

論文・解説

16

樹脂リフトゲート内蔵複合アンテナの開発 Development of Integrated Antenna in Resin Liftgate-module

重田 一生^{*1} 谷口 龍昭^{*2} 藤原 明広^{*3}
Kazuo Shigeta Tatsuaki Taniguchi Akihiro Fujihara
長 嶺 晋路^{*4} 諸 橋 敏 将^{*5}
Shinji Nagamine Toshiyuki Morohashi

要 約

新型プレマシーは、樹脂リフトゲートを新しく採用した。そのため、テレビやFM-VICS用アンテナとして、金属製窓枠をアンテナアースとして用いるガラスアンテナが採用できなくなり、新しいアンテナの開発が必要となった。そこで、電波を透過させるという樹脂の特徴に着目し、接地型アンテナと非接地型アンテナを組み合わせた新しいアンテナ構造を考案して樹脂リフトゲートに内蔵することにより、従来のガラスアンテナと同等以上の性能を有するアンテナを実現した。このアンテナは、テレビ用三本、FM-VICS用一本の合計四本のアンテナを複合したアンプを用いない高性能なアンテナである。

本稿では、本アンテナの技術的内容と新型プレマシーでの適用事例について報告する。

Summary

Conventionally, glass built-in TV/FM-VICS antennas were grounded to metal Liftgate-panels. However, new Premacy employed newly developed Liftgate-module made of resin, and we needed to develop new antennas. We developed new antennas combining conventional grounded-type antennas and non-grounded antennas laying eyes on the resin's characteristics of being able to penetrate radio wave. The new antenna is capable enough to cover the role of three TV antennas and a FM-VICS antenna and showed better-than-the-same performance in comparison with conventional glass antennas without using an amplifier.

This paper reports the technologies of this new antenna and its application into new Premacy.

1. はじめに

車載用ナビゲーションやテレビが普及している。これらの装備を実現するためには、VICS交通情報用のFM-VICSアンテナやテレビアンテナが複数必要である。車の外観デザインを損なうことなく、これらのアンテナを車に搭載する手法としては、ガラスアンテナが一般的である。

ガラスアンテナは、リヤ及びサイドの複数のガラス上にアンテナパターンを形成した上で、ガラス周囲の金属部分にアースを設置し、これらの間を同軸ケーブルで給電するものであるが、上記の装備を実現するには、テレビ用としてダイバーシティ機能を備えて三本、FM-VICS用に一本、合計で四本のアンテナが必要となる。リヤガラスの面積が

大きくガラス面の傾斜が緩やかなセダン系の車種ではリヤガラスのみでアンテナを形成している例が多いが、ミニバン系の車種はリヤガラスの傾斜がきつく面積が狭いことからリヤガラスとサイドクウォータガラス二枚、合計三枚のガラスを用いるのが一般的である (Fig.1)。

しかし、新型プレマシーはミニバン系の車種であるが、サイドクウォータガラスの面積が狭いデザインになっている。加えて、リフトゲートの素材として従来の金属ではなく樹脂を採用している。この二点が通常のアンテナ開発と異なるために、従来のガラスアンテナの開発手法をそのまま適用できないという状況にあった。一方、樹脂には電波を透過する性質がある。我々は、この点に着目し、樹脂製リフトゲートの内部空間にアンテナパターンを設け、従来

*1~4 電子開発部 Electrical & Electronics Development Dept.

*5 原田工業(株) Harada Industry Co.,Ltd

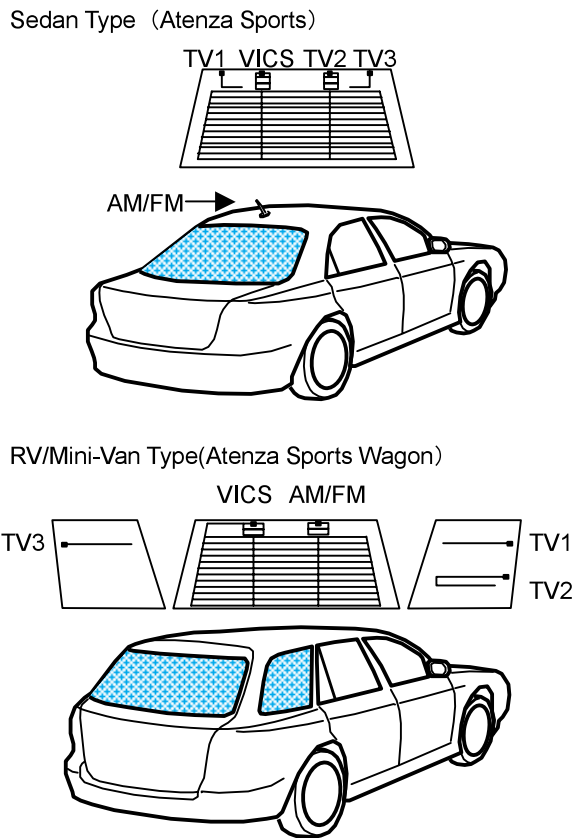


Fig.1 Window Glass Antenna

三枚のガラスを用いていたアンテナシステムを一つの部品に集約し、かつガラスアンテナと同等の性能を持つ新しいアンテナシステムを実現することを発想した。

以上の観点から開発を進め、リフトゲート上部の内部空間に内蔵するプリント基板を用いた新しいアンテナの開発に成功し、受信性能、見栄え、コストを高い次元でバランスさせたアンテナシステムを新型プレマシーに搭載することができた。本論文では、今回開発に成功したアンテナシステムを開発した背景、課題、仕様の具体化、および開発結果について報告する。

2. 問題点と開発の方向性

新型プレマシーでは、樹脂リフトゲートを採用している。これは、軽量化および機能統合によるコストメリットの創出を狙ったものである。従来のガラスアンテナの場合はガラス近傍の金属部にアースを設置している。しかし、樹脂リフトゲートの場合には、ガラス近傍に金属部がないため、アースはリフトゲート部ではなく金属製のボデー本体に取らざるを得ず、アンテナフィーダ用同軸ケーブルの内部導体とアンテナパターンとを繋ぐ線（ホット線）にある程度の長さが要求される。一般的にホット線の線長は短い方が

性能面で有利であるが、今回の場合、ケーブル配策用のグロメットを経由してボデー本体にアースを取ると、ホット線の長さが400mm程度必要となり、これでは、VHF-HIGH帯（170-220MHz）やUHF帯（470-770MHz）などの高い周波数での性能確保が困難であるという問題がある。一方、サイドのクォータガラスは従来に比べて面積が小さいものが採用され、これをガラスアンテナとして活用すると、FM帯（76-90MHz）やVHF-LOW帯（90-108MHz）等低い周波数での性能確保が困難であるという問題もある。

しかし一方で、樹脂が電波を良く通す性質を持つことがアンテナ開発にとってメリットになる可能性もある。Fig.2は樹脂の受信特性への影響を調べた結果であり、FM帯用L型モノポールアンテナをリフトゲート試作品の上部インナパネル上に配置し、それを樹脂アウトパネル（塗装済み、アンテナ素子との最短距離は約5mm）で覆った場合と取り去った場合との受信性能の差を示している。樹脂パネルで覆うとこれが誘電体として働くため波長短縮効果が生じ周波数特性が若干低い方にシフトするが、受信性能の劣化は少ないといえる。従って、この波長短縮効果を考慮にいた上で設計することにより、樹脂リフトゲートの内部空間にアンテナを隠すことは可能であると考えられる。また、アンテナを隠すことができれば、ガラスアンテナの設計に比べて、アンテナパターンの設計自由度を確保することもできる。従来のガラスアンテナではガラス面上の給電端子を見栄えの観点からガラス上端に設けるといった制約があった。しかしアンテナを内蔵できれば、その制約を取り除き、給電端子をアンテナ部品の端だけでなく、部品内部にも設定することが可能になる。

更に、従来、リヤとサイドの複数のガラスを用いて実現していた四本のアンテナをこの内蔵アンテナ一つに統合できる可能性も出てくる。

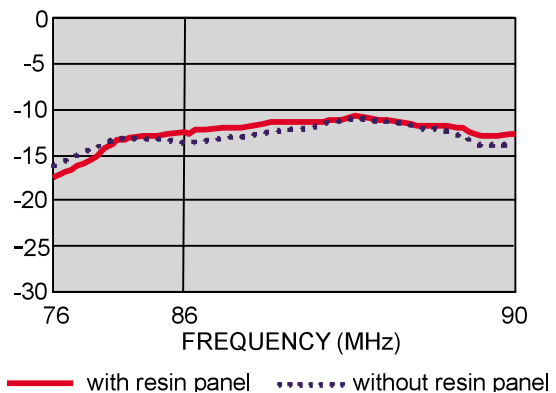


Fig.2 Effect of Resin Panel on Antenna Performance

以上の観点から、我々は、従来と同等の性能を有する樹脂リフトゲート内蔵の複合アンテナの実現に向けて開発を進めた。具体的には、アースポイントをボデー本体に設置することを前提に、リフトゲート上部の横520×縦120×高さ10(mm)の空間内にアンテナ本体をレイアウトすることを想定した。その搭載イメージをFig.3に示す。これは、以下の点を考慮した結果である。①一般的にアンテナは高い位置にレイアウトすることが性能上有利であるが、金属製ルーフのアンテナ特性への寄与についても考慮し、ルーフと同等の高さとする。②テレビ放送波とFM放送波は日本ではおおむね水平偏波であり、アンテナ部品を水平方向に装着する。③ナビゲーション装備の有無を考慮し、FM-VICS / テレビ用アンテナを単独搭載できる構造とする。④他の樹脂リフトゲート採用車種への技術展開を考慮したコンパクトなサイズとする。

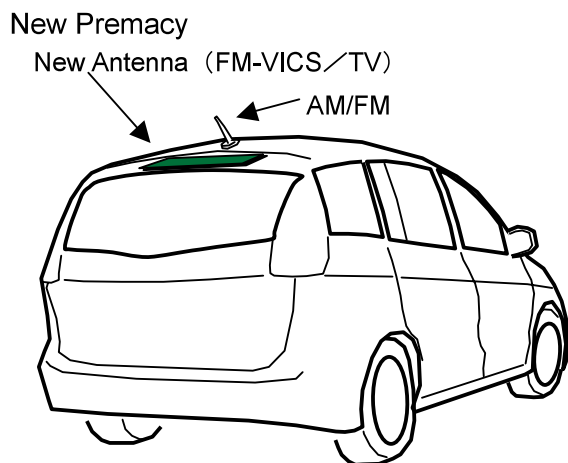


Fig.3 New Antenna Layout

3. 新アンテナの開発課題

樹脂リフトゲートにFM-VICS / テレビ用アンテナを設置する上での課題について以下に述べる。

(1) アースをアンテナ近傍に設定できないことによる課題

従来のラジオやテレビ用の車載アンテナはモノポールアンテナと呼ばれる接地型のアンテナである。これは、アンテナ素子近傍の車体金属部に給電用の同軸ケーブル外部導体を接地(アース)し、同軸ケーブルの内部導体とアンテナ素子とをホット線で結ぶ構造を持つ。ホット線の長さは、短い方が性能面で有利であり、通常、棒状アンテナで数mm、ガラスアンテナでも100mm未満である。もし、今回の樹脂製リフトゲートに内蔵する新開発アンテナを従来同様の接地型で作ると、アースをリフトゲート内ではなくボデー本体に設けることとなるため、ホット線はアンテナパターンからグロメット内を経由した400mm程度の長さが

必要になってしまい、性能面で不利な状況になる。更に、複数のアンテナのアースポイントを一つにまとめてしまうと、原理的に各々のアンテナの指向性(電波が到来する方向とアンテナ利得の関係)が同様なものになり、次に述べるダイバーシティ性能を引き出す上でも不利な状況になる。このため、アースの取り方とホット線長の影響を考慮して設計することが第一の課題になる。

(2) ダイバーシティ性能上の課題

移動する車において放送電波を安定受信するため、複数のアンテナの中から最良の受信状態のものを選択して使用するダイバーシティ受信システムが開発されている。車載テレビの場合、アンテナは三本以上からなり、加えてダイバーシティ受信の効果を得るためにはアンテナ同士を空間的に離す、異なる指向性のアンテナを組み合わせる等の工夫が必要となる。そのため、従来のガラスアンテナでは、異なるガラスにアンテナを振り分ける方法や、同一ガラス面上で上下や左右にアンテナを分離して配置する方法を採用している。新開発アンテナは、従来複数のガラスを用いて実現していたものを前述の狭いスペース内に統合化しようとするもので、ダイバーシティ性能を最大限引き出すことが第二の課題になる。

(3) アンテナ間の干渉低減の課題

アンテナ同士を近接させると、互いの特性に影響を与え、単独の場合に比べて受信性能が悪化する場合がある。新開発アンテナにおいては従来に比べて狭いスペース内においても干渉を低減させなければならないという課題がある。

これらの課題は、互いに関連性を持っており、バランスの取れた性能を成立させることが最大の課題である。

4. 新アンテナの開発

4.1 基本方針

マツダでは従来からアンテナアンプを用いずにAM / FMラジオ用およびFM-VICS / テレビ用ガラスアンテナを開発、商品化している。これは、アンテナアンプを用いると部品点数が増加しコストアップにつながるだけでなく、強電界における混信等の弊害を抑えるための開発が必要となり短期開発に向かないためである。新アンテナの開発においても、これを踏襲し、アンテナアンプを用いないことを前提とした。

4.2 アンテナ構造の選定

アンテナの構造としては、①薄くフレキシブルなフィルム上にアンテナパターンを構成しリフトゲート内面に貼り付けるフィルムアンテナ、②金属板を型で抜いてできたアンテナをリフトゲート内部に固定する金属素子アンテナ、③プリント基板上の回路パターンでアンテナを構成し、リフトゲート内部に固定するプリント基板アンテナなどを検討した。各々のアンテナの特質をTable1に示す。フィルムタイプは後付けガラスアンテナとして実績はあるが、樹脂

Table1 Comparison of Antenna Type

Antenna type Evaluation items	Antenna type		
	①Film	②Die-cut metal element	③Circuit board
Heat resistance	○	○	○
Vibration resistance	△	○	○
Squeak and rattle	△	○	○
Development efficiency	○	△	○
Easiness of assembling	×	×	○
Easiness of integrating multiple antennas	○	×	○
Total evaluation	△	△	○

○ : very good △ : good × : bad

パネルとの相性を考慮すると、振動に因る剥がれや異音が懸念される。型物金属素子は形状変更がしにくく、また、他に比べて部品点数が増えることから、組み付けに手間がかかり、複合化も困難である。

以上の検討結果を基にアンテナの試作に要する時間が短いために開発効率が良く、組み付け作業に時間がかからず、複合化も容易なプリント基板タイプを用いることとした。

4.3 アンテナ毎の受信帯域の分担

FM-VICS / テレビは、76 ~ 770MHzの極めて広い周波数帯域を使用している。一つのアンテナでこの帯域全てをカバーすることは困難で、通常ガラスアンテナを設計する際は、四本のアンテナで受信帯域を分担させている。新開発アンテナもこの考えを踏襲し、VICS用FM帯を主に担当するVICSアンテナ、VHF-LOW帯とVHF-HIGH帯を主に担当するTV1アンテナ、VHF-HIGH帯とUHF帯を主に担当するTV2アンテナ、UHF帯を担当するTV3アンテナとした。その分担イメージをTable2に示す。

4.4 接地方式と基本仕様

前述した通り、従来のガラスアンテナはモノポールアンテナと呼ばれる接地型のアンテナで、そのホット線は通常100mm未満である。FM-VICS / テレビの帯域におけるホット線長と受信性能の関係をTable3に示す。この図が示す通り、低い周波数 (FMおよびVHF-LOW) ではホット線長の影響は少ないが、高い周波数 (VHF-HIGHおよびUHF) では線長の影響を如実に受ける傾向にある。接地型のアンテナに対して、ダイポールアンテナのように車体アースを必要としない非接地型アンテナがある。これは一般に家庭用テレビなどのアンテナに用いられている方式である。こ

Table2 Each Antenna's Reception Frequency Band

Antenna	Frequency band			
	FM	VHF-LOW	VHF-HIGH	UHF
VICS	■			
TV1		■	■	
TV2			■	■
TV3				■

Table3 Relation between Length of Hot Line and Frequency Band on Monopole Antenna

Length of Hot line (mm)	Frequency band			
	FM	VHF-LOW	VHF-HIGH	UHF
Approx. 100mm	○	○	× ~ △	× ~ △
Approx. 400mm	○	△	×	×
Approx. 800mm	○	△ ~ ×	×	×

○ : very good △ : good × : bad

Grounded Antenna (Monopole Antenna)

Non-grounded Antenna (Dipole Antenna)

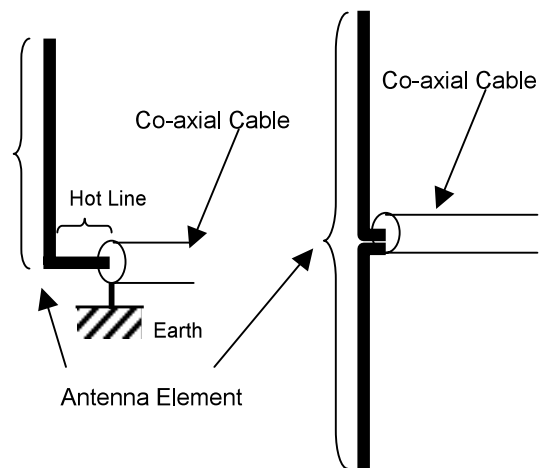


Fig.4 Monopole Antenna and Dipole Antenna

の方式の特徴は、アンテナと受信機を結ぶケーブルレイアウトに制約が少ないことである。一方、接地型に比べてアンテナ素子長が二倍必要であり、車載用のFM-VICS / テレビ用ガラスアンテナとしては一般的ではない (Fig.4)。

我々は、新アンテナの開発において、上記の二つの方式の特徴に着目し、低い周波数 (FMおよびVHF-LOW) を接地型、高い周波数 (VHF-HIGHおよびUHF) を非接地型とし、接地型と非接地型を一つのアンテナの中に混在させることを考えた。そして、四本のアンテナの基本仕様を以下の通りとした。

- ① VICS : 接地型でアンテナ長800mm程度
 - ② TV1 : 接地型でアンテナ長600mm程度
 - ③ TV2 : 非接地型でアンテナ長700mm程度
 - ④ TV3 : 非接地型でアンテナ長300mm程度
- (①②のパターン長はホット線長を含む)

4.5 アンテナパターンの基本レイアウト

限られた狭いスペースの中で個々のアンテナの基本性能を確保した上で、ダイバーシティアンテナとして十分に機能させるため、同じ周波数帯を受け持つアンテナ同士を可能な限り離す / 異なる指向性を持たせることを考え、アンテナパターンの基本レイアウトを以下のように決定した。

まずホット線長の制約を受けるTV1を基板中央に直線的に配置し、ホット線との接続点をグロメット側に設けた。次に、TV2の給電部をTV1の対極に設け、次にTV3の給電部をTV1側に設けた。VICSは他のアンテナとの干渉を考慮し、基板中央に間隔をおいて設定し、TV1と同様にホット線との接続点をグロメット側に設けた。

以上を基に設計した基本パターンをFig.5に示す。

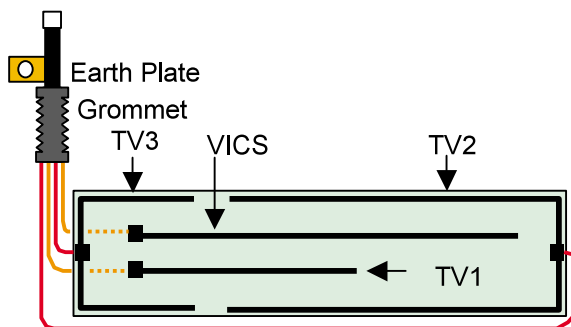


Fig.5 Basic Antenna Pattern

5. 開発結果

5.1 開発した新アンテナの概要

上記のアンテナパターンを基本として、新型プレマシー向けに専用設計を行い完成したアンテナをFig.6に示す。基本パターンと比較して大きな変更点は、TV1および

VICSをボデーから離す方向で移動させた点で、特にTV1は基板端まで移動させている。これは、基本パターンのままではボデーからの影響を大きく受け、十分な特性が得られなかったためである。また、性能面以外では、基板の取り付け方法について配慮し、あらかじめ樹脂パネル (インナパネル) 成形時に設けられた十ヶ所のリブを使用した溶着固定を採用するなど、樹脂パネルの特徴を活用し、部品点数を削減することができた (Fig.7)。

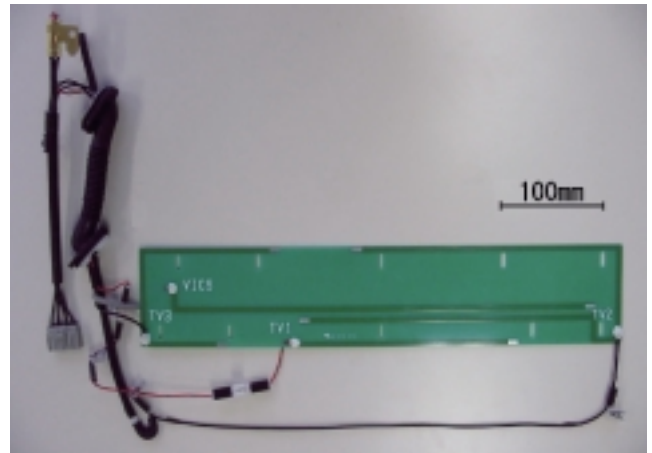
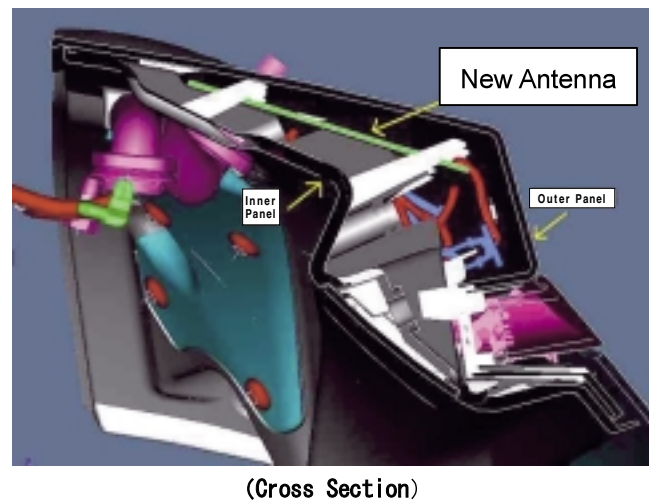
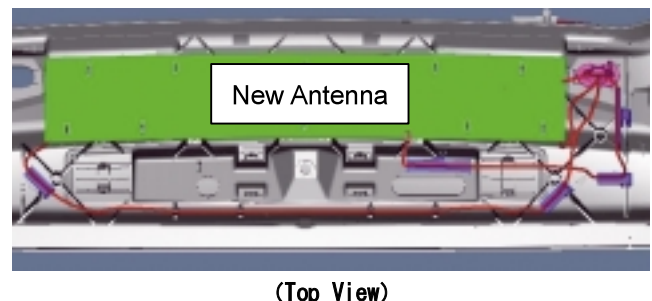


Fig.6 New Antenna



(Cross Section)



(Top View)

Fig.7 Structure of NEW Antenna Integrated in Resin Lift-Gate

5.2 新開発アンテナの性能

次に新開発アンテナの受信性能について述べる。

まず、Fig.8にFM-VICSおよびテレビの各周波数帯における各アンテナの指向性の一例（車両を中心に水平面内各方向から到来する電波に対する受信感度）を示す。テレビの周波数帯の中でVHF-LOW帯においてはTV1の感度が最も良く、無指向性に近い特性が得られている。VHF-HIGH帯とUHF帯においては、各テレビアンテナが指向性を補完しており、指向性ダイバーシティ機能を発揮することで無指向性に近い特性が得られている。

次にFig.9にアンテナ利得の周波数特性を示す。値は周波数毎に水平面内360度方向全ての利得の平均値をダイバーシティ処理後（ダイバーシティ処理：DIV）を併記している。グラフに示すように、FM-VICS、テレビとも全帯域においてダイバーシティ処理後の利得が-20dBd以上を確保しており、良好な受信性能が確保できているといえる。更に、車両に搭載したテレビと組み合わせた総合的な性能評価においても、従来のガラスアンテナを用いた受信システムと同等またはそれ以上の性能を有することを確認している。

以上の結果より、当初の狙い通り新開発アンテナはアンテナアンプを用いずにガラスアンテナと同等以上の受信性能を実現できているといえる。

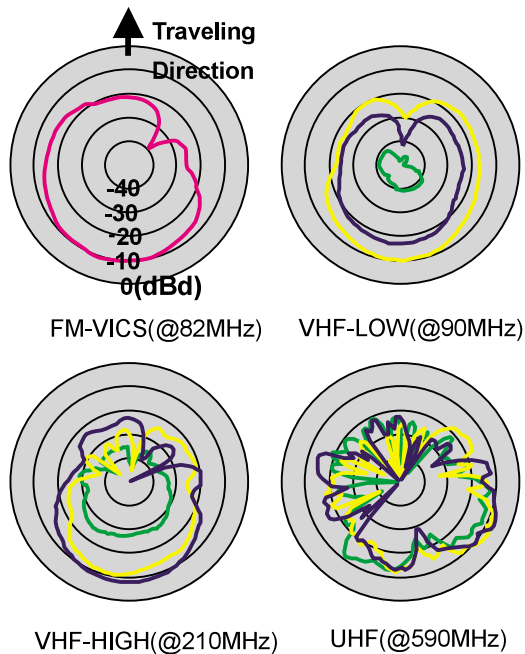


Fig.8 Directional Pattern

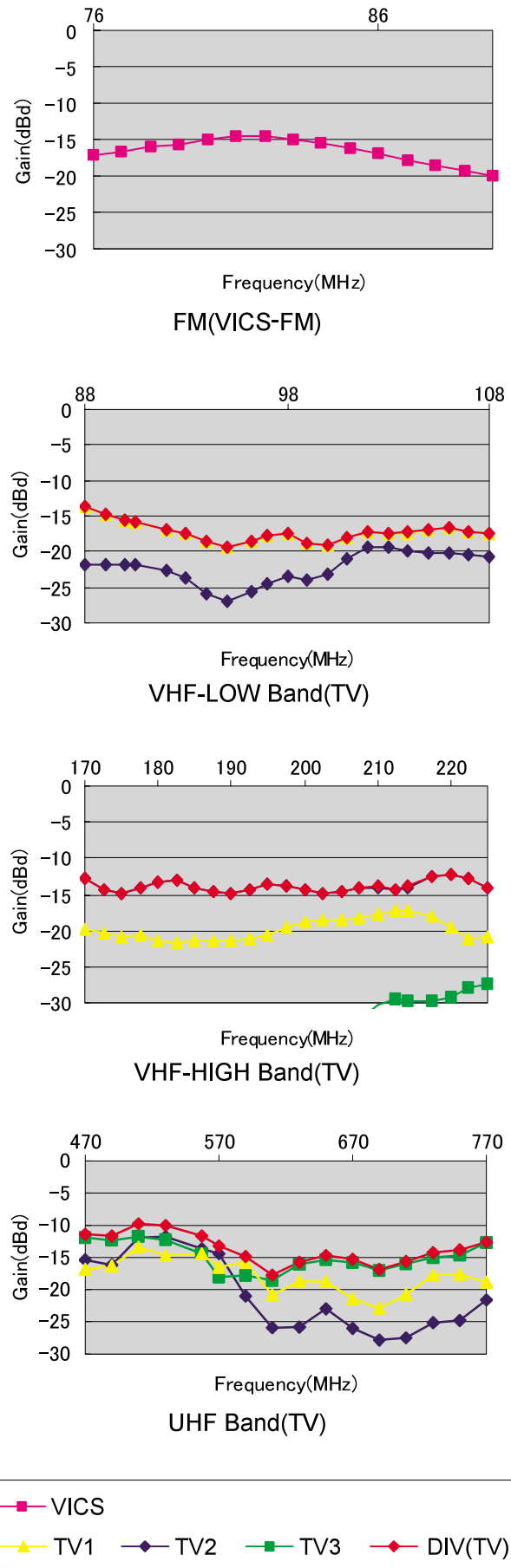


Fig.9 Reception Performance (Gain)

6. おわりに

高性能のアンテナを樹脂リフトゲート内に集約化できるFM-VICS / テレビ用アンテナを開発し、新型プレマシーに採用した。この開発を通じて、樹脂リフトゲート内蔵アンテナの技術の蓄積ができた。これにより他車種で採用する場合に短期間で効率的なアンテナ開発が可能になると考えている。現在、更にAM / FMラジオアンテナまで統合したアンテナシステムの開発にも取り組んでいるが、AM帯でのノイズを抑制するための技術のブレイクスルーが必要であると認識している。また、一方でGPSや衛星放送等天頂方向からの電波を受信するアンテナも内蔵が可能であり多くの更なるアンテナ集約化の可能性も秘めており、取り組みの幅を広げていきたいと考えている。

終わりに、本開発に尽力いただきましたダイキョウニシカワ(株)、原田工業(株)及び関係者の方に心より感謝いたします。

著者



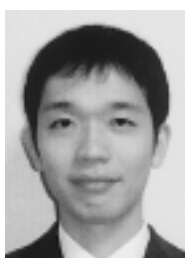
重田一生



谷口龍昭



藤原明広



長嶺晋路



諸橋敏将