

B-1-11

市街地マクロセル環境におけるSub-6 GHz帯 伝搬チャネル特性

Sub-6 GHz Propagation Channel Characteristics in an Urban Macrocell Environment

2023年3月7日 (火)

電子情報通信学会 総合大会

○高橋 莉玖, 塚田 響, 鈴木 直也, 日野 一世, 金 ミンソク

新潟大学大学院 自然科学研究科

研究背景

- 無線通信技術の発展と利用シナリオの多様化
 - Beyond 5G, 車の自動走行, IoTなど
- チャネルモデルに対する要求の高まり
 - 新規無線通信システム開発のためのチャネルモデル
 - 想定される利用形態に対して高精度なチャネル特性の再現
 - ⇒ サイト固有の特徴をモデルに適用する手法の検討^[1]
- 目的
 - 実環境でのチャネル測定データの取得・解析
 - モデルへ適用するためのパラメータ導出

[1] 高田潤一・Nopphon Keerativoranan・林 高弘・金 ミンソク・吉敷由起子・岡村 航・齋藤健太郎・今井哲朗・廣瀬幸・沢田浩和・松村 武, サイバーフィジカル融合によるワイヤレスエミュレータのための電波伝搬モデル, 信学技報 SRW2021-23, 2021年

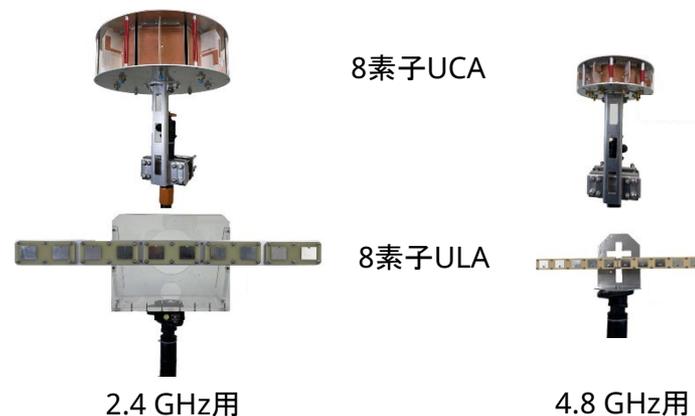
測定系

■ チャネルサウンダ

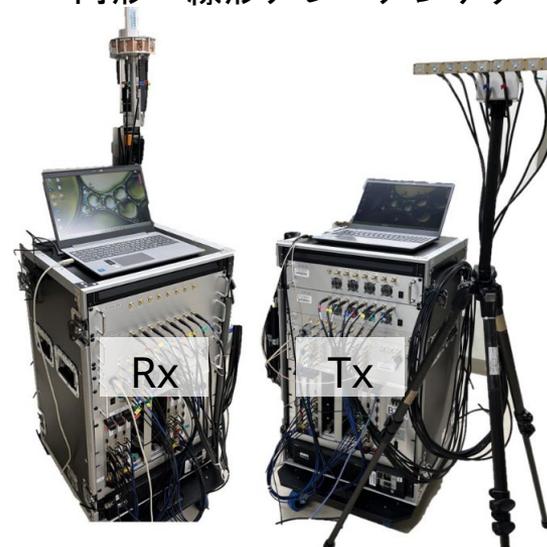
- 測定にはSub-6 GHz (2.4 GHz/4.8 GHz) チャネルサウンダ^[2]を使用

システム諸元

パラメータ		2.4 GHz	4.8 GHz
中心周波数		2.462 GHz	4.85001 GHz
信号帯域幅		40 MHz	99.9 MHz
サウンディング信号		マルチトーン	
サブキャリア数		200	510
サブキャリア間隔		195 kHz	
遅延分解能		25 ns	10 ns
最大遅延		5.12 us	
送信電力		23 dBm/Ant.	26 dBm/Ant.
HPBW	UCA	Az: 75°, El: 70°	
	ULA	Az: 90°	
Gain	UCA	6.5 dBi	
	ULA	4 dBi	



円形・線形アレーアンテナ



Sub-6 GHz帯 チャネルサウンダ

[2] 金ミンソク, 塚田響, 高橋莉玖, 鈴木直也, 日野一世, 沢田弘和, 松村 武, "Sub-6 GHz帯双角度チャネルサウンダの開発及び市街地環境におけるチャネル測定結果," 信学技報, AP2022-225, 2023年2月

測定エリア

■ 横浜市の市街地において3エリアの走行測定を実施

測定エリア	走行ルート	アンテナ	
		基地局 (BS)	移動局 (MS)
横浜第一有楽ビル (Urban Macro-cell)	合計3ルート (R1, R2, R3)	8素子ULA 向き：北 高さ：33 m	 <p>8素子UCA 高さ：2.7 m</p> 
NTT横浜山下ビル (Urban Macro-cell)	合計2ルート (R4, R5)	8素子ULA 向き：南東 高さ：34 m	 
ワールドポーターズ (Urban Micro-cell)	1ルート (R6) ※4.8 GHzのみ	8素子UCA 高さ：3 m	 <p>走行速度：20 km/h以下 測定間隔：0.5 s</p>

測定データの処理

■ 双角度遅延電カスペクトル (DDADPS)

送受信側においてビームフォーミングを行いアンテナパターンを排除した
双角度遅延電カスペクトルを得る

サブキャリアの
インデックス

送受信方位角

MIMO伝達関数行列

$$G[k, \varphi_T, \varphi_R] = C_R^{-1} \mathbf{A}_R^H[k, \varphi_R] \mathbf{H}[k] \mathbf{A}_T^*[k, \varphi_T] C_T^{-1}$$

双角度伝達関数

$$G[k, \varphi_T, \varphi_R] \xrightarrow{\mathcal{F}^{-1}} g[n, \varphi_T, \varphi_R]$$

双角度伝達関数 双角度インパルス応答

$$P[n, \varphi_T, \varphi_R] = |g[n, \varphi_T, \varphi_R]|^2$$

双角度遅延電カスペクトル
(DDADPS)

送受信アンテナ
パターン

$$\mathbf{A}_T[k, \varphi_T] \in \mathbb{C}^{8 \times 1}$$

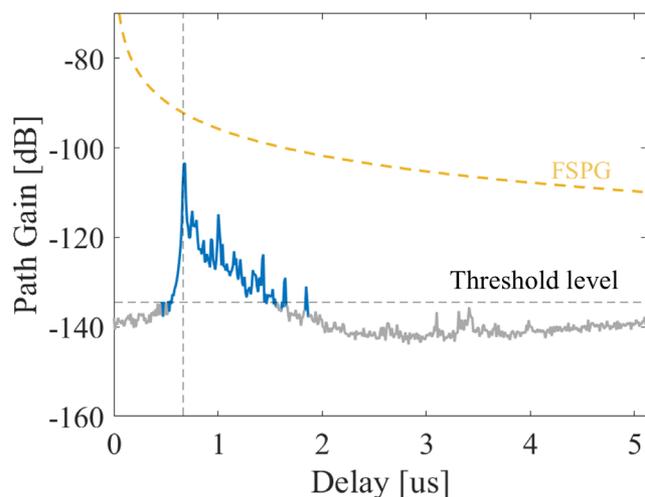
$$\mathbf{A}_R[k, \varphi_R] \in \mathbb{C}^{8 \times 1}$$

アンテナ利得
補償係数

$$C_T = \mathbf{A}_T^H[k, \varphi_T] \mathbf{A}_T[k, \varphi_T]$$

$$C_R = \mathbf{A}_R^H[k, \varphi_R] \mathbf{A}_R[k, \varphi_R]$$

測定データの可視化・LSP算出



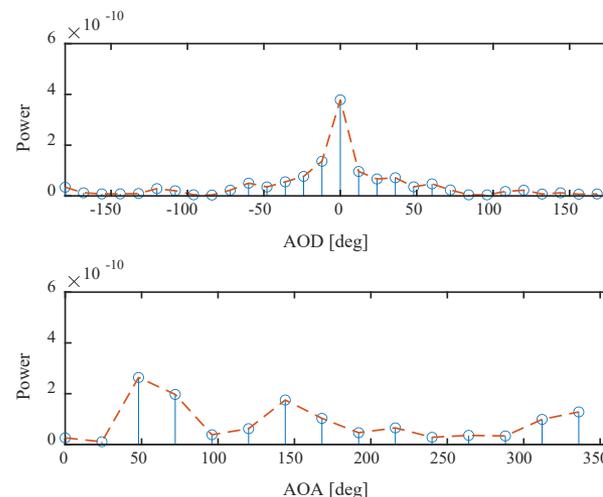
電力遅延プロファイル (PDP)

$$P_h[n] = \frac{\Delta\varphi_T \Delta\varphi_R}{B_T B_R} \sum_{\varphi_T} \sum_{\varphi_R} P[n, \varphi_T, \varphi_R]$$

n : 閾値を超える電力成分のインデックス

$\Delta\varphi_T, \Delta\varphi_R$: スペクトルの角度分解能

B_T, B_R : 半電力ビーム幅 (ULA: 12 deg, UCA: 24 deg)



方位角電カスペクトル (APS)

$$P_{T/R}[\varphi_{T/R}] = \frac{\Delta\varphi_{R/T}}{B_{R/T}} \sum_{\varphi_{R/T}} \sum_n P[n, \varphi_T, \varphi_R]$$

伝搬損失 (PL)

$$PL = \sum_n P_h[n]$$

遅延広がり (DS)

$$\tau_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{\sum_n P_h[n] (\tau_n - \tau_{\text{mean}})^2}{\sum_n P_h[n]}}$$

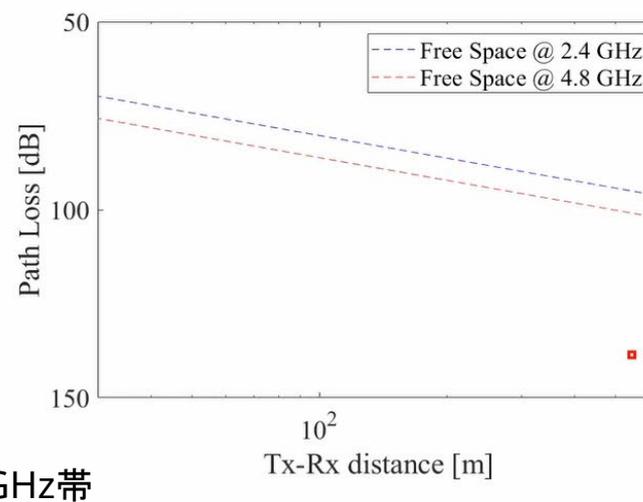
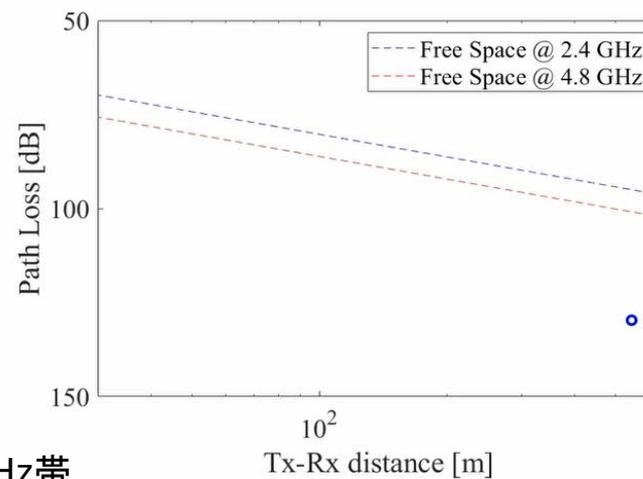
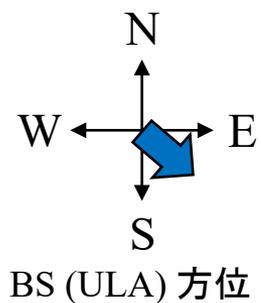
$$\text{平均遅延 } \tau_{\text{mean}} = \frac{\sum_n \tau_n P_h[n]}{\sum_n P_h[n]}$$

角度広がり (AS)

$$\sigma_{ASD/ASA} = \sqrt{-2 \ln \left(\frac{\left| \sum \exp(j\varphi_{T/R}) P_{T/R}(\varphi_{T/R}) \right|}{\sum P_{T/R}(\varphi_{T/R})} \right)}$$

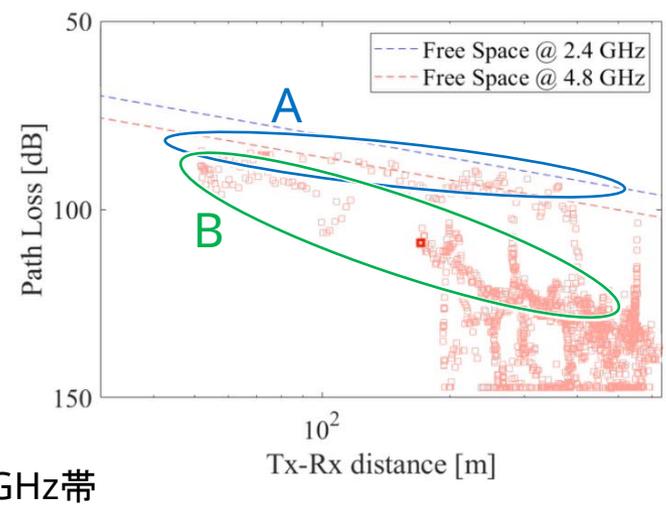
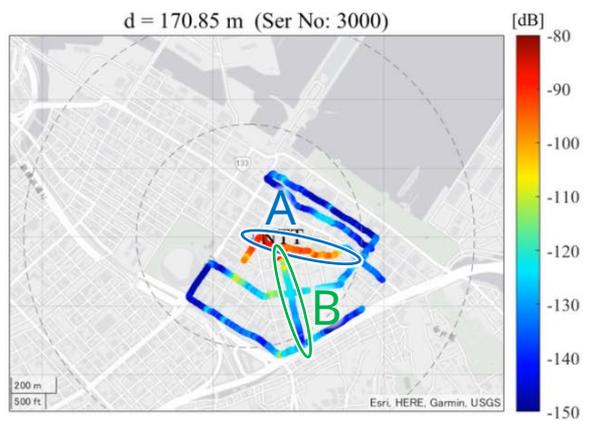
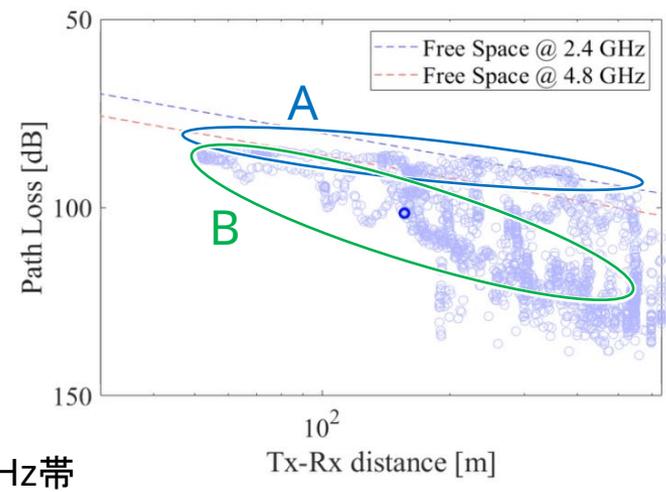
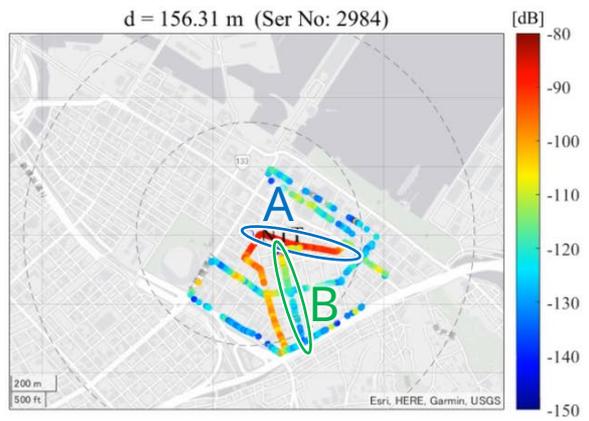
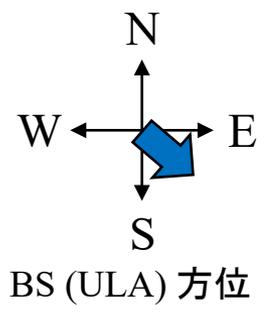
※ULA使用時のASDの算出は、APSの角度領域を $\pm 90^\circ$ の範囲に制限

Path Loss 特性



横浜中華街周辺エリア (UMa相当)

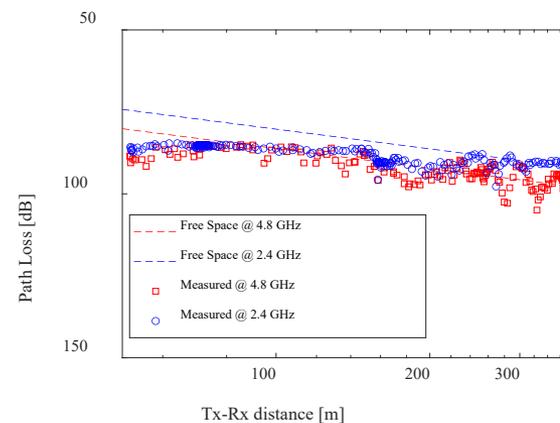
Path Loss 特性



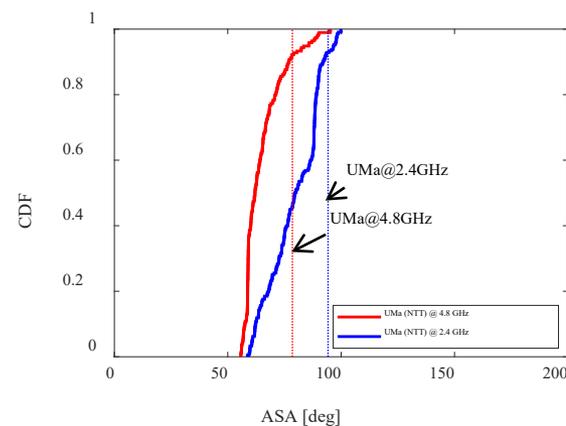
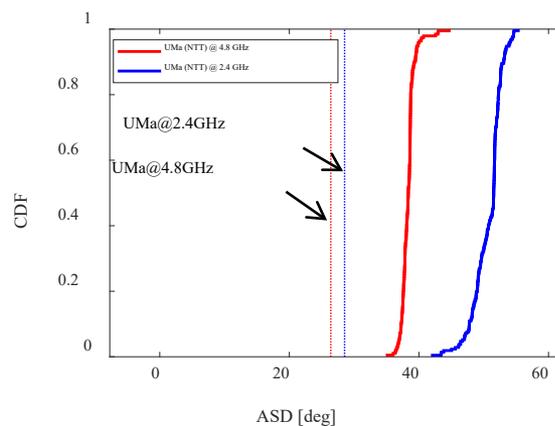
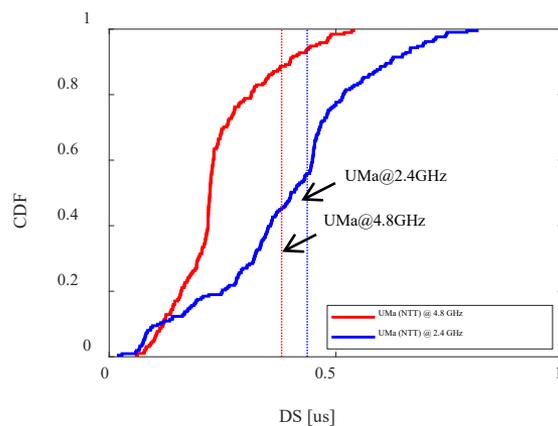
ルートAにおけるLSP



View from BS



- 2.4 GHz : FSPLより10 dB程度大きい
- 4.8 GHz : 概ねFSPLに従っている

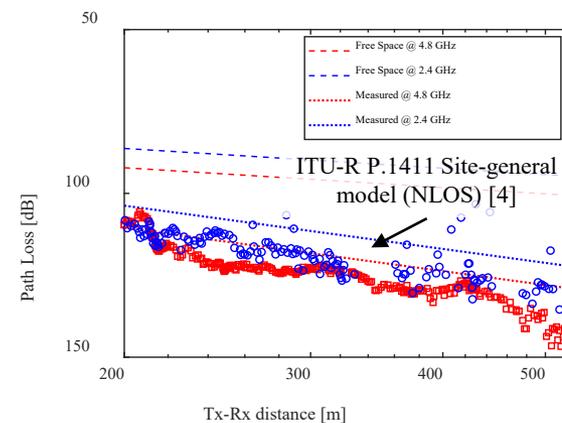


ルートAにおける遅延・角度広がり分布
(Dashed line: 3GPP UMa NLOS [3])

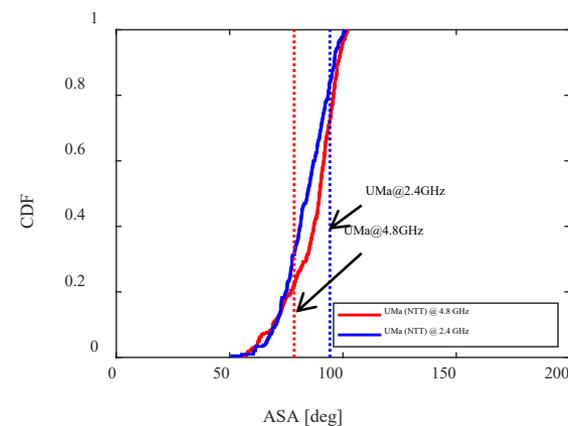
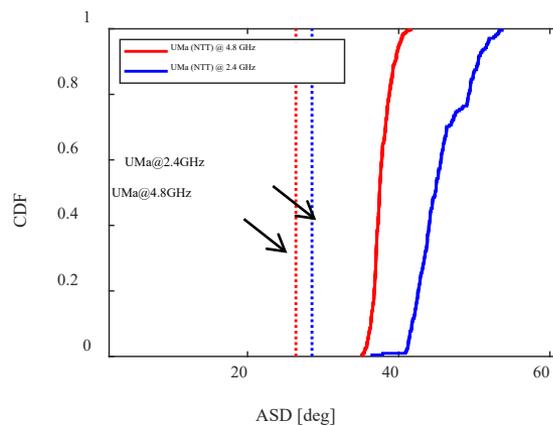
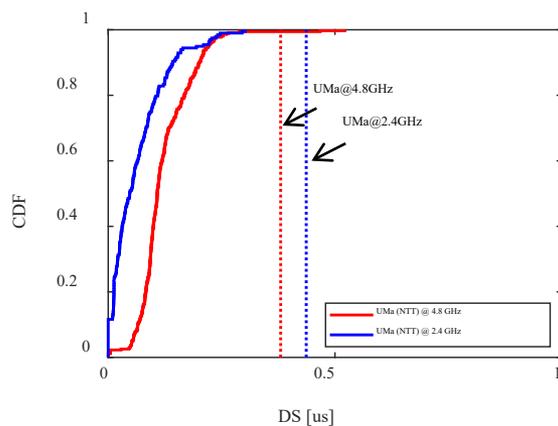
ルートBにおけるLSP



View from BS



- ITU-R Site-general model
と比較して約10 dB大きい



ルートBにおける遅延・角度広がりの分布

まとめ

■ 目的

- 実環境でのチャネル測定データの取得・解析およびモデルパラメータ導出

■ 実施内容

- Sub-6GHz帯の市街地伝搬特性を測定
- 測定結果よりLSPを導出

■ 今後の課題

- 他のエリアにおいても引き続き詳細に検討