

リアルタイム解析の信頼性向上に関する調査研究

実施期間	平成 16 年度
測地観測センター衛星測地課	矢萩 智裕 岩田 昭雄
	湯通堂 亨 雨貝 知美
	小島 秀基
測地観測センター地震調査官	畑中 雄樹

1. はじめに

近年の解析処理の高度化・高速化及び通信環境の整備等により、短時間処理の GPS 測量が大きく普及しつつある。測地観測センターでも、平成 14 年度からの新 GEONET 構築作業の一つとしてリアルタイム解析装置を導入し、より短い時間スケールでの地殻変動監視に威力を発揮すると期待される。昨年度の調査研究において、2003 年の十勝沖地震時の「苫小牧」-「平取」基線の例を出し、リアルタイム装置による後処理解析結果が精密暦観測結果と概ね調和的であることを報告した。但し同時に、基線によるばらつきの存在についても指摘していた。今年度当初、実際の業務で行ったリアルタイム解析では非現実的な解が続いて得られ、解析結果から地殻変動監視の議論するためには更なる修正を要することが判明した。その後様々な改良作業を通し、未だ解明すべき問題も残っているが、概ね安定した解を得るに至っている。改良後に起きたいくつかの地震についての後処理解析の結果からは地殻変動と考えられる変化も見られている。本報では、今年度行ったリアルタイム解析装置の改良作業の経緯と、地震時における事例解析として、2004 年 10 月 23 日の新潟県中越地震時に行った後処理解析の結果を報告する。

2. リアルタイム解析装置の概要と研究内容

観測センターには 2 種類のリアルタイム解析装置があるが、現在 GEONET 上で運用されているのは GPS Solutions 社の RTNET である。このソフトでは、リアルタイム処理の場合には電子基準点から毎秒送られてくるデータを RTCM2.2 形式で、また後処理の場合には RINEX 形式に変換した 1 秒データを入力し、解析を行う。C/A、L1、L2 を観測量とし、暦には IGS の超速報暦 (IGU 暦) を用い、L5 と L3 の組み合わせからエポック間の連続性を考慮しつつ位相バイアスを整数化し、基線解を求める。

平成 16 年度に発生した浅間山噴火に際し、観測センターでは RTNET を用いたリアルタイム監視を行ったものの非常に不安定な結果が続いた。図-1 (左) に解析結果の一例 (2004 年 9 月 12 日) を示す。グラフは「中之条 (020954)」-「佐久 (960610)」間の基線変化であり、Q2 結果と共に示している。21 時を過ぎた辺りから RTNET の結果が大きくドリフトし、また比較的安定している前半の解も、南北方向で Q2 解より 10cm 程度の差が存在するなど解の精度がよくないことが分かる。このような状況改善のため、今年度後半にかけ開発者とのやり取りを含めた改良作業を行った。また最適な解を求めるため、以下のような解析戦略を立てることとした。

- (i) 長基線 (100km 以上) の場合には、途中を短基線 (~40km) でつないだクラスタを設定。
- (ii) 計算点の初期座標値として直近の R2 解析結果を採用し、初期値による誤差を最小限に抑える。

(iii) 多数点の解析時には、複数のサブクラスタに分割することで処理時間の短縮を図る。

(iv) 連続性を考慮して得た整数値バイアスを採用し、エポック毎の独立な座標値を求める。

以上の結果、現在は安定な解が得られるようになっており、GEONET の定常解析結果とも整合的である。(図-1(右))

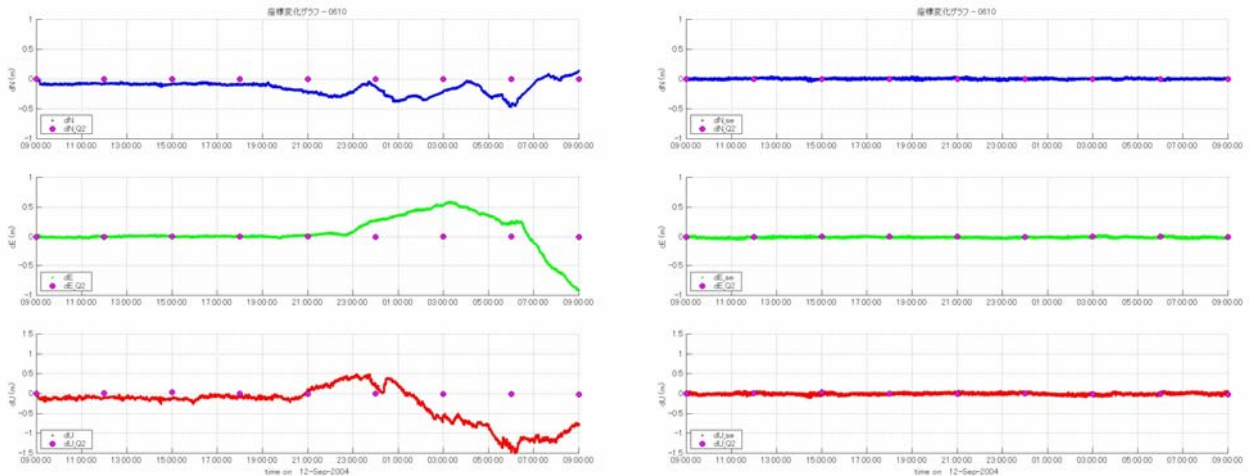


図-1 浅間山監視時の「中之条」-「佐久」基線のRTNET及びQ2の解析結果。

左がRTNET改良前、右が改良後。2004年9月12日UTC0:00からの一日分を示す。

グラフは上から南北、東西、上下成分。

3. 研究結果

リアルタイム解析装置導入当初は、「5 cm以上の瞬間的及び漸次的な変動を5分以内に捉える」事を目標としていたが、今年度の改良作業及び解析戦略(特に(iv))によってさらに高分解能かつ即時性の高い解を得ることが可能となりつつある。一例として、図-2に新潟県中越地震(2004年10月23日M6.8)時の事例解析結果を示す。図は、RTNETで後処理解析を行った、2004年10月23日17:00~19:00JSTの「大潟(950241)」-「只見(950206)」間の基線変化を、Q2解析結果と共にプロットしたものである(南北・東西成分)。本震の起きた時刻(17:56JST)を赤破線で示している。南北成分はノイズレベルが大きいものの、東西成分に関しては地震発生に伴う優位な変動が捉えられている。表-1は、RTNET及び定常解析結果から得られた基線間の変位量である。RTNETに関しては、本震発生時刻で前後に分割し各時間帯での平均値(横の実線)から求めている(時間幅が違うので注意)。得られた地震前後での変位量を定常解析結果と比較すると、水平成分で2 cm、上下成分で4 cm程度で一致しており、精度は多少落ちるものの、現行の定常解析よりも高い時間分解能で地殻変動を捉えているといえる。なおこれらの解析結果は、観測センターのもう一つのリアルタイム解析ソフトである3D Trackerや、Bernese5.0でのキネマティック解析結果とも整合的であった。

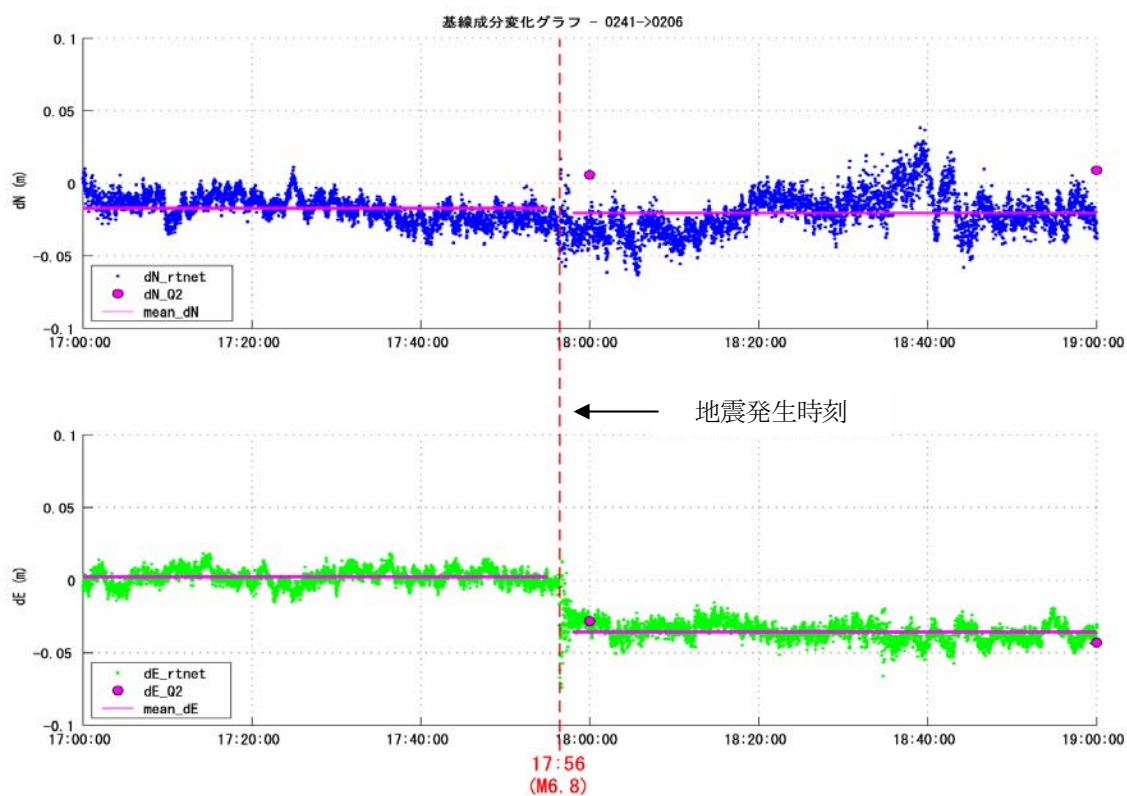


図-2 新潟県中越地震発生時の「大潟」-「只見」間の基線変化グラフ。上から南北、東西成分で、RTNET と Q2 の解析結果をプロットする。縦の破線は本震の発生時刻を示す。

表-1 2004 年新潟県中越地震における「大潟」-「只見」間の RTNET 及び定常解析結果で求めた変位量。(単位 : cm)

	RTNET 解	Q2 解	F2 解	
	地震前後平均	地震前後 3h	地震前後 1 日	地震前後 15 日平均
南北	0.17	0.90	1.14	0.93
東西	06	-4.29	-4.66	-4.93
上下	1	1.78	-1.69	-0.55

4. 結論

今年度行った改良作業により、リアルタイム解析装置による解析結果の安定性は大幅に向上した。本報で示した中越地震時の事例解析結果は、リアルタイム解析装置による地殻監視において非常に成功した例ではあるが、その他の地震時の際にも概ね現実的な変動が確認されている。但し衛星配置の悪化に伴う精度劣化や、原因が特定できていないばらつきも未だ存在しており、これらの究明を含め更なる改善は必要である。リアルタイム解析結果の信頼性の向上は、現状に比べてより即時性・時間分解の優れた地殻監視業務の実現につながると期待される。今後も解析の経験値を高めながら、引き続き精度向上に努めていく。

参考文献

畑中雄樹他(2003):GEONET 解析システムの高度化に関する研究(第2年次), 平成15年度調査研究年報,
国土地理院