

平成22年度ニューメディア情報システムの開発

屋内測位送信機器の設置環境における伝播影響の可視化
システムの開発
開発報告書

平成23年3月

財団法人ニューメディア開発協会

開発事業者 測位衛星技術株式会社



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp>

目次

1. 開発テーマ.....	2
2. 背景・目的.....	2
3. 開発システムの目標	2
4. システム導入で期待される効果	2
5. 開発システム内容.....	3
5.1. 機能要件.....	3
5.1.1. 可視化部	3
5.1.2. 伝播損失シミュレーション.....	3
5.2. 品質・性能等の機能要件	5
5.3. 品質・性能計画兼検査項目	5
5.3.1. 品質・性能.....	5
5.3.2. 検査項目	5
5.4. 実証実験計画	6
5.4.1. 実験環境	6
5.4.2. 実験手順	6
5.4.3. 実験機器	6
5.4.4. 実験結果報告	6
5.5. 開発システムの構成概念	7
6. 計画した工程と進捗状況.....	8
7. 開発結果	9
7.1. 伝播損失シミュレーションの開発結果	9
7.1.1. 伝播損失シミュレーション.....	9
7.2. 可視化プログラムの開発	14
7.3. 実環境でのデータ取得作業	18
7.3.1. 狭い室内(弊社会議室)	21
7.3.2. 広い室内1(慶應義塾大学日吉キャンパス協生館会議室)	22
7.3.3. 広い室内2((慶應義塾大学日吉キャンパス 協生館1階ロビー)	23
8. 評価・まとめ	24

1. 開発テーマ

IMES (Indoor Messaging System) 送信機のインフラ整備の為の設置方法の簡略化とコスト低減を目指す事を目的として、IMESの伝播特性や反射特性を用いた基礎伝播モデルを開発し、その結果を可視化するプログラムを開発する。

2. 背景・目的

GPS受信機による屋内測位を可能にするIMES送信機のインフラ整備が期待されている。これまで神戸地下街の社会実証実験等を経て実際に IMES 送信機の設置の際にはその場所毎の特性を考慮した信号強度の調整が非常に重要であり、GPS受信機の測位率に直接影響することが分かっている。

今回の開発は、IMES 信号の基礎伝播特性を掌握し、被設置側の環境(空間容積、反射マテリアル、屋外GPS信号などとの関係など)の伝播影響の計算結果を可視化する為の開発を行った。

そして、実用性を検証する為に実空間にIMES 送信機を設置し、開発した伝播影響の計算結果との検証を行った。

3. 開発システムの目標

2007年の緊急情報位置通知義務の制度化により携帯電話の内蔵GPSが標準化されつつある。一方、このGPS測位を利用した位置情報サービスは、確実に普及拡大している。利用ニーズの高いGPS受信機での屋内測位を実現する為に開発されたのがIMES測位技術であるが、これまで課題であった送信機の小型化やコストダウンについて、実用レベルに達する見通しが出来てきた。

ハード的には見通しが立ってきたものの、配置設計や実際の設置費用など関連して発生する作業規模を合理化しコストダウンできる手法を開発しないと、トータル設備費用の低減につながらない。特にIMES信号の適正配置や適正出力については、設置環境に直接影響され、現場毎に調整する必要がある。この作業を極力合理化する為に、今回提案する事前のシュミレーションシステムが必要であり、事前に伝播特性や反射特性考慮したシミュレーションを行い、結果を可視化するプログラムを開発した。

4. システム導入で期待される効果

本システムを開発することにより、IMES送信機を設置する前に、送信機の個数や受信状況を知ることができ、受信不良や不適切な設置を回避することが簡単に行える。また、本設置前に、設置後の状況を予測することができる為、検証にかかる時間を低減することができる。

5. 開発システム内容

5.1. 機能要件

今回の以下に可視化装置の機能要件を示す。

5.1.1. 可視化部

- (1) フロアデータの作成・編集・保存機能
- (2) 複数のIMES設置への対応
- (3) 送信アンテナのゲインパターン作成・編集・保存機能
- (4) 伝播損失シミュレーション結果を可視化し表示する。(色分け等)
- (5) 各マテリアルの反射率・透過率等の定義ファイルの読み込み
- (6) ITUの規定を採用

5.1.2. 伝播損失シミュレーション

- (1) レイラUNCHING法を使用して受信エリア内の信号強度を計算する。
- (2) 推定式としてFSPL (Free Space Pass Loss、以下 FSPL)を採用。
- (3) 定義データ (Materialpropaty, Absobpath, Reflection) を用いて、IMES信号 (1.575GHz) の周波数での減衰量の計算を行う。
- (4) 推定式としてFSPLを採用。

プリスの FSPL は下式で表される。

$$L = G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

ここで、

- d = 送信機から受信機への距離(m)
- λ = 波長(m)、GPS L1 帯 $\lambda = 0.19\text{m}$
- G_T = 送信アンテナ利得
- G_R = 受信アンテナ利得

L は伝播損失を表す。利得の単位は dB を使用する場合、負の値を示す。伝播損失の単位を dB で示す場合、上記の式は、以下の式に書き表せられる。

$$L(\text{dB}) = G_T + G_R + 20 * \log_{10}(\lambda) - 20 * \log_{10}(4\pi) - 10 * \log_{10}(d)^2$$

項 $20 * \log_{10}(4\pi)$ は定数。 $20 * \log_{10}(\lambda)$ は波長のみに依存する。

また、送信、および受信アンテナの利得(損失)は 0dB と考えられる。したがって、GPS L1 帯では、以下の通り式が書き表せる。

$$L(\text{dB}) = -36 - 10 * \log_{10}(d)^2$$

$$L(\text{dB}) = L_0 - 10 * \log_{10}(d)^2 \quad \text{ここで、} L_0 = -36\text{dB.}$$

もし、周囲環境が自由空間 (Free Space) ではなく、オブジェクトによる反射、吸収、遮蔽を考慮

した場合、モデルは、以下の式で表される。

$$L(\text{dB}) = L_0 - 10 * \log_{10}(d)^N$$

ここで

N = 伝播損失係数は周囲環境に依存し、例を以下に示す。

$N = 2.0$ は自由空間

$N = 2.5$ はマルチパスが比較的少ないオフィスルーム

$N = 3.0$ はマルチパスが非常に多いオフィスルーム

$N = 3.5$ はマルチパスが非常に多い工場

シミュレーションモデルでは $N = 2.5$ をデフォルトとして使用した。

L_0 = GPSL1 帯における損失定数:36dB

上式は、以下に示すようにマテリアルの反射・吸収による経路の損失を考慮する場合、下式に示すように変更される。

$$L(\text{dB}) = L_0 - 10 * N * \log_{10}(d) + G_T + \sum_{i=0}^M R_i + \sum_{j=0}^N P_j$$

ここで

G_T = 送信アンテナ利得 (実際には負の値を示す)

R = マテリアルの反射による損失 (単位 dB、負の値を示す)

P = マテリアルの吸収による損失 (単位 dB、負の値を示す)

R、P 値はデータベース・ファイルのユーザによって提供されるものとする。これらはマテリアル (例えばコンクリート、木、ガラス、金属等) の材質・厚さに依存し、値は異なる。

シミュレーションモデルに使用した値を別紙資料に添付する。

ITU 伝播モデルは以下に与えられる

$$L(\text{dB}) = 20 \log_{10}(f) + N * \log_{10}(d) + Lf(n) - 28$$

ここで

f = 信号周波数 : MHz

d = 距離 > 1 m (m)

N = 伝播損失係数

Lf = 軌道の減衰要因

n = 送信アンテナ～受信アンテナ間の壁又は、パーティションの数

ITU モデルは、送信アンテナ～受信アンテナ間のパーティション数を考慮している以外、基本的にはフリスマデルと同等となる。

- (5) マテリアル(6種類、3パターン)の反射率・透過率より1次反射、1次透過を計算する。
- (6) 送信アンテナにゲインパターンの定義を付加し(1)の方式を計算する。
- (7) 受信エリア内の信号強度として最大値と合成値(直接+反射)を計算する。

5.2. 品質・性能等の機能要件

電波の伝播損失シミュレーションは、様々な方式があるが、その内1つのレイラウンチング法を用いて計算を行った。複雑な室内では、机上計算で配置される室内の複雑な信号伝播と合致することはない。本開発の目的は、コスト削減の為の設置方法の簡略化である。伝播損失シミュレーションの為、具体的な品質・性能は定義しない。

以下に使用する機器の機能要件を示す。

項目	仕様
OS	オペレーティングシステム(OS)は WINDOWS 7 とする。
記憶容量	HDDの容量は 200GB以上とする。
電源部	電源部の仕様は以下とすること。 入力電源: 100[VAC]
表示部	12インチ以上のLCDディスプレイ

5.3. 品質・性能計画兼検査項目

5.3.1. 品質・性能

- (1) FSPL方式での計算結果の評価
- (2) マテリアル単体の反射・透過計算の評価
- (3) 受信エリア内の信号の最大値と合成値(直接+反射)の評価

5.3.2. 検査項目

検査項目を以下に示す。

番号	検査項目	評価	備考
1	FSPL式にて正しく計算されている		
2	マテリアル毎に反射、透過計算が正しい		
3	複数IMESにて正しく計算されている		
4	フロアデータの作成・編集等が正常に動作する		
5	アンテナのゲインパターンが適切に反映されている		

5.4. 実証実験計画

5.4.1. 実験環境

右図の大きさの部屋を実験場所として想定する。

実験項目

- (1) 送信機1台のみ
- (2) 送信機+オブジェクト
- (3) 送信機2台
- (4) 送信機2台+オブジェクト

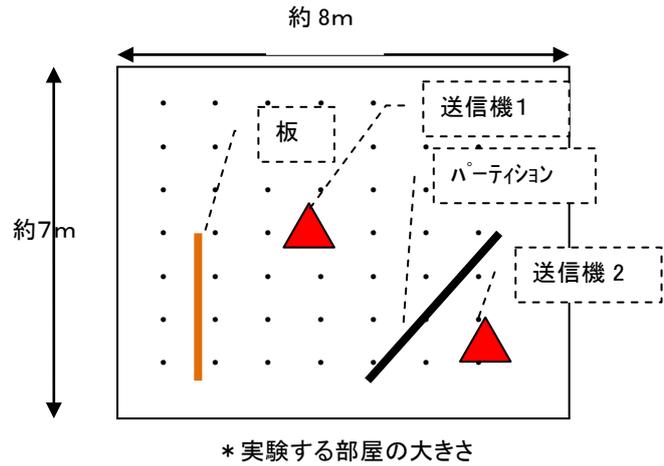


図 1 実験環境の例

5.4.2. 実験手順

以下の手順にて実施する。

- (1) IMES送信機から1575.42MHzの搬送波を出力する。
- (2) フロアを1m毎に区切り各点の信号強度を計測する。
- (3) (2)の計測を3回行う。5.4.1の(1)から(4)までの4パターンにて(1)より繰り返した。

5.4.3. 実験機器

主な使用機器名を表1に示す。

表 1 主な使用機器

GPSアンテナ	GPS Source 社 パッシブ(送信側)or u-blox 社 ANN-MS アクティブアンテナ(受信側)
スペクトラムアナライザ	アドバンテスト社 R3671
パーティション	標準的な物(オフィスで使用するタイプ)
ベニア板	厚さ5mm以下のもの

5.4.4. 実験結果報告

実験結果は、下図のようなグラフを実験結果とシミュレーション結果を対比させる。

- (1) 距離 vs 信号強度
- (2) 室内のマップ

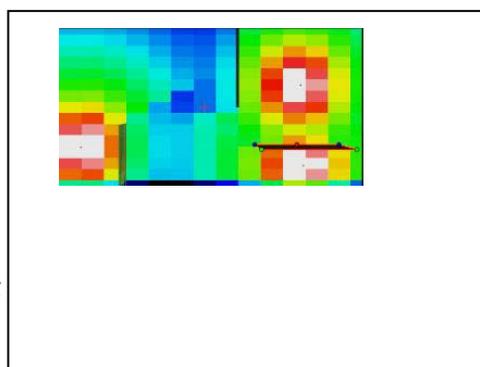
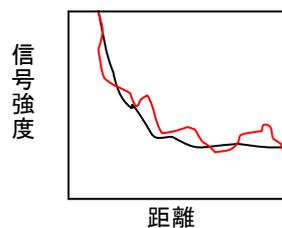


図 2 実験結果報告の例 (左側: 距離と

5.5. 開発システムの構成概念

以下に基本構成概念図を示す。

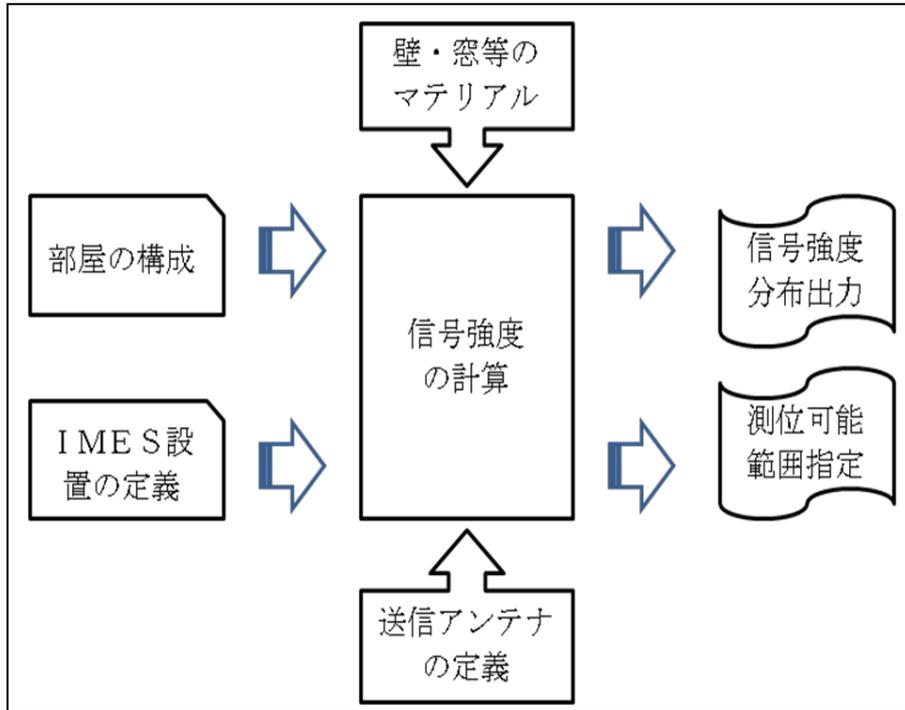


図 3 開発システムの基本構成図

6. 計画した工程と進捗状況

図4に計画(→)と進捗(→)を示す。

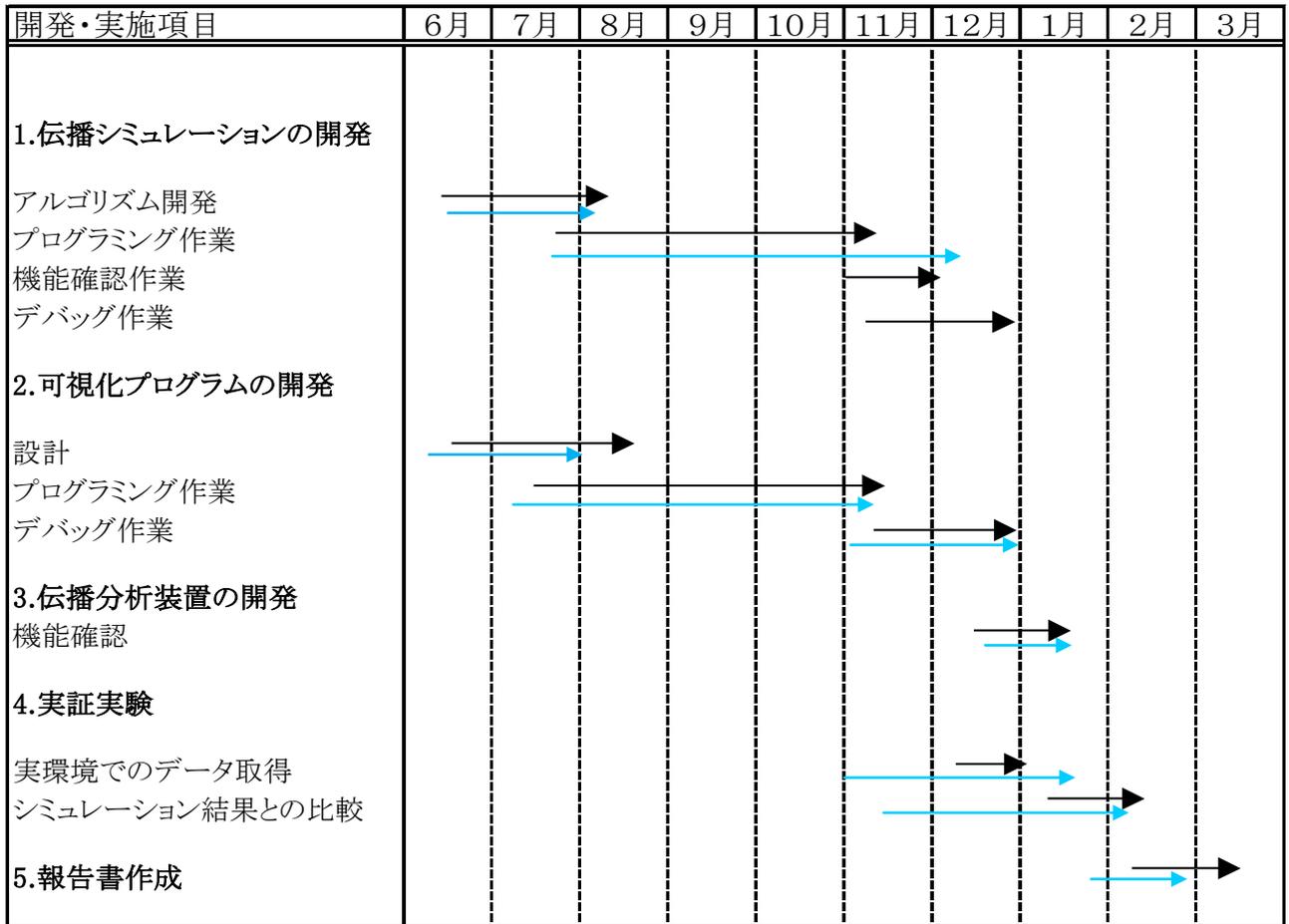


図4 計画と実施の行程表

7. 開発結果

7.1. 伝播損失シミュレーションの開発結果

今回開発した伝播損失シミュレーションのアーキテクチャについて図 5 に示す。

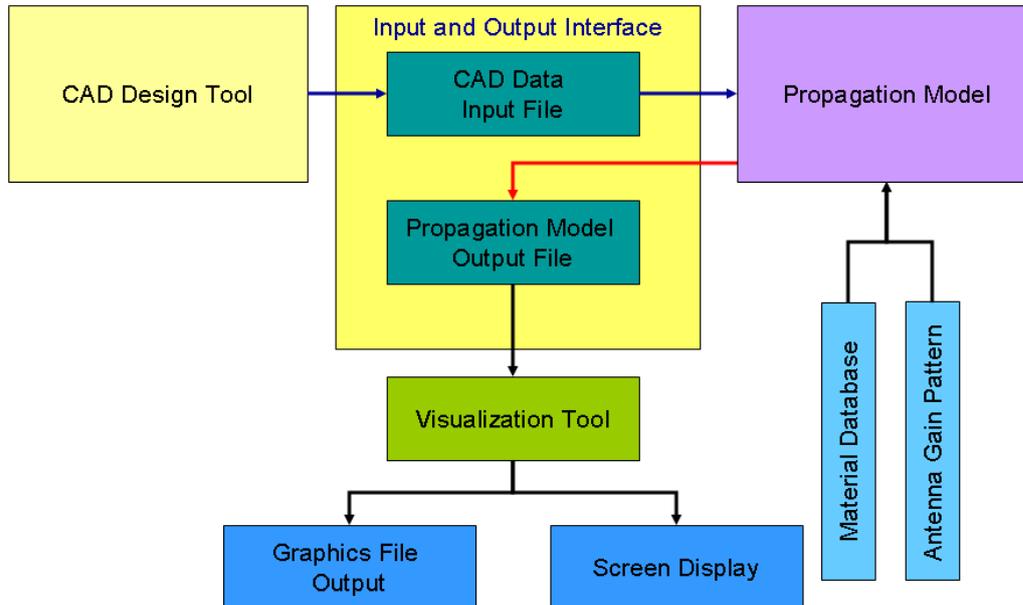


図 5 開発した伝播損失シミュレーションのアーキテクチャ

7.1.1. 伝播損失シミュレーション

次に、伝播損失シミュレーションに使用した損失計算式を以下に示す。

$$L(d) = L_0 + 10\alpha \log_{10} d$$

$$L_0 = 20\log_{10}(f) - 28$$

$$L(\text{dB}) = L_0 - 10 * N * \log_{10}(d) + G_T + \sum_{i=0}^M R_i + \sum_{j=0}^N P_j$$

ここで、

d = 送信アンテナから受信アンテナへの距離(m)

$L(d)$ = 送信アンテナから距離 d の軌道損失

L_0 = 信号周波数による送信機から距離 1m の伝播損失

L_i = パーティションによる i 軌道の減衰要因

α = 伝播損失係数

N = 送信アンテナ～受信アンテナ間の壁又は、パーティションの数

f = 信号周波数:MHz

ここで、送信アンテナ～受信アンテナ間の距離関係の模式図を図 6 に示す。

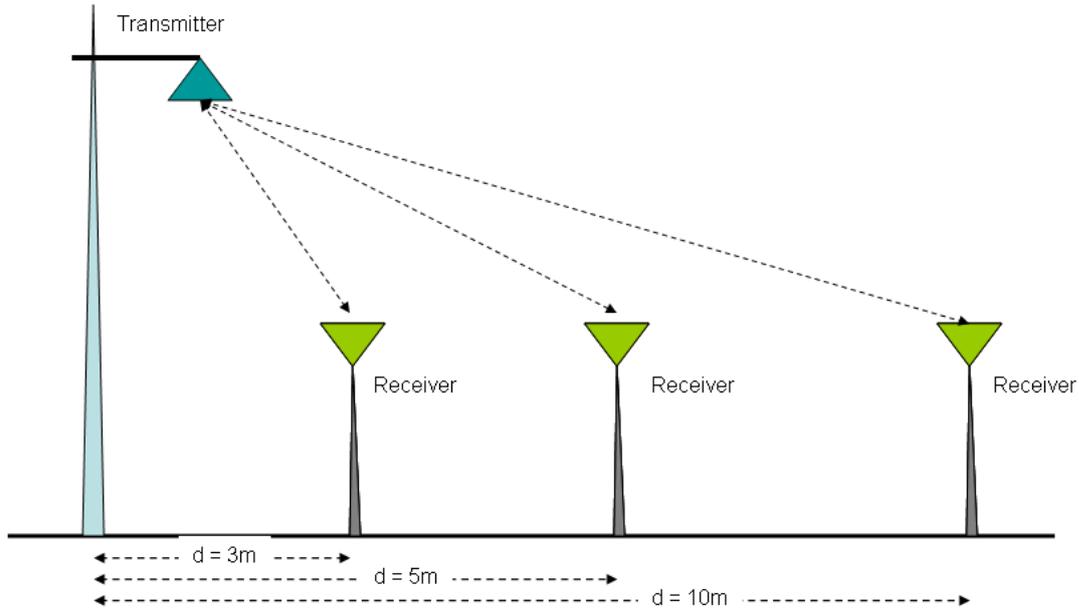


図 6 送信アンテナ～受信アンテナ間の距離の模式図

計算式に基づき各送信アンテナ～受信アンテナ間距離における受信強度の計算を実施した。図 7 に一例を示す。

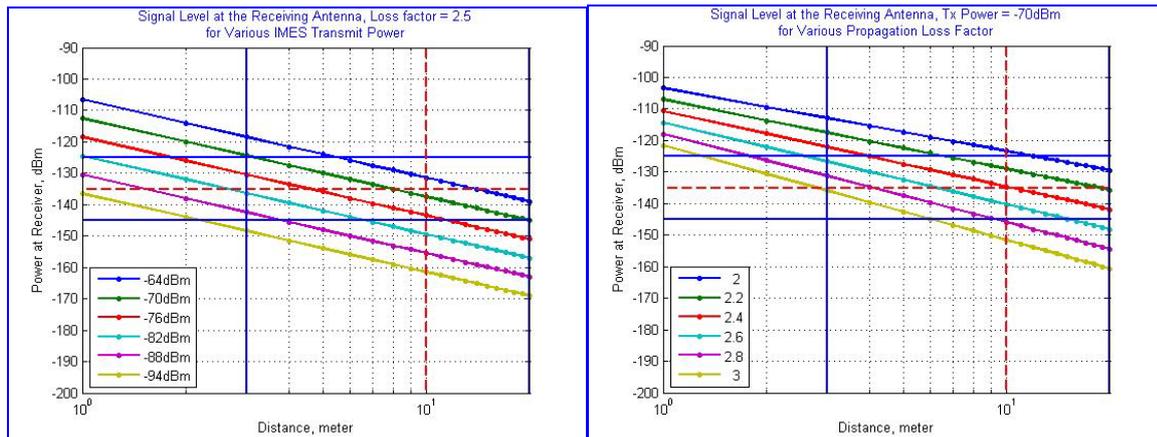


図 7 左側 受信アンテナが損失比 : 2.5 の場合の IMES 送信機の。右側 送信出力が -70dBm 時の各受信アンテナ (損失比:2.0、2.2、2.4、2.6、2.8、3.0) における受信強度の相関図。

また、今回開発した伝播損失シミュレーションには、実際のオフィス等の室内環境を想定し、多重壁モデルを組み入れた。多重壁モデルは、送信アンテナ～受信アンテナ間に壁やパーティションが存在する場合に、受信アンテナでの受信信号強度を計算する為に使用する。多重壁モデルは、

$$L(d) = L_0 + 10\alpha \log_{10} d + \sum_{i=1}^N L_i$$

$$L(\text{dB}) = L_0 - 10 * N * \log_{10}(d) + G_T + \sum_{i=0}^M R_i + \sum_{j=0}^N P_i$$

ここで、

d = 送信アンテナ～受信アンテナへの距離 (m)

$L(d)$ = 送信アンテナから距離 d の軌道損失

L_0 = 信号周波数による送信アンテナから距離 1m の伝播損失

L_i = パーティションによる i 軌道の減衰要因

α = 伝播損失係数

N = 送信アンテナ～受信アンテナ間の壁又は、パーティションの数

f = 信号周波数 : MHz

の式にて計算した。

この計算式により算出した反射累計を図 8 に示す。

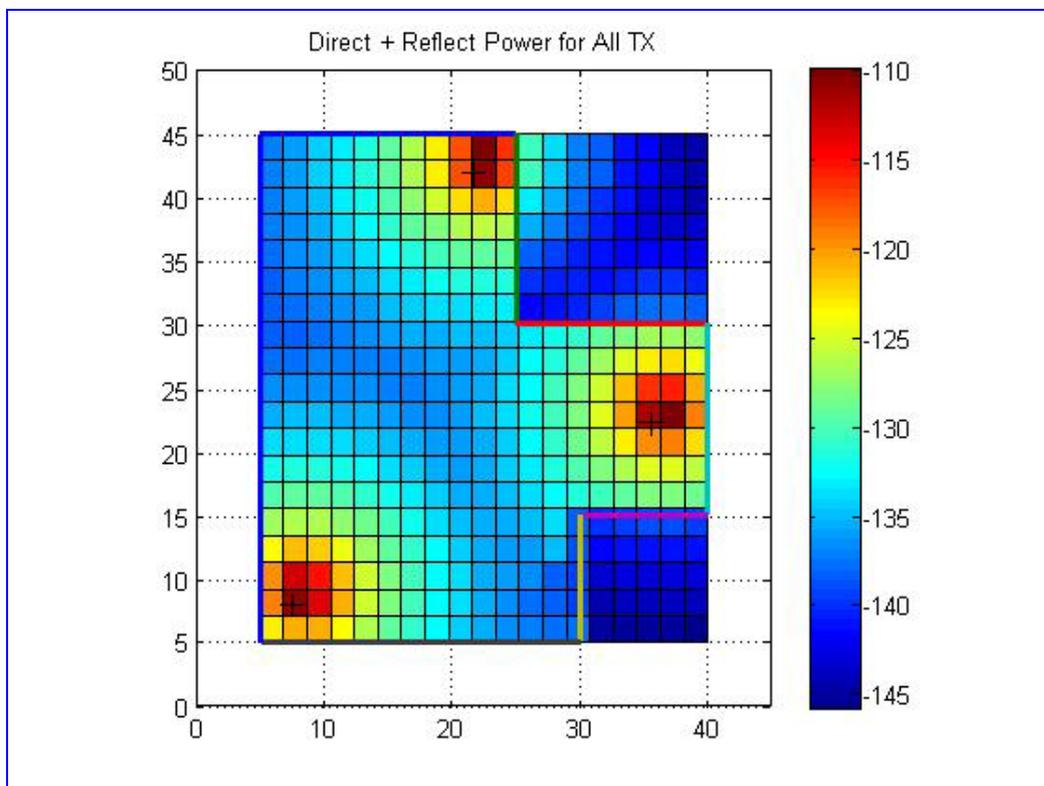


図 8: 上記は、全 TX に対する直接及び反射累乗を表します。

この計算式を使用し、シミュレーションを実施した伝播モデルのインターフェイス(部屋のレイアウト)例を図 9、図 10 に示す。

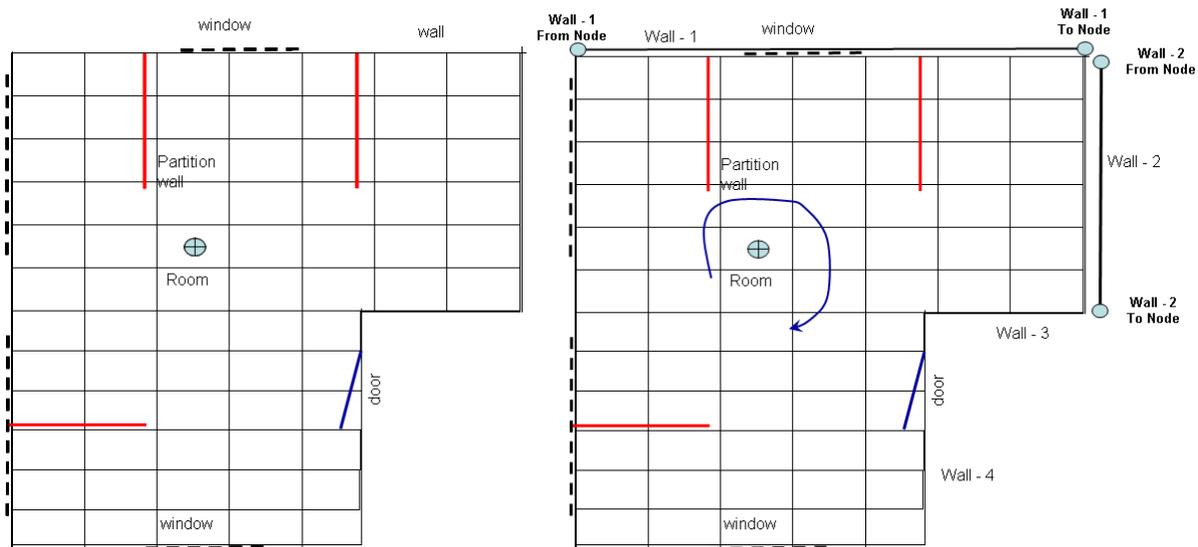


図 9 部屋のレイアウト例 (2 種)。右図の室内の矢印はノードからノードへの経路を示す。

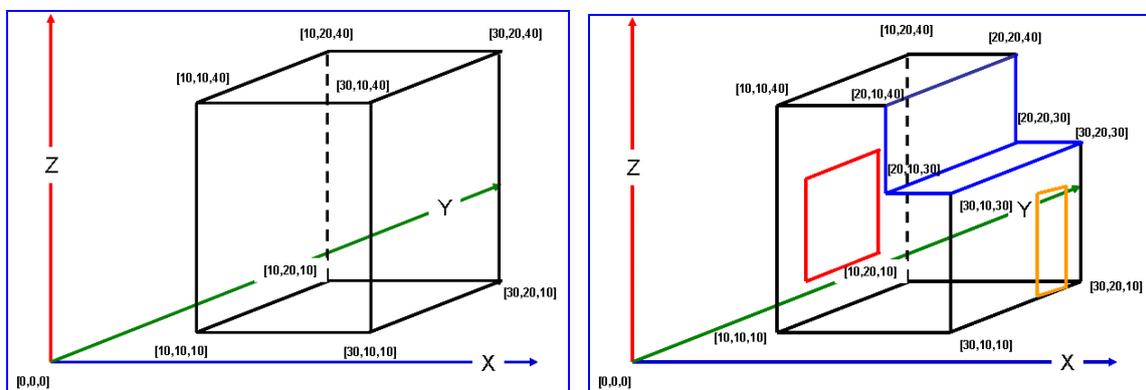


図 10 3D による部屋のレイアウト例 (2 種)。

次に実際のシミュレーション方法について記述する。

図 11 に信号伝播の概念図を示す。入力する 3D データはシミュレーションを行う場所の間取りの他、床、天井、壁、パーティション、ドア、窓等の様々なオブジェクトが含まれる。反射・吸収による伝播損失値については、データベース中に各オブジェクトの材質の材質・形状で定義される。

床面より任意の高さの信号強度をシミュレーションする場合、 Z_{offset} 値と呼ばれるオフセット値を与える。 Z_{offset} が 1.0m の場合、床面より 1.0m 上のグリッド面での信号強度が計算されることを意味する。

以下に信号強度の計算手順を示す。

1. 送信アンテナ～受信アンテナ間にオブジェクトがない条件の各グリッド面上での受信点における信号強度を計算する。
2. 次にオブジェクト(パーティション、壁)を通過する信号の有無をチェックする。
3. 2 の作業により、オブジェクトを通過し信号の伝播損失がある場合、以下(ア)～(オ)の手順に従い信号強度を計算する。

- (ア) オブジェクトによる反射波経路の計算
 - (イ) 計算された経路中における特定グリッド点に反射波を加算
 - (ウ) 反射地点～受信グリッド間の距離を考慮し、反射波経路内のグリッド点の反射波伝播損失量を計算
 - (エ) 直接波の信号強度と、反射波の信号強度を加算し、受信強度を計算
 - (オ) 全てのグリッド地点における信号強度を計算
4. 上記1～3 の手順に従い、グリッド上の全ての受信点において、送信信号の信号強度の計算を実施する。

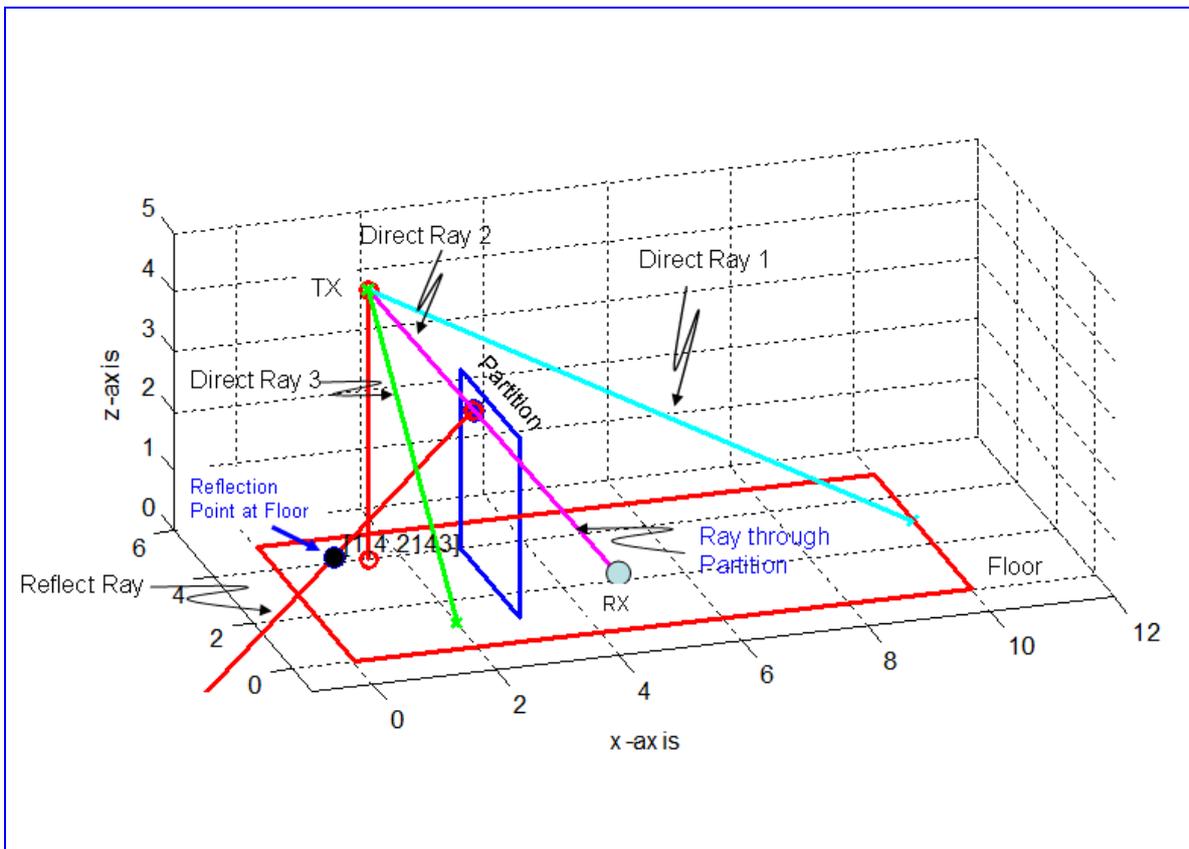


図 11 直接波およびオブジェクト（床、壁、窓、パーティション等）による反射波の伝播計算の概念図

2)フロア作成画面

フロアエリア作成、オブジェクトの配置は GUI にて可能である。

一例を図 12 に示す。

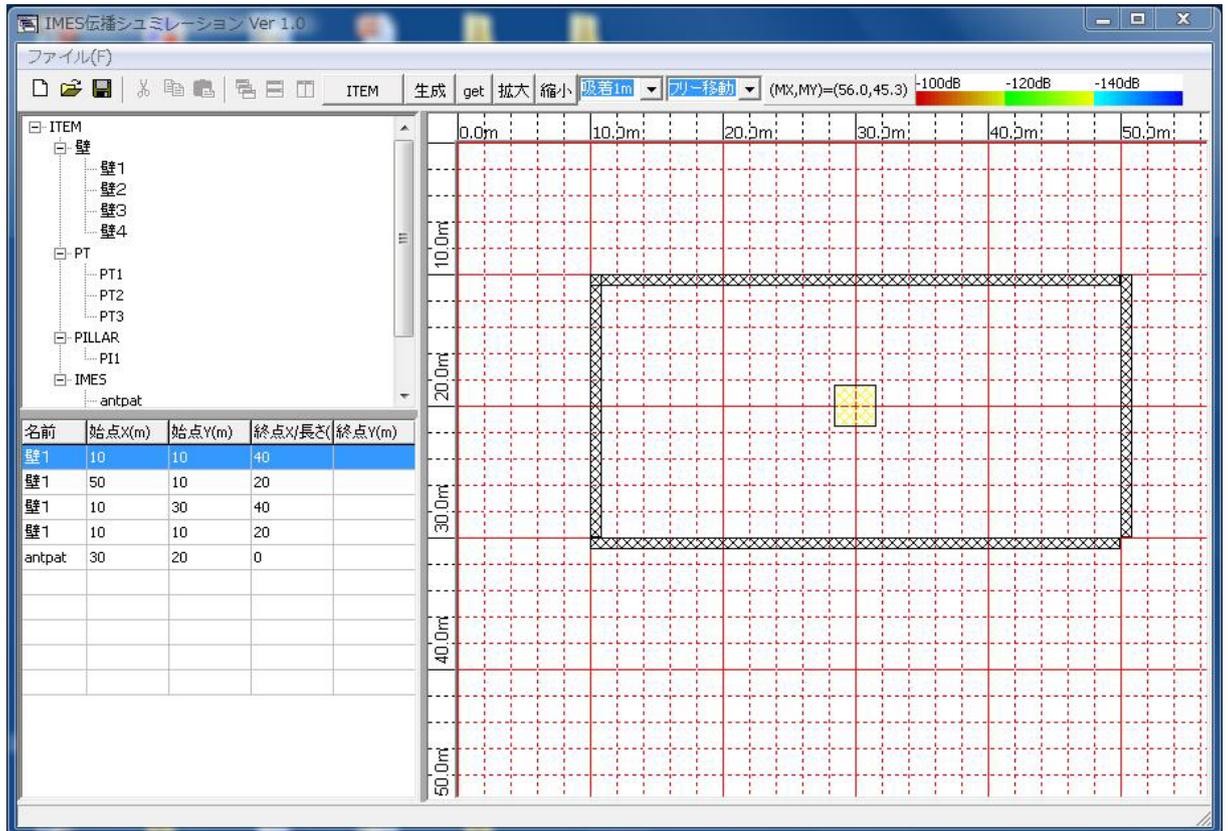


図 13 メイン画面でフロア情報を入力した状況

3) 結果表示画面

フロアエリア作成・オブジェクト配置後の伝播損失シミュレーション実施の一例を図 13 に示す。信号の強弱は色のグラデーションによって表示可能な仕様である。

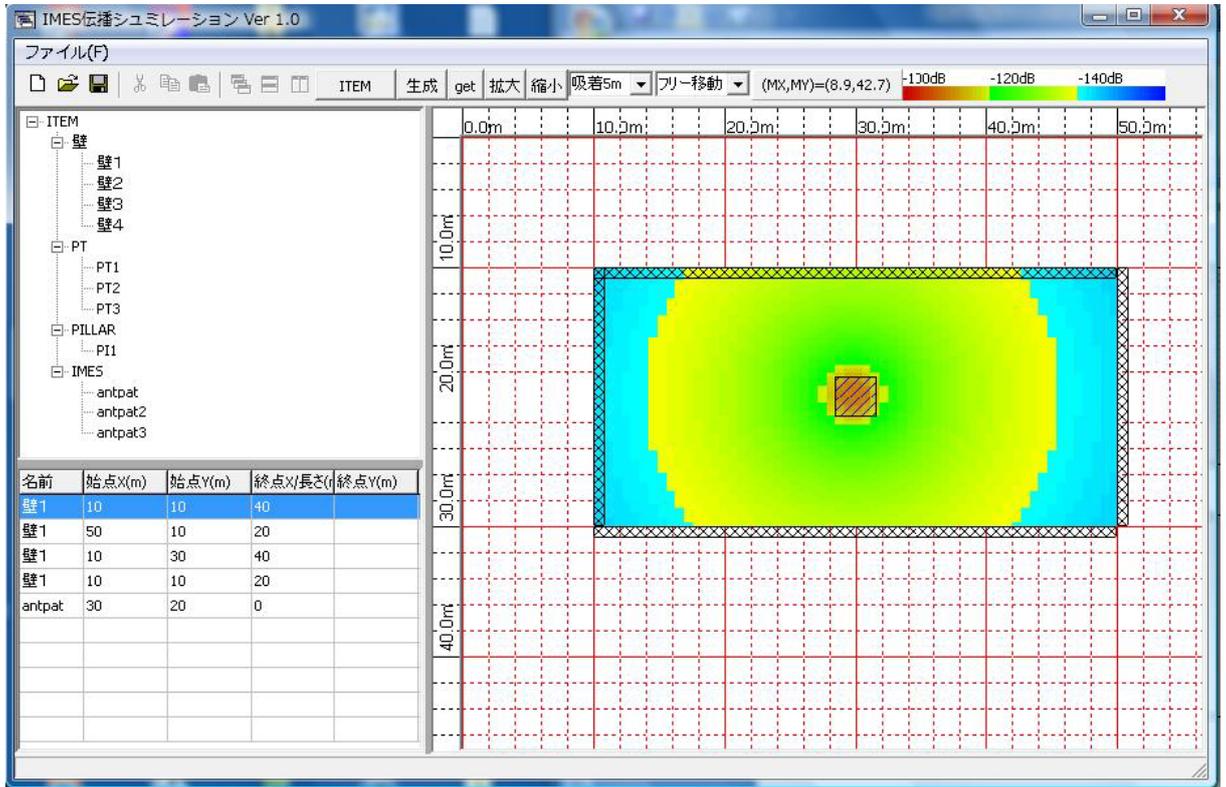


図 14 メイン画面でのシミュレーション実施画面

4) アンテナパターンエディタ

開発した可視化プログラムでは送信アンテナの送信パターンについても、GUI 上で編集可能な仕様である。

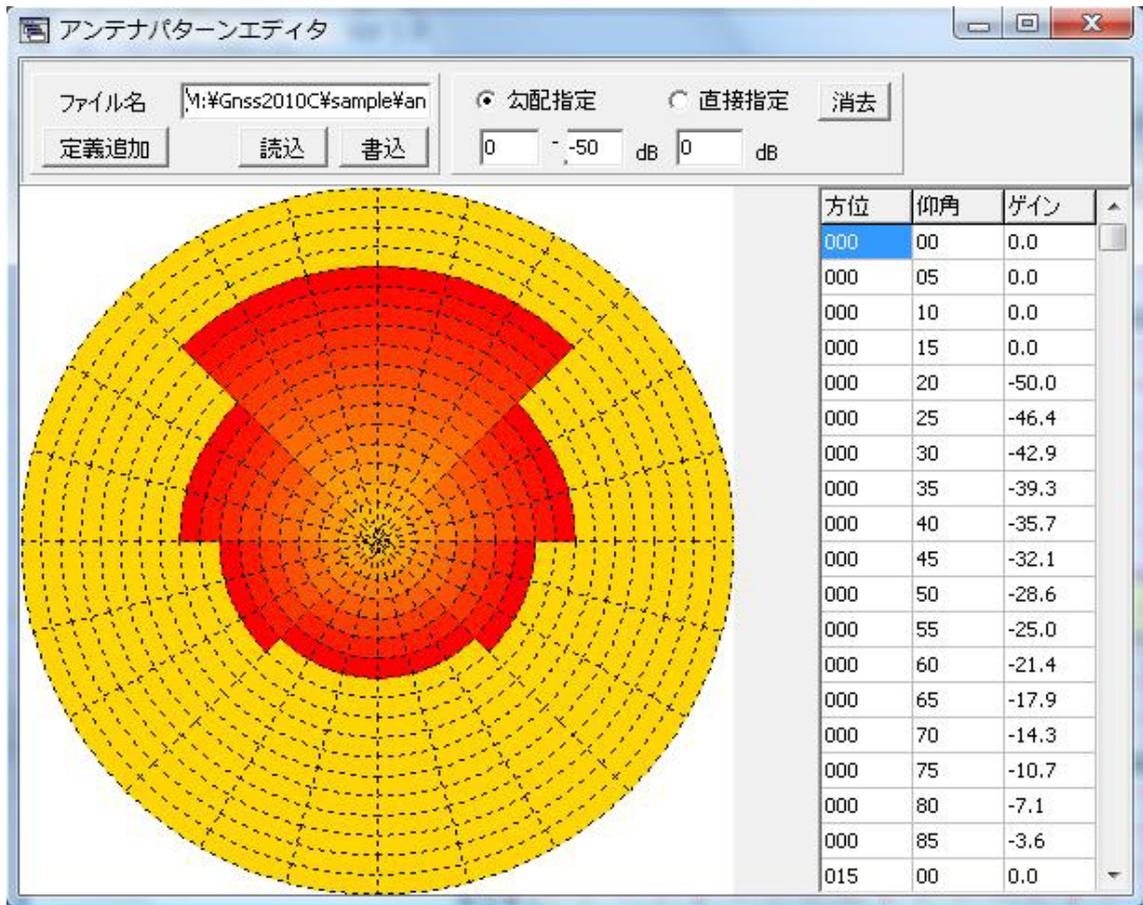


図 15 送信アンテナゲインパターンの設定画面

7.3. 実環境でのデータ取得作業

実環境でのデータ取得・検証は、狭い部屋(弊社会議室)、広い部屋1(慶應義塾大学日吉キャンパス協生館会議室)、広い部屋2(慶應義塾大学日吉キャンパス 協生館 1 階ロビー)の3カ所で行った。

各場所ともに図 16 で示す機器構成で計測を実施した。

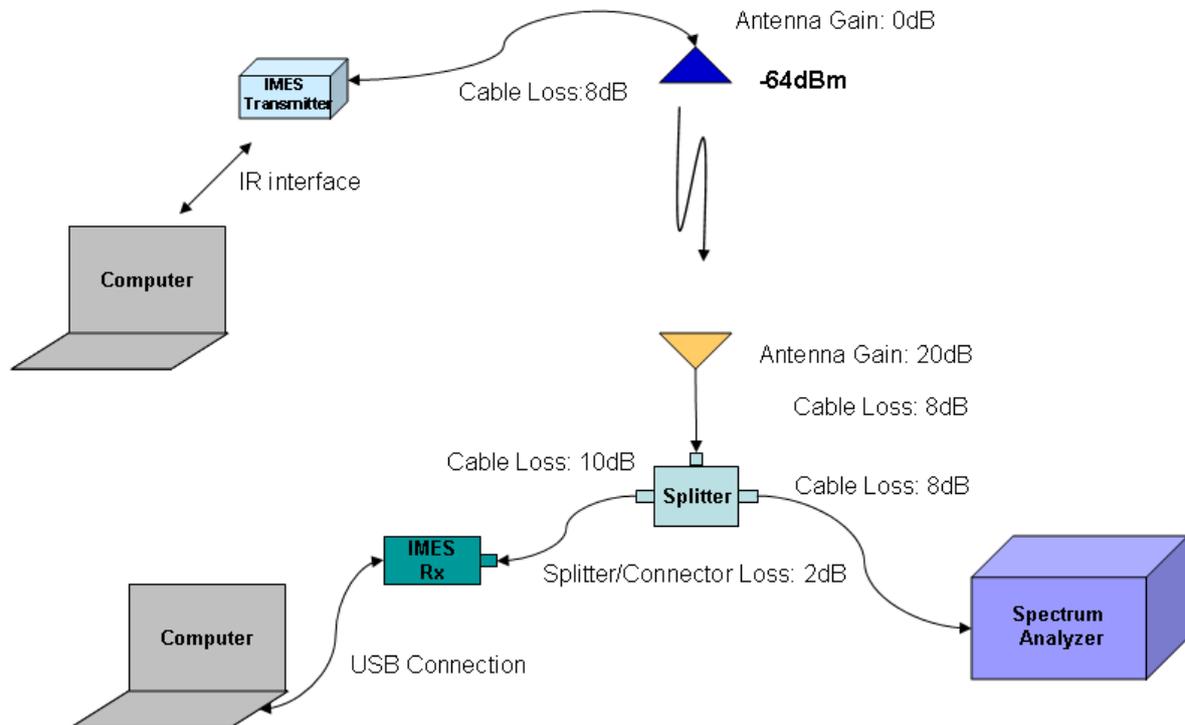


図 16 計測時に使用した機器構成

- ・ IMES 送信機と同軸ケーブルで送信アンテナと接続し、IMES 信号、または 1.57542GHz 無変調波を送信
- ・ IMES 送信機はパソコンと赤外線通信により、IMES 送信出力等を設定
- ・ 受信アンテナと2分配器を同軸ケーブルで接続し、受信した信号の一方をIMES受信機、もう一方をスペクトラムアナライザへ入力
- ・ スペクトラムアナライザでは、IMES 送信機から無変調波出力時に受信信号強度(dBm)を計測
- ・ IMES 受信機ではIMES 信号受信時に S/N 比を計測

また、図 17 に示すとおり、各計測場所内を1mメッシュに区切り、グリッド毎に計測を実施した。

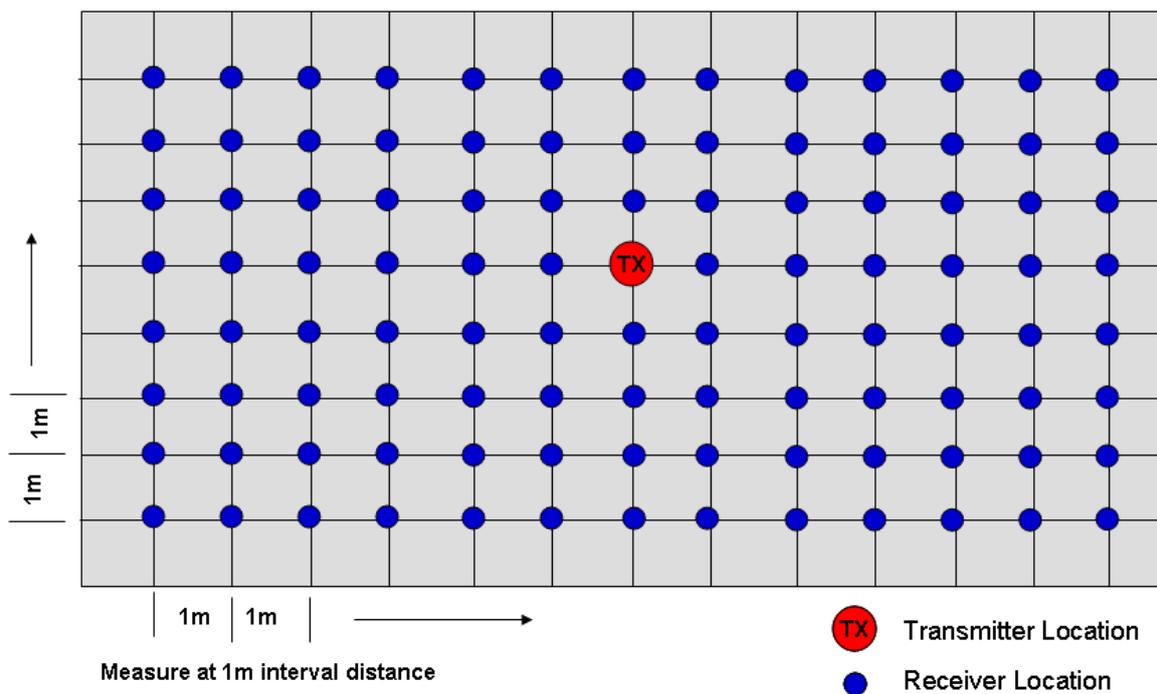


図 17 計測エリアにおける計測場所のメッシュ

受信アンテナについては、移動脚を使用し床面から 1.2m の位置に設置した。
 送信アンテナについては、ポールを使用し、床面から 2.5m の位置に設置した。
 また、送信アンテナについては運用時の取り付け方法を考慮し、垂直方向への放射天井、水平方向への放射の 2 パターンを実施し、それぞれ天井面への取り付け、壁面への取り付けを想定している。
 送信アンテナと受信アンテナの取り付け関係を図 18、19 に示す。

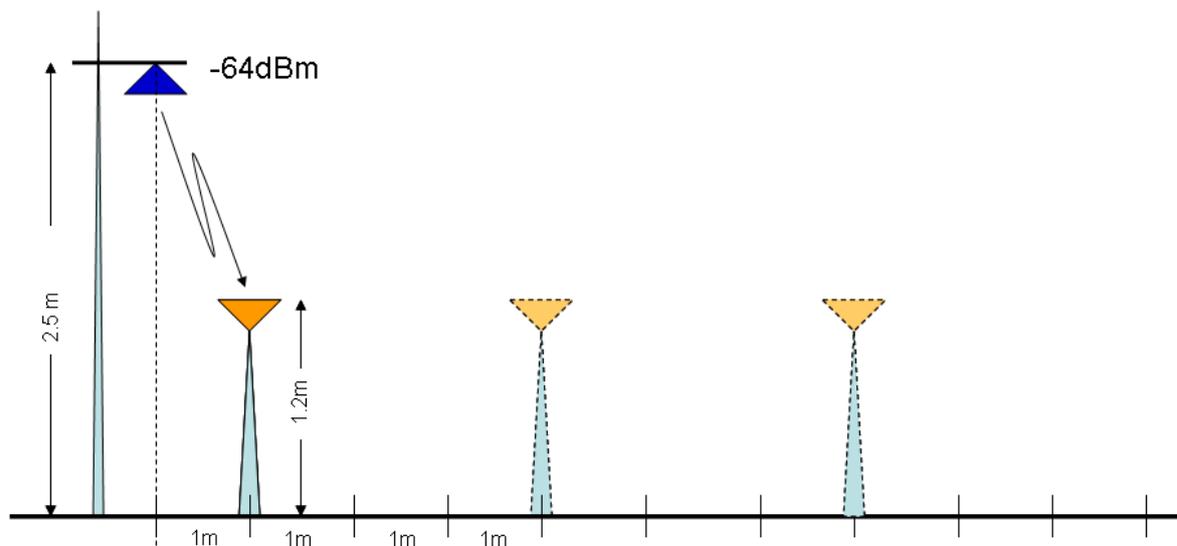


図 18 送信アンテナ・受信アンテナの位置関係。垂直方向に送信した配置

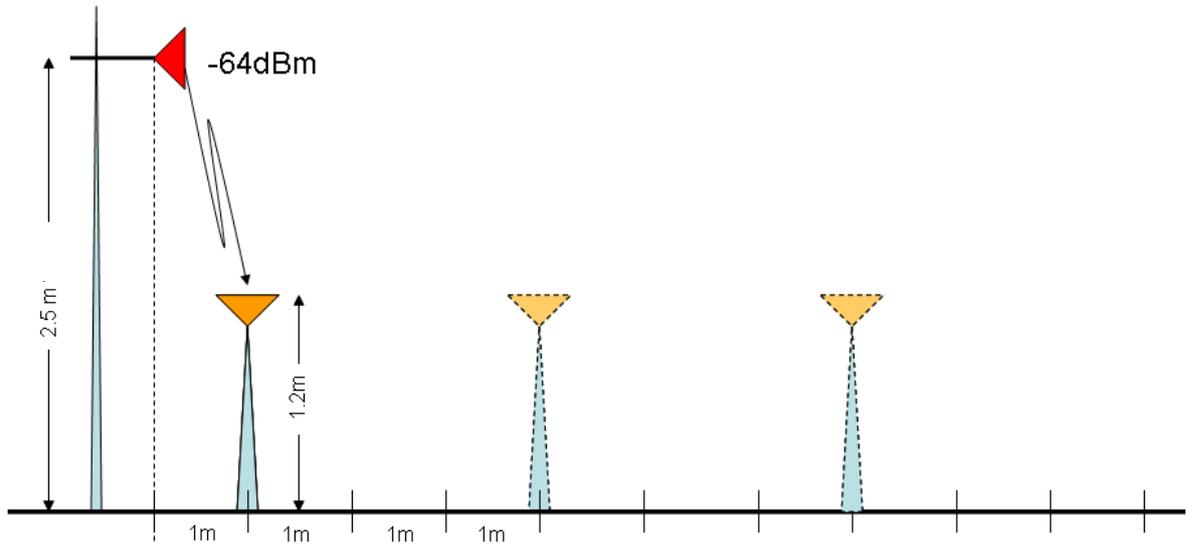


図 19 送信アンテナ・受信アンテナの位置関係。水平方向に送信した配置

信号強度については、スペクトラムアナライザ(形式:アドバンテスト社製 R3671)を使用し、計測した。CW(無変調搬送波による連続出力)をパッシブ GPS アンテナから送信し、計測を実施した。スペクトラムアナライザで計測した結果の一例を図 20 に示す。

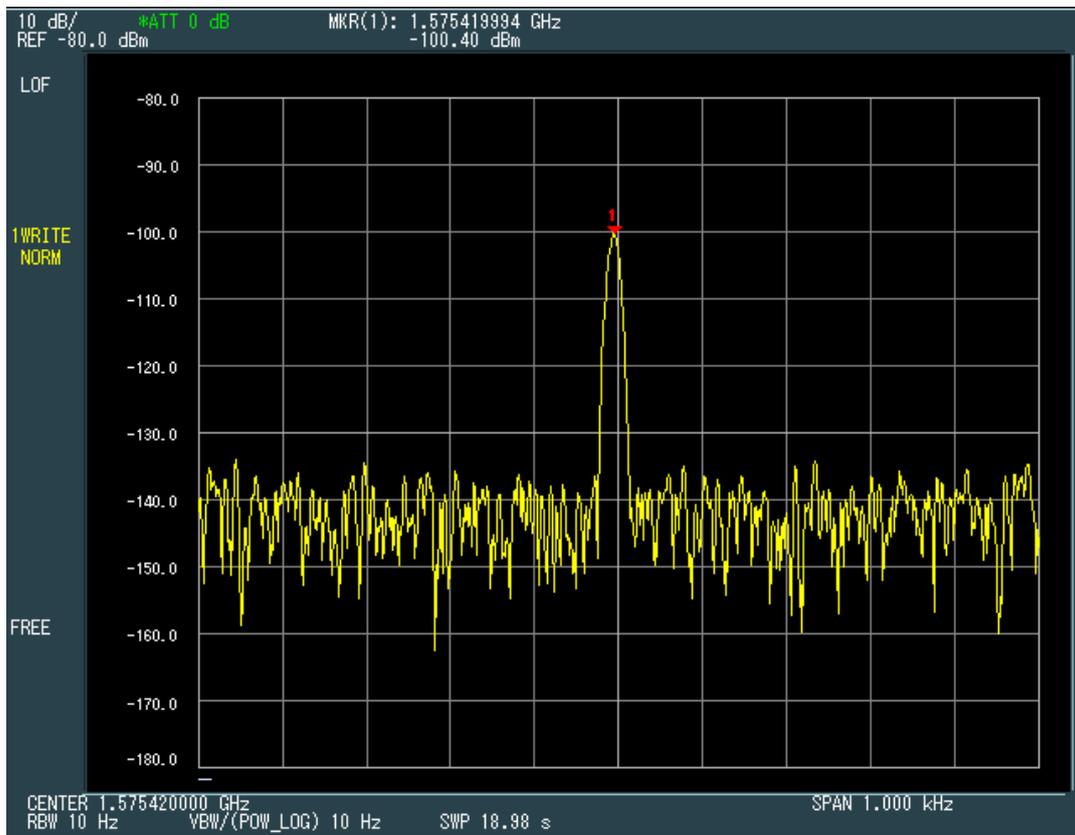


図 20: スペクトラムアナライザによる送信信号強度の計測の一例

7.3.1. 狭い室内(弊社会議室)

7.3.1.1. 概要

比較的狭いオフィス・会議室への IMES 設置を想定し、弊社会議室にて計測を実施した。



図 21 狭い部屋（弊社会議室）での計測作業実施状況

7.3.2. 広い室内1 (慶應義塾大学日吉キャンパス 協生館会議室)

7.3.2.1. 概要

比較的広いオフィスや会議室への IMES 送信機の設置を想定し、計測を実施した。



図 22 広い室内1 (慶應義塾大学日吉キャンパス 協生館会議室) のレイアウト



図 23 広い室内1 (慶應義塾大学日吉キャンパス 協生館会議室) での計測作業状況

広い室内 2（（慶應義塾大学日吉キャンパス 協生館 1 階ロビー）

7.3.2.2. 概要

建物内の広いオフィスや廊下・会議室への IMES 送信機の設置を想定し、計測を実施した。



図 24 広い室内 2（慶應義塾大学日吉キャンパス協生館2F）のレイアウト 1



図 25 広い室内 2（慶應義塾大学日吉キャンパス協生館2F）のレイアウト 2

8. 評価・まとめ

8.1. 結果の評価

今回開発した伝播損失シミュレーション装置では、フロア、壁、パーティション等の各種タイプのオブジェクトを使用してシミュレーションを行うことが可能である。また、各送信機についても異なるアンテナ利得パターンが使用可能となっている。

開発したシステムにおける伝播損失計算において、伝播損失係数 N を与えている。使用したモデルにおいて伝播損失係数 N は、2.5 がデフォルト値である。これに対し、実環境の計測では伝播損失係数 N が 2~3 である結果が得られた。通常、 N のデフォルト値である 2.5 は、木製のテーブルやイスを配置したにオフィス内に適用される。

今回、計測を実施した“狭い室内”のように、壁面に多くの金属製キャビネットや、パーティションがある場合、マルチパスが非常に多く発生する。その為、信号強度については、デフォルト値を使用し計算した結果と比較したが、計測結果とは差異がある。今回の実環境下の計測結果より得られた結論として、“狭い室内”のようなマルチパスが多い室内においては、伝播損失係数 N は 2.5~3.0 の値を使用した方が実環境に近づく。また、“広い室内2”の様に、廊下、空地、トンネルのように比較的空間が広いエリアでは、伝播損失係数 N は 2.2 を使用した方が良いことが判った。

今回開発したシステムのシミュレーション精度は、実環境データと、シミュレーションによる理論上(オブジェクトなし)とオブジェクトありの双方の解析結果との比較により分析した。理論上(オブジェクトなし)とオブジェクトありとの比較は、伝播損失係数 $N=2.5$ を使用し計算した。

実環境データとモデル結果を比較し、6dB 程度の差分のある結果が得られた。この差分については、以下の2つの主な原因が考えられる。

1. 実際のオブジェクトと CAD データへ反映したオブジェクトの差異

1つ目の原因として、CAD データへ正確にオブジェクト情報を移植が出来ないことが挙げられる。今回のシミュレーションにおいても、壁、パーティション、ドア、窓の一部において、形状・材質が正確に CAD データへ反映されない。また、テーブルとイスにおいては、CAD データへの移植を行っていない。移植を行っていないオブジェクト(テーブルやイス)については、マルチパスの影響を最小にする為、これらのオブジェクトより高い位置(1.2m)で計測を実施した。

同様に小パーティション、サイン板等の比較的小さいオブジェクトについても、CAD データへ正確に移植することが難しい。

実環境を全て CAD データに反映させることは困難であり、仮に反映させてシミュレーション結果と実測値が一致するものではない。

CAD データへ電波的に影響の大きいものからオブジェクトデータを反映し、シミュレーション精度を向上しつつ、本システム開発の目的である設置の簡略化・低コスト化を両立することが今後の課題の1つと言える。

2. 直接波と反射波の位相合成の影響

2つ目の原因として、直接波と反射波の位相合成状況により、信号強度が異なることである。IMES 信号受信時において、実環境では直接波と反射波のそれぞれの位相パターンが存在する。この為、複数の信号合成時(反射波が複数ある場合も想定される)において、様々な条件で位相合成されることになる。位相が正確に一致する場合、総パワーは二倍に増加するとされている。(ログスケールにおいて

6dB)。これについては実環境データ計測時においても確認した。計測地点によっては計測値が約 6dB 大きい結果として現れている。

一方、合成された信号が互いに位相が逆である場合、信号が相殺されて、ヌルポイントとしてあらわるとされている。これについても、実環境データ計測時において確認した。計測地点で信号を計測できない場合に、受信アンテナを数センチメートル移動し計測した。移動した地点では、より強い信号が計測された。

しかしながら本装置では、位相合成まで考慮した計算を行っていない。この為、実環境において、直接波と反射波の位相合成はフェージングとして現れ、シミュレーション結果との差異となっている。シミュレーション結果より IMES 送信機の屋内配置を決定する場合、この結果を踏まえ IMES 送信機配置のシミュレーション結果を修正し、配置場所を再決定する必要があると考えられる。

また、実環境では、位相合成だけでなく受信アンテナによって偏波が異なる為、信号強度が十分にある場合においても受信出来ないことがある。位相合成と同様に送信信号の偏波の極性変化についても、信号強度に影響することが考えられる。

8.2. まとめ

今回の開発目的である、IMES 送信機のインフラ整備(屋内配置の決定)のツールとしての伝播損失モデルの決定、可視化プログラムの作成については、シミュレーション結果と実環境データとの差異が 6dB 程度である結果を踏まえると、当初の目的は達成できたと考える。

今後は、実環境データとの差分をさらに縮小する為、上記の2つの原因の対策を含め、引き続き、研究・開発を行う必要がある。

発行日 平成23年3月

作成 財団法人ニューメディア開発協会

住所 〒112-0014 東京都文京区関口1丁目43番5号 新目白ビル6F

電話 03-5287-5034 F A X 03-5287-5029

開発事業者 測位衛星技術株式会社

住所 〒160-0022 東京都新宿区新宿6丁目12番5号 松喜ビル

平成22年度ニューメディア情報システムの開発

屋内測位送信機器の設置環境における伝播影響の可視化システムの開発

(要旨)

内容の全ておよび一部を許可なく引用、複製することを禁じます。

URL : www.nmda.or.jp