

2011年東北地方太平洋沖地震の余震被害調査報告

Damage of the Aftershock off the Miyagi Prefecture on April 7, 2011

山田真澄・福島康宏⁽¹⁾・後藤浩之

Masumi YAMADA, Yasuhiro FUKUSHIMA⁽¹⁾ and Hiroyuki GOTO

(1) エイト日本技術開発

(1) Eight-Japan Engineering Consultants Inc.

Synopsis

This manuscript reports the structural damage before and after the aftershock on April 7. We conducted four-day aftershock observation at Sanuma, Hasama-cho, Tome city, where roads and houses were subjected to severe damage during the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake. Using these aftershock records, we evaluated the difference of site amplification effects between Sanuma and nearby seismic stations, and estimated strong motion at Sanuma district during the main shock. The seismic intensity during the main shock at Sanuma was estimated as 7 with the JMA intensity scale.

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震, 宮城沖地震, 余震, 被害調査

Keywords: 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, Miyagi-oki earthquake, aftershock, damage survey

1. はじめに

2011年3月11日14時46分に三陸沖を震源とするMw 9.0の地震が発生した。この地震では、宮城県栗原市築館で震度7を観測し、また宮城県、福島県、茨城県、栃木県の広い範囲で震度6強を観測している(気象庁, 2011) (Fig.1a)。同日15時15分には茨城県沖を震源とするMj7.7の最大余震が発生し、茨城県鉾田市当間で震度6強を観測した。また、本震から1ヶ月近く経過した4月7日23時32分には、宮城県沖を震源とするMj7.2, 最大震度6強の余震が発生し、4人の死者が出た。一般的に、余震は本震のすぐ直後に発生するため、本震の構造物被害と余震の構造物被害を区別することは容易ではない。本研究では、4月7日の余震(以下、特に混乱を生じない限り余震と呼ぶことにする)の前後に行った被害調査を比較し、余震によってどのように構造物被害が発生したかを報告する。

2. 東北地方太平洋沖地震および、4月7日の余震の概要

Fig.1aに東日本全域で観測された本震の震度分布を示す。震源断層があると考えられる海岸側から一様に加速度値が小さくなるのではなく、宮城県の海岸部や、福島県から栃木県にかけての内陸部でも、震度の大きな地域が見られる。Fig.1bは、余震の震度分布である。震度6強以上の強い揺れを観測したのは、宮城県北部の内陸部に集中している。そのため、余震後の被害調査では、宮城県北部の内陸部にターゲットを絞って調査を行った。調査の対象とした地域の、本震と余震の震度をTable 1に示す。栗原市の一部の地域で、余震において震度6強を観測している。

Fig. 2は、調査の対象とした地域の本震と余震の速度波形記録である(後藤, 2011)。余震の観測記録は、本震の1つ目のフェーズとほぼ同等の振幅、継続時間であることがわかる。

3. 被害調査の概要

構造物の被害調査は、以下の2回に分けて行った。
 調査1) 3月31日～4月2日：後藤浩之
 調査2) 4月16日～19日：山田真澄, 福島康宏
 なお、調査1は土木学会地震工学委員会の被害調査の一端として行われた。調査ルートを図.3, 4に示す。調査1では、3月31日に大郷町～大崎市古川、4月1日に栗原市築館～登米市迫、4月2日に築館の市街地を調査している。また、調査2では、4月16日に登米市周辺、4月17日に栗原市周辺、4月18日に大崎市周辺、4月19日に仙台市宮城野区周辺を調査した。詳細な調査地を下記に示す。

調査1

・3月31日：大郷町粕川（自治体震度計）→大和町吉岡小学校（K-NET MYG009）→大衡村役場（自治体震度計）→大崎市三本木→大崎市古川（JMA, K-NET

MYG006)

・4月1日：栗原市志波姫（自治体震度計）→栗原市若柳（自治体震度計）→登米市石越（自治体震度計）→登米市中田（みやぎ北上商工会館・JMA）→登米市迫町佐沼

・4月2日：栗原市築館（K-NET MYG004)

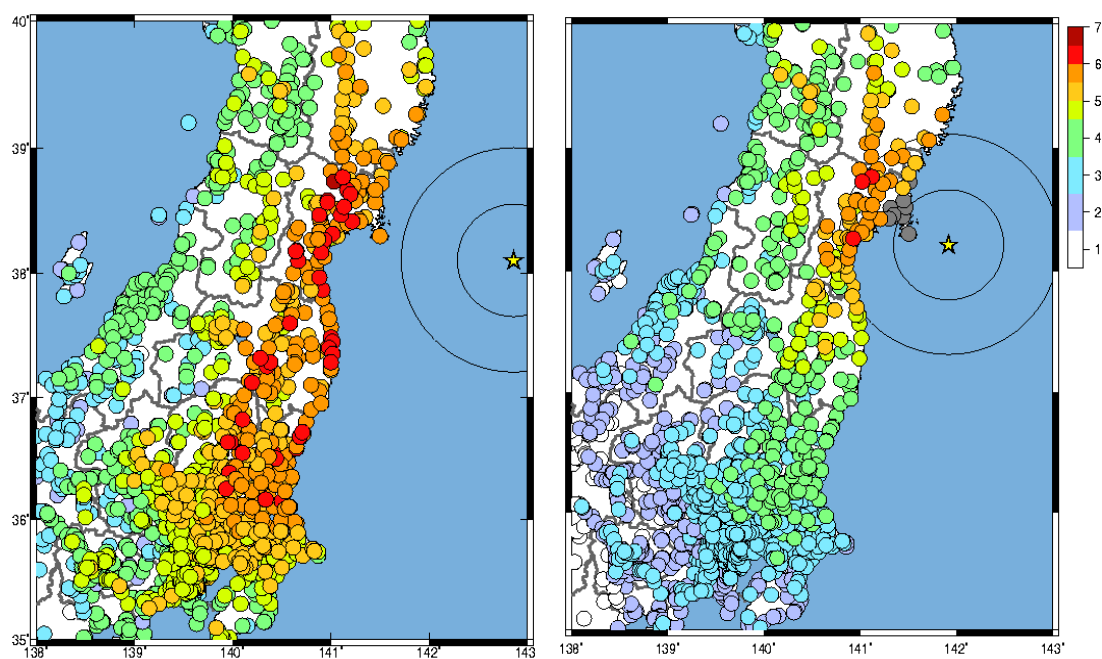
調査2

・4月16日：栗原市瀬峰（自治体震度計）→登米市迫町佐沼→登米市役所(自治体震度計)

・4月17日：栗原市築館（K-NET MYG004）→栗原市志波姫（自治体震度計）→栗原市若柳（自治体震度計）→栗原市高清水（自治体震度計)

・4月18日：登米市役所(自治体震度計)→登米市南方（自治体震度計）→大崎市田尻（自治体震度計）→大崎市古川（JMA, K-NET MYG006)

・4月19日：登米市中田（みやぎ北上商工会館・JMA）→仙台市宮城野区（K-NET MYG013)



(a) mainshock on March 11, 2011

(b) aftershock on April 7, 2011

Fig. 1 Distribution of the seismic intensities (気象庁, 2011)

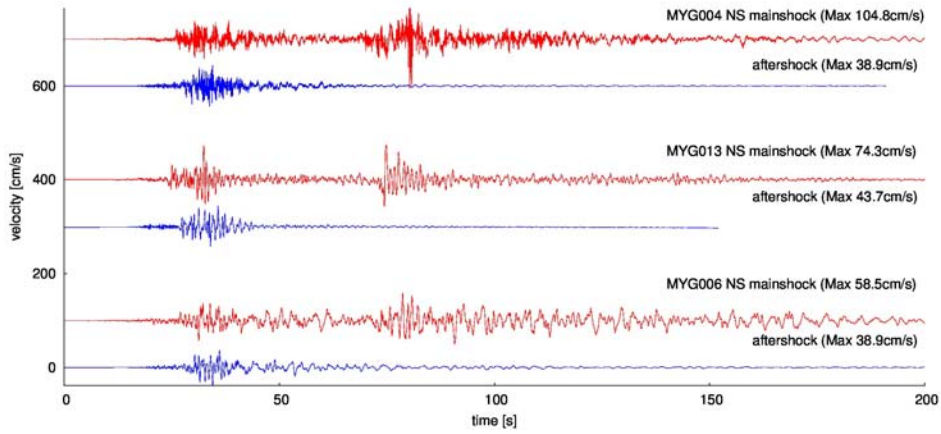


Fig. 2 Velocity waveforms in NS component at K-NET Tsukidate (MYG004) , K-NET Sendai (MYG013) , and K-NET Furukawa (MYG006) (後藤, 2011)

Table 1 List of the seismic stations and observed seismic intensities (気象庁, 2011)

観測点場所	住所	管轄	本震震度	余震震度
栗原市瀬峰の瀬峰総合支所	宮城県栗原市瀬峰長者原37-2	自治体	6-	未発表
栗原市築館の築館文化会館	宮城県栗原市築館高田2-1-10	防災科研	7	6+
栗原市志波姫の志波姫総合支所	宮城県栗原市志波姫沼崎堰畑143番地	自治体	未発表	未発表
栗原市若柳の若柳総合支所	宮城県栗原市若柳字川南戸ノ西4番地	自治体	6+	6+
栗原市高清水の高清水総合支所	宮城県栗原市高清水東館34	自治体	6+	未発表
登米市中田町のみやぎ北上商工会議所	宮城県登米市中田町宝江黒沼字大海崎6	気象庁	6+	6-
登米市迫町の登米市役所	宮城県登米市迫町佐沼字中江2-6-1	自治体	6+	6-
登米市南方の南方総合支所	宮城県登米市南方町新高石浦130	自治体	6+	6-
大崎市田尻の田尻総合支所	宮城県大崎市田尻沼部富岡183-3	自治体	6+	未発表
大崎市古川三日町の三日町公園	宮城県大崎市古川三日町1-63-3	気象庁	6+	6-
大崎市古川北町の古川消防署	宮城県大崎市古川北町3-2-20	防災科研	6+	6-
仙台市宮城野区の宮城野消防署	宮城県仙台市宮城野区苦竹三丁目6-1	防災科研	6+	6+



Fig. 3 Damage survey area of the first survey (後藤, 2011b)

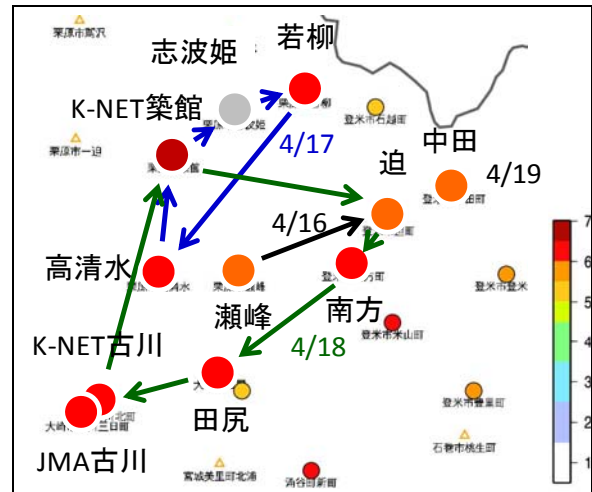


Fig. 4 Damage survey area of the second survey. The color shows the seismic intensity of the March 11 quake.

4. 余震後の被害状況

本節では、余震後に行った調査2を対象として、詳細に被害状況を報告する。本節で報告する被害状況は、本震および余震の影響を両方含んでいる。調査1の被害状況の報告は以下のウェブサイト（<http://www.catfish.dpri.kyoto-u.ac.jp/~goto/eq/20110311/0402report.pdf>）で確認できる（後藤，2011b）。

4.1 栗原市役所瀬峰総合支所

栗原市瀬峰総合支所には、宮城県の震度計が設置されている。震度計は建物前面の右側にある（Photo 1, 2）。本震の震度は6弱、余震の震度は未発表である。支所の建物にはコンクリートのひび割れや落下などの被害が確認できた（Photo 3）。周辺では盛土の変状がみられたが、住家には目立った被害は確認できなかった。3kmほど東側の長沼の周辺では、屋根瓦の落下やブロック塀の倒壊などの住家被害が確認できた（Photo 4）。



Photo 1 Semine branch office of Kurihara city hall



Photo 2 Seismic station at Semine branch office



Photo 3 Building damage of Semine branch office



Photo 4 Damae of the roof tiles in Naganuma area

4.2 登米市迫町佐沼

登米市迫町佐沼は、登米市の中でも特に全壊建物が多くみられる地域である（Fig. 5, Photo 5）。地盤変状や基礎の被害も多く確認できる（Photo 6）。国道398号線の錦橋では橋げたが40cmほどずれている（Photo 7）。住民によれば、10年ほど前の地震（2003年5月26日に発生した宮城県沖を震源とする地震か？）でも、同じ地域で全壊被害が複数発生したらしい。武村（2005）によれば、1900年宮城県北部地震では大破25棟、1967年宮城県北部地震では錦橋西詰めで大地割れが発生したとのことである。被害の大きかった地域には、震度観測点は存在しない。

我々は、調査2の期間中に佐沼において余震観測を行っており、余震記録を利用して行った解析では、本震の震度は震度7相当と推定されている（福島ら，2012）

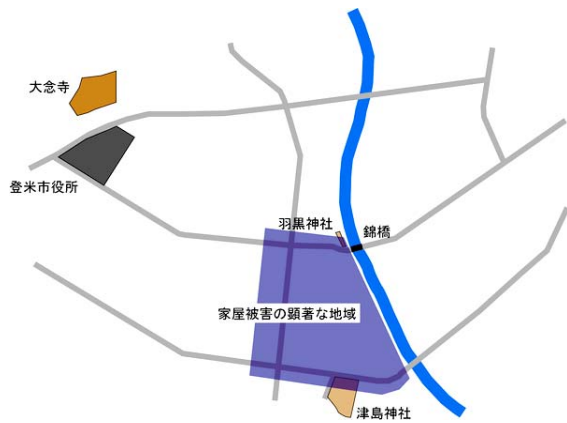


Fig. 5 Map of Sanuma, Hazama-cho in Tome city (後藤, 2011b)



Photo 5 Totally collapsed house in Sanuma area



Photo 6 Ground damage in Sanuma area



Photo 7 Displacement of Nishiki-bashi

4.3 栗原市築館文化会館

栗原市築館の築館文化会館 (Photo 8) の駐車場南側には、防災科学技術研究所のK-NET 築館 (MYG004) 観測点が設置されている (Photo 9)。本震の震度は7, 余震の震度は6強である。この観測点は、本震で唯一震度7を観測した地点である。観測点は栗原文化会館の駐車場の藪の中にあり、周辺の住宅に深刻な被害は見られなかった。築館の町内では、屋根瓦の落下やブロック塀の倒壊, 外壁の一部落下などの被害を確認したが、構造に生じた深刻な被害は確認できなかった (Photo 10) (5.1.1節参照)。



Photo 8 Kurihara culture hall in Kurihara city



Photo 9 K-NET Tsukidate (MYG004) seismic station



Photo 10 Damage of the wall in Tsukidate area

4.4 栗原市役所志波姫総合支所

栗原市志波姫の志波姫総合支所 (Photo 11) には、宮城県の震度計が設置されている (Photo 12)。震度計は支所の建物前面の左側にある。本震の震度は未発表、余震の震度も未発表である。4月1日の被害調査との比較により、4月7日の余震で支所が大きな被害を受けたと推察され、17日現在では、支所は裏手の姫プラザへ移動していた。支所のRC柱が劣化し深刻な被害を生じている。周辺には古くなった納屋の倒壊 (Photo 13) や屋根瓦の落下などの被害が確認できた。



Photo 11 Shiwahime branch office of Kurihara city hall



Photo 12 Seismic station at Shiwahime branch office



Photo 13 Damage of a storage in Shiwahime area

4.5 栗原市役所若柳総合支所

栗原市若柳の若柳総合支所 (Photo 14) には、宮城県の震度計が設置されている。震度計は支所の建物裏側にある (Photo 15)。本震の震度は6強、余震の震度は6強である。支所の建物基礎周辺で深刻な地盤変状が発生していた。周辺の道路でもマンホールの浮きあがり (最大80cm程度) や地盤変状が見られた (Photo 16, 17) が、構造への深刻な被害は確認できなかった。



Photo 14 Wakayanagi branch office of Kurihara city hall



Photo 15 Seismic station at Wakayanagi branch office



Photo 16 Floating of a manhole in Wakayanagi area



Photo 17 Ground damage in Wakayanagi area



Photo 20 Column damage of Takashimizu branch office

4.6 栗原市役所高清水総合支所

栗原市高清水の高清水総合支所（Photo 18）には、宮城県の震度計が設置されている。震度計は支所の建物裏側にある（Photo 19）。本震の震度は6強、余震の震度は未発表である。支所の建物は構造に深刻な被害を生じ、RCの柱が劣化していた（Photo 20）。住民の話によれば、4月7日の余震で大きな被害を受けたそうである。隣の蔵も大破していた（Photo 21）。周辺ではブロック塀の倒壊や盛土の崩落などの被害が見られた。支所隣の福現寺墓地の竿石転倒率は44%であった。



Photo 21 Damage of a storage in Takashimizu area



Photo 18 Takashimizu branch office of Kurihara city hall



Photo 19 Seismic station at Takashimizu branch office

4.7 登米市役所

登米市迫町の登米市役所（Photo 22）には、宮城県の震度計が設置されている。震度計は敷地内の保険センターの前庭にある（Photo 23）。本震の震度は6強、余震の震度は6弱である。市役所の建物は耐震補強がされている。周辺に目立った被害は確認できなかった。



Photo 22 Tome city hall



Photo 23 Seismic station at Tome city hall



Photo 26 Ground damage along the prefecture route 1

4.8 登米市役所南方総合支所

登米市南方の南方総合支所 (Photo 24) には、宮城県
の震度計が設置されている。震度計は支所の西側
の、電気設備が入った柵の内側にある (Photo 25)。
本震の震度は6強、余震の震度は6弱である。支所は
新しく目立った被害はない。歩道のブロックの一部
が崩れた程度。周辺に目立った被害は確認できな
かった。南方から田尻に向かう県道1号線沿いには、地
盤変状や基礎の被害、屋根瓦の落下、ブロック塀の
被害が見られた (Photo 26, 27)。



Photo 27 Ground damage along the prefecture route 1



Photo 24 Minamikata branch office of Tome city hall

4.9 大崎市役所田尻総合支所

大崎市田尻の田尻総合支所 (Photo 28) には、宮城
県の震度計が設置されている。震度計は支所の建物
裏側にある (Photo 29)。本震の震度は6強、余震の
震度は未発表である。支所は全体的に西側へずれた
ようで、建物西側の基礎が大きく壊れている (Photo
30)。周辺では外壁の崩落や基礎の被害が見られ、
古い建物の一部は倒壊していた (Photo 31)。

田尻南部の美里町平針地区では、建物の倒壊など
の深刻な被害も見られる (Photo 32)。墓石の転倒率
は70%ほど。江合川の堤防が大きく壊れていた。



Photo 25 Seismic station at Minamikata branch office



Photo 28 Tajiri branch office of Osaki city hall



Photo 29 Seismic station at Tajiri branch office



Photo 30 Base damage of the Tajiri branch office



Photo 31 Totally collapsed house in Tajiri area



Photo 32 Totally collapsed house in Hirabari area

4.10 大崎市古川

大崎市古川地域には2つの震度観測点がある。1つは大崎市古川三日町の三日町公園に設置された気象庁古川観測点 (Photo 33) , もう1つは大崎市古川北町の古川消防署に設置された防災科学技術研究所のK-NET古川 (MYG006) 観測点 (Photo 34) である。いずれも本震の震度は6強, 余震の震度は6弱である。

気象庁の観測点周辺では, 大破した建物が目立つ (Photo 35, 36) 。特に気象庁観測点から, 古川駅にかけてのエリアで建物被害が多いようである (Fig. 6) 。駅前では液状化で2%ほど傾斜している建物もあった。1kmほど北東のK-NET観測点のあたりでは建物被害は目立たない。

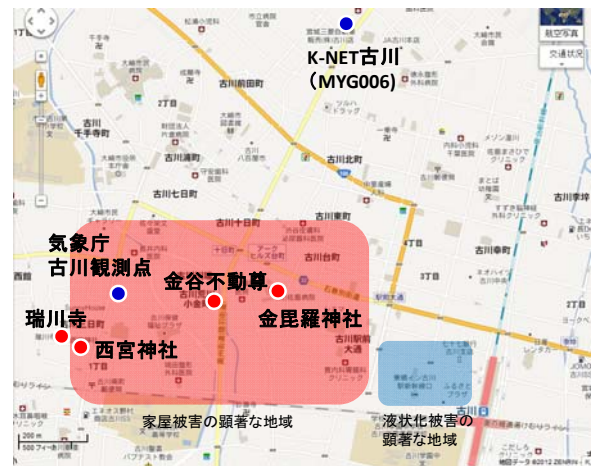


Fig. 6 Map of Furukawa in Osaki city (後藤, 2011b)
Google map was used as background.



Photo 33 JMA seismic station in Furukawa area



Photo 34 K-NET seismic station in Furukawa area



Photo 37 Kitakami chamber of commerce in Nakata area



Photo 35 Totally collapsed building in Furukawa area



Photo 38 JMA seismic station in Nakata area



Photo 36 Totally collapsed building in Furukawa area



Photo 39 Damage of the concrete block wall

4.11 登米市中田・みやぎ北上商工会館

登米市中田町のみやぎ北上商工会議所 (Photo 37) の駐車場には、気象庁直轄の気象庁中田観測点が設置されている (Photo 38)。本震の震度は6強、余震は6弱である。周辺では、屋根瓦の落下やブロック塀の被害が見られた (Photo 39) が、構造に深刻な影響を生じるような被害は確認できなかった。

4.12 仙台市宮城野区宮城野消防署

仙台市宮城野区宮城野の宮城野消防署の奥には、防災科学技術研究所のK-NET宮城野 (MYG013) 観測点がある (Photo 40)。消防署の駐車場では地盤変状が激しく、仮補修されていた (Photo 41)。地震観測点から500mほど南西側の、建物被害の大きかった宮城野区卸町の状況を確認した。RC建物の柱の破壊や、低層建物の倒壊など、構造に深刻な被害をもたらした建物も見られた (Photo 42, 43)。



Photo 40 K-NET seismic station in Miyagino fire station



Photo 43 RC column damage in Oroshimachi area



Photo 41 Ground damage at Miyagino fire station



Photo 42 Totally collapsed building in Oroshimachi area

5. 余震前後における被害の比較

4月7日の余震前後の被害状況を比較し、余震の影響による被害を定性的に述べる。

5.1 構造物被害

5.1.1 栗原市築館

後藤は、調査1において栗原市築館市街地を詳細に調査し、見かけた被害を報告している(後藤, 2011b)。調査2では、調査1と同じルートで市街地を調査し、調査1によって発見された被害の確認および、調査1では確認できなかった被害の記録を行った。Fig.7に調査ルートおよび、調査1で確認された被害、調査2で確認された被害を示す。なお、赤丸の数字は後藤(2011)の図4.2.2-8と対応している。

調査2で確認された被害は、外装材の剥離(Photo 44, 45)、漆喰の剥落(Photo 46)、基礎のひび割れ(Photo 47)、土壁の剥落(Photo 48)、外装材の落下(Photo 49)、基礎の沈下(Photo 50)、ブロック塀の倒壊(Photo 51)、外壁の剥落(Photo 52)、ガラスの割れ(Photo 53)、瓦屋根の落下(Photo 54)などである。いずれの被害も軽微なものが多かったが、Googleストリートビューで後日確認したところ、撤去された建物(地点k)もあった。

また、いくつかの被害については、余震前の写真と比較したところ、被害が進行しているものがあった。例えば、余震前には見られなかった漆喰の剥落が生じたり(Photo 56)、新たに外装材の剥離が生じている(Photo 57)。余震前の写真で見られた栗原市役所の建物周りの地盤沈下が進行していた(Photo 58)。



Fig. 7 Map of Tsukidate area in Kurihara city. Numbers in the red circle correspond to Fig. 4.2.2-8 in 後藤 (2011)

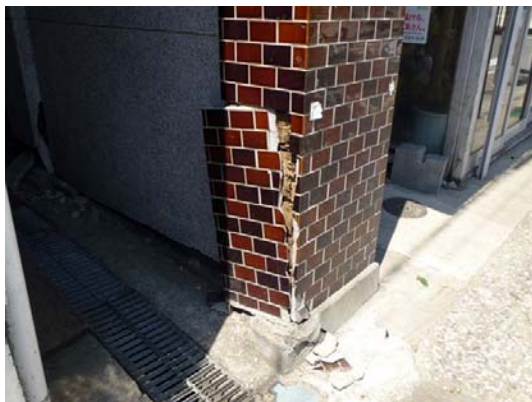


Photo 44 Damage of the exterior panel (site a)



Photo 46 Damage of the plaster wall (site c)



Photo 45 Damage of the exterior panel (site b)



Photo 47 Damage of the foundation (site d)



Photo 48 Damage of the plaster wall (site e)



Photo 52 Damage of the exterior wall (site i)



Photo 49 Damage of the exterior panel (site f)



Photo 53 Damage of the glass window (site j)



Photo 50 Damage of the foundation (site g)



Photo 54 Damage of the exterior panel (site k)



Photo 51 Damage of the concrete block wall (site h)



Photo 55 Damage of the roof tiles (site l)



Photo 56 Comparison of the damage of plaster wall



Photo 57 Comparison of the damage of column



Photo 58 Comparison of the damage of ground pavement

5.1.2 栗原市役所志波姫総合支所

志波姫総合支所では、4月1日の時点でRC柱のひび割れなど、構造躯体に深刻な被害をもたらしていた。余震後に再調査したところ、柱のひび割れが拡大し（Photo 59）、コンクリートの剥離等の被害も増加していた。震度計付近の地面にひび割れが発生していた（Photo 60）。



Photo 59 Comparison of the damage of RC column



Photo 60 Comparison of the damage at the seismometer

5.1.3 栗原市役所若柳総合支所

若柳総合支所では、4月1日の時点でアプローチの盛土部で地盤の沈下によって、支所建物との間に約30cmの段差が生じていた（Photo 61, 62）。余震後に再調査したところ、地盤沈下がより進行し、段差が約40cmに拡大していた。



Photo 61 Comparison of the damage of ground pavement



Photo 62 Comparison of the damage of ground pavement

5.2 墓石転倒率

各墓地における墓石転倒率を求めるため、墓石を

- 1) 竿石の転倒
- 2) 竿石の移動又は、竿石以外の灯籠などの転倒
- 3) 無被害
- 4) 補修跡有、の4カテゴリに分けてカウントした。

5.2.1 大念寺（登米市迫町佐沼）

大念寺は、登米市役所の北側の斜面（登米市迫町佐沼字沼向93）に位置している（Fig. 5）。墓地の墓石被害は、全44基のうち1)3基、2)11基、3)30基であった。余震後の調査でも転倒数はほぼ同様であった。



Photo 63 Damage of the graveyard in Dainen-ji

5.2.2 双林寺（栗原市築館）

双林寺は、築館市街地の南西（栗原市築館薬師台1-1）に位置する（Fig. 7）。双林寺では、参道の側面にある石柱が転倒するなどいくつか被害が見られた。墓石の被害は、調査1では、604基のうち1) 36基、2) 111基、3) 457基、4) 0基であった（Fig. 8）。調査2では、1) 52基、2) 186基、3) 361基、4) 5基となった（Fig. 9）。補修跡のある5基を母数から取り除くと、竿石の転倒率は6%から9%へわずかに上昇する結果となった。ただし、カテゴリ2が大幅に増加していることを考えると、余震で本震以上の地震動を受けた可能性もある。武村（2005）によれば、1967年宮城県北部地震では80-90%の転倒率であった。

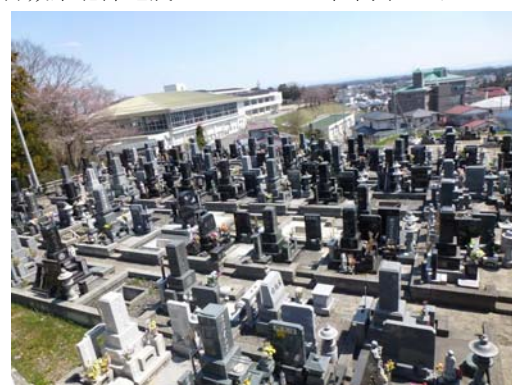


Photo 64 Damage of the graveyard in Sourin-ji

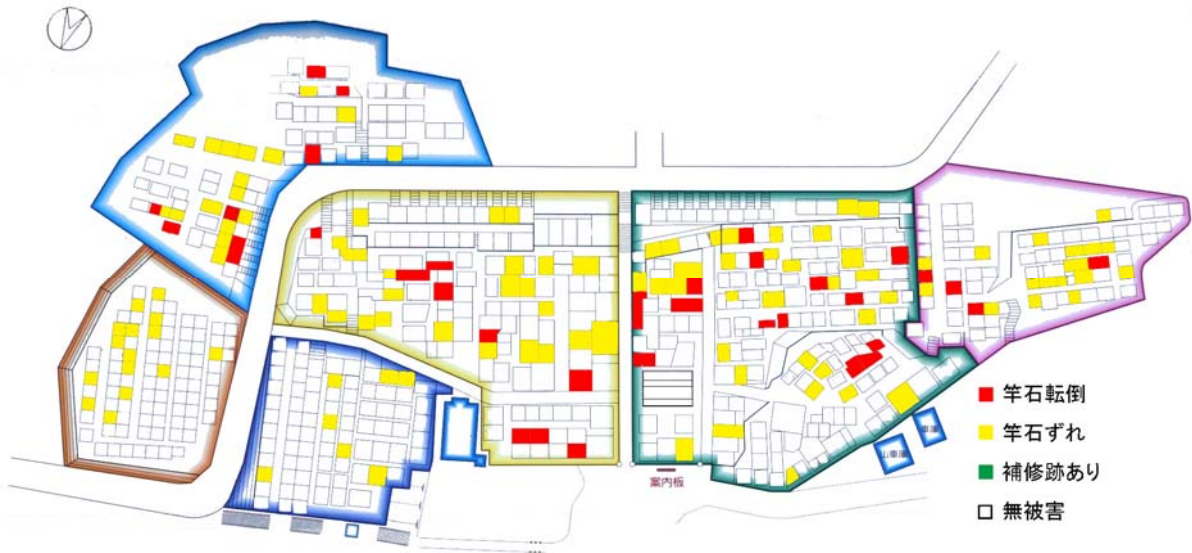


Fig. 8 Distribution of the overturned tombstones in Sorinji on April 2

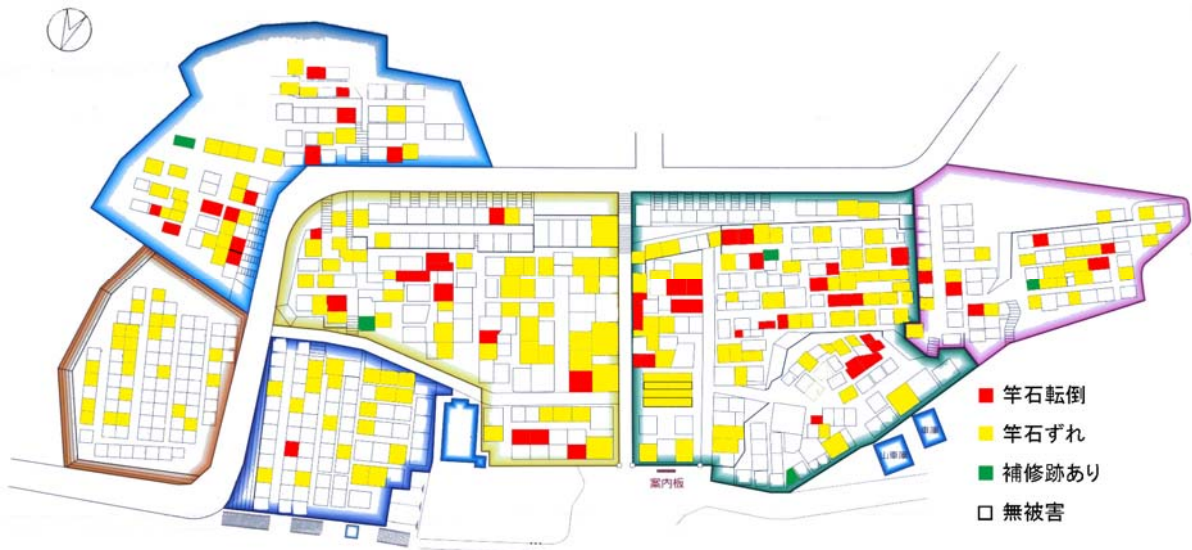


Fig. 9 Distribution of the overturned tombstones in Sorinji temple on April 17

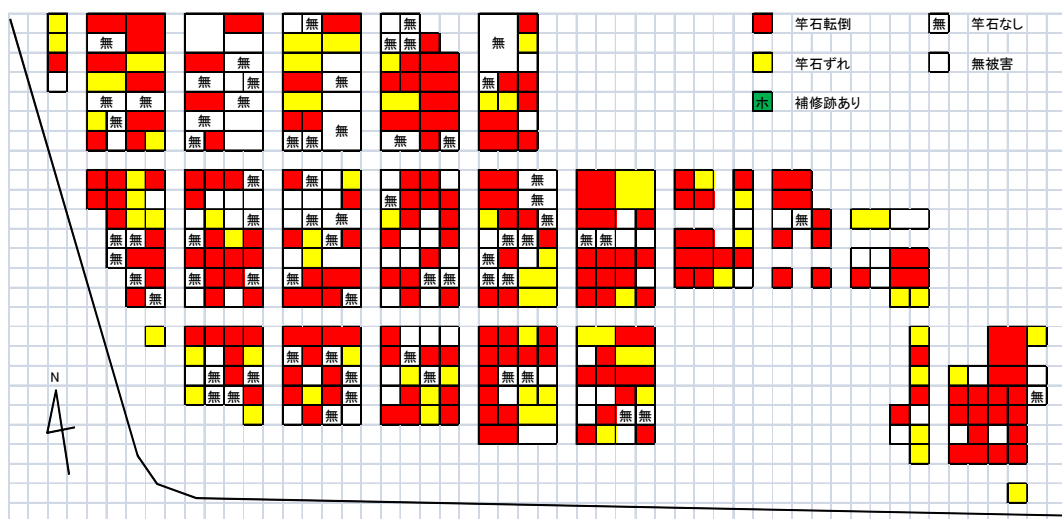


Fig. 10 Distribution of the overturned tombstones in Zuisenji on April 1

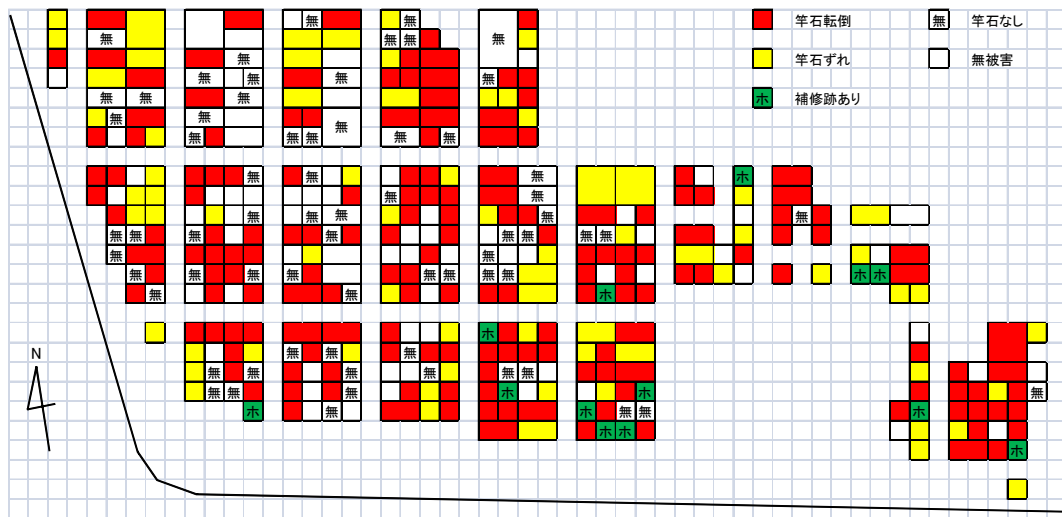


Fig. 11 Distribution of the overturned tombstones in Zuisenji on April 18



Fig. 12 Map of surveyed graveyards

Table 2 List of the surveyed graveyards and tombstone overturned ratios

墓地名	住所	竿石転倒数	竿石転倒率
福現寺墓地	栗原市高清水中町38	48/109	44%
陽山寺墓地	大崎市田尻沼部館浦16	39/274	14%
念仏壇共同墓地	大崎市田尻小塩字切伏山根	39/274	14%
加賀墓地	大崎市田尻大貫四島	52/92	57%
長水寺墓地	大崎市田尻大貫長水寺浦93	11/74	15%
玄松院墓地	遠田郡美里町中塚字十二神117	114/323	35%
平針共葬墓地	遠田郡美里町平針字沢目31	112/157	71%
真禪寺	遠田郡美里町北浦字二又67	107/383	28%

5.2.3 瑞川寺（大崎市古川）

瑞川寺は、気象庁古川観測点の南西およそ200mの地点(大崎市古川三日町2-2-2)に位置する(Fig. 6)。瑞川寺では、山門が傾斜したりお堂が倒壊したり多くの被害が発生した。墓地南側半分の墓石をカウントした結果、調査1では、320基のうち1) 182基、2) 64基、3) 74基、4) 0基であった。調査2では、1) 171基、2) 69基、3) 67基、4) 13基となった。補修跡のある13基を母数から取り除くと、竿石の転倒率は58%から56%へわずかに減少する結果となった。これは、調査2のカウント時に補修跡を見逃したと考えられ、余震によって転倒した竿石はほとんどなかったと考えられる。なお、竿石には心棒のあるものも見られるため、無被害の墓石には耐震化されたものが少なからずあると考えられる。武村(2005)によれば、1967年宮城県北部地震では30%の転倒率であった。



Photo 65 Damage of the building in Zuisen-ji



Photo 66 Damage of the graveyard in Zuisen-ji

5.2.4 その他の墓地

栗原市、大崎市、美里町のその他の墓地で、調査2でカウントした竿石の転倒率をTable 2に示す。墓地の場所はFig. 12に示す。

5.3 社寺の被害

いくつかの社寺を重点的に調査し、4月7日の余震前の被害状況および余震後の被害状況を比較した(Goto and Morikawa, 2012)。なお、Fig.13-17において、正方形のシンボルが灯籠や狛犬などの石造物、長方形のシンボルが手水舎などの木造構造物、それ以外は黒色のシルエットで表示している。赤色の部分は、転倒などの被害が生じたものである。

5.3.1 金毘羅神社(大崎市古川)

金毘羅神社は、大崎市古川中里1丁目5番の区画に位置する(Fig. 6)。調査1では、本堂の柱が傾いて敷石から外れていたり、灯籠が倒壊し、本堂右手前の手水舎が倒壊していた(Fig. 13, Photo 67)。調査2では、被害は補修されており、倒壊した灯籠は再び積み上がっていて、傾いた本堂は添え木で固定されていた(Photo 68)。

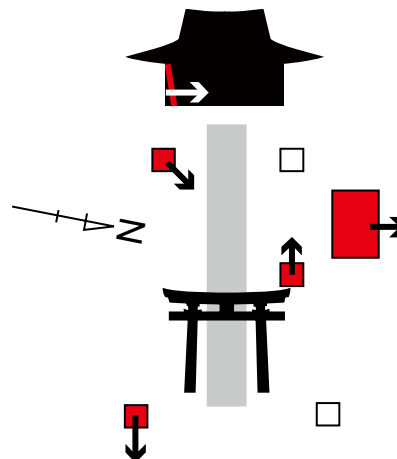


Fig. 13 Damage of Konpira shrine (3/31 and 4/18)



Photo 67 Konpira shrine (before repairing) on 3/31



Photo 68 Konpira shrine (after repairing) on 4/18

5.3.2 金谷不動尊（大崎市古川）

金谷不動尊は、気象庁の古川観測点より1kmほど東側の、大崎市古川十日町1番の区画に位置する (Fig. 6) . 奥谷街道に面しており、西側は緒絶川である。金谷不動尊は調査1でも灯籠が倒れるなどの被害が発生していたが、調査2では倒れた灯籠の数が増加するなど、被害は進行していた (Fig. 14, Photo 69) .



Photo 69 Damage of Kanaya shrine (3/31 and 4/18)

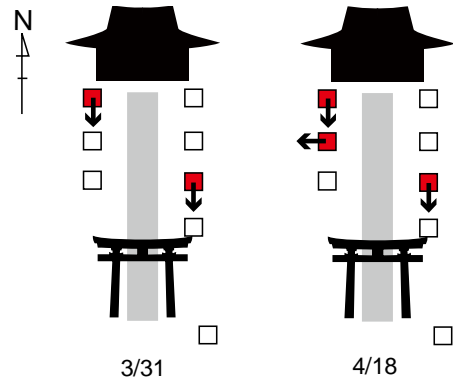


Fig. 14 Damage of Kanaya shrine (3/31 and 4/18)

5.3.3 西宮神社（大崎市古川）

西宮神社は、気象庁古川観測点の南西およそ200mの地点 (大崎市古川金五輪1-4-3) に位置する (Fig. 6) . 西宮神社は、調査1において本堂の柱が敷石から外れるほど傾いていたり、本堂左手前の灯籠も根元から倒れていた (Fig.15, Photo 70) . 調査2でもほぼ同じ被害状況であった。

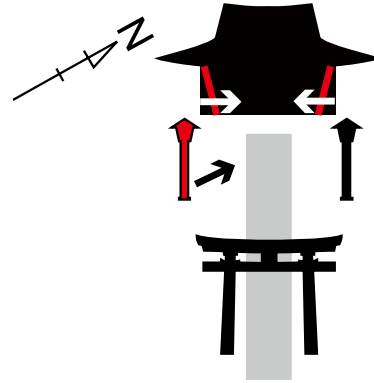


Fig. 15 Damage of Nishinomiya shrine (3/31 and 4/18)



Photo 70 Damage of Nishinomiya shrine on 4/18

5.3.4 津島神社（登米市迫町佐沼）

津島神社は、登米市迫町佐沼の佐沼大通り商店街の南端（登米市迫町佐沼字西佐沼147）に位置する (Fig. 5) . 津島神社では、石灯籠の転倒が見られた (Fig.16, Photo 71) . 調査1と調査2の被害状況はほぼ同じであった。

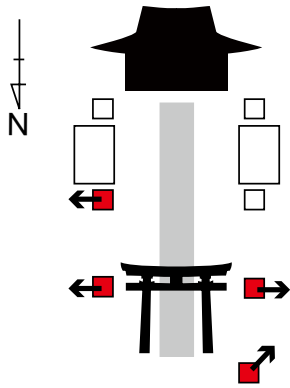


Fig. 16 Damage of Tsushima shrine (4/1 and 4/16)



Photo 71 Damage of Tsushima shrine on 4/16

5.3.5 築館八幡神社（栗原市築館）

築館八幡神社は、築館市街地の南西（登米市迫町佐沼字西佐沼147）に位置する（Fig. 7）。築館八幡神社では、鳥居の基部の部分に損傷し、狛犬が一基転倒していた（Fig.17, Photo 72）。調査1と調査2の被害状況はほぼ同じであった。

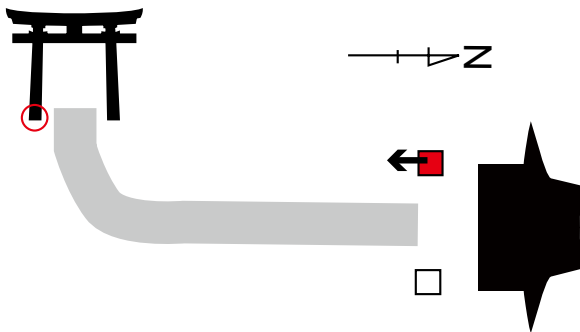


Fig. 17 Damage of Tsukidate-Hachiman shrine (4/2 and 4/17)



Photo 72 Damage of Tsukidate-Hachiman shrine on 4/17

6. まとめ

本研究では、東北地方太平洋沖地震の直後（3月31日～4月2日）と、4月7日の余震の後（4月16日～19日）に行った被害調査を比較し、4月7日の余震（Mj7.2）によってどのような構造物被害が発生したかを定性的にまとめた。得られた結論を以下に示す。

- ・構造物被害に関しては、余震前と余震後の両方の被害状況が写真で得られている栗原市築館、栗原市志波姫、栗原市若柳において、コンクリート柱の劣化や外壁の崩落、地盤変状などの被害が拡大する様子が観察できた。

- ・墓石の転倒率に関しては、栗原市築館の双林寺では余震後に増加、大崎市古川の瑞川寺と登米市迫町佐沼の大念寺ではほとんど変化がなかった。

- ・社寺の被害に関しては、大崎市古川の金谷不動尊で灯籠の転倒被害が増加した。そのほか、大崎市古川、栗原市築館、登米市迫町佐沼でも調査したが被害に変化はなかった。

以上の結果より、大地震の後の余震で、一部の構造物には被害が拡大する様子が観察できた。従って、本震において倒壊を免れた構造物も、余震で被害が累積し倒壊する危険性があるので、十分に注意する必要がある。

最後に、本地震で犠牲となった方々にご冥福をお祈りいたしますとともに、1日でも早い被災地の復旧をお祈り申し上げます。

謝 辞

本稿は、防災科学技術研究所のK-NET、KiK-net、気象庁の強震観測記録を使用しました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

気象庁（2011）：東日本大震災 ～東北地方太平洋

沖地震～ 関連ポータルサイト

<http://www.jma.go.jp/jma/menu/jishin-portal.html>

後藤浩之（2011）：土木学会東日本大震災被害調査団（地震工学委員会）緊急地震被害調査報告書，地震及び地震動の特性

<http://committees.jsce.or.jp/report/node/43>

後藤浩之（2011b）：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震地震動に関する被害調査報告

<http://www.catfish.dpri.kyoto-u.ac.jp/~goto/eq/20110311/0402report.pdf>

武村雅之（2005）：1900年および1962年宮城県北部地震の被害データと震度分布歴史地震，歴史地震(20), pp.201-221

福島康宏・山田真澄・後藤浩之（2012）：臨時余震観測記録を用いた東北地方太平洋沖地震における登米市迫町佐沼の地震動推定，土木学会論文集A1特集号（地震工学論文集），Vol.31，印刷中

Goto, H. and H. Morikawa (2012) : Ground Motion Characteristics during the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Soil and Foundations, submitted

（論文受理日：2013年4月30日）