

地上波デジタル TV 車載用ガラスアンテナの設置環境の 検証及び改良に関する研究

2004MT059 松永光将 2004MT117 山田和広 2004MT118 山田紗矢香
指導教員 稲垣直樹

1 はじめに

1.1 研究背景

テレビ放送は、2011年7月に地上デジタル放送に完全移行される。電化製品取扱店では、地上デジタル放送対応のTVもよく見られるようになり、これまでのアナログ放送から地上デジタル放送に移行していることがはっきりと感じられるようになった。これからは家庭だけでなく、自動車においても地上デジタル放送を受信する人が増えてくるため、地上デジタル放送をより快適に見ることが求められる。自動車において、地上デジタル放送をより快適に見るためには、車載アンテナが効率よく電波を受信することが非常に重要である。そこで我々は、地上デジタルTV放送受信用車載アンテナに着目した。

1.2 研究目的

本研究では、前年度までの研究に引き続き、地上デジタルTV受信用車載ガラスアンテナについての研究を行う。先行研究の結果から、電熱線の形状を変えることにより、影響を軽減できることがわかった。しかし、アンテナ自体の形状、設置位置等の検討はなされていない。そのため、アンテナの種類・設置位置を変えて電熱線の影響を軽減させ、地上波デジタル放送の受信性能を向上させることを目的とする。また、ガラスの有無による影響の有無についても検証する。

1.3 研究方法

解析には、自動車モデルとして、アンテナや電熱線を取り付けることができるルーフ+ピラーモデルを作成する。そこに、アンテナと解凍・防曇用の電熱線をモデル化したものを設置し、アンテナの性能を判断する上で指標となるリターンロス、スミスチャート、指向性利得の値を比較し検証する。リターンロスとは、入射電力に対して、どの程度反射するかを表したものである。値として-10dB以下であることが望ましいとされる。スミスチャートとは、反射係数の複素数面上にインピーダンスの実部と虚部の等高線が描いてある図であり、抵抗 $r=1$ 、リアクタンス $x=0$ の中心に近づいているものが望ましいとされる。指向性利得とは、アンテナ自体の指向性からリターンロスによる影響である反射された値を差し引いた値である。値として平均値が1dBi以上であることが最低限求められる。

アンテナには、先行研究から使われているTK社のガラスアンテナに加えて、新たにTC社の折り返しダイポールアンテナについてもモデリングし検証する。また、ガラスの影響についても検証する。モデリングと数値解析には、FEKOというソフトウェアを使用した。

2 車載ガラスアンテナ

従来から車載アンテナとして多く用いられているのはモノポールアンテナである。モノポールアンテナは、水平面内において無指向性であり、車載アンテナとして理想的な特性を得やすい一方で、風切り音による騒音、強度上の問題、デザイン性という欠点がある。これらを解決するために、本研究ではガラス表面に初めから印刷されているものやフィルムでアンテナを形成したガラスアンテナを用いる。ガラスアンテナは、モノポールアンテナと同等の性能を持ちながら、風の影響を受けず、デザイン性も損なわずに設置できる点から、車載アンテナとしての採用が拡大している。

2.1 車載ガラスアンテナに求められる特性 [1]

モノポールアンテナと比較した時にガラスアンテナに求められる特性を次に挙げる。

- 機械的要求条件...耐振動性, 耐衝撃性
- 形態的要求条件...受風面積が小さく軽量
- 水平面内指向性...無指向性
- 垂直面内指向性...仰角及び俯角方向を抑える
- その他の指向性...適応的に制御
- デザイン性

2.2 ダイバーシチ受信

車にアンテナをつけて走行する際にフェージングの影響を受ける。フェージングとは、電波伝搬の途中にあるさまざまな要因によって受信電界の強度が時間的に変動する現象である。これには、周期が数百msという短い周期のものから数時間の長い周期のものまであり、フェージングは無線通信の通信品質を劣化させる大きな要因である。そこで、複数のアンテナで受信した同一の無線信号について電波状況の優れたアンテナの信号を優先的に用いる技術であるダイバーシチ受信を用いる。

ダイバーシチ受信にはいろいろな種類があるが、その中でも本研究では空間ダイバーシチを用いる [3]。

2.3 本研究で対象とするアンテナ

本研究で使用するアンテナは、先行研究が対象としていたTK社のガラスアンテナと、TC社で発案された折り返しダイポールアンテナである。

3 数値解析

TK社のアンテナとTC社のアンテナについて解析を行う。それぞれについて、電熱線がない場合とある場合とで解析を行い結果を比較した。また、電熱線の基本的な構造はどちらも共通であるため、図1と図2で示す。図1はTC社で発案された電熱線で右側がつながっており、図2は前年度対象としていた電熱線で右側はつながっておらず上部と下部の二つに分かれている。

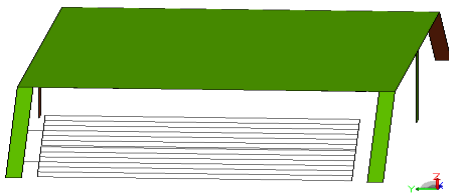


図1 TC社の電熱線 [2]

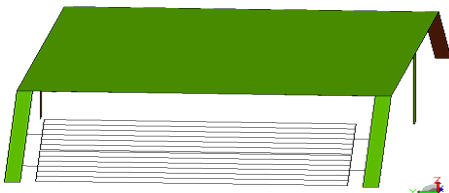


図2 前年度の電熱線 [1]

3.1 TK社のアンテナ

先行研究と同様に、TK社のガラスアンテナを作成した。これを図3に示す。

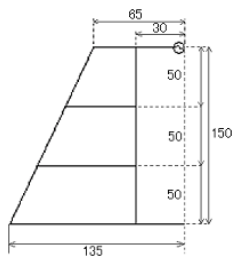


図3 TK社のガラスアンテナ [3]

3.1.1 解析結果

最適な利得を求めめるため、アンテナの構造、設置位置を変更し解析を行った。また、電熱線においても同様に解析を行った。

電熱線なし

(a) アンテナの形

内側のアンテナ線を上に25mm伸ばし、下に15mm縮める。25mm伸ばした方は、低い周波数、高い周波数

どちらにおいても利得が非常によくなり、15mm縮めた方は、基本形とほとんど変わらない値である。

(b) アンテナのサイズ

アンテナサイズを変えることにより、共振する周波数を変化させる。最初の結果で高い周波数で共振していることがわかったので、それを低い周波数で共振させる。結果から、アンテナサイズを図3の1.5倍にすることにより必要な帯域で共振させることができた。

(c) アンテナの太さ

線の太さを0.125mmに細く、0.5mmに太くする。リターンロス、利得ともほとんど変化が見られなかった。

(d) 設置位置

アンテナを8mm内側、8mm外側、32mm外側に変更。どれも低い周波数はほとんど変わらないが、高い周波数で利得が非常によくなっている。

電熱線あり

(a) アンテナの形

内側のアンテナ線を上に30mm伸ばすのと、下に20mm縮める。アンテナを伸ばすと値は悪く、縮めると若干良い値である。

(b) 電熱線の種類

TC社の電熱線と前年度の電熱線。リターンロス、利得ともほとんど変化が見られなかった。

(c) 設置位置

アンテナを8mm内側、8mm外側、32mm外側に変更。8mm内側と32mm外側はほとんど値は変わらなかったが、8mm外側だけは利得が良い値である。

(d) 電熱線の太さ

電熱線の太さを0.425mmに細く、1.7mmに太くする。細くしても太くしても利得が良くなった。しかし、太くした方が若干良い。

3.2 TC社のアンテナ

今回使用するアンテナは、図4のように、複数の平行導線から成る変形折り返しダイポールであり、折り返し線の中央にコンデンサーを負荷する。ダイポールアンテナは、線状アンテナの基本となるアンテナで、最も構造が簡単なアンテナである。TC社のアンテナはダイポールアンテナに比べてエレメントの折り返しの間隔など設計の自由度が高いので、指向性や周波数帯域を調整し易い [4]。

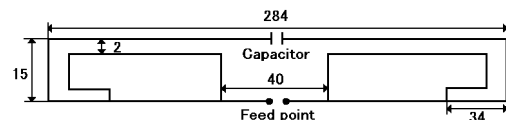


図4 TC社の変形折り返しダイポールアンテナ

3.2.1 解析結果

最適な利得を求めめるため、アンテナの構造、設置位置を変更し解析を行った。また、電熱線においても同様に解析を行った。

電熱線なし

(a) アンテナの構造

コンデンサーを設置する場合としない場合を解析し、コンデンサーを設置した場合の方が良い結果を得ることができた。

(b) 設置位置 (車上部の天板から離す)

5mm 離した場合と 10mm 離した場合を解析し、10mm 離した場合の方が良い結果を得ることができた。

(c) 設置位置 (内側・外側に並行移動)

内側に 10mm, 50mm, 外側に 10mm, 30mm 移動させた場合を解析し、外側に 30mm 移動させた場合の方がよりよい結果を得ることができた。

電熱線あり

(a) アンテナの構造

コンデンサーを設置する場合としない場合を解析し、電熱線がない場合と同様にコンデンサーを設置した場合の方が良い結果を得ることができた。

(b) 電熱線の種類

T 社の電熱線と前年度の電熱線の 2 種類を解析し、前年度の電熱線を設置した場合の方が良い結果を得ることができた。

(c) 設置位置 (車上部の天板から離す)

5mm 離した場合と 10mm 離した場合を解析し、電熱線がない場合と同様に 10mm 離した場合の方が良い結果を得ることができた。

(d) 設置位置 (内側・外側に並行移動)

内側に 10mm, 外側に 10mm, 30mm 移動させた場合を解析し、電熱線がない場合と同様に外側に 30mm 移動させた場合の方がよりよい結果を得ることができた。

(e) 電熱線の太さ

0.85mm から 1.7mm に太くし解析を行ったが、リターンロス、利得ともにほとんど変化は見られなかった。

3.3 T K社とT C社の比較

T K社のアンテナは、アンテナサイズを図3の大きさの1.5倍、外側に8mm移動した場合に最適となった。電熱線に関しては、図1、図2の差異は見られなかった。結果を図5～図7に示す。

T C社のアンテナは、車上部から10mm離し、外側に30mm移動、図2の電熱線を使用した場合に最適となった。結果を図9～図11に示す。

2種類のアンテナを比較すると、T C社のアンテナの方がT K社に比べて受信性能が良いことが分かる。T K社は受信性能が必要最低限の値に近いが、T C社はその値からさらに良い値である。

4 ガラスによる影響

ここまでは2種類のアンテナについて、電熱線の有無による影響について考えてきたが、ガラスを考慮せずに解析してきた。そこでガラスの有無による影響について検証する。ルーフ+ピラーモデルではガラスを表現して解

析することができなかった。そこで、x-y平面上に無限の大きさのガラスを置き、平面モデルで解析を行った。

4.1 数値解析

平面モデルに、T K社のアンテナ、T C社のアンテナを設置し、それぞれ電熱線、ガラスの有無の場合を検証し、解析を行った。T K社のアンテナ、T C社のアンテナでガラスの影響が大きく見られた周波数での指向性利得の図をそれぞれ図8、図12に示す。また、電波受信に特に必要な指向性利得の方向の範囲は図の $270^{\circ} \sim 0^{\circ}$ である。

4.2 解析結果の考察

これまで、先行研究ではガラスを考慮せずに解析してきたが、今回の結果からガラスによる影響も無視できないことが分かった。また、アンテナの種類によってもガラスによる影響度は違ったため、今後はガラスも考慮して解析する必要がある。また、今回使用したモデルは簡易な平面モデルであり、ガラスもx-y平面上に無限の大きさとして置いたため、正規の大きさのガラスを自動車モデルに置いた場合とでは受ける影響も変わってくると思われる。

5 まとめと今後の課題

ガラスの影響を考えない場合では、リターンロス、指向性利得ともにT C社のアンテナの方が優れていることが分かった。また、ガラスの影響を考えた平面モデルでは周波数によってT C社とT K社のアンテナの良さが変化し、470MHzではT C社のアンテナ、620MHzではT K社のアンテナが優れている。

本研究では窓ガラスの設置を立体では考えることが出来なかった。そのため、今後の課題として実際にガラスを入れて解析を行うことが必要となる。

参考文献

- [1] 神谷哲宏, 下中賢治, 森下隼輔: 地上波デジタルTV受信用車載ガラスアンテナの設計に関する研究, 南山大学数理情報学部情報通信学科 2006年度卒業論文 (2007.3).
- [2] 自動車のアンテナ技術 南山大学情報通信学科 2007年度講義資料, (<http://www-p.seto.nanzan-u.ac.jp/classes/it/2007/31431/ooe1.pdf>).
- [3] 白石慶子, 山下辰典: 地上波デジタルTV車載ガラスアンテナの設計に関する研究, 南山大学数理情報学部情報通信学科 2005年度卒業論文 (2006.3).
- [4] Hideo Iizuka: Study of Antenna Design Techniques for Use in Automotive Environment, doctor thesis, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology (June. 2007).

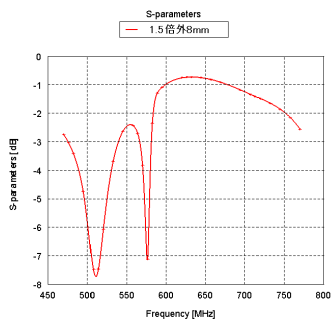


図5 TK社アンテナの470MHz~770MHzにおけるリターンロス特性(単位:dB)

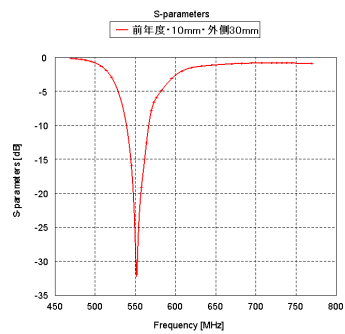


図9 TC社アンテナの470MHz~770MHzにおけるリターンロス特性(単位:dB)

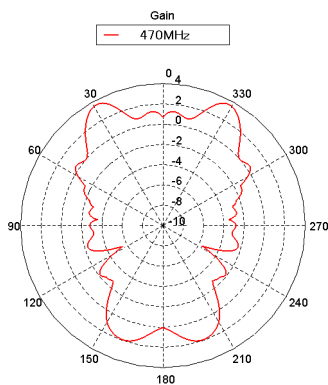


図6 TK社アンテナの470MHzにおけるxy平面内利得(単位:dBi)

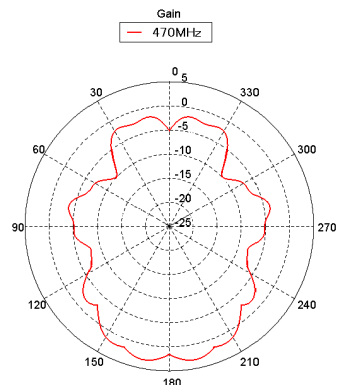


図10 TC社アンテナの470MHzにおけるxy平面内利得(単位:dBi)

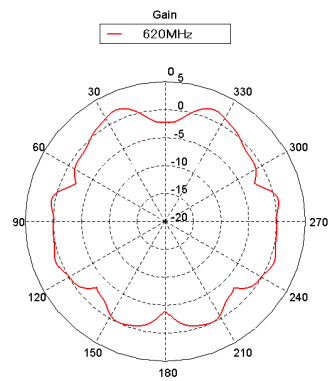


図7 TK社アンテナの620MHzにおけるxy平面内利得(単位:dBi)

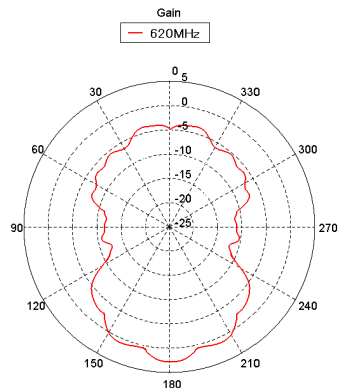


図11 TC社アンテナの620MHzにおけるxy平面内利得(単位:dBi)

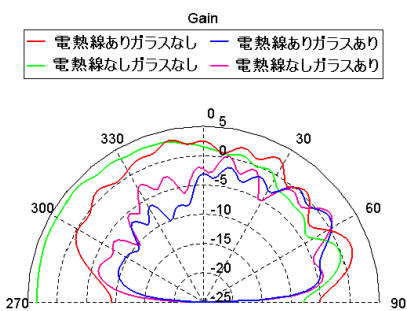


図8 TK社アンテナの770MHzにおけるガラスの影響による指向性利得(単位:dBi)

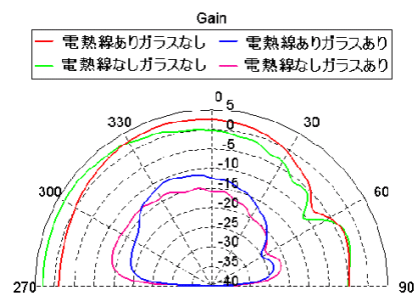


図12 TC社アンテナの620MHzにおけるガラスの影響による指向性利得(単位:dBi)