

---

**Estimation of Received Signal Characteristics in Mobile  
Communication Environments**

Yoshikazu Asano

---

**要 旨**

移動通信環境におけるアンテナ特性の最適化は重要な問題である。この問題を解決するためには、受信電力やフェージングスペクトルなどの受信特性をアンテナの指向性を考慮して推定することが必要である。本論文では、受信特性をアンテナの指向性と到来波の角度分布（到来波分布）から推定する。到来波分布はここで提案する伝搬モデルを用いて推定される。そのモデルは伝搬経路周辺の環境をモデル化する伝搬環境モデル、および電波の伝搬経路をモデル化する伝搬経路モデルから構成される。伝搬環境モデルでは建物を

垂直導体平板で近似し、さらに道路幅、交差道路間隔などを平均化して、実際の伝搬環境を単純化して取り扱う。また伝搬経路モデルでは反射波や回折波だけでなく散乱波も含めて伝搬経路を決定している。この伝搬モデルを用いて推定した到来波分布が測定値の傾向を良く表すことを示し、提案したモデルが到来波分布の推定に有効であることを明らかにする。さらに、アンテナの指向性と推定した到来波分布とから求めた受信特性が測定値と良く一致することを示す。

---

**Abstract**

The optimization of mobile antenna's performances in mobile communication environments is an important problem. To solve the problem, it is necessary that received signal characteristics, such as the received power and the fading spectrum, can be estimated considering the radiation pattern of the antenna. In this paper, the received signal characteristics are estimated from the radiation pattern and the angular probability density distribution of wave arrival. The distribution is estimated using a propagation model proposed here. The propagation model consists of both the

environmental model to simulate surroundings of radio wave's propagation paths and the path model to simulate propagation paths. It is shown that the tendency of the measured distribution is well estimated using the propagation model. The propagation model is useful for estimating the angular probability density distribution of wave arrival. Furthermore, it is verified that the received signal characteristics obtained from both the radiation pattern and the estimated angular probability density distribution of wave arrival agree with the measured results.

---

**キーワード**

移動通信, 電波伝搬, 自動車アンテナ, 到来波分布, 受信電力, フェージングスペクトル

## 1. まえがき

近年の移動通信の発展はめざましく、様々な移動通信システムが実用化されている。自動車においてこれらのシステムを利用する場合、現状ではそれぞれのシステムに対応したアンテナを新たにに取り付ける必要があり美観上や防犯上などの問題が指摘されている。このような問題の解決策として、各種アンテナの統合化や車室内設置、アンテナと車体形状との一体化など、自動車を製造する段階で移動通信用のアンテナを設置する方法が最良と考えられる。このような方法を実現するためには、自動車を設計する段階においてアンテナも設計できることが要求され、受信電力やフェージングスペクトルなどの受信特性を自動車の設計段階において推定できるようにすることが必要となる。

受信特性の推定には、アンテナの指向性および建物やその配置状況などの伝搬経路周辺の環境（伝搬環境）を考慮する必要があり、アンテナの指向性と到来波の角度分布（到来波分布）とから受信特性を推定する方法<sup>1)</sup>を用いるのが最良と考えられる。しかしながら、このような方法を用いるためには、自動車の設計段階において自動車に取り付けたアンテナの指向性が推定できること、実際の伝搬環境に対して到来波分布が推定できることが必要となる。

車載アンテナの指向性は車体に大きく影響される。このような影響を考慮して、自動車に取り付けたアンテナの指向性を自動車の設計段階において予測する手法は既に提案され、その有効性が確認されている<sup>2,3)</sup>。一方、到来波分布を求める方法として、鋭い指向性を有するアンテナを用いた測定結果から推定する方法<sup>4)</sup>、方位角に対して一様分布し、かつ仰角方向においてガウス分布する到来波分布を用いる方法<sup>5)</sup>が提案されている。前者の方法はレベルクロス回数の推定に用いられ、その結果は測定値と良好な一致を示すことが報告されている<sup>4)</sup>。しかしながら、任意の環境に対して到来波分布を求めることは容易ではない。また、後者は、仰角方向のガウス分布を決定する標準偏差および最大方向などの値と実際の伝搬環境との関係が明確でないこと、および方位角に対する分布を一様分布に限定していることから、必ずしも任意の環境に適用できる方法とはいえない。以上のことから、自動車の設計段階における受信特性の推定を可能にするためには、実際

の伝搬環境を考慮して到来波分布を推定できるようにする必要がある。さらに、その到来波分布から受信特性が推定できることを確認することも必要である。

本論文では、まず実験により到来波分布の特徴を明らかにする。次に、実験結果に基づいて、到来波分布の推定に適する伝搬モデルを提案する。そして、このモデルを用いて到来波分布を推定し、測定値と比較することにより伝搬モデルの有効性を明らかにする。さらに、アンテナの指向性と推定された到来波分布とから受信特性が良好に推定できることを、実験により検証する。

## 2. 市街地における到来波パターンの測定

到来波分布の特徴を明らかにするため、方位角に対する到来波分布（到来波パターン）を種々の仰角に対して測定した。

### 2.1 測定方法

測定は1.2GHz帯の垂直偏波を用いて、基地局送信・移動局受信で行った。移動局にはワゴンタイプの自動車を用い、その屋根（地上高約3mの位置）に17素子八木アンテナを取り付けた。このアンテナはFig.1に示すE面内およびH面内指向性を有し、ダイポールアンテナに対する利得は15dB、半値幅はEおよびH面内とも24°、FB比は19dBである。このアンテナの仰角を0°（水平方向）から60°まで15°間隔で変えて、それぞれの仰角でアンテナを方位角方向に360°回転し、5つの到来波パターンを測定した。この測定を以下に示す測定コース上の約200ヶ所で行った。

測定コースとして、Fig.2に示す名古屋市栄地区の6つの通りを選んだ。栄地区は名古屋市において高層の

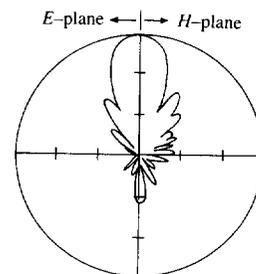


Fig.1 E-plane and H-plane patterns of 17-element Yagi antenna (10dB/div).

建物が最も多い地域である。各コースの道路角 ( Street angle ) , 道路幅およびその全長をTable1に示す。ここで、道路角  $\psi$  は受信点における基地局方向と道路方向とのなす角 ( $0^\circ \leq \psi < 90^\circ$ ) である。道路幅は道路を隔てた建物間の距離とする。また、測定コースは道路角の小さい縦コースと大きい横コースに分けられる。

2.2 測定データの処理方法

自動車用アンテナの設計においては、瞬時的な到来波パターンではなく走行道路上の500mから1km程度の区間 ( 推定区間 ) における平均的な到来波パターンがわかれば十分と考えられる。そこで、ここでは次式を用いて平均的な到来波パターン  $\bar{R}_i(\theta, \phi)$  を求める。

$$\bar{R}_i(\theta, \phi) = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{j=1}^n [R_{ij}(\theta, \phi)]^2} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、

$R_i$  :  $i$  コースにおける平均的な到来波パターン

$R_{ij}$  :  $i$  コースの  $j$  地点における到来波パターン

$\theta$  : 仰角

$\phi$  : 方位角

$n$  :  $i$  コースにおける測定地点の総数

なお、方位角は縦および横コースについて、それぞれ東および北向きに測定コースに沿う方向を基準 ( $0^\circ$ )

として時計回りに表す。また以下、測定コースの道路に沿う方向を道路方向、測定コースと直交する方向を直交方向とそれぞれ表すこととする。

2.3 測定結果

Fig.3およびFig.4にそれぞれ縦コースおよび横コースにおける仰角  $0^\circ, 30^\circ$  および  $60^\circ$  の平均的な到来波パターンを示す。同図において上方向が方位角  $0^\circ$  方向を示す ( 上下方向が道路方向、左右方向が直交方向 )。縦コースと横コースとでは平均的な到来波パターンに顕著な違いが見られる。しかしそれぞれのコース内では、通りによって道路幅や建物分布などが異なっているにもかかわらず、よく似たパターンを示す。

縦コースにおいては主に道路方向の低仰角から電波が到来する傾向が顕著である。一方、横コースにおいては縦コースのように特定の方向から集中的に電波が到来する傾向は見られないが、低仰角では道路方向および直交方向から電波が到来する傾向が見られる。

以上の結果から、1km程度の区間における平均的な到来波分布は道路角に強く依存するが、それに比べて道路幅や建物分布などの影響は小さいといえる。なお、この傾向は電界強度、フェージング周期、空間相関、周波数相関などの伝搬特性においても観測されている<sup>6)</sup>。

3. 伝搬モデルの提案

前章で述べたように到来波分布は道路角に強く依存するので、到来波分布の推定には道路角による変化を考慮することが不可欠である。池上らが提案しているレイモデル<sup>7)</sup>はこのような現象を表すのに適するが、これを到来波分布の推定に適用する場合、次の2つの問題がある。

任意の伝搬環境に対してレイパスを決定することは容易ではない。

レイモデルでは横コースにおける道路方向からの到来波を考慮することができない<sup>8)</sup>。

これらの問題を解決するため、伝搬環境モデル、およびレイモデルを拡張した伝搬経路モデルから成る伝

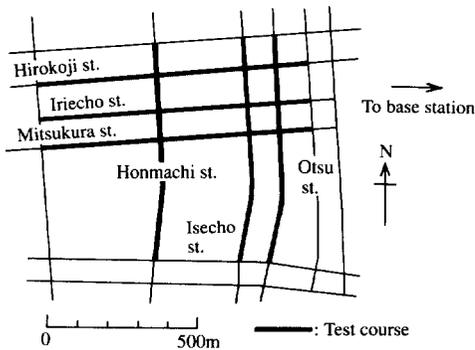


Fig.2 Map of test course.

Table 1 Dimensions of test course.

	Hirokoji st	Iriecho st.	Mitsukura st.	Otsu st.	Isecho st.	Honmachi st.
Street angle (deg)	5	5	5	80 ~ 90	80 ~ 90	85 ~ 90
Street width (m)	30	15	20	35	15	20
Course length (m)	960	960	960	780	780	740

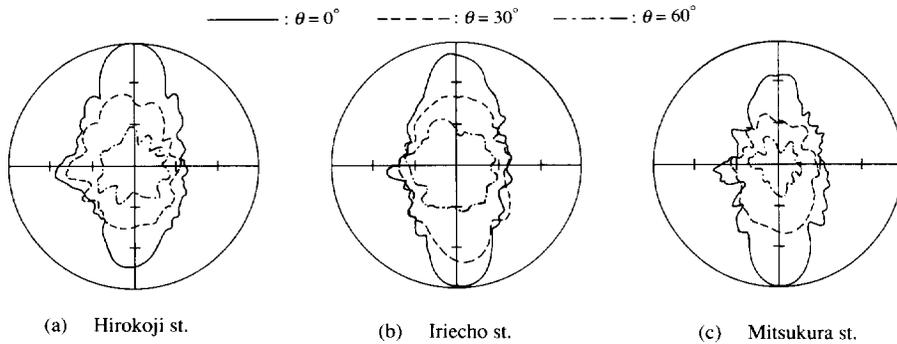


Fig.3 Direction patterns of wave arrival measured on Hirokoji, Iriecho and Mitsukura streets (10dB/div).

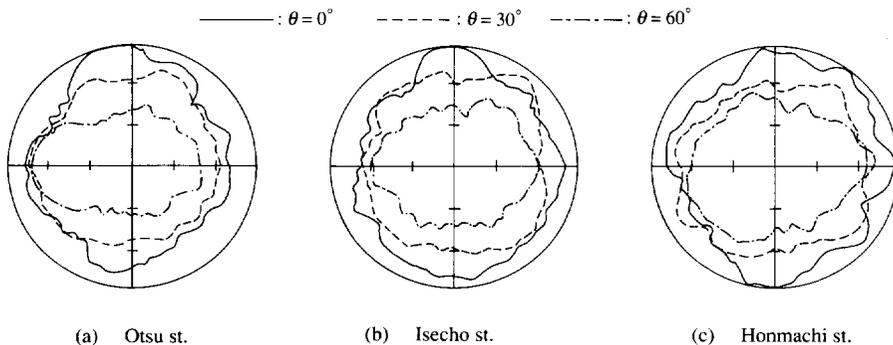


Fig.4 Direction patterns of wave arrival measured on Otsu, Isecho and Honmachi streets (10dB/div).

搬モデルを提案する。

### 3.1 伝搬環境モデル

ここでは、建物が道路に沿って存在し、距離  $L_i$  ごとに交差道路があるFig.5に示すような環境を考える。なお同図において走行道路幅を  $Wab_i$ 、交差道路幅を  $Wc_i$  とする。このような環境をFig.6のようにモデル化する。建物は道路に面する垂直導体平板で置き換え、その高さを走行道路の両側それぞれで一定の値、 $Ha$ および $Hb$ とする。また、交差道路は走行道路に直交し、交差道路間隔  $L$ 、走行道路幅  $Wab$ および交差道路幅  $Wc$ は推定区間内におけるそれぞれの平均値とする。さらに長さ  $L$ の区間が走行道路方向に無限に繰り返すと仮定する。

以上のようなモデル化により、伝搬環境は  $Ha$ 、 $Hb$ 、 $Wab$ 、 $Wc$ および  $L$ のパラメータ（伝搬環境パラメータ）によって近似的に表される。

### 3.2 伝搬経路モデル

送信点から受信点までの電波の伝搬経路を、Fig.7に示すように送信点から建物屋上の回折点までの経路1

と建物屋上の回折点から受信点までの経路2とに分けて考える。なお、回折は推定区間内に存在する建物の屋上で1回だけ生ずると仮定する。

#### 3.2.1 経路1

経路1は見通し内伝搬であると考えられる。実際には基地局からの直接波以外に、周辺に存在する高層建物の壁面で反射し到来する波が考えられる。このような波については、高層建物を2次放射源と見なせばよい。

#### 3.2.2 経路2

経路2の伝搬経路を池上らの提案するレイモデルを用いてモデル化する。なお、ここでは道路両側の建物壁面での散乱波も反射波や回折波など同様に伝搬経路のモデル化において考慮する。つまり、ある方向から受信点に到来する単位立体角当りの散乱波電力が、その方向からのレイパス上を伝搬してくると考える。ここで、回折、反射および散乱は走行道路沿いの建物の屋上、壁面においてだけでなく、Fig.8の伝搬経路の例に示すように交差道路沿いの建物の屋上、壁面にお

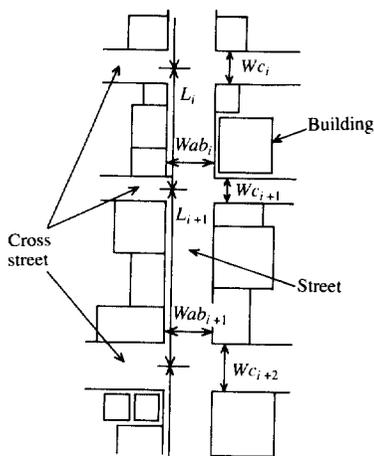


Fig.5 Rows of buildings in urban area.

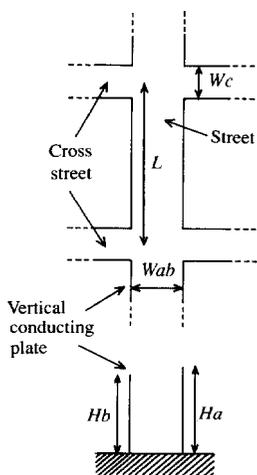


Fig.6 Environmental model to simulate surroundings of radio wave's propagation paths.

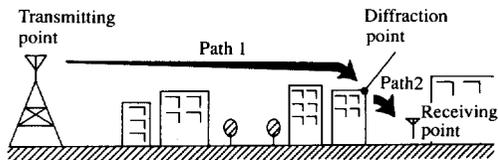


Fig.7 Propagation path from transmitting point to receiving point.

いても生ずるとしている。ただし、散乱の後、さらに回折、反射または散乱することがないとする。また、考慮する反射の回数は2回までとする。そこで、伝搬経路モデルにおいて考慮すべき経路は次のようにまとめられる。

回折  $n$  回反射  $m$  回散乱

$$(n = 0, 1, 2; m = 0, 1; n + m = 2)$$

以上のように、伝搬経路モデルに散乱波の寄与を加えることによって、横コースにおいて見られる道路方向からの到来波を考慮することができる<sup>8)</sup>。

この伝搬モデルを用いることにより、任意の伝搬環境に対して送受信点間の伝搬経路を容易に表すことができる。従って、各経路間の路長差を知ることができ、このモデルは到来波の強度だけでなく遅延時間に関する分布の推定にも適用できると考えられる。

#### 4. 到来波分布の推定方法

伝搬モデルにおける座標系をFig.9に示す。モデル化された環境では、 $x$  軸上の任意の受信点  $x$  に至る伝搬経路と到来方向  $(\theta, \phi)$  を求めることができる。また到来波の強度（電力）はそれぞれの伝搬経路について、

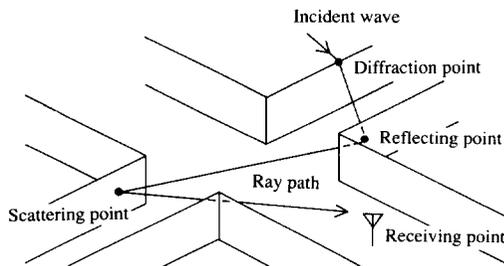


Fig.8 An example of ray path considered in urban propagation model.

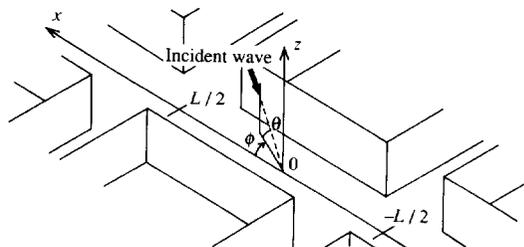


Fig.9 Coordinate system for urban propagation model.

基地局の放射電力，自由空間伝搬損失および回折点から受信点までの間で生ずる損失（回折損  $L_d$ ，反射損  $L_r$ ，散乱損  $L_s$ ）を考慮して計算できる。ここで， $L_d$  はナイフエッジでの回折を仮定して求める。 $L_r$  は，壁面の凹凸を考慮して入射角による変化を無視し，一定の値8dBとする。この値は，壁面の材質をコンクリートと仮定しその比誘電率を  $5.5 - j 0.32$  として<sup>9)</sup>，法線方向から電波が入射した場合に対して計算したものである。また， $L_s$  は完全拡散を仮定して求める。

大地反射を考慮するために，負の仰角方向（ $-90^\circ < \theta < 0^\circ$ ）からの到来波の強度を次式により計算する。

$$E(x, -\theta, \phi) = |R_g|^2 \cdot E(x, \theta, \phi) \quad (0^\circ < \theta < 90^\circ) \dots\dots\dots (2)$$

ここで， $R_g$  は大地の反射係数であり，大地の比誘電率を  $5 - j 0.014$  として<sup>10)</sup> 計算する。以上のような手順で，受信点の位置および到来方向を変数とする到来波の空間的な強度分布  $E(x, \theta, \phi)$  が計算できる。

伝搬モデルでは，交差点間の長さ  $L$  の区間が  $x$  軸方向に無限に繰り返されると仮定している。従って，長さ  $L$  の区間でこの強度分布  $E$  を平均し，全空間における積分値が1となるように規格化することにより，到来波分布  $P(\theta, \phi)$  が次式により計算できる。

$$P(\theta, \phi) = \frac{\int_{-L/2}^{L/2} E(x, \theta, \phi) dx}{\int_0^{2\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-L/2}^{L/2} E(x, \theta, \phi) dx \cos \theta d\theta d\phi} \dots\dots\dots (3)$$

5．到来波分布の推定結果と測定結果の比較

到来波分布は道路角に強く依存するので，ここでは道路角が5°の広小路通りおよび85°の大津通りについて，推定結果と2章で示した平均到来波パターンを比較する。推定した到来波分布を基に測定用アンテナの指向性を考慮して仰角0°から60°までの15°間隔の各仰角における到来波パターンを求め，これらを改めて到来波分布の推定値とする。

広小路通りおよび大津通りにおける到来波分布の比較結果をそれぞれFig.10およびFig.11に示す。測定値および推定値ともそれぞれの最大値で規格化し，図の上

下方向が道路方向となるように表している。なお推定値を求める際，伝搬環境パラメータとしてTable2に示す値を用いた。ここで， $Ha$ ， $Hb$ は経験的に，推定区間内の道路に面した建物について求めた建物高分布の累積70%値とした。

広小路通りにおける推定値は，道路方向の低仰角から集中的に電波が到来している傾向をよく表している。一方，大津通りにおいては，仰角0°の場合に推定値が測定値より小さいが，低仰角で見られる道路方向および直交方向から電波が到来する傾向，さらに高仰角で直交方向から到来する傾向がよく示されている。

以上の比較から，提案した伝搬モデルを用いて，道路角が小さい場合だけでなく道路角が大きい場合においても到来波分布の傾向が良好に推定できることがわかる。

6．受信特性の推定方法

6.1 受信電力の推定

受信電力 $Pre$ は受信アンテナの電力利得指向性  $G(\theta, \phi)$  と到来波分布の推定結果  $P(\theta, \phi)$  とから，式(4)を用いて求めることができる<sup>11)</sup>。

$$Pre = P_{iso} \cdot \int_0^{2\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} G(\theta, \phi) \cdot P(\theta, \phi) \cos \theta d\theta d\phi \dots\dots\dots (4)$$

ここで， $P_{iso}$ は等方向性アンテナを用いて得られる受信電力で，式(5)を用いて計算できる。

$$P_{iso} = \int_0^{2\pi} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-L/2}^{L/2} E(x, \theta, \phi) dx \cos \theta d\theta d\phi \dots\dots\dots (5)$$

6.2 フェージングスペクトルの推定

フェージングスペクトルは受信信号の包絡線変動の周波数分布を示すもので，最大ドップラーシフト  $fm$  の2倍の周波数までのスペクトルを有する。フェージングスペクトルは，入力スペクトル  $S(f)$  の自己畳み込みにより求められる<sup>1)</sup>。ここで， $S(f)$  は以下のように計算できる。なお，積分領域  $\sigma$  は  $f = fm \cdot \cos \theta \cos \phi$  を満たす範囲とする。

$$S(f) = \int_{(\sigma)} G(\theta, \phi) \cdot P(\theta, \phi) \cos \theta d\theta d\phi \dots\dots\dots (6)$$

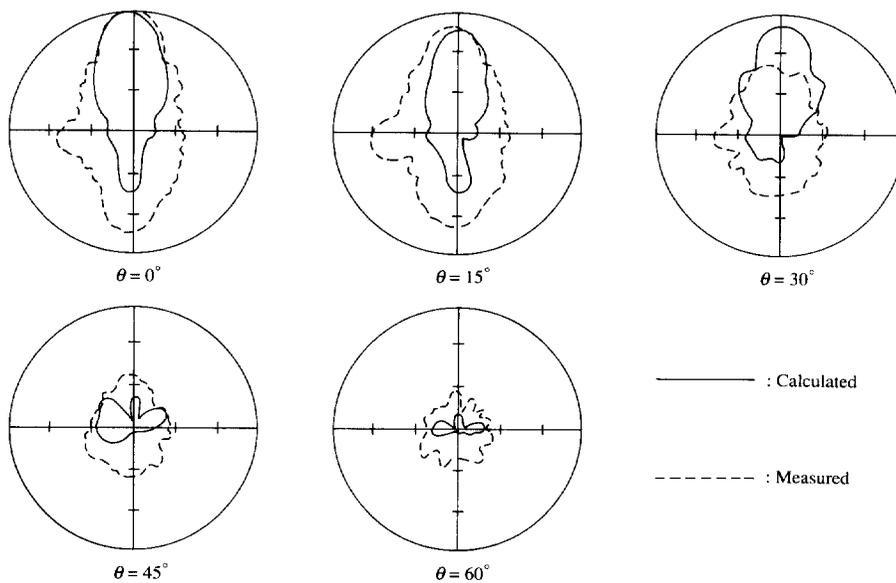


Fig.10 Comparison of estimated and measured angular probability density distributions of wave arrival on Hirokoji street (10dB/div).

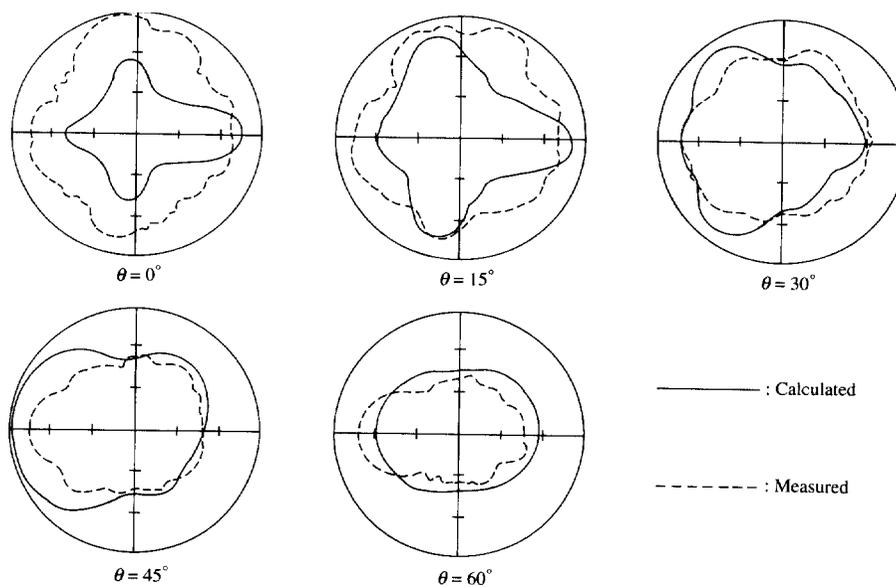


Fig.11 Comparison of estimated and measured angular probability density distributions of wave arrival on Otsu street (10dB/div).

Table 2 Values of environmental parameters.

	Hirokoji st	Otsu st.
$H_a$ (m)	44	30
$H_b$ (m)	33	31
$W_{ab}$ (m)	30	35
$W_c$ (m)	20	10
$L$ (m)	107	99
$\psi$ (deg)	5	85

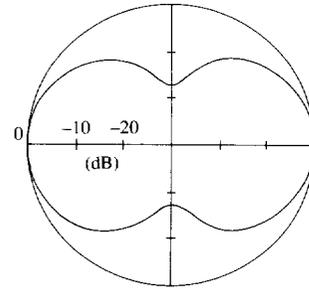


Fig.12 Horizontal radiation pattern of two-direction antenna.

Table 3 Comparison between estimated and measured received power.

Antenna	Test course	Calculated (dBm)	Measured (dBm)	Error (dB)
Dipole	Hirokoji st	-92.4	-94.7	2.3
	Otsu st.	-97.4	-99.3	1.9
Two-direction (parallel)	Hirokoji st	-89.6	-91.2	1.6
	Otsu st.	-96.8	-97.2	0.4
Two-direction (perpendicularly)	Hirokoji st	-104.5	-100.3	-4.2
	Otsu st.	-95.1	-98.7	3.6

## 7. 受信特性の推定結果と測定結果の比較

水平面内の指向性が互いに異なる受信アンテナについて、そのアンテナによる受信特性の推定結果と測定結果とを比較する。

### 7.1 測定方法

受信特性の測定は、2章で述べた到来波パターンの測定と同様に、1.2GHz帯の垂直偏波を用いて基地局送信・移動局受信で行った。移動局にはセダンタイプの自動車を用い、その屋根（地上高約1.5mの位置）にダイポールアンテナおよび双方向指向性アンテナを取り付けた。双方向指向性アンテナはFig.12に示す指向性を有し、水平面内におけるダイポールアンテナに対する利得は2.5dBである。なお双方向指向性アンテナに対しては、ビーム方向を走行道路方向（前後方向）およびそれと直交する方向（左右方向）に向けた2つの場合について測定を行った。

測定コースは、到来波分布の推定結果と測定結果との比較を行った広小路通りおよび大津通りとした。

### 7.2 受信電力の推定結果と測定結果の比較

受信電力の推定値と測定値とを比較した結果をTable3

にまとめて示す。なお推定値を求める際、伝搬環境パラメータとして、到来波分布の推定の場合と同様に、Table2に示す値を用いた。

双方向指向性アンテナ（左右方向）を用いた場合に推定誤差が若干大きくなっているものの、ダイポールアンテナおよび双方向指向性アンテナ（前後方向）の場合には推定誤差は小さく、良好な推定結果が得られている。また推定値は、広小路通りにおいて受信アンテナの指向性の違いにより受信電力が10dB程度変化する傾向、および大津通りにおいて指向性による受信電力の変化が小さくなる傾向をよく表している。これらのことから、アンテナ指向性および測定コースの違いによる受信電力の変化を受信電力の推定結果に基づいて十分把握することができると考えられる。

### 7.3 フェージングスペクトルの推定結果と測定結果の比較

Fig.13, Fig.14およびFig.15はそれぞれ受信アンテナにダイポールアンテナ、双方向指向性アンテナ（前後方向）および同アンテナ（左右方向）を用いた場合のフェージングスペクトルの推定結果と測定結果とを比較したものである。なお、周波数軸は  $f_m$  の2倍の周波

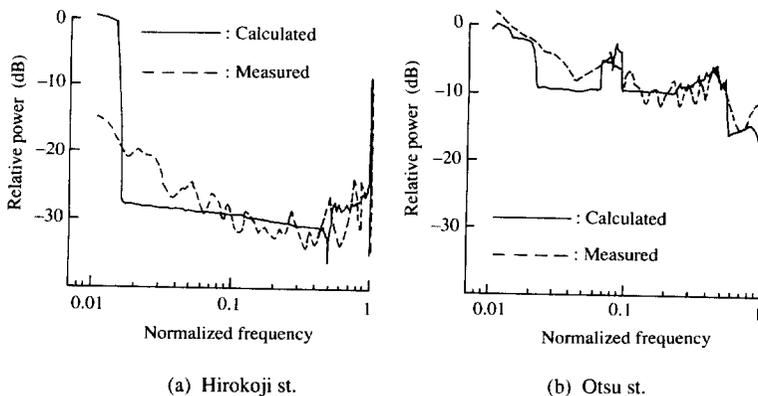


Fig.13 Comparison between estimated and measured fading spectra in case of dipole antenna.

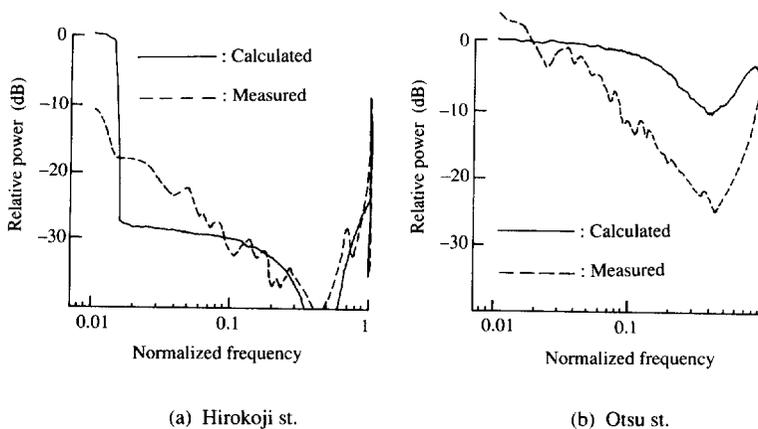


Fig.14 Comparison between estimated and measured fading spectra in case of two-direction antenna directed parallel to direction of street.

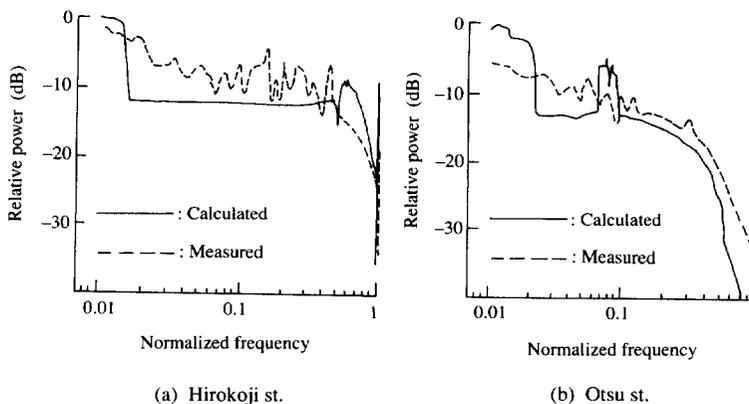


Fig.15 Comparison between estimated and measured fading spectra in case of two-direction antenna directed perpendicularly to direction of street.

数で規格化している。フェージングスペクトルはビット誤り率と密接な関係にあり<sup>1,2)</sup>、デジタル移動通信の品質を検討する上で重要と考えられる。

いずれのアンテナを用いた場合においても、推定値は測定値の傾向をよく表している。従って、フェージングスペクトルの推定値から、アンテナ指向性および測定コースの違いによる実際のフェージング発生状況の変化を十分把握できると考えられる。

以上のことから、アンテナの指向性と伝搬モデルを用いて推定した到来波分布とから受信電力およびフェージングスペクトルが良好に推定できることが確かめられた。

## 8. むすび

自動車の設計段階において受信特性を推定するためには、実際の伝搬環境を考慮した到来波分布の推定が必要である。そこで、まず到来波パターンの3次元的な測定を行い、到来波分布の特徴を調べた。その結果、平均的な到来波分布は道路角に強く依存することが明らかになった。

この実験結果に基づいて、平均的な到来波分布を推定するための伝搬モデルを提案した。この伝搬モデルを用いることにより、任意の伝搬環境に対して散乱波の影響も考慮して、走行道路上の平均的な到来波分布を推定することができる。

次に、提案した伝搬モデルを用いて到来波分布を推定し、測定結果と比較した。その結果、道路角が小さい場合だけでなく道路角が大きい場合でも到来波分布の傾向をよく推定できることが明らかになった。このことから伝搬モデルは到来波分布の推定に有効であることが確認できた。

さらに、受信特性の推定結果と測定結果との比較を通して、アンテナの指向性と推定された到来波分布とから受信特性が良好に推定できることを確認した。

今後、提案した伝搬モデルを用いて、移動通信に適する自動車アンテナの指向性を明らかにするとともに、その結果を車載アンテナの設計に役立てていく。

最後に、システム2部高橋部長、情報通信研究室山中室長には日頃御指導頂き、また、移動通信グループ西川グループリーダーには本研究に対し熱心に御討議頂き数々の有益な御意見を頂いた。さらに、通信システムグループ柴田、移動通信グループ藤元の各氏に実

験に協力して頂いた。

## 参 考 文 献

- 1) Clarke, R. H.: "A Statistical Theory of Mobile-Radio Reception", Bell Syst. Tech. J., 47 (1968), 957
- 2) 西川訓利: "自動車に取り付けられたモノポールアンテナのワイヤグリッド法による特性解析", 電子通信学会論文誌B, J66-B-7 (1983), 845
- 3) 西川訓利, 浅野孔一: "車載アンテナのUHF帯における特性解析", 電子通信学会論文誌B, J69-B-4 (1986), 388
- 4) Lee, W. C. Y.: "Finding the Approximate Angular Probability Density Function of Wave Arrival by Using a Directional Antenna", IEEE Trans. Antennas & Propag., AP-21-3 (1973), 328
- 5) 多賀登喜雄: "陸上移動通信環境におけるアンテナ利得推定法", 電子情報通信学会技術研究報告, AP87-78, (1987), 25
- 6) 池上文夫, ほか2名: "移動通信の多重波フェージングにおけるアンテナ指向性の効果", 電子通信学会論文誌B, J68-B-3 (1985), 403
- 7) Ikegami, F. and Yoshida, S.: "Analysis of Multipath Propagation Structure in Urban Mobile Radio Environments", IEEE Trans. Antennas & Propag., AP-28-4 (1980), 531
- 8) 浅野孔一, ほか4名: "市街地における電波到来方向の3次元測定", 電子情報通信学会技術研究報告, AP87-76, (1987), 13
- 9) 水戸部茂, 伊藤士郎: "建築用コンクリート壁面材のVHFテレビ電波反射特性", NHK技研月報, 17-3 (1974), 103
- 10) 電子通信学会編: アンテナ工学ハンドブック, (1980), 709, 電子通信学会
- 11) Jakes Jr., W. C., et al.: "Microwave Mobile Communications", (1974), John Wiley & Sons
- 12) 浅野孔一, ほか3名: "移動通信環境でのビット誤り率解析に関する一検討", 1989年電子情報通信学会秋季全国大会講演論文集 分冊2, (1989), 2-197

## 著 者 紹 介



浅野孔一 Yoshikazu Asano

生年: 1957年。

所属: 情報通信研究室。

分野: 移動通信環境におけるアンテナ特性の最適化および無線LANの性能解析に関する研究。

学会等: 電子情報通信学会会員。