2011年東北地方太平洋沖地震による 地殻変動からの回復過程の考察

三神 厚¹・神山 眞²

¹正会員 東海大学教授 工学部土木工学科 (〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4-1-1)

E-mail: atsushi.mikami@tokai.ac.jp

²フェロー会員 東北工業大学名誉教授 (〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町35-1)

E-mail: mk_kamiyama@jcom.home.ne.jp

東北地方太平洋沖地震によって東北地方の広域で地盤の沈降が生じ、港湾施設は非常に使いづらい状態となった。岸壁を嵩上げするなどの方策が講じられたが、地震後の隆起で逆に高くなりすぎて使いづらくなった漁港も現れた。同様なことは昭和南海地震の際の高知市でも起きており、長期にわたる浸水被害に悩まされた。

本研究はGEONETデータを用いて東北地方太平洋沖地震の際の地殻変動に伴う広域地盤の沈降からの回復過程を考察するものである。検討の結果、本震後すぐに隆起に転じた場所と、本震後もしばらく沈降が続いた後、隆起に転じた場所があることや、本震後すぐに隆起に転じた場所ではその回復過程が指数関数を用いて良好に表現されること、指数関数の形状を確定する時定数の値が収束するには1年から3年程度要することなどがわかった。

Key Words : GEONET, crustal movement, The 2011 off the Paicific coast of Tohoku Earthquake, recovery process

1. はじめに

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震によって東北地方の広い範囲で地盤の沈降が生じた。図-1は石巻市渡波地区内の漁港施設の様子を撮影したものであるが、満潮時には海面が岸壁天端すれすれまで到達するようになり漁港施設が非常に使いづらい状況となった。また市街地では浸水してしまうため、ポンプによる排水を余儀なくされた。使いづらくなった漁港に対し、沈降した分だけ岸壁を嵩上げするなどの方策が講じられたが、その後の地盤の隆起で、逆に高くなりすぎて使用が不便になった漁港も現れた¹⁾。

同様なことが1946年昭和南海地震の際にも起きていた。沢村²⁾によって高知市は約120cm沈下したと報告されている。高知市は、津波と広域地盤沈降と堤防の決壊によってもたらされた浸水被害に長期にわたり悩まされた(図-2)。

南海トラフを震源とする地震の来襲が危惧されているが、1946年昭和南海地震と同様、広域的な地殻変動が起きるものと予想される。このような地殻変動に伴う問題としては、地震直後の地盤の沈降や隆起の問題に加えて、

沈降や隆起がどのような回復過程を辿り、またどの程度回復するのか、などの問題があり、早期復興を実現するための事前対策を考える上でいずれも不可欠な情報である。

このように地殻変動に伴う地盤の沈降や隆起は、昭和南海地震、東北地方太平洋沖地震とも発生したが、昭和南海地震当時とは異なり、現在では、全国に1200を超え

図-1 石巻市渡波地区の漁港施設の様子
(2011年5月27日 著者撮影)

図-2 昭和南海地震の際の高知市の浸水被害
(昭和 21 年 12 月 21 日撮影, 高知市提供)

る国土地理院の電子基準点があり, GPS観測により地殻変動がリアルタイムでモニタリングされている(GEONET)。2011年3月11日の地震から4年が経過し, 東北地方各地の地殻変動からの回復過程が徐々に明らかになってきた。東北地方太平洋沖地震の地殻変動のメカニズムの解明は, 国土地理院や大学(主に理学分野)でなされているが^{例えは3)4)}, 基本的には上下変動の回復過程は余効変動及びその後のプレート間カップリングの結果である。余効変動は地震後に観測される遷移的地殻変動の総称であり⁵⁾, 主要な要因としてはプレート境界面上における余効すべりと上部マントルでの粘弾性緩和が挙げられる。本研究はGEONETデータを用いて, 東北地方太平洋沖地震の際の地殻変動に伴う地盤の沈降からの回復過程を考察し, 地殻変動の将来予測へ向けた検討を行いたい。

2. GEONETによる観測点と観測データ

ここではGEONET観測の概要について述べるとともに, 本研究において着目した観測点, 用いたデータについてまとめる。

(1) 観測の概要

GEONETとは, GNSS Earth Observation Network Systemの略で, 国土地理院が展開するGPS連続観測システムのことで, 日本全国に1200点を超える電子基準点がある。GNSSとはGlobal Navigation Satellite System(全球測位衛星システム)で, GPS等の測位衛星システムの総称である。複数の衛星を利用して電子基準点の位置をcmの誤差で決定する。

提供されているデータの種類としては, リアルタイムデータ(RINEX形式30秒サンプリング値)の他に, 補正され信頼性の高い測位プロダクトである日々の座標値

(F3解)がある。ここでは日々の座標値(F3解)を用いる。

(2) 東北地方から関東地方にかけて地殻変動の概要

図-3に, 東北地方太平洋沖地震による地震時地殻変動を示す。なお, ここでは, 日本時間で2011年3月10日21:00と2011年3月12日21:00のF3データの差分量から東西, 南北, 上下方向の変位を算出している(日々の座標値であるF3データは, 24時間平均座標値を12:00(UTC)の値として公開されている)。図左が水平変位で, 星マークが震源であるが, 震源に向かって水平変位が生じていることがわかる。一方, 右が本研究で着目する鉛直変位であるが, 東北地方の太平洋岸では概ね沈降しているのに対し, 日本海側では逆に隆起していることがわかる。すなわち, 震源付近では, 逆断層の上盤が隆起し, 少し離れた東北地方太平洋岸で沈降, さらに離れた日本海側で隆起と, 震源から離れる方向に隆起と沈降が交互に生じていることが推察される。

一方, 図-4には東北地方太平洋沖地震の本震以降, 最近に至るまでの水平と鉛直方向の変位分布を示している。水平変位については本震以後も引き続き本震方向への変位が続いている。鉛直変位については, 東北地方太平洋岸の多くの地域で隆起の傾向が見られ, 宮城県を中心にその量が多い。その一方で, 岩手県の北部地域では沈降した状態となっており(例えば, 岩泉1観測点では地震前に比べ約8.8cm沈降した状態となっている), 未だ, 本震以前の水準に戻っていないことがわかる。

(3) 着目した観測点と検討に用いた観測データ

本研究では港湾施設等の早期復興に主眼を置いているので, ここでは東北地方の岩手県から福島県に至る太平洋沿岸沿いの地殻変動に着目する。図-5に着目したすべての観測点を示すとともに, 表-1にまとめる。これらの観測点のうち, 2011年3月11日前後で観測できていたものを用いる。表-1には, データの有無も示している。

提供されるデータのF3解の内容としては, 各観測点の地心座標値, 緯度, 経度, 楕円体高であるが, ここでは楕円体高を標高として近似的に用い, 上下方向の変化を考察する。なお本研究では, 3月11日の本震前の基準としてそこからの変位量を検討するため, 本震前後の楕円体高の差分(3/10と3/12の観測値の差分)をとる。このため, 楕円体高を標高の近似値として用いることにした。

3. 沈降からの回復過程

本研究では地震が発生した年の2011年の1月1日から本震の4年後の2015年3月11日までのデータを用いる。

図3 東北地方太平洋沖地震時の地殻変動（出典：Kaniyama et al.(2012)⁶⁾）

図4 東北地方太平洋沖地震以降（2011.3.12）最近（2015.9.12）までの変位分布（出典：神山(2015)⁷⁾）

(1) 本震前後の地殻変動

岩手から福島にかけての太平洋岸エリアでは3月11日の本震によって基本的に沈降するが、本震直後から隆起

に転じるエリアと、本震後もしばらく沈降が続いた後、隆起に転じるエリアがある。これらの傾向の違いについては、表-1の回復過程の欄に示した。観測点番号1～9（岩手県北部）では、本震後もしばらく沈降が続いた後、

図-5 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点

隆起に転じる。隆起の速度は非常にゆっくりである。典型的な例として、観測点番号7の宮古の地震前後の様子を図-6に示す。横軸には2011年1月1日を起算日とした通算日を取り、縦軸には標高の近似値として楕円体高を示している。本震の発生した3月11日は通算で70日目に相当するが、図を見ると本震から400日以上（1年以上）にわたり沈下が続いていたことがわかる。これは本震でプレートが滑ったところより深いところのプレート境界がゆっくりと滑る余効すべり⁹⁾によるものと考えられる。その他、データからは北に行くほど回復の速度が遅いことも考察されたが、ここでは省略する。

一方、観測点9より南では、本震で沈下した後、すぐに隆起に転じる傾向が見られる。このような挙動は、プレートが滑ったことでマントルがゆっくり回復していく粘弾性緩和⁹⁾による現象と考えられる。代表例として矢本（観測点番号23）の回復過程を図-7に示す。本震を境に隆起に転じており、宮古に比べて隆起の速度も速い。同様の傾向は福島県エリアでも見られるが、隆起（回復）の速度はやや緩慢になる。図-8に福島県での典型的な例としていわき（観測点番号33）の回復過程を示す。

(2) 曲線によるフィッティング

2011年3月11日の本震の後、すぐに沈降から隆起に転

じるケースについて、曲線によるフィッティング（モデル化）を試みる。ここでは、2011年3月12日～2015年3月11日の間の観測値に対して、指数関数を用いてフィッティングを行うことにした。

$$y = a_1 \exp(-a_2 t) \quad (1)$$

ここで、 t は2011年3月12日からの通算日である。 a_1 は本震による沈下量に対応するパラメーターである。 a_2 は地殻変動からの回復の速度を制御するパラメーターで、時定数の逆数に相当するパラメーターである。

図-9, 10に指数関数によるフィッティングの結果の例を示す。指数関数によって矢本、いわきとも良好に近似できていることがわかる。

(3) 時定数の考察

式(1)のパラメーター a_2 の逆数として定義される時定数 $T = 1/a_2$ の値を表-1に追記する。時定数 T とは、 y の値が a_1 の $1/e \approx 0.368$ 倍になる時間のことであり、 T の値が小さい方が回復の速度が速いことを意味する。

時定数の値は、互理で最も小さく651となっており、概して、その他の値をみても宮城県南部で他地域より小さい値となっている。図-11に時定数と上下変動量の関係を示す（表-1にはその具体的な数値を示してある）。全体的な傾向として、沈下量そのものが大きかった場所では回復（隆起）速度が小さく、沈下量が小さい場所では回復速度が大きいように見える。

(4) 4年回復率の試算

本震での沈降に対し、本震後4年でどれだけ沈降が回復（隆起）したかを検討する。ここでは、本震後4年での隆起量を本震時の沈降変位で除した値を4年回復率と定義し、試算してみた。縦軸に検討対象地点の緯度を取り、4年回復率を並べて表示したものが図-12である。大きく沈降した宮城県中部地域の沿岸で回復率が大きくなっており、多くは50%以上回復しており場所により100%近く回復しているところもあることがわかる。一方で、福島県の方では回復の程度が小さく、また岩手県北部の方では回復率がマイナスになっており、まだ本震以前の高さまで回復していない場所があることがわかる。

なお、福島県南部において4年回復率がマイナスになっている場所があるが、これは2011年4月11日の福島県浜通りの余震（M7.0）でさらに大きく沈下したためである。

表-1 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点

	局名称	局番号	緯度	経度	データ 有無	回復過程	時定数	本震沈下 量(cm)
1	種市	950158	40.40520102	141.71313555	○	沈降→沈降→隆起	-	2.0
2	S 洋野	07S063	40.30213192	141.77685635	×			
3	久慈	940027	40.13344961	141.78909688	○	沈降→沈降→隆起	-	5.9
4	S 普代	07S064	39.99683975	141.92976988	×			
5	岩泉 1	950162	39.86937144	141.95054316	○	沈降→沈降→隆起	-	17.3
6	田老 A	111184	39.73583343	141.96714593	×			
7	宮古	940028	39.57238638	141.93996322	○	沈降→沈降→隆起	-	34.1
8	山田	950167	39.45816171	141.9552579	○	沈降→沈降→隆起	-	47.5
9	釜石	950170	39.25351949	141.79804331	○	沈降→沈降→隆起	-	52.8
10	S 大船渡	07S065	39.15787999	141.83514645	×			
11	大船渡	950171	39.02378273	141.73984737	○	沈降→隆起	4306	74.0
12	P 大船渡	02P205	39.01977567	141.75325344	×			
13	S 陸前高田	07S066	38.98620172	141.6697923	×			
14	気仙沼	950172	38.9028603	141.57259007	○	沈降→隆起	3214	64.2
15	S 本吉	06S055	38.79149631	141.49351739	×			
16	志津川	950175	38.6826995	141.44937147	○	沈降→隆起	2384	67.2
17	S 石巻北上	06S056	38.58552184	141.48689338	×			
18	S 石巻雄勝	06S057	38.49544152	141.53101174	×			
19	女川	940036	38.44919588	141.44116491	○	沈降→隆起	2912	87.5
20	S 石巻牧浜	06S058	38.36419193	141.43466322	×			
21	牡鹿	960550	38.30118716	141.50068654	○	沈降→隆起	4088	109.5*
22	S 石巻	05S054	38.26682646	141.47769205	×			
23	矢本	960549	38.42505902	141.21290907	○	沈降→隆起	1392	48.5
24	S 七ヶ浜	06S059	38.2998	141.0636382	×			
25	利府	940037	38.31748761	140.95418509	○	沈降→隆起	1454	28.2
26	仙台太白	111185	38.19429452	140.91092655	×			
27	亘理	950179	38.02965947	140.84398903	○	沈降→隆起	651	21.0
28	P 相馬 A	14P125	37.8304361	140.961698	×			
29	相馬 1	940038	37.8006713	140.90808301	○	沈降→隆起	1858	29.3
30	S 南相馬 A	11S070	37.636186	140.98359069	×			
31	小高	950203	37.53369315	141.00661087	×			
32	楡葉 A	101181	37.26395759	140.9985426	×			
33	いわき	940041	37.09071452	140.90251546	○	沈降→隆起	3698	47.3
34	いわき 2	970800	37.01844949	140.84164758	○	沈降→隆起	4570	47.8
35	いわき 4	20946	36.93261998	140.69014981	○	沈降→隆起	49276	34.2

* 牡鹿の沈下量の計算では、本震後、4/8 までのデータがないため、4/9 の値で代用している

4. 沈降からの回復過程の逐次予測

以上の検討のように、本震で沈降し、その後、すぐに隆起に転じた場所では、本震後4年間のデータを用いれば、回復（隆起）過程が指数関数によって良好に近似できることがわかった。しかし、復興という観点からは、本震後、できるだけ早い段階で回復（隆起）過程の予測をできることが望ましい。あるいは、どの時点でその後の隆起過程の予測が可能となるのかについて知見を得る必要がある。そうすれば、それをもとに適切な岸壁のかさ上げ工事也可能になる。このような目的に対する基礎

的知見を得るため、本章では、東北太平洋岸の観測点のうち、本震で沈降後、すぐに隆起に転じた12点のうち、いわき4を除く11地点について、本震後の回復（隆起）挙動の推定が概ね可能となる期間（月数）について考察する。

(1) 検討の方法

沈降からの回復過程について、指数関数によるフィッティングに用いる本震後のデータを30日→60日→90日のように増やしていき、概ね一ヶ月ごとの時定数の推移をみる。前章での考察から時定数は本震後4年ではほぼ収

図-6 宮古の沈下回復過程

図-9 矢本の沈下回復過程の指数関数近似

図-7 矢本の沈下回復過程

図-10 いわきの沈下回復過程の指数関数近似

図-8 いわきの沈下回復過程

束していると考え、収束値に対し、10%の誤差に収まるのに要する期間（月数）を求めることにした。

なお、 a_1 は本震による沈下量そのものに対応するので固定値で、ここでは時定数と関係する a_2 の値のみに着目することになる。

(2) 時定数の推移

表-1において、沈降から隆起に転じた11地点について時定数の推移を考察する。図-13～23には、本震後、30日経過ごとに指数関数によりフィッティングを行った際の時定数の値の推移を示したものである。この値がほぼ一定値になった時、沈降からの回復挙動を概ね、指数関数で表現できるようになり、その後の地殻変動の推移の予測が可能になる。なお、点線は時定数の収束値の±10%のラインを示したもので、この範囲に入った時、概ね、収束したと考えた。例えば、大船渡では、約18ヶ月目で概ね、時定数が一定値（4306日）に近づき、それ以降の地盤の挙動が推測可能となる。

表-2に11の検討地点について、時定数がほぼ一定になる期間（月数）をまとめた。短くても11ヶ月、長い場合には、36ヶ月を要しており、指数関数によるモデル化が可能である地点においても本震後、1～3年経過しないとその後の挙動予測は難しいことがわかった。ただし、各時定数の推移を検討すると、いずれも本震後半年程度で収束値に急速に近づく傾向が見られ、その後、いったん大きくなりすぎたりする場合もあるが、ほぼ収束値に近づいている。今後、さらなる検討を加えることで、震災

後、約半年で回復（隆起）過程の予測がある程度実現可能となる目途は得られた。

なお、本震で沈降後、さらに沈降が続くような場合については、様々な取り組みが行われているものの、挙動の予測が非常に難しく、現時点での予測は困難であると考えられる。

(3) 地震後の変動過程の事例

以上の検討は、現在のプレートカップリングが安定的に推移すると仮定した場合に成り立つフィッティング結果である。ここではプレート境界型の巨大地震の後の変動過程について他の事例として、1946年昭和南海地震（M=8.0）の後の高知検潮所における潮位の変化と、

図-11 時定数と上下変動量の関係

2003年十勝沖地震（M=8.0）の後のえりも2（局番号960532）観測点における上下変動の推移を取り上げ、地震後の変動過程の安定性について概観する。

まず昭和南海地震後の検潮記録の推移を図-24に示す。地震が発生したのは1946年12月21日であるが、ここではデータが利用可能な1950年以降の17年間について、月平均潮位記録(cm)の推移を示している（横軸は本震からの通算月）。潮位を用いているため細かい変動はあるが全体的には緩やかに潮位が低下、すなわち、陸地が緩やかに隆起していることがわかる。

もう1例として、図-25には、2003年9月26日に発生した十勝沖地震について、2014年12月までの約12年間のえりも2観測点の上下変動について示した（横軸は2003年1月1日を起算日とする通算日）。本震で約20cm沈下した後、隆起に転じ、その後、安定的に回復過程をたどっていることがわかる。

以上、2つの巨大海溝型地震の後の地盤の上下変動の推移について概観したところ、ともに安定的な地盤変動の推移が認められた。ただし、限定的な検証であるため、今後、検討事例を増やしていく必要がある。またプレート間カップリングには地域性も関係してくるため、地域ごとに検討事例を増やし検証していくことが望ましい。

5. まとめ

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動からの回

図-12 4年回復率の比較

図-13 時定数の推移 (大船渡)

図-16 時定数の推移 (女川)

図-14 時定数の推移 (気仙沼)

図-17 時定数の推移 (牡鹿)

図-15 時定数の推移 (志津川)

図-18 時定数の推移 (矢本)

復過程について、GEONETデータを用いて考察した。2011年1月1日から本震の4年後である2015年3月11日までの期間について、東北地方（岩手、宮城、福島県）の沿岸部に設置されたGEONET観測点の挙動に着目した。岩手県の北部地域では、本震による沈降の後、さらにしばらく沈降が続き、その後、隆起に転じるのに対し、岩手県南部や宮城県、福島県沿岸の観測点では、本震による

沈降の後、すぐに隆起に転じる。回復（隆起）の速度は宮城県で大きく、福島県では南部において隆起の速度が緩慢である。

回復過程について指数関数によるフィッティングを行ったところ、大変良くフィットすることがわかった。時定数の値を調べると宮城県の亘理で最も小さい値となっており、そこから離れると大きい値になる傾向があるこ

図-19 時定数の推移 (利府)

図-22 時定数の推移 (いわき)

図-20 時定数の推移 (亶理)

図-23 時定数の推移 (いわき2)

図-21 時定数の推移 (相馬 1)

震後、半年程度で時定数は一旦収束値に近づき、その後、変動しながら一定値に収束する傾向にあるので、地盤高の将来予測のために、さらに検討ケースを増やし、検討を重ねることで、本震後半年程度での地盤高の将来予測が可能になる見通しは得られたものと考えている。

謝辞：本研究の一部は、一般社団法人四国クリエイティブ協会による2015年度第19回「建設事業に関する技術開発・調査研究」支援事業による助成を受けたものです。また国土地理院のGEONETデータ、気象庁の検潮記録を使用させて頂きました。一部の図の作成にあたり Generic Mapping Toolsを用いました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本経済新聞社：「三陸沿岸で地盤が隆起、漁業者困惑「岸壁高すぎる」」，日本経済新聞（電子版）記事，2015年3月8日。
- 2) 沢村武雄：南海大地震と地殻運動，高知大学学術研究報告，第1号，pp.1-14, 1951。
- 3) 飛田幹男：対数・指数関数混合モデルによる東北沖地震余効変動の予測実験，日本地震学会講演予稿集，

とがわかった。沈降後、すぐに隆起に転じる場合には、指数関数を使って沈降からの回復（隆起）過程をモデル化できることはわかったが、復興の観点からはその指数関数の形状（関数形）が本震後、どの時点で確定するのかが重要である。そこで、その形状を決める時定数の本震後の推移を検討したところ、時定数が収束するためには概ね1年から3年を要することがわかった。一方で、本

表-2 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点

	局名称	局番号	緯度	経度	回復過程	時定数	時定数がほぼ収束するのに要した月数
11	大船渡	950171	39.02378273	141.73984737	沈降→隆起	4306	18
14	気仙沼	950172	38.9028603	141.57259007	沈降→隆起	3214	13
16	志津川	950175	38.6826995	141.44937147	沈降→隆起	2384	21
19	女川	940036	38.44919588	141.44116491	沈降→隆起	2912	20
21	牡鹿	960550	38.30118716	141.50068654	沈降→隆起	4088	26
23	矢本	960549	38.42505902	141.21290907	沈降→隆起	1392	11
25	利府	940037	38.31748761	140.95418509	沈降→隆起	1454	29
27	亘理	950179	38.02965947	140.84398903	沈降→隆起	651	36
29	相馬 1	940038	37.8006713	140.90808301	沈降→隆起	1858	36
33	いわき	940041	37.09071452	140.90251546	沈降→隆起	3698	25
34	いわき 2	970800	37.01844949	140.84164758	沈降→隆起	4570	23
35	いわき 4	20946	36.93261998	140.69014981	沈降→隆起	49276	—

図-24 高知検潮所における月平均潮位の変化 (1950年1月～1966年12月)

図-25 えりも2観測点における上下変動 (2003年1月～2014年12月)

S03-04, 2015.

- 4) Sun T., Wang K., Iinuma T., Hino R., He J., Fujimoto H., Kido M., Osada Y., Miura S., Ohta Y. and Hu Y.: Prevalence of viscoelastic relaxation after the 2011 Tohoku-oki earthquake, Nature, Vol.514, pp.84-87, 2014.
- 5) 宇津徳治, 嶋悦三, 吉井敏尅, 山科健一郎: 地震の事典[第2版], 朝倉書店, 2001.
- 6) Kamiyama M., Sugimo M. and Kuse M.: Precursor of Crustal Movements Before the 2011 Great East Japan Earthquake, Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learnt from the 2011 Great East Japan Earthquake, pp.226-237, 2012.
- 7) 神山眞: 地殻変動の回復の仮説モデル, 個人通信,

2015.

- 8) 東京大学地震研究所: 地震研究所 NEWSLETTER Plus, No.14, 2011.
- 9) Wessel, P. and Smith W.H.F.: New improved version of the Generic Mapping Tools released EOS Trans. AGU, 79, 579, 1998.
- 10) Wessel, P. and Smith W.H.F.: Free software help map and display data, EOS Trans. AGU, 72, 441, 1991.

(2015.11.6 受付, 2016.1.25 修正, 2016.2.20 受理)

OBSERVATIONS OF RECOVERY PROCESS
FROM CRUSTAL MOVEMENT CAUSED BY
THE 2011 OFF THE PACIFIC COAST OF TOHOKU EARTHQUAKE

Atsushi MIKAMI and Makoto KAMIYAMA

Due to noticeable subsidence of ground seen in a wide area of the Tohoku district caused by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, port and harbor facilities became difficult to use as the sea level becomes too high during high tide. Necessary measures including level rising of quay walls were undertaken. However, subsequently, quay walls at some places became too high due to the increased ground elevation. A similar phenomenon was seen in Kochi city after the 1946 Showa Nankai Earthquake. People suffered from long lasting inundation there.

In order to obtain beneficial knowledge for the next predicted mega earthquake, this study observes recovery process from the crustal movement caused by the Tohoku Earthquake using GEONET data provided by the Geospatial Information Authority of Japan. Results showed that immediate ground elevation occurred after the subsidence at some areas while subsidence continued for a time after the main shock until level rising began at some other areas. For areas where immediate ground elevation occurred after the subsidence, recovery process from subsidence was described well with the fitting function of exponential decay type. However, 1 to 3 years amount of data after the main shock may be needed to identify the time constant which determines the shape of the exponential decay curve.