

# 車載情報システムの小型アンテナに関する研究

2001MT090 島田 裕一  
指導教員

2001MT092 庄司 彦之  
稲垣 直樹

## 1 はじめに

近年、電機・半導体業界を中心として、多くの企業が電子化を進める自動車産業に進出している。これは、ITS(Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム)[1] で車と外部環境とのやりとりが拡大し、車のエレクトロニクス化が進行する中で、さまざまな新技術が誕生しているためである。ITSの実現によって、快適なカーライフを実現、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できるようになる。そのITSの情報インフラ基盤ともいえるのがDSRC(Dedicated Short Range Communication: 狭域専用通信)である。

DSRCは近年、通信規格や法律の整備が進み、駐車場のノンストップでの入出やガソリンスタンド、ドライブスルーでの注文や支払い、インターネットに接続して各種情報のダウンロード、電子メール、音楽データ配信など、さまざまなサービスにDSRCを応用することが可能となり、今後さらなるマーケットの発展が予想される。

一方、DSRCのもつ問題点として、1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という問題がある。また、送受信アンテナ間における電波の多重拡乱波によるシステムの誤作動の問題も懸念されている。

車載アンテナは、取り付け位置やアンテナの大きさなどにより破損しないように小型化が必須条件になる。本研究の目的は、DSRCに用いるアンテナについて、高利得小型化に向けて、モノポールアンテナとコイル状部分を組み合わせた変形モノポールアンテナと、誘電体を用いたアンテナをFEKO[2]というシミュレーションソフトを用いて、アンテナの指向性、リターンロスなどを考察し、より良いアンテナを設計する。

## 2 DSRCの技術体系について

### 2.1 DSRCの仕組み

DSRCとは、国際標準の5.8GHz帯の電波を使用し、直径数mからおよそ直径30mの限られた通信範囲において最大4Mbpsの伝送速度で双方向通信ができる[3]。日本では車載器と路側機の間で通信するDSRCとしてアクティブ方式を採用している。アクティブ方式はトランスシーバー方式とも呼ばれ、車載器にも発信器が内蔵され、車載器と路側機が対等に電波を放射しあうことができる。このため、発信器を車載器に内蔵しないパッシブ方式に比べ、瞬時に大容量の情報通信ができる。

### 2.2 DSRCの特徴と応用システム

DSRCによる通信方式は、以下のような特徴[4]がある。

- さまざまなITSアプリケーションへの対応
- 小ゾーン方式による周波数の有効利用の促進
- 移動体通信に対し大容量かつ高速伝送が可能
- インターネット接続による多彩なサービス展開
- 無線を用いた料金や代金決済の電子化

DSRCは、通信範囲が限られているため、現在ETCでの利用が主であるが、携帯電話のように「ハンドオーバー」ができるようになれば、既存のETCの設備を活用して高速移動体通信が可能になる。また、高速、大容量、多チャンネルのDSRCを基盤として、駐車場の入出門管理、道路交通情報、インターネット接続による各情報入手など、さまざまなサービスの展開が期待できる。

## 3 変形モノポールアンテナの数値実験

### 3.1 無限導体平面上でのアンテナの構造

まずはじめに、無限導体平面上でアンテナを設計した。設計したアンテナの名前を「アンテナA」とする。

<アンテナAのデータ>

A: 24.9mm C: 6.6mm R: 1.9mm (コイルの半径)

B: 24.9mm N: 2 (コイルの回転数)

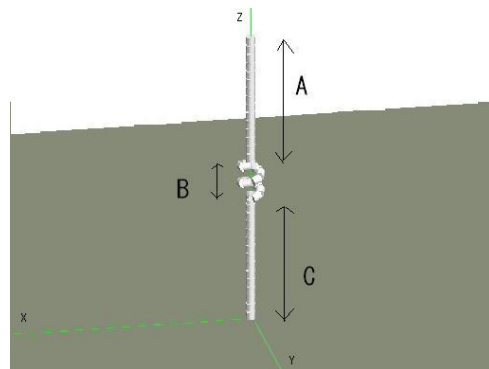


図1 アンテナAの構造

アンテナを小型化するために、アンテナの形状にコイルを取り入れた。すべてをコイル状にしなかった理由は、逆位相となる部分をコイル状とし、放射しないようにすることを目的として作成したためである。

### 3.2 アンテナAの数値実験結果

#### 3.2.1 アンテナAの指向性

はじめに、DSRCの規格である共振周波数5.8GHzで、アンテナAの指向性を求めた。

図2はアンテナAの指向性を2Dで表したものである。

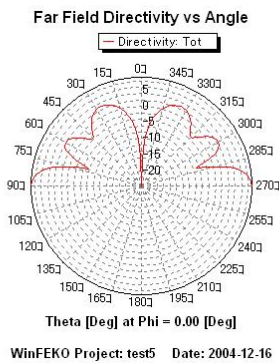


図2 アンテナAの2D(極座標)で表した指向性利得 [dB]

図2を見ると、水平方向の指向性が良いことが分かる。

### 3.2.2 アンテナAのリターンロス図

リターンロス図とは、入射電力が反射するときどの程度の損失がでるか、反射係数の振幅を図に表したものである。全反射して全ての電力が戻ってくると0dBで無損失で、電力のすべてが負荷に吸収されると、無限大の損失になる。そのため、0dBであるとアンテナとしてはよくない。-10dBを越えていることがアンテナとして利用するための最低限の反射係数であり、-10dBを越えている周波数帯域幅を略して帯域幅という。

図3は、アンテナAのリターンロス図である。共振周波数5.8GHzでのリターンロスは-15dBを越えており、帯域幅もおよそ5.650GHz~5.900GHzあり、小形アンテナとしてはよい結果が得られた。

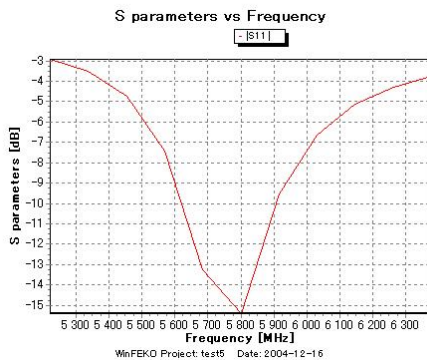


図3 アンテナAのリターンロス図 [dB]

### 3.3 有限導体平面上でのアンテナの構造

次に、有限導体平面上でアンテナを設計した。設計したアンテナの名前を「アンテナB」とする。

<アンテナBのデータ>

A,C : 24.9mm D : 30mm R : 1.9mm (コイルの半径)  
B : 6.6mm E : 30mm N : 2 (コイルの回転数)

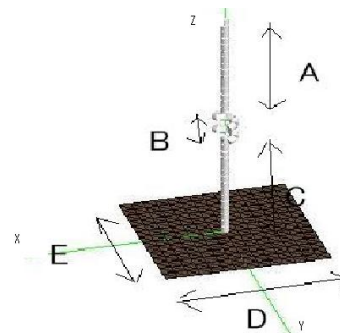


図4 アンテナBの構造

### 3.4 アンテナBの数値実験結果

#### 3.4.1 アンテナBの指向性

アンテナBの指向性を2Dで表したものが図5である。

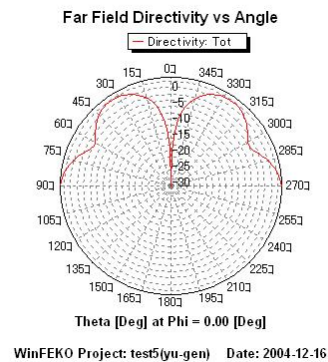


図5 アンテナBの2D(極座標)で表した指向性利得 [dB]

図5から水平方向の指向性はまずまずの結果である。

#### 3.4.2 アンテナBのリターンロス図

図6は、アンテナBのリターンロス図である。共振周波数5.8GHzでのリターンロスは-15dBを越えており、帯域幅もおよそ5.600GHz~5.900GHzあり、小形アンテナとしてはよい結果が得られた。

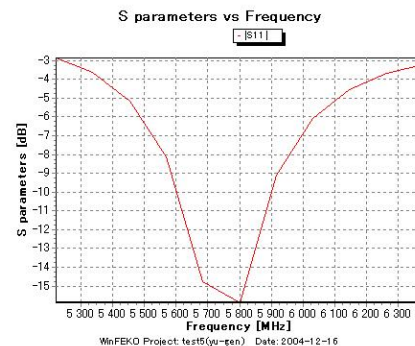


図6 アンテナBのリターンロス図 [dB]

### 3.5 アンテナ A とアンテナ B の考察

アンテナ A, B 共に共振周波数が 5.8GHz であり, 帯域幅は A, B とも十分といえる。アンテナ A の水平方向の指向性利得が 8dB 以上あったが, アンテナ B は約 3dB とアンテナ A より悪い結果となった。しかし, 車車間通信では, 短距離通信のため, 1dB あれば十分である。

## 4 誘電体共振器アンテナの数値実験

### 4.1 無限導体平面上でのアンテナの構造

誘電体を用いて, 無限導体平面上でアンテナを設計した。設計したアンテナの名前を「アンテナ C」とする。

<アンテナ C のデータ>

A: 13.09mm x: 20.8mm (誘電体) y, z: 10.4mm (誘電体)  
 r: 1mm (給電導線の半径) 比誘電率: 21.0  
 d: 0.6mm (アンテナと誘電体との間隔)

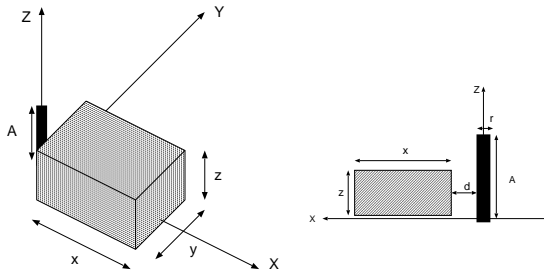


図 7 アンテナ C の構造 (X,Y,Z) 方向と (X,Z) 方向

### 4.2 アンテナ C の数値実験結果

#### 4.2.1 アンテナ C の指向性

アンテナ C の指向性を 2D で表したものが図 8 である。

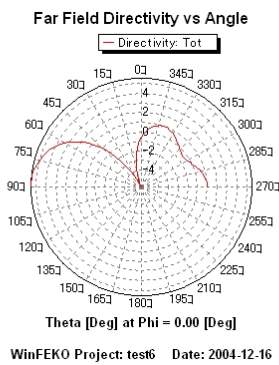


図 8 アンテナ C の 2D(極座標) で表した指向性利得 [dB]

図 8 を見ると, 水平方向に対して強いことがわかる。

#### 4.2.2 リターンロス図とスミス・チャート図

図 9 は, アンテナ C のリターンロス図である。共振周波数 5.8GHz でのリターンロスは  $-40\text{dB}$  を越えており, 帯域幅もおよそ 5.500GHz ~ 6.100GHz あり, 誘電体を用いたことでよい結果が得られた。

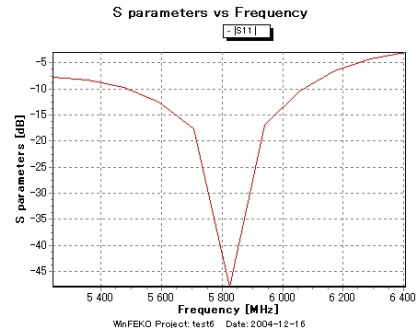


図 9 アンテナ C のリターンロス図 [dB]

スミス・チャート図とは, インピーダンスと反射係数を対応させた計算図表である。図 10 は, 中心を通過しており, 反射係数ではまずまず良い結果である。

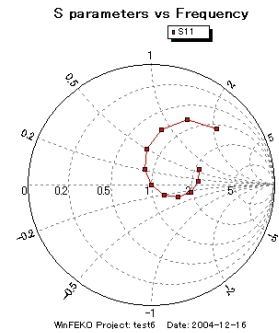


図 10 アンテナ C のスミス・チャート図 ( $Z_0 = 50\Omega$ )

### 4.3 有限導体平面上でのアンテナの構造

次に, 有限導体平面上で誘電体を用いてアンテナを設計した。設計したアンテナの名前を「アンテナ D」とする。

<アンテナ D のデータ>

A: 14.14mm d: 0.6mm (アンテナと誘電体との間隔)  
 r: 1mm x: 16.6mm (誘電体) y, z: 8.3mm (誘電体)  
 L: 48mm (有限導体平面) M: 40mm (有限導体平面)  
 比誘電率: 18.0

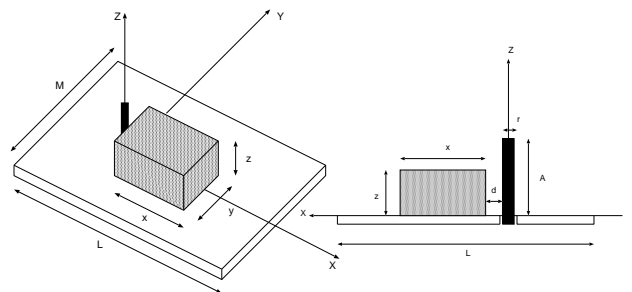


図 11 アンテナ D の構造 (X,Y,Z) 方向と (X,Z) 方向

#### 4.4 アンテナ D の数値実験結果

##### 4.4.1 アンテナ D の指向性

アンテナ D の指向性を 2D で表したものが図 12 である。

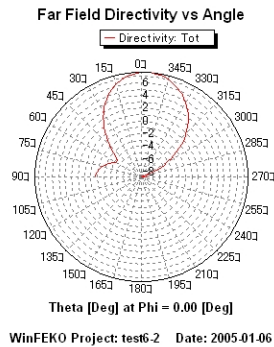


図 12 アンテナ D の 2D(極座標) で表した指向性利得 [dB]

図 12 を見ると、垂直方向に対して強くなっている。

##### 4.4.2 リターンロス図とスミス・チャート図

図 13 は、アンテナ D のリターンロス図である。共振周波数 5.8GHz でのリターンロスは  $-23\text{dB}$  を越えており、帯域幅もおよそ  $5.550\text{GHz} \sim 6.000\text{GHz}$  あり、アンテナ C 同様良い結果が得られた。

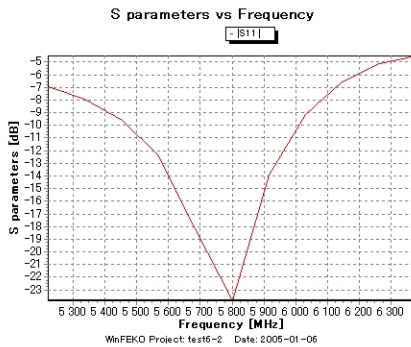


図 13 アンテナ D のリターンロス図 [dB]

図 14 は、中心を通り、反射係数は良い結果である。

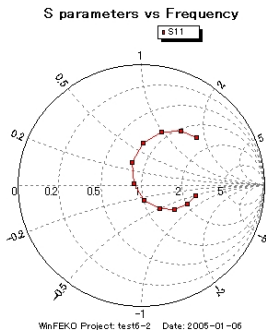


図 14 アンテナ D のスミス・チャート図 ( $Z_0 = 50\Omega$ )

#### 4.5 アンテナ C とアンテナ D の考察

誘電体を用いたことにより、アンテナの全長が大幅に短縮できた。また、誘電体を置く面積があるため、変形モノポールアンテナよりも設置する上で安定性が増した。誘電体の大きさ、モノポールアンテナとの距離によって解析結果が大きく変化した。

#### 5 おわりに

本研究では、FEKO という 3 次元電磁界シミュレータを使用し、変形モノポールアンテナと誘電体を使用したアンテナを DSRC 用アンテナとして利用できるように共振周波数と指向性の解析をして、理想のアンテナを設計した。完成した変形モノポールアンテナの解析結果として、車車間通信を行うものとしては良い解析結果のものができた。しかし、プラスチックなどのようなケースで覆うにしても縦長なので形状的に安定感がなく、車の振動などによっては接地することが難しいのではないかと懸念される。

次に、アンテナ高を低くするため誘電体を用いたアンテナを設計した。誘電体を利用したことによりアンテナの全長が無限導体平面上で変形モノポールアンテナで約  $56.4\text{mm}$  のものが約  $13.1\text{mm}$  となり約  $43\text{mm}$  の短縮に成功した。これは、誘電体を利用することにより波長が  $\frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r}}$  ほどに短くなるという特性を利用したものである。使用した誘電体の比誘電率が 21.0 なので  $5.8\text{GHz}$  の波長約  $51\text{mm}$  が約  $11\text{mm}$  ほどとなりアンテナを短縮できる要因となっている。誘電体の大きさとモノポールアンテナとの距離の関係もあるのと一概に決まった定数倍短縮されるとは限らないので今回のような結果となった。今後の課題として、有限導体平面上で指向性に優れた誘電体共振器アンテナを設計することである。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり、二年間御指導いただいた稲垣直樹教授、また多くの時間を共にした稲垣ゼミのみなさまに深く感謝致します。

#### 参考文献

- [1] 総務省電波利用ホームページ：高度道路情報システム (ITS), <http://www.tele.soumu.go.jp>
- [2] FEKO : <http://www.feko.info>
- [3] 財団法人 道路新産業開発機構：DSRC 応用による新サービスの展開, <http://www.hido.or.jp/ITS/IiI/p9.htm>
- [4] 吉田 憲正：慶應義塾大学理工学部 ITS 講座 ETC と DSRC, [http://www.its-lectures.ae.keio.ac.jp/2001\\_b\\_3.htm](http://www.its-lectures.ae.keio.ac.jp/2001_b_3.htm)
- [5] 木村 磐根 編：光・無線通信システム ,オーム社 (1998).
- [6] 稲垣 直樹：電磁波工学, 丸善株式会社 (1980).