埋設型 GPS におけるアンテナ深さが測位精度と信頼性に及ぼす影響の評価

東京理科大学　学生員　○　井上 忠治
東京理科大学　学生員　　金子 昌平
東京理科大学　正会員　　佐伯 昌之

1　はじめに

地震や豪雨等の災害時に社会基盤構造物の変位を即座に計測することは重要である．そのため, GPS を用いた様々な変位計が開発されている[1)]. GPS のアンテナは, 衛星からの電波を受信しなければならないため, 通常は見晴らしが良好となるように, ポールや三脚等を用いて高いところに設置される. しかし, このような設置方法では, 景観の妨げになったり, メンテナンスに高所作業が必要になる等の問題があるため, 昨年度に埋込式の GPS 受信機が開発されている[2)]. この研究は, GPS 受信機を埋め込むことが測位精度にどのような影響を及ぼすのかを検証していた. そこで, 本研究では, 1 周波 GPS 受信機と無線 LAN およびカーナビ用の安価で指向性の弱い小型パッチアンテナを用いた GPS 高密度多点変位計測システム[3)] において, アンテナをコンクリート中に埋めて設置することを考えた. ただし, 本当にコンクリートに埋め込むと電波を受信できなくなることから, コンクリートに小さなくぼみを作り, その中にパッチアンテナをはめ込んで実験を行った. パッチアンテナをこのように設置することが, 解析結果にどのような影響が現れるかを評価することとする.

2　観測データの取得

観測は 24 時間連続で行い, サンプリングレートは 1 Hz とした. 実験場所は東京理科大学 5 号館屋上である. 計測ユニットの数の関係から, 実験は 2 回に分けて行った. また, 受信実験には図 1 のようなコンクリートの供試体を用いた. この供試体は一辺が 30cm の正方形で, その真ん中にパッチアンテナが一つはめ込むだけの穴を開けている. この実験は, コンクリートのくぼみを様々な深さに変化させて行った. パッチアンテナがコンクリートのくぼみに入っているとき, くぼみの深さ方向に z 軸をとり, 図 2 のように深さ d を定義する. くぼみの深さは次の 5 通りで実験を行った.

case 1：パッチアンテナを地面に直置きで設置
case 2：d = -3mm の深さで設置
case 3：d = 2mm の深さで設置
case 4：d = 5mm の深さで設置
case 5：d = 12mm の深さで設置

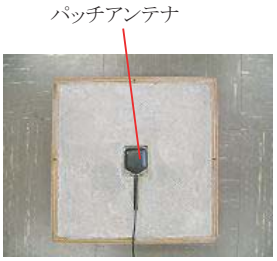

図 1: 供試体

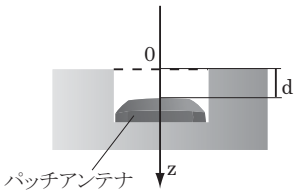

図 2: 深さ d のとり方

3　解析結果

ここでは, 実験で得られた観測データを解析した結果を示す.

解析手法としては静的測位を行い, 各受信機間の相対位置を決定する[3)]. 連続データより T 分間のデータを切り出し, これに静的測位解析を施して相対位置を決定する. 次に, 切り出すデータを 1 秒間ずらし, 同様に静的測位解析を行う. これを繰り返し全データ長に対して行い, 位置決定の信頼性および計測精度を評価した. T の値は 5 分を用いた. 信頼性の指標としては正解決定率を用いる. 十分に長いデータを解析すると, 相対位置を精度良く決定することができる. この値を基準として, 解析結果が十分に近ければ正解, そうでなければ不正解とし, 正解の回数を全試行回数で除したものを正解決定率とした. また, 計測精度としては, 正解と判定されたデータ集合に対して, その標準偏差を計算し, その 2 倍値を持って精度とした.

まず, 表 1 に正解決定率を示す. 表 1 を見ると, 実験-1, 2 ともに case 1 の場合がもっとも正解決定率が高いという結果を得た. ただし, case 2, 3 の場合は, case 1 と比較してそれほど正解決定率は低下していないことがわかる. 実験-1, 2 の結果から, アンテナの深さが比較的浅い場合には, 正解決定率にあまり悪影響は与えないことがわかる.

次に, 表 2 に精度を示す. 表 2 を見ると, 精度に関しても, 全てのケースにおいて, パッチアンテナを地面に配置した場合と比較して精度が低下していることがわかる. とくに, アンテナの深さが深い場合には著しく精度が低下し

キーワード：変位計測, 防災, パッチアンテナ, GPS, マルチパス, 埋設
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

ている．ただし，アンテナの深さが浅い場合については若干の精度低下となっている．

実験-1

case	1	3	5
正解決定率 [%]	100.0	99.8	88.6

実験-2

case	1	2	4
正解決定率 [%]	100.0	99.8	98.6

表 1: 解析結果 (正解決定率)

実験-1

case	1	3	5
水平精度 [cm]	0.3	0.5	1.3
鉛直制度 [cm]	0.5	0.7	1.8

実験-2

case	1	2	4
水平精度 [cm]	0.3	0.9	0.6
鉛直制度 [cm]	0.5	1.3	0.8

表 2: 解析結果 (精度)

ところで，アンテナの深さを深くすると，信頼性と精度が低下することがわかった．なぜこのような結果になったかを具体的に調べてみることとする．解析に成功するかどうかは衛星の SN 比に強く関わっているため，SN 比の値別にどのくらい衛星を補足したかを見ることとする．図 3 に SN 比別延べ補足衛星数を示す．このグラフは，横軸が SN 比で，縦軸がその SN 比で補足した衛星の延べ数を表している．また，解析をする際には SN 比 34[db] 以下の衛星は使用しないことにしているため，グラフ中に SN 比 34[db] の線を引いた．グラフを見ると，実験-1, 2 ともにアンテナ深さが深くなるにつれて SN 比が落ちていることがわかる．さらに，よく見ると，アンテナの深さを深くしていくと SN 比の集中している場所が 1 箇所から 2 箇所に増えることがわかった．このように，アンテナの深さによって SN 比の分布が大きく変化することから，アンテナの深さによってマルチパスノイズの入り方が大きく変わってくることがわかる．マルチパスノイズは衛星の仰角に依存するため，今後は仰角と SN 比の関係を調べる必要がある．

4 まとめ

本研究の成果を以下にまとめる．

(1) アンテナの深さを深くしていくと，信頼性，精度ともに

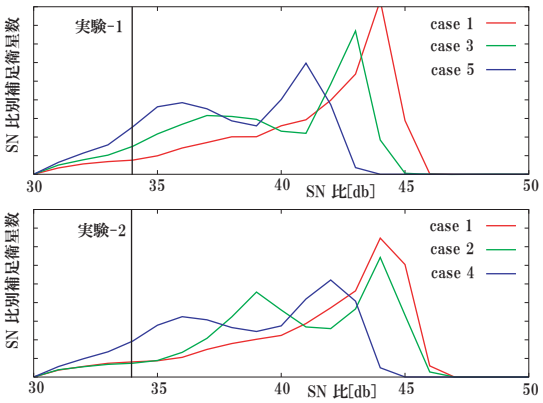

図 3: SN 比と延べ補足衛星数の関係

下がる結果となった．しかし，アンテナの深さが比較的浅い場合なら，あまり悪影響は及ぼさないことがわかった．

(2) SN 比と補足衛星数の関係を見ると，くぼみの深さによって分布に大きな変化が見られた．このことから，アンテナの設置する深さは電波の受信環境に大きく依存することがわかった．

ところで，本システムは短時間で位置を決定することを目指しているため，解析の際に，低仰角衛星を含む，できるだけ多くの衛星を使用できるように解析アルゴリズムを改善する必要がある．そのためには，得られた実験データを詳しく見ることにより，情報をあつめることが必要である．そこで，今後さらにデータを詳しく見ることで，SN 比と仰角の関係等を明らかにしていく必要があると考える．

5 参考文献

1) 田村尚之，増成友宏，清水則一：GPS 変位計測の精度向上を目指した対流圏伝播遅延補正の妥当性の検討：第 61 回年次学術講演会講演概要集 CD-ROM

2) 増成友宏，清水則一：地盤変位計測のための埋込式 GPS 受信機の開発実験：第 61 回年次学術講演会講演概要集 CD-ROM

3) Masayuki Saeki, Tomohiro Kosaka, Shohei Kaneko : Phase Ambiguity Resolution Based on Linear Modeling of DD Carrier Phase : ION GNSS 19th International Technical Meeting of the Satellite Division, 26-29 September 2006, Fort Worth, TX CD-ROM