

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

01mt108 山中万裕子 01mt109 山下美由貴

指導教員 稲垣直樹

1. はじめに

近年、テレマティクスというサービスが拡大されつつある。テレマティクスとは、テレコミュニケーション(通信)とインフォマティクス(情報工学)を組み合わせた造語であり、自動車向けの次世代情報提供サービスのことである。自動車に積んだ情報端末に様々な情報を配信する一方、運転中にトラブルが起きたときに双方向通信によって助けを求めるサービスや、タイヤやオイルなど消耗品の交換時期を知らせたりするサービスがある。交通システム全体のインテリジェント化を目指す ITS とは異なり、自動車におけるインターネット接続に関する技術やサービスをさす場合にこの言葉が用いられる。各自動車メーカーは、環境や安全に続く情報という新たな競争分野で勢力争いが本格化するとみられる。

そのサービスの中で、我々はテレビに注目した。テレビは、2011 年には完全にデジタル化へ移行し多くの可能性を秘めており、更なるテレマティクスのサービス価値を高めることに貢献できると考えられる。

地上波デジタル TV は、国民生活の中で、報道、教養、教育、娯楽、実用面での情報提供を恒常的に行う基本的な情報通信メディアとして、簡易にアクセスできる、いわゆる基幹的放送メディアとして引き続き発展することが可能となっている。

本研究では、デジタル TV を自動車内で見る事ができるようにするための、地上波デジタル TV 受信用車載ガラスアンテナの構造について考察する。

2. 研究の背景

2.1. 地上波デジタル TV の特徴

地上波デジタル TV は 13ch から 62ch の UHF 帯での放送を行う。

| | |
|------|------------|
| 13ch | 473.142857 |
| 14ch | 479.142857 |
| ... | ... |
| 61ch | 761.142857 |
| 62ch | 767.142857 |

表 1

表 1 より地上波デジタル TV の周波数帯が 470MHz から 770MHz であることが分かる。

また、地上波デジタル放送は次のような利点を有している。

- (1)高品質な映像・音声サービスの享受
- (2)チャンネルの多様化の実現
- (3)テレビ視聴の高度化が可能
- (4)高齢者・障害者にやさしいサービスの充実
- (5)安定した移動受信サービスが可能

2.2. 車載アンテナに要求される技術

無線通信ではフェーディングにより良好な通信が妨げられることがある。

移動通信における直接波を受信することが出来ない通信形態では、受信点の電界が電波の通路の影響を受けて時間とともに変動するフェーディングが発生し、伝送品質が劣化する。このような品質劣化を防止するためにもダイバーシチ技術が使用されている。

現在定義されているアンテナでは、空間ダイバーシチ受信を利用している。ダイバーシチ受信とは、受信側で複数のアンテナや受信機を設置し、一方の電界が低下しても別の電界が補助して互いに助け合いながら、受信電波のレベル変動を極力少なくし、受信信号の信頼性を高める受信方式である。二つのアンテナの強さを示す相関係数は小さい方が良く、一般に 0.5 以下にする必要があるといわれている [1]。

ダイバーシチ受信には、次のようなものがある [2]。

- ・ 空間ダイバーシチ;アンテナをある程度離しておく、それらの出力は相関が減少する。それらの出力を合成するか、大きい方をとるかすると、変動の比較的少ない受信をすることが出来る。空間ダイバーシチのみで、大半のフェーディングは防止できる。
- ・ 偏波ダイバーシチ;偏波面が違う垂直および水平の 2 本の直交するアンテナで受信し、合成または切り替える方法である。
- ・ 周波数ダイバーシチ;異なる複数の周波数を用いて信号を伝送する方法である。
- ・ 時間ダイバーシチ;時間的にずらした同じ信号を複数回伝送する方法である。
- ・ 角度ダイバーシチ;アンテナの受信方向を二つ以上備え、別々に受信する方法である。

3. K社のガラスアンテナ

図1の寸法であるK社のガラスアンテナの形を参考にし、FEKO[3]を用いてリターンロス・利得を算出する。

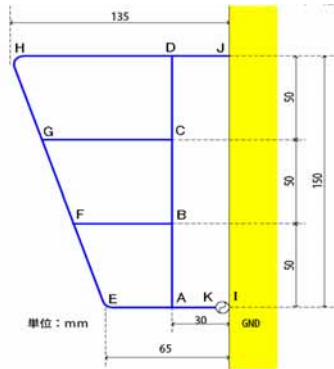


図1

3.1. 金属板とアンテナ

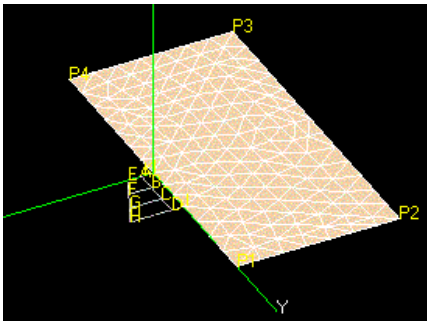


図2

図2は、理想的な導電率を持つ金属板とアンテナを繋げたのみの単純な構造である。金属板の大きさはアンテナに対して適当な大きさになるように設定した。また、P1、P2の距離を a 、P2、P3間の距離を $2a$ とする。ここで、 a は波長の5倍の大きさであり、導線の半径は0.5mmである。

3.1.1. リターンロス

リターンロスとは、入射電力に対してどの程度反射する(損失が出る)か表したものである。dB単位で示すと以下のようなになる。

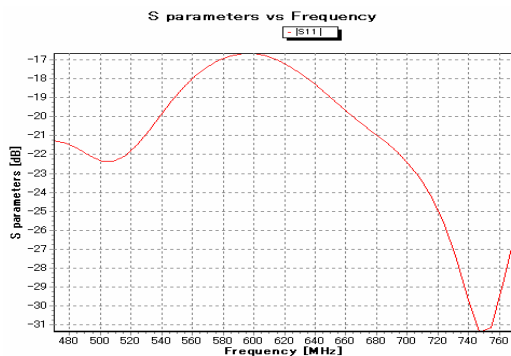


図3

図3では、470MHzから770MHzまでの周波数帯域で、特性インピーダンスは200としている。図3から、周波数帯域全域においてほぼ-17dB以下であり、共振周波数が約750dBであることが分かる。

3.1.2. 利得

利得とは、電波の経済性の良さを表す指標である[4]。指向性が良い、すなはち、無駄な電波を出さずに任意の方向に対する電波の送受信がスムーズに行われることと、利得が高いということは同意である。

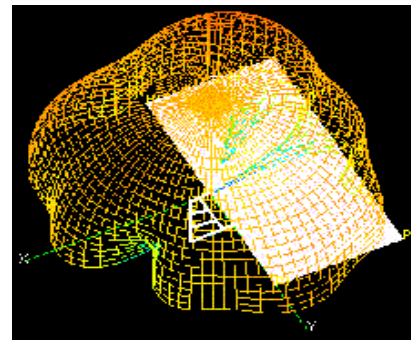


図4

図4は、利得を3次的に示したものである。一番上方の部分が利得が大きいのを示している。約1.7dBであり、この部分が強いので、他の部分の利得が小さくなっている。しかし、無指向性アンテナとしては十分な形である。

3.2. ガラス板とアンテナ

図5は図2のアンテナをガラス板上に貼り付けた構造である。ガラス板の幅P1、P6間の距離は $a/2$ である。

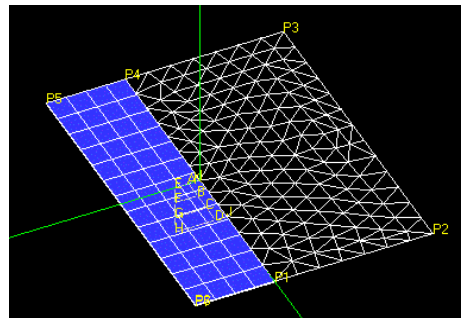


図5

リターンロス・利得の大きさはともに、図3・4とほぼ同一の結果になった。しかし、dB単位で示すと、周波数帯域全域で-12dB以下となり、共振周波数は640MHzであった。

3.2.1. 考察

電磁界解析にガラス板部を加えたことは、今回の場合、利得には大きな影響がなかった。リターンロスは大きくなったが、周波数帯域全域で-10dB以下となり、十分な値を得ることが出来た。共振周波数は、変化が見られ影響を与えることが分かった。

3.3. ガラス板・金属板の大きさを変えた場合

図2の形を基本としてガラス板・金属板の大きさを変更し、電磁界解析を行ったが、いずれもリターンロスの結果は大きく変動しなかった。よって、アンテナの構造がリターンロスに大きく関わっていることが推察される。

利得は、金属板の大きさによって変動が見られたが、いずれも球座標における $(\theta, \phi) = (45^\circ, 45^\circ), (225^\circ, 45^\circ)$ の辺りで最大の利得を得ることができた。その部分の利得が高いため他の部分の利得が相対的に弱くなるという特徴も各々の電磁界解析結果から見て取れた。

4. 変形H型アンテナ

変形H型アンテナとは、地上波デジタルTVを受信するために提案されたアンテナである。

提案されたアンテナの寸法は、論文内で $H=6\text{cm}$ 、 $W=23\text{cm}$ とされている。しかし、DE、I、Jの長さなどは明記されていなかった[5]。ゆえに、アンテナ素子の長さをOptFEKOを用いて割り出し、より良い特性を持つアンテナを検証した。

4.1. 変形H型アンテナの構造

OptFEKOによって出力されたoutファイル内のリターンロス・利得の値から、DE、I、J、CHの長さを割り出した。その値で、アンテナの構造を作成し、その上、手作業で微調整を行った結果、図6のようになる。

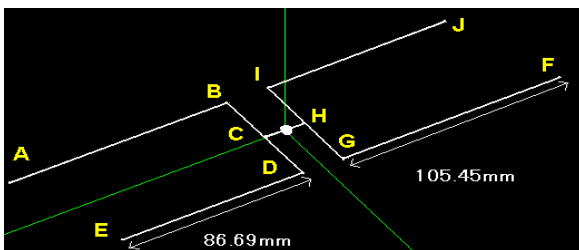


図6

4.1.1. リターンロス

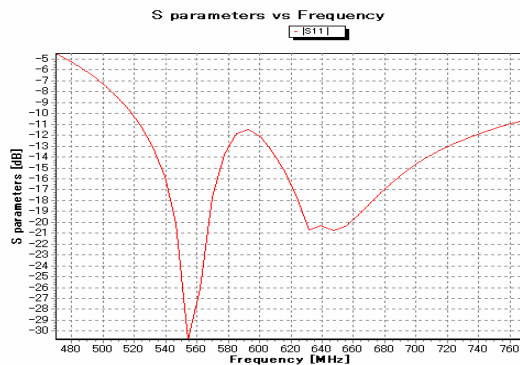


図7

dB単位で示すと図7のようになる。520MHz～770MHz

の周波数帯域において-10dB以下の値となった。また、共振周波数は約560MHzとなり、文献[5]にあったアンテナの特性とも一致した。

4.1.2. 利得

利得は図8のようになった。図の上方部の利得が高くなっていることが分かる。

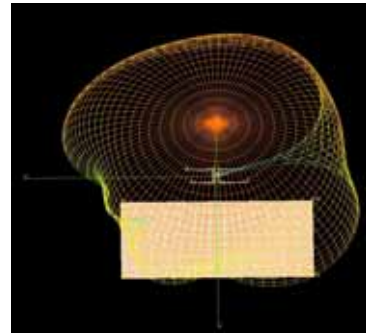


図8

4.2. 考察

FEKOを駆使することで、変形H型アンテナの構造を作成することに成功した。リターンロスは、地上波デジタルTVの周波数帯域のほぼ全域において、-10dB以下の値をとり十分な性能を持っているといえる。また、利得についても無指向性アンテナとして悪くない形をしている。

このアンテナを作成するにあたって、導線の太さを太くすればするほど、広い周波数帯域に対応できることを発見したため、導線を最大限に太くし性能を高めた。

しかし、導線の太さ・アンテナの構造などについて様々な検証をしたが、470MHzから520MHzにおけるリターンロスを-10dB以下にすることは叶わなかった。よって、まだ改良余地は残っているといえる。

5. ダイバーシチの利用

他のグループが作成した自動車のモデリングファイルを利用し、作成したアンテナを窓につけた場合の指向性や、両側につけてダイバーシチにした際の平均利得を比較する。

5.1. 変形H型アンテナと自動車の構造

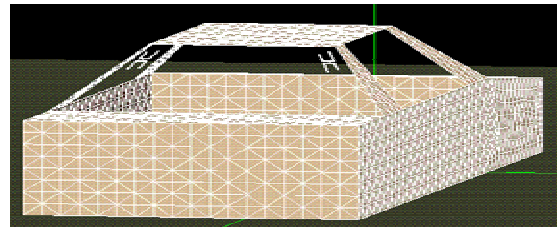


図9

図9は作成した変形H型アンテナを自動車のリアガラスの左部・右部にそれぞれ設置したものである。実際に使用

する場合を想定して、地面も考慮した。

5.2. リターンロス(一つの変形 H 型アンテナ)

dB 単位で示すと図 10 のようになる。取り付けの前と同様 520MHz ~ 770MHz 付近の周波数帯域においてほぼ -10dB 以下の値となっている。また、共振周波数は約 565MHz となり、取り付け前の変形 H 型アンテナの図 7 と一致している。

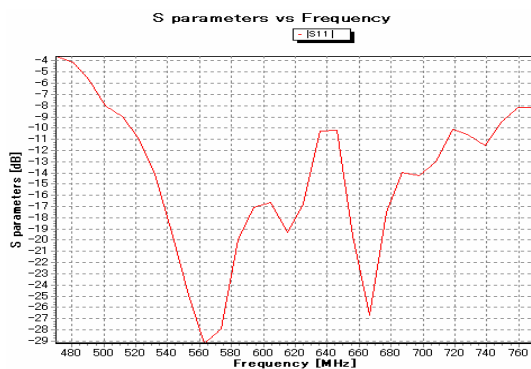


図 10

5.3. 利得(二つの変形 H 型アンテナ)

左後方部に取り付けた変形 H 型アンテナと右後方部に取り付けた変形 H 型アンテナ、それぞれの利得を算出した上で値を重ね合わせる。重ね合わせた値の大きいものとしたものが、ダイバーシチによる利得を示している。

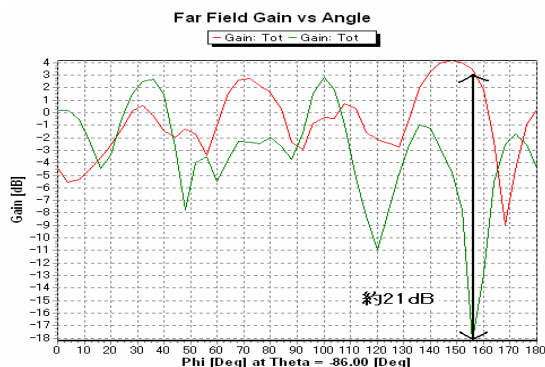


図 11

図 11 は水平面からの仰角が 4° の場合の利得を示し、ダイバーシチによって、一つのアンテナの時の弱点がカバーされていることが分かる。図 11 では最大で約 21dB の補正が行われている。

よって、ダイバーシチの有意性が証明できたといえる。

6. むすび

本研究では、K 社の考案したガラスアンテナと豊田中央研究所の考案した変形 H 型アンテナについて、FEKO を用いて電磁界解析を行い、その性能を検証し、地上波デジタ

ルテレビ受信用ガラスアンテナについて考案することを目的とした。

K 社のガラスアンテナについては、アンテナに金属板やガラス板を加えても性能に大きな影響は与えず、特性インピーダンスが 200 の際には、十分な性能を持っているといえる。

共振周波数はそれぞれの場合によって変化が見られたが、本研究では 470MHz から 770MHz という幅広い周波数帯域全域においてより低いリターンロスを得ることが本質であるため重要視はしなかった。

変形 H 型アンテナについては、OptFEKO を用いることによって大まかな大きさが判明していなかった状態から、アンテナ素子の大きさそれぞれを割り出し、我々なりの変形 H 型アンテナを作成することに成功した。

520MHz から 770MHz までの周波数帯については十分なリターンロスを得ることが出来、利得についても構造上多少利得の低い部分が見られるものの十分な結果を得ることが出来た。

470MHz から 520MHz までを加え、地上波デジタルテレビの周波数帯域全域でも、悪くない性能だといえる。

しかし、文献[5]の VSWR のグラフと比べると、470MHz から 520MHz についてもっと低いリターンロスの値を得られる可能性があることが分かり、さらに検証の必要があるといえる。

また、作成した変形 H 型アンテナをモデリングされた自動車に取り付け、ダイバーシチの有意性について検証した。単に変形 H 型アンテナを取り付けた際には変形 H 型の特性を残したまま、リターンロス・利得のグラフの形は大きく変わらなかった。しかし、ダイバーシチにすることによって利得の弱い部分が補われ、確かにダイバーシチが有用であることを証明することができた。今回は、指向性グラフによる定性的なものであったが、平均利得を割りだし定量的なダイバーシチの有意性を明らかにすることが今後の課題である。

7. 参考文献

- [1] 奥村善久、進士昌明: 移動通信の基礎、電子情報通信学会(1997).
- [2] ラパポート: デジタル移動通信、科学技術出版(2002).
- [3] FEKO User Manual.
- [4] 稲垣直樹: 電磁波工学、丸善株式会社(1993).
- [5] Hideo Iizuka, Toshiaki Watanabe, Kazuo Sato, Kunitoshi Nishikawa: Study of Modified H Shaped Antenna for Digital Terrestrial Reception System, TOYOTA Central Research & Development Labs(2004).