

データ欠損率が GPS 測位解析精度に及ぼす影響について

東京理科大学	学生員	○ 井上 忠治
東京理科大学	正会員	佐伯 昌之
大成建設株式会社	フェロー会員	志波 由紀夫

1 はじめに

著者らは、土木構造物や地盤の準静的な変位をモニタリングするための簡易なシステムの研究に取り組んでいる。このシステムでは、高密度でしかも簡易な設置が可能となるように、小型・軽量・安価な 1 周波 GPS 受信機を変位センサとし、データを無線伝送することを計画している。

このシステムは、簡易なシステムにするために、変位センサは小型のバッテリーで長期間動作し続けられる必要がある。そのため、センサ構成機器の低消費電力化は必要不可欠な問題であり、使用する無線モジュール等も低消費電力のものが望ましい。そこで、本研究では、無線モジュールとして低消費電力の特定小電力無線装置の使用を試みる。特定小電力無線装置は、低消費電力であるために通信性能は低い。すなわち、無線通信中のデータ欠損が考えられる。GPS 測位解析精度はデータ量に比例するため、データ欠損が頻繁に発生する場合、計測精度の低下をまねくことになる。

以上のことを背景とし、本研究では、まず実際に特定小電力無線装置を用いて実現場を模した実験を行い、通信距離とデータ欠損率の関係を明らかにする。その上で、起こりうるデータ欠損率が GPS 測位解析精度にどのような影響を与えるのかを検証する。

2 データ欠損率の検証実験

2.1 実験概要

本実験は、特定小電力無線装置を用いて通信実験を行い、起こりうるデータ欠損率を知ることが目的である。本実験は、比較的に見通しの良い場所で行われ、周りに電波を妨害するようなものはほとんど無い。図 1 に実験風景を示す。

本実験で使用した装置は、特定小電力無線装置を実装した送信ノードと、同じ無線モジュールの受信装置を連結したサーバ（ノート PC）である。送信ノードは、GPS データに摸したデータを 240 パケット連続でサーバに送信する。サーバは、送られてきたデータを保存するが、各パケットはその構成 bit が完全に揃ってはじめて解析に使用できるため、1byte ずつデータの正否を確かめながら保存をして



図 1: 実験風景

いく。以上のような動作を 1 セットとして、サーバ、ノード間の通信間距離を 50m ずつ離し、400m まで合計 9 セット実験を行った。そして、1 セットの実験で完全なパケットとして受信に成功した数を 240 で除した値を、そのときのパケット到達率と定義した。なお、サーバ側の無線装置のアンテナは地上高さ 1m に固定して設置し、送信ノードのアンテナの設置高さは 0m, 0.5m, 1m の 3 段階に変化させた。また、送信ノードは同種のものを 3 個使い、無線モジュールの製品個体差についても検証を行った。

2.2 実験結果

3 個の送信ノードで結果に有意な違いはなかったため、以下では 3 個の平均値で説明する。

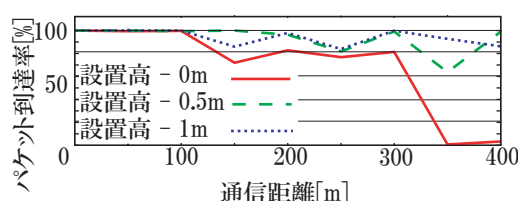


図 2: 実験結果

図 2 は、縦軸にパケット到達率 [%], 横軸に通信距離 [m]

キーワード：GPS, 測位解析精度, データ欠損率

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 TEL:0471-24-1501

をとったグラフで、通信距離とパケット到達率の関係を示すものである。図2を見ると、設置高さが0mの場合、通信距離が300mを超えるとほとんど通信不可能となっていることが分かる。これに対して、設置高さが0.5m、1mの場合は、通信距離が長くなるにつれて結果にばらつきが出てくるものの、60%~100%のパケット到達率を保っていることが分かる。これらのことから、特定小電力無線装置を使用する場合は、なるべく高い場所に設置したほうが良いことが分かる。また、無線装置を高い場所に設置した場合に考えられる最低のパケット到達率は、図2より約60%であることが分かる。データ欠損率でいうと40%程度であるため、以下、データ欠損率0%~50%程度についてGPS測位解析精度との関係を調べることにする。

3 データ欠損率とGPS測位解析精度の関係

3.1 精度検証方法

まず、GPSデータの取得を行う。後述するが、変位精度の検証を行うためには大量なデータが必要なため、通信実験とは別の日にデータの取得を行った。データ取得は、見通しの良いビルの屋上で、2つのGPSアンテナをコンクリートの地面に直置きで設置した理想的な環境下で行った。データの取得時間はすべての衛星配置パターンを網羅したため、最低24時間の連続観測が必要である。(GPS衛星は、周期と地球の自転を考慮すると約23時間56分後に同じ場所に戻ってくるため¹⁾。)その後、1つのアンテナを東に約10cm動かし、再び24時間のデータ取得を行った。

次に解析方法について説明する。解析アルゴリズムは、基本的にはGPS干渉測位を利用する¹⁾。ただし、本研究では1[mm/日]以下の微小な変位をモニタリングすることを目的としている。搬送波の波長は19cmであり、変位量に比べて十分長いため、一度受信機の位置を決定できればその後の位置は高精度に決めることができる。この解析アルゴリズムを用いて、まず1日目のデータから4分間のデータを取り出して解析を行う。次に2日目のデータも同じようにして解析を行う。このとき、解析に使用するデータの衛星配置を同じにしたいため、2日目に使用するデータは1日目に使用するデータの23時間56分後のデータを使用する。そして、1日目の解析結果と2日目の解析結果の差をとれば変位を求めることができる。この作業を、取り出すデータの時間を1秒ずつずらして約24時間分を行う。そして、算出された変位の平均値からの残差の標準偏差を計算し、その2倍値を変位精度とする。

データ欠損が生じたことを想定して解析を行う場合は、最も条件が悪い場合を考慮して解析を行う。例えば50%のデータが欠損したとすると、解析の際に取り出す4分間のデータのうち最後2分間を削除する。すると、4分間の

データを取り出したにも関わらず、衛星は2分間しか移動していないことになる。衛星からの電波は様々な位置から受信した方が解析には有利になるので、この条件のように衛星の移動距離が最も少ない場合が最も悪い条件となる²⁾。また、前章で行った通信実験の結果から、データ欠損率は0~50%のときを考慮して解析を行う。

3.2 解析結果

表1にデータ欠損率と精度の関係をそれぞれ示す。

表1: データ欠損率と精度

欠損率	x座標 [cm]	y座標 [cm]	z座標 [cm]
0%	0.18	0.23	0.49
50%	0.20	0.26	0.55

干渉測位解析結果は、2つの観測点の相対位置で与えられる。ここでいう三次元直交座標はこの相対位置を表す相対座標のことで、基準となる観測点を原点として東西方向にx軸、南北方向にy軸、鉛直方向にz軸をそれぞれとっている。

表1を見ると、データ欠損率が0%のときと50%のときとあまり精度に変化が見られないことが分かる。水平成分で0.2~0.3mm、鉛直成分で0.6mm程度しか差は見られないことが分かる。

4 まとめ

本研究により、特定小電力無線装置を使用したときに通信距離400m以内で起こりうる最高のデータ欠損率は約50%で、それによる測位解析精度の低下は1mm以下であることが分かった。この結果は、逆を言えば必要以上にデータを取得しても、電力を余計に消費してしまうだけでそれほど精度は改善しないということを表す。このことを踏まえて、今後は、必要な精度を出すための適切なデータ量を検証しなおす必要があると考える。

参考文献

- 1) 土井淳, 辻宏道: 新・GPS測量の基礎, 社団法人日本測量協会, pp. 75-240, 2002
- 2) 佐伯昌之, 金子昌平, 井上忠治: 静的・近接条件に特化したGPS測位解析アルゴリズムの開発, 応用力学論文集, Vol. 10, pp. 639-648, 2007