

GPS 無線センサネットワークを用いた変位計測実験

東京理科大学 学生員 ○中村 美貴
東京理科大学 正会員 佐伯 昌之

1. はじめに

著者等は、これまで GPS (Global Positioning System) と無線センサネットワークの技術を結合した、高密度・多点で変位を計測できるシステムの開発を進めてきた。このシステムを、GWSN (GPS Wireless Sensor Network)と呼んでいる。GWSN の開発にあたっては、変位の計測精度は数センチ程度を目標としている。これまで、佐伯(2011) 等により周囲に GPS 衛星からの電波を遮蔽するような障害物がなく、基線長が 10m 程度の場合においては、数センチの精度で変位を計測できることが確認されている¹⁾。本研究では、土木の実現場により近い状況を想定して準静的モニタリング実験を行い、与えた変位を検出できるかを検証した。またマルチホップ通信の通信性能も合わせて検証した。

2. GPS 無線センサネットワークの概要

GPS 無線センサ (センサノード) は、1 周波 GPS 受信機、特定小電力無線モジュールおよびバッテリーからなる。本研究では、無線通信に、IEEE802.15.4 規格の 2.4GHz 帯無線モジュールを使用している。センサノードは、サーバからの指令に従って、所定の時間に GPS データを 300 秒間取得し、それをサーバへ無線で伝送する。サーバへ収集されたデータは、静的測位解析されセンサノード間の相対位置を解析する。その時間的変化が変位となる。GPS 受信機は 1 周波で、GPS アンテナにはカーナビ等に使われる小型パッチアンテナを用いている。これらの部品は、製造コストを抑えられる反面、高精度な測位に最適とは言えない。しかし、観測方法や測位解析法の工夫によって、変位計測精度を向上させることができる。

3. 準静的変位モニタリング実験

土木現場を想定した環境下において、センサノードに意図的に変位を与え、その変位をモニタリングできるかを実験的に検証した。

3.1 実験概要

実験は、東京理科大学理工学部野田キャンパスにあ

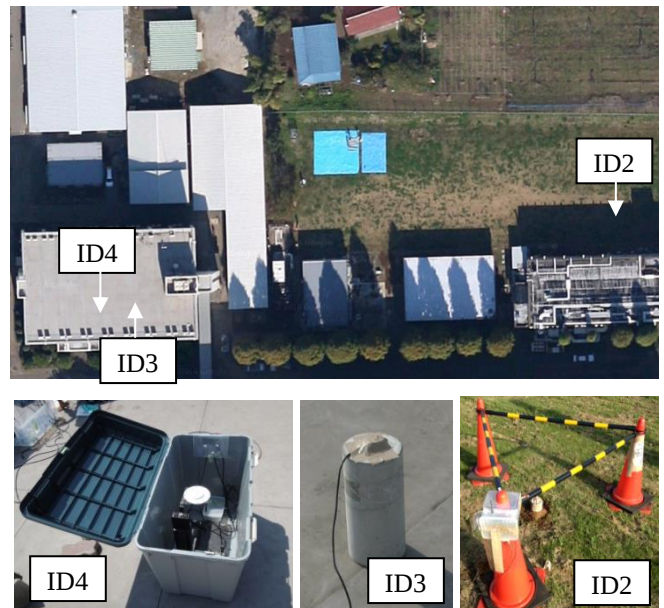


写真-1 準静的変位モニタリング試験

る 5 号館の屋上とその周辺で行った。実験の様子を写真-1 に示す。土木現場を想定し、基準点と未知点の間は、100m 程度の水平距離と、約 15m の高低差とした。基準点となる ID2 は雑草の生えた地面に固定し、ID3 と ID4 はビルの屋上に設置した。写真-1 に示す様に、ID2 と ID3 は地面からのマルチパスノイズを抑えるために、直径約 10cm のコンクリート杭の上に小型のパッチアンテナを固定した。ID4 は、数ミクロンの精度で変位を 3 次元で制御できる移動ステージの上に GPS アンテナを設置した。この GPS アンテナは、コンクリート杭の上にパッチアンテナを置いたときと同程度のノイズが混入することを確認している。

センサノードは、サーバの指示に従い GPS データを観測し、サーバにデータを送信する。この実験では、サーバを屋内に設置しており、センサノードと直接通信できないことから、中継点を 3 点設けてマルチホップ通信によりデータを回収した。中継点 1 は屋内から屋外を直接視認できる点に、中継点 2 は中継点 1 から屋上を直接視認できる点に設置した。屋上の中継点 2 からは ID2 を直接視認することができる。さらに、中継点 3 を同じ屋上に設け、ID3 と 4 は中継点 3 から直接

キーワード 無線センサネットワーク, GPS, 変位モニタリング

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL 04-7124-1501(代)

視認できる状態になっている。

実験は、平成 25 年 11 月 20 日～翌年 2 月 6 日まで、約 80 日間にわたって実施した。移動ステージによる変位制御スケジュールとしては、最初の 7 日間は静止させ、次の 24 日間で速度を一定に保ちつつ 90mm 東西方向に変位させ、その次の 24 日間で南北方向に、最後の 24 日間で鉛直方向に同様に 90mm だけ変位させ実験を終了している。GPS データは 1 時間に 1 回 GPS 受信機の電源を投入して 1 分間の初期化の後に、4 分間データを観測した。GPS データは 1 エポック 28byte に圧縮²⁾され、240 パケットを受信した。

3.2 実験結果

3.2.1 マルチホップ通信の通信性能

約 80 日間の観測で合計 1896 回の GPS 観測を行った。その中で、各ノードにおけるデータ回収率を表-1 にまとめた。ここで、240 パケットの GPS データを全て回収出来た場合にデータ取得回数を 1 カウントすることとした。

表-1 データ回収率

	ID2	ID3	ID4
GPS 観測回数	1896	1896	1896
データ取得回数	1681	1712	1649
データ取得成功率(%)	88.7	90.3	87.0

表-1 から、今回の観測では、ホップ数によるデータ取得成功率の差はほとんど見られなかった。今回約 10% 程度のデータが取得できなかった原因としては、センサが途中で停止してしまったことと一時的に電波環境が悪化し、データ回収が所定の時間内に行えなかったことが考えられる。センサが途中で停止してしまう原因は明らかになっていないがプログラム上の問題であると考えられる。

3.2.2 GPS 静的測位解析

表-1 のデータ取得に成功したものの中で、同時刻にデータがある場合において 240 エポックのデータで静的測位解析を行い、変位を推定した。この結果に 3 軸が変化しないモデルを用いたカルマンフィルターをかけノイズを除去した結果を図-1 に示す。図-1 の上から、縦軸が東西方向(x)、南北方向(y)、鉛直方向(z)の変位とし、横軸を経過日数とした。また、緑線が ID2 と ID3、赤線が ID2 と ID4 の変位推定結果である。青線は移動ステージにより制御した変位である。また、表-2 にカ

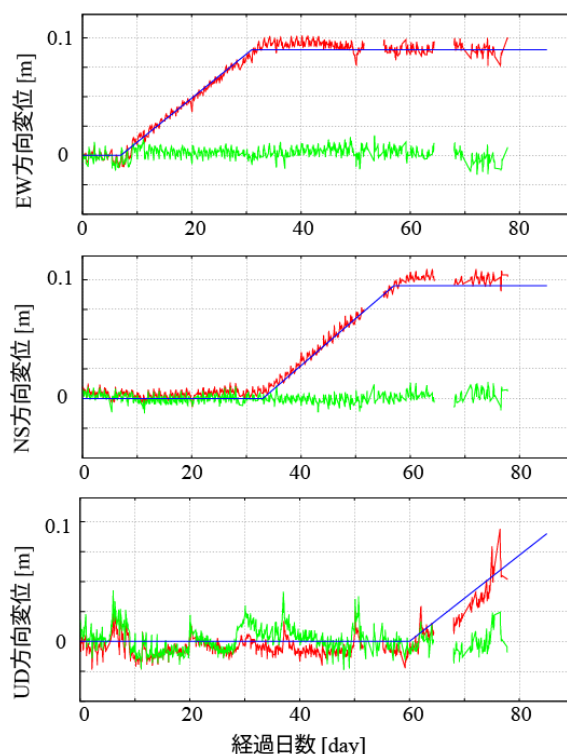


図-1 変位推定結果(カルマンフィルター)

表-2 標準偏差の 2 倍値[m]

Kalman Filter	x	y	z
無	0.012	0.015	0.036
有	0.008	0.011	0.017

ルマンフィルターの有無による標準偏差の 2 倍値の比較を示した。これによりカルマンフィルターを用いることで x, y, z の 3 成分において精度よく変位を推定することが出来たといえる。

4. まとめ

約 80 日間の準静的変位モニタリング実験を行った結果、3 軸の変位を精度よく推定することが出来た。また、2.4GHz 帯のマルチホップ通信の通信性能を検証した結果、今回は、最大 3 ホップでデータ回収を行ったがホップ数による通信性能の差は見られなかった。

参考文献

- 1) 佐伯昌之, 澤田茉伊, 志波由紀夫, 小國健二: 準静的変位モニタリングのための GPS 無線センサネットワーク, 土木学論文集 A2(応用力学), Vol.67, No.1, p25-38, 2011.
- 2) 高坂朋寛, 金子昌平, 佐伯昌之: 1 周波 GPS 受信機の無線センサネットワークにおける通信データ量削減手法について, 応用力学論文集, Vol.9, pp.709-716, 2006.