

東北地方太平洋沖地震とその最大余震を対象とした岩手県奥州市前沢区中心部 における超高密度アンケート震度調査*

岩手大学工学部 山本 英和、齊藤 剛、石沢 隆輝、齊藤 良平、宇部 陽子

1. 緒言

岩手県奥州市では4月7日に発生した平成23年東北地方太平洋沖地震の最大余震で多数の住宅被害が発生した。平成23年9月16日時点の奥州市の被害状況の報告によれば、住宅の全壊被害は奥州市全体で被災した42棟のうち、33棟が前沢区に集中した。大規模半壊は22棟のうち11棟、半壊は239棟のうち131棟が集中している。3月の本震では全壊した住宅は皆無であった。これらの被害の多くは前沢区中心部の五十人町周辺に集中して発生している。図1に前沢区における住宅の被害の状況を示す。

気象庁発表の計測震度は奥州市前沢で本震で震度6弱(5.5)、4月の余震で震度6弱(5.8)と観測され大差ない。本研究では奥州市前沢区中心部で区域ごとの地震時の揺れの差異を空間的に把握すること、および3月の本震時と4月の余震時で区域ごとの震度の面分布の差異を把握することを目的に、奥州市役所市民環境部および教育委員会の協力を得て、住民を対象とした地震の揺れに関する超高密度アンケート調査を実施した。



図1 岩手県奥州市前沢区における4月の余震時の住宅被害状況

2. アンケート震度調査

震度アンケートは太田方式を採用した(太田他, 1979, 1998)。アンケートから推定される震度は住民の個人差の影響を受けることから、多数の回答を平均して当該地域の代表値とすることが多い。そのため地方小都市ではできるだけ多数の世帯を対象とした調査を実施する必要がある。今回は、奥州市教育委員会の協力を得

*A Ultrahigh Density Questionnaire Seismic Intensity Survey in the central area of Maesawa Town of Oshu City, Iwate Prefecture, of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake and the largest aftershock, by Hidekazu YAMAMOTO, Tsuyoshi SAITO, Takaki ISHIZAWA, Ryohei SAITO and Yoko UBE

て児童数 367 名の前沢小学校全世帯および生徒数 347 名の前沢中学校全世帯を対象とした。学校単位の調査では、奥州市教育委員会から 8 月中旬に学校へ調査票を配布し、児童および生徒の家庭に調査を依頼、調査票を配布し、回答後回収した。回収した調査票は学校から教育委員会を通して岩手大学へ郵送した。

学校対象の調査とは別に、行政区の区長の協力を得て、前沢区中心部の約 200 世帯にもアンケートを配布した。行政区単位の調査では、8 月 11 日に区長さんに調査票を配布し、各世帯に調査依頼および調査票を配布していただいた。8 月 21 日以降に区長さんに調査票を回収していただき、奥州市前沢総合支所へ届けていただいた。その後、岩手大学へ調査票を郵送した。

大学へ届いた調査票は今回開発した Web 形式の震度アンケート集計システムを利用して、各調査票ごとに回答項目をパソコンを用いて入力しデータベースを作成した。地震時の揺れを感じた場所は、調査票に回答された住所から Google Map を利用して緯度経度を算出し、回答とともにデータベースに入力した。従来の調査票集計作業では、エディタやエクセルに直接調査票の回答を入力する場合や、回答を OCR シートに記入する場合に数多くの誤記が発生したため点検作業にもかなりの労力を必要とした。また、従来は回答者の住所から緯度経度を算出する作業を別途実施する必要があったため多大な労力を必要とした。今回のシステムは両作業を同時に進行したため、作業効率が格段に向上した。ただし、地震時の住所が番地単位まで詳細に記載されていない調査票は今回の調査では無効とした。

本調査でアンケート 1 枚ごとの震度算定に用いた、太田方式における算定式を以下に示す。

$$I_Q = \frac{\alpha}{N_e} \cdot \sum_i^{N_e} m_i \cdot \beta_i(m) \quad \cdots (1)$$

$$I_{MA} = 2.958 \times (I_Q - 1.456)^{0.547} \quad \cdots (2)$$

ここで、 I_Q はアンケート 1 枚ごとの震度、 α は建物の構造から決定される条件係数の逆数、 N_e は震度に直接関係する質問の有効回答数、 m_i は質問番号 i における回答番号、 $\beta_i(m)$ は m_i に対応する震度係数、 I_{MA} はアンケート震度からの気象庁換算震度である。(1)式はアンケート 1 枚ごとに 1 つの震度 I_Q を得るための式であり、(2)式はアンケート震度 I_Q を気象庁震度に換算するための経験式となっている。この式を用いたプログラムを通してアンケート一枚ごとに震度を算定する。

3. 解析結果

前沢行政区では本震では回収数 180 枚、有効回答数が 140 枚、最大震度 7.02 最小震度 3.86 平均震度 5.53 であった。4 月 7 日の余震では回収数 180 枚、有効回答数 167 枚、最大震度 7.11 最小震度 4.35 平均震度 5.89 であった。前沢小学校では、本震では回収数 274 枚、有効回答数が 214 枚、最大震度 6.90、最小震度 4.07、平均震度 5.72 であった。4 月 7 日の余震では回収数 274 枚、有効回答数 244 枚、最大震度 7.19 最小震度 3.91 平均震度 5.63 であった前沢中学校では、本震では回収数 276 枚、有効回答数が 158 枚、最大震度 7.01 最小震度 3.98 平均震度 5.60 であった。4 月 7 日の余震では回収数 273 枚、有効回答数 175 枚、最大震度 7.00 最小震度 3.56 平均震度 5.49 であった。全体では 3 月の本震で回収数 730 枚、有効回答数 510 枚、最大震度 7.02 最小震度 3.86 平均震度 5.63 標準偏差 0.56、4 月の余震では回収数 727 枚、有効回答数 586 枚、最大震度 7.19 最小震度 3.56 平均震度 5.66 標準偏差 0.64 であった。

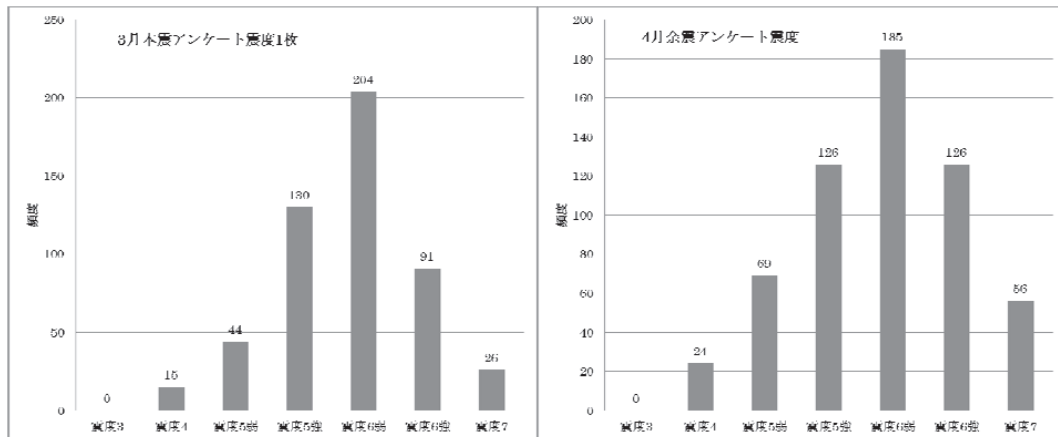


図2

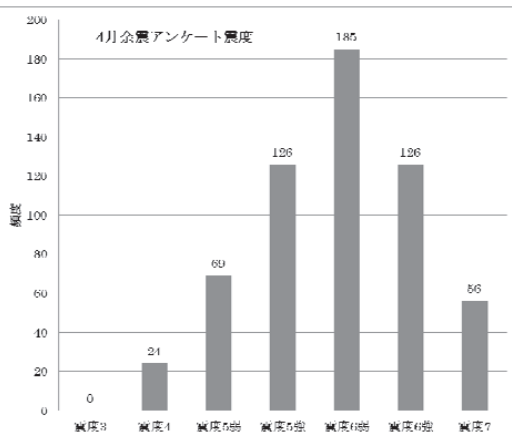


図3

図2 3月の本震時のアンケート震度の頻度分布

図3 4月の余震時のアンケート震度の頻度分布

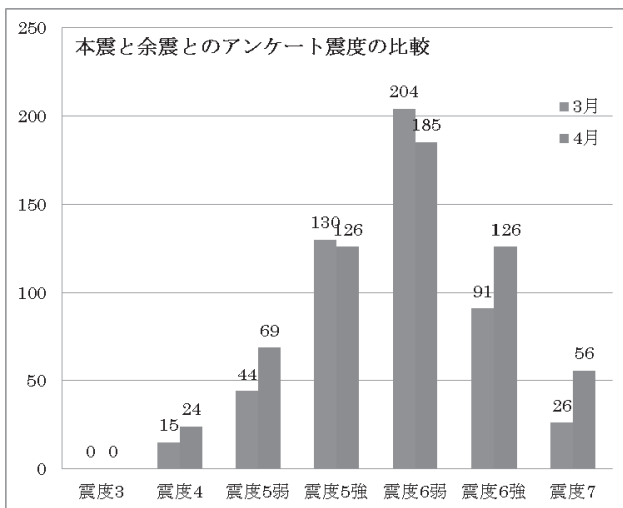


図4 本震と余震とのアンケート震度の比較

図2に3月の本震時の、図3に4月の余震時のアンケート1枚から算定された震度の頻度分布を示す。図4に両者の比較を示す。アンケート震度全体の平均を比較すると、3月の本震と4月の余震では両方とも震度6弱に相当し、ほぼ同一であったことがわかる。また、奥州市前沢の計測震度ともほぼ一致していることがわかる。また、図4に示すように、アンケート震度の頻度分布を調べると、震度7や震度6強の高震度領域で4月の頻度が大きいことが分かった。

ただし、アンケート震度調査では回答者個人の影響を強く受けるため、近接している場所の震度でも大きく異なる場合もある。そのため、ある大きさのメッシュを想定し、メッシュ内の算定震度を平均化してそのメッシュの震度の代表値として、空間的な震度分布を推定することとした。今回はメッシュサイズを東西、南北250mとした。

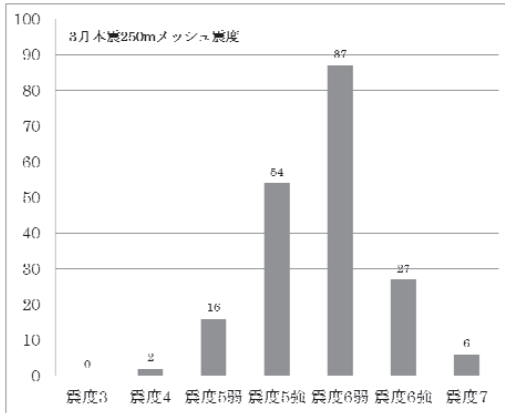


図5

図5 3月の本震の250mメッシュ平均震度の頻度分布

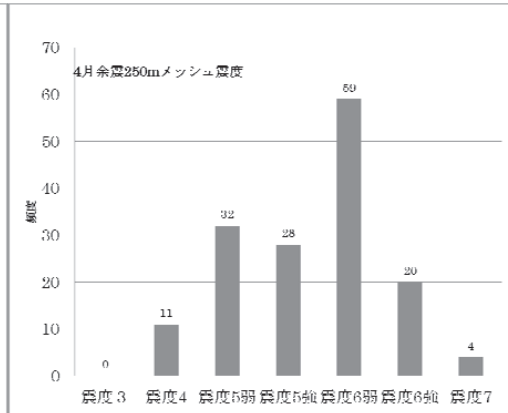


図6

図6 4月の余震の250mメッシュ平均震度の頻度分布

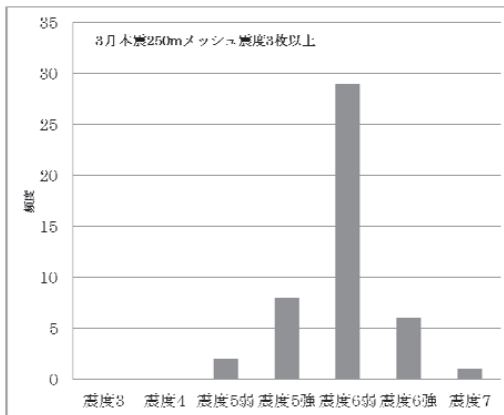


図6

図6 3月の本震の250mメッシュ平均震度の頻度分布（3枚以上）

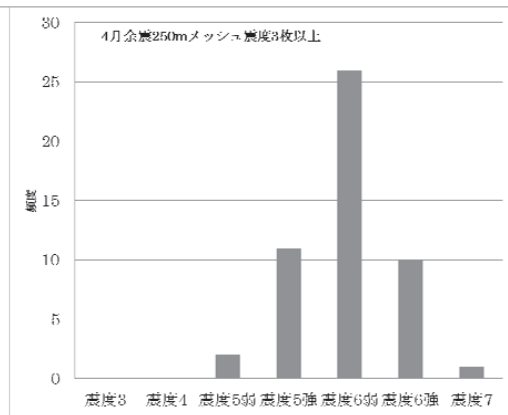


図7

図7 4月の余震の250mメッシュ平均震度の頻度分布（3枚以上）

3月の本震のアンケート震度データに対してメッシュ平均震度を算出した。その結果、算出されたメッシュ数は192、メッシュ震度の最大値は6.84、最小値は4.22、平均値は5.61、標準偏差は0.48となった。4月の余震ではメッシュ数154、最大6.84最小3.56、平均5.42、標準偏差0.62となった。図5に3月の本震時の図6に4月の余震時の250mメッシュ平均震度の頻度分布を示す。分布が広がる原因として、250mメッシュ内に回答が1枚しかない場合も多く、個人差の影響を軽減できていないことが考えられる。そこで、今回はメッシュ内に3枚以上回答がある場合のみ、採用することとした。

250mメッシュで3枚以上回答があったものを有効とした場合、3月の本震では有効なメッシュ数は46、メッシュ震度の最大値は6.56最小値は4.71平均値は5.71標準偏差0.363、4月の余震では有効なメッシュ数は50、最大は6.52最小は4.66平均5.71標準偏差0.397であった。図6に3月の本震時の、図7に4月の余震

時の3枚以上を有効とした250mメッシュ平均震度の頻度分布を示す。両地震とも分布のばらつきが小さくなっていることがわかる。

250mメッシュで平均した震度の頻度分布を3月11日の本震と4月07日の余震で比較すると、震度7では両方とも1メッシュであるが、震度6強では3月で6メッシュ、4月で10メッシュを示しており、高震度領域で4月のほうが震度が大きいことがわかる。これは、3月で住宅の被害が軽微で、4月で多くの被害が発生した事実を裏付けるものと考えられる(図8、図9)。

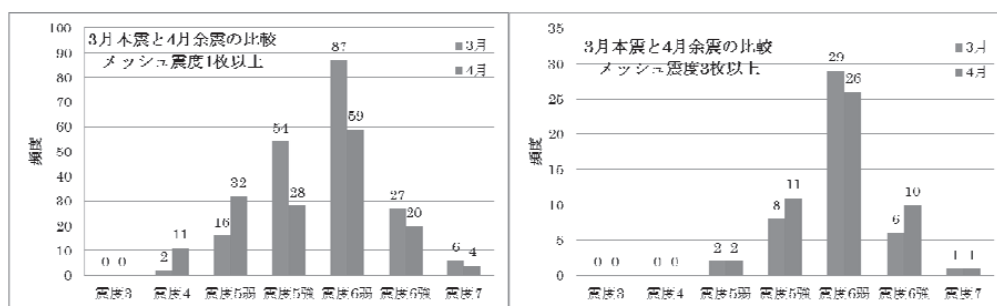


図8

図9

図8 1枚以上回答が存在するメッシュのみ平均した震度の頻度分布

図9 3枚以上回答が存在するメッシュのみ平均した震度の頻度分布

250mメッシュで平均化された震度の空間変化を調べるため震度分布図を作成した。250mメッシュで平均化した震度を、3月の本震時は図10に、4月の余震時は図11に示す。場所によって空間的に狭い範囲でメッシュ平均震度が変化していることがわかる。一部震度7を示すメッシュもあるが、全体的に震度6弱のメッシュがひろく分布することがわかる。図10と図11を比較すると、4月の余震時に住宅の被害が集中した前沢区五十人町周辺で震度6強が分布することがわかり、アンケート震度調査の妥当性が示されたといえる。

現時点で、なぜ余震時に住宅の被害が多数発生したか明確な理由は判明していない。高倉他(2012)によって1点常時微動測定により五十人町の振動特性が他地域と異なる結果が報告されているが、今後、被災地域での浅部の地盤探査などの調査の実施により、今回の詳細震度分布との比較検討が必要と考えられる。

4. まとめ

今回のアンケート調査では、奥州市前沢区の震度計設置位置での250mメッシュで平均化した震度は、3月の本震で5.5、4月の余震で5.5であった。気象庁が発表した奥州市前沢の震度は3月の本震で5.5、4月の余震で5.8とどちらも震度6弱であり、両者はほぼ一致した。250mメッシュで平均化した震度の空間分布を3月の地震と4月の地震で比べると、震度7は両方とも1メッシュずつあるが震度6強は3月の地震では6メッシュ、4月では10メッシュであり、高震度領域で4月の地震のほうが震度が大きいことがわかる。さらに、住宅被害が多かった前沢区五十人町では、3月の本震では震度5強と震度6弱が分布しているのに対し、4月の余震では震度6弱と6強が分布している。そしてその大半を震度6強が占めていることがわかった。



図 10

図 10 3月の本震時の250mメッシュ震度分布



図 11

図 11 4月の予震時の250mメッシュ震度分布

謝辞

奥州市教育委員会および奥州市前沢総合支所長阿部正勝様には行政区のアンケート調査の便宜を図っていただきました。前沢小学校前沢中学校のご父兄の皆様および前沢行政区の区長他住民の皆様にはアンケート震度調査に協力していただきました。記してここに謝意を表します。

東日本大震災において被災に遭われた方々につきましては、心よりお見舞い申し上げます。

参考文献

気象庁：平成23年3月地震・火山月報（防災編）。

太田裕、後藤典俊、大橋ひとみ(1979)：アンケートによる地震時の震度の推定，北海道大学工学研究報告，92，pp. 117-128。

太田裕・小山真紀・中川康一(1998)：アンケート震度算法の改訂-高震度領域-，自然災害科学，16，pp. 307-324。

高倉恵、山本英和、齊藤剛（2012）：東北地域災害科学研究，第48巻、掲載予定。