

TV/GPS一体型フィルムアンテナの開発

Development of integrated TV/GPS film antenna

荻野和滋	Kazushige Ogino
梅澤義男	Yoshio Umezawa
長尾孝司	Koji Nagao
鶴田勝浩	Katsuhiro Tsuruta
敬島治	Osamu Keishima



要 旨

近年ナビゲーションシステムの普及により、TVやGPSなどの車載用アンテナが広く車輻に装着されるようになってきている。特に後付けのTVやGPSなどの車載用アンテナは、破損やいたずら、盗難などからの回避のほか、利便性も考慮して車室内に設置されることが多くなっている。

しかし、GPSアンテナは円偏波を受信する必要性から、立体構造のパッチアンテナを使用しているため、ダッシュボード上に設置した場合、見栄えを損なう等の問題が指摘されている。

これらの要求に応えるため、GPSアンテナをフィルム化し、更にTVアンテナと組み合わせることにより、取付けが簡単で、取付け後の見栄えの良さも確保できるTV/GPS一体型フィルムアンテナを開発した。

本稿では、GPSアンテナのフィルム上での実現方法と開発した製品の特長について紹介する。

Abstract

With the spread of car navigation systems over recent years, antennas, such as for TV and GPS, are now more widely used in cars. For TVs and GPS installed at car dealers or car shops in particular, such antennas are often placed in the car interior to prevent accidental / malicious damage or theft, and for considerations of convenience.

Since the GPS antennas have to receive circularly polarized waves however, they take the form of patch antennas, which pose problems such as impaired aesthetic appearance when installed on the dashboard.

To resolve such issues we developed an integrated TV/GPS film antenna by creating a film antenna for GPS and combining it with a TV antenna. The resulting product is simple to install and gives good aesthetic appearance when installed.

This paper discusses the methods that were used to realize a GPS antenna on a film, and presents the features of the newly developed product.

1

はじめに

今回、テレビ放送受信アンテナ（以下、TVアンテナ）とGPS受信アンテナ（以下、GPSアンテナ）を同一フィルム上に一体化して構成したTV/GPS一体型フィルムアンテナを開発し、2004年7月発売の当社製カーナビに採用した。

(図-1)

本稿では、開発のカギとなったフィルムでのGPSアンテナの実現技術を円偏波の原理から解説するとともに、開発品の特長、今後の展開などについて述べる。

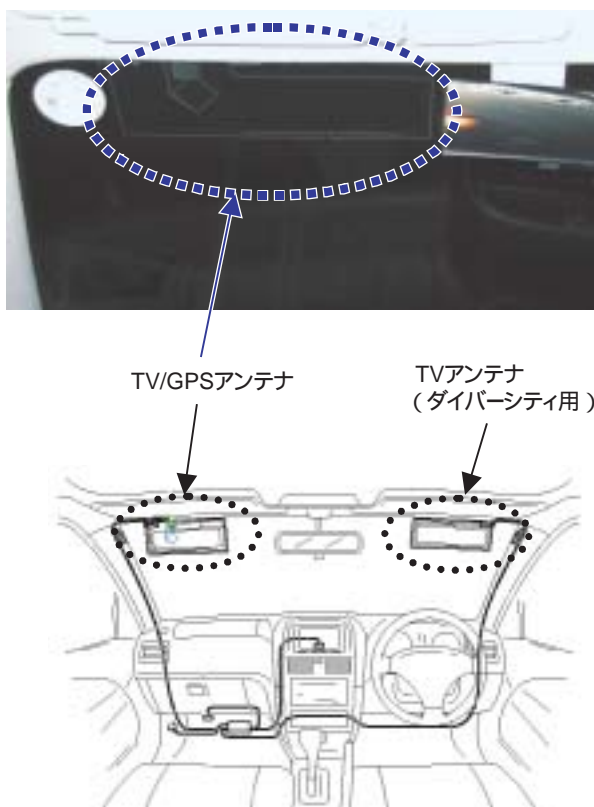


図-1 車に搭載したTV/GPS一体型フィルムアンテナ
Fig.1 Integrated TV/GPS film antenna installed in car

2

開発の背景

車載用TVアンテナ、GPSアンテナ等は、破損防止や車輻見栄えなどを考慮して、非突起化、複数アンテナの一体化による“目立たないアンテナ”への要求が高まっている。

TVアンテナについては既にフィルム化が進んでおり、当社でも1999年よりフロントガラスの車室内側に貼り付けるTVフィルムアンテナを製品化している。しかしカーナビゲーションに広く使用されているGPSアンテナは円偏波を受信する必要性から立体構造のパッチアンテナを使用しているため、ダッシュボード上に設置した場合、見栄えを損なう等の問題が指摘されている。(図-2)

そこで当社では円偏波受信が可能なGPSフィルムアンテナを新たに開発し、TVフィルムアンテナと一体化させることにより“目立たないアンテナ”の実現を目指すこととした。



図-2 従来のカーナビ用GPSアンテナ
Fig.2 GPS patch antenna for car navigation

3

円偏波アンテナの動作原理

3.1 円偏波とは

一般的に電波には直線偏波と円偏波がある。前者は時間経過により電界の方向が変化しないもの、後者は時間経過とともに電界の方向が回転するものを言う。回転の方向により右旋円偏波、左旋円偏波がある。

通信、放送の各用途で使用される偏波の例を表-1に示す。一般的に移動体向けの衛星波は、移動体が任意の方向を向いても受信可能となるよう円偏波が採用されている。

表-1 各用途で使用される偏波の例
Table 1 Polarized waves and their applications

偏波(電波の電界成分の方向)		メディア例
直線偏波	水平偏波	FM TV放送
	垂直偏波	携帯電話
円偏波	右旋円偏波	GPS BS放送
	左旋円偏波	モバイル放送

3.2 円偏波の受信要件

円偏波電波の伝播モデルを図-3に示す。電波の進行方向の軸に対し時間経過とともに電界の向きが回転していることがわかる。

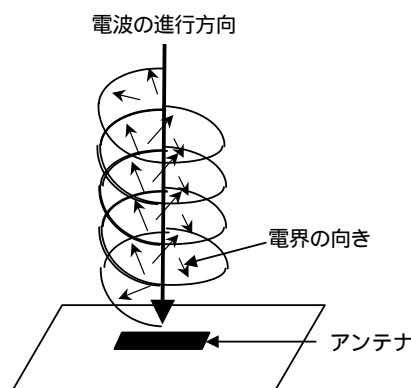


図-3 円偏波のイメージ
Fig.3 Example of circularly polarized wave

一般的に、アンテナが電波を受信する場合、到来電波の電界方向と同じ方向の電流がアンテナ上に流れることが必要である。つまりアンテナが円偏波を受信するためには、アンテナ上に流れる電流が時間の経過とともに回転することが必要である。また、アンテナ上を流れる電流が回転するためには、直交する方向に90°の位相差をもった電流が流れれば良い。(図-4)

従って、90°の位相差をもった直交する電流をアンテナ上に流すことができれば円偏波を受信できることになる。

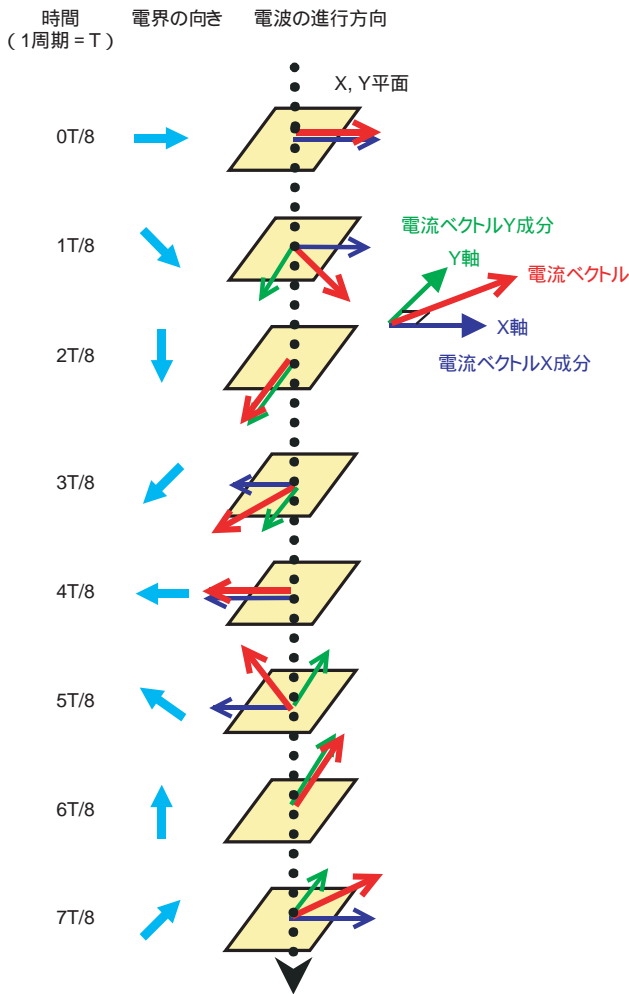


図-4 円偏波の動作原理

Fig.4 Motion principles of circularly polarized waves

4

開発品の実現方策

4.1 従来技術の問題点

図-5に従来技術によるクロスダイポール方式の円偏波フィルムアンテナを示す。クロスダイポール方式の円偏波フィルムアンテナは、直線偏波を受信するダイポールアンテナを直交するように配置しそれぞれで受信した直線偏波成分の信号の一方を移相器で90°シフトさせるアンテナ方式

である。しかし、本方式ではクロスさせるための両面パターンフィルムが必要であり、またダイポールアンテナ給電のための平衡・不平衡変換回路、移相合成回路が必要となり、給電部の大型化、コストアップなどの問題点があった。

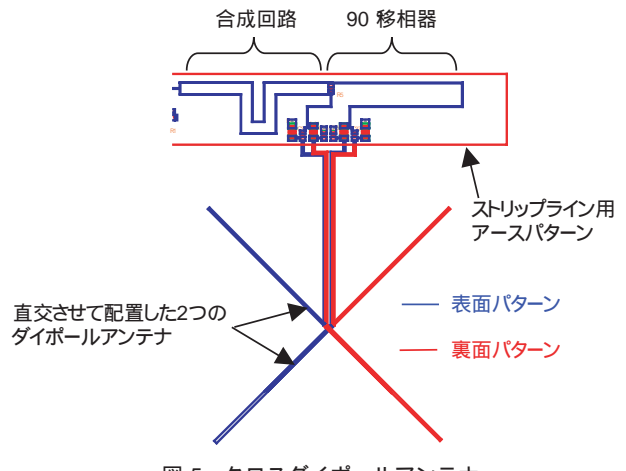


図-5 クロスダイポールアンテナ
Fig.5 Crossed dipole antenna

4.2 問題点に対する改善の考え方

前項で述べた問題点に対する改善の方策は、片面パターンで構成でき、かつ簡易な給電回路で円偏波アンテナを構成することである。本方策を実現するために、既存の直線偏波アンテナをベースとして円偏波化を目指した。図-6に示すモノポールアンテナは、エレメントの片側をアース(接地)給電する必要がありフィルムアンテナとして取付性が悪い。そこで今回ループアンテナをベースとして開発を進めた。

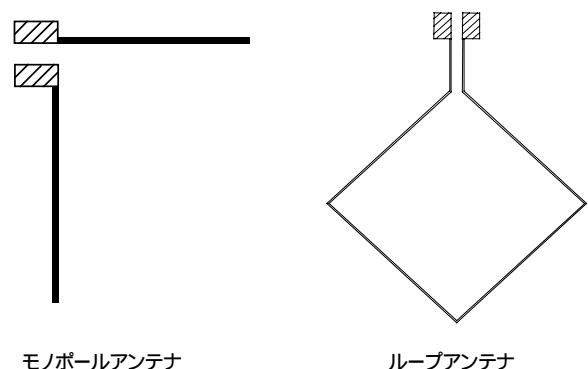


図-6 直線偏波アンテナ
Fig.6 Linear polarized antenna

4.3 実現化方策

1周の長さを受信周波数1波長の長さにした1波長ループアンテナは、水平方向に偏波を持つアンテナであり、アンテナ上に垂直方向に流れる電流は存在しない。3-2項で述べた通り、円偏波を受信させるためには水平方向に加え、さらに垂直方向にも90°位相がシフトした電流をアンテナ上に発生させる必要があるが、ループアンテナのみではそれら2方向の電流が発生しない。

そこで今回の開発では、垂直方向の電流を発生させるために、ループアンテナ以外に垂直方向の電流を発生させる素子を付加することを考案した。本素子をループアンテナに付加することで、水平・垂直方向の受信信号を合成し、2方向の電流を発生させることが実現できた。

今回開発したGPSフィルムアンテナを図-7に示す。ループアンテナ上に直接垂直方向の素子を付加した場合、ループ上を流れる電流が乱れるため、無給電素子をループに近接させる方法を採用し、その長さを垂直方向の偏波成分に効率的に共振するよう1/2波長に設定した。また、ループアンテナとの結合の最適化により、円偏波の度合いを示す交差偏波識別度（後述）は、ループアンテナと無給電素子の結合部の結合長、結合間隔を調整し最適化することで、90°の位相差をもたせることが実現できた。（特許出願中）

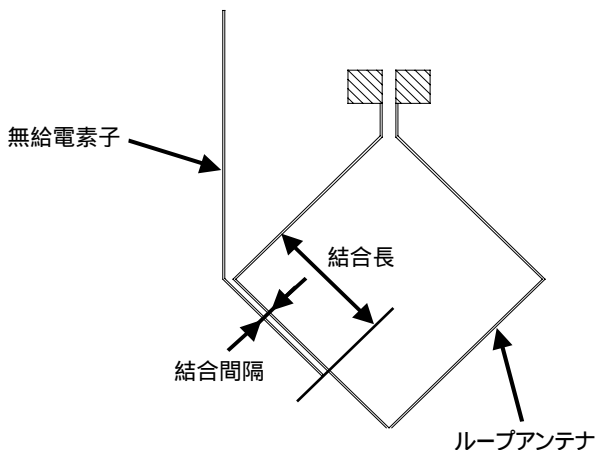


図-7 開発したGPSフィルムアンテナ
Fig.7 Developed GPS film antenna

4.4 シミュレーションによる検証

本方式において、アンテナ上に円偏波受信要件を満たす電流分布が発生していることをシミュレーションツールで確認した。（図-8）

アンテナ上に水平、垂直方向に電流が発生していること、それらの電流が90°の位相差をもって励振していること、さらにその結果合成された電流がアンテナ上で回転していること、つまり本方式のアンテナが円偏波アンテナであることが確認できた。

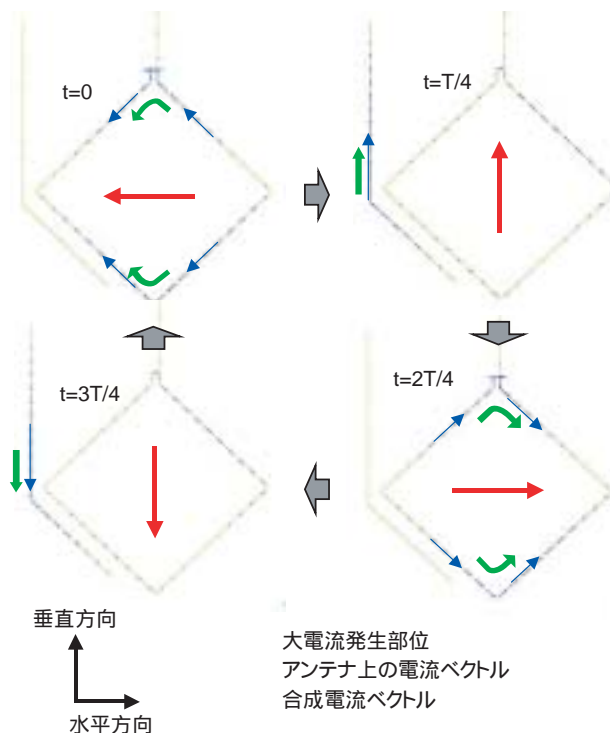


図-8 電流分布シミュレーション結果
Fig.8 Simulations of current distribution

5

開発品の構成

本開発品は、フィルム上に印刷されたアンテナエレメントと、エレメントに接続されるピックアップ部で構成されている。（図-9）

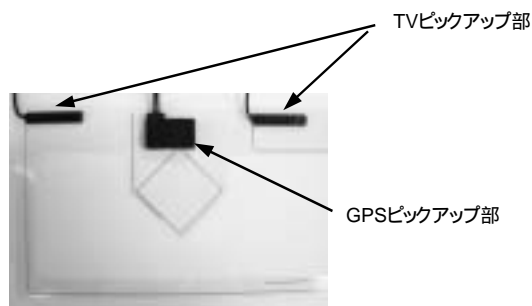
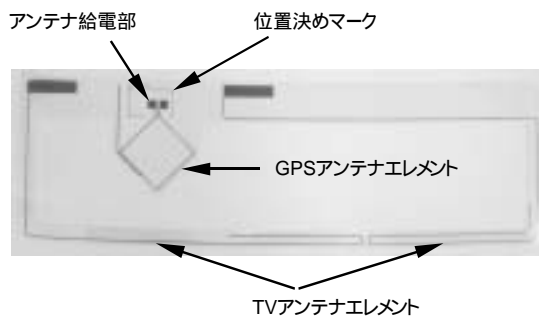


図-9 開発品の構成（フロントガラス左側部）
Fig.9 Product configuration (left side of windshield)

フィルムアンテナのサイズは、320mm×100mmで、アンテナエレメントは無色透明のPET(polyethylene terephthalate)フィルムに銀ペーストインクを印刷して形成している。GPSアンテナの場合、受信信号が非常に微弱であるためアンテナ直下にLNA(Low Noise Amplifier)を付加する必要がありGPSピックアップ部にLNAを内蔵している。(図-10)

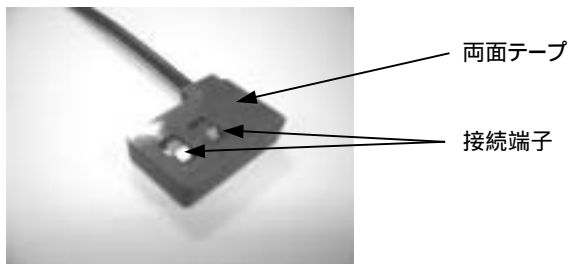


図-10 GPSピックアップ部
Fig.10 Pickup unit for GPS antenna

6

開発品の特長

アンテナエレメントの給電部とGPSピックアップ部の接続端子は両面テープで貼り付ける構造である。(図-10)

GPSピックアップ部の貼り付けには位置精度が必要なため、図-9に示す位置決めマークを設置することで、貼り付け位置精度、作業性の向上を図っている。また、位置決めマークはパターンと同じ銀ペーストインクを採用することで、低コスト化を図ると共に、導体である銀ペーストがGPSアンテナ近傍に配置されても受信性能に影響が生じないように、マークを破線で構成することでマーク部への不要な電流の励起を抑制している。

GPSピックアップ部の回路構成は、2段のGPS用低雑音増幅回路を採用することで、低雑音で高利得を実現している。増幅器の段間には小型で低損失の表面波フィルタを採用することで受信感度および妨害特性を改善している。また取付時の作業等による接続端子への静電気によるサージに対しても内部回路が破壊しないようにサージ吸収素子を搭載して対策を実施している。

今回開発したGPSフィルムアンテナと接続されるGPSピックアップ部は、外形26mm×16mm×6mm(突起部除く)、質量は約3g(ケーブルを除く)であり、従来のパッチアンテナに対し、容積比約1/4小型化、重量比約1/10軽量化を実現している(当社従来比)。

7

開発品の性能

7.1 GPSアンテナの性能

7.1.1 アンテナエレメント部の性能

一般的にアンテナエレメントの性能として、利得、指向性などが重視されるが、GPSアンテナの場合、円偏波受信アンテナであることから、交差偏波識別度も重要な性能の一つとなってくる。

従来品と開発品のアンテナエレメント部の性能比較を表-2に示す。また、指向性を図-11に示す。

表-2 開発品と従来品のアンテナエレメント部の性能
Table 2 Performance of antenna elements in new and current products

評価特性	目標値	実測値	
		開発品 (フィルムタイプ)	従来品 (パッチタイプ)
平均利得(dBi)	0以上	0.0	2.0
交差偏波識別度(dB平均)	13以上	16.1	16.9

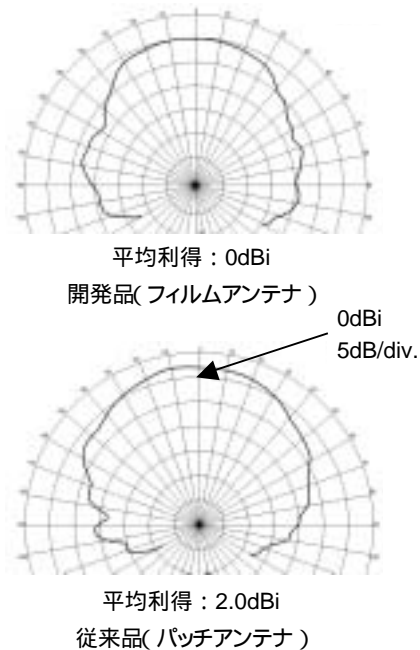


図-11 開発品と従来品の指向性
Fig.11 Directivity of new and current products

GPSアンテナにおける交差偏波識別度は、[右旋円偏波の利得 - 左旋円偏波の利得]で表され、数値が大きいほど右旋円偏波（GPS信号）の受信能力が高いアンテナとなる。指向性（利得）と交差偏波識別度の関係は図-12となる。

今回の開発品は、パッチアンテナに比較して若干利得が低い面もあるが、詳細は後述するように、ナビシステムとして、実使用上十分な特性となっている。

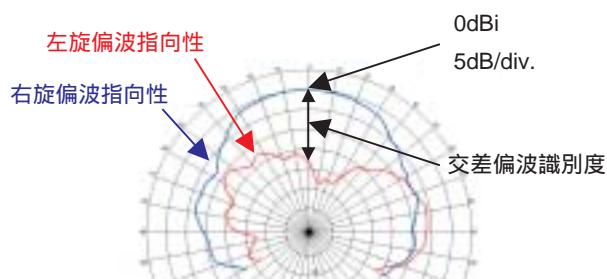


図-12 右左旋偏波指向性と交差偏波識別度

Fig.12 Right and left handed circularly polarized wave directivity and cross polarization discrimination

7.1.2 GPSとしての性能

今回開発したGPSアンテナ（フィルムアンテナ + LNA）をGPSレシーバと組合せた状態で、従来品（パッチアンテナ + LNA）と定点受信で測位性能を比較した結果を表-3に示す。

表-3 GPSとしての測位性能比較（定点評価）

Table 3 Comparison of positioning performances using GPS receiver (when vehicle is stationary)

	開発品 (フィルムアンテナ)	従来品 (パッチアンテナ)
受信S/N(dB/Hz)	38.5	40.6
捕捉衛星数(個)	4.8	5.3
測位率(%)	81.4	88.2
位置精度(m)	25.1	24.0

次にテストコースを走行し、ロケータとして見た場合の測位性能（測位軌跡の位置ズレ）を、比較した結果を図-13に示す。



測位軌跡



測位軌跡

図-13 GPSとしての測位性能比較（走行時）

Fig.13 Comparison of positioning performances using GPS receiver(during travel)

以上の結果より、アンテナ利得の違いにより、静止時には約1m、走行時には数mの測位誤差が発生するものの、高架下、ビル街など条件下でも安定に測位できており、ナビシステムの測位用としては十分使用可能であることが確認できた。

7.1.3 ナビシステムとしての性能

実際のナビユニットと組合せ、GPSの測位精度と時間が影響する次の条件下での比較を行った。

自転車位置測位復帰時間

【着眼点】 GPS未受信状態で車を移動し、GPS受信状態になってから、自転車位置復帰までの時間

【方法】 市街地駐車場を出庫後、自転車位置測位までに要する時間を測定する。

距離ズレ率

【着眼点】 推測航法のみで走行した場合の距離ズレ

【方法】 距離学習後、GPSアンテナ非接続で走行を行い、距離ズレ率を算出する。

総合精度

【着眼点】 実使用状態で、種々な条件のコースを走行し、位置ズレ性能を総合比較

【方法】 長距離走行時に、一定距離以上の位置ズレが発生した割合を算出する。

これらの条件下で、今回の開発品（フィルムアンテナ）と従来品（パッチアンテナ）を比較した結果を表-4に示す。

表-4 ナビシステムにおける測位性能比較

Table 4 Comparison of positioning performance using navigation systems

評価項目	評価コース	結果	
		開発品 (フィルムアンテナ)	従来品 (パッチアンテナ)
自車位置測位復帰時間	市街地	138s	136s
距離ズレ率	郊外	0.12%	0.12%
総合精度	市街地～山岳	0.025%	0.025%

これら結果より、今回開発したTV/GPS一体型フィルムアンテナは、ナビシステムとして従来のパッチアンテナと同等の性能が得られることが確認された。

7.2 TVアンテナとの干渉

今回、GPSアンテナエレメントとTVアンテナエレメントを同一フィルム上で形成しているため、パターン同士が近接することで、エレメント相互の干渉が懸念される。図-14に、TVアンテナエレメントの有り/無し時の、GPSアンテナエレメントの指向性（利得）特性を示す。

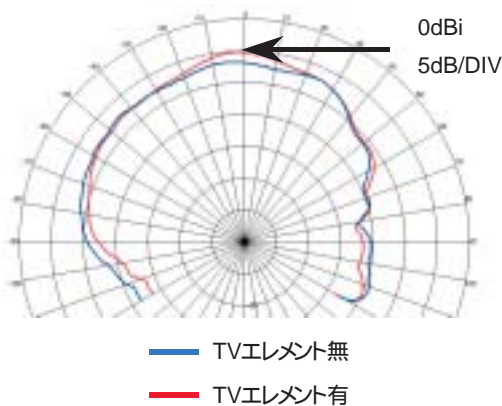


図-14 GPSアンテナエレメントの指向性（TVアンテナエレメント有り/無し時）
Fig.14 Directivity of GPS antenna element (with and without TV antenna element)

一方、GPSアンテナエレメントの有り/無し時の、TVアンテナエレメントの指向性（利得）特性を図-15に示す。

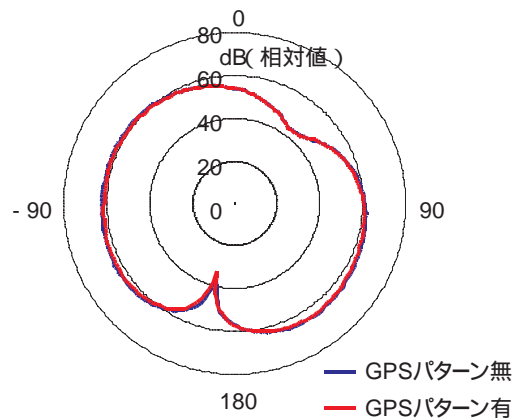


図-15 TVアンテナエレメントの指向性（GPSアンテナエレメント有り/無し時）
Fig.15 Directivity of TV antenna element (with and without GPS antenna element)

両エレメントとも若干指向性に影響（±2dB以内）を与えているものの、平均利得としては殆んど変化がないことが判る。

現在、TVチューナに広く用いられているスーパーヘテロダイン方式の受信機では、アンテナ入力端子よりミキサ回路で用いられるローカル信号自体やその高調波が漏洩して、他の受信システムに悪影響を及ぼすことがある。特に今回はTVとGPSアンテナのエレメントが近接しているため、特にその影響が懸念される。表-5に、今回開発したTV/GPS一体型フィルムアンテナを当社ナビユニットに接続し、GPS受信妨害を与える可能性のあるTVチャンネルを選局して、TVをON/OFFした場合のGPS受信状態を比較した結果を示すが、全く影響を受けていないことが確認された。

表-5 TVチューナのローカル信号漏洩によるGPS受信に対する影響度
(TV=56ch)

Table 5 Effect of TV tuner local signal leakage on GPS reception
(56-channel TV)

GPS受信信号S/N (dB/Hz)	TV OFF時	TV ON時
		56

更に、余裕度を検証するために、TVチューナの代わりに標準信号発生器を接続して妨害波を意図的に発生させ、GPS受信に影響が出るポイントを調査したところ、当社製品のローカル漏洩（高調波も含む）管理値に対し、約40dBのマーヅンがあることも確認された。

8

まとめ・今後の展開

今回のTV/GPS一体型フィルムアンテナの開発により、従来困難とされていた円偏波受信アンテナの平面化が実現でき、搭載性、装着時の見栄えなどが大きく改善できたと考える。更に今回は、片面パターンで実現できたため、コスト的にも非常に競争力を有することができた。

円偏波受信アンテナとしては、ETC、衛星モバイル放送など、他用途への展開も可能であると共に、複合化・統合化という切り口で、今後ますます車輻に搭載されるアンテナの種類が増える中、小型・低コスト化、組付け工数の低減などを目指し、アンテナ開発を進めていきたいと考える。

参考文献

日経エレクトロニクス 2004年10月25日号

増え続ける車載アンテナをどうする？

“GPSとテレビ放送の受信が1つのフィルム・アンテナで可能に”

富士通テン寄稿

筆者紹介



荻野 和滋
(おぎの かずしげ)

1989年入社。以来、アンテナエレメントの開発に従事。現在、事業本部 第一事部 アンテナシステム技術部に在籍。



梅澤 義男
(うめざわ よしお)

2002年入社。以来、アンテナエレメントの開発に従事。現在、事業本部 第一事部 アンテナシステム技術部に在籍。



長尾 孝司
(ながお こうじ)

1985年入社。以来、情報通信関連の開発を経て、アンテナの企画・開発に従事。現在、事業本部 第一事部 アンテナシステム技術部に在籍。



鶴田 勝浩
(つるた かつひろ)

1983年入社。以来、情報通信関連の開発を経て、アンテナの企画・開発に従事。現在、事業本部 第一事部 アンテナシステム技術部に在籍。



敬島 治
(けいしま おさむ)

1984年入社。以来、情報通信関連の開発を経て、アンテナシステムの開発に従事。現在、事業本部 第一事部 アンテナシステム技術部担当部長。