

特集：新型MAZDA3

20

新世代リアガラスアンテナシステムの開発

Development of New Generation Rear Glass Antenna System

志村 俊幸*1 Toshiyuki Shimura	重田 一生*2 Kazuo Shigeta	長嶺 晋路*3 Shinji Nagamine	森 大輝*4 Daiki Mori
田中 真帆*5 Maho Tanaka	島谷 信行*6 Nobuyuki Shimatani	沼元 正樹*7 Masaki Numoto	三宅 弘一*8 Koichi Miyake

要約

無線通信技術の進化に伴い、車外と「つながる」機能は、「走る」「曲がる」「止まる」と並ぶ車の基本機能と位置づけられている。このうち、AM/FMラジオ、デジタルラジオや地デジ等の放送受信システムは、エンターテインメントや交通情報等を手軽に入手する手段として、今後も車にとって欠かせない装備である。放送受信システムのアンテナとしては、セダン系車種を中心にリアガラスアンテナが多く採用されている。一方で、SUV等のハッチバック系車種においては、性能確保やノイズ対策の難しさから、シャークフィンアンテナ等のルーフに設置するタイプのアンテナが主に用いられており、デザインに制約を与えていた。マツダは、強みであるデザインの魅力を最大化させるため、ハッチバック系車種に適用可能なリアガラスアンテナの開発に取り組んだ。その結果、アンテナ素子の工夫や構造要件を見出すことで、ハッチバック系車種に適用可能とし、FMダイバーシティやDAB (Digital Audio Broadcasting) 等の新メディアの受信にも対応可能な新世代リアガラスアンテナを開発し、新型MAZDA3に導入した。

Summary

According to the evolution of radio communication technology, "connect" to outside of car is as basic function as "run", "turn" and "stop". Broadcast reception system like AM/FM radio and DTV will be indispensable equipment to the occupant in the car for getting entertainment and traffic information in the future. Many sedan cars are equipped rear glass antenna for broadcast reception. But many of hatchback cars are equipped roof antenna like shark fin antenna because of difficulties of showing reception performance and noise suppression. It limits designing appearance. We have tackled to develop glass antenna for hatchback car to maximize appearance design that is Mazda's strong point. As a result, we have successfully developed new generation rear glass antenna which is applicable to hatchback car's antenna and which supports FM diversity reception and DAB (Digital Audio Broadcasting) reception by finding new pattern technique and lay-out requirements and introduced it to All-New Mazda3.

Key words : Information, Communication, and Control, HD Radio, Audio, Glass Antenna

1. はじめに

近年、コネクテッドカー・自動運転・電動化へ対応するため、車載電波利用機器が増加している。利用用途もこれまでのエンターテインメント/利便性向上から安全システムへと拡大しつつあり、これまで以上に安定した通信性能が求められている。電波を用いた情報のやり取りの窓口となるアンテナは、電波利用機器の性能を左右す

るキーデバイスである。車載アンテナの特徴として、金属からなる車体による電波の反射や遮蔽の影響を受けやすいだけでなく、周囲に近接する金属物による電磁誘導によりアンテナ性能自体も影響を受ける。このため、その性能を確保するには、ルーフ等の車室外に設置することが望ましい。しかしながら、アンテナを車室外へ設置する場合、外観への影響が避けられない。このため性能とデザインの両立が車載アンテナ開発の課題となる。こ

*1,2,5,6 情報制御モデル開発部

Infotainment and Control Model Development Dept.

*3,4,7,8 電子性能開発部

Electrical & Electronics Performance Development Dept.

の課題を解決する手段の1つとして、AM/FMラジオ受信用としてはリアガラスアンテナが開発され、セダン系車種を中心に採用されている。一方、ハッチバック系車種のガラス面積の狭い車両においては、アンテナ素子を構成するエリアも狭くなることで受信性能の確保が難しく、更には電装品用ハーネス経路がアンテナ素子に近接するため、車両ノイズ対策が必要となる。以上の理由から、ハッチバック系車種には、ルーフアンテナが採用される場合が多く、ガラスアンテナを採用している場合でもAM性能補償用のチョークコイルをデフォッガーのワイヤーハーネスに追加することが必要となり、コストや重量等の問題を抱えていた。

本稿では、上記課題を解決するため、新たに開発した新世代リアガラスアンテナシステムの技術内容について報告する。

2. 開発方針

新世代商品のアンテナ開発構想を立案する中で、お客様への提供価値を最大化するため、理想のラジオ受信システムについてゼロベースで検討した。その結果、マツダの強みである際立つ車両デザイン (Fig. 1) と調和しつつ、「いつでも・どこでも・良い音をお客様へ提供」できる性能が確保できている状態を理想と定義し、それを実現するためのアンテナ方式を選定した。一例として、FMラジオ受信においては、反射波による影響を抑制することで、良好に聴取できるエリアを最大化することをねらった (Fig. 2)。その結果、1) 受信品質改善に効果のある、FMダイバーシティー受信やデジタルラジオ受信へ対応、2) 車両デザインと性能を両立、3) 車種や車形間で共通に構成する部品を使用、4) 物理量 (コスト/重量) を最小化等の実現性の観点から、新世代商品では、AM/FMラジオ受信用としてのルーフアンテナは廃止し、ガラスアンテナのみでアンテナシステムを構築すること (Fig. 3) を基本方針とし、開発を進めることとした。

2.1 ガラスアンテナ素子技術開発への取組み

ラジオ受信システムは、アンテナ素子→アンテナアンプ→フィーダー線→チューナーの4つの構成要素からなる。このうちアンテナ素子は、リアガラス上にデフォッガーとともにプリントされるもので、車種や車形ごとに開発が必要であり、受信システム全体の性能を左右する。このため、マツダはこの技術をカーメーカーが保有すべき重要な要素技術を考え、技術開発に取り組んできた⁽¹⁾。この技術を応用し、全車でリアガラスアンテナを採用する上で最大のネックとなるハッチバック系車種の狭面積リアガラスでアンテナを成立させるための技術開発に注力することとした。



Fig. 1 Example of Mazda's Design Concept

～FM Radio Audible area～

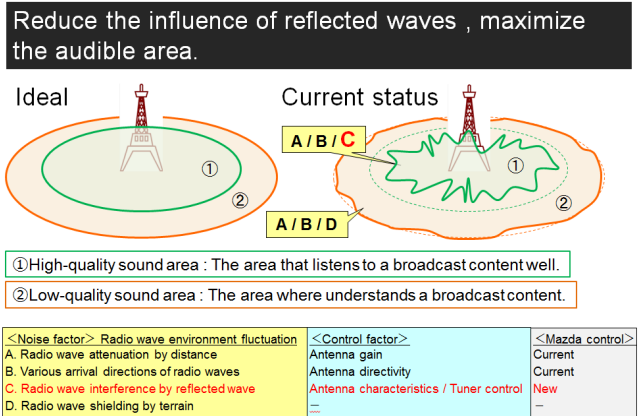


Fig. 2 Ideal Reception System

～Minimum constitution of rear glass antenna system～

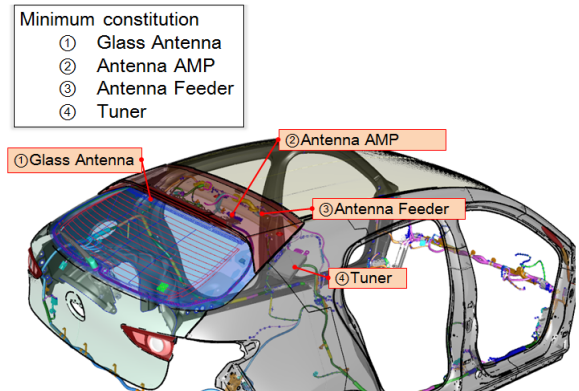


Fig. 3 Constitution of Rear Glass Antenna

2.2 FMフェーズダイバーシティー受信技術の採用

FMラジオの移動体受信においては、地形や建物で発生する反射波による電波干渉、いわゆるマルチパスフェージングの影響を受け、音声にノイズが発生する場合がある。従来はノイズ感を抑えるために耳障りなノイズ成分が多く含まれる音響特性の高域のレベルを下げ、ノイズ感の抑制を行っていたが、音質劣化の弊害もあった。一方、近年のデジタル技術の進展により、複数のアンテナによる受信電波を位相調整/合成することで、反射波の影響を打ち消し、音質劣化を招くことなくノイズを排除でき

る新しいダイバーシティー受信技術（フェーズダイバーシティー）のカーラジオへの実装が進んでいる。

新世代商品では、本技術を実装したラジオを採用するとともに、アンテナ素子の最適設計により、ノイズなく良い音で聞こえるエリアを最大化することをねらいとした。

3. 技術上の課題と解決への取り組み

リアガラスアンテナは、視界確保用のデフォグラーの上方スペースに線状素子をプリントし、アンテナとして利用している。ハッチバック系車種はガラスの傾きが小さく、ガラス自体の面積も小さいため、セダン系車種に比べアンテナを構成するスペースが狭小となる。このスペースにAM/FMラジオ用アンテナ、デジタルラジオ（海外）、地上デジタルテレビ（国内）等の数多くのアンテナ素子を所望の性能を確保しつついかに配置するかが課題となる。一方で、ハッチバック系車種においては、アンテナ素子近傍にノイズ源となるハーネスやハイマウントストップランプ等が近接配置されるため、対策が必要となる。

ここでは、これらの課題を解決するための技術のポイントについて紹介する。

3.1 アンテナ素子設計技術の確立

(1) AM受信性能確保のための要件抽出

AM性能補償用のAMチョークコイルを追加することなく実用的なAM受信性能を確保するためには、アンテナ素子を配置するスペースの確保が重要となる。そこで、最初にこの要件を見極めるための実験検証を実施した。その結果、ボディーフランジとデフォグラーの最上段の線の間隔を一定以上離せば、AM性能の確保が可能であることを見出した。本要件は、車の外観や後方視界等の要件にも影響するため、車両開発の早い段階から関連部門と調整し、必要なスペースの確保に繋げた。

(2) CAE解析によるアンテナ素子設計

アンテナ素子を設計するには、前述の配置スペースの他に、ボディー形状、ガラス形状、デフォグラー形状、給電部位置、他アンテナ素子との位置関係等、数多くの制御因子が存在する。従来は、実車を用いたチューニング設計が主体であり、試作車レス化や開発の短期化等が課題となっていた。課題解決のため、CAEによる性能予測と実車による測定との比較検証を積み重ね、モデルの規模や詳細に再現すべき部位の明確化を実施した。その結果、実用的な計算時間で精度の高い（実測値との乖離が帯域平均利得で2dB以内）予測結果が得られる条件を導き出し、アンテナ素子形状の最適化検討に活用した（Fig. 4, Fig. 5）。

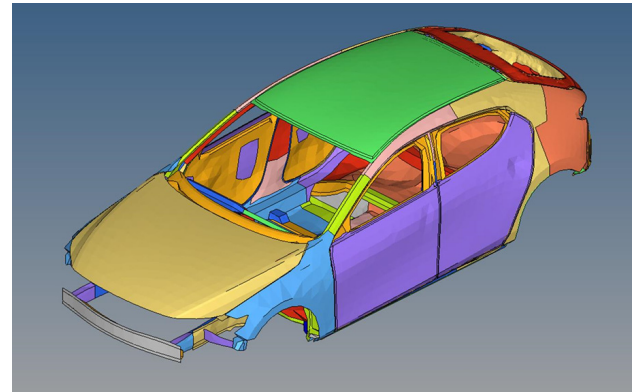
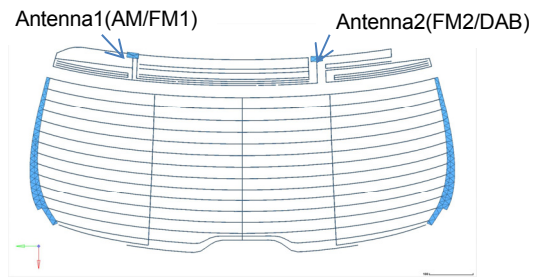


Fig. 4 CAE Model (Rear Glass, Body Shell)

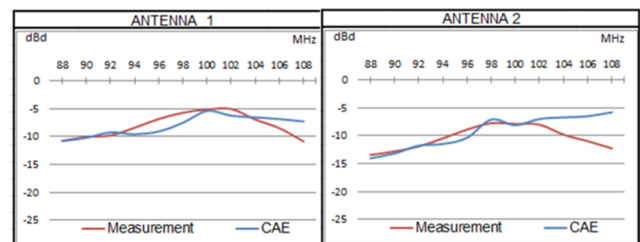


Fig. 5 Measurement vs. CAE (FM Band)

(3) 複数アンテナの最適配置

1) FMフェーズダイバーシティー受信への対応

フェーズダイバーシティー受信は、2つのアンテナの受信信号の片方の信号の位相と振幅を制御して足し合わせることで、一方の信号に含まれる反射波成分を打ち消す仕組みであり、有効に機能させるためには、それぞれのアンテナの受信状態の相関を小さくする必要があります。複数のアンテナの受信状態の相関を定量評価するには、市場と同じ多重波環境が必要であり、現状では実走評価に頼らざるを得ないが、アンテナチューニングのたびに実走評価することは現実的ではない。このため、電波暗室内で評価可能な代用特性への置き換えを実施した。具体的には、アンテナ利得計測を行う際に測定可能なパラメーターである位相に着目し、二方向から到来する電波に対する位相差をダイバーシティー受信に使用する2つのアンテナ間で比較し、その値（位相差の差 = $\Delta \theta$ ）が大きいほど2つのアンテナの受信状態の相関が低いとの仮説をたて、実車検

証結果と比較することで、「 $\Delta \theta$ 5度以下の発生頻度」を評価指標として運用することとした。この値と従来からの指標であるアンテナ利得を評価しながら作りこみを行った。

2) 複数メディア用アンテナの兼用化技術の開発

部品点数を極力抑えるため、また限られたスペースにより多くのメディア用のアンテナを構成するため、複数のメディア用アンテナの統合化を図った。具体的には、FMラジオとDABラジオの2つの異なる周波数帯の電波を、1つの給電端子で広い周波数帯域をカバーするアンテナ素子を構築する技術を開発した。

3.2 ガラスアンテナ周辺の耐ノイズ性能確立

(1) ワイヤハーネスの経路規制

車載電装品から発生する不要輻射ノイズはラジオアンテナ、またはアンテナフィーダー経由でラジオに混入し、受信性能を劣化させる。不要輻射ノイズを低減するためには車載電装品からのノイズの輻射やワイヤハーネスへの伝導を抑制することが主な対策手法となるが、ラジオアンテナ素子やアンテナフィーダーとの距離を離すことも重要である。そこで車室内ワイヤハーネスのレイアウト段階である開発初期において、大電流、高電圧を要する補機や過去にラジオノイズ問題となった補機類の関連ワイヤハーネスの経路を抽出し、アンテナ及びアンテナフィーダーが車室内で最大限に離れるように調整を行った。

(2) ガラスアンテナ周辺の耐ノイズ性能確立

ガラスアンテナ周辺は、ワイヤハーネスがレイアウトされているため、車載電装品から発生する不要輻射ノイズを回避することが困難なエリアである。そこで下記の5つの施策を行うことにより、ラジオシステムのノイズ耐性を向上させた。

- 1) デフォグ用ワイヤハーネスへのノイズフィルター設定 (AMノイズ対策用コンデンサー, FMノイズ対策用コイル)
- 2) ハッチゲート貫通グロメット部におけるアンテナフィーダーとワイヤハーネスの分離配策
- 3) リアワイパーモーターへのノイズフィルター設定
- 4) ハイマウントストップランプ回路へのノイズフィルター設定 (AMノイズ対策用コンデンサー) とGND位置の指定
- 5) ハイマウントストップランプ (以降, HMSLと略称) とアンテナ間の隔離要件確立

5)については模擬的な車両試験によりFig. 7のHMSL回路とアンテナ素子間の距離に対する性能劣化量の関係を求め、Fig. 6の検証結果から、隔離要件となる距離を30mm以上確保した。

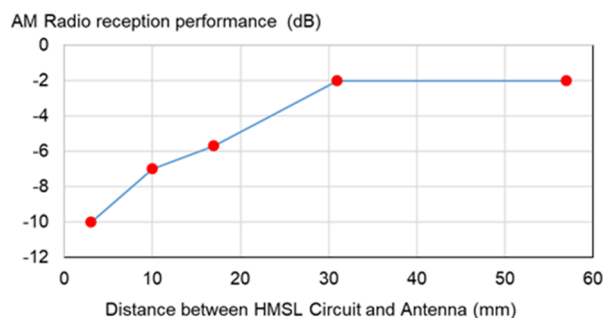


Fig. 6 AM Radio C/N vs. Distance between HMSL

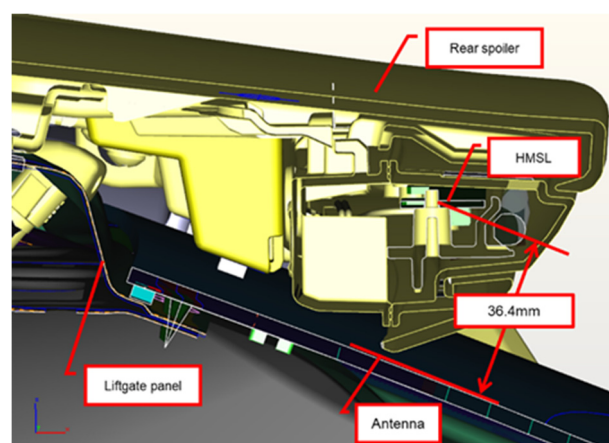


Fig. 7 Distance between HMSL Circuit and Antenna

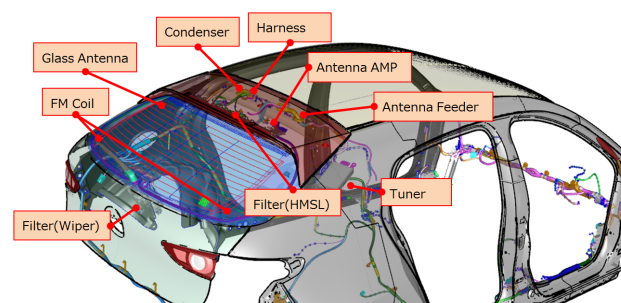


Fig. 8 Constitution of New Generation Rear Glass Antenna System

3.3 システム構成例

上述の検討結果、課題であったAM性能補償用のチョークコイルを用いずに、新世代リアガラスアンテナシステムを構築することができた (Fig. 8)。

AM/FMラジオ用アンテナ, デジタルラジオ (海外), 地上デジタルテレビ (国内), FMダイバーシティー受信への対応し, ガラス上にFMラジオ用アンテナを2つ, AM用アンテナ, デジタルラジオアンテナ (海外), 地上デジタルテレビアンテナ (国内) をガラス上へ形成し, デフォグ端子にFMコイル機能を付加, ノイズ対策用コンデンサーのリアヘッダー搭載, ワイパーユニット内部へノイズフィルターの追加, ワイヤハーネス/

フィーダー線の別経路配策，チューナーのCピラー部へ搭載，前述の車両構造要件の反映（デフォッガー線，HMSL）を行っている。

3.4 受信性能評価

前述の技術進化を織り込んだ新世代リアガラスアンテナシステムを，新型Mazda3に搭載した。その際、開発当初の”あるべき姿”である，高音質な聴取エリアを最大化するため、リアガラスアンテナ以外の受信システムの構成要素についても入念にチューニングした。具体的には下記2点に注力した。

1) アンテナアンプのパラメーター決定

北米の電波環境において複数のアンテナアンプ仕様を試し，AGC量/利得量などの最適値を選定した。

2) フェーズダイバー制御仕様の決定

高音質な聴取エリアの最大化をねらい，以下の方針でチューニングを行った。

- ・音響特性；フラットな周波数特性，かつノイズ処理による音質劣化を極力回避
- ・ダイバーシティ処理；弱電界までフェーズダイバー動作を継続

ベンチテストや市場でのさまざまな電波環境での走行評価を通じて，上記パラメーターや仕様を最適化した後，お客様視点の最終確認の位置づけとして，北米の開発拠点であるMazda North American Operations (MNAO)からカリフォルニア州を南方に縦断する長距離実走評価を行い，Fig. 9のとおり，高音質/良音質で聴けるエリアを現世代比で約2倍に拡大することができた。

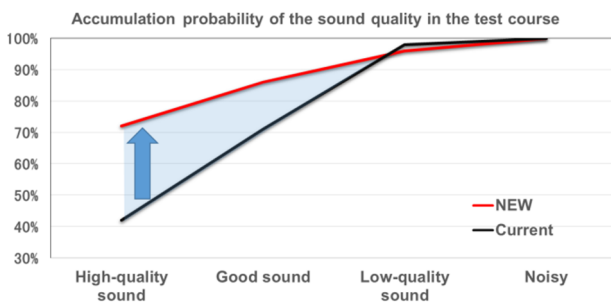


Fig. 9 Listening Area
(New Generation vs. Current Generation)

4. おわりに

今回は，理想の受信システムについてゼロベースで検討をすることにより，コスト/重量の増加を最小限に，受信性能と美しいプロポーションの車両デザインとの両立を実現し，お客様価値を最大化することができた。これからもコネクテッドカー・自動運転・電動化等の技術進化に対応していく中で，通信性能とデザイン性の優れ

た車を開発するために，アンテナシステム開発技術を磨き，お客様の期待を超える車づくりを実現していく。

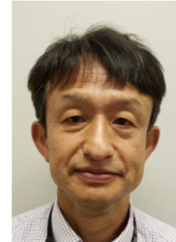
参考文献

- (1) 重田ほか：新型AM/FMラジオ用ガラスアンテナの開発，[マツダ技報, No.27, pp.114-118\(2009\)](#)

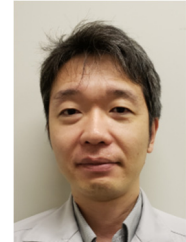
■ 著 者 ■



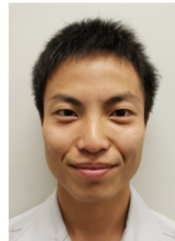
志村 俊幸



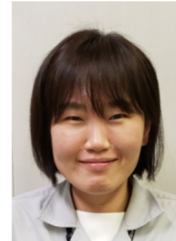
重田 一生



長嶺 晋路



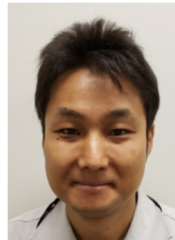
森 大輝



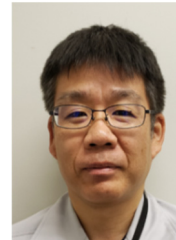
田中 真帆



島谷 信行



沼元 正樹



三宅 弘一