

地盤の計測，監視のためのGPS利用

九州大学工学部 正 員 江崎哲郎

国立大分高専 正 員 相川 明

九州大学工学部 学生員 深田高義

九州大学工学部 学生員○松本信也

1. 緒言

GPS [Global Positioning System: 汎地球測位システム] は、米国国防省の運営する人工衛星からの電波を用いた、電波測位システムである。システムが完成すれば24個の衛星によって全世界での測位が可能となる。94年1月現在、23個の実用衛星が稼働中であり、今年中にはシステムが完成するものと思われる。

近年、GPSは注目を集めるようになってきているが、その中で我々の研究グループは、地盤環境の立場から、自然災害、開発に起因する災害の予知や経年的な地盤移動現象を観測し評価するシステムとしての利用を考えている。効率的な地盤環境の監視体制づくりのためには、目的の精度にみあう合理的な観測方法の確立が必要である。本研究では、実測データに基づき、現時点でのSTATIC測量（静的干渉測位）の精度の検討と、新しい測位法であるQUICK-STATIC測量との精度の比較を行った。

2. STATIC測量の特徴と問題点

STATIC測量とは、複数のGPS受信機を用いてGPS衛星からの搬送波を同時に観測し、観測点相互の相対的位置を高精度な基線ベクトルとして表すものである。衛星軌道の誤差、受信機の測定誤差、搬送波を反射、屈折させる電離層の影響などにより精度は $5\text{mm} + \text{基線長} \times 2\text{ppm}$ とされている。基線は1000km程度までの計測が可能であり、広範囲におよぶ測地、地盤変動の監視などに有効な手段として利用されている。しかし、観測時間の設定については、時間帯、観測時間長ともにまだ未解明な点が多い。

QUICK-STATIC測量は、STATIC測量の1種であり観測時間の非常に短い手法である。ただし観測時間が短いため、10km以下の基線解析にしか適用できない。観測時間は約5km以下の基線に対しては10分間で十分であり、距離が1km増すごとに2分ずつ観測時間を長くする必要があるといわれている。

この2つの手法の違いは、2重差の整数値バイアス（搬送波の整数波長分の解読の不確定性）の決定法にある。STATIC測量では長時間にわたり観測することによって、一方QUICK-STATIC測量ではPコードを利用することによってそれを決定している。

3. STATIC測量の精度の検討

3-1. STATIC測量の概要

STATIC測量の精度を検討する。観測点はSHV1（島原市の九州大学島原地震火山観測所内）と、F3（島原市礫石原）に定めた。SHV1-F3基線は距離が約5.3kmである。観測時間は最も衛星の状態がよいと思われる8時間を選んだ。データを利用する基線の最確値は15日間の平均値とする。なお、使用したレシーバはトプコン製GP-R1D2Pである。

3-1-1. 観測時間長と精度の関係

エポック間隔（衛星からの1組分のデータを受信する時間間隔）を60秒に固定して、観測時間長を1時間、2時間、4時間、8時間の4段階に分けて解析したものをFig. 1に示す。

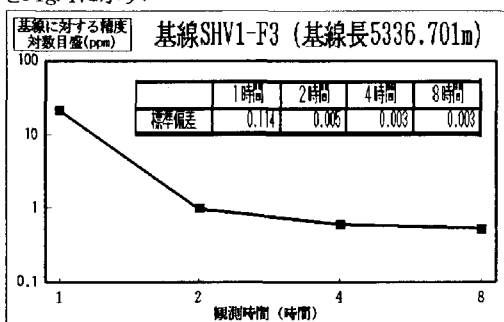


Fig. 1 観測時間長と標準偏差の関係

図から1時間では25ppmとかなり精度が悪いが、2時間をすぎると良くなり、1ppm以下に落ち着いてくることがわかる。従って観測時間は少なくとも2時間以上で、できる限り長くすると精度が良くなるといえる。しかし、長時間観測は、解析に関わる労力が大きくなり、日々蓄積されていくデータ量も膨大なものとなる。そこで数時間の観測で解析を行った方が、負担も軽減でき、データのばらつきも抑えることができる。

3-1-2. STATIC測量の時間帯による精度比較

GPS衛星は約12時間の周期で地球を周回しているので、時間帯によってその配置が異なる。そこで衛星の配置が精度に与える影響を検討する必要がある。前述のSHV1-F3基線の93年10月1日から21日までの21日間のうち、観測のできた15日間の8時間の観測データを2時間づつの4つに区切って、それぞれ第1時間帯、第2時間帯、第3時間帯、第4時間帯とした。15日間の基線長

の解析結果のばらつきをFig. 2に示す。またそれぞれの時間帯の基線長の平均値、標準偏差、および比較のために同じ期間の8時間観測の解析結果の平均値、標準偏差を表-1に示す。

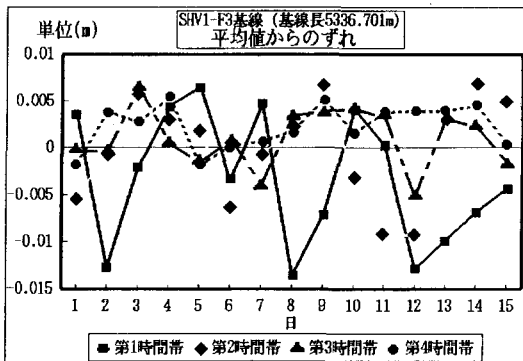


Fig. 2 時間帯による解析結果の比較

表-1 時間帯による解析結果の比較

時間帯	第1時間帯	第2時間帯	第3時間帯	第4時間帯	8時間
平均(m)	5336.707	5336.710	5336.711	5336.712	5336.711
標準偏差(m)	0.007	0.005	0.003	0.002	0.003

図から各データとも、各最確値(平均値)からの許容誤差内(5mm+基線長×2ppm、この場合約1.5cm)にあり、精度に信頼性があるといえる。ただし表をみると、各平均値の差は最大で5mmある。システムがほぼ完成された現時点でもいくらかの差が生じることは、GPSが完全に完成されたとしても、観測結果は、時間経過に伴う衛星配置の変化によって1ppm程度異なると予想される。時間帯が進むごとに標準偏差がよくなっていき、第3時間帯や第4時間帯は平均値も8時間と全く一致またはほぼ一致しており、標準偏差も第4時間帯の方が8時間よりも小さくなっている。

3-2. STATIC測量とQUICK-STATIC測量の精度比較

データは、SHV1-F3基線で93年4月から12月までの間で観測のできた80日分を利用した。

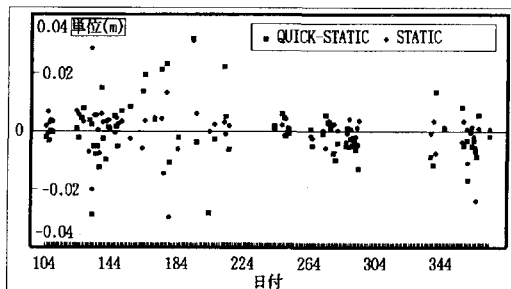


Fig. 3 QUICK-STATICとSTATICの比較

観測時間はSTATICおよびQUICK-STATICでそれぞれ8時間、10分間とし、エポック間隔はそれぞれ60秒、10秒とした。Fig. 3は80日間のSTATIC測量の平均値を最確値として、QUICK-STATIC測量との差を表したものである。

る。なお横軸は1月1日を0とした1年間の通算の日付である。

図より、ほとんどのデータが許容誤差範囲内(5mm+基線長×2ppm、この場合約1.5cm)に収まっている。表-2はQUICK-STATICとSTATICの平均値と標準偏差を表したものである。

表-2 QUICK-STATICとSTATICの比較

	QUICK-STATIC	STATIC
平均(m)	5336.710	5336.712
標準偏差(m)	0.011	0.008

基線長の平均値の差は2mmと非常に近く、精度も高いといえる。またこの表をみる限りデータのばらつき度合いの指標である標準偏差も同程度であり、差はないと考えることができる。

以上のことより、QUICK-STATIC測量は、通常のSTATIC測量とほぼ同等の精度の得られる、高精度な信頼性のある測位方式として位置づけできるといえる。

ただ現在のところ衛星の配備が完了しておらず、2周波(L1, L2)を扱う受信機の性能、解析ソフトの性能も、開発途上であるため、STATIC測量と比べると、QUICK-STATIC測量によると、観測条件によってはデータが不良であったり、解析が不具合な場合もしばしば経験される。現状でこれを防ぐ手段としては、事前に衛星情報が入手できるので、それを元に綿密な観測計画を立て、観測中も衛星の状況を観察して、データの良、不良をチェックすればよい。

4. 結言

地盤変動にも年に数mm程度の地盤沈下から、斜面の大規模な崩壊のような大きな変動まで測定対象は様々あり、求められる精度や緊急性も異なる。

以上の考察より、mm単位での精密な精度が要求される場合には、今後とも衛星配置の同じ時間帯に固定して観測する方が有効だといえる。さらに衛星配置のよい時間帯であれば数時間の観測でも高い精度が得られる。またQUICK-STATIC測量は、技術上の課題が残されているが、十分実用に供せられるだけの精度がある。

<参考文献>

1. 江崎哲郎他(1992):GPSを用いた地盤環境の監視, 第24回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, p. 484-488.
2. 日本測地学会編(1989): GPS-人工衛星による精密測位システム
3. 土屋淳, 辻宏道(1991):やさしいGPS測量 日本測量協会
4. 株式会社トプコン測量システム事業推進部(1993) QUICK-STATIC参考資料