

高速 GPS 観測のノイズ評価 広帯域地震計への応用

Noise evaluation of high-speed sampling GPS observation: Applicability to broad-band seismometer

金曾 貴之[1], 小山 順二[1]

Takayuki Kaneso[1], Junji Koyama[2]

[1] 北大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ, [2] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.

GPS 連続観測を広帯域変位型地震計として使用するために、GPS 計測に固有な誤差の評価をさまざまな周期帯で行なった。定常的な高速サンプリング GPS 観測システムを独自に構築し、得られたデータを kinematic 解析した。ノイズレベルは基線長 150km の場合、水平方向で $\pm 4\text{mm}$ 、鉛直方向で $\pm 7\text{mm}$ 程度であることがわかった。これより、震央距離が 60 km 離れた観測点では M5.9 の地震動を検出することが可能である。

測地学の分野では、GPS 観測からタイムスケールが数日から数年のプレート運動や季節的な地殻変動を直接、短期間でとらえている。数秒のサンプリング間隔で地殻変動が計測できれば、GPS 計測は周期数年から数秒までをカバーする広帯域変位型地震計としての可能性がある。これまで、数日から数年のタイムスケールで、GPS 観測の誤差の評価も多数行われてきた。しかしながら、数秒から数分のタイムスケールにおいては、GPS 計測の誤差の評価は行われていない。GPS を変位型地震計として使用するためには、この GPS 計測に固有な誤差の評価が不可欠であり、GPS データに含まれている数秒から数分といった周期帯でのノイズの性質や大きさを知ることが必要である。また、地震観測に必要な定常的な高速サンプリング GPS 連続観測を行うことに伴う様々な問題点も克服する必要がある。

本研究では、定常的な高速サンプリング GPS 観測システムを構築し、そこで得られた GPS データを解析して GPS 観測点におけるいろいろな周期帯での誤差評価を行うことを目的とする。そのため、本研究では、北海道大学構内、理学研究科附属えりも港検潮所、えりも町風の館館内、農学部附属苫小牧地方演習林、帯広畜産大学構内で独自の GPS 連続観測を実施した。

高速サンプリング GPS 観測ではデータ量が膨大であるため、大容量のデータを扱う際に観測システムが不安定になり、データの欠測、観測停止がしばしば発生した。そのため、安定して高速サンプリング GPS 観測を継続し、さらに地震が発生した場合には GPS データを公衆電話回線を利用して瞬時に取得することのできるシステム構成を作った。

高速サンプリング GPS 観測データを kinematic 法で解析し、固定点に対する観測点の座標値を 1 秒毎に求めた。解析には Bernese GPS Software Ver. 4.0、軌道暦には IGS 精密暦を使用した。観測点座標値の誤差要因として、電離層伝播遅延、対流圏伝播遅延、マルチパス、GPS 衛星の配置などが挙げられる。観測データからノイズレベルを周期ごとに評価し、それぞれのノイズ源に対してノイズリダクションを計った。電離層伝播遅延は 2 周波観測で除去できる。対流圏伝播遅延の変化のタイムスケールは数時間から 1 日単位であるため、kinematic 法においては観測点間でほぼ一定と考えてよい。しかし、観測データの端で大気遅延推定値が大きく変化する場合は、それに伴う補正誤差がバイアスノイズとして発生することがある。これは性質が知れているノイズであるため、逐一除去できる。マルチパス、GPS 衛星の配置に伴うノイズは衛星配置が 1 日周期で繰り返すので、前日の GPS 観測データとの差をとることで除去できるが、観測点間で共通の衛星の電波を受信していない時のノイズは前日との差をとっても除去できない場合がある。特に受信する衛星が切り替わるときに発生するノイズは 10cm に達することもあり、現在のところ取り除けない。

観測点座標値に含まれるノイズは周期が短いほど大きく、周期 1000 秒以上のノイズは周期 4 秒の 1/10 以下である。ノイズレベルは基線長 5m の場合、水平方向で $\pm 1\text{mm}$ 、鉛直方向で $\pm 3\text{mm}$ 程度である。基線長 150km の場合、水平方向で $\pm 4\text{mm}$ 、鉛直方向で $\pm 7\text{mm}$ 程度であることがわかった。

このノイズレベルをこえる地震動が発生すれば、GPS 観測から地殻変動を検出することが原理的には可能である。マグニチュード計算式から試算すると、例えば震央距離が 60 km 離れた観測点では M5.9 をこえる地震を検出することが可能である。ここでの計測はマグニチュードを決める地震波の周期よりはるかに長周期であるから、地震波の減衰や震源スペクトルを考えると、このマグニチュードの値は 0.2 程度小さくても良い。

観測期間中、1999 年 11 月 17 日に浦河沖で M5.1 の地震が発生したが、我々の GPS 観測から得られた地震時の観測点座標時系列に顕著な変化は見られなかった。実際、加速度波形から計算した苫小牧、えりもの変位はそれぞれ 0.09mm、0.58mm であり、苫小牧 - えりもの基線で推定した GPS ノイズレベルの 10 分の 1 以下であった。