

2011 年東北地方太平洋沖地震

発生前後の国土地理院電子基準観測点の地盤変動

2011.07.01 web 公開

2011.10.21 更新

岐阜大学流域圏科学研究センター

流域情報研究部門 流域 GIS 研究分野 久世益充(kuse@gifu-u.ac.jp)

流域情報研究部門 地盤安全診断研究分野 杉戸真太(sugito@gifu-u.ac.jp)

概説

国土地理院の GEONET(GPS 連続観測システム)は、現在 1240 地点に達しており、長年にわたって地殻変動に関するきわめて貴重なデータを配信してきている。これらは、1995 年兵庫県南部地震以降に全国に設置された強震観測網(K-NET, KiK-net)による強震記録の即時配信とともに、我が国における様々な分野の研究推進に多大な貢献をしてきた。

東北工業大学の神山眞名誉教授は、志津川観測点(宮城県)の経度の変動において本震の数日前からの東方に卓越した変動傾向があることを既に指摘している(神山眞, 2011)。この指摘を受け、東北地域の各基準観測点での本年 1 月 1 日からの水平方向と鉛直方向の一日毎の変動をメートル単位で整理し、取りまとめた。

地震発生 3 日前からの漸増的な基準点のずれは、宮城、岩手両県の 16 地点において見られ、これらのすべての基準点においてほぼ東方への水平のずれが卓越している。また、1944 年東南海地震発生直前に静岡県掛川で、南東に向かっての上下方向の漸増的相対変動が観測されている(茂木清夫,1982)が、上記の 16 地点においても、漸増的なものではないが 3 日前からの上下方向の絶対変動が認められた。

各基準点における変動は、前述したように、2011 年 1 月 1 日時点の緯度経度に対する座標値からの変動量として算出したものである。具体的には、GEONET が公開している日単位の座標値(F3 データ)を用いた。水平方向の変位量は、F3 データの緯度経度情報を平面座標に投影(秋山実,1996)し、1 月 1 日の座標値に対する変位量を算出した。鉛直方向については、標高データを用いて、1 月 1 日の標高に対する変位量を求めた。

● 表一 1 GEONET 基準点における水平、鉛直方向の最大変位量[降順表示]

各基準点における 2011.1.1.からの水平方向(ベクトル合成量)、ならびに鉛直方向の最大変位量(2011.6.17.現在)を水平方向変位量の降順に 27 地点について示した。水平変位は各地点ともほぼ東方に卓越している。

● 図一 1 東北地域における GEONET 基準点分布

東北地域における国土地理院の GEONET(GPS 連続観測システム)の各基準点の分布を示している。全国で 1240 地点配備されている各基準点は、それぞれ 20km 以内に存在している。

● 図一 2 各基準点の変動(予兆現象が顕著に見られる地点)

図-2(1)~(16)に、各基準点における 2011.01.01.時点からの変位量、地点位置、水平面上での変位軌跡を示した。

各図の上段には、水平方向(ベクトル合成)、鉛直方向の変位量が、2011.02.01.から 03.31 まで示されている。変位量は、各日の日本標準時の 21:00 での値である。したがって、03.11.の値は地震発生(14:46 頃)から 5 時間程度後の変位量を表している。

各図の中段左には、3 月 10 日までの各日の変位量を、上段のスケールを 100 倍にして示されている。水平方向変位の日変化において、地震発生直前の 3 日間(03/08、09、10)において、それ以前とは明らかに異なる有意な漸増現象が 16 地点すべてにおいて認められる。また、鉛直方向変位においては、03/08 においてやや顕著な沈下が発生し、その後の 2 日間も大きく回復することなく沈下の状態が保たれ、03/11 の地震発生後に大きく沈下していることが認められる。

各図の下段左は、東西ならびに南北方向の水平変位量を示している。地震前 3 日間の東西方向の変位量は、中段のベクトル合成された変位量のそれらとほぼ対応しており、各地点ともほぼ東方に変位していることを示している。また、下段右は、02/01~03/10 の期間(地震発生直前まで)における水平成分の変位軌跡を示したもので、03/08、09、10 については●印を付けている。

図-3には、上記の16基準点の位置ならびに気象庁より発表された断層面上でのすべり量の推定分布を示した。予兆現象が顕著に現れた16の基準点は宮城北部から岩手南部の沿岸部に集中しており、断層面上の大きなアスペリティに最も近い地域と推察される。図-4に、16基準点の水平変位の変動をまとめて示した。本震前日の 3 月 10 日までの各基準点の水平変動(図-4の下図)において、若干のばらつきは含まれるが、最後の3日間(03/08、09、10)で各基準点で同様に漸増している傾向が認められる。

● 図-5 各基準点の変動(予兆現象が顕著に見られない地点)

図-5 (1)~(3)には、予兆現象が顕著でなかった事例を示した。これらは、断層面のずれが最大と推定されている震源のやや南方のアスペリティから離れた位置にある、(1)岩手県久慈、(2)新潟県黒川、(3)群馬県大田原、の基準点である。地震後の最終水平変位は 1m 程度で、図-2の事例と比較して変位量の絶対値が小さいケースである。これらの地点においては、図-2の16基準点の事例にみられる予兆的な変動が認められない。

まとめ

1. 国土地理院の GEONET(GPS 連続観測システム)で得られた電子基準点観測データから、海溝型巨大地震の発生直前に発現する可能性が高いとされている予兆的現象を示唆する漸増的な変動が宮城県、岩手県の沿岸部で共通して認められた。ただし、本震の 2 日前にあたる 3 月 9 日に、前震に相当すると考えられる M7.3 の地震が発生しており、この地震前後における各基準点の岩崎基準点(青森県西部)からの相対変動が最大 3cm 程度にまで達していることが国土地理院より報告されている。したがって、各基準点で見られる 3 日前からの漸増的な変動を、いわゆる Slow-slip と呼ばれる断層全体のゆっくりとした動きに起因する狭義の前兆現象と結論付けることは現時点ではできない。しかしながら、比較的広域の地域において、陸域地盤の同等な漸増的絶対変動があったことは事実であり、“広義の前兆現象”とみなすことができる。
2. 今回の解析では、本年 1 月 1 日における各基準点位置からの相対的な変動量をメートル単位で算出し、その日変化を検討した。その結果、最大水平変位が 3.5m を超える 16 の基準点において、地震発生前の 3 月 8~10 日の 3 日間においてほぼ東方への顕著な水平変位の漸増が見られた。3 日間の総変位量は 3~5cm 程度であった。
また、これらの基準点においては、同期間における鉛直方向の沈下の傾向についても認められた。

3. 最終変位量が 1m 程度の基準点においては、その地盤変位の日変化において地震発生前における漸増的現象は見られなかった。
4. 海溝型巨大地震発生直前の予兆現象としては、1944 年東南海地震発生直前の 2,3 日前に観測された静岡県掛川での鉛直方向の変位現象がこれまでの唯一のものであったが、今回の事例では観測地点数も多数あり、巨大地震発生前数日間におけるより明確な地盤変動の観測事例であると推察される。

- **参考資料①: 電子基準観測点における絶対位置の日変動量算出の概要**

- **参考資料②: 志津川 GEONET 観測点での絶対位置の日々変動[2011 年 1 月 1 日から 3 月 12 日]**

神山(2011)は、志津川観測点の絶対位置の日々変動において、地震発生前の 3 日間における経度の漸増傾向を指摘している。図の横軸は、同年 1 月 1 日からの経過日数、縦軸は東経の値で、3/7 以降、3/8、3/9、3/10 において徐々に東方に移動し、前日からの増分も大きくなっていることが認められる。

- **参考資料③: 1944 年東南海地震発生時、静岡県掛川において実施された水準測量[茂木清夫、1982]**

- **図一③(1):**1934 年 3 月～1944 年 12 月(地震直前)までの 10 年間で、三倉に対して掛川が相対的に約 40mm 沈下したが、12 月 7 日の地震直後には、100mm 程度上昇している。
- **図一③(2):**掛川から三倉に至る水準路線。図中の○印は一等水準点で数字はその地点番号。●印は、測量中に仮設した固定点で、通常 700～800m の間隔に設置される。①～⑨は、測線区間番号を表している。
- **図一③(3):**1944 年東南海地震発生直前における掛川地域の上下方向の地殻変動を表している。図中の⑦、③は、図一③(2)における測線区間番号を表している。便宜的に、⑦の区間の 12 月 3 日～6 日までの変動に③の区間の 6 日～7 日にかけての変動を重ねた図である。

参考文献

神山 眞(2011):東北大学大学院工学研究科土木工学専攻・特別講義資料(2011 年 5 月 17 日)

茂木清夫(1982):1944 年東南海地震直前の前兆的地殻変動の時間的变化、地震(2), 35, pp.145-148.

秋山 実(1996):地理情報の処理, 山海堂.

飛田幹男(2002):世界測地系と座標変換、社団法人日本測量協会.