

# 実証試験の結果

## (青森県陸奥湾における電波伝搬試験)

地域振興用周波数の有効利用のための技術的条件に関する調査検討会事務局

# 実証試験の目的と方法

## 【試験の目的】

- マリンコミュニティホーンの代替としてデジタル地域振興用システムを利用した場合、その伝搬特性によりマリンコミュニティホーンと同等の通話エリアが確保できることを確認する。
- 400MHz帯デジタルシステムを用いてマリンコミュニティホーンを使用している地域(青森県平内町及び陸奥湾)をモデルとして電波伝搬試験を行う。

## 【試験の方法】

- 青森県東津軽郡平内町水ヶ沢山に基地局を設置して送信
- 陸奥湾沿岸を走行する車両及び陸奥湾内を航行する船舶に移動局を設置し、受信信号強度を測定
- 比較のため、数か所を選定し、現行マリンコミュニティホーンの受信信号強度を測定

## 【実施日】

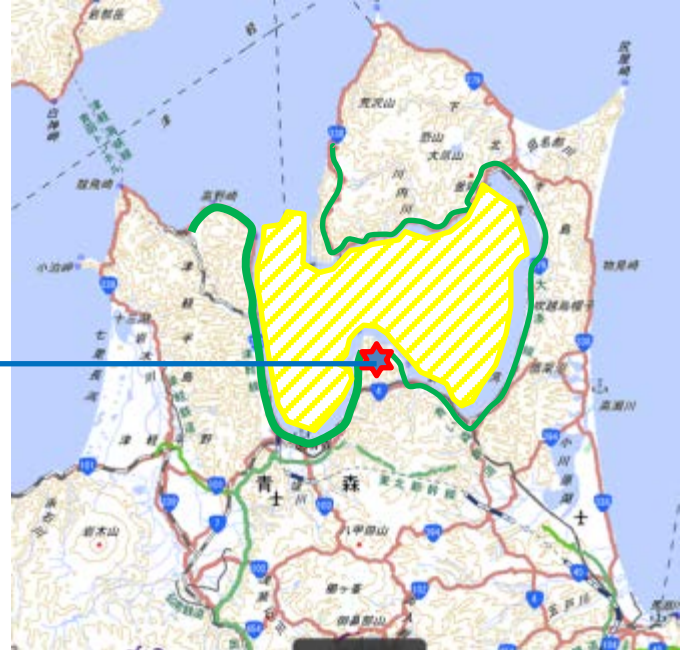
2015年8月25日、8月26日、9月8日、9月9日、9月10日

## 基地局設置場所



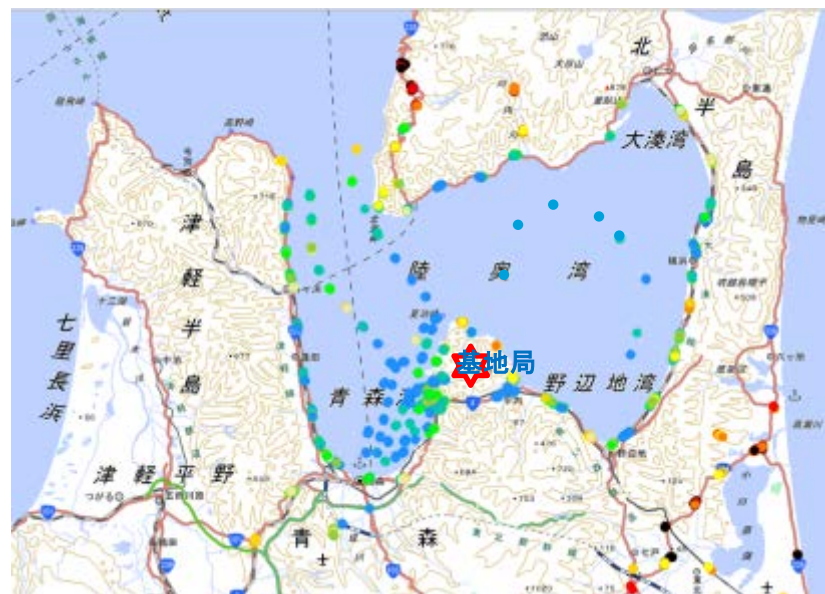
地理院地図(電子国土web)より  
<http://maps.gsi.go.jp/#12/40.951122/140.935364>

## 試験測定範囲



地理院地図(電子国土web)より  
<http://maps.gsi.go.jp/#9/41.054502/140.874939>

# 信号強度測定結果(デジタル実験試験局とマリンホーンの比較)



デジタル実験試験局の測定結果(抜粋)



現行マリンホーンの測定結果(抜粋)

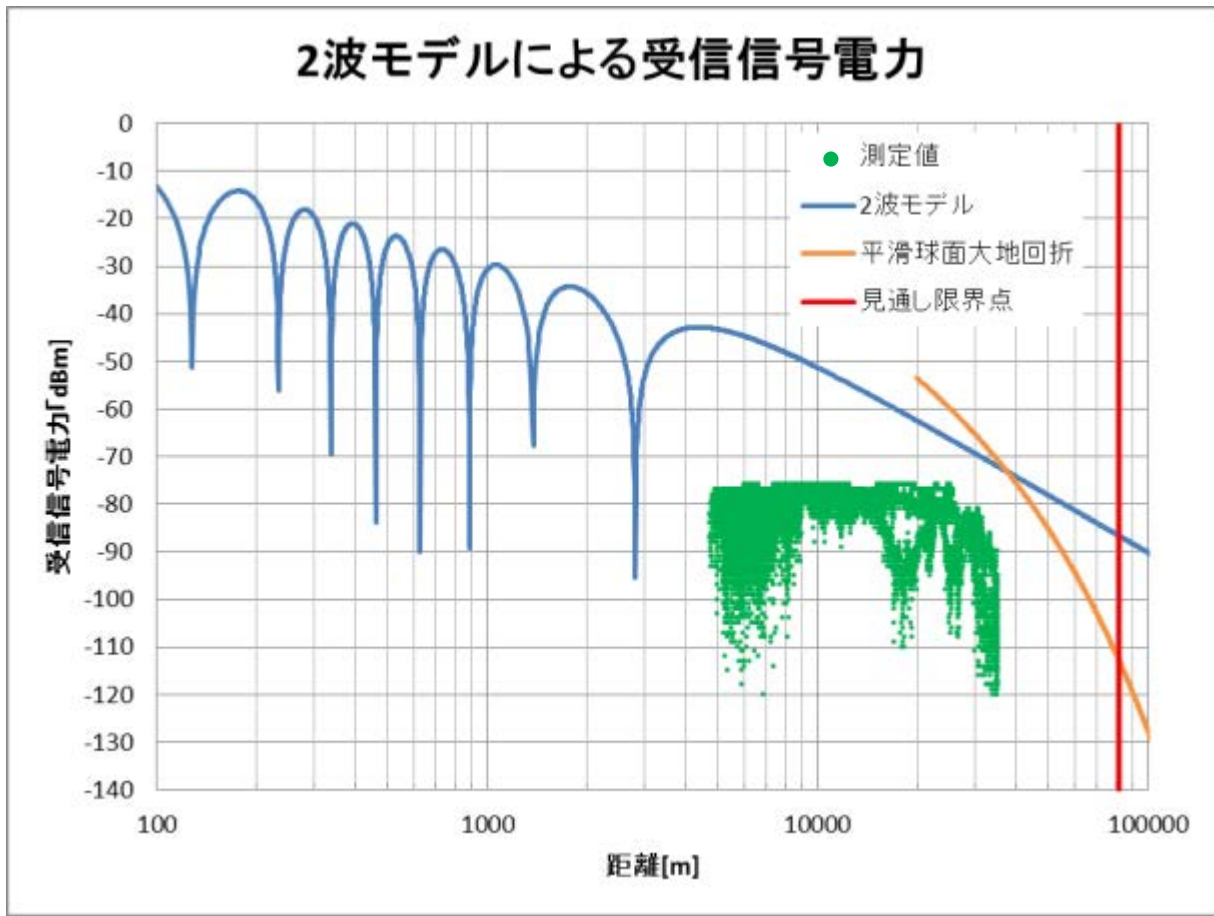
地理院地図(電子国土web)を加工して使用  
<http://cyberjapandata.gsi.go.jp>

デジタル実験試験局の試験結果は、マリンホーンとの比較のために近傍地点を抜粋した。

マリンホーンと実験試験局の信号強度には顕著な差異はみられない。

ただし、回線設計上、アナログFMは-97dBmまで、デジタル(4値FSK)は-103dBmまでが通話エリアとなるため6dB分デジタル(4値FSK)のほうが通話エリアが広いことになる。

# 信号強度測定(海上での距離対信号強度)



左のグラフは、海上2波モデルと球面大地回折の理論計算グラフに測定結果を距離対信号強度にして重ねたものである。

測定値は、同じ距離であっても信号強度にばらつきが大きいことがわかる。

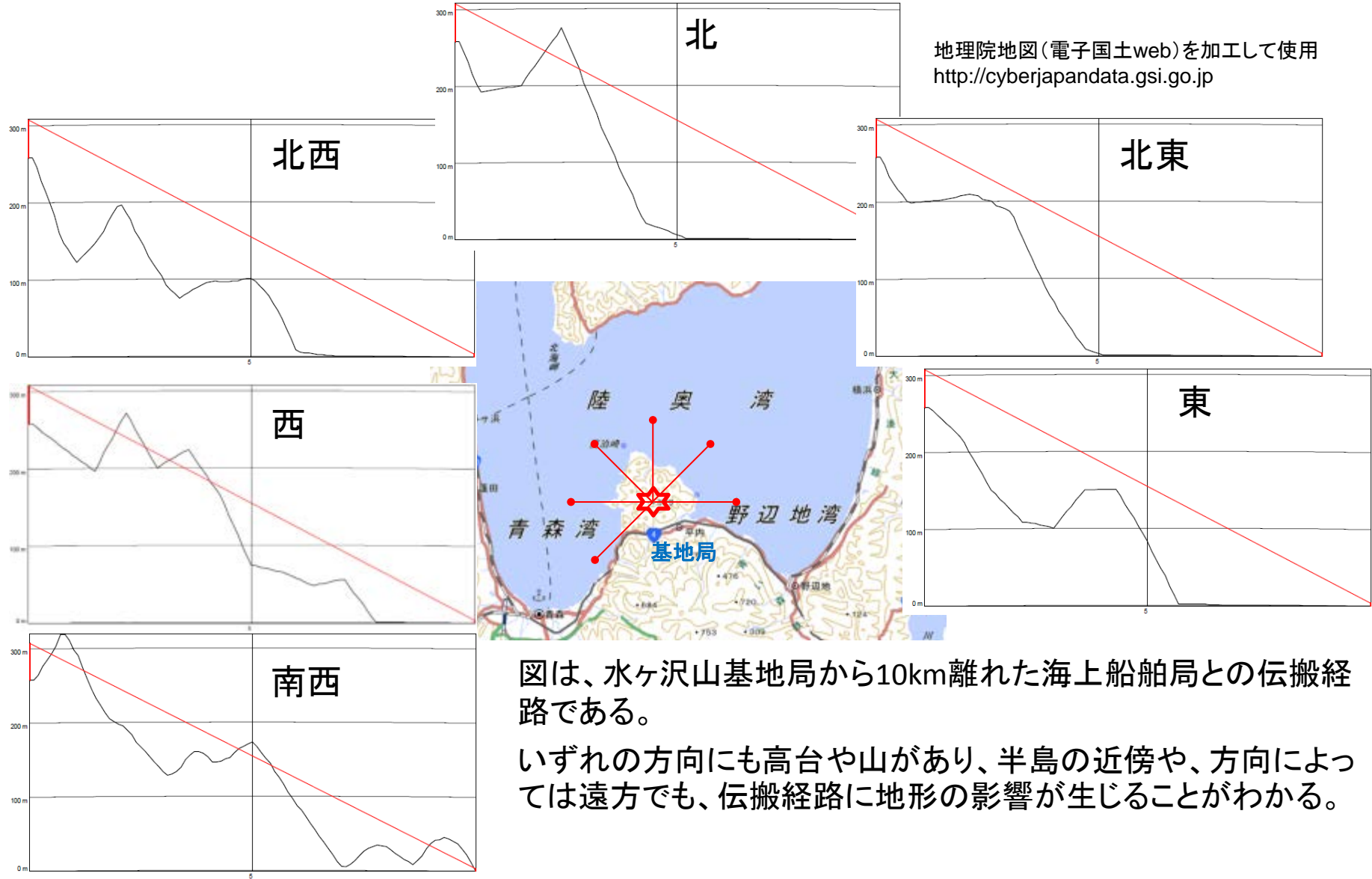
これは、同じ伝搬距離であっても場所の違いにより伝搬地形や周囲環境に差があるためである。

○水ヶ沢山基地局は、海岸から5km以上離れており、受信信号電力が急激に減衰する距離に海面がないため、反射波による干渉は観測されなかった。

○水ヶ沢山は、夏泊半島の中央部にあり、周辺も高台になっていることから、半島の海岸道路や半島近傍を中心に信号強度が弱くなっている。



# 水ヶ沢山基地局の地形



図は、水ヶ沢山基地局から10km離れた海上船舶局との伝搬経路である。

いずれの方向にも高台や山があり、半島の近傍や、方向によっては遠方でも、伝搬経路に地形の影響が生じることがわかる。

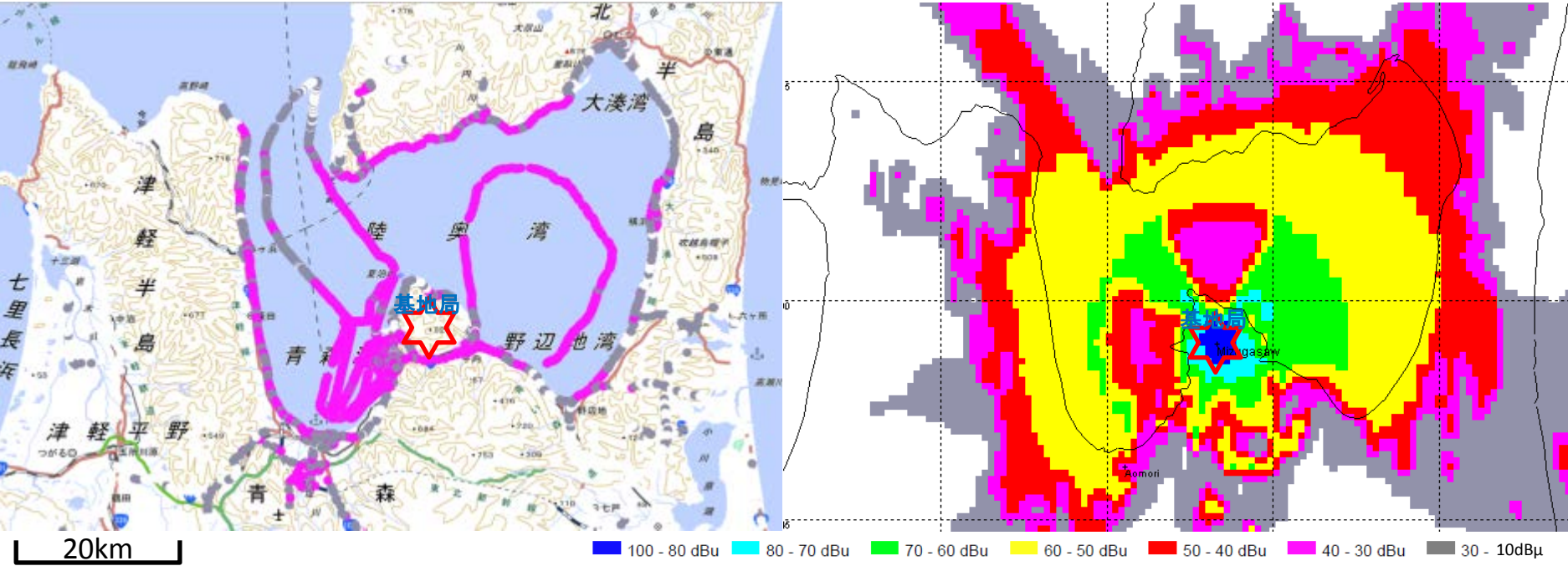
# 信号強度測定結果(デジタル実験試験局 全データ)



デジタル実験試験局の全測定データをプロットした。  
陸奥湾内および沿岸部に問題なく伝搬していることがわかる。夏泊半島の周囲は、地形の影響により信号強度が弱い。山や地形の影となる部分(陸奥湾出口先、津軽半島西側など)では、信号強度が弱くなっている。

地理院地図(電子国土web)を加工して使用  
<http://cyberjapandata.gsi.go.jp>

# エリアシミュレーションとの比較(奥村秦モデル開放地 >10dBμV)

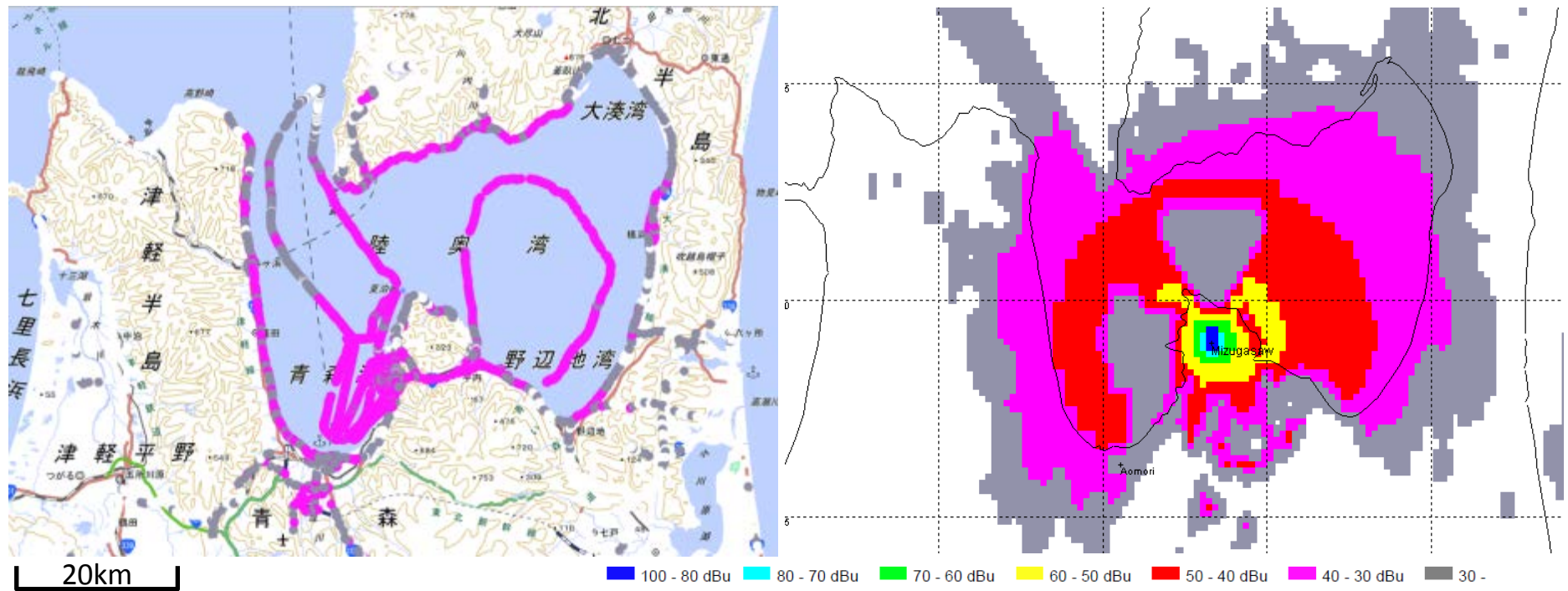


地理院地図(電子国土web)を加工して使用  
<http://cyberjapandata.gsi.go.jp>

左の図が試験結果、右の図がシミュレーション。  
いずれも回線設計上の通話エリア(10dBμV以上)のみをプロットしている。  
シミュレーションツールの色に合わせるため、p6の結果とはプロット色を変えている。  
シミュレーションは、地形のみを考慮しており、樹木や建物による減衰は考慮されない。  
全般に試験結果のレベルが低いことがわかる。  
試験結果とシミュレーション(開放地)には差があることがわかった。



# エリアシミュレーションとの比較(奥村秦モデル郊外>10dBμV)



左の図が試験結果、右の図がシミュレーション。  
いずれも回線設計上の通話エリア(10dBμV以上)のみをプロットしている。  
シミュレーションツールの色に合わせるため、p6の結果とはプロット色を変えている。  
シミュレーションは、地形のみを考慮しており、樹木や建物による減衰は考慮されない。  
全般に試験結果とおおむね同様のレベルであることがわかる。  
試験結果はシミュレーション(郊外)に近い部分が多いことがわかった。

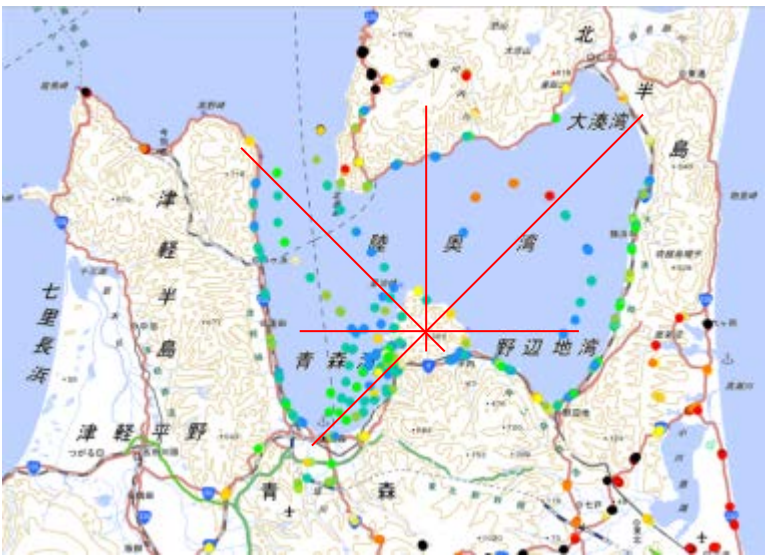
地理院地図(電子国土web)を加工して使用  
<http://cyberjapandata.gsi.go.jp>



# 信号強度ポイント比較

測定の結果を、方位と距離がほぼ同じもので、デジタルと現行マリンホーンを比較した。

たとえば、南西方向に約4480mの地点では、マリンホーンが-102dBmに対して、デジタル実験試験局が-104dBmと、ほぼ同じ信号強度が得られた。同様に他の方位でもマリンホーンとデジタル実験試験局は同等の信号強度となっている。



地理院地図(電子国土web)を加工して使用  
<http://cyberjapandata.gsi.go.jp>

方位	方位角(度)	距離[m]	アナログ/デジタル	信号強度[dBm]
南西	225	4480	アナログ	-104
南西	225	4480	デジタル	-102
西	271	4940	アナログ	-81
西	271	4940	デジタル	-81
北西	315	7320	アナログ	-82
北西	315	7320	デジタル	-77
北西	317	28140	アナログ	-84
北西	317	28200	デジタル	-83
北	357	9830	アナログ	-78
北	357	9820	デジタル	-78
北	3	21460	アナログ	-84
北	3	21460	デジタル	-82
北東	44	48560	アナログ	-107
北東	44	48250	デジタル	-102
北東	46	6160	アナログ	-89
北東	46	6160	デジタル	-78
東	77	28720	アナログ	-105
東	77	28610	デジタル	-105

※ アナログ/デジタル  
 アナログ: 現行マリンホーン  
 デジタル: デジタル実験試験局

## 信号強度測定考察、結論

○デジタル実験試験局の信号強度は、現行マリンホーンと比較して同等以上であった。

○水ヶ沢山基地局からは、陸奥湾全域が見通せ、青森市内も含め広範囲に使用できることがわかった。

○水ヶ沢山は、夏泊半島の中央部にあり、周辺が高台になっていることから、半島の海岸道路や半島近傍では信号強度が弱くなっている。

○シミュレーションとの比較では、実測値は開放地より郊外地のシミュレーションに近いが低い場合もある。これは、前述の基地局周辺の地形、地勢によるものと考えられる。

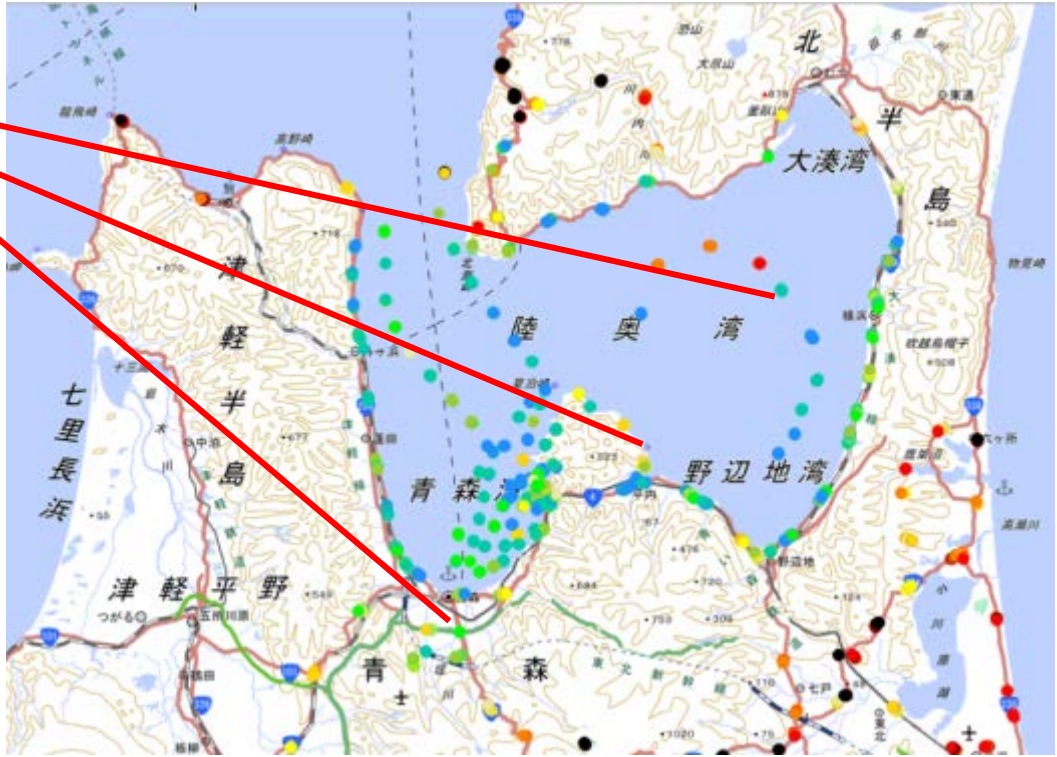
デジタル(4値FSK)方式を海上用途で使用した場合、通話エリアはアナログFM方式と同等以上に確保できることがわかった。

# 雑音測定結果

スペクトラムアナライザで雑音を測定した。  
各地点での差異は大きくなかった。

場所	ノイズ
陸奥湾内海上	-165dBm/Hz ※1
平内町漁協前海上	-165dBm/Hz ※1
青森市街	-163dBm/Hz

※1 測定限界(使用したスペクトラムアナライザのノイズフロアは-165dBm/Hz)



地理院地図(電子国土web)を加工して使用  
<http://cyberjapandata.gsi.go.jp>



# 机上検討（デジタル・アナログの回線設計比較による検討）

現状のマリンコミュニティホーン(アナログFM)とデジタル地域振興用システム(4値FSK)の回線設計を比較した(受信S/N C/N = 所要S/N C/Nとなる距離)。

所要S/N、C/Nが得られる最長の伝送距離の比較では、デジタル化によっても同等以上のエリア確保が期待できる結果となった。

	FM	4値FSK
送信周波数f[MHz]	367.6	367.6
送信出力W[mW]	10000.0	10000.0
送信出力W[dBm]	40.0	40.0
送信側フィーダー損失Lt[dB]	1.0	1.0
送信側フィルタ損失[dB]	1.0	1.0
送信アンテナ利得Gt[dBi]	6.65	6.65
実効放射電力P[dBm]	44.7	44.7
伝送距離 d [km]	17.3	25.4
送信基地局アンテナ高Hb[m]	330.0	330.0
受信移動局アンテナ高Hm[m]	1.5	1.5
修正秦モデルによる伝搬損失[dB]	137.2	143.2
中央値から実効値への変換係数[dB]	1.6	1.6
受信アンテナ利得Gr[dBi]	2.15	2.15
受信側フィーダー損失Lr[dB]	0.0	0.0
受信側フィルタ損失[dB]	0.0	0.0
場所率マージン[dB]	3.0	3.0
人体との相互作用によるアンテナ利得損失[dB]	2.1	2.1
受信電力 Pr [dBm]	-97.1	-103.1
(受信開放電圧 V0[dBμV])	15.9	9.9

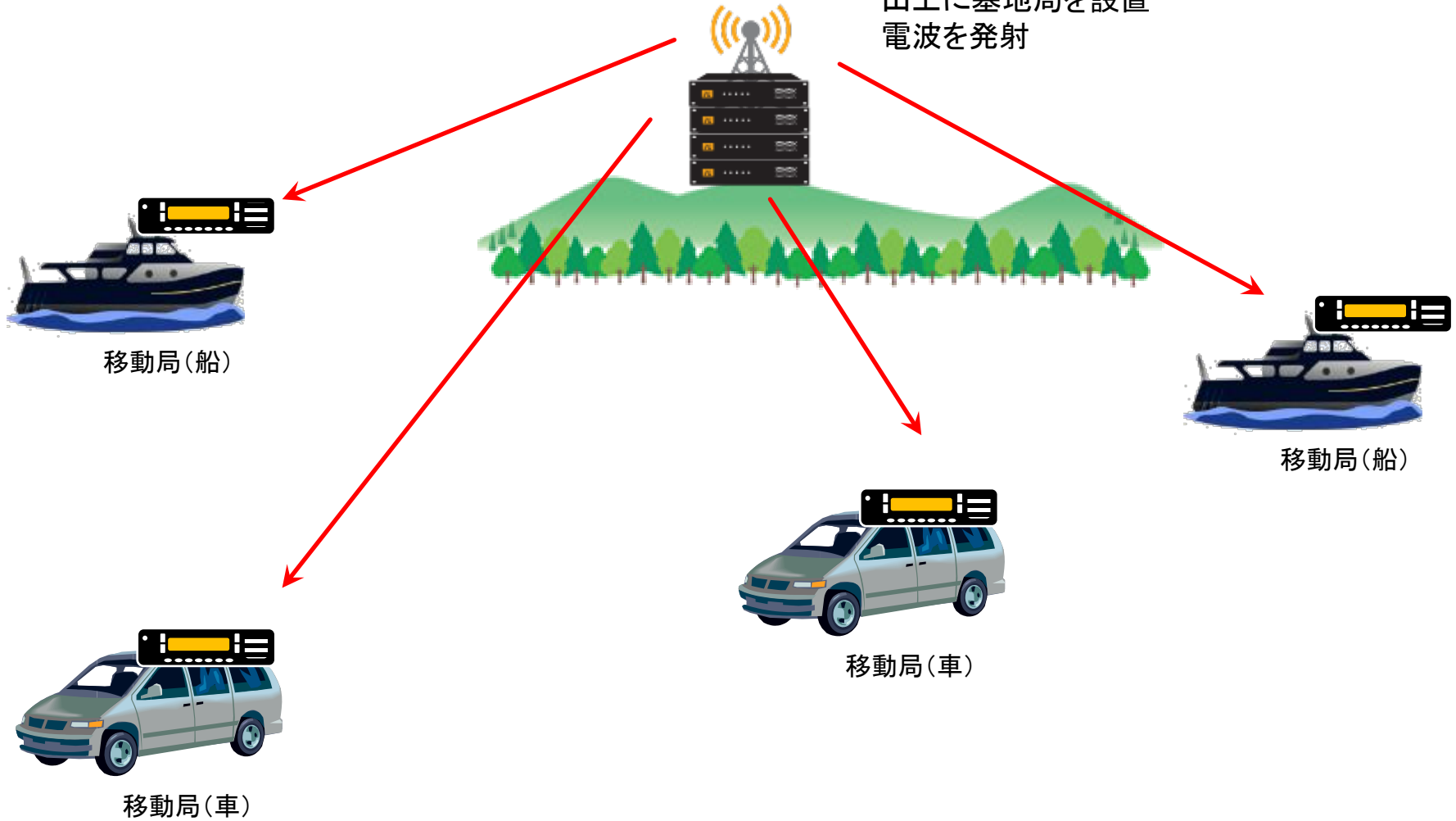
	FM	4値FSK
ボルツマン定数k[W/(Bz・K)]	1.38E-23	1.38E-23
ボルツマン定数k[dBm/(Bz・K)]	-198.6	-198.6
標準温度 T <sub>0</sub> [dBK]	24.8	24.8
信号帯域幅 B [kHz]	8.0	4.0
信号帯域幅 B [dBHz]	39.0	36.0
受信機雑音指数 F [dB]	8.0	8.0
受信機熱雑音 Ni = k T <sub>0</sub> B F [dBm]	-126.8	-129.8
外来雑音 Nb[dBm]	-126.0	-129.0
受信機外来雑音 Nb+Gr-Lr[dBm]	-123.9	-126.9
受信器総合雑音電力 Nr[dBm]	-122.1	-125.1
(受信機総合雑音[dBμV])	-9.1	-12.1
所要S/N,C/N[dB]	25.0	22.0
受信S/N,C/N[dB]	25.0	22.0

電波法関係審査基準値および『平成10年度 電気通信技術審議会答申 諮問第94号「400MHz帯等を使用する業務用の陸上移動局等のデジタル・ナロー通信方式の技術的条件」平成10年6月29日』の数値を使用した。

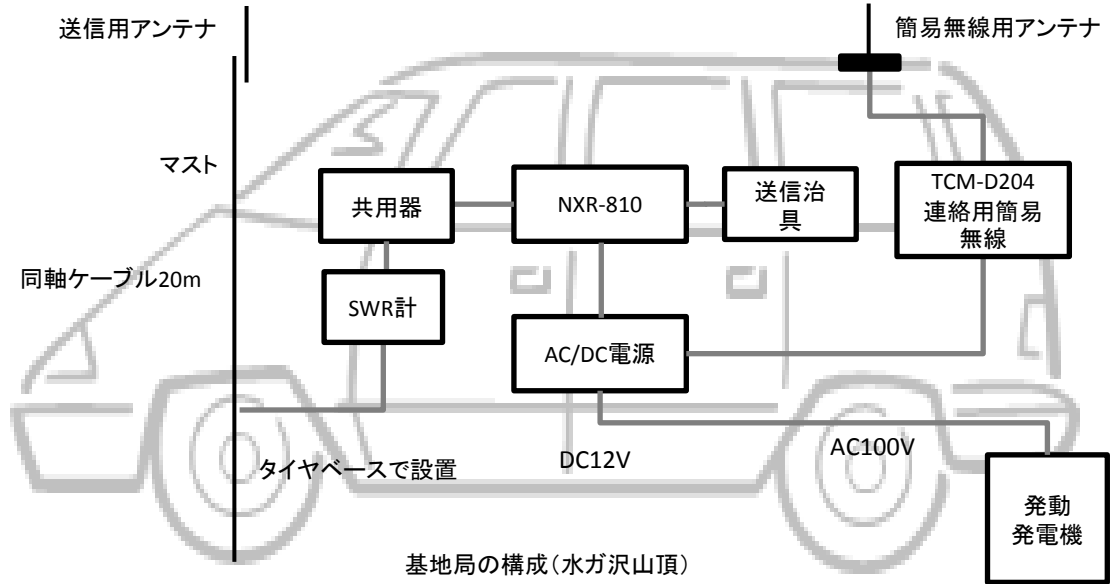
# 実験試験局の全体構成

山上に基地局を設置して電波を発射  
移動局で信号強度を測定する

山上に基地局を設置  
電波を発射

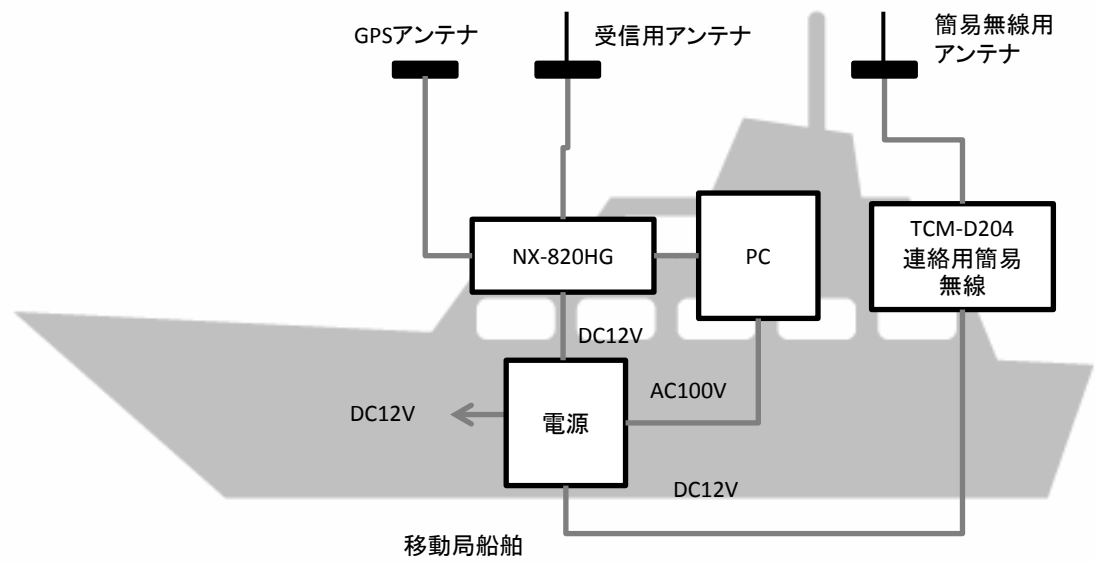


# 実験試験局の構成(基地局)





# 実験試験局の構成(船1)



# 実験試験局の構成(車)

