

パッチアンテナ接続の1周波 GPS 受信機を用いた 静的測位における信頼性と精度の評価

東京理科大学 学生員 ○ 金子 昌平
東京理科大学 学生員 高坂 朋寛
東京理科大学 正会員 佐伯 昌之

1 はじめに

本研究の目的は、パッチアンテナ接続の安価な1周波 GPS 受信機を用いて静的測位を行う場合に、その信頼性と環境依存性を評価することである。さらに、解析に影響を及ぼすノイズの特性についても調べることにした。

本研究の最終的な目標は多点変位計測システム¹⁾を開発することである。ここで言う、多点変位計測システムとは、パッチアンテナ接続の安価な1周波 GPS 受信機と無線 LAN 装置を搭載した計測ユニットと、この計測ユニットで得られる情報を受信・保存・解析する GPS サーバから成るシステムである。センサを社会基盤構造物に多点に配置することで、地震時などに構造物の残留変位を計測することが期待される。

多点変位計測システムで用いているパッチアンテナは、安価・小型・軽量なため、多点・高密に配置することが容易である。その反面、ノイズに弱く測位解析において信頼性と精度に影響を及ぼすことが分かっている。ここで問題となるノイズとは、マルチパスといわれる地面などに反射して受信される搬送波のことである。このマルチパスが測位解析結果にどのように影響を及ぼすかは分かっていない。そこで、本研究では様々な環境で受信実験をすることで、マルチパスが解析にどう影響を及ぼすかを調べることとした。

2 受信実験

測位解析の信頼性と精度を定量的に評価するために様々な環境で実験を行った。具体的には以下の通りである。

- (1) 遮蔽物となる障害物がない理想的環境での実験
- (2) アンテナの距離を変えての実験 (100[m] ~ 200[m])
- (3) アンテナ周辺の地面をコンクリートと芝生にした実験
- (4) 2つのパッチアンテナの高さを変えた実験
- (5) 2つのパッチアンテナを地面に設置した実験

図1は実験(1)の場合のアンテナの配置を示している。実験に使用した器具は4つの計測ユニット、1つのGPSサーバであり、実験(1)、(2)、(3)では2つのパッチアンテナと2つの測量アンテナを、実験(4)、(5)では4つのパッチアンテナを使用した。1つのパッチアンテナを参照点としてビルの屋上に設置し、計測ユニットに接続した。また、未知点として同様にパッチアンテナをそれぞれの(1)~(5)の条件に合わせて設置し、計測ユニットに接続した。観測時間は約2時間程度で、1秒1サンプリングとしている。それぞれの実験について何回か繰り返し観測を行っている。計測ユニットに搭載しているGPS受信機は古野社製GT8035を使用している。

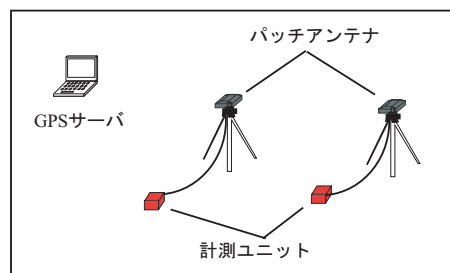


図 1: アンテナ配置の一例

3 解析結果

実験(1)~(5)で得られたデータを解析して正解決定率や精度を計算し、データ長との関係を調べた。データ解析では、受信した観測データから決まった時間幅(例:5分)のデータを抜き出し、測位解析をし、位置の正解の判定を行った。観測データの中から、データ長を取り出せる全ての場合について計算させ、正解した数をカウントした。これを全体の試行回数で除して正解決定率とした。

さて、図2にそれぞれの実験の正解決定率とデータ長の関係を示す。図2は、縦軸に正解決定率、横軸にデータ長をとっている。(5)の実験ではデータ長が3分でも正解決定率が非常に高くなることがわかった。全体として、取り

キーワード：パッチアンテナ接続の安価な1周波 GPS 受信機，マルチパス

住所：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学理工学部土木工学科応用力学研究室 TEL:0471-24-1501(ex4075)

出すデータ長を増やせば正解決定率が上がっていることが分かる。

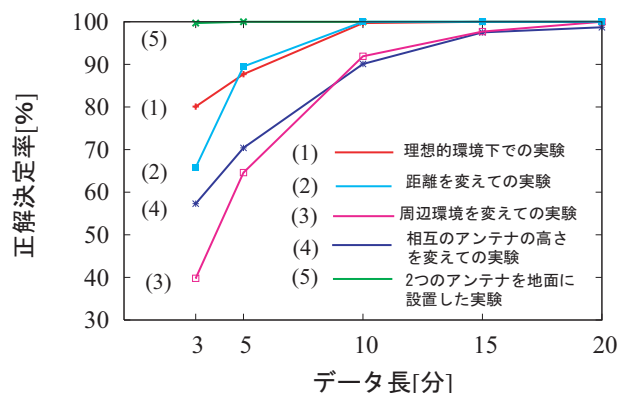


図 2: データ長と正解決定率の関係

測位精度については紙面の都合上、省略するが全ての実験で 3cm 以下であることが確認されている。ただし、精度を計算するにあたって、正しい位置を決定できたときの値のみを用いている。

4 ノイズ特性

正解決定率にマルチパスノイズがどう影響しているかを調べるためにノイズを調べた。ここでは正しい位置を正解できたときと、正解できなかったときの特徴的なノイズの例を図 3、図 4 にそれぞれ示す。まず、(5) の実験で正しい位置を決定できたときのノイズ例を図 3 に示す。マルチパスがほとんど入っていないため、0 の付近をランダムノイズが分布している。一方、(4) の実験で正しい位置を決定できなかったときのノイズ例を図 4 に示す。ノイズ分布が傾きを持っていることが分かる。

ここで、ノイズが傾きをもつと位置を決定できない理由について説明する。一般に、以下のような観測方程式²⁾が成り立つ。紙面の都合上、式の詳説はさける。

$$U(t) = X(t)\Delta x + Y(t)\Delta y + Z(t)\Delta z + N \quad (1)$$

ここで、 $U(t)$ は衛星の搬送波から得られる観測値で既知であり、 $X(t)$ 、 $Y(t)$ 、 $Z(t)$ は衛星の位置から計算される値で既知である。求める変数は Δx 、 Δy 、 Δz 、 N である。これを時刻や衛星に関して式を増やし、同時に解くことで変数を決定する。このとき、左辺の $U(t)$ は短時間では直線に近似できることが分かっている。右辺の $X(t)$ 、 $Y(t)$ 、 $Z(t)$ も直線に近似することができ、左辺の $U(t)$ と同じ大きさの傾きを持つように変数 Δx 、 Δy 、 Δz が決定される。よって、 $U(t)$ にマルチパスノイズが含まれると、直線の傾きに誤差が含まれ、そのために、 Δx 、 Δy 、 Δz が誤って決定されるのである。以上より、ノイズが傾きを持つと、

正しい位置を決定しにくくなることが分かった。

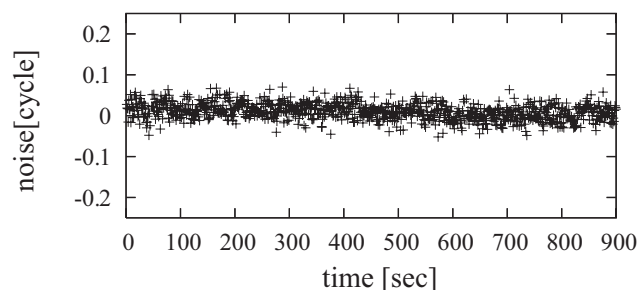


図 3: 正解できたときのノイズ例

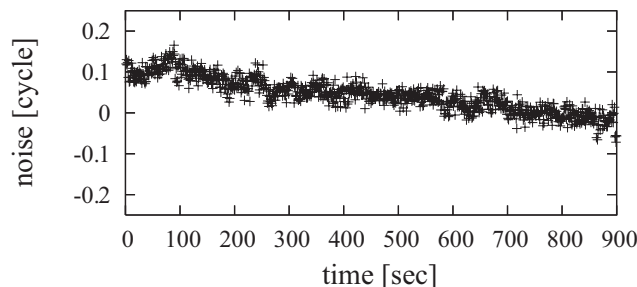


図 4: 正解できなかったときのノイズの例

5 まとめ

多点変位計測システムのプロトタイプを用いて様々な環境において実験を行い、正解決定率の定量的評価をおこなった。その結果、アンテナ周辺の環境や相互のアンテナの高さを変えたときの結果が悪かった。また、2つのパッチアンテナを地面に設置したときには3分でも、高い率で正解することがわかった。上記のような結果となった理由としては、正解決定率の悪いデータのノイズ分布が傾きを持ち、観測方程式の近似式が誤って近似され、解析に影響を及ぼすことが分かった。

6 参考文献

- 1) 佐伯昌之, 高坂朋寛, 堀宗朗: 1 周波 GPS 受信機と無線 LAN を用いた多点変位計測システムの開発, 応用力学論文集 Vol.8, pp.645-652, 2005.8
- 2) B.Hofmann-Wellenhof, H.Lichtenegger, J.Colins: GPS Theory and Practice Fifth, revised edition.