

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

市街地マクロセル環境において、実際の地形・地物による影響を反映し、かつ電波の伝搬損失に加えて伝搬遅延や到来角度のエリア推定が可能な、レイトレーシング法による伝搬推定システムUMAPを開発した。本システムは、提案するレイトレース処理高速化法を適用することにより、推定演算時間を格段に短縮している。

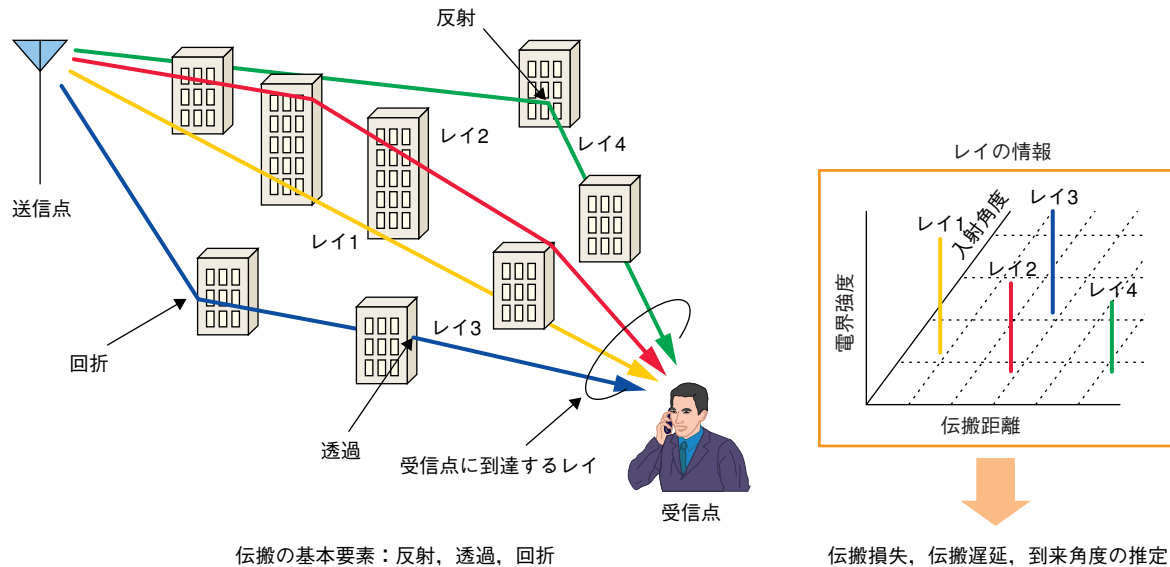
いまいてつろう すみまこと たがときお
今井 哲朗 角 誠 多賀 登喜雄

1. まえがき

基地局アンテナを周辺建物より高い場所に設置し、半径数kmの複数セルでエリアをカバーするマクロセル構成のセル設計には、従来、電波の伝搬損失推定に奥村一秦式が用いられてきた[1]。しかし、近年のセル設計では、実際の地形・地物の影響をより反映した推定法が必要になったことから、レイトレーシング法による検討が現在盛んに進められている[2]~[5]。また、レイトレーシング法は伝搬損失に加えて、電波の伝搬遅延やその到来角度も推定できることから、実伝搬環境における時空間信号処理技術の評価方法としても有望視されている[6]。

図1にレイトレーシング法の概要を示す。レイトレーシング法では送信点から放射される電波をレイ (Ray) と見なして、まず、周辺構造物で反射・透過・回折を伴い受信点に到達するレイを幾何学的にトレース (Trace) する。次に、トレースしたレイによる電界を幾何光学理論により求める。ここで、各レイの伝搬距離と受信点への入射角度の情報をを用いることにより、移動通信システムの評価に必要な伝搬損失・伝搬遅延・到来角度の特性を推定できる。このように、レイトレーシング法は、送受信間のレイを求めるだけで比較的簡易に伝搬特性を推定できる、極めて魅力的な方法である。しかし、その演算処理量は考慮する“構造物の数”および“伝搬要素の最大回数”に大きく依存する。

市街地マクロセル環境について、レイトレーシング法による精度良い伝搬推定を行うには、広範囲かつ多くの構造物を考慮しなければならない。そのため、演算処理量が膨大となり、多くの受信点を面的に配置した推定、いわゆるエリア推定には膨大な時間が必要となり、現実的に実行が



伝搬の基本要素：反射、透過、回折

伝搬損失、伝搬遅延、到来角度の推定

図1 レイトレーシング法の概要

困難になるという問題があった。文献[3]では、近似的な方法により現実的に許容できる時間内でのエリア推定を実現しているが、その近似法の物理的な根拠が明確ではなく、また、推定精度の評価も十分とは言えない。

本稿では、まず、推定精度を損なうことなくレイトレーシング処理の高速化を図るために提案した、①SORT法 (Sighted Objects based Ray-Tracing method)、②見通し建物探索法、③分散処理法について述べる。次に、これらに基づいて開発した市街地マクロセル伝搬推定システム“UMAP (Urban Macrocell Area Prediction system)”の概要とその推定精度を明らかにする。なお、UMAPの考慮する構造物は建物のみとしている。したがって、以降では構造物をすべて建物に限定して論じる。また、特に断らない限り、到来角度に関する特性はすべて基地局受信を仮定している。

2. レイトレーシング処理の高速化

レイトレーシング・アルゴリズムの基本は送受信間で反射・透過を伴うレイのトレース（経路探索）であり、一般的にイメージング法 (Imaging method) とレイランチング法 (Ray-launching method) が知られている。以下、それぞれの特徴を簡単に述べる（詳細は文献[1]を参照）。

イメージング法では、まずレイが伝搬する経路を送信点、受信点および考慮する壁面の組合せから設定し、各経路に対して反射点を幾何学的に探索することにより、レイをトレースする。なお、この過程で透過を伴うレイも同時にトレースされる。この方法の主な特徴は、①受信点に到達するレイを厳密にトレース可能であること、②演算処理量が

初めに設定する経路数にほぼ比例すること、また、③演算処理量が基本的に推定すべき受信点の数にも比例して増加することである。なお、初めに設定する経路の中には、反射点が壁面上に定義できないことから最終的に棄却される経路が多数ある。したがって、イメージング法では経路の棄却率がより小さくなるように考慮すべき建物/壁面を選択することが高速化のポイントとなる。以上が反射・透過を伴うレイのトレース方法であるが、筆者らは回折を伴うレイも同様にトレースできることを明らかにしている[5]。

一方、レイランチング法では、まず送信するレイの出射方向を設定し、それぞれの出射レイに対して壁面との交差判定を行いながら幾何学的に軌跡を追跡することにより、所望の受信点に到達するレイを求める。なお、壁面と交差したレイは反射方向と透過方向の2つのレイに分岐させて再出射させる。この方法の主な特徴は、①レイを離散的に出射することから受信点に到達するレイを厳密にトレースできないこと、②演算処理量が初めに設定するレイの出射数にほぼ比例すること、③推定すべき受信点の数が増えても演算処理量は基本的に変わらないことである。なお、初めに設定する出射レイの中には、壁面で反射・透過を繰り返しても所望の受信点に到達しないレイも多数ある。したがって、レイランチング法では受信点への到達率が高くなるようにレイの初期出射方向を選択することが高速化のポイントとなる。以上が反射・透過を伴うレイをトレースする場合の方法であるが、回折を伴うレイをトレースする場合には回折点を等価的に新たな送信点と見なせばよい。言い換えれば、壁面の縁（ウェッジ）と交差したレイは、その交差点（回折点）から送信点と同様に設定した複数方向

に再出射される。

このように、イメージング法とレイランチング法はそれぞれ異なった特徴を持っており、一概にその優劣をつけることは難しい。従来のマクロセル環境における推定では、壁面数が演算処理量に与える影響が少ないことから、レイランチング法を基にしたレイトレーシングが主流である[3], [4]。しかし、UMAPでは、送受信点間でレイを厳密にトレースすることが最重要と考え、レイトレーシングの基本としてイメージング法を採用した。ただし、市街地のマクロセル環境では考慮すべき建物が極めて多く、経路探索に対する演算処理量が膨大となる。以下では、イメージング法に基づくレイトレーシング処理の高速化法を提案する。

2.1 SORT法

従来、伝搬損失、伝搬遅延、到来角度の特性にはそれぞれ推定用/説明用として多くの伝搬モデルが提案されている。これらの伝搬モデルを基に伝搬特性を考察すると、伝搬損失特性にはWalfish-池上モデル[7]より「送受信点を含む鉛直面内の建物屋上で多重回折する伝搬路」、伝搬遅延特性には竹内などが提案する遅延プロファイル推定法[8]より「基地局から見通しとなる建物を経由する伝搬路」、到来角度特性には筆者らが提案している楕円散乱体モデル[9], [10]より図2に示す「移動局を中心とし道路方向を長軸とする散乱楕円内の建物を経由する伝搬路」が、大きな影響を与えるといえる。これらに着目した高速レイトレーシング法が提案するSORT法である。

SORT法では、図2に示すように基地局（BS：Base Station）および移動局（MS：Mobile Station）より、見通しとなる建物を対象にレイをトレースする。その手順は、以下の通りである。

- ① BSおよびMSからそれぞれ見通しとなる建物を探索する。
- ② 見通し建物を対象にレイの伝搬経路を設定する。
- ③ それぞれの伝搬経路に対してイメージング法によりレイをトレースする。
- ④ トレースしたレイに沿って存在する建物を抽出する。
- ⑤ 抽出した建物の屋上による多重回折を考慮してレイを再トレースする。

SORT法では、イメージング法を適用する建物をBS見通し建物とMS見通し建物に限定し、かつ“BS→MS見通し建物→BS見通し建物→MS”となる伝搬経路を対象外とすることから大幅な演算処理量の削減が可能となる。また、トレースしたレイはすべて前述の“伝搬特性に大きな影響を与える伝搬路”を通して受信点に至るレイとなることから、

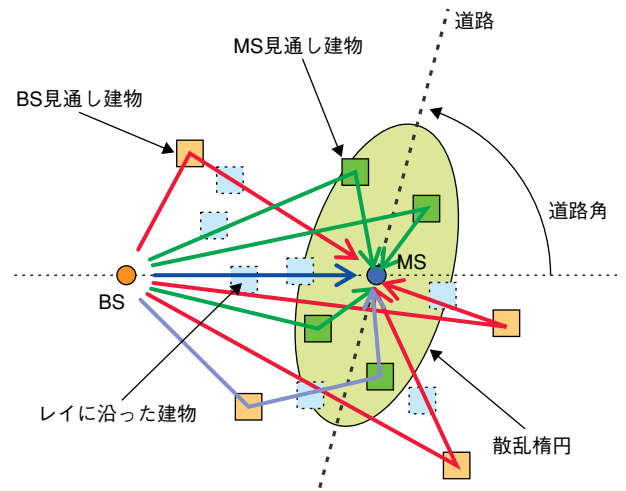


図2 SORT法によるレイのトレース

考慮する建物の限定による推定精度の劣化が少なくなる。

2.2 見通し建物探索法

SORT法を前提とする場合、レイトレーシングの前にBSおよびMSから見通しとなる建物を探索する必要がある。その処理量は考慮する建物数が多くなると無視できなくなる。

従来からCG分野のレイトレーシングにおいて物体との見通し判定の高速化は大きな課題である。この解決策の1つとして、物体を複数個のまとまり“BV（Bounding Volume）”として扱う手法が提案されている[11]。以前、筆者らは、レイランチング法による屋内レイトレース処理の高速化を図るために、同様の手法を用いた構造物探索法を提案して、その効果を評価した[12], [13]。本稿でもBVを用いた見通し建物探索法を提案する。なお、以降では、BVを探索ブロックと呼ぶこととする。

提案する見通し建物探索では、図3に示すように、まず推定の対象エリアを長さ $\Delta L \times$ 長さ ΔL の探索ブロックで分割する。ここで、探索ブロック i の高さ ΔH_i はブロック内で最も高い建物の高さで定義する。見通し建物は次の手順により探索する。

- ① 地表高も考慮して視点からの見込み角（仰角方向）が最も大きい探索ブロック j を検出する。
- ② 検出した探索ブロック j 内で最も高い建物 m に着目し、水平面内および垂直面内の見通し補助線を作成する。
- ③ 見通し補助線を用いて、着目建物 m により完全に見通し外となる探索ブロックを以降の探索候補から削除する。
- ④ 着目建物 m により、一部が見通し外となる探索ブロック k はその内包する建物を再構築し、見通し外となる建物を探索候補から削除する。必要に応じてこの探索ブロックの高さ ΔH_k を修正。

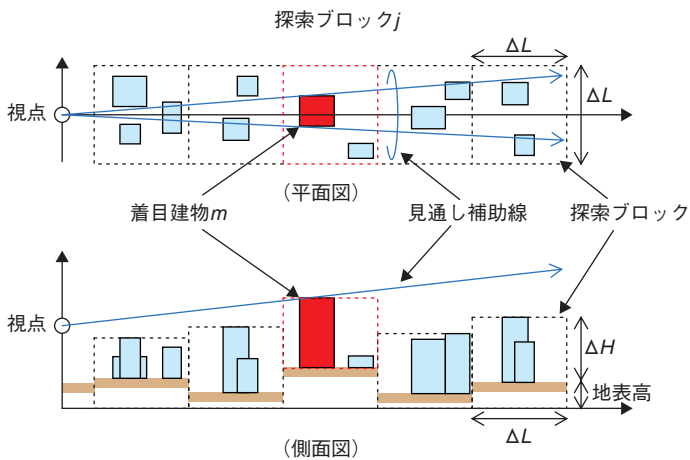


図3 見通し建物探索の高速化法

⑤着目建物 m を見通し建物としてデータベースに保存し、かつ、探索ブロック j から削除する。残りの建物を用いて高さ ΔH_j を修正。

①～⑤の処理を見通し建物の候補がなくなるまで繰り返せば、最終的に視点から見通しとなる全建物 that 得られる。本方法を用いると、一度に複数の見通し外建物を削除可能となるため、処理の高速化が図れる。

2.3 分散処理法

イメージング法、レイランシング法にかかわらずレイのトレース処理は逐次演算であり、その分散化が容易である。以下では、提案するSORT法および見通し建物探索法を前提とするレイトレーシング演算の分散処理方法について述べる。

図4に示すように、提案するレイトレーシング演算は大きく7つの処理ステップに分けられる。それぞれのステップにおいて演算の分散処理は可能である。しかし、分散処理を実行する計算機間のデータ授受が頻繁に発生すると、データの転送速度が分散処理効果のボトルネックとなる可能性が大きい。そこで、提案する分散処理法では各ステップごとの分散処理ではなく、SORT法とレイの電界計算をまとめて1つの分散処理ステップとした。次に、各分散処理ステップ#1～#3において分散させる演算の単位について述べる。

BSアンテナが周辺建物より高いマクロセル環境の場合、BSから見通しとなる建物数

は極めて多い。そこで、分散処理#1ではBSを中心とする水平面内360°を演算処理に用いる計算機数で割った角度領域を分散の基本単位とした。エリア推定を行う場合、演算対象の計算ポイント (MS) 数は極めて多い。そこで、分散処理#2と#3では推定エリアを計算機数で割った領域を分散の基本単位とした。なお、開発したUMAPでは分散制御の簡易化のため、分散処理#1における1BS当りの分散数は最大4としている。また、分散処理#2と#3では各計算機の処理速度を考慮し、分散させる領域のサイズ (計算ポイント数) を調整可能としている。

以上が提案するレイトレーシング処理の高速化法である。これらの提案法を技術的に分類すると、SORT法は演算処理量の削減、見通し建物探索法は演算のソフト的/アルゴリズム上の高速化、分散処理法は演算のハード的な高速化を実現する方法といえる。なお、これは“提案する見通し建物探索と分散処理による推定精度の劣化はない”ことも意味する。

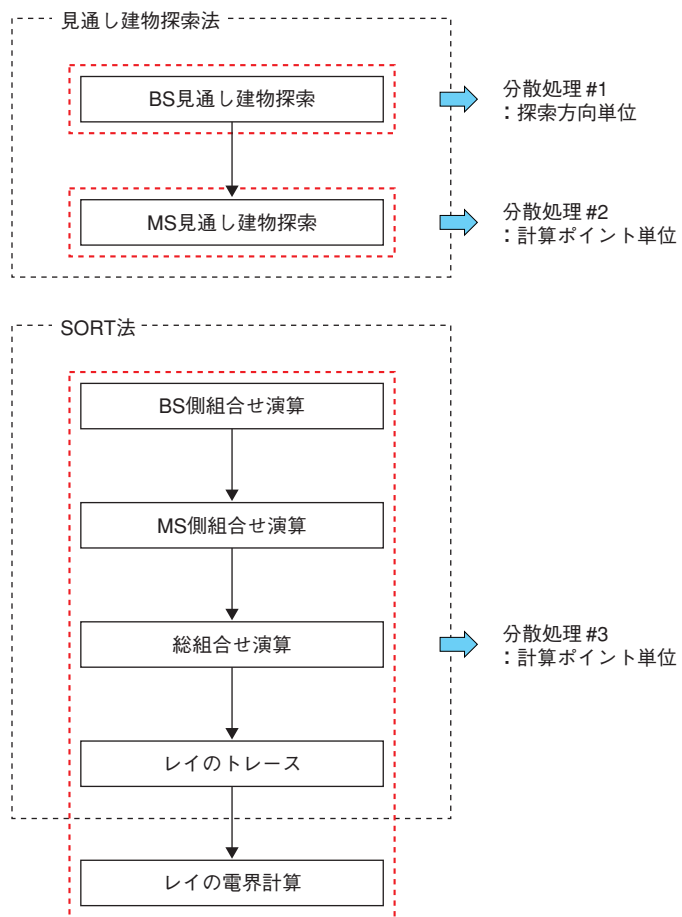


図4 レイトレーシングの処理フローと分散化

3. 伝搬推定システム UMAP

3.1 システム構成と機能構成

UMAPのシステム構成と機能構成を図5に示す。UMAPは、レイトレーシング法による伝搬推定の全機能を持つクライアントと解析処理機能のみを持つ分散サーバにより構成される。ここで基本OSは、ユーザの実効的なオペレーションを伴うクライアント側にはWindows2000を、演算のみの分散サーバにはUNIX系のOS (IRIX, Linuxなど)を用いている。なお、クライアントのみによる演算も可能であり、必ずしも分散サーバを必要としない。また、接続可能な分散サーバの最大数および1分散サーバ当りの最大CPU (Central Processing Unit) 数はともに32である。ただし、実際に動作を確認した構成は、SGI_Origin3800 (RISCプロセッサ: 350MHzを32実装)を1台、PC (Pentium 4: 3.2GHzを2CPU実装)を8台、PC (Pentium 4: 2GHzの1CPU)を1台、PC (Pentium III: 933MHzの1CPU)を3台の計13台 (合計52CPU) による同時接続である。

UMAPの機能は“データベース部”, “計算モデル作成部”, “計算条件設定部”, “分散制御部”, “解析処理部”で構成されている。それぞれの機能について簡単に述べる。

(1) データベース部

データベース部は、地形データと建物データで構成さ

れる0次データ, 計算モデル作成部で作成されたレイトレーシング用建物データとエリア情報データおよびアンテナパターンデータで構成される1次データ, 解析処理部で得られたBS・MS見通し建物データとレイトレーシング演算結果で構成される2次データを管理する。

(2) 計算モデル作成部

計算モデル作成部では、レイトレーシング演算で実際に使用する各種1次データを作成する。主な機能は以下の通りである。

建物自動認識機能では、市販の住宅地図 (0次建物データ) を用いて建物の位置 (緯度, 経度), 高さ, 2次元形状を自動認識し、ユーザが設定する電気的特性 (比誘電率, 比透磁率, 導電率) を与えてレイトレーシング用建物データを作成する。

エリア情報取得では、まず、推定エリアを図6に示すように探索ブロックと基本メッシュに分割し、次に0次地形データとレイトレーシング用建物データより探索ブロック情報 (ブロックID, ブロックの高さ, 地表高, 内包する建物IDなど) とメッシュ情報 (メッシュID, 属する探索ブロックのID, メッシュの高さ, メッシュの属性: 建物有/無など) をエリア情報として取得し、それらをデータベース化する。なお、探索ブロックのデフォルトサイズは100m×100mであり、基本メッシュのサイ

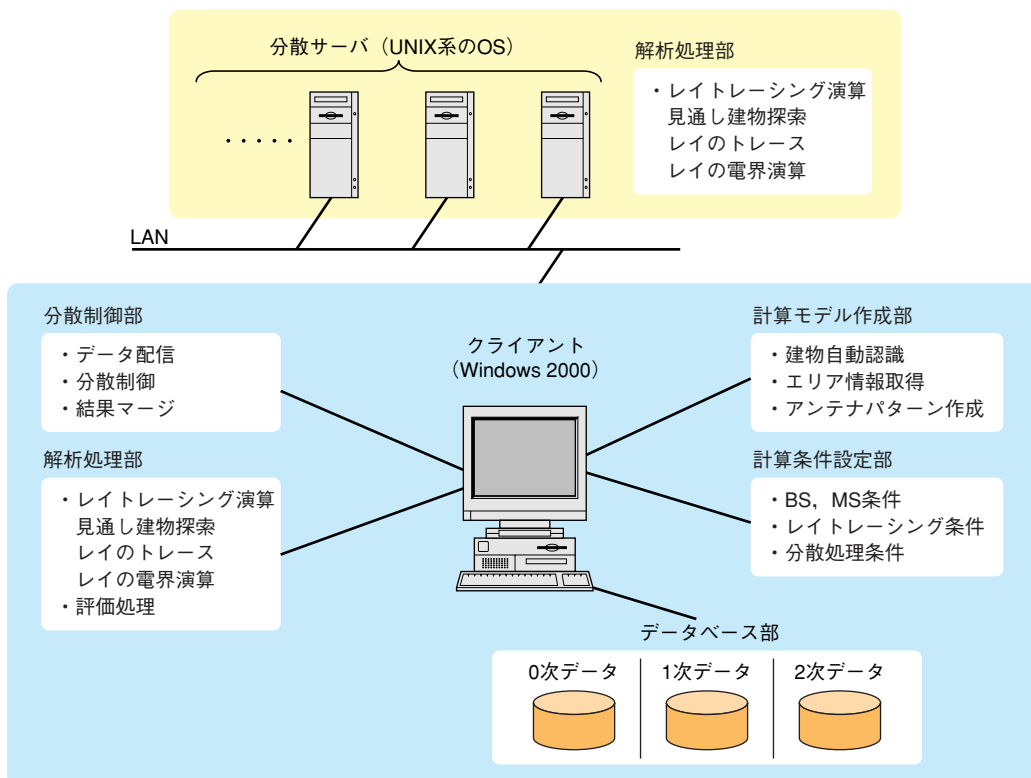


図5 システム構成と機能構成

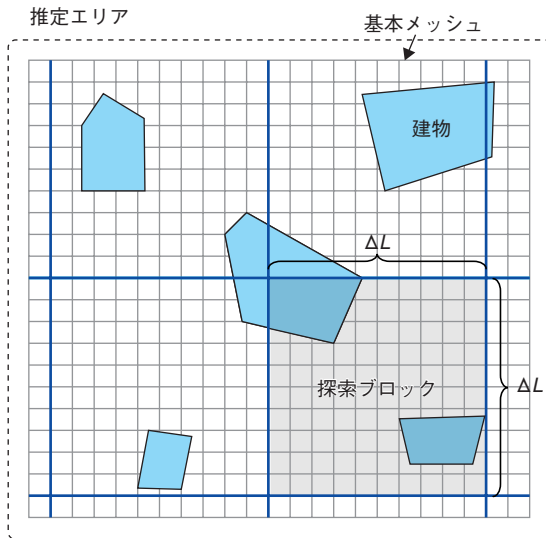


図6 推奨エリアのメッシュ化およびブロック化

ズは10m×10mとしている。

(3) 計算条件設定部

計算条件設定部はレイトレーシング法を用いた伝搬推定に必要な、BS条件、MS条件、レイトレーシング条件、分散処理条件の設定を行う。

BS条件として設定する主な項目は、BSアンテナの位置（緯度、経度）と高さ、送信電力、送信周波数、アンテナ種別などである。MS条件として設定する主な項目は、MS（計算ポイント）の位置（緯度、経度）と高さおよびアンテナ種別などである。

レイトレーシング条件では、BS側の見通し建物における反射および回折の最大回数（BS側最大回数）、MS側の見通し建物における反射および回折の最大回数（MS側最大回数）、最終的にトレースするレイの反射および回折の最大回数（トータル最大回数）を設定する。また、探索で得られた見通し建物をさらにレイトレーシングにおいて高さで制限する機能として、BS側最低建物高とMS側最低建物高を入力可能としている。すなわち、BS側（またはMS側）最低建物高より低い建物は、レイトレーシングの対象から除外する。

分散処理条件では、分散処理で使用する計算機（分散サーバ）のIP（Internet Protocol）アドレスを記載し、計算機間の性能比率を設定する。性能比率とはユーザが計算機の演算速度を考慮して設定する値であり、この値を基に各々の計算機が担当する演算領域のサイズ（計算ポイント数）を決めている。

図5には特に明記していないが、その他の条件として、BS側とMS側のそれぞれにおける見通し建物の最大探索距離を設定可能としている。

(4) 分散制御部

分散制御部では、クライアントと分散サーバ間のデータ授受とそのタイミングを制御し、また、一定間隔で各分散サーバにおける演算処理の進捗も監視している。

(5) 解析処理部

解析処理部では、実際に提案法を用いたレイトレーシング演算を行い、その結果を表示する。表示する主な項目は、計算情報（演算に要した時間など）、見通し建物探索結果、レイのトレース結果、遅延プロファイル、BS側到来角度プロファイル、MS側到来角度プロファイルである。また、評価処理として受信電力、伝搬損失、遅延スプレッド、角度スプレッドを計算ポイントごとに計算し、その結果を表示する。

3.2 システムパフォーマンス

本節では、実際の伝搬環境におけるUMAPのシステムパフォーマンスについて示す。対象エリアを都内青山とし、推定は周波数：2.2GHz、送信電力：35dBm、BSアンテナ高：60m、MSアンテナ高：3.5mとして行った。ここで、BSおよびMSのアンテナは、ともに理想アンテナ（無指向性、利得0dBi）を仮定している。また、レイトレーシング条件は、トータル最大反射回数：1（BS側：1、またはMS側：1）、トータル最大回折回数：1（BS側：1、またはMS側：1）、BS側最低建物高：60m（BSアンテナ高と同等）、MS側最低建物高：0m（地表高と同一）とした。なお、その他の条件として、建物はすべてコンクリート（比誘電率：6.76、比透磁率：1、導電率：0.0023S/m）とし、見通し建物の最大探索距離はBS側、MS側ともに1kmとしている。以下、演算で得られた推定結果を示す。

(1) レイトレーシング

提案するレイトレーシング演算の基本は、BSおよびMSからの見通し建物を探ることにある。図7にレイのトレース結果例を、見通し建物の探索結果とともに示す。見通しとなる建物の数はMS側（黄緑色で表示）よりもBS側（青緑色で表示）の方が遥かに多く、また、MS見通し建物は主にMSの位置する道路際に存在していることが分かる。これはMS周辺の平均的な高さ建物が約20mであることによる。レイトレーシング演算はBSおよびMSの見通し建物の中から前述した最低建物高の条件に合う建物が対象であり、“送受信間のレイ”の図ではそれらを橙色で示している。なお、各レイの色は同図のカラーバーに対応する受信電力を表している。これらの結果より、提案する見通し建物探索法およびSORT法を用いた演算がUMAPにおいて期待通りに実現されているこ



図7 レイのトレース結果例

とが分かる。

図7の計算例では分散処理を行わず、クライアントPC (Pentium 4 : 2GHzの1CPU) のみで実行している。演算に要した時間は約1分であった。

(2) 伝搬特性のエリア推定

図8はBSを含む約1km×1kmのエリア内を推定した結果例である。なお、MSは10mメッシュの中心に配置しており、その数は11188 (建物上のメッシュを除く) である。これらの結果より、エリア内における受信電力、遅延スプレッド、角度スプレッドの分布が極めて良く分かる。例えば、BSに対して縦コースとなる道路、交差点および広場では受信電力が大きくなる傾向が見られる。

本計算例では、SGI_Origin3800 (RISCプロセッサ :

350MHzを32CPU実装) 1台と、PC (Pentium 4 : 2GHzの1CPU) 1台を用いて実行した。演算に要した時間は約53時間である。

4. 実測結果との比較

比較には文献[9],[10]にてすでに報告している都内青山のMS送信・定点測定による実測結果 (時空間パスのデータ) を用いた。BSアンテナに16素子リニアアレーアンテナ (8.3dBi, 水平面内半値幅120°), MSアンテナにスリーブアンテナ (利得2.2dBi) を用いており、それ以外のBS/MS条件は3.2節の設定と同じである。また、電波を送信したMSの位置は全117ポイントであり、これらのポイントはすべて図8に示した推定エリア内の見通し外路上にある。

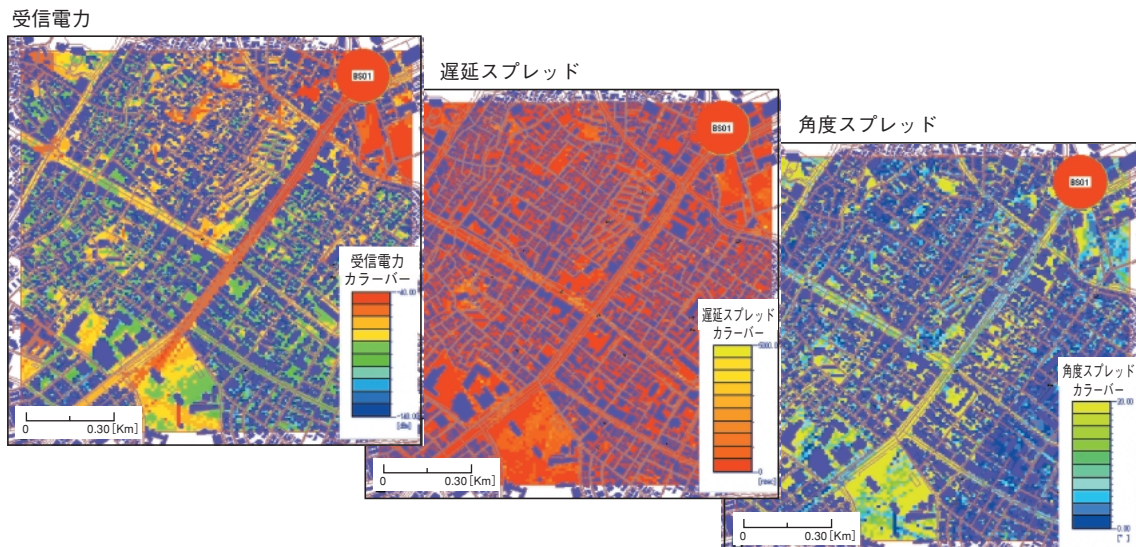


図8 伝搬推定の結果例

一方、UMAPでは測定と同一の位置にMS（計算ポイント）を設定し、各計算ポイントに対してレイトレーシングを行った。なお、BSとMSのアンテナには測定で用いたものと同じアンテナを設定し、その他の条件はすべて3.2節と同じとした。

実測と推定結果の比較を図9に示す。ただし、受信電力の推定値は各レイの位相差による影響を取り除くために電力加算値で定義している。また、図9(a)では実測値と推定値を、それぞれ送受信間距離の対数で回帰した結果と奥村一奏式による推定結果も併せて示している。図より、推定値は実測と比較的良く一致していることが分かる。推定誤差は累積50%値において受信電力：6dB、遅延スプレッド0.2 μsec 、角度スプレッド：3°であった。また、全117ポイントの平均値は、“受信電力：実測値が-82（±11）dBmに対して推定値が-79（±13）dBm”、“遅延スプレッド：実測値が0.52（±0.45） μsec に対して推定値が0.33（±0.33） μsec ”、“角度スプレッドは実測が6.72（±5.5）°に対して推定が5.48（±6.0）°”であった。ただし、カッコ内の値は標準偏差である。

ところで、推定誤差の要因にはMS位置のズレや建物データ（位置、形状、高さ）の精度も含まれ、これらは今回のような定点評価において顕著化しやすい。したがって、本来は数十m短区間などの平均化した値を評価の前提とすべきであり、その場合、推定誤差はより小さくなると考えられる。

5. あとがき

本稿では、市街地のマクロセル環境において電波の伝搬損失に加えて伝搬遅延および到来角度の特性も推定可能な、レイトレーシング法による伝搬推定システムUMAPについて説明した。従来、レイトレーシング法を用いて市街地マクロセル環境を精度良く推定するためには膨大な演算処理が必要であり、エリア推定システムとして実用に耐えるシステムとすることが困難であった。UMAPでは提案するSORT法、見通し建物探索法および分散処理法を用いることにより、推定精度を大きく損なわずに処理時間を大幅に短縮し、実時間での処理を可能とした。また、推定結果を2.2GHz帯における都内の実測結果と比較することにより、UMAPが受信電力（伝搬損失特性）、遅延スプレッド（伝搬遅延特性）、角度スプレッド（到来角度特性）を精度良く推定可能であることを明らかにした。

今後は、さらに実測結果との比較を行うことでUMAPの信頼性を高め、次世代のセル設計ツールへと発展させることが課題である。

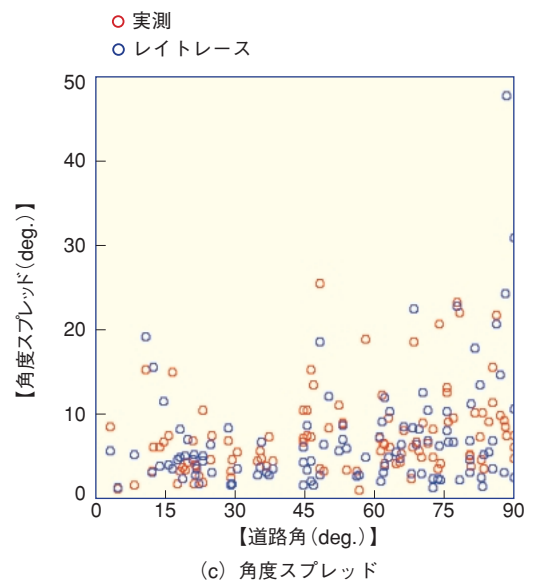
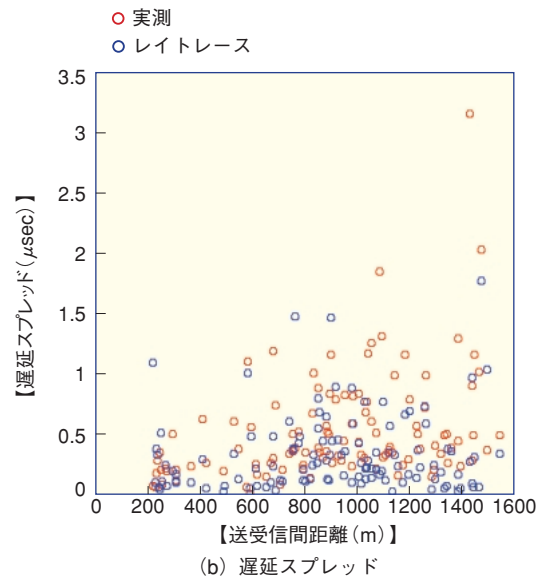
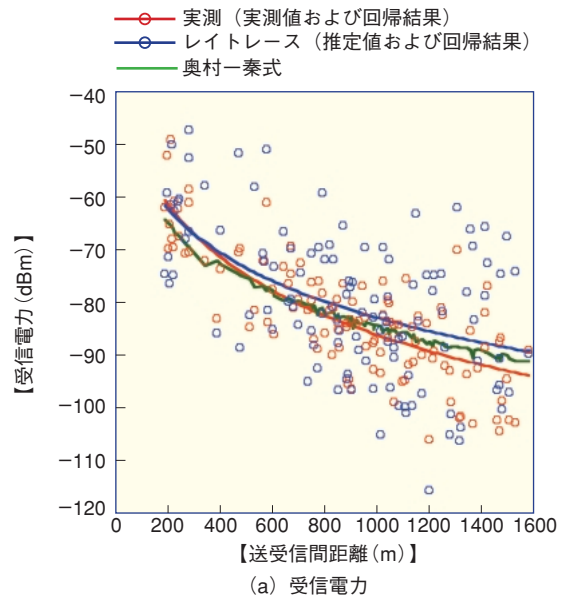


図9 実測結果との比較

文 献

- [1] 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.
- [2] T. Kurner, D. J. Cichon and W. Wiesbeck: “Concepts and Results for 3D Digital Terrain-Based Wave Propagation Models: An Overview,” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 11, No. 7, pp. 1002-1012, Sep. 1993.
- [3] J. Rossi and Y. Gabillet: “A Mixed Ray Launching/Tracing Method for Full 3-D UHF Propagation Modeling and Comparison With Wide-Band Measurements,” IEEE Trans. AP, Vol. 50, No. 4, pp. 517-523, Apr. 2002.
- [4] G. Liang and H. L. Bertoni: “A New Approach to 3-D Ray Tracing for Propagation Prediction in Cities,” IEEE Trans. AP, Vol. 46, No. 6, pp. 853-863, Jun. 1998.
- [5] 今井哲朗, 藤井輝也: “レイトレースを用いた市街地対応移動通信伝搬推定システム,” 信学技報, RCS 97-37, Jun. 1997.
- [6] 三木信彦, 富里繁, 松本正: “レイトレーシング法を用いたアダプティブアンテナシステム場所率改善効果の推定,” 信学技報, RCS 99-70, Jul. 1999.
- [7] “Urban transmission loss models for mobile radio in the 900- and 1,800-MHz bands,” EURO-COST 231 TD (90) 119 Rev. 1. 1991.
- [8] 竹内勉, 羽野剛, 吉田進, 池上文夫: “市街地多重波遅延プロファイルの理論的予測方法の基礎検討,” 信学論B-II, Vol. J73-B-II, No. 11, pp. 779-785, Nov. 1990.
- [9] T. Imai and T. Taga: “Stochastic Model of Scattering Component Distribution in Outdoor Propagation Environment,” VTC2003-fall, 2003.
- [10] 今井哲朗, 多賀登喜雄: “広帯域移動伝搬における散乱体の分布と時空間パス特性の関係,” 信学技報, AP 2002-186, Mar. 2003.
- [11] 千葉則茂, 村岡一信: “レイトレーシングCG入門, 第3章,” (株)サイエンス社, 1991.
- [12] Y. Fujii and T. Imai: “Indoor Micro Cell Area Prediction System using Ray-tracing Method for Mobile Communication System,” Proc. ISAP '96, pp. 185-188, 1996.
- [13] 今井哲朗, 藤井輝也: “レイトレースを用いた屋内エリア推定システムの高速アルゴリズム,” 信学論(B), Vol. J83-B, No. 8, pp. 1167-1177, Aug. 2000.

用語一覽

BS : Base Station (基地局)
 BV : Bounding Volume
 CPU : Central Processing Unit
 IP : Internet Protocol
 LAN : Local Area Network
 MS : Mobile Station (移動局)
 SORT : Sighted Objects based Ray-Tracing method
 UMAP : Urban Macrocell Area Prediction System