

## 2次元自動車モデルを用いた車載アンテナの指向性解析 Two Dimensional Analysis of Directivity of an Antenna Mounted on a Vehicle

高橋 伸一  
Shinichi TAKAHASHI

田口 健治  
Kenji TAGUCHI

柏 達也  
Tatsuya KASHIWA

北見工業大学  
Kitami Institute of Technology

### 1. はじめに

近年、移動通信技術の発達に伴い通信システム・レーダシステムなどが広く利用されている。また、実用化の始まった自動料金収受システム(ETC)や自動車衝突防止用レーダに代表される高度道路交通システム(ITS)等は、社会的な需要が非常に高く、研究開発が急がれている。そうした背景に伴い、自動車形状を考慮した車載アンテナの放射特性の把握が重要となっている。自動車形状を考慮したアンテナ特性を解析するにはFDTD法が有効である。しかしながら、3次元自動車形状を考慮した自動車解析においては、指向性計算の実現は計算機の記憶容量の制限上難しく、それに加え莫大な計算容量及び計算時間が必要である[1]、[2]。これに対し、2次元解析においては厳密な解析は行えないが、定性的な解析が効率よく解析できると考えられる[3]。本報告では、2次元自動車モデルにおける指向性解析を行った。

### 2. 2次元指向性計算

#### a. 等価定理を用いた指向性計算

遠方界は、等価定理を用いる事により求めることができる[4]。ここで、図1に示すように波源を囲むように閉曲面Sをとると、閉曲面S上の等価電磁流源 $J_s$ 及び $J_{ms}$ は以下の式で求められる。

$$\text{電流源: } J_s = \mathbf{n} \times \mathbf{H}$$

$$\text{磁流源: } J_{ms} = -\mathbf{n} \times \mathbf{E}$$

なお、 $\mathbf{n}$ は閉曲面における外向きの法線ベクトルである。

また、図1に示された $J_{sy}$ 及び $J_{msx}$ 、 $J_{msz}$ は $E_y$ 入力した時のFDTD計算によって得られた閉曲面S上の等価電磁流源である。従って、求められた閉曲面S上の等価磁流源を用いる事により遠方界、すなわち指向性を求める事ができる。

#### b. 電界分布解析による指向性計算

波源から $r$ [m]離れた $E_\theta$ 、 $E_\phi$ は、FDTD計算によって得られた電界の直角座標成分 $E_x$ 、 $E_y$ 、 $E_z$ を座標変換する事によって求められる。

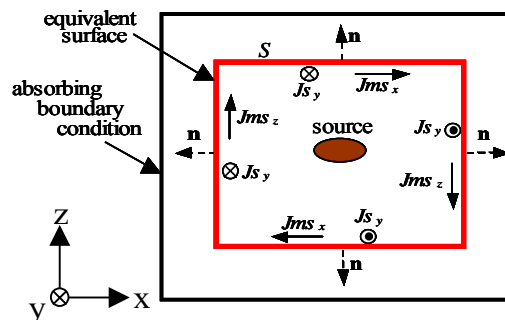


図1 遠方界計算のための閉曲面

### 3. 2次元自動車モデル

図2に解析に使用した2次元自動車モデルを示す。本報告では空間離散間隔 $\Delta x = \Delta z = \lambda/40 = 0.005$ [m]、周波数 $f = 1.5$ [GHz]、波長 $\lambda = 0.2$ [m]とした。また、アンテナ位置は図2に示すように車室内フロント位置にある。本モデルは完全導体のみで構成されており、窓ガラスは考慮されていない。なお、アンテナは点波源で近似しており、励振は $E_x$ 、 $E_y$ 及び $E_z$ についてそれぞれ行った。

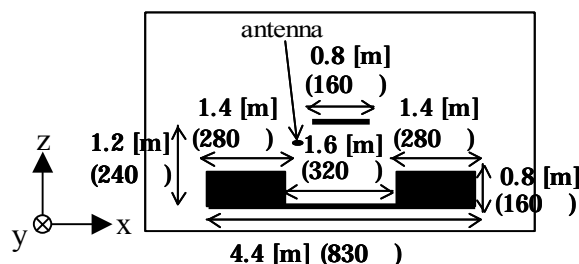


図2 2次元自動車モデル

### 4. 計算結果

図3、図5、図7に電界分布をそれぞれ示す。図4、図6、図8に等価定理及び電界分布から求めた指向性を示す。ここで、指向性は最大値で規格化している。

図3、図5、図7より電界分布を見るとアンテナを模擬した点入力 $E_x$ 、 $E_y$ 、 $E_z$ それぞれから放射された直線偏波が車室内で多重散乱した後、車室外に放射されているのがわかる。

図4、図6、図8よりそれぞれの偏波 $E_x$ 、 $E_y$ 、 $E_z$ に対応する指向性を見ると電波が上方向に強く放射され下方向にほ

とんど行かない事が分かる. また, 電界分布によるプロット距離を 5[m] (25°), 11[m] (55°), 17[m] (85°) と大きくすると等価定理により求めた指向性に収束して行くことがわかる. ちなみに, 遠方界と近傍界の境界を示す目安として一般的な式である  $R = 2D^2/\lambda$  ( $D$  はアンテナの最大寸法,  $\lambda$  は電波の波長) を用いると, 近傍界-遠方界境界  $R$  は本自動車モデルにおいては車体の最大寸法を 4.4[m] (22°) とすると  $R=193.6[m]$  (968°) である. また, 車室の最大寸法を 1.6[m] (8°) とすると  $R=25.6[m]$  (128°) である.

以上の結果から, 電界分布の可視化により車室内を含めた自動車近傍における近傍界から實際上重要な遠方界への変化の様子を知ることができる.

### 5. むすび

本研究では FDTD 法を用いて 2 次元自動車モデルを用いた車載アンテナの指向性計算を行った. その結果, 自動車のように波長に比べて大きな構造体では, アンテナ単体に比べて指向性が複雑である事がわかった. 今後は自動車形状による特性の変化についても解析を行う予定である.

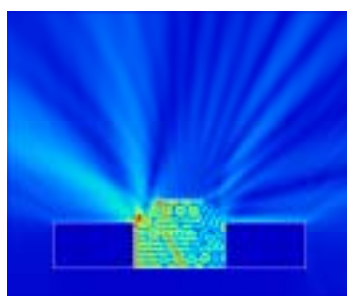


図 3 zx 面電界分布( $E_x$  入力)

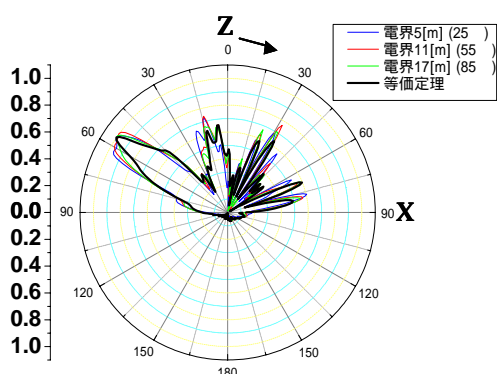


図 4 zx 面指向性 ( $E_x$  入力,  $\theta = 0^\circ$ )

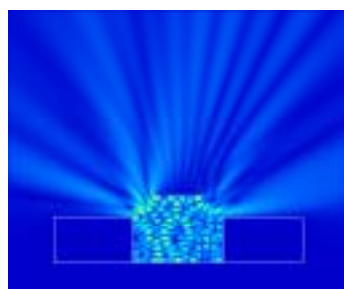


図 5 zx 面電界分布( $E_y$  入力)

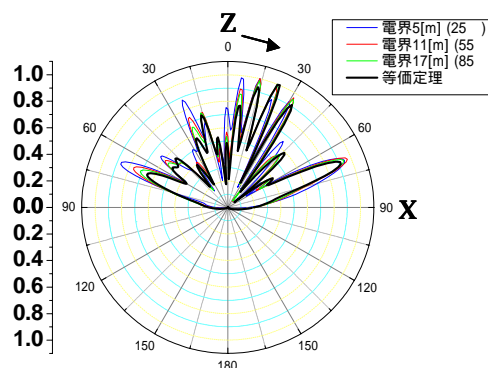


図 6 zx 面指向性 ( $E_y$  入力,  $\theta = 0^\circ$ )

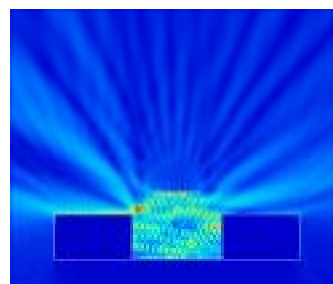


図 7 zx 面電界分布( $E_z$  入力)

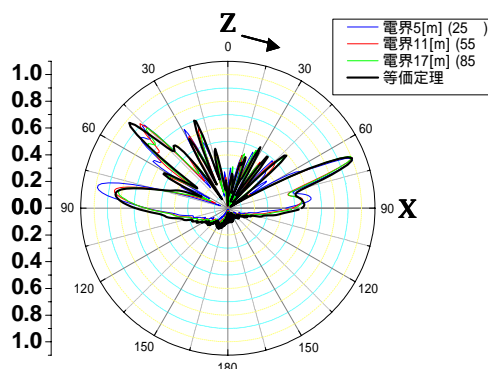


図 8 zx 面指向性 ( $E_z$  入力,  $\theta = 0^\circ$ )

### 参考文献

- [1] H. Kuribayashi, S. Komatsu, T. Fukumaru, T. Kashiwa, K. Taguchi, "Large-scale electromagnetic simulation of a full automobile model using the FDTD method and measurement," SAE World Congress, USA, Mar. 2004.
- [2] K. Taguchi, M. Uchiya, T. Kashiwa, K. Hirayama, H. Kuribayashi, 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 RFMiCAE, May 2004
- [3] 高橋, 田口, 柏, "2 次元自動車モデルを用いた車載アンテナの放射特性解析," 平成 15 年度電気関係学会北海道支部連合大会(札幌), 121, Oct. 2003.
- [4] R. F. Harrington, Time-Harmonic Electromagnetic Fields. New York: McGraw-Hill, 1961