

稠密多点配置を考慮した GPS 相対測位手法の GPS on Every Roof への適用

東京理科大学 学生会員 ○坂本 尚葵
 東京理科大学 正会員 佐伯 昌之
 慶應義塾大学 正会員 小國 健二

1. はじめに

著者らは住宅密集地域に地震が直撃した際に、家屋の倒壊状況を 30 分以内に推定することを目的としてシステムの開発を行っている¹⁾。本システムを GPS on Every Roof と呼ぶ。本システムは、GPS 受信機と特定小電力無線モジュールを搭載したセンサノードを全ての家屋に設置することを考え、センサノードが取得する GPS データを測位解析することによって家屋の倒壊やそれに起因する道路の閉塞を推定するものである。

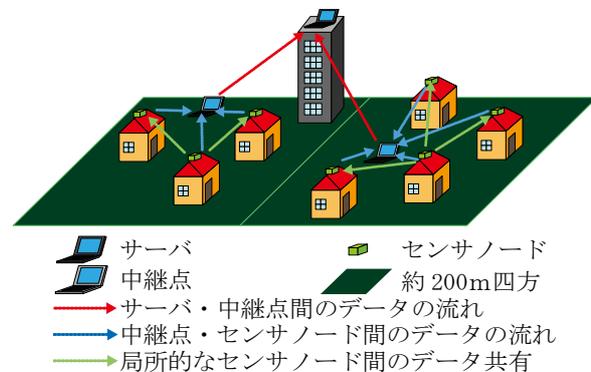


図-1 GPS on Every Roof のイメージ

2. GPS on Every Roof の概要

GPS on Every Roof のイメージを図-1 に示す。本システムは、3 段階の階層構造からなる。上位には、意思決定者から起動のシグナルを受信し全体の制御を行う「サーバ」を配置する。中位にサーバからの指示を受け取り、センサノードを制御するための「中継点」を配置し、約 200m 四方の範囲内にあるセンサノードを管理する。下位には、対象となる地域の全ての家屋で GPS 観測を行う「センサノード」を配置する。

データ回収方法は以下の二通りがある。

- 1) 全てのセンサノードの GPS データをサーバに収集し、サーバが測位解析する方法。
- 2) センサノードで測位解析を行った後に、解析後のデータのみをサーバに転送する方法。

1)では全ての測位解析計算をサーバが行うため、測位解析ソフトウェアはサーバに備えてあればよい。またセンサノードの CPU は非常に安価なものでよい。そのため全体を非常にシンプルに、また安価に作成できる。その反面、全センサノードの観測データをサーバに収集することが必要である。本研究で使用する特定小電力無線モジュールを用いて n バイト送信する際の所要時間 t ミリ秒は、以下の式によって計算される²⁾。

$$t = n \times 1.04 + 34 \quad (1)$$

また GPS データは 1 秒で 38 バイトである³⁾。GPS を

300 秒観測し、センサノード数を 250 個とすると、全てのデータをサーバへ収集するために必要な時間 T 秒は

$$T = \{(38 \times 1.04) + 34\} \times 300 \times 250 / 1000 = 5514 \quad (2)$$

式(2)よりシステムの目的が達成できず、採用できない。

2)はセンサノードで測位解析するため、センサノードに倍精度の計算が可能な CPU を搭載する必要がある、また測位解析ソフトウェアも全てのセンサノードに必要である。このため、センサノードは割高になる。しかし、各センサノードで GPS 測位解析を行うため、大量のデータをサーバに収集する必要がなく、所要時間を短くできる。

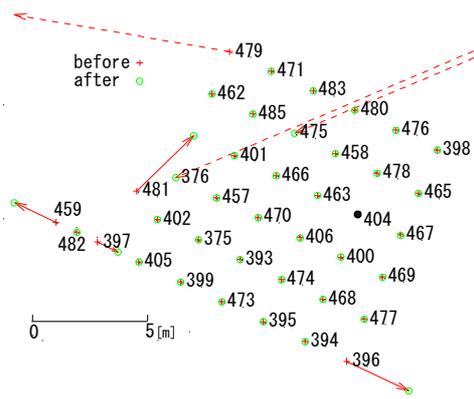
本システムでは厳しい時間的制約が存在するため、2)の手法を採用する。

3. GPS on Every Roof 動作実験

第 2 節で述べた概要を実現したシステムを開発し、センサノード数 39 点で実証実験を行った。実験は、まずセンサノードをグリッド状に配置して GPS の観測を行い、初期相対位置の決定を行った。その後、被災後を想定し 4 つのセンサノードを動かし、相対位置を求めた。そしてこの前後の相対位置から各センサノードの初期位置からの変位を推定した。この実験結果を図-2 に示す。ベクトルは前後の解析結果から得たセンサノードの変位である。センサノードの近くに記されて

キーワード GPS, 無線センサネットワーク, 家屋倒壊推定, GPS on Every Roof

連絡先 〒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 構造工学研究室 TEL:0471241501(ex4075)



図—2 実験結果

いる3桁の番号はセンサノードに搭載している無線機器のシリアルNo.である。センサノードが非常に多く、また災害直後を想定しているため、システム起動前に正常に動作しているセンサノードを知ることができない。そのため、システム開始直後にセンサノードが搭載している無線モジュールのシリアルNo.によって動的ID割振りを行っている。動かしたセンサノードはシリアルNo.376, 459, 475, 479である。

図—2のベクトルに注目すると、シリアルNo.376, 396, 397, 459, 475, 479, 481に変位が見られる。このうち、No.376, 459, 475, 479はセンサノードを実際に動かしたものであり、実際の変位を観測することができた。No.376, 475, 481に関しては、初期位置決定時に整数値バイアスを正しく算出できず、実際のセンサノードの変位量を算出できなかったと考えられる。

以上より、本システムは、整数値バイアス決定の失敗はあるが、動作させることができたと言える。

4. 多点配置を考慮した相対位置推定手法

第3節の実験から、一つの参照点からの測位解析では、全てのセンサノードの相対位置を正確に推定できない可能性もあることが分かった。そこで、本システムでは複数の参照点を設定することにより、解析結果の中に正しい相対位置が含まれている確率を上げることを考える。その際、複数の参照点を設置するため、それらの解析結果から、一番信頼性の高い結果を採用しなければならないという問題が発生する。本論文では、各解析結果におけるレシオテストの値を利用することを提案する⁴⁾。この値によって複数の参照点の中から各センサノードに最適な参照点を選ぶ。

次に、レシオテストによって最適な参照点を選択す

ることが可能かを実験によって確かめた。未知点と参照点A, B, Cを用意し、未知点と参照点Aはモルタル板上、参照点Bは反射板と電波吸収材を使用し三脚上、参照点Cは反射板と電波吸収材を使用し厚さ10cmモルタル板にアンテナを設置した。そしてそれぞれを参照点として未知点の相対位置を求めた。未知点が正しい相対位置を算出する確率は、表—1のようになった。

表—1 未知点の正解決定率(%)

	参照点A	参照点B	参照点C	多点配置
正解決定率	99.93	91.47	99.92	99.96

表—1から未知点と参照点はアンテナ設置手法が類似のものほど、正解決定率が高いことが分かる。

また、未知点の複数の参照点との解析結果のうち、レシオテストが一番高い結果を採用すると、その位置決定成功率は表—1の右側のように上昇した。

以上から、複数の参照点から最適な参照点を選択する際にレシオテストの値を指標として用いることができると考えられる。

5. システムへの実装と今後の展開

現段階では、複数の参照点を任命し、各参照点からの相対位置を求める機能までを実装した。

今後は、レシオテストを参照点選択の指標にするとともに、参照点同士のレシオテストが低い場合に相対位置を決定するアルゴリズムの開発が必要である。

謝辞：本研究は、平成20年度消防防災科学技術研究推進制度の助成を得て行った。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 坂本尚葵, 佐伯昌之, 小國健二: 家屋倒壊推定システムのための無線センサネットワークの検討, 土木学会第64回年次学術講演会, CD-ROM
- 2) http://www.circuitdesign.jp/jp/products/manual/MU_1_1200.pdf
- 3) 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
- 4) Hofmann, B. - Wellenhof, H. Lichtenegger & J.Collins (2001), *GPS, Theory and Practice*, Springer-WienNewYork.