

自動車用3バンド“AM/FM/電話”共用アンテナ

AM-FM-Mobile telephone Combined Tri-band Antenna for Vehicles

谷 吉 淳⁽¹⁾ 近 藤 俊 彦⁽²⁾ 田 中 修⁽³⁾
Kiyoshi Taniyoshi Toshihiko Kondo Osamu Tanaka

要 旨

近年、多くの国で自動車電話が普及してきた。そのため、現在多くのユーザが自動車電話送受信アンテナとAM/FM受信用アンテナを車両外部にそれぞれ単独に設置している。しかし、この2本のアンテナは自動車の美観を損なうばかりでなく、固定式の自動車電話用アンテナでは洗車中に破損することがある。また、自動車電話用アンテナを取り付けている自動車は、注意を引くので盗難にあう確率が高いとも言われている。

今回我々はこのような問題を解決する自動車用3バンド(AM/FM/電話)共用で、かつモータ駆動によりエレメントを車両内部に収納できるアンテナを開発した。一般的なAM/FM受信用アンテナと同じ形体の3段ロッドアンテナであり、伸びきった時AM/FM受信用と自動車電話用として同時に使用できる。我々はこのアンテナの電気的性能を各バンドの専用アンテナとほぼ同等性能に仕上げた。

Recently, mobile telephones have become very popular in many countries. At present, however, many users are obligated to mount one antenna for the mobile telephone and another for AM/FM broadcasting bands on their cars, which tends to distract from the beauty of the cars. Ordinary mobile telephone antennas are fixed-type and can be easily damaged. We often hear that cars with a mobile telephone antenna are more likely to be stolen or broken-into.

To solve these problems, Fujitsu Ten has developed an AM-FM-Mobile telephone combined tri-band antenna. Users can shorten or extend this new antenna with its dedicated motor, and store the antenna inside the fender of the car when not in use. Like ordinary antennas, this new antenna is a rod with three connection points. When the antenna is fully extended, the users can use a radio and a mobile telephone at the same time. In addition, we have provided almost the same electrical performance as each single-purpose antenna.

(1)~(3) 第一開発部

1. はじめに

移動体である自動車の中から手軽に外部と情報交換することを可能とした自動車電話が、米国はもとより日本をはじめ世界各国で普及してきた。(図-1)

しかし、米国にせよ、日本にせよ、自動車電話を設置している多くのユーザは自動車の外部に自動車電話用アンテナと AM/FM 放送受信用アンテナなど複数のアンテナを単独に設置している。

例えば、従来より当社が販売している AM/FM 受信アンテナの一つはエレメントの長さが日本用で 1m、米国用で 90cm で、モータ駆動により自動車内部に引き込めるいわゆる“モータアンテナ”である。また、一般的な自動車電話用アンテナは、長さが最長 70cm 程度である。しかも、自動車内部に収納できない固定アンテナが多い。

従って、1本のアンテナで 3つ (AM、FM、自動車電話) の周波数帯をカバーでき、かつ自動車のデザインを損なわないようなアンテナの商品化のニーズが強まってくるものと考えられる。

しかしながら、この 3つの周波数帯は、日本では AM 放送が 500~1700 kHz、FM 放送が 76~90 MHz、自動車電話が 860~940 MHz、米国で

は AM 放送が 500~1700 kHz、FM 放送が 88~108 MHz、自動車電話が 824~896 MHz と、3つの周波数帯それぞれが大きく離れており、かつ自動車電話帯では 70~80 MHz の帯域幅を必要とする。そのため、日本仕様でも米国仕様でも 3つの周波数帯全てに最適状態で対応することは容易ではない。以上のことを踏まえて、我々は自動車用 3バンド“AM/FM/電話”共用アンテナ (以下自動車用 3バンド共用アンテナ) の開発に着手した。

自動車用 3バンド共用アンテナの開発に際し、以下の目標条件を設定した。

- ① 利得、インピーダンス特性は、AM/FM 受信用アンテナ及び自動車電話用アンテナと同等
- ② 外観は、AM/FM 受信用アンテナと同じ形
- ③ AM 放送あるいは FM 放送を受信しながら、同時に自動車電話の使用ができること
- ④ 伸縮動作を行い、使用しない時は自動的にボ

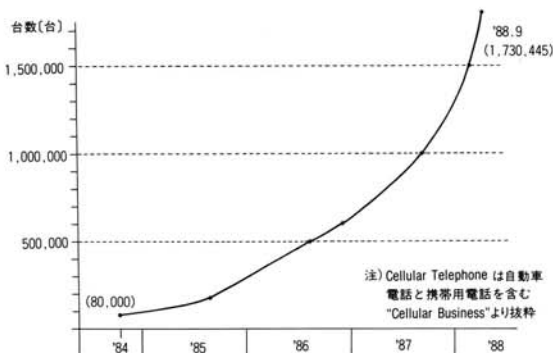


図-1 米国における Cellular Telephone の登録台数
Fig. 1 The number of Cellular telephones in U.S.A.

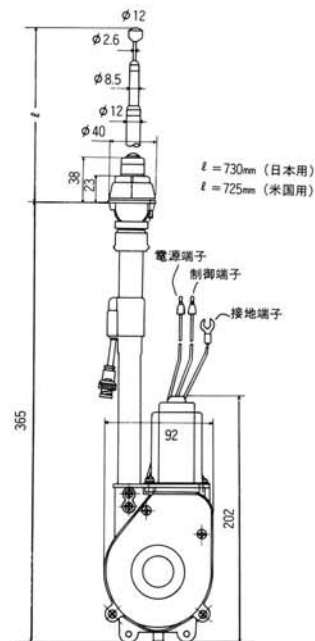


図-2 外観図

Fig. 2 AM-FM-Mobile telephone combined tri-band antenna.

表-1 自動車用3バンド共用アンテナ仕様（エレメント全伸長時）

	日 本 用	米 国 用
形 式	3 段ポール・モータアンテナ	←
送信周波数帯	915~940 MHz（自動車電話）	824~849 MHz（自動車電話）
受信周波数帯	500~1700 kHz（AM放送） 76~ 90 MHz（FM放送） 860~ 885 MHz（自動車電話）	500~1700 kHz（AM放送） 88~ 108 MHz（FM放送） 869~ 896 MHz（自動車電話）
V S W R	1.9以下（自動車電話帯） 10以下（FM放送帯）	←
利 得	2 dBi以上（自動車電話帯）	←
受 信 電 圧	1 mホイップアンテナと同等（AM放送帯）	0.9mホイップアンテナと同等（AM放送帯）

ディ内部へ収納できること

⑤ 汎用化し、取り付け可能車種を多くすること
以上の条件を満足するため、今まで蓄積してきた当社の技術を生かし、以下の部分で新技術開発を行った。

- ① 帯域分離作用のあるコイルを用いて、3つの周波数帯に対応したアンテナエレメントの開発
- ② モータアンテナ化のため、給電点をボディ内部に設置できるようにした給電部の開発
- ③ AM/FM ラジオと自動車電話を同時に使用でき、かつ高周波信号の損失を最小限にする分波器の開発

以上のような新技術と既存のモータアンテナの技術を融合することにより、前述の条件を充分満足した我々の開発品を図-2に示す。

また、このアンテナの仕様は表-1のように設定した。

以下にこの自動車用3バンド共用アンテナの細部構成、特性および車両実装例について電氣的検討内容を中心に紹介する。

2. 構 成

2.1 アンテナエレメント

アンテナエレメントの動作原理を図-3に示す。
自動車電話用アンテナは、自動車電話帯の中心周

波数（日本用では900 MHz、米国用では860 MHz）の波長を λ_0 とした時、 $3/8 \lambda_0$ の長さの第1セクションと、 $5/8 \lambda_0$ の長さの第2セクションと、 $\lambda_0/4$ の長さのフェージングコイル1により構成した。また、AM/FM 放送受信用アンテナは、自動車電話用アンテナを含み、その上部の約 $\lambda_0/2$ の長さのフェージングコイル2と約350mmの第3セクションにより構成した。

このアンテナは自動車電話帯で、フェージングコイル1により第1セクションと第2セクションの電流を同位相とし、その間の逆相の電流成分を減少させ利得を増加させる。いわゆるコリニアレーアンテナの動作を行い、一般の1/4波長ホイ

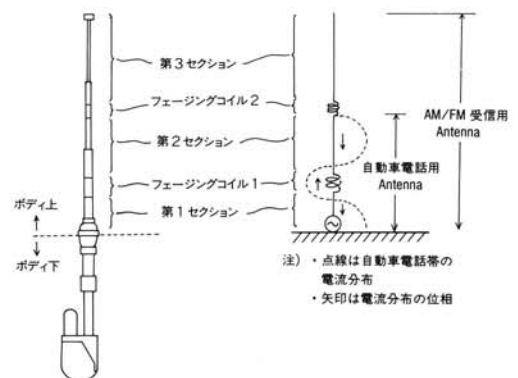


図-3 原 理 図

Fig. 3 Principle of the antenna.

ップアンテナより、水平方向の利得が増す。

また、フェーシングコイル2は自動車電話帯でリアクタンス成分が大きくなるよう設定する。そのため自動車電話帯の電流分布は、上部第3セクションではコイル下部の第1、第2セクションに比べて10 dB程度減少する。従って、フェーシングコイル2より下部が自動車電話用アンテナとして動作する。

また、AM/FM放送帯では自動車電話帯に比べて周波数が充分低いため、フェーシングコイル2のリアクタンスは低くなる。従って、エレメント全体がAM/FM放送受信用アンテナとして動作する。

2.2 給電部

上記エレメントは単独でも使用できる。しかし汎用化を図るために、我々はアンテナエレメントを収納構造にし、結電点をボディ面から自動車のボディ内部に下げて設計した。インピーダンスの整合をとるために、ボディ面から給電点までの長さを $\lambda_0/2$ (λ_0 :自動車電話帯の中心周波数)にし

た。これにより、自動車電話帯の Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) を1.9以下、FM放送帯のVSWR10以下を実現し、低損失と汎用化を実現した。

この給電部の構造を図-4に示す。

図-4に示すように、アンテナエレメント基部から給電点までは同軸構造であり、アンテナエレメントのインピーダンスは自動車電話送受信機のインピーダンスに等しく 50Ω に設計している。そのため、給電点より見たアンテナの等価回路は図-5のようになる。ここで、

Z_i : 給電点よりみた入力インピーダンス

Z_r : エレメントのインピーダンス

Z_0 : 伝送線路の特性インピーダンス

ℓ : 線路長

とすると、

$$Z_i = Z_0 \frac{Z_r + Z_0 \tan \beta \ell}{Z_0 + j Z_r \tan \beta \ell} \quad (1)$$

ここで、 $\beta = \frac{2\pi}{\lambda_0}$: 伝搬定数

である。

$$Z_0 = Z_r (=50\Omega)$$

のとき、給電点よりみた入力インピーダンス Z_i は、

$$Z_i = Z_r (=50\Omega)$$

となり、線路長 ℓ に無関係になる。

しかし、以下に述べるように、このアンテナの伝送線路の特性インピーダンス Z_0 を 50Ω にすることは、実用上困難である。

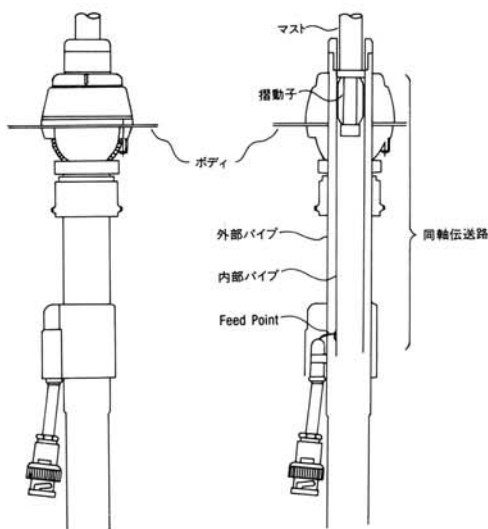


図-4 給電部構造図

Fig. 4 Power feeding section of the antenna.

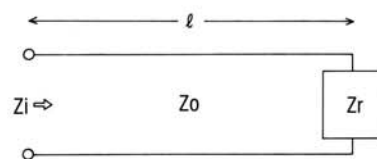


図-5 給電点から見たアンテナの等価回路

Fig. 5 Equivalent circuit up to feed point.

図-4の同軸線路を模式的に表すと図-6のような同軸伝送路となる。この伝送路の特性インピーダンス Z_0 は、

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_s}} \log \frac{D}{d} [\Omega] \quad (2)$$

ここで、 ϵ_s ：比誘電率
である。

このアンテナで、内部パイプ径(d)は最下段アンテナマストの径により決定され、14mmである。外部パイプ内径(D)は車両への取り付けを考慮すると必要以上に大きくできない。

ここで、(2)式の Z_0 を50 Ω にするためには、 D は最低32mm($\epsilon_s \geq 1$ のため)必要となる。機械的強度を得るために、外部パイプ、内部パイプ間に樹脂製インシュレータを挿入すると ϵ_s は1より大きくなるため、 D はさらに大きくなる。これでは車両に装着は困難である。

そこで、 Z_0 を50 Ω にすることに代わる方策として、給電部の線路長 l を自動車電話帯の中心周波数の波長 λ_0 の1/2にすることにより対応した。(1)式中の l を $\lambda_0/2$ とすると、

$$Z_i = Z_r (=50\Omega)$$

となり、給電点より見た入力インピーダンスが、アンテナエレメントのインピーダンスと等しくなる。

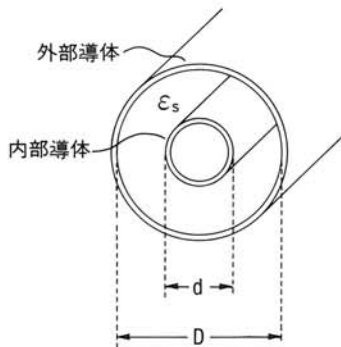


図-6 同軸伝送路

Fig. 6 Coaxial transmission circuit.

ところが、同軸構造部のインピーダンスは低いままなので、自動車電話帯以外の周波数帯では、AM放送帯の給電部容量の増加、FM放送帯のVSWRの劣化となって、AM/FM放送受信時の高周波信号の損失の増加を引き起こす。そのため同軸構造部のインピーダンスは、できるかぎり50 Ω に近づける方がよい。

我々は、外部パイプ、内部パイプ間の樹脂製インシュレータを吟味し、外部パイプ外径を既存アンテナより若干大きな値(22mm)に設定した。

この外部パイプの外径寸法は、電気的、機械的特性を得るために必要な最小寸法である。

2.3 分波器

このアンテナは分波器を介してAM/FM放送受信機と自動車電話送受信機に接続する。

分波器の回路構成を図-7に示す。

この分波器は3つの端子を持つ。アンテナの給電点に接続するアンテナ端子、自動車電話送受信機に50 Ω ケーブルを介して接続するTEL端子、AM/FM放送受信機に低容量ケーブルを介して接続するAM/FM端子である。

アンテナ端子、TEL端子間ではHigh Pass Filterを構成し、自動車電話帯の信号を挿入損失

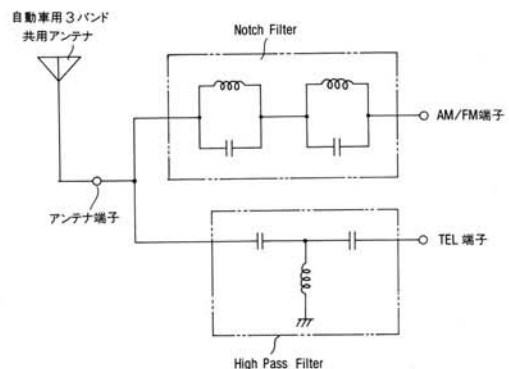
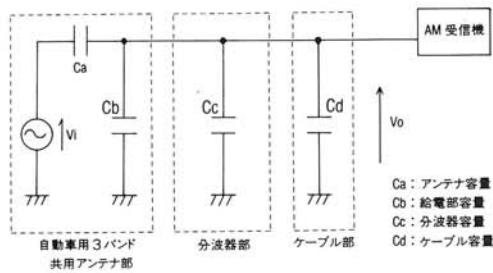
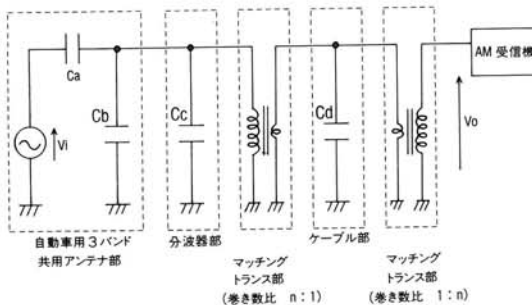


図-7 分波器の回路構成

Fig. 7 Branching filter.



(a) 当初の等価回路



(b) 改善後の等価回路

図-8 AM放送受信電圧特性の改善原理

Fig. 8 Improvement of AM broadcasting band receiver voltage characteristics.

0.1 dB以下、V SWR 1.1以下で伝送し、自動車電話帯以外の不要信号を排除する。

アンテナ端子、AM/FM 端子間では自動車電話帯の信号だけを排除する Notch Filter を構成し、自動車電話帯の信号を 35 dB以上抑圧する。

2. 4 AM放送受信性能改善回路

2.2項に示したように、このアンテナは給電部のパイプの太さ及び長さを制限する。その結果、自動車電話帯及びFM放送帯において十分な電気的性能が得られたにもかかわらず、AM放送受信性能に対して以下のような問題点が発生した。

図-8(a)は、車両配線用の長さ4mの低容量ケーブルを介して、このアンテナとAM放送受信機を接続したときのAM放送帯の等価回路を示す。

一般的な AM/FM 受信用ホイップアンテナに

比べて、このアンテナでは給電部同軸構造のため生じる給電部容量 (C_b)、分波器により生じる分波器容量 (C_c) が付加されるため、これらによる損失電圧は、

$$\Delta V = 20 \log \left(\frac{C_a}{C_a + C_d} \right) V_i$$

$$- 20 \log \left(\frac{C_a}{C_a + C_b + C_c + C_d} \right) V_i \quad [\text{dB}]$$

ここで、 C_a : アンテナ容量

C_d : ケーブル容量

となり、 ΔV は日本用、米国用とも 3 dB (ただし、 $C_a = 15\text{pF}$, $C_b = 45\text{pF}$, $C_c = 10\text{pF}$, $C_d = 120\text{pF}$) である。

また、一般的な AM/FM 受信用ホイップアンテナ (基準アンテナ) はエレメント長が日本用で 1m、米国用で 90cm のため、エレメント長 70cm のこのアンテナとのエレメント長による誘起電圧の差は、

$$\Delta V = 20 \log \left(\frac{1}{0.7} \right) \quad [\text{dB}]$$

or

$$\Delta V = 20 \log \left(\frac{0.9}{0.7} \right) \quad [\text{dB}]$$

となり、 ΔV は日本用で 3 dB、米国用で 2 dB である。

以上のように、我々の開発したアンテナは各基準アンテナに比べて日本用で 6 dB、米国用で 5 dB の出力電圧の差が生ずる。

そこで、この差を無くするために考えた回路を図-8(b)に示す。

この回路は、ケーブルの両端にマッチングトランスを設け、ケーブルの見かけ上の容量をトランスの巻き数比の 2 乗分の 1 倍に変換し、約 120 dB にもなるケーブル容量による電圧損失を低減するものである。従って、出力電圧は、

$$V_0 = 20 \log \left(\frac{C_a}{C_a + C_b + C_c + C_d'} \right) V_i \quad [\text{dB}]$$

$$\text{ここで、} C_d' = \frac{C_d}{n^2}$$

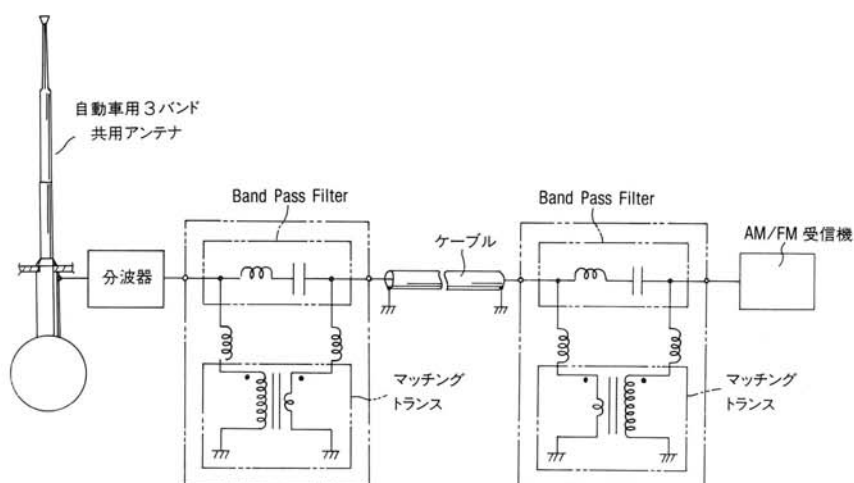
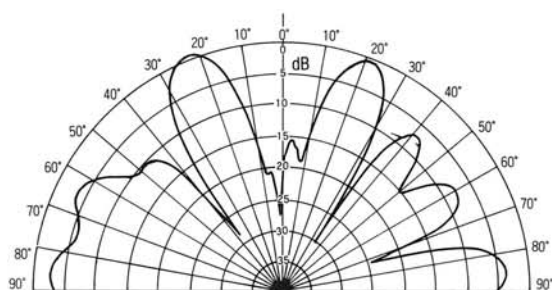
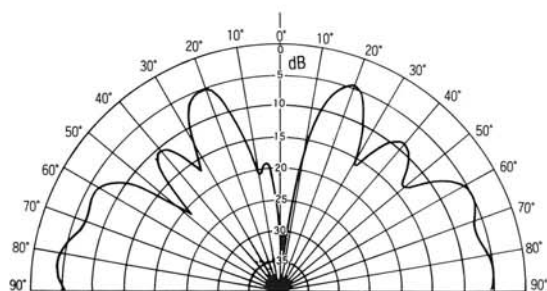


図-9 AM放送受信電圧特性改善回路の構成

Fig. 9 New circuit to improve AM broadcasting band receiver voltage.



(a) 日本用共用アンテナ



(b) 米国用共用アンテナ

図-10 自動車電話帯垂直面放射特性

Fig. 10 Vertical-plane field pattern at mobile telephone range.

となる。このような方法で、我々はAM放送帯での出力電圧の損失を小さくした。

このマッチングトランスの巻き数比 n を6に設定し、受信機側から見たAM放送帯での容量を80 pFにすることにより、このアンテナのAM放送受信特性を、日本用、米国用とも各基準アンテナとほぼ同等にした。

マッチングトランスは、分波器、配線用ケーブル間及び配線用ケーブル、AM/FM受信機間に配されるが、FM放送帯を伝送できないため、トランスに並列にFM帯のBand Pass Filterを接続した。

実際の回路構成を図-9に示す。

3. アンテナの性能

3.1 自動車電話帯特性

図-10(a)、(b)に自動車電話帯での垂直偏波垂直面放射特性を示す。利得は国内用、米国用とも約3 dBiである。

図-11(a)、(c)に自動車電話帯のVSWR特性を示す。VSWRは日本用(860~940 MHz)、米国用(824~896 MHz)とも1.9以下である。

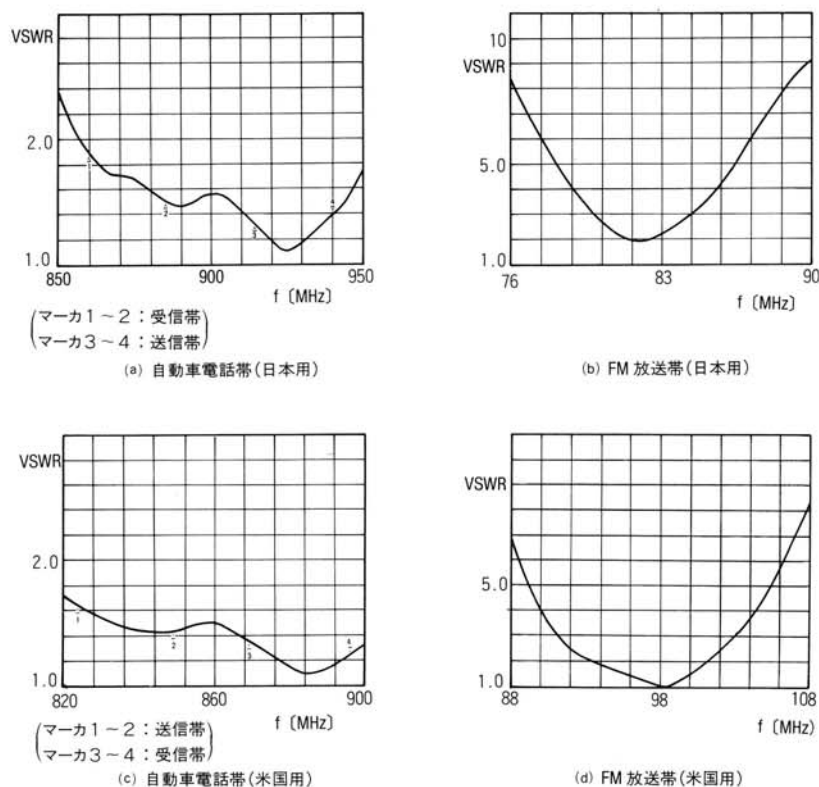


図-11 VSWR特性

Fig. 11 Characteristics of VSWR

表-2 FM放送受信電圧

(a) 日本用

周波数[MHz]	85.1	86.5	88.1
アンテナ			
マスト長1m AM/FM受信用 ホイップアンテナ	44	58	44
自動車用3バンド共用 アンテナ	44	56	44

[dBμV]

(b) 米 国 用

周波数[MHz]	88.1	97.25	101.75
アンテナ			
マスト長0.9m AM/FM受信用 ホイップアンテナ	44	42	28
自動車3バンド共用 アンテナ	43	42	44

[dBμV]

3. 2 FM放送帯特性

図-11 (b)、(d) にFM放送帯のVSWR特性を示す。VSWRは日本用 (76~90 MHz)、米国用 (88~108 MHz) とも10以下である。

また、表-2 (a)、(b) にFM放送帯受信電圧の測定値を示す。これは直径1mの金属円板上にアンテナを取り付けて得られる値で、比較のため基準アンテナの値を示す。なお、この値は放送波を受信して得た。

3. 3 AM放送帯特性

表-3 (a)、(b) にAM放送帯受信電圧の測定値を示す。これも直径1mの金属円板上にアンテナを取り付けて放送波を受信して得られる値である。

表-3 AM放送受信電圧

(a) 日本用

周波数[kHz]	558	1008	1431
アンテナ			
マスト長1m AM/FM受信用ホイップ アンテナ	72	70	46
自動車用3バンド共用 アンテナ	72	68	48

[dB μ V]

(b) 米 国 用

周波数[kHz]	558	1008	1431
アンテナ			
マスト長0.9m AM/FM受信用ホイップ アンテナ	70	70	44
自動車3バンド共用 アンテナ	72	68	47

[dB μ V]

4. 車 両 実 装 例

図-12に このアンテナを取り付けた自動車の構成（配線）例を示す。

アンテナのモータ部には、電源端子、制御端子、接地端子がある。電源端子にはバッテリーの⊕が接続され、12Vが供給される。接地端子にはバッテリーの⊖（0V）が接続される。制御端子にはイグニッションキー（ACC）連動の電源に接続され、キーに連動して12Vが供給される。すなわち、乗

車したドライバがキーをACC-ONにした時、制御端子に12Vが与えられ、アンテナを上昇させる。また、キーをACC-OFFにした時、制御端子が0Vとなり、アンテナを収納する。

車庫への入庫時や洗車時などのようにエンジンをかけたままアンテナを収納したい場合には、ユーザは手元のスイッチを操作することにより行える。

これにより、アンテナの破損を防げる。また、駐車中にはアンテナが収納されているので、盗難やいたずらを防止できる。

5. お わ り に

自動車用3バンド共用アンテナは、外観が一般のモータアンテナと同じ形状のボールアンテナであり、従来AM/FM放送受信用と自動車電話送受信用の2本必要であったものを1本にまとめ、自動車のボディの美観を損なわずに安定した送受信を可能にした。

また、このアンテナはモータ駆動により伸縮動作を行い、ユーザがキーをOFFすれば自動的にアンテナは車体内部に引き込まれる。盗難やいたずらに悩むユーザにとっては好都合である。



図-12 自動車用3バンド共用アンテナの実装例

Fig. 12 Tri-band antenna installed.

さらに、強制収納スイッチを取り付ければ、車庫入れ時や洗車時などのアンテナの破損を防止することができ便利である。

このアンテナはアンテナエレメントを3段ロッドとし、ボディへの取り付け穴の直径を23mmとしたことにより、長さ370mm、幅100mm、奥行き60mmの容量がリアトランク内部に確保できれば装着が可能である。また、寸法及び回路定数の少しの変更により、外観を変えずに日本用、米国用とそれぞれに対応できた。ヨーロッパ用にも対応可能である。

今後、種々の通信装置が自動車に搭載されて行くものと考えられる。我々は、自動車用各種アンテナがそれぞれ、より高度なレベルで複合化されねばならないと考える。この自動車用の3バンド共用アンテナを複合化アンテナの第一弾として、本当にユーザに満足いただける商品を我々は今後も提案していきたい。

参考文献

- 1) Faris Hawat :
“Vehicular antennas”
Cellular Business, June 1988, P32-39
- 2) Kazuhiko Suguri :
“Antenna Combined with Radio Tuner”
SAE, audio system for the automobile;
880086 (1988)
- 3) 電子通信学会編 :
アンテナ工学ハンドブック、(1980)
- 4) Kiyoshi Taniyoshi, Toshihiko Kondo and
Osamu Tanaka :
“AM-FM-Telephone Tri band Antenna for
Vehicles”
SAE, audio system for the automobile;
890122 (1989)
- 5) ADVANCED MOBILE PHONE SERVICE,
INC. :
“CELLULAR MOBILE TELEPHONE
EQUIPMENT SPECIFICATION”
(December 1981)