

軽量コンクリート塀で囲まれた住宅地交差点における 720MHz 帯及び 5.8GHz 帯 FDTD 電波伝搬解析

佐藤 亮人¹ 今井 卓¹ 田口 健治¹ 柏 達也¹ 大島 功三² 川村 武¹

¹北見工大 〒090-8507 北海道北見市

²旭川高専 〒071-8142 北海道旭川市

E-mail: ¹lx@mail.kitami-it.ac.jp

あらまし 近年、交差点における自動車衝突事故防止のため、車車間通信を用いた衝突防止システムの研究が進められている。特に家屋塀で囲まれた道幅の狭い住宅地交差点では、その効果が期待されている。現在、車車間通信の周波数帯として 720MHz 帯及び 5.8GHz 帯の利用が検討されている。本研究では軽量コンクリート家屋塀で囲まれた住宅地交差点における 720MHz 帯及び 5.8GHz 帯での電波伝搬特性解析を行った。種々の塀厚み及び送信側自動車位置に対する伝搬損失特性を明らかにした。また、電波の伝搬メカニズムを明らかにするため電力遅延プロファイル特性解析を行った。尚、電磁界解析手法として FDTD 法を用いた。

キーワード 車車間通信, 交差点, 電波伝搬, 720MHz 帯, 5.8GHz 帯

FDTD Propagation Analysis of 720MHz and 5.8GHz Bands at Intersection Surrounded by Light-weight Concrete Walls in Residential Area

Ryoto SATO¹ Suguru IMAI¹ Kenji TAGUCHI¹

Tatsuya KASHIWA¹ Kohzoh OHSHIMA² Takeshi KAWAMURA¹

¹Kitami Institute of Technology, Kitami, Hokkaido, Japan

²Asahikawa National College of Technology, Asahikawa, Hokkaido, Japan

E-mail: ¹lx@mail.kitami-it.ac.jp

Abstract Recently, inter-vehicle communication system to prevent car crush at an intersection has been proposed. In the system, the use of 720MHz and 5.8GHz bands have been considered. In Japan, there are many intersections surrounded by light-weight concrete walls at residential area, which have poor visibility. It is important to know the propagation characteristics at these intersections in each frequency band. In this paper, the propagation analyses of 720MHz and 5.8GHz bands at an intersection in residential area are carried out using the FDTD method. The propagation characteristics for both various locations of wave source and wall thickness were investigated. The azimuthal power delay profiles were obtained by using the direction of arrival estimation method.

Keyword Inter-vehicle communication, Intersection, Radio wave propagation, 720MHz, 5.8GHz

1. はじめに

現代の車社会において、交通事故の発生が後を絶たない。中でも交差点における出会い頭衝突事故は問題となっている。この問題を解決するため、車車間通信を用いた衝突事故防止システムが提案されている[1]。特に見通しの悪い交差点においては、その効果が期待される。以前から、車車間通信用の周波数として DSRC で用いられている 5.8GHz 帯の利用が検討されて来た。一方、地上デジタル放送への移行に伴い、現在新たに 720MHz 帯の利用も検討されている。そのため、車車間通信システムの実現に向けて、交差点における両周波

数帯の電波伝搬特性を把握することは重要である。

従来、ビルで囲まれた市街地交差点においてはレイトレーシング法[2]-[9]を用いた両周波数帯の電波伝搬特性比較が行われてきた。その結果、交差点近傍においては両周波数帯共にビル壁からの反射波が支配的であり、ビルエッジからの回折波の影響は非常に小さい事が示された[8], [9]。また、ビル壁の反射係数が比較的大きいため、これらの解析ではビルを透過する電波は考慮されていない。

一方、国内の住宅地においては軽量コンクリート塀で囲まれた見通しの悪い交差点が多数存在する。これまで我々は

FDTD 法を用いて住宅地交差点における 720MHz 帯の電波伝搬特性解析を行ってきた[10]. その結果, 住宅地交差点では塀からの透過波による影響が大きい事が確認された. また, 塀厚み及び送信側自動車位置が見通し外領域の伝搬損失に与える影響は比較的小さいことも明らかにした. しかしながら, 5.8GHz 帯における住宅地交差点の電波伝搬特性は未だ明らかにされていない.

本研究では, 軽量コンクリート塀で囲まれた住宅地交差点における 720MHz 帯及び 5.8GHz 帯の電波伝搬特性解析を行った. 尚, 電磁界解析手法としては FDTD 法を用いた[11]. その際, 塀厚み及び送信側自動車位置を考慮した解析を行い両周波数帯における伝搬損失特性の比較を行った. 更に, 伝搬メカニズムを明確にするため到来波方向を考慮した電力遅延プロファイルを解析した. 尚, 定性的な伝搬特性を得るため, 2次元における解析を行っている.

2. 住宅地交差点モデル

図 1 に軽量コンクリート塀で囲まれた住宅地交差点モデルを示す. 本モデルでは, 道路幅を 6m とした. S [m] は交差点から送信側自動車位置 (以下, 波源位置とする) までの距離, d [m] は塀厚みを表している. TCQ 経路は伝搬損失を解析するための見通し内外経路, L [m] は経路長を表している. また, A 点は後に示す準インパルス応答解析における電力遅延プロファイルの観測位置である. 尚, 波源の周波数は 720MHz 及び 5.8GHz とし, 偏波は垂直偏波としている. また, 入力電力は 1W とした. 軽量コンクリートの電気定数は両周波数帯共に ITU-R における 1GHz の勧告値である $\epsilon_r = 2.0$, $\sigma = 0.0278S/m$ を用いた[12].

本研究では, 塀厚み $d = \infty, 0.12m, 0.10m$ 及び波源位置 $S = 20m, 15m, 10m, 5m$ に対する解析を行った. 尚, $d = 0.12m, 0.10m$ の 2 種類の厚みは国内において広く普及している一般的な塀厚みである[13].

3. 伝搬損失特性

本節では見通し内外経路 TCQ 上における伝搬損失特性を示す. 伝搬損失の値は経路 TCQ の横断方向に車幅 1.8m で

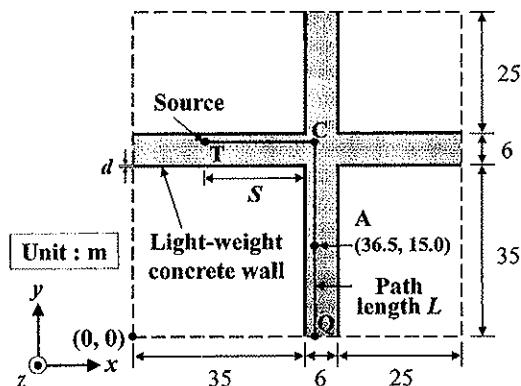


図 1 軽量コンクリート塀で囲まれた住宅地交差点

平均化し, 波源位置近傍の電界値で規格化している. 尚, 本研究における伝搬損失は電波伝搬に伴う純粋な電界の損失のみを表している. すなわち, 受信アンテナ開口面積における周波数依存性は考慮されていない.

3.1. 塀厚みの影響

図 2 に塀厚み d に対する電界分布, 図 3 に塀厚み d に対する伝搬損失を示す. 図 3 における点線は見通し内外境界を表している. ここで, 波源位置は $S = 20m$ とした. 伝搬損失は周波数帯によらず定性的に同様の傾向を示しており, 塀厚み $d = \infty$ の場合は伝搬損失が大きく, 塀厚みが有限の場合は透過波の影響により小さくなっている. 更に一般的な塀厚みの場合, 両周波数共に厚みの違いによる特性変化は非常に小さい.

3.2. 波源位置の影響

図 4 に波源位置 S に対する電界分布, 図 5 に波源位置 S に対する伝搬損失を示す. 波源位置により, 電界分布が多少変化することが示されている. しかし, 見通し外領域における伝搬損失は両周波数共に波源位置の違いにより多少変化するものの, 周波数によらずほぼ一定値となる事が示されている.

4. 電力遅延プロファイル解析

交差点電波伝搬特性解析においてインパルス入力に対する電力遅延プロファイルを把握する事は非常に重要である. しかしながら, FDTD 法は純粋なインパルス応答解析を行う事が困難である. そのため, 本研究

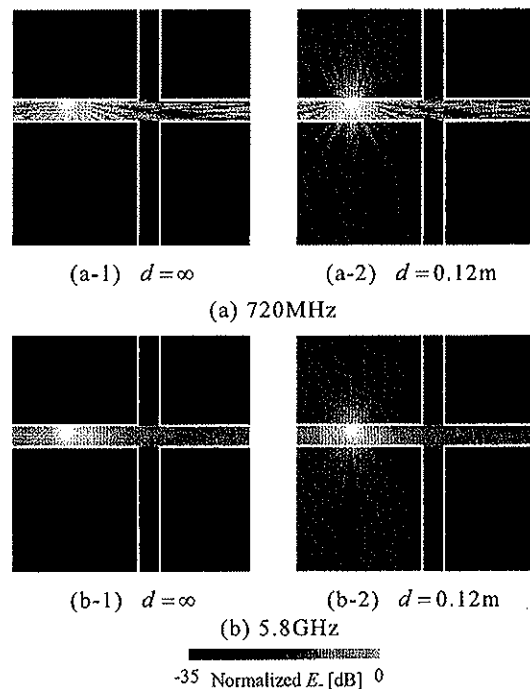


図 2 塀厚み d に対する電界分布

では変調ガウシアンパルスを用いた準インパルス応答解析を行った。尚、パルスの到来方向を明確にするため MUSIC 法を用いた到来方向推定も同時に行った [14]。

変調ガウシアンパルスの中心周波数は $f_c = 720\text{MHz}$, 5.8GHz , エネルギー半値幅は両周波数共に $f_0 = 60\text{MHz}$ とした。観測点 A における MUSIC 法のアレーアンテナ素子数は x 軸方向に 5 素子, 720MHz 及び 5.8GHz におけるアンテナ素子間隔はそれぞれ 64mm 及び 8mm とした。

4.1. 電力遅延プロファイル

図 6 及び図 7 に観測位置 A における電力遅延プロファイル及び電力角度遅延プロファイルを示す。ここで、波源位置は $S=20\text{m}$ とした。尚、これらの値は波源位置近傍における時間応答の最大値で規格化されている。また、到来方向角度は x 軸を基準とした半時計周りの角度である。到来波の到達時間及び角度から、両周波数共に見通し外領域において反射波及び透過波の到来が確認出来る。また、周波数の違いにより反射波及び透過波の強度に差異はあるものの、透過波が支配的である事が示されている。

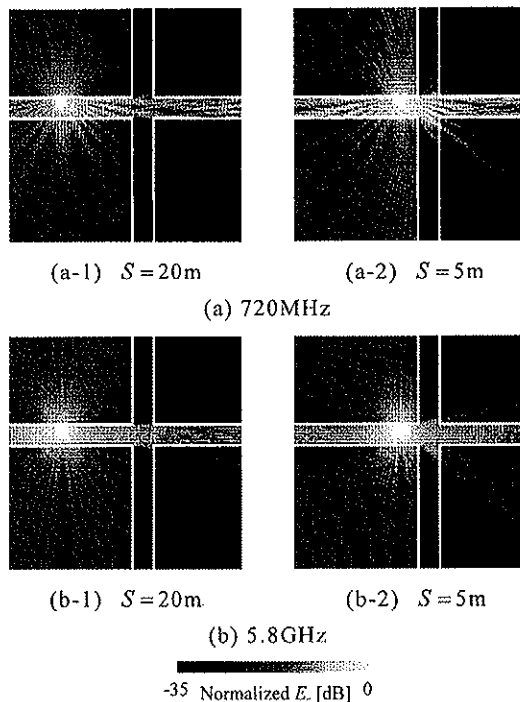
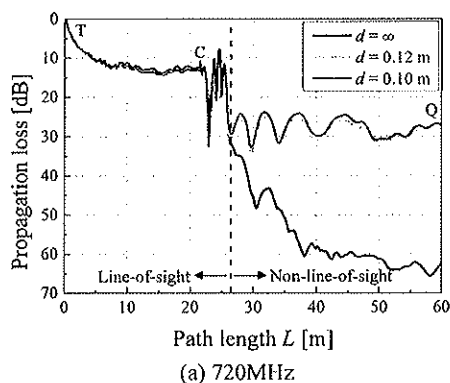
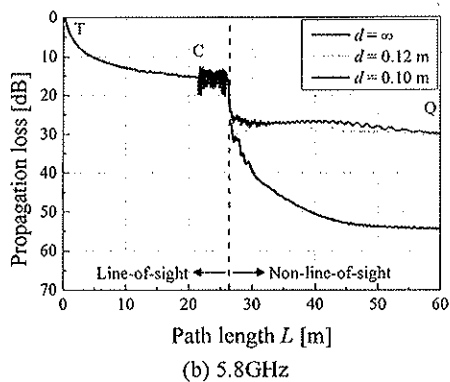


図 4 波源位置 S に対する電界分布

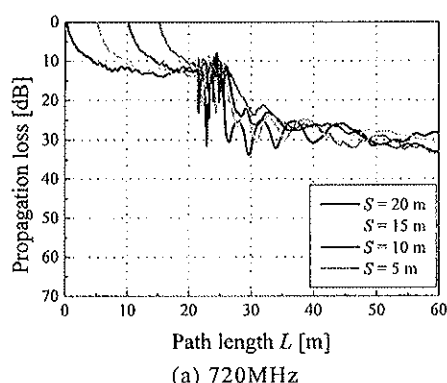


(a) 720MHz

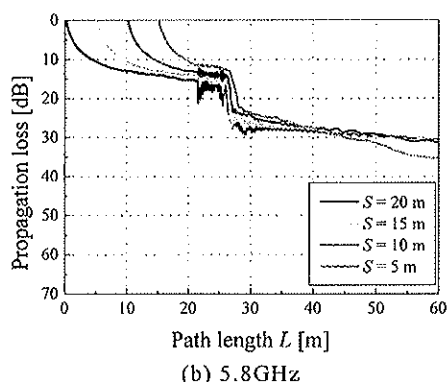


(b) 5.8GHz

図 3 塀厚み d に対する伝搬損失



(a) 720MHz



(b) 5.8GHz

図 5 波源位置 S に対する伝搬損失

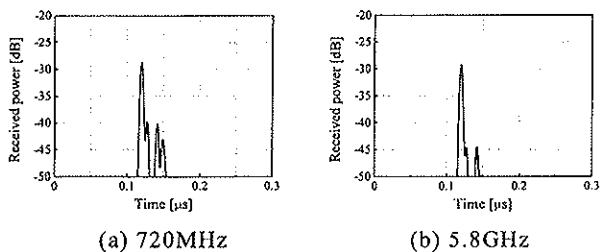


図6 電力遅延プロファイル

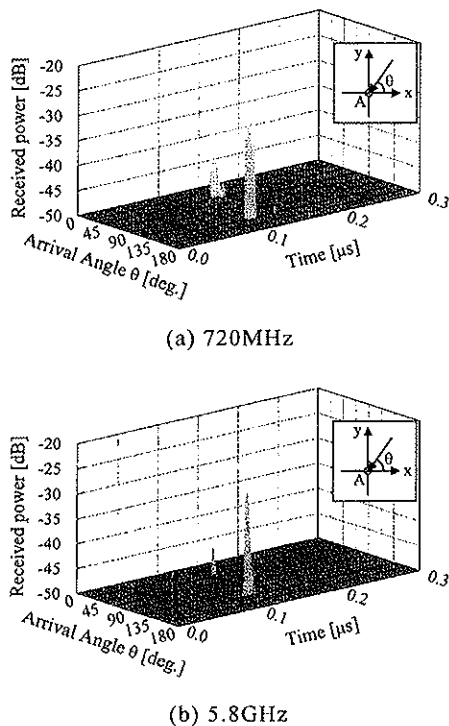


図7 電力角度遅延プロファイル

5. むすび

本研究では、軽量コンクリート塀で囲まれた住宅地交差点における 720MHz 帯及び 5.8GHz 帯の FDTD 電波伝搬特性解析を行った。その際、塀厚み及び送信側自動車位置を考慮し、両周波数帯における伝搬特性の比較を行った。その結果、本研究におけるパラメータの範囲では、周波数によって電界分布は多少の違いを示すものの、伝搬損失特性は定性的に同様の傾向を示す事が明らかとなった。また、一般的な塀厚み、送信側自動車位置が電波伝搬特性に与える影響は両周波数帯共に比較的小さい事が示された。

今後は交差点内における複数自動車の考慮及び 3 次元解析を行う予定である。

謝 辞

本研究の一部は独立行政法人日本学術振興会の科

学研究費(23560433, 22760260, 22560400 及び 21510174)の助成を得たものである。ここに謝意を表する。

文 献

- [1] ITS無線システムの高度化に関する研究会報告書, 総務省, http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/14422.html
- [2] 丹後俊宏, 岩井誠人, 笹岡秀一, “車々間通信における交差点見通し外環境での伝搬損失簡易推定法の検討,” 信学技報, AP2007-173, pp. 1-6, Mar. 2008.
- [3] 菅江一平, 丹羽栄二, 蔡晟蔚, 岩井誠人, 木津雅文, 笹岡秀一, “市街地交差点越え車々間通信環境における伝搬損失特性の実験的評価,” 信学技報, AP2008-140, pp. 1-6, Dec. 2008.
- [4] 今井哲朗, “レイトラッキング法による移動伝搬シミュレーション,” 信学論 B, vol. J92-B, no. 9, pp. 1333-1347, Sept. 2009.
- [5] 伊藤義信, 多賀登喜雄, 村松潤哉, 鈴木徳祥, “車車間通信環境における見通し内伝搬損失推定,” 信学技報, AP2006-126, pp. 95-100, Jan. 2007.
- [6] 片岡亮, 多賀登喜雄, “車車間通信における交差点内車両の遮蔽損失特性の検討,” 信学技報, AP2008-37, pp. 7-12, July 2008.
- [7] 丹後俊宏, 岩井誠人, 村上裕一, 佐々木邦彦, 堀松哲夫, “レイトラッキングを用いた車々間通信における交差点見通し外での伝搬損失特性解析,” 信学技報, AP2007-6, pp. 31-36, Apr. 2007.
- [8] 松田大樹, 小野寺翼, 今井卓, 田口健治, 柏達也, 大島功三, 川村武, “レイトラッキング法を用いた交差点における電波伝搬特性解析,” 平成 22 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会講演論文集, No. 101, Oct. 2010.
- [9] 小野寺翼, 松田大樹, 今井卓, 田口健治, 柏達也, “車車間通信を目的としたレイトラッキング法による交差点電波伝搬解析,” 平成 22 年度 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム, 2010.
- [10] 松田大樹, 今井卓, 田口健治, 柏達也, 大島功三, 川村武, “ブロック塀により構成された住宅地交差点における 700MHz 帯 FDTD 電波伝搬解析,” 電気学会電磁界理論研究会資料, EMT-10-106, pp. 23-28, Nov. 2010.
- [11] K. Taguchi, T. Kashiwa, K. Ohshima, T. Kawamura, “Propagation analysis of electromagnetic waves in 700 MHz band at intersection for inter-vehicle communications using the FDTD method,” IEICE Trans. Electron., vol. E94-C, no. 1, Jan. 2011.
- [12] Rec. ITU-R P. 1238-5, “Propagation data and prediction methods for the planning of indoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 900 MHz to 100 GHz,” ITU-R Recommendations, Feb. 2007.
- [13] 平山悠香里, 菊池健児, 黒木正幸, 野中嗣子, 伊藤麻衣子, “既存コンクリートブロック塀の耐震安全性と地域地震防災に関する調査研究: (その 5)滝尾小学校区の道路沿いにあるブロック塀の全数調査(建築構造),” 日本建築学会研究報告, 九州支部, 1, 構造系(48), pp. 685-688, Mar. 2009.
- [14] Y. Ogawa, N. Hamaguchi, K. Ohsima, and K. Itoh, “High Resolution Analysis of Indoor Multipath Propagation Structure,” IEICE Trans. Commun., vol. E78-B, no. 11, pp. 1450-1457, Nov. 1995.