

市街地ストリートマイクロセル環境における 伝搬チャネルの解析

実測より得た時空間データを基に解析を行い、市街地ストリートマイクロセル環境における主な散乱体を同定し、それらが受信特性に与える影響について明らかにした。なお、本研究は東京工業大学 大学院理工学研究科 高田研究室（高田 潤一助教授）との共同研究により実施した。

いまい てつろう
今井 哲朗

1. まえがき

移动通信システムにおいて、基地局の配置を設計する置局設計では、周辺の地形・地物による影響を精度よく反映できる伝搬損失推定が望まれる。また、近年はさらなる大容量高速伝送を実現するために、AAA（Adaptive Antenna Array）やMIMO（Multiple Input Multiple Output）に代表される時空間信号処理技術の積極的な適用が検討されており、今後は電波の伝搬遅延や出射・到来角度の推定も重要になると考える[1]～[6]。

さまざまな伝搬特性を一元的に推定する方法にレイトレーシング法がある。レイトレーシング法は送信点から出射される電波をレイとみなし、周囲の構造物による反射、回折、透過を繰り返して受信点に到達するレイを幾何学的にトレースする。受信点における伝搬の諸特性は、トレースされたレイの伝搬距離と到来角度／出射角度および電界（複素振幅）を用いて求める[7]。ここで、多くの演算処理が必要となることから、これまではレイトレーシング法を市街地の移動伝搬環境（特に、マクロセル環境）の推定に用いることは困難とされてきた。しかし、計算機の演算処理能力が飛躍的に向上し、またレイトレース処理の高速アルゴリズムの検討が進んだことから、最近では市街地移動伝搬環境におけるレイトレーシング法の大規模な精度評価が行えるようになってきた[8]～[12]。例えば、著者らが開発した「レイトレーシング法による市街地マクロセル伝搬推定システム（UMAP：Urban Macrocell Area Prediction system）」を実測値との比較から評価したところ、推定値は実測値と比較的よく一致し、その誤差（ただし、累積50%

値）は、受信電力が6dB、遅延スプレッドが $0.2\mu\text{sec}$ 、角度スプレッド（基地局側水平面内）が3度であった[10]。また、市街地の偏波特性として交差偏波識別度（XPD：Cross Polarization Discrimination）についても評価しており[11][12]、この時の推定値は累積50%値において13dBと一般的な実測結果より約6dB大きな値であった。

ところで、市街地を対象とするレイトレーシングにおいて、考慮する構造物は一般的に建物の壁面のみである。市街地に多数存在する看板、信号機、標識などを考慮しないのは、そこでの散乱が主に非正規散乱（すなわち、幾何光学的な反射、回折ではない）となるために、伝搬特性への影響が少ないと考えられることによる。しかし、この根拠は十分に検証されてはいない。したがって、レイトレーシング法においてこのような非正規散乱波も考慮するならば、その推定精度はさらに向上する可能性がある[13][14]。

本稿では、非正規散乱波を考慮したレイトレーシング法を検討する前段階として、非正規散乱波が伝搬特性に与える影響について実験的に検討を行った。具体的には、市街地において時空間測定（到来波を遅延時間と到来方向で分離した測定）を実施し、このデータを解析することにより散乱体を同定し、建物壁面以外の構造物による散乱波が受信電力全体に与える影響について明らかにする。なお、容易に散乱体を同定できるように、今回検討に用いた伝搬環境は送受信アンテナを共に周辺建物より低い位置に設置した、いわゆるストリートマイクロセル環境とした。

2. 伝搬測定

2.1 測定仕様と測定構成

測定にはスライディング相関による遅延測定器を用いた。送信周波数は3.35GHz、チップレートは50Mcps（伝搬距離の分解能は6m）である。送信アンテナにはスリーブアンテナを用い、受信アンテナには水平面内と垂直面内の半値幅が共に 10° であるパッチアレイアンテナを用いた。なお、送受信アンテナはそれぞれが水平面内において回転可能なように回転台に取り付け、さらに回転台とともに送信

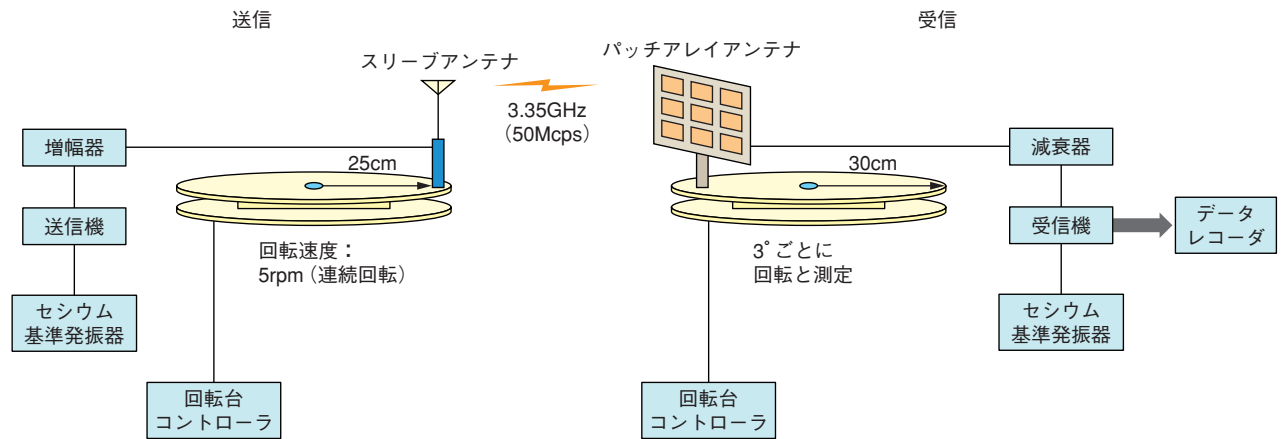


図1 測定構成

表1 測定仕様

周波数		3.35GHz
送信	送信電力	35dBm
	チップレート	50Mcps
	アンテナ	スリーブアンテナ (2.2dBi)
	アンテナ高	3m
受信	アンテナ	パッチアレイアンテナ (24dBi) 半値幅：水平・垂直ともに 10°
	アンテナ高	3m

側もしくは受信側の測定車の上に設置した。送信アンテナと受信アンテナの路上からの高さは共に3mである。測定仕様を表1に、測定構成を図1に示す。

2.2 測定概要

測定は図2に示すように横浜の関内大通りの路肩に測定車を停車させて行った。送受信間距離は60mである。なお、周囲の車両による影響を極力避けるために、測定は深夜とした。送受信点の周囲の状況を写真1に示す。写真から分かるように、周囲には街灯、信号、看板、道路標識などが多く存在している。

送信側ではスリーブアンテナを5rpmで回転させながら電波を送信し、受信側ではパッチアンテナの主ビーム方向を3°ごとに回転させながらデータを取得した。ここで、1つの方向当りのデータ取得時間は30秒とした。なお、送信アンテナを回転させながら測定した理由は、後のデータ処理時の平均化によってマルチパス干渉による瞬時変動の影響を取り除くためである。

2.3 データ処理

データ処理では、まず、受信方向ごとに瞬時遅延プロファイルを平均化し、全部で120方向の平均遅延プロファイ

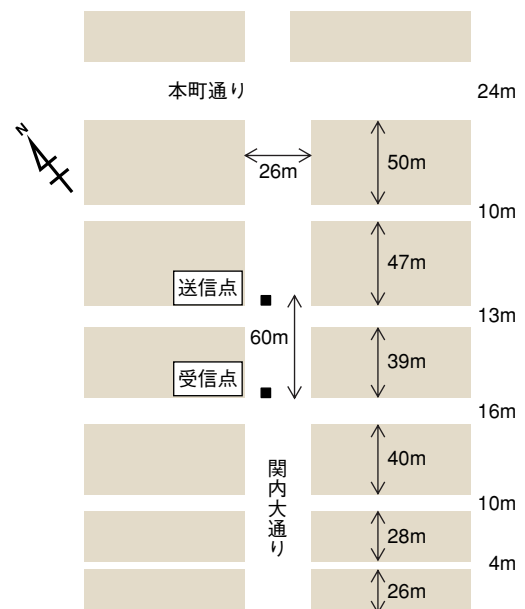


図2 測定場所



写真1 周囲の状況

ルを求めた。次に、これらのデータを重ねて2次元の遅延・角度プロファイルを求めた。なお、ここでは遅延プロファイルの遅延時間を、直接波の到来時間と送受信間距離との関係から絶対遅延時間へと変換している。続いて、送受信間での散乱を1回と仮定して遅延・角度プロファイルから受信電力の空間分布を求め、この結果と地図情報との比較より散乱体を同定した。

3. 解析結果

取得データより求めた受信電力の空間分布を図3に示す。図において、受信電力のピークとなっている場所が散乱体の位置である。なお、すべての散乱体は路上に存在すべきであるが、図のAのように散乱体の位置が建物の中に存在する場合も数多く見られる。これは送受信間での散乱を1回と仮定したためである。言い換えれば、このような位置に散乱体があると認識された波は、現実には送信点から2回以上の散乱を伴って受信点に到達していることを意味する。

図3の結果と地図情報との比較により同定できた主な散乱体は看板、街灯、道路標識、信号機であり、その数を表2に示す。続いて、これら散乱体が同定できた散乱波の電力が総受信電力に占める割合について解析した。その結果は、直接波と壁面反射波（壁面回折波を含む）の総受信電力に占める割合がそれぞれ70%と14%であったのに対して、散乱体が同定できた散乱波の割合は6%であった。この値は壁面反射波の約半分であることから、伝搬特性に与える看板などの影響は従来考えられていた以上に大きいといえる。

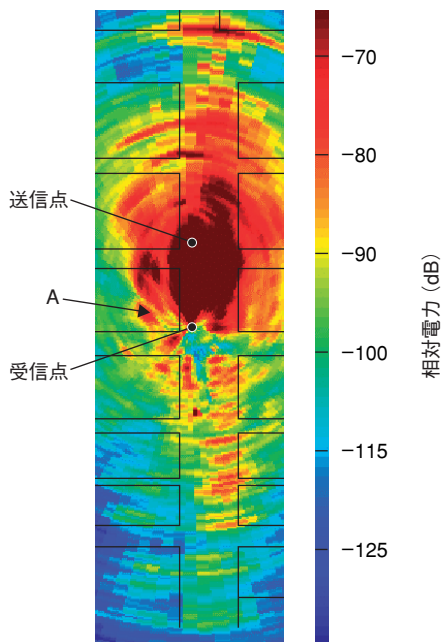


図3 受信電力の空間分布

表2 同定した散乱体とその数

同定できた散乱体	数
看板	15
街灯	7
道路標識	10
信号機	10
その他	4

4. あとがき

本稿では、送受信間が見通しとなる市街地ストリートマクロセル環境において3GHz帯を用いた時空間測定を実施し、そのデータを解析することにより看板や信号機により散乱した波が伝搬特性に与える影響について検討した。その結果、このような散乱波が受信電力に比較的大きな影響を与えていることが明らかになった。なお、本稿で示した結果は解析の一部であり、詳細は文献[15]～[18]を参照されたい。

今後は同様の測定・解析を、市街地マクロセル環境を対象に実施するとともに、レイトレーシング法における非正規散乱波の扱いについて検討する予定である。

文 献

- [1] 菊間 信良：“アレーアンテナによる適応信号処理,” (株)科学技術出版, 1998.
- [2] 田中 晋也, 佐和橋 衛, 安達 文幸：“W-CDMAにおける各ユーザ毎のアンテナウェイトを生成する適応アンテナアレイダイバーシチ受信の特性,” 信学技報, RCS99-100, pp. 97-102, Aug. 1999.
- [3] 今井 哲朗, 多賀 登喜雄：“適応アンテナアレーを適用したW-CDMAシステムにおける上り回線容量の解析,” 信学論 (B), Vol. J86-B, No. 11, pp. 2311-2327, Nov. 2003.
- [4] G. J. Foschini: “Layered Space-Time Architecture for Wireless Communication in a Fading Environment When Using Multi-Element Antennas,” Bell Labs Technical Journal, pp. 41-59, Autumn. 1996.
- [5] 唐沢 好男：“MIMO伝搬チャネルモデリング,” 信学論 (B), Vol. J86-B, No. 9, pp. 1706-1720, Sep. 2003.
- [6] 大鐘 武雄, 西村 寿彦, 小川 恭孝：“MIMOチャネルにおける空間分割多重方式とその基本特性,” 信学論 (B), Vol. J87-B, No. 9, pp. 1162-1173, Sep. 2004.
- [7] 細矢 良雄 (監修)：“電波伝搬ハンドブック, 第2部, 第15章,” (株)リアライズ社, 1999.
- [8] C. Cheon, G. Liang and H. L. Bertoni: “Simulating Radio Channel Statistics for Different Building Environment,” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 19, No. 11, pp. 2191-2200, Nov. 2001.
- [9] J. Rossi and Y. Gabillet: “A Mixed Ray Launching/Tracing Method for Full 3-D UHF Propagation Modeling and Comparison with Wide-Band Measurement,” IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. 50, No. 4, pp. 517-523, Apr. 2002.
- [10] 今井, ほか：“レイトレーシング法を用いた市街地マクロセル伝

- 搬推定システム,” 本誌, Vol. 12, No. 1, pp. 41-49, Apr. 2004.
- [11] 福重 勝, 今井 哲朗: “レイトレーシング法による市街地偏波特性の解析,” 第497回電波研連F分科会, Sep. 2005.
- [12] 福重 勝, 今井 哲朗: “レイトレーシング解析による市街地の交差偏波特性に関する検討,” 2005電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-1-19, 2005.
- [13] H. Budiarto, K. Horihata, K. Haneda and J. Takada: “Experimental Study of Non-specular Wave Scattering from Building Surface Roughness for the Mobile Propagation Modeling,” IEICE Transactions on Communications, Vol. E87-B, No. 4, pp. 958-966, Apr. 2004.
- [14] N. Lertsirisopon, M. Ghoraiishi, G. S. Ching, J. Takada and T. Imai: “Modeling of Selected Street Scatterer Objects Using Physical Optics Approximation,” 電気学会計測研究会資料, IM-05-29, Jun. 2005.
- [15] M. Ghoraiishi, J. Takada and T. Imai: “Investigating Dominant Scatters in Urban Microcellular Propagation Channel,” IEICE Technical Report, AP2004-63/SAT2004-61/MW2004-63/OPE2004-53, Jul. 2004.
- [16] M. Ghoraiishi, J. Takada and T. Imai: “Investigating Dominant Scatterers in Urban Mobile Propagation Channel,” International Symposium on Communications and Information Technologies 2004 (ISCIT 2004), Oct. 2004 (Sapporo, Japan) .
- [17] M. Ghoraiishi, J. Takada and T. Imai: “Microcell Urban Propagation Channel Analysis Using Measurement Data,” 2005 Fall IEEE Vehicular Technology Conference, Sep. 2005 (Dallas, Tx, USA) .
- [18] M. Ghoraiishi, J. Takada and T. Imai: “A Study on Scattering from Objects in Microcell Urban Propagation Channel,” 2005 URSI General Assembly, Nov. 2005.

用語一覧

AAA : Adaptive Antenna Array
 MIMO : Multiple Input Multiple Output
 UMAP : Urban Macrocell Area Prediction system
 (市街地マクロセル伝搬推定システム)
 XPD : Cross Polarization Discrimination (交差偏波識別度)