

アンテナ回転台の自動化による測定効率向上

2014SC017 井原竜一 2014SC022 磯貝昇吾 2014SC023 伊藤龍嗣

指導教員：藤井勝之

1 はじめに

近年、ネットワークの急速な発達により、「いつでも、どこでも、何でも、誰でも」がネットワークに接続し、情報の自在なやりとりを行うことができるユビキタスネットワーク社会が構築されている [1]。無線通信サービスには、無線機器による電波の送受信が必要不可欠であり、中でもアンテナはあらゆる無線通信のシチュエーションにおいて重要な役割を担っている。そこで、本研究ではアンテナの作製過程に着目する。アンテナの信頼性を確保するアンテナ測定の部分に焦点をおき、アンテナ指向性測定の効率向上を目指す。

2 研究背景

先行研究 [2][3] では、半波長ダイポールアンテナと八木・宇田アンテナを回転台で回し指向性を測定し、シミュレーション結果と比較したのち評価を行った。実験の際、回転台を手動で角度を変えていた。アンテナ指向性測定実験では人体の電波遮蔽を避けるため被測定アンテナから離れる必要がある。これらのことから先行研究では、実験にかなりの時間が必要になることが考えられる。そこで筆者らは、回転台を自動回転させることで効率的に実験が可能であると考えた。

本研究では Arduino[4] とステッピングモータを使用し、回転制御が可能な回転台を自作する。その後、自作した自動アンテナ回転台の安定性を評価したのち、実際にアンテナの指向性測定を行い、自作した自動アンテナ回転台の利用によりどれ程測定時間が短縮されるかなどを明らかにする。

3 測定項目とシミュレーション

本章では測定する項目とシミュレーションについて述べる。

3.1 アンテナ回転台の評価

以下の4項目を自作した自動アンテナ回転台により測定し評価する。

- 回転台の耐久性
- 回転時の水平性
- 回転角度の誤差
- アンテナ測定結果への影響

耐久性とは、回転台にアンテナを乗せたとき回転が重みで止まらないかということである。水平性とは、回転制御中に水平方向、垂直方向に歪むことなく常に水平の回転を行えるかということである。回転角度の誤差とは、回転台を 360° 回転させたときどれ程の誤差が生じるかというこ

とである。アンテナ測定結果への影響とは、アンテナの指向性測定する際、自作した回転台が電波を遮蔽もしくは反射してしまわないかということである。

3.2 指向性

アンテナから放射される電波は放射する方向により強弱が異なる。この性質を指向性または指向特性といい、最大放射方向と任意の方向との同一距離における電界強度をそれぞれ E_0 [V/m]、 E [V/m] とするとき、その任意の方向の指向性係数または指向性関数 D は、角度の関数となり、式 (1) のように表される [5]。

$$D = \frac{E}{E_0} \quad (1)$$

3.3 シミュレーション

アンテナ測定結果への影響を評価するため、本研究シミュレーション値と測定値との誤差を求め評価する。本研究ではシミュレーションについては FDTD 法である XFDTD[6] を使用した。XFDTD とは、FDTD 法(時間領域差分法)を用いた、米国 Remcom 社製の電磁界解析ソフトウェアであり、20 年近くの実績をもつ FDTD ソルバである。

4 アンテナ回転台

本章では自作した自動アンテナ回転台の設計、回転制御方法について述べる。筆者らは Arduino、ステッピングモータ、モータのドライブ IC を使用し回転制御を可能にした。本研究ではコストを抑え、さらに再現性が確保できる回転台の設計を目指した。

4.1 Arduino[4]

Arduino とは、14 本のデジタル入出力ピン、6 本のアナログ入力ピン、6 本のアナログ出力ピンが搭載された小型マイコンボードである。プログラム言語は C/C++ をベースとしている。本研究では、パルス波を出力するために Arduino を使用した。

4.2 ステッピングモータ

ステッピングモータとはパルス波を入力することにより、回転角度を正確に制御できるモータである。また、一定の角度ずつ回転する。この角度を基本ステップ角度という。本研究ではステッピングモータには比較的安価な SM-42BYG011、ドライブ IC には TA7774PG を使用した。このステッピングモータの基本ステップ角度は 1.8° である。Arduino8 番ピンに接続しているスイッチを切り替えることで回転制御を行う。回路図を図 1 に示す。

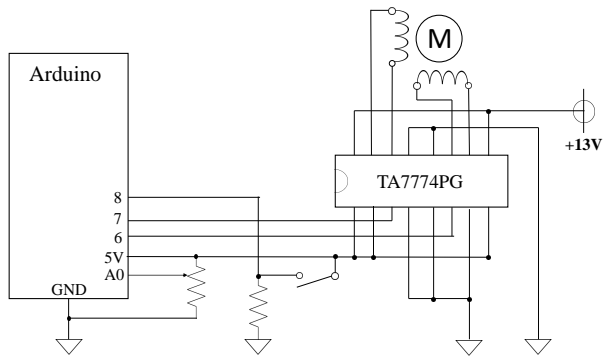


図 1: 作製した回路図

回転角度は 5° と 10° の 2 つのパターンを用意した．基本ステップ角は 1.8° であるが，ギアを使用することでこの角度を実現した．この角度は基板の可変抵抗により変更できる．

4.3 作製したアンテナ回転台

本研究では，低コストかつ再現性が確保された回転台を作製するため安価な木材を中心に製作した．木材は電波を反射することがないため適材と考えられる．また，Arduino は電子機器でありアンテナの指向性測定時，電波を遮蔽，反射する可能性があるため遠ざける必要がある．そこで筆者らはステッピングモータから基板，Arduino までの配線を 8m に伸ばした．完成した自動アンテナ回転台を図 2 に示す．

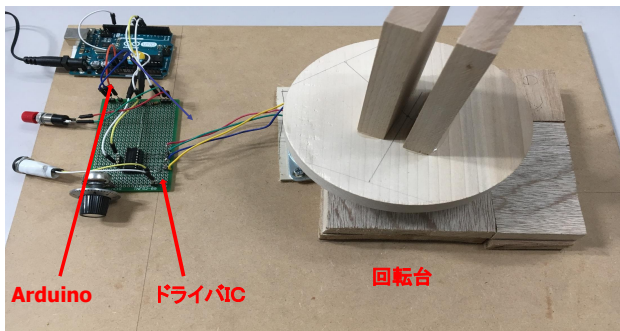


図 2: 作製した回転台

5 自作したアンテナと性能評価

本章では，被測定アンテナとして自作した半波長ダイポールアンテナと八木・宇田アンテナの設計，性能評価について述べる．本研究ではコストを抑えるためアンテナを自作した．本研究では 422MHz の特定小電力無線を使用し測定するため，422MHz 帯のアンテナ作製を目指した．

5.1 半波長ダイポールアンテナ

ダイポールアンテナとは，線状導体の中央から給電するアンテナであり，アンテナの全長が波長の半分の長さのも

のを半波長ダイポールアンテナという [5] ．

エレメント長はネットワークアナライザで S_{11} を測定しながら調整した．その結果エレメント長は片側 170mm となった．また，素材には直径 1mm の真鍮を使用した．自作した半波長ダイポールアンテナを図 3 に示す．

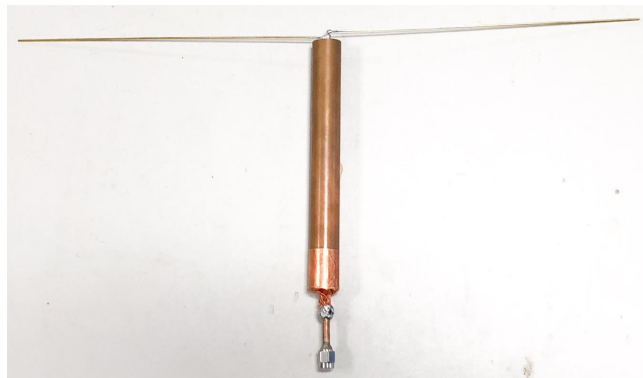


図 3: 自作した半波長ダイポールアンテナ

5.2 八木・宇田アンテナ

八木宇田アンテナとは，給電されている放射器と無給電の反射器及び導波器により構成されたアンテナである．鋭い指向性を得られるため，TV の受信用に用いられる．狭帯域の単一指向性であり，高利得なアンテナといえる [5] ．

また，自作した八木・宇田アンテナとそのパラメータを図 4，表 1 に示す．エレメントには直径 3mm の真鍮を使用し，アンテナ長はネットワークアナライザで S_{11} を測定しながら調整した．

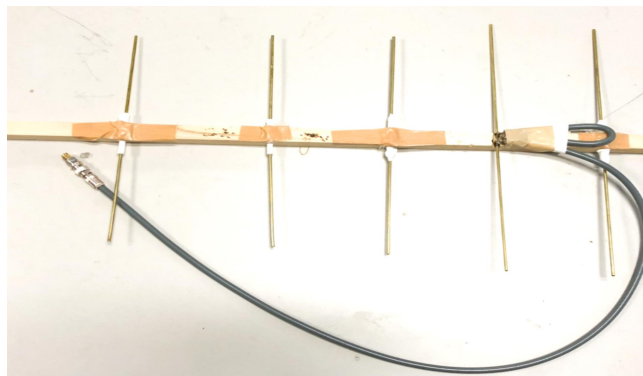


図 4: 自作した八木・宇田アンテナ

表 1: 八木・宇田アンテナのパラメータ

エレメント番号 (左から)	1	2	3	4	5	6
エレメント 1 からの距離 [mm]	0	107	215	340	490	665
長さ [mm]	344	320	304	300	296	292

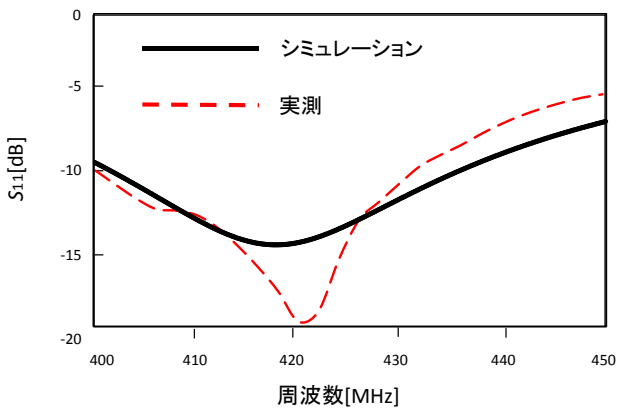
5.3 アンテナ性能評価

本研究では、被測定アンテナとして自作した半波長ダイポールアンテナと八木・宇田アンテナについての動作確認を行う必要がある。そこで、それぞれのアンテナに対して、ネットワークアナライザを用いた反射特性の測定を行う。反射特性を表す S_{11} は、送信された電力とアンテナ端子で反射した電力を表している。

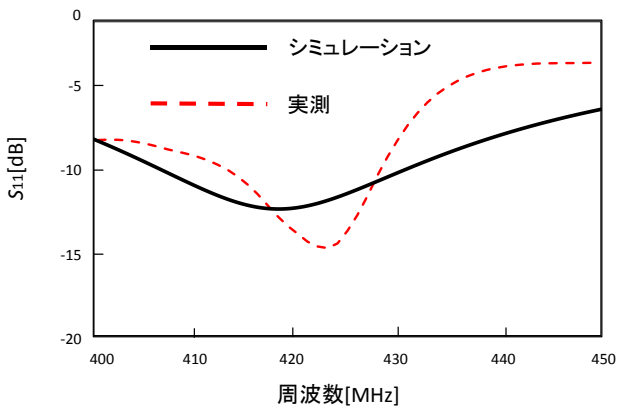
5.4 自作した2つのアンテナの性能評価

自作した半波長ダイポールアンテナと八木・宇田アンテナの S_{11} をネットワークアナライザを使用し、測定した結果と XFDTD を使用したシミュレーション結果を図5に示す。

この結果から自作した2つのアンテナは所望の周波数である422MHzにおいて正確に動作していると評価できる。



(a) 半波長ダイポールアンテナ



(b) 八木・宇田アンテナ

図5: 反射特性

6 回転台の安定性評価

本章では自作した自動アンテナ回転台について、耐久性、回転時の水平性、回転角度の誤差の3項目について測定し評価した結果を述べる。

6.1 回転台の耐久性

筆者らは回転台に1kgの重りを乗せ回転制御を行った。その結果、問題なく回転を繰り返すことができた。今回使用する半波長ダイポールアンテナは約150g、八木・宇田アンテナは約600gのため十分な耐久性があると評価できる。

6.2 回転時の水平性

筆者らは回転台に水平器を乗せた状態で実際に回転制御を行った。結果は360°どの角度においても水平であったため自作した自動アンテナ回転台は水平性を保っている」と評価できる。

6.3 回転角度の誤差

筆者らは自作した自動アンテナ回転台を角度盤に乗せ、角ステップが5°からどれ程の誤差が生じるか、また360°の回転を終えたときどれ程の誤差が生じるか測定し評価した。結果は5°のステップにおいては目視では誤差が読み取れなかったが、360°の回転を終えたとき+5°前後の誤差が生じていた。

以上より筆者らは、18回(90°回転)回転制御を行った時点で一度、角度の確認を行うことで自作した自動アンテナ回転台の誤差は小さくできると評価した。

7 指向性測定による回転台の評価

本章では自作した2つのアンテナを使用し、実際に指向性測定を行い自作した自動アンテナ回転台が電波を遮蔽もしくは反射してしまわないか測定し、測定器としての信頼性を評価する。また、同時に自作した自動アンテナ回転台の利用によりどれ程測定時間が短縮されるかを測定した。

7.1 測定環境

指向性測定を行った際の測定条件を表2に示す。

地面とアンテナの間には地面からの反射を避けるため、不導体である発泡スチロールを使用し、高さを調整した。

表2: 測定条件

測定ステップ [deg]	5.0
地面から被測定アンテナの高さ [m]	1.3~1.6
アンテナと送信機の距離 [m]	8.0
測定場所	S棟連絡通路

7.2 測定結果

XFDTDによるシミュレーション結果と、自作した自動アンテナ回転台を使用した測定結果と使用せず手回しで角度を変え測定した結果の比較を図6、図7に示す。この結果は422MHzにおける放射パターンであり、最大値で規格化したものである。水平面(XY面)内と垂直面(ZX面)内の2の面を測定した。

また、測定は各面2回行い2つの結果の平均値を以下に示す。

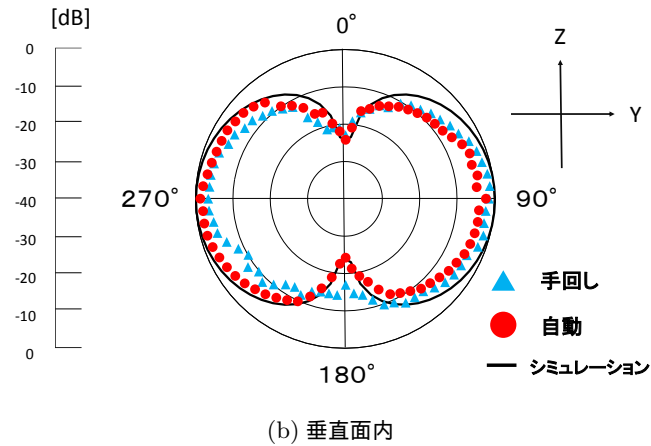
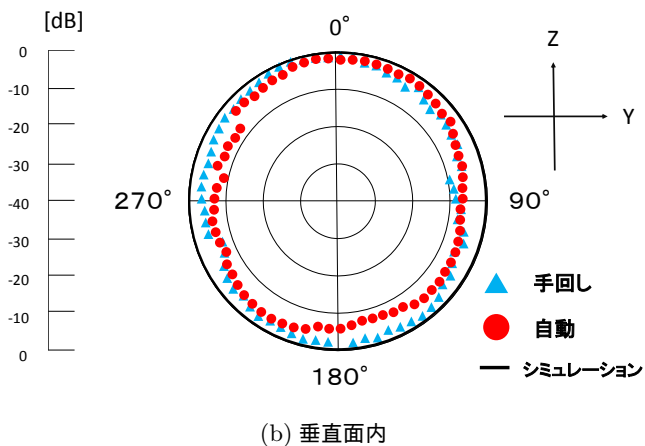
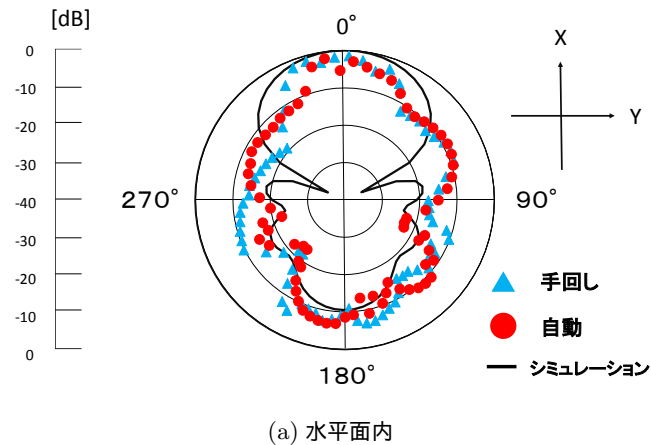
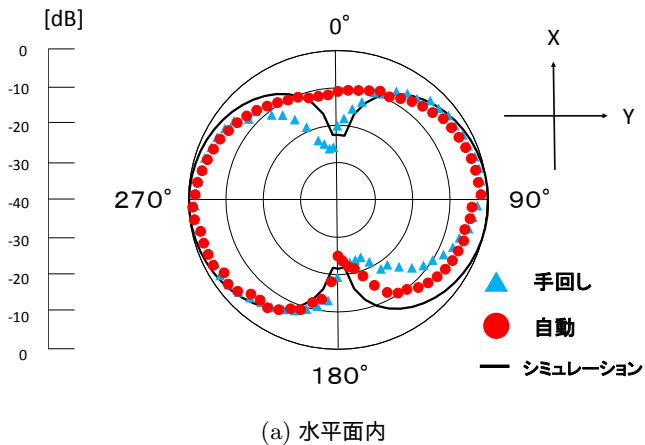


図 6: 半波長ダイポールアンテナ指向性

図 7: 八木・宇田アンテナ指向性

手回しの場合は 1 つの平面で約 28 分、自作した自動アンテナ回転台を使用すると約 9 分となった。

また、手回しでの測定値と自作した自動アンテナ回転台を使用した測定値では、半波長ダイポールアンテナにおいては平均 2.34dB の差異、八木・宇田アンテナにおいては平均 1.31dB の差異が生じた。

8 まとめと今後の課題

第 6 章において自作した自動アンテナ回転台の安定性は達成できたと考えられる。

また、第 7 章の結果から回転台を手回しで測定する時間に比べ、自作した自動アンテナ回転台を使用すると 1 つの面につき約 20 分短縮できた。これは測定時間における効率向上を達成したと考えている。

自作した自動アンテナ回転台の測定器としての性能であるが、今回の測定では自作した自動アンテナ回転台の有無で平均 1.82dB の差異が生じた。この数値だけを考えると自作した自動アンテナ回転台は測定器として使用しても問題ないとも考えられるかもしれないが、2 つの被測定アンテナの指向性測定値と XFDTD によるシミュレーション値が完全に一致しているとは言えない。このことから、自作したアンテナに問題がある可能性があり、今回の測定のみで自作した自動アンテナ回転台を評価することは難しい。

本研究では、低コストで進めるため被測定アンテナも自作したが、回転台を評価するには市販のアンテナを使用し、測定を行うべきであったと考えている。今後の課題としては、市販のアンテナを用意し、さらに複数の周波数帯において測定することで本研究よりも深い回転台の評価ができると考えている。

参考文献

- [1] 総務省, “情報通信白書 平成 27 年版,” 2015.
- [2] 栗林 哲也, 榊原 拓馬, 高橋 知秀, “放射パターン測定システムの構築法に関する研究,” 2011 年度南山大学数理情報学部情報通信学科卒業論文, 2012.
- [3] 亀澤 陽介, 太田 吉樹, 鈴木 竜郎, “アンテナ固定具を用いた放射パターンの測定,” 2012 年度南山大学数理情報学部情報通信学科卒業論文, 2013.
- [4] Arduino, <https://www.arduino.cc/>, accessed : August 2017.
- [5] 吉川忠久, 無線工学 B, 東京電気大学出版局, 東京, 2000.
- [6] REMCOM, <https://www.remcom.com/>, accessed : August 2017.