

アンテナを搭載した自動車用ガラス

旭硝子(株) 自動車ガラスカンパニー技術開発部

椎名 大

Radio and TV broadcasting Antenna Integrated in Automotive Glass

Masaru Shiina

Technology Development Div, AGC Automotive Japan/Asia Pacific

1. はじめに

ガラスアンテナは 1970 年代に自動車に AM や FM などのラジオ放送を受信するために米国で生まれた技術である。日本でガラスアンテナがラジオ放送用として使われ始めたのは 1970 年代後半になるが、その後リモートキーレスエントリーや自動車電話用アンテナなど様々な用途に使用されてきた。特に近年はラジオ放送だけでなく、車内で TV 放送を楽しみたいというユーザーのために、多くの乗用車や SUV にラジオ、TV 用のガラスアンテナが採用されている。1980 年代ではほとんどの自動車が 1 m 前後の長さの金属製アンテナ（モノポールアンテナ）を装着するのが主流であり、ガラスアンテナは一部の上級グレード車で採用される程度であった。現在では軽自動車から SUV、ミニバンなどにもガラスアンテナは広く普及し、FM 放送や TV 放送の受信感度を向上させるためにダイバーシティ受信を行う目的で 5-6 個のガラスアンテナが取り付けられている車も多い。ガラスアンテナの利点は以下の

通りであり、車のデザインや利便性のみならず安全面や環境面でもそのメリットを提供している。

- ① ポール（棒状）アンテナのような突起物がなく、デザイン性に優れ、高速走行中の風切り音などの問題がない。
- ② 洗車の際にアンテナを取り外したり、縮めたりする必要がなくその際に手が汚れることもない。
- ③ 歩行者と自動車の事故の際も突起物が歩行者にあたることがない。
- ④ ポールアンテナに比べて壊れにくく、カーメーカーは故障や破損の修理や部品の交換などの費用を負担する必要がない。メンテナンスフリー。

また現在のガラスアンテナは以下のような用途で用いられている。

- ① AM/FM ラジオ放送受信
- ② アナログ TV 放送受信
- ③ 短波、長波放送受信（海外向けモデル）
- ④ VICS・FM 多重放送受信（カーナビゲーション用）
- ⑤ キーレスエントリーシステム
- ⑥ 自動車電話（海外向けモデル）



写真1 ピラーアンテナ

車載用アンテナに要求される技術とガラスアンテナ

AM/FM ラジオは現在ほとんどの自動車に搭載されており、交通情報をはじめ、ニュースや音楽、トーク番組など様々な情報や娯楽を提供している。このAM/FM ラジオを自動車という移動体で安定に受信するには、以下のような性能が必要となる。

- ① 感度 電波の弱い郊外や山間部でも安定して受信できる。
- ② 指向性 FM/TV 放送を受信する際、車の向きによって感度が大きく変化しない。
- ③ 耐ノイズ性能 屋外送電線などから発せられる外来雑音の影響を受けにくい。

これまで主流であった金属性モノポールアンテナはアンテナの取り付け部位により、ピラーアンテナ、フェンダーアンテナ、ルーフアンテナなどと名称が異なるが、原理的にはFM放送帯である76 MHz-90 MHzの周波数で共振が得られる長さ約90 cm-100 cm程度の長さを持つものが多く用いられる。写真1にピラーアンテナの一例を示す。

一般的にAM放送(500 KHz-1600 KHz)の周波数帯域の電波は比較的遠距離まで届くメリットがある反面、十分な感度を得るにはある程度のアンテナの長さが必要であること、エンジンやモーター等の雑音が混入しやすいという特性を有するのに対し、FM放送(76 MHz-

90 MHz)の電波は90 cm程度のアンテナ長で十分な共振を得られるものの、建物や山などで電波が反射され多重路伝播が起こり、その中で自動車が移動する為、受信レベルが不規則に変動するマルチパスフェージングが発生し、伝送品質が劣化しやすい(届く範囲が狭い)という特性を有している。現在FM放送やTV放送受信ではこのような品質の劣化を軽減するため、複数のアンテナを距離を離して設置し、最適なアンテナを選択する空間ダイバーシティの技術が用いられる。このような技術をポールアンテナで実現しようとした場合、複数本のポールアンテナを設置する必要があるが、デザイン面、安全面からも適当ではなく、ガラスアンテナのような無突起型のアンテナが必要となっている。

2. ガラスアンテナの種類と特徴

ガラスアンテナは大きく分けて次の3種類に分類される。

- ① フロントガラスアンテナ
- ② リアガラスアンテナ
- ③ サイドガラスアンテナ

① フロントガラスアンテナ

合わせガラス内部に直径100-120 μm 程度の被覆銅線を封入したワイヤーアンテナが一般的である。1970年代に前述の通りアメリカで生まれた初のガラスアンテナもワイヤー封入アンテナであり、長い歴史を有するが実際に車に搭載された例は、後述のリアガラス、サイドガラスにくらべて少ない。原因はフロントアンテナがエンジンや車両に搭載される多くの電装部品(ワイパー、モーター、エンジン制御ユニット等)に近い位置に設置されるため、エンジンの点火ノイズなどの車両ノイズを拾いやすいという欠点を有しているためである。フロントガラスアンテナは比較的大きな面積をアンテナとして使用することが可能であり、高いアンテナ性

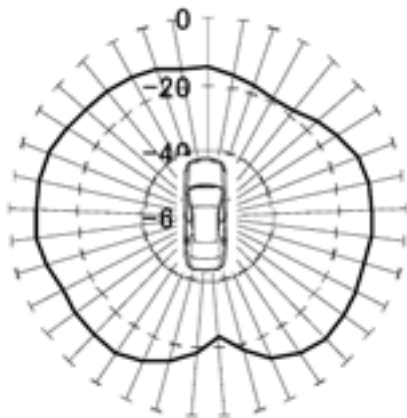


図1 リアガラスアンテナの水平偏波指向性

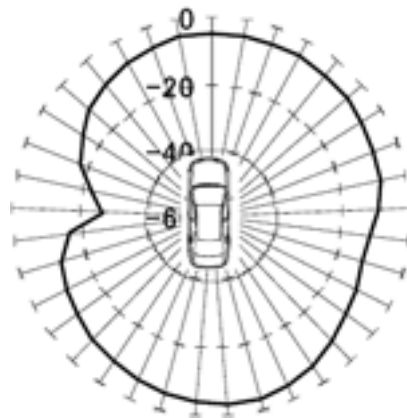


図2 リアガラスアンテナの垂直偏波指向性

能を引き出すポテンシャルを有している。今後はデジタル TV 放送などのニューメディアのダイバーシティアンテナとして見直されることが予想される。

② リアガラスアンテナ

フロントガラスアンテナの欠点を補うべく 1970 年代に登場し、数々の研究により受信性能が大きく改善され現在のガラスアンテナの中心的な存在である。リアガラスアンテナにはプリントアンテナと呼ばれる車内面に導電性の銀ペーストを用いて線幅 0.7 mm 程度のアンテナ線を印刷、焼成したアンテナが用いられてきた。リアガラスには後方視界を確保するための妨曇用熱線プリントが一般的に用いられるがこの妨曇エリアの余白部にアンテナを印刷している。初期のリアガラスアンテナは比較的シンプルな形状のアンテナ線を直接アンテナフィーダー線につないでラジオに接続されたものであったが AM 放送の受信では近くにある妨曇用熱線からアンテナで誘起したエネルギーがリークしてしまうなど感度が十分でなく、FM 放送の受信では車両の向きにより、感度が大きく変化してしまうなどの問題を抱えていた。図 1 に FM 放送の送信偏波面が水平偏波で送信された場合のリアガラスアンテナの特性を示す。日本国内の FM 放送のほとんどがこの水平偏

波で送信されており、この場合、自動車のフロント方向もしくはリア方向からの電波に対してやや感度が低い傾向があることを示している。一方それとは反対に垂直偏波で送信された電波に対しては自動車の前後横方向で感度が高く、左右方位に感度がやや低い特性を示す場合が多い。(図 2)

リアガラスアンテナでは車両の向きによる感度変化を出来るだけ小さくするような無指向性アンテナパターンの開発、アンテナとフィーダー線の間を増幅器 (プリアンプ) を挿入して、感度不足を補う技術や妨曇用熱線にノイズ防止フィルタを挿入するなどの技術が開発されたことで、ラジオ用ガラスアンテナとして広く普及した。プリアンプ付ガラスアンテナは 20 年ほど前から検討されてきた技術であるが、東京タワーに代表されるラジオ放送塔の近くでは強い電波が増幅器に入力されるため、増幅回路がオーバーロードして信号が歪んでしまうなどの問題があった。これらの問題を解決するため、当社ではアクティブ素子を使用しないで、パッシブ素子のみで構成したガラスアンテナ専用のマッチング回路とフィルタ回路を設計開発した。またマッチング回路を小型モジュール化し、ガラス面上に搭載したガラスアンテナの開発に成功した。このパッシブガラスアンテナは

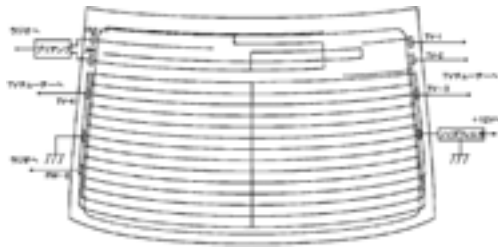


図3 ラジオ/TV用ガラスアンテナの構成例

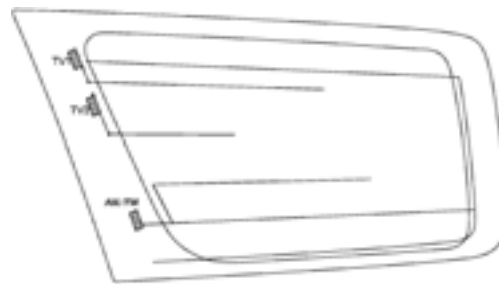


図4 サイドガラスアンテナの構成例

これまでポールアンテナが主流であった北米地域におけるガラスアンテナの市場拡大の基礎を築いた。近年では低コストで、高い受信性能のガラスアンテナシステムを提供すべく、高性能の電子デバイスを用いたアンテナアンプについて研究開発を進め、ガラスアンテナとアンプ回路を車種毎に専用設計し、最適化したリアガラスアンテナを開発した。このことにより電波の弱い場所は勿論のこと都心部の電波の強い場所でも歪みのない安定した受信を可能にするようなアンテナをガラスとアンプモジュールのシステム商品として自動車メーカーへ供給している。図3にラジオ/TV用リアガラスアンテナの構成例を示す。

③ サイドガラスアンテナ

近年のミニバンやSUV系車両の増加に伴い、現在はリアガラスアンテナの採用数に匹敵するレベルまで需要が広がっている。車高の高いミニバンではモノポールアンテナがルーフなどに設置されると、立体駐車場に入れないなどという問題もあり、ガラスアンテナのメリットは大きい。近年では後席でTVやビデオ、DVDなどの映像を楽しむ後席エンターテイメント機能を有する車両が次々発売され、走行中もTVが見られるため、高性能のTVアンテナが求められている。現在では図4のような左右のサイドガラスに各々ラジオ1本、TV2本のアンテナの設けダイバーシティ受信を行うシステムが増えている。

サイドガラスアンテナのFM放送周波数帯

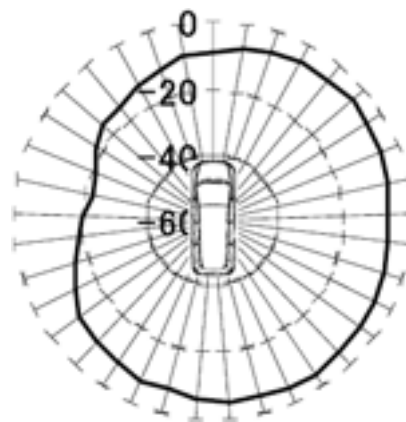


図5 サイドガラスアンテナの指向性

域での代表的な受信特性である指向性を図5、図6に示す。図5はアンテナが運転席側（車両右側）に取り付けられた場合の水平偏波における指向性を示す。サイドガラスではアンテナが装着されている側からの到来波に対して比較的良好な受信感度を有している半面、アンテナの装着されていない側の感度が若干低くなる傾向にある。図7は左右のサイドガラスアンテナの特性をプロットしたものであるが、ダイバーシティ受信により左右のいずれかのアンテナが選択されることで、自動車がどの方向を向いても良好な受信感度を得られることがわかる。

3. ガラスアンテナの設計と評価

ガラスアンテナは自動車の窓ガラスをアンテナ

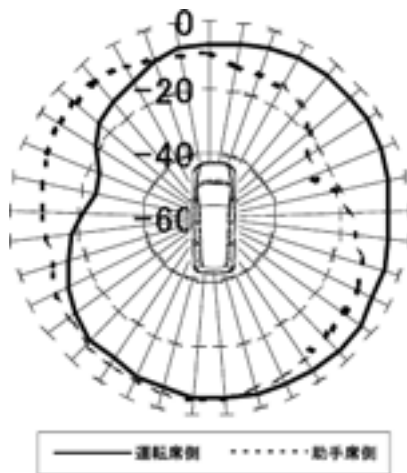


図6 サイドガラス・ダイバーシティアンテナの指向性

ナとして利用するという発想から生まれたものであり、アンテナを設計する上での自由度はポールアンテナ等の設計より厳しいものが多い。ガラスアンテナはモノポールアンテナと同様 FM 帯域において共振が得られる長さ（波長の約 1/4）を基本として設計される。ガラス面での電波の波長は、ガラスの誘電体としての影響を受けるため、自由空間に比べて波長短縮率は短くなり、ポールアンテナが 80 MHz において約 95 cm で共振するのに対し、ガラスでは約 70 cm で共振させることができる。これはアンテナを小型化するという意味でガラスという誘電体材料は優れているのであるが、実際はガラス面上の約 70 cm のアンテナエレメントだけでは 76 MHz から 90 MHz の 14 MHz の帯域全体で良好な感度を得ることは難しく、長さの異なるエレメントや 3/4 波長の長さで共振するエレメントを付け加えるなどして、FM 放送帯どの周波数の放送でも同じ感度で聞こえるように設計する必要がある。これはガラスアンテナが自動車のボディの影響を受けやすいことが理由である。またアンテナの基本性能である感度や指向性は車両の形状は勿論のこと、ガラスの大きさや形状、車両への取り付け

角度などの要因により大きく変化するため、車両ごとにガラス面上のアンテナの長さや形状を変化させ最適化しなければ、十分な感度を得ることが難しいというガラスアンテナ特有の特性を有している。これはガラスアンテナがモノポールアンテナと同様に自動車の車体を接地板（グラウンド導体）として用いているためである。車体を接地板として利用した場合、自動車の全長や全幅が FM 放送や TV 放送帯域の波長（2-3 m）に近いことにより、ボディの大きさや形状で放射パターン（指向性）が変化してしまうのがその理由である。

ガラスアンテナを設計、評価する設備として電波暗室を利用していることもその開発プロセスとしての特徴である。アンテナを評価するにはネットワークアナライザを用い、実際の FM 放送と同じ周波数の電波を発生させ、ガラスアンテナが装着された実際の車両で電波を受信し、特性を評価するという手法を用いる。このために外部から実験場に混入する不要な電波を遮断し、かつ評価用の電波が外部に漏れることを防ぐ目的で電波暗室が必要である。現在ガラスアンテナ等の車両用アンテナを評価するには車両を回転させるためのターンテーブルが取り付けられた送受信間距離 10 m から 40 m 程度の大型の電波暗室が用いられている。また自動車メーカーにおける開発モデル数の増加や試作期間の大幅な短縮という環境下では、ガラスアンテナにおいても出来るだけ短い期間でアンテナの設計や最適化の作業を終える事が望まれている。当社では高い満足度のガラスアンテナ商品を短い開発期間で提供するため、電磁界シミュレーション技術を導入し、ガラスアンテナの設計開発に適したシミュレーションシステムを独自に開発実用化した。現在このシミュレーションシステムを用いて、アンテナの設計、開発を行っている。

図 7 にシミュレーションモデルの一例を示す。

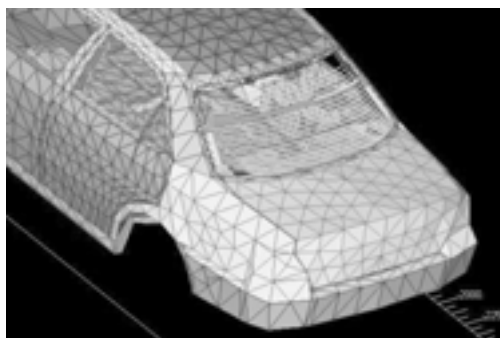


図7 シミュレーションモデルの一例

4. 終わりに

車の情報化により、ラジオ、TV 放送用アンテナ以外にもカーナビ用の GPS アンテナ、VICS 光、電波ビーコンアンテナ、ETC アンテナなど現在の自動車には多くのアンテナが使われている。ユーザーの目に見えない所に取り付けられたアンテナを含めると 10 個以上のアンテナが搭載されている車も存在しており、車載用アンテナに求められる技術や商品は多種多様である。無突起型や超小型のアンテナ、一つ

のアンテナで複数のメディアを受信できるマルチバンドアンテナ、携帯電話やデジタル TV などのデジタル通信に適したアダプティブアレイアンテナなどの様々なアンテナの研究開発が進められている。快適なカーライフをおくるために多くのアンテナを必要とする現代の自動車はできるだけ突起の無いアンテナが益々求められている。これまでガラスアンテナは 1 GHz 以下の周波数（波長 30 cm 以上）のアンテナを中心に商品開発が行われてきた。これはガラスアンテナの目的がラジオ、TV 放送の受信であったことが一つの理由であるが、今後は携帯電話や地上波デジタル放送等に代表されるニューメディアに対応した 1 GHz を超える周波数帯用のガラスアンテナが求められる。これらに対応するため当社では双方向通信用アンテナ、GPS や衛星放送受信用アンテナ、ETC 用アンテナなどを搭載した自動車用ガラスの商品化に向けた研究開発を行っている。

参考文献

- 1) 藤本京平 入門電波応用 共立出版(株)