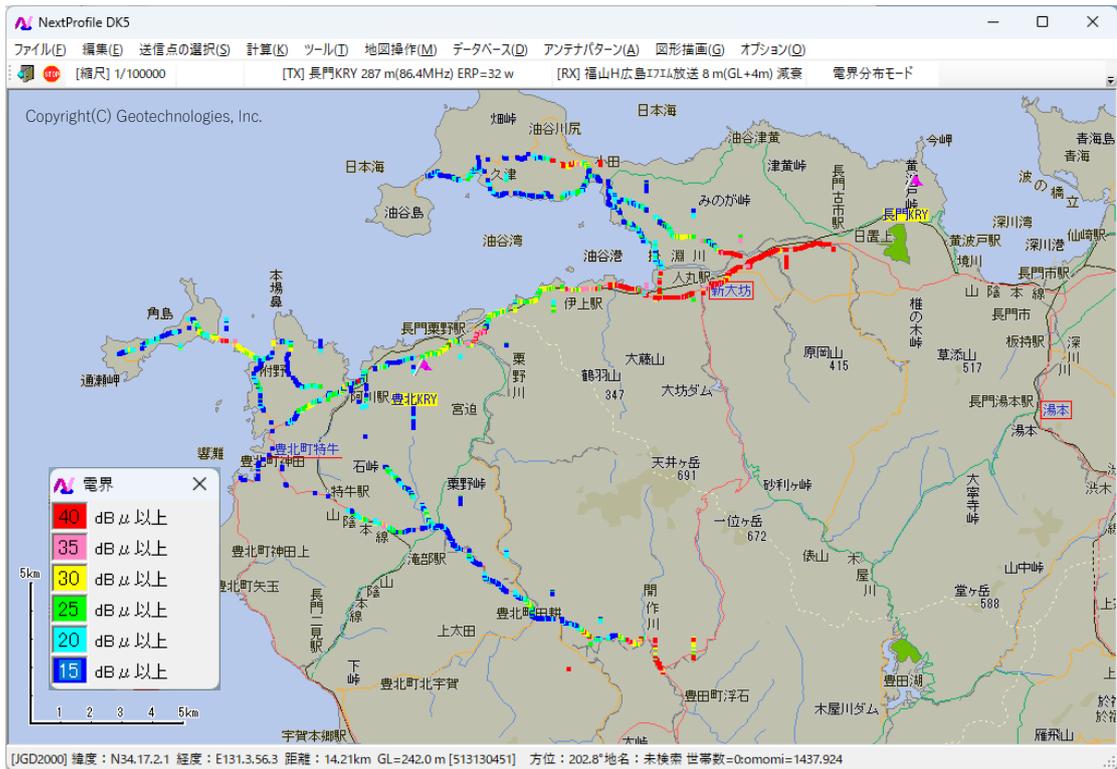


図5-88 豊北実験局2.5w時の電界分布図

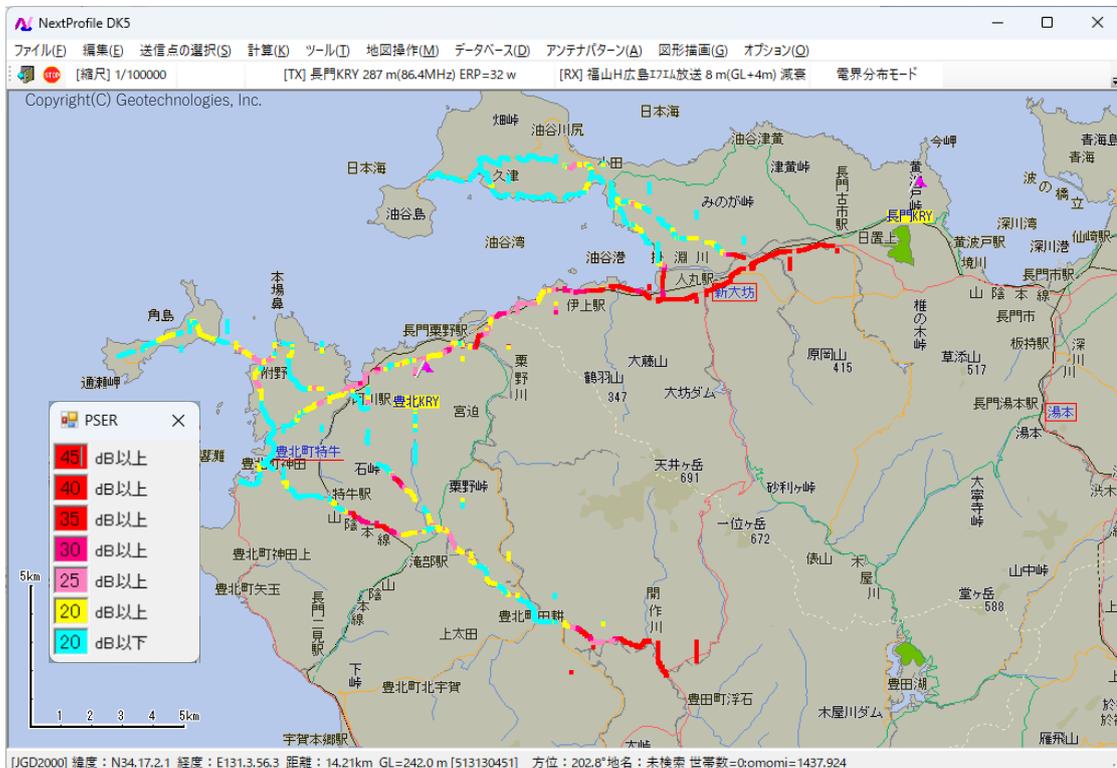


図5-89 豊北実験局2.5w時のPSE R分布図

(4) 電界分布、P S E R分布図 (豊北実験局 O w)

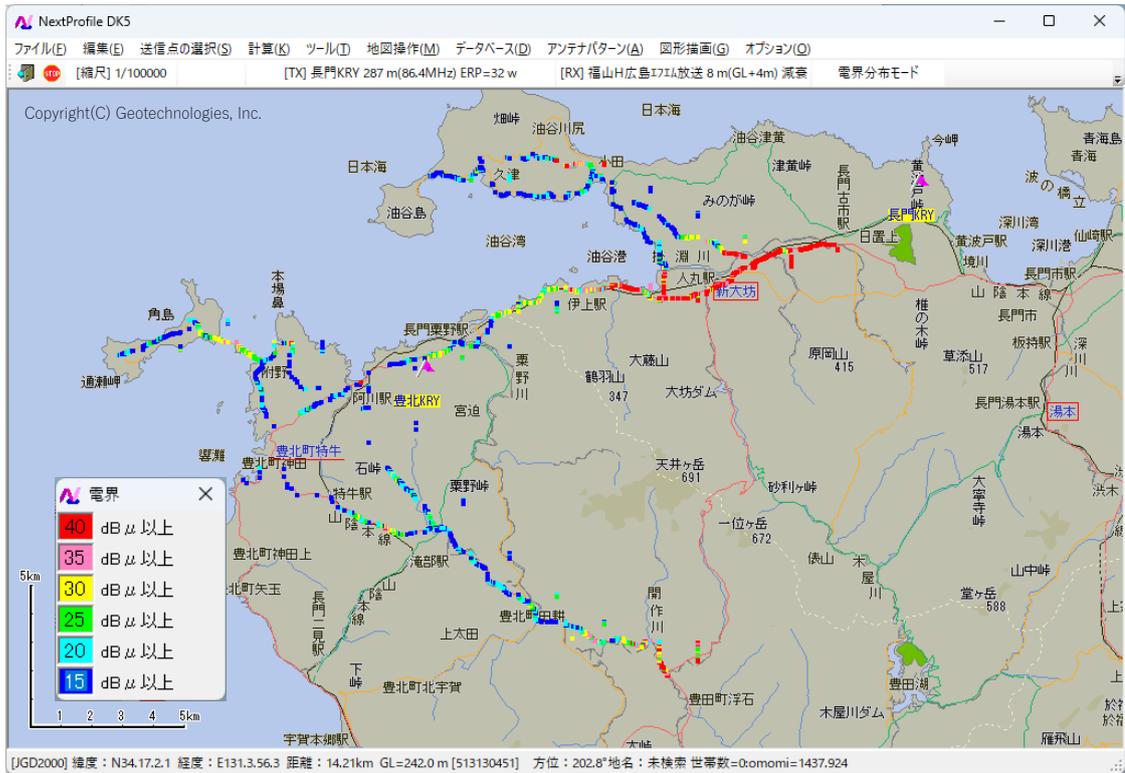


図 5-90 豊北実験局 0w時の電界分布図

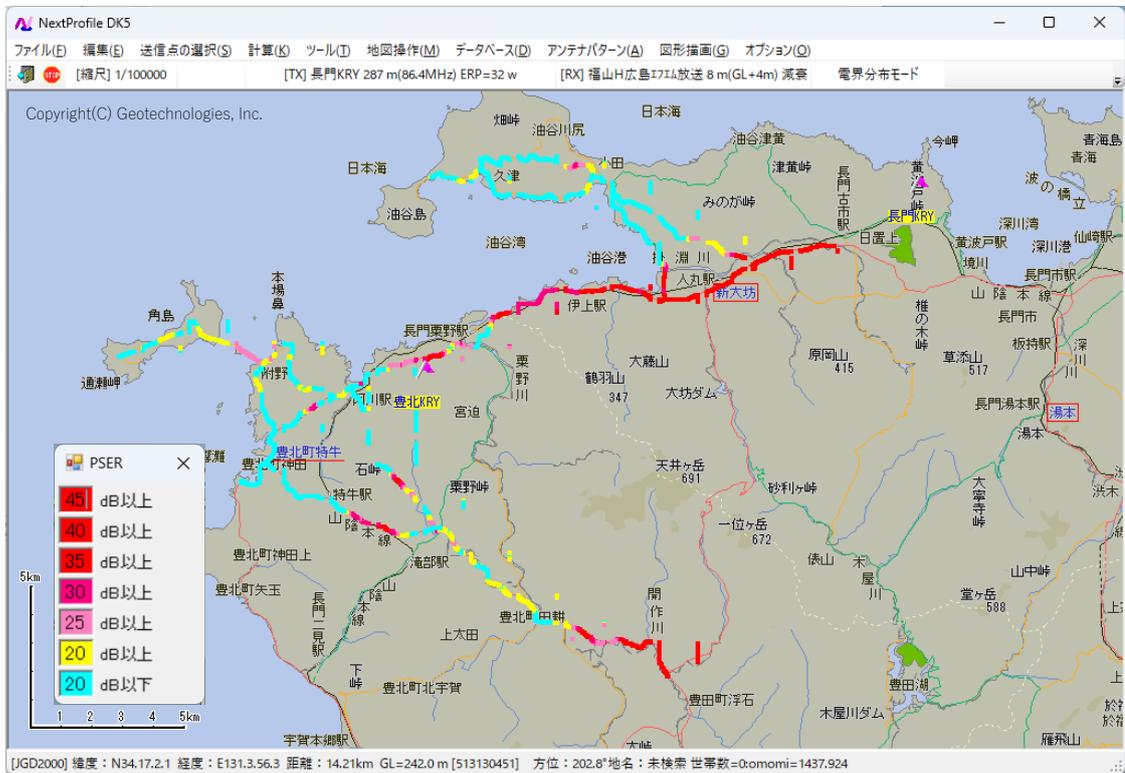


図 5-91 豊北実験局 0w時の P S E R 分布図

(考察)

- ・油谷湾の北側では、豊北実験局の電波がよく飛んでおり、豊北実験局の出力を下げると音質も低下する。
- ・伊上駅付近では、豊北実験局と長門局のD/Uが少ない地点のため、豊北実験局の出力を下げると長門局が高くなり音質が改善する。
- ・阿川駅付近(豊北局の直下)では豊北実験局の電波が支配的で、豊北実験局の出力を下げると受信できなくなる。
- ・角島大橋付近は、豊北実験局の出力を下げると音質は改善方向になる。ただし、長門局、豊浦局、美祢局、豊田局などの電波が混在する地点となる。
- ・豊北町田耕付近(豊北と豊田の中間点)は豊北実験局の出力を下げても音質の改善方向にはならない。

5.7 山口大学の建物を活用した試験

山口大学に設置した実験試験局では、①親局とFMキャンセラー1間のD/U分布及びPSERの確認、FMキャンセラー1とFMキャンセラー2のD/U分布やPSERの確認を行い、公開実験の基礎データを取得した。実験局AはFMキャンセラー実験局B・実験局Cの親局としての役割となる。実験局Bと実験局CはFM回り込みキャンセラー局となる。

周波数の送受信関係は以下のとおり。

- ・A=実験局A(受信92.3MHz(宇部V受信)、送信86.4MHz、V偏波)出力1mW
- ・B=実験局B(受信86.4MHz(実験局A受信)、送信86.4MHz)出力1mW
- ・C=実験局C(受信86.4MHz(実験局A受信)、送信86.4MHz)出力1mW

調査地点については、実験局の近くに教職員・学生用の駐車場があり、利用した。経路が直線ではないため、グラフにまとめる際には距離と角度を考慮した計算により横軸を設定した。横軸の計算は以下の通り。

- ・横軸の数値： $(\text{実験局Aからの距離} + (\text{実験局Aから見た方位} - 90) \times 1.5) \times 0.1$

上記式によって得られる地図上の位置の目安は下図のとおり。

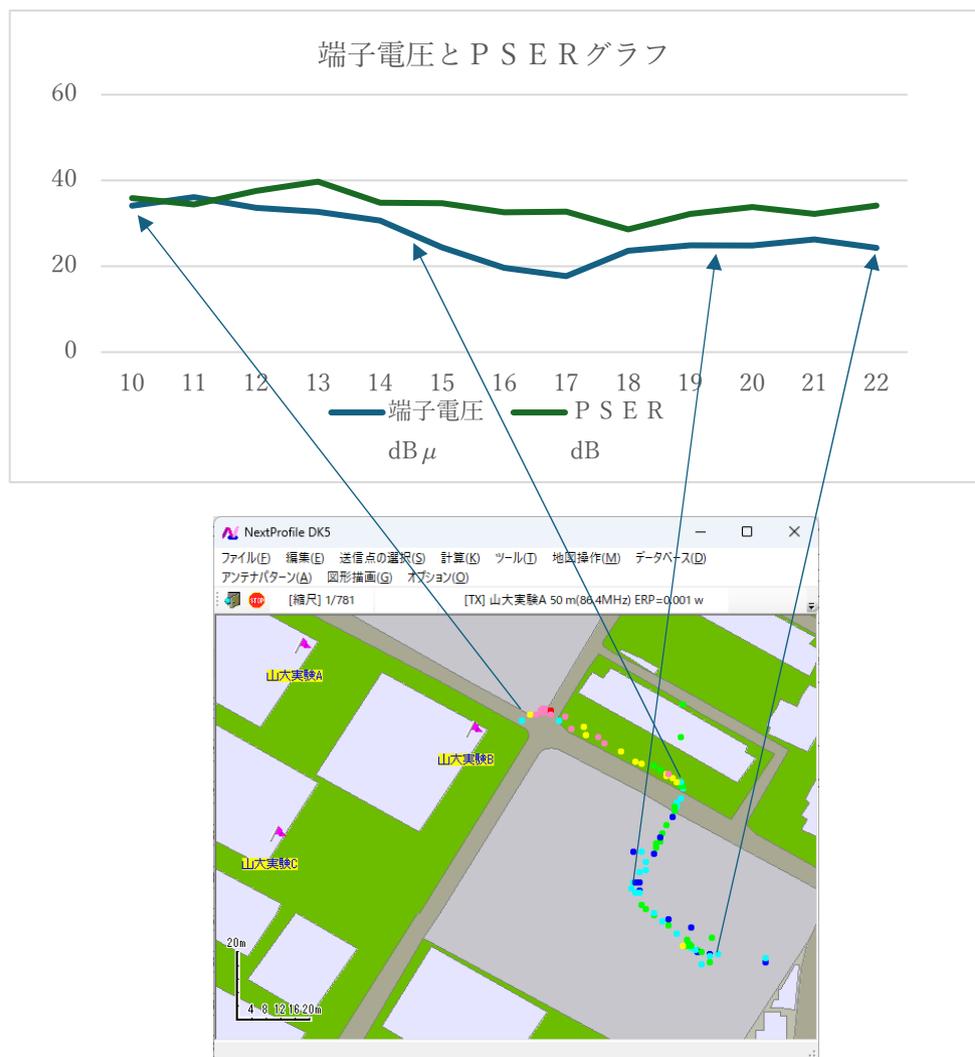


図5-92 調査ポイントとグラフの横軸の解説

(1) 実験局A・B・Cの組み合わせと 偏波面の組み合わせによる試験

- (ア) A(親局)のみ
- (イ) A+BH
- (ウ) A+CH
- (エ) A+B_V
- (オ) A+C_V
- (カ) A+BH+CH
- (キ) A+B_V+C_V
- (ク) A+BH+C_V
- (ケ) 端子電圧の比較グラフ(1波、2波、3波の組み合わせ)
- (コ) PSERの比較グラフ(1波、2波、3波の組み合わせ)
- (サ) 端子電圧の比較グラフ(3波による偏波の組み合わせ)
- (シ) PSERの比較グラフ(3波による偏波の組み合わせ)

(表現の説明)

A=実験局A(受信92.3MHz(宇部V)、送信86.4MHz、V偏波)

B=実験局B(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

C=実験局C(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

H:水平偏波、V:垂直偏波

(ア) A (親局) のみ

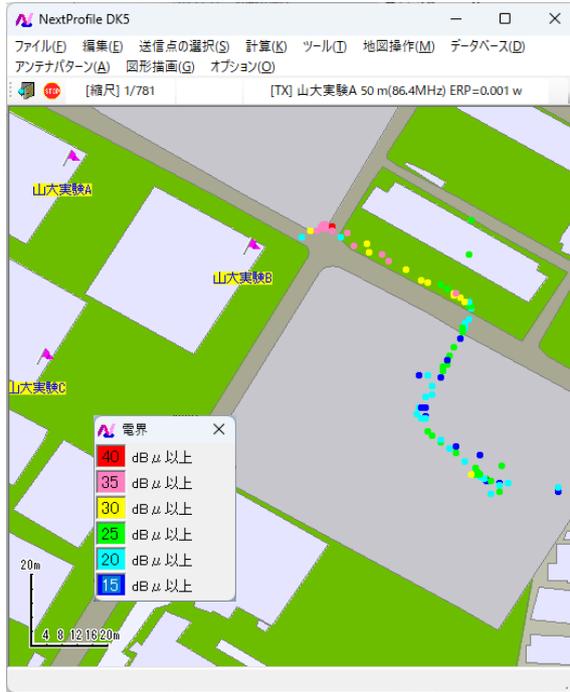


図5-93 電界分布 (Aのみ)

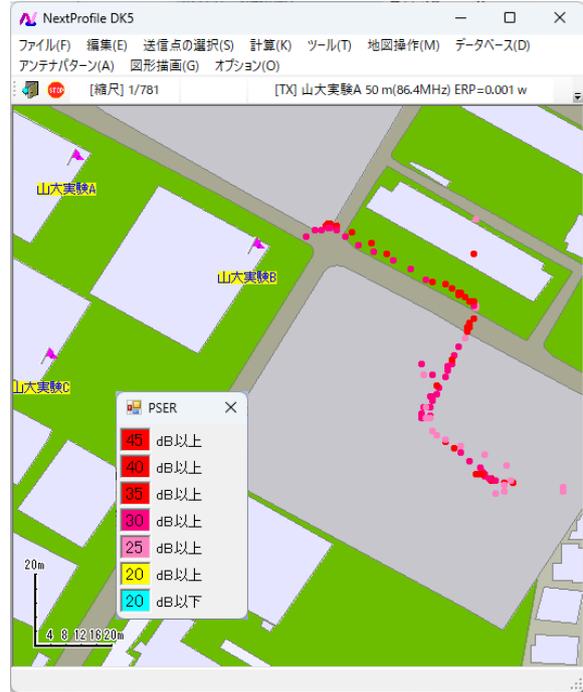


図5-94 PSER (Aのみ)

(イ) A+BH

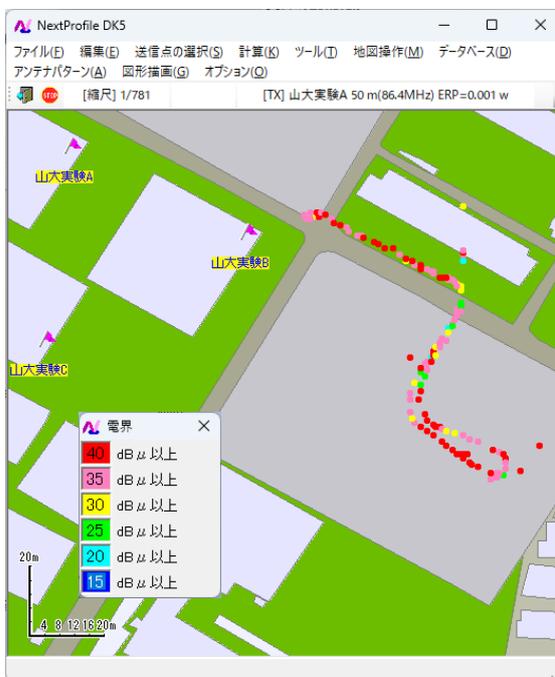


図5-95 電界分布 (A+BH)

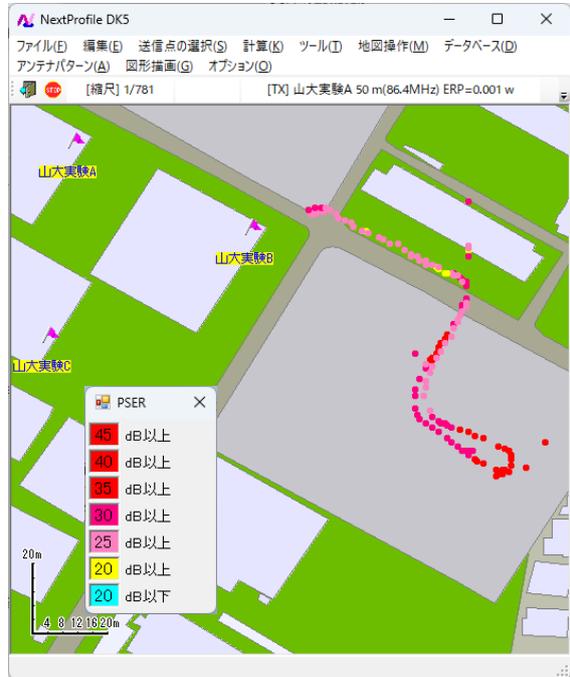


図5-96 PSER (A+BH)

(ウ) A+CH



図5-97 電界分布 (A+CH)

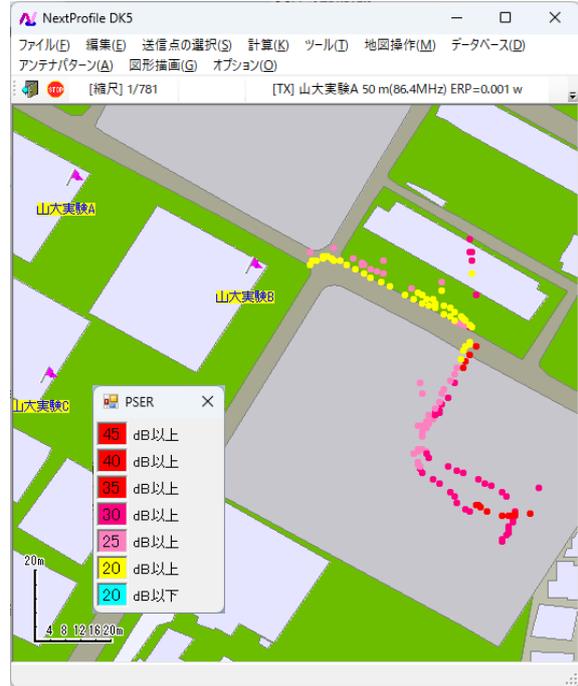


図5-98 PSER (A+CH)

(エ) A+B V

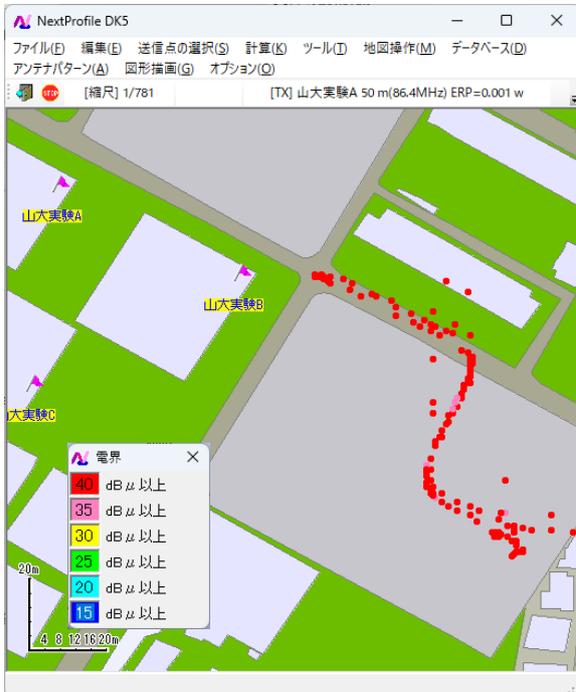


図5-99 電界分布 (A+B V)



図5-100 PSER (A+B V)

(オ) A+CV

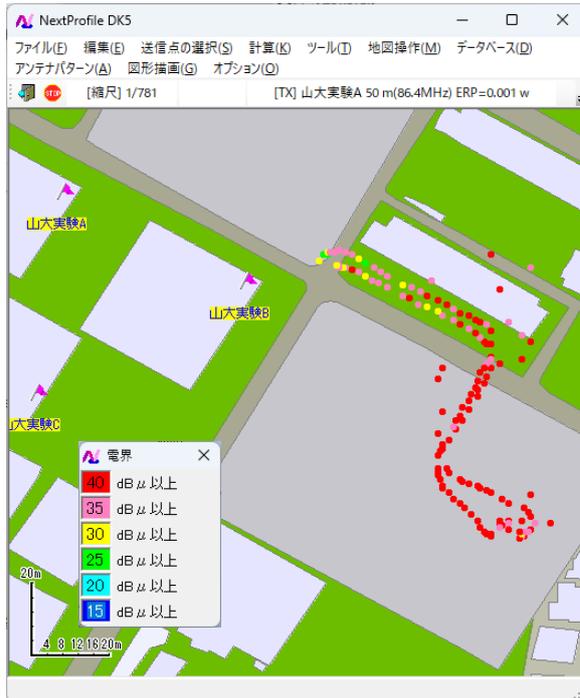


図5-101 電界分布 (A+CV)

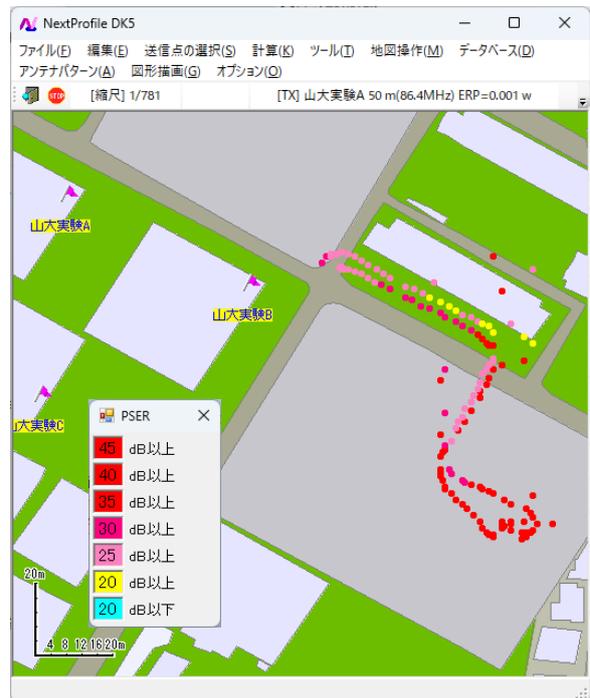


図5-102 PSER (A+CV)

(カ) A+BH+CH

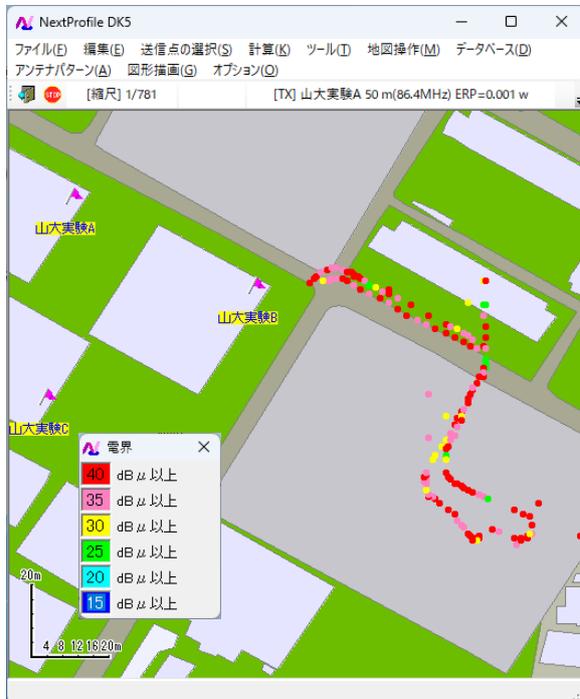


図5-103 電界分布 (A+BH+CH)



図5-104 PSER (A+BH+CH)

(キ) A+BV+CV

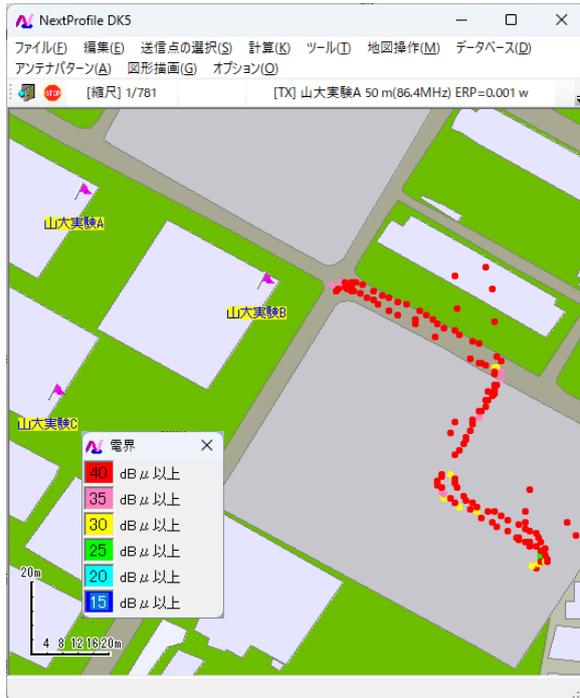


図5-105 電界分布 (A+BV+CV)

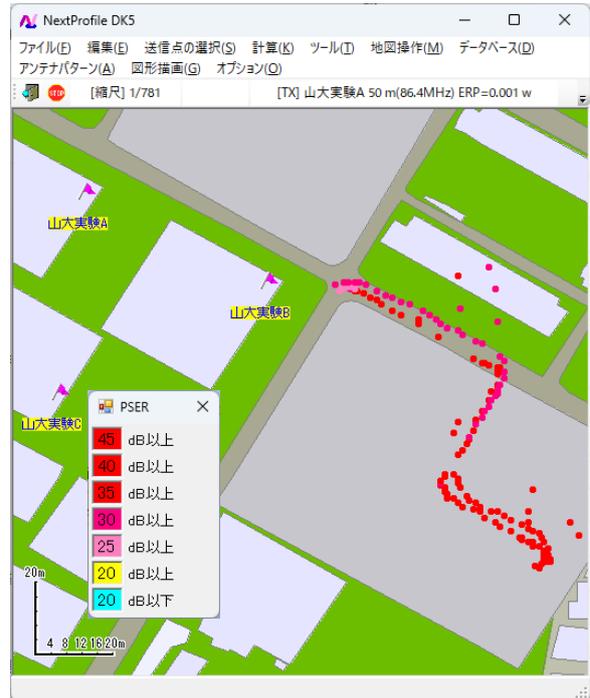


図5-106 PSER (A+BV+CV)

(ク) A+BH+CV



図5-107 電界分布 (A+BH+CV)

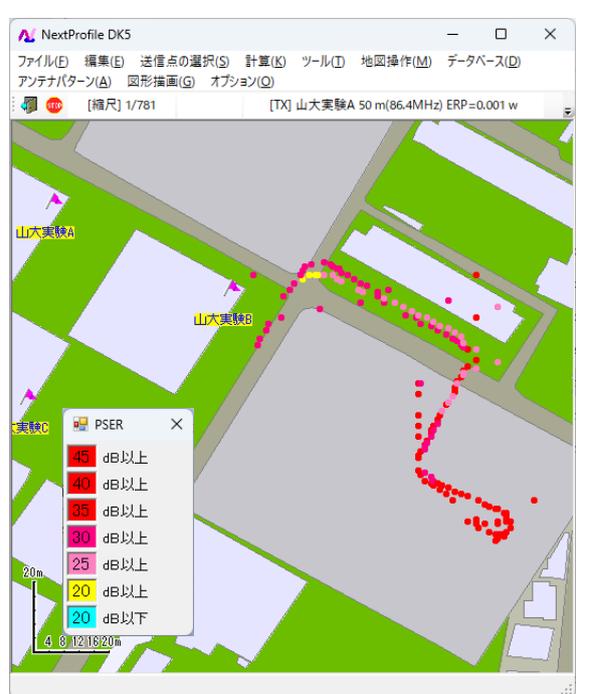


図5-108 PSER (A+BH+CV)

(ケ) 端子電圧の比較グラフ（1波、2波、3波の組み合わせ）

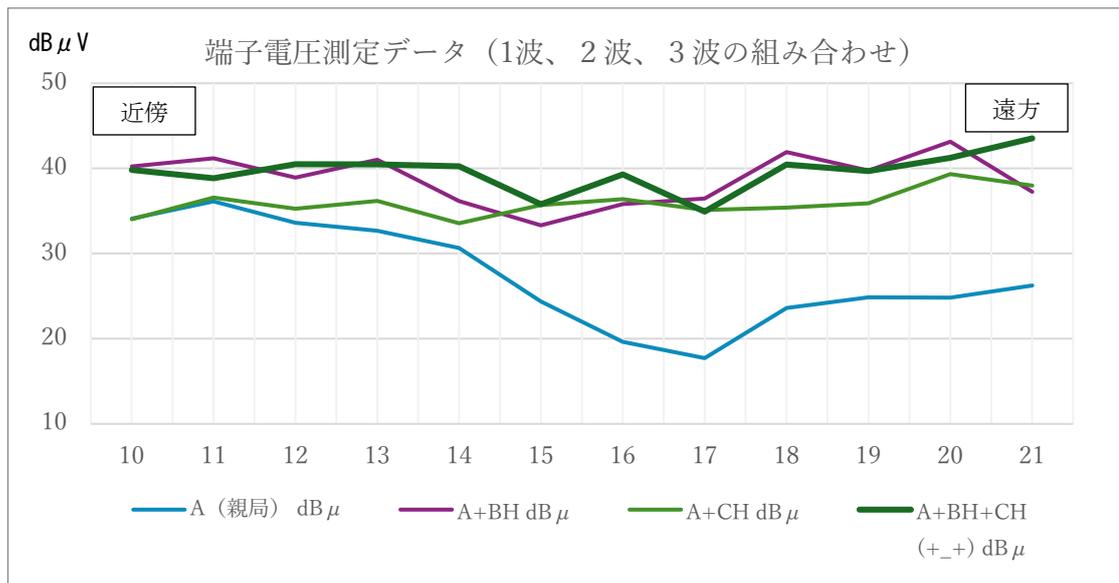


図5-109 実験局の組み合わせによる端子電圧の比較

Aは送信場所が一番離れており、遠方になると建物の陰になり見通し外となる。端子電圧も遠方になると低くなる。またC局もB局よりは遠方になるため端子電圧は若干低めとなっている。

(コ) P S E R の比較グラフ（1波、2波、3波の組み合わせ）

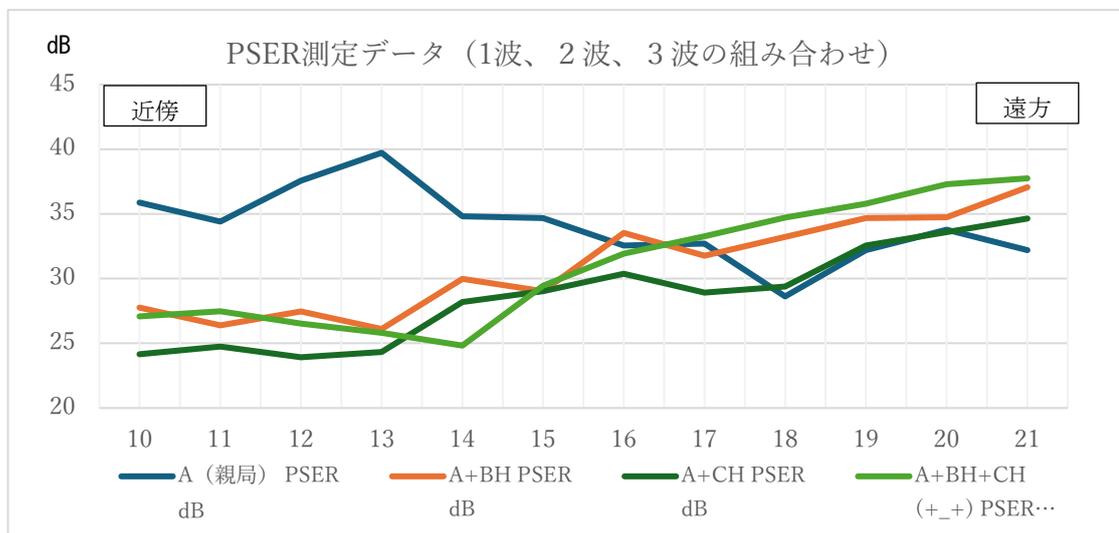


図5-110 実験局の組み合わせによるP S E Rの比較

Aは周波数変換された信号のため品質が一番良い。回り込みキャンセラー局のB局・C局が合成されると、周波数偏差（100Hzずれ）と遅延時間差（200μs以上遅延）があるため、A局の端子電圧が高い場所ではD/Uが少ないためP S E Rの低下につながる。

(サ) 端子電圧の比較グラフ（3波による各偏波の組み合わせ）

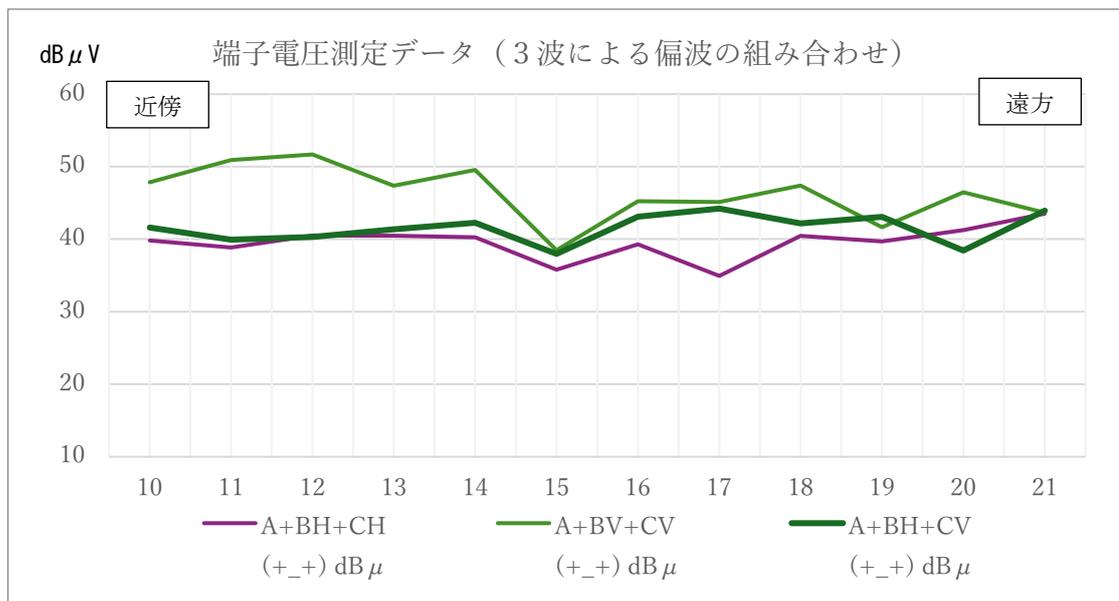


図5-111 実験局の偏波面の組み合わせによる端子電圧の比較

試験の結果、近傍では垂直偏波の組み合わせが一番高かったが遠方になると大差がなかった。

(シ) P S E Rの比較グラフ（3波による各偏波の組み合わせ）

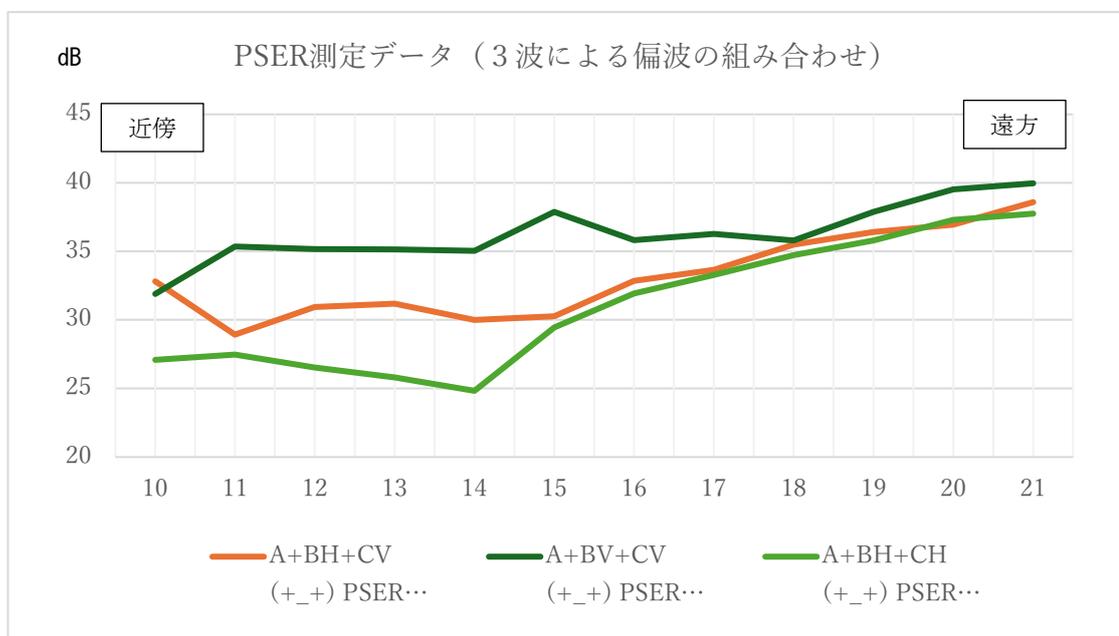


図5-112 実験局の偏波面の組み合わせによるP S E Rの比較

近傍では垂直偏波の組み合わせがP S E Rも一番良好であったが遠方になると大差は確認されなかった。近傍は送信アンテナの直下付近になるため、周囲の建物による反射の影響や送信アンテナ指向性などの影響を受けているものと予測する。

(2) 実験局A・B・Cの合成と
周波数シフトの組み合わせによる試験
(B : 水平 + C : 水平)

(ア) A+BH+CH(+__+)

(イ) A+BH+CH(+__-)

(ウ) A+BH+CH(+__±)

(エ) A+BH+CH(±__±)

(オ) 端子電圧とPSERグラフ(B:水平、C:水平)

A=実験局A(受信92.3MHz(宇部V)、送信86.4MHz、V偏波)

B=実験局B(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

C=実験局C(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

H:水平偏波、V:垂直偏波

(ア) A+BH+CH (+_+)



図5-113 電界分布 (+_+)



図5-114 PSER (+_+)

(イ) A+BH+CH (+_-)

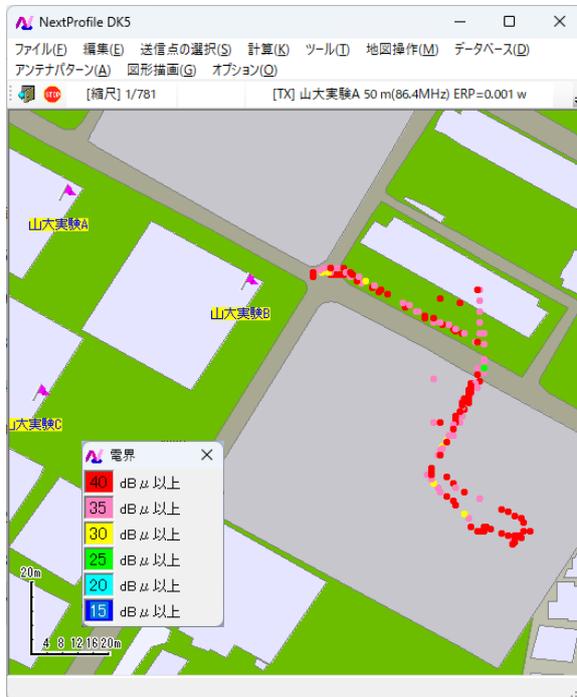


図5-115 電界分布 (+_-)

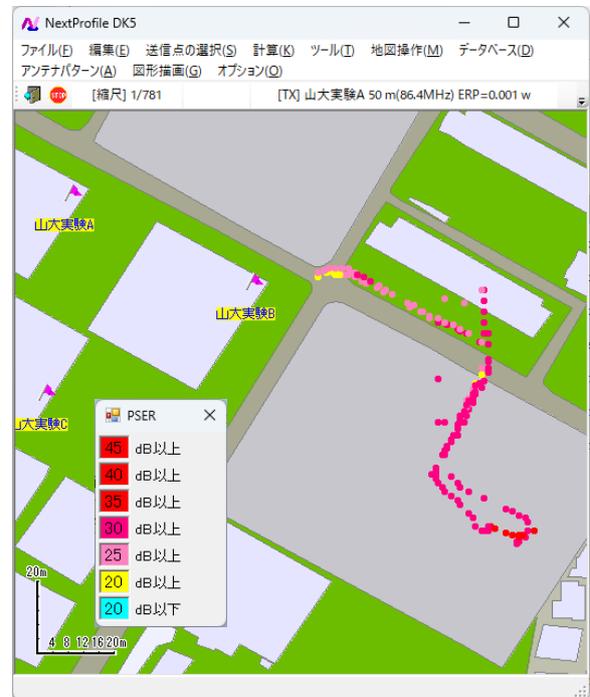


図5-116 PSER (+_-)

(ウ) A+BH+CH (+_±)

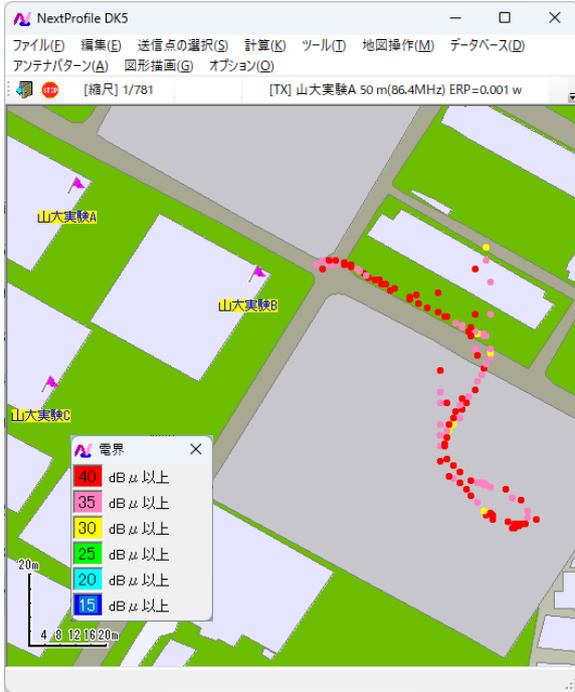


図5-117 電界分布 (+_±)



図5-118 PSER (+_±)

(エ) A+BH+CH (±_±)



図5-119 電界分布 (±_±)



図5-120 PSER (±_±)

(オ) 端子電圧とP S E Rグラフ (B : 水平、C : 水平)

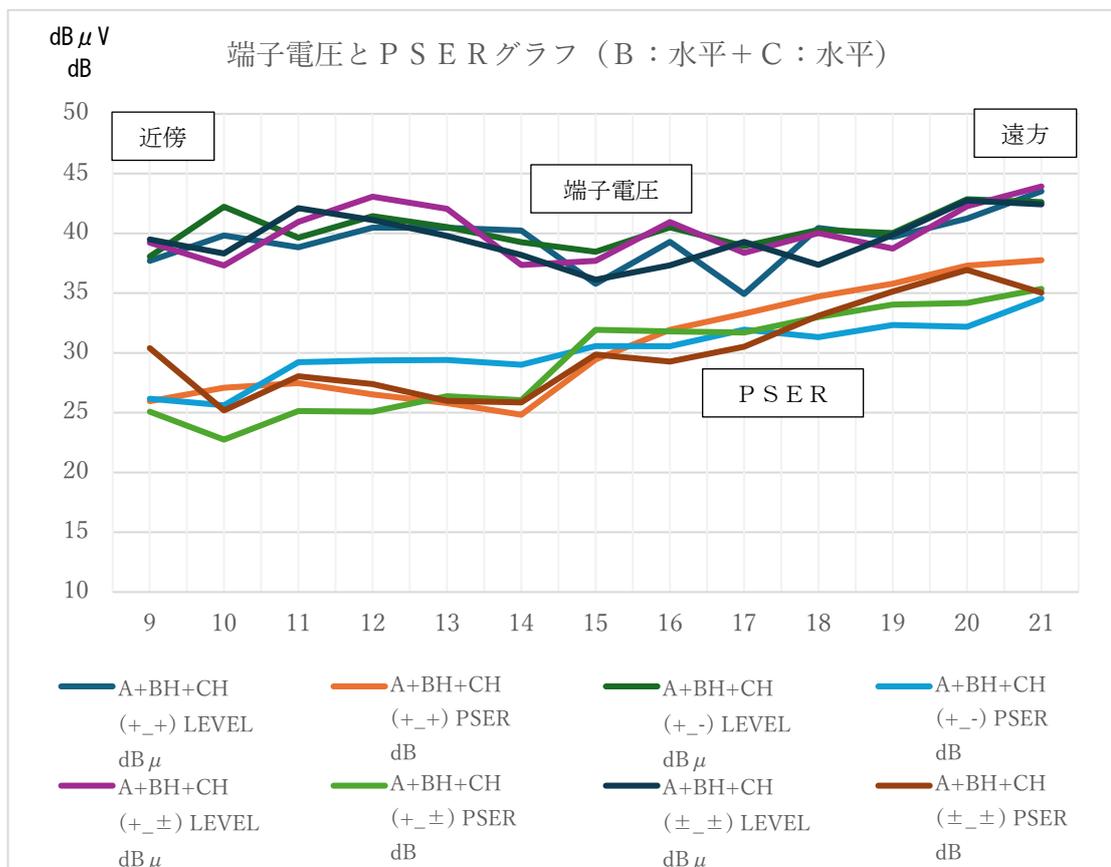


図5-121 周波数シフトの組み合わせによる端子電圧、及び P S E Rの比較

全体的には遠方になるほどP S E Rは良好となる傾向となった。遠方になると、周波数シフトが(+_+)または(±_±)の同じシフト方式の組み合わせの時、P S E Rが良好となった。音質については、シフト方式が異なる組み合わせでは多少ノイズが気になる音質であった。

(3) 実験局A・B・Cの合成と
周波数シフトの組み合わせによる試験
(B : 水平+C : 垂直)

- (ア) $A+BH+CV(+_+)$
- (イ) $A+BH+CV(+_ -)$
- (ウ) $A+BH+CV(+_ \pm)$
- (エ) $A+BH+CV(\pm_ \pm)$
- (オ) 端子電圧とPSERグラフ (B: 水平、C: 垂直)

A=実験局A(受信92.3MHz(宇部V)、送信86.4MHz、V偏波)

B=実験局B(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

C=実験局C(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

H: 水平偏波、V: 垂直偏波

(ア) A+BH+CV (+_+)



図 5-122 電界分布 (+_+)

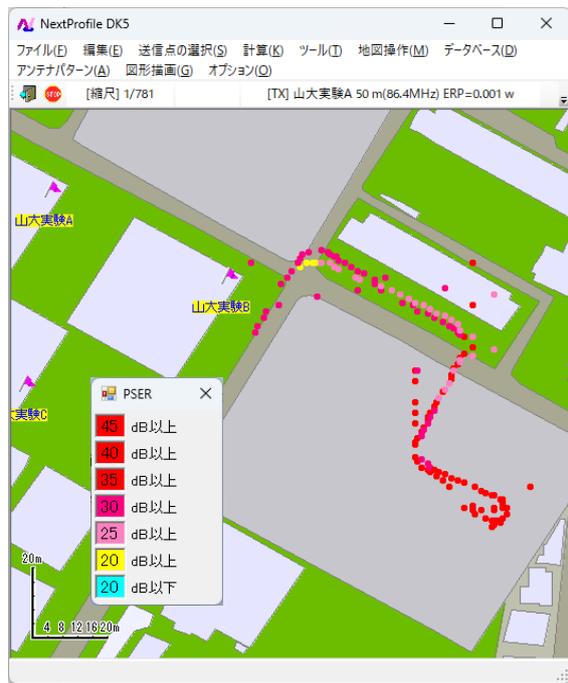


図 5-123 PSER (+_+)

(イ) A+BH+CV (+_-)

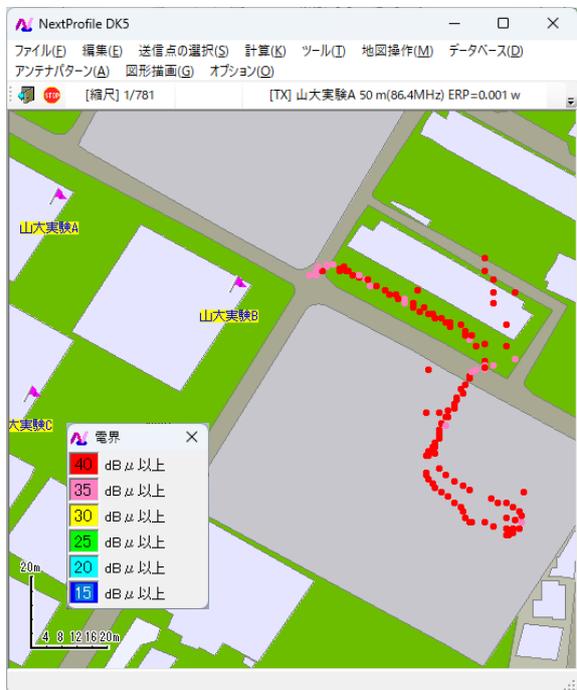


図 5-124 電界分布 (+_-)



図 5-125 PSER (+_-)

(ウ) A+BH+CV (+_±)



図 5-126 電界分布 (+_±)

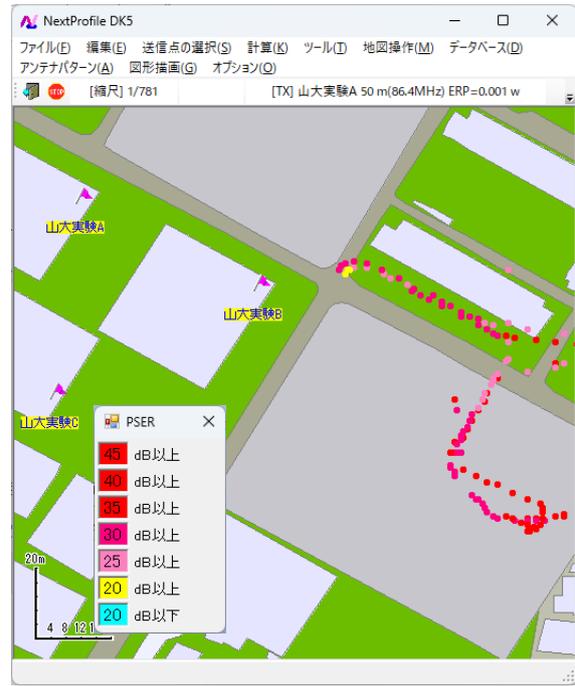


図 5-127 PSER (+_±)

(エ) A+BH+CV (±_±)



図 5-128 電界分布 (±_±)

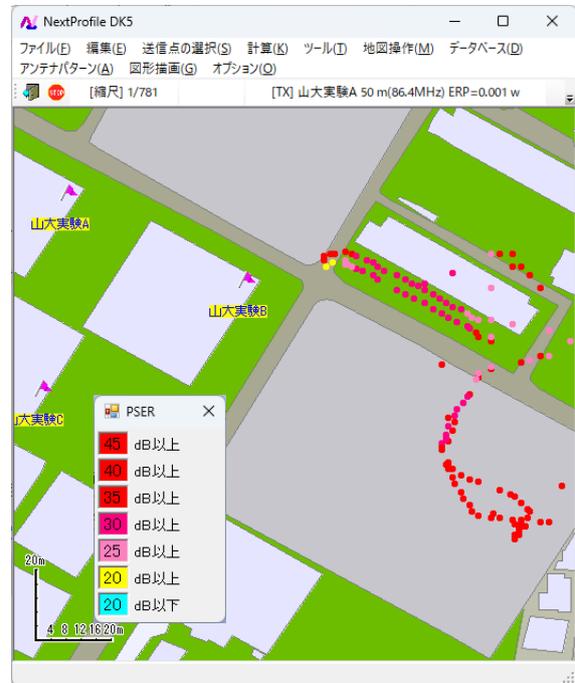


図 5-129 PSER (±_±)

(オ) 端子電圧とP S E Rグラフ (B : 水平、C : 垂直)

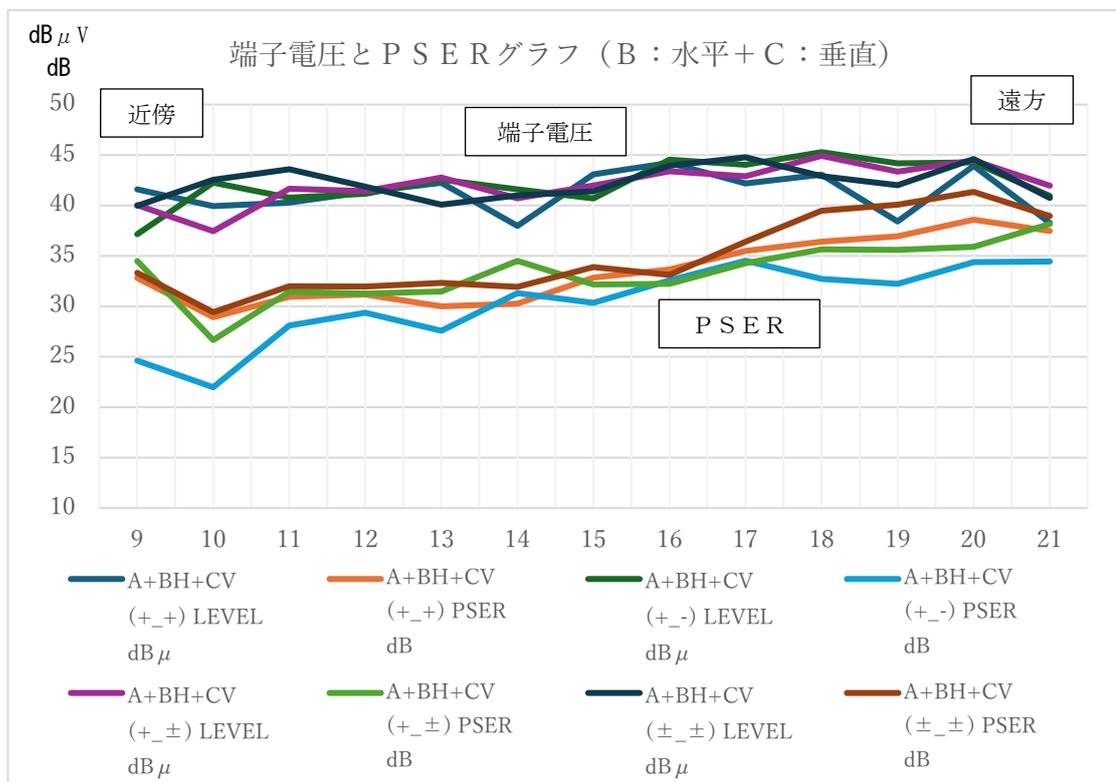


図5-130 周波数シフトの組み合わせによる端子電圧、及び P S E Rの比較

全体的に水平偏波の組み合わせと同様に遠方になるほどP S E Rは良好となる傾向となった。遠方になると、周波数シフトが(+_+)または(±_±)の同じシフト方式の組み合わせの時、P S E Rが良好となった。音質については、シフト方式が異なる組み合わせでは多少ノイズが気になる音質であった。

(4) 実験局A・B・Cの合成と
周波数シフトの組み合わせによる試験
(B : 垂直+C : 垂直)

(ア) $A + BV + CV (+ _ +)$

(イ) $A + BV + CV (+ _ -)$

(ウ) $A + BV + CV (+ _ \pm)$

(エ) $A + BV + CV (\pm _ \pm)$

(オ) 端子電圧とPSERグラフ (B: 垂直、C: 垂直)

A=実験局A(受信92.3MHz(宇部V)、送信86.4MHz、V偏波)

B=実験局B(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

C=実験局C(受信86.4MHz(実験局A)、送信86.4MHz)

H: 水平偏波、V: 垂直偏波

(ア) A+BV+CV (+_+)



図5-131 電界分布 (+_+)

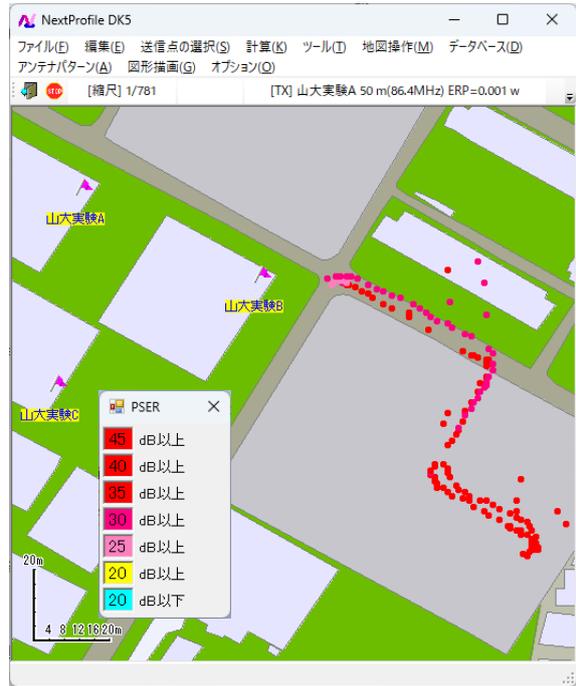


図5-132 PSER (+_+)

(イ) A+BV+CV (+_-)



図5-133 電界分布 (+_-)



図5-134 PSER (+_-)

(ウ) A+BV+CV (+_±)



図5-135 電界分布 (+_±)



図5-136 PSER (+_±)

(エ) A+BV+CV (±_±)

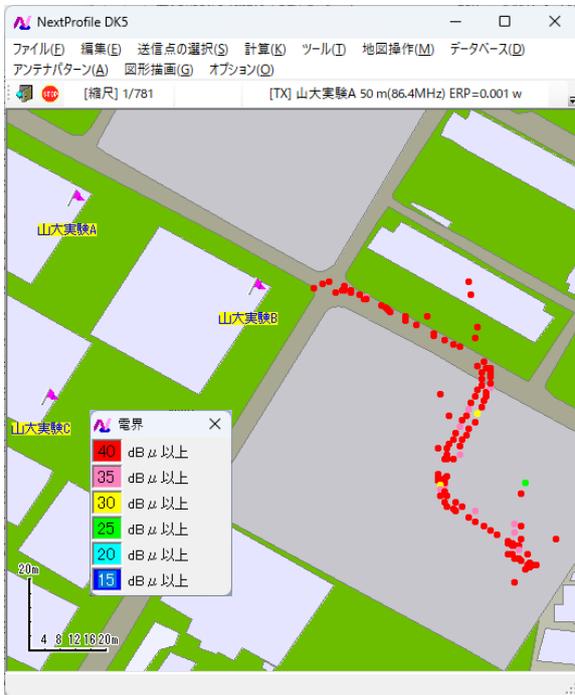


図5-137 電界分布 (±_±)



図5-138 PSER (±_±)

(オ) 端子電圧とP S E Rグラフ (B : 垂直、C : 垂直)

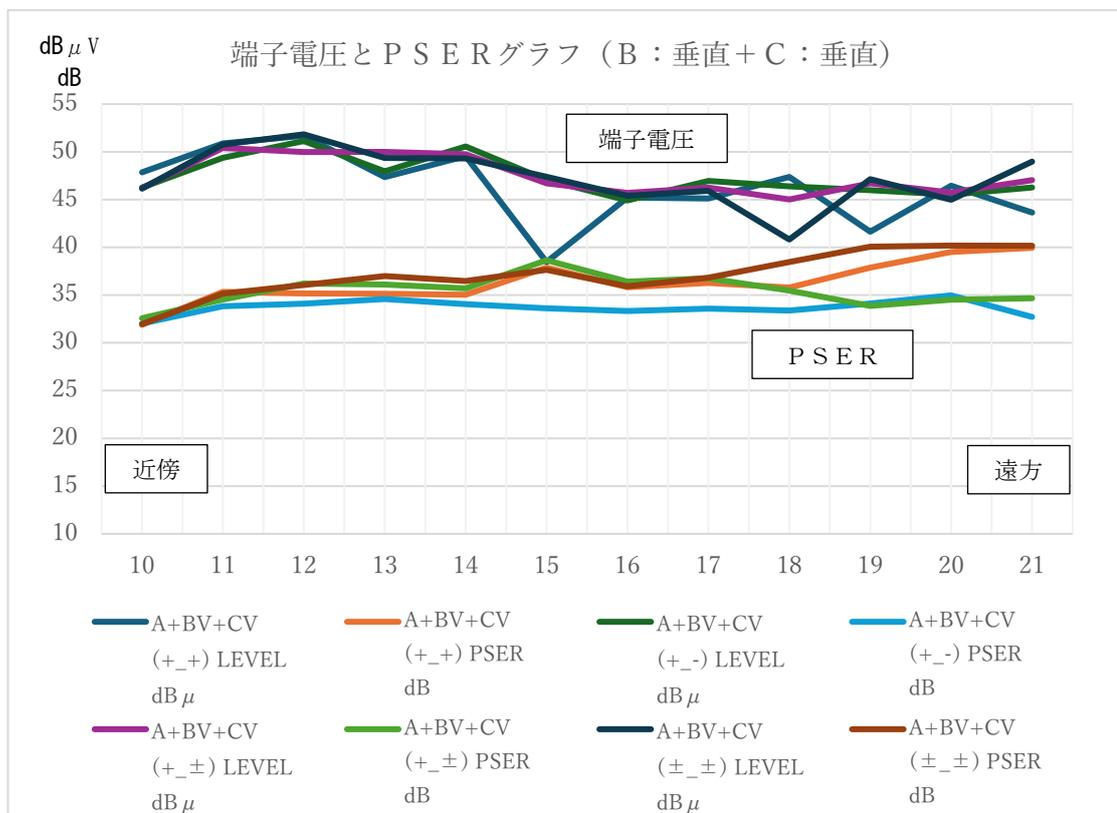


図5-139 周波数シフトの組み合わせによる端子電圧、及び P S E Rの比較

垂直偏波の組み合わせでは、近傍のほうが端子電圧が高くなった。P S E Rについては遠方になるほど良好となる傾向となった。また、周波数シフトが(+_+)または(±_±)の同じシフト方式の組み合わせの時にP S E Rが良好となった。音質については、シフト方式が異なる組み合わせでは多少ノイズが気になる音質であった。(他の偏波の組み合わせと同じ傾向)

(5) 山口大学での屋外試験

山口大学の屋外試験結果をもとに、調査を行うポイントを以下のとおり決めた。なお、実験局Bと実験局Cの送信偏波は水平偏波とした。調査地点は2か所とした。

(ア) 地点1：実験局Bと実験局Cの等電界地点

「回り込みキャンセラー装置」の実験局Bと実験局Cの端子電圧がほぼ同等で、実験局A（親局）の端子電圧が低いポイントを地点1とし、D/Uや遅延時間など変化させて「条件④」を確認する試験を実施した。また周波数シフト方式を各種組み合わせ、音質を確認した。

(イ) 地点2：親局である実験局Aと、実験局Bの端子電圧がほぼ同等の地点

親局である実験局Aと、「回り込みキャンセラー装置」の実験局Bの端子電圧がほぼ同等のポイントを地点2とし、D/Uや遅延時間など変化させて「条件②」を確認する試験を実施した。

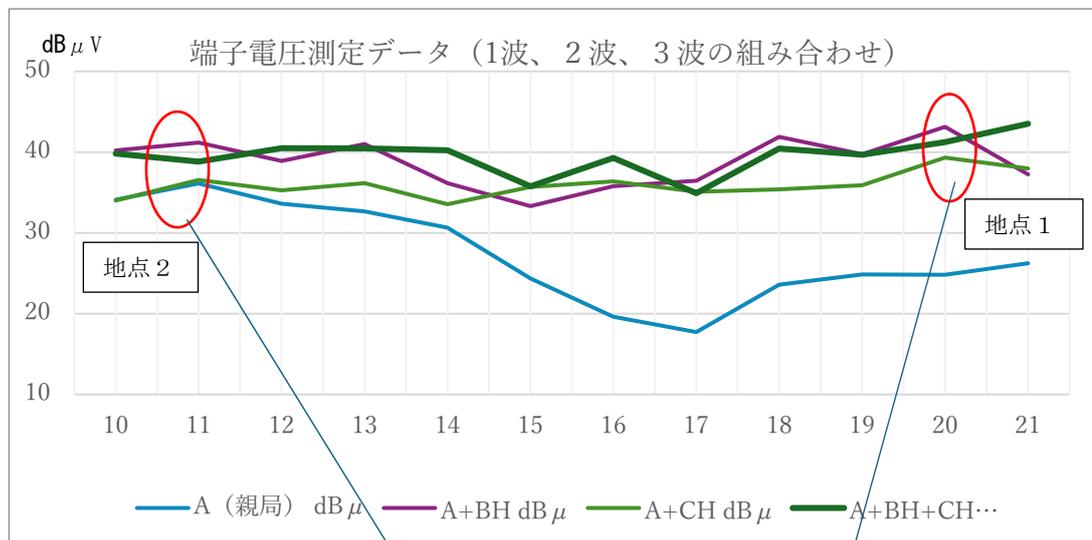


図5-140 公開実験の調査ポイント

(ウ) 実験局A（親局）と実験局B（回り込みキャンセラー局）間での重複エリアの確認
 地点2にて、実験局A（親局）と実験局B（回り込みキャンセラー局）の電波が合成される条件を想定した屋外試験を行った。測定系統図は次の通り。（条件②の確認）

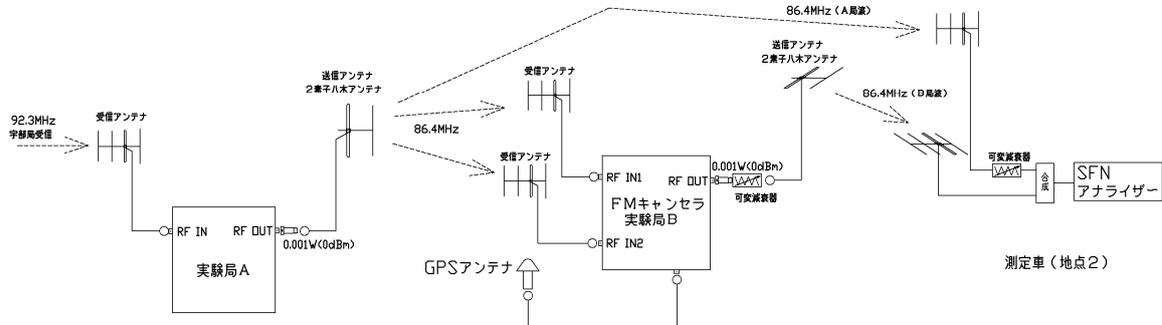


図5-141 屋外試験（5）条件②の確認 測定系統図

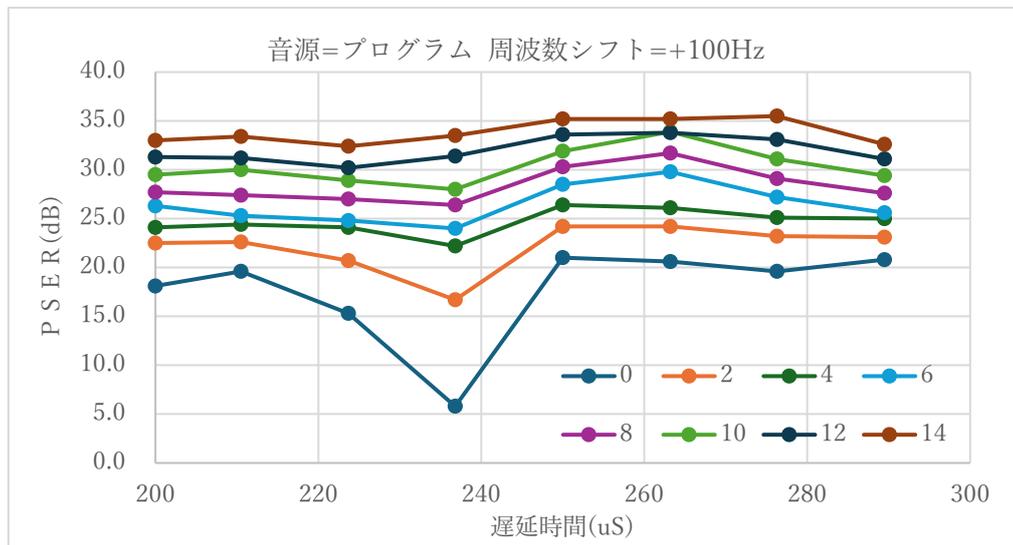


図5-142 屋外試験（5）条件②の確認 測定結果

試験の結果、屋内試験と同様の結果となった。実験局Bの電波は「FM回り込みキャンセラー」の電波で、実験局Aの電波より遅延時間が200 μs以上遅れており、周波数も+100Hzずれているため、親局とのD/Uは一定量必要といえる結果となった。上記グラフから、評価3はD/U=5dB以上、評価4はD/U=10dB以上必要という結果になった。

(エ) 実験局B（回り込みキャンセラー局）と実験局C（回り込みキャンセラー局）間での重複エリアの確認（条件④の確認）

地点1にて、実験局B（回り込みキャンセラー局）と実験局C（回り込みキャンセラー局）の電波が合成される条件を想定した屋外試験を行った。なお、親局である実験局Aの電波は建物の影響や距離の関係からキャンセラー局(B局、C局)よりも20dB以上低いD/Uが確保されている。測定系統図は次の通り。

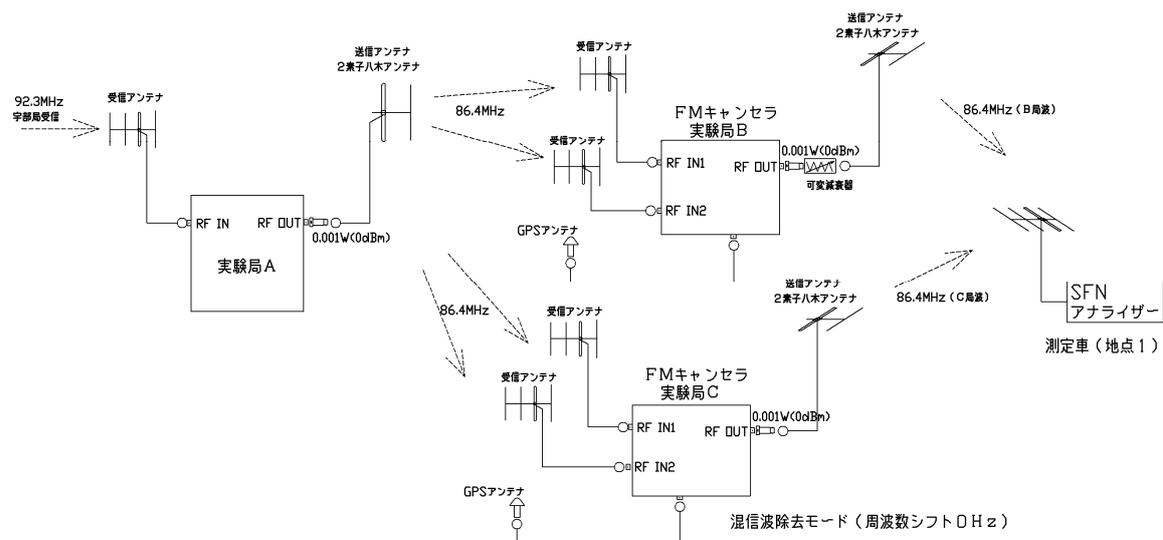


図5-143 屋外試験(6)条件④の確認 測定系統図

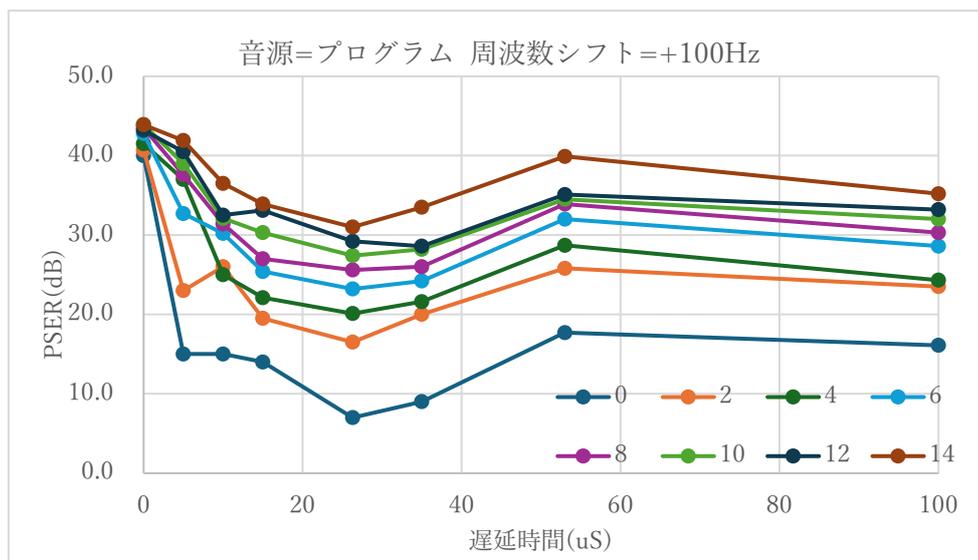


図5-144 屋外試験(6)条件④の確認 測定結果

試験の結果、屋内試験と同様の結果となった。実験局Bと実験局Cの電波は「FM回り込みキャンセラー」の電波であるが、親局が同じで周波数シフトも同じ+100Hzであるため、同期放送と同等の周波数偏差となり、同期放送と同様の傾向となった。なお、遅延時間が0μsでは良好な音質であったが5μs片方をずらすとPSERがゆっくりではあるが周期的に大きく変動する結果となった。表及びグラフはPSERの最小値を記載した。上記グラフから、遅延時間差が少ない場合はD/Uは少なくともよいが、遅延時間差が大きくなると一定量のD/Uが必要で、20μs以上の場合、評価3はD/U=6dB以上、評価4はD/U=10dB以上必要という結果になった。

(6) 考察

(ア) FMキャンセラー装置のキャンセリング機能

山口大学の構内で実施した試験結果では、回り込みキャンセラーの機能はとても性能が高く、受信アンテナの設置については自局の回り込み量をほとんど意識せずとも安易に設置した状況でも運用が可能であることが確認された。

(イ) 複数のキャンセラー局同士の回り込み

山口大学の試験では、回り込みキャンセラー局同士の距離が近く、お互いの電波がそれぞれの受信アンテナに回り込むことが予測された。電波を発射した結果、自局の回り込みとともにそれぞれお互いの電波の回り込みが確認されたが、マルチパス除去機能により送信波には影響しなかった。

(ウ) 小規模エリアでの試験結果

今回の実験では、親局の電波+2台のキャンセラー実験局の計3波が合成される状況を作成した。キャンセラー局同士が合成される状況では、室内試験と同様にD/Uが少ない地点でも周波数シフトを同じ方式にすれば同期放送と同じ状況になることが確認された。

親局の電波がエリアで重なる場合は、D/Uは大きいほうが音質はよかった。理由は、回り込みキャンセラー装置を経由すると100Hzの周波数ずれと200 μ s以上の遅延時間が発生するためである。試験結果から、D/U=10dB以上あれば音質は良好であることを確認した。

2つのキャンセラー局の電波が合成されるエリアを想定し、D/Uと遅延時間を変化させてPSERの測定を行ったが、遅延時間差が5 μ s~10 μ s付近では、D/Uが少ないと大きくPSERが変動することが確認された。全体的には、室内試験と同様の結果となった。試験結果から、D/Uは10dB以上あれば音質については問題無いことが確認された。また、周波数シフトの方式が異なる電波がエリアで合成される場合、D/U=0付近では同じシフト方式同士が合成された際のPSERに対して5~10dBの低下が見られた。よって、回り込みキャンセラー装置を経由する電波がエリアで合成される場合、周波数シフトは同じ方式に合わせたほうが音質はよくなる結果となった。

5. 8 複数の「FM回り込みキャンセラー装置」が設置された環境での屋外試験

雨乞岳での試験については、実際に試験電波の発射を行い、エリア調査も数回実施したが、結果として報告できるようなデータの取得ができなかった。考えられる原因としては、以下のとおり。

(1) 親局電波の他局からのマルチパスの影響

雨乞岳実験局の上位局(親局)は長門局としたが、同期放送を行っている萩局の電波がほぼ同じ方向から飛来してきており、偏波面も同じ垂直偏波のため受信アンテナの指向性を利用した品質改善ができなかった。マルチパスとしては90%以上となった。回り込みキャンセラー装置のマルチパスキャンセラー機能を用いて、ある程度は品質が改善した状態で電波を発射することができたが、特に夜間になるとマルチパスの変動があるようで安定した品質での電波発射が出来なかった。

(2) IP伝送による同期放送の確認

雨乞岳実験局と豊北実験局の同期放送の状態を構築し、FMキャンセラー装置を使用した同期放送の確認を行った。4. 9GHzのFWA回線とIPコーデック装置の遅延量が大きく、さらに周辺の同期放送を行っている他局(美祢、豊田、萩、豊浦、須佐田万川など)からの電波も予想以上に飛来しており、音声品質の確保ができなかった。

(3) 同期放送の検討

キャンセラー局同士の電波がエリアで交差する環境を構築する場合の同期放送については、D/Uの少ないポイントでRF遅延と音声遅延の両方を調整する必要がある。雨乞岳実験局と豊北実験局の試験では、FM回り込みキャンセラーによる放送波中継とする場合、雨乞岳が親局に近い分の遅延時間差を豊北局の設定値に対してさらに追加した遅延時間を設定する必要がある。

$$\text{【遅延時間差} = (17.4 - 6.2) / 0.3 = 37.3 \mu\text{s} \text{】}$$

今回、雨乞岳実験局に $37.3 \mu\text{s} + 22.4 \mu\text{s} = 59.7 \mu\text{s}$ の遅延時間を設定することによって、固定受信地点に置いて豊北局との遅延時間差がほぼ0になることの確認ができた。



図5-141 雨乞岳と豊北の遅延時間差

(4) 電波発射時の送信機のログとキャンセラー効果の確認

雨乞岳実験局では、周辺の無線局に対して妨害の有無等を確認しながら試験電波の発射を行った。その際にFM回り込みキャンセラー装置のキャンセル性能を確認するため、FM回り込みキャンセラー送信機のログを取得したので、グラフ化した。

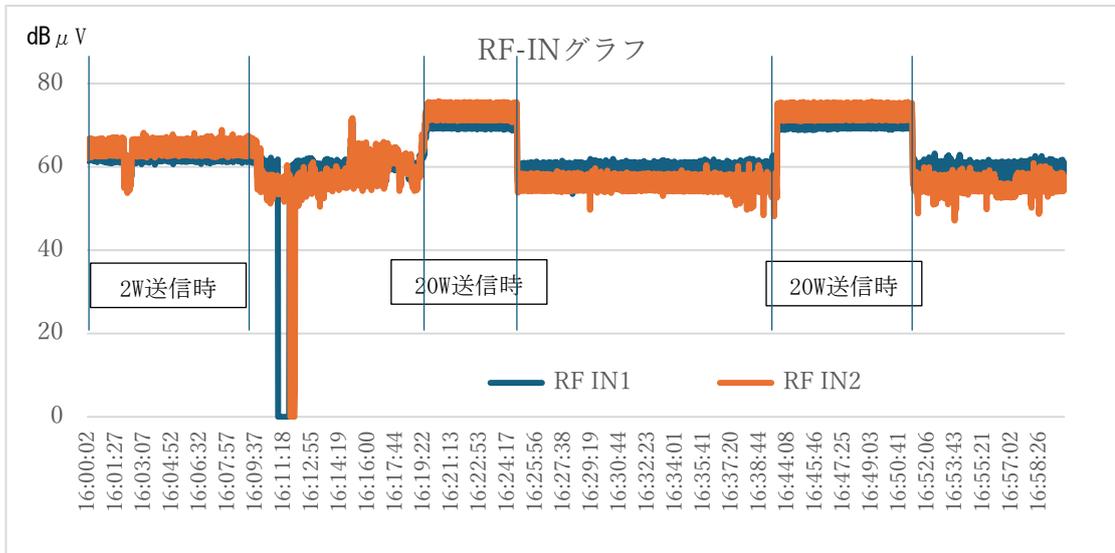


図5-142 試験電波発射時のFMキャンセラー装置ログ (RF-IN)

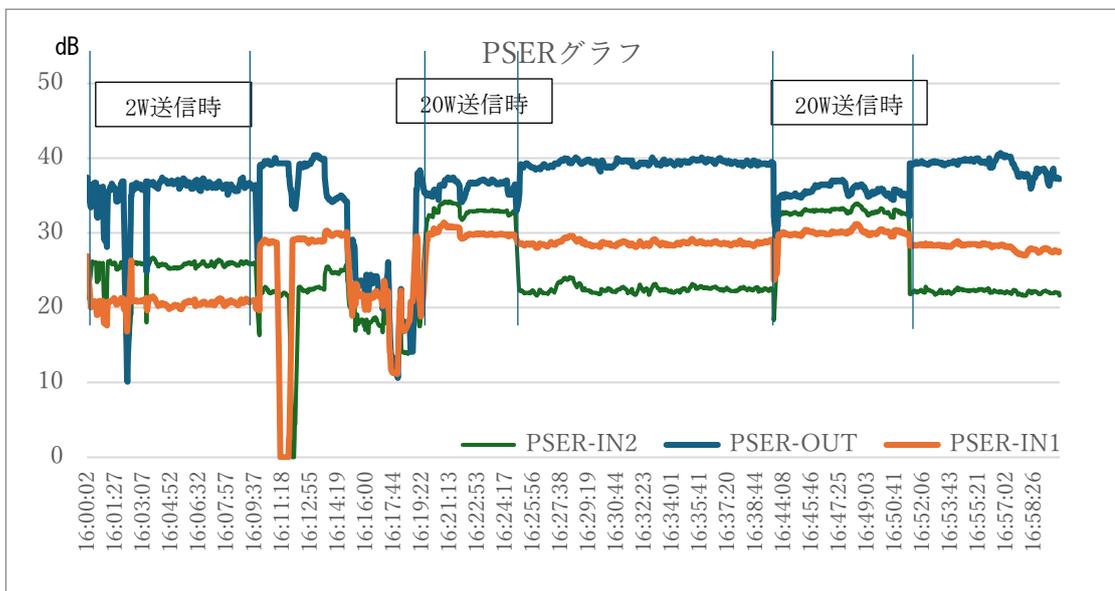


図5-143 試験電波発射時のFMキャンセラー装置ログ (PSER)

2wでの電波発射時、RF-IN (受信アンテナ入力レベル) は60~63 dB μ Vに対して20wでの電波送信時は65~68 dB μ Vとなり、自局回り込み波によってRFレベルが上昇することが確認された。PSERについては、電波を発射していない状態では40 dBであったが、20w送信時は35 dB付近まで低下し、さらに変動していることが確認できる。送信のPSERはできるだけ高く、変動の少ない状態を維持できる設備にする必要がある。

(5) 試験電波発射時のエリア状況確認

(4) で実施した試験電波発射の際には、エリアとなる日置小学校前路上付近にて固定受信による確認を行った。その際のSFNアナライザの測定データを下図に示す。

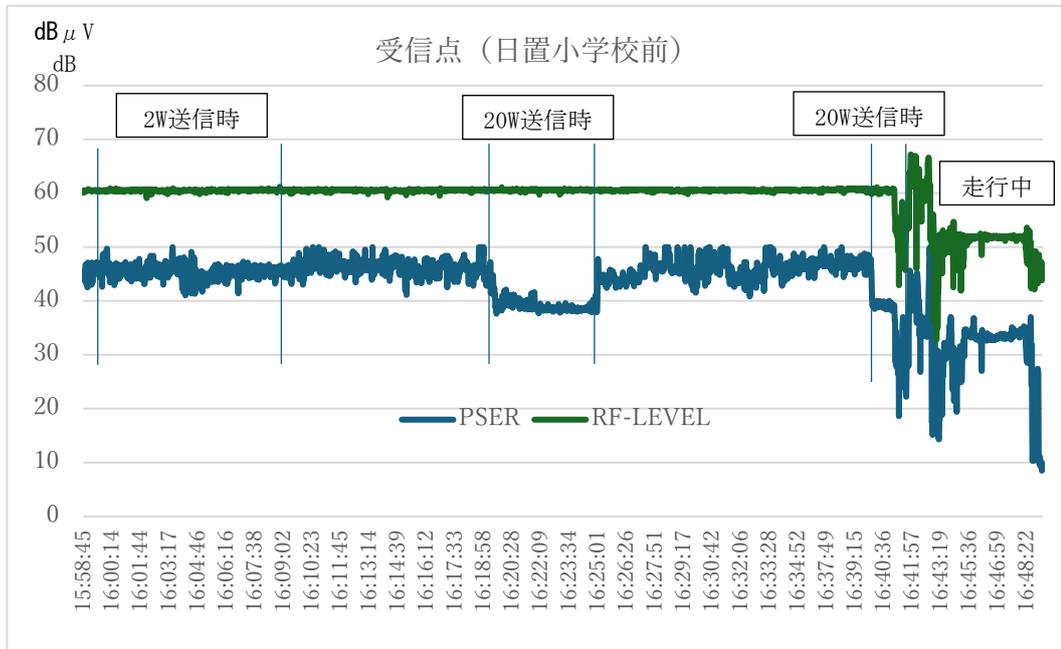


図5-144 試験電波発射時のエリア内での測定データ

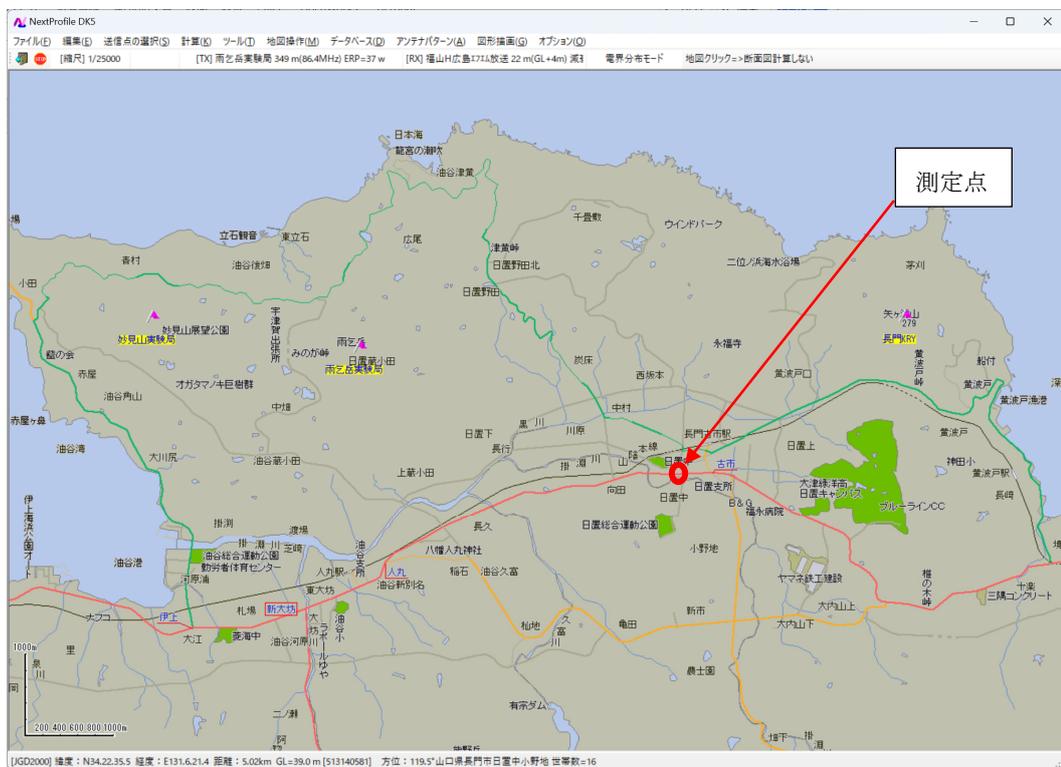


図5-145 エリア内測定地点地図

当初、2wで電波を発射した際には、長門局の電波が支配的で雨乞岳の電波の影響は少なかったが、20w発射時にはPSERが少し低下し、雨乞岳の電波の影響が現れたことが確認された。16:40

分以降は20wでの電波発射となったが、その後は測定車両を移動し実聴確認作業をおこなったためグラフは大きく変動している。

雨乞岳実験局でのデータ取得については、設備の設置状況の問題や周辺局からの電波の飛び込みなどの影響があり、報告できるようなデータの取得ができなかった。今後、同様の実験を行う際には、今回の問題点等を参考にされたい。