

車車間通信における最適周波数の選定

2004MT026 穂苅 友規 2004MT090 佐藤 雅大 2004MT104 鈴木 祐也
指導教員 稲垣 直樹

1 はじめに

1.1 研究の背景

近年、情報通信ネットワークが発展し、ETCなどのDSRC(Dedicated Short Range Communication)を用いた路車間通信は実用化されている。しかし、車車間通信においては周波数が今だ確定しておらず実用化に向け研究されている。そこで、2010年に地上波デジタル放送の移行に伴う、アナログテレビ終了後の跡地利用で自動車業界がVHF,UHF帯の周波数を自動車に活用できないかと提案している。この周波数帯においては自動車業界の他にも様々な業界や企業が獲得に乗り出しており、使用できるかは決まっていない[1]。

1.2 研究目的

車車間通信の通信性能を向上させることで無線通信範囲を広げ、ドライバーに対する運転支援が可能となり、交通事故の防止に繋げることができると考えられる。本研究では交通事故で多い出会い頭の事故削減に向け、見通しの悪いエリア外通信での通信範囲の拡大を目的とする。このとき、利得の低い部分でも水平方向指向性利得1.0dBi以上を得られるような周波数が理想であり、なおかつ使用可能な周波数であることが条件である。それにより見通し外エリアにおいて通信性の向上を目指す。

1.3 研究方法

本研究ではFEKOを使用し、周波数710MHzから770MHzのうち710MHz,740MHz,770MHzの周波数と5.8GHzで解析を行い、各周波数で共振する4分の1波長逆F型アンテナの設計を行う。これらの周波数を選択した理由としては現在、車車間通信で使用されているミリ波レーダー用の66GHzと77GHzや5.8GHzは、狭域通信や近距離測定用で割り当てられた周波数であり、車車間通信では使用しにくいというのが現状である。そこで、2011年に行われる周波数再編により700MHz帯を使用することが検討されていることから710MHzから770MHzの周波数を選択した。また、5.8GHzを選択した理由として自動車業界が現在専用で使用できる周波数の一つだからである。

FEKOでの解析結果をもとに、RapLabを使用して電波伝搬の解析を行う。そして、選定した周波数と現在車車間通信で使われている5.8GHzの周波数の2種類を比較していき、周波数の差が大きい2つの周波数にはパスの形成や伝搬損失、受信レベルがどのような違いがあるのかを検証していく[1][2]。

2 車車間通信におけるフェージングについて

2.1 フェージング

無線通信ではアンテナから送信された信号は受信する方向によって様々な経路を通過して到達する。また、曲がり角では通信の際に電波の影響を及ぼす障害物が多く存在し、時間的に変動することが起きる。このように時間差をもって到達した電波の波長が干渉し合うことによって電波レベルに影響を与えることをフェージングという[3]。

2.2 マルチパス

電波が送信アンテナから受信アンテナへ通信する際に一直線に向かう直接波だけでなく、回折波や透過波、反射波といったように一つの信号に対して複数の伝送路が存在することをマルチパスという[3]。

2.3 マルチパスフェージング

送信点で同一であった信号が、様々な経路を透過して受信点に向かうときにそれぞれの波長の強度や位相が互いに異なり、強め合う場所や弱め合う場所ができる。送信アンテナや受信アンテナの微妙な位置関係で受信する電界の強度は複雑になり、大きく変化する。このような電界強度の変化をマルチパスフェージングという[3]。

3 使用するアンテナについて

3.1 板状逆F型アンテナの特徴

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(図1)。本体部と給電部の太さの比率をかえることにより、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、より小型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[4]。

3.2 アンテナの形状

図2に示すように、アンテナ本体の長さを l 幅を w とし、平板の角から給電点までの距離を s 、短絡ピンの幅を d 、アンテナの高さを h とする。 $h = 0.03\lambda$ の時に $l+w \approx \lambda/4$ となる関係が知られているので、 l と w の調節に

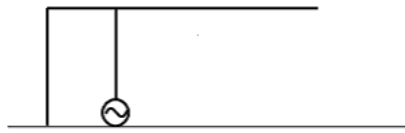


図1 逆F型アンテナ

よってアンテナの精度をあげる．さらにインピーダンス整合は給電線との距離と短絡ピンの幅の調整により行う[5]．

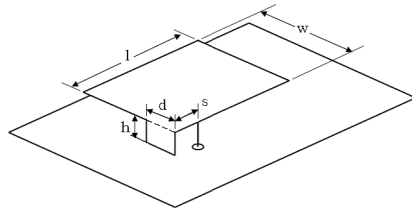


図2 板状逆F型アンテナ

3.3 板状逆F型アンテナの設計

本研究では数値解析を 710MHz~ 770MHz の範囲で、710MHz・740MHz・770MHz の3つの周波数と 5.8GHz の周波数で設計・解析を行った．表1は各周波数でのアンテナの数値を表したものである．なおこの数値は固定値である全長と高さ以外の数値は、任意に調節することができるので最良だと思われる数値を選び、このアンテナを無限平面グラウンド上の誘電体基板に設置する．そして誘電体の大きさを 10cm 四方の金属板に設定して研究を進めていく．

表1 各周波数での設計数値 (cm)

周波数 (MHz)	710	740	770	5800
全長	10.56	10.16	10.56	1.293
長さ (l)	9.756	8.914	8.926	1.173
幅 (w)	0.300	1.100	1.130	0.120
高さ (h)	1.216	1.216	1.215	0.150
短絡ピンの幅 (d)	0.200	0.600	0.900	0.020
給電点までの距離 (s)	0.700	1.000	1.100	0.040

4 板状逆F型アンテナの周波数による比較

4.1 アンテナ特性の評価項目

4.1.1 利得

利得とは同一電力密度の場に被測定アンテナと基準アンテナを置き、受信できる電力の比．つまり、利得が高いということは送信アンテナから無駄な電波を出すことなく、受信アンテナ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、全ての方向にどれほどの利得があるのかを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 以上と通信業界で決められている．

4.1.2 リターンロス

リターンロスとは送信機からアンテナに向かう電力に対して、反射して戻ってくる電力の比である．リター

ノスは 0dB の場合、アンテナへ供給される電力が放射されずにすべて反射して電源へもどってくる．アンテナで電波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を利用する場合、-10dB 以下にすることとされている．

4.2 各周波数のアンテナ特性の比較

4.2.1 水平面内指向性利得

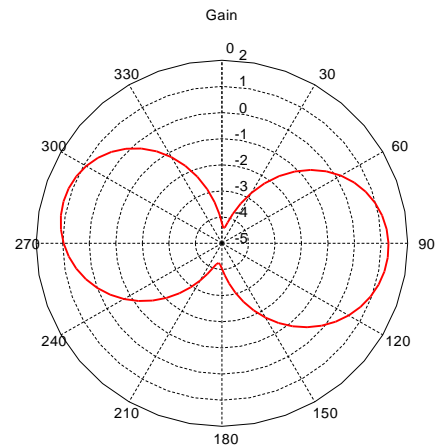


図3 板状逆F型アンテナの740MHzにおける水平面内利得 (dBi)

数値解析では 710MHz~ 770MHz の範囲と 5.8GHz で計算を行った．740MHz での水平面内利得を図3に示す．740MHz で利得が最大になったのは 90° で、1.3 dBi に達し、74° ~ 110°、270° ~ 300° の範囲で利得の基準値である 1dBi を満たしている．

4.2.2 リターンロス

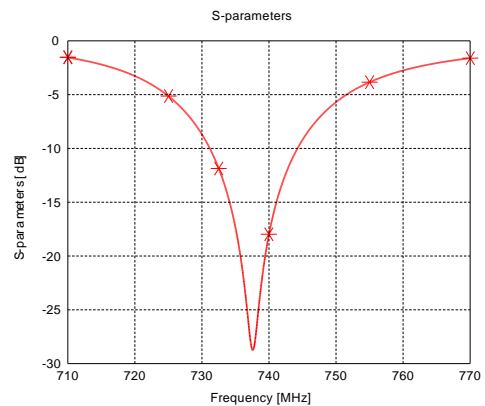


図4 板状逆F型アンテナの740MHzにおけるリターンロス (dB)

数値解析では 710MHz~ 770MHz の範囲と 5.8GHz で計算を行った．740MHz でのリターンロスを図4に示す、740MHz のとき -18dB を示し、-10dB 以下となる

帯域幅は 732MHz~ 745MHz 付近であり，最小リターンロスは 737MHz で -29dB を示した．

4.3 解析結果と考察

解析結果を表 2 に示す．今回の研究では解析時間の短縮のため一例として，10cm 四方の金属板を使用した．その結果，下記の表のように 700MHz 帯ではほとんど変化が見られなかった．5.8GHz ではアンテナの全長が 1.3cm ととても短くなってしまったため，FEKO 上でのアンテナの設計がうまくいかずうまく整合がとれなかった．また，5.8GHz という高い周波数になると直進性が強くなってしまったため，本研究では 700MHz 帯を使った方が向いているといえる．さらに，解析を行った結果から本研究のアンテナ寸法における 710MHz~ 770MHz の範囲では 740MHz でのアンテナが最も適していると考えられる．

表 2 各周波数での解析結果

周波数 (MHz)	710	740	770
最大利得 (dBi)	1.3	1.3	1.2
リターンロス (dB)	-16	-18	-16

5 RapLab での解析

5.1 基本設定

3D レイトレース法を使用する電波伝搬の解析ツール (RapLab4) [6] を用いた．車車間通信が必要だと思われる見通し外エリアを想定し T 字路を設計した．道路は道幅 10 メートル，壁の高さは無限である．車は車幅 2.0m，長さ 4.0m，高さ 1.0m の簡易モデルを使用した．これは，RapLab の設定上今回は 1m 単位の設計でしかできなかったためである．

材質は道路，壁はコンクリート材質を使用し，車はメタル材質で作成した．

アンテナは，FEKO で解析した結果，700MHz 帯で最も適した周波数 740MHz を使用，アンテナ長は 10cm で形状は RapLab で使用可能である標準ダイポールアンテナとした．そして，比較対象として現在 DSRC で使用されている 5.8GHz を使用，アンテナ長は 0.13cm，形状は同じく標準ダイポールアンテナを使用した．アンテナ利得は 2.15dBm，送信電力は 30dBm とする．

5.2 解析方法

基本設定の環境で道路を設計し，車にアンテナを設置する．この際，車の天井部に地面に垂直に設置し，道路に図 5 のように車 1，車 2 を配置する．アンテナの周波数は 740MHz，5.8GHz でアンテナ間距離 L が 15m，30m，50m，75m，100m，となるような 5 つの地点それぞれ移動させ，直接波が届かないように配置し解析を行った．

今回は車 1 に設置したアンテナ側から送信し，車 2 で受信した値について検証した．

計算は，レイトレース法を用い，反射 3 回，回折 1 回まで考慮した．この反射回折回数は，この回数以下であると

データとして得られる値が少なく，この回数以上であると解析時間が大幅に増えることに加え，これ以上の回数で反射，回折した電波は損失が大きく総合電界への寄与は無視できるため今回の解析には含めなかった．また，透過波は値がほとんど得られないことや，解析時間に影響するため除外した．各周波数で各アンテナ間距離で解析しそれぞれの解析値をデータをまとめ，比較する．

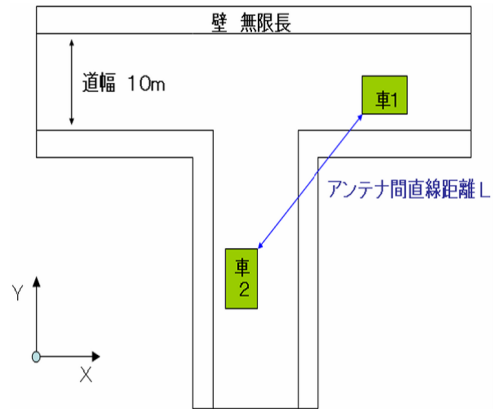


図 5 使用道路図

5.3 解析結果

今回の解析値において 740MHz と 5.8GHz を比較する．はじめに，740MHz の受信レベル，伝搬損失を図 6 に示し，5.8 GHz の受信レベル，伝搬損失を図 7 に示す．つぎに，各周波数における伝搬損失比較を図 8 に示す．

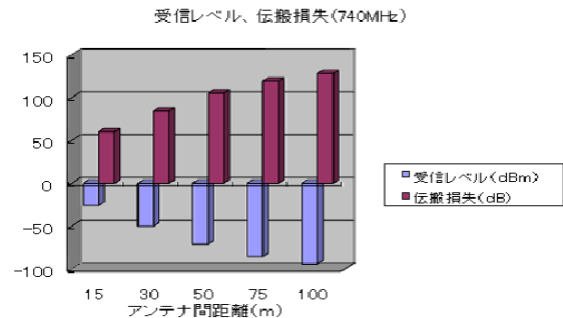


図 6 740MHz における受信レベルと伝搬損失

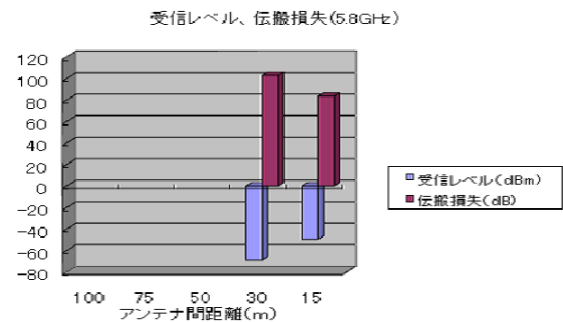


図 7 5.8GHz における受信レベルと伝搬損失

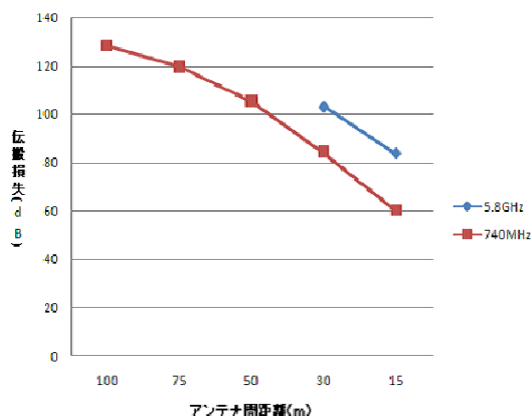


図 8 740MHz と 5.8GHz の伝搬損失比較

5.4 考察

今回の反射 3 回，回折 1 の条件での解析は 740MHz はアンテナ間距離 15m, 30m, 50m, 75m, 100m の各 5 つの距離で通信が確認できた．5.8GHz ではアンテナ間距離 15m, 30m では確認できたが，50m, 75m, 100m では解析値を得ることができなかった．

図 8 を見ると，740MHz が 5.8GHz よりも伝搬損失が小さいのが見て取れる．表 3, 4 の解析値の数値で 740MHz が 5.8GHz よりアンテナ間距離 15m で 23.44dB, 30m で 18.59dB 少ない．この点から 740MHz の方が今回の条件である見通し外エリア（直接波が届かない）での通信において 5.8GHz よりも良い値を得られたといえる．

しかし，反射回折回数や反射角度など多くの場合により伝搬損失は変動する可能性がある．また，今回は道路，壁とともにコンクリートとし加え平面であるため実際の道路状況とは異なっている．そのため，実際の道路に近づけていく必要がある．

今回の解析では，見通し外エリアでの通信で 740MHz と 5.8GHz を比較したところ水平方向の通信，つまり交差点などの曲がり角での反射，回折のしやすさ，そして伝搬損失を比較したところ 740MHz の方が良いという解析結果になった．

6 むすび

本研究では，電磁界解析ソフトウェア FEKO と電波伝搬の解析ツールである Raplab を使用し，将来，車車間通信が行われるにあたり使用される可能性のある周波数帯 700MHz 帯，5.8GHz での特性比較を行った．その結果，本研究のアンテナ寸法における 700MHz 帯の中でも 740MHz でよい結果が得られ，この 740MHz が，本研究の中で車車間通信に最適な周波数であるという結果が得られた．

FEKO による解析において 710MHz~ 770MHz の範囲では，リターンロスにおいて良いアンテナの目安とな

る -10dB を満たすことができ，スミスチャートもうまく整合が取れた．また，利得についても一部の範囲で基準値を得ることができたのだが，広範囲からの安定した利得の獲得ができなかったため，今後はさらに実用性のあるアンテナ研究が求められる．そして今回は一例として 10cm 四方の金属板に設置して研究を行った．そのため車のボディの反射については調べることができなかったため，実際の車に設置して解析することも今後の課題とされる．

RapLab による解析においては，伝搬損失において 740MHz が 5.8GHz よりアンテナ間距離 15m で 23.44dB, 30m で 18.59dB だけ少なく優位であるという解析結果がでた．

RapLab で解析を行う際，今回は反射 3 回，回折 1 回で解析を行ったが，これ以上の反射，回折回数の時の特性変化を調べることは今後の課題である．

以上のことを踏まえるとさらにより結果を得られると考えられる．

謝辞

本研究を行うにあたり，熱心なご指導を頂いた稲垣直樹教授，藤井勝之講師，また大学生活の多くの時間を共にした稲垣研究室の皆様へ深く感謝致します．

参考文献

- [1] Response "今のくるま" にレスポンス！ホームページ, <http://www.abc.def.gh/ijkl.html>.
- [2] 小川泰史，鶴見友昭： "車車間通信の安定化に関する研究"，南山大学数理情報学部情報通信学科 2005 年度卒業論文 (2005.1) ．
- [3] 無線通信チャンネルにおけるチャンネル変動について，<http://www.nkgw.ics.keio.ac.jp/study/channel/index.html>.
- [4] 鈴木洋祐： "多重折り返し板状逆 F 型アンテナ - エンジンスターターへの応用 -"，南山大学大学院数理情報研究科 2005 年度修士論文 (2005.1) ．
- [5] 佐藤源貞，川上春夫，田口光雄：現代アンテナ工学 (2004) ．
- [6] 構造計画研究所ホームページ，<http://www4.kke.co.jp/raplab/index.html>.