

省電力小型 GPS 受信機の性能調査

坂尾和男・清水則一

社会建設工学科

地盤防災に関連する危険予知技術の確立のために、広域的な地盤変位監視システムが必要である。このような要求にこたえるため、筆者らはGPS（人工衛星測量システム）を利用した変位モニタリングシステムを開発した。現在、このシステムの適用性を高めるために、省電力小型のGPS受信機の利用を考えている。本報告は、省電力小型GPS受信機に対して、基線長と観測時間の関係に基づいて性能調査した結果をとりまとめるものである。

Key Words : Global Positioning System, a small low-powered receiver, precision

1. はじめに

GPS(Global Positioning System)は、地上から約20,000km離れた軌道を周回するGPS専用の人工衛星から送られる電波を受信し、受信点の位置を三次元的に高精度に測定できる測量システムである¹⁾。著者の一人は長大斜面の安全監視を目的にGPSの適用性を検討し^{2), 3)}、地盤の変位計測を目的とした新しいGPS変位モニタリングシステムを開発した⁴⁾。そして露天掘り鉱山において運用試験を行い^{5), 6)}、さらに、計測結果を平滑化処理し一般のGPSを遙かに凌ぐ精度で、変位を計測できることを明らかにした⁷⁾。データ受信とデータ解析をオフラインで処理している既存のシステムに対し、このシステムでは、オンライン処理を行い多数の計測点の変位を同時にリアルタイムに計測できる特徴がある。

このシステムを現場でより利用しやすくするために、省電力小型GPS受信機の利用が考えられる。すなわち、①計測点の座標と国の基準点との対応づけ、②新たな計測点の設置、などに対しては、軽量で機動性の高い受信機を既存のGPS変位モニタリングシステムと併用すると効果的である。本報告は、このような適用を目的として省電力小型GPS受信機の性能調査を行った結果^{8), 9)}をとりまとめるものである。

2. 使用受信機

本研究で用いた受信機(古野電気製MG-1110、写真-1)の諸元を表-1に示す。本受信機の最大の特徴は小型軽量であること、乾電池を内部電源として使用できることである。このように外部電源を必要

としない小型軽量な受信機は、計測点の新設時などに便利であり、これを利用することで既存のモニタリングシステムに機動性を持たせることができる。

各測点において、人工衛星から受信したデータは受信機内蔵のATAフラッシュメモリに記録され、観測終了後パソコンにダウンロードして、計測点座標を求めるための解析を行う。なお、解析には基線解析プログラムGPSurvey (Ver2.2 トリプルナビゲーション社製)を用いる。

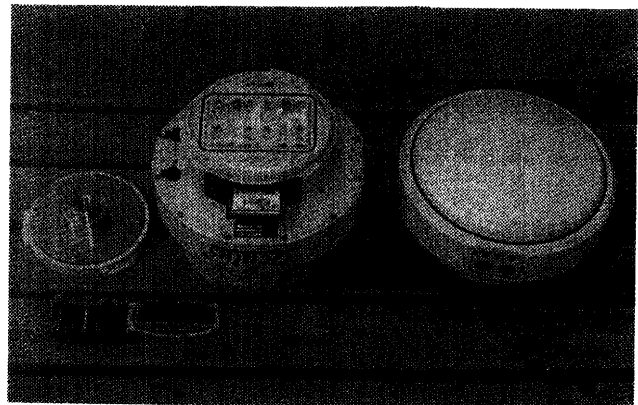


写真-1 省電力小型GPS受信機

表-1 省電力小型GPS受信機諸元

外形寸法	φ212×143mm
重量	1.7kg
内部電源	DC9V (単3乾電池6本)
消費電力	動作時1.5W以下
受信周波数	1575.42MHz (L1帯)
受信CH数	8CH
衛星選択	自動
記録	ATAフラッシュメモリ

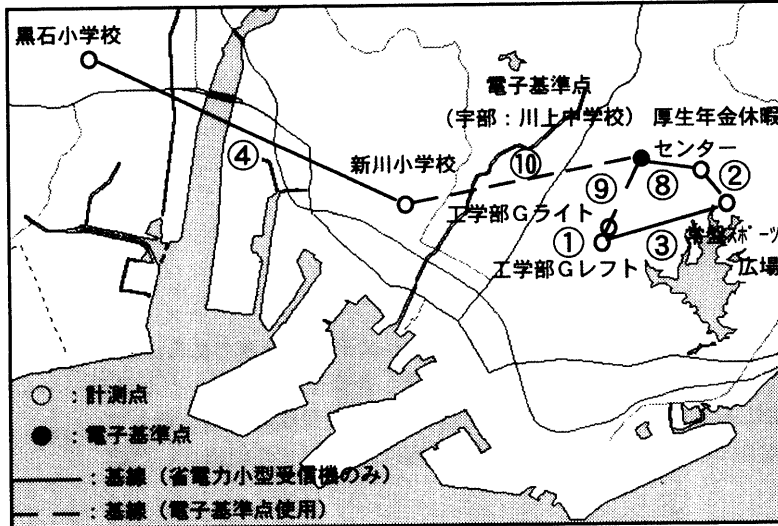


図-1 観測点概要図
(基線 No. ①~④, ⑧~⑩)

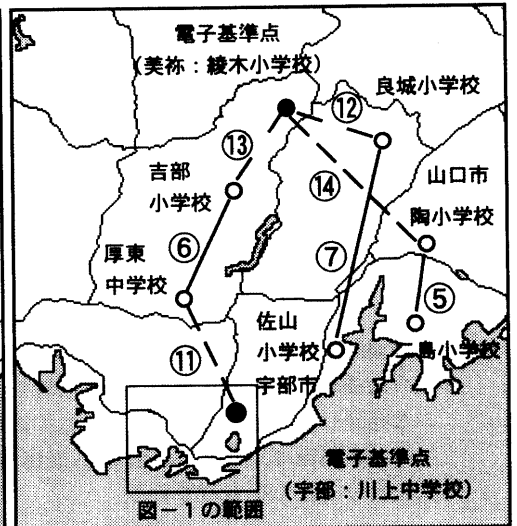


図-2 観測点概要図
(基線 No. ⑤~⑦, ⑪~⑭)

3. 観測計画

基線測量は、図-1、図-2に示した計測点において、表-2に示すように、まず基線長5km以下(基線No.①~④)の4基線、および基線長5km以上(基線No.⑤~⑦)の3基線の計7基線について行った。人工衛星からの電波の位相の積算周期は10秒、観測時間は1回につき3~5時間とした。

また、国の基準点を利用するため、宇部市と美祿郡に設置されている国土地理院のGPS連続観測点(電子基準点・写真-2)を測点として用いた。観測した基線は1kmから14kmの7基線である(表-2、基線No.⑧~⑭)。なお、基線解析を行う際に必要な電子基準点の観測データはRINEX形式(GPS汎用フォーマット)で、国土地理院から提供を受けた。

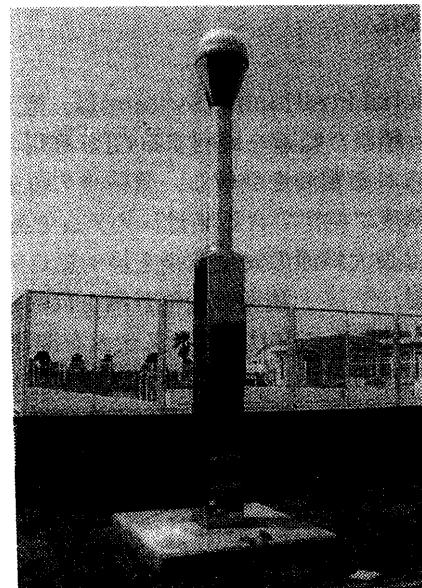


写真-2 GPS連続観測点
(電子基準点、宇部市川上中学校校内)

4. 基線解析

表-2に示す測線について基線解析を行う。解析に用いる位相積算周期は10秒と30秒の2種類とした。なお、30秒間隔のデータは10秒間隔で得た観測データから抽出した。また、観測時間は20、30、60、120、180分の5種類である。実際に観測を行った時間は3~5時間であるが、その時間から20、30、60、120、180分の解析用の観測データを抽出している。また、データを受信する衛星は仰角が15度以上の位置を周回しているものに限定した。

上記の条件で全ての基線について、解析した結果(基線長および計測点の基準点に対する3次元相対座標)に基づいて、以下に示す項目について検討する。

1) 位相積算周期

表-2 基線観測計画表

基線 No.	基準点	移動点	測線長	観測 日数	実観測 時間
①	工学部G(レフト)	工学部G(ライト)	106m	3	3
②	厚生年金休暇センター	常盤スポーツ広場	819m	7	3
③	常盤スポーツ広場	工学部G(レフト)	2km	6	3
④	黒石小学校	新川小学校	4km	2	5
⑤	二島小学校	陶小学校	5.9km	2	5
⑥	厚東中学校	吉部小学校	9.2km	2	5
⑦	佐山小学校	良城小学校	15.7km	2	5
⑧	電子基準点(宇部)	厚生年金休暇センター	1.1km	4	3
⑨	電子基準点(宇部)	工学部G(レフト)	2.6km	4	3
⑩	電子基準点(宇部)	新川小学校	3.9km	2	5
⑪	電子基準点(宇部)	厚東中学校	7.3km	2	5
⑫	電子基準点(美祿)	良城小学校	8.2km	2	5
⑬	電子基準点(美祿)	吉部小学校	9.4km	2	5
⑭	電子基準点(美祿)	陶小学校	13.5km	2	5

図-3 (a) は、観測時間を30分に固定して、位相積算周期 (以下DTと記す) を10秒および30秒とした場合の基線長誤差 (基線長の観測平均値と各観測値との差) を各基線長に対して表示したものである。図から、DT=10sec (図中□) と30sec (図中○) の差はほとんど見られないことがわかる。

また、図-3 (b), (c), (d) に緯度・経度・高さ方向の解析結果を示す。いずれの成分も基線長の場合と同様にDTによる違いはほとんどみられない。

以上のようにDT=10secと30secによる差はほとんどないため、観測の効率をよくする観点から (観測データ数を少なくするため)、DT=30secとしてよいものと考えられる。

2) 観測時間と基線長

図-4 (a) は、観測時間を20・30・60・120・180分とした場合の基線長の標準偏差を示したものである。この図において観測時間による観測値の標準偏差の違いをみると、まず2kmまでの基線長では観測時間による標準偏差の違いは見られない。4km以上の場合、観測時間によって違いが見られるが、いずれの基線長についても、観測時間が長いほど標準偏差がおおむね小さくなる傾向にあることが分かる。さらに、基線長と観測値の標準偏差の関係をみると、基線長が長くなるとともに基線長の標準偏差は増加し、特に6kmを越えるあたりから急激に標準偏差が増大している。

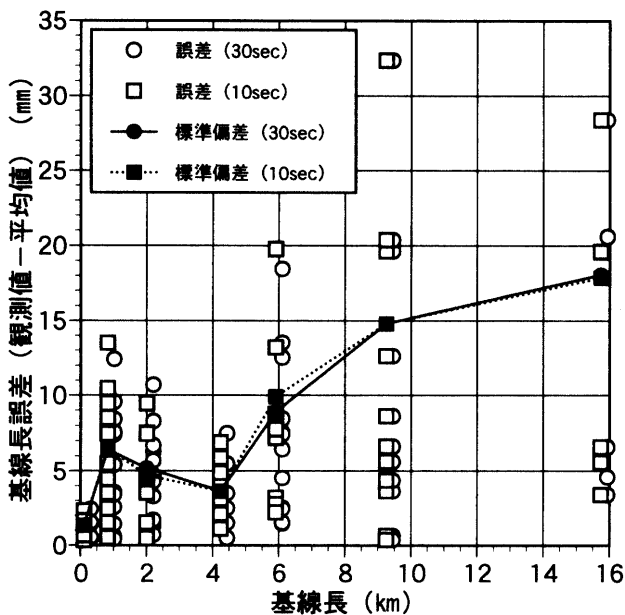


図-3 (a) 位相積算周期と基線長誤差

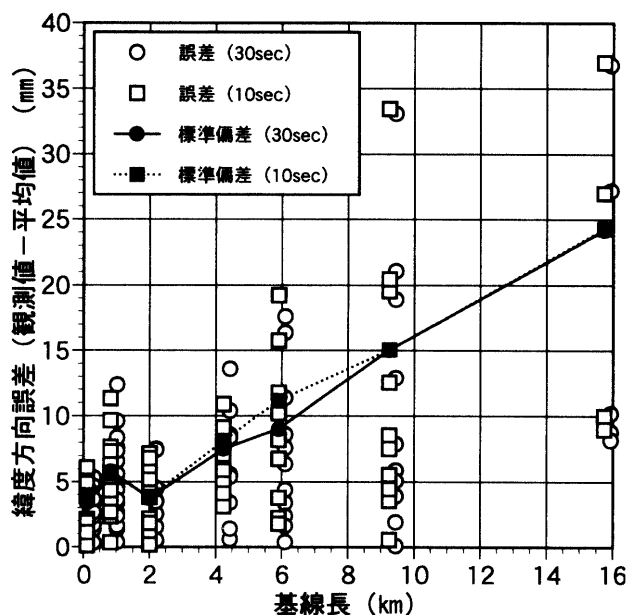


図-3 (b) 位相積算周期と緯度方向誤差

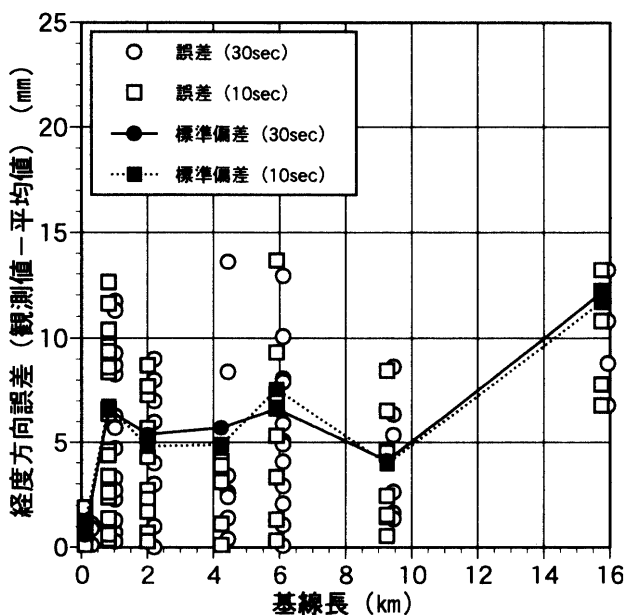


図-3 (c) 位相積算周期と経度方向誤差

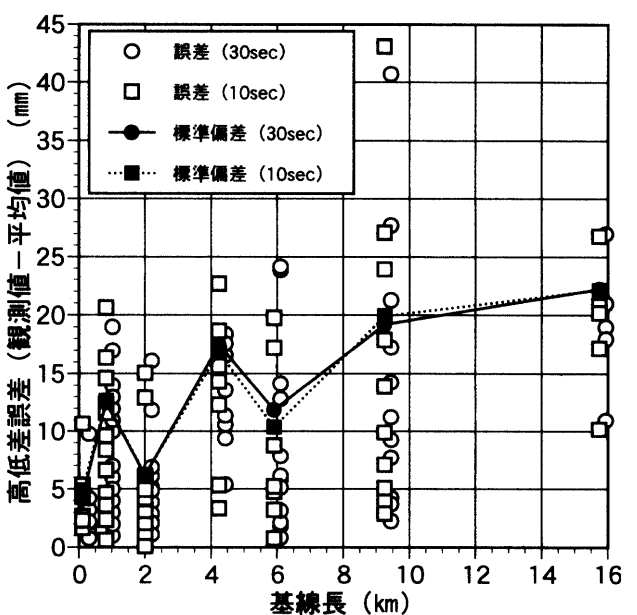


図-3 (d) 位相積算周期と高低差誤差

図-4 (b), (c), (d) に、緯度・経度・高さ方向の相対座標の観測値の標準偏差を示す。緯度方向は、2 kmまでの基線長では観測時間による標準偏差の違いは見られず、標準偏差も5 mm程度となっている。4 km以上になると、観測時間によって差が見られるが、基線長の場合と同様に、観測時間が長いほど標準偏差が小さくなる傾向にある。また、4および6 kmに対して、5 mm程度の標準偏差で観測をするためには観測時間を60～120分にする必要がある。また、基線長の場合と同様に6 kmを越えたあたりから急激な標準偏差の増加が見られる。経度方向は、基線長が9 kmまで観測値の標準偏差が5 mm程度であることが分かる。経度方向の標準偏差が小さいのは人工衛星

の周回軌道が南北方向にやや偏っているためと考えられている¹⁾。

一方、高さ方向では水平成分と比較すると、観測時間別の標準偏差のばらつきが大きくなり、また、どの基線長においても水平成分に比べて標準偏差が大きくなっている。例えば、基線長が6 km以下で標準偏差は10 mm程度で、水平方向の標準偏差のおおよそ2倍である。これは、GPS測量の一般的傾向であり、上空の衛星からしか受信できないことによると考えられている¹⁾。

なお、今回の観測では、基線長1 kmに対する観測結果が2 kmに対する結果と比べて劣っているようである。これは、基線長1 kmにおける計測点を駐車場に設

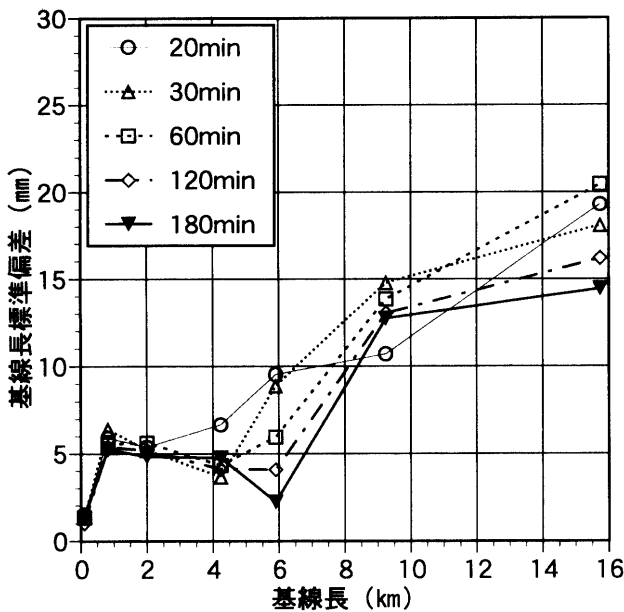


図-4 (a) 基線長の標準偏差

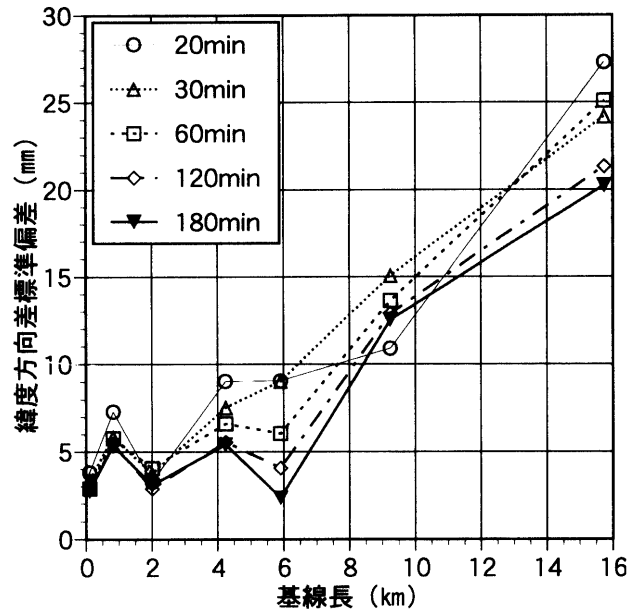


図-4 (b) 緯度方向相対座標の標準偏差

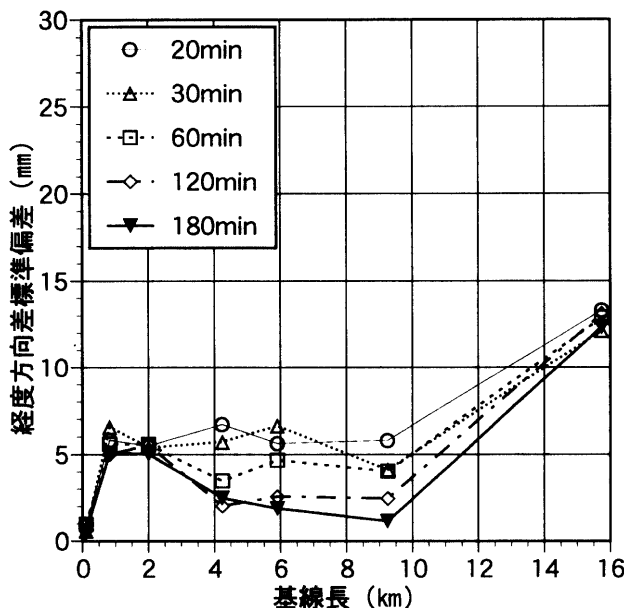


図-4 (c) 経度方向相対座標の標準偏差

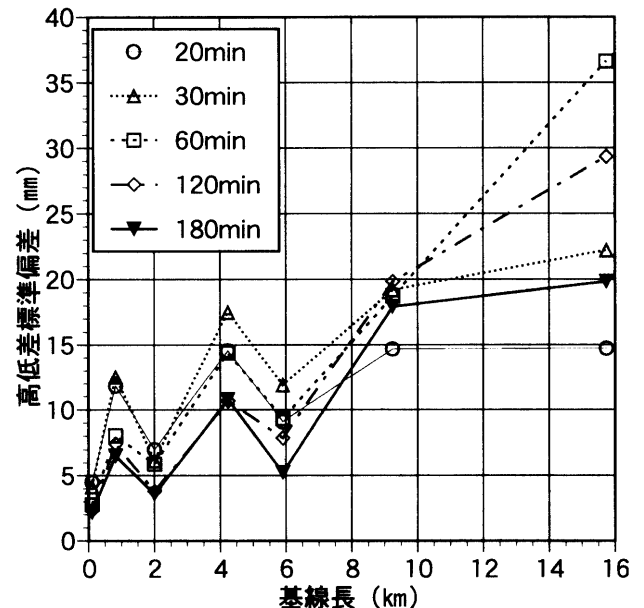


図-4 (d) 高さ方向相対座標の標準偏差

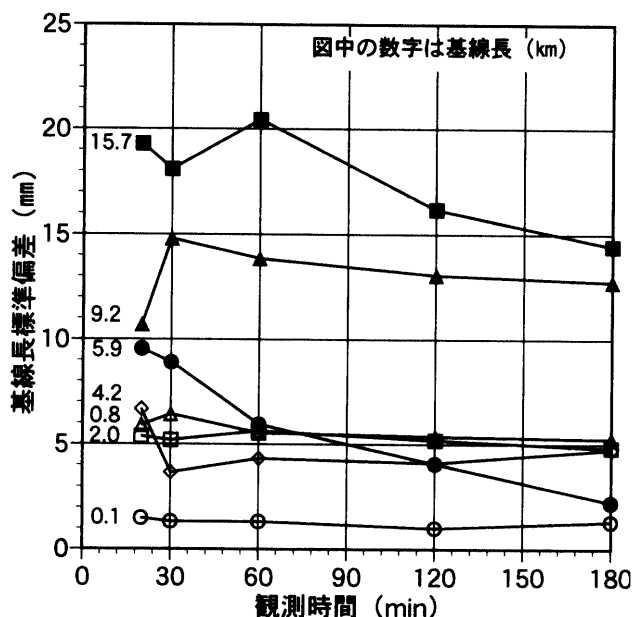


図-5 観測時間と基線長標準偏差 (基線 No. ①~⑦)

置したため、車両などによる反射波の影響を受けた可能性があることや、北東方向付近に仰角15度を若干超える角度で斜面が存在していたため衛星からの電波受信に障害があったことが原因ではないかと思われる。

図-4(a)の基線長の標準偏差について、横軸に観測時間として整理したものを図-5に示す。この図から基線長が4kmまでなら、20~30分の観測時間で5mm程度の標準偏差で観測できることがわかる。また、6km程度なら60分程度の観測時間でよいと思われる。なお、基線長が10km程度以上の場合、観測時間を長く取ったとしても、標準偏差が15mm程度となる。これは、本受信機の問題というより1周波方式の受信機の限界¹⁾と思われる。

3) 電子基準点の利用

図-6に両計測点に省電力小型受信機を用いたものと、電子基準点を一方の計測点に用いた結果について、基線長の標準偏差を比較する。なお、観測時間は180分で位相積算周期はDT=30秒である。この図から、両計測点に省電力小型受信機を用いた場合に比べて、電子基準点を用いると標準偏差はおおむね小さいことが分かる。これは、電子基準点が地盤に固定されており、受信機の設置誤差を含まないことが一つの理由と思われる。

電子基準点を用いた場合について、基線長の標準偏差と観測時間の関係を取りまとめたものを図-7に示す。この図から、図-5と同様に基線長が4kmまでの場合は20~30分の観測時間で標準偏差が5mm程度以下で観測できることがわかる。また、図-5と

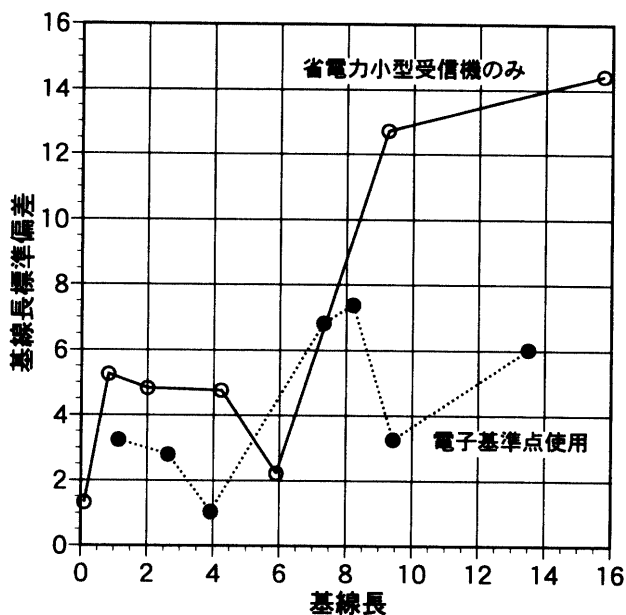


図-6 電子基準点を基準点に用いた場合の基線長の標準偏差の比較 (観測時間180分)

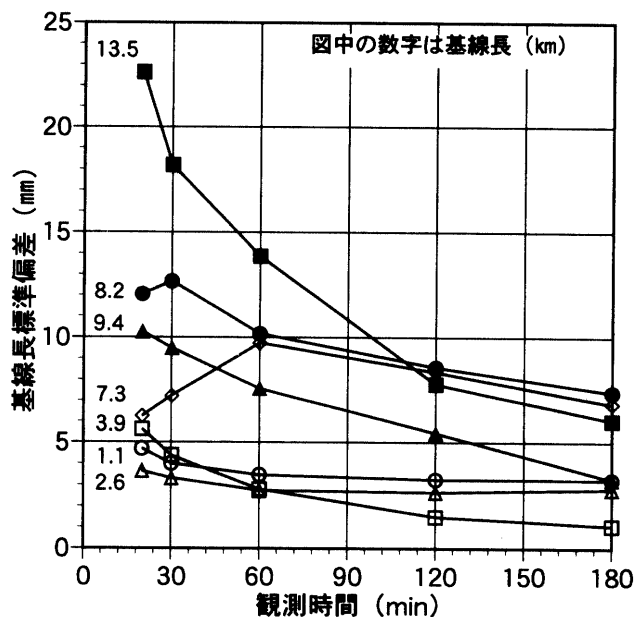


図-7 観測時間と基線長標準偏差 (電子基準点を用いた場合 基線 No. ⑧~⑭)

図-7を比較すると、いずれの基線長においても、電子基準点を用いた方が、観測値標準偏差がやや良好であり、さらに、観測時間を長くするほど標準偏差が小さくなっている。

以上のことから、省電力小型受信機を電子基準点と組み合わせると良好な結果を得ることができ、計測点を国の基準点と関連させる意味からも電子基準点を有効に利用することがよいと思われる。

5. まとめ

本研究で用いた省電力小型のGPS受信機は、従来

機器と比べ1/5～1/10の低価格であるにもかかわらず、従来機器と同等の観測できることが示された。

本調査結果から位相積算周期は30秒として、基線長が4km以内の観測では観測時間を20～30分、4～6kmの観測では観測時間を60分程度とすれば、水平方向で5mm、高さ方向で10mm程度の標準偏差となる。距離の長い10km以上の測線について15mm以上の標準偏差となることもある。ただし、これは1周波式の受信機の限界と考えられる。また、電子基準点が計測点の10km程度以内に設置してあり、計測点の受信環境が良好な場合、電子基準点を利用することは有効であることが示された。

本研究での観測は比較的地形条件の良い所を計測点に選んで観測を行ったが、今後は実斜面上での観測を中心にデータの集積、および、変位観測への適用を図っていききたい。

謝辞：本研究で使用した解析ソフト (GPSurvey) は、神戸大学所有のものである。使用にあたって便宜を図っていただいた神戸大学 桜井春輔教授に謝意を表す。また、実測は山口大学工学部 山田猛君 (現(株)日本地研) および松本竜馬君はじめ、社会建設工学科 施設構造工学講座の学生諸君に協力いただいた。ここに感謝の意を表す。

観測にあたり、敷地内に計測点の設置を許可頂いた関係諸機関に謝意を表す。

参考文献

1) 日本測地学会：新訂版 GPS－人工衛星による精密

測位システム－，日本測量協会，1989

- 2) 桜井春輔，清水則一，古谷茂也，皿海章雄：GPSによる切り取り斜面の変位測定，土木学会論文集，No.475/III-24:137-142, 1993.
- 3) 清水則一，桜井春輔：GPSの岩盤変位計測への適用。資源・素材学会誌，109(1):1-7, 1993.
- 4) 近藤仁志，M. Elizabeth Cannon，清水則一，中川浩二：GPSによる地盤変位モニタリングシステムの開発，土木学会論文集，No.546/VI-32, pp.157-168, 1996.
- 5) 清水則一，小野 浩，近藤仁志，水田義明：長大残壁の安全監視へのGPS変位計測システムの応用に関する現場実験，資源・素材学会誌，112(5), pp.283-288, 1996.
- 6) 清水則一，小山修治，小野 浩，宮下耕一，近藤仁志，水田義明：GPS変位モニタリングシステムの連続観測による安定性の検証と計測結果の処理方法の提案。資源・素材学会誌，113(7), pp.549-554, 1997.
- 7) 清水則一，安立 寛，小山修治：GPS変位モニタリングシステムによる斜面変位計測結果の平滑化に関する研究，資源・素材学会誌，114(6), pp.9-14, 1998.
- 8) 山田 猛，坂尾和男，清水則一：省電力型GPS測量受信機の計測精度の調査－長大斜面の変位モニタリングに関連して－，土木学会中国支部第50回研究発表会，pp.431-432, 1998.
- 9) 坂尾和男，清水則一：省電力小型GPS受信機の斜面変位計測システムへの活用に関する基礎的検討，土木学会第53回年次学術講演会概要集第3部A，pp.486-487, 1998.

(1998.11.20 受理)

PERFORMANCE TESTS ON A SMALL, LOW-POWERED GPS RECEIVER

Kazuo SAKAO and Norikazu SHIMIZU

This report describes the results of performance tests on a small, low-powered GPS receiver. The tests were conducted for fourteen baselines to obtain the three-dimensional relative coordinates between two measurement points. The standard deviations of the baseline lengths and the three components of the coordinates were calculated from the measurement results. They were exhibited in relation to the baseline lengths and the observation times. It was found that this small, low-powered GPS receiver performed in almost the same precision as the conventional receivers. Therefore, this receiver has the potential for use in displacement measurements.