

RTK 測位に用いるパッチアンテナの試作と特性評価

2015SC090 高橋和真 2015SC099 都築諒

指導教員 奥村康行

1 はじめに

近年、アプリケーションや IoT 機器において、我々の生活を豊かにするのに GPS(Global Positioning System) という技術は重要な役割を果たしている。例えば、私達の身近なものでいえば自動車のカーナビゲーションシステムやスマートフォンの地図アプリなどにも利用されており、私達から切っても切り離せないものとなっている。

しかし、日常でも感じているように GPS 単体では安定した正確な測位を行うことが難しいため、受信したデータを誤差を含んでいることが多々存在する。そのため本研究では、GPS の特性評価を行い、安定した正確な測位を行うためにはどのような方法があるのかを研究し、他の衛星を用いる測定方法である RTK(Real Time Kinematic) 測位やパッチアンテナを自作し比較する研究を行う。

2 先行研究との比較

RTK 測位はロボットカーコンテスト等でも用いられる技術であるが、アンテナの形状や大きさの違いによる特性の変化に関する研究はほとんど行われていない。そこで本研究では、先行研究 [1] に記載されている複数のパッチアンテナの中からアンテナ部の形状が異なる 2 種類を選択し作製を行った。これらのアンテナを用いて、アンテナの特性の一つである S_{11} や GPS の受信感度といった測定結果から GPS を用いた RTK 測位に適したアンテナについて考察する。

3 実験した測位方法

この節では、本研究で行った単独測位、RTK 測位について説明する。

3.1 単独測位方法 [2]

単独測位とは、地球を周る衛星から電波を受信し、受信側の位置を計算する測位システムである。測定原理としては、衛星側からの衛星自身の位置情報を電波として受信し、電波の中のコード情報から電波発射時刻と受信時刻との差を計測し、衛星との距離を計算することで受信側の位置が求められる。

単独測位の概要図を図 1 に示す。

3.2 RTK 測位方法 [3][4]

RTK 測位とは相対測位の一つで、正確な緯度経度が分かっている位置に設置する基準局、受信、計測したい位置に設置する移動局、基準局から移動局にデータを伝送するシステム (windows 等) を用いて位置を測定するシステムである。

測定原理としては、基準局の受信機で衛星からの電波を

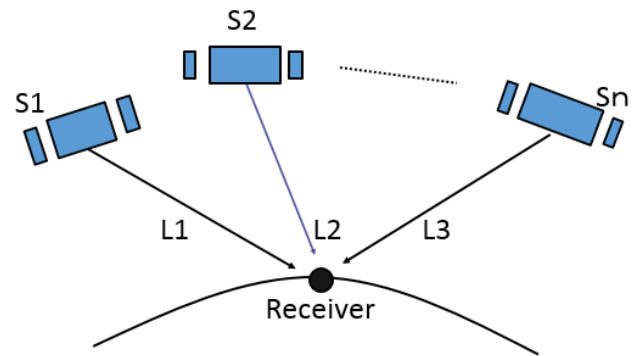


図 1 単独測位の概要 [2]

常時受信し、そこから搬送波位相の積算値データを測定する。そのデータを、計測したい側の移動局に伝送用システムを介して伝送する。また、移動局側にも同じように衛星からの電波を受信機で受信し、搬送波位相の積算値データを測定する。最後に伝送された基準局側のデータと移動局側のデータを用いて計算し、移動局側 (計測したい側) の三次元位置が求められる。

RTK 測位の概要図を図 2 に示す。

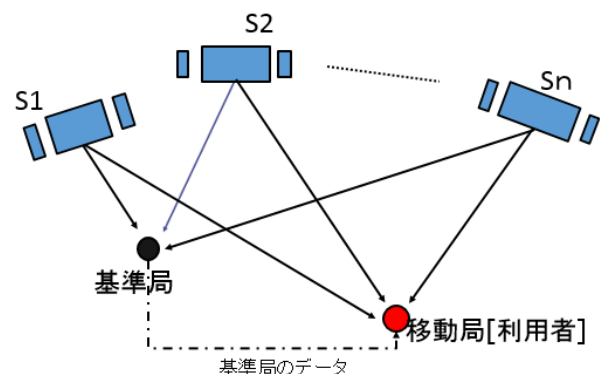


図 2 RTK 測位の概要 [3]

求める計算過程で得られる解は Float 解、Fix 解があり、Float 解の段階ではまだ正確な結果は得られず誤差は数 m 単位だが、Fix 解まで求めることで数 cm 単位の正確な位置情報が求められる。

Float 解から Fix 解までの推移グラフを図 3 に示す。

図 3 の初期化時間は Fix 解を得るまでの時間を指す。障害物のない理想的な環境で 10 秒から 30 秒ほどかかる。Float 解とは時間経過とともに収束に向かうが、観測環境の変化で収束できない場合がある。基準局と移動局の距離が長くなると収束に時間がかかる。

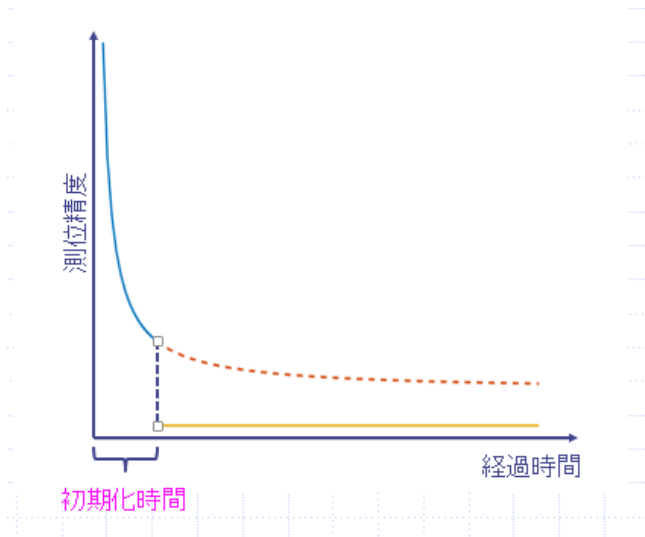


図3 理想環境での Float 解から Fix 解への推移グラフ [4]

4 システム構成

この章では、NEO-M8P に付属しているアンテナを使用した単独測位及び RTK 測位の誤差の測定を行う。これ以降では緯度経度は度分秒で示すものとする。

4.1 使用した GPS モジュール、ソフトウェア [4]

NEO-M8P はユーブックス社製の GPS モジュールであり、価格は 27000 円。対応するソフトウェアは東京海洋大学の高須知二教授が開発した RTKLIB である。特徴としては、受信データの時間における遷移を plot して見ることができ、単独測位だけでなく、RTK 測位を行うために搬送波としてデータを受信することができる点がある。

4.2 NEO-M8P による単独測位の特性評価

本研究で使用する NEO-M8P と呼ばれる GPS モジュールの単独測位の特性評価を行う。特性評価に使用したソフトウェアは RTKLIB である。具体的な実験内容としては伏見の多角水準点に実際に行き、その場所で単独測位の実験を行うことにより、結果を図 4 に示す。

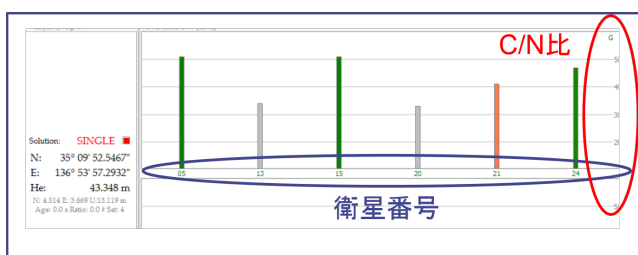


図4 単独測位の測定状況図

図 4 においては Solution の部分が SINGLE となっているため、単独測位を行えていることが確認できる。また、右側の棒グラフにおいて、縦軸は C/N 比、横軸の数字は GPS の番号となっている。

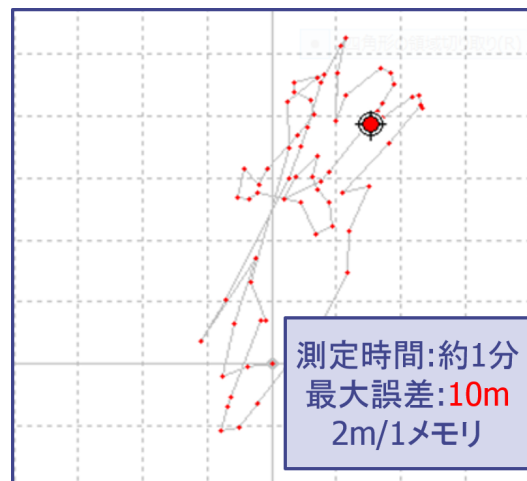


図5 NEO-M8P を用いた単独測位のプロット図

また、一定時間でのプロット図を図 5 に示す。

図 5 においては 1 マス 1m で 1 秒毎の現在地の遷移を示している。

結果としては、先ほどのデータと似たようなレベルの誤差を確認することができた。そのため単独測位での cm 単位の正確な測定は、GPS モジュールのグレードをあげても難しいことがわかる。

4.3 NEO-M8P による RTK 測位の特性評価

本研究で使用する NEO-M8P と呼ばれる GPS モジュールの RTK 測位の特性評価を行う。特性評価に使用したソフトウェアは RTKLIB である。具体的な実験内容として先ほどと同じ方法で行う。また、利用する基準局としては、善意の基準局という掲示板から東浦で無償提供している基準局を利用させて頂いた。東浦の基準局の情報として、北緯 34.95379794 東経 136.9351043 である。結果を図 6 に示す。

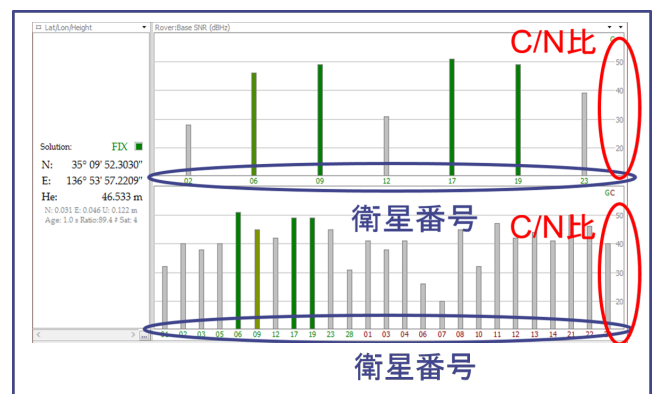


図6 RTK 測位の測定状況図

図 6 においては Solution が Fix となっているため RTK 測位を行えていることが確認できる。また、右側の 2 つの棒グラフにおいて、上の棒グラフは移動局の受信データであり、下の棒グラフは基準局の受信データである。

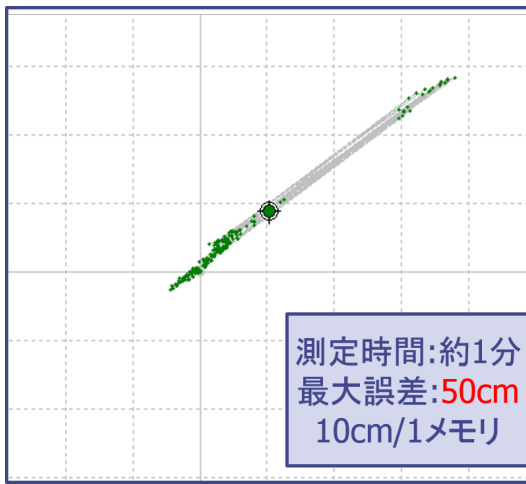


図 7 NEO-M8P を用いた RTK 測位のプロット図

また、一定時間でのプロット図を図 7 に示す。

図 7 においては 1 マス 10cm で 1 秒毎の現在地の遷移を示している。

結果としては 10cm 単位ではあるが cm での測定を行っていることがわかる。また、少しながら誤差が大きくなってしまった要因の一つとして、でんきの博物館という建物や木々がある等、マルチパスを受ける原因があったことが考えられる。今後の実験ではマルチパスを受けにくい場所で実験を行うことが必要だと考えられる。また、用いた GPS モジュールによる RTK 測位は可能であることが分かったので、自作アンテナを用いても RTK 測位を行うことが出来るかを考察する。

5 実験項目

この章では、自作するアンテナの詳細や、ネットワークアナライザによる S_{11} の実測結果などを述べる。

5.1 アンテナ作製 [1][5]

本研究では、測定精度の評価を行うために GPS を受信可能なアンテナの作製を行う。

GPS 受信をするためには共振周波数が 1.575GHz となるようなアンテナを作製する必要がある。作製した GPS アンテナの写真と詳細を図 8、図 9、表 1 に示す。

表 1 パッチアンテナの詳細 (どちらもテフロン基板)

	パッチアンテナ 1	パッチアンテナ 2
基板素材	テフロン	
外枠の辺の長さ (mm)	120	124
銅板の辺の長さ (mm)	56.7	57.2
削る部分の形	直角三角形	正方形
削る部分の面積 (mm ²)	18	12.25
基板の厚さ (mm)	1.575	
基板誘電率	2.55	

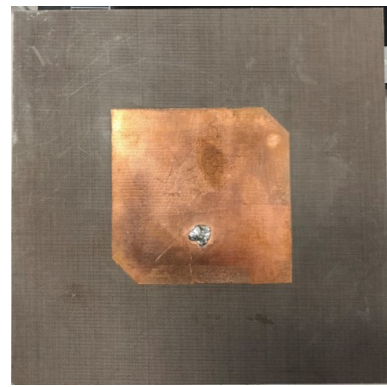


図 8 作製したパッチアンテナ 1



図 9 作製したパッチアンテナ 2

5.2 アンテナのシミュレーションと実測の比較

この節では作成したアンテナのシミュレーションと実測の S_{11} の比較を行う。用いたシミュレーションソフトは XFdtd, 実測に用いた機器はネットワークアナライザである。

パッチアンテナ 1 における実測とシミュレーションの S_{11} のグラフを図 10 に示す。

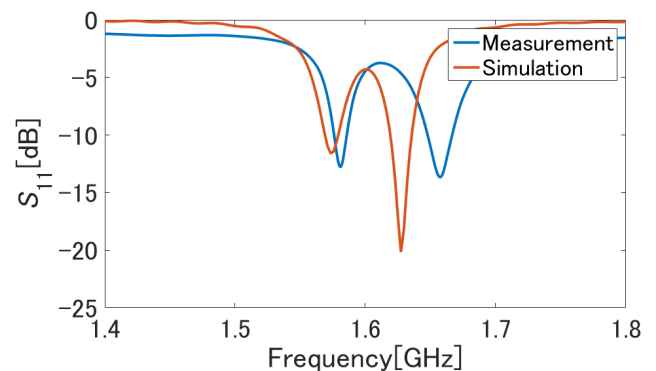


図 10 パッチアンテナ 1 における S_{11} の比較

図 10 において、実測とシミュレーションのグラフでは、実測の受信周波数が少し右にシフトしていることがわかる。

しかし、GPS の受信周波数である 1.575GHz で実測及

びシミュレーション共におよそ-10dB 付近の値をとっているため、GPS アンテナとしての性能を果たしている。

次に、パッチアンテナ 2 における実測とシミュレーションの S_{11} のグラフを図 11 に示す。

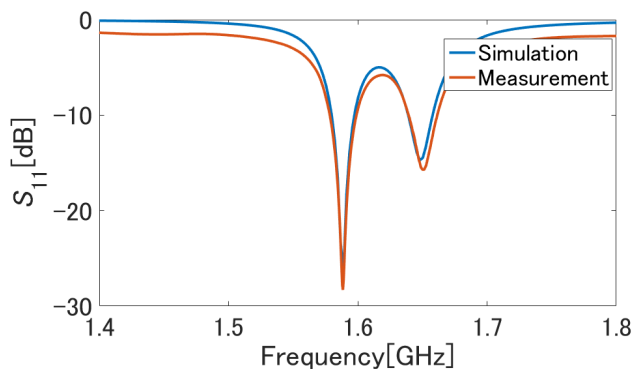


図 11 パッチアンテナ 2 における S_{11} の比較

図 11 において、実測とシミュレーションのグラフの概形は、ほぼ一致していることがわかる。しかし、GPS の受信周波数である 1.575GHz では実測及びシミュレーション共に-7.5GHz 程の値であるが、パッチアンテナ 1 と違いグラフの概形がほぼ一致しており、実際に GPS を受信することが期待できる。そのため、パッチアンテナ 1 だけでなく、パッチアンテナ 2 でも RTK 測位を試みる。

6 実験結果

伏見の多角水準点での実験は、測定地点に電気の科学館が隣接している点や、周りに木々が存在していた点によるマルチパス発生の為、安定した Fix 解を得ることが出来ず、測定を行うことが出来なかった。

グリーンエリアでのそれぞれのパッチアンテナの測定結果は以下の通りである。

パッチアンテナ 2 に関して、受信は出来るものの、安定した Fix 解を得ることは出来なかった。パッチアンテナ 1 の測定画面とプロット図を図 12、図 13 に示す。

結果としては、パッチアンテナ 1 では数 cm 単位の RTK 測位を行うことができた。周りに何も無い環境で実測を行ったため、数 cm 単位の測定ができたと考えられる。また、パッチアンテナ 2 の測定失敗の理由としては、前節で述べた通り S_{11} の値が 1.575GHz で-10dB に届いておらず、アンテナの条件としてふさわしくなかったことが考えられる。

7 まとめと今後の課題

本研究は、GPS アンテナに用いるパッチアンテナの作製に関する研究である。結果としては、常に安定した測定を行うことができなかった。安定した受信に成功したパターンが少なかった理由として、第一に周りの環境が大きな影響を及ぼすことが考えられる。特に伏見の多角水準点では周りの木々の存在もあるが、電気の科学館が隣接しており、様々な電波が飛び交っていた点が受信の不安定さに繋がっ

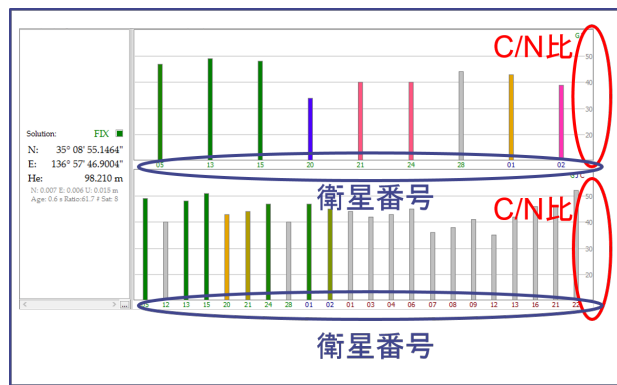


図 12 パッチアンテナ 1 の測定画面

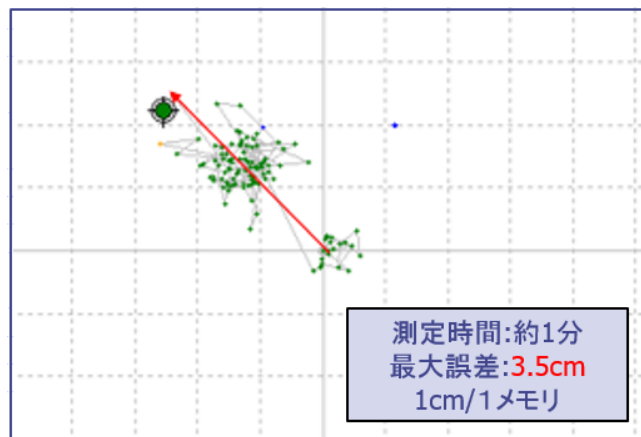


図 13 パッチアンテナ 1 のプロット図

たとえられる。また、パッチアンテナ 2 における実測から S_{11} の値によっても受信可能かどうか大きく影響することを確認することができた。今後の課題としては、シミュレーションと実測における S_{11} の値が一致するアンテナを作製、なおかつ 1.575GHz における S_{11} の値を今回作製したアンテナよりより良い値にすることで改善されることが考えられる。

参考文献

- [1] 福追 武, “円偏波アンテナの基礎的構成,” 円偏波アンテナの基礎, pp.95-110, (社) コロナ, 東京, Oct. 2018.
- [2] 高須 知二, “搬送波位相測定値による精密測位の理論及び解析処理,” http://gpspp.sakura.ne.jp/tutorial/html/gps_symp_2005_5.html, 2005.
- [3] 浪江宏宗, 防衛大学校, “RTK-GPS の原理と応用,” <http://www.nda.ac.jp/~nami/research/pdf/CGSIC2001.pdf>, 2001.
- [4] 中本 伸一, “全国測位 1cm プロジェクト,” トランジスタ技術 2018 1月号, pp.59-73, Jan. 2018.
- [5] 根日屋 英之, 東京電機大学, “平面アンテナの設計,” <http://amplet.tokyo/univ/tdupdf/PATCHANT.pdf>