

「電子社会の信頼性向上と情報セキュリティ」研究における CAVE 利用

牧野 光則

中央大学理工学部情報工学科

目的：

中央大学「電子社会の信頼性向上と情報セキュリティ」研究プログラムが 21 世紀 COE プログラムに平成 14 年度に選定された (www.21coe.chuo-u.ac.jp/security/)。このプログラムにおいて、セキュリティ情報の可視化は重要な位置を占めている。

その一つとして、携帯電話や無線 LAN などの高周波電磁波伝搬を用いた情報通信を提供する者・利用する者にとって、電波伝搬の状況把握は 2 つの意味で重要な関心事である。一つは、電波がどこまで伝搬しており、それによるサービスをどこで提供・利用可能なのかである。もう一つは、電波がどこまで漏れしており、情報セキュリティ上どの程度安全なのかである。

都市空間における高周波電磁波伝搬は建物や地面により遮蔽・反射・屈折が起りやすく、これにより干渉・回折が生じて非常に複雑な状況である。

これを把握するために、我々はビームトレーシングを利用した電磁波の伝搬シミュレーション技法を研究している。

この一環として、計算した伝搬状況をどのように可視化することも重要な研究テーマである。電波は一種のボリュームデータであるので、これまでに研究・提案された多くのボリュームレンダリング手法により、霧のように表示することは可能であろう。しかし、その表示で、知りたい地点の状況をユーザが十分理解できるかどうかは疑問である。すなわち、都市空間を大局的に観察したり、ある特定の場所がどうなっているのかを局所的に見たい場合が混在するので、多くの情報が重なる方法では理解が十分でない恐れがある。また、等値面表示も選択肢の一つであるが、干渉等による電波の複雑化は等値面作成ならびに理解を困難にする。

そこで、本稿では、21COE プログラムの研究・利用のために平成 15 年 3 月に導入された CAVE 上で、電磁波伝搬をタイル状に可視化する。

方法：

本可視化では、水平方向にその領域の電磁波強度の最小値、垂直方向に最大値を表示する。また、伝搬状況の変化に対して広い都市空間を対象にすることから、タイルを木構造でまとめる。この木構造の中から、視点位置に基づいて適切な大きさのタイルを表示する。また、ある程度の範囲にある値をもつタイルは統合し、小さなタイルはデータから削除する。これにより、視点位置に対して小さいタイルを大量に表示することを避け、レンダリング時間が対話性を損ねることを防ぐ。

本稿では、都市空間の電磁波伝搬状況は既に計算されており、ある空間解像度で電波の強さが与えられているとする。これから以下の方針に基づき可視化すべき形状・色・透過度を決定する。

[形状]

- 最小のタイルは、与えられた電磁波データの間隔から一定値を減じた長さを一辺とする正方形とする。すなわちタイル間には隙間が存在し、遠方を見通せるようにする。
- タイルは水平方向と垂直方向の 2 枚を領域ごとに定義する。空間の水平方向は電磁波データの最小値、垂直方向は最大値とする。最小タイルの場合、水平方向と垂直方向は同一データを対象とする。
- ただし、電波が存在しない、あるいは、電波が無効な強さの領域はタイルを定義しない。また、最小値がゼロまたは無効な強さの領域は水平方向のタイルを定義しない。

- タイルは決められた数の近傍でまとめ、上位階層のタイルを構成する。上位階層のタイルの水平方向は、所属するタイル集合の最小値、垂直方向は最大値を保持する。
- 下層のタイルがもつ電波の強さが定められた範囲内である場合、下層タイルをデータ構造から削除する。但し、閾値前後、すなわち、電波が有効な領域と無効な領域が存在する場合には、変動が小さくても下層タイルを削除しない。これは、電波の到達・非到達の境界 (border) を知ることが、本稿が対象とする電磁波による情報通信サービス・情報セキュリティの両面で重要だからである。

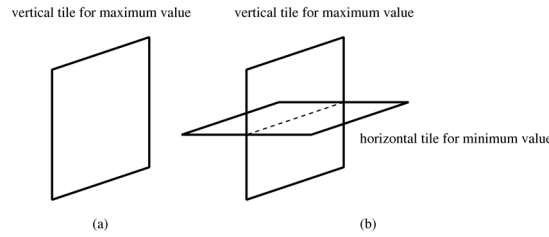


図 1: タイルによるデータ表現: (a) 最大値用タイルのみの構成 (当該領域の最小値が閾値以下、(b) 最小値・最大値タイルによる構成

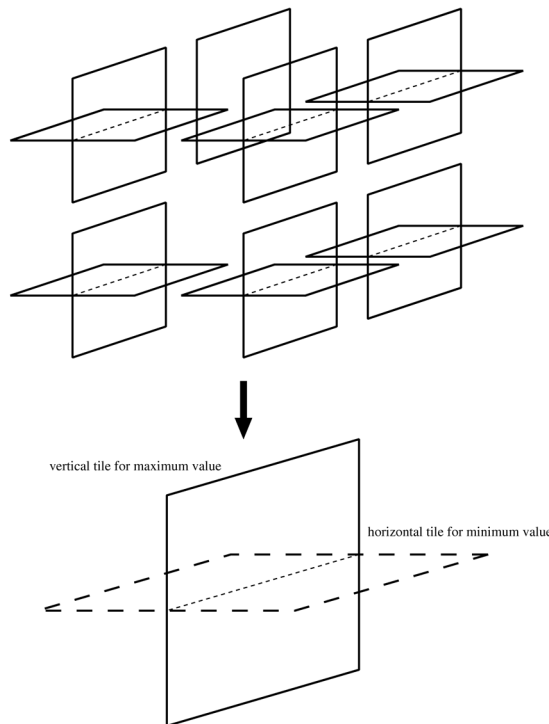


図 2: 八分木によるタイルデータの構成例

[色・透過度]

- 電磁波データの値を可視光の波長に変換し、これをもとに色を決定する。強い方が高周波、弱いデー

タが低周波である。また、強いデータの場合は透過度が小さく、弱いデータは透過度を大きく設定する。

以上で定義したツリー状タイル集合を可視化する。可視化の際には LOD を導入し、視点位置に対応して適切なレベルのタイルを表示する。すなわち、視点がより接近した領域はより下層の(より小さな)タイルを、視点が遠ざかる領域はより上層の(より大きな)タイルを表示する。これにより大局的な表示と局所的な表示を両立させる。

結果：

本学の CAVE は以下で構成されている (2004 年 6 月現在)。

- 全体サイズ: W4587mm×D2687mm×H2600mm (部屋のサイズ: W6400mm×D5600mm×H2700mm)
- スクリーン: 80 インチ 3 面ハード型、プロジェクタ: MARQUEE8500/3D
- トラッキングセンサ: ELR2、入力デバイス: Wanda
- 眼鏡: CrystalEyes
- 駆動コンピュータ: HP X4000 3 台
 - CPU: Xeon 2.4GHz x 2、2GB memory、80GB HDD
 - Videocard: 3Dlab wildcat6210
- ライブラリ: CAVELib、ソフトウェア: Vrscape、vGeo

本学の CAVE は通常のオフィススペースに設置した日本最小の 3 面 CAVE であり、将来の利用形態変更も可能とするよう可搬型としている。プロジェクタ等構成機器は通常サイズの CAVE に使用されるものと同様であるため、高輝度表示を実現している。また、サイズが小さいことからハードスクリーンの歪みを少なく構成できている。

今回、提案のデータ構造を VRML で実現した。CAVE 上で VRscape を利用して表示した様子を図 3 に、同じデータを通常のディスプレイで表示した様子を図 4 に示す。また、Electronic Visualization Laboratory, University of Illinois at Chicago (www.evl.uic.edu) が所有する CAVE でも別ソフトウェアで表示し、動作を確認した。

実験の結果、タイル状表示で、視点から遠方の大局的な状況と視点近くの局所的な状況を適切に表示できたと判断できる。タイル側面に正対する方向に視線がある場合、静止画ではタイルがほとんど表示されず、状況を理解できない。しかし、対話的立体視システムである CAVE では、ユーザの頭などの動きに追従するので、問題は少ないと思われる。

結論：

本稿では携帯電話や無線 LAN などの高周波電磁波の都市空間における伝搬を CAVE 上でタイル状に可視化する事例を示した。本来空間に連続的に存在する電磁波を離散的なタイルで定義し、かつ、対話的立体視システムである CAVE の特徴を生かし、静止画では理解しにくい伝搬状況を理解しやすく表示できた。

今後は計算速度とのより適切なバランス、タイルの大きさやツリー階層のより適切な設定について研究を進める予定である。また、電磁波状況の計算手法とのより密接な融合を進め、統合システムとして発展させる予定である。

また、セキュリティ情報は多種多様であるので、それぞれの対象に対応した可視化・ビジュアルシミュレーションを CAVE 上で研究開発を進めている。

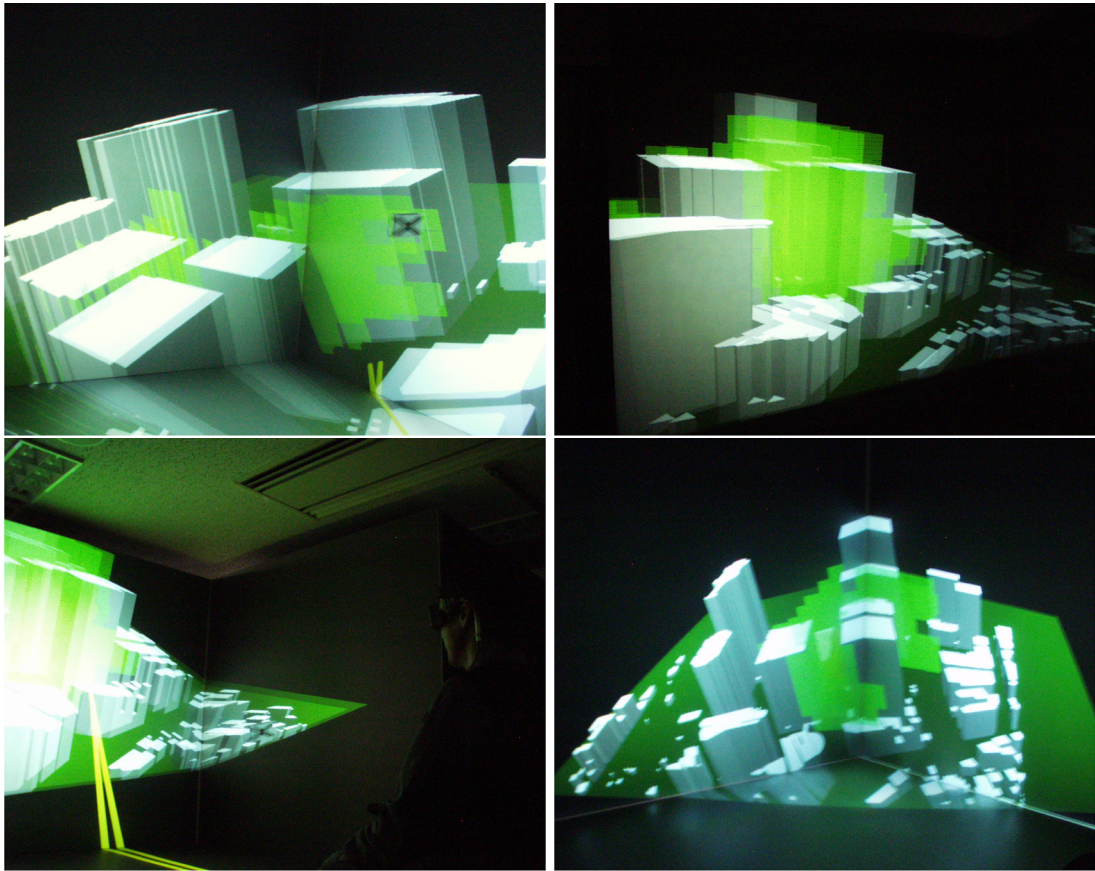


図 3: 中央大学 CAVE による表示結果

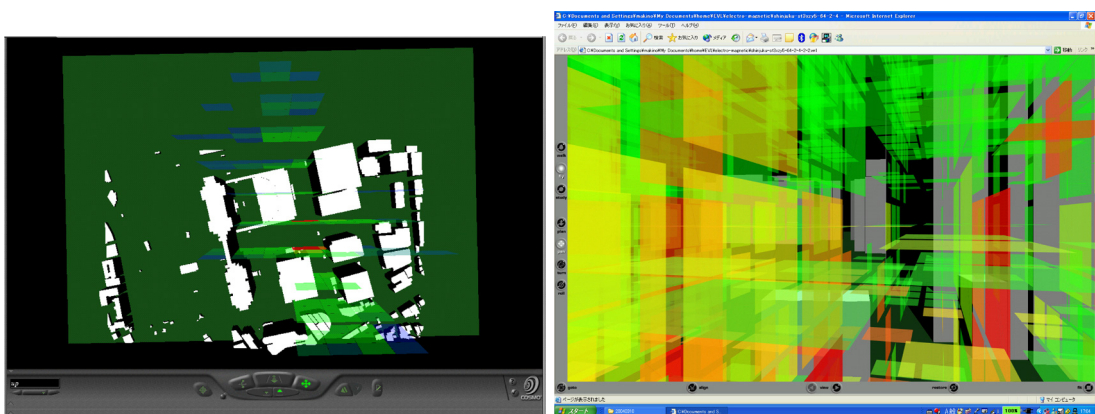


図 4: 通常ディスプレイによる表示結果