

防災行政無線等の戸別受信機の普及促進に
関する研究会（第3回会合資料）

60MHz帯／400MHz帯における戸別受信機の 伝搬特性等の比較に関する一考察

平成29年5月24日
株式会社日立国際電気

(1) 目的:

ここでは、防災行政無線等の戸別受信機の普及促進に関する研究会における検討事項である「防災行政無線と簡易無線等を接続した情報伝達手段のニーズ・課題」の検討に際し、60MHz帯(固定系)及び400MHz帯(簡易無線等)における戸別受信機を想定した場合の伝搬特性等の比較に関する一考察結果について述べる。

(2) 考察事項:

- ①伝搬特性 (伝搬損失)
- ②外来雑音 (所要受信入力電圧に影響)
- ③戸別受信機を想定したロッドアンテナの空中線利得
- ④まとめ (総合比較)

2. 伝搬特性の比較

2.1 検討内容:

60MHz帯及び400MHz帯における通達距離を左右する伝搬損失に関する比較検討を行う。

2.2 想定するシステム構成:

今回の検討対象である屋外拡声子局(再送信子局)～各戸(住宅など)間の伝搬路における60MHz帯／400MHz帯の伝搬損失について、比較検討する。

想定するシステム構成モデルのイメージを図1に示す。

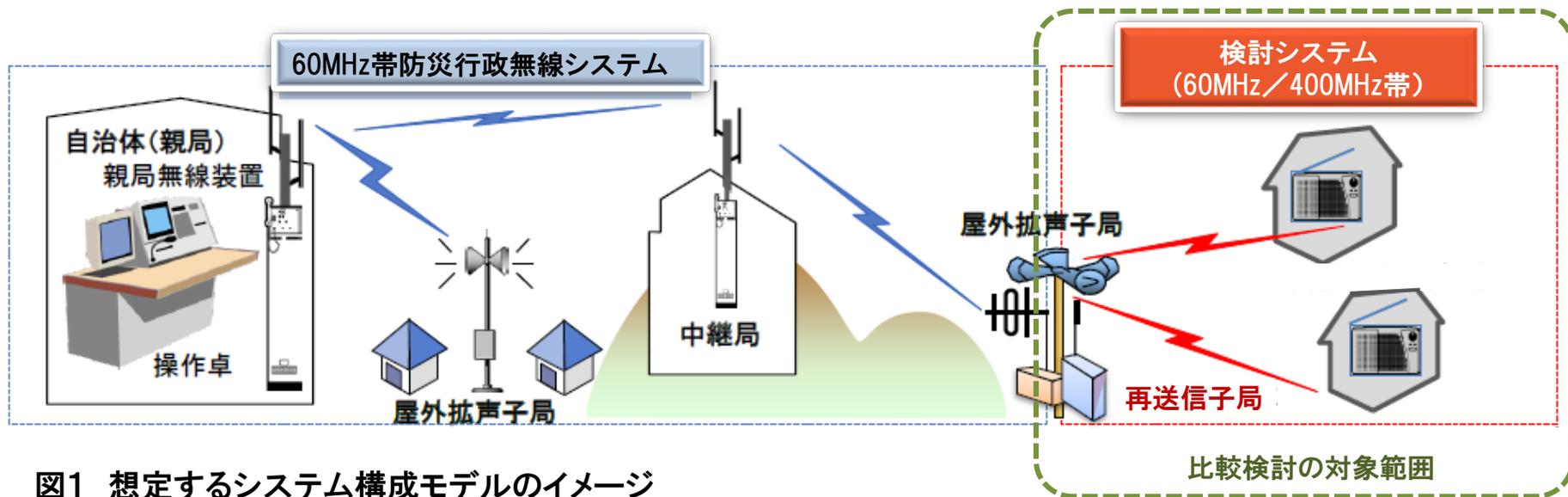


図1 想定するシステム構成モデルのイメージ

2. 伝搬特性の比較

2.3 検討条件・検討モデル:

戸別受信機を想定した60MHz帯／400MHz帯における伝搬損失(相対値比較)を以下のモデルで試算する。検討モデルを図2に示す。

(1) 自由空間伝搬損失

(固定局における伝搬損失^[1] = 自由空間伝搬損失+回折損失+土地係数、その他、遮蔽損失ほかで表される。ここでは、自由空間伝搬損失に注目する。)

(2) 拡張秦式 (相対値として、試算比較する)

なお、平面大地及び球面大地損失のモデルは、今回の事例では適用外とした。

出典[1]: 電波法関係審査基準 固定局

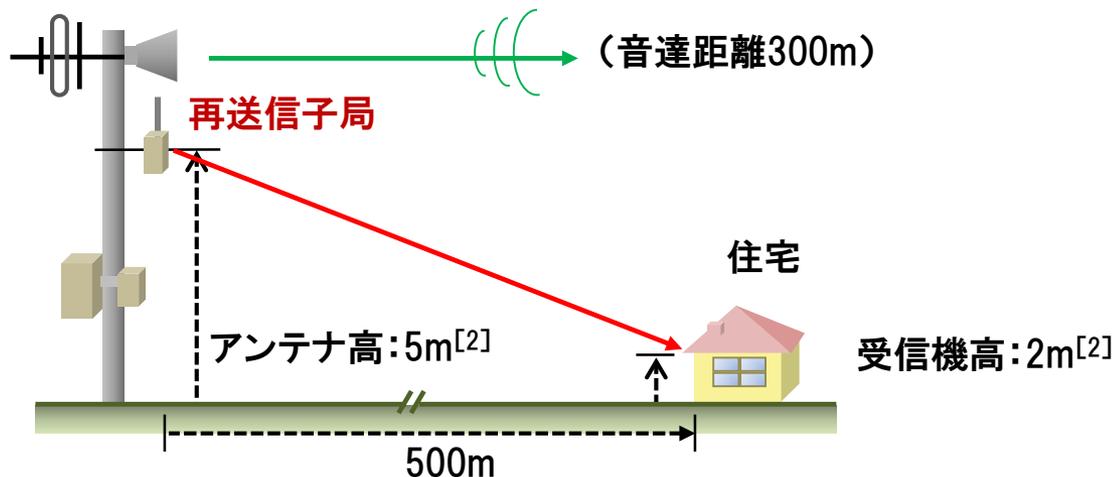


図2 検討モデル

出典[2]: 電波法関係審査基準 防災行政無線局

2. 伝搬特性の比較

2.4 試算結果

60MHz帯／400MHz帯における自由空間伝搬損失及び拡張秦式による伝搬損失の試算結果を、それぞれ表1及び表2に示す。

➤ 検討モデルにおいて、400MHz帯の伝搬損失が約16～19dB大きい試算結果にある。

(1) 表1 自由空間伝搬損失 (単位:dB)

周波数帯	伝搬損失	備考
60MHz帯	61.9	
400MHz帯	78.4	
比較結果*1	16.5	(回折損失、土地係数、遮蔽損失、透過損失等を含まず)

*1 : 60MHz帯を0dB基準とした比較値(差異)

(2) 表2 拡張秦式による伝搬損失 (単位:dB)

周波数帯	市街地	郊外地	開放地
60MHz帯	102.7	96.2	79.0
400MHz帯	121.3	113.2	95.6
比較*1	18.6	17.0	16.6

*1 : 60MHz帯を0dB基準とした比較値(差異)

3. 外来雑音の比較

3. 1 検討内容:

60MHz帯及び400MHz帯における外来雑音等について比較検討を行う。

3. 2 試算条件:

本会合(第1回)における「400MHz帯ご提案骨子」を勘案し、400MHz帯については、

- ①デジタル簡易無線規定値(4値FSK方式:チャンネル間隔6.25kHz、等価受信帯域幅BWD=4.0kHz)及び②参考値(12.5kHz、BWD=8.0kHz)を想定する。

一方、60MHz帯防災行政無線(同報系)については、便宜上、変調方式を統一し、

- ③新方式(4値FSK方式:チャンネル間隔15kHz、BWD=9.6kHz)^[1]とした。

出典: [1] ARIB 標準規格 STD-T115 第1編 4値FSK方式

3. 外来雑音の比較

3.3 試算結果:

60MHz帯及び400MHz帯における外来雑音電力について、表3に試算結果を示す。

ここでは、外来雑音電力以外に、熱雑音電力及び総合雑音電力(所要受信入力電圧の基礎数値)を併記した。

➢400MHz帯の方が60MHz帯に比して、総合雑音電力が約10~13dB低い結果にある。

総合雑音電力(dBm)=外来雑音電力+熱雑音電力で与えられる。

ここで、熱雑音電力=10logkTB+NF (dBm)

k: ボルツマン定数 1.38×10^{-23} (J/K) T: 絶対温度: 298K(273+25°C)

B: 帯域幅(BWD) (Hz) NF: 雑音指数(dB)=8

(情報通信審議会 陸上無線通信委員会「60MHz帯デジタル同報系防災行政無線の低廉化」報告に準拠)

表3 外来雑音電力等の試算値

(単位: dBm)

周波数帯	審査基準*1	試算結果① 6.25kHz 4値FSK			試算結果② 12.5kHz BWD=8kHz		
		外来雑音	熱雑音	総合雑音	外来雑音	熱雑音	総合雑音
60MHz帯	-113.0 (11.25kHz)	③ -113.7 (9.6kHz)	③ -126.0 (9.6kHz)	③ -113.5 (9.6kHz)	③ -113.7 (9.6kHz)	③ -126.0 (9.6kHz)	③ -113.5 (9.6kHz)
400MHz帯	-128.2 (4.8kHz)	-129.0 (4.0kHz)	-129.8 (4.0kHz)	-126.4 (4.0kHz)	-126.0 (8.0kHz)	-126.8 (8.0kHz)	-123.4 (8.0kHz)
比較結果*2	---	-15.3(dB)	-3.8(dB)	-12.9(dB)	-12.3(dB)	-0.8(dB)	-9.9(dB)

*1 審査基準: 電波法関係審査基準

*2: 60MHz帯を0dB基準とした比較値(差異)

4. ロッドアンテナの空中線利得

4. 1 検討内容:

60MHz帯及び400MHz帯を想定した戸別受信機に実装するロッドアンテナの空中線利得について、簡便な装置を用いた実測による比較検討を行う。

4. 2 検証条件:

①ABS樹脂筐体の実装した受信部に汎用ロッドアンテナを実装し、電波暗室にて各周波数帯ごとに、ダイポールアンテナ(標準アンテナ)との相対利得(3m法に準拠)を簡便に実測する。(通常の戸別受信機イメージ)

図3に測定系統図(概念)を示す。

②また、測定に際し、VSWR*1を最良とするマッチング回路を設け調整を実施する考慮を行う。図4にマッチング回路の概念図を示す。

③周波数帯は、60MHz帯、400MHz帯に加え、150MHz帯(参考値)についても実測を行う。
ロッドアンテナ長: 汎用品の20cm、88cm及び110cmの3タイプとした。

*1)VSWR: Voltage Standing Wave Ratio(電圧定在波比)

4. ロッドアンテナの空中線利得

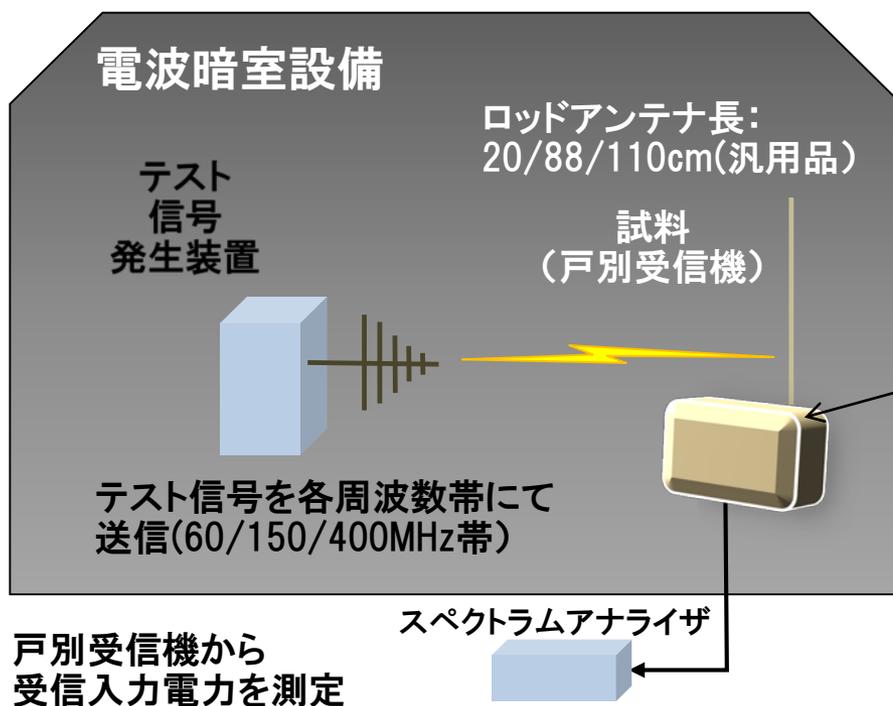


図3 空中線利得 測定系統図(概念)

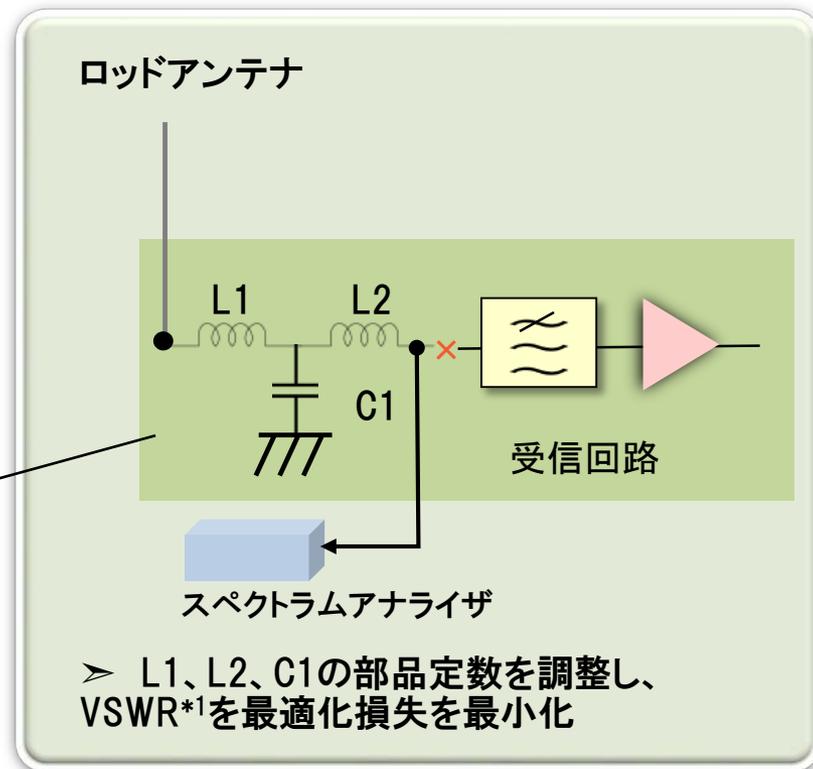


図4 空中線利得測定・マッチング回路(概念)

4. ロッドアンテナの空中線利得

4.3 実測結果:

戸別受信機に実装したロッドアンテナの空中線利得の実測結果を表4及び図5に示す。ここでは、ダイポールアンテナ(標準アンテナ)との相対値(単位:dBd)を示す。

➤例えば、①60MHz帯@88cm及び400MHz帯@20cmを比較した場合、特段、400MHz帯の相対利得の優位性は認められない測定結果にあった。

また、単に、400MHz帯ロッドアンテナ短縮化が有効である事象にない結果となった。

表4 各周波数帯におけるロッドアンテナの
相対利得実測値(事例) 単位:[dBd]

アンテナ長	60MHz	150MHz	400MHz
20cm	-11.8	-9.0	-6.5
88cm	-7.2	-2.1	-2.9
110cm	-4.0	-1.8	-4.3

ここで、0(dBd)=2.14(dBi)

なお、標準アンテナは、各周波数帯毎に準備した。
(デジタル簡易無線@467MHz: $\lambda/4 \approx 16\text{cm}$)

*1 ARIB STD-T86:

防災行政無線固定系標準規格 16QAM方式

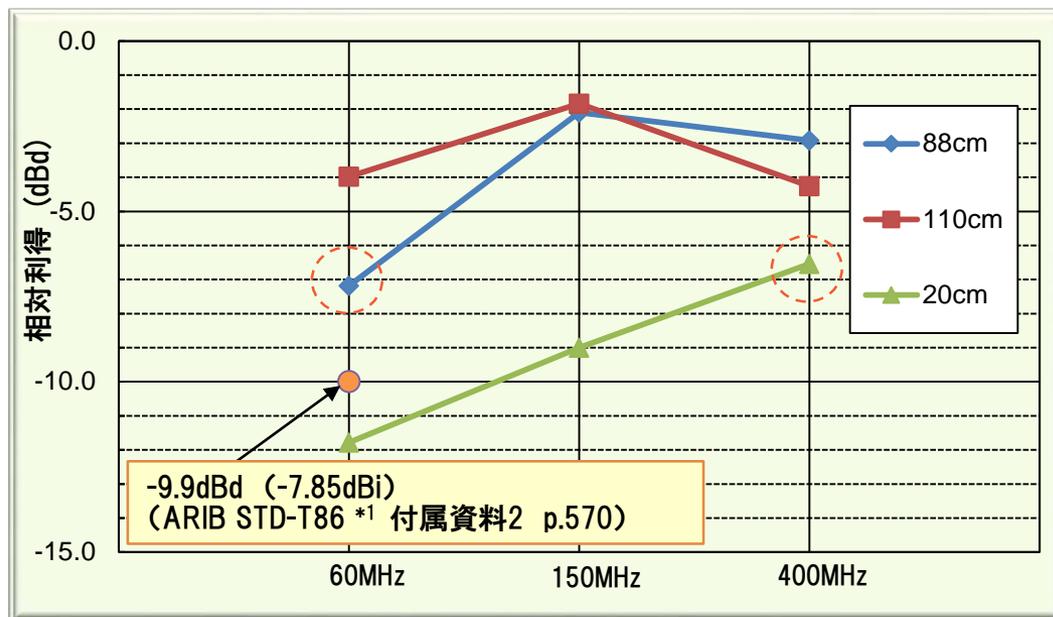


図5 各周波数帯におけるロッドアンテナの相対利得実測値(事例)

5. まとめ(総合比較)

5.1 総合比較:

60MHz帯及び400MHz帯における伝搬特性(伝搬損失等)及び外来雑音電力(総合雑音電力ほか)、ならびにロッドアンテナの相対空中線利得について、検討・考察を行った。

- 60MHz帯／400MHz帯における、いわゆる「電波の飛び」「電波受信の振舞い」は、概ね表5のとおりと考察される。
- ロッドアンテナの利得については、物造りにおける各社のノウハウの範疇にあるが、実測結果(事例)を示した。60MHz／400MHz帯で、大きな差異はないと思われる。
- 以上のような試算及び簡易なモデル化に基づく実装結果から、伝搬損失、総合雑音電力等の観点では、400MHz帯(デジタル簡易無線等)が特段、「優位とは言えない」と推察される。

表5 総合評価結果

周波数帯	伝搬損失 (伝搬損失の多さ)	総合雑音電力 (実効感度の良さ)	総合比較 (差分)	備考
60MHz帯 (③ BWD=9.6kHz)	0dB基準	0dB基準	0dB基準	
400MHz帯 (① BWD=4.0kHz)	16.5～18.6dB≦	-12.9dB	3.6～5.7dB≦ (電波が飛び難い)	回折損失、土地係数等を含まず (≦: 更に加算の方向と推定)
400MHz帯 (② BWD=8.0kHz)	16.5～18.6dB≦	-9.9dB	6.6～8.7dB≦ (電波が飛び難い)	

5. まとめ(総合比較)

5.2 空中線電力:

- デジタル簡易無線(400MHz帯)の場合にあっては、現行無線設備規則より、空中線電力は、「5W(37dBm)以下」の規定にある。
(60MHz帯空中線電力との比較においては、条件整理が必要)
- 一方、400MHz帯で、デジタル簡易無線以外を検討する場合にあっては、周波数資源、ならびに繰り返し条件等を勘案し、「在るべき規定値」の検討が望まれると考える。

5.3 まとめ:

- 60MHz帯及び400MHz帯における戸別受信機を想定した「電波の伝わり易さ」として、「伝搬損失」、「運用環境における周囲雑音(総合雑音電力)」及び「ロッドアンテナ利得について、検討・考察を行った。
- 400MHz帯を想定した防災行政無線用途での「戸別受信機」の議論にあっては、今後、技術的な定量的観点での、更なる検討・検証が必要と思われる。

6. 付属資料(1)

■ 拡張秦式:

拡張秦式: ✓ 秦式の周波数や送受信平距離などの範囲を拡張した式で、伝搬損失に関する膨大な実験結果から抽出した実験式。

✓ 市街地、郊外地、開放地など、代表的な地形を分類してモデル化されている。

付表1 拡張秦式による伝搬損失L[dB]*1[1]

周波数 環境	30[MHz] < f ≤ 150[MHz]	150[MHz] < f ≤ 1,500[MHz]
市街地	$L = [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, H_b\})] \log d - a(H_m) - b(H_b) - 13.82 \log(\max\{30, H_b\}) + 69.6 + 26.2 \log(150) - 20 \log(150/f)$	$L = [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, H_b\})] \log d - a(H_m) - b(H_b) - 13.82 \log(\max\{30, H_b\}) + 69.6 + 26.2 \log(f)$
郊外地	$L = L(\text{市街地}) - 2\{\log[(\min\{\max\{150, f\}, 2000\})/28]\}^2 - 5.4$	同左
開放地	$L = L(\text{市街地}) - 4.78\{\log[\min\{\max\{150, f\}, 2000\}]\}^2 + 18.33 \log[\min\{\max\{150, f\}, 2000\}] - 40.94$	同左

d: 送受信間距離[km] ($1 \leq d \leq 20$)

f: 周波数[MHz] ($30 < f \leq 1,500$)

h_b : 送信空中線高[m] ($h_b \leq 200$)

h_m : 受信空中線高[m] ($h_m \leq 200$)

$H_b = \max(h_b, h_m)$, $H_m = \min(h_b, h_m)$

$$a(H_m) = (1.1 \log f - 0.7) \min(10, H_m) - (1.56f - 0.8) + \max(0, 20 \log(H_m/10))$$

$$b(H_b) = \min(0, 20 \log(H_b/30))$$

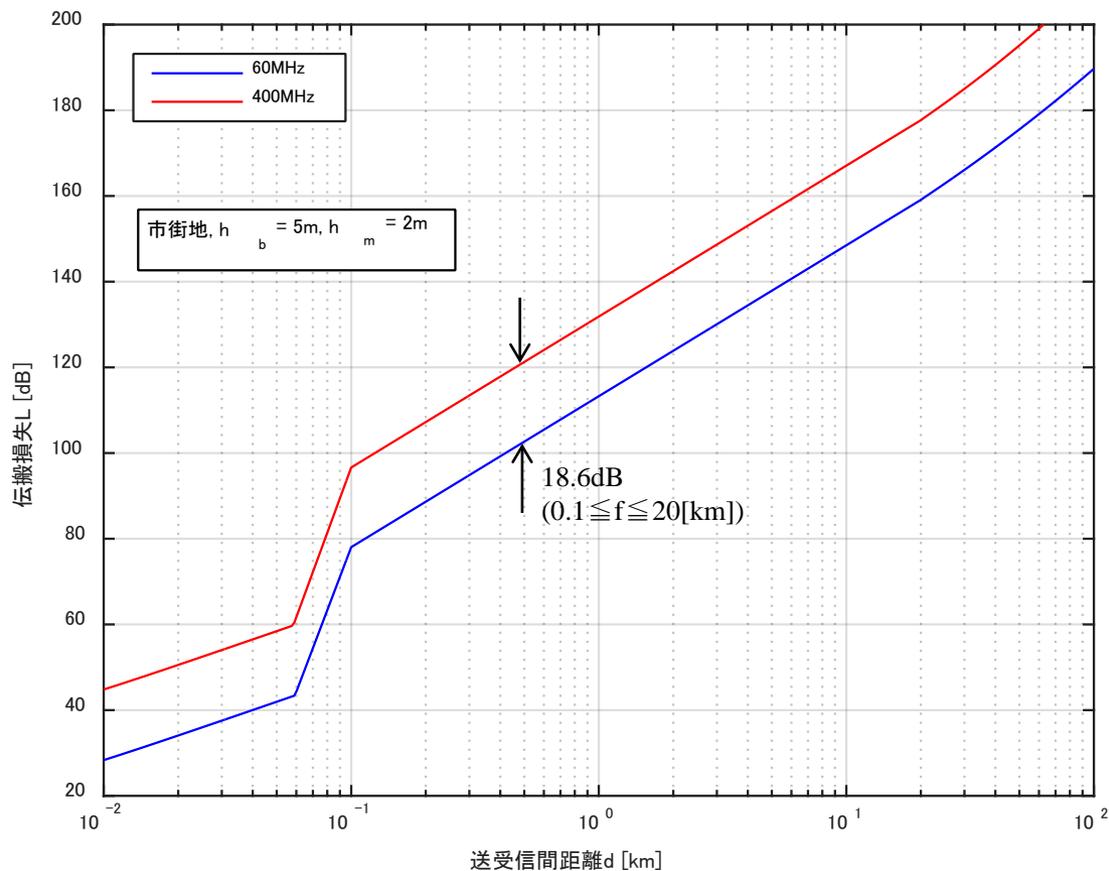
*1 0.1[km] ≤ d ≤ 20[km], 30[MHz] < f ≤ 1,500[MHz]の範囲のみ示す。

伝搬損失Lが自由空間損失よりも小さな値の場合は、Lは自由空間損失の値に変更する。

[1] 平成25年度 情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等高度化委員会報告 諮問第81号「携帯電話等の周波数有効利用方策」のうち「第4世代移動通信システム(IMT-Advanced)の技術的条件」の参考資料2「電波伝搬特性の検証に関わる調査検討」

6. 付属資料(2)

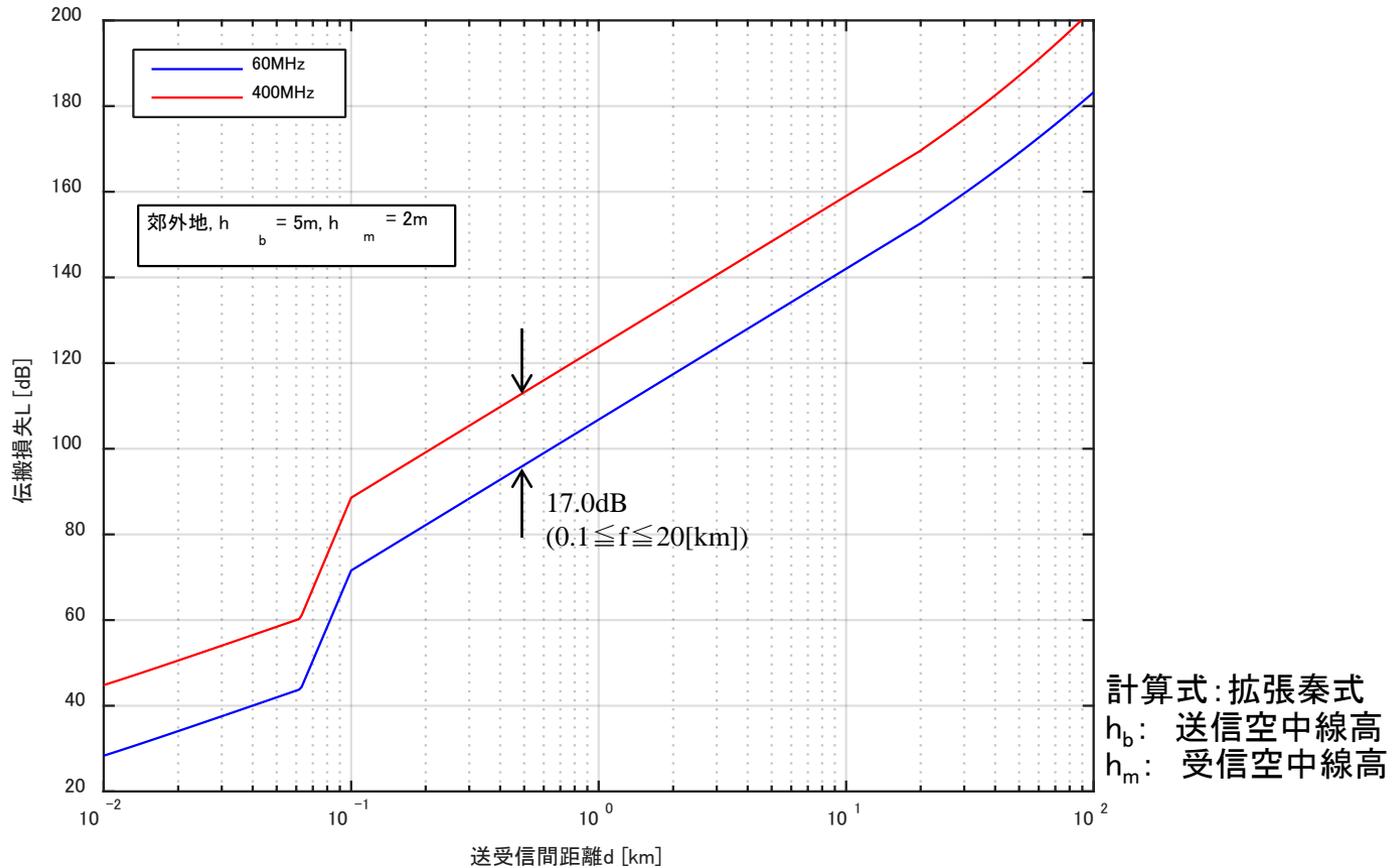
2.1 市街地における伝搬損失特性



計算式: 拡張秦式
 h_b : 送信空中線高
 h_m : 受信空中線高

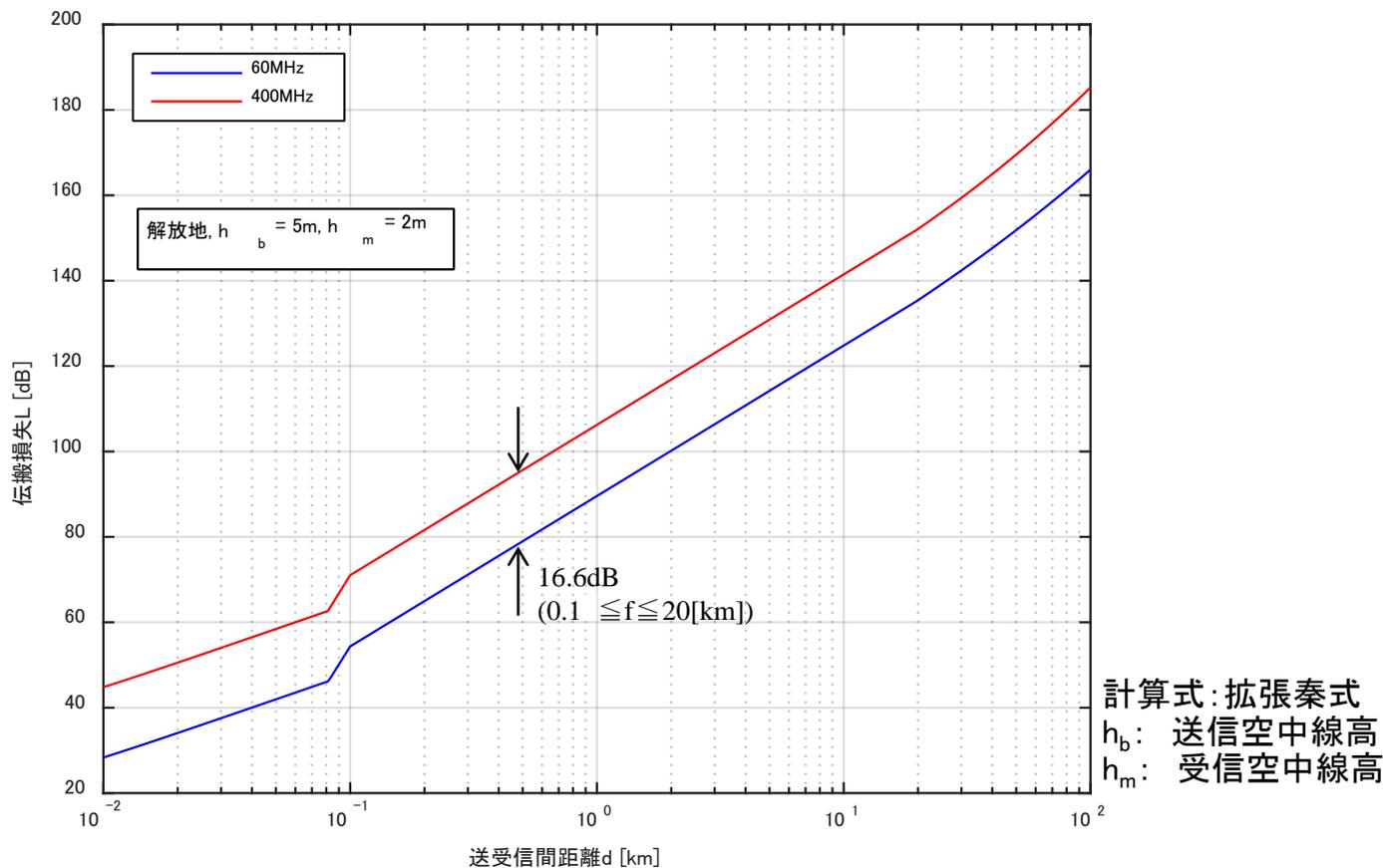
付図1 市街地における伝搬損失

2.2 郊外地における伝搬損失特性



付図2 郊外地における伝搬損失

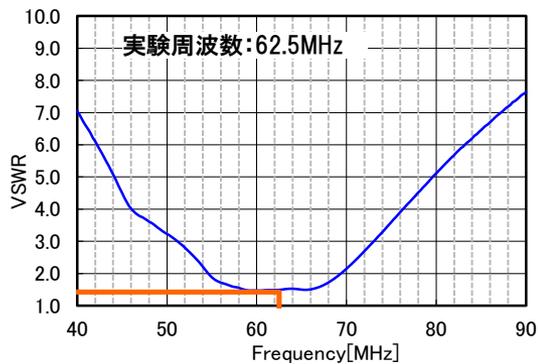
2.3 開放地における伝搬損失特性



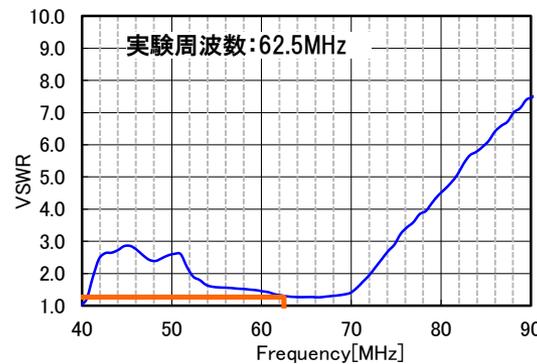
付図3 開放地における伝搬損失

3. 1 マッチング後のVSWR特性(60MHz帯)

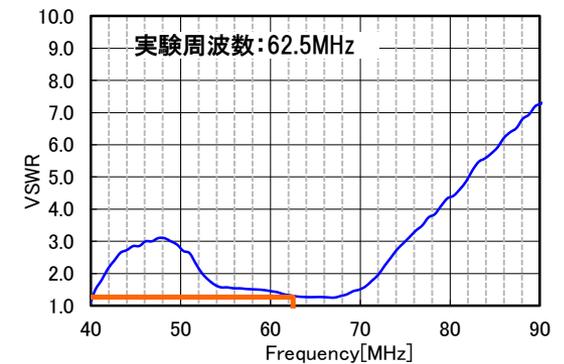
60MHz帯



(a)ロッドアンテナ長: 20cm



(b)ロッドアンテナ長: 88cm



(c)ロッドアンテナ長: 110cm

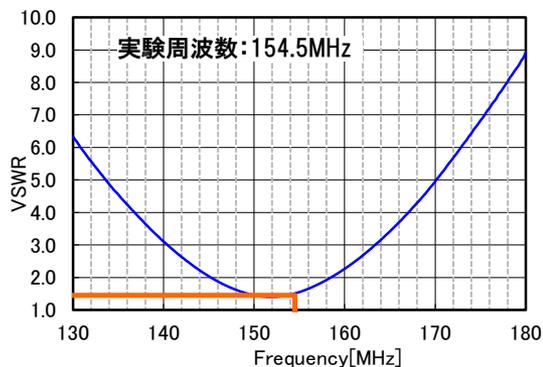
ロッドアンテナ長	20cm	88cm	110cm
VSWR	1.42	1.27	1.27
反射損失(dB)	0.13	0.06	0.06

付図4 マッチング後のVSWR特性(60MHz帯)

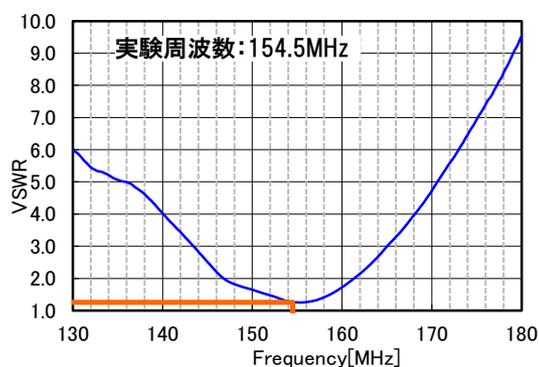
6. 付属資料(3)

3. 2 マッチング後のVSWR特性(150MHz帯)

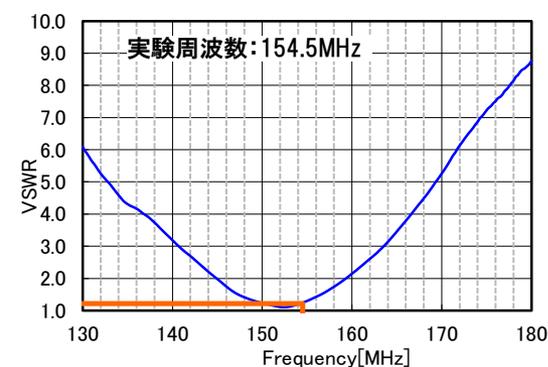
150MHz帯



(a)ロッドアンテナ長:20cm



(b)ロッドアンテナ長:88cm



(c)ロッドアンテナ長:110cm

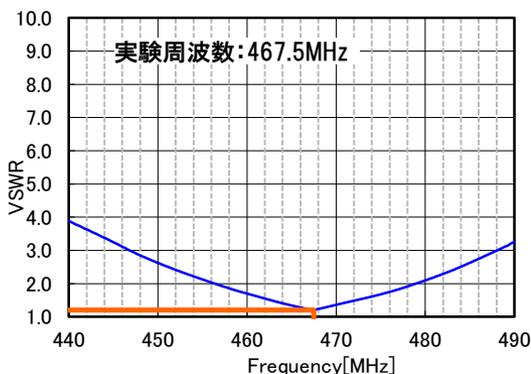
ロッドアンテナ長	20cm	88cm	110cm
VSWR	1.45	1.26	1.22
反射損失(dB)	0.14	0.06	0.04

付図5 マッチング後のVSWR特性(150MHz帯)

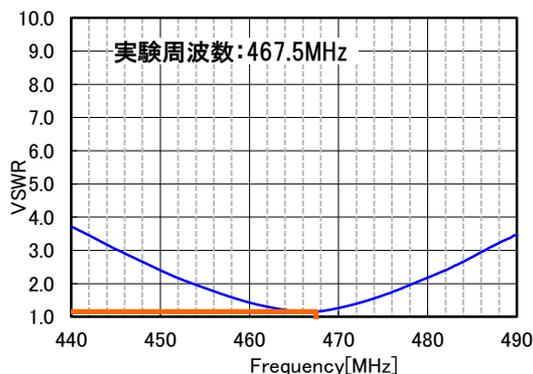
6. 付属資料(3)

3.3 マッチング後のVSWR特性(400MHz帯)

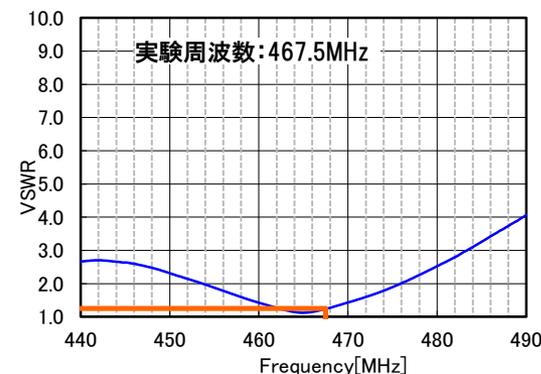
400MHz帯



(a)ロッドアンテナ長:20cm



(b)ロッドアンテナ長:88cm



(c)ロッドアンテナ長:110cm

ロッドアンテナ長	20cm	88cm	110cm
VSWR	1.20	1.20	1.25
反射損失(dB)	0.04	0.04	0.05

付図6 マッチング後のVSWR特性(400MHz帯)