

論文・解説

21

## 新型AM/FMラジオ用ガラスアンテナの開発

### Development of New AM/FM Window Glass Antenna

重田 一生<sup>\*1</sup> 谷口 龍昭<sup>\*2</sup>  
Kazuo Shigeta Tatsuaki Taniguchi

#### 要 約

カーラジオは、交通情報や天気予報等、運転に必要な情報や音楽、トーク及びスポーツ等のエンターテインメントを提供する、車に欠かせない装置である。ラジオに接続されるアンテナは、放送を安定して受信するために重要な役割を持つ。従来、量産車に採用してきた容量装荷型ガラスアンテナは、アンテナアンプを用いずに高感度な受信を実現できる反面、ワイヤーハーネスと直結する熱線をアンテナの一部として使用するため、車載電装部品から発生するノイズ(ラジオノイズ)を受けやすいという弱点があった。一方、安全・環境・快適性の要求により電装品の搭載数が増すにつれ、ラジオノイズ対策の工数も増加傾向にあり、車両ノイズを受けにくいアンテナ構造が望まれていた。

この状況を鑑み、システム構成の最適化と新しいアンテナパターンの考案により、従来と同様の受信性能を維持しつつ、よりラジオノイズ耐性の高いリヤガラスアンテナを開発した。

本稿では、その技術内容と新型マツダ6への適用事例について紹介する。

#### Summary

Car radio is essential on-board equipment which supplies drivers and passengers with necessary information such as traffic and weather forecast and entertainment programs such as music, sports and talk. Car antenna is an important device for ensuring stable reception of broadcasting contents. While the conventional capacitance-loaded window glass antenna, which has been applied to production vehicles, receives broadcasting contents with high sensitivity though not having an antenna amplifier, it is susceptible to electrical noise (radio noise) generated by the on-board electrical equipment because this type of antenna uses the defogger directly connected to the wire harness as an AM reception antenna element. With the growing need of improvement in safety, environmental performance and comfort, more and more electrical equipments were mounted on the vehicle, increasing the man-hour requirement for removing radio noise. As a result, it was hoped that an antenna highly resistant to vehicle noise would be developed.

With this situation in mind, we have developed a new rear glass antenna that ensures highly-sensitive reception performance and high resistance to radio noise, by optimizing the system configuration and designing a new antenna pattern.

This paper describes the detail of the technology and its application to New Mazda6.

#### 1. はじめに

アンテナは、車のような移動体で安定して放送を受信するために重要な部品である。ラジオ用アンテナとして従来は、90cm前後の棒状の金属素子を用いたモータアンテナやマニュアルアンテナが主流であったが、車載アンテナとしては、車のデザインへの影響、風切り音の発生、使い勝

手(洗車や立体駐車場で収納や取り外しが必要)、折れ等の問題があり、車室外に突出しないアンテナが望まれていた。これに対して、窓ガラス面上にプリントした導体線をアンテナ素子として使用するガラスアンテナが開発され、様々な改良を加えながら、中級グレード以上の車種を中心に採用が進んでいる。

しかしながら、幅広い車種に展開していくためには、開

\*1, 2 電子開発部  
Electrical & Electronics Development Dept.

発効率や、コストの面で課題が残されているのも事実であり、各社、技術開発にしのぎを削っている。

マツダは、それまでのガラスアンテナに比べ大幅な性能向上と理論設計化による開発の効率化を実現した容量装荷型ガラスアンテナの技術を保有しているが、今回、この技術に改良を加え、今後の車載アンテナ構想立案の礎となる新しいガラスアンテナを開発した。本稿では、技術の概要及び新型マツダ6への適用事例について報告する。

## 2. ガラスアンテナ開発課題への取り組み

本章では、新ガラスアンテナのベースとなる容量装荷型ガラスアンテナの技術内容と課題について説明する。

### 2.1 従来のガラスアンテナの課題

フロントガラスのように広い面積のガラス面を利用すれば、アンテナの基本方式であるモノポールアンテナの構造を応用することで、受信したい電波（FM）の約四分の一波長（ただし、誘電体であるガラスによる、波長短縮効果を考慮する必要あり）の金属素子を配置し、窓枠に接地した同軸ケーブルにより給電することで、モータアンテナやマニュアルアンテナ並みの良好な特性を持つアンテナを容易に実現することが可能である（Fig.1）。

しかし、実際には、アンテナ素子が視界を妨げる、近接するエンジン補機からのラジオノイズレベルが許容できない等の理由から、フロントガラスを使用することは困難であり、ラジオ用ガラスアンテナには、セダンを中心にリヤガラスアンテナが採用されている。しかし、リヤガラスには後方視界確保用の熱線が存在し、モノポールアンテナのように理論的に確立された技術をそのまま適用することはできない。そのため、ポールアンテナ並みの性能確保が困難（特に垂直偏波）なことに加え、実車を用いたチューニングを行い、試行錯誤を繰り返すため長い開発期間が必要であった。すなわち、性能改善及び開発の短期化が課題となっていた。

### 2.2 容量装荷型ガラスアンテナ

マツダは、伝送線路の理論を応用した理論設計の確立による、熱線のないガラス面上に構成したモノポールアンテナと同等の特性を持つリヤガラスアンテナを実現し、課題を解決した<sup>(1)</sup>。以下に、本アンテナについて簡単に説明する。

#### (1) 基本構成

このアンテナの基本構成をFig.2に示す。内部中央に垂直方向に素子を延伸させた熱線の上に、枠形状素子を配置し、枠形状素子の上辺に設けた給電点と車体（窓枠）との間を同軸ケーブルにて給電し、FM受信アンテナとして動作させる。そのままではAMの感度が不足するため、枠形状素子と熱線とを接続する。その際、FMアンテナのインピーダンス特性に影響を与えないように、スタブ素子を介して接続する。なお、熱線とワイヤーハーネスの間にはチョークコイルを挿入し、車体との間を高周波的に分離する。

#### (2) 動作原理

Fig.3のようにリヤガラス上に熱線を書くようにモノポールアンテナを構成すると、実用的な感度が得られない。これは、熱線が接続されることにより、インピーダンス特性が劣化するためである。熱線の最上段線を接続した構造のアンテナ（Fig.4）におけるインピーダンス特性は、Fig.2のものと酷似しており、熱線の最上段部の導体線が特性劣化の主要因とみなせる。実際に、Fig.4において熱線最上段部の導体線（ $x+y$  or  $x+y'$ ）の影響を取り除く方法を検討し、Fig.3の構造に適用したところ、モノポールアンテナと同等の特性を得た。具体的には、熱線の最上段部

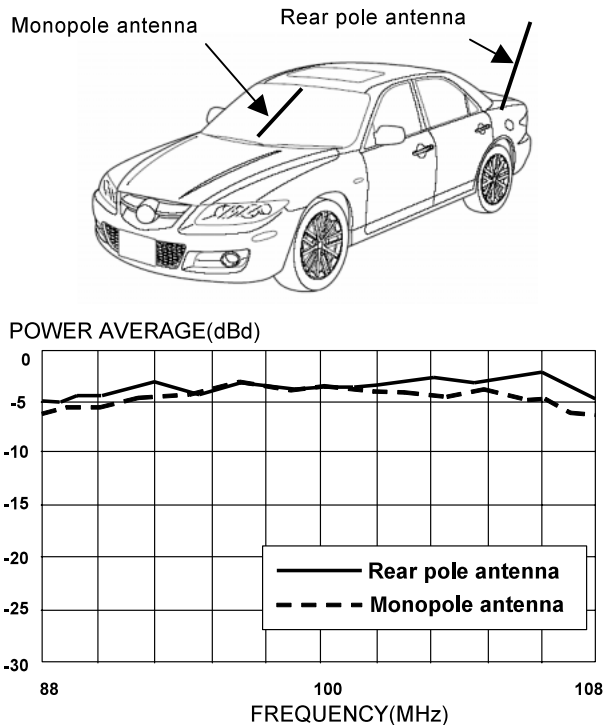


Fig.1 Characteristic of Monopole Antenna (Polarization : Vertical)

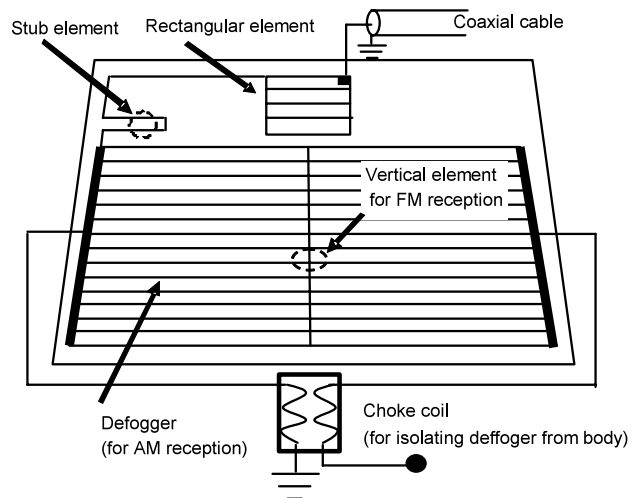


Fig.2 Capacitance-loaded Antenna(Conventional Type)

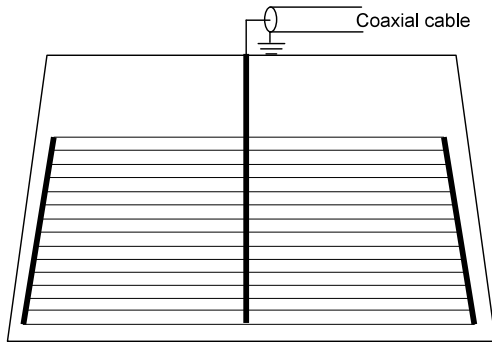


Fig.3 Monopole Antenna on Rear Glass

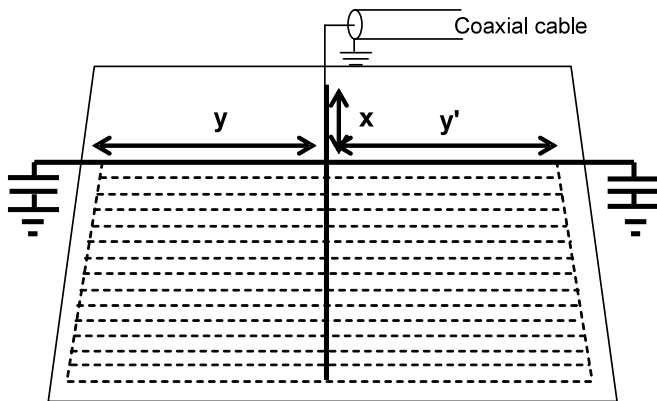


Fig.4 Model of Transmission Line

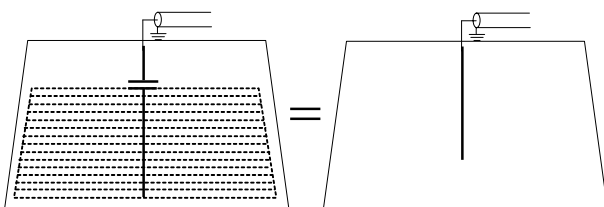


Fig.5 Working Principle of the Antenna

の導体線を周囲の窓枠に先端が地板に短絡する（熱線バスパーは窓枠と近接するため）伝送線路の一部と捉え、線路短縮効果をもつコンデンサを挿入し、伝送線路の電気長を四分の一波長に調整して給電部からみたインピーダンスを高め、導体線の影響を等価的に取り除くことで、モノポールアンテナと等価な特性を実現している（Fig.5）。ガラス上にコンデンサを実装することは現実的ではないため、枠形状素子を熱線上部に近接配置させることで、同等の効果をjている。

この設計手法を用いることで、特にFM垂直偏波における受信特性を大幅に改善し、円偏波を用いることが多い北米市場において、アンプレスガラスアンテナの導入を1995年に世界で初めて実現した。また、理論に基づく設計手法の確立により、開発期間の短期化も達成した。

2.3 ラジオノイズ対策

ラジオを車に搭載する際に、ラジオノイズ対策は、アンテナ性能育成と同様に、重要な開発項目となる。ラジオノ

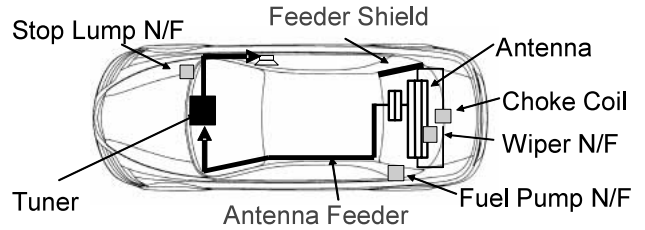


Fig.6 Example of Anti-noise Technique

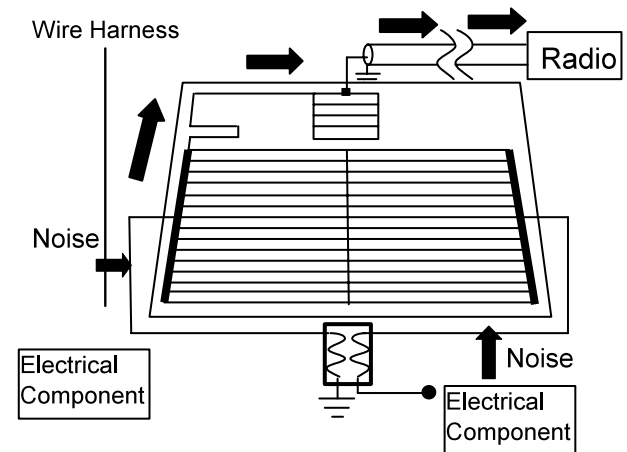


Fig.7 Noise Transmitting Mechanism

イズの問題は、車載電装部品の仕様が確定する、車両開発の後半に発覚することが多く、その場合、ユニットのレイアウトの見直し、ワイヤーハーネスの線種やレイアウト経路の変更作業と効果検証等の手戻りが発生し、工数の逼迫やコストの増加を招く結果となる（Fig.6）。

従来の容量装荷型ガラスアンテナは、熱線をAM用アンテナ素子として利用している。そのため、ワイヤーハーネス経由あるいは輻射等、車載電装部品から生じる電氣的ノイズをラジオに伝えやすい構造となっている（Fig.7）。加えて、昨今の安全及び環境対応、快適性の追求により、車に搭載される電子制御ユニットやアクチュエータの数は増加の一途であり、ラジオノイズに対する車室内環境はますます厳しくなっている。このため、車両ノイズ対策に配慮したアンテナの開発が必要な状況となっていた。

3. 開発コンセプト

3.1 アンテナアンプの採用

熱線をアンテナ素子から直流的に分離し、直接車体に接地した上で、熱線上部にアンテナを配置すれば、ワイヤーハーネスや熱線を通じて侵入する伝導性のノイズが抑制できる。また、熱線自体が車体に接地されることでアンテナ下部にシールド板を置くのと同様な効果が期待できる。

一方で、AM用アンテナ素子は熱線上の狭いスペースを利用するしかなく、そのままでは、十分なAM感度が得られない。感度不足を補う方法として、アンテナアンプの採

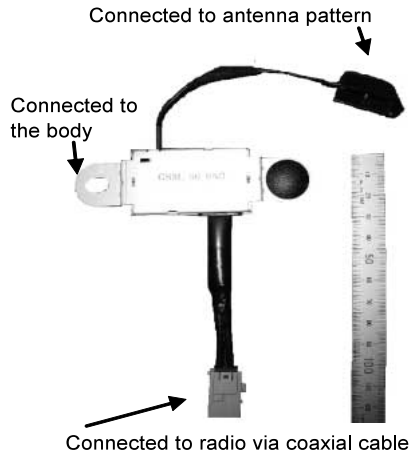


Fig.8 Antenna Amplifier

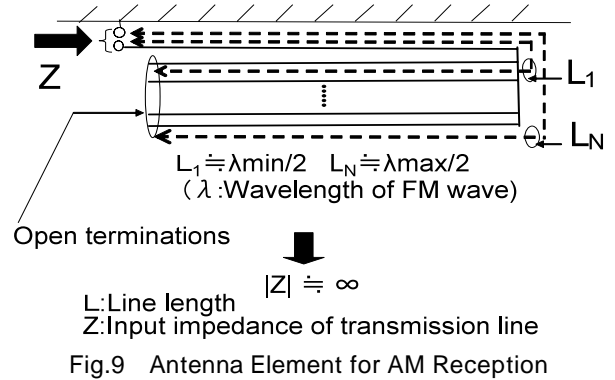


Fig.9 Antenna Element for AM Reception

用が考えられる。従来のアンテナシステムは、アンプレスの状態で十分な性能が得られていたことに加えて、強電界下の性能劣化や費用対効果の面を考慮し、アンテナアンプの採用を見送っていた。一方、近年RV系車両を中心としたショートポールアンテナの普及に伴い、アンテナアンプは小型化、低コスト化、強入力妨害に対する特性改善が進んでいる。この状況を踏まえ、アンテナアンプを利用することで、システムトータルでコスト、重量、性能が改善できる可能性があると考え、アンテナアンプ付ガラスアンテナの成立可能性を検討した。その結果、上部の余白部を高さ150mm以上、幅500mm以上のアンテナ素子の構成スペースを確保することで、実用的なAM感度が得られた。あわせて、強電界下の特性にも問題がないことが確認できたため、本アンテナ方式の採用が可能と判断した。Fig.8は、実際に採用したアンテナアンプの概観である。

アンテナアンプの採用により、熱線をAM用アンテナ素子として使用する必要がなくなり、従来使用していた大型のチョークコイルを省略可能とした。その他、従来必要であったノイズ対策部品の削減等により、システムトータルで、従来比約二割のコスト低減、及び約四割弱（約190g）の重量軽減を達成できる目処を立てた。

一方、FM用アンテナ設計については、ポールアンテナ並みの感度を有する、従来の容量装荷型ガラスアンテナの技術を踏襲する。加えて、昨今、NF（雑音指数）の特性改善が進む、FM用アンテナアンプを組み合わせることで、更なる感度向上が期待できる。

3.2 新AM用アンテナ素子の考案

一般的にラジオ用アンテナフィードは、AMとFMを共用している。このため、AM用アンテナ素子とFM用アンテナ素子を何らかの方法で結合する必要がある。従来の容量装荷型ガラスアンテナにおいては、接続時のインピーダンスの変化を防ぐため、棒形状素子をFM周波数帯域に最適設計した上で、スタブ素子を介在させることでAM用ア

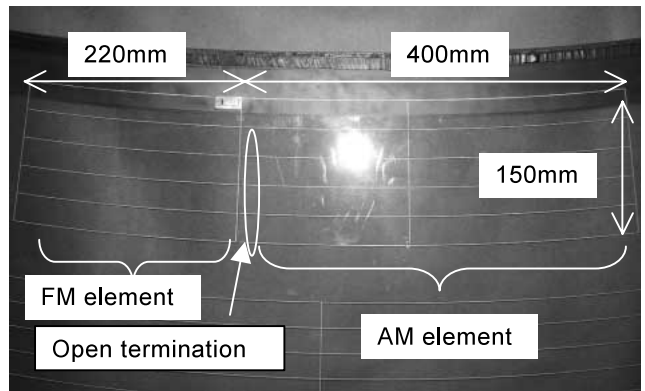


Fig.10 Real Antenna Pattern

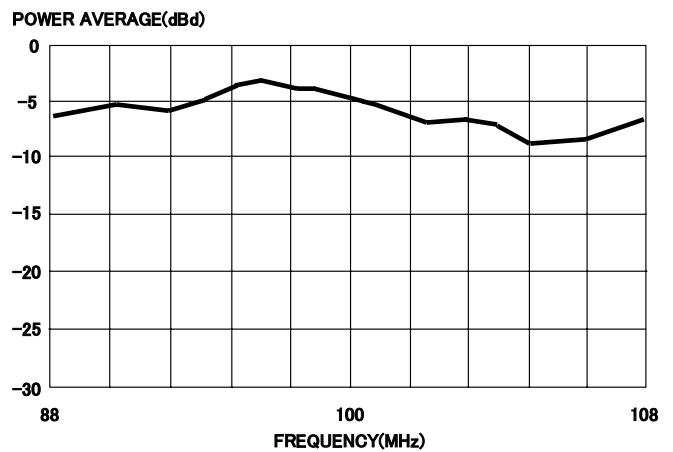


Fig.11 Characteristic of New Mazda6 Antenna (FM) (Polarization : Vertical)

ンテナ素子である熱線のFM周波数における入力インピーダンスが大となるよう調整し、両者を接続していた。

これに対して、新型アンテナでは、線路長が二分の一波長で、先端開放の高周波線路の入力インピーダンスが高くなる性質を利用し、AM用アンテナ素子をFM用アンテナ素子に接続する際のインピーダンスの変化を防いでいる。具体的にはFig.9のような棒形状とし、最上端線を棒形状素子と結合し、残りの端部までの長さを、使用周波数帯

域における二分の一波長に設定している(ただし、アンテナフィードとアンテナパターンを接続する線の長さ及びガラスによる短縮効果:70%程度、の考慮が必要)。

以上により、容量装荷型ガラスアンテナの特徴である、良好なFM受信特性を維持しながら、実用的なAM感度が確保できる。

#### 4. 適用事例

Fig.10は、実際に北米向け新型マツダ6に採用したガラスアンテナパターンである。左側の枠形状素子がFM用、右側の楕形状素子がAM用である。

Fig.11は本アンテナのFM帯における利得の周波数特性である(アンプは未使用の状態)。帯域平均でダイポール比約-6dBの高感度が実現できている。AM受信においても、アンプの感度改善効果により、システムトータルで、従来のアンプレスガラスアンテナと同等レベルの実用感度を確保している。また、北米の実フィールドにおいて、AM/FM、強、中、弱電界等の評価モードにより、競合車数台との比較評価を行った結果において、トップレベルの受信性能を有することを確認している。

開発効率の面では、当初の狙い通り、ラジオノイズ対策にかかる工数は最小限にできた。また、従来のガラスアンテナ開発においては、試作車完成後のパターンチューニングのプロセスが必須であったが、新しい設計手法の開発により、このプロセスの省略が可能となった。

#### 5. おわりに

新しいAM/FMラジオ用ガラスアンテナ設計技術の開発により、従来システムと比較して、同等以上の性能を確保しつつ、コスト及び重量の低減を実現した。加えて、性能予測の面で見通しの良い理論的設計手法と耐ノイズ性の向上により、手戻りのない効率の良い開発を可能とした。

#### 参考文献

- (1) 谷口ほか：容量装荷型ガラスアンテナの開発とFMダイバーシティ受信への応用，自動車技術，Vol.49，No.7，p.47-53 (1995)

著者



重田一生



谷口龍昭