

携帯電話基地局周辺の電界強度測定等の
調査報告書

平成18年2月
総務省

目 次

1	まえがき	1
2	測定対象基地局の選定	1
2.1	測定場所の選定基準	1
2.2	選定結果	2
3	測定方法及び測定器	6
3.1	測定ポイントの設定	6
3.2	測定対象周波数帯及び測定量	6
3.3	測定系	7
4	測定結果	
	測定ポイント数	13
4.1	郊外A	14
4.2	郊外B	20
4.3	郊外C	26
4.4	郊外D	30
4.5	郊外E	34
4.6	市街A	38
4.7	市街B	44
4.8	市街C	49
4.9	市街D	54
4.10	市街E	59
4.11	建物内測定結果	
4.11-1	市街D	65
4.11-4	郊外F	68
5	指向方向計算値との比較	71
5.1	郊外A	73
5.2	郊外B	76
5.3	郊外C	79

5. 4	郊外D	8 0
5. 5	郊外E	8 1
5. 6	市街A	8 2
5. 7	市街B	8 5
5. 8	市街C	8 7
5. 9	市街D	8 9
5. 10	市街E	9 1
6	垂直方向計算値との比較	9 4
6. 1	郊外A	9 5
6. 2	郊外B	9 7
6. 3	郊外C	9 9
6. 4	郊外D	10 0
6. 5	郊外E	10 1
6. 6	市街A	10 2
6. 7	市街B	10 4
6. 8	市街C	10 5
6. 9	市街D	10 6
6. 10	市街E	10 7
7	郊外と市街地の指向方向測定結果の比較	10 9
8	おわりに	11 3
付録1	アンテナ高の設定について	11 5
付録2	CDMAのレベル算定	11 6
付録3	告示300号との比較	11 7
	引用文献	11 8

1 まえがき

本調査は、様々な環境下にある携帯電話基地局等の無線局周辺における電界強度を測定し、居住地と携帯電話基地局等の位置関係に係る疫学調査実施可能性の検討に資するほか、電波防護のための基準への適合確認を行うため、計算式の妥当性の確認を行うための基礎データを取得することを目的として、総務省からの委託を受けて行ったものである。

以上の趣旨を具体化するため、

- (1) 郊外5箇所、市街地5箇所を選定する
- (2) 選定された基地局の指向方向（メインビーム方向）に沿って一定間隔の固定高測定を100点程度行う
- (3) 上記で得られた測定値の中で最大となる位置での垂直方向測定を地上10cmから200cmまで行い最大値を検出する
- (4) 基地局直下の（建物がある場合は建物内）5点程度の固定高測定を行う

とし、これを基本として調査に当たったので、その調査結果を報告する。

2 測定対象基地局の選定

測定実施にあたっては、測定データの信頼性を確保するため、測定場所の選定及び測定用アンテナ高の設定等について学識経験者からのご意見等をお聞きした上で、次のように行った。

2.1 測定場所の選定基準

被測定基地局の所有者からの情報を得て、以下の条件により東京都内5カ所、郊外5カ所を選定することとした。

- (1) 共通事項として、
 - (ア) 基地局から直線で、1km程度延長され、比較的幅の広い道路があること
 - (イ) 測定台車が通行でき、交通に支障をきたさないこと
 - (ウ) 可能な限り測定コースの方向にメインビームが向いていること

(2) 郊外について

- (ア) 可能な限り基地局と測定コースとの間に、遮断となる建物がないこと
- (イ) 可能な限り測定コース全体が見通せること

(3) 市街地について

- (ア) 交通量が多いことが考えられるので、可能な限り歩道があること
- (イ) 測定コース全体における見通しの有無は考慮しない
- (ウ) 東京都内から選定する

2.2 選定結果

以上の条件に適合する基地局は所有者によれば、かなり限定的になり、選択の自由度は低いという指摘を受けたが、その上で選定した結果、表 2. 1 に示す合計 11カ所を選定することができた。

表 2.1 選定した 11カ所の測定場所

測定場所	郊外 A	郊外 B	郊外 C	郊外 D	郊外 E	* 郊外 F
	茨城県	茨城県	埼玉県	千葉県	千葉県	埼玉県
局舎種別	鉄塔局	屋上設置局	鉄塔局	鉄塔局	鉄塔局	屋上設置局
アンテナ高	40.0m	74.0m	44.5m	33.5m	43.5m	29m
周波数帯	800MHz	800MHz	800MHz	800MHz	800MHz	800MHz
	1500MHz	1500MHz	—	—	—	—
	2000MHz	2000MHz	—	—	—	2000MHz

*郊外 F は建物内測定のみ

測定場所	市街A	市街B	市街C	市街D	市街E
	東京都	東京都	東京都	東京都	東京都
局舎種別	屋上設置局	屋上設置局	屋上設置局	屋上設置局	屋上設置局
アンテナ高	33.0m	39.0m	64.5m	31.5m	37.0m
周波数帯	800MHz	800MHz	800MHz	800MHz	800MHz
	1500MHz	1500MHz	2000MHz	2000MHz	1500MHz
	2000MHz	—	—	—	2000MHz

表 2. 1 に示した測定場所の大まかな立地条件を次に示す。

・ 郊外 A

茨城県の郊外にあり、片側 2 車線道路沿いに鉄塔局として設置されている。

畑に囲まれ、曲線を描いた道路周辺には、林や工事現場があり、全ての測定路上のアンテナ確認は困難である。

・ 郊外 B

茨城県内の商店街中の屋上設置局である。

基地局前は、片側 1 車線の道で測定ルート中には、ビル、歩道橋などがあり、アンテナ確認地点は少ない。

・ 郊外 C

埼玉県の郊外に設置した鉄塔局である。

田んぼの中に建てられ、測定コースは田んぼ、民家、工場がある。

・ 郊外 D

千葉県のある鉄塔局である。

県道沿いに建てられた鉄塔局で、測定コースには、2 階建ての民家が多くアンテナ見通し地点が少ない。

・ 郊外E

茨城県の郊外にある鉄塔局である。

県道から1ブロック入った農地内に建設されている。

周囲は、森や畑で、測定コースでは比較的アンテナが見やすい。

・ 郊外F

埼玉県内に建設された、7階建てのマンションの最上階に設置された基地局である。

今回は、建物内測定と地上での測定を実施した。

・ 市街A

東京都内の駅前にあるビル屋上に設置された基地局である。

繁華街であり、測定コースには地下道や高層のビルが乱立しており、アンテナ見通し地点は限られている。

・ 市街B

東京都内の国道沿いにあるビル屋上に設置された基地局である。

コース途中には、歩道橋、高速道路の高架橋がある。見通しは比較的良い。

・ 市街C

東京都内にある屋上設置局である。

繁華街であるため、ビルが乱立しアンテナ見通し地点は少ない。

・ 市街D

東京都内の国道沿いのビル屋上に設置された基地局である。

測定のコースはほぼ直線で、アンテナ見通しは比較的多い。

・ 市街E

東京都内にあるビル屋上に設置された基地局である。

基地局前には、高層マンションがあり、測定コース上に含まれる。

また、道路が狭く、商店街の歩道沿いで測定する。

アンテナ見通し地点が少ない。

3 測定方法及び測定器

3.1 測定ポイントの設定

- (1) 基地局所有者からの情報を得ての下見、その他の情報及び予備計算等を基に、各対象基地局について指向方向に沿った100カ所程度の測定点を選択した。
- (2) 被測定基地局直下の各周波数5程度の測定点を選択した。
- (3) 屋上設置局で事業者の了解が得られた局については、建物内においてアンテナ直下および共用部について測定を実施した。

3.2 測定対象周波数帯及び測定量

- (1) 測定周波数帯は、携帯電話基地局から発射されている携帯電話専用の800MHz帯、1500MHz帯及び2000MHz帯とした。これらの中でPDCの場合、携帯電話関係通話チャンネルはトラヒック量に応じて常時レベル変動がある。これに対して制御チャンネルは比較的安定した電波の発射が行われている。本調査では、指向方向の電界強度変化傾向を把握することが目的の一つとされているので、その目的に沿うために安定的な制御チャンネルを対象とすることとした。また、CDMAについては、通話と制御関係チャンネルは混在しているため、レベル変動があることはやむを得ないが、スペクトルアナライザを最大値保持状態に設定し、レベルの最大値を検出することとした。各々のスペクトルアナライザ観測時間は1分とした。

なお今回の測定では、測定対象の電波はアンテナから発射されている電波の中の1チャンネルのみとした。

- (2) 対象とする測定量は電界強度とし、以下のように測定を行った。

(ア) 指向方向測定

- ・アンテナは非金属製の指示棒に取り付ける
- ・測定範囲の中を一定間隔でサンプリング測定し、距離特性を得る
- ・測定時はアンテナの指向特性の最大方向を、測定対象としているアンテナに向ける
- ・受信機は小型スペクトルアナライザを使用し、台車に積載して移動する
- ・アンテナ高は、1.5m固定とする（付録1「アンテナ高の設定について」参照）
- ・距離の計測は、アンテナからの直線距離を基準にして対応する地上距離を算定し、車輪の回転を利用したロードメジャーにより地上距離を確認しながら実施することとしたが、地図上の地形は必ずしも直線ではないため、地上距離測定結果からみ

た直線距離は－5%程度の誤差を生じうるといえる。

(イ)被測定基地局直下での測定（以下直下測定と呼ぶ）

- ・アンテナから測定点の距離を記録する
- ・測定時はアンテナの指向特性の最大方向を、測定対象としているアンテナに向ける
- ・アンテナ高は1.5m固定とする

(ウ)垂直方向測定

- ・上記指向方向測定で得られた最大電界強度の位置で大地面上10cmから200cmの間の電界強度を10cm間隔で探索し、最大値となる電界強度を含むアンテナ高と電界強度の関係を記録する。

3.3 測定系

(1) 図 3.1.1 に使用測定器の写真及び、図 3.1.2 に測定は位置模様を示す。

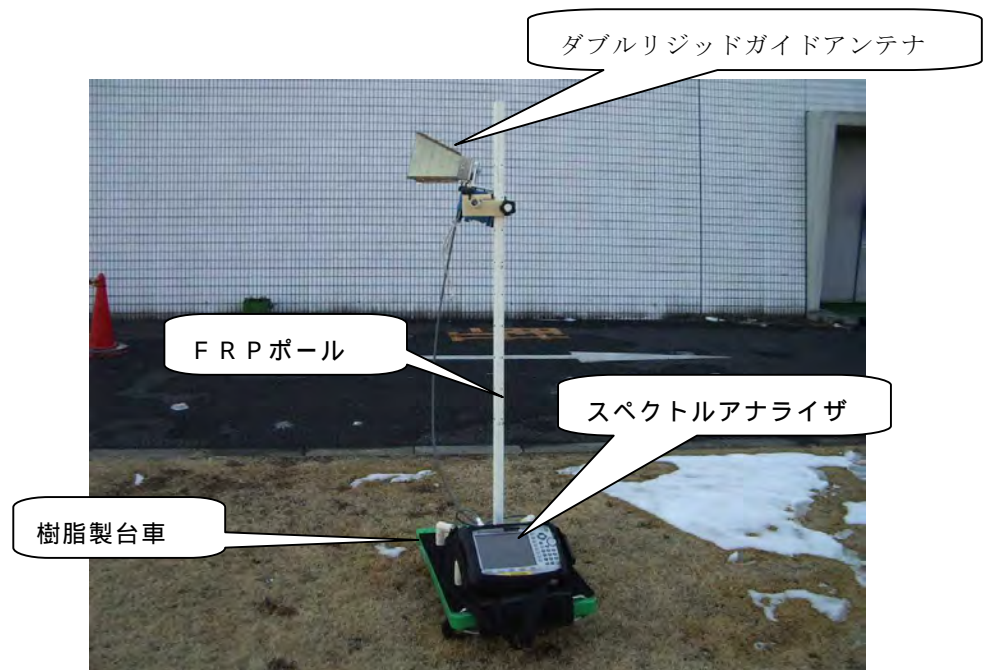


図 3.1.1 使用測定器

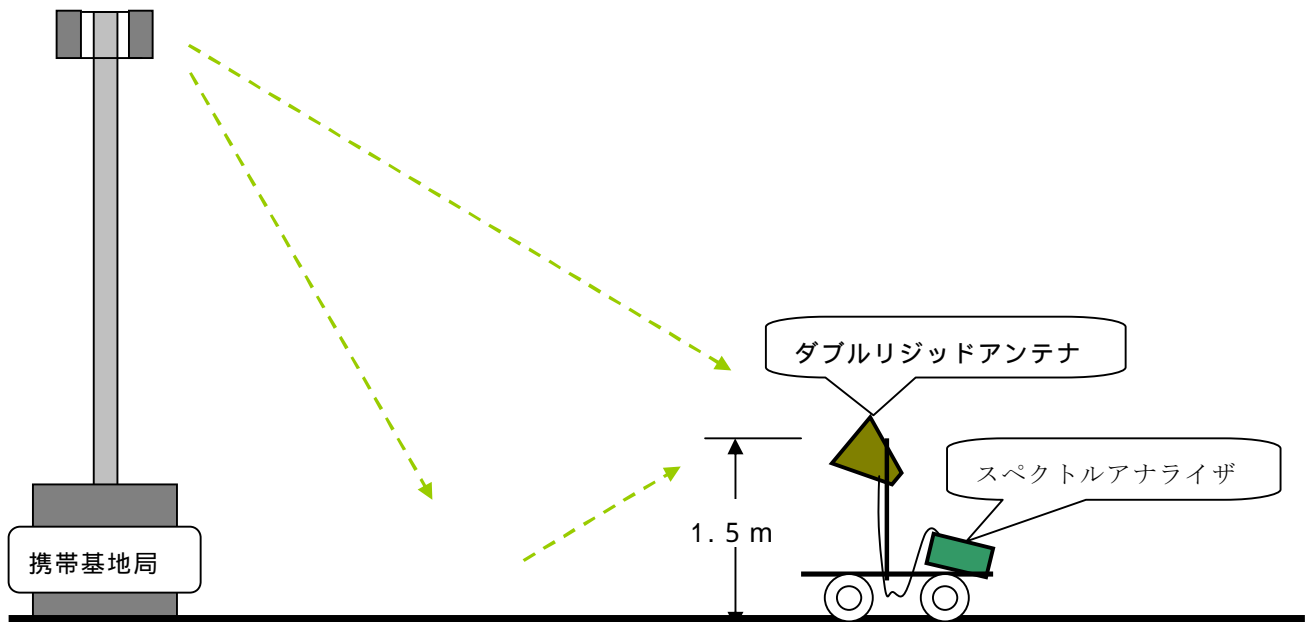


図 3.1.2 測定配置模様図

(2) 測定器

測定に使用した機器を以下に示す。

- ・ スペクトルアナライザ(較正日：平成 17 年 10 月 27 日)
アンリツ製ポータブルスペクトルアナライザ MS 2 7 2 1 A
- ・ アンテナ(較正日：平成 17 年 8 月 17 日)
EMCO社製ダブルリジッドガイドアンテナ 3 1 1 5
- ・ 同軸ケーブル(較正日：平成 17 年 11 月 15 日)
5 D 2 W 5 m
- ・ パーソナルコンピュータ
HP Compaq nx 4 3 0 0
- ・ ロードメジャー (1 mホイール)
REDI MEASURE 1 1 - 0 7 5 5 (較正結果：誤差 1%以内)
- ・ 電源
スペアナ専用バッテリー

- ・ その他

アンテナ保持用樹脂製ポール及びブラケット

積載用台車

(3) スペクトルアナライザの分解能帯域幅 (R B W) の設定

受信電波の性質に応じて分解能帯域幅を以下のように設定し、測定及び受信電界強度の算定を行った。

- ・ P D C

P D CについてはR B Wを30 k H zに設定すればスペクトル全体を含むことができ、受信波強度は受信レベル最大値を電界強度に換算することで良い。また、測定中に隣接するスペクトルと重なる状況は見られなかったため、全ての測定結果は目的とする電波の強度となっている。

- ・ C D M A 関係

C D M AはP D Cに比べてスペクトル幅が広いので、スペクトル全体を一定幅のR B Wにより掃引したスペクトルに対してR B Wで等間隔分割し、さらに分割した各々のレベルを真数値に直したものの2乗和の平方根をその電波の受信レベルとしてd B値に換算した。(付録2「C D M Aのレベル算定」参) 使用したR B Wは、隣接するスペクトルと重ならない様にする事も考慮し、10 K H zから300 k H zの間で適宜選択使用した。

(4) アンテナ

測定に使用したアンテナの該当する周波数におけるアンテナ係数(ケーブル損失含む)、を表3.1に示す。

表 3.1 各周波数帯におけるアンテナ係数

周波数帯 (M H z)	8 0 0	1 5 0 0	2 0 0 0
アンテナ係数 [dB(1/m)]	2 6 . 3	2 7 . 2	2 9 . 6 7

次に各周波数帯におけるアンテナの指向特性を示す。図3.2は800 M H z、図3.3は1500 M H z、図3.4は2000 M H z帯の特性である。

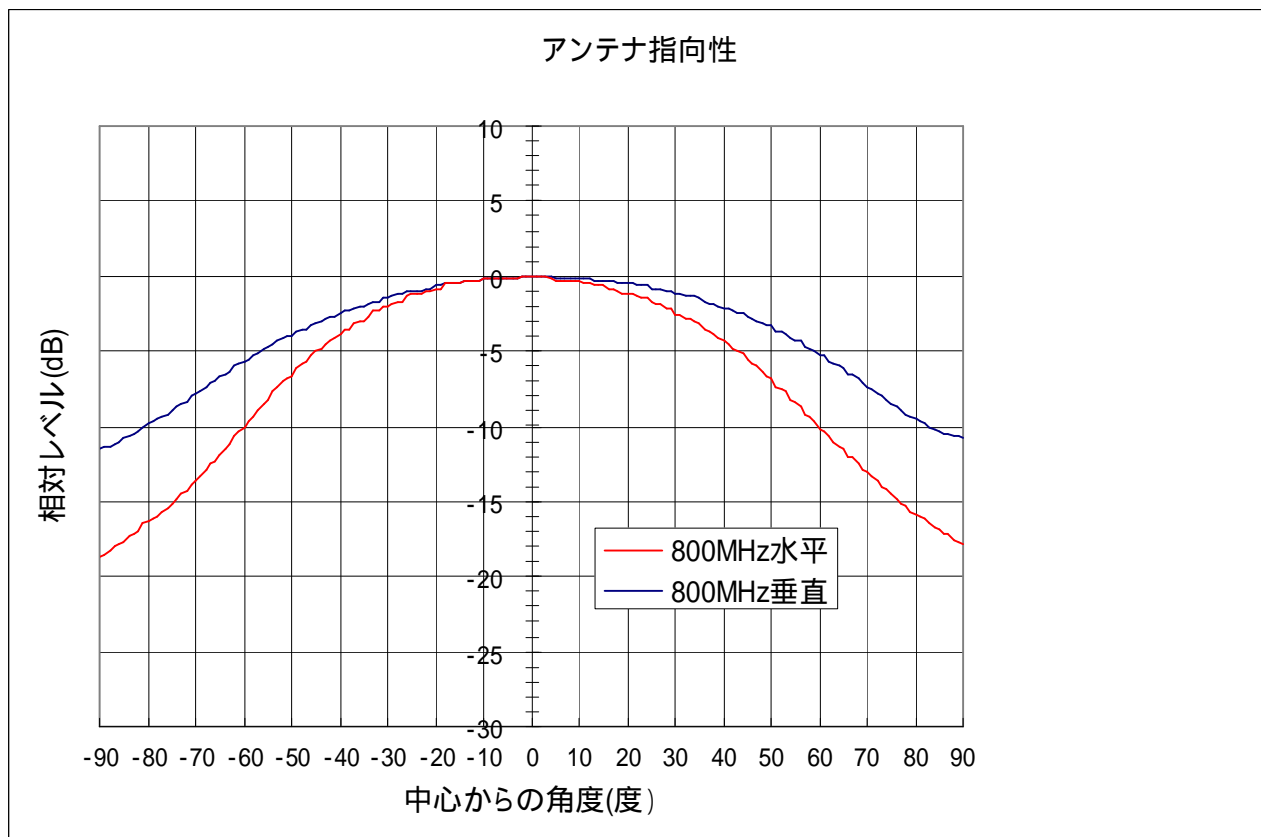


図 3.2 アンテナ指向特性 (800MHz)

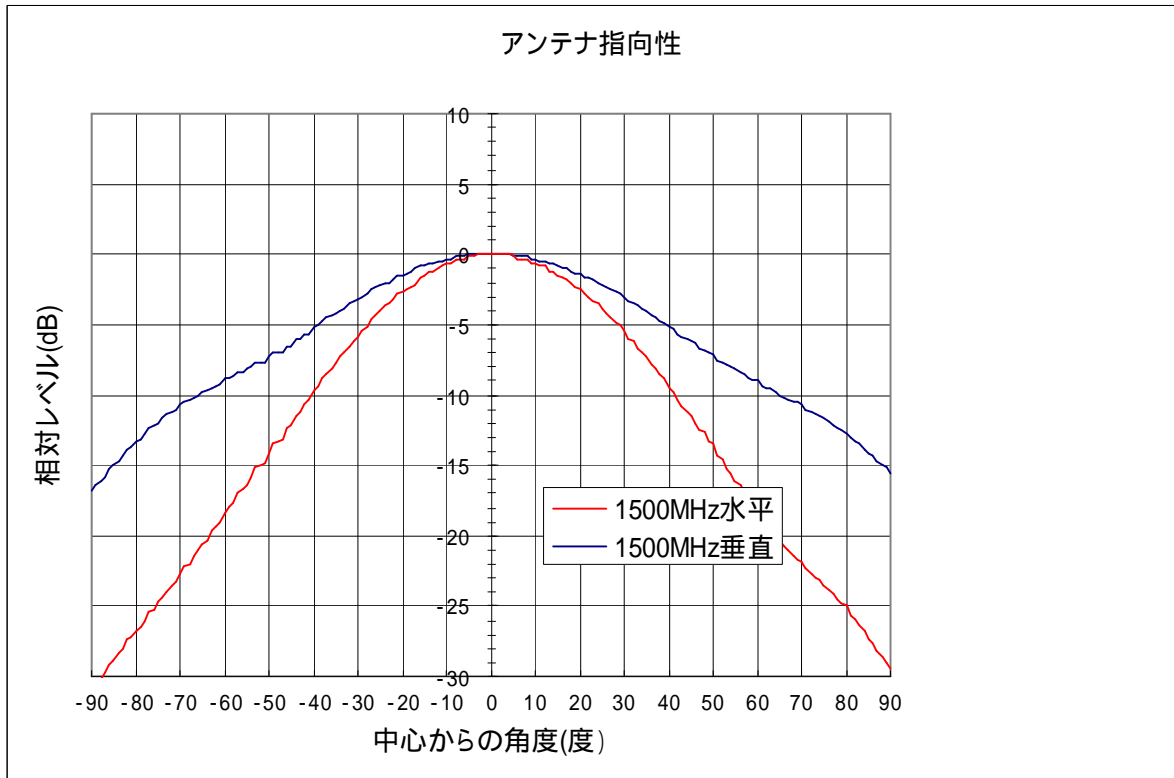


図 3.3 アンテナ指向特性 (1500MHz)

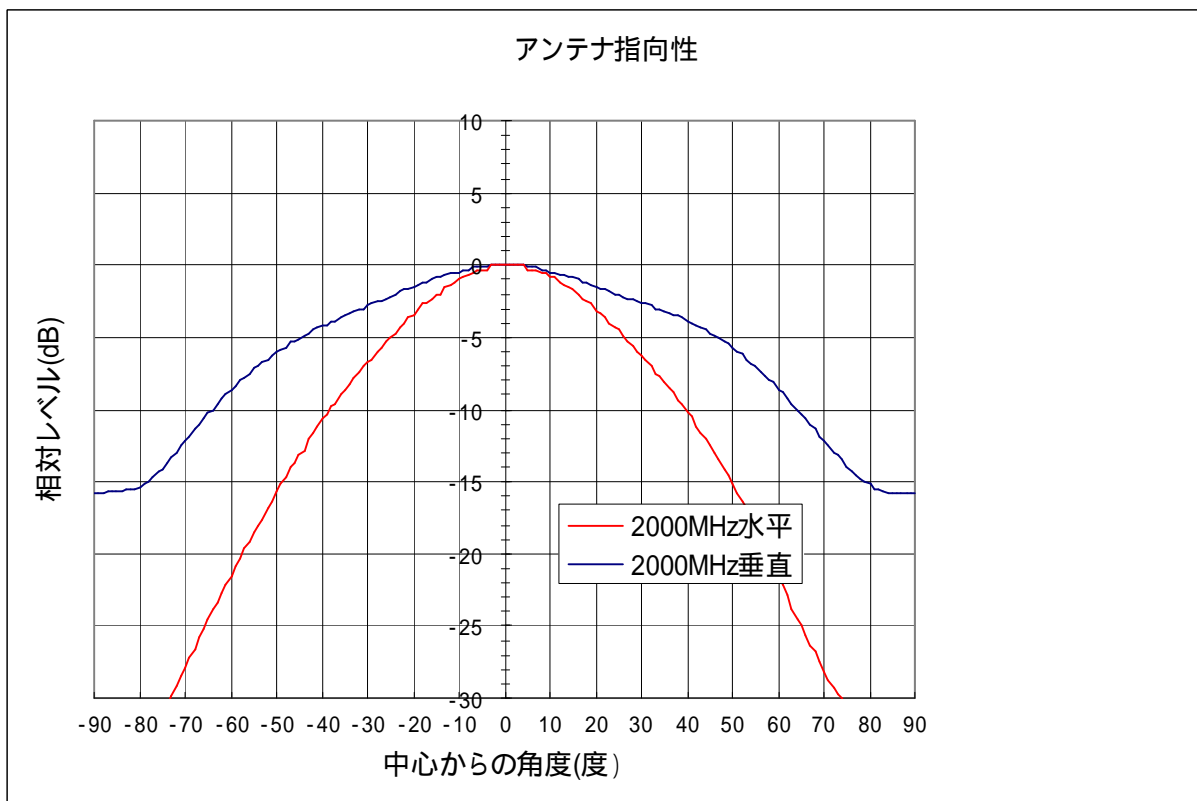


図 3.4 アンテナ指向特性 (2000MHz)

4 測定結果

以上の条件に基づいて測定した結果を以下に示す。

測定ポイント数

()内は建物内測定

測定場所	郊外A	郊外B	郊外C	郊外D	郊外E	郊外F
	茨城県	茨城県	埼玉県	千葉県	千葉県	埼玉県
距離特性	107	131	79	91	90	—
直下	5	5	5	5	5	6 (12)
周波数帯	800MHz	800MHz	800MHz	800MHz	800MHz	800MHz
	1500MHz	1500MHz	—	—	—	—
	2000MHz	2000MHz	—	—	—	2000MHz

測定場所	市街A	市街B	市街C	市街D	市街E
	東京都	東京都	東京都	東京都	東京都
距離特性	96	97	87	96	95
直下	5	5	5	5 (15)	5
周波数帯	800MHz	800MHz	800MHz	800MHz	800MHz
	1500MHz	1500MHz	2000MHz	2000MHz	1500MHz
	2000MHz	—	—	—	2000MHz

4.1 郊外A

図 4.1-1 から図 4.1-3 は郊外Aの各周波数帯の指向方向測定、図 4.1-4 は垂直方向測定、図 4.1-5 はアンテナ直下の測定結果である。
また、図 4.1-6 に周波数別の放射方向と測定経路を示す。

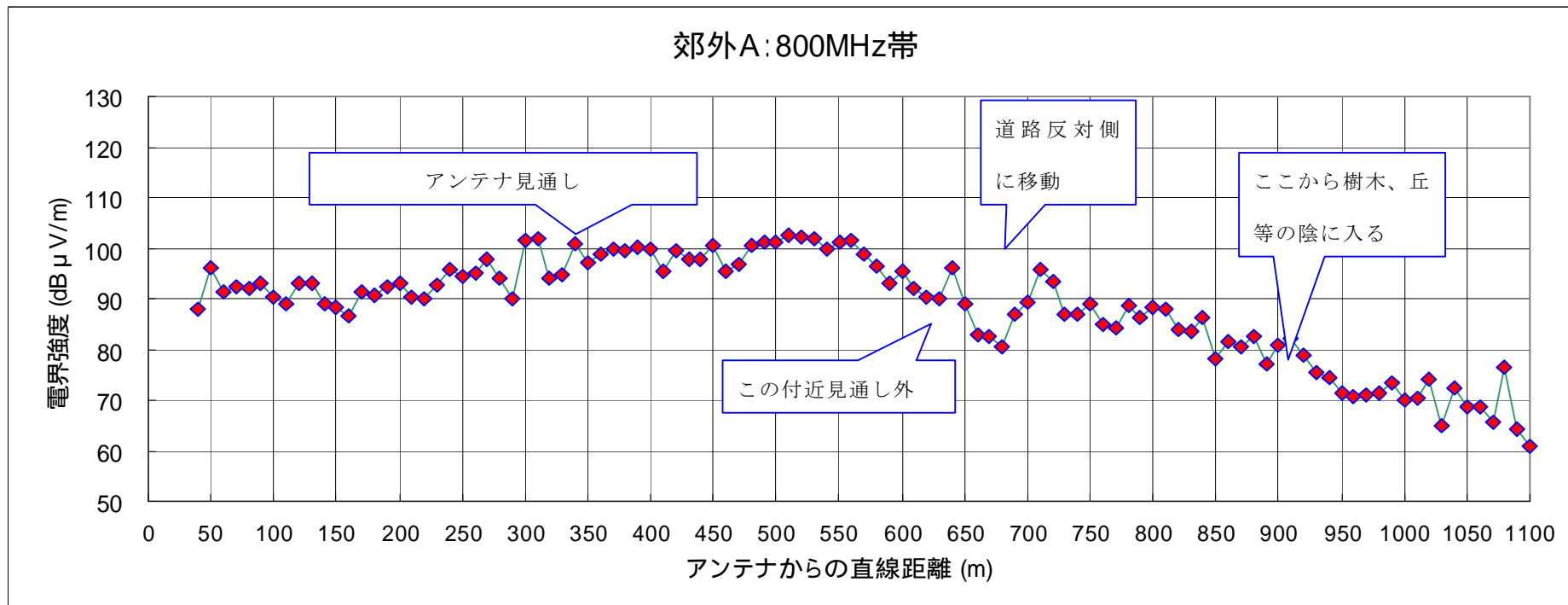


図 4.1-1 郊外Aの指向方向測定結果 (800MHz帯)

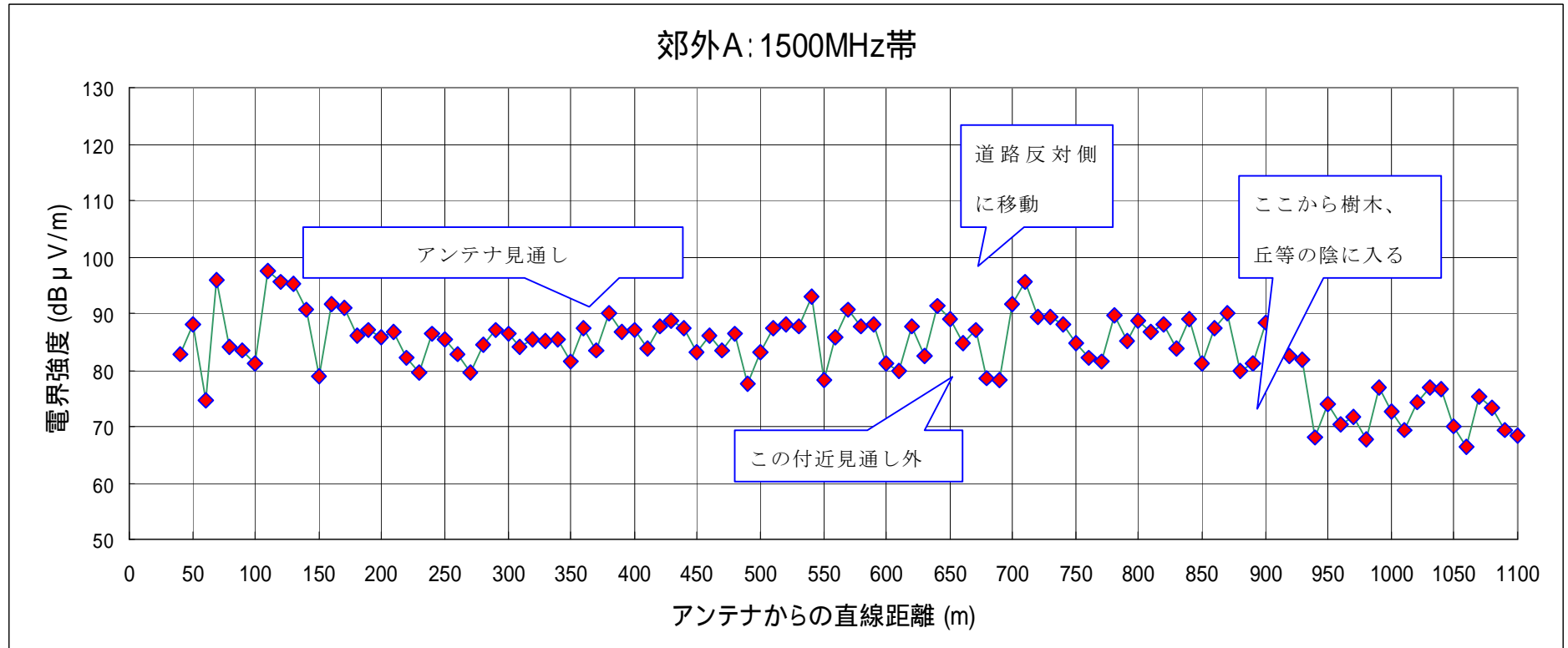


図 4.1-2 郊外Aの指向方向測定結果 (1500MHz帯)

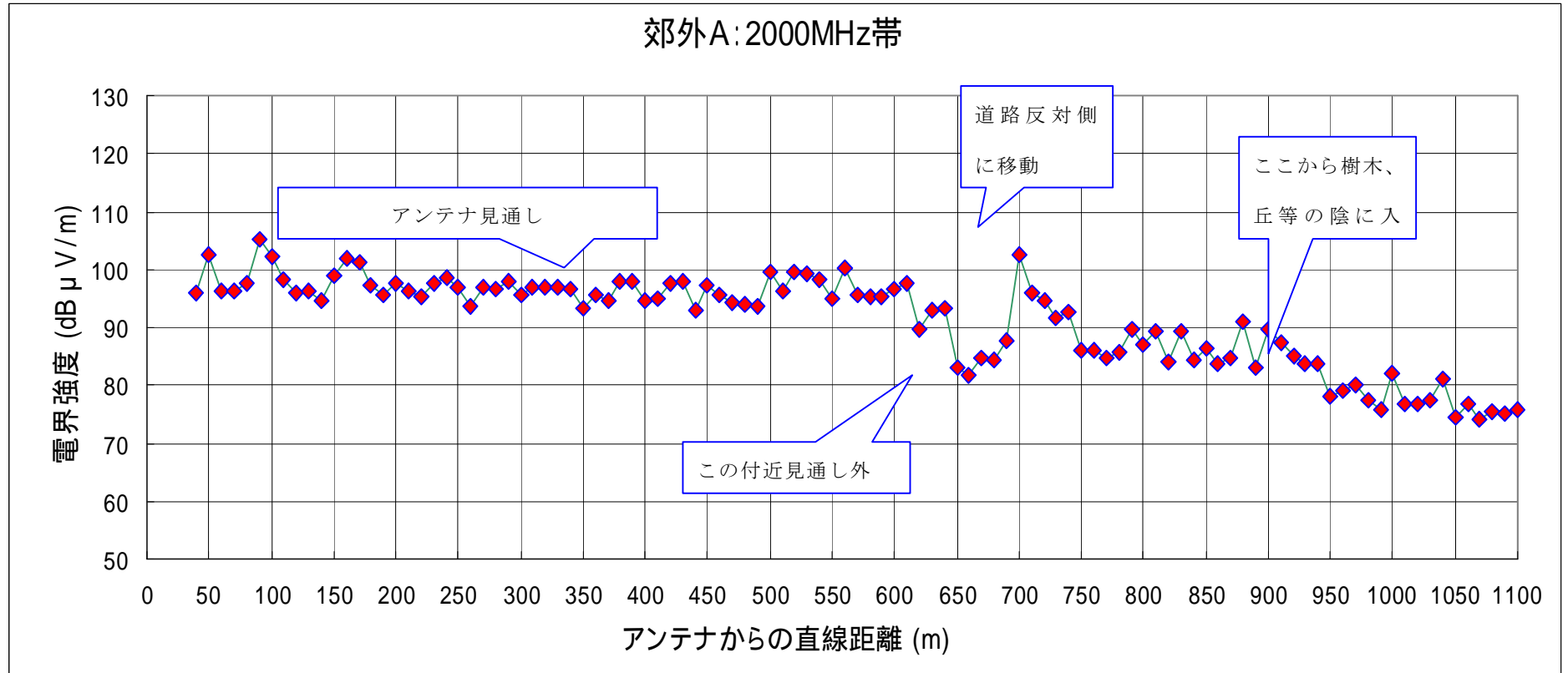
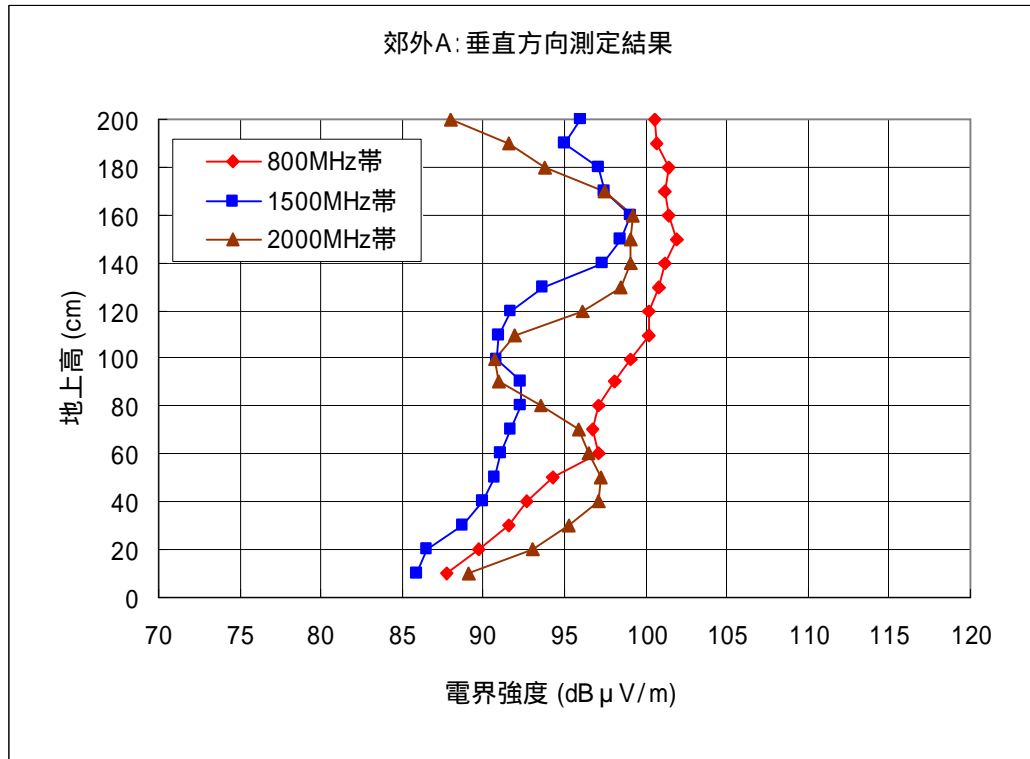


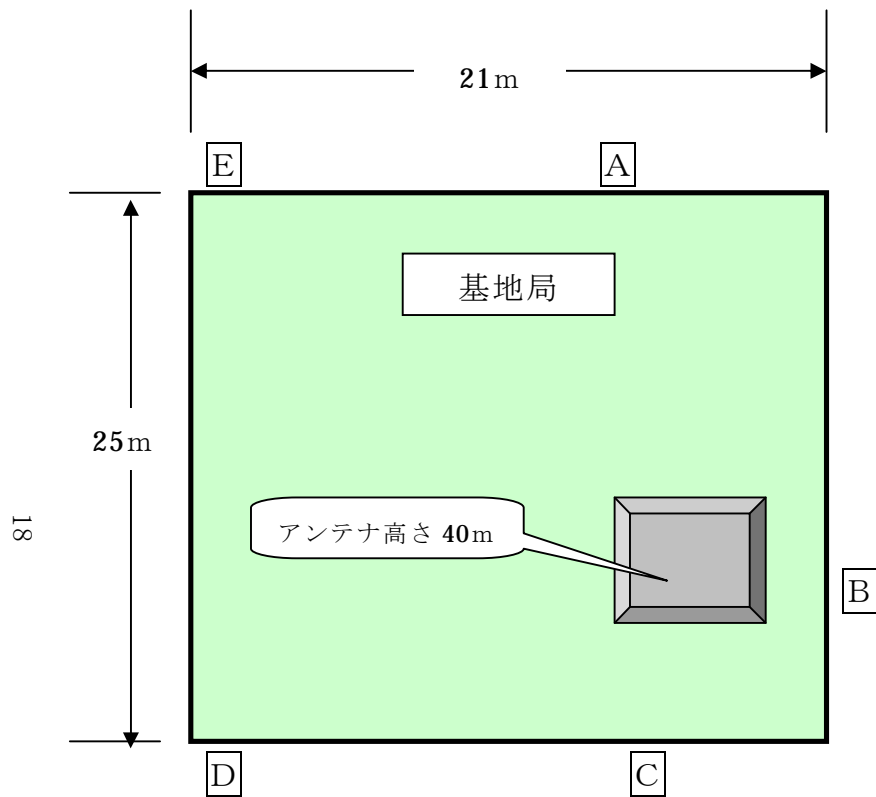
図 4.1-3 郊外Aの指向方向測定結果 (2000MHz帯)



周波数ごとの平均値	
周波数	電界強度 (dB μ V/m)
800 MHz 帯	99.08
1500 MHz 帯	94.36
2000 MHz 帯	95.82

図 4.1-4 郊外Aの垂直方向測定結果

(測定位置：800MHz帯—510m、1500MHz帯—710m、2000MHz帯—560m)



ⓧ は測定地点

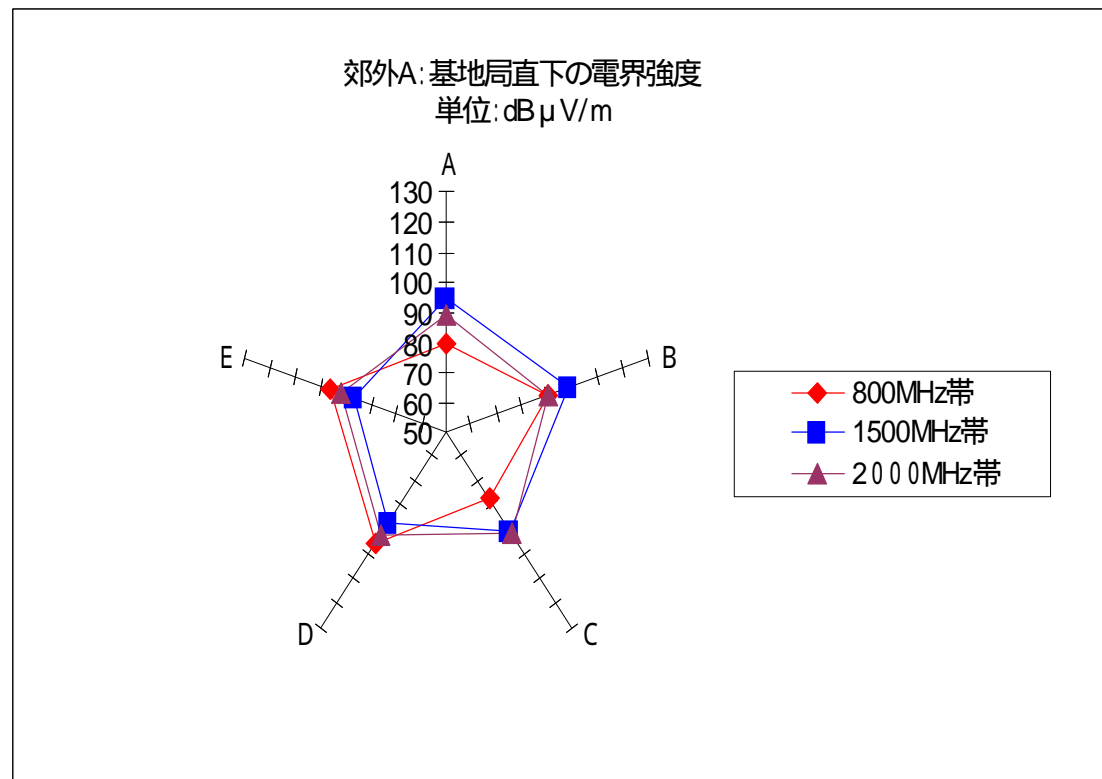


図 4.1-5 郊外Aのアンテナ直下測定結果

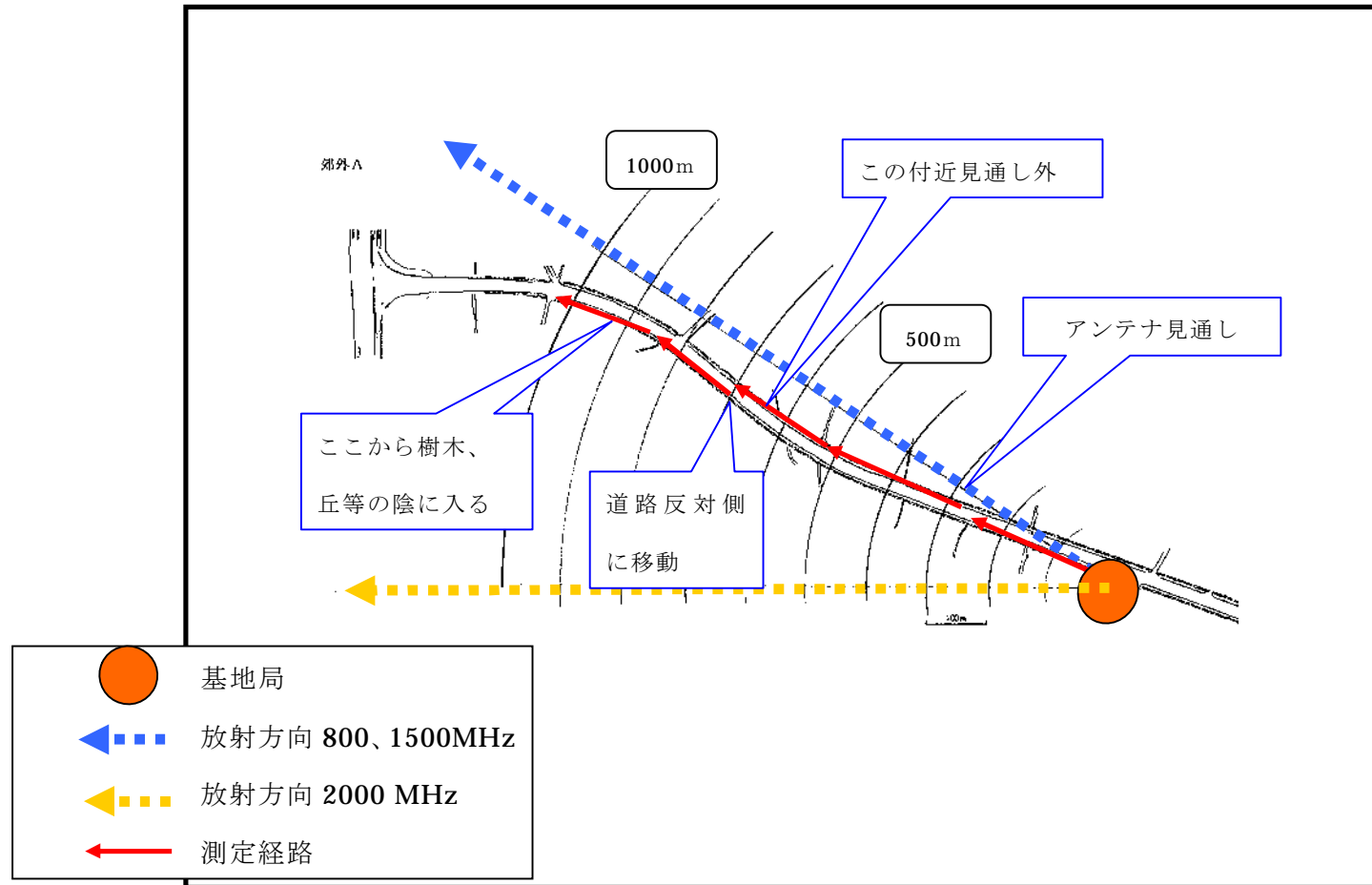


図 4.1-6 郊外Aの測定経路

4.2 郊外B

図 4.2-1 から図 4.2-3 は郊外Bの各周波数帯の指向方向測定、図 4.2-4 は垂直方向測定、図 4.2-5 はアンテナ直下の測定結果である。また、図 4.2-6 に周波数別の放射方向と測定経路を示す。

20

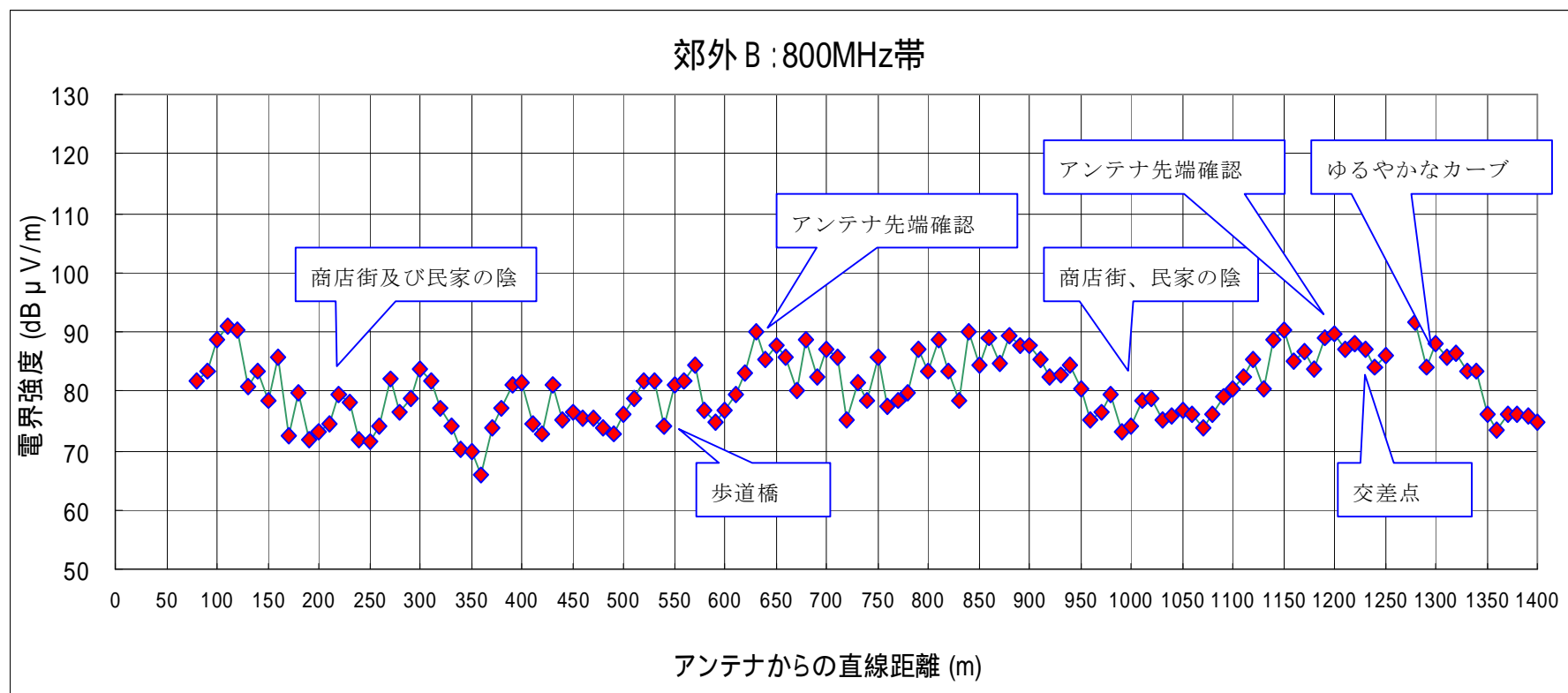


図 4.2-1 郊外Bの指向方向測定結果 (800MHz帯)

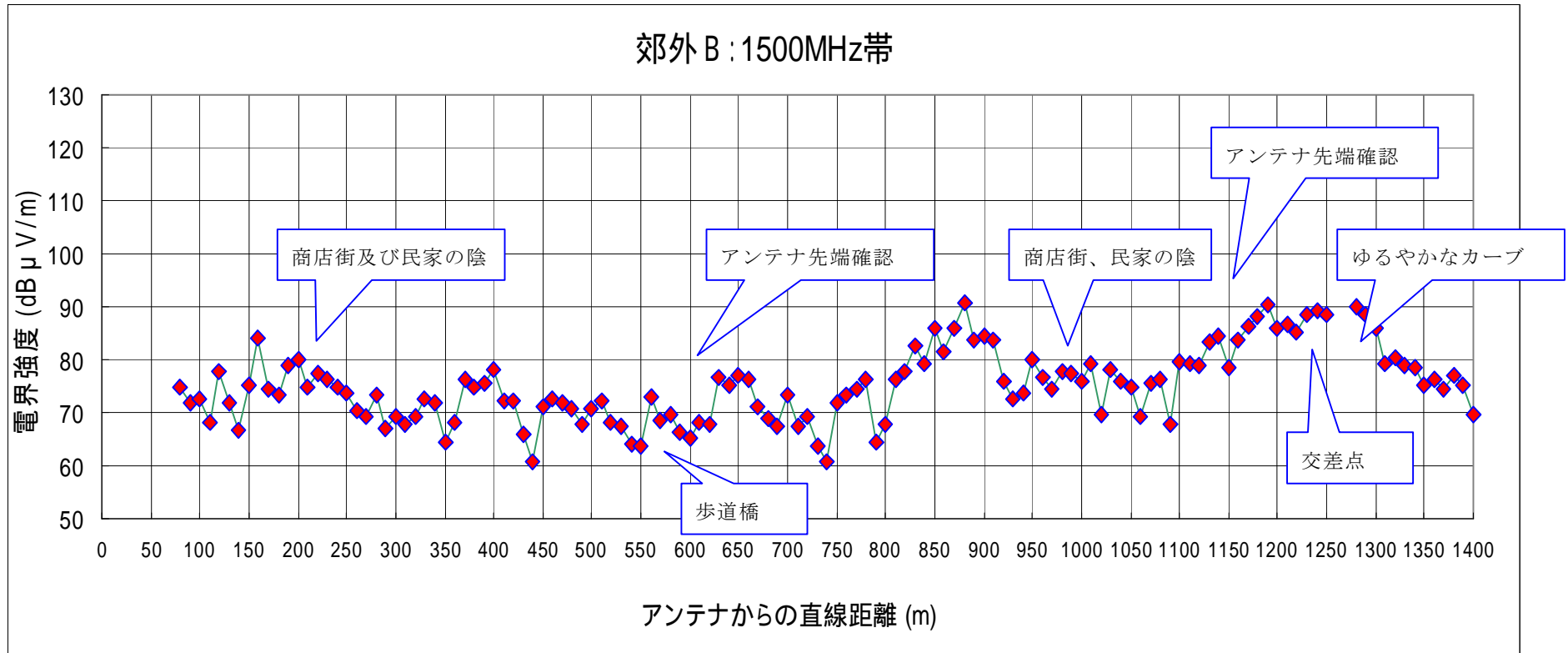


図 4.2-2 郊外 B の指向方向測定結果 (1500MHz帯)

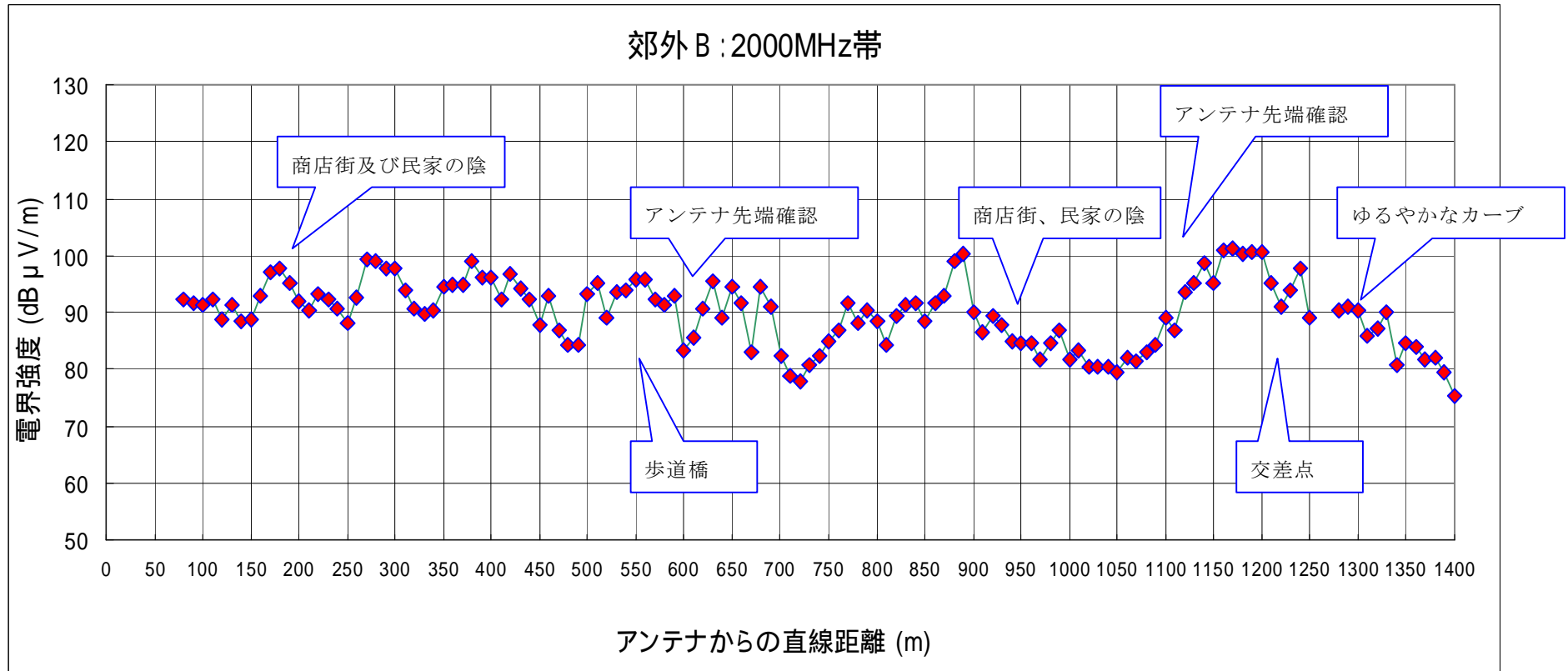


図 4.2-3 郊外Bの指向方向測定結果 (2000MHz帯)

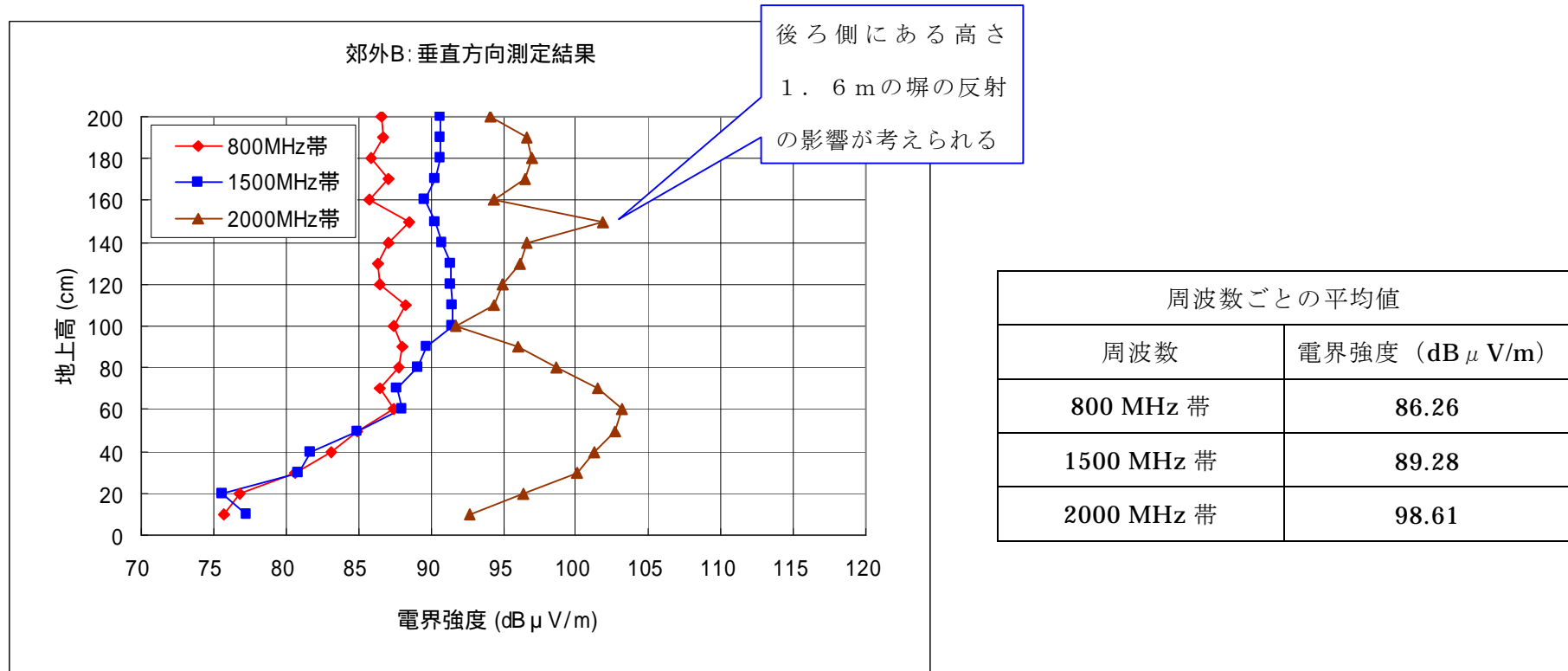


図 4.2-4 郊外Bの垂直方向測定結果

(測定位置：800MHz帯—880m、1500MHz帯—1190m、2000MHz帯—1170m)

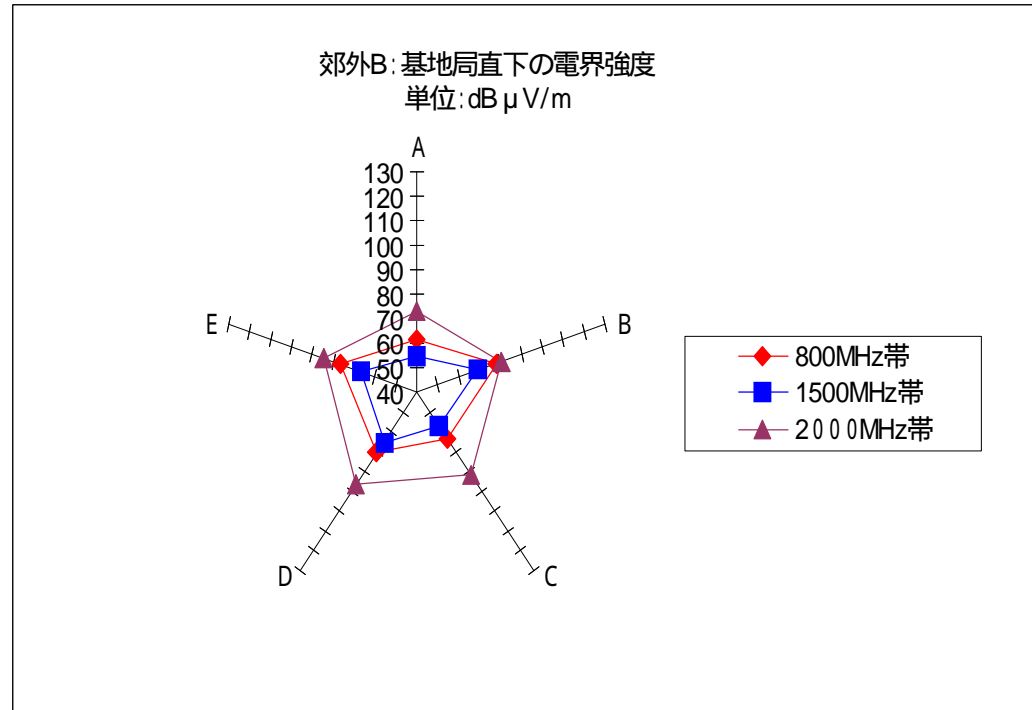
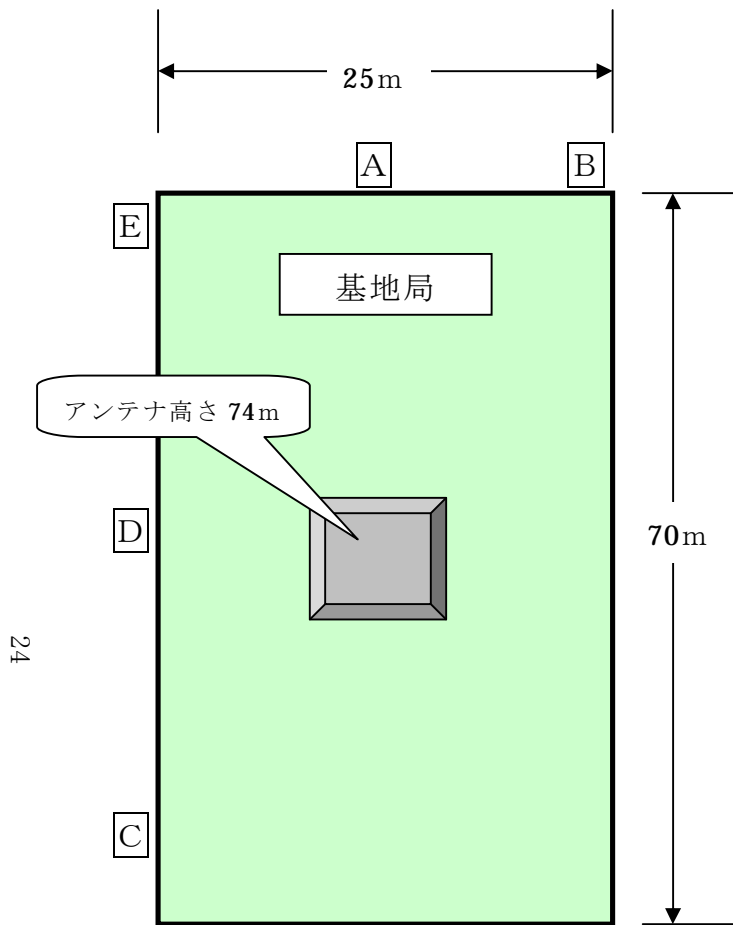


図 4.2-5 郊外Bのアンテナ直下測定結果

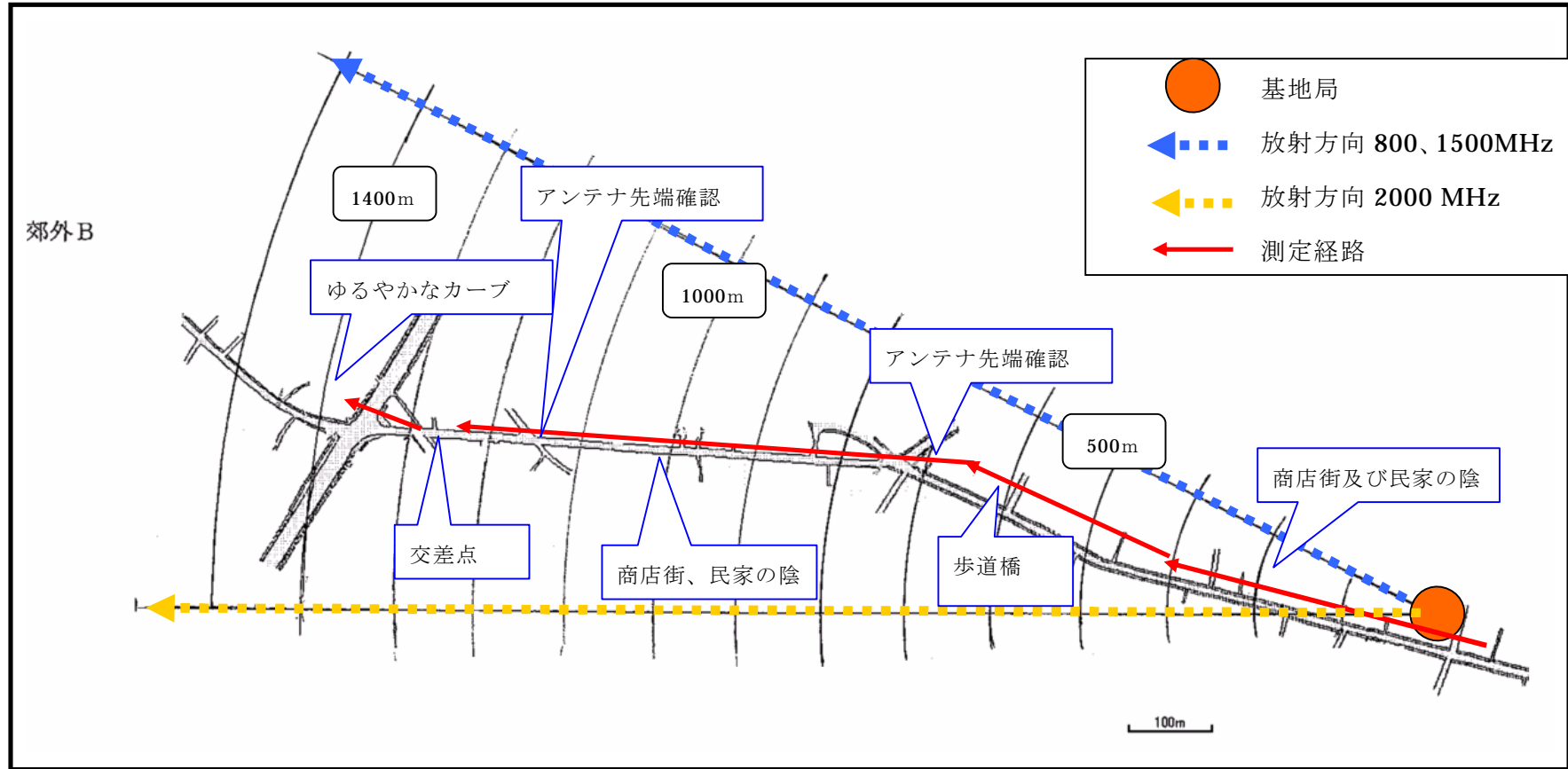


図 4.2-6 郊外Bの測定経路

Copyright(C) 2005 ZENRIN CO.,LTD.
複写承諾番号 Z06B-第2198号

4.3 郊外C

図 4.3-1 は郊外Cの指向方向測定、図 4.3-2 は垂直方向測定、図 4.3-3 はアンテナ直下の測定結果である。

図 4.3-4 は放射方向と測定経路を示す。

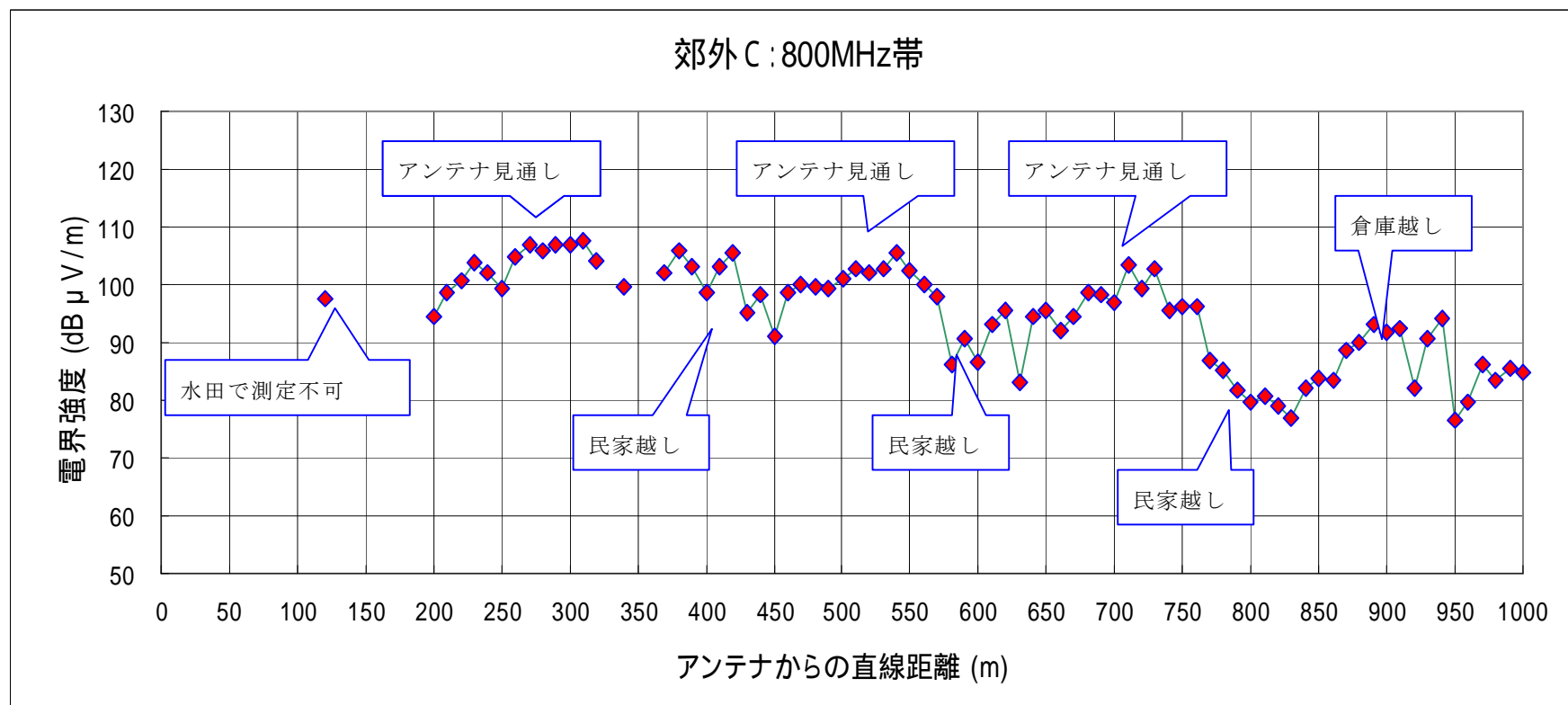
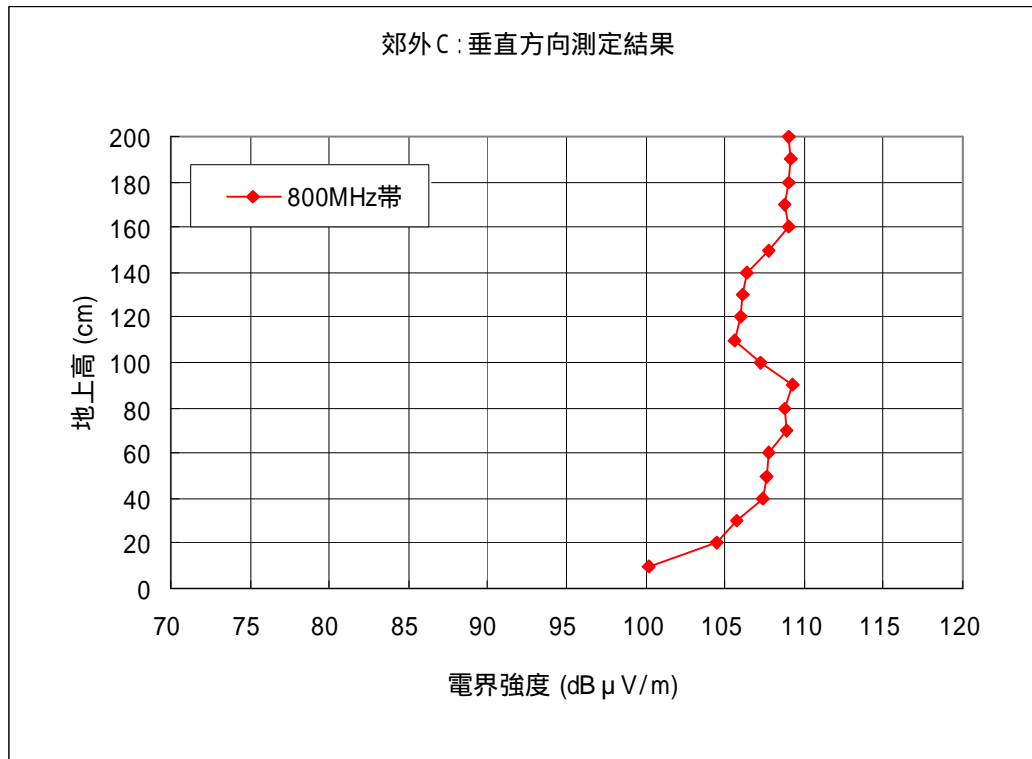


図 4.3-1 郊外Cの指向方向測定結果 (800MHz帯)



平均値	
周波数	電界強度 (dB μ V/m)
800 MHz 帯	107.61

図 4.3-2 郊外Cの垂直方向測定結果

(測定位置：800MHz帯—310m)

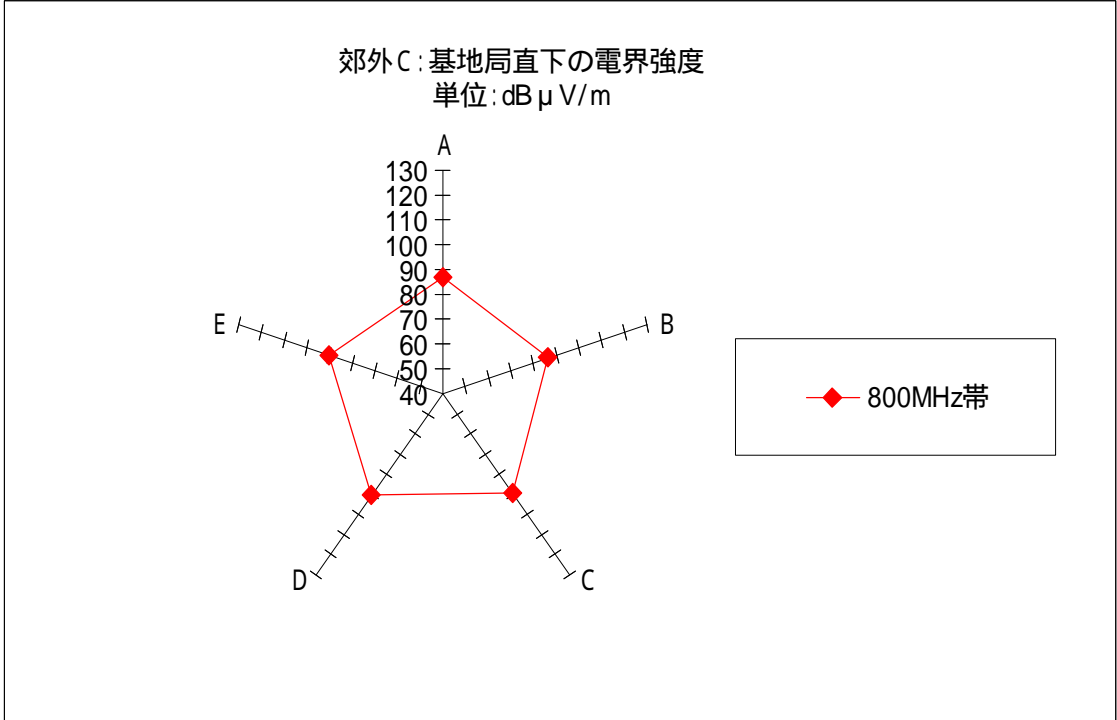
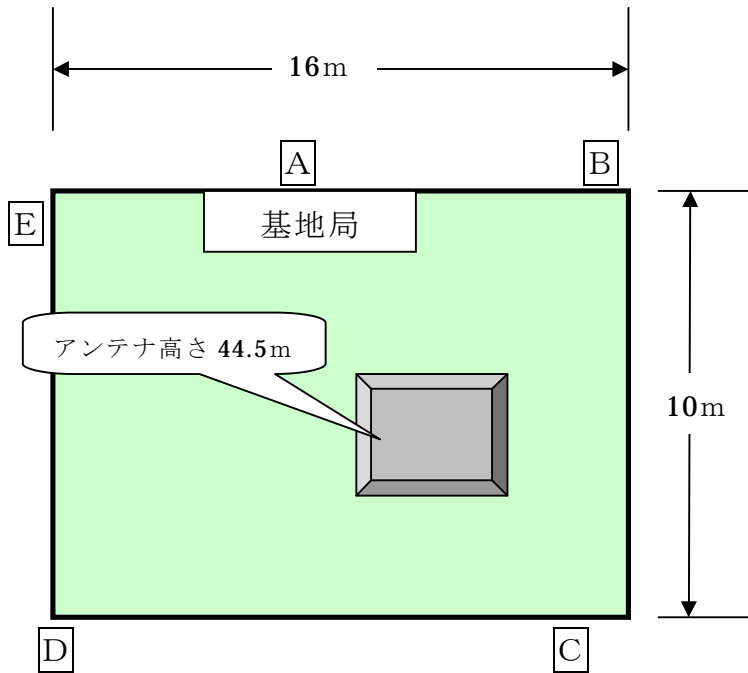


図 4.3-3 郊外Cのアンテナ直下測定結果

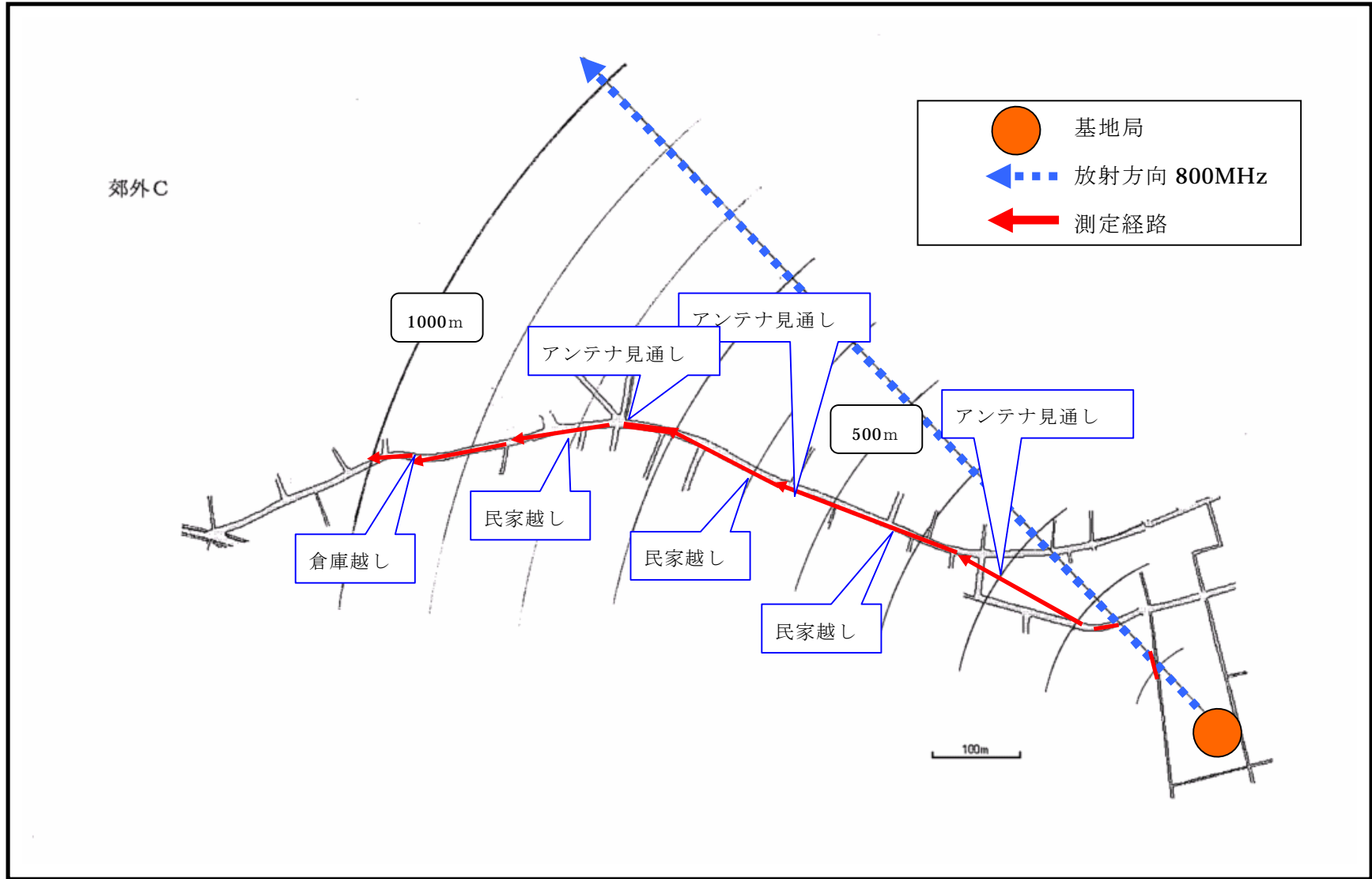


図 4. 3-4 郊外C の測定経路

4.4 郊外D

図 4.4-1 は郊外Dの800MHz帯の指向方向測定、図 4.4-2 は垂直方向測定、図 4.4-3 はアンテナ直下の測定結果である。

図 4.4-4 は放射方向と測定経路を示す。

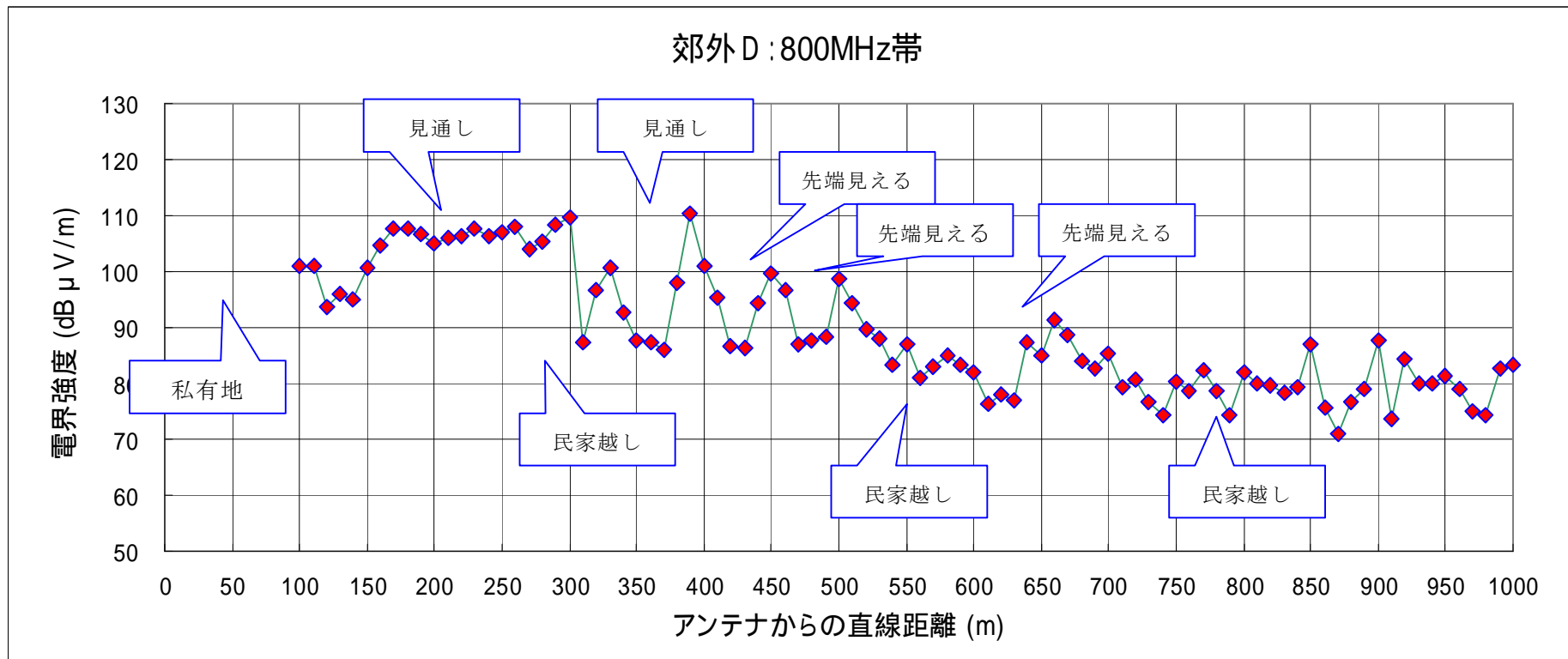
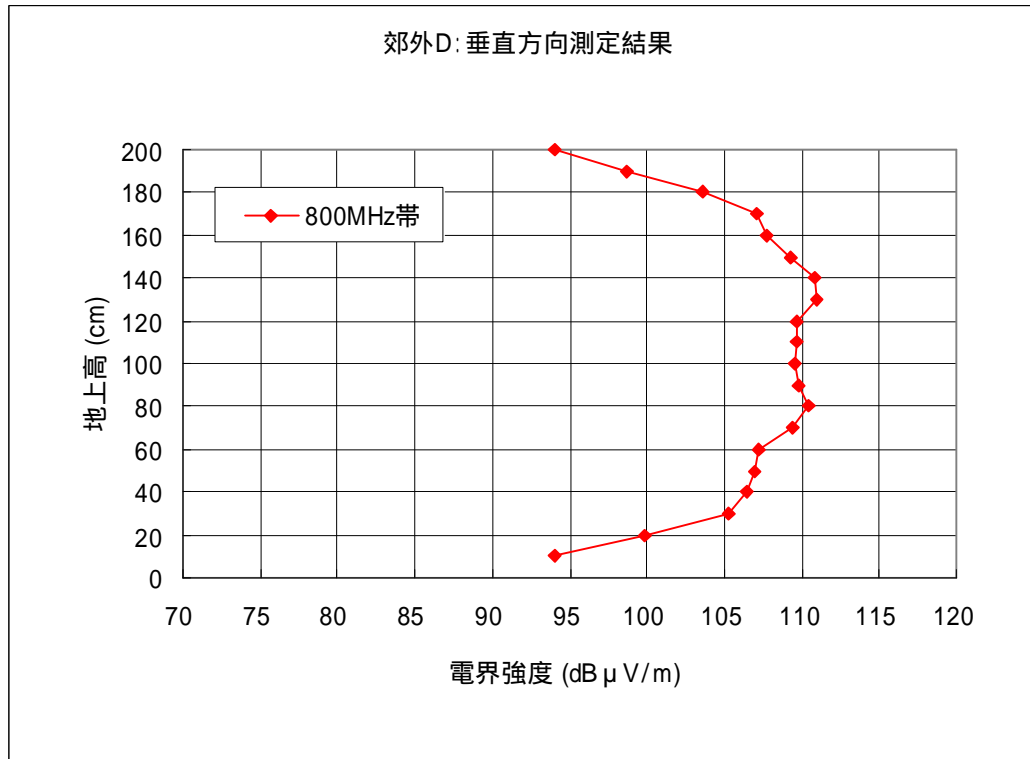


図 4.4-1 郊外Dの指向方向測定結果 (800MHz帯)



平均値	
周波数	電界強度 (dB μ V/m)
800 MHz 帯	107.9

図 4.4-2 郊外Dの垂直方向測定結果

(測定位置：800MHz帯—300m)

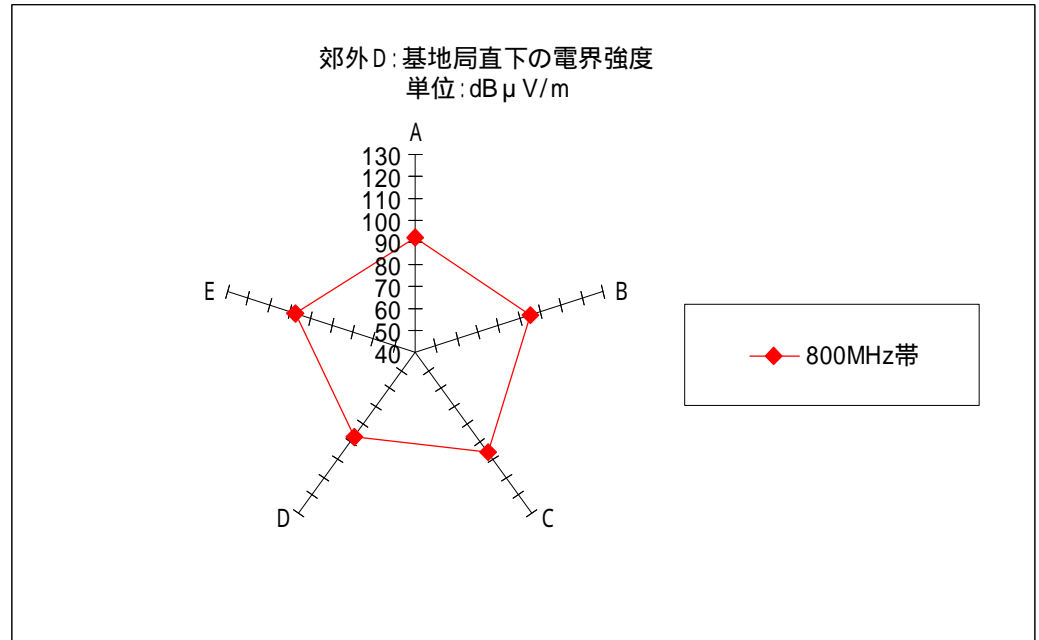
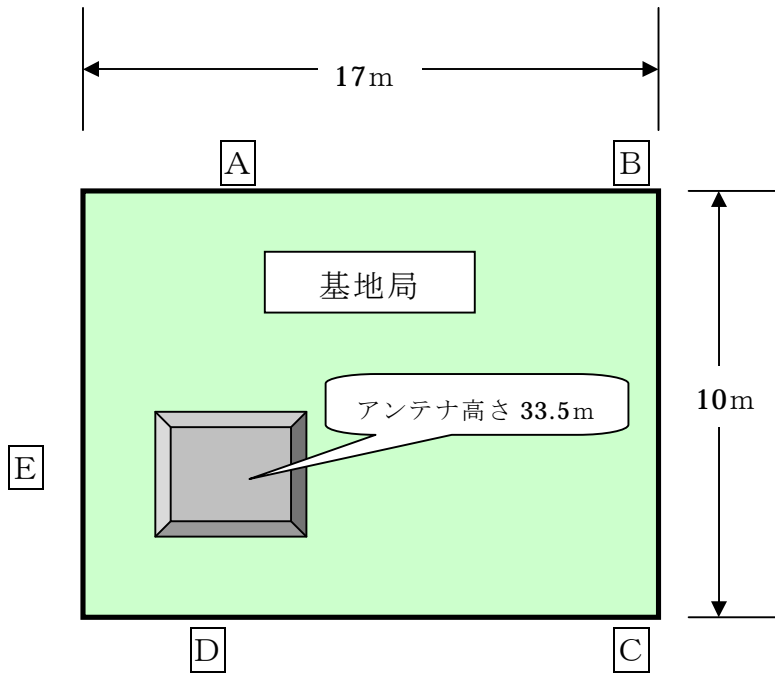


図 4.4-3 郊外Dのアンテナ直下測定結果

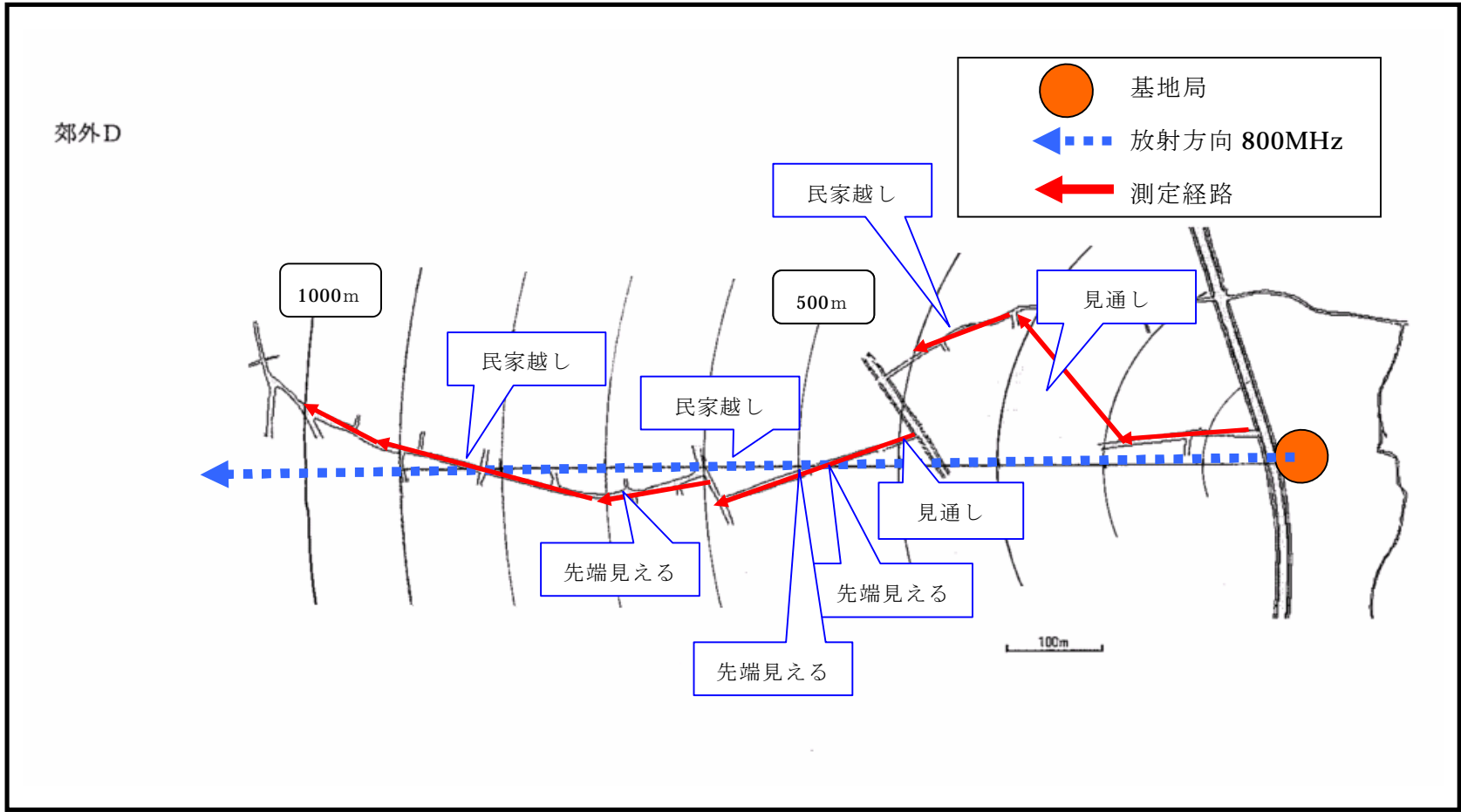


図 4.4-4 郊外Dの測定経路

Copyright(C) 2005 ZENRIN CO.,LTD.
複写承諾番号 Z06B-第2198号

4.5 郊外E

図 4.5-1 は郊外Eの指向方向測定、図 4.5-2 は垂直方向測定、図 4.5-3 はアンテナ直下の測定結果である。

図 4.5-4 は放射方向と測定経路を示す。

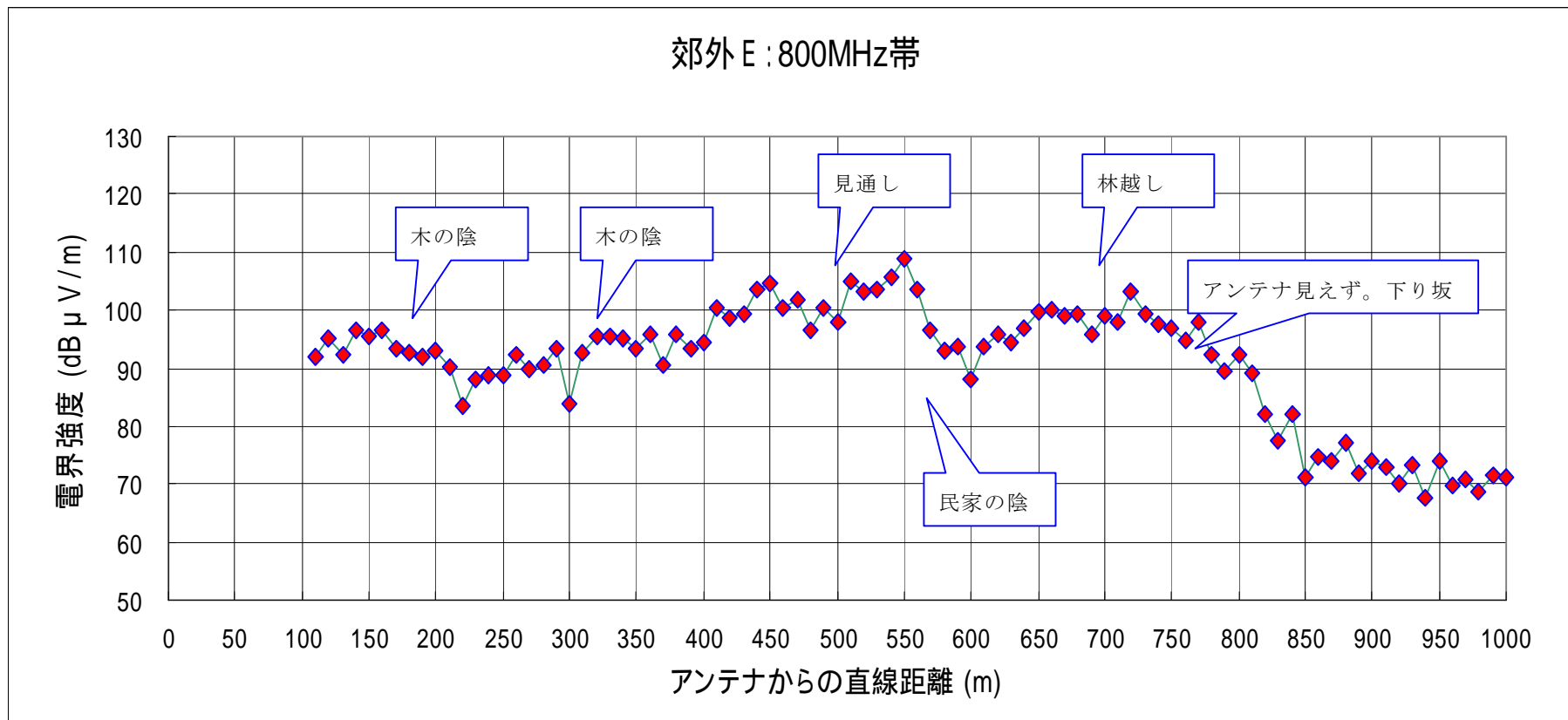
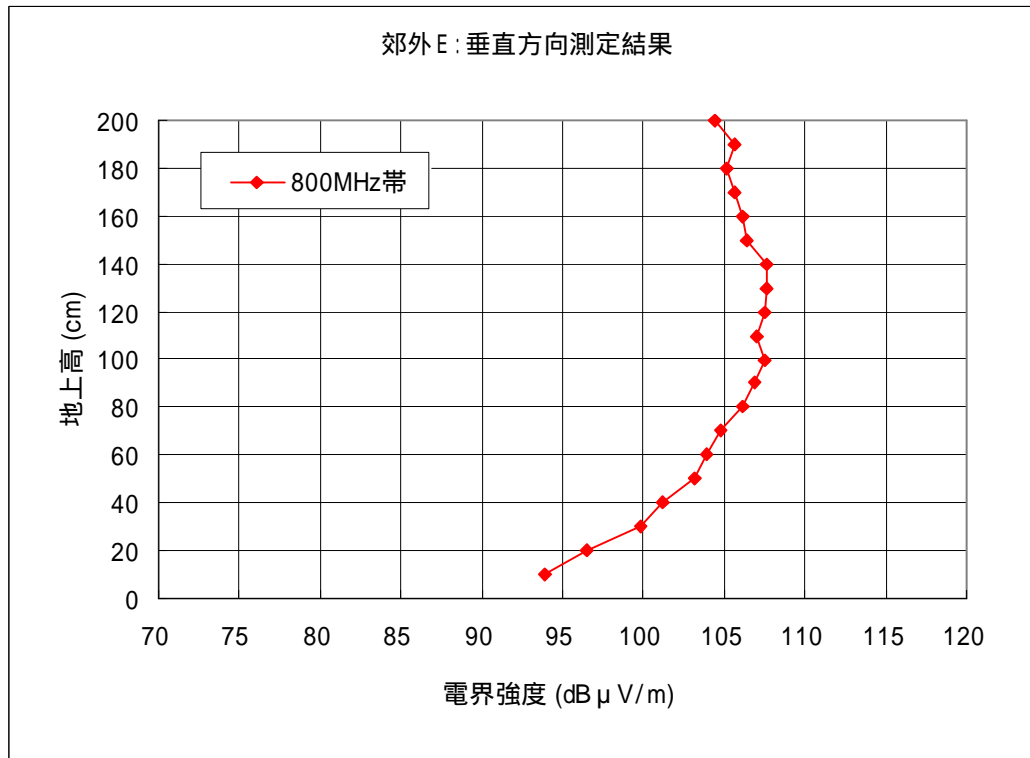


図 4.5-1 郊外Eの指向方向測定結果 (800MHz帯)



平均値	
周波数	電界強度 (dB μ V/m)
800 MHz 帯	105.38

図 4.5-2 郊外Eの垂直方向測定結果

(測定位置: 800MHz帯—550m)

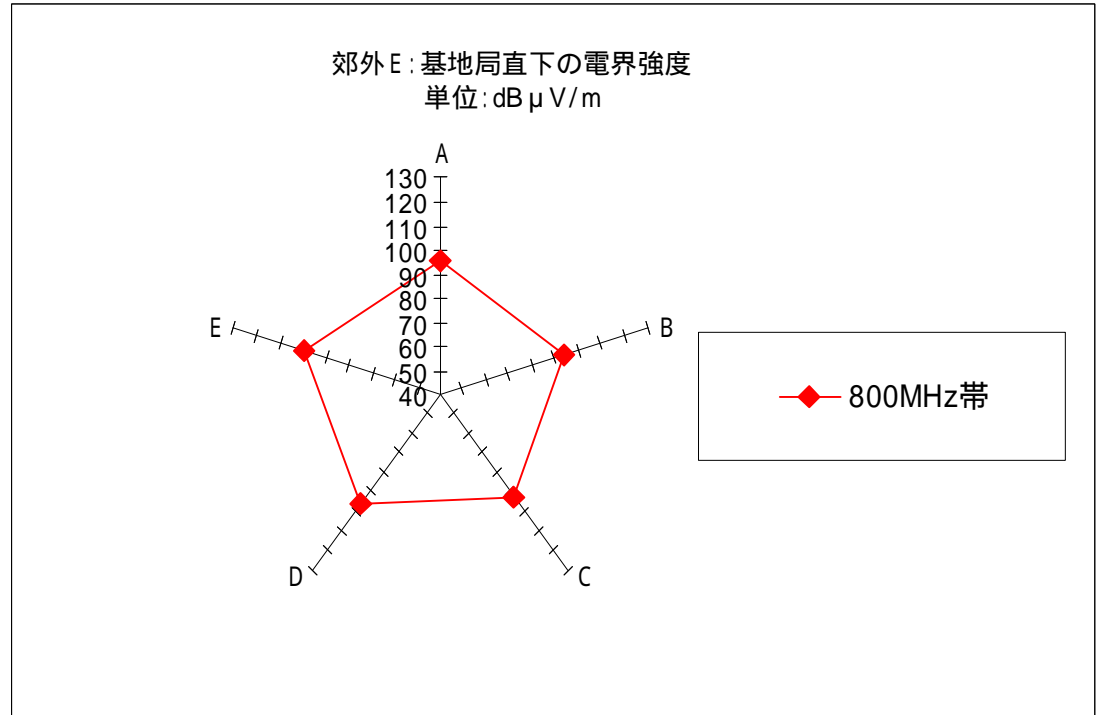
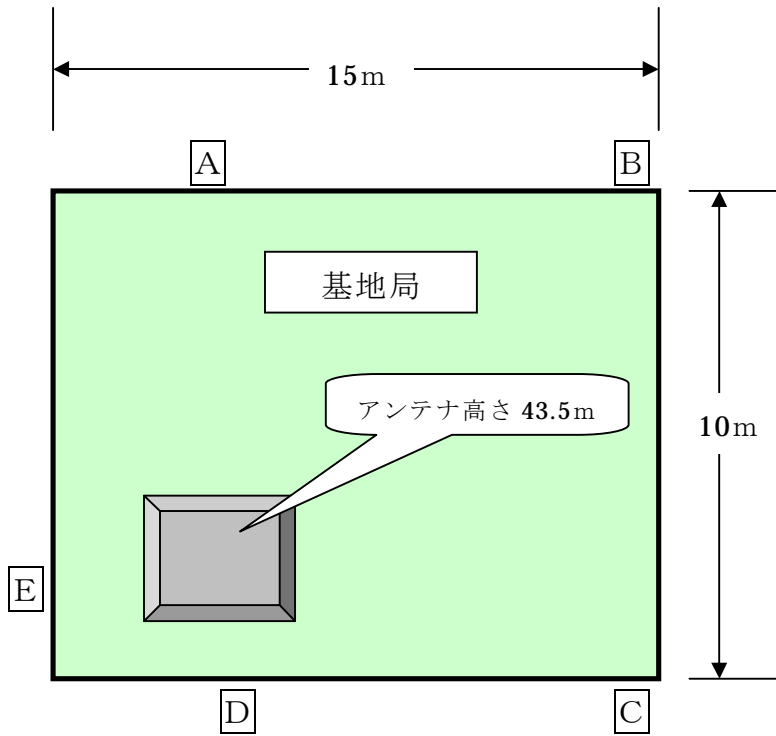
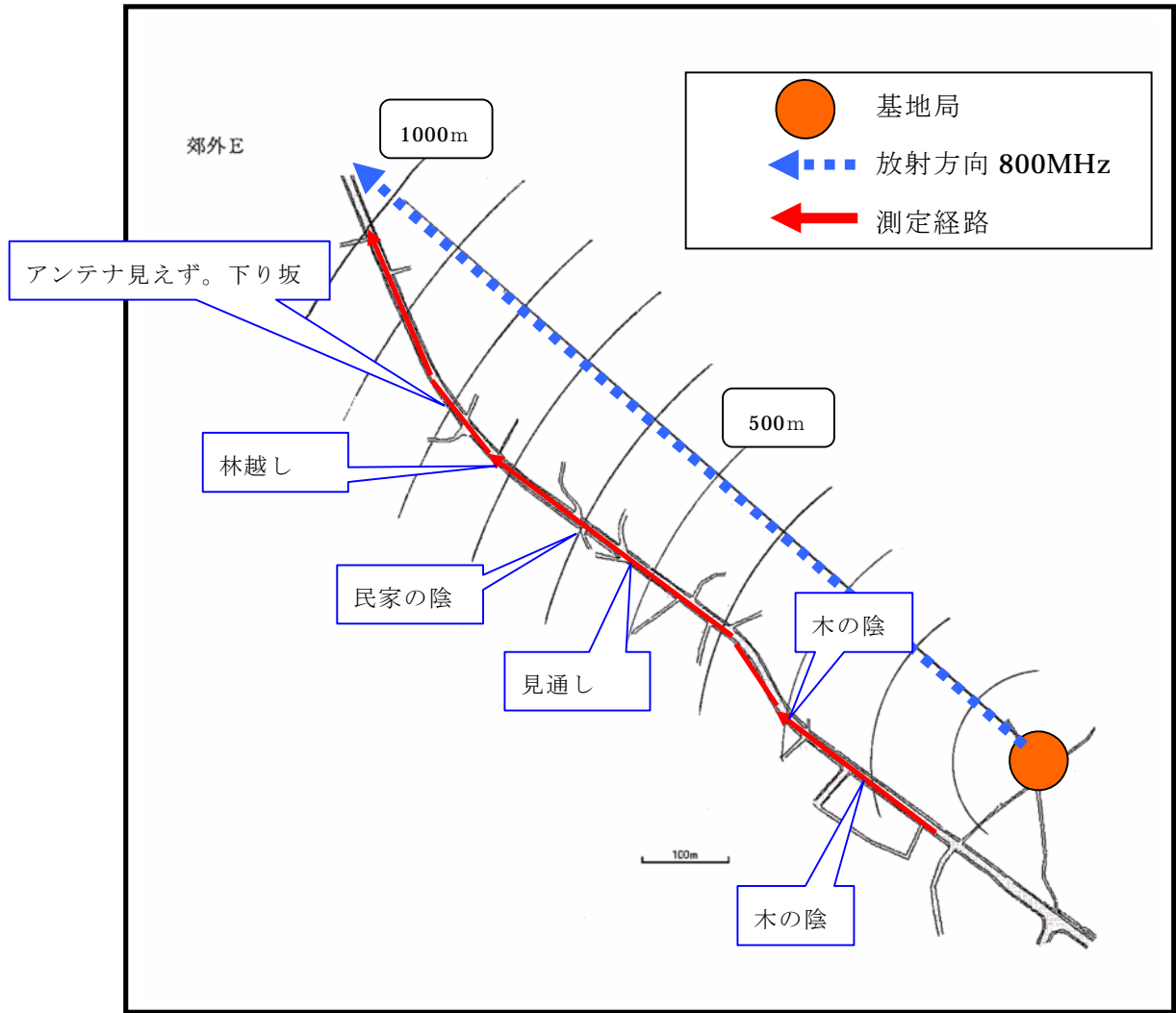


図 4.5-3 郊外Eのアンテナ直下測定結果



Copyright (C) 2005 ZENRIN CO., LTD.
複写承諾番号 Z06B -第 2198 号

図 4.5-4 郊外Eの測定経路

4.6 市街A

図 4.6-1 から図 4.6-3 は市街Aの各周波数帯の指向方向測定、図 4.6-4 は垂直方向測定、図 4.6-5 はアンテナ直下の測定結果である。
また、図 4.6-6 に各周波数の放射方向と測定経路を示す。

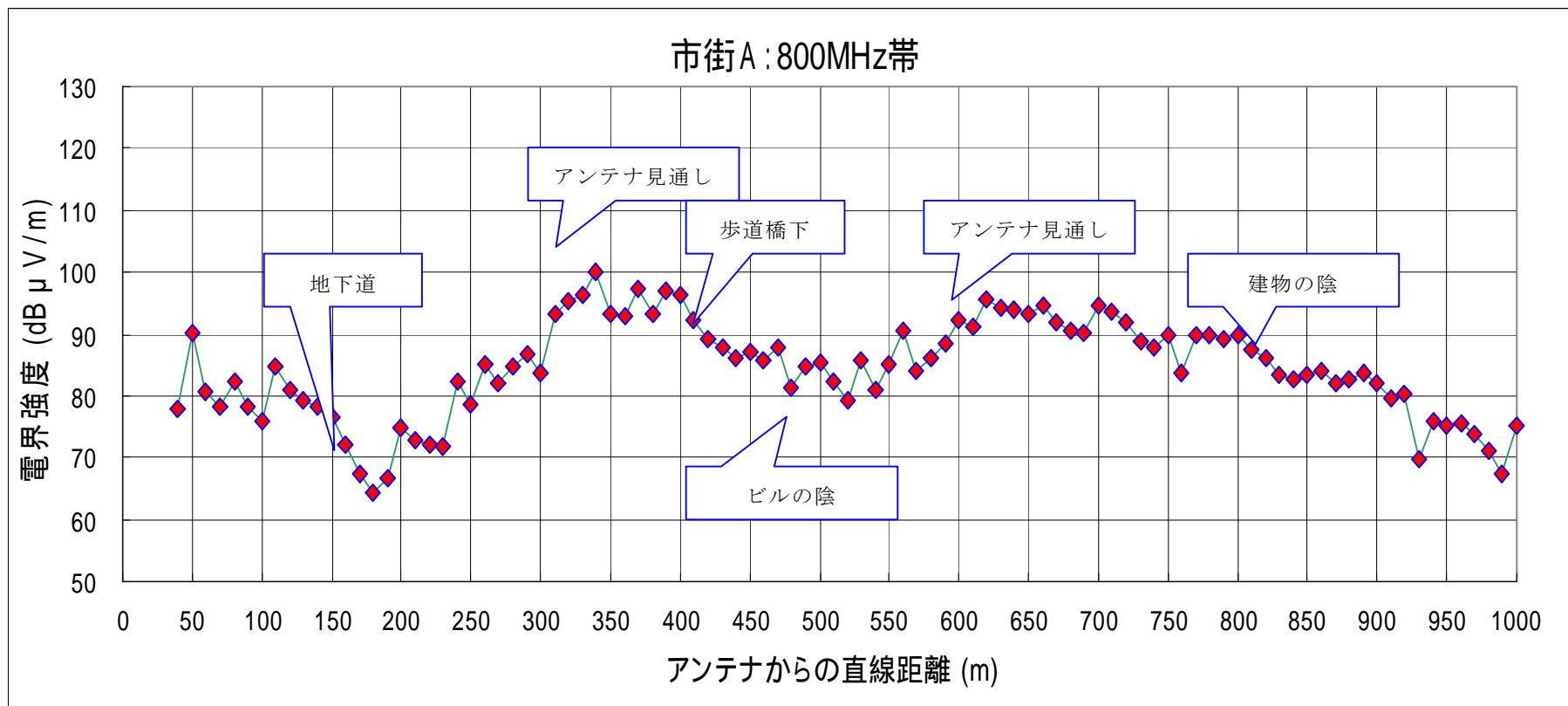


図 4.6-1 市街Aの指向方向測定結果 (800MHz帯)

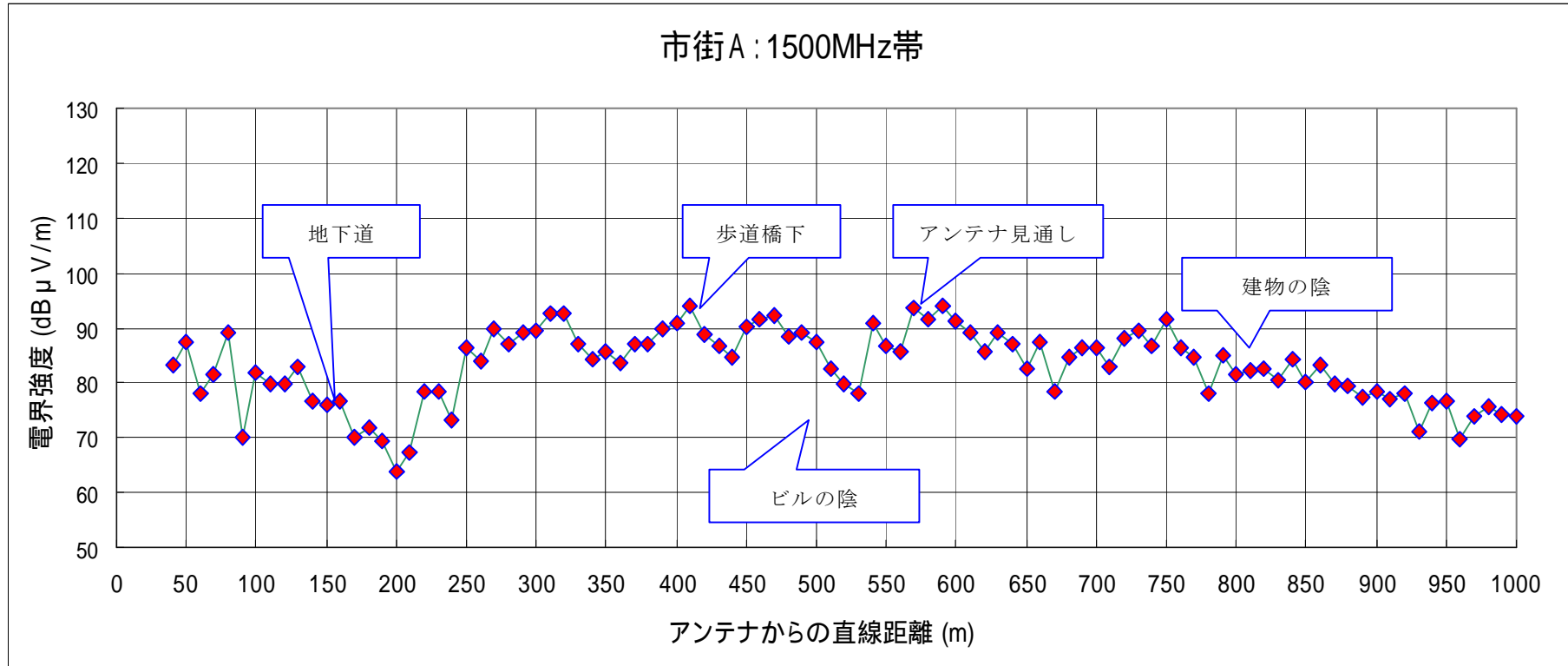


図 4.6-2 市街Aの指向方向測定結果 (1500MHz帯)

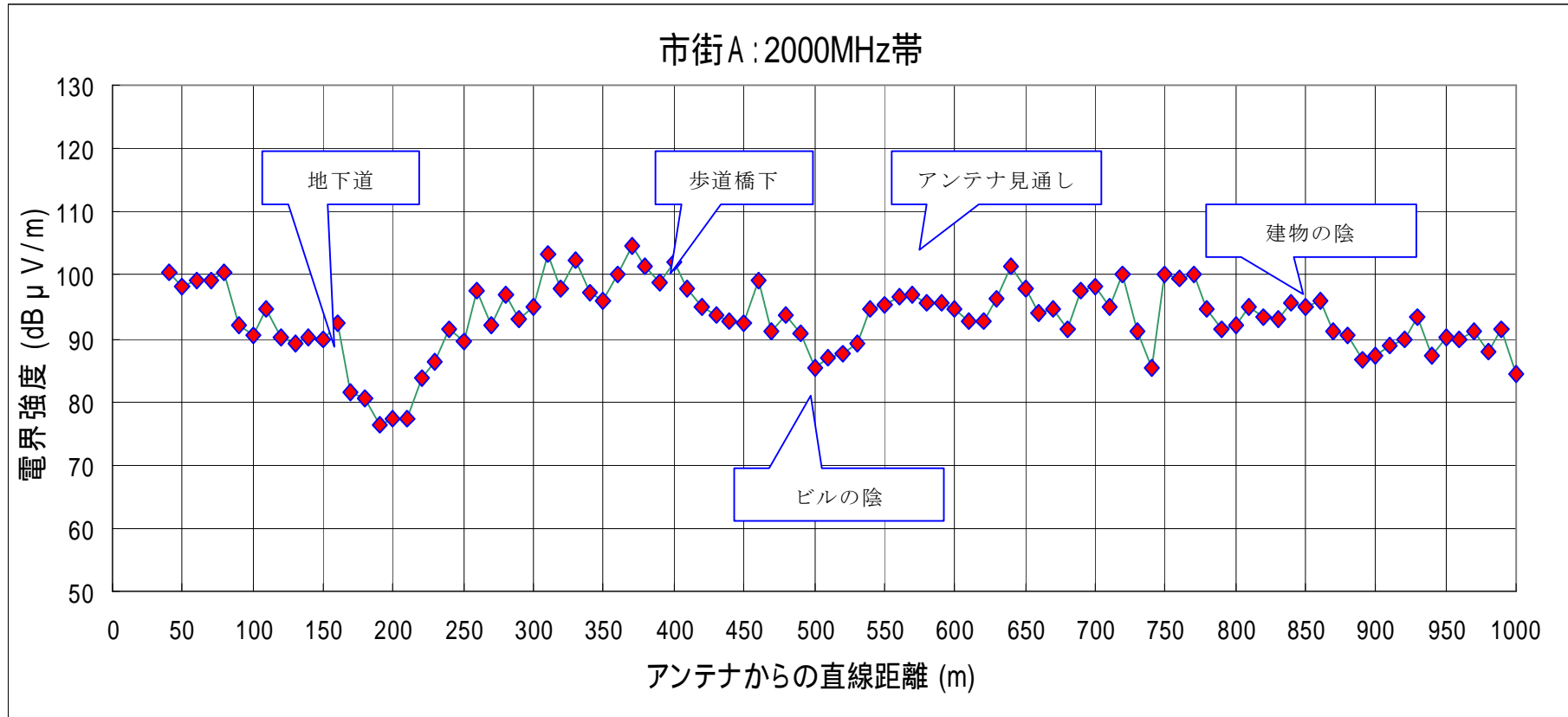
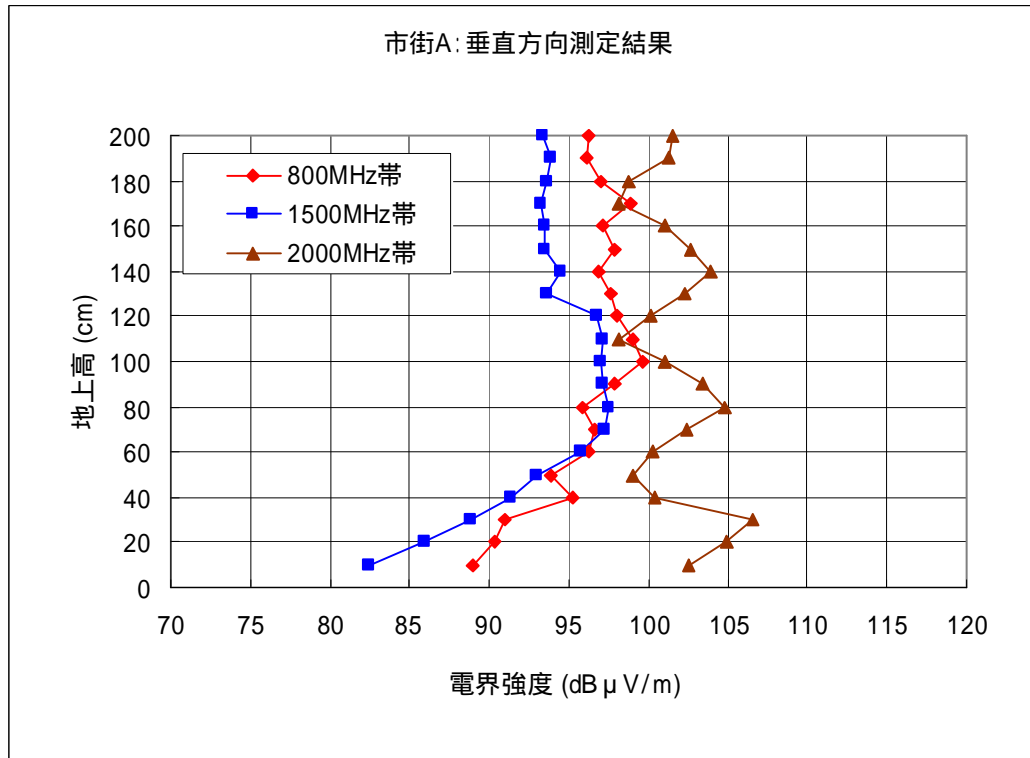


図 4.6-3 市街Aの指向方向測定結果 (2000MHz帯)



周波数ごとの平均値	
周波数	電界強度 (dB μV/m)
800 MHz 帯	96.74
1500 MHz 帯	94.54
2000 MHz 帯	104.75

図 4.6-4 市街Aの垂直方向測定結果

(測定位置：800MHz帯—340m、1500MHz帯—580m、2000MHz帯—370m)

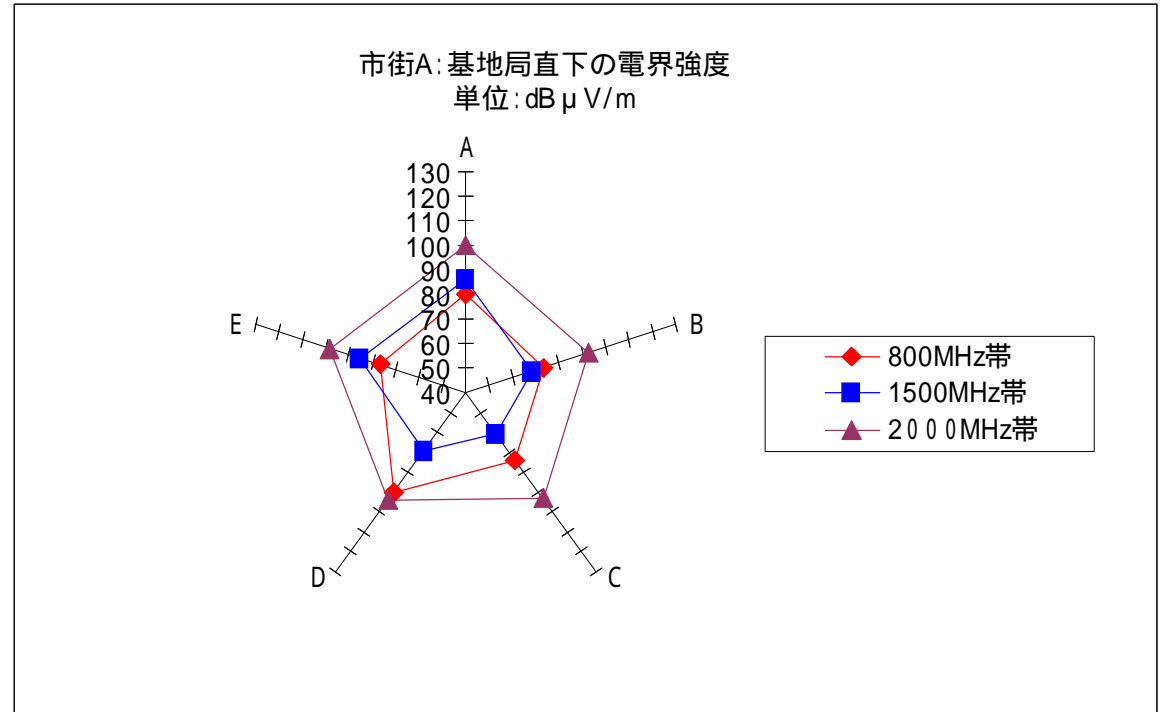
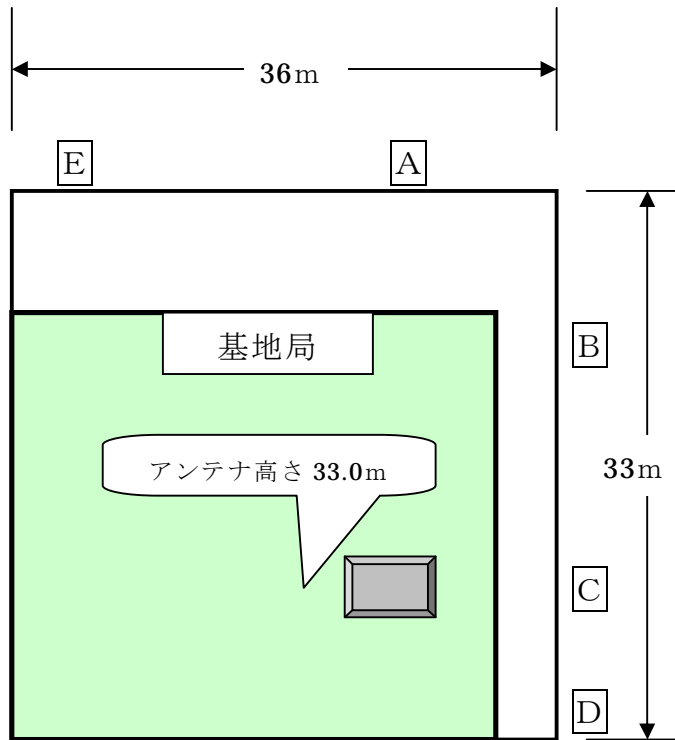


図 4.6-5 市街Aのアンテナ直下測定結果

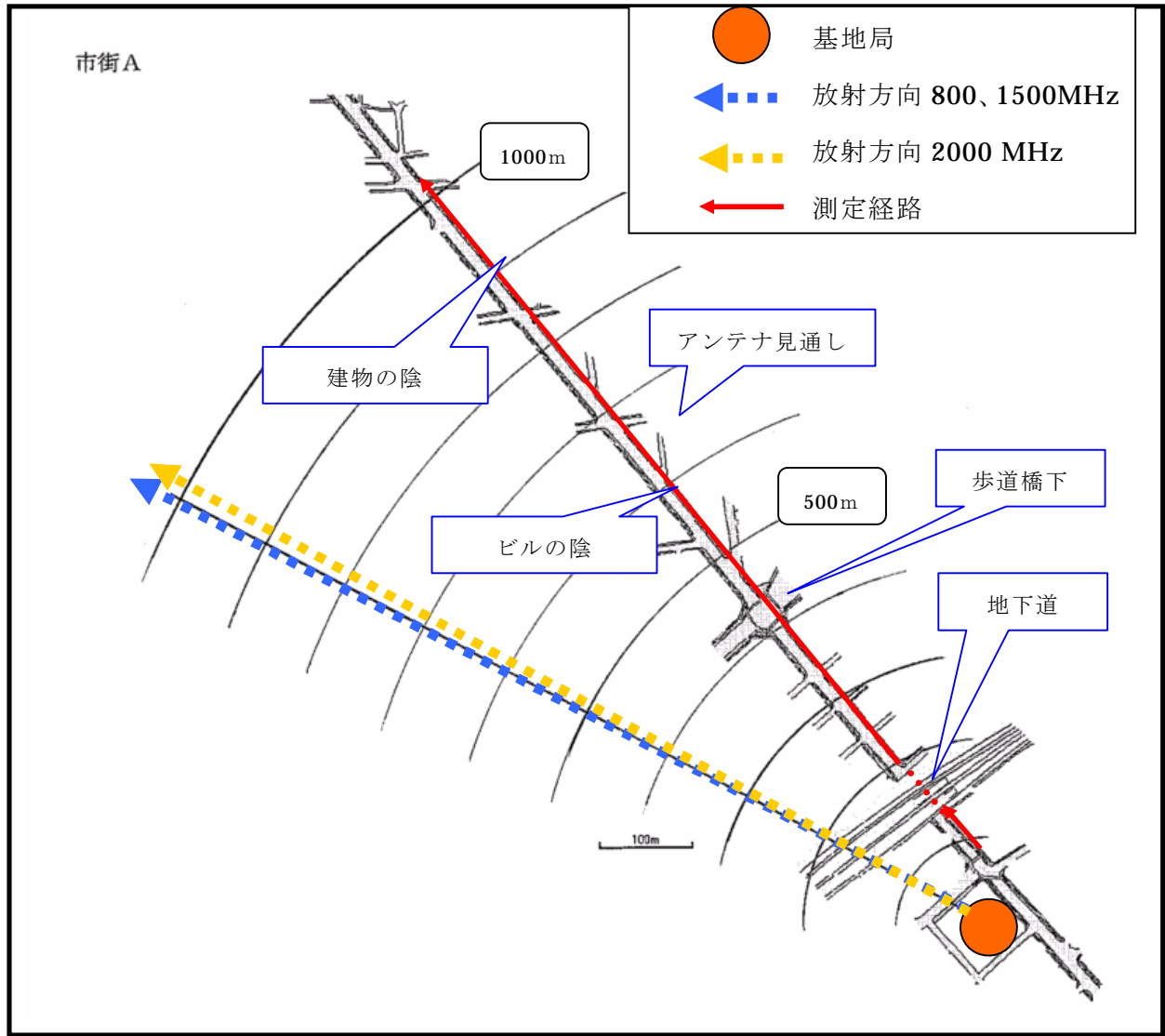


図 4.6-6 市街 A の測定経路

Copyright (C) 2005 ZENRIN CO., LTD.
複写承諾番号 Z06B-第 2198 号

4.7 市街B

図 4.7-1 から図 4.7-2 は市街Bの各周波数帯の指向方向測定、図 4.7-3 は垂直方向測定、図 4.7-4 はアンテナ直下の測定結果である。

図 4.7-5 に放射方向と測定経路を示す。

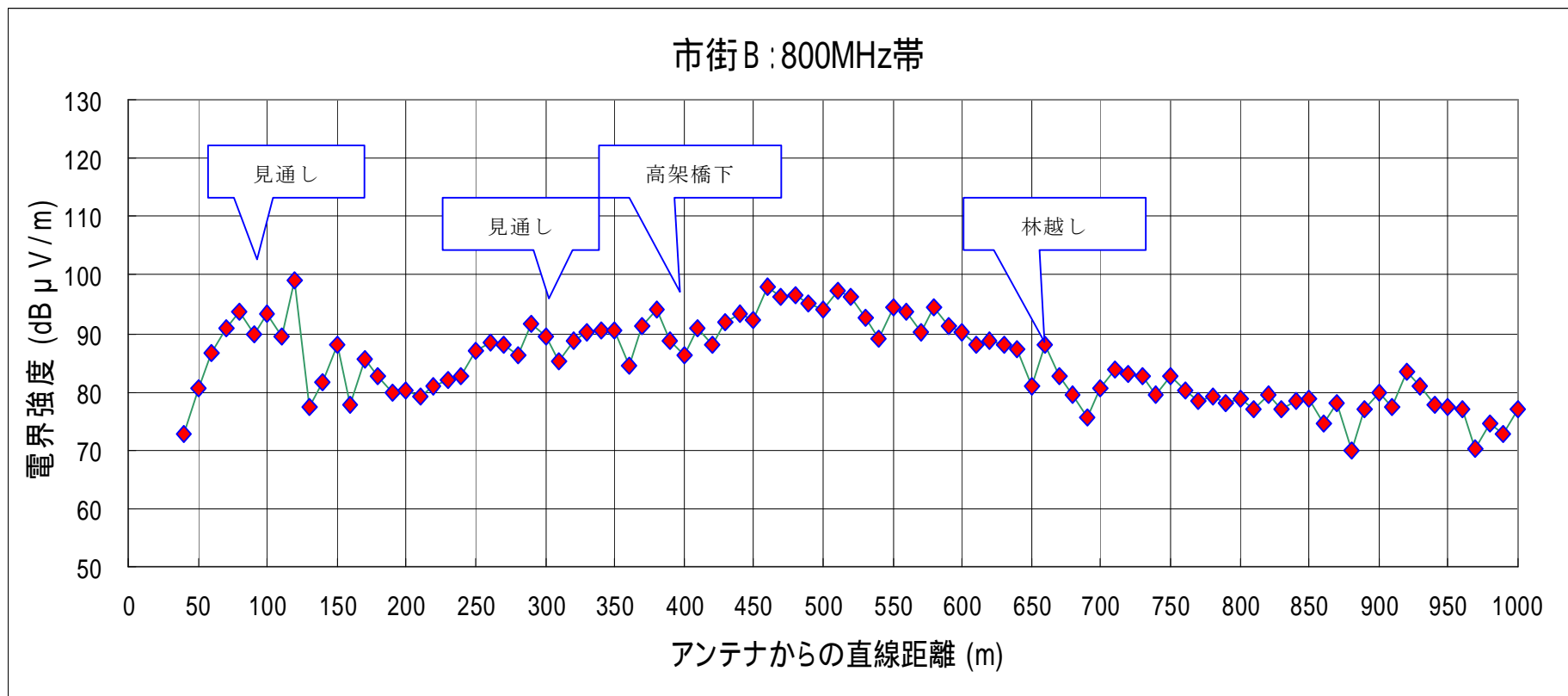


図 4.7-1 市街Bの指向方向測定結果 (800MHz帯)

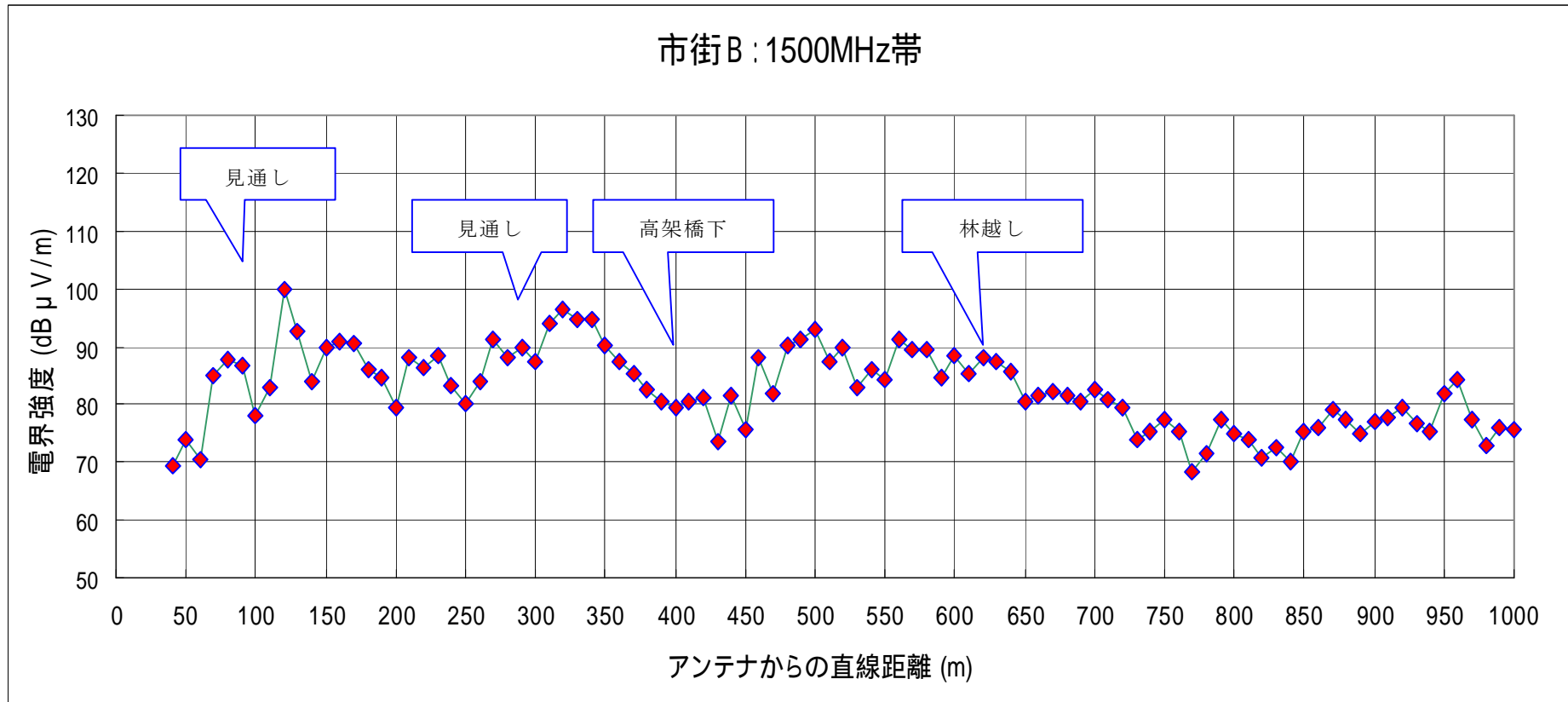
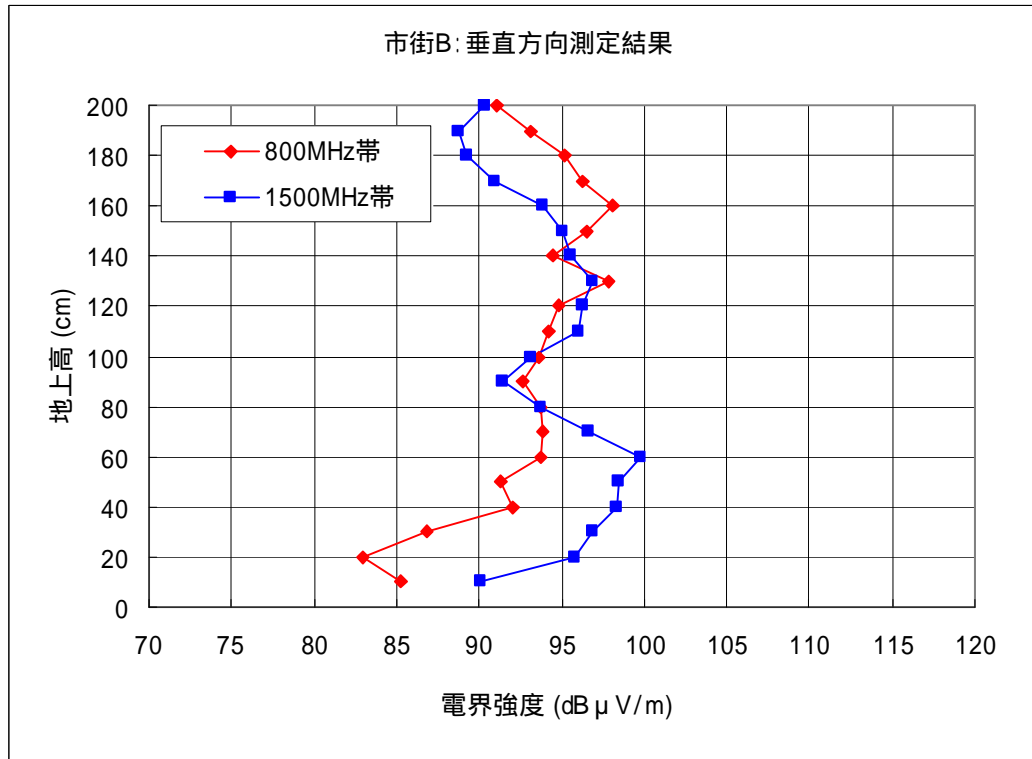


図 4.7-2 市街Bの指向方向測定結果 (1500MHz帯)



周波数ごとの平均値	
周波数	電界強度 (dB μV/m)
800 MHz 帯	94.12
1500 MHz 帯	95.42

図 4.7-3 市街Bの垂直方向測定結果

(測定位置：800MHz帯—460m、1500MHz帯—320m)

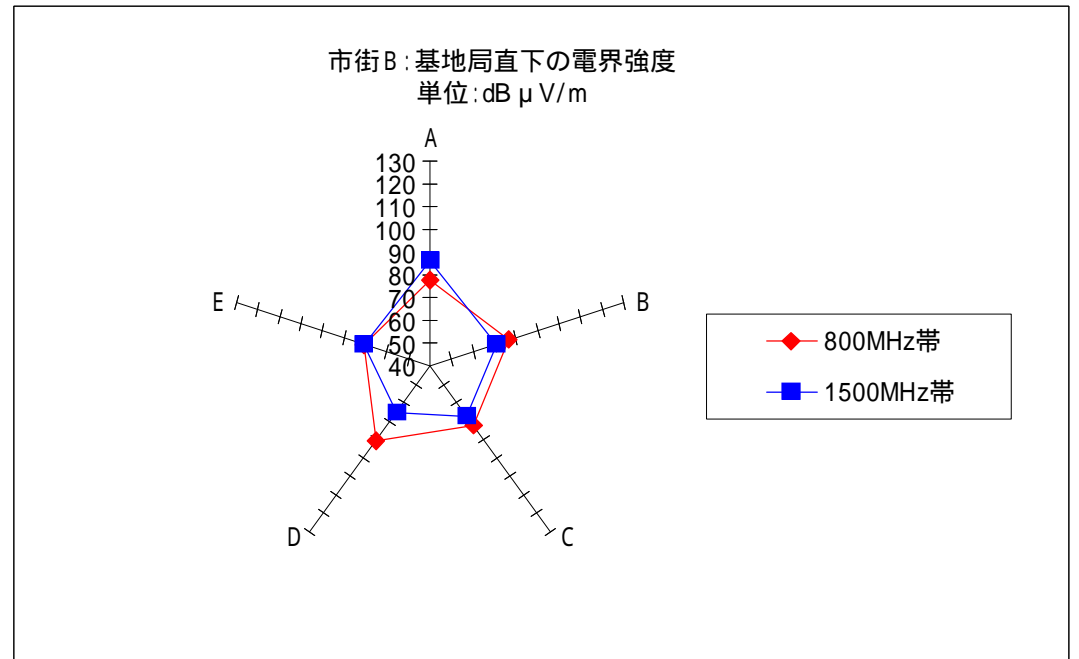
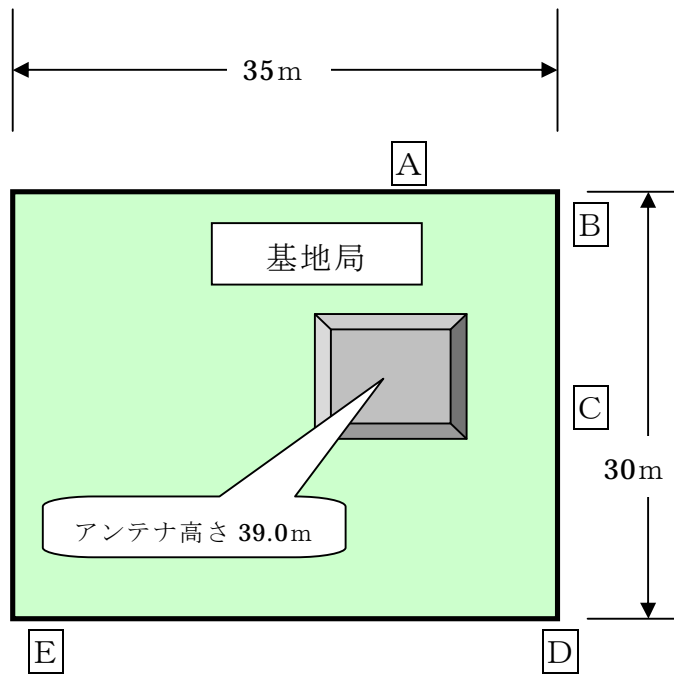
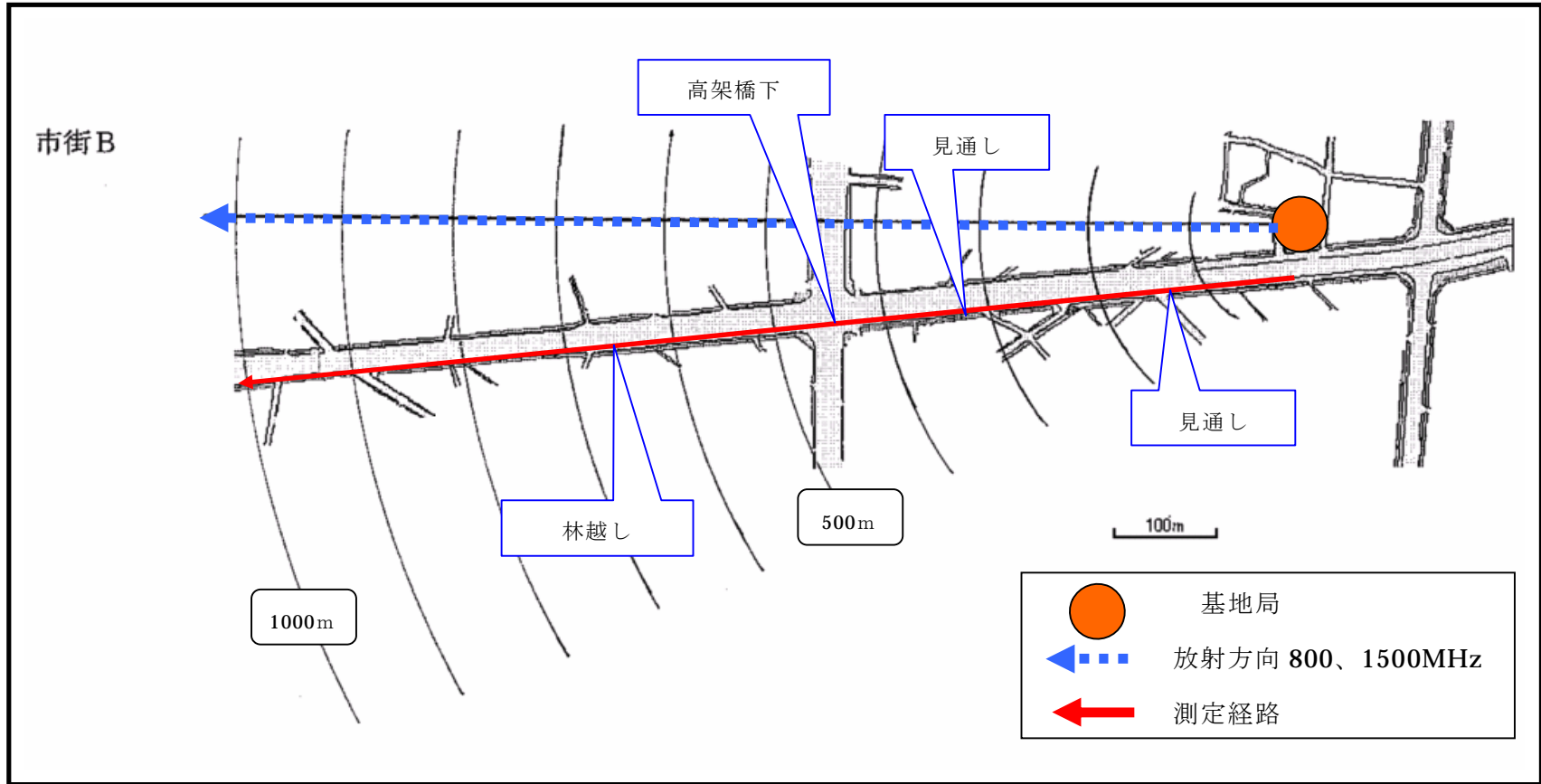


図 4.7-4 市街Bのアンテナ直下測定結果



Copyright(C) 2005 ZENRIN CO.,LTD.
複写承諾番号 Z06B-第 2198 号

図 4.7-5 市街Bの測定経路

4.8 市街C

図 4.8-1 から図 4.8-2 は市街Cの各周波数帯の指向方向測定、図 4.8-3 は垂直方向測定、図 4.8-4 はアンテナ直下の測定結果である。
また、図 4.8-5 に各周波数における放射方向と測定経路を示す。

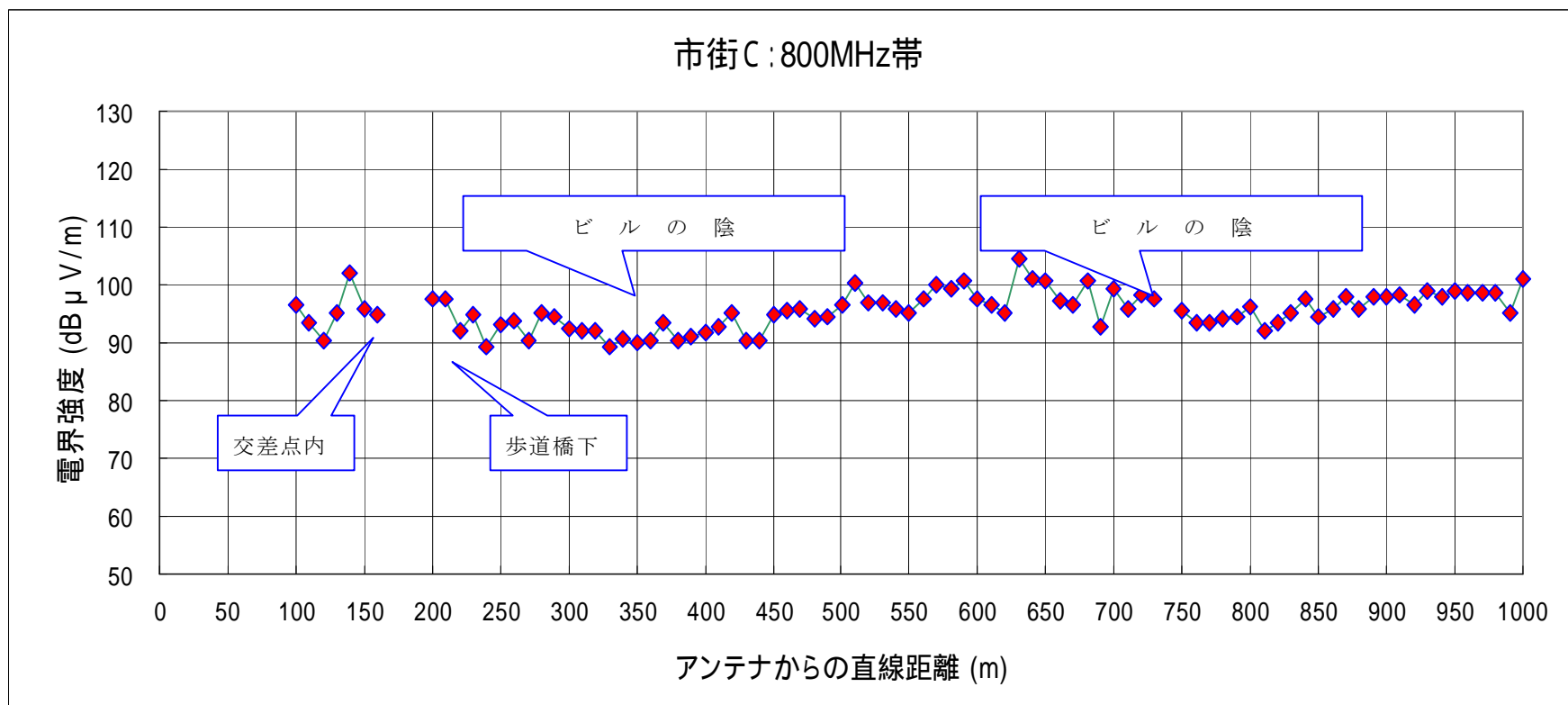


図 4.8-1 市街Cの指向方向測定結果 (800MHz帯)

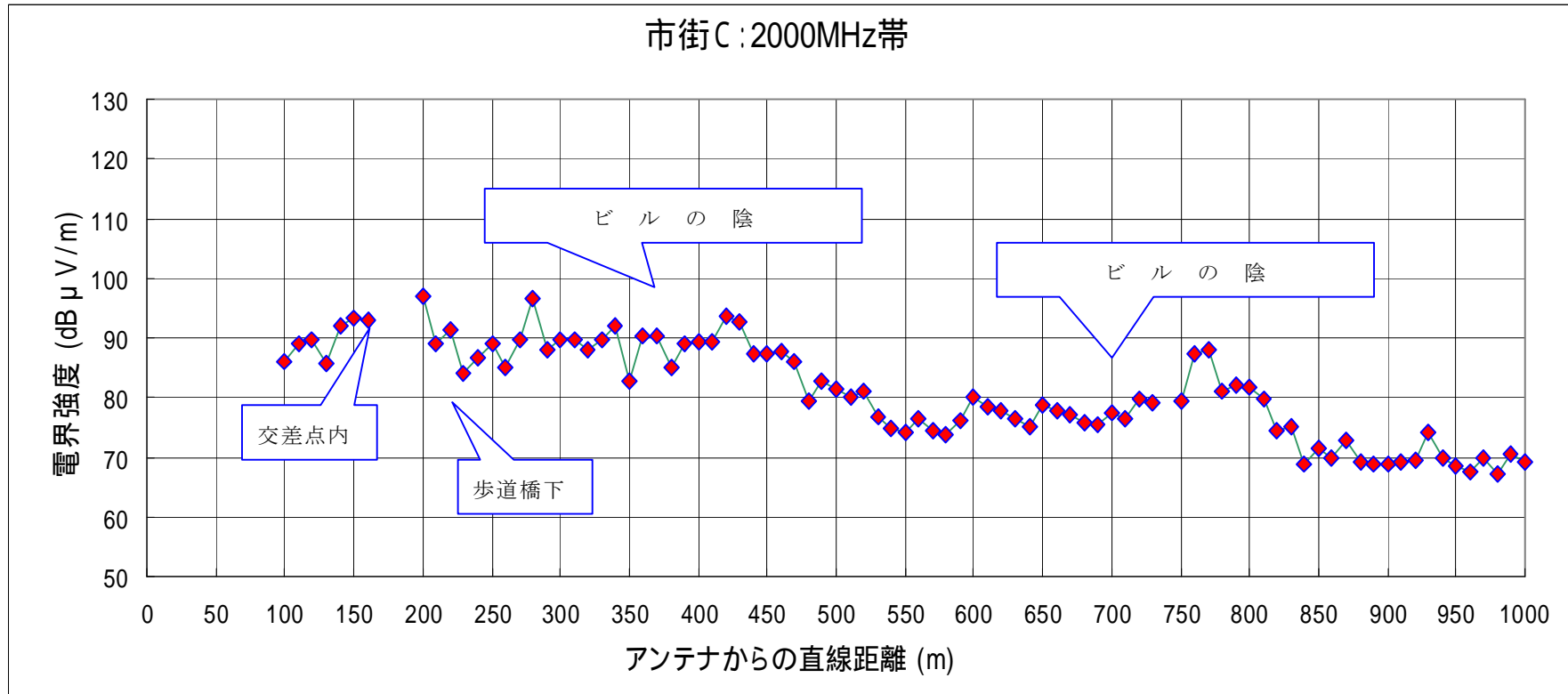
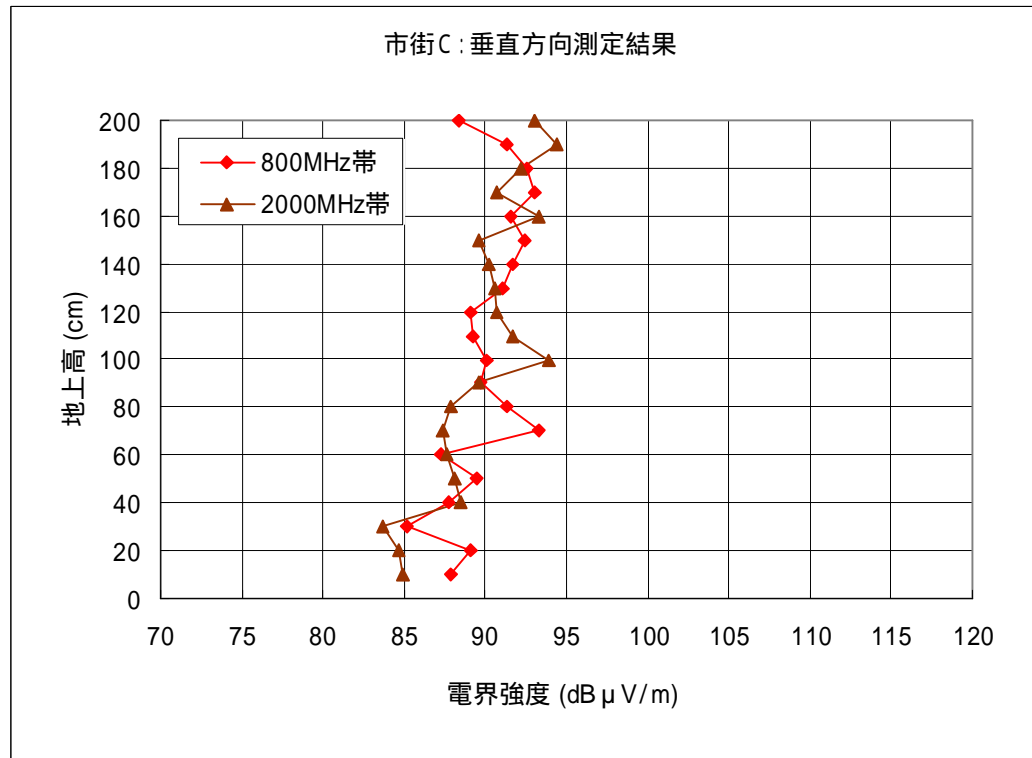


図 4.8-2 市街Cの指向方向測定結果 (2000MHz帯)



周波数ごとの平均値	
周波数	電界強度 (dB μ V/m)
800 MHz 帯	90.53
2000 MHz 帯	90.54

図 4.8-3 市街Cの垂直方向測定結果

(測定位置：800MHz帯—430m、2000MHz帯—430m)

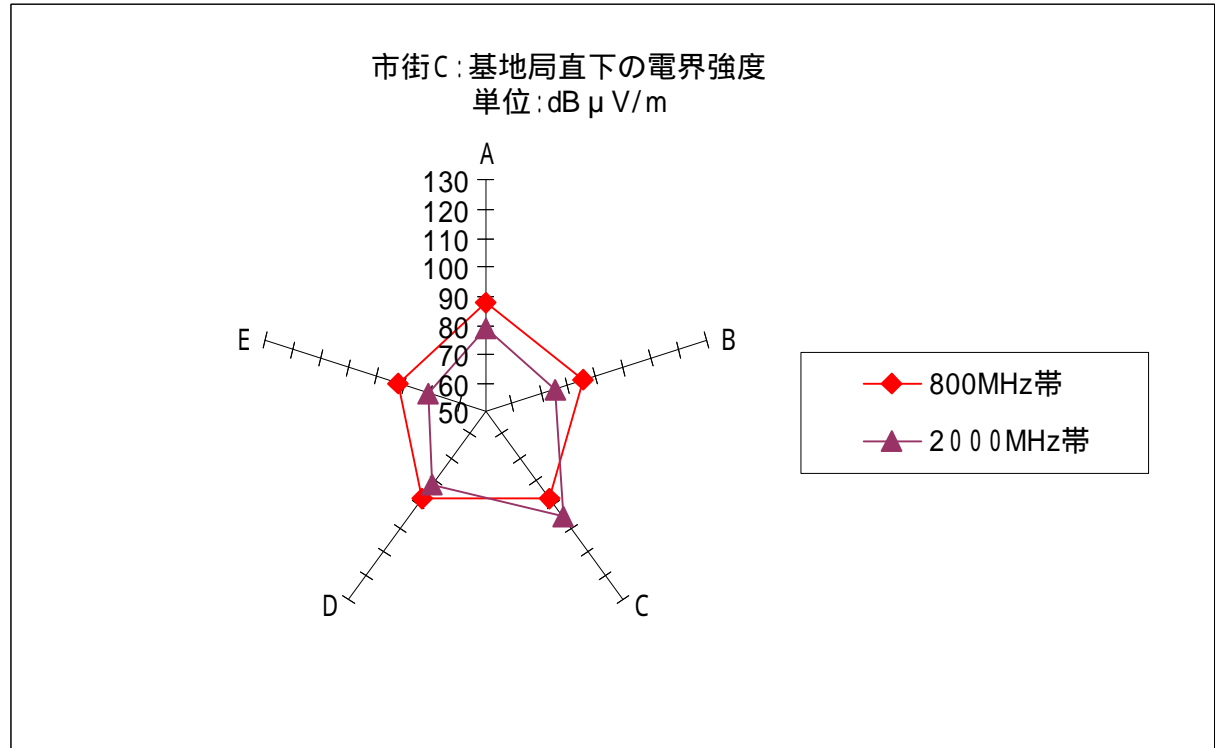
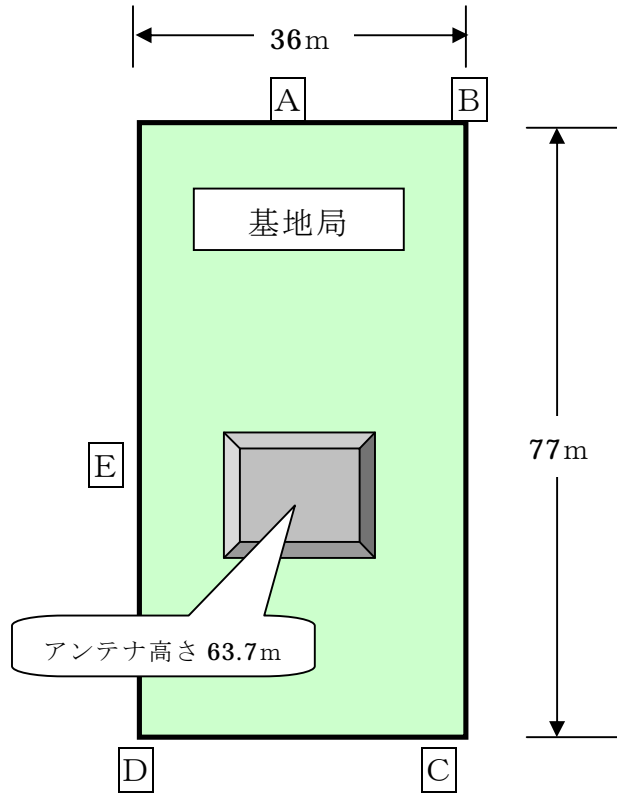


図 4.8-4 市街Cのアンテナ直下測定結果

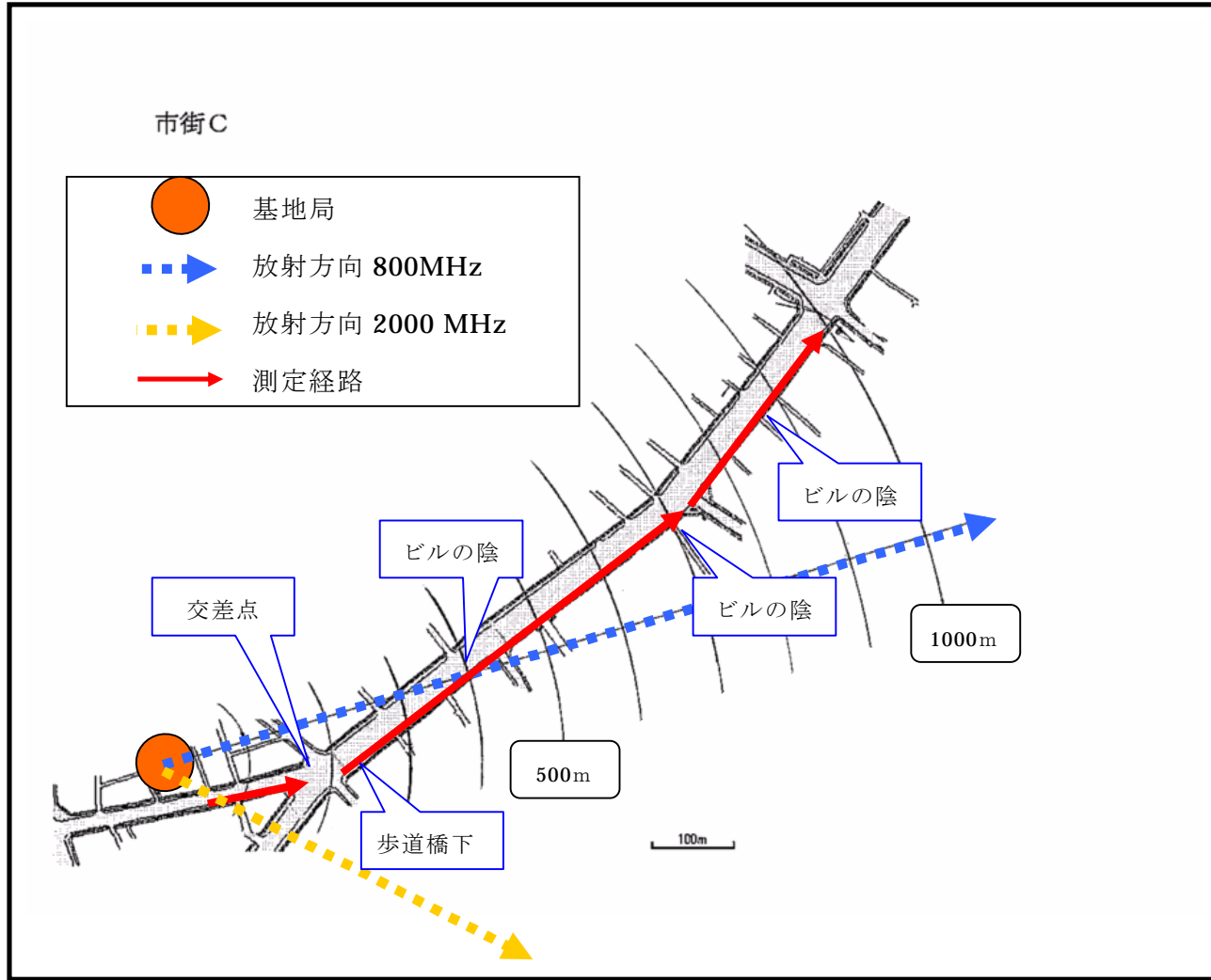


図 4.8-5 市街Cの測定経路

4.9 市街D

図 4.9-1 から図 4.9-2 は市街Dの各周波数帯の指向方向測定、図 4.9-3 は垂直方向測定、図 4.9-4 はアンテナ直下の測定結果である。
また、図 4.9-5 に各周波数の放射方向と測定経路を示す。

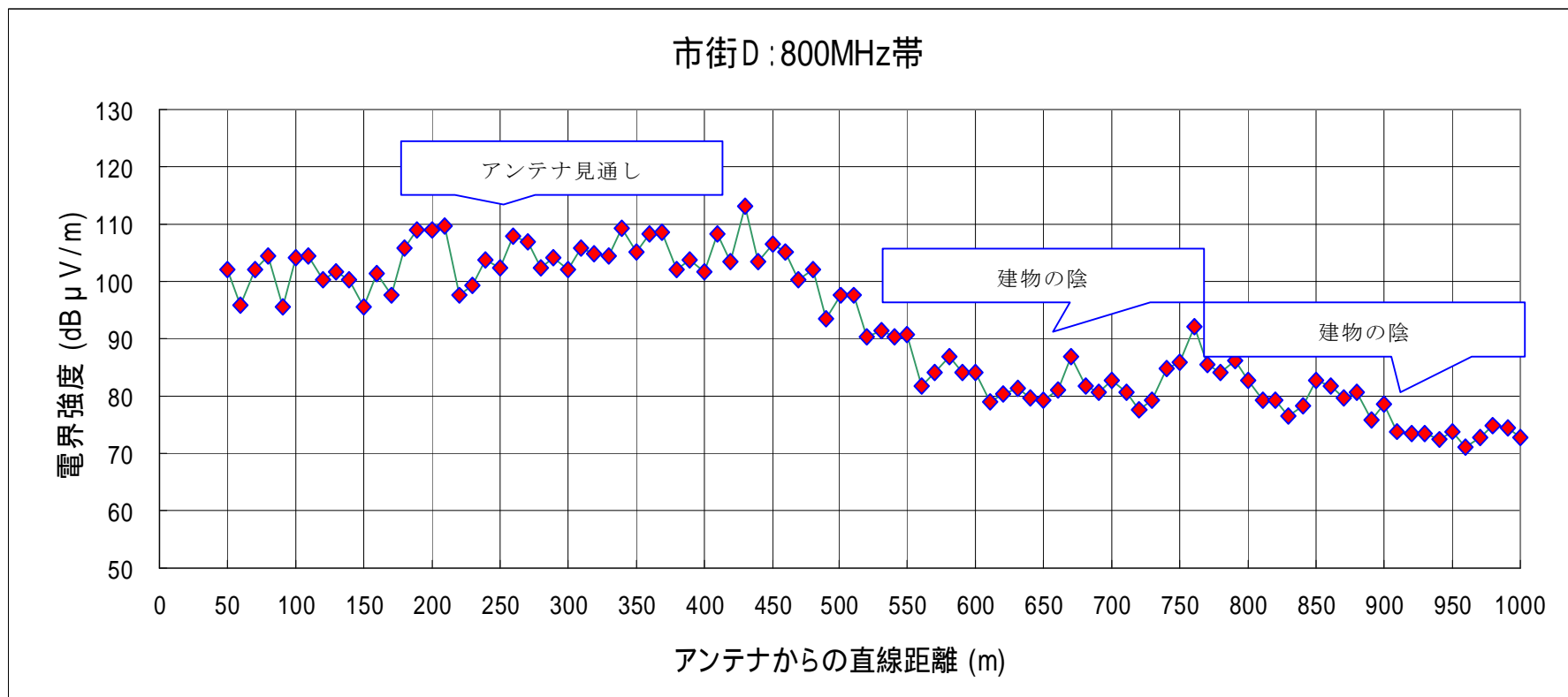


図 4.9-1 市街Dの指向方向測定結果 (800MHz帯)

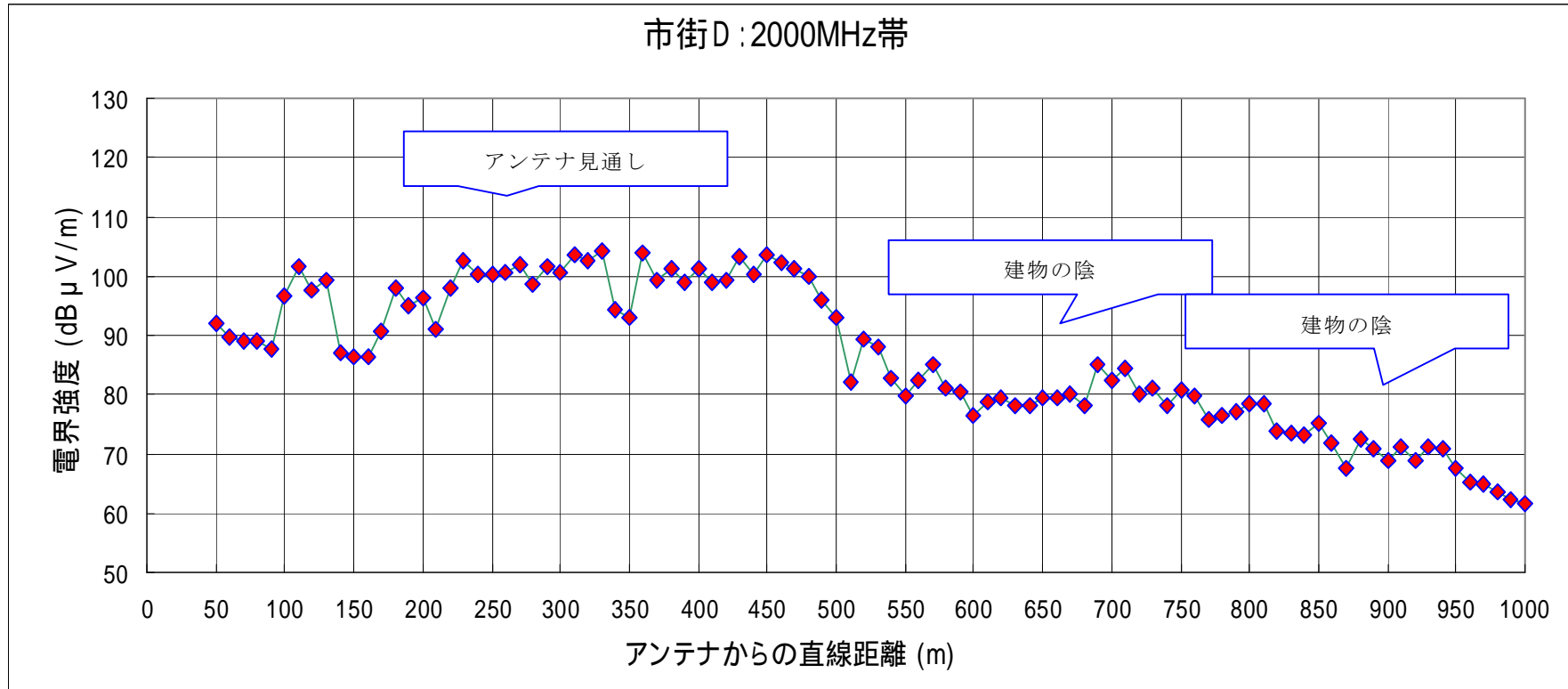
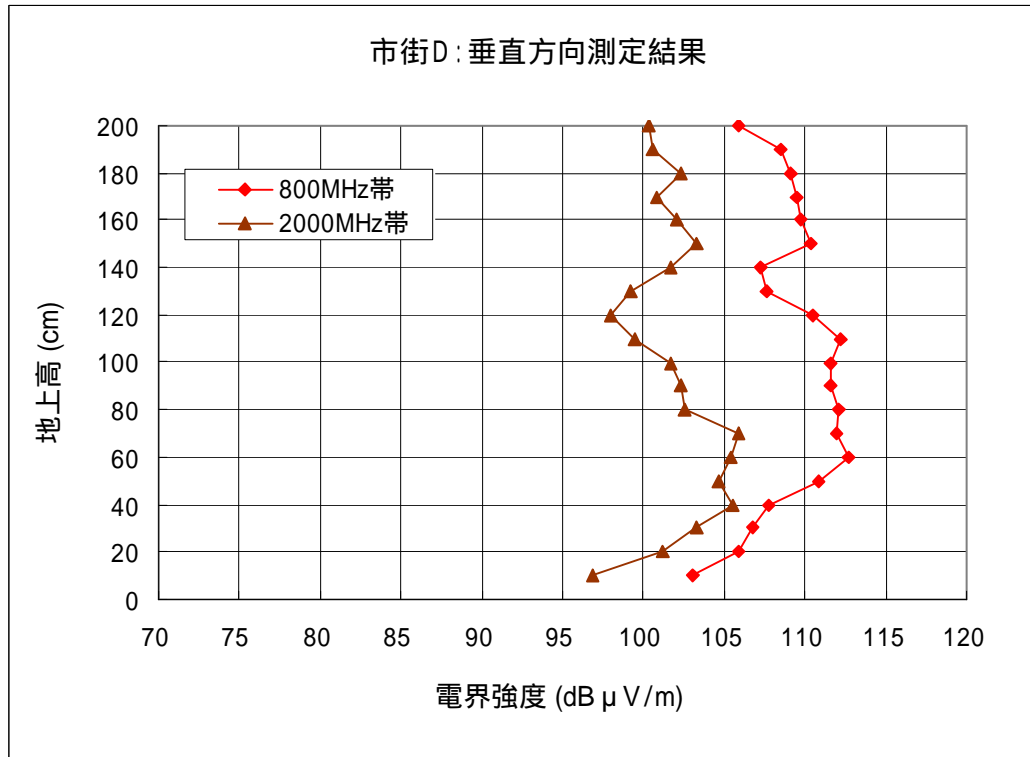


図 4.9-2 市街Dの指向方向測定結果 (2000MHz帯)



周波数ごとの平均値	
周波数	電界強度 (dB μV/m)
800 MHz 帯	109.89
2000 MHz 帯	102.48

図 4.9-3 市街Dの垂直方向測定結果

(測定位置：800MHz帯—360m、2000MHz帯—430m)

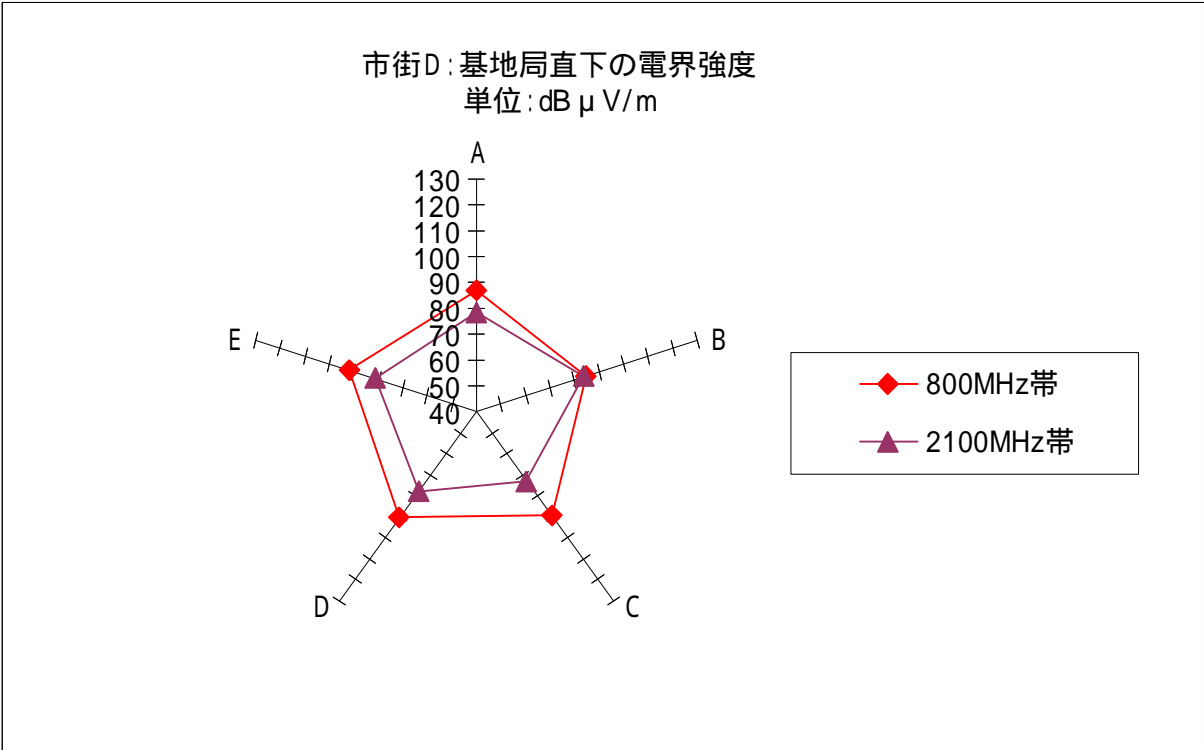
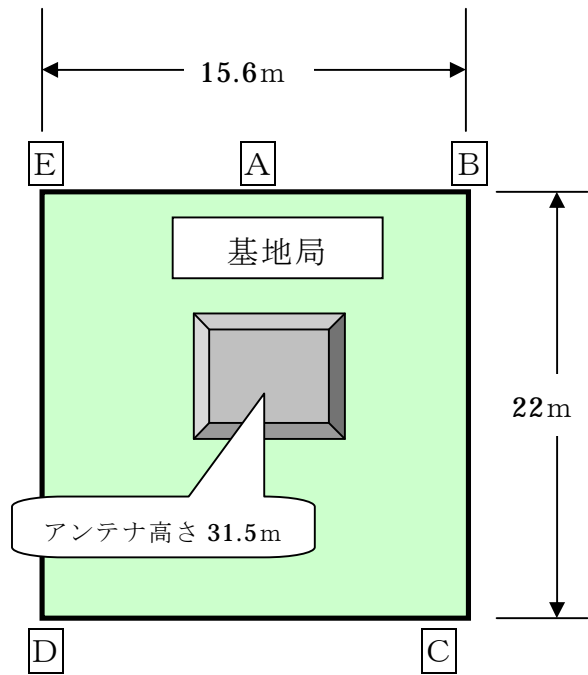


図 4.9-4 市街Dのアンテナ直下測定結果

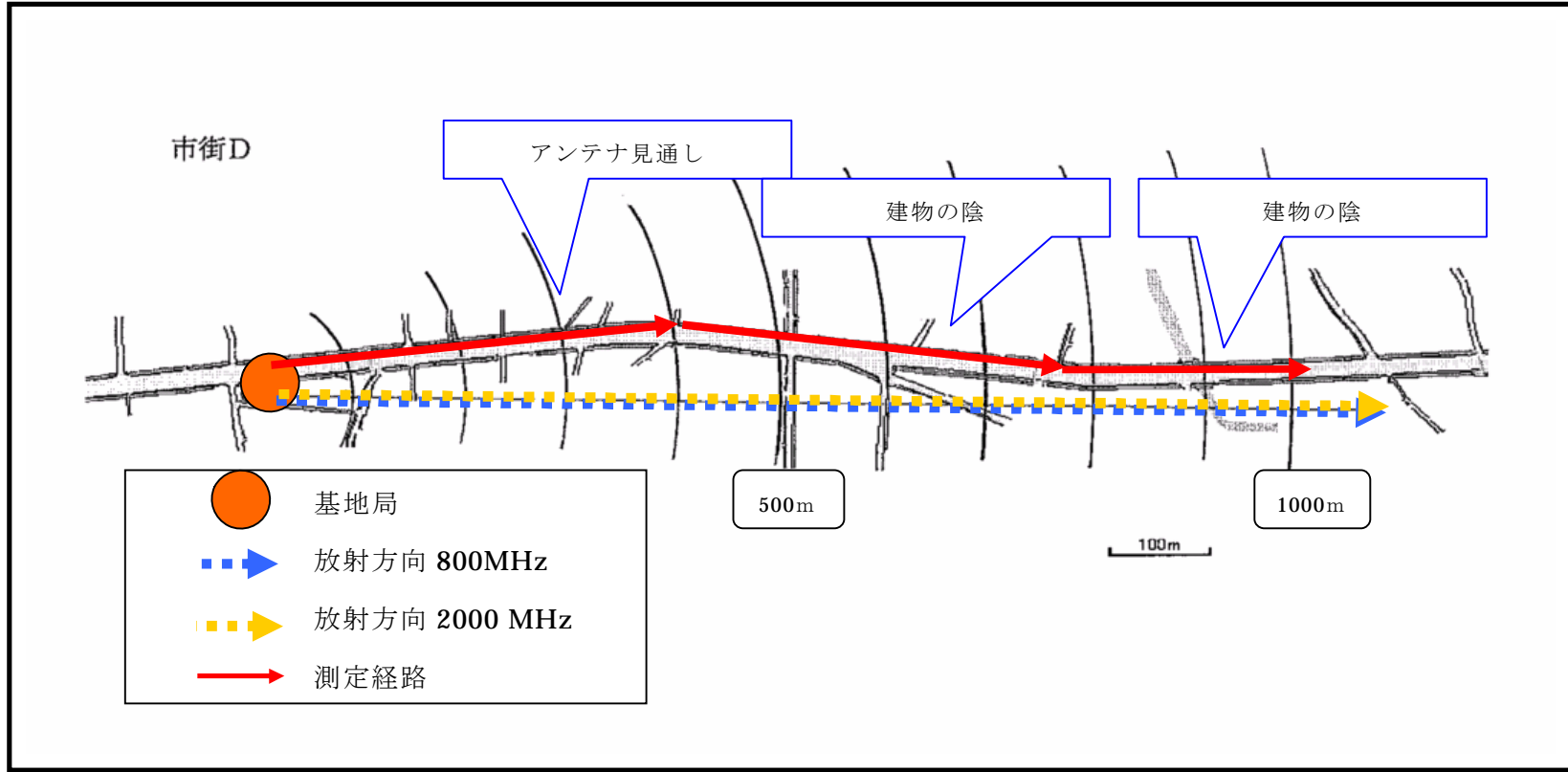


図 4.9-5 市街Dの測定経路

Copyright(C) 2005 ZENRIN CO.,LTD.
複写承諾番号 Z06B -第 2198 号

4.10 市街E

図 4.10-1 から図 4.10-3 は市街 E の各周波数帯の指向方向測定、図 4.10-4 は垂直方向測定、図 4.10-5 はアンテナ直下の測定結果である。また、図 4.10-6 は各周波数の放射方向と測定経路を示す。

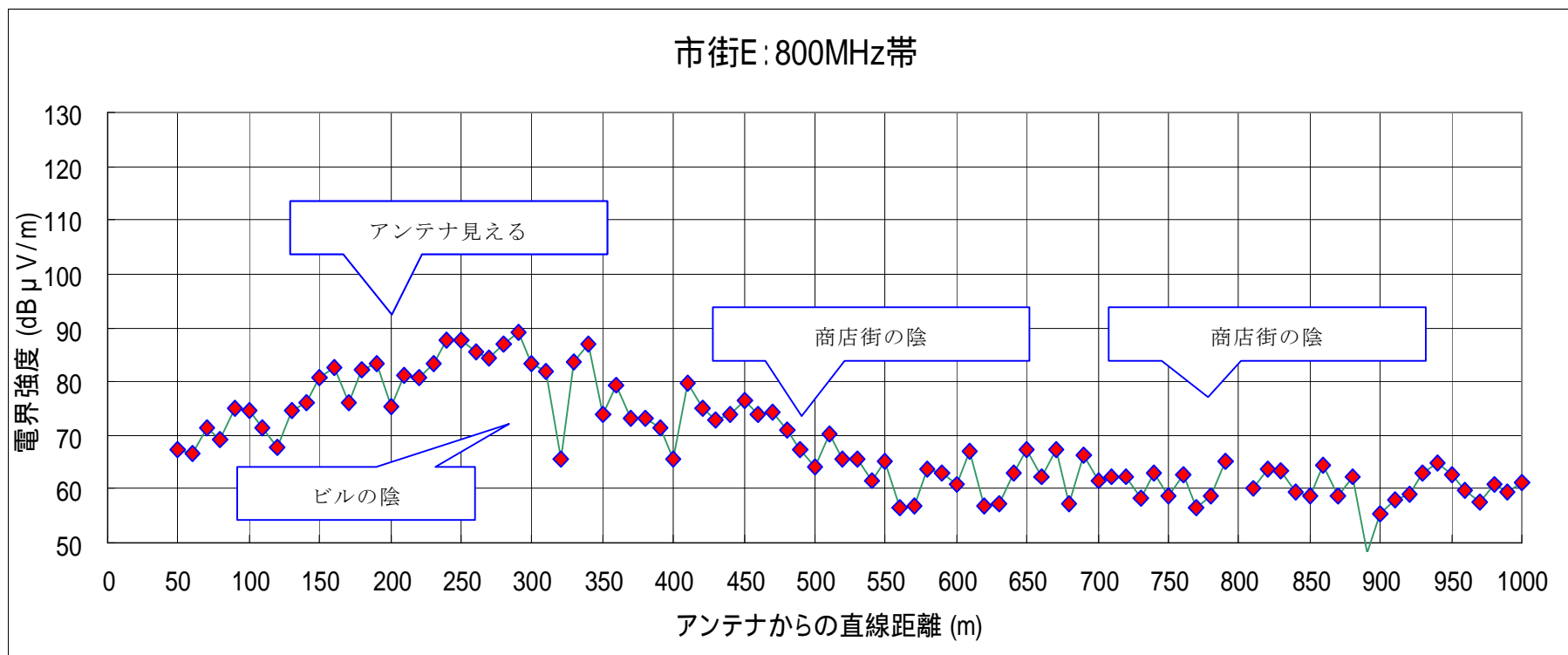


図 4.10-1 市街 E の指向方向測定結果 (800MHz帯)

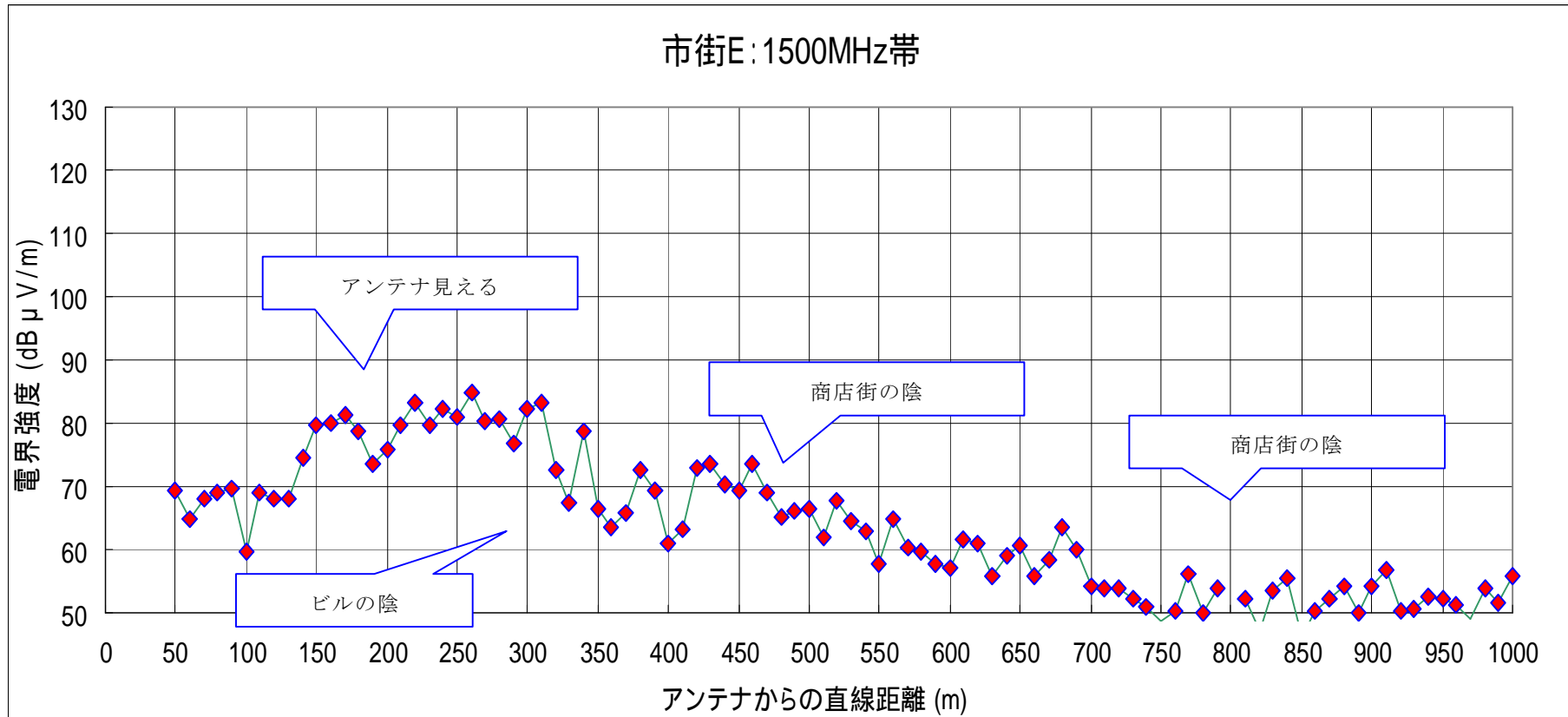


図 4.10-2 市街 E の指向方向測定結果 (1500MHz帯)

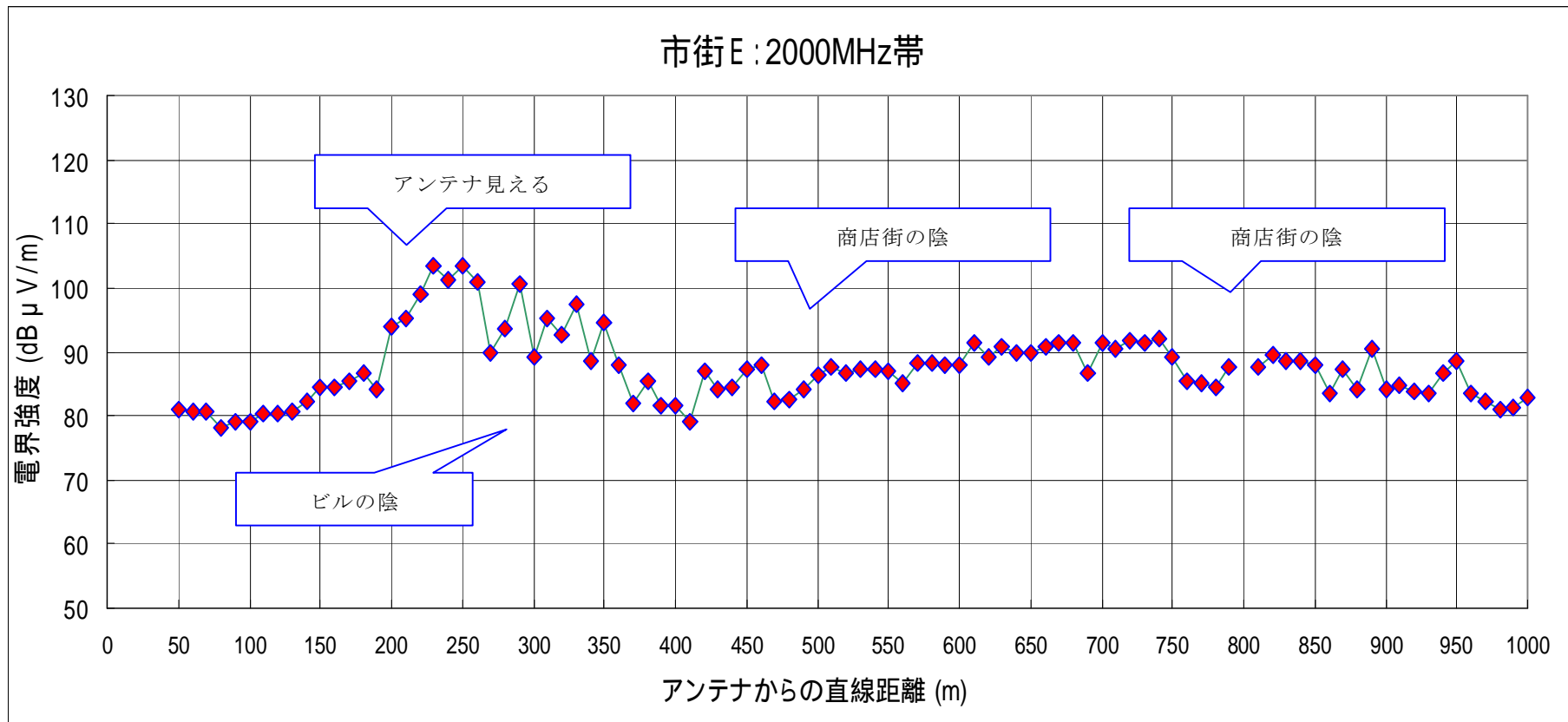
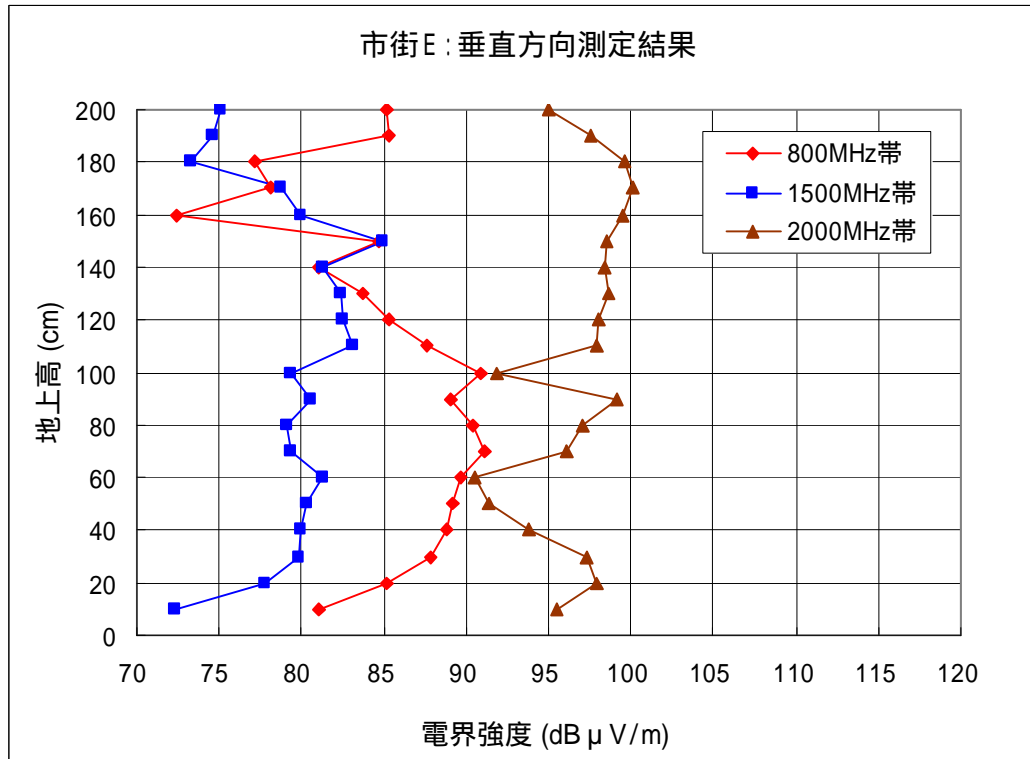


図 4.10-3 市街E の指向方向測定結果 (2000MHz帯)



周波数ごとの平均値	
周波数	電界強度 (dB μ V/m)
800 MHz 帯	87.13
1500 MHz 帯	80.28
2000 MHz 帯	97.39

図 4.10-4 市街 E の垂直方向測定結果

(測定位置：800MHz帯—290m、1500MHz帯—260m、2000MHz帯—230m)

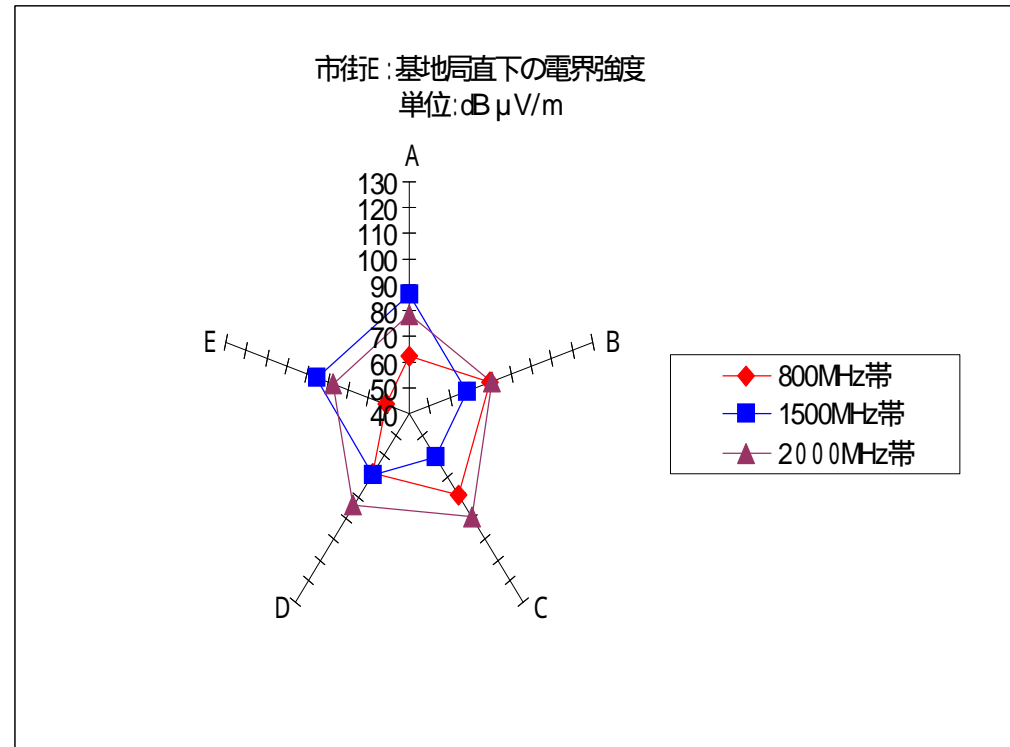
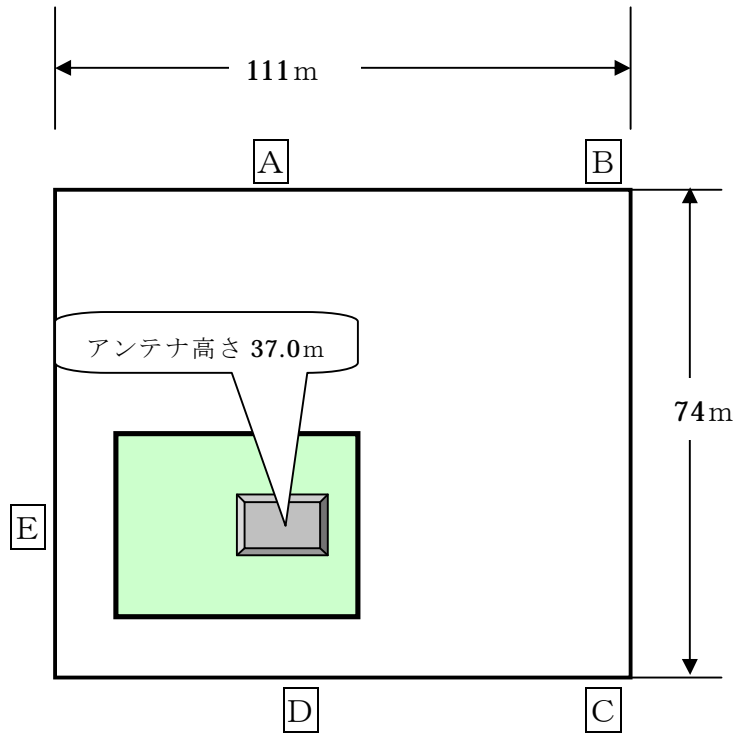
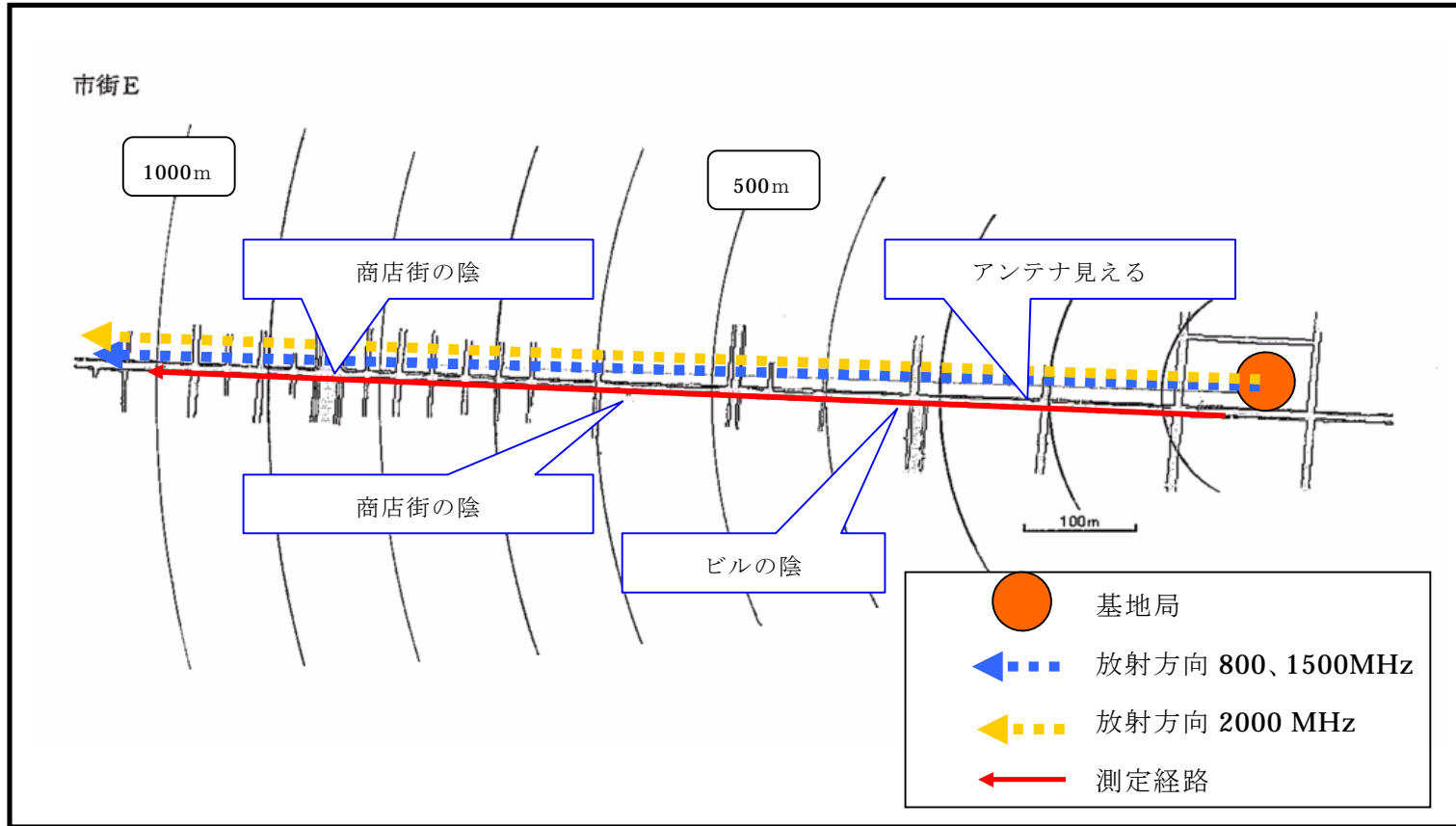


図 4.10-5 市街Eのアンテナ直下測定結果



Copyright(C) 2005 ZENRIN CO.,LTD.
複写承諾番号 Z06B-第2198号

図 4.10-6 市街Eの測定経路

4.11 建物内測定結果

市街Dの建物内測定結果を、図 4.11-1 に4階室内、図 4.11-2 最上階ベランダ、図 4.11-3 共用部に示す。

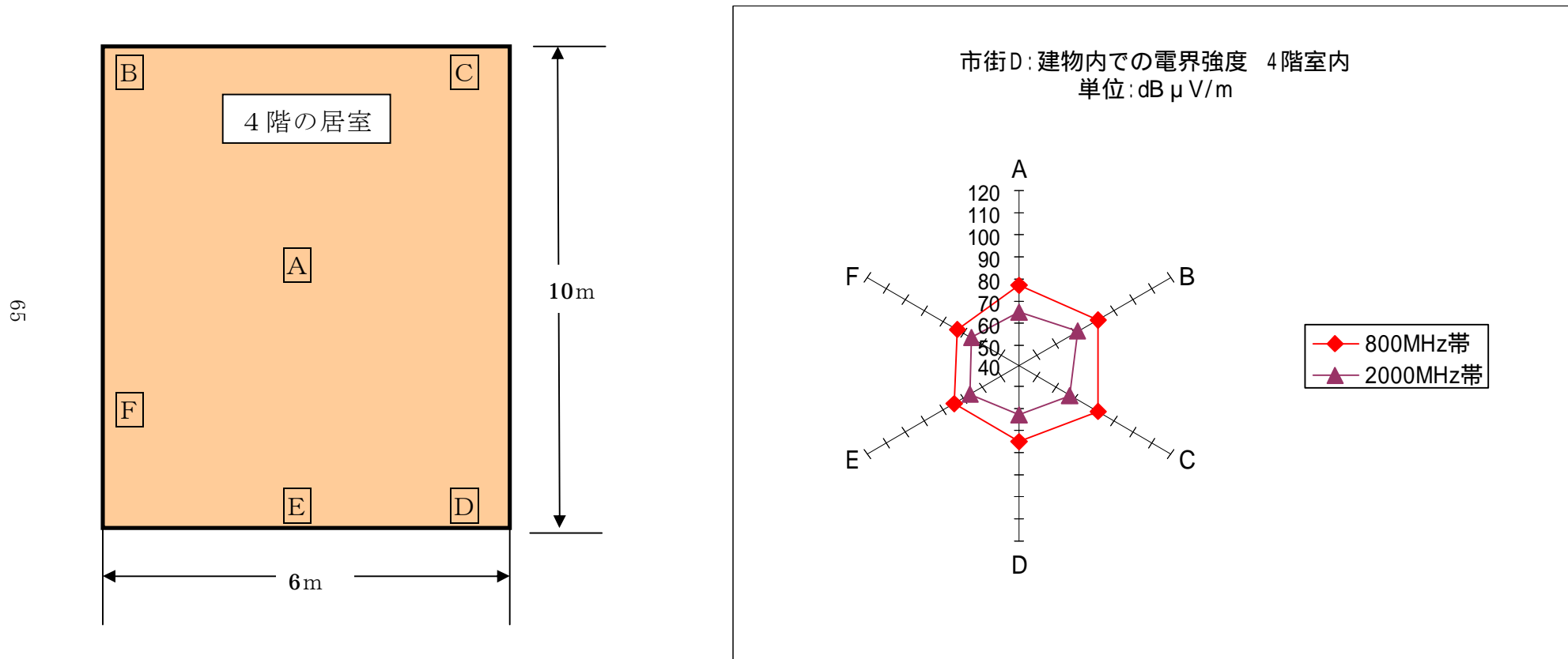


図 4.11-1 市街Dの居室での測定結果

4.11-2 最上階ベランダ (アンテナ直下)

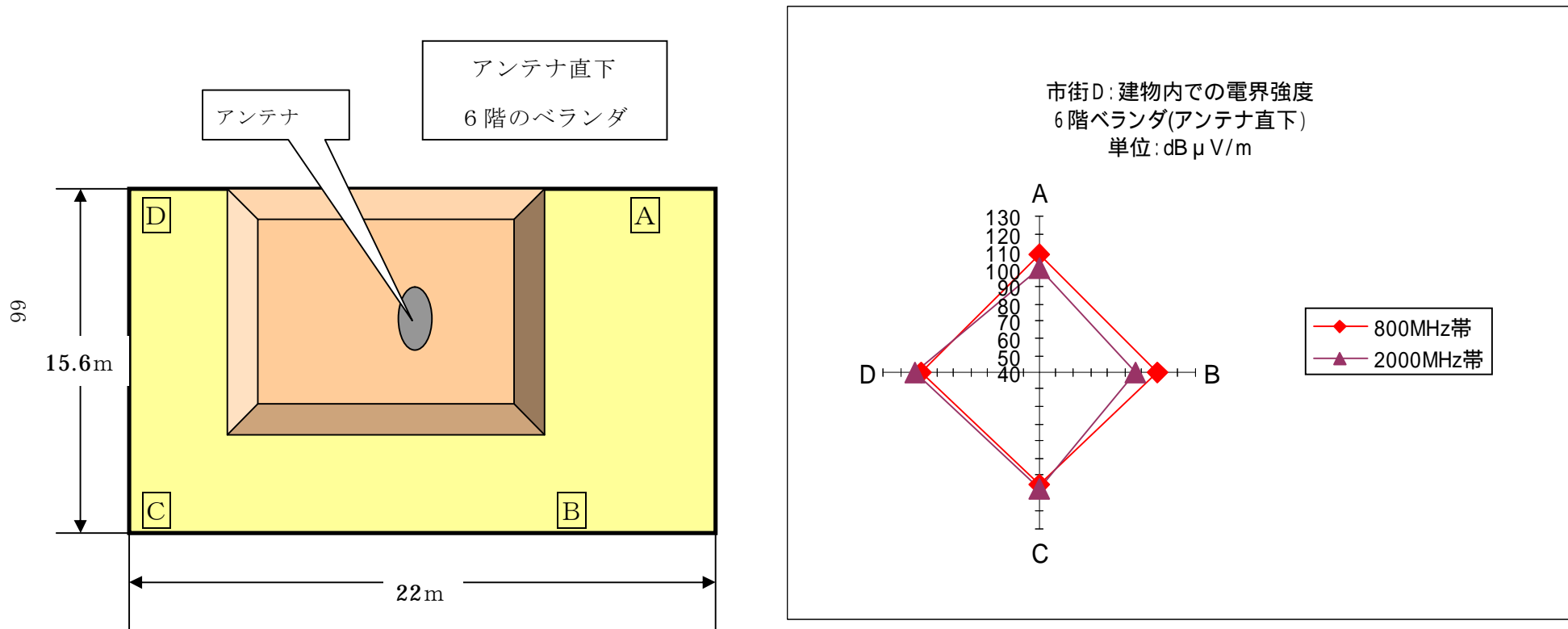
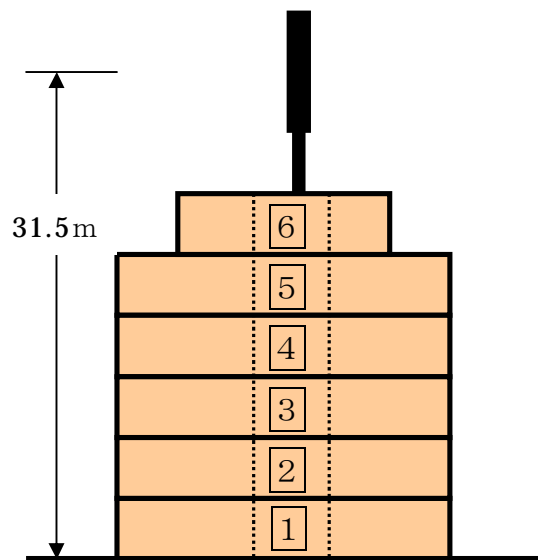


図 4.11-2 市街 D のベランダでの測定結果(アンテナ直下)

4.11-3 共用部(階段)

67



アンテナ直下
測定位置は階段

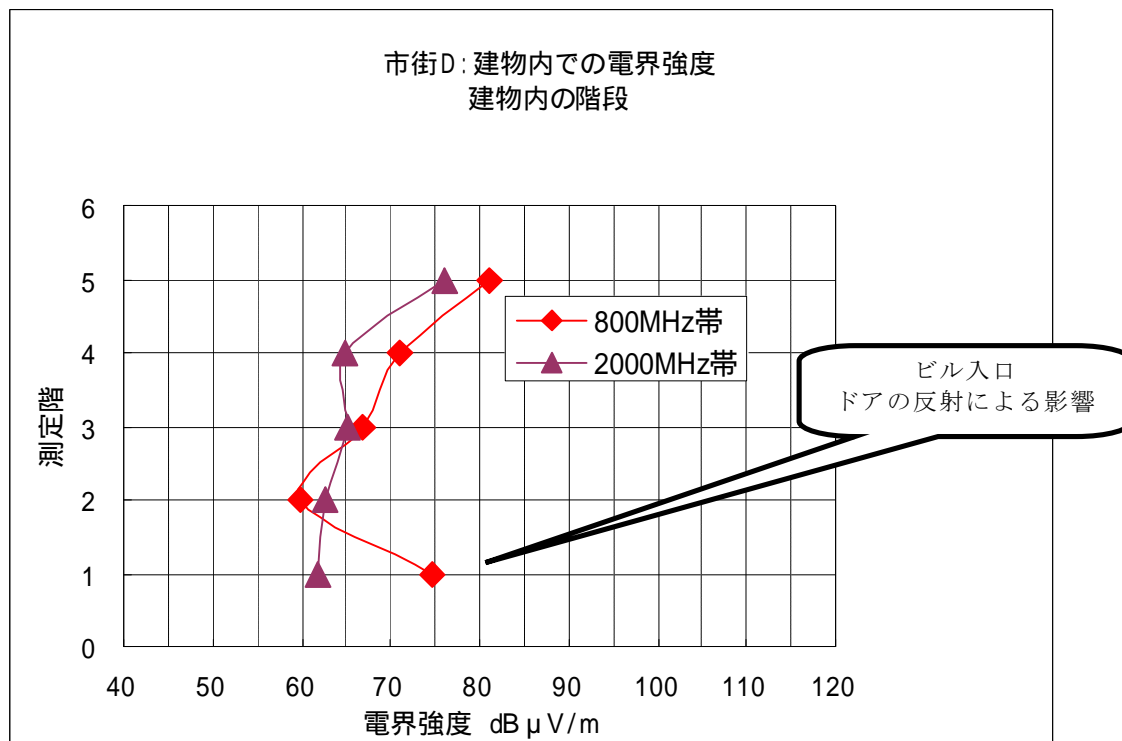
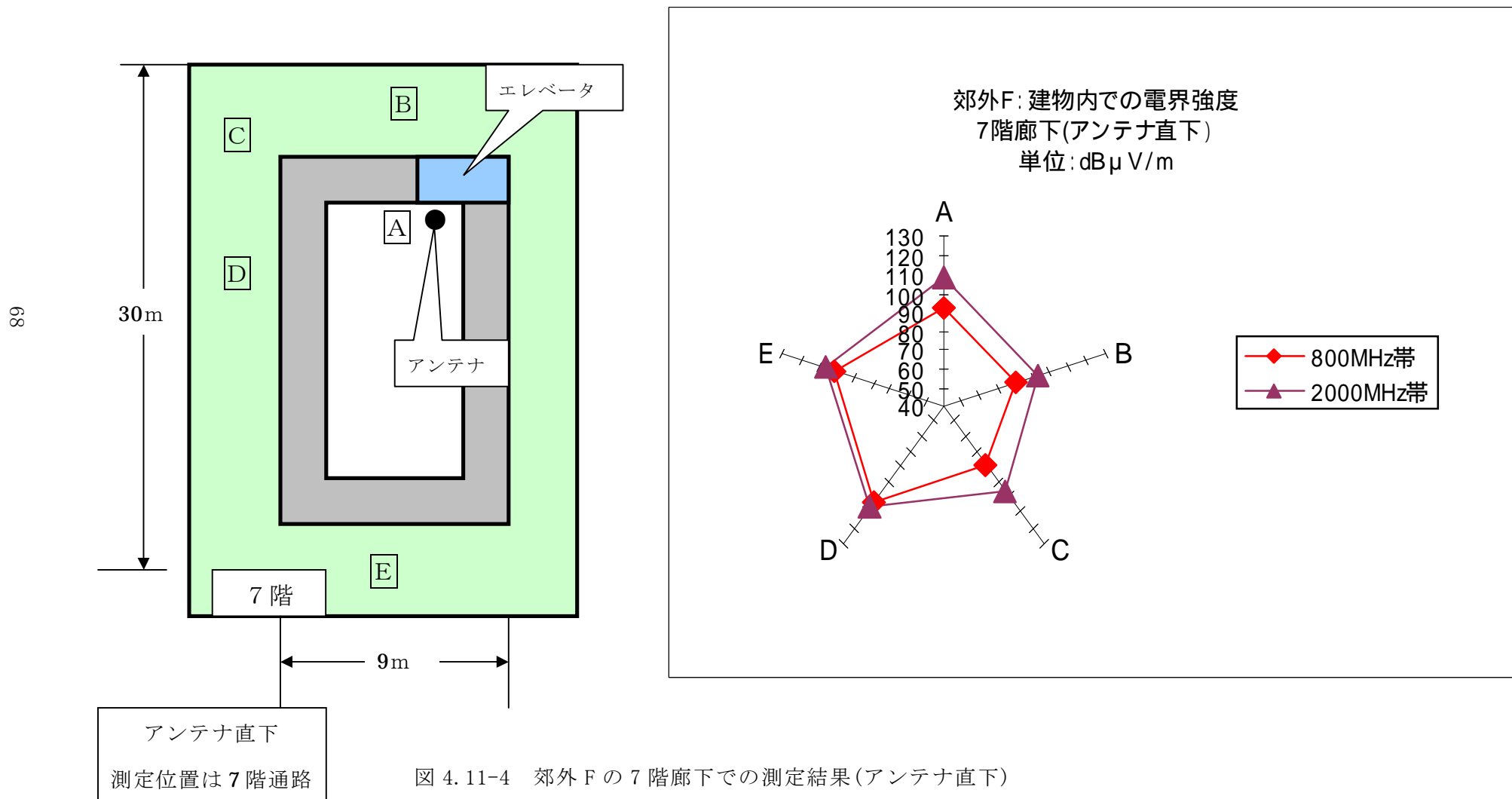


図 4.11-3 市街 D の共用部での測定結果 (階段)

郊外Fの建物内測定結果を、図4.11-4に最上階通路、図4.11-5共用部、図4.11-6に地上での測定結果を示す。



4.11-5 郊外F 共用部 (エレベータホール)

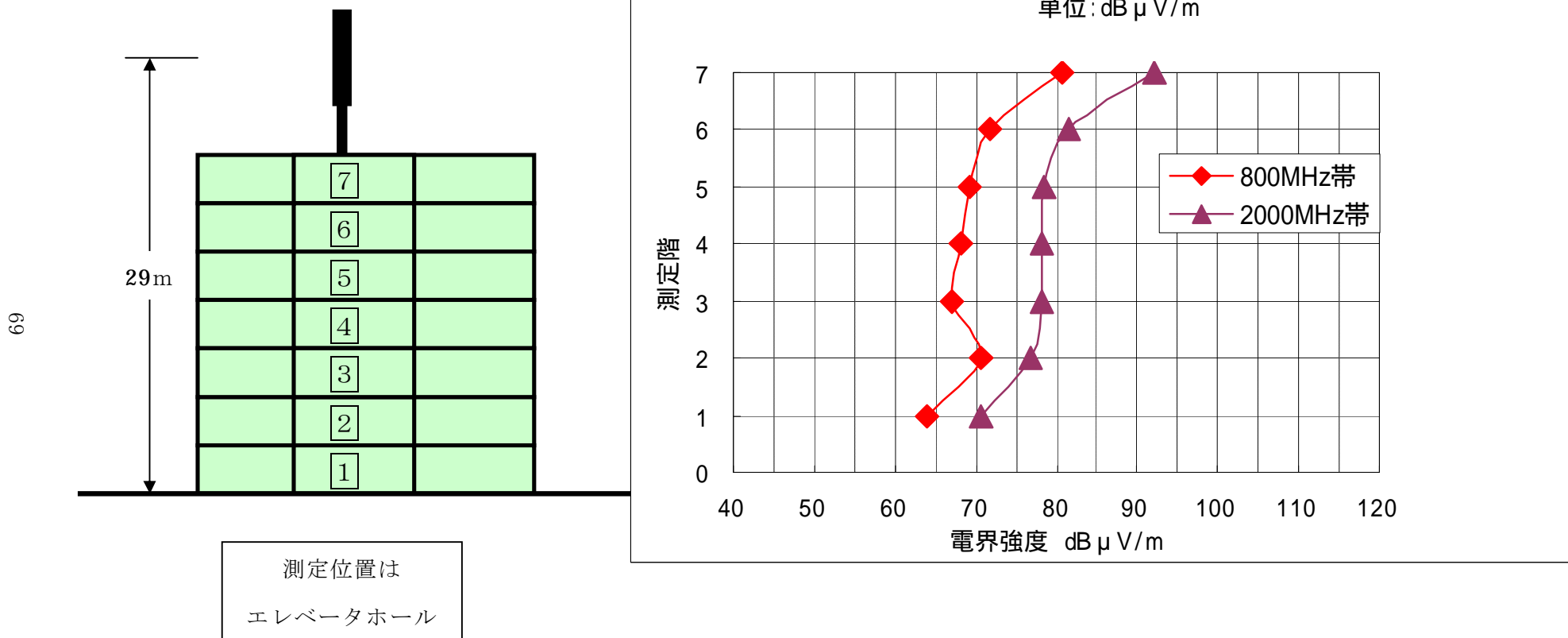
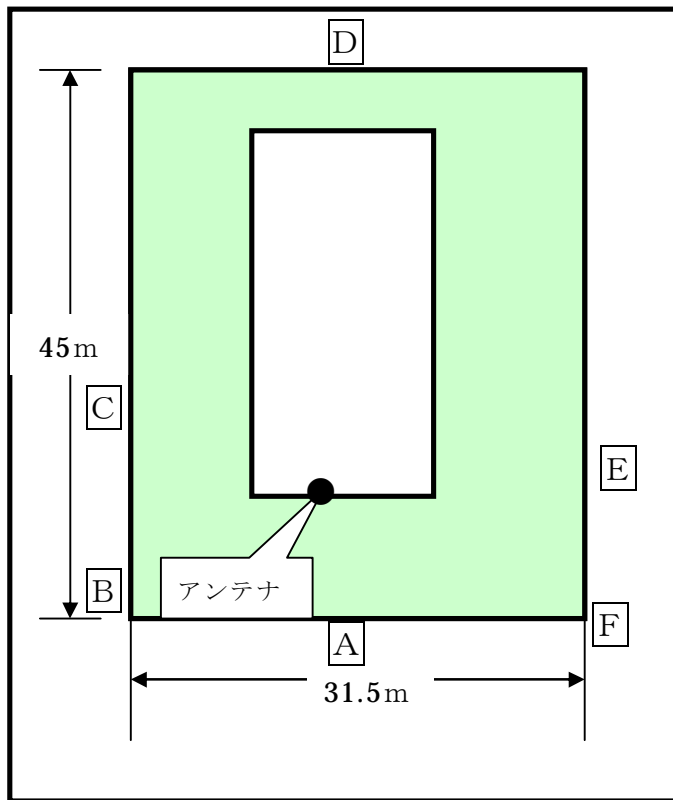


図 4.11-5 郊外Fの共用部での測定結果 (エレベーターホール)

4.11-6 郊外F 地上での測定



アンテナ直下
測定位置は地上

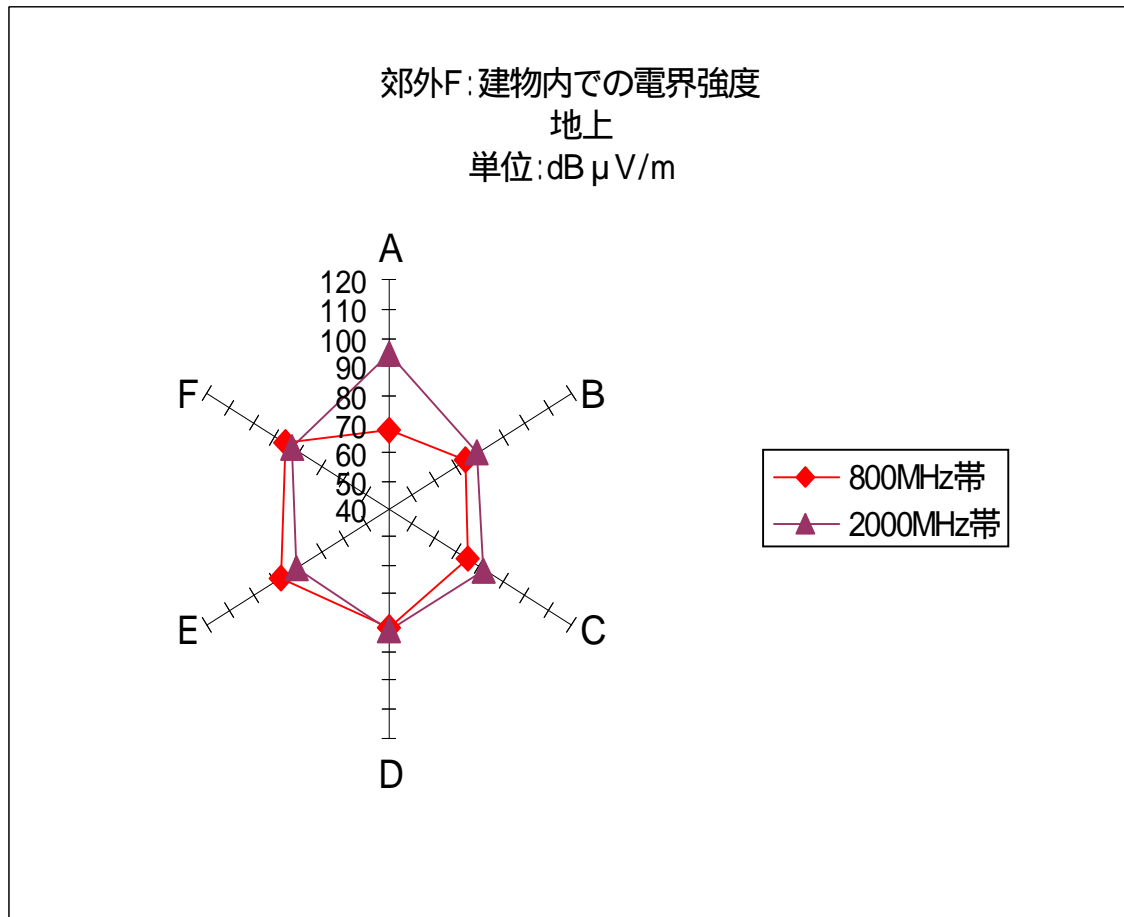


図 4.11-6 の郊外F 地上での測定結果

5 指向方向計算値との比較

電波法施行規則第21条の3の別表2号の2の2では、電波の強度の値として、

- ・ 300MHzを超え、1500MHz以下では、周波数 f をMHz単位として、

$$\text{電界強度(V/m)} = 1.585 \times f^{1/2}$$

- ・ 1500MHzを超え、300GHz以下では、

$$\text{電界強度(V/m)} = 61.4$$

を超える場合は電波安全施設を設けること、と規定されている。また、当該無線局から発射される電波の強度の確認のための算定式は、郵政省告示第300号の5に規定されている。ここでは、電力測密度を S (mW/cm^2)、空中線入力電力を P (W)、空中線の絶対利得を G 、送信空中線の最大寸法を D 、送信周波数の波長を λ (m)、反射係数(電力)を K 、送信空中線の最大寸法を D (m) としたとき、

距離が $0.6D^2/\lambda$ 以内で、セクタータイプのアンテナの場合は、 θ_{BW} (度)を用いて算出する。

$$S = \frac{P}{20\pi RD} \left(\frac{360}{\theta_{BW}} \right) \cdot K \quad (\text{mW}/\text{cm}^2)$$

これを電界強度 E (V/m) で表せば、次式になる。

$$\begin{aligned} E &= \sqrt{3770 \cdot S} \\ &= \sqrt{\frac{60P}{RD} \cdot \left(\frac{360}{\theta_{BW}} \right)} \quad (\text{V}/\text{m}) \end{aligned}$$

距離が $0.6D^2/\lambda$ を超える場合には、

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} K \quad (\text{mW}/\text{cm}^2)$$

で電力束密度を算定するようになっている。これを電界強度 E (V/m) で表せば、

$$E = \frac{\sqrt{30PGK}}{R} \quad (\text{V}/\text{m})$$

ここで K は 2.56 で、電圧反射係数値としては平方根をとって 1.6 となる。また本式では、送信アンテナの指向性は無指向性とされている。

本調査で対象としている基地局用コリニアアンテナは、2～5.3 m程度のアンテナ長である。 $0.6 D^2 / \lambda$ 式による近傍、遠方の境界位置は、周波数800 MHzで約17～46 m、1500 MHzで84 m、2000 MHzで16～134 mとなる。したがって本調査の測定範囲の殆どは40 m以上となっており、基本的に遠方界としての上式の適用範囲となる。

さらに3.3で示したアンテナの各周波数帯における指向性では中心から20度ずれて1 dB程度のレベル低下となっている。本調査における100 mを越える測定範囲ではほぼ20度以内となるので、アンテナ指向性の影響は、1 dB以内ではほぼ無視できるといえる。

したがって、アンテナが見通せる範囲では直接波と一定レベルの大地面反射波が主要な受信波とみてよい。

以上、告示の関係式による算定結果は、送信アンテナ近傍では想定アンテナが無指向性であること、反射係数の面でも若干大きい値を使用することから、実測値よりも一定程度過大側の値となることが推定される。

本章では、以上の関係を踏まえて、実測値、電波法規格値及び電界強度算定式による算定結果を比較する。算定に使用する電力P及びアンテナ利得Gは提供された値を使用することとし、各図の表題中には電力Pと利得Gの積の値をPGとして示した。

5.1 郊外A

図 5.1-1 から図 5.1-3 に電波法規格値、告示計算式及び実測値の比較を示す。

なお、アンテナ近傍では指向性のため低レベルとなっていることが明確にでていと推定される。この特性は郊外、市街の全てのデータに共通である。

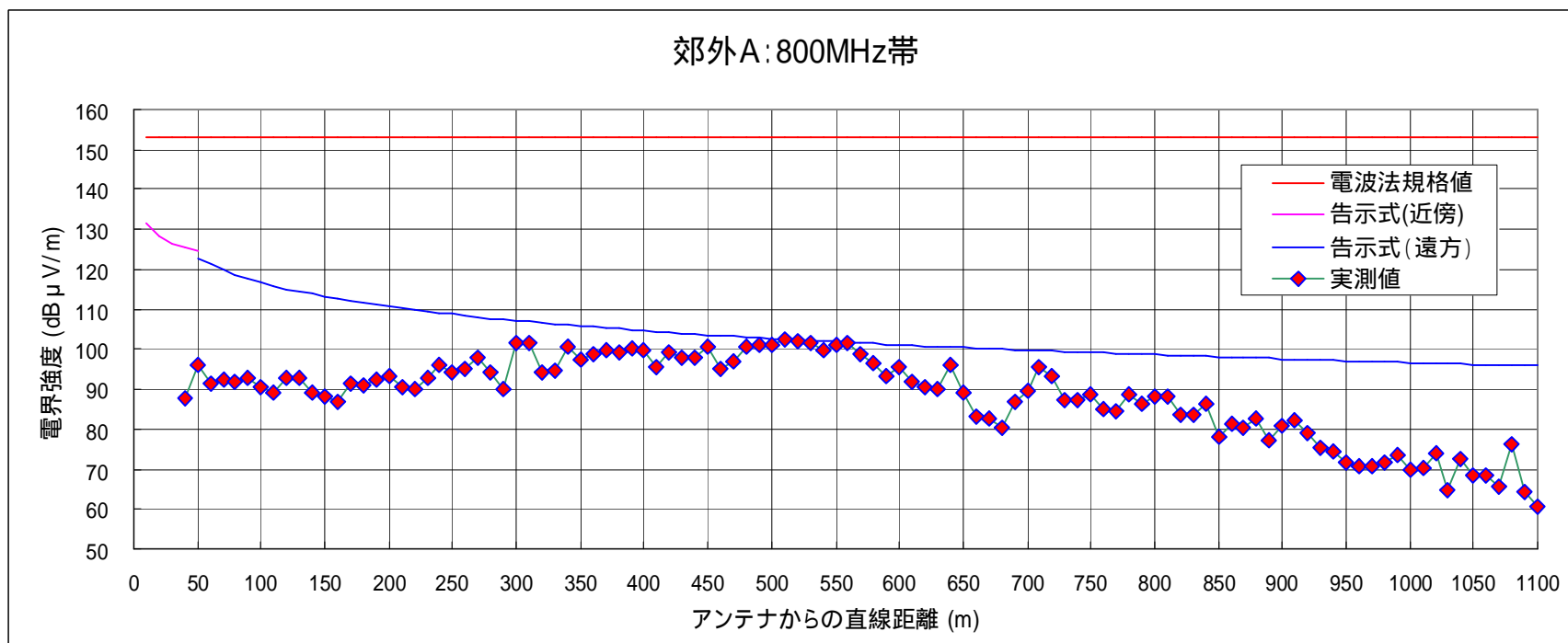


図 5.1-1 郊外Aの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (800MHz帯、提供PG:61)

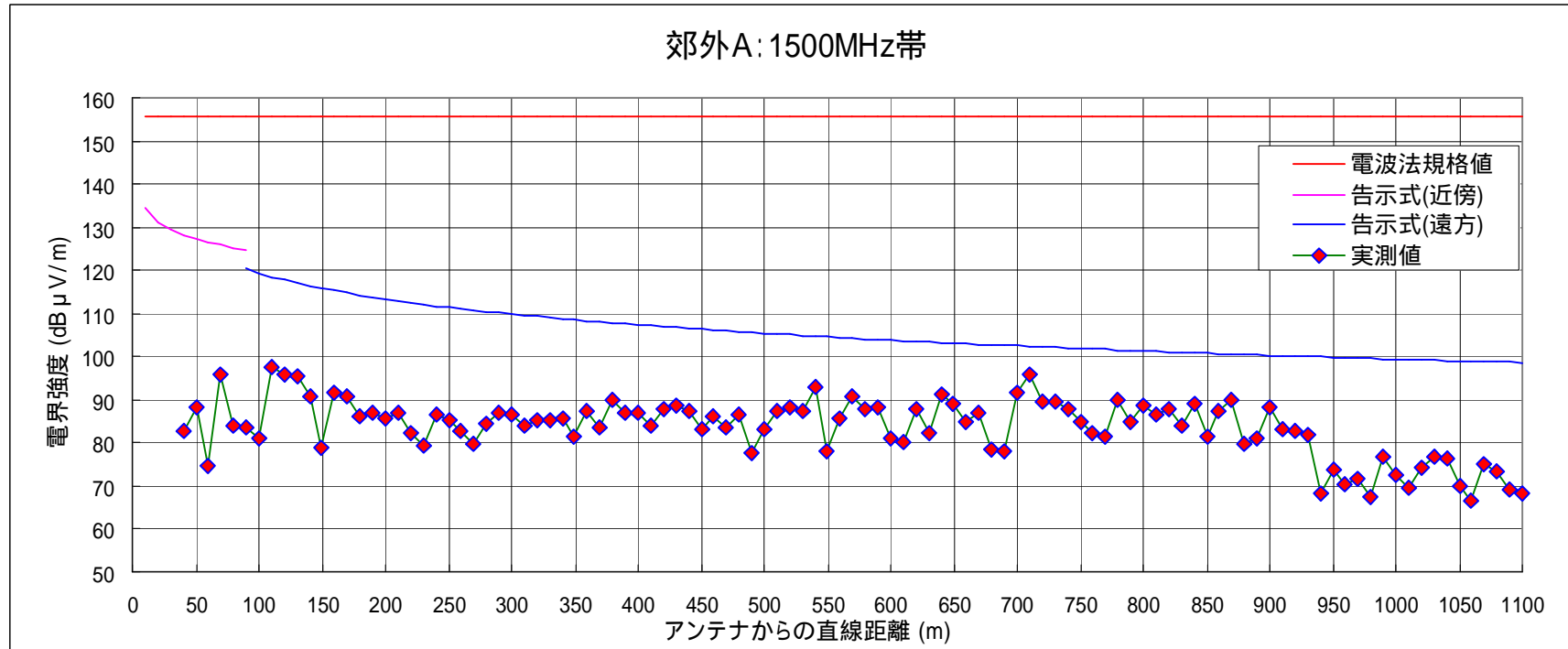


図 5.1-2 郊外Aの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較（1500MHz帯、提供PG：113）

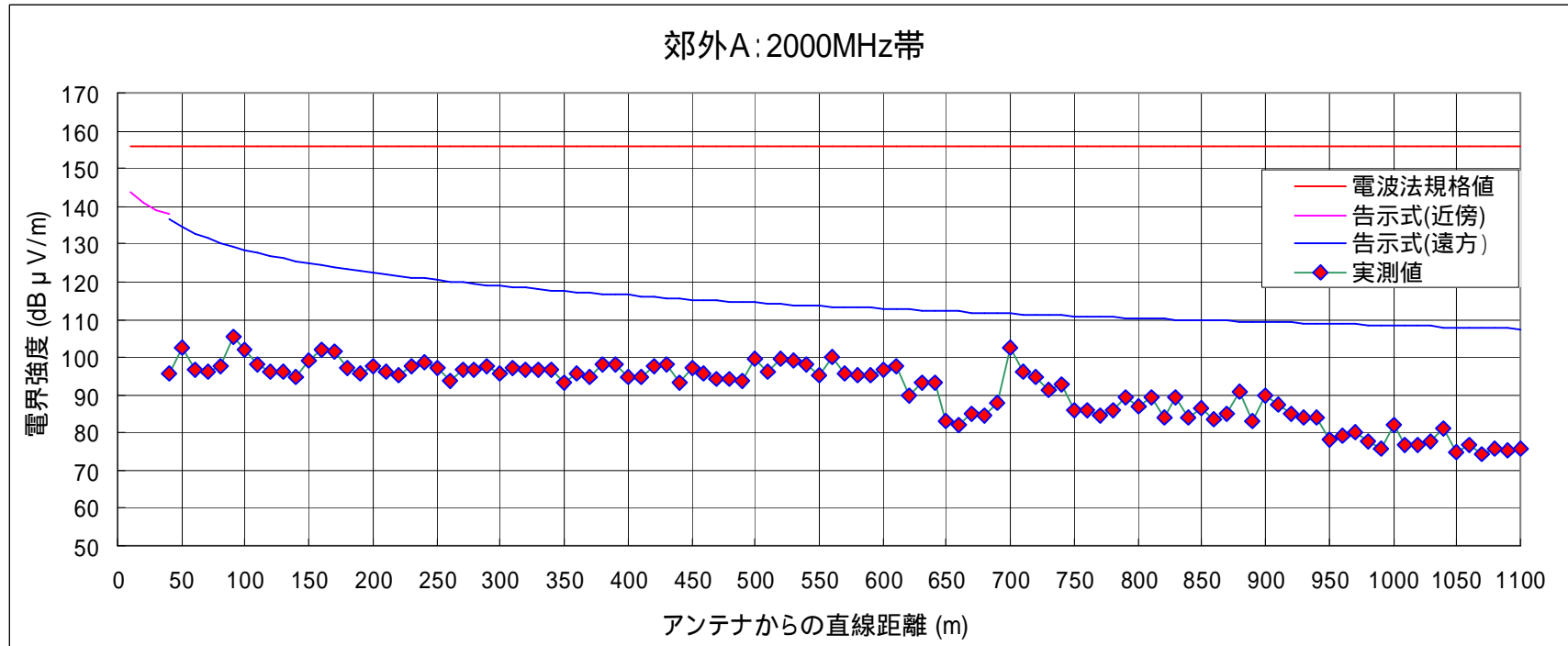


図 5.1-3 郊外Aの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (2000MHz帯、提供PG:893)

5.2 郊外B

図 5.2-1 から図 5.2-3 に電波法規格値、告示計算式及び実測値の比較を示す。

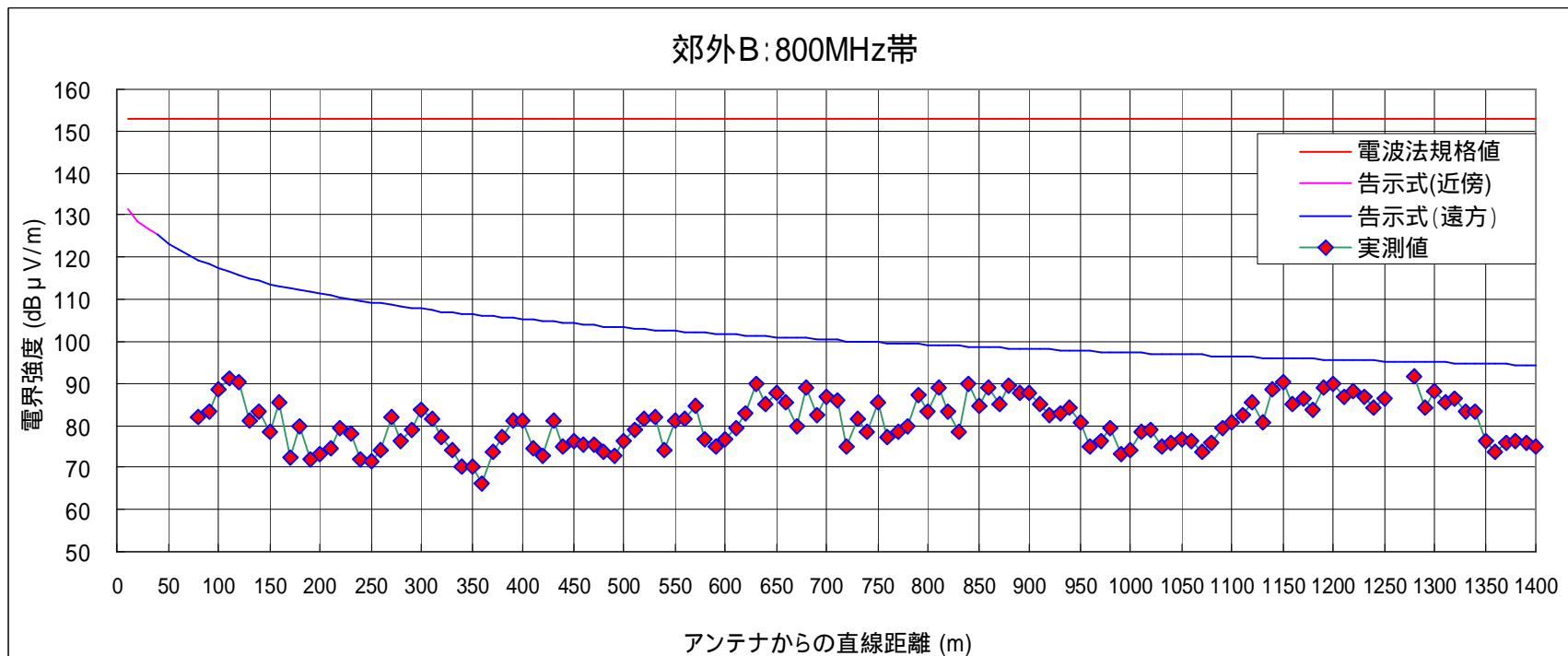


図 5.2-1 郊外Bの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較（800MHz帯、提供PG：70）

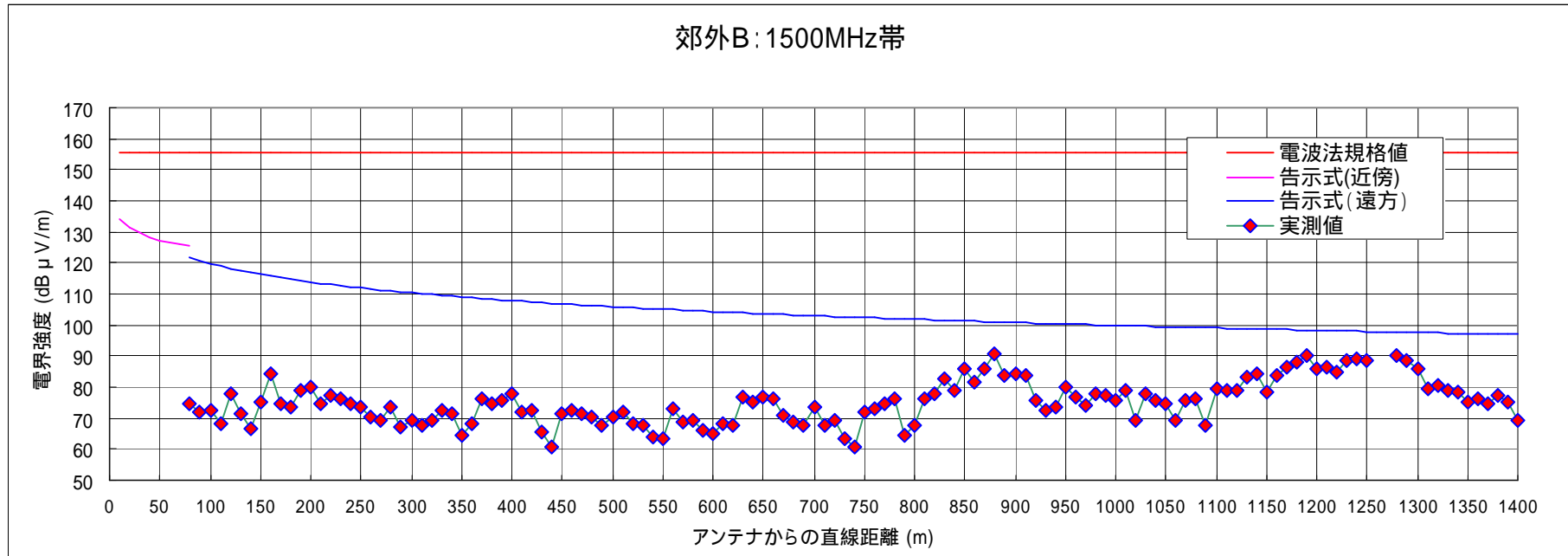


図 5.2-2 郊外Bの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (1500MHz帯、提供PG:127)

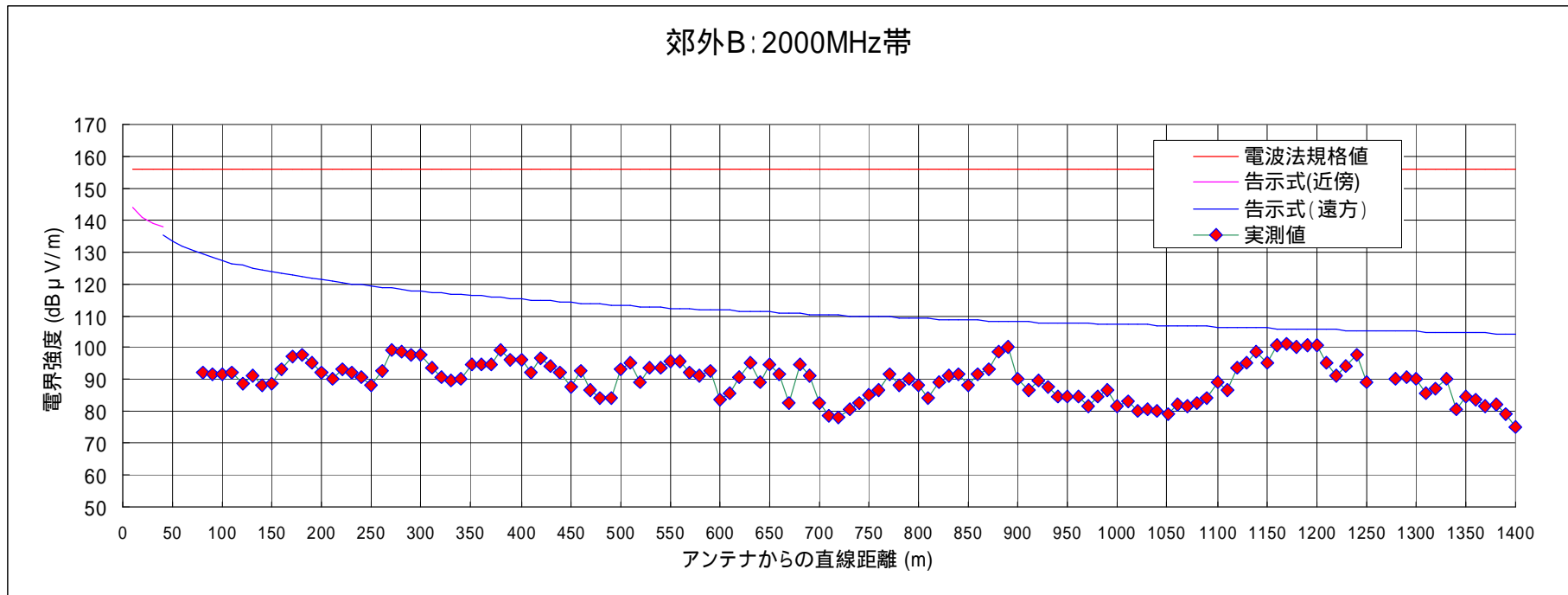


図 5.2-3 郊外Bの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較（2000MHz帯、提供PG：694）

5.3 郊外C

図 5.3-1 に電波法規格値、告示計算式及び実測値の比較を示す。

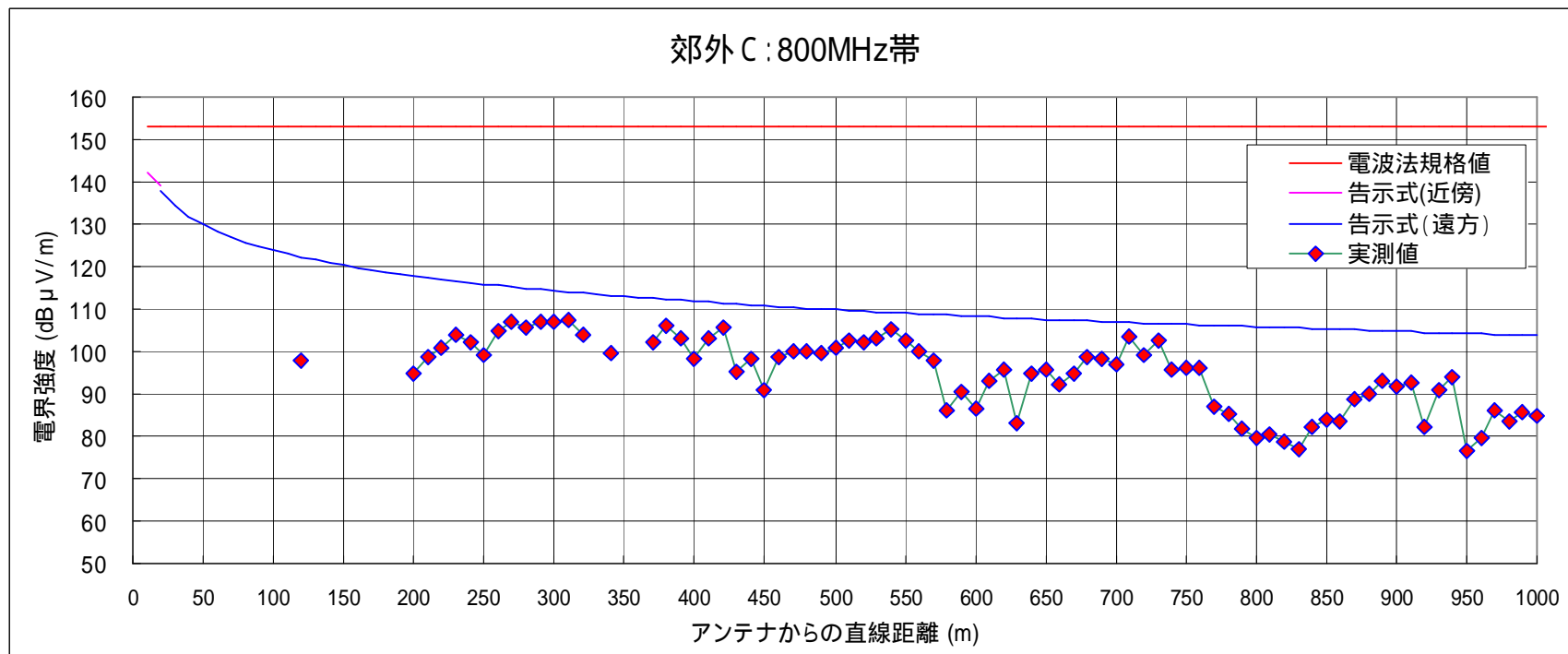


図 5.3-1 郊外Cの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (800MHz帯、提供PG=314)

5.4 郊外D

図 5. 4-1 に電波法規格値、告示計算式及び実測値の比較を示す。

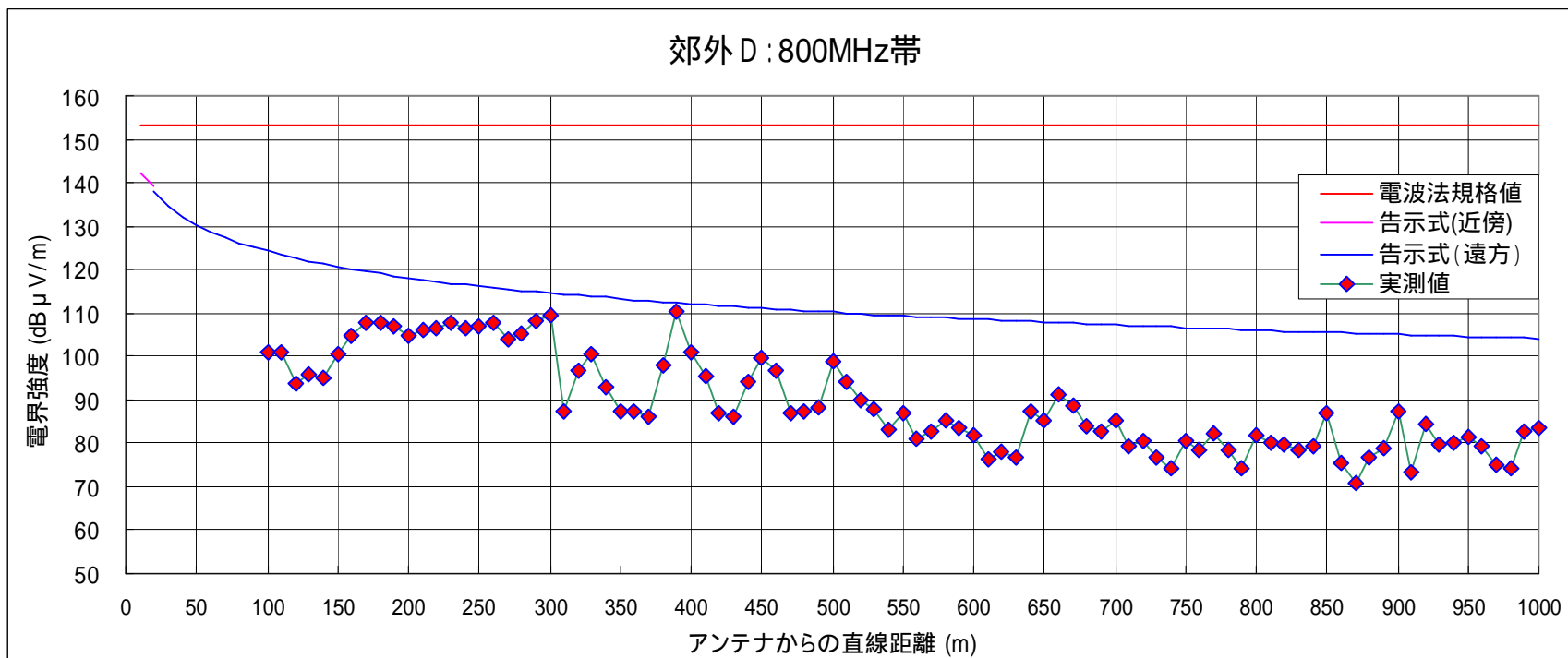


図 5. 3-1 郊外Cの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (800MHz帯、提供PG : 337)

5.5 郊外E

図 5.5-1 に電波法規格値、告示計算式及び実測値の比較を示す。

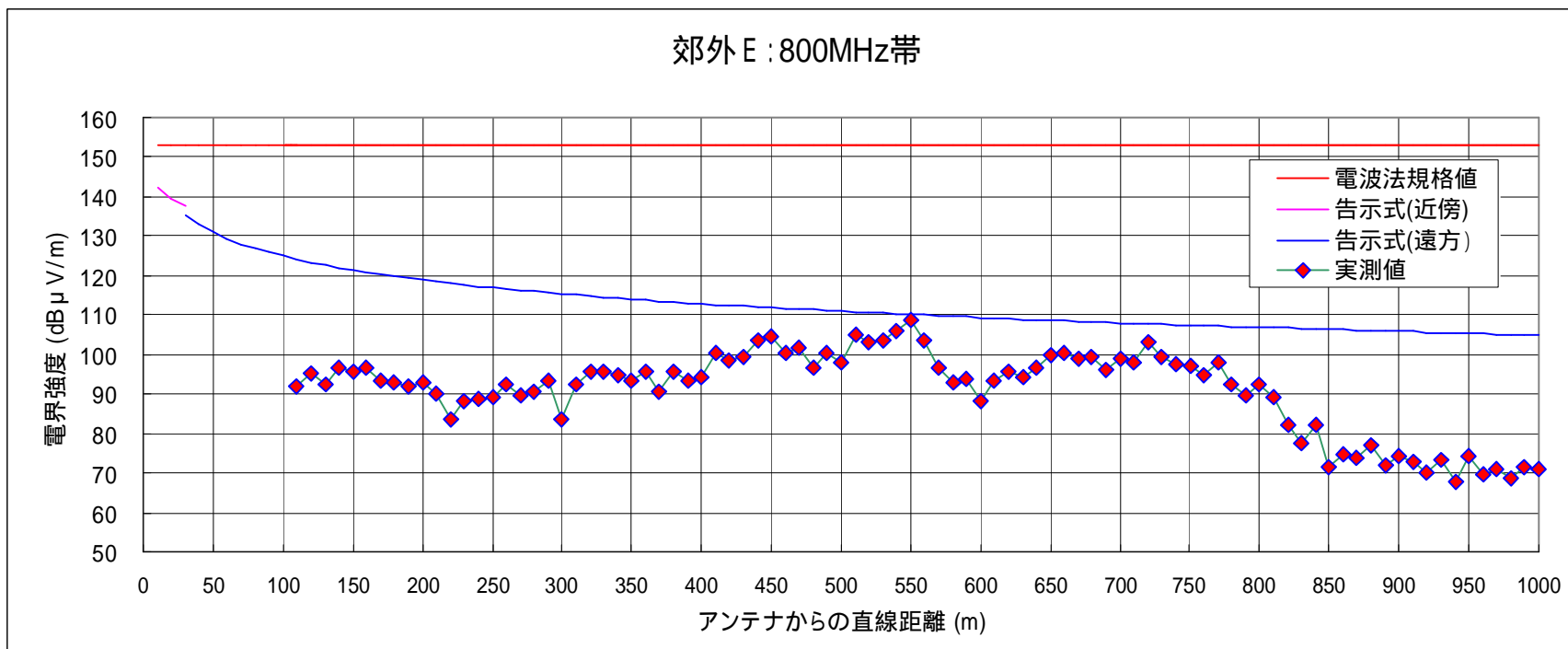


図 5.5-1 郊外Eの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 800MHz帯、提供PG : 405)

5.6 市街A

図 5.6-1 から図 5.6-3 に電波法規格値、告示計算式及び実測値の比較を示す。

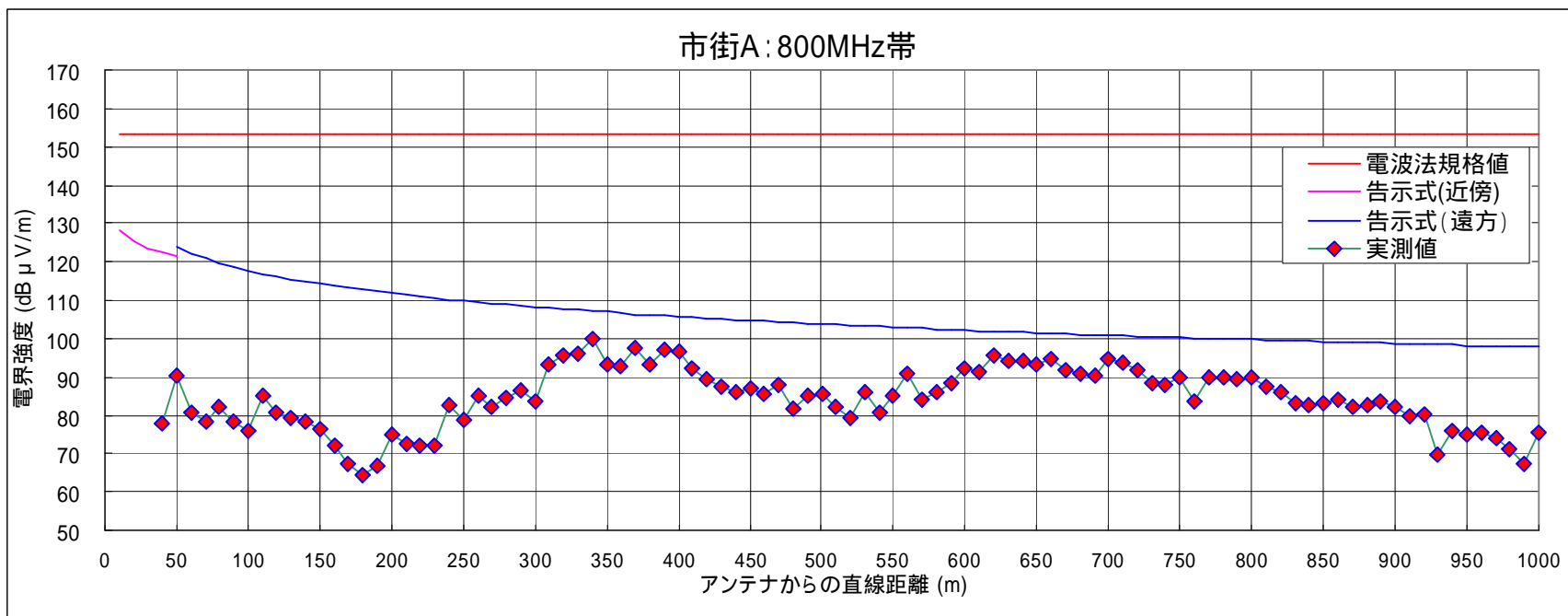


図 5.6-1 市街Aの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較（800MHz帯、提供PG：78）

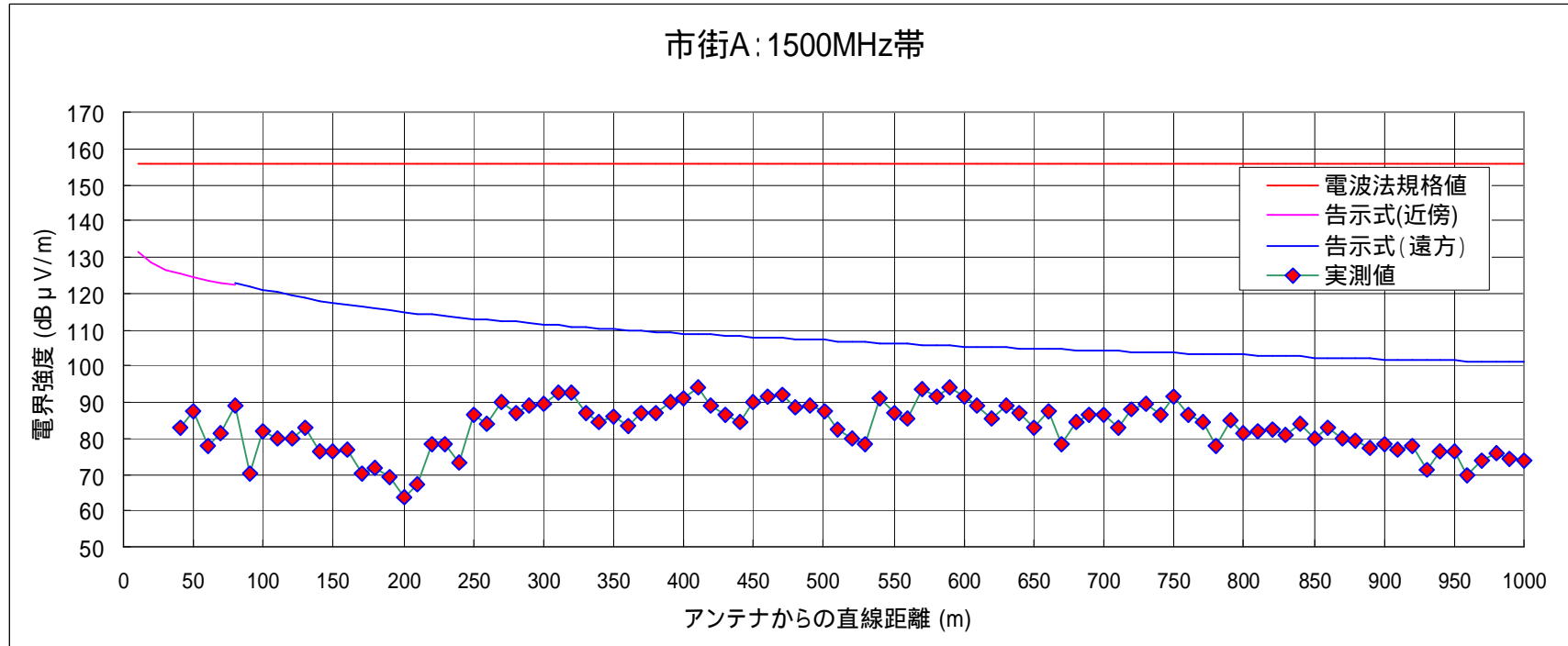


図 5.6-2 市街Aの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較（1500MHz帯、提供PG：163）

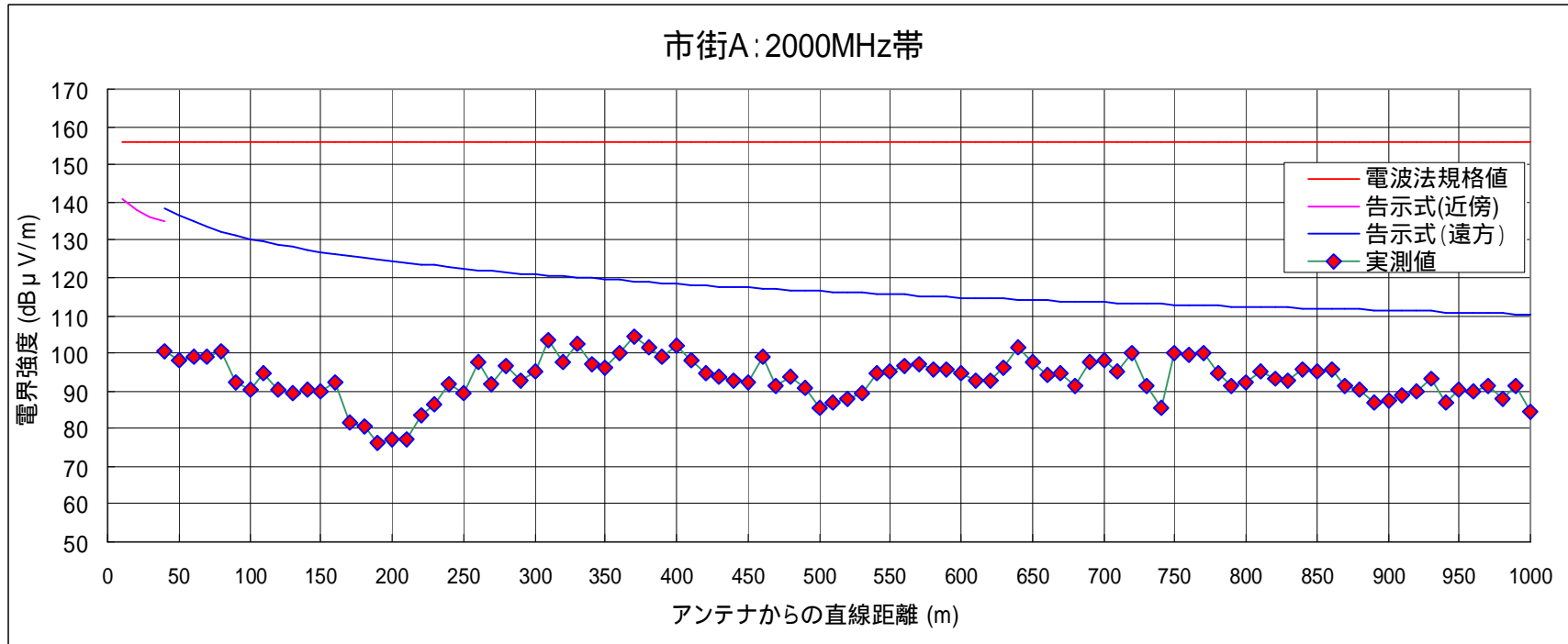


図 5.6-3 市街Aの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (2000MHz帯、提供PG: 1416)

5.7 市街B

図 5.7-1 から図 5.7-2 に電波法規格値、告示計算式及び実測値の比較を示す。

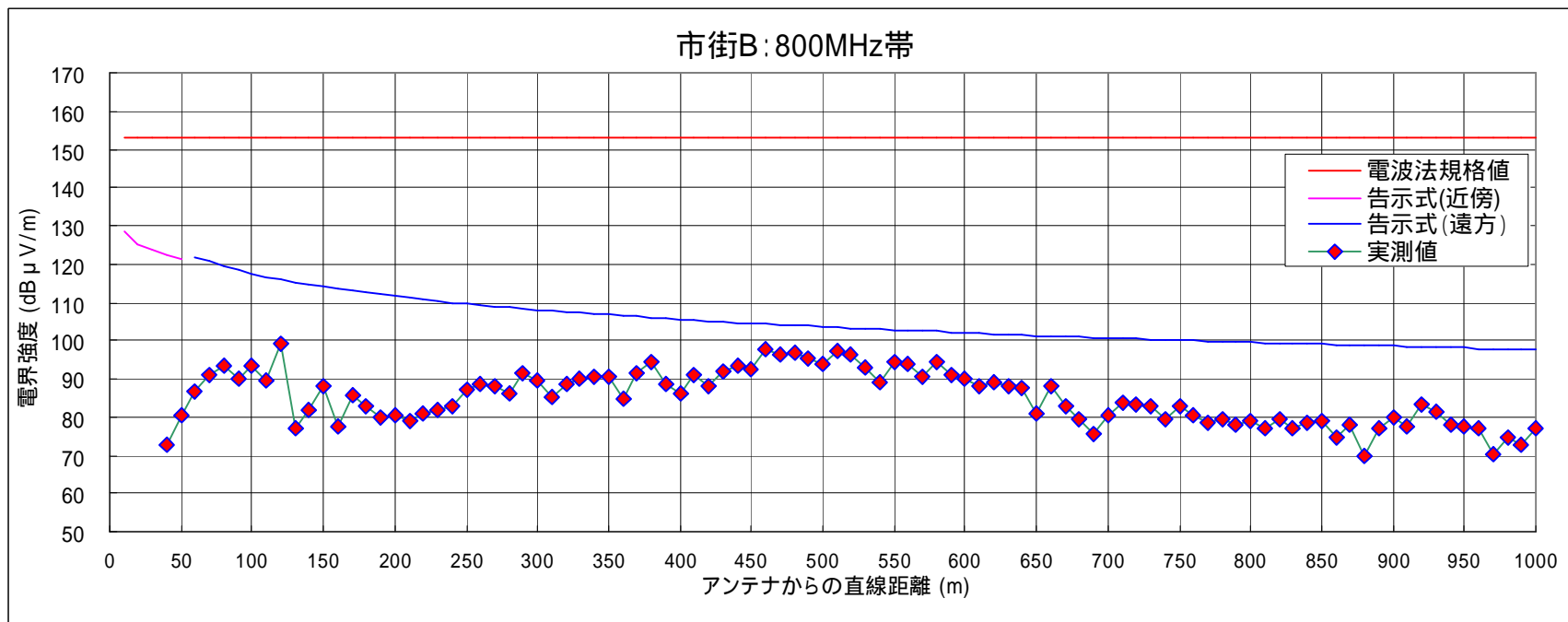


図 5.7-1 市街Bの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (800MHz帯、提供PG:74)

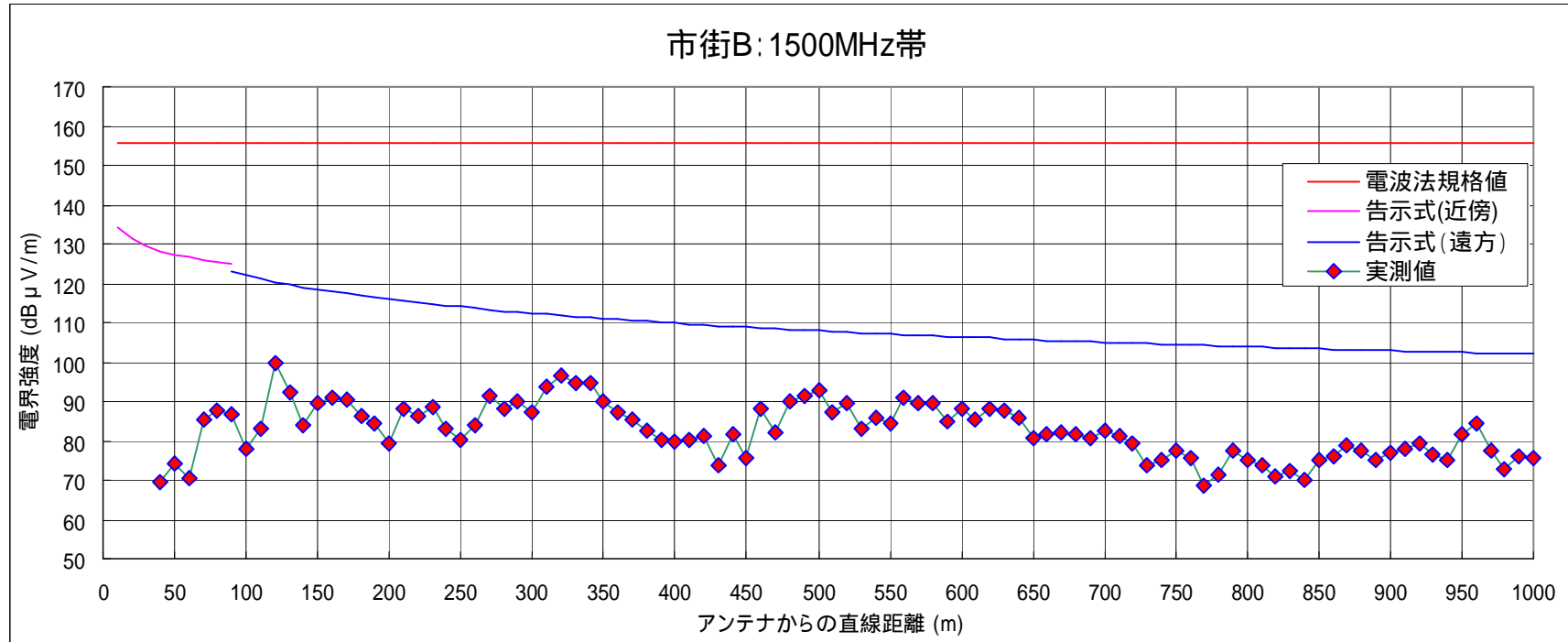


図 5.7-2 市街Bの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (1500MHz帯、提供PG:203)

5.8 市街C

図 5.8-1 から図 5.8-2 に電波法規格値、告示計算式及び実測値の比較を示す。

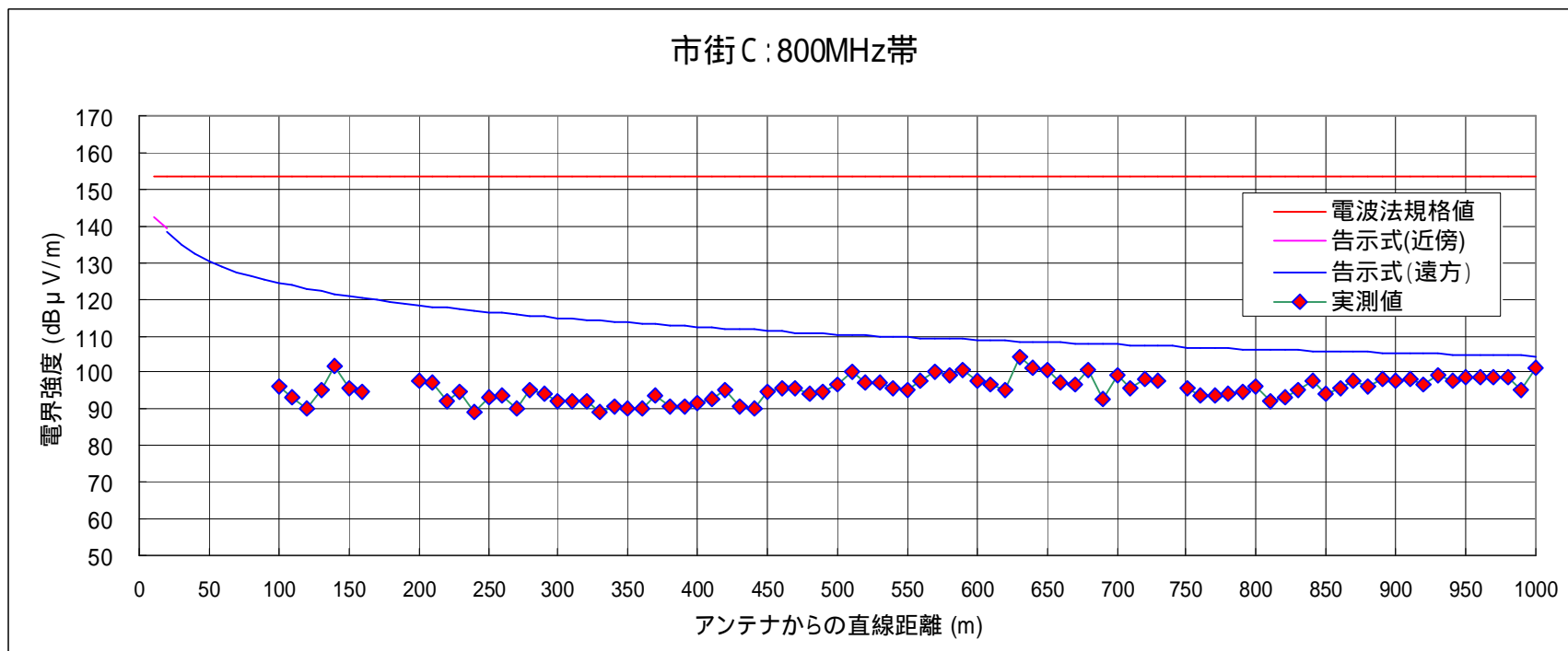


図 5.8-1 市街Cの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (800MHz帯、提供PG:361)

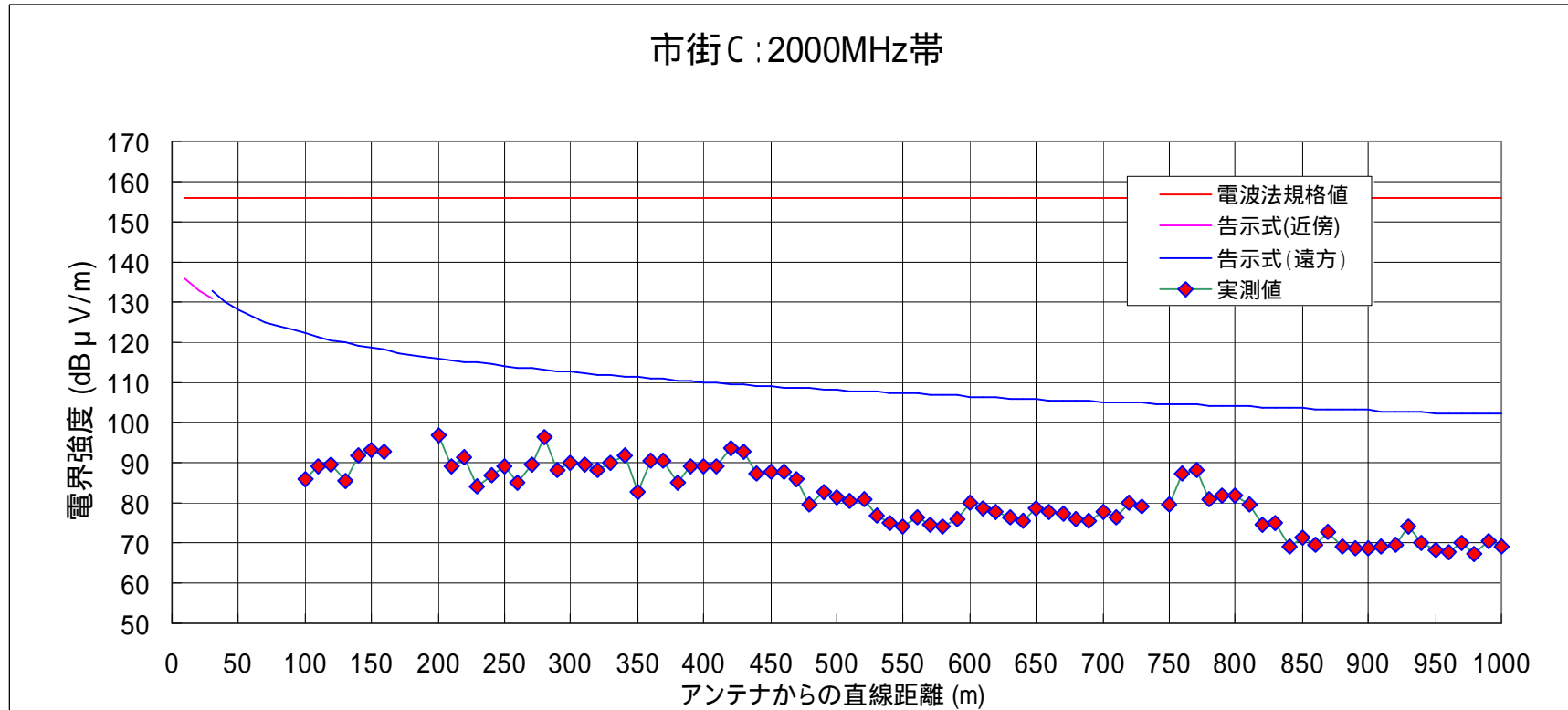


図 5.8-2 市街Cの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (2000MHz帯、提供PG:209)

5.9 市街D

図 5.9-1 から図 5.9-2 に電波法規格値、告示計算式及び実測値の比較を示す。

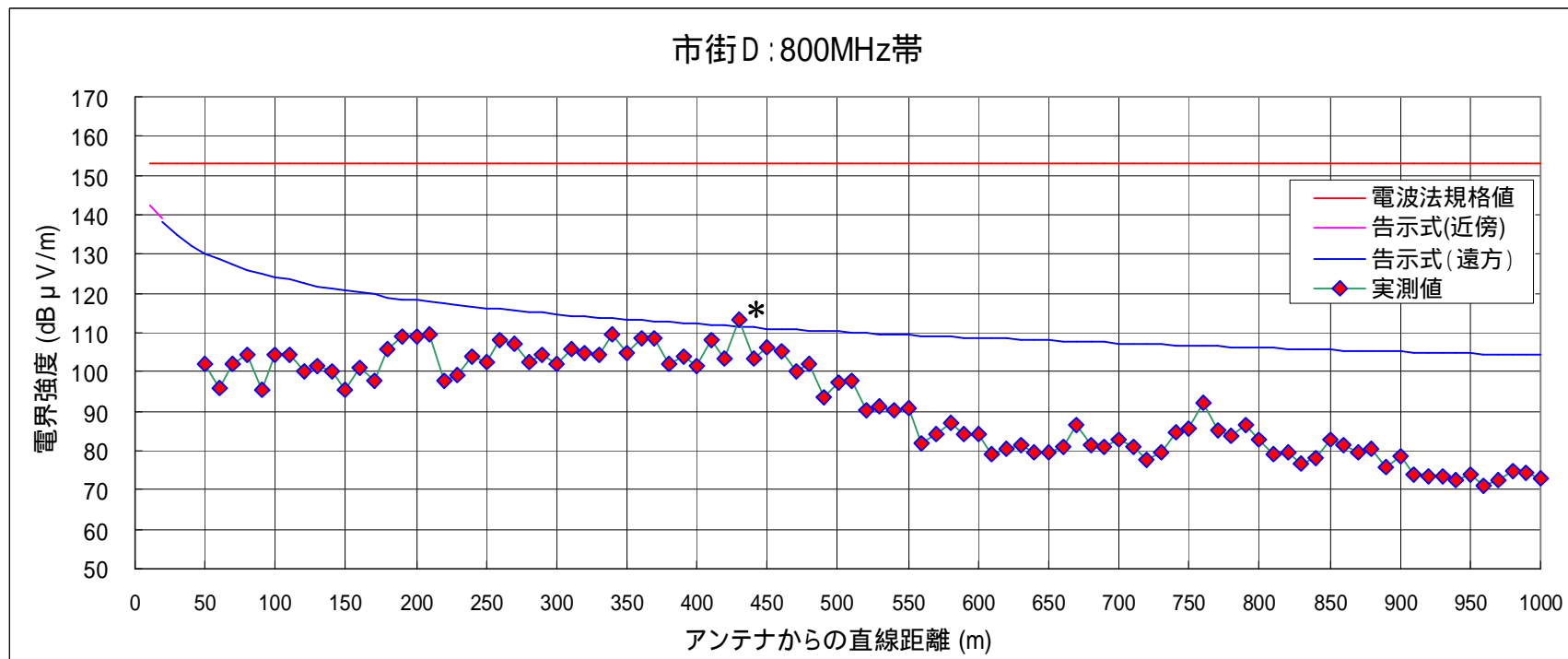


図 5.9-1 市街Dの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (800MHz帯、提供PG:344)

*この地点は車両の通過が多く、車両による反射の影響と思われる

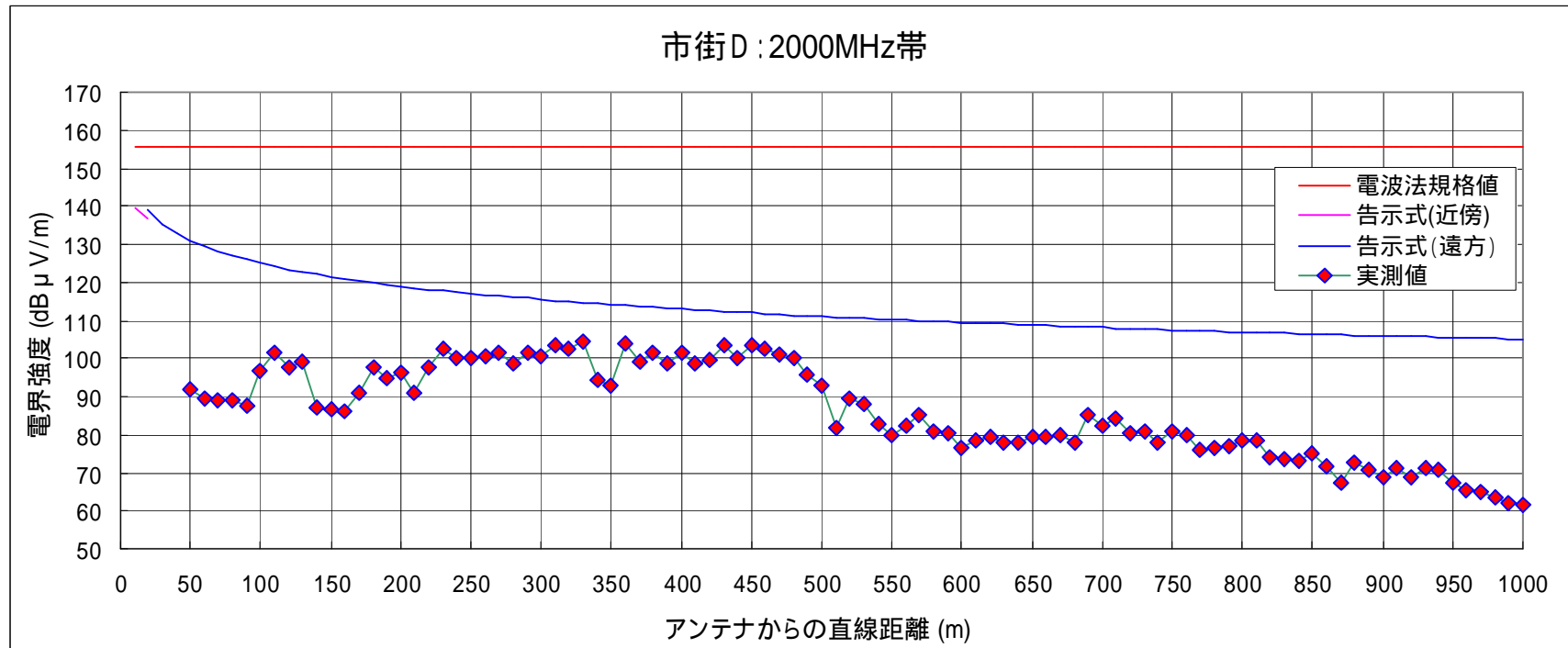


図 5.9-1 市街Dの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (2000MHz帯、提供PG=414)

5.10 市街E

図 5.10-1 から図 5.10-3 に電波法規格値、告示計算式及び実測値の比較を示す。

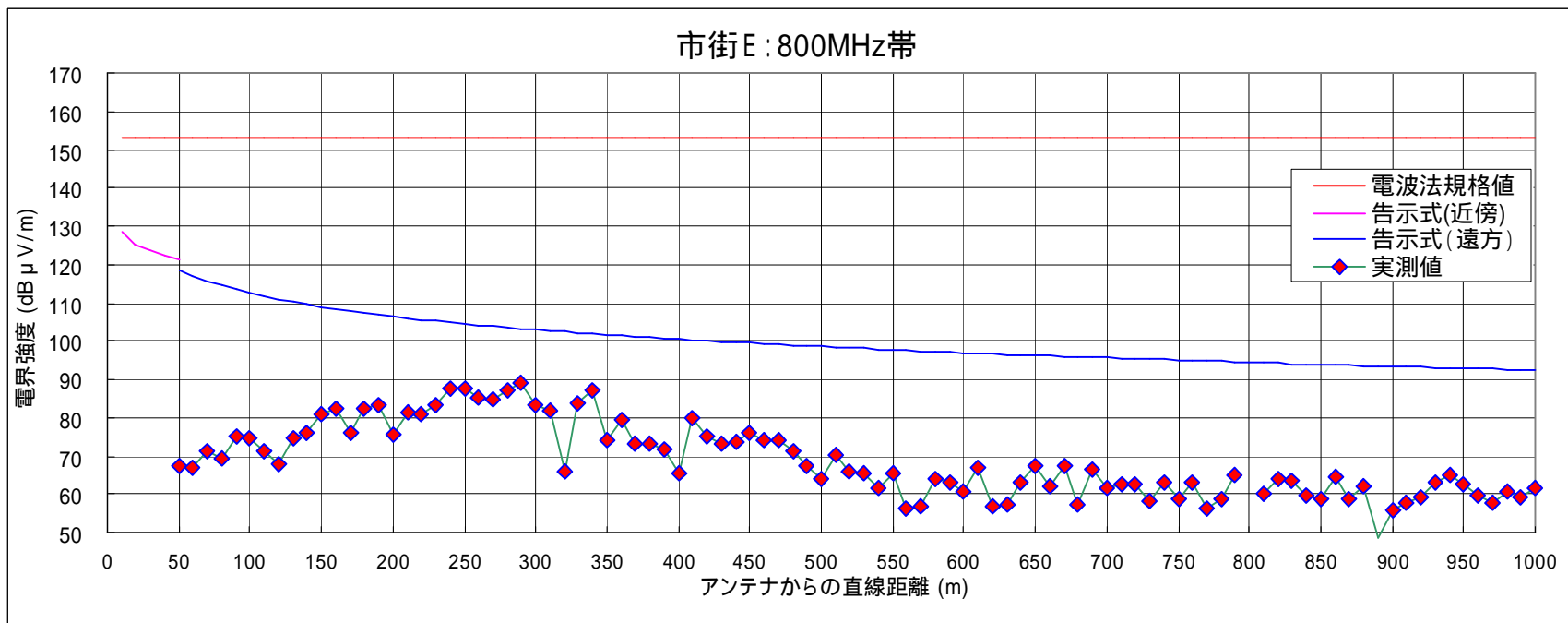


図 5.10-1 市街Eの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (800MHz帯、提供PG: 23)

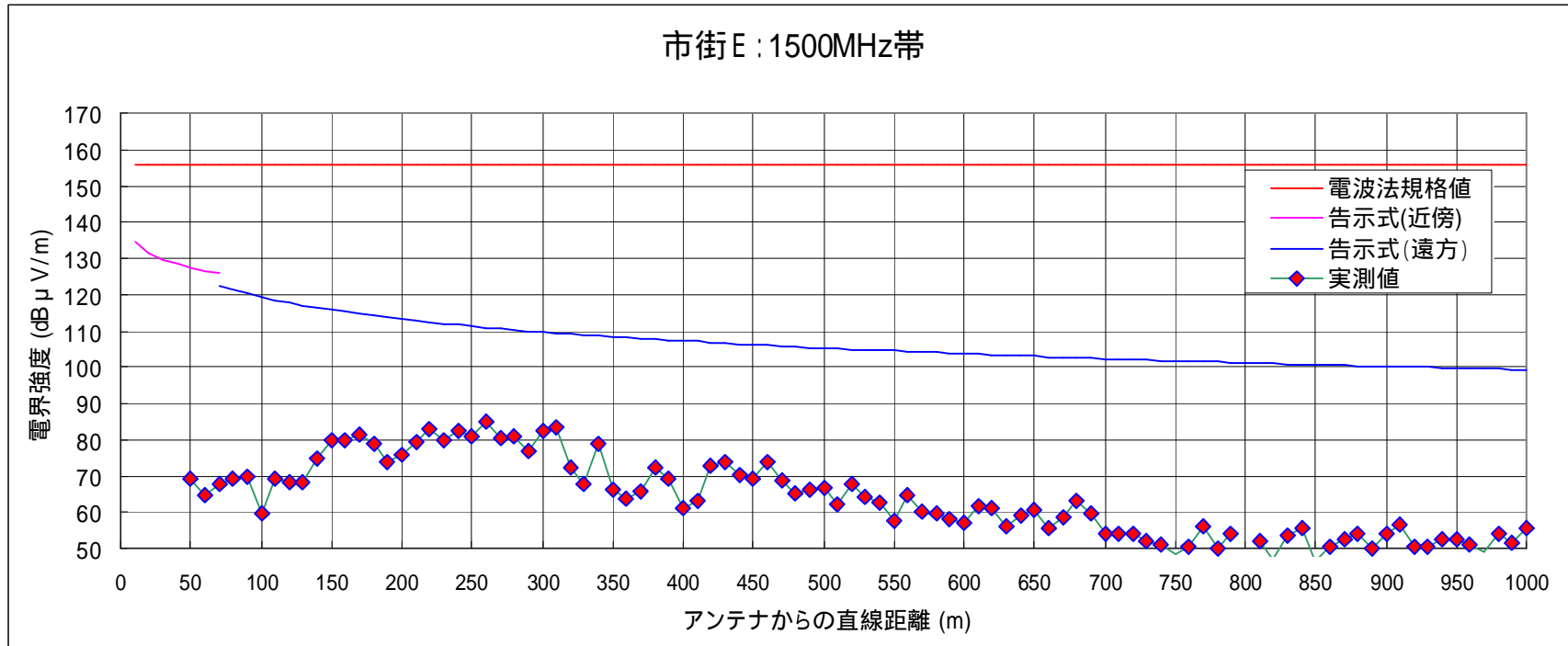


図 5.10-2 市街Eの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較（1500MHz帯、提供PG：109）

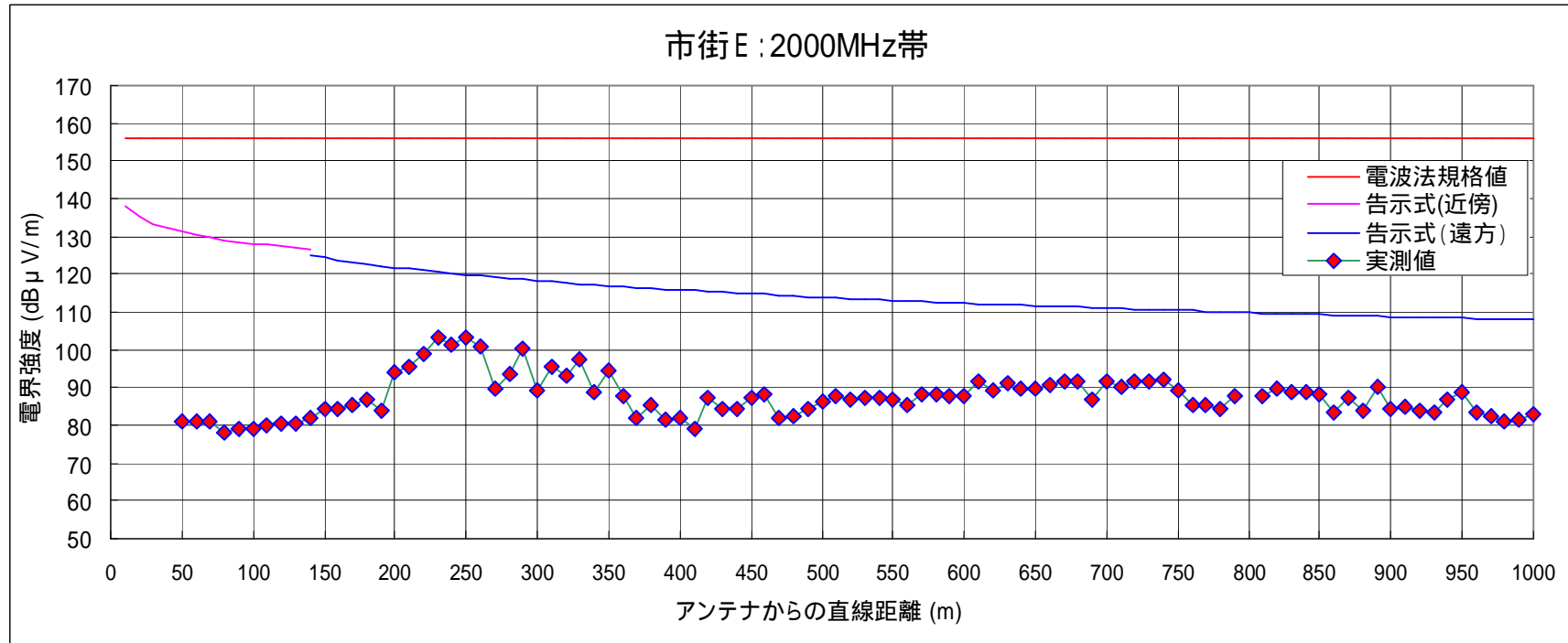


図 5.10-3 市街Eの規格値、告示に基づく計算結果、実測値の比較 (2000MHz帯、提供PG:796)

6 垂直方向計算値との比較

前章で示したように、受信アンテナの各周波数帯における垂直面内指向性では中心から10度ずれて0.5 dB程度のレベル低下となっている。本調査における300 mを越える測定範囲ではほぼ10度以内となるので、受信アンテナ指向性によるレベル低下は殆ど無視できる。したがって、アンテナが見通せる範囲では直接波とこれに一定の値の反射係数を掛けた大地面反射波が主要な受信波となると推定した。

6.1 以下に各々の周波数ごとの実測値と告示式及び電波法規格値の比較を示す。

6.1 郊外Aの結果

図 6.1-1 から図 6.1-3 に郊外Aの周波数ごとの実測値と告示式及び電波法規格値の比較を示す。

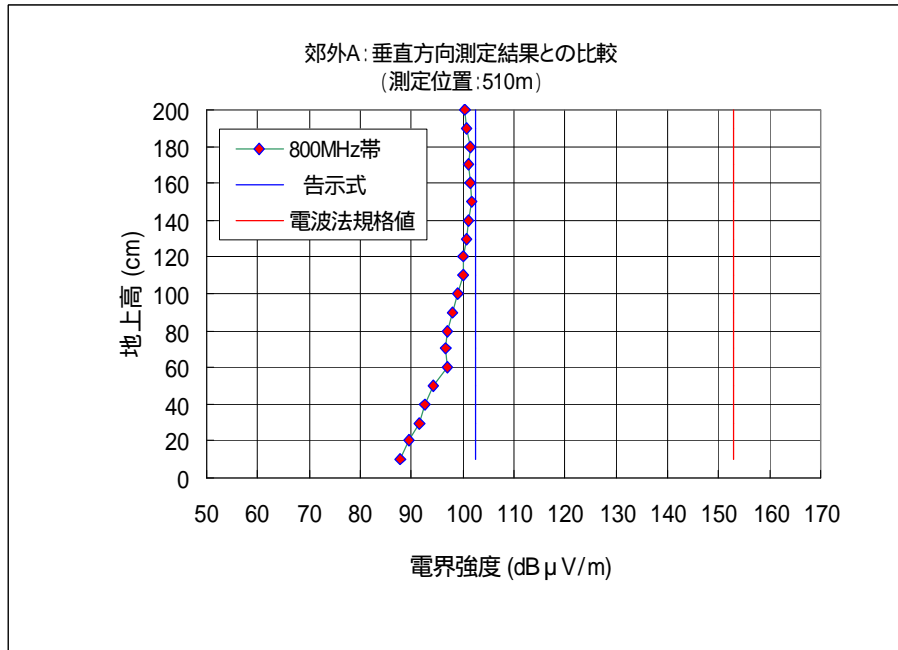


図 6.1-1 郊外A 800MHz帯

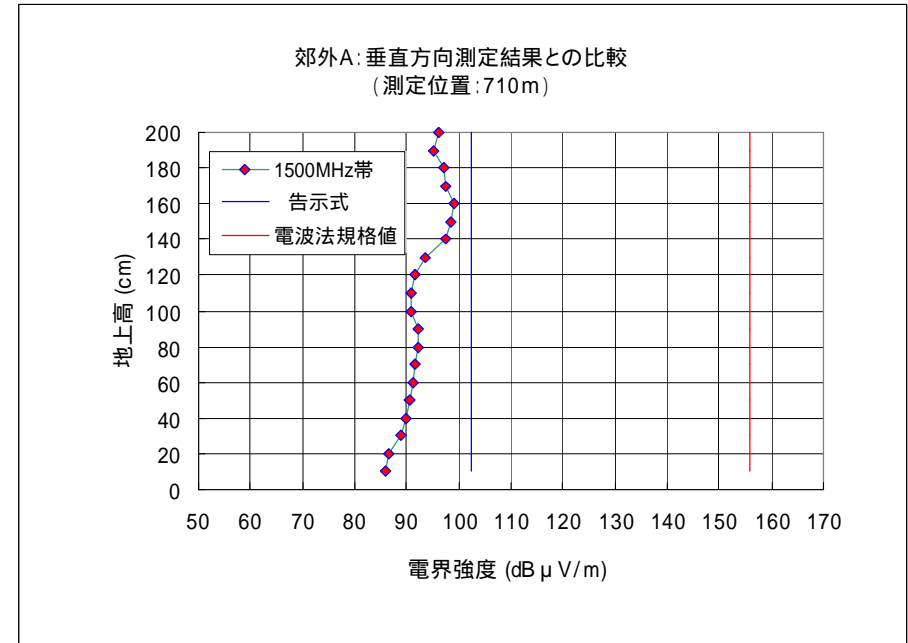


図 6.1-2 郊外A 1500MHz帯

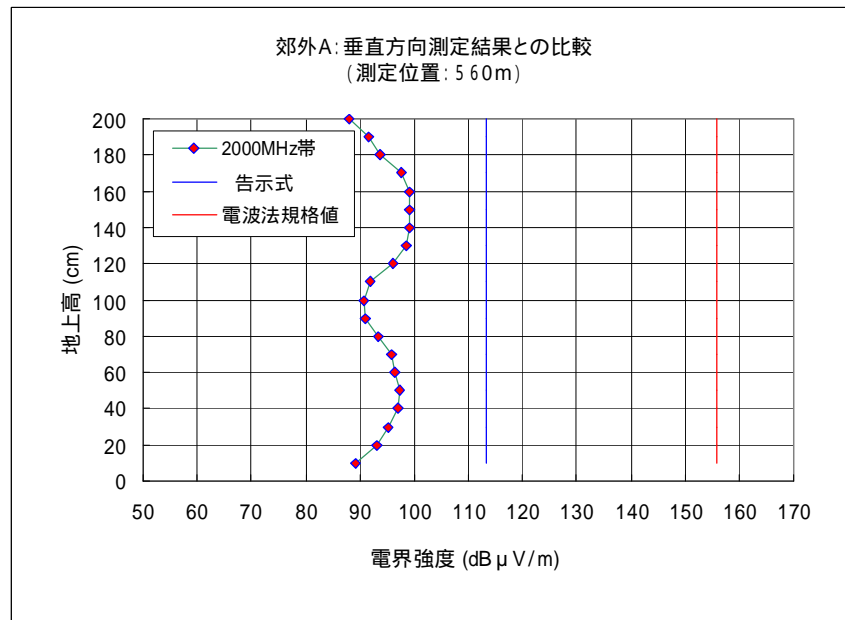


図 6.1-3 郊外A 2000MHz帯

6.2 郊外Bの結果

図 6.2-1 から図 6.2-3 に郊外Bの周波数ごとの実測値と告示式及び電波法規格値の比較を示す。

実測値の1. 5 m付近のレベル変動は近辺の塀等の影響かと推定している。

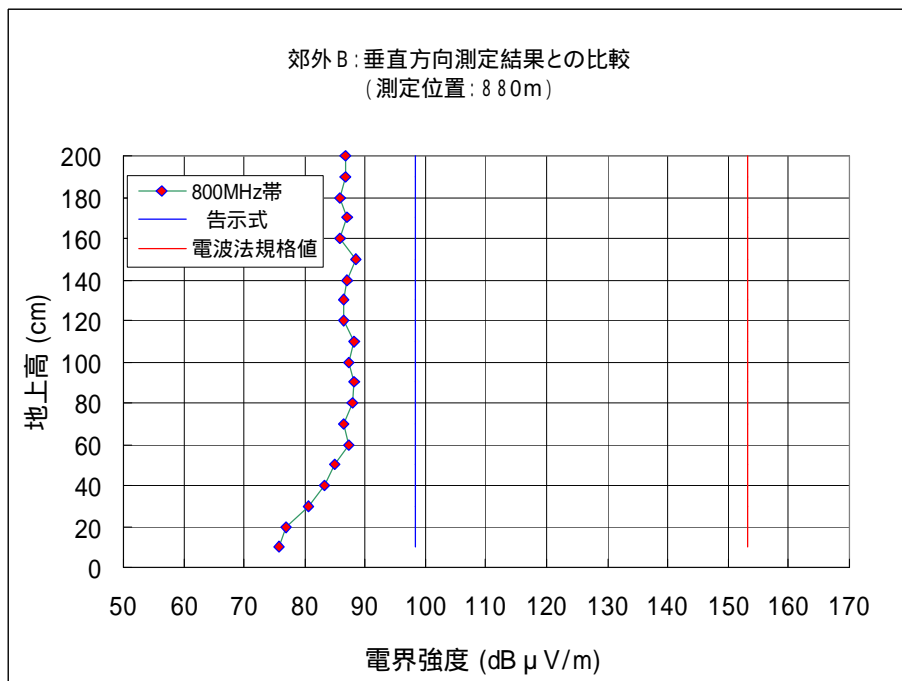


図 6.2-1 郊外B 800MHz帯

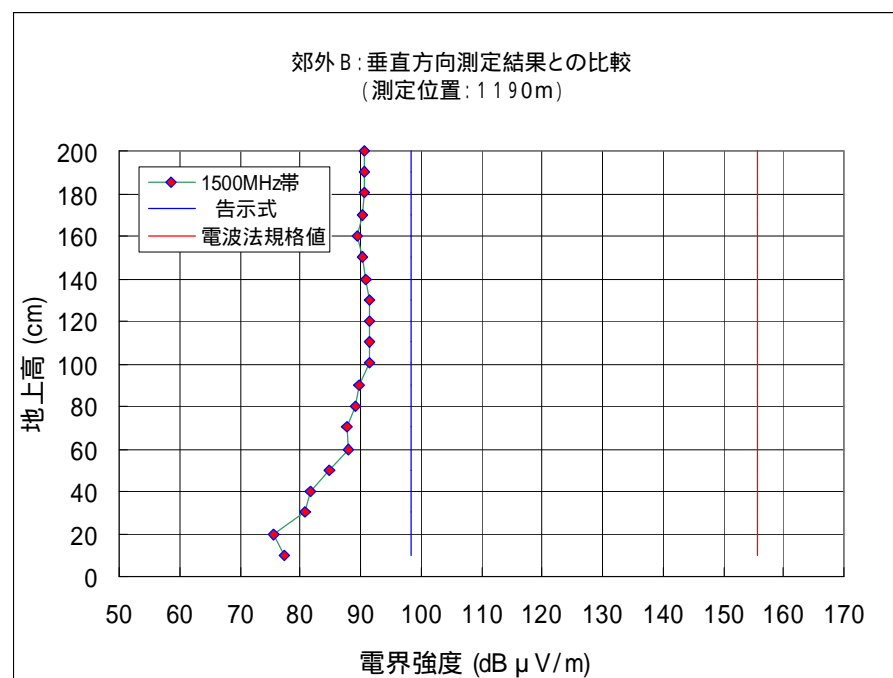


図 6.2-2 郊外B 1500MHz帯

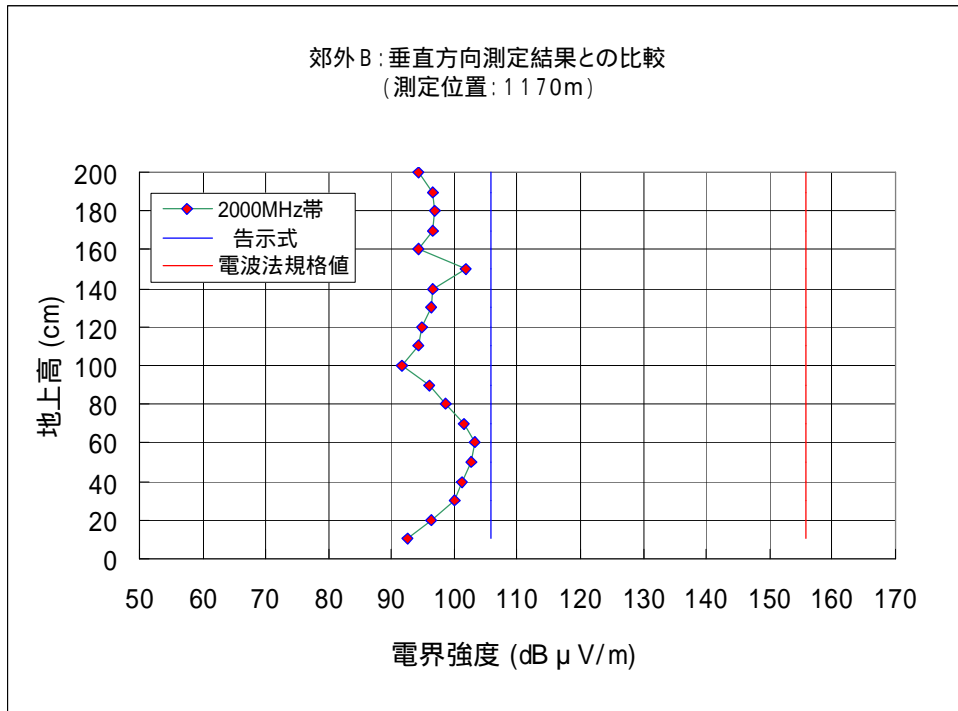


図 6.2-3 郊外B 2000MHz帯

6.3 郊外Cの結果

図 6.3-1 に郊外Cの実測値と告示式及び電波法規格値の比較を示す。

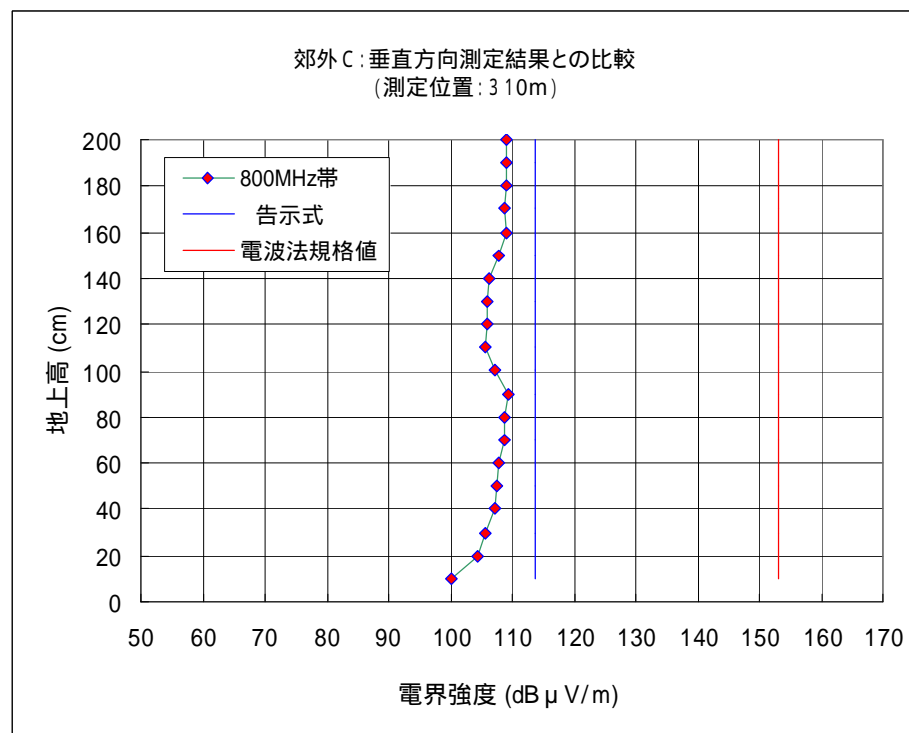


図 6.3-1 郊外C 800MHz帯

6.4 郊外Dの結果

図 6.4-1 に郊外Dの実測値と計算値の比較を示す。

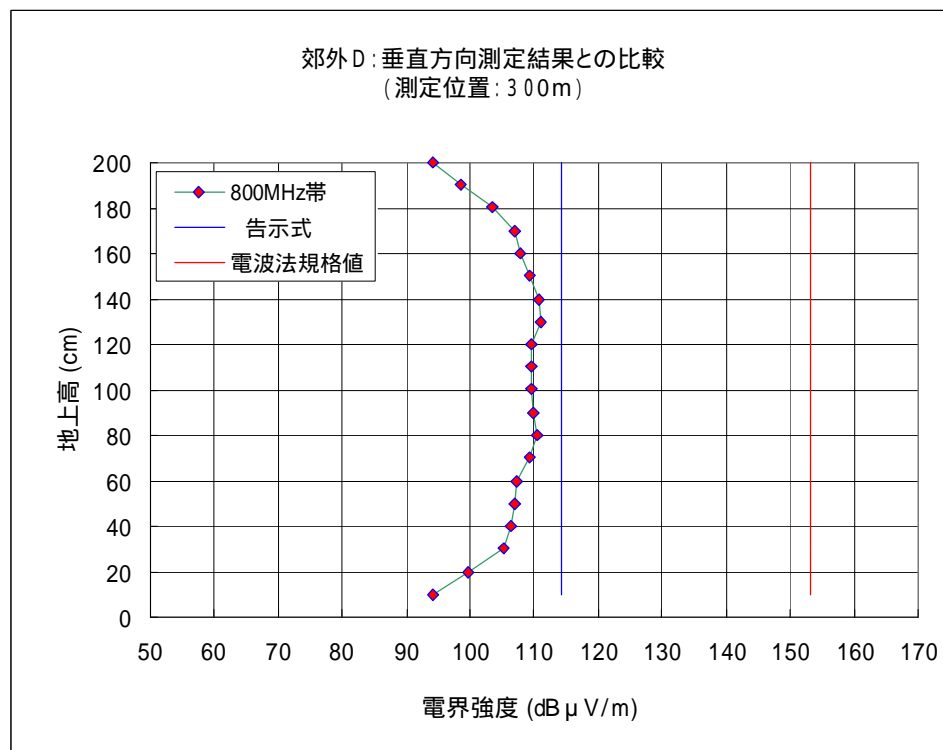


図 6.4-1 郊外D 800MHz帯

6.5 郊外Eの結果

図 6.5-1 に郊外Eの実測値と計算値の比較を示す。

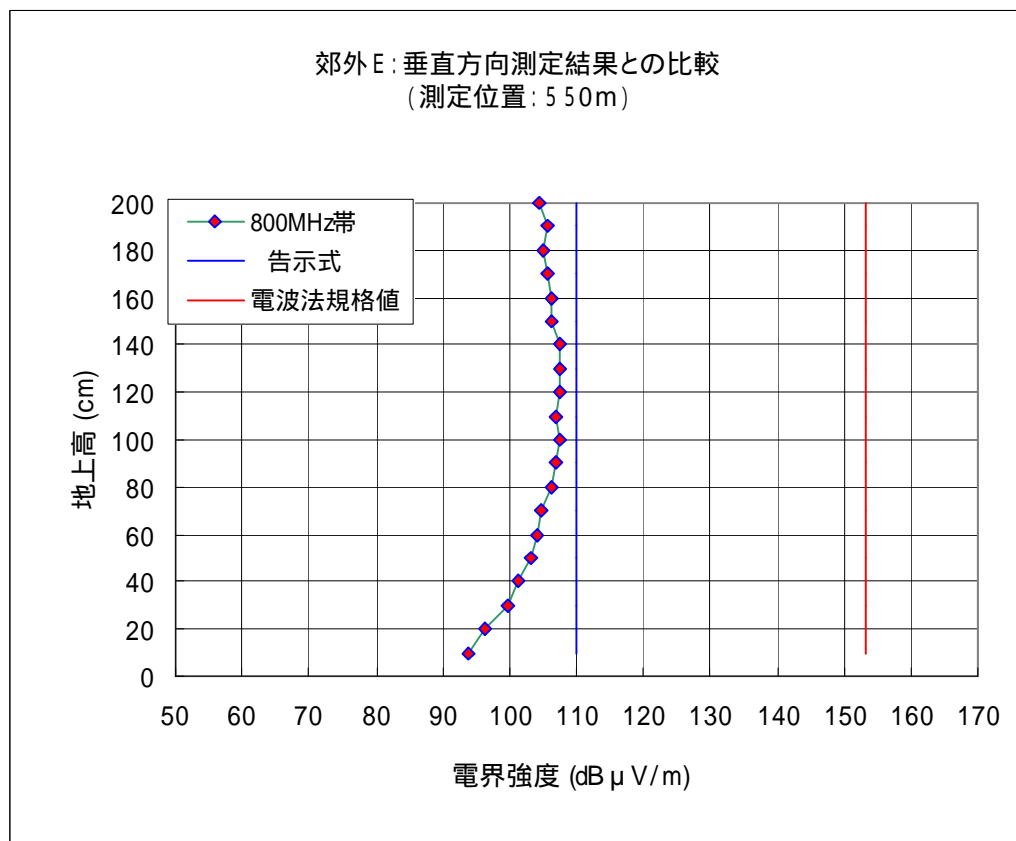


図 6.5-1 郊外E 800MHz帯

6.6 市街Aの結果

図 6.6-1 から図 6.6-3 に市街Aの周波数ごとに実測値と告示式及び電波法規格値の比較を示す。

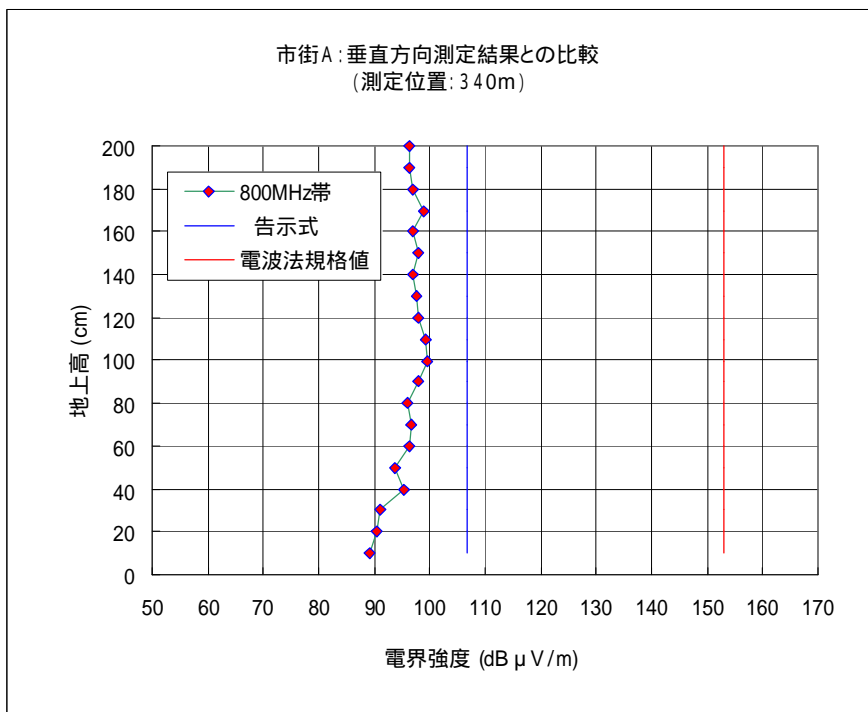


図 6.6-1 市街A 800MHz帯

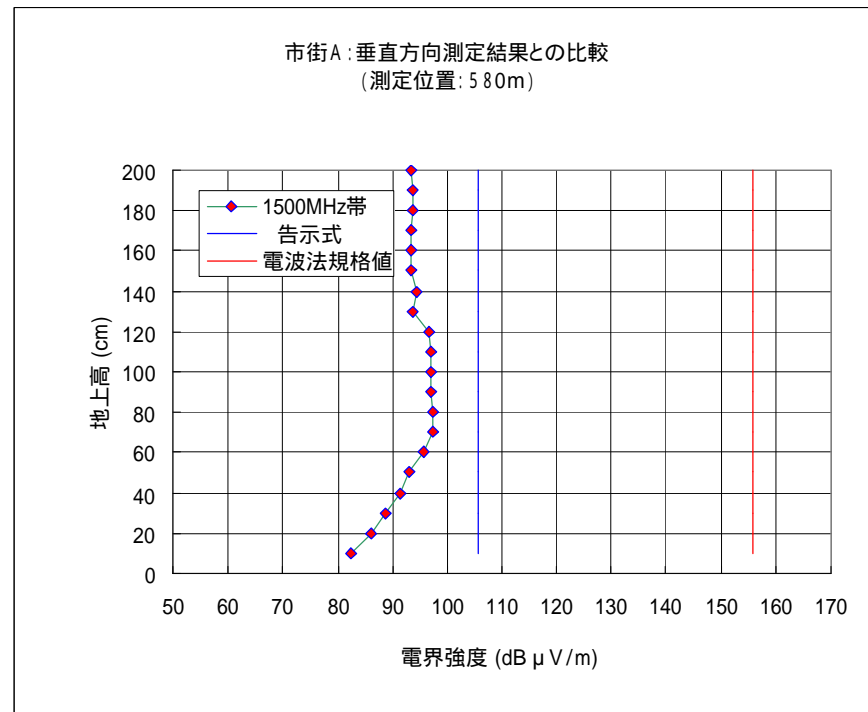


図 6.6-2 市街A 1500MHz帯

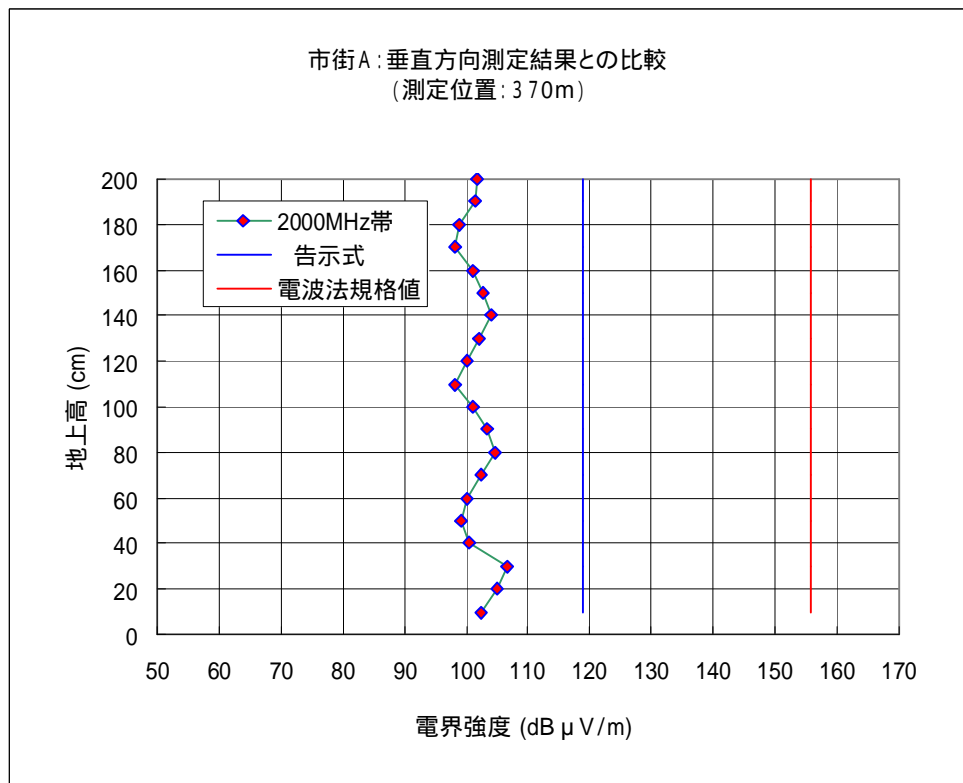


図 6.6-3 市街A 2000MHz帯

6.7 市街Bの結果

図 6.7-1 から図 6.7-2 に市街Bの実測値と告示式及び電波法規格値の比較を示す。

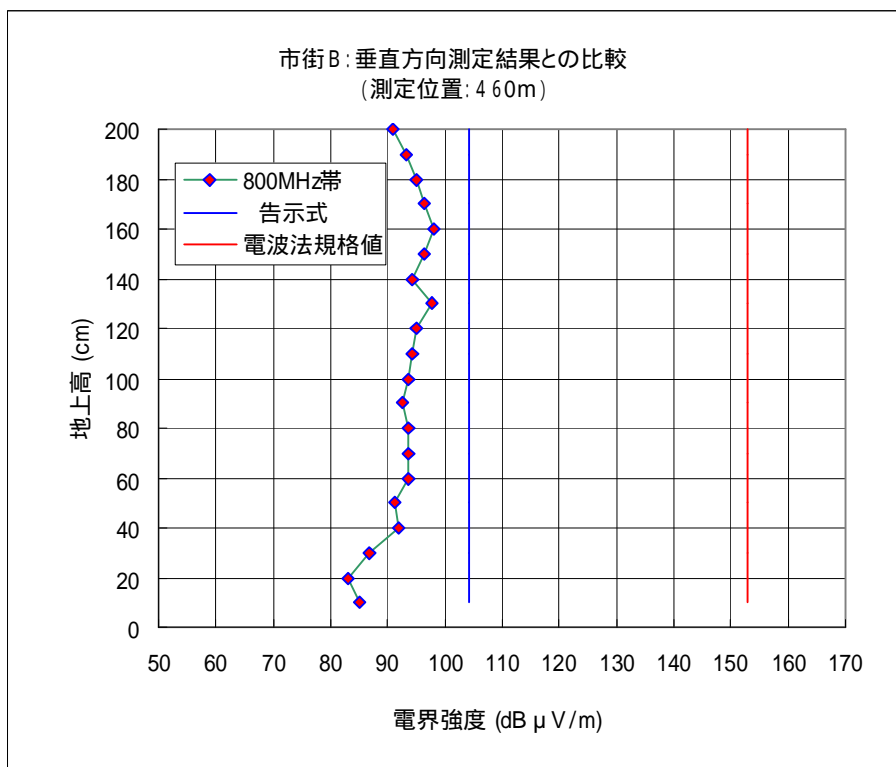


図 6.7-1 市街B 800MHz帯

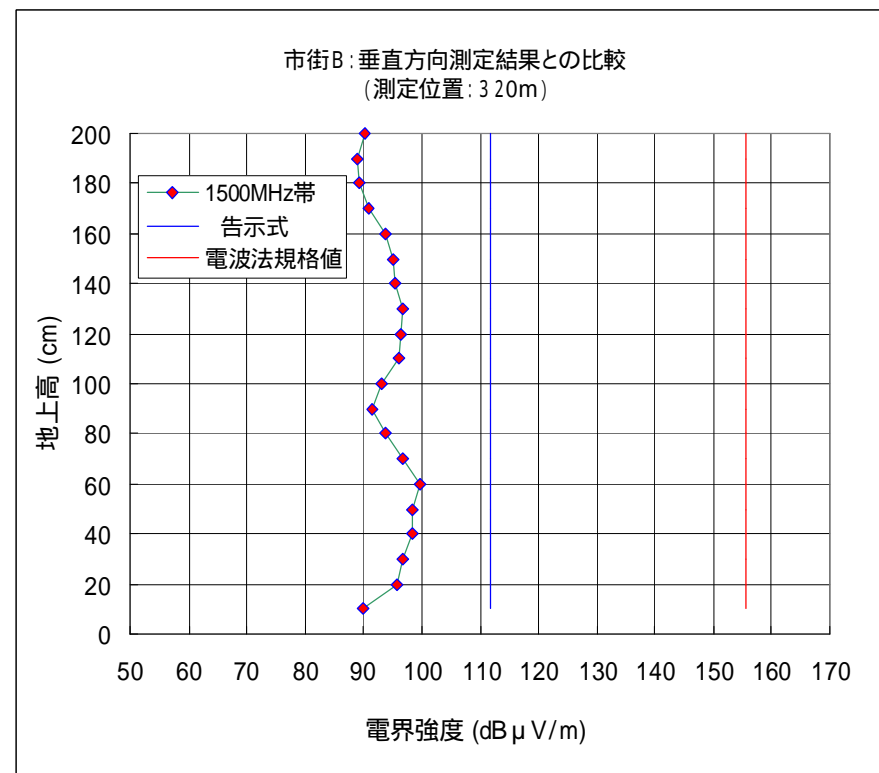


図 6.7-2 市街B 1500MHz帯

6.8 市街Cの結果

図 6.8-1 から 図 6.8-2 に市街Cの周波数ごとの実測値と告示式及び電波法規格値の比較を示す。

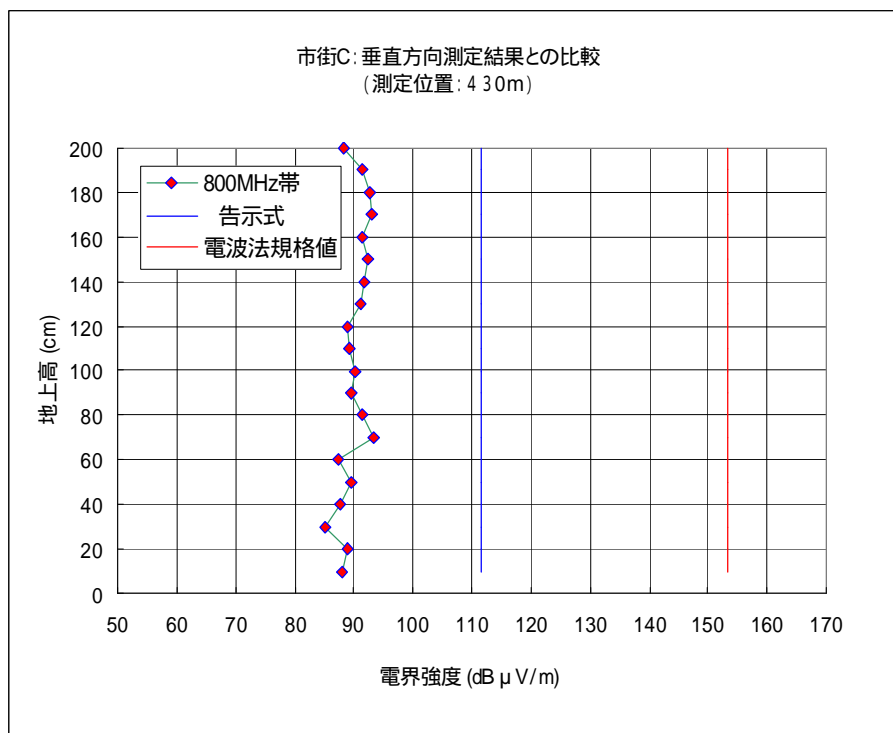


図 6.8-1 市街C 800MHz帯

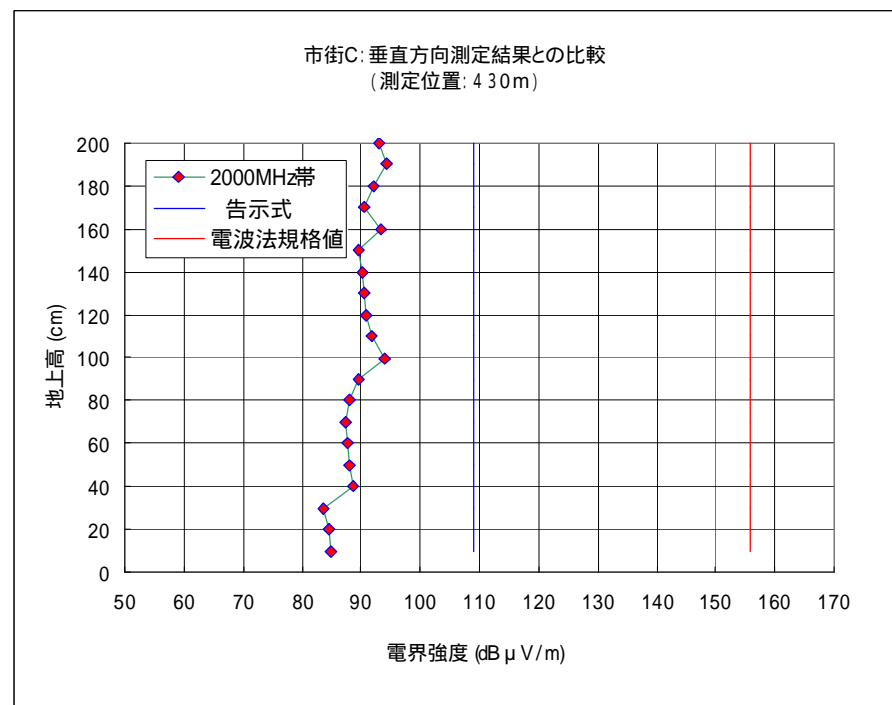


図 6.8-2 市街C 2000MHz帯

6.9 市街Dの結果

図 6.9-1 及び図 6.9-2 に市街Dの実測値と告示式及び電波法規格値の比較を示す。

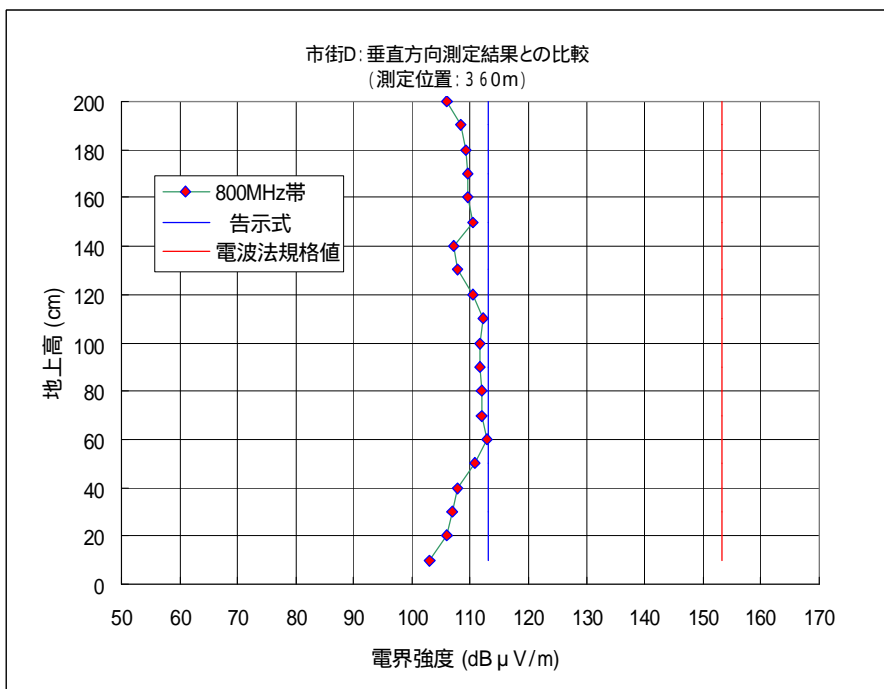


図 6.9-1 市街D 800MHz帯

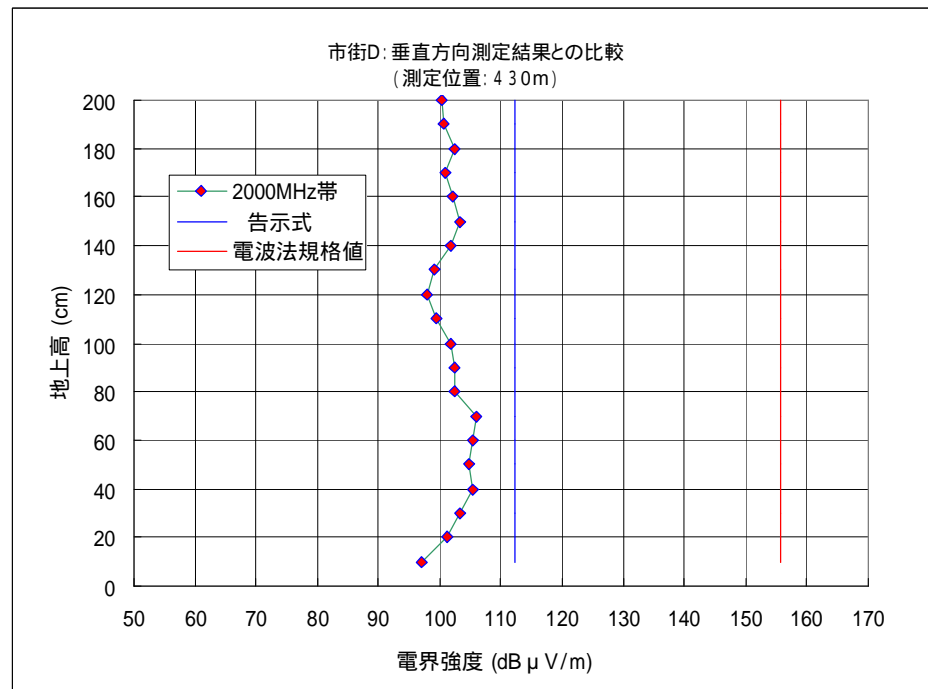


図 6.9-2 市街D 2000MHz帯

6.10 市街Eの結果

図 6.10-1 から図 6.10-3 に郊外Eの周波数ごとの実測値と告示式及び電波法規格値の比較を示す。

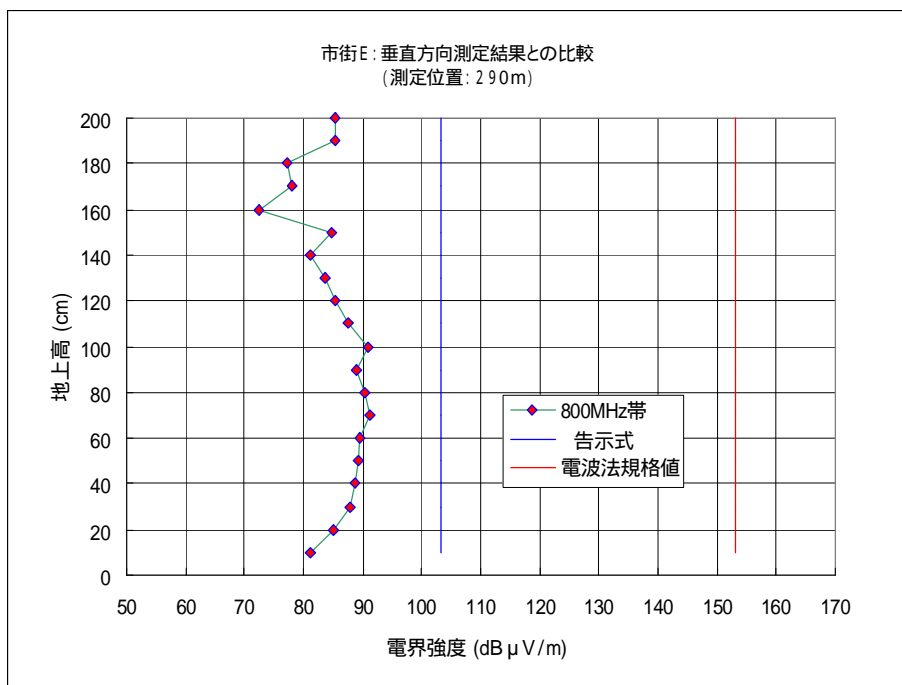


図 6.10-1 市街E 800MHz帯

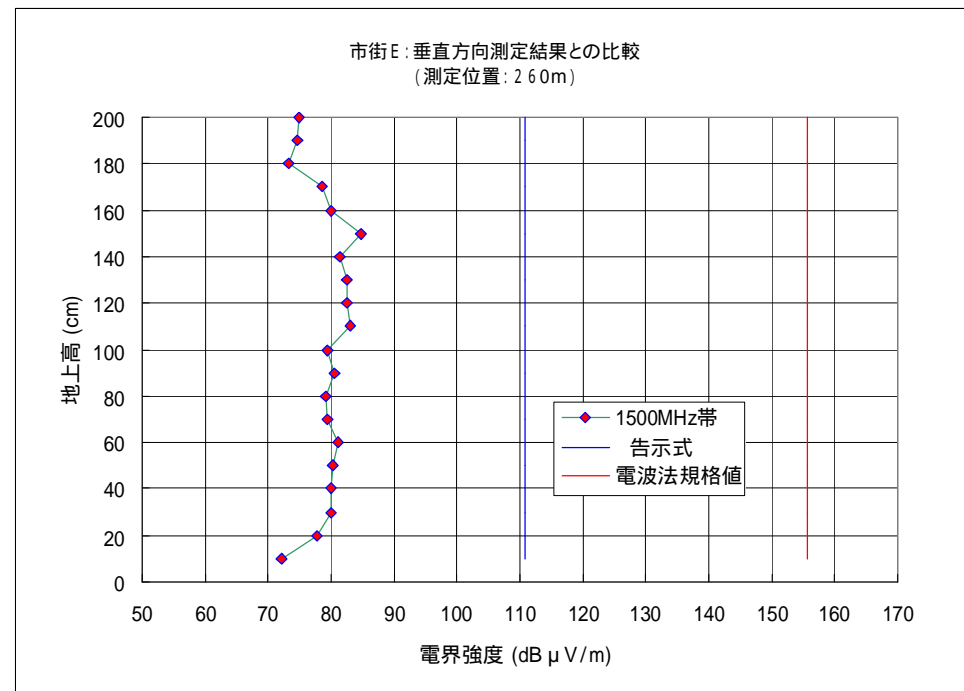


図 6.10-2 市街E 1500MHz帯

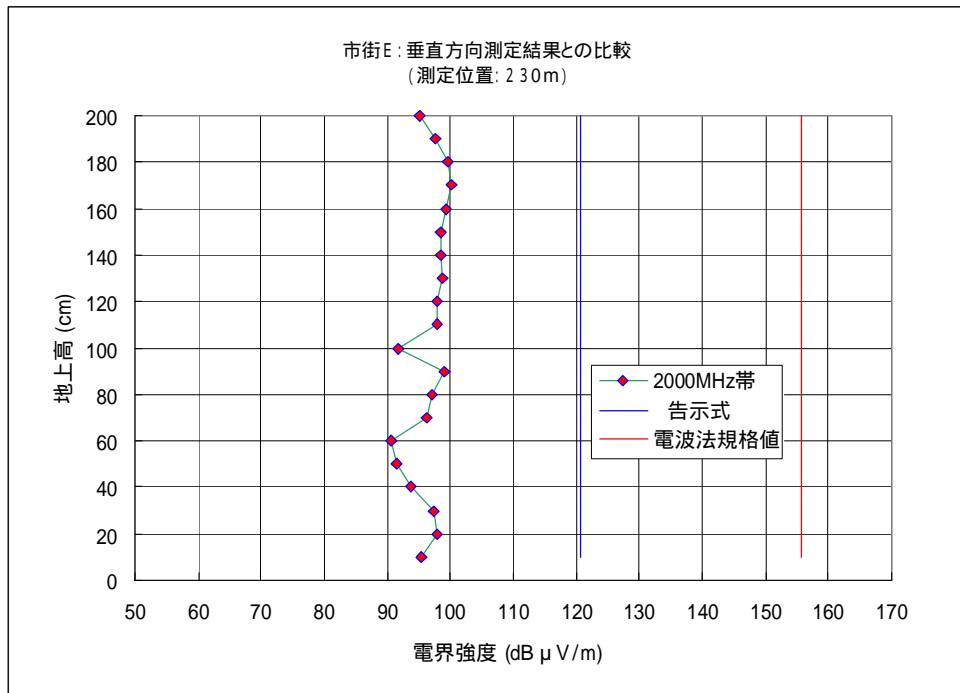


図 6.10-3 市街E 2000MHz帯

7 郊外と市街地の指向方向測定結果の比較

図 7.1 から図 7.3 に周波数帯毎に、郊外の各測定結果、市街の各測定結果を集約したものを示す。この結果を見る限り、郊外および市街地各々の測定値は色々な傾向を持っており、市街と郊外お互いに明確な差異があるという結果ではなかった。全体としての共通点は、各基地局とも基本的には近傍から遠方まで一様な強度を保つように設計配置されていることがあげられる。

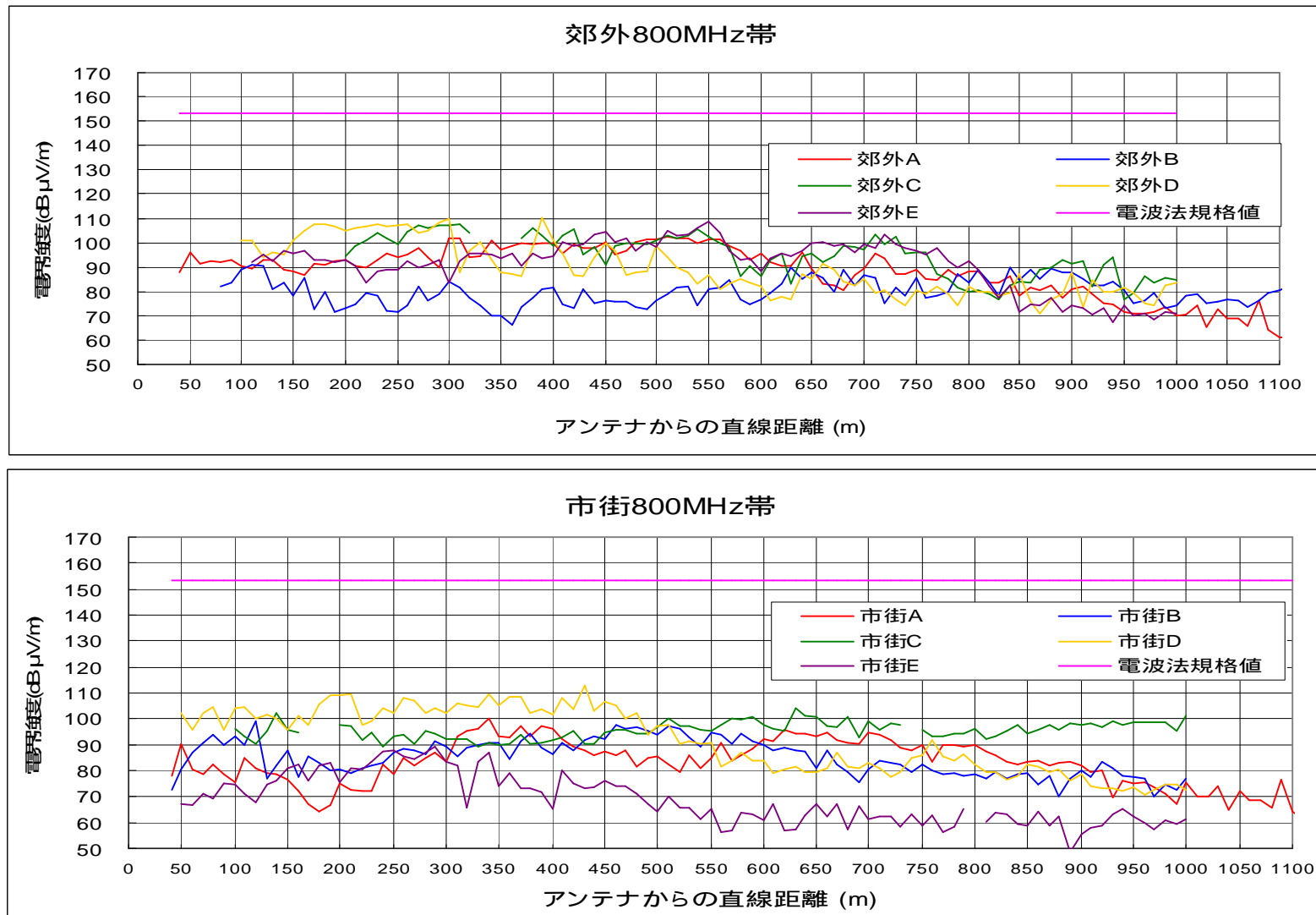


図 7.1 郊外と市街地の指向方向測定結果の比較 (800MHz帯)

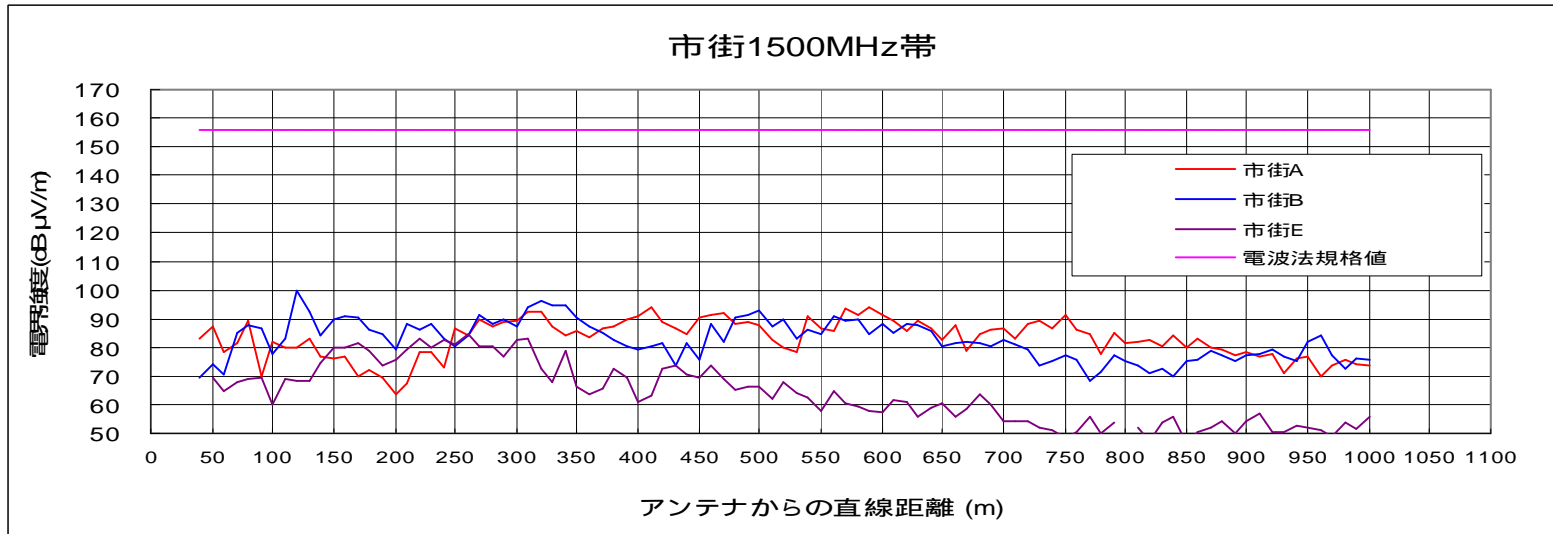
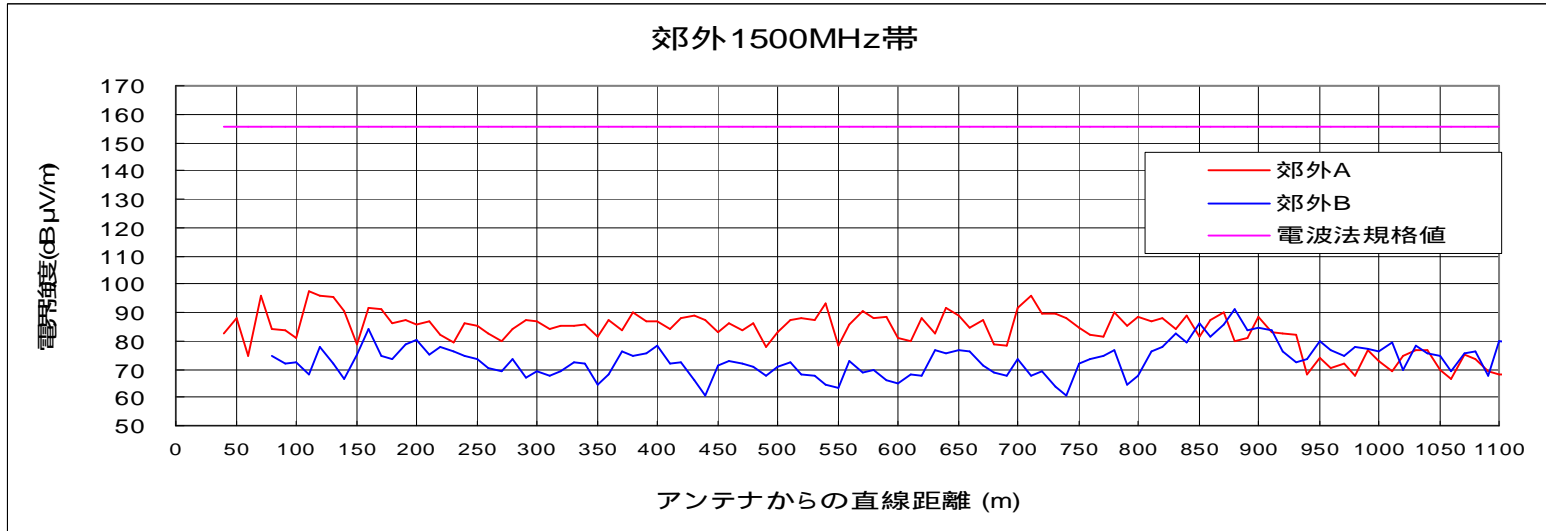


図 7.2 郊外と市街地の指向方向測定結果の比較 (1500MHz帯)

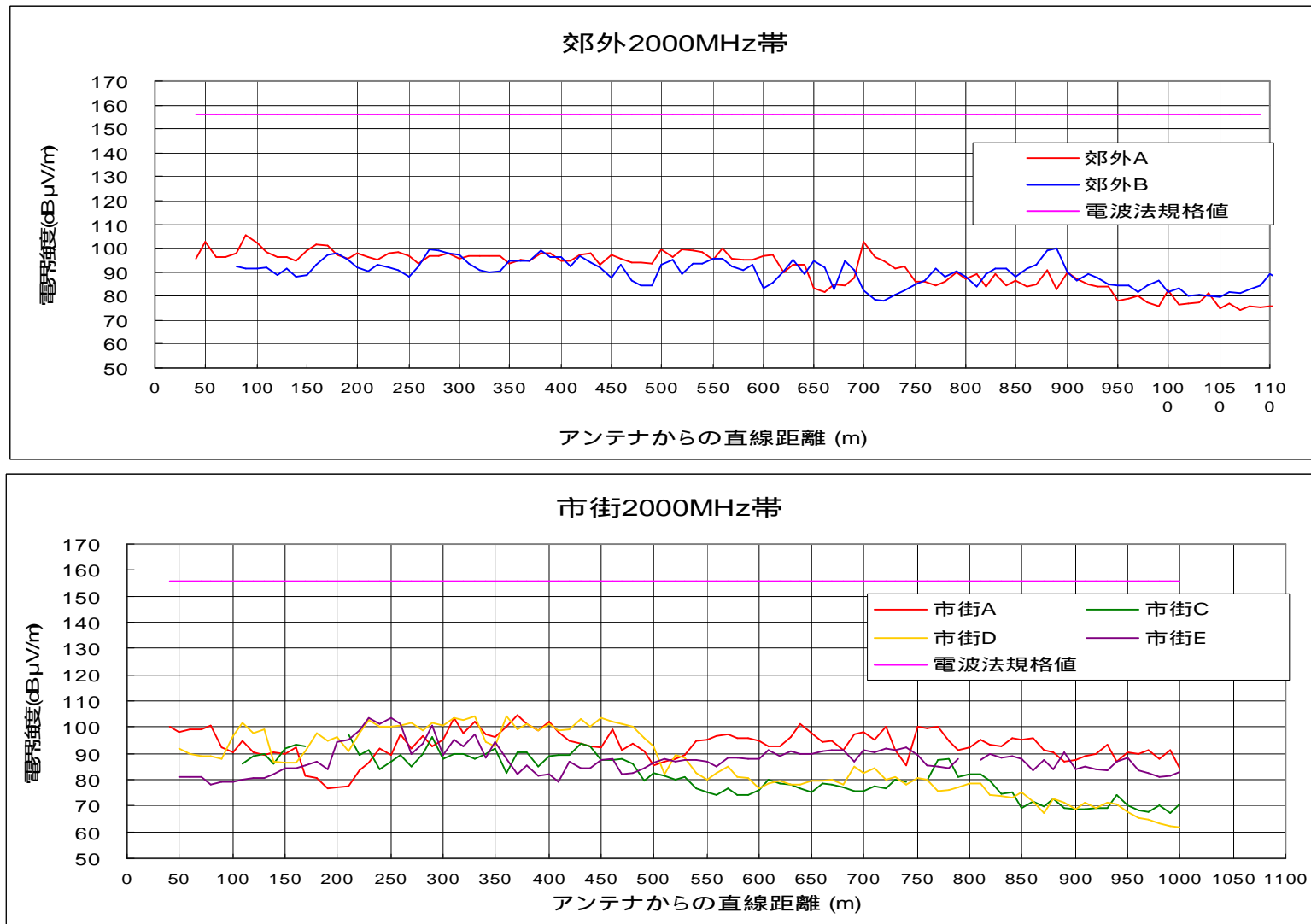


図 7.3 郊外と市街地の指向方向測定結果の比較 (2000MHz帯)

8 おわりに

関東地域に配置してある携帯電話基地局から発射される電波の電界強度測定を実施した。その結果の総括的な考察を以下に述べる。

(1) 対象とする基地局の選定

基地局の選定には、放射方向、アンテナ高、周波数帯等についての基地局所有者からの情報が不可欠である。さらに、基地局の配置環境により測定の可、不可の問題があり、対象局は相当限定されたものとなる。これらを総合して選定することが課題であった。

(2) 指向方向測定及びアンテナ直下の測定

指向方向測定は、各基地局から最長1000mまたは1400mの範囲で測定できた。これらは、告示の計算値との比較において、見通し位置ではかなり一致した傾向が得られている。指向方向測定においては、路上の環境により受信レベルが大きく左右されるが、このことが測定結果にも表れている。

指向方向測定における距離の決定は重要であるが、本測定では、地図上において概略把握を行い適用した。アンテナと受信点との直線距離の厳密な決定は、路上において測量する方法によることが望ましいが、その場合は相当の作業量を要するといえる。

アンテナ直下の測定結果は、全体として低いレベルとなっており、これは基地局アンテナの指向性によるものといえる。

(3) 垂直方向測定

指向方向測定結果の最大レベルの位置での垂直方向測定結果では、郊外の方が市街に比べて比較的単純な直接波と大地面反射波のみによる合成特性がみられた。

(4) 建物内測定

建物内測定は、建物所有者の了解のもとに行うことになるので、対象局はかなり限定的になる。今回は、市街D及び郊外Fの基地局について測定することができた。これも基地局所有者の協力無しには不可能である。

(5) 計算値について

本調査では、ほぼ1000mまでの範囲の電界強度の変化状況を把握するため、計算式として郵政省告示第300号の計算式を使用した。その結果、下記の点が明らかになった。

- ・ 空中線電力、空中線利得、ケーブル損失が妥当であれば、指向方向についての告示計算式による計算結果は全体として実測値よりも過大側となっている。

- ・ 垂直方向については、10 cmから2 mまで測定をおこなったが、告示計算式の計算結果と実測値が一部で同じ値となったほかは、全体として実測値が下回っていた。

謝辞：本測定に多大なるご協力を頂いた基地局所有者に深く感謝する。

付録1 アンテナ高の設定について

指向方向測定におけるアンテナ高は固定高で行うため、その高さを下記の様に選定した。

- ENELEC FprEN 50383:2001 は、アンテナの計算または測定による評価のみで、屋外測定法の記述はないが、FprEN 50400:2004 には計算法と屋外測定法が記述されており、ここでは測定ポイントにおいて1.1m、1.5m、1.7mの高さで評価値の中から最大値を採用する、と記述されており、1.5mが中間高として採用されている。
- ARIB TR-11の「4.4 電磁界強度測定法」中の「4.4.2.2 特定の空間を対象とする場合」の項の(2)に、「安全性の確認を行う際に電波防護指針の補助指針を適用する場合には、頭部及び目が位置する高さにおける電磁界強度も必要である」と記述されている。
- 電波法告示では、300MHz以上の測定値の空間平均を算定する場合には、地上高0.1mから2mまで0.1m間隔で測定した結果を使用する事になっているが、この場合の算術的な中間点は1.05mである。

以上の資料を参考として総合的に判断して、成人の頭部、目の高さを本調査で考慮することは意義があると判断した。(社)人間生活工学研究センター発行の「日本人の人体計測データ1992-1994」によれば、下表のようになっており、ここから男女合わせた平均頭部中心位置として**1.53m**が選択される。

	伸長 (mm)	全頭高 (mm)	頭部中心位置 (mm)
男性(20-24 歳)	1705	237.1	1586.45
女性(20-24 歳)	1582	221.6	1471.2

以上の結果から指向方向測定では、1.5mをアンテナ高とした。

付録2 CDMAのレベル算定

CDMA信号は基本的に不規則雑音と見なせる。ここで、全スペクトルを含む信号の変動を示す振幅を $x(t)$ 、帯域分割による各々の信号の振幅を $x_i(t)$ 、 $x(t)$ の一定時間区間の分散を $V(x(t))$ 、標準偏差を σ 、 $x_i(t)$ の分散を $V(x_i(t))$ 、標準偏差を σ_i とする。

CDMA変調信号 $x(t)$ を、 $x(t) = x_1(t) + x_2(t) + \dots + x_n(t)$ としたとき、任意の $x_i(t)$ と $x_j(t)$ は独立と見なせるので、

$$V(x(t)) = V(x_1(t)) + V(x_2(t)) + \dots + V(x_n(t))$$

となり、

$$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2$$

と表せる。

本調査では、スペクトルアナライザの最大値保持機能を使用しているため、分割された各帯域において任意の σ_i の k 倍（例えば正規分布ならば、 $k = 3$ で分布全体の 99.7% を含む正負両端のレベル）を振幅変動の最大値として測定しているといえる。したがって両辺を \sqrt{k} 倍して、

$$(k\sigma)^2 = (k\sigma_1)^2 + (k\sigma_2)^2 + \dots + (k\sigma_n)^2$$

すなわち、

$$k\sigma = \sqrt{(k\sigma_1)^2 + (k\sigma_2)^2 + \dots + (k\sigma_n)^2}$$

となる。これは、帯域分割した各々の最大値の二乗和の平方根を取れば、全スペクトルを含む信号の最大値が得られることを示している。

付録3 帯電話基地局周辺の電界強度測定方法と郵政省告示第300号との比較

電波強度の測定法

項目	告示300号	測定方法
(1)測定方法	ア 測定用空中線を測定点上方 10cm 以上 200cm 以下で走査し電波の強度の最大値を測定する。 空中線は送信空中線、大地等及び金属物体から 10cm 以上離れていること	同 左
	イ 注 電波の変調特性から、 6 分間未満で6分間の平均値が得られる場合は、適宜測定時間を短縮することができる。	
(2)測定高	10cm から 200cm まで 10cm 間隔で測定し、その空間平均値を求める。	多数の測定ポイントでの測定が必要であったため、距離特性最大の地点で各周波数において空間平均値との比較を行った。
(3)測定時の注意	ア 空中線の方角で指示値が最大になるように配置すること	受信アンテナは基地局に対し目視で方向をセットした。 10 度ずれても 0.5dB 程度のレベル低下であるため、問題はない。
	ウ 測定用空中線を上下方向に走査するときは、人体や偏波の影響が小さくなるように保持すること。	アンテナを保持する部品の材質は、FRPを使用しているため問題はない。
	オ 他の無線設備から発射される電波の影響がある場合、周波数同調型測定系をもちいること。	スペクトルアナライザを使用し、 RBW を適宜設定した。

引用文献

- (1) 郵政省告示第300号
- (2) FprEN 50383:2001、 FprEN 50400:2004
- (3) 電波産業会発行、ARIB TR-T11