

# ETC用車載アンテナ

## An Automobile Antenna for the ETC System

境 克敏*	青木 一芳* <sup>2</sup>	亀井好一* <sup>2</sup>	平井正一郎*
Katsutoshi Sakai	Kazuyoshi Aoki	Yoshikazu Kamei	Shoichiro Hirai
志村敬邦*	濱田浩樹* <sup>2</sup>	豊島 剣一* <sup>3</sup>	秋田雅志* <sup>4</sup>
Takakuni Shimura	Hiroki Hamada	Kenichi Toyoshima	Masashi Akita

概要 高度道路交通システム（ITS）は、最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とを一体のシステムとして構築し、各種の道路交通問題を解決することを目標としている。そのITSの中でも重要なシステムである有料道路自動料金収受システム（ETC）の一般サービスが本年3月よりスタートした。当社内においても各種の通信システムに対するアンテナ開発を進めており、ETCアンテナについても素子の形状、製法を確立し、その素子を用いたETC車載器向けのアンテナユニットを開発した。車室内ユニットとして十分小さな形状に収めたいうえで、ユーザー要求と必要な高周波特性をクリアすることができた。また、自動車向けの厳しい熱衝撃試験にも耐えうることが確認された。

### 1. はじめに

本年3月30日よりETCの一般サービスが開始された。ETCとはElectronic Toll Collection Systemの頭文字を取ったものである。これは、料金所を通行中の車両搭載アンテナと料金所設置アンテナの間で約5.8 GHzの周波数による無線通信を行い、車載器のICカード内の必要な情報を読み書きして、ノンストップで通行料金の自動収受を行うシステムである。料金所渋滞の解消やキャッシュレス化等によるサービスの向上、コストの縮減などの効果が期待されている。

本報告ではこのETC用の車載器向けに開発したアンテナ素子及びそれを組み込んでETC車載器向けアンテナユニットとした製品について、その特長や特性を報告する。

### 2. ETC用車載アンテナの開発目標

アンテナ素子とアンテナユニットに分けて以下に述べる。

#### 2.1 アンテナ素子の特性

まず、ETC用車載器において空中線部に求められる一般要求仕様の抜粋を規格書より以下に示す。

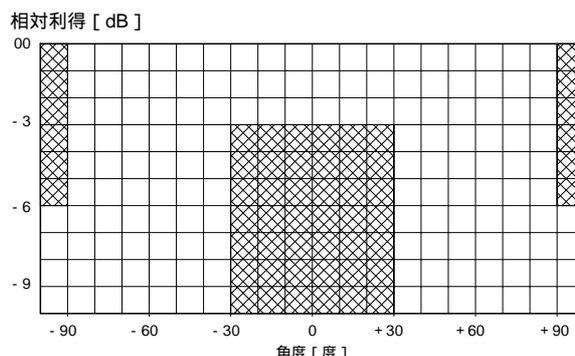
#### 【一般要求仕様】

送信周波数:	5.835 GHz及び5.845 GHz
受信周波数:	5.795 GHz及び5.805 GHz
偏波:	右旋円偏波

空中線部利得:	0 ~ 10 dBi
空中線部半値角:	60°以上（水平、垂直）
指向特性:	図1による

この一般要求仕様と各ユーザー等の要求と情報から、ETC用アンテナ素子の目標特性として以下の内容を設定した。この設定目標の特長となるのは、送受信をひとつのアンテナ素子でカバーして、更に有効周波数帯域幅の広いアンテナを目指すことである。特に5.8 GHz帯という高周波帯で起こる周波数ズレ、例えば素子自身の製造バラツキ、実装組み立て時のバラツキ、あるいは他部品との組み合わせ、つまりGND等の形状影響によるズレなどを吸収できるようにする。具体的な目標値には軸比帯域を必要周波数帯の2倍の100 MHz以上に設定した。

また利得については10 dBiまでであれば大きい程良いということになるが、必要なGND形状（=設置面積）と外形寸法



- 空中線部指向特性はクロス線部以外とする -

図1 空中線部指向性要求特性  
Directional requirement for antenna

\* ELC事業部 電子部品部 技術課

<sup>2</sup> 環境エネルギー研究所 部品実装技術開発部

<sup>3</sup> オプトコム事業部 千葉通信製造部 生産技術第2課

<sup>4</sup> オプトコム事業部 技術部 関西技術課

のバランスを考えて、5 dBiを設定した。自動車への搭載用なので、極端な小型化形状の必要性は無いと考えられることから、既に普及しているGPSアンテナを比較対象として寸法の目標を設定した。

【目標特性】

周波数範囲:	5.795 ~ 5.845 GHz
偏波:	右旋円偏波
利得:	5 dBi (中心値)
軸比 (3 dBi以下) 帯域:	100 MHz以上
半値角:	0°以上
指向特性:	図1による
寸法:	20 mm角以下

2.2 アンテナユニットについて

ETCの一般規格では車載器の種類として、一つのきょう体で装置を構成する2ピースタイプ(車載器とICカード)と複数のきょう体で構成する3ピースタイプが明記されている。2ピースタイプでは、アンテナ素子を収納して通信機能とICカードのインターフェイスを一つのきょう体で達成する。ETC車載器の機能構成ブロック図を図2に示す。この構成を一つのきょう体に収容するのが2ピースタイプとなる。

そこで3ピースの場合に、必ず空中線部から始まってあるところの入出力コネクタまでをアンテナユニットとして定義した。つまり、前記のアンテナ素子を用いて、きょう体、ケーブル、コネクタ等を組み合わせてアンテナユニットとする。アンテナユニットは車載器において、コネクタ接続のみでアンテナ通信機能を使用できる形態を提供することになる。

そこで、ETCアンテナユニットとしてアンテナ素子からどこまでがユニット化されるかを検討した。例えば車載用GPSアンテナユニットでは、アンテナ素子の直下に配置されるLNA(ローノイズアンプ)により、アンテナ素子が受信した約1.6 GHzの高周波信号を増幅する部分とそれを伝送する同軸ケーブルとコネクタまで含めてアンテナユニットという形で一般化している。

これに対してETCアンテナユニットの場合は送信機能も必要なので高周波信号をどこまでどう扱うかで違いが出てくる。GPSのようにアンテナ直下に回路を持たせるかどうかは車載器メーカーの考え次第となるので、そのいずれにも対応でき

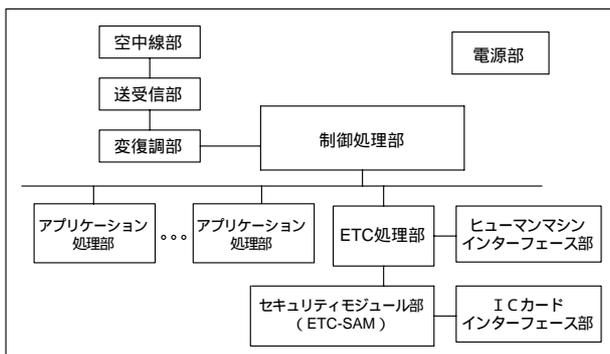


図2 車載器の機能構成ブロック図  
Block diagram of function

るように直下回路を組み込むか否かの以下2種類のアンテナユニットを想定して、商品化検討を開始した。

まず一つは、アンテナ素子から5.8 GHz帯の高周波信号を取り出して(あるいは送り出す)、そのままコネクタまでつなげるタイプである。つまりアンテナ素子からコネクタまでをロス少なく接続することが重要で、高周波信号をそのまま同軸ケーブルで伝送する5.8 GHz直送タイプである。

またもう一つはアンテナ直下に回路を組み込む場合で、このときには送受信のそれぞれの機能とその切り替えが必要になるので、その部分だけでユニットとならないで、変復調部まで取り込む可能性が高いと考えた。つまりアンテナ素子からASK信号の変復調部までを一つの基板上に集約した形をきょう体に収容し、多芯ケーブルで伝送する、ASK信号伝送タイプとなる。

3. 構造と構成

3.1 アンテナ素子の構造

アンテナの構造は平面アンテナ素子として一般的なマイクロストリップアンテナを採用した。アンテナパターンの設計は方形マイクロストリップアンテナの基本的手法を用いて行った。つまり、下記の簡易式を用いて概略の寸法を決めた後、実際のパターンを用いてチューニングを施した。

$$(簡易式) L = c / (2f \epsilon_r)$$

L: パターン辺長 c: 光速

f: 共振周波数  $\epsilon_r$ : 比誘電率

完成したアンテナ素子の外観は図3、図4のとおりである。

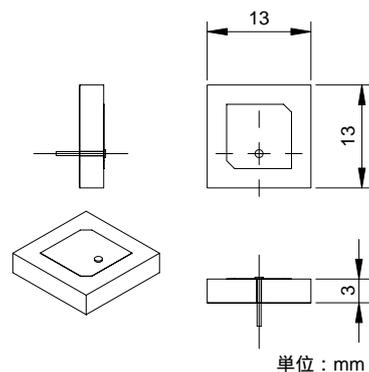


図3 アンテナ素子の寸法  
Size of antenna

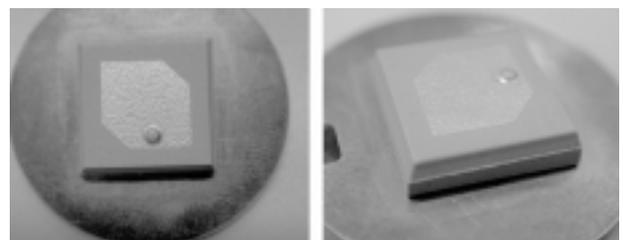


図4 アンテナ素子の外観  
Appearance of antenna

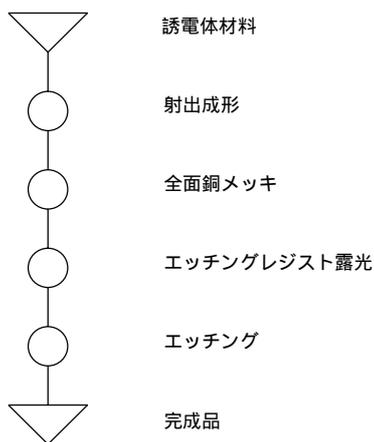


図5 パターンの製造プロセス  
Manufacturing process of pattern

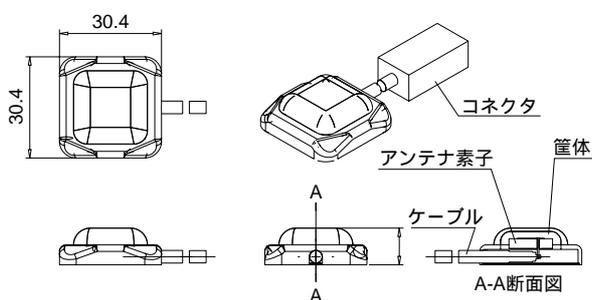


図6 ETC アンテナユニット形状  
Configuration of antenna unit

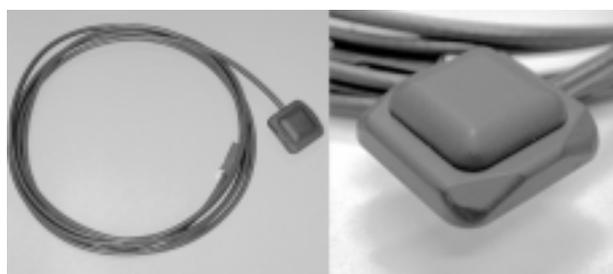


図7 ユニットの外観  
Appearance of antenna unit

本アンテナ素子の特長は、誘電体材料に射出成形可能な樹脂材料（社内開発品）を用いている点にある。本材料では、低誘電率から高誘電率（ $\epsilon_r = 20$ 程度）まで誘電率を自由に設定可能であり、必要な電気特性、外形制約に合わせて形状と誘電率を選んで設計が可能となる。

本ETCアンテナ素子の場合、特性目標である軸比帯域の高帯域化を中心に考え、その他の要求も含めてバランスが取れる誘電率と外形形状を選択した。また、放射電極のパターニングには以下の図5に示すようなメッキ及びエッチング製法を用いているので、射出成形で作製できる誘電体ベース材との組み合わせでパターンのチューニングも容易に実施可能である。

### 3.2 アンテナユニットの構成

アンテナユニットの構成は前記のように、アンテナ素子直下

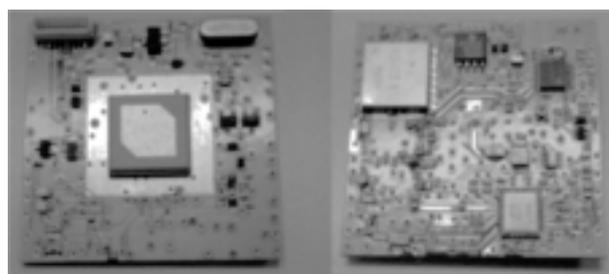


図8 ASK信号伝送タイプの基板写真（1層と4層）  
Appearance of ASK signal type PCB (first and 4th layer)

に処理回路を持たせるかどうかの差はあるが、基本的にはアンテナ素子等を収容するきょう体、アンテナ素子、ケーブル、コネクタ、（処理基板）等により構成される。

#### 3.2.1 5.8 GHz直送タイプ

量産試作タイプの形状を図6、図7に示す。

5.8 GHz直送タイプでは、アンテナ素子が受けた高周波信号を同軸ケーブルでそのまま伝送する。したがって、同軸ケーブルの性能が非常に重要である。この同軸ケーブルには、アンテナ素子開発と並行して社内で新規開発したケーブルを使用している。

#### 3.2.2 ASK信号伝送タイプ

このタイプの実装基板の試作品を図8に示す。外形が40 mm角の4層基板内の両面にアンテナ素子を含めフィルタ、スイッチ、アンプ、発信器、ASK変復調回路等を収納するようにして、車載器本体とは8ピンでの接続ラインを想定した。開発スタート時はETC用対応部品が十分市場に出ていないこともあり部品点数や小型化の点で課題が残るが、今後ETCの普及と共に部品集約や部品の一般化が進むことが想像されるので、これらの問題も解決できるものと考えられる。

## 4. 完成品の特性

開発の進展と共に各ユーザー調査を進めた結果、3ピース車載器のETCアンテナユニットとしては前記の5.8 GHz直送タイプを採用する機器メーカーが圧倒的に多いことが判明した。そこで、ASK信号伝送タイプは基本動作確認のみを行い、5.8 GHz直送タイプをETCアンテナユニットの本命として量産試作と特性測定に進めた。以下にその測定結果を報告する。

#### 4.1 ETCアンテナ素子単体

アンテナ素子の測定結果を図9、図10に示す。この測定結果からわかるように目標特性の利得は中心周波数で達成することができ、また半値角も目標値をクリアすることができた。また、特に本アンテナ素子の特長となる軸比帯域については目標値に対してより大きな約140 MHzという値を得ることができた。この広い帯域により、各要因から来るバラツキに対して十分大きなマージンが得られたことになる。

#### 4.2 ETCアンテナユニット

アンテナユニットの重要部品である同軸ケーブルについて測定結果を図11に示す。同軸ケーブルのVSWRは必要周波数範囲において1.2程度の値を示して非常に良好である。また減衰率についても - 1.4 dB/m程度で、5.8 GHz帯では優秀な特性で

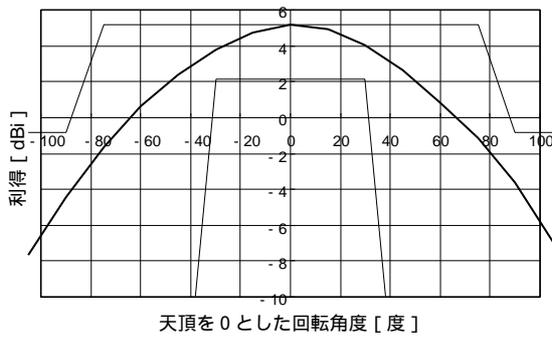


図 9 アンテナ素子の利得指向性測定結果  
Directional measurement results of antenna

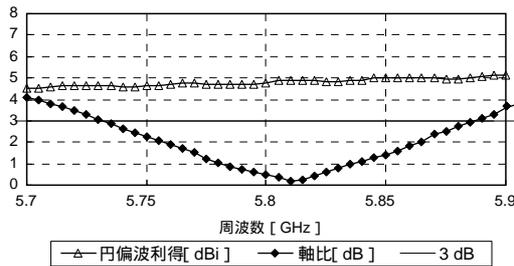


図 10 素子の利得，軸比 - 周波数特性  
Gain and axis ratio vs. frequency of antenna

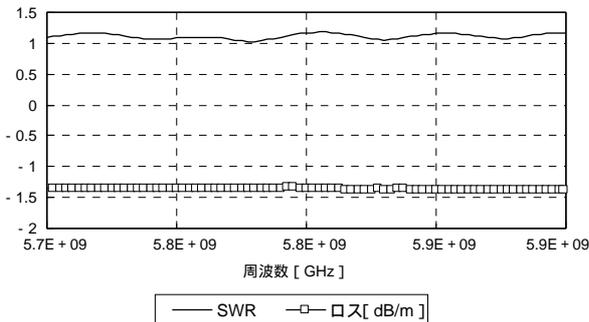


図 11 ケーブル特性  
Test results of cable

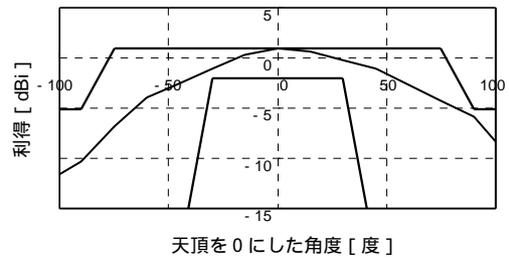


図 12 アンテナユニット利得指向性測定結果  
Directional measurement results of antenna unit

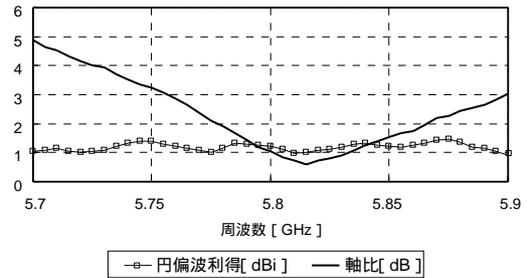


図 13 アンテナユニット利得，軸比 - 周波数測定結果  
Gain and axis ratio vs. frequency of antenna unit

## 5. おわりに

以上で説明してきたように、車載用として有用な特性をもつ ETC アンテナ素子及び ETC アンテナユニットの開発、商品化を進めてきた。今後は、更なる特性改善と製法検討を進めると共に他のアンテナ素子や他の用途向けのアンテナ部品の検討を進めて行きたい。

## 参考文献

- 1) ETC 推進委員会;ETC 車載機仕様書 (1998 年 3 月)
- 2) 新井宏之;最新平面アンテナ技術, 総合技術センター, (1993)

ある。

アンテナユニットとしての総合特性の測定結果を図 12, 図 13 に示す。この場合の同軸ケーブル長は 2.5 m である。この結果からケーブル長 2.5 m の場合は利得 0 dBi を達成できることが確認された。また、半値角、軸比に関してはケーブルの有無にあまり左右されないことから、アンテナ素子の結果と同様に良好な結果が得られている。

### 4.3 信頼性試験について

信頼性試験については、熱衝撃、耐衝撃、自然落下、定加速度、振動、高温保存、低温保存、高温高湿放置の各項目について評価中である。この中で最も厳しいと考えられる熱衝撃試験{(105 , 30分) ↔ (-40 , 30分)}については素子単体及び同軸ケーブル単体そしてアンテナユニットの状態で行っており、実施前後において外観、電気特性に仕様上問題となる変化が無いことを確認している。