

An integrated GPS analysis technique based on the routine solutions of GEONET(Part 2)

畑中雄樹 (国土地理院)

Y. Hatanaka (Geospatial Information Authority of Japan)

はじめに

任意のGPS観測点について、GEONETのルーチン解と整合する座標解を得るためのGPS統合解析技術の開発を行っている。GPS統合解析の対象とするGPS観測点（以下、統合対象点）において二周波観測が行われている場合の解析戦略とその評価について、一昨年の秋に報告した。今回は、統合対象点における観測が一周波のみによるものである場合についての解析戦略を構築して評価を行い、両者を合わせてGPS統合解析手法として完成させる。また、入手した外部機関のGPS観測点のデータに本解析手法を適用して試験解析を行い、GEONETのルーチン解との整合性を評価する。

統合解析戦略（一周波観測の場合）とその評価

統合対象点の GPS データが一周波 (L1) のみの場合は、電離層遅延補正のために二周波データの線形結合を用いることができない。そのため、GEONET 観測点網のデータから推定された電離層遅延補正モデル（詳細については別講演「精密基線解析のための電離層遅延補正モデル生成の一手法」を参照のこと）を適用してこれを補正する。参照点として用いる GEONET 観測点の選択については、基線が短いほどモデルによる電離層遅延補正効果が高いため、データの品質が基準を満たしている GEONET 点のうち、統合対象点から最短距離にあるものを選択するのを標準とする。参照点とする GEONET 点の座標値と対流圏遅延パラメータについては、二周波観測の場合と同様、GEONET のルーチン解を適用し、アンビギュイティー解決を行い、統合対象点の座標値と対流圏遅延パラメータを推定する。解析に使用する種々のモデルは GEONET のルーチン解析を同じものを適用する。

参照点の選択については注意点がある。GEONET の観測点を統合対象点とみなし、一周波のデータに本手法を適用して得られた基線解の時系列には、アンテナ交換に伴う値の跳びの他に、参照点の交代に伴う跳びが見られる。後者の原因は、PCV の補正誤差が、参照点の座標値（つまり、GEONET のルーチン解）に対しては二周波の電離層線形結合として影響するのに対し、一周波解析から得られる基線ベクトルに対しては L1 の補正誤差のみが影響し、補正誤差の影響が両者で整合しないためと考えられる。変動観測においてこのような跳びが問題となる場合には、常に同じ観測点を参照点として用いることが望ましい。

解析システムのプロトタイプ構築

以上により一周波観測および二周波観測のそれぞれに対応した解析戦略が決まったので、これらを組み込み、GPS 統合基線解析システム（プロトタイプ）を構築した。基線の組み方や固定点の選択方法については、二周波観測の場合は GEONET ルーチン解析においてノード点に選ばれた GEONET 点、一周波観測の場合は品質基準を満たす GEONET 点のうち直近のものを参照点として動的に基線を組む戦略を標準とするが、参照点を固定的に設定したり、様々な基線形態あるいはその組み合わせに対応できる汎用的なものとした。たとえば、複数の解析対象点のうち 1 点が二周波観測点の場合に、まず二周波観測点を標準アルゴリズムで選択された GEONET 点に取り付け、残りの一周波観測点をこの二周波観測点に放射状に取り付けることも可能である（後述の評価において、気象庁の GPS 連続観測点の解析にこの設定を適用した）。

解析には BERNSE ver.5.0 を用いる。一周波による解析が適用される基線については、RINEX ファイルの段階で電離層遅延補正モデルによる補正を施す。一周波および二周波解析のそれぞれを適用する基線について、サイクルスリップ処理、アンビギュイティー決定を行い、座標および大気遅延パラメータについての正規方程式を基線毎に出力する。最後に、全基線についての正規方程式を集め、固定点の座標値および大気遅延パラメータを既知の値に固定し、座標値および対流圏遅延パラメータを固定点以外の観測点について推定する。参照点の交代を判断できるように、解析ログには基線に関する情報を含めた。

予備的な解析結果とその評価

国土地理院以外の機関（産業技術総合研究所、神奈川県温泉地学研究所、気象庁）が運用する GPS 連続観測点を統合対象点として、構築した GPS 統合解析試作システムを用いてそのデータを解析し、GEONET の F3 解との整合性を、各機関によって解析された解と比較する。ただし、一周波 GPS 受信機による観測データが含まれる気象庁の GPS 連続観測点については、火山 GPS 統合解析システム（今給黎、2006）を用いて国土地理院が解析した結果を比較対象とする。これらの観測点の解析においては、参照点の選択や各地域内の基線の組み方が火山 GPS 統合解析システムと概ね同様となるよう設定した。

評価対象とする各観測点について、最短距離にある GEONET 点との間の基線ベクトル時系列を、GEONET 点側は F3 解、対象観測点側は GPS 統合基線解析システムによる座標解、または、比較対象の座標解を用いて算出する。これらの時系列には 2 点間の地殻変動と F3 解と各システムによる解の間の誤差の差が含まれる。地震・火山イベントのない時期の結果について、線形トレンドを地殻変動分と仮定して除去し、後者を抽出し比較する。

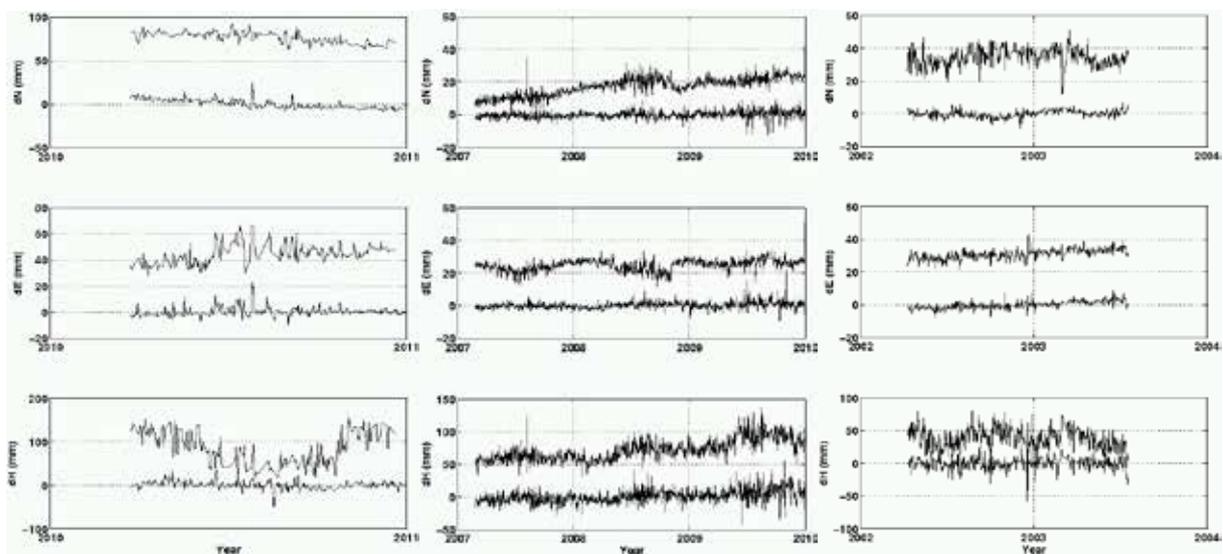
予備的な結果の例を図に示す。比較対象とした解を用いた時系列には、固定点の扱いや解析戦略等の違いによると思われる変化が見られるのに対し、GPS 統合基線解析システムで得られた解による時系列は変化が小さく、F3 解との整合性の高い解が得られていることがわかる。気象庁のデータを国土地理院が解析した結果については、F3 解と整合するように調整されたもの(岩下・他, 2008)を使用しているため、整合性は既にある程度確保されているが、図に示した例のように、観測点によっては本手法の適用による改善が見られる。

謝辞

本研究で開発した手法の評価のため、気象庁、神奈川県温泉地学研究所および産業技術総合研究所による GPS 連続観測点のデータを使用した。データの入手等にあたって協力をいただいた、原田昌武氏、伊東博氏、大谷竜氏、板場智史氏に感謝いたします。

参考文献

今給黎哲郎・他(2006), 日本測地学会第106回講演会要旨集, 89-90.
岩下知真子・他(2008), 平成20年度調査研究年報, 国土地理院.



図：GEONET の F3 解と比較対象の解を組み合わせて算出した基線ベクトル時系列の比較例。左から、箱根(温泉地学研究所)、安富(産業技術総合研究所)、苫小牧丸山(気象庁)。それぞれ、南北成分(上段)、東西成分(中段)、上下成分(下段)。各グラフ中の 2 本のプロットのうち、上が比較対象とした解を用いたもの、下が GPS 統合基線解析システムによるものであり、後者を用いて求めた線形トレンドを各プロットから除去した。バイアスは適当に調整してある。