

# レイトレース法を用いた大学競技場における空間ダイバーシティ効果の実証 Verifications of the Space Diversity Effects in a Stadium for 2.4GHz Propagation Characteristics

鈴木弘巳

指導教員 渡辺正浩

東京工科大学コンピュータサイエンス学部 無線システム研究室

Key Word: Ray Trace, Space Diversity, Stadium, Multipath Fading, Delay Profile

## 1. はじめに

IoTの時代、様々なモノとモノをネットワークで繋げる試みが行われている。一例として、大学構内の構造物間の屋外通信における電波伝搬特性の検証[1]により、移動体である人の影響による接続の可能性が検証されている。スポーツの分野においても、ここ数年で試みが始められており、本稿ではパフォーマンス中の選手の体調をモニタリングする無線システムの構築について検証を行う。将来的にはマルチホップ中継も想定している。

## 2. 実験手順

CADソフト「SketchUp」により「東京工科大学総合グラウンド」の3Dモデルを作成し、レイトレース法を用いた電波伝搬解析ソフト「RapLab」によるシミュレーションを行い、得られた結果を比較する。材質は「RapLab」で計算可能な「concrete」、「earth」、「water」を使用した。図1と表1にその3Dモデルの詳細を示す。



図1 東京工科大学総合グラウンドの3Dモデル

表1 モデルの大きさ

	縦	横	高さ	材質
全体	132.1m	176.0m	10m	コンクリート、アース
グラウンド	108.0m	176.0m	0m	コンクリート、アース

## 3. シミュレーション概要

観客席、グラウンド内に人を想定した水の直方

体(1m\*1m\*1.7m)の有無による受信レベルの変化、遅延の有無の比較を行う。観客席は3段になっており、0.5m間隔で人のモデルを配置した。アンテナの設置場所は図2の通りで、グラウンド内のサッカーグラウンド(50m\*80m)に、縦5m、横8m間隔に計9個受信アンテナRxを設置する。送信アンテナTxは観客席中心部に1個と、グラウンド部分の4辺の midpoint に3つ、計4個設置する。設定内容は表2に示す。

表2 各アンテナの諸元設定

アンテナ	送信アンテナ高	受信アンテナ高	送信電力	周波数	偏波
Omni	3m	1.8m	0.05W/17dBm	2.5GHz	垂直偏波

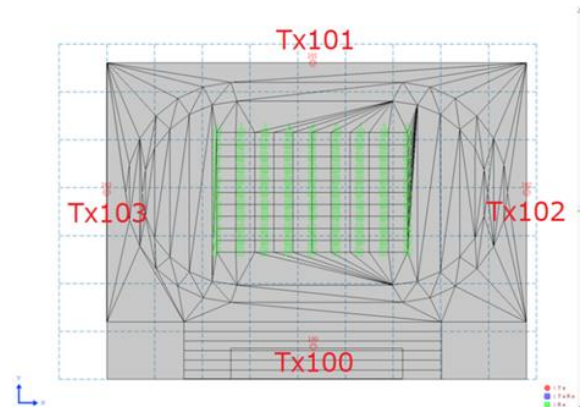


図2 送受信アンテナの設置場所

また、入力雑音電力  $P = k \cdot T \cdot B$  (ボルツマン定数:  $k = 1.38 \times 10^{-23}$  [J/K]、絶対温度:  $T$  [K]、帯域幅:  $B$  [Hz]) とし、無線LANの帯域幅 40 [MHz]、絶対温度 300 [K] の場合、 $P = -97.8$  [dBm] で、C/N比 23 [dB] のマージンを取る場合  $-74.8$  [dBm] で、これより低い受信強度は無線LANでは受信できない。そして無線LANの符号間干渉を防ぐガードインターバルは 800 nsec である。

## 4. シミュレーション結果

シミュレーションの結果、遅延プロファイル

図3～図6に示す。これらの結果より、最低受信レベルを下回るパスと、遅延がガードインターバルの800nsec以内に収まっていることが分かる。また、図7のTx100の場合、電波が届かない位置があり、黒く表示している。これは計算条件で、反射2回・回折0回の反射の制限によりパスの見通しが取れなかったと考えられる。また、図8のTx102の場合、無線LANの最低受信レベルである-74.8[dBm] (CN比23dBを反映)を下回ってデータを受信できない位置であり、青く表示している。

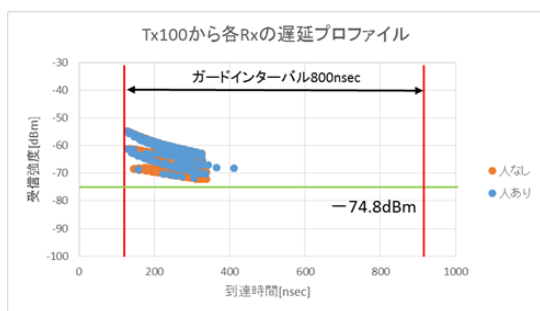


図 3 Tx100 から各 Rx の遅延プロファイル

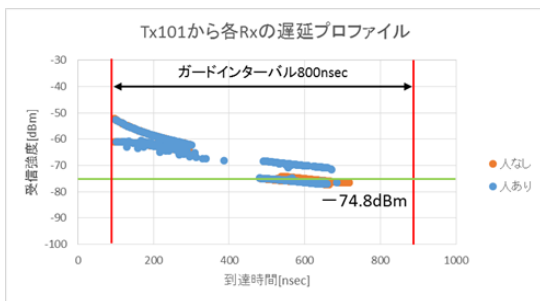


図 4 Tx101 から各 Rx の遅延プロファイル

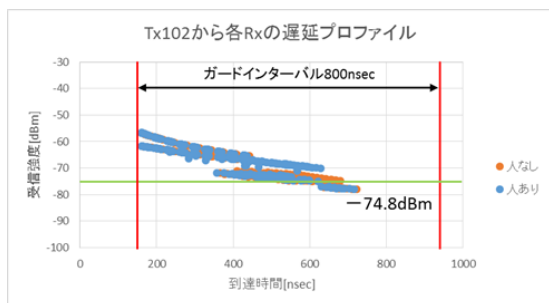


図 5 Tx102 から各 Rx の遅延プロファイル

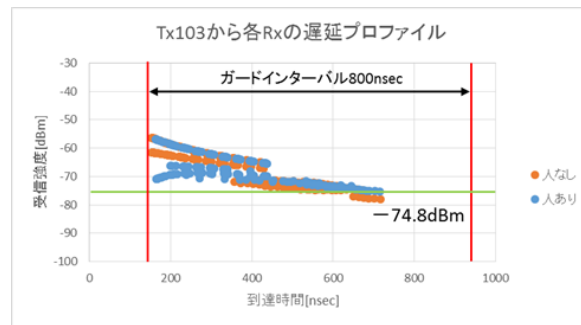


図 6 Tx103 から各 Rx の遅延プロファイル

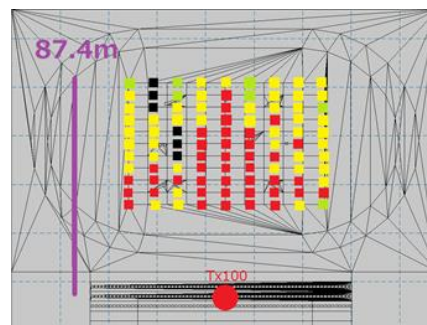


図 7 人あり Tx100 から各 Rx の受信レベル

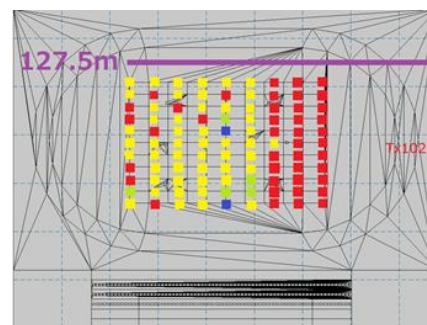


図 8 人あり Tx102 から各 Rx の受信レベル

## 5. まとめ

いずれかの送信アンテナ Tx を 2 点用いた場合、全通信領域をカバーできることを実証した。Tx100 の位置の場合に受信できない点があることが分かった。これは反射回数の制限によりパスの見通しが取れなかったことが考えられる。-97.8[dBm]以上の遅延波はガードインターバルの800nsec以内に収まるので遅延波による影響は無い。選手の走りによる遮蔽の具合によって、-74.8[dBm]以下のレベルは受信できないため中継が必要である。

### ・参考文献

- [1]小町谷遼, 渡辺正浩 “大学構内構造物間における 2.4GHz 帯 WLAN の電波伝搬特性” 信学技報, vol. 116, no. 407, ASN2016-83, pp. 71-76, 2017 年 1 月