

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 — アンテナの設置環境の改善 —

2003MT030 神谷哲宏 2003MT060 森下隼輔 2003MT097 下中賢治
指導教員 稲垣 直樹

1 はじめに

1.1 研究背景

2006年12月末には全国のほとんどで地上波デジタルテレビ放送が視聴可能となった[3][7]。自動車のカーナビゲーションでも視聴できるようになっている。しかし、自動車という高速移動体で、地上波デジタルテレビを受信できるだけの利得を得るには、ダイポールアンテナやモノポールアンテナなど、どうしても外観が目立ってしまうアンテナが多く利用されている。そこで我々は、自動車の外観を損なわないガラスアンテナに着目し、その設置環境について検証する。

1.2 研究目的

本研究では、前年度に引き続き、地上波デジタルTV受信用車載ガラスアンテナについての研究を行う。

前年度は、4700ccクラスのセダン型を利用し、アンテナはポールアンテナと同等の性能を持ちながら、外観が損なわれないT・K社のガラスアンテナを用いた。リアガラスにガラスアンテナを設置して検証を行い、実際のアンテナ設置環境に近づけながら、車体に用いられる金属板及びリアガラスに印刷された解凍・防曇用の電熱線によるアンテナへの影響を検証している。評価対象のテレビチャンネルはUHF帯の第15チャンネル(485.142857MHz)及び第20チャンネル(515.142857MHz)としている[2]。図1にアンテナの取り付け位置とT・K社のガラスアンテナを示す。

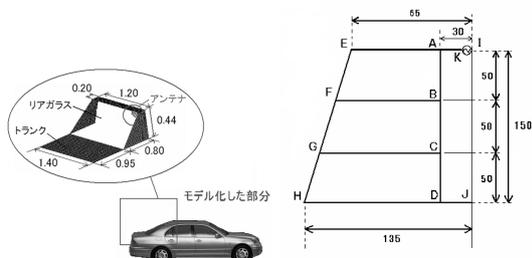


図1 アンテナの取り付け位置及びT・K社のガラスアンテナ

前年度の結果から、電熱線によるリターンロス値が大きくなること、指向性利得は仰角方向で大きくなることわかった。水平面内は、電熱線がないときアンテナの指向性はピラーの影響を受けてピラーとは反対の方向へ強くなるが、電熱線を加えるとその影響が抑制され、ダ

イバシチ受信方式を採用すると指向性はやや弱くなる。

したがって、リアガラスに設置した場合に電熱線はアンテナの特性に明らかに影響を与えている。しかし、前年度の研究では電熱線による影響の解決策が明らかにできなかった。本研究では、T・K社のガラスアンテナを用いて、車体及び解凍・防曇用の電熱線による影響を減少させることを目的とする。

1.3 研究方法

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・指向性・利得の値を比較する。自動車全体の簡易モデルを作成し、リアガラスには解凍・防曇用の電熱線をモデル化する。この際、電熱線の形状は再放射の影響を小さくするため、電熱線の一部を図2のようにクランク型に設計する。次にリアガラス上部にT・K社のガラスアンテナを2ヶ所設置し、電熱線及び車体によるアンテナへの影響についてFEKOを用いた数値解析により検証を行う。

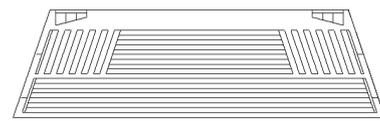


図2 電熱線の一部をクランク型にしたもの

2 車載ガラスアンテナ

2.1 車載アンテナに要求される特性[2]

- 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である
- 水平面内指向性...無指向性である
- 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...適応的に制御する
- デザイン性

2.2 ダイバシチ

ダイバシチは、比較的低価格で無線回線の改善に役立つ強力な受信技術である。ダイバシチには、いろいろなダイバシチ構成があり、それらは非常に実用的でかつ少ないコスト増で大きな改善効果を与える。

一つの伝搬路が深いフェージングを受けていても、もう一つの独立の伝搬路は強い信号が受信されている。選択できる伝搬路の数を2つ以上にすることにより、受信機の瞬時SNRと平均SNRは20dBから30dBも改善される。[8]

2.2.1 ダイバシチ受信の種類 [4][5]

ダイバシチ受信には次の種類がある．

本研究では空間ダイバシチを採用した．

- 空間ダイバシチ
 - － 複数の受信アンテナまたは受信機を距離を離して設置すると，各アンテナはマルチパスフェージングの影響が異なるため，受信特性も異なる．それらの受信信号を適切な方法で合成または選択することでフェージングの影響を減少させて，単一受信より信頼度の高い通信を確保する受信方式を空間ダイバシチ方式という．
- 周波数ダイバシチ
 - － フェージングが十分独立となるように離れた複数の伝送波を用いるものである．移動通信では周波数に制約が強いため周波数ダイバシチを適用することは困難である．
- 偏波ダイバシチ
 - － 電波の偏波面として二つの直交した偏波面を用いるので，空間的に分離する必要がなく，基地局系の受信アンテナとして有望である．
- 時間ダイバシチ
 - － 時間的に離して同一情報を送り出し，受信側で受信レベルの高い方の情報を選択するものである．この方式はフェージングの速度が低下すると改善度が低下し，また情報伝送効率の低下と情報伝搬遅延を生ずる欠点があるが，アンテナおよび受信系が1系列でよい特徴がある．

3 数値解析

本研究では4300ccクラスのセダン型の車種を採用し，ガラスアンテナをリアガラスに設置したとき，リアガラスに印刷された解凍・防曇用の電熱線による影響について検証を行う．なお，モデルを実際のアンテナ設置環境に近づけながら，電熱線を従来の形状からクランク型に変形してアンテナへの影響を検証する．

3.1 解析

図3-(a)に示すような車体全体をモデル化し，解析を行った．なお，メッシュの大きさは波長の1/5，特性インピーダンスは200 Ω とする．電熱線についてはK社によって研究が行われているクランク型の電熱線を使用しており，幅1.7mm，抵抗率100 Ω /m，約35.4mmの間隔で設置し，終端にはチョークコイルを入れる．インダクタンスは1Hとする．

ただし，2004年度の研究結果より，ガラス板による影

響はほとんど見られないため，モデル作成時にガラス板は省略した．

(解析1) リアガラス上部2ヶ所にガラスアンテナ設置し，ダイバシチ受信を行う

リアガラスの右上部と左上部にアンテナを左右対称に設置する(図3-(a))．地上波デジタルTV放送の周波数帯におけるリターンロス特性を図3-(b)に示す．また，ダイバシチ受信時における水平面内の指向性利得の特性は左右対称となるため，図3-(d)のようになる．

(解析2) 従来型の電熱線を加える

ダイバシチ方式を用いた図3のモデルに従来型の解凍・防曇用の電熱線を加える(図4-(a))．電熱線は幅1.7mm，低効率100 Ω /m，約35.4mmの間隔で設置している．また，終端には高周波数電流を阻止するためにチョークコイルを入れた．インダクタンスを1Hとしている．リターンロス特性を図4-(b)にxz・xy平面内利得を，図4-(c)，図4-(d)に示す．

(解析3) 従来型の電熱線をクランク型に変える

従来型の電熱線を用いた図4のモデルに対して，同様の数値を与える．電熱線の形状に関しては，ダイバシチ方式を用いた左右のアンテナ下方における電熱線部分をクランク型に変える(図5-(a))．クランク型については，解析3において，クランクの数を11本とし，クランクの幅を約25mmとるようにしている．リターンロス特性を図5-(b)にxz・xy平面内利得を，図5-(c)，図5-(d)に示す．

3.2 考察

3.2.1 電熱線による影響について

以上による解析結果を比べる事により，昨年度の研究にもあったように，従来型の電熱線においては，電熱線の無い状態と比べて良い結果は得られない．しかし，クランク型の電熱線においては，従来型の電熱線に比べてクランク型の方がアンテナへの影響を軽減しているという事が言える．しかし，改良した電熱線においても電熱線の無い状態に近づいてはいるが，アンテナの特性に影響を及ぼしており，改善の余地はまだ見られる．

(1) 電熱線の無いものと従来型の電熱線の解析結果を比べてみる．

電熱線の無い場合，xy(水)平面利得は車体後方およそ $\pm 50^\circ \sim 100^\circ$ に関しては良い値が得られているが，従来型の電熱線のxy(水)平面利得は， $\pm 40^\circ, \pm 100^\circ$ 付近でしか良い値は得られない．しかし，xz(垂直)平面利得を見ると従来型の電熱線を加えたときのほうが良い値が出ている．これは，従来型の電熱線を加えたことにより，xy(水)平面利得が抑えられた分，xz(垂直)平面利得が上がったといえる．

(2) 電熱線なし・従来型の電熱線の解析結果とクランク型の電熱線を加えたものを比べる。

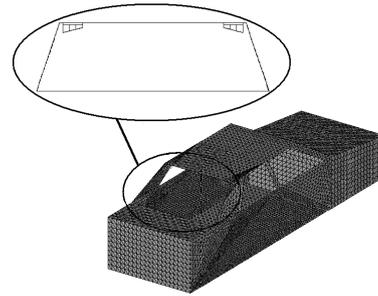
クランク型の電熱線を加えた場合, xy (水) 平面利得では, 車体後方 $\pm 10^\circ \sim 20^\circ$, $\pm 50^\circ$ 付近, $\pm 70^\circ \sim 80^\circ$, $\pm 100^\circ$ 付近, $\pm 120^\circ \sim 140^\circ$ で良い値が得られている。また, xy (水) 平面利得の平均としては電熱線がなしのモデルに比べると値は低い, 従来型の電熱線を加えたモデルと比べると平均的にも良い値が得られている。 xz (垂直) 平面利得を比べてみる。 xz (垂直) 平面利得では, 先に比べて値が良かった従来型の電熱線を加えたモデルよりも, 平均としても良い値が得ることができた。 xy (水) 平面利得では, 従来型の電熱線のモデルとクランク型の電熱線モデルでは, 0° 付近以外ほとんどクランク型の電熱線のモデルのほうが良い値を得ているので, クランク型の電熱線の特徴としては, xz (垂直) 平面利得の向上があげられる。

4 おわりに

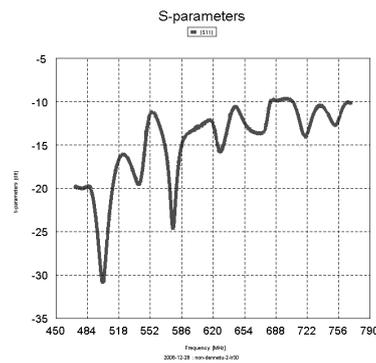
電熱線をクランク型に改良することにより, 従来型よりも良い結果を得る事ができる。今回は, クランクの数や幅を考慮してきたが, 電熱線の形状や部分的な抵抗を変えることにより, 電熱線の影響を受けにくくする形を求める事が出来ると考えられる。また, 本研究においては, まだセダン型の車体に対してしか研究を行っていない。ワゴン車, 軽車両などにおいて研究を重ねる事で, 電熱線や車体の影響をより受けなくすることができると考える。そして, アンテナの形も一つにとらわれずに解析を進める事で, 様々なアンテナに対応できる電熱線の形状を作ることが出来ると考えられる。

参考文献

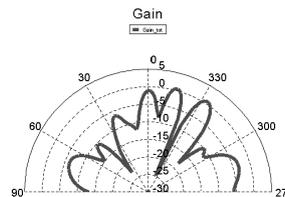
- [1] 山中万裕子, 山下美由貴: 地上波デジタル TV 受信用車載ガラスアンテナの設計に関する研究, 南山大学数理工学部情報通信学科 2004 年度卒業論文 (2005.3).
- [2] 白石慶子, 山下辰典: 地上波デジタル TV 受信用車載ガラスアンテナの設計に関する研究, 南山大学数理工学部情報通信学科 2005 年度卒業論文 (2006.3).
- [3] 総務省ホームページ: <http://www.soumu.go.jp/> (2006).
- [4] 木村磐根: 光・無線通信システム, オーム社 (1998.10).
- [5] 電子情報通信学会: 自動車電話, コロナ社 (1985.2).
- [6] 稲垣直樹: 電磁波工学, 丸善株式会社 (1998).
- [7] nhk ホームページ: <http://www.nhk.or.jp/digital/> (2006).
- [8] Theodore S. Rappaport 著, 山本平一 監訳, 小牧省三, 齋藤洋一, 小川英一 訳デジタル移动通信, 科学技術出版 (2002).



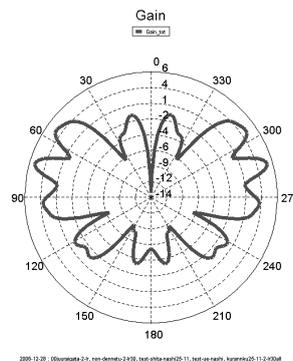
(a) 電熱線なしのモデルにアンテナを 2ヶ所設置



(b) 470MHz ~ 770MHz におけるリターンロス特性 (単位: dB)

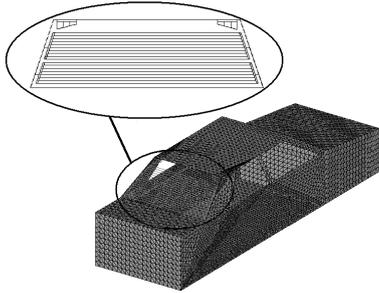


(c) 470MHz における xz 平面内利得 (単位: dBi)

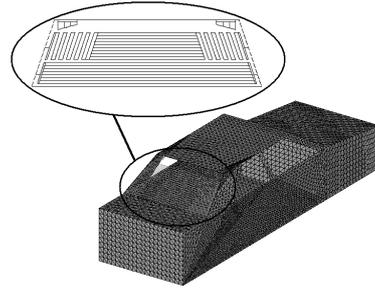


(d) 470MHz における xy 平面内利得 (単位: dBi)

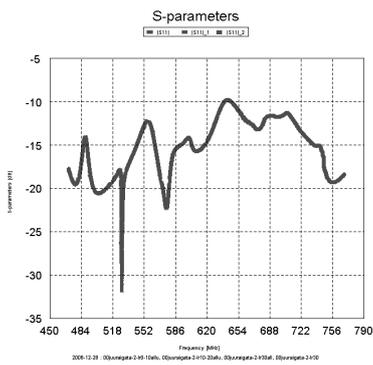
図 3 電熱線なしモデルと解析結果



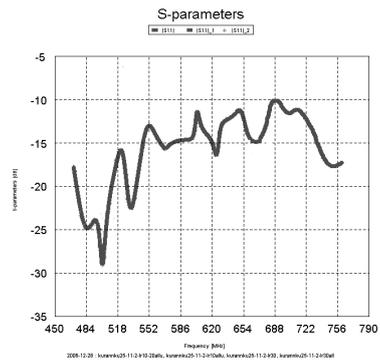
(a) 従来型の電熱線モデルにアンテナを2ヶ所設置



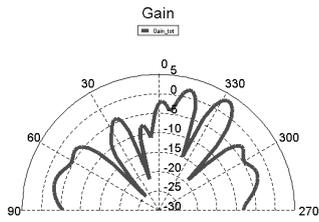
(a) クランク型の電熱線モデルにアンテナを2ヶ所設置



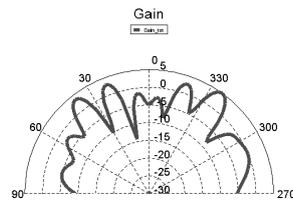
(b) 470MHz ~ 770MHz におけるリターンロス特性 (単位: dB)



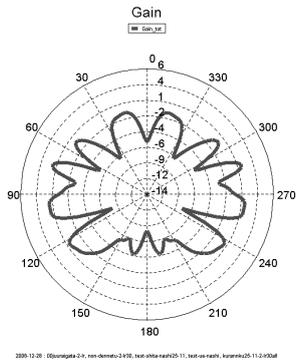
(b) 470MHz ~ 770MHz におけるリターンロス特性 (単位: dB)



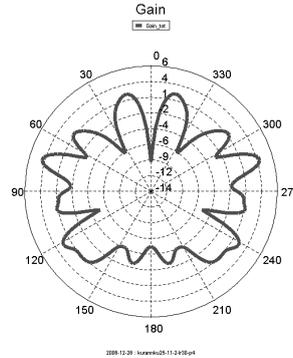
(c) 470MHz における xz 平面内利得 (単位: dBi)



(c) 470MHz における xz 平面内利得 (単位: dBi)



(d) 470MHz における xy 平面内利得 (単位: dBi)



(d) 470MHz における xy 平面内利得 (単位: dBi)

図4 従来型の電熱線モデルと解析結果

図5 クランク型の電熱線モデルと解析結果