

電界強度時間変動の距離依存性

Distance Dependence on Time-dependent Signal Strength Fluctuation of Radio Propagation

幸谷 智 小林岳彦 三輪 進

Satoshi Kouya, Takehiko Kobayashi, and Susumu Miwa

東京電機大学

Tokyo Denki University

1. まえがき

電波伝搬における電界強度変動は、移動によって生じる距離変動成分と、静止状態でも存在する時間変動成分の重畳分布になると考えられる。筆者らは、これらを分離してモデル化を行い、周囲の地形や交通などの物理量をパラメータとして電界強度変動を記述することを目標としている。過去に時間変動はガンマ分布に従うことを報告した [1][2]。しかし実験装置の性能による制限があったり、実測した地点の選び方が不適切であったため、この分布のパラメータと送受信間距離の関係が明らかにすることができなかった。今回は、高速にデータ取得のできるシステムを用いて、3種類の距離で実測を行い、その結果、距離によるパラメータの傾向を確認したので、これを報告する。

2. ガンマ分布モデル

受信点に到達するある経路を伝搬してくる電波の電界強度は、さまざまな干渉を経た結果、レイリー分布に従う。このとき受信電力は式 (1) によるレイリーパワー分布に従う。

$$p(\sigma) = \frac{1}{x} \exp\left(-\frac{\sigma}{x}\right) \quad (1)$$

ただし σ は電力、 x は微小時間での平均電力である。受信点では複数の経路からの入射波が重畳するが、それぞれの経路内における干渉は、経路により異なる。すなわち独立であると考えられるので、これらの入射波はインコヒーレントで、その電界強度はレイリーパワー分布の和分布であるガンマ分布となると考えられる。

$$p(\sigma) = \frac{1}{\Gamma(\nu)b^\nu} x^{\nu-1} \exp\left(-\frac{\sigma}{x}\right) \quad (2)$$

ここで ν は形状パラメータ、 b は尺度パラメータと呼ばれ、それぞれ入射波の数、入射波の電力に対応している。同様の変動は異なる経路を通過したレーザー光でも観測されており、

連絡先：

〒 101-8457 東京都千代田区神田錦町 2-2

東京電機大学 工学部 情報通信工学科 ワイヤレスシステム研究室

幸谷 智 電話 03-5280-3839 mail: kouya@c.dendai.ac.jp

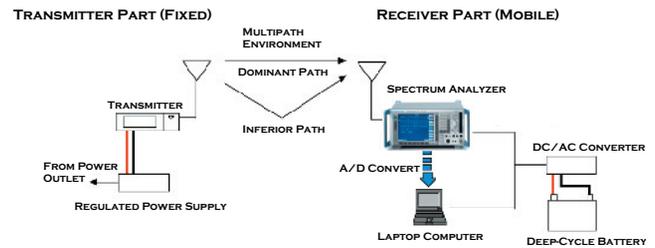


図 1. 実験機器の構成

Fig.1 Measurement system

この場合もガンマ分布に従うことが報告されている [3]。なお今回の実験では受信電力較正を行っていないので尺度パラメータは検討していない。

送受信間の距離を微小に変化させて、距離による変動を観測した場合、弱くなった場所では相関のある成分が相殺しあった状態となるため、 ν は小さくなり、電界強度が大きくなる方向へ動かしていくと ν は大きくなっていくと考えられる。 ν が大きくなることは、入射波が多いことを示しており、これが無限になると中心極限定理からガウス分布となる。また $\nu=1$ はレイリー分布を表している。

入射経路の多寡は ν に反映されるので、同じ環境であれば距離が大きいほど、入射経路の数が少なくなり、これにより ν も小さくなると考えられる。

3. 測定条件

実験は東京都千代田区神田においておこなった。実験機器の構成は図 1 の通りで、使用周波数帯は 1.3GHz で出力 40dBm、受信装置はスペクトラムアナライザの出力を 0.01ms/sample で A/D 変換し PC に取りこんでいる。送信機側を固定して、受信側を移動すると時間変動の少ない（相関のある）成分の干渉のため受信電界が変動する。この受信電界が大きくなった部分を山部、落ち込んだ部分を谷部、そしてそれらの中間的な部分を中間部と呼ぶことにする。各部において受信側を固定して、時間変動特性を取得した。また送受信間の距離は約 70m、約 300m、約 430m の三ヶ所で測定した。

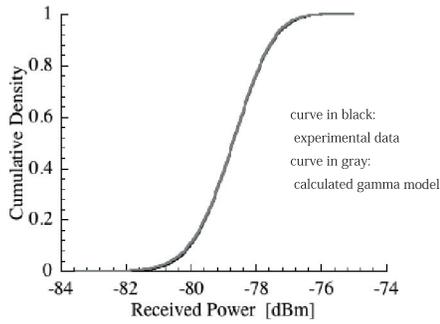


図2. 近距離での距離変動谷部の時間変動特性
Fig.2 Time-dependent fluctuation at dip point of distance-dependent fading slope in short distance.

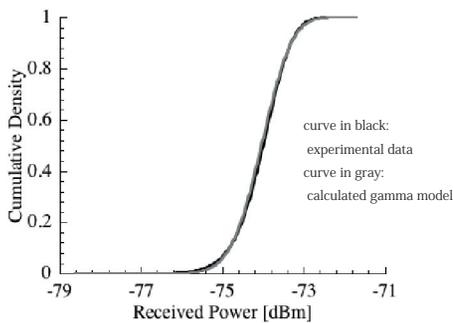


図3. 近距離での距離変動中間部の時間変動特性
Fig.3 Time-dependent fluctuation at middle part of distance-dependent fading slope in short distance.

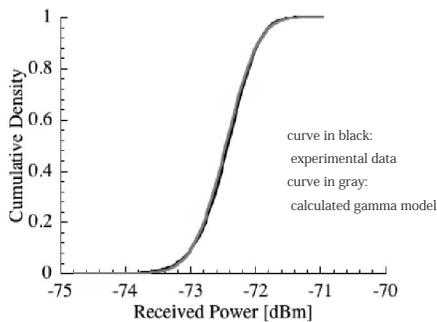


図4. 近距離での距離変動山部の時間変動特性
Fig.4 Time-dependent fluctuation at peak point of distance-dependent fading slope in short distance.

表1. 実測データの形状パラメータ算出結果

Table 1 Shape parameters on measurement results

	part of distance-dependent fading	shape parameter ν
short distance (70m)	bottom	21.5
	middle	47.6
	peak	126
middle distance (300m)	bottom	15.5
	middle	23.2
	peak	42.8
long distance (430m)	bottom	20.5
	middle	-
	peak	25.6

- indicates a data loss in a trouble

4. 測定結果と考察

図2から4に近距離(70m)での谷部, 中間部, 山部の時間変動の測定結果を示す. 黒が実験値, 灰色がガンマ分布の計算値である. 実測値がガンマ分布に従うのであれば, その実測値の平均と分散から計算した形状パラメータをもつガンマ分布に, 実測値は近似するはずである. これらの図から, 両者はほとんど重なっており, 実測値はガンマ分布に従っていると考えられる. 他の距離での図は割愛するが, 近距離の場合とほとんど同じよう谷, 中間, 山部の各部分でガンマ分布に近似した結果を得た.

実測値から計算されたパラメータを表1に示す. ただし, 同じ条件で数回の実測を行ったが, 最大で20%程度の変動が見られたため, その平均を掲載している. どの距離においても谷部がもっとも ν が小さく, 山部が大きくなっている. これはガンマ分布が導出される過程から考慮すると妥当な結果であると考えられる. また物理的な解釈をすると, 距離が大きくなるに従って入射する波の数が減ると考えられる. この場合 ν は小さくなっていくが, 実測値はこれに対応している. 遠距離における中間部のデータはすべて消失してしまったので処理していないが, ν は21から24程度であろうと推測できる.

5. あとがき

微小距離変動の谷部, 中間部, 山部で送, 受信点を固定した場合の時間変動はガンマ分布に従い, その形状パラメータ ν は入射波の数に対応するため, 谷部がもっとも小さく, 山部がもっとも大きくなることを確認できた. また距離を変化させた場合, 距離が小さいほど ν は大きく, 距離が大きいと ν は小さくなることを確認できた. これは谷部の場合と同様で, 距離が大きくなるほど, 有効な入射波の数が少なくなるためと解釈できる. 今回の測定結果は, 同じ地域内で実験により得られたものであるため, 今後は, 都市構造, あるいは地形などによる違いを明らかにしていきたい. また, 時間変動による影響を除去するために, 主にシミュレーションによってさまざまな環境における距離変動特性を明らかにし, これと時間変動を重畳させることで, 実際に観測される変動を検討したいと考えている.

参考文献

- [1] 幸谷 智, 小林岳彦, 三輪 進, "実測定環境下におけるフェージング特性の検討", 第465回電波研連F分科会, June 2002.
- [2] 幸谷 智, 小林岳彦, 三輪 進, "距離変動に依存した時間変動特性の高精度解析", 電子情報通信学会2003年ソサイエティ大会, B-1-33, Sept. 2003.
- [3] B. Saleh, Photoelectron Statistics, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1978