

# 路車間通信における数値解析モデリングに関する研究

2002MT002 雨森 康司 2002MT058 中森 和孝 2002MT097 横井 麻美  
指導教員 稲垣 直樹

## 1 はじめに

近年、路車間通信を代表する DSRC(Dedicated Short Range Communication) 技術は、通信規格や法律の整備を進めることで、快適なカーライフの実現、安全運転の支援、交通渋滞の軽減、物流部門の効率化などに大きく貢献することが期待されている。

しかし、DSRC のもつ問題点として、一つの基地局から通信できる範囲が狭く、エリアが連続でないため、継続した通信が困難である。携帯電話のように「ハンドオーバー」ができれば、車内でのインターネット接続による情報のやりとりが可能となる。本研究では、DSRC 技術を用いて車内でのインターネット利用ができるように、アンテナの設計と最適配置について研究する。

## 2 研究の目的と方法

### 2.1 目的

車内にアンテナを設置することにより、アンテナの破損などを心配する必要がない。しかし、特性を測定する際に車体形状などの周囲構造物からの散乱波によって影響を受けることから、車体形状によってアンテナの特性が影響を受けるかなどを考察し、車載アンテナの最適配置を調べる。次に、路側アンテナの受信範囲内で、安定した通信を継続することができるアンテナの設計を目指す。

### 2.2 方法

本研究では UTD 法を用いてセダンとワゴンをモデリングし、車載アンテナの構造設計、設置を行い、アンテナ単体時と車載した時の解析を行う。結果から車載アンテナの特性や車体形状による影響を考察する。より良い結果が得られるように、車載アンテナを改良する。また走行時における、様々な状況でのシミュレーションによる影響を調べる。

## 3 反射板つきダイポールアンテナ 1

### 3.1 反射板付きダイポールアンテナ 1 の構造

本研究では反射板付きダイポールアンテナの形を参考 [1] にして、反射板付きダイポールアンテナ 1 を作成した。(以下アンテナ 1) このアンテナ 1 の利得は FEKO を用いて算出する。アンテナ 1 の構造は図 1 のとおりである。H は波長の 16 分の 7 の長さであり、M は 4 分の 1 波長の長さである。またアンテナの半径は 100 分の 1 波長で H の中心に給電点がある。

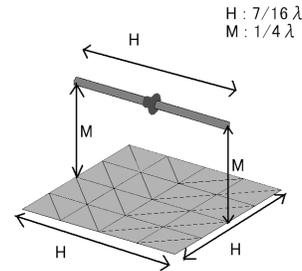


図 1 アンテナ 1 の構造

### 3.2 利得 1

利得とは、電波の経済性の良さを表す指標である [2]。図 2 より上方の部分が利得が最も高いことが分かる。ま

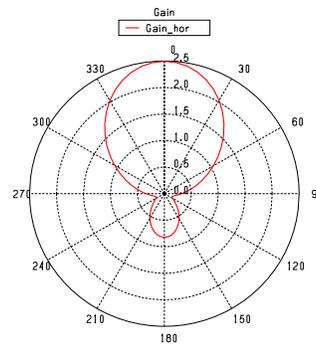


図 2 [Linear] アンテナ 1 の利得 ( $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$ ,  $\varphi = 0^\circ$ )

た  $0^\circ \sim 60^\circ$  と  $300^\circ \sim 360^\circ$  において利得があるので車載アンテナとして十分である。

### 3.3 アンテナの設置箇所

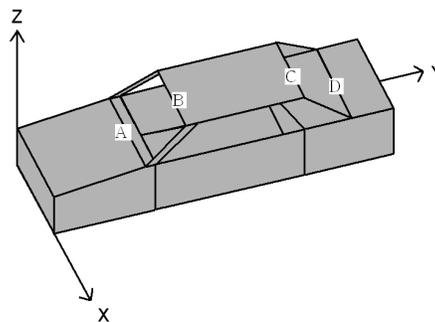


図 3 セダンタイプの設置箇所 1

アンテナ 1 を車両内部に設置する場合、路側アンテナと車載アンテナの位置関係や運転における物理面での問題などから、A・B・C・D の四箇所 で数値解析をする。図 3 は数値解析をする車両の設置箇所を示したものである。ワゴンタイプも同じ箇所 で解析をする。

### 3.4 数値解析結果 1

路側アンテナから電磁波を受けるときの最小入射角度が水平面に対して  $30^\circ$  であるため、 $\theta$  が  $0^\circ \sim 60^\circ$  と  $300^\circ \sim 360^\circ$  において利得が必要である。この角度範囲で車載アンテナが 1dB 以上の利得を得ることを目標として数値解析を行う。図 4 は車両の通信角度範囲をイメージしたものである。また I を車両前方、II を車両後方とする。以下の表 1 はセダンタイプとワゴンタイプにアンテナを設置し、5.8GHz で数値解析した利得の表である。

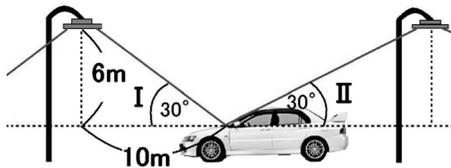


図 4 路車間通信 [3]

表 1 利得 (dB)

A	I	II	最大
セダン	3.01	-0.11	9.75
ワゴン	3.01	-8.64	10.04
B	I	II	最大
セダン	-1.02	-25.62	9.48
ワゴン	4.84	-1.19	10.66
C	I	II	最大
セダン	-26.45	-0.43	13.05
ワゴン	-8.73	5.88	11.70
D	I	II	最大
セダン	-1.39	1.97	8.02
ワゴン	-17.24	3.21	11.65

#### 3.4.1 数値解析結果の考察

表 1 からどちらの車両においてもアンテナの設置箇所が A (車両前方) の場合、車両前方に対して利得を得ることが出来た。しかし、車両後方に対してはマイナスの値を記録する結果となった。これは自動車の屋根が反射板の代わりをしてしまい、後方へ放射される電磁波を反射するためと考えられる。設置箇所 D(車両後方) でも車両前方の利得に対し同じことがいえる。

## 4 反射板つきダイポールアンテナ 2

### 4.1 反射板付きダイポールアンテナ 2 の構造

反射板付きダイポールアンテナ 2(以下アンテナ 2) の基本構造はアンテナ 1 とほぼ同じだが、図 5 のように反

射板を中心に優角に折り曲げている。これによってアンテナ 1 よりも上方に広い利得を持つことができる。H の長さは 16 分の 7 波長、M の長さは 4 分の 1 波長、O の長さは 4 分の 1 波長である。

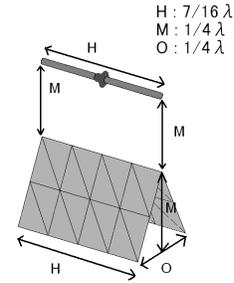


図 5 アンテナ 2 の構造

### 4.2 利得 2

アンテナの利得は、図 6 から分かるようにアンテナ 1 に比べ上方に広い指向性を持っている。また、最大利得はアンテナ 1 よりも低いが、 $0^\circ \sim 60^\circ$  と  $300 \sim 360^\circ$  において Linear 1.6(2.0dB) 以上の利得を得ることが出来た。以上のことからアンテナ 1 よりも車載アンテナに適していると言える。

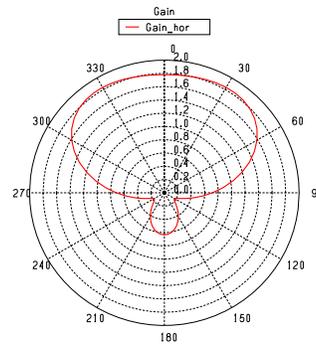


図 6 [Linear] アンテナ 2 の指向性 ( $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$ ,  $\varphi = 0^\circ$ )

### 4.3 数値解析結果 2

表 2 利得 (dB)

A	I	II	最大
セダン	1.54	-2.79	9.13
ワゴン	0.45	-6.87	9.18
D	I	II	最大
セダン	0.23	2.05	11.53
ワゴン	-6.64	4.81	10.09

表 2 は、アンテナ 2 を 3 章と同様のモデルの A, D の二箇所 に設置し、数値解析した結果である。

### 4.4 数値解析結果 2 の考察

表 1 と表 2 を比較すると数値解析結果 1 が数値解析結果 2 に比べ全体的に利得が低いことがわかる。これはアンテナ 2 がアンテナ 1 に比べ上方の利得が広いため、

アンテナ 2 を車両内部に設置したときも利得が低くなったためと思われる。図 7 はアンテナ 2 をセダンタイプ設置箇所 A で解析した利得である。この図からもアンテナ 2 を車両に設置したことで利得が上方へ広がったことが確認できる。

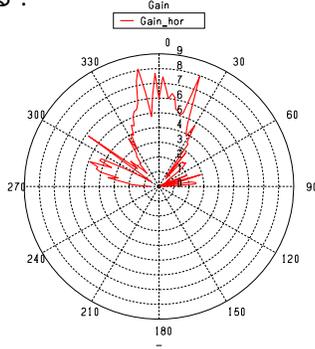


図 7 [Linear] アンテナ 2 , A の利得 ( $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$ ,  $\varphi = 0^\circ$ )

また、アンテナ 2 においても車両前方と後方で Linear 11 以上の利得を得ることが出来なかった。この条件を満たす方法として、ダイバーシチを利用することが考えられる。しかし、設置箇所 A・D ではあまり良い結果が得られなかったため、一方向に高い利得を持つようにするために、A・D それぞれの位置にアンテナ 2 を設置し前方後方に 20 度ずつ傾けて数値解析を行った。図 8 はアンテナ 2 をセダンタイプ A に設置し、数値解析して算出された利得である。この解析結果はダイバーシチとして十分な利得を得ることが出来た。また設置箇所 D においても車両後方に高い利得を持つことができ、ワゴンタイプでもこの条件を満たした。

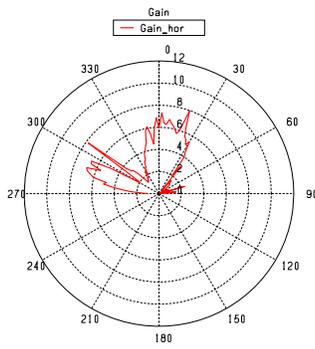


図 8 [Linear] セダンタイプ, A の利得 ( $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$ ,  $\varphi = 0^\circ$ )

## 5 ダイバーシチの利用

本研究で採用するダイバーシチは、2 本のアンテナを離して設置し、利得が高いほうのアンテナの出力を切り替え動作によって選択し、受信する方法である [4]。ダ

イバーシチにした際の利得を算出し、比較を行う。

### 5.1 利得

反射板付きダイポールアンテナ 2 を車両の前方と後方に取り付け、それぞれの利得を算出した値を重ね合わせる。重ね合わせた値の大きいものが、ダイバーシチによる利得を示している。図 9 はセダンタイプの利得である。図からセダンタイプでは最大 linear 14, が行われている。また、 $-60^\circ \sim 60^\circ$  のすべての範囲において Linear 1 以上の値を確保することができている。またワゴンタイプにおいても利得の補正が確認できた。

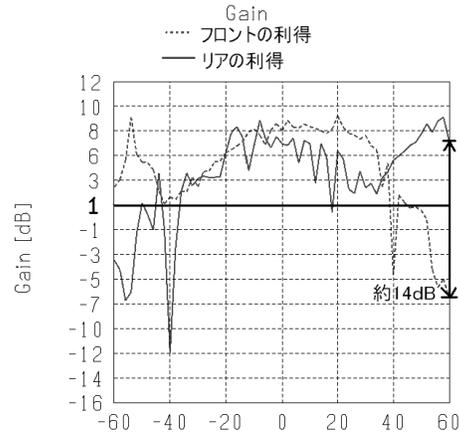


図 9 セダンタイプにおける利得

### 5.2 車載アンテナ受信用

アンテナの給電点に設置した抵抗における受信電力 [5] の値によってアンテナの受信効率を調べる。受信電力は抵抗に流れる電力を示しているため、この値が高ければ高いほど効率的に受信されていることとなる。電磁波の受信範囲は図 10 からわかるように最小角度は  $30^\circ$  で最大角度が  $150^\circ$  である。この範囲で  $15^\circ$  ずつ動いた 9 つの点での電界強度を算出し数値解析を行う。受信におけるダイバーシチの有用性の有無を確認するために、アンテナ単体・ダイバーシチを利用した車載アンテナ (セダンタイプとワゴンタイプ) の計 3 つのモデルで受信数値解析を行い受信電力の結果を比較する。

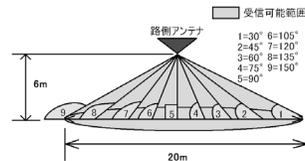


図 10 路車間通信における通信可能範囲と角度

#### 5.2.1 受信電力

図 11 はアンテナ単体での受信電力の変化を表したものである。  $75^\circ \sim 105^\circ$  の角度で受信電力が大きくなっている。アンテナ単体での受信電力の最低値は  $-91\text{dBw}$

で最高値は  $-77\text{dBw}$  である。ダイバーシチの受信電力の最高値はセダントタイプ  $-119\text{dBw}$ 、ワゴントタイプ  $-119\text{dBw}$ 、最低値はセダントタイプ  $-137\text{dBw}$ 、ワゴントタイプ  $-131\text{dBw}$  である。ダイバーシチの受信電力はアンテナ単体に比べ極めて低い値だが、受信電力の変化が近似していることがわかる。

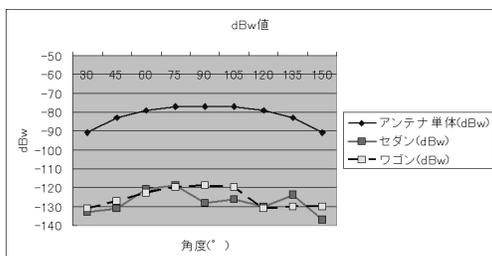


図 11 [dB] アンテナ単体とダイバーシチの受信電力グラフ

### 5.3 考察

ダイバーシチを利用することで、利得を上げ、ボディ形状の違いによる受信電力の変化を軽減できた、以上のことからダイバーシチの有意性が確認できる。しかし受信電力の値が極めて低い結果となった。この理由として車両のボディが金属でできているため、路側アンテナから放射される電磁波が反射され、受信アンテナにあまり多くの電磁波が吸収されないためと考えられる。

## 6 走行時のシミュレーション

### 6.1 他車から受ける利得の変化

ダイバーシチアンテナを設置した自動車に対して、対向車そして、同じ車線の前方と後方に自動車を配置したときの利得へ影響を調べた。図 12 の a, b, c は他車の配置を示したものである。また、ダイバーシチアンテナのため、アンテナの設置箇所 A・D による他車の配置 a, b, c の計 6 ケースで解析する。

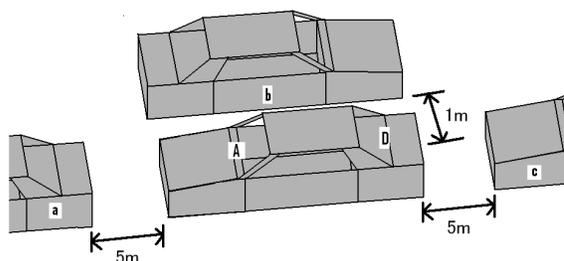


図 12 他車の配置

### 6.2 解析結果

図 13 はセダントタイプ・アンテナ設置箇所 A・他車配置 a のときの指向性である。解析結果から他車がある方向に対して利得が偏っているが、通信範囲における利得の変化は見られないので、問題ないとする。指向性が偏った原因は、他車が導波器の役割をしたためである。

他の 5 ケースも問題のない利得の変化が見られた。

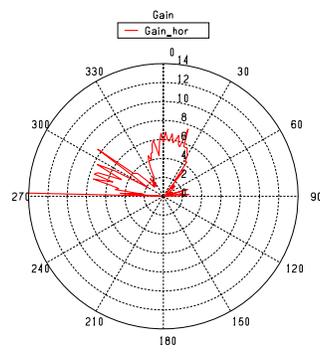


図 13 [Linear] セダントタイプ、設置箇所 A、配置 a の利得 ( $\theta = 0^\circ \sim 360^\circ$ ,  $\varphi = 0^\circ$ )

### 6.3 考察

走行時に他車による利得の変化はほとんどないため、他車の影響は考えなくて良いが、他車による電磁波の干渉、反射については研究していないため今後考える必要がある。また、周囲の散乱体である建物やガードレールの影響も考える必要がある。

## 7 おわりに

本研究では、車両内部には、優角の反射板をもつアンテナを車両の前方と、後方のガラス下方に設置しダイバーシチを利用することで、アンテナ単体のときよりも、効率的に電磁波を送受信することがわかった。また、走行時における車載アンテナの利得の変化がどの車両においても少ないことがわかった。

今後の課題としては人やイスなどの車両内設置物を載せて数値解析をする必要がある。この車両内設置物を車内に設置することで、車載アンテナと路側アンテナから放射される電磁波がどのように変化するのか調べる必要がある。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、熱心な御指導を頂いた稲垣直樹教授、また多くの時間を共にした稲垣ゼミの皆様へ深く感謝致します。

## 参考文献

- [1] 佐藤源貞, 川上春夫, 田口光雄, 現代アンテナ工学, 総合電子出版, pp.175-176 (2004.4).
- [2] 稲垣直樹, 電磁波工学, 丸善株式会社 (1993).
- [3] 山田進, 相馬隆治, 鮫田いとじ, 5.8GHz 帯における電波環境シミュレーション, JH 試験研究所交通環境研究部,(2004.12).
- [4] ラポート (中村苑子 木島由里子 訳), デジタル移動通信, 科学技術出版 (2002).
- [5] 電子情報通信学会, アンテナ工学ハンドブック, オーム社 (1999.3.5).