

屋外PLCの放射ノイズシミュレーション

～放射ノイズに対する大地影響の考慮～

PLC-J委託先/実施機関 パナソニック(株) 解析センター

2012年2月29日

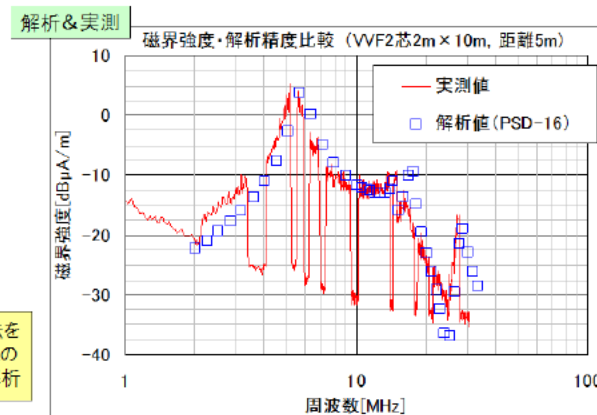
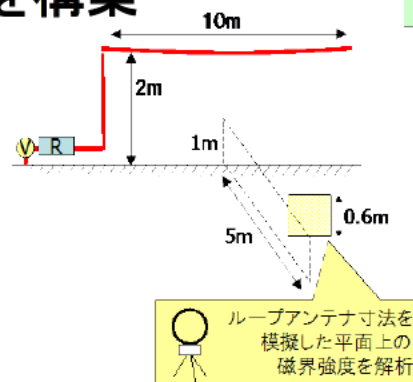
高速電力線通信推進協議会 (PLC-J)

■ モーメント法を用いた解析モデルを構築

⇒ 電波暗室での実測と

非常によく一致

⇒ 解析モデルの妥当性検証完了



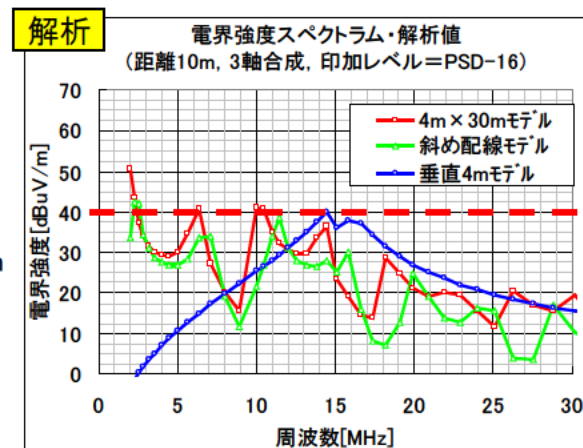
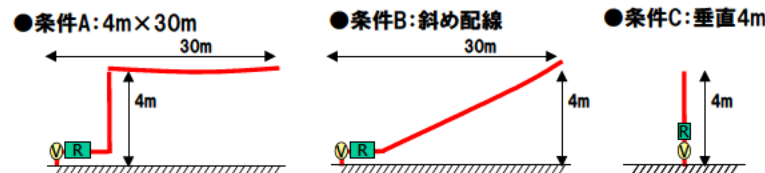
■ 屋外PLCにおいて想定される配線の電界強度を解析

⇒ 3つの配線条件で解析を実施

⇒ **完全導体GND条件**では40[dBμV/m]

⇒ **【2月度】大地の影響を考慮した**

実環境に近い条件での解析



⇒ GNDに大地の材料定数を与え, 影響を評価

- 大地の材料定数を考慮したモデル化を実施
⇒ NEC2を用いてモデル化
- 放射電力に対する大地条件の影響
⇒ 配線条件, 大地条件ごとに共振周波数を把握
- 電界強度に対する大地条件の影響
⇒ 大地による電界強度の減衰効果を抽出

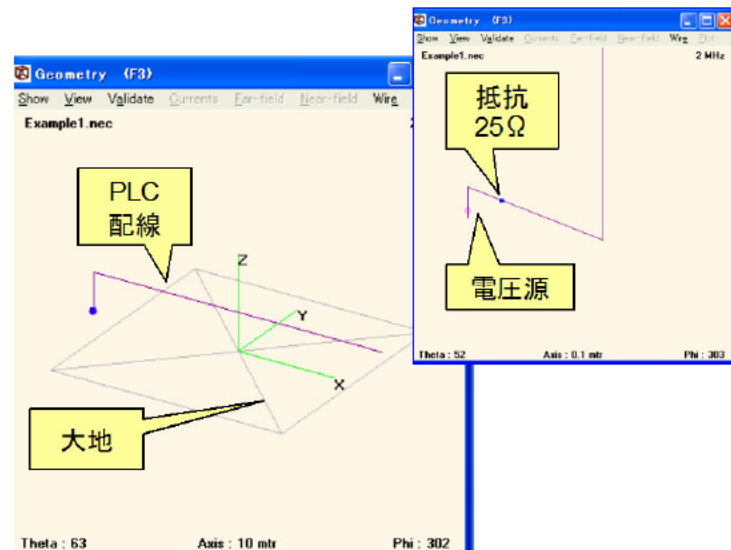
■解析にて大地の影響を検証する

○解析手法

- ・モーメント法(4nec2)
- 大地: Sommerfeld-Nortonモデル
⇒大地の材料定数を考慮可能

○解析モデル

- ・外皮誘電体は考慮しない
- ・印加レベルは120dB μ V一定

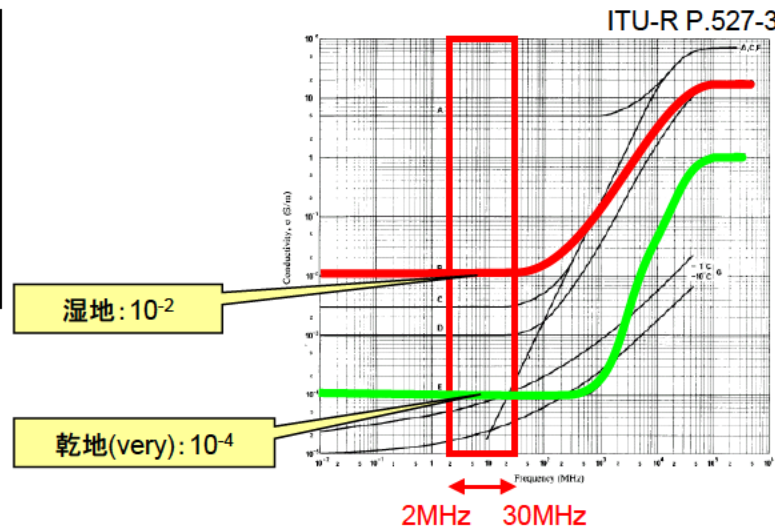


■解析に用いたGND条件

材質	導電率[S/m]	比誘電率[]
完全導体	∞	1
湿地	1×10^{-2}	30
乾地(very dry)	1×10^{-4}	3

※導電率が高い大地条件として湿地を
導電率が低い大地条件として乾地(very dry)を選定

大地の導電率の周波数特性



1. その他 解析モデルの前提条件

■モデル化の前提条件

近端部: 線路端と大地間にコモンノイズ源を模擬
ISN送信Zから25Ωと仮定

遠端部: カメラ+PLC部はケーブル開放端として簡易化
遠端部の物理形状による差は小さいことを検証済み

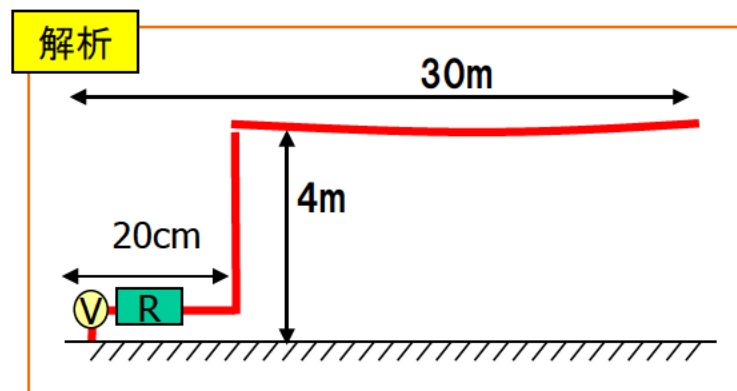
印加電圧: PSD-16dBと仮定
PSDはAMNを用いて最短・最小の系で測定
ISNのLCL=16dB

導線: コモンモードモデルとして単線モデル化
放射強度のピーク値に対する線径の影響はない

配線形態: 実配線長を参考に簡易モデル化(3パターン)

大地面: 大地の材料定数を考慮した広さ無限大の平面としてモデル化

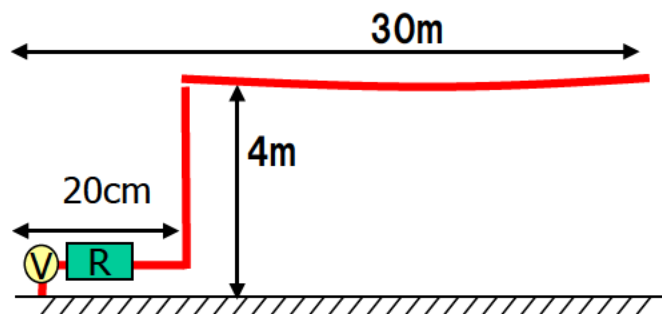
その他: 建物の外壁, 樹木, 電柱などの影響は考慮しない



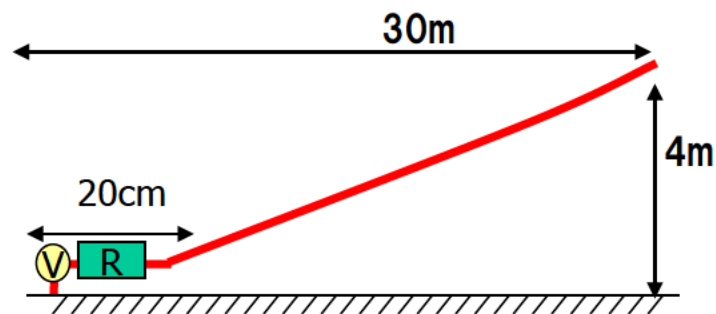
2. 実環境模擬パターン

■ 3配線条件のEMI解析

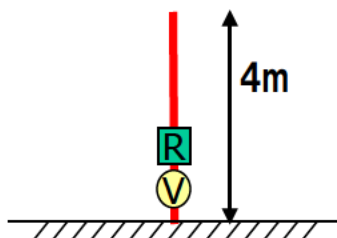
● 条件A: 4m×30mモデル



● 条件B: 斜め配線モデル



● 条件C: 垂直4mモデル

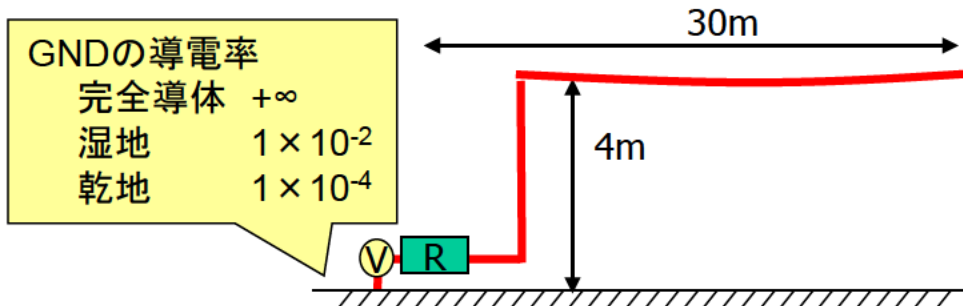


【評価項目】

- ・放射電力[dBm]
 - ⇒ 2~30MHzの周波数特性から共振周波数を抽出
- ・電界強度[dBμV/m](距離10m)
 - ⇒ 各共振モードで大小を比較

■大地の材料定数の影響を評価

※印加レベル
120dB μ V一定

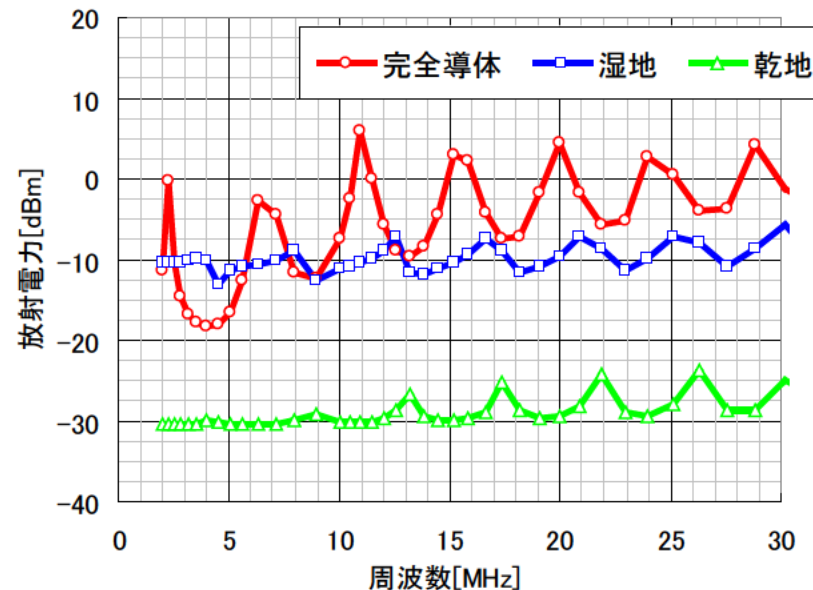


解析 4m×30mモデルの共振周波数

[MHz]	完全導体	湿地	乾地
1次共振	2.2	3.6	4.0
2次共振	7.6	8.0	8.9
3次共振	11.0	12.6	13.2
4次共振	15.1	16.6	17.4
5次共振	20.0	20.9	21.9
6次共振	24.0	25.1	26.3
7次共振	28.8	30.2	30.2

解析

放射電力における大地の影響 4m×30mモデル
(印加レベル120dB μ V)



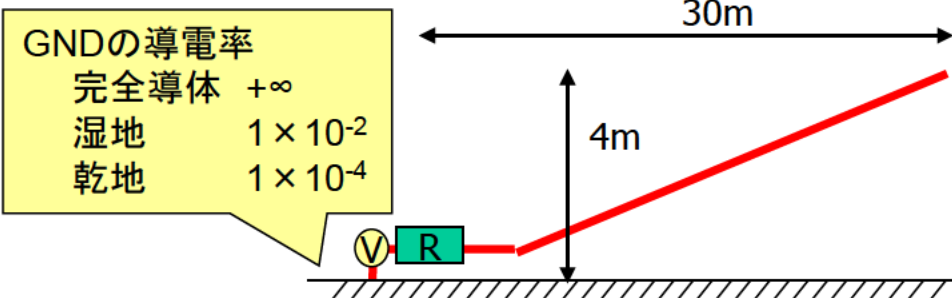
4m×30mモデルには7つの共振モードが存在

大地の導電率を模擬した場合,

- 共振周波数が高域にシフト(2MHz程度)
- 放射電力のピーク値が低下(湿地:6dB以上, 乾地:30dB以上)

■大地の材料定数の影響を評価

※印加レベル
120dB μ V一定

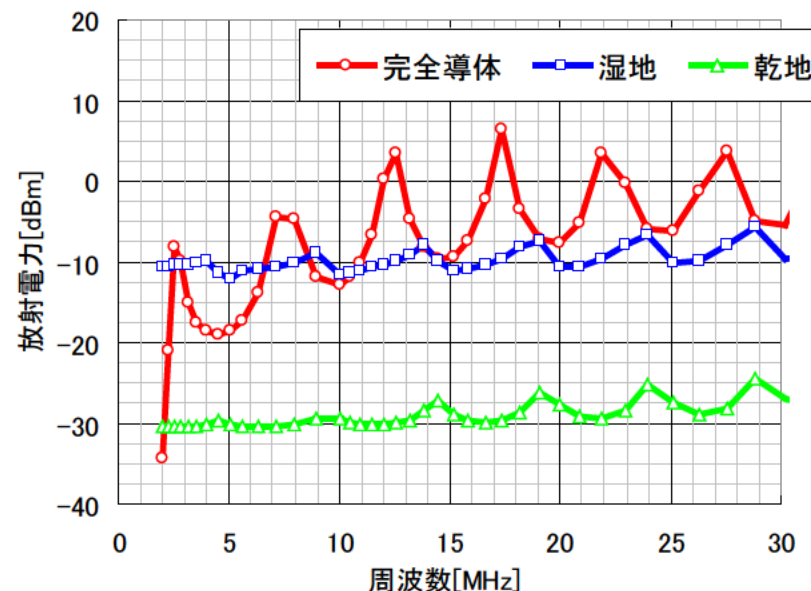


解析 斜め配線モデルの共振周波数

[MHz]	完全導体	湿地	乾地
1次共振	2.5	4.0	4.5
2次共振	7.1	8.9	8.9
3次共振	12.6	13.8	14.5
4次共振	17.4	19.1	19.1
5次共振	21.9	24.0	24.0
6次共振	27.5	28.8	28.8

解析

放射電力における大地の影響 斜め配線モデル
(印加レベル120dB μ V)



斜め配線モデルには6つの共振モードが存在

大地の導電率を模擬した場合、

- 共振周波数が高域にシフト(2MHz程度)
- 放射電力のピーク値が低下(湿地:2dB以上, 乾地:21dB以上)

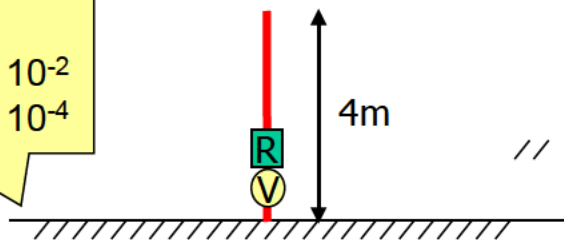
■大地の材料定数の影響を解析にて評価

※垂直4mモデルは共振のピークを求めるために40MHzまで解析

※印加レベル
120dB μ V一定

GNDの導電率

完全導体	$+\infty$
湿地	1×10^{-2}
乾地	1×10^{-4}

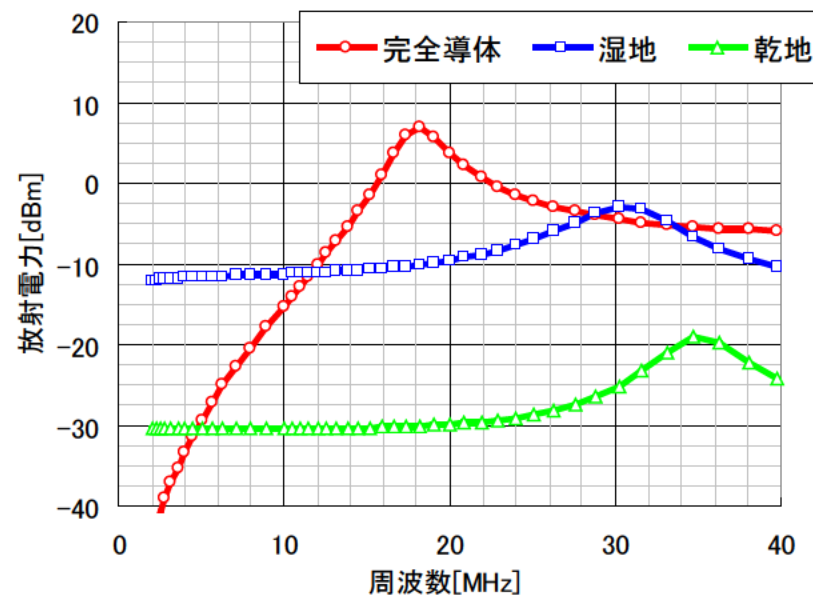


解析 4m×30mモデルの共振周波数

[MHz]	完全導体	湿地	乾地
1次共振	18.2	30.2	34.7

解析

放射電力における大地の影響 垂直4mモデル
(印加レベル120dB μ V)



垂直4mモデルは共振モードが1つのみ

大地の導電率を模擬した場合、

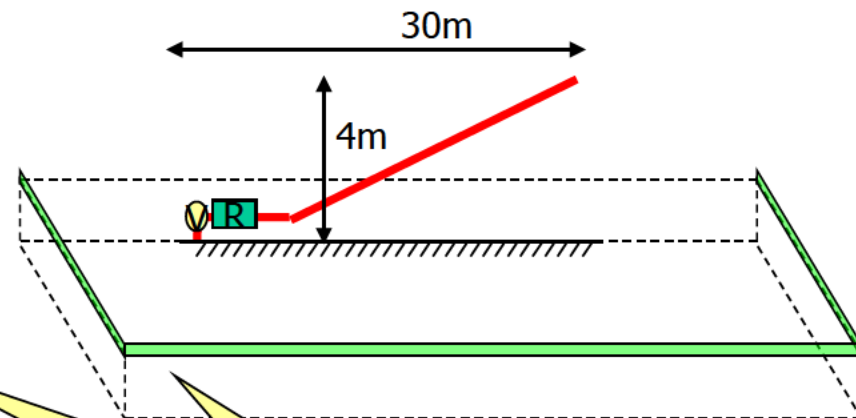
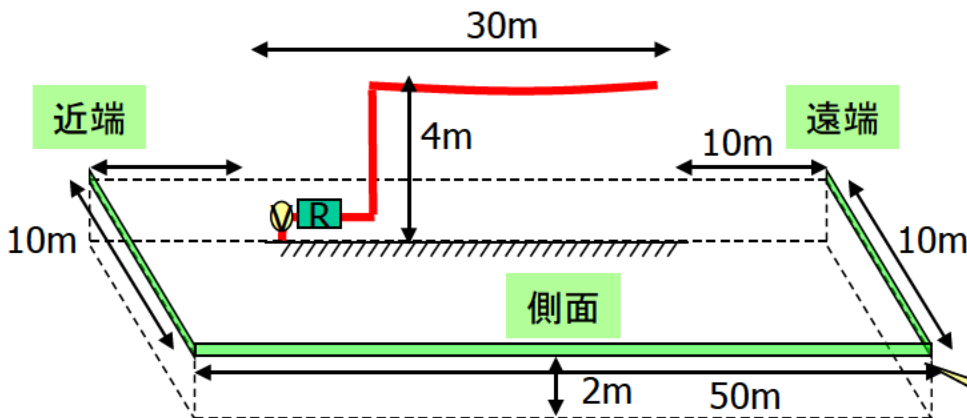
- ・共振周波数が高域にシフト(およそ1.5~2倍に変化)
- ・放射電力のピーク値が低下(湿地:10dB, 乾地:26dB)

3. 電界強度の位置特性抽出

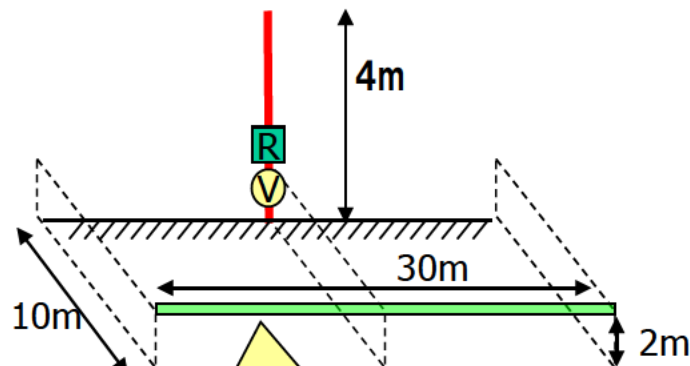
■測定位置を掃引し、電界強度(距離10m)の位置特性を抽出

●条件A: 4m×30mモデル

●条件B: 斜め配線モデル



●条件C: 垂直4mモデル



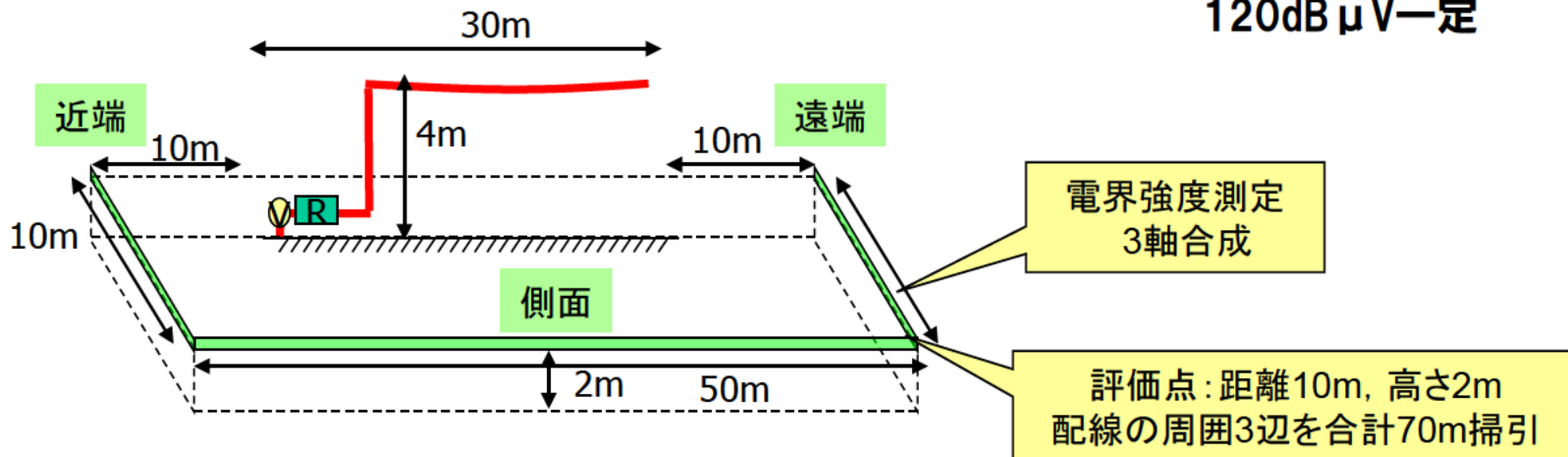
評価点: 距離10m, 高さ2m
配線の周囲3辺を合計70m掃引

評価点: 距離10m,
高さ2mの位置を30m掃引

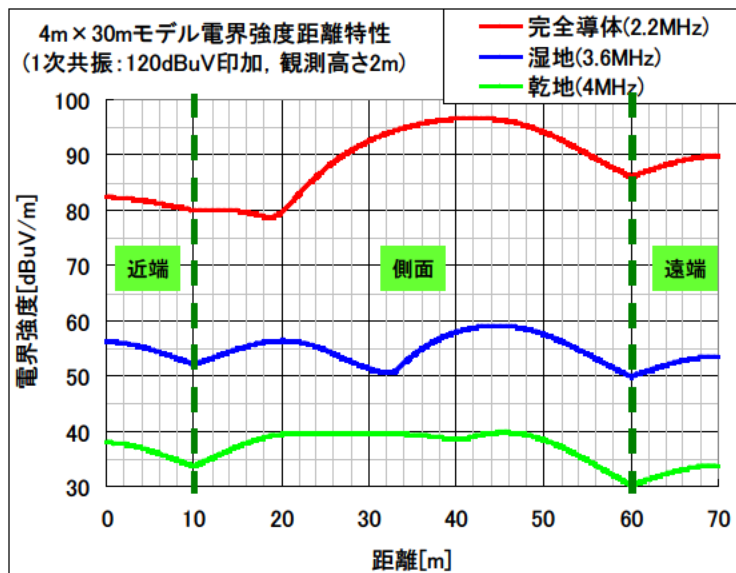
配線条件A, B, Cの
各共振モードに対して
電界強度の位置特性を抽出

■ 条件A: 4m×30m配線モデル

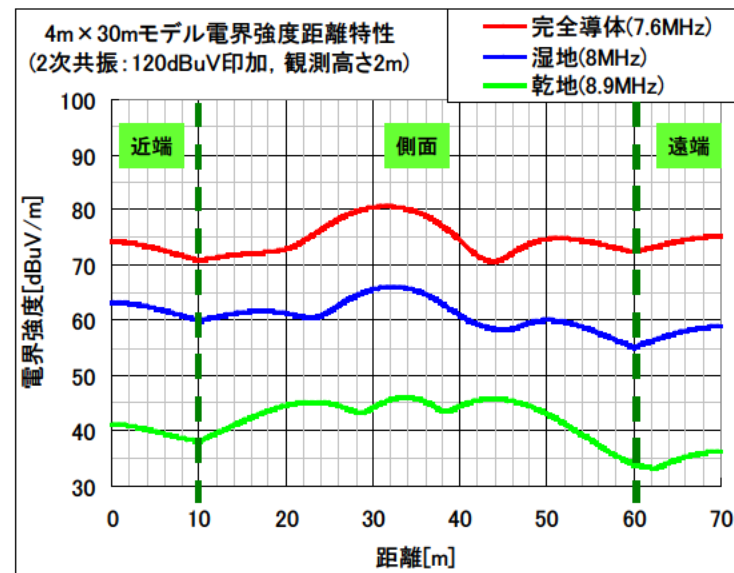
※印加レベル
120dB μ V一定



■ 1次共振

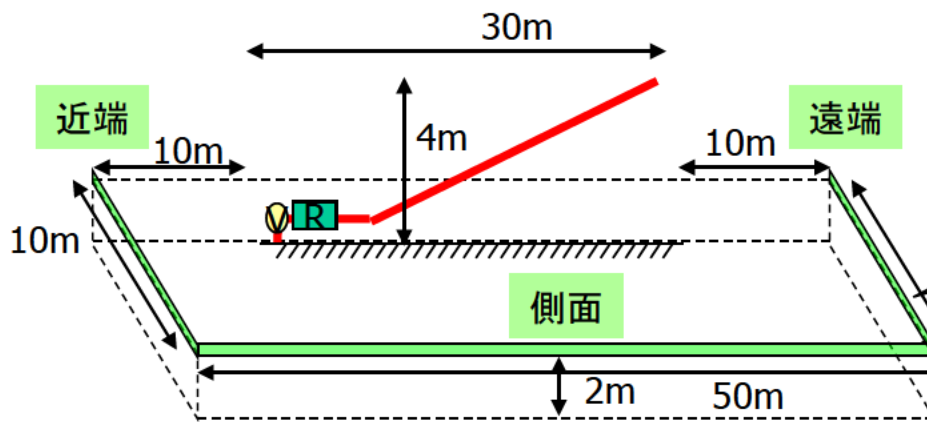


■ 2次共振

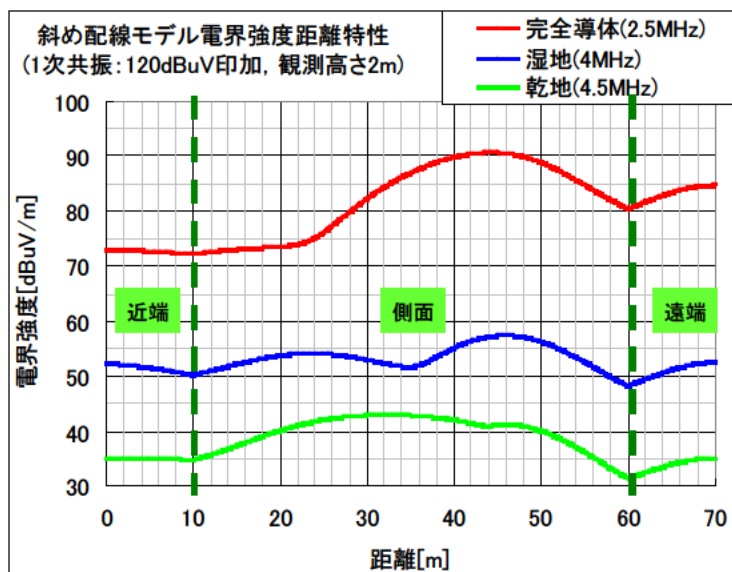


■ 条件B:斜め配線モデル

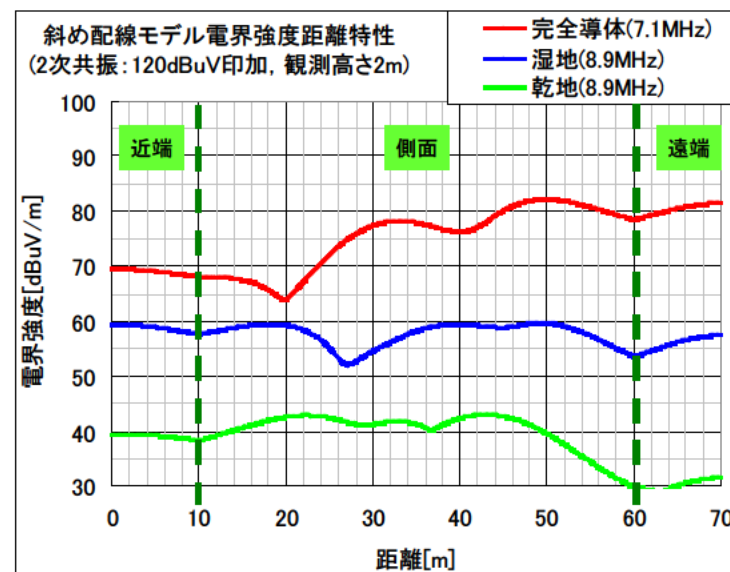
※印加レベル
120dB μ V一定



■ 1次共振

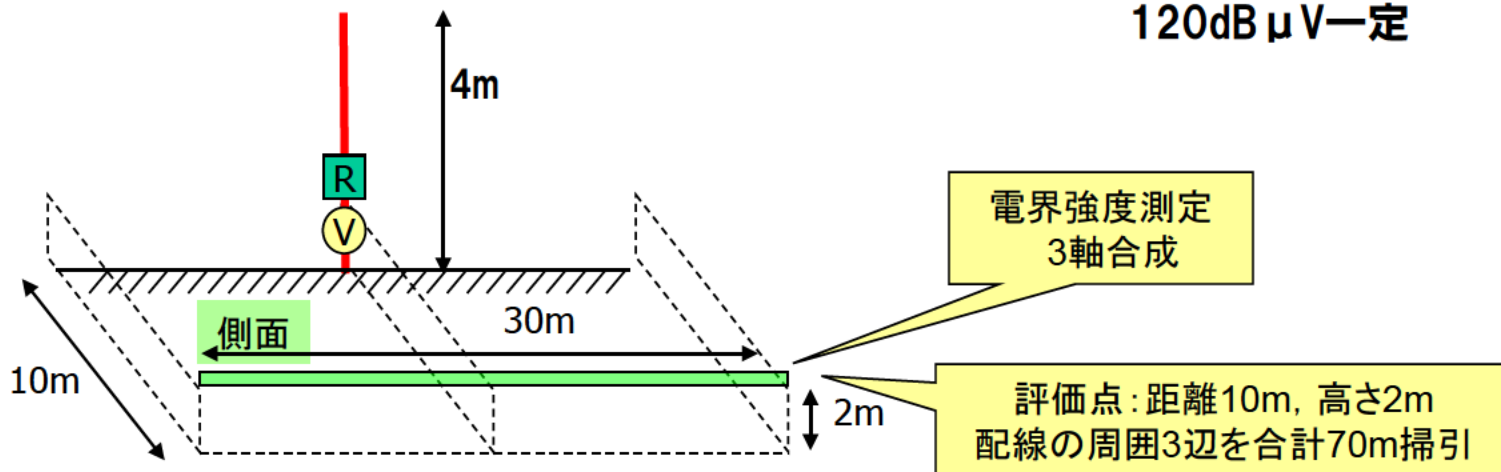


■ 2次共振

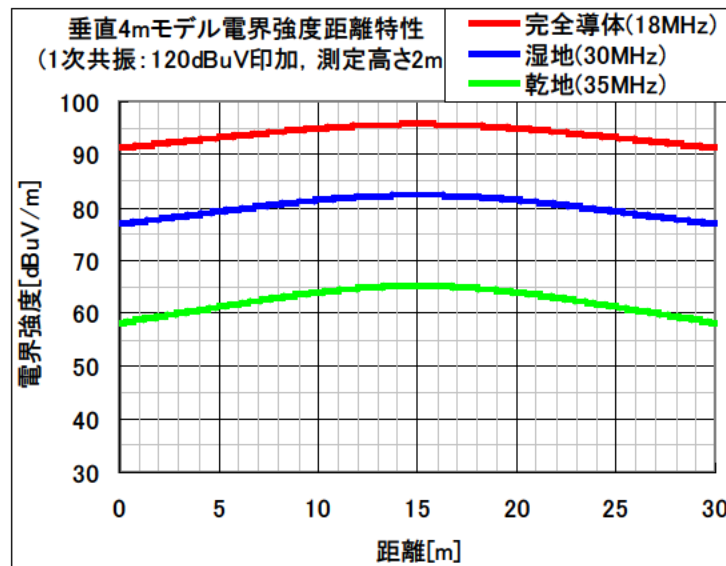


■ 条件C:垂直4m配線モデル

※印加レベル
120dB μ V一定

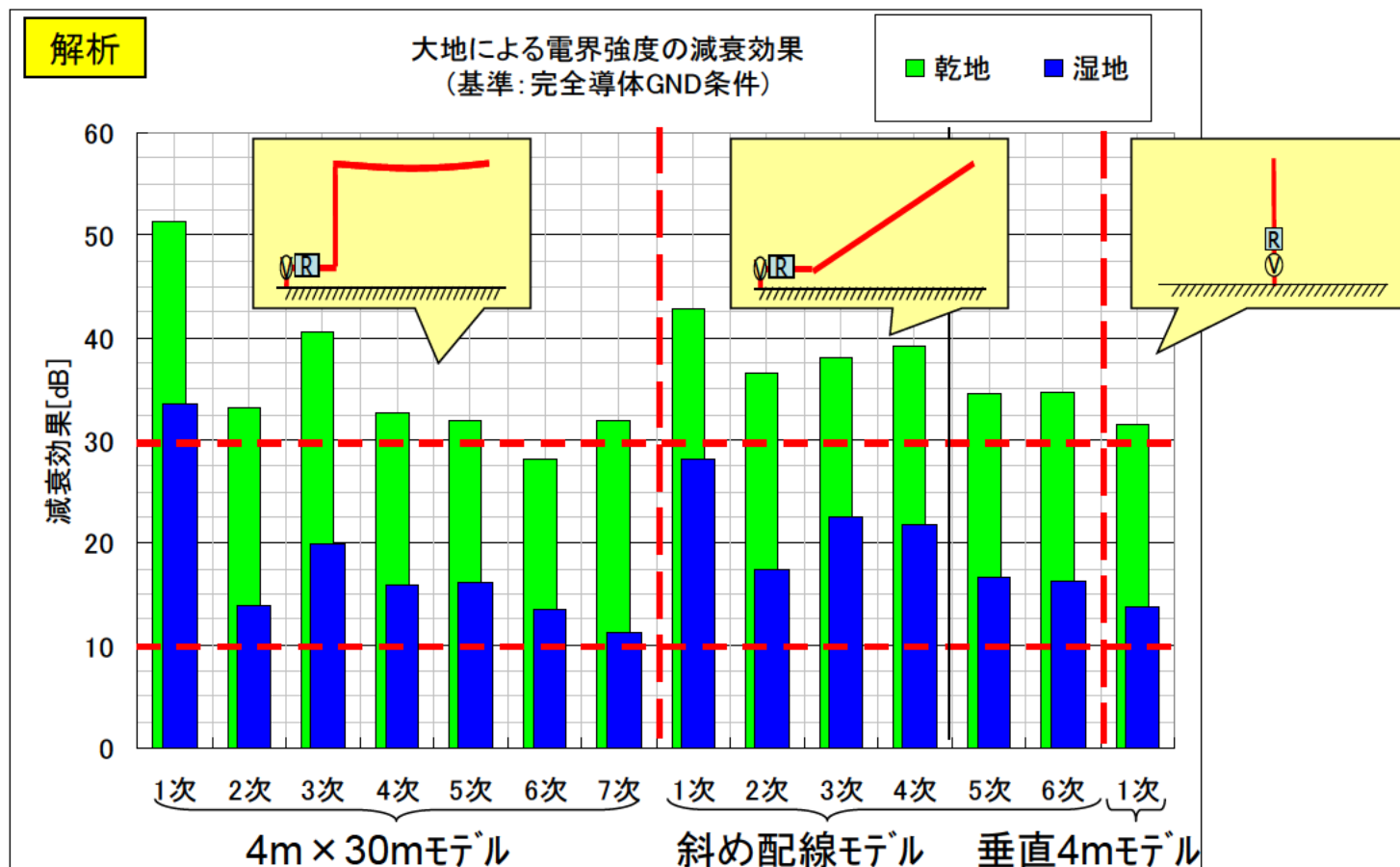


■ 1次共振



3. 大地による電界強度の減衰効果まとめ

■各共振モードでの減衰効果(平均値)を比較



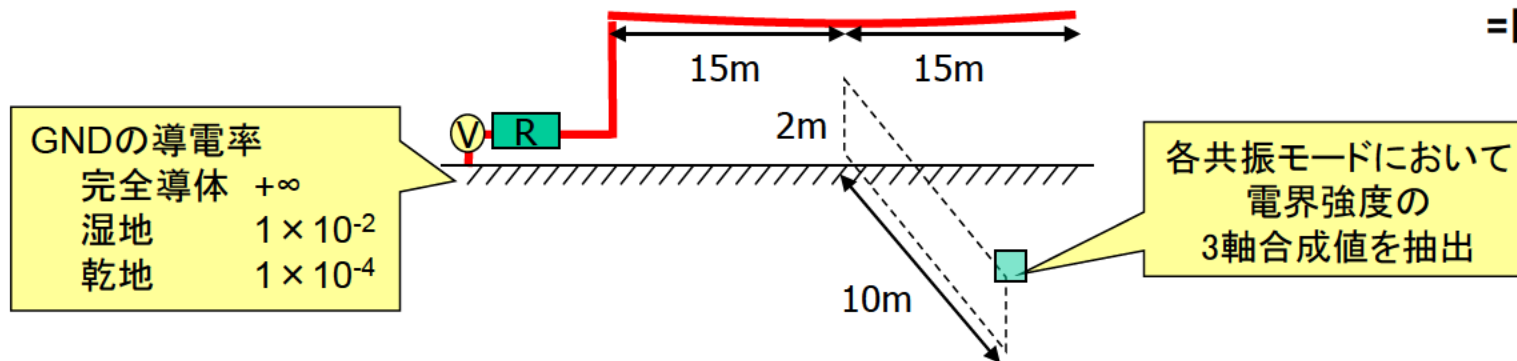
大地の材料定数を模擬した場合、電界強度の減衰効果が確認された

- 湿地条件 10dB以上の減衰効果
- 乾地条件 30dB以上の減衰効果

3. モデム出力を考慮した電界強度

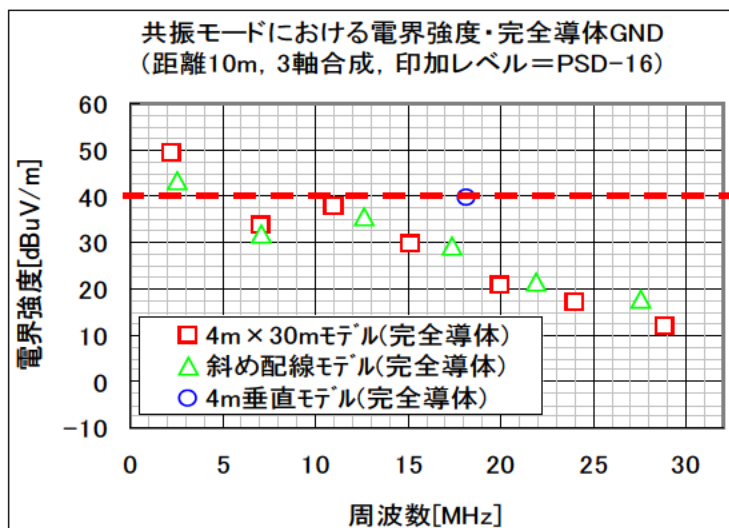
■モデム出力の周波数特性を考慮

※印加レベル
=PSD-16dB

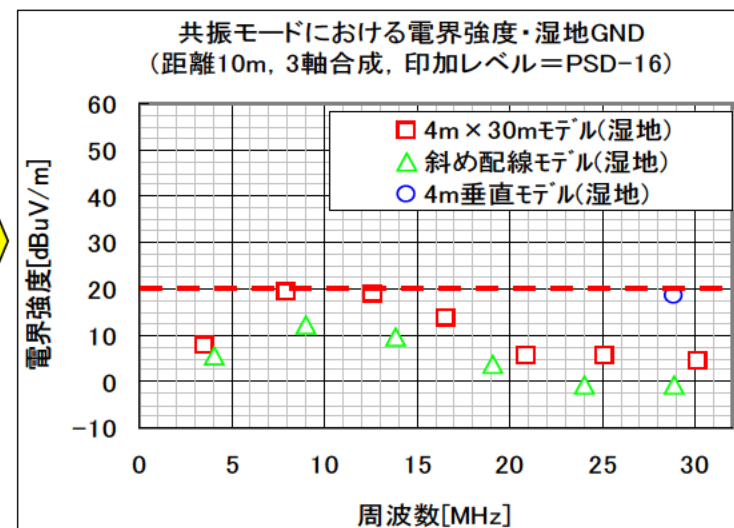


■GND:完全導体

■GND:湿地



湿地の
材料定数を
考慮



完全導体条件でのピーク値はおおよそ40[dBuV/m] 湿地条件では20[dBuV/m]

■ 大地の影響による電界強度の減衰効果が確認された

- ・低周波での減衰効果は非常に高く、
高周波になるにしたがいその効果は減少する傾向
- ・配線形態や評価位置の差によらず、一定の減衰効果が確認された
- ・2～30MHzにおける減衰効果は以下の通り

湿地条件の場合: おおよそ10dB以上

乾地条件の場合: おおよそ30dB以上

- ・配線中央, 距離10mにて観測される**電界強度はおおよそ20[dB μ V/m]**

* 上記数値は、いずれもシミュレーションの値

■ 想定される電界強度減衰のメカニズム

大地面が完全導体から湿地条件へ変化

⇒ 大地の導電率低下

⇒ コモン電流の減少

⇒ 電界強度の減少