

## 小形プリントアンテナの設計に関する基礎検討

日大生産工 (院) ○青柳 賢吾

日大生産工 坂口 浩一

### 1. はじめに

移動体通信で用いられるモノポールアンテナは、先端である天頂方向にヌル点と呼ばれる通信不感帯が存在する。このヌル点がアンテナに存在することで全方向通信の妨げとなっている。また移動体に搭載するアンテナの場合、移動体の動作の関係上、軽量であることが望まれている。

これまで小形で、ヌル点の無い放射特性を持つ、移動体通信用のアンテナを研究してきた[1][2][3]。本稿ではこれまで研究してきたアンテナの設計に関する検討を目的としている。そのためアンテナの基本寸法からアンテナの各部寸法が持つ特性とアンテナの設計を検討した。

### 2. アンテナの基本寸法と解析方法

小形プリントアンテナの基本寸法を図 1 に示す。基本寸法の設計には条件が 6 つある。

- ・本アンテナは模型飛行機機体に搭載するため、接地板も含めた全体の重量が問題となる。そのため接地板を必要としないダイポールタイプにする必要がある。また薄型のアンテナにするためストリップ素子で構成した。

- ・インピーダンス整合とる必要がある。

- ・本アンテナの基本寸法を設計するため、素子全長 1200[mm]一定にする必要がある。

- ・本アンテナはy軸を模型飛行機機体長手方向と一致させるように配置することxy面で垂直偏波の信号を受けけるようにする。ヌル点の無い放射特性を目指す場合、xy面の最大値と最小値の差を 5[dBi]以内にする必要がある。

そのため図 1 に示す様にダイポールアンテナの素子をコイル状に折曲げることで素子部L、L2、L1、W、W1を構成する。これにより素子部Lに対して直交电界成分を発生させる。

- ・本アンテナは、模型飛行機の使用周波数である 72[MHz]付近で、動作させる必要がある。72[MHz]の小形アンテナにするため、LとL2を平行に並べ、素子間結合を行うギャップNを構成した。またギャップNからT離れた裏面に縦幅d×横幅cの無給電素子を配置した。これによりアンテナ素子と無給電素子で素子間結合が強くなり、アンテナを小形にできる。

- ・本アンテナは、小形アンテナであるため放射利得が低い。その中で、xy面E $\phi$ 成分最大利得の目標値を-10[dBi]にする。

解析にはモーメント法(IE3D)を用いた。

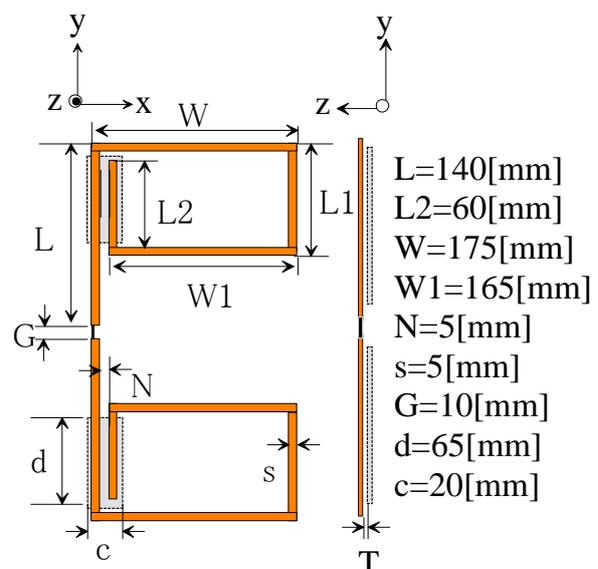


図 1 小形プリントアンテナ基本寸法

Fundamental Examination Concerning Design of Small Print Antenna

Kengo AOYAGI and Koichi SAKAGUCHI

### 3. アンテナ基礎寸法

アンテナの基本寸法を設計条件と各素子部の寸法変化から以下のように決定した。

#### 3.1. L変化

周波数を 72[MHz]に設定する。ギャップN、L1、L2、無給電素子間距離Tを一定としたとき、素子全長の調整をWで行いながら、Lの素子部長変化を行った。図 2 に周波数特性を示す。図 2 からL=140[mm]で 72[MHz]で動作することよりL= 140[mm]と決定した。

#### 3.2. L2、W変化

インピーダンス整合を取ることとxy面Eφ成分の放射利得、最大値(0° 方向)と最小値(90° 方向)の差を 5[dBi]以内に設定する。ギャップN、L、無給電素子間距離Tを一定としたとき、素子全長の調整をWで行いながら、L2、Wの素子部長変化を行った。インピーダンス特性を図 3、xy面Eφ成分の利得特性を図 4 に示す。図 4 よりL2=60~80[mm](W=175~185[mm])でインピーダンス整合に近いことが確認できる。図 4 よりL2=60[mm]でxy面Eφ成分 0° 方向での利得が約-10[dBi]が得られる。またxy面Eφ成分の最大値(0° 方向)と最小値(90° 方向)の利得差が 2.5[dBi]であることが確認できる。以上の結果からL2=60[mm]、W=175[mm]とアンテナの基本寸法が決定した。

### 4. アンテナ各素子部の特性

アンテナの設計を行うには、アンテナの素子部L、L1、L2、W、W1が持つ特性を確認する必要がある。図 1 のアンテナの基本寸法から各素子部幅sを 1[mm]~5[mm]狭くしたときの特性を図 2、3、4 に示す。これらの特性から 3 つのことが確認できる。まず、図 5 に示す周波数特性から各部素子幅sを 5[mm]から狭めると周波数が大きく変化するL、L2と、周波数が殆ど変化しないL1、W、W1の特性が確認できる。L、L2は周波数が 30[MHz]以上変化するため、アンテナを設計するとき、周

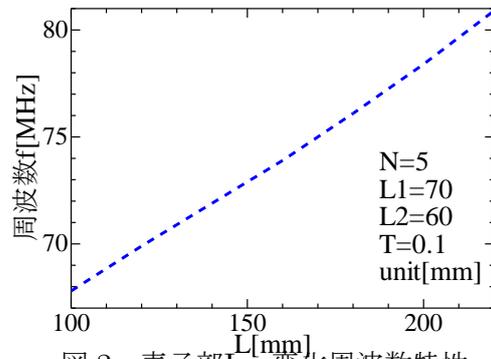


図 2 素子部L変化周波数特性

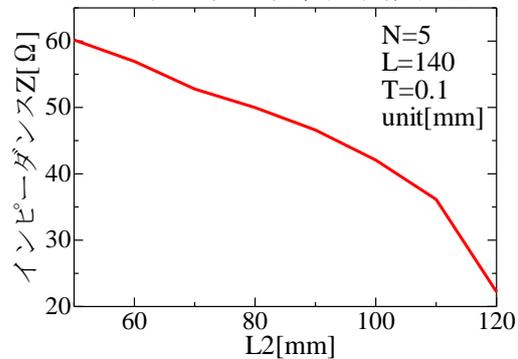


図 3 素子部L2、W変化 インピーダンス特性

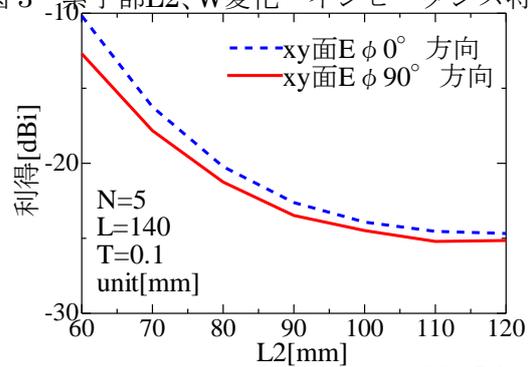


図 4 素子部L2、W変化 xy面放射利得特性

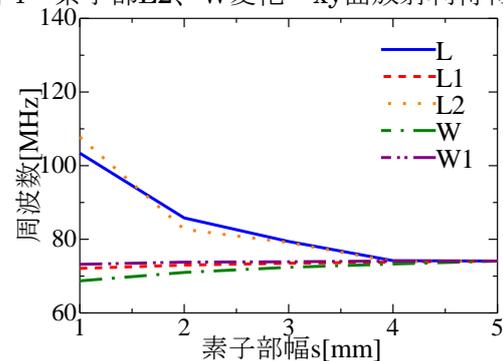


図 5 素子部幅 s 変化 周波数特性

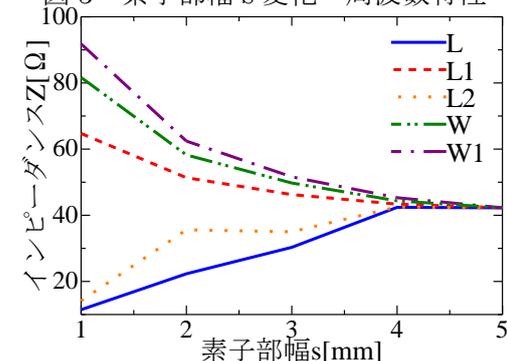


図 6 素子部幅 s 変化 インピーダンス特性

波数をL、L2の素子部長変化で決定する。またL、L2素子部において周波数特性の変化が大きいことは素子部の下に無給電素子が配置しているためである。次に、図3に示すインピーダンス特性から素子幅sを5[mm]から狭めると、インピーダンスZが高くなるL1、W、W1部の特性と、低くなるL、L2の特性が確認できる。L1、W、W1は周波数の変化が殆ど無く、インピーダンス整合の調整に適していることがわかる。アンテナを設計する場合、インピーダンス整合をL1、W、W1の素子部長変化で決定する。最後に、図4に示す、xy面Eφ成分の放射利得特性から素子幅sを5[mm]から狭めることで、放射利得が変化するL、L2、Wと、殆ど変化しないW1、L1の特性を確認できる。特にWはインピーダンス特性のときと同様で、周波数の変化が殆ど無く、放射利得が変化する。アンテナを設計する場合、放射利得-10[dBi]をWの素子部長変化で決定する。

以上の3点により、アンテナの各素子部が持つ特性を確認することができた。

### 5. アンテナの波長比設計

図1で示した小形プリントアンテナの各素子部寸法を72[MHz]の波長 $\lambda_0=4160$ [mm]で正規化を行う。これにより任意の波長 $\lambda$ でアンテナを設計ができ、同様な特性を得ることができる。表1にアンテナの基本寸法と波長比で表した数値を示す。設定波長 $\lambda$ で設計したアンテナの各特性を図8、9に示す。解析結果から2つのことが確認できる。まずは、図8の周波数特性の変化に対して、図9のxy面Eφ成分0°方向の放射利得が殆ど変化していないこと。次に、図9のxy面Eφ成分の放射利得の最大値(0°方向)と最小値(90°方向)の差が5[dBi]以内に収まっていること。

以上の2点よりアンテナの波長比で、別の周波数のアンテナを設計した時、同様な特性を得ることが判断できる。

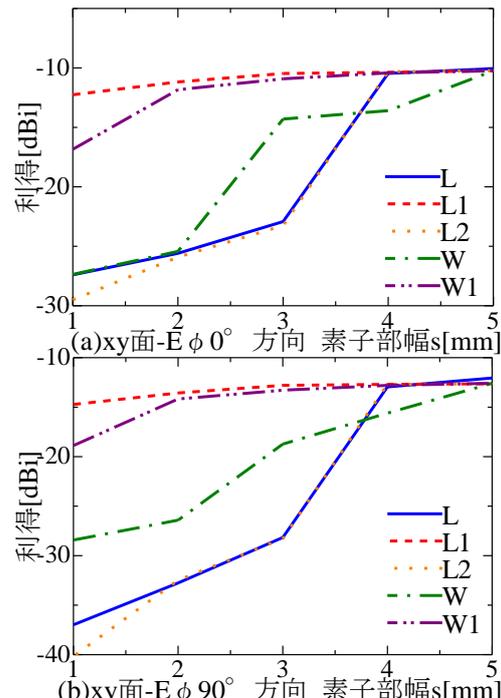


図7 素子部幅s変化 xy面放射利得特性

表1 アンテナの基本寸法と設計寸法

素子部	基礎寸法(波長比)[mm]
L	140( $\lambda/2.97$ )
L1	70( $\lambda/59.4$ )
L2	60( $\lambda/69.3$ )
W	175( $\lambda/23.7$ )
W2	165( $\lambda/25.2$ )
N	5( $\lambda/832$ )

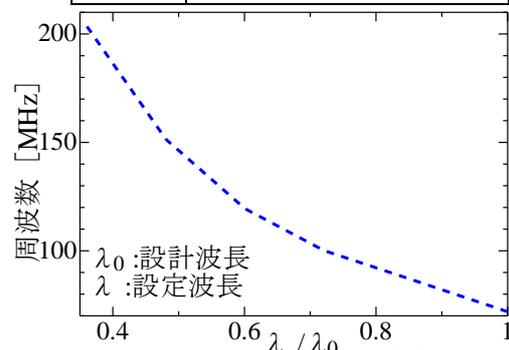


図8 アンテナ設計 周波数特性

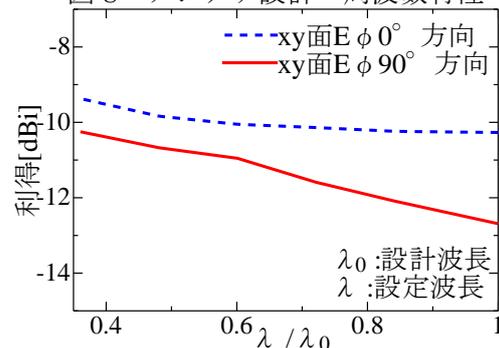


図9 アンテナ設計 xy面放射利得特

## 6. アンテナの放射特性

小形プリントアンテナの放射特性を確認するために放射パターンの解析値と実験を行なった。放射パターンの解析と実験値を図 11 に示す。解析と実験の結果はほぼ一致し、(a)xy 面  $E_\phi$  成分の利得が約  $-10[\text{dBi}]$  の無指向性でヌルの無い特性になっていることが確認できた。このことからアンテナを移動体に搭載して実際に使用する場合、垂直偏波の信号をxy 面で受けることができるように配置する。

## 7. まとめ

本稿では、小形プリントアンテナの設計に関する検討を行なった。検討の結果、アンテナの基本寸法からアンテナを構成している 5 つの素子部が持つ特性の確認と基本寸法の波長比から別の周波数で、同様の特性を得ることができた。今後、この結果からアンテナ設計の検

討を行っていく。また放射パターンの実験と解析から天頂方向にヌルの無い放射パターンになることが確認できた。

## 謝辞

本研究にご支援いただいた双葉電子工業株式会社様、またいつもご指導ご助言をいただく長谷部望先生に感謝を申し上げます。

## 参考文献

- [1]坂口, 長谷部 : ”ラジコン飛行機搭載用薄型アンテナ”, 第 51 回 学術日本大学工学部研究報告会, 2008, 2-19
- [2]青柳, 坂口 : ”模型飛行機搭載用薄型アンテナの開発”, 第 42 回日本大学生産工学部学術研究報告会, 2009, pp.95-98
- [3]長谷部, 坂口 : ”密巻きコイル状小型アンテナ”, 信学論B, Vol.J90-B, No.7 (2007), pp.670-678

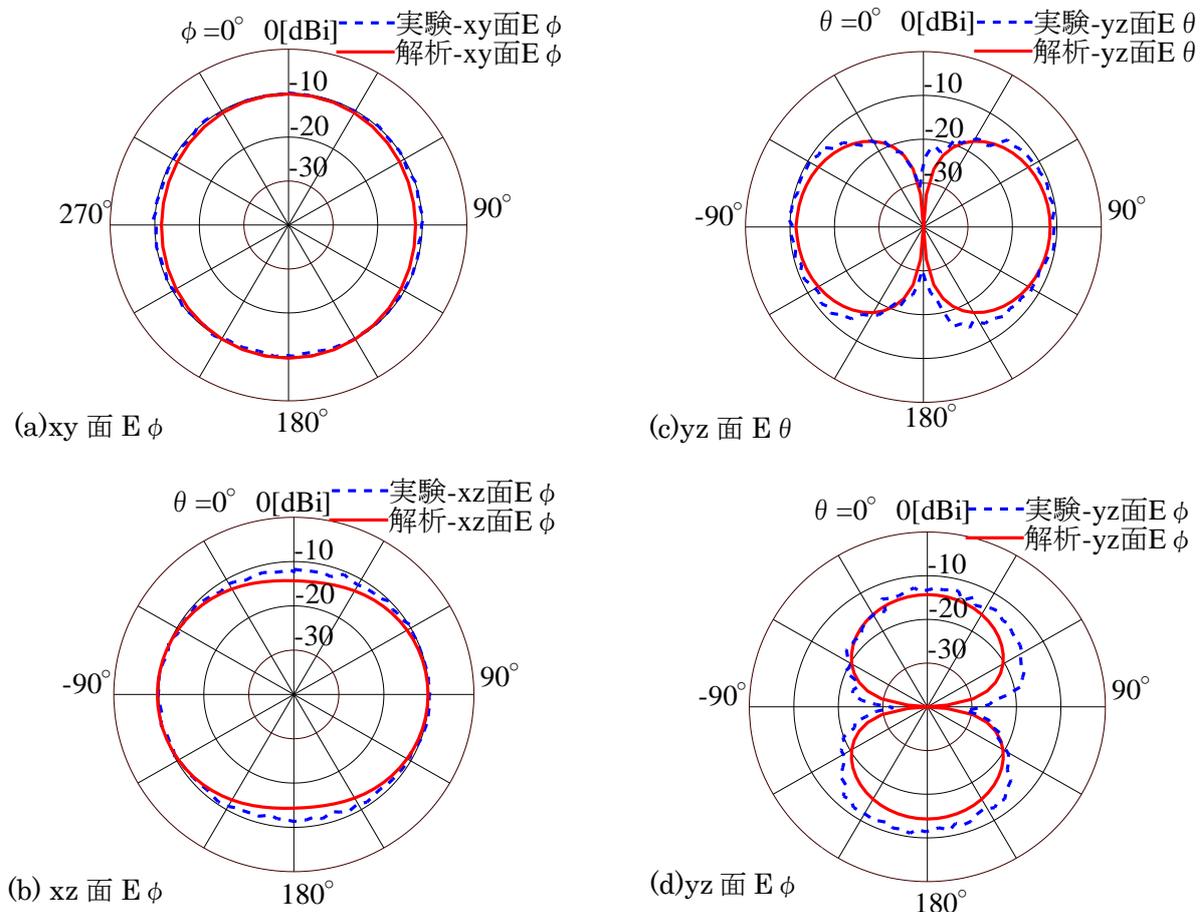


図 11 放射パターン