

GPS 時系列に含まれる誤差に関する研究（第 2 年次）

実施期間 平成 15 年度～平成 17 年度
地理地殻活動研究センター
宇宙測地研究室 宗包 浩志

1. はじめに

近年の GPS 観測は、高密度化、連続観測、解析手法の進歩などにより非常に高精度で位置の変動を捉えることができるようになった。その一方で、精度の向上とともに従来であれば無視していたような誤差を除去する必要があるが出てきた。GPS 時系列データの誤差要因としては大気中の水蒸気による電波遅延が注目されているが、その一方で降水量や地下水位との相関も指摘されている。また、解析ソフトウェアによる系統誤差も存在するが実体は明らかでない。

そこで本研究では、さまざまな物理量について物理量と測位誤差を結びつける物理モデルを構築して GPS 時系列に含まれる誤差を定量的に明らかにするとともに、異なるソフトウェアによる解を相互比較することにより系統誤差を明らかにする。

2. 研究内容

地下水位、観測ピラーの温度など、測位に影響を与えると想定される物理量と測位誤差とを結びつける物理モデルを作成し、その大きさを評価する。また、GAMIT、GIPSY、BERNESE の 3 種類の精密測位ソフトウェアで同じデータを解析した場合の解の相互比較を通じてソフトウェア間の系統誤差を明らかにする。

3. 成果

平成 15 年度の本研究では地理院構内の電子基準点の季節的な上下変動が、間隙水圧の変化による帯水層の弾性変形で説明されることが分かった。

本年度は、まず GEONET 網のスケールの年周変動成分が解析ソフトウェアに依存するかどうかを調べるために GEONET 観測点のデータをルーチン解 (BERNESE) とは独立の GAMIT、GIPSY の 2 つのソフトウェアで再解析して、スケール変動を計算した。その結果、網のスケール変動が年周変化する現象はルーチン解 (BERNESE) だけにのみ見られ、GAMIT、GIPSY の解析ではスケール変動は振幅 4 ppb 程度の半年周変化を示すことが分かった。スケール変動は 1) 春分、秋分にピークを持つ 2) 春分のピークのほうが鋭い、という特徴をもつ。

スケール変動の原因を調べるため、電離層遅延高次効果 (Kedar et al., 2003) を検討した。電離層遅延高次効果による位置誤差は Geiger (1988)、Santerre (1991) の解析的誤差推定手法を用いて推定した。その結果、電離層遅延高次効果による位置誤差は、網を全体的に北向きに押し上げる効果があること、またこの位置誤差から期待されるスケール変動は、上記 1)、2) の観測されたスケール変動の特徴をよく再現することが分かった (図-1)。

次に電離層遅延高次効果が Reference frame に与える影響について考察した。通常の解析では、衛星位置、観測点位置ともに弱く拘束して得られる地球重心系準拠の解を、Helmert 変換することによって ITRF 系準拠解を得る。GPS で求めた座標解には電離層遅延高次効果による誤差が存在する分、必要となる Helmert 変換は SLR などの他の観測で求められるものとは異なってくるはずである。両者の間の余剰 Helmert 変換を推定した結果、電離層遅延高次効果は主に z 軸方向の並進とスケール変動に効くこと、z 軸方向の並進は 1.8mm のオフセットと 1 mm の半年周期成分を持つこと、またスケール変動は振幅 0.1ppb の年周変化を示すことが示された。

4. 結論

本年度の研究により、GEONET 網のスケール変動は電離層遅延高次効果によって生じる見かけのものであることが分かった。ルーチン解に見られた大きな年周スケール変動については、畑中・他(2004)により、BERNESE のバグに起因する可能性が示唆されている。しかしながら畑中・他(2004)では、バグ補正後もルーチン解では年周スケール変動が卓越することが指摘されている。この点については更なる検討が必要である。

また本研究で得られた余剰 Helmert 変換を、実際の観測から得られた ITRF 系と GPS 座標系との間の変換(Heflin, 2002)とを比較してみると、実際の観測から得られた変換は例えば z 方向に 1.5cm、またスケールでは 0.3ppb の rms を持っており、これらは電離層遅延高次効果で期待される変動と比べて極めて大きい。したがって実際の ITRF 系と GPS 座標系との差異は電離層遅延高次効果ではなく他の誤差要因が主原因となっていると推測される。

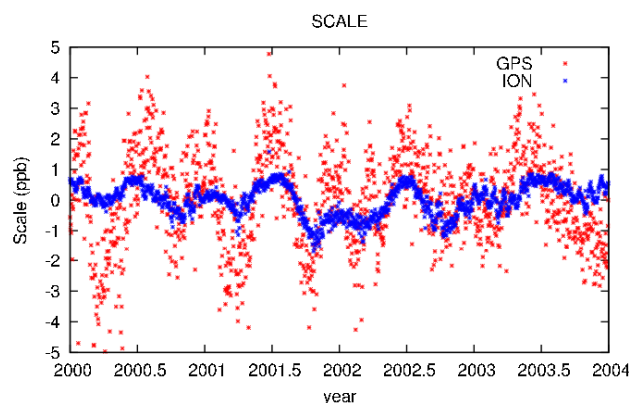


図-1 観測されたスケール変動と、電離層遅延高次効果により期待されるスケール変動

参考文献

- Geiger, 1988. J. Surv. Eng., 114, 182-194.
- Hatanaka, 2003. 23nd. IUGG General Assembly, Sapporo, Japan.
- 畑中・他, 2004. 日本測地学会第 102 回講演会
- Heflin, 2002. GPS solutions, 6, 72-75.
- Heki, 2001. Science, 293, 89-92
- Kedar et al., 2003. Geophys. Res. Lett., 30, 1829, doi:10.1029/2003GL017639.
- Santerre, 1991. Manuscr. Geod., 16, 28-53.