

UHF 帯における自動車搭載アンテナの近傍界・遠方界境界 に関する一検討

森下 隆司¹ 今井 卓¹ 田口 健治¹ 柏 達也¹ 川村 武¹
大島 功三² 栗林 裕³ 小松 覚³

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

³本田技研 〒321-3393 栃木県芳賀郡芳賀町

E-mail: ¹lx@mail.kitami-it.ac.jp

あらまし 移動体通信においてアンテナの指向性は重要なパラメータの一つである。指向性は遠方界で定義されるため、電波暗室を用いた指向性測定では近傍界・遠方界境界の把握が重要となる。特に、自動車搭載アンテナにおいてはアンテナ種類及び取り付け位置によってその境界位置が大きく変化する。本研究では、地上デジタル放送への移行に伴い重要性が高まっている UHF 帯自動車搭載アンテナにおける近傍界・遠方界境界位置に関する検討を行った。電磁界解析手法としては FDTD 法を用いた。尚、FDTD 法において任意地点の電界分布を求めため、自動車部の電流分布を用いる手法を用いた。

キーワード 自動車搭載アンテナ, 遠方界, 近傍界, 指向性, UHF 帯, FDTD 法

Study on the Boundary between Near and Far Fields for Car Antennas in UHF Band

Takashi MORISHITA¹ Suguru IMAI¹ Kenji TAGUCHI¹ Tatsuya KASHIWA¹

Takeshi KAWAMURA¹ Kohzoh OHSHIMA² Hiroshi KURIBAYASHI³ and Satoru KOMATSU³

¹Kitami Institute of Technology, Kitami, Hokkaido, Japan

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

³Honda R&D Co., Ltd. Haga-machi, Haga-gun, Tochigi, Japan

E-mail: ¹lx@mail.kitami-it.ac.jp

Abstract In mobile telecommunications, the directivity of antennas is one of most important parameter. It is very important to know the boundary between near and far fields when we measure the directivity of car antennas in the anechoic chamber, because the directivity is defined in the far field region. Especially, the directivity is changed by antenna type and position in car antennas. In this paper, the location of boundary between near and far fields was studied for car antennas at UHF band which is very important due to the recent terrestrial digital broadcasting. The FDTD method is used as the analysis method. The radiated fields were obtained by using the current distribution of car.

Keyword car antenna, far field, near field, directivity, UHF band, FDTD method

1. はじめに

近年、移動体通信技術の発達に伴い、自動車における電波技術の利用が重要となっている。特に地上デジタル放送、車車間通信、自動車衝突防止用レーダー等に代表される高度道路交通システム関係の技術等は社会的な需要が高く、研究開発が急がれている。これら

の電波利用においては、自動車形状を考慮したアンテナの指向性特性を知る事が重要である[1]。

アンテナ指向性の測定において電波暗室を用いた測定法がある。指向性は遠方界で定義されるため、有限の大きさである電波暗室を用いて指向性を測定する場合、近傍界・遠方界境界を把握する必要がある。ま

た、その境界位置は自動車形状、周波数、アンテナ種類及び取付け位置、大地の有無等で変化する。

ところで、地上デジタル放送では主に UHF 帯が利用されている。現状では 470MHz から 770MHz が使用されているが、今後 470MHz から 710MHz に変更される予定となっている。偏波は主に水平偏波が用いられているが、一部の地域においては垂直偏波も使用されている。しかしながら、これらの周波数帯において垂直及び水平偏波を考慮した自動車搭載アンテナの指向性特性について研究した例は少ない[2]-[9]。

本研究では、UHF 帯における垂直及び水平アンテナに対する自動車搭載アンテナの近傍界・遠方界境界位置について検討を行った。また、電磁界解析手法としては FDTD 法を用いた。その際、自動車部の電流分布を用いて任意地点の電界値を求める手法を用いている[10]。

2. 自動車形状を開口面アンテナと近似した場合の近傍界・遠方界境界

2.1. 実車モデル寸法

図 1 に一般的な小型車の実車モデル寸法を示す。ここで、車両全長 $l=4.4\text{m}$ 、車幅 $w=1.72\text{m}$ 、車高 $h=1.24\text{m}$ 、大地から車両底面までの高さ $h_g=0.16\text{m}$ である[11]。

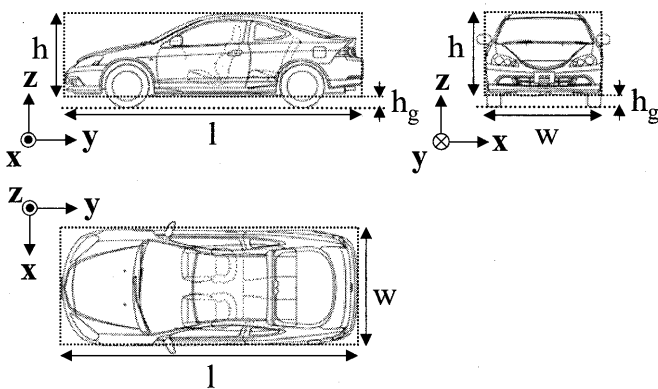


図 1 実車モデルの寸法

2.2. 中空におかれた自動車における近傍界・遠方界境界位置

中空アンテナの指向性測定において、アンテナ開口面上で電流が一樣に分布していると仮定した場合、アンテナから近傍界・遠方界境界位置までの距離 R_s は以下の式で表される[12]。

$$R_s = \frac{2D^2}{\lambda_0} \quad (1)$$

ここで、 D は x, y 及び z 軸方向から見た自動車を含めたアンテナの最大寸法である。即ち自動車の場合、最大寸法 D は x, z 軸方向においては $l=4.4\text{m}$ 、 y 軸方向

においては $w=1.72\text{m}$ である。また、 λ_0 は電波の自由空間波長である。

表 1 に各周波数に対する近傍界・遠方界境界位置までの距離 R_s を示す。ここで、周波数は現在地上デジタル放送で使用されている UHF 帯の最小周波数 470MHz 及び最大周波数 770MHz としている。 R_s は周波数が高くなるにつれ遠方になり、770MHz の場合で約 100m となっている。しかしながら、アンテナを含めた自動車全体に流れる電流は一樣に分布しているとは限らないため、実際の自動車搭載アンテナにおいては近傍界・遠方界境界は表 1 の R_s と異なる可能性がある。

表 1 近傍界・遠方界境界位置までの距離 R_s

| 周波数 | 開口面の最大寸法 D | 距離 R_s |
|--------|---------------|----------------|
| 470MHz | 4.4 m | 60.7 m |
| | 6.9λ | 94.9λ |
| 770MHz | 4.4 m | 99.4 m |
| | 11.3λ | 255.1λ |

3. FDTD 法を用いた近傍界・遠方界境界解析

本研究では近傍界・遠方界境界位置を明確にするため、電界分布の距離依存特性解析を行った。具体的には、FDTD 法を用いて計算した自動車部の電流分布を用いて電界分布を求めた。尚、本手法の妥当性を検証するため NEC-4 で得られた結果との比較を行っている。NEC-4 では解析可能セグメント数に制限があるため、UHF 帯における解析は困難となる。そのため、結果の比較は VHF 帯にて行った。VHF 帯における両結果の一致から、本手法の妥当性を確認している。

図 2 に電界分布の観測位置 r を示す。尚、観測位置 r は自動車中心下部に定義した大地上の基準点 o からの距離である。本解析では、観測位置を $r=20\text{m}, 40\text{m}, 80\text{m}, 100\text{m}, \infty$ (遠方界) の 5 つとした。尚、解析周波数は 470MHz 及び 770MHz とした。

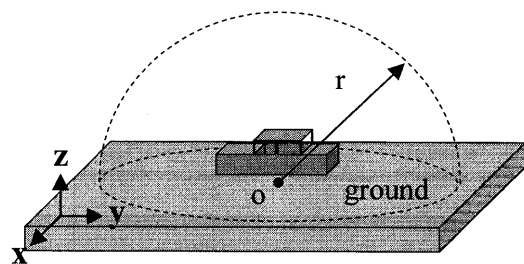


図 2 電界分布の観測位置 r

3.1. 車両近似モデル

図 3 に本研究で用いた車両近似モデルを示す。実際の自動車は窓ガラス、ソファ等様々なパーツが用いられており複雑な構造をしているが、今回は第一段階として窓ガラス及び自動車内装を考慮しない単純なモデルを用いた。表 2 に車両寸法を示す。

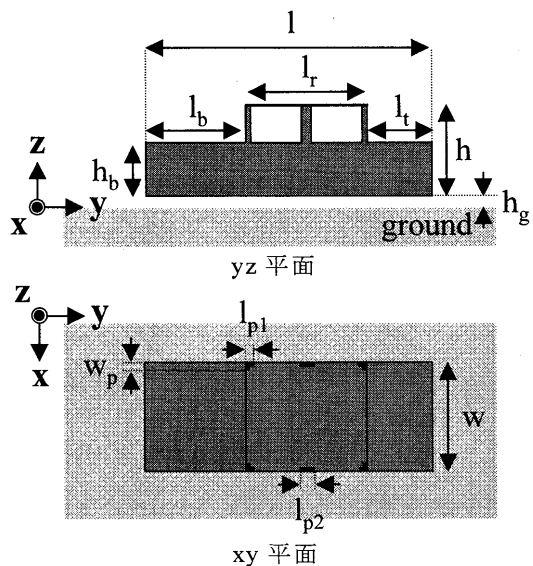


図3 車両近似モデル

表2 車両寸法

| | | | |
|------------------|------|-------------------|------|
| 車両全長 l [m] | 4.4 | トランク長 l_t [m] | 0.92 |
| 車幅 w [m] | 1.72 | ピラー長 l_{p1} [m] | 0.08 |
| 車高 h [m] | 1.24 | ピラー長 l_{p2} [m] | 0.16 |
| ボンネット長 l_b [m] | 1.4 | ピラー幅 w_p [m] | 0.08 |
| ルーフ長 l_r [m] | 2.08 | ボンネット高 h_b [m] | 0.72 |

図4にアンテナ種類及び搭載位置を示す。本研究では、(a) 垂直アンテナ、(b) 水平アンテナの2つのモデルについて解析を行った。(a) 垂直アンテナモデルではルーフ中央部に1/4波長モノポールアンテナが設置されている。(b) 水平アンテナモデルではフロントガラス部のルーフから1/3の位置に1/2波長ダイポールアンテナが設置されている。尚、ワイヤ半径は2.83mmとしワイヤ近似[13]を適用した。空間離散間隔は0.01mとし、吸収境界条件はGPML[14]を用いている。尚、大地は乾燥大地を仮定しており、比誘電率 $\epsilon_r=4.0$ 、導電率 $\sigma=1.0 \times 10^{-4} \text{S/m}$ とした。大地から車両底面までの高さは $h_g=0.16\text{m}$ である。

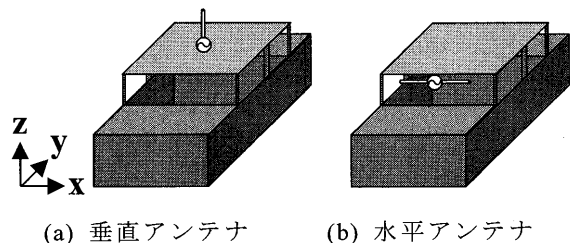


図4 アンテナ種類及び搭載位置

3.2. 解析結果

図5及び図6に垂直アンテナの470MHz及び770MHzにおける観測位置 r に対する電界分布 E_θ を示す。垂直アンテナの場合、本解析においては比較的近傍の $r=20\text{m}$ でも遠方界に近い傾向の電界分布が得られている。図7及び図8に水平アンテナの470MHz及び770MHzにおける観測位置 r に対する電界分布 E_θ 及び E_ϕ を示す。水平アンテナの場合、本解析においては $r=40\text{m}$ 付近で遠方界とほぼ同じ傾向の電界分布が得られている。尚、図中の電界分布は観測面における電界の最大値で規格化している。

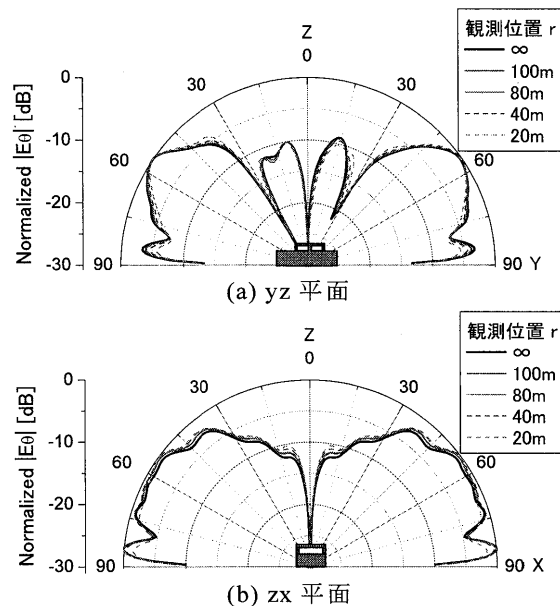


図5 垂直アンテナの470MHzにおける観測位置 r に対する電界分布

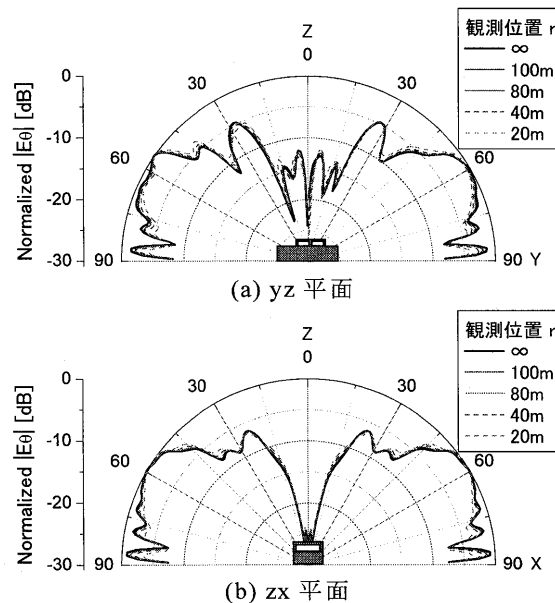


図6 垂直アンテナの770MHzにおける観測位置 r に対する電界分布

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(20560344 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] D. W. Hess, "The IsoFilter™ Technique: A Method of Isolating the Pattern of an Individual Radiator from Data Measured in a Contaminated Environment," *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 52, no. 1, pp. 174-181, Feb. 2010.
- [2] 横井, 池田, "900MHz 帯における自動車内の電磁界分布について," *信学技報*, EMCJ86-5, pp. 29-36, May 1986.
- [3] 石原, 山本, 小川, "車載アンテナ指向性のルーフエッジ距離に対する UTD 解析," *信学技報*, A・P2001-235, pp. 167-172, May 2002.
- [4] K. Nishikawa and Y. Asano, "Vertical radiation patterns of mobile antenna in UHF band," *IEEE Trans., Veh. Technol.*, vol. 35, no. 2, pp. 57-62, May 1986.
- [5] 佐藤, 西川, 松久, 鈴木, "自動車近傍における電界分布の解析," *信学技報*, A・P97-89, pp. 17-22, Aug. 1997.
- [6] R. Ehmann, B. Wagner and T. Weiland, "Farfield Calculations for Car Antennas at Different Locations," *IEEE Trans., magnetics*, vol. 33, no. 2, pp. 1508-1511, Mar. 1997.
- [7] K. Taguchi, M. Uchiya, T. Kashiwa, K. Hirayama, H. Kuribayashi and S. Komatsu, "FDTD large-scale parallel supercomputing and its application to the analysis of radiation characteristics of an antenna mounted on a vehicle," *Int. J. of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, vol. 14, no. 3, pp. 253-261, May 2004.
- [8] F. G. Bogdanov, D. D. Karkashadze, R. G. Jobava, A. L. Gheonjian, N. G. Bondarenko, E. A. Yavolovskaya and C. Ullrich, "Validation of Hybrid MoM Scheme With Included Equivalent Glass Antenna Model for Handling Automotive EMC Problems," *IEEE Trans., magnetics*, vol. 52, no. 1, pp. 164-172, Feb. 2010.
- [9] 夏原, 須田, 風間, 真殿, "NEC-2 による自動車モデル上の UHF 帯モノポールアンテナの解析," *電子情報通信学会総合大会*, 3-158, Mar 1996.
- [10] K. A. Norton, "The propagation of radio waves over the surface of the earth and in the upper atmosphere -part II," *Proc. I. R. E.*, vol. 25, no. 10, pp. 1203-1237, Sep. 1937.
- [11] <http://www.honda.co.jp/auto-lineup/integra/2007/dimensions/index.html>.
- [12] 榎本, 関口, *電波工学*, オーム社, 1964.
- [13] K. R. Umashankar, A. Taflove and B. Beker, "Calculation and experimental validation of induced currents on couple wires in an arbitrary shaped cavity," *IEEE Trans., AP*, AP-35, no.11, pp. 1248-1257, Nov. 1987.
- [14] J. Fang and Z. Wu, "Generalized Perfectly Matched Layer for the Absorption of Propagating and Evanescent Waves in Lossless and Lossy Media," *IEEE Trans., Microwave Theory Tech.*, vol. 44, no. 12, pp. 2216-2222, Dec. 1996.

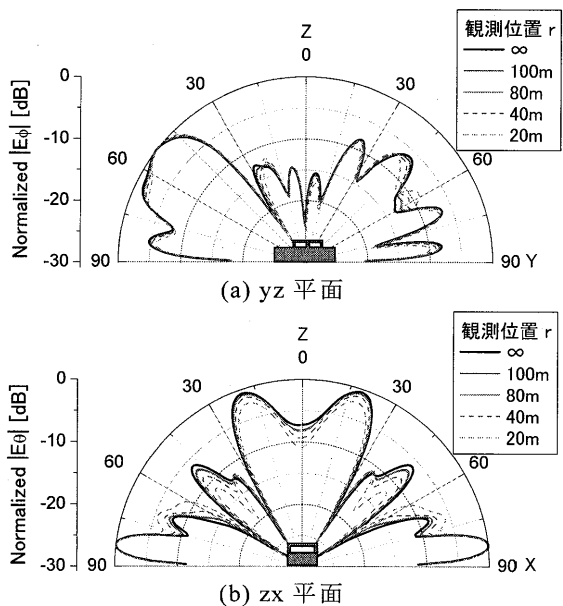


図 7 水平アンテナの 470MHz における観測位置 r に対する電界分布

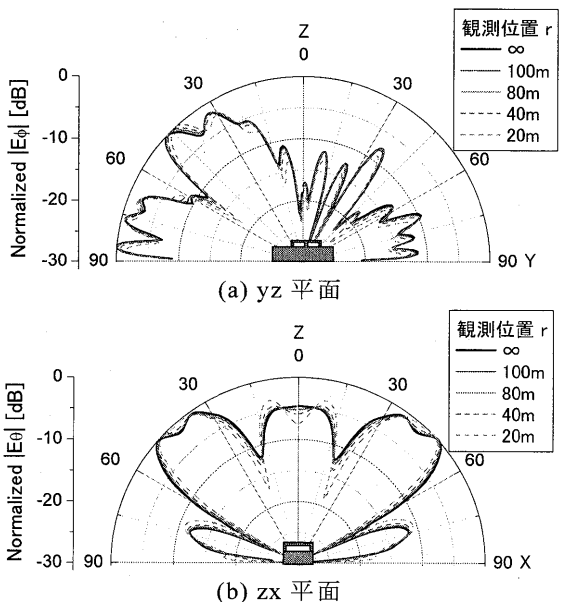


図 8 水平アンテナの 770MHz における観測位置 r に対する電界分布

4. むすび

本研究では, UHF 帯における垂直及び水平アンテナに対する自動車搭載アンテナの近傍界・遠方境界位置について検討を行った。尚, 電磁界解析手法として FDTD 法を用いた。その際, 自動車部の電流分布から任意地点の電界を計算する手法を用いた。

今後は, より実車に近い形状, 窓ガラス等の考慮, アンテナ取付け位置及び大地の違いによる近傍界・遠方境界位置に関して研究を行っていく予定である。