マイクロ波帯郊外(住宅)地屋根越え伝搬特性

NTTアクセスサービスシステム研究所

北 直樹









- ① 端末局側到来方向特性
- ② 端末局側アンテナ高特性(ハイトパターン特性)
- ③ 伝搬損距離特性
 - 目的:伝搬損のモデル化
 - ▶ ターゲット環境:住宅地(屋外)
 - 検討周波数帯:2GHz以上のマイクロ波帯
 - システム形態:基地局高 > 建物高、端末局高 > 建物高

端末局側到来方向特性

郊外地における端末局側到来方向特性





測定地域の様子



測定環境

測定場所の条件

測定場所数	8箇所
平均道路幅	12m



端末局





■ 遅延プロファイル測定器

スライディング相関器

中心周波数	5.2 GHz
PNコード長(bit)	1023
チップレート	60 MHz
変調方式	BPSK
スケーリングファクタ	6000
時間分解能	18.3 nsec
距離分解能	5m



■ アンテナ



端末局側アンテナのアンテナパターン

測定結果例(1)





測定場所周辺の様子

測定結果例(2)





測定場所周辺の様子

多重波の水平面内到来角度分布特性例



平均到来角度(アジマス)特性例



レベルに支配的な波の平均到来角度(アジマス)特性例

📕 到来確率分布



(相対レベル0dB~-10dBの到来波)

端末局側到来方向特性まとめ

- ✓ 受信レベルに支配的となる到来波は、基地局方向(前)及び 基地局方向と正反対方向(後ろ)からの到来波である。
- ✓ 到来波の到来角度範囲は、前後とも90°程度。
- ✓ 到来波の到来電力は、前後ともほぼ同等。
- ✓ 到来波の到来する確率は、前後とも同等であり、 本測定の範囲では80%以上。



屋根越え到来波が支配的

端末局側アンテナ高特性(ハイトパターン特性)

ハイトパターン特性の測定

Ⅰ測定環境

 ✓ 2階建て家屋と3~5階建てのアパート
✓ 比較的建物高さが均一な環境で、大地面 高さはフラット





基地局側からの眺め



測定緒元

Frequency	5.2 GHz / CW
BS / SS ANT	Omni / Omni directional
BS / SS ANT height	18 m, 32 m / 4 to 10 m





Picture of SS with flexible pole





ハイトゲイン



ハイトゲインの距離特性



h_b : 基地局 アンテナ高

ハイトパターン特性測定例



幾何光学的モデル

レイトレースモデル



幾何光学的モデルに基づく伝搬メカニズム

■到来レベルに支配的な多重波成分



ハイトゲインの距離特性



h_b : 基地局 アンテナ高

加入者局側ハイトゲイン特性の検討

幾何光学的伝搬メカニズムよる検討





考慮する到来波



各到来波レベルの計算例

各到来波のハイトゲイン特性計算例





4波による電力値ハイトパターン特性計算例



ハイトゲイン特性計算例

4波によるハイトケイン変動特性例



各到来波の経路長差



経路長の差	フェージング周期
大	/]\
/]\	大

経路長の差



高周波で影響大



回折波領域におけるハイトゲイン特性の実測例



周波数	5.2 GHz (CW)
BSアンテナ高	32 m
BS-SS間距離	1650 m
平均建物高	8 m

✓ 変動周期の大きいフェージング

変動幅 10 dB程度



伝搬損失に支配的となる到来波まとめ

- ✓ 基地局側のみならず、反対側建物エッジからの回折波の寄与 が無視できない。
- ✓ 基地局側及び反対側建物エッジからの回折波は、到来レベル差、 到来経路長差が小さいため、加入者局側ハイトゲイン特性に変動 周期の大きなフェージングを発生させる。
- 経路長差に対して波長の短い高周波(マイクロ波帯以上)で 顕著な影響が現れる。

伝搬損距離特性









伝搬損失距離特性を伝搬損失(受信レベル)に支配的となる到来波の観点から 3つの領域に分けて考える

屋根越え伝搬損モデル

反射波領域と回折波領域の境界について



- d_k: k回反射波が端末局アンテナに到来可能な最大のBS-MS間距離
- d_{RD}: 反射波領域と回折波領域との境界となるBS-MS間距離

$$d_{\mathrm{RD}} \doteq d_3$$

屋根越え伝搬損モデル

■ 各領域に対する伝搬損失

直接波領域
$$(d \le d_0)$$

 $L(d) = 20 \cdot \log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)$

• 反射波領域 {
$$d = d_k$$
 ($d_k < d \le d_{RD}$)} ($k = 1, 2, 3$)
 $L(d) = 20 \cdot \log \left(\frac{4\pi d_{kp}}{\lambda \cdot R^k}\right)$

・ 回折波領域 (*d*_{RD} < *d*)

 $L(d) = 20 \cdot \log\{4\pi d_{RD} / (R^3\lambda)\} + N \times 10 \cdot \log(d / d_{RD})$



屋根越え伝搬損モデル計算例



推定法の検証

■ 実測データとの比較



2.2, 5.2, and 19.4 GHzにおいて、推定法による計算値と実測値は良く合っている

本推定法の特徴



	モデル化の手法	推定法の適用領域	推定法の適用周波数	パラメータ数
奥村 - 秦式	経験則	NLOS	150 MHz ~ 1,500 MHz	4
坂上モテル	経験則	NLOS	450 MHz ~ 2,200 MHz	9
COST-231 Walfisch-池上モデル	物理モテル	NLOS	800 MHz ~ 2,000 MHz	8
提案法	物理モテル	LOS ~ NLOS	2.2 GHz ~ 19.4 GHz	6



■ 郊外地屋根越え伝搬環境におけるマイクロ波帯伝搬特性の検討を行った。

① 端末局側到来方向特性

- ・郊外(住宅)地環境では、屋根越え到来波が支配的
- ② 端末局側アンテナ高特性(ハイトパターン特性)
- ・基地局側のみならず、反対側建物エッジからの回折波の寄与が無視できない

③ 伝搬損距離特性

・郊外地屋根越え伝搬環境におけるマイクロ波帯伝搬損失推定法の構築