

非平面グラウンド上の逆F型アンテナに関する研究

2003MT049 桑山 真一 2003MT068 長島 圭樹

指導教員 稲垣 直樹

1 はじめに

1.1 研究背景

ITS(Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム)の進展に伴う各種車載アンテナ, コピキタス通信における超小形アンテナなど, 小形アンテナは無線通信の多くの分野で用いられ, 将来は医療用, エネルギー伝送, センサー及び光分野にまで用途が拡張されようとしている.

小形アンテナには $\lambda/4$ モノポールアンテナを螺旋状にして全長を短縮したノルマルモードヘリカルアンテナ, そして $\lambda/4$ モノポールアンテナを折り曲げることで低姿勢化を実現する逆L型アンテナ, さらに改良させた逆F型アンテナなどがある.(図1-2)

これらはアンテナの寸法を縮小するが, 周波数特性・放射効率・利得などアンテナ特性の一部を犠牲にして小形化を実現しており, 性能の維持または向上という要求に対してアンテナ設計が困難である. 近年でも, 車載された長尺なアンテナはドライバーの不注意により折れてしまうことがあるため, アンテナの回収や修理の工数にかかる費用が負担となっている. また, アンテナ設置による外観を損なわないためにも小形化は避けられない課題である. これらの問題を解決するために, 折れない短いアンテナかつ実用的に活用できるアンテナ特性を持つという考え方のもと, 逆F型アンテナに着目した. 板状逆F型アンテナを車のルーフを想定した非平面グラウンドに設置して, 新たな活用を見出すことでさらなる用途の拡張を目指して本研究を進めていく.[1][5]

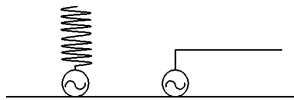


図1 ノルマルモードヘリカルアンテナ(左図)と逆L型アンテナ(右図)



図2 逆F型アンテナ

1.2 研究の目的と方法

本研究の目的は平面グラウンドと非平面グラウンド上に逆F型アンテナを設置し, アンテナの構造条件を変えてそのアンテナの特性変化に着目することで, より安定した実用性のあるアンテナを求めることである. 非平面グラウンドを車のルーフに見立ててアンテナを車載した. 周波数帯は76-90MHzに設定したが, これは車載アンテナがよく使用されるFMラジオの周波数領域を用いた. AMラジオの周波数帯は増幅器でカバーする. 本研究で使用する板状逆F型アンテナは, $\lambda/4$ モノポールアンテナを折り曲げることにより低姿勢化が可能であり, 機器筐体の実装が可能である. しかし, 非平面グラウンドに実装すると, 周波数特性・放射効率・利得のいずれかが劣化するため, アンテナを平面グラウンドと非平面グラウンドのそれぞれ4箇所を設置して解析を行い, その結果に着目することでより優れた特性を持つアンテナの開発を目指す.

1.3 研究の概要

図3に示すように, アンテナの全長を91.2cm, アンテナ本体と底面との幅を1.5cm, 給電用導線の太さを0.1cmに固定した. これは無限グラウンドにアンテナを設置したときに最も良いアンテナ特性を示した寸法である. このとき, 最大利得は3.0dBi, リターンロスは-11dBであった. そして設置位置を変えることと, 平面グラウンドと非平面グラウンドでの特性を比べて実用性のある優れたアンテナを追求していく.

1.4 役割分担

桑山真一は主にFEKO解析と文章作成を, 長島圭樹は主にFEKOプログラム作成とFEKO解析を行った.

2 逆F型アンテナについて

2.1 特徴

モノポールアンテナのエレメントを90°の角度で曲げたアンテナを逆L型アンテナというが, この逆L型アンテナはインピーダンス整合が取りにくくマッチングが必要となる. そのため, 逆L型アンテナの給電点付近に短絡部を付け, インピーダンス整合を取りやすくしたものを逆F型アンテナという. 本体部と給電部の太さの比率を変えることにより, 放射抵抗を大きくしてマッチングを行う方法がよく用いられている. 逆F型アンテナはモノポールアンテナと比べて低姿勢, 薄型となる形状であるため, 車載に適している. 逆F型アンテナの長さは

$\lambda/4$ であるが、より小形化する方法が色々工夫されている。また、逆 F 型アンテナの性能をさらに向上させるため、グラウンド板に平行な部分を平板にすることにより、垂直部の放射領域を広くして放射波を多く得る方法を用いている。本研究ではこの板状逆 F 型アンテナを使用して研究を進めていく。[2]

2.2 アンテナの基本形状と設置位置

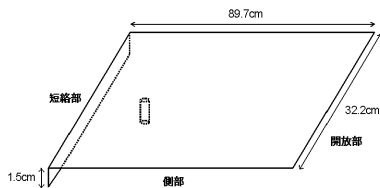


図3 板状逆 F 型アンテナの基本形状

本研究ではアンテナ寸法を上記の値に固定して、平面グラウンドと非平面グラウンドでのアンテナ特性の変化に着目する。アンテナ全長は 76MHz-90MHz に適した長さである 83-99cm の中央長を取って 91.2cm を採用した。

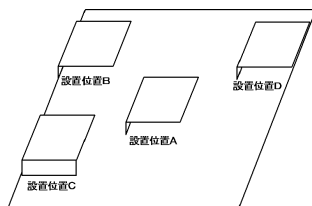


図4 平面グラウンドの設置位置

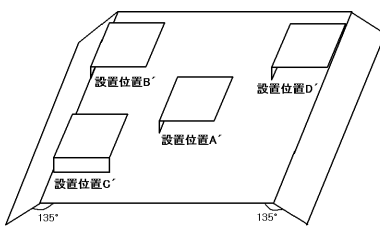


図5 非平面グラウンドの設置位置

平面グラウンドでは A-D の 4 箇所、非平面グラウンドでは車のルーフにアンテナを載せることを想定して、A'-D' の 4 箇所に設置した。アンテナ寸法を図 3 の基本形状に固定してそれぞれの位置におけるリターンロス値、利得を検証した。アンテナの開放部、側部、短絡部をルーフサイドに沿って設置した場合を考慮した。

本研究では、この平面グラウンドと非平面グラウンドで対応するアンテナの特性の違いを研究していく。

3 アンテナ特性の評価項目

3.1 リターンロス

リターンロスとは複素反射係数を dB で表し、周波数ごとに図にしたものである。リターンロスは 0dB の場合、アンテナへ供給される電力が放射されずに全て反射して電源へ戻ってくる。アンテナで電力が放射されるなどして電力が消費され、反射して戻る電力が減少するとリターンロスが減少する。これが良いアンテナの条件となりアンテナとして利用する場合、-10dB 以下にすることが目安である。[3]

3.2 利得

利得とは電波の経済性の良さを表す指標である。つまり、利得が高いということは、無駄な電波を出すことなく任意方向への電波の送受信がスムーズに行われるということである。また、利得図からは数値だけでなく、どの方向にどれほどの利得があるのか視覚的に確認できる。一般的に実用性のあるアンテナとして必要とされる利得は 1dBi 以上である。[4]

4 解析結果

4.1 リターンロスの比較

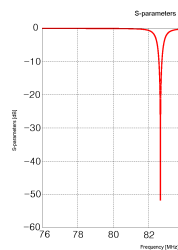


図6 平面 A

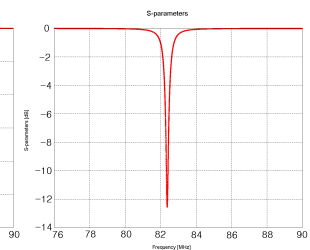


図7 非平面 A'

平面グラウンド A の最小リターンロスは -50dB であるのに対し、非平面グラウンド A' の最小リターンロスは -12.5dB と大きく劣化した。共振周波数は共に 82.5MHz と同じであった。

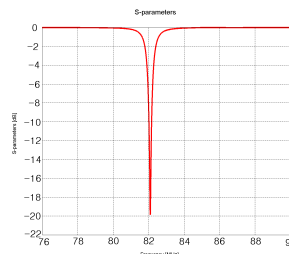


図8 平面 B

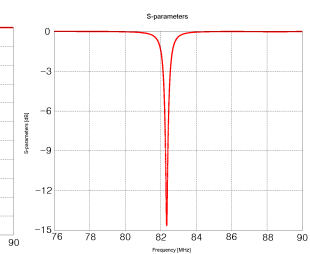


図9 非平面 B'

平面グラウンド B の最小リターンロスは -20dB であるのに対し、非平面グラウンド B' の最小リター

ンロスは-14.5dBと少し劣化した．共振周波数は共に82.2MHz付近でほぼ同じであった．

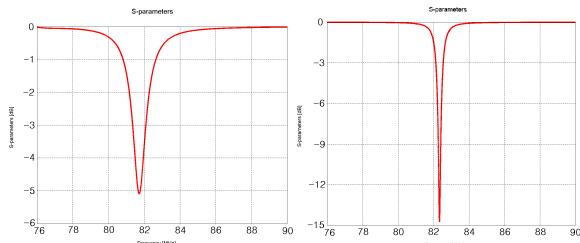


図 10 平面 C

平面グラウンド C の最小リターンロスは-5dB であるのに対し，非平面グラウンド C' の最小リターンロスは-14.5dB と向上した．この位置のみ，他とは違った結果が示された．共振周波数は 81.8MHz と 82.2MHz であり，わずかに変化があった．

図 11 非平面 C'

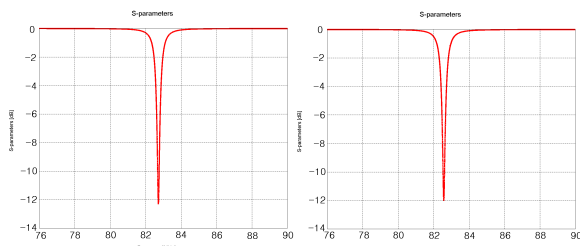


図 12 平面 D

平面グラウンド D の最小リターンロスは-12.3dB であるのに対し，非平面グラウンド D' の最小リターンロスは-12dB とほぼ同じ値を示した．グラウンドの反射の影響を受けない位置であると考えられる．共振周波数は共に 82.5MHz であった．

図 13 非平面 D'

4.2 利得の比較

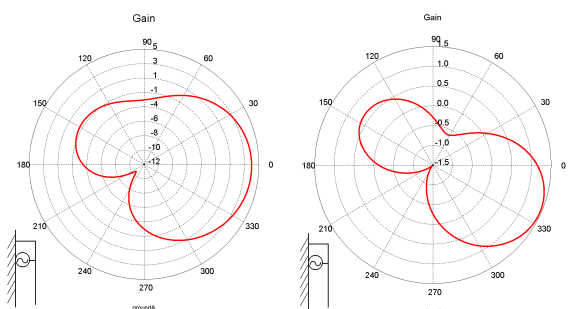


図 14 平面 A の利得図

設置位置 A-A', B-B', C-C' と同じ位置における平面グラウンドと非平面グラウンドをそれぞれ比べたところ，ほぼ同じ影響が結果として示されたため，ここでは設置位置 A-A' を取り上げた．図 14, 図 15 より A も A'

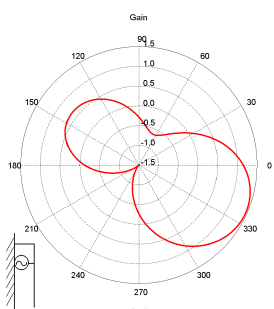


図 15 非平面 A' の利得図

もほぼ指向性は変わらないが，60° 付近に少し違いが見られる．これは非平面グラウンドの影響を強く受けたと考えられる．同様に B-B', C-C' のアンテナも非平面グラウンドの影響を受けたであろう同じ結果が得られた．利得が 1dBi をクリアしたのは平面 A が 90°，非平面 A' が 60° の範囲であり実用性に欠けた結果であった．

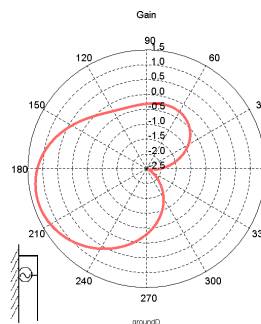


図 16 平面 D の利得図

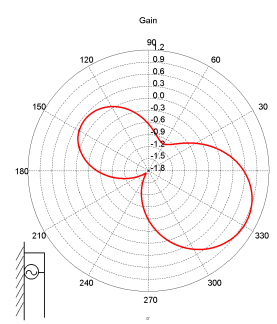


図 17 非平面 D' の利得図

D-D' は A-A', B-B', C-C' に設置したアンテナとは違い，平面グラウンドと非平面グラウンドとの指向性がまったく違う結果が得られた．図 14-17 より，A-C と比べて D が真逆の方向性を示していることから，逆 F 型アンテナは開放部からの放射がグラウンドの影響を強く受けると考えられる．利得が 1dBi をクリアしたのは平面 D が 60° の範囲，非平面 D' に関してはクリアできなかった．

4.3 設置位置 D のアンテナ特性

これまでの研究から，唯一異なる指向性を示した設置位置 D に着目してさらに研究を進めた．

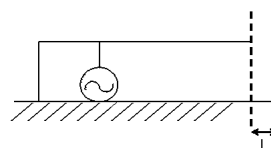


図 18 横から見た逆 F 型アンテナ

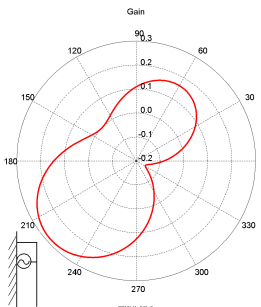


図 19 L=1mm の場合

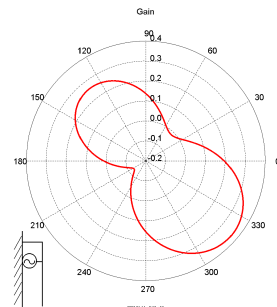


図 20 L=12mm の場合

アンテナ開放部を平面グラウンドの端にそろえる設置

位置 D は利得図が設置位置 A-C とは違う結果が得られた。一方、非平面グラウンドの設置位置 D' のアンテナは設置位置 A'-C' と同じであった。これはアンテナ開放部付近のグラウンド変化による反射が利得図に大きく影響を与えるからと考えられる。この結果に着目し、ループの角度を変えたところ、変化は見られなかったが開放部付近のグラウンド延長させると利得図も変化した。特に、1mm から 12mm まで延長したときの利得図の変化が著しく、利得の向きが 120° 変化することが示された。(図 18-20)

5 考察

表 1, 表 2 より設置位置 A-A' と B-B' はリターンロスが劣化し、C-C' は向上し、D-D' はほぼ変化がないことが示された。この結果から、板状逆 F 型アンテナは短絡部付近でのグラウンド変化に対してリターンロスが劣化する。また開放部の平面変化に対しては、ほぼ影響を受けないことがわかる。これらの結果は給電部と短絡部がグラウンドと密接しており、開放部付近の方は密接な部分がないためと予想される。これより、板状逆 F 型アンテナを車載する際にはアンテナの開放部と側部がループに沿うような設置が適しており、この位置が最も安定したアンテナ特性を得られると考えられる。

利得は、非平面グラウンドにおいて反射要素が増えるため、A-D のアンテナ全ての性質が落ちてしまうことが示された。

さらに、設置位置 D のグラウンドを延長することによる利得図変化の研究では 1mm から 12mm までの範囲で強い影響を示した。1mm ごとに利得方向が少しずつ変化したが、これはグラウンドの長さによる反射の違いが原因であると考えられる。つまりグラウンドの長さを変えることで、利得方向の操作が可能であるということを得た。

表 1 平面アンテナ特性一覧

	設置位置 A	設置位置 B	設置位置 C	設置位置 D
最大利得 (dBi)	4.0	2.8	1.8	1.3
リターンロス (dB)	-50	-20	-5.0	-12.3

表 2 非平面アンテナ特性一覧

	設置位置 A'	設置位置 B'	設置位置 C'	設置位置 D'
最大利得 (dBi)	1.5	2.2	1.0	0.9
リターンロス (dB)	-12.5	-14.5	-14.5	-12

6 まとめ

本研究はアンテナ本体部を折り曲げる板状逆 F 型アンテナを使用するため、小形化という点では低姿勢であるアンテナ構造を実現している。

そして、平面グラウンドと非平面グラウンドにおける板状逆 F 型アンテナの特性変化について着目することで、非平面グラウンドでの有効な設置位置を特定することができた。また、リターンロスにおいても良いアンテナの目安となる -10dB をクリアすることができた。設置位置 D のアンテナにおいては、グラウンドを延長することで、120° の範囲での利得方向を操作できることが得られた。この利得方向の操作を利用すれば、使用状況に応じて必要とされる利得方向を決定できるため、様々な用途で活用できる。

7 今後の課題

本研究は、アンテナの設置位置に対してアンテナ性能がどのように変化するかを検証しながら実用的なアンテナを追求する研究であるが、リターンロスは必要とされる -10dB をクリアすることができた。しかし、広範囲からの安定した利得の獲得や十分な帯域幅が得られなかったため、今後はさらに実用性のあるアンテナ研究が求められる。

設置位置 D のアンテナは開放部付近でのグラウンド変化に指向性が影響されることが示された。今回はグラウンドを 1mm から 12mm まで延長させて研究を行ったが、グラウンド形状を変えて解析することも課題とされる。

参考文献

- [1] AM/FM ラジオ共用車載アンテナに関する研究：堀英晴，石津良輔，加藤倫也，南山大学数理情報学部情報通信学科 2004 年度卒業論文
- [2] 多重折り返し板状逆 F アンテナ-エンジンスタートへ応用-：鈴木洋佑，南山大学数理情報学部情報通信学科 2005 年度修士論文
- [3] 車載情報システムの小型アンテナに関する研究：島田裕一，庄司彦之，南山大学数理情報学部情報通信学科 2004 年度卒業論文
- [4] 稲垣直樹：電磁波工学，丸善株式会社 (1993)
- [5] 山田吉英，杉尾嘉彦，伊藤公一：小形アンテナとシステム応用，ケイラボ出版 (2004.3)
- [6] FEKO ホームページ
http://www.feko.info/members/release_notes