

ダイバーシチ方式を用いた新型ルーフ上の無突起車載アンテナに関する研究

2004MT043 川本 悠介 2005MT014 福岡 達広

指導教員 稲垣 直樹

1 はじめに

1.1 研究の背景

ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路情報システム) の普及に伴い、情報の入り口である車載アンテナの役割はますます重要となっており、複数のアンテナを複合搭載し小形・無突起化することが要求されている。また、マルチパスフェージングの問題を克服する必要がある。本研究では、ダイバーシチ受信を用いた新型ルーフを提案し、これらの問題の解決を目指す。

1.2 研究の目的

本研究の目的は、ヘルプネットサービスと車車間通信のアンテナを対象とした車載アンテナの無突起化を実現することである。ヘルプネットサービスとは、運転中の事故や急病に対処するサービスで、アンテナは 800MHz と 1900MHz で共振し、無指向性で、必要帯域内平均利得は -2.5dBi が必要とされている [1]。また、車車間通信ではアナログテレビ終了後の VHF/UHF 帯の利用が期待されており、水平方向指向性利得 1.0dBi 以上が必要とされている [2]。これらの条件を一つのアンテナだけで満たすのは難しく、ダイバーシチ方式が有効と考えられるので、各アンテナのダイバーシチについても有効性を検証する。また、アンテナの複合搭載による相互結合についても影響を調べる。

1.3 研究方法

電磁界解析シミュレーションソフト FEKO によって、車体とそのルーフ部に複数のアンテナを搭載したモデルを作成する。ルーフ部分の一部凹んだ構造を作り、そこにアンテナを設置するというモデルである。ダイバーシチ方式を用いて解析する。

1.4 ダイバーシチ方式

複数のアンテナを設け、その信号を選択または合成することでフェージングの影響を緩和する技術である [3]。本研究では移動局側で効果があるとされる空間ダイバーシチを採用する。空間ダイバーシチとは、複数のアンテナを信号の変動が無関係になる程度に離して置き、その出力を選択または合成する方式である。中でも、選択、等利得、最大比という合成法があるが、最も簡易な選択合成法を使って解析する。これは受信レベルが最も高いブランチを選択し、切り替える方法である [3]。

2 本研究で使用するアンテナ

2.1 ヘルプネット用アンテナ (800/1900MHz 共用)

2.1.1 線状 2 周波共用低背形アンテナ

本研究で用いるヘルプネット用アンテナの基本形の線状構造を図 1 に示す。長さ l_1 、高さ h の低背接地ルーフ

アンテナと、その間に長さ w の開放スタブを置いた構造である。点 O に給電する。長さ l_1 で低周波数帯で共振させ、開放スタブの長さ w を高周波数帯の 1/4 波長とする。それによって高周波数帯で点 A を接地状態に置き、長さ l_2 を調節して高周波数帯で共振させる。

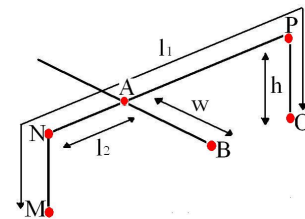


図 1 線状 2 周波共用低背形アンテナ

2.1.2 線状 2 周波共用低背形アンテナの設計

$h=20\text{mm}$ 、 $w=39.47\text{mm}$ とし、OPTFEKO による最適化を行った。目標値は、

- FarField : 最小値を最大化
- リターンロス : 800/1900MHz で最小化

に設定した。その結果、 $l_1=144.37\text{mm}$ 、 $l_2=36.75\text{mm}$ という値が得られた。

2.1.3 板状方形ルーフ型 2 周波共用アンテナの設計

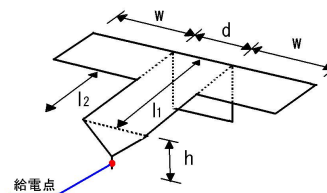


図 2 板状方形ルーフ型 2 周波共用アンテナ

実用的なアンテナをつくるために、前述の線状 2 周波共用アンテナを板状方形化したものを作成し、放射領域を広くして放射波を多く得ることで性能向上を目指した。そのアンテナを図 2 示す。 $h=20\text{mm}$ 、 $w=40\text{mm}$ とし、OPTFEKO により最適化した。最適化するパラメータは l_1 、 l_2 、 d とした。目標値は、FarField の最小値を最大化、リターンロスを目標の周波数で -10dB 以下に設定した。その結果、 $l_1=88.49\text{mm}$ 、 $l_2=43.41\text{mm}$ 、 $d=29.21\text{mm}$ という値が求められた。また、このときリターンロスは 815MHz で -15dB、1880MHz で -10.1dB を得ることができ、実用的な値である -10dB 以下を達成した。水平面内指向性も、目標値の平均 -2.5dB 以上を達成した。指向性とリターンロスを図 3 図 4 に示す。

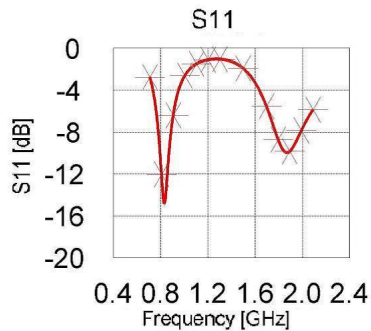


図3 板状方形ループ型アンテナのリターンロス

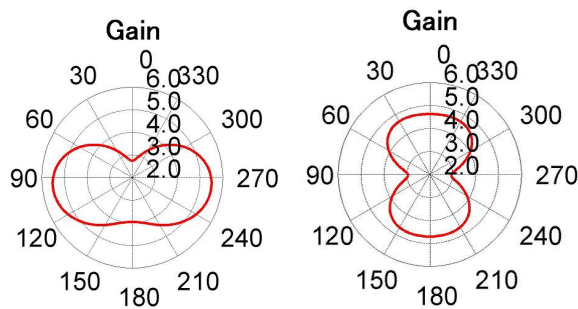


図4 800MHz/1900MHz, X-Y 面内指向性 [dB]

2.2 車車間通信用板状逆 F 型アンテナ (740MHz)

2.2.1 板状逆 F 型アンテナとは

モノポールアンテナを 90° 折り曲げて小型化を図った逆 L 型アンテナは放射抵抗が低く、インピーダンス整合が取りにくい。そのため、逆 L 型アンテナの給電点付近に短絡部を付け、整合を取りやすくしたものを逆 F 型アンテナという。更に整合が取れるようにするために、板状逆 F 型アンテナが考案された。

2.2.2 アンテナの形状

短絡ピンの幅と給電線との距離を調整し、インピーダンス整合を行う。 l と w は $h = 0.03$ のとき、 $l + w \approx \lambda/4$ となるので、 l と w を調整してアンテナの精度を上げる。アンテナ形状を図 5 に示す。

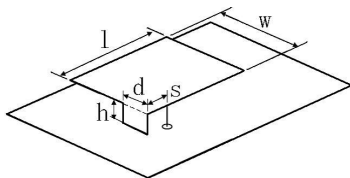


図5 板状逆 F 型アンテナの形状

2.2.3 アンテナの設計

先行研究 [4] より車車間通信に適した周波数が 740MHz ということがわかっているので、740MHz で共振するようにアンテナを設計した。アンテナ導体平板の周囲長は半波長として、正方形にすることにより帯域幅を広げるようにした。アンテナの高さ h は 2cm 以下とし、短絡ピンの幅 d 、給電点までの距離 s 、給電線

の半径 r を調整することによって、アンテナ特性を良くした。表 1 にアンテナの設計パラメータを示す。このアンテナを完全導体のグラウンド上に置き、解析を行う。また、そのときのリターンロス、指向性を図 6 図 7 に示す。

表 1 740MHz におけるアンテナの設計数値 [単位: cm]

全長 ($l + w$)	10.13
長さ (l)	5.064
幅 (w)	5.064
高さ (h)	1.845
短絡ピンの幅 (d)	1.058
給電点までの距離 (s)	0.615
給電線の半径 (r)	0.0695

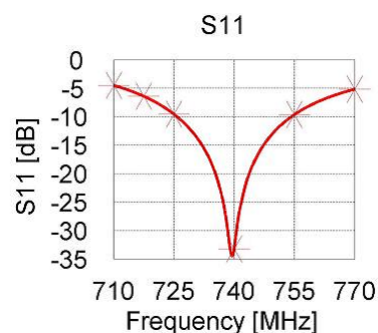


図6 板状逆 F 型アンテナのリターンロス

基準値である -10dB 以下を満たしているのは 726MHz から 754MHz のときで、最小値は 740MHz のときの -34.6dB であった。

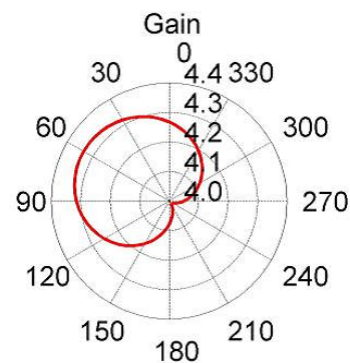


図7 X-Y 面内指向性 [dB]

3 新型ループモデル

本研究では、ヨーロッパで実用化されている特別なループモデルを使用する。これは、ループ部分の一部を凹型に切り取り、アンテナ設置スペースを確保するというモデルである。Volvo XC90 や、Mercedes-Benz ML350 でこのような無突起化を実現している。これは、ループの下に窪みをつくりアンテナ設置スペースを確保している。

電磁界解析シミュレーションソフト FEKO によって、車体とそのルーフ部に複数のアンテナを搭載したモデルを作成する。まず、ルーフの中央部が凹んだ構造を作り、そこにアンテナを設置するモデルを作って解析したが、良い結果が得られなかった。そのため、ルーフ部の前後が凹んだ構造を作り、そこにアンテナを設置するというモデルを作成した。ダイバーシチ方式を用いて解析する。ルーフはセダンタイプの $1.64 \times 1.26\text{m}$ のものを使用した。先行研究より、車両全体とルーフ+ピラーはほぼ同じ解析結果が得られることがわかっているため、ルーフ+ピラーモデルでの解析を行う。ルーフ凹部は $0.4 \times 1.26\text{m}$ 、深さを 0.05m とした [5]。ルーフモデル図を図 8~10 に示す。

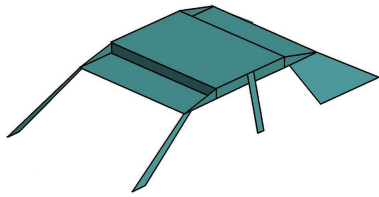


図 8 ルーフモデル概観

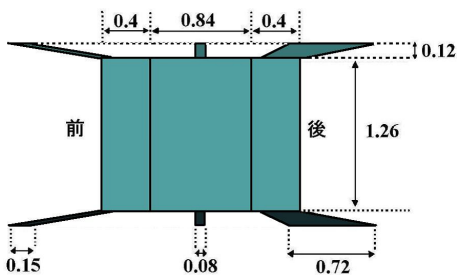


図 9 ルーフモデル・上から見た図 [m]

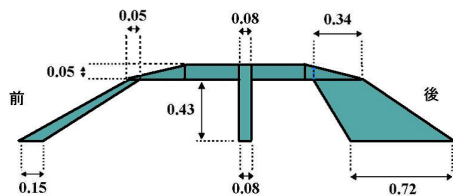


図 10 ルーフモデル・横から見た図 [m]

4 ダイバーシチによる指向性の合成

4.1 ヘルプネット用アンテナ

ヘルプネット用アンテナの座標を図 11 に示す。座標の $x=1.4\text{m}$, $y=0.63\text{m}$ と $x=0.24\text{m}$, $y=0.63\text{m}$ に搭載して解析した。

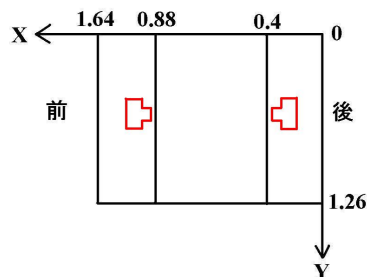


図 11 アンテナ座標図 [m]

4.1.1 ヘルプネット用アンテナの特性,

800MHz/1900MHz における X-Y 面内指向性

800MHz ではほぼ要求を満たすことができた。1900MHz のときも、全体の 2/3 をカバーできていた。指向性を図 12 図 13 に示す。

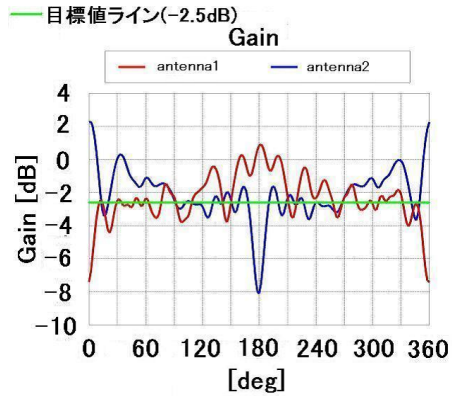


図 12 800MHz, X-Y 面内指向性 [dB]

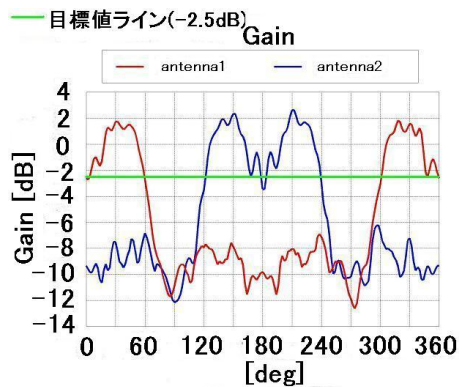


図 13 1900MHz, X-Y 面内指向性 [dB]

4.2 板状逆 F 型アンテナ

板状逆 F 型アンテナの座標を図 14 に示す。座標の $x=1.4\text{m}$, $y=0.1\text{m}$ と $x=0.24\text{m}$, $y=1.16\text{m}$ に搭載して解析した。また、その指向性を図 15 に示す。

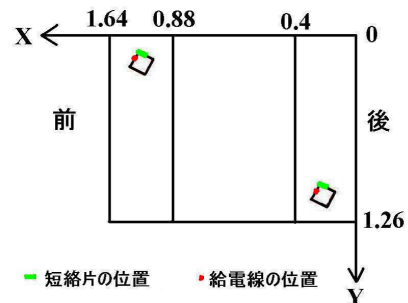


図 14 アンテナ座標図 [m]

4.2.1 板状逆 F 型アンテナの特性, 740MHz における X-Y 面内指向性

ダイバーシチ方式を使用していないときより 1dBi 以上の範囲を増やすことができた。

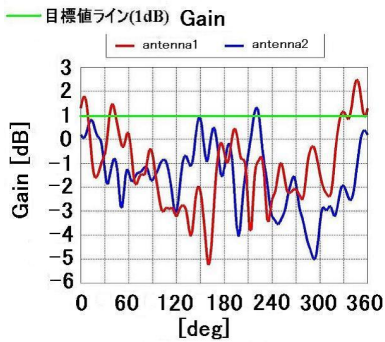


図 15 X-Y 面内指向性

5 相互結合による影響

ループモデルによるアンテナ単体の解析の結果、ヘルプネット用アンテナはループ凹部の中央が最適位置であったのに対し、板状逆 F 型アンテナはどの座標に置いてあまり違いは見られなかった。なのでヘルプネット用アンテナを中央部に置き、その周りに板状逆 F 型アンテナを置いて影響を調べた。その結果、ヘルプネット用アンテナは指向性にほとんど影響が出なかったのに対し、板状逆 F 型アンテナは指向性が低下した。いずれも、ヘルプネット用アンテナに対して板状逆 F 型アンテナを斜め前に置いたときの指向性が一番良かった。その座標を図 16 に示す。ヘルプネット用アンテナを座標の $x=1.4\text{m}$, $y=0.63\text{m}$ と $x=0.24\text{m}$, $y=0.63\text{m}$ に、その斜め前 45° の方向に 1cm 離して板状逆 F 型アンテナを置いた。その指向性を図 17~19 に示す。

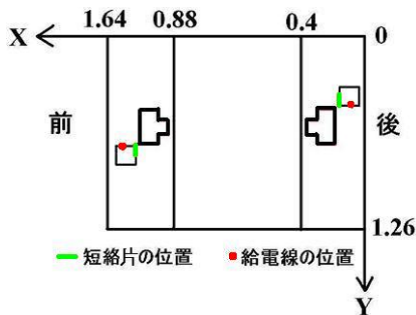


図 16 アンテナ座標図 [m]

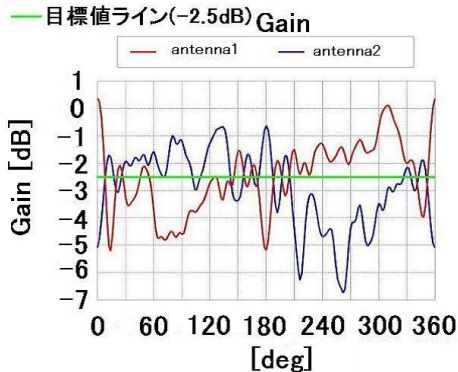


図 17 ヘルプネット用アンテナ, 800MHz, X-Y 面内指向性 [dB]

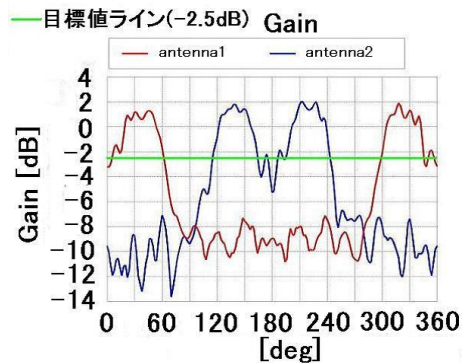


図 18 ヘルプネット用アンテナ, 1900MHz, X-Y 面内指向性 [dB]

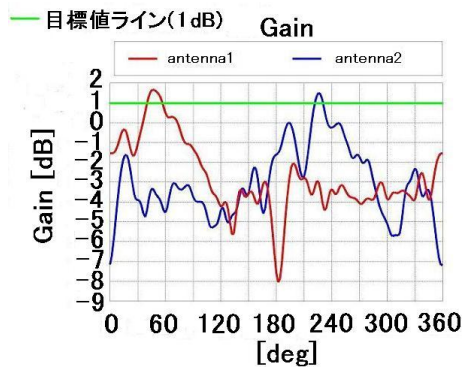


図 19 板状逆 F 型アンテナ, 740MHz, X-Y 面内指向性

6 おわりに

本研究では低背形型のアンテナと、特別なループ形状によって小型・無突起化を実現した。しかし指向性は一部で目標値を達成できなかった。アンテナの設計、配置位置の研究などが今後の課題である。また、今後は相互結合についてもさらに検討が必要である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、熱心なご指導を頂いた稲垣直樹教授、ならびに藤井勝之講師、また多くの時間を共にした稲垣研究室のみなさまに深く感謝致します。

参考文献

- [1] 緊急通報サービス HELPNET ホームページ, <http://www.helpnet.co.jp/>.
- [2] 総務省ホームページ, <http://www.tele.soumu.go.jp>.
- [3] 後藤尚久, 中川正雄, 伊藤精彦: アンテナ・無線ハンドブック, p.81-82, オーム社.
- [4] 穂苅友規, 佐藤雅大, 鈴木祐也, “車車間通信における最適周波数の選定” 南山大学数理情報学部情報通信学科 2007 年度卒業論文.
- [5] 藤井智浩, 田中雅人, 山田英貴 “ITS 路車間通信におけるアンテナと伝播に関する研究” 2006 年度南山大学数理情報学部情報通信学科卒業論文