

RFID 探索システムに適したアンテナ設計

著者 岡島 大貴

指導教員 川上 由紀

1. はじめに

現在、災害による遭難者の探索活動を断念せざるを得ない状況がある。これは、雪崩や土砂崩れに巻き込まれて埋もれた救助者の発見に遅れてしまうからである。その埋もれた救助者を、RFID 探索システムを用いて探索する。本研究では、RFID モジュールに接続するアンテナを作製することを目的とする。昨年の研究成果のアンテナは、電力分配がうまくできていないという問題点があった。本研究では、その問題を解決し実際に作製する。

2. システム概要

1 章で述べた問題を解決するためのシステムが RFID 探索システムである。このシステムは、RFID タグをあらかじめ持たせ、災害が発生した際に、モジュールに接続したアンテナによってタグの場所を探すというシステムである。

3. 技術概要

3.1 マイクロストリップアンテナ

マイクロストリップアンテナ (MicroStrip Antenna) は、放射素子、誘電体基板とグラウンド板により構成される。そのため、新たに反射基板を設けることなく単向性のパターンを実現することができるため、薄型でコンパクトなアンテナ系を容易に構成することができる [1]。

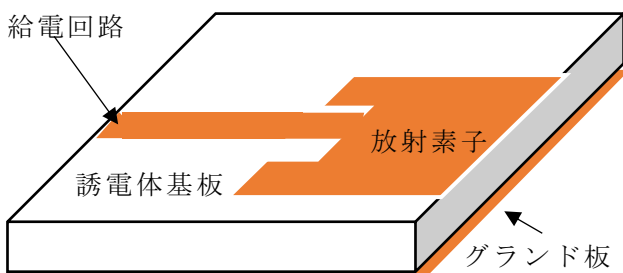


図1 マイクロストリップアンテナ構造図

3.2 マイクロストリップアレーアンテナ

複数個の放射素子を直線上などに配列し励振させ、励振電流(電圧)の振幅と位相を制御して所望の放射指向性を得るアンテナのことをアレーアンテナ (Array Antenna) という [2]。

アレーアンテナの放射素子にマイクロストリップアンテナを用いたものをマイクロストリップアレーアンテナ (MicroStrip Array Antenna) という。

3.3 マイクロストリップ線路

マイクロストリップ線路 (MicroStrip Line, 以下 MS Line) とは、誘電体基板の裏面全体を導体で覆って地導体とし、表面にストリップ状導体を配置して回路を形成する伝送線路の一種である。MS Line の特性インピーダンス Z_0 は次式で近似される [3]。

$$Z_0 = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_e}} \ln \left(\frac{8h}{W} + \frac{W}{4h} \right) & \left(\frac{W}{h} < 1 \right) \\ \frac{1}{\sqrt{\epsilon_e}} \cdot \frac{120\pi}{2.42 + \frac{W}{h} - \frac{0.44h}{W} + \left(1 - \frac{h}{W}\right)^6} & \left(\frac{W}{h} \geq 1 \right) \end{cases} \dots (1)$$

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{10h}{W}} \right) \dots (2)$$

ϵ_e : 実効誘電率, ϵ_r : 基板の比誘電率,
h: 基板の厚さ [m], w: 線路の幅 [m]

3.4 T型電力分配器

昨年設計されたマイクロストリップアレーアンテナには電力分配をしていないという問題点があった。そこで、本研究では、T型電力分配器を用いて電力を分配する。

T型電力分配器において、電力分配比は、分配した先の負荷抵抗の比によって決まる。つまり、分配先のマイクロストリップアンテナの入力インピーダンスの比を1にすることにより、両側の線路に同比の電力を分配することができる。

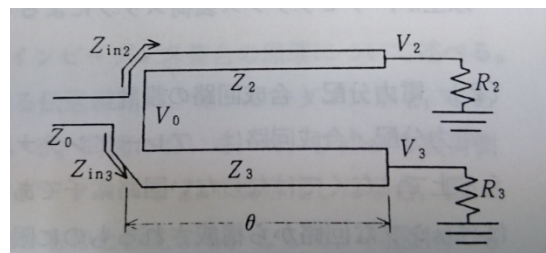


図2 T型電力分配器

4. マイクロストリップ線路の作製

4.1 シミュレーション

T型電力分配器に適した特性インピーダンスを持つMSLineをシミュレーション上で設計し、特性インピーダンスを確認する。計算にはFDTD (Finite difference Time Domain method) 法を用いる。FDTD法とは、Maxwell方程式において時間微分を離散化し、時間的に逐次計算する方法である。線路

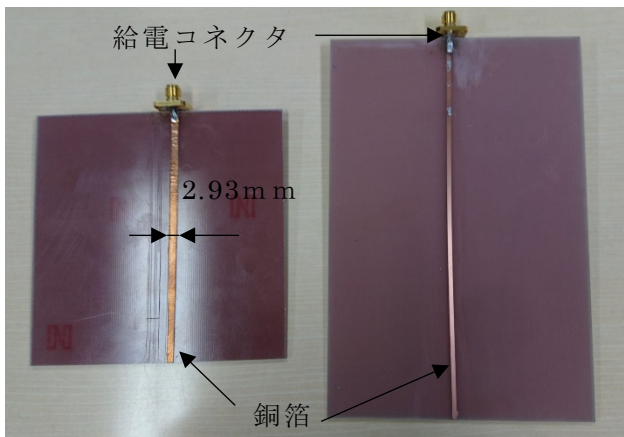
幅は(1)式と(2)式から求める．その後，実際に線路を作製しネットワークアナライザで測定を行う．

4.2 作製

今回使用する基板は，ガラスエポキシ銅張積層板である．この基板は，厚さが 1.6mm で比誘電率が 4.6 である．この基板を使用した理由は，安価であり強度も高いからである．

図 3 に作製した線路を示す．図 3(a)の線路は，銅箔を 2.93mm の幅に切って張り付けたものである．図 3(b)の線路は特性インピーダンスが $50\sqrt{2}\Omega$ の MSLine である．線路幅は 1.3mm である．この幅を自力で切るのは難しいと判断し，エッチングにより線路を作製することにした．エッチングとは，化学薬品などの腐食作用を利用して表面を加工する方法である．

観測した周波数は 5.8GHz と 900MHz である．この理由は，RFID の周波数帯(UHF 帯)が 900MHz であるからである．また，900MHz で作製を行うと，アンテナのサイズが大きくなるため，5.8GHz で設計したアンテナを作製する．



(a) 50 Ω (b) $50\sqrt{2}\Omega$

図 3 作製した MS Line

5. MSLine の計算結果と測定結果

以下に，シミュレーションの結果と実際の測定値を掲載する．表 1 は，計算値と測定値をまとめたものである．また，それぞれの特性インピーダンスの誤差をまとめたものが表 2 である．表 2 より，シミュレーションでは所望の特性インピーダンスが確認できていることがわかる．しかし測定値では，誤差がかなり大きくなっている．中でも 5.8GHz の誤差は，350%を超える大きな値となってしまった．この原因は，誘電体基板の比誘電率は高周波になるほど小さくなり，MSLine の特性インピーダンスは，比誘電率が小さいほど高くなるという傾向があるからだと考えられる．それをグラフで示したものが図 4 である．図 4 より，比誘電率が低いほど，特性インピーダンスが高くなる傾

向にあることがわかる．しかし，なぜ 350%を超えるほどの大きい値になるのかは現時点では分かっていない．

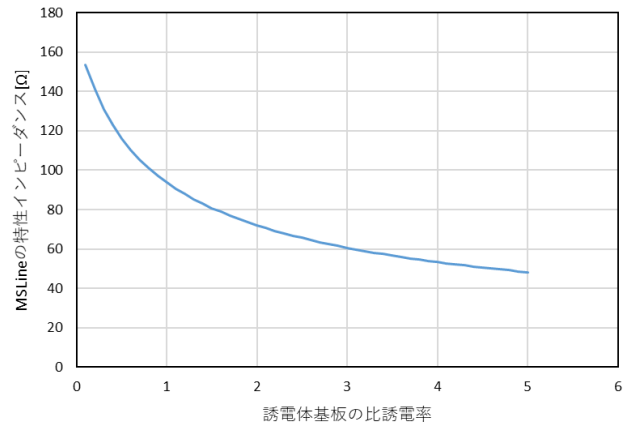


図 4 比誘電率と特性インピーダンスの関係

表 1 MS Line の特性インピーダンス

周波数[Hz]	線路幅[m m]	理論値[Ω]	計算値(FDTD)[Ω]	測定値[Ω]
900×10^6	2.93	50	45.2	49.9
5.8×10^9	2.93	50	45.1	227.1
900×10^6	1.3	$50\sqrt{2}$	70.6	3.7
5.8×10^9	1.3	$50\sqrt{2}$	70.4	14.1

表 2 特性インピーダンスの誤差

周波数[Hz]	線路幅[m m]	誤差(FDTD)[%]	誤差(測定値)[%]
900×10^6	2.93	9.6	0.2
5.8×10^9	2.93	9.8	354
900×10^6	1.3	0.16	95
5.8×10^9	1.3	0.44	80

6. おわりに

最終的な目標はアレーアンテナを作製することだが，現時点では T 型電力分配器で用いる MSLine の検証を行っている段階である．

今後の課題は，特性インピーダンスの誤差が出る原因を解明して実際にアンテナの作製することである．

参考文献

- [1]羽石操, 平澤一祐, 鈴木康夫, ” 小型・平面アンテナ”, 社会法人電子情報通信学会, 1996.
- [2]高橋徹, 知識の森7章アレーアンテナ, 電子情報通信学会, http://www.ieice-hbkb.org/files/04/04gun_02hen_07.pdf, 2010.
- [3]寺前裕司, RFワールド No. 28 マイクロ波回路の基礎/設計/製作法, CQ出版株式会社, 東京, 2014.