

## RTK-GPS を用いた地盤大変状のリアルタイム計測とその精度の検証

東京大学大学院 学生員 岩井 俊英  
 東洋大学 学生員 望月 一浩  
 東京大学地震研究所 正会員 小国 健二  
 東京大学地震研究所 正会員 堀 宗朗  
 港湾空港技術研究所 正会員 菅野 高弘

### 1. 背景

巨大地震の液状化や大規模な山崩れによって発生する地盤の大変状は周囲の構造物に甚大な被害を引き起こす可能性がある。地盤変状の検知は重要な課題であり、一つの目安として1[m]程度の地盤変位を10[cm]程度の精度で計測することが検知に必要と考えられる。また、迅速な対応を図るためにはリアルタイムの検知が望まれる。しかし、対象となる地盤が広い場合、このようなリアルタイム検知は容易ではない。

広い地盤に対し計測精度とリアルタイム性を確保して地盤の大変状を検知する方法として、RTK-GPS (Real-Time Kinematics Global Positioning System) を

用いた計測が考えられる。RTK-GPS とは、相対測位と言われる複数のGPS受信機の位置の差をリアルタイムで測る方法であり、表1に示すように受信機一つを用いた単独測位に比べ高い精度が期待できる。

RTK-GPS を用いた計測は精度とリアルタイム性の点で支障はない。また、これまでの実績として大型構造物の動的変形計測への適用があげられる。しかし、大変状を引き起こす激しい揺れの中で、受信機が正しく機能し、位置測定をリアルタイムで行えるか否かは不明である。

以上を背景とし、RTK-GPS を用いた地盤大変状の計測の可能性を探る目的で、地盤変状の大型実験において実際に計測を行い、計測精度等の検証を行った。

### 2. 実験概要

独立行政法人港湾空港技術研究所は、2001年11月13日に十勝港第四埠頭埋立地において「港湾・臨海部都市機能の耐震性向上に関する実物大実験」を行った。この実験では、地中に埋設したエマルジョン爆薬発破の振動によって大規模な液状化が発生するため、4800[m<sup>2</sup>]の実験ヤードの地盤大変状が計測できる。

設置されたGPS受信機は、矢板岸壁頭部コンクリートの上に3台(No. 1~3)、ヤード内のコンテナに6台(No. 5~10)、基準局1台(No. 4)の計10台である。図1に実験ヤードの概要を示す。位置は水平2成分、鉛直1成分のベクトルとして計測される。

### 3. 計測結果と精度検証

#### 3.1 静的精度

静的精度の検証にはトータルステーション(TS)を利用した。地盤変状のない地点にTSを設置し、レーザを用いて3台の受信機(No. 3,5,9)を自動追尾させ、変状前後での位置を計測する。TSの計測サンプリング間隔は数秒であるが、計測精度は数ミリメートルである。

表1 RTK-GPS の計測精度

	RTK-GPS	単独測位
計測精度[cm]	$10^{-1-0}$	$10^{1-2}$

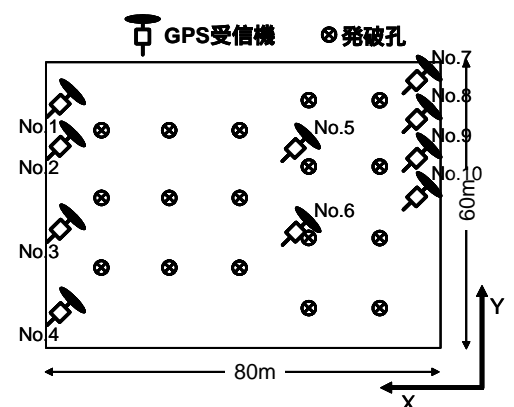


図1 実験ヤードとRTK-GPS受信機設置位置

キーワード：RTK-GPS，地盤の大変状，リアルタイム計測，画像解析

連絡先：〒113-0032 東京都文京区弥生1-1-1 東京大学地震研究所 TEL/FAX:03-5841-5692

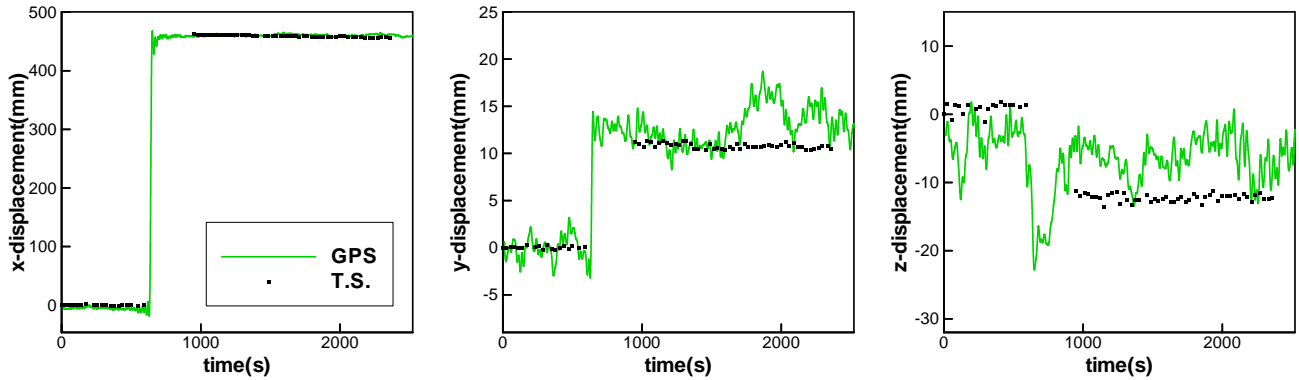


図2 RTK-GPS と TS の比較(高周波成分除去) : 3 方向の位置ベクトル成分

受信機 No. 3 に対する TS 計測との比較を図 2 に示す (x 方向は大きな変位が起こった方向(図 1 参照)). 3 成分とも, RTK-GPS の測定値が TS の測定値とよく一致していることがわかる. なお RTK-GPS の測定結果には 0.05[Hz]のローパスフィルタをかけてある. また, TS の計測値を真の値として, GPS 位置計測の誤差を計算した結果を表 2 に示す. 1[cm]を切る精度で計測できることが分かる. これは地盤変状計測の静的精度としては十分である.

表 2 RTK-GPS の誤差: TS を基準値

a) No. 3 受信機

	x[cm]	y[cm]	z[cm]
平均	-0.23	0.01	8.75
最大値	1.06	0.68	9.72
標準偏差	0.41	0.23	0.56

b) No. 5 受信機

	x[cm]	y[cm]	z[cm]
平均	0.60	0.36	0.40
最大値	0.36	0.40	0.36
標準偏差	0.36	0.40	0.48

### 3.2 動的精度

No. 3 受信機に対し, 撮影されたビデオ画像 (30[Hz]のサンプリング) の画像解析によって水平 x 方向と鉛直 z 方向の位置の時系列データを求め, RTK-GPS との比較を行った. x 方向の結果を図 3 に示す. 図から明らかなように, GPS 計測は安定して地盤変状を追尾している. 水平方向成分では, 変位が急速に増加する傾向もうまくとらえていることがわかる.

### 4. まとめ

RTK-GPS を利用した地震時の地盤変状リアルタイム計測に対して, 静的・動的計測精度を検証した. 大きな問題はなく, 実用性が十分期待できる. 具体的な結論を以下に列挙する.

- 1) RTK-GPS による静的変位計測では, 水平方向では TS と同程度であり, 1[cm]程度の計測精度が可能である. 大変位の発生有無の検知には十分である.
- 2) 鉛直方向の計測には 10[cm]程度のオフセットが含まれた結果があった. さらに検討する必要がある.
- 3) RTK-GPS では, 10[Hz]のサンプリング間隔で計測できる動的変位に対し, 静的変位よりは精度が落ちるものの, 計測は可能である.

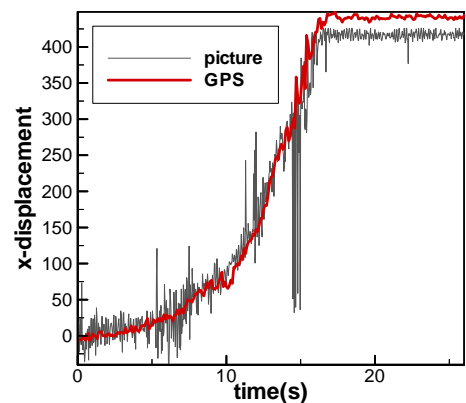


図3 RTK-GPS と画像解析の比較

### 参考文献

- 1) 港湾・臨海部都市機能の耐震性向上に関する  
実物大実験 webpage : <http://www.pari.go.jp/news/tokachi/tokachiblasting.htm>
- 2) 小濱英司 : 港湾・臨海部都市機能の耐震性向上に関する実物大実験, p.40, 土と基礎, 50-2(529)