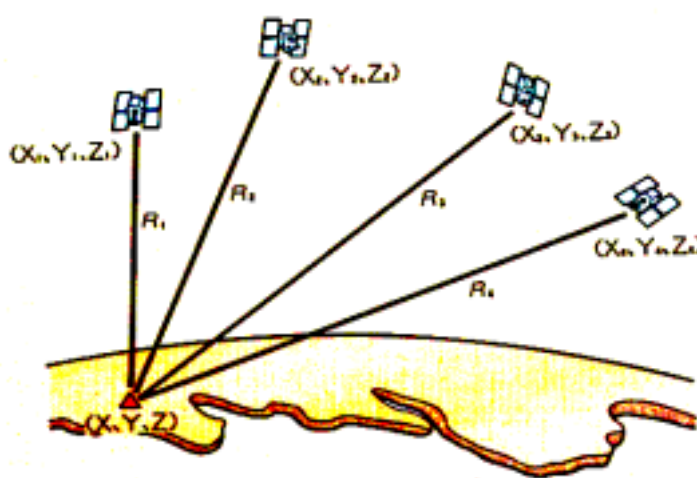


地盤変状モニタリングにおけるGPSの利用

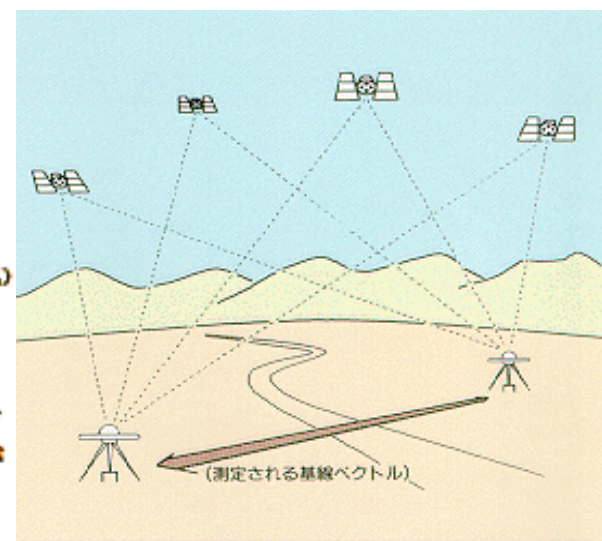
東京ガス(株)	正会員	小金丸健一
	正会員	清水 善久
日本技術開発		塚本 博之
東洋大学	正会員	鈴木 崇伸
東京大学	正会員	堀 宗男

1. はじめに 阪神大震災では、各ライフラインに未曾有の被害が発生したが、ガス導管にも非常に多くの被害が発生した。現在東京ガスでは、被害そのものが発生しないように耐震性の高い部材への取替える対策を進めており、またたとえ被害が生じても二次災害が生じないようにある程度の地震動が観測された場合にガス供給を停止する感震自動遮断装置の設置が完了している。さらに被害発生の原因の一つとして、液状化等による地盤の永久変状も考えられるため、大規模な地盤変状をリアルタイムで検知できれば、その地点を最優先で巡回を行うなどの対策をとることが可能となる。そこで地盤変状をGPS(Global Positioning Systems)を用いて計測する方法を検討した。

2. GPSの概要 GPSは、米国によって、航空機・船舶等の航法支援用として開発されたシステムで、衛星を使って三角測量を行うことで、地上のアンテナの位置を厳密に求めるものである。宇宙空間に配置されたこれらGPS衛星から送られる電波を地上のアンテナで受信し、原子時計を用いてどれくらい到達に時間がかかったかを測定することによって軌道からの距離をもとにアンテナの位置を求めるが、4基以上の衛星からの電波が受信できれば、海拔を加えた3次元の高精度な位置測定も可能となる。GPS衛星は測位のための色々な信号と情報を電波に乗せて送信している。電波そのものは情報を運ぶための単なる搬送手段であることから、搬送波と呼ばれている。GPS衛星には測位用に周波数の異なった搬送波がL1帯とL2帯の2つある。また、これらの搬送波に乗っている測位用の信号にも2種類あり、それぞれC/Aコード、Pコードという。L1帯にはC/Aコードと航法メッセージ及びPコード、L2帯にはPコードのみが乗っている。そのため、GPS受信機には大別すると、L1帯のみを使用する1周波型GPS受信機とL1帯及びL2帯を使用する2周波型GPS受信機がある。GPSによる測位は、高精度な測地測量から広く普及しているカーナビゲーションまで様々な分野で適応されており、観測手法や解析手法等により数多くの種類が存在するが、図.1に示すように、単独測位と相対測位に分類される。



(a) 単独測位



(b) 相対測位

図.1 単独測位と相対測位

また、図.2に示すように、相対測位には、単独測位を2箇所で行い両者の相対位置を測定するディファレンシャル

測位（DGPS）、複雑な解析操作を経て2地点間の相対位置を計測する干渉測位がある。以下に、個々の測位方法の概要を述べる。

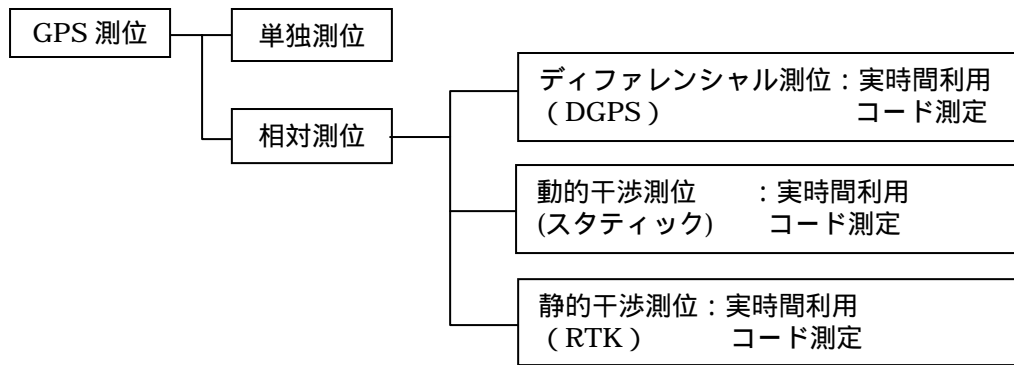


図.2 GPS を用いた計測形態

測位方式による相違点をまとめると表. 1 のようになる。

表.1 測位方式による相違点

測位方式	観測時間	補正情報 (GPS受信機間通信)	解析計算	GPS受信機出力データ	精度	特徴
単独測位	数秒	-	GPS受信機内	位置データ	100m ~10m	利点：安価、使いやすい 欠点：精度が期待できない
DGPS	数秒 ~数十秒	必要有り	利用者局(未知) 側のGPS受信機内	位置データ	10m ~1m	利点：安価で比較的高精度 欠点：補正情報が不可欠
スタティック	数10分 ~数時間	必要無し	パソコン	RAWデータ* (RINEX)	5cm ~1mm	利点：スタティック観測で最高の精度、長基線の解析が可能 欠点：長基線の解析は不可能 ：機器が高価
RTK	数秒 ~数分	必要有り	利用者局(未知) 側のGPS受信機内	位置データ	10cm ~1cm	利点：リアルタイム観測で最高の精度 欠点：補正情報が不可欠、機器が高価

3. 利用範囲 前述したように、GPSによる測位では、 $10^{-1} \sim 10^0$ [cm]程度の精度でモニタリングが可能であり、具体的にリアルタイム変動監視に関する研究等も行われている。また、地震時におけるモニタリングシステムとして、地震時の地盤の残留ひずみ量をクリッキングで推定する方法が提案されている。これらは、主に測定精度の向上を目的に研究されているものである。一方、本検討では、導管に被害が発生する可能性がある液化化による地盤の大規模大变状をリアルタイムで検知することを目的としていることから、必要な精度は、 $10^0 \sim 10^2$ のオーダーであり、現状のGPSはかなりオーバースペックである。また、本来GPSはその絶対位置を計測するためのものであるが、護岸変状の把握は、相対位置のみでよいから、この点もGPSの機能を使いきっているとは言えず、かなりオーバースペックの感がある。そのため今後機能を絞り、コストの低減を図る必要がある。

4. まとめと今後の課題 地盤変状モニタリングを行うシステムの要素技術として、GPS計測技術-術の現状を調査するとともに、利用可能な計測方法について整理を行った。現状では、1周波型GPS受信機を用いたスタティック方式によるモニタリングが最有力と考える。今後の課題としては、設置環境に依存する問題(電源供給、電波受信状態等)やデータ通信方法の検討、要求精度の達成等を確認するためシステムを具体化し、実証実験を行っていく必要がある。