

2011年長野県北部の地震における学術研究と自治体の木造建物被害調査の比較分析

COMPARISONS OF RESEARCH AND LOCAL GOVERNMENT SURVEYS OF DAMAGE FOR THE 2011 NORTHERN NAGANO EARTHQUAKE

山田真澄 — *1 羽田浩二 — *2
山田雅行 — *3 藤野義範 — *4
福田由惟 — *2

Masumi YAMADA Koji HADA
Masayuki YAMADA Yoshinori FUJINO
Yui FUKUDA

キーワード：
2011年長野県北部の地震、建物被害調査、住家被害認定調査、地方自治体、建物被害評価、木造住家被害率

Keywords:
2011 Northern Nagano earthquake, Building damage survey, Official damage survey, Local government, Building damage evaluation, Damage ratio of wooden houses

We conducted a damage survey of wooden houses in Sakae village, Nagano prefecture, and Tsunan town in Niigata prefecture for the 2011 Northern Nagano earthquake. Percentages of totally-collapsed and partially-collapsed buildings in local districts are computed based on the observations. Using different criteria, local governments also conducted damage surveys for purposes of emergency response and recovery plans. We compared results from both types of surveys, and found that the damage percentages in each district were consistent. This indicates that the results of damage surveys conducted by local governments may be used as a complement to surveys carried out for research purposes.

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震以降、多くの被害地震が発生し、日本建築学会を中心に様々な組織によって家屋被害調査が行われてきた^{例えば、1)-4)}。学会や研究者主導の調査とは別に、自治体においても罹災証明の発行や税制の手続き、被害の実態把握などのために被害認定調査が行われている。内閣府は2001年に災害に係る住家の被害認定基準を定め、自治体の被害調査はこの認定基準に基づいて行われるようになった⁵⁾。2009年には運用指針の改定が行われている⁶⁾。

学会や研究者の行う被害調査は、主に岡田・高井の木造建物破壊パターン分類⁷⁾に基づいて行われることが多い^{例えば、1)-4)、7)、8)}。この分類は、外観からの被害しか判定できないが、簡便で基準を共有しやすいため、短時間で多くの建物を判定する被害調査には良く使われている。

学術研究のための建物被害調査と自治体の被害認定調査の比較分析は、論文として取りまとめられたものはそれほど多くない。最も系統的に行われたのは1995年兵庫県南部地震の際の村尾・山崎の研究⁹⁾である。しかしながら、2001年に住家の被害認定基準が定められたことによって、自治体の判定結果は大きく変わったことが予想され、研究者の行った被害調査結果と自治体の行った被害認定調査結果を比較することは、自治体の調査結果を学術研究に利用する上でも非常に重要である。

本研究では、2011年長野県北部の地震の震源域を調査の対象とする。2011年長野県北部の地震は、2011年3月12日午前3時59分に発生した。震源の深さは8km、気象庁マグニチュードは6.7、最大震度は長野県栄村において6強を観測している¹⁰⁾。長野県と新潟県をあわせて、住宅63棟が全壊、426棟が半壊した^{11)、12)}。この地

震は、東北地方太平洋沖地震の翌日という時期に発生したため、マスコミ等の注目度も低かった。しかしながら、本地震は近年頻繁に被害をもたらしているマグニチュード7クラスの内陸直下型地震であり、今後の地震防災を考える上で看過できないイベントである。

我々は、長野県栄村および新潟県津南町において建物の悉皆調査を行い、地区ごとの被害率を算出した。また、木造家屋の被害について自治体の行った被害認定調査結果と比較して、判定基準の違いがもたらす被害率の相違について検討した。その結果に基づき、住家の被害認定基準と岡田・高井の木造建物破壊パターン分類との対応について考察する。

2. これまでの自治体による被害認定調査

住家の被害認定基準については、1968年に初めて総理府の「災害の被害認定基準の統一について」により統一が図られ、全壊・半壊の定義が示された。しかしながら、建築様式の多様化、および1995年兵庫県南部地震の複雑な住家被害を受けて、被害認定基準と現状のギャップが明らかになった。村尾・山崎は、1995年兵庫県南部地震での自治体による被害認定調査の比較検討を行い、統一した評価基準の重要性を主張している¹³⁾。また、堀江らは、兵庫県南部地震の木造建物被害を分析し、効率よく精度の良い被害認定手法について提案している¹⁴⁾。彼らの意見に基づいて、内閣府は2001年に災害に係る住家の被害認定基準を定め、自治体の被害調査はこの認定基準に基づいて行われるようになった⁵⁾。新基準では構造種別ごとに異なる被害判定基準が示され、調査も第1次と第2次に分けて詳細に行うことが定められた。異なる調査員が調査しても結果にできるだけばらつきがないように、住家の各部材ごとに具体的な被害基

*1 京都大学防災研究所 助教・Ph.D.
(〒611-0011 宇治市五ヶ庄京都大学防災研究所)

*2 株式会社ニュージェック 修士(工学)

*3 株式会社ニュージェック 博士(工学)

*4 株式会社ニュージェック

*1 Assistant Professor, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ., Ph.D.

*2 NEWJEC Inc., M. Eng.

*3 NEWJEC Inc., Dr. Eng.

*4 NEWJEC Inc.

準が定められた。2009年には運用指針の改定が行われている⁹⁾。

自治体の被害認定調査と学術研究のための建物被害調査については、1995年兵庫県南部地震の際に数多くの比較検討が行われている。例えば村尾・山崎⁹⁾は、学会が中心となった震災復興都市づくり特別委員会の調査結果と自治体の家屋被害調査の結果を比較し、「一般に、税の減免を目的とした各自治体による調査は、学術的貢献を目的として実施された震特委員会の被害判定基準よりも緩くなっている⁹⁾と報告している。その後も2000年鳥取県西部地震、2004年中越地震、2007年能登半島地震など、数多くの被害地震が発生し、その都度自治体の被害認定調査および、研究者による被害調査が行われてきた。表1は、住宅の大部分を占める木造建物の被害に関してまとめられた論文の一覧を示している。個々の調査結果については数々の論文が発表されているが、2000年以降両者の比較についての論文はほとんど見当たらない。住家の被害認定基準が定められたことによって、自治体の判定結果は大きく変わったことが予想され、学術研究のための建物被害調査との相関関係を明らかにすることは、自治体の調査結果を学術研究に利用する上で非常に重要である。

表1 自治体および学術研究のための木造建物の被害認定調査に関する既往文献（日本建築学会の報告書を除く）

	1995神戸	2000鳥取	2004中越	2007能登	2007中越沖	2011長野
自治体	村尾・山崎(1999) ¹³⁾ 堀江ら(2000) ¹⁴⁾ 村尾・山崎(2000) ¹⁵⁾	堀江ら(2001) ²⁰⁾ 北原ら(2002) ²¹⁾	堀江ら(2005) ²²⁾ 重川ら(2005) ²³⁾	-	-	-
学術研究	建設省建築研究所(1996) ¹⁶⁾ 他多数	北原ら(2002) ²¹⁾	境ら(2006) ⁷⁾	新井ら(2007) ⁸⁾	-	山田ら(2012) ²⁴⁾
自治体と学術研究の比較	山口・山崎(1999) ¹⁷⁾ 高井ら(2000) ¹⁸⁾ 宮腰ら(2000) ¹⁹⁾ 村尾・山崎(2002) ⁹⁾	-	-	-	-	本研究

3. 2011年長野県北部の地震の木造建物被害調査結果の比較

3.1 木造建物被害の悉皆調査

3.1.1 調査の概要

木造建物の悉皆調査は地震発生後約3カ月経過した6月6日～9日に行った。調査範囲は、長野県栄村の北東部（森、青倉、横倉、小滝、月岡、箕作、雪坪の7地区）と新潟県津南町の北西部（羽倉、寺石、逆巻、亀岡、子種の5地区）の東西5km、南北3kmの領域である。対象とした地区の位置を図1に示す。

建物の調査は2名ずつ3チームに分かれ、地区内のすべての建物の被害度判定を目視で行った。木造建物の被害度判定は、岡田・高井の木造建物破壊パターン⁶⁾に基づき、D0～D5で外観から被害度を判定し、住宅地図に記録した。なお、調査時期が被災後かなり経過していたこともあり、一部の建物ではすでに修復されていた。このような建物についても、修復された部材（構造材・非構造材、等）から、地震直後の被害をできる限り推定して被害度を判定した。目視で修復が確認されたのは全家屋の約11%であり、判定に多少の誤差を含んでも大勢には大きく影響しないと考える。また、撤去されて確認できない建物については、D9という独自のカテゴリーに

分類し、修復が不可能なほど被害を受けたと考えられることから、D4以上の被害として扱った。D4以上の被害と判定した木造住家は53棟であり、そのうち13棟が撤去済みであった。調査した建物総数は880棟で、そのうち木造建物は797棟であり、木造かつ住家として利用されているものは459棟であった。本研究では、この459棟を分析の対象とした。

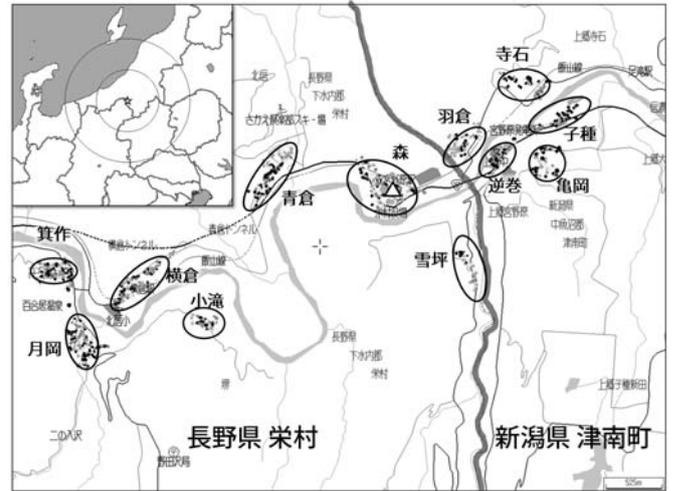


図1 長野県北部の地震震源近傍の全体図（左上）と調査地区の拡大図。三角印は強震観測点

3.1.2 調査地域の木造建物の概要

調査した長野県北端部・新潟県南端部は冬季の積雪が非常に多い地域である。1年間で最大の積雪深は平均2m～3mにも上り、積雪によって家屋が倒壊することもある²⁰⁾。2012年1月29日には、地震によって被害を受けた中条橋が積雪により崩落した²⁷⁾。調査地域は、山地の間を千曲川（信濃川）が蛇行し、その兩岸の河岸段丘に集落が存在する。主な産業は農業・林業であるが、過疎化が著しく²⁸⁾、建築年代の古い家屋が多い。

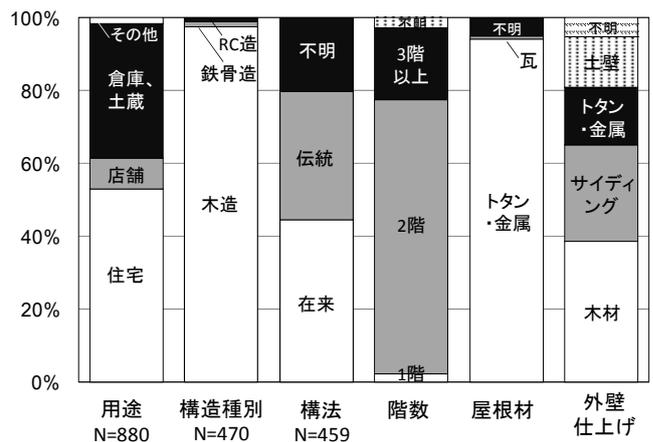


図2 調査地域の住家の構造的特徴。構法、階数、屋根材、外壁仕上げは木造住家のみ対象にしている。外壁仕上げは複数選択

調査した住家の構造的特徴を図2に示す。全調査建物のうち、住家として利用されている建物の構造種別と、木造住家のみを対象として構法、階数、屋根材、外壁仕上げを目視により判断した。構造種別は木造が多く、住家の98%を占める。さらにそのうち44%が在来構法であり、35%が伝統構法である。この地域の住家の特徴の一つは中門造りが多いことである(写真1参照)²⁸⁾。中門造りとは、母屋から中門と呼ばれる部分が棟をかえて突出するL字型の住家であり、冬季の除雪などを考慮してなるべく棟を寄せる工夫の表れと言われている²⁸⁾。母屋の周りに、土蔵や納屋などの独立した建物が複数あることが多い。



写真1 中門造りの住家の例

屋根材は、積雪が多いために瓦屋根はほとんど見当たらず、トタン屋根など金属素材の軽量なものが94%を占める。外壁仕上げは木材が38%、サイディングが26%、トタン・金属が15%であった。外壁仕上げは1階と2階で異なる素材を使っている場合もあり、複数選択を許容している。積雪に強く、耐久性の良い素材で外壁全体を囲んでいる事が多い。

表2 各地区の木造住家の被害率と母数

No	町村名	地区名	住家被害率(%)		母数 (N=459)
			D4以上	D3以上	
1	栄村	森	6	19	72
2	栄村	青倉	33	47	64
3	栄村	横倉	31	63	35
4	栄村	小滝	22	50	18
5	栄村	月岡	13	46	54
6	栄村	箕作	4	16	55
7	栄村	雪坪	0	13	16
8	津南町	羽倉	3	15	39
9	津南町	寺石	4	26	27
10	津南町	逆巻	0	0	35
11	津南町	子種	0	17	18
12	津南町	亀岡	8	15	26

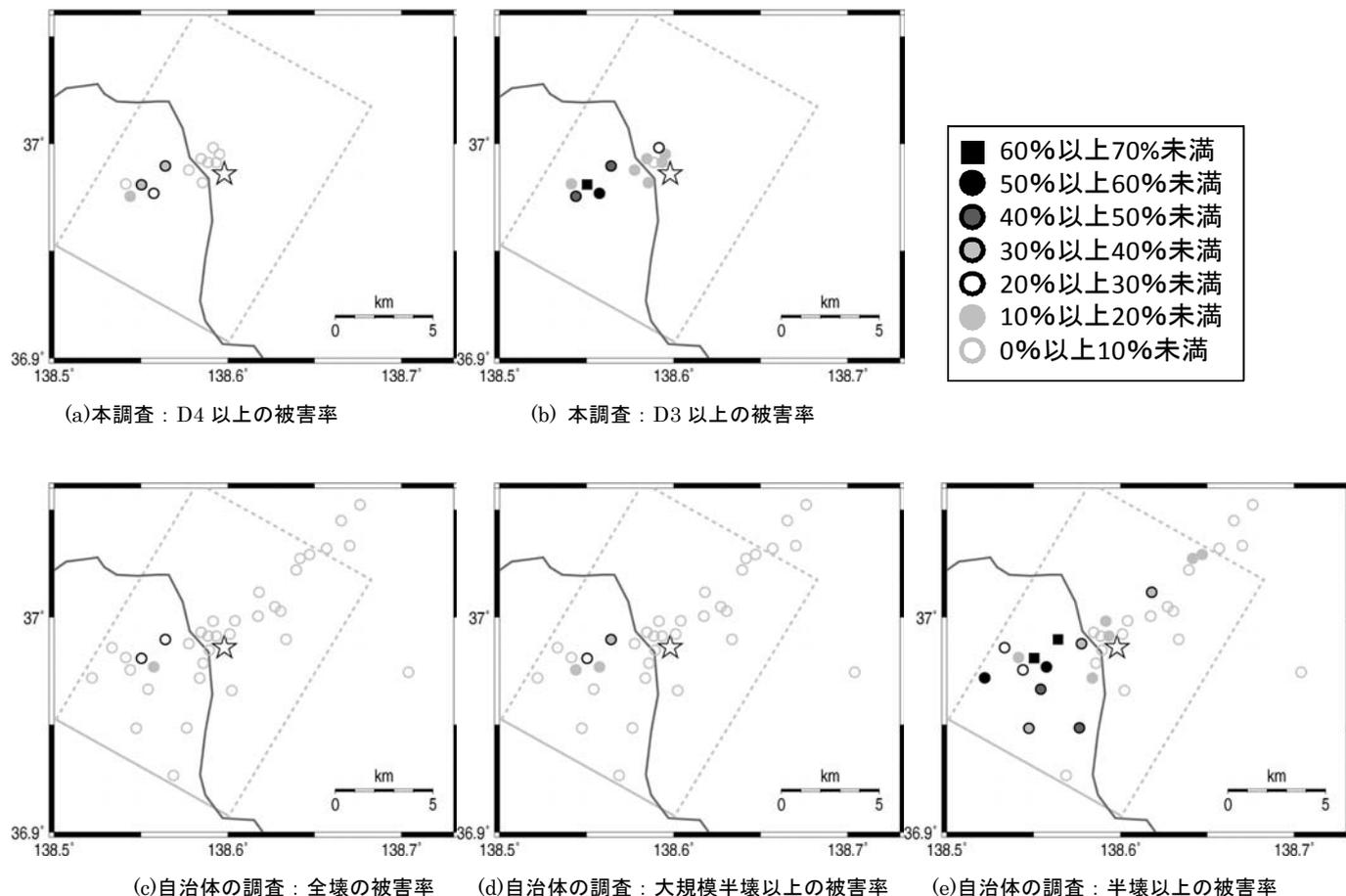


図3 我々の調査と自治体の調査による木造家屋の被害率。星印は震源、点線四角は余震分布から推定された断層面を示す

3.1.3 木造住家の被害率

建物悉皆調査の結果に基づいて、地区ごとの被害率を算出した。構造が木造でかつ住家として利用されている建物を対象として、D4以上の被害を受けた建物の割合、およびD3以上の被害を受けた建物の割合を算出した。各地区の被害率を図3(a), (b), および表2に示す。栄村の青倉・横倉地区でD4以上の被害率が高く30-40%にも上がるが、観測記録のある森地区では10%弱であった。青倉・横倉地区では地震動が森地区の観測記録より大きいと推定している研究結果もあり、震度6強以上の地震動を受けた可能性がある²⁴⁾。

3.2 自治体の行った建物被害認定調査

長野県栄村と新潟県津南町では、被災者生活再建支援法に基づいて、被害の詳細な把握のために建物被害認定調査を行っている。調査の方法や結果は各自治体へのヒアリング等によって把握した。

長野県栄村では、3人1チームとして調査を2回に分けて行っている。第1次は4月4日から18日まで10チームで担当し、第2次は4月25日から28日まで4チームで担当した。その後も小規模ではあるが随時調査を行った。調査員は、栄村役場や周辺市町村の税務課職員、栄村役場のその他の課の職員、建築士である。調査の判定基準は内閣府の災害に係る住家の被害認定基準を使用した。

新潟県津南町の被害調査は、4月18日から5月13日にかけて行われた。3人1チームとして、多い日は最大6チーム編成した。調査を担当したのは、津南町役場の税務町民課の税務班、津南町役場のその他の課で税務の経験者、新潟県の税務関係の職員、建築士である。津南町でも、内閣府の災害に係る住家の被害認定基準を使用して判定を行った。

それぞれの自治体の調査結果について、全壊、大規模半壊、半壊と認定された家屋の数を地区ごとに計算した。自治体からは、被害家屋の情報しか提供されなかったため、各地区の家屋の総数は、ゼンリンの電子住宅地図デジタウン^{29), 30)}を使用して、家屋と推定される建物の数を数え、被害率を算出した。家屋の母数が15未満の地区は対象外とした。各地区の全壊、大規模半壊以上、半壊以上の被害率を図3(c)-(e)に示す。自治体の被害認定調査はすべての地域で行われているが、特に全壊被害の多い地区は本調査と同様、青倉・横倉地区であった。津南町は栄村と比較して全体的に被害率は低い。このような被害率の違いは、建物の種類や構造の違いによる影響とともに、断層からの距離、震源の特性、地盤条件などに起因する地震動の違いによる影響を受けたものと推測される^{24) 25)}。

3.3 家屋被害調査結果の比較

本節では、我々の行った家屋被害調査結果と自治体の行った家屋被害調査の比較検討を行う。自治体が調査の判定基準としている内閣府の災害に係る住家の被害認定基準は、それぞれの構造、非構造部材の被害の割合を詳細に分類して判定している。一方で、我々が使用した岡田・高井の木造建物破壊パターン分類は、構造の被害に着目して外観のみで判定するため、判定の結果がある程度異なることはやむを得ない。しかしながら、限られた時間及び人員で行う学術目的の被害調査では、被害の全容を把握することは容易ではないため、自治体の調査結果を補助的に利用することができれば有効であるとする。

図3において地区ごとの被害率を比較すると、大規模半壊以上の被害率は、我々の調査結果のD4以上の被害率と分布が近く、半壊以上の被害率はD3以上の被害率と分布が似ていることが分かる。共通に調査されている10地区について、それぞれの被害率の関係を図4(a), (b)に示す。相関係数は、大規模半壊以上とD4以上の被害率が0.97、半壊以上の被害率とD3以上の被害率が0.89であり、概ね良い対応を示している。

両者の判定基準を詳細に比較するため、自治体の調査結果をゼンリン住宅地図上にプロットし、本調査建物と対応させて、1棟ずつ対応関係を調べた。結果を図5(a), (b)に示す。この検討においては、著者らが未調査であったり、ゼンリン住宅地図上での住所が見つからなかったりして、対応関係がはっきりしなかった建物については対象から外している。また、栄村の一部損壊判定の建物については、データを手に入らなかったために検討していない。自治体の被害調査において大規模半壊と判定されている建物は、概ねD3~D4、全壊と判定されている建物はD4以上に対応していることが分かる。半壊はD2~D3と対応が良いようである。しかしながら、一部損壊や半壊といった比較的軽微な被害については、判定基準が一致しないためにばらつきが大きくなっている。津南町の被害は半壊以上の母数が少ないために有効な結論は述べられないが、限られたデータを見る範囲では栄村の傾向と矛盾しない。自治体の被害調査は非構造材も含めた各部材の被害を点数化することによって総合的に判断しているが、岡田・高井の木造建物破壊パターン分類では構造材の被害に重点を置いていることがばらつきの主因と考えられる。

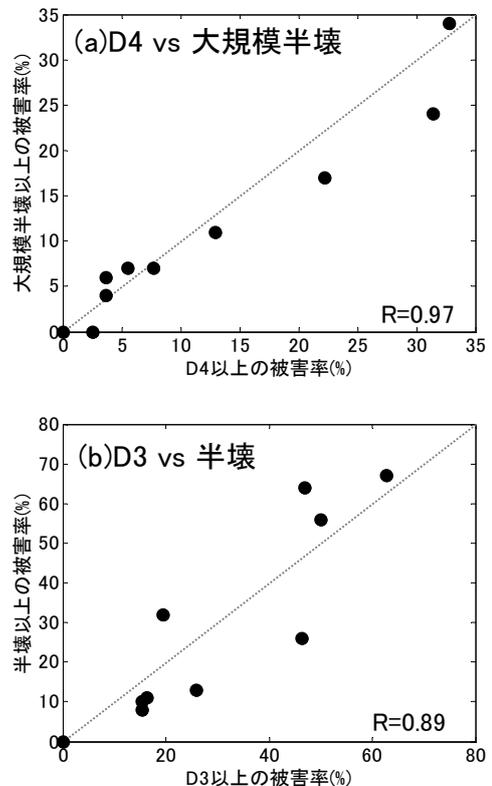


図4 自治体の被害調査と本被害調査結果において地区ごとの被害率の比較。右下は相関係数

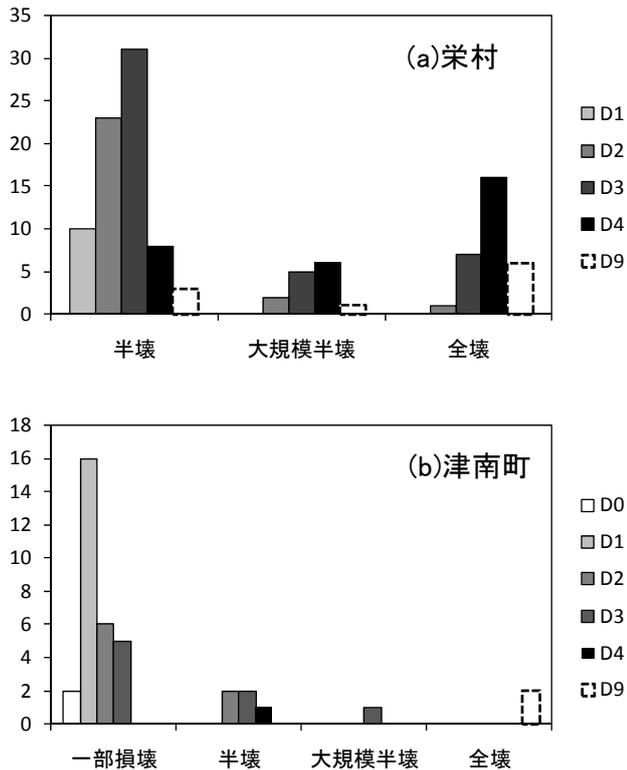


図 5 自治体の被害調査と本被害調査結果において、各棟ごとの被害判定の比較。横軸は自治体の被害判定、縦軸はサンプル数

表 3 我々の調査結果（縦）と自治体の被害認定調査結果（横）の判別マトリクス（単位はサンプル数）

	半壊	大規模半壊	全壊
D0	0	0	0
D1	10	0	0
D2	25	2	1
D3	33	6	7
D4	9	6	16
D5	0	0	0
D9	3	1	8

4. 自治体の被害認定調査結果の学術研究への利用

自治体の被害認定調査結果を学術研究に利用するため、2011年長野県北部の地震を例として、自治体の被害認定調査の結果から我々の調査結果を再現することを試みる。津南町の被害建物数が非常に少ないことから、ここでは栄村と津南町の被害を合わせて考察する。共通して調査を行った建物について、我々の調査結果（D0～D5, D9）と、自治体の被害認定調査結果（半壊、大規模半壊、全壊）の判別マトリクスは、表3のようになる。大規模半壊と判定されている建物の80%がD3～D4、全壊と判定されている建物の75%がD4以上に対応している。この表から、D4以上の被害を受けた建物数は、自治体の被害認定調査のそれぞれの区分に占めるD4以上の建物の割合を利用して、以下のように表現できる。

$$D4 \text{ 以上} = \text{半壊} \times 0.15 + \text{大規模半壊} \times 0.47 + \text{全壊} \times 0.75 \quad (1)$$

同様に、D3以上の被害を受けた建物数は、

$$D3 \text{ 以上} = D4 \text{ 以上} + \text{半壊} \times 0.41 + \text{大規模半壊} \times 0.4 + \text{全壊} \times 0.22 \quad (2)$$

これらの関係式を利用して、各地区のD3以上、D4以上の被害率を自治体の調査結果から推定し、我々の調査結果と比較した。結果を図6に示す。観測値に対する標準偏差は、D4以上の被害率が3.1%、D3以上の被害率が9.2%であり、概ね学術研究の調査結果を再現できていることが分かる。D3以上の被害率では、推定値が全体的に小さくなる傾向が見られる。これは、一部破損以下の判定や判断対象の違いが大きな要因と考えられる。特に、月岡地区は、我々の調査でD3判定が18棟あるが、その多くで自治体が一部損壊以下の判定（未判定の可能性もある）をしているため、D3以上の被害率を大きく過小評価する結果になっている。そのほか、対象建物の総数、調査時期の違い、地盤変状の取り扱いによる影響も考えられる。

一方、D4以上の被害率では、高い相関が見られる。これは、構造材の被害が中心であれば自治体の認定基準と我々の判定基準に大きな差異はないことを示している。岡田・高井の木造建物破壊パターン分類には、非構造材の被害は詳細には定められていないことから、非構造材の被害が中心となる軽微な被害では判定結果の違いが大きくなる傾向にある。

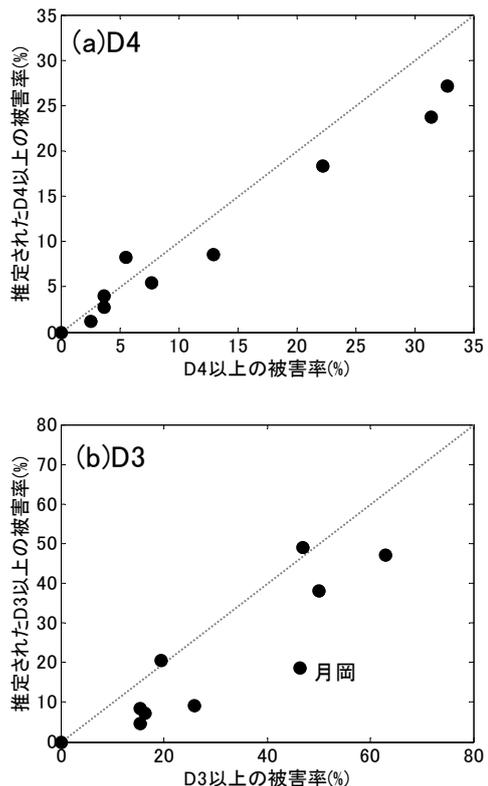


図 6 各地区の被害率の比較。横軸が本調査の被害率、縦軸が自治体調査から推定した被害率

5. まとめ

本稿では、2011年長野県北部の地震を対象として震源域で木造建物の悉皆調査を実施し、自治体の被害認定調査の結果と比較検討した。得られた結論を以下に示す。

・特に深刻な構造被害の多い地区は、どちらの調査でも、青倉・横倉地区であり、我々の調査でD4以上の被害率は30%強である。自治体の調査結果によると、津南町は栄村と比較して全体的に被害率が低かった。

・個々の建物の判定結果について、自治体の被害認定調査において大規模半壊と判定されている建物は、概ねD3～D4、全壊と判定されている建物はD4以上に対応していた。しかしながら、一部損壊や半壊といった比較的軽微な被害については、判定基準の違いの影響が大きく、ばらつきが大きくなった。

・自治体の被害認定調査結果（半壊、大規模半壊、全壊建物の割合）から、D3以上、D4以上の被害率を推定する関係式を提案した。長野県北部の地震におけるD4以上の被害率は、半壊 $\times 0.15$ +大規模半壊 $\times 0.47$ +全壊 $\times 0.75$ 、D3以上の被害率は、D4以上+半壊 $\times 0.41$ +大規模半壊 $\times 0.4$ +全壊 $\times 0.22$ と表現することによって、学術研究の調査結果と対応づけられる。

・全壊建物など構造材の被害が中心であれば自治体の認定基準と我々の判定基準に大きな差異はないが、非構造材の被害が中心となる軽微な被害では判定結果の違いが大きくなる傾向にある。

学術目的の被害調査は、限られた時間及び人員で行うため被害の全容を把握することは容易ではない。自治体の調査結果を用いても、学術的な調査結果と類似した被害率情報を得られることを本研究は示しており、その結果を利用することも1つの選択肢である。自治体の調査結果を用いて広く建物被害に関する研究が進められることによって、住民の防災や自治体の災害対応等に役立つ情報を提供できる可能性が期待できる。本研究の成果は、2011年長野県北部の地震の調査結果に基づくものであり、他の地震被害や自治体に共通するかどうか、今後さらに検討を進める必要がある。

謝辞

現地調査には、香川敏幸氏、元京都大学防災研究所のChristine Smyth氏にご協力いただきました。長野県栄村役場、新潟県津南町役場には、被災直後のお忙しい中、私たちの調査を受け入れていただきました。また、貴重なデータも提供していただきました。一部の図の作成にはGMT(Generic Mapping Tools)ソフトウェア³¹⁾を使用させていただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 阪神・淡路大震災調査報告 建築編(4),日本建築学会,1999
- 2) 2004年10月23日新潟県中越地震災害調査報告,日本建築学会,2006
- 3) 2007年能登半島地震災害調査報告・2007年新潟県中越沖地震災害調査報告,日本建築学会,2010
- 4) 2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報,日本建築学会,2011
- 5) 内閣府: 災害に係る住家の被害認定,<http://www.bousai.go.jp/hou/unyou.html>
- 6) 岡田成幸, 高井伸雄: 地震被害調査のための建物分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文報告集, No.524, pp.65-72, 1999.10
- 7) 境有紀, 中村友紀子, 大月俊典, 小杉慎司: 2004年新潟県中越地震で発生した地震動と建物被害の対応性, 日本建築学会構造系論文集, No. 601, pp.69-73, 2006.3
- 8) 新井洋, 森井雄史, 山田真澄, 清水秀丸, 林康裕: 2007年能登半島地震の震源域における最大地動速度の評価と木造住宅被害の要因分析, 日本建築学会構造系論文集, No.624, pp.227-234, 2008.2

- 9) 村尾修, 山崎文雄: 震災復興都市づくり特別委員会調査データに構造・建築年を付加した兵庫県南部地震の建物被害関数, 日本建築学会構造系論文集, No.555, pp.185-192, 2002.5
- 10) 気象庁: 平成23年3月地震・火山月報(防災編), <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/monthly201103/201103index.html>
- 11) 長野県: 長野県北部の地震による県内への影響について <http://www.pref.nagano.jp/kikikan/bosai/happyou/20111222.pdf>
- 12) 新潟県: 「平成23年3月12日03時59分頃の新潟県北部の地震」の被害状況について(速報第25報) http://www.pref.niigata.lg.jp/HTML_Article/145/583/25houdousiryou201112280900.0.pdf
- 13) 村尾修, 山崎文雄: 兵庫県南部地震における建物被害の自治体による調査法の比較検討, 日本建築学会構造系論文集, No.515, pp.187-194, 1999.1
- 14) 堀江啓, 牧紀男, 重川希志依, 田中聡, 林春男: 震災時における木造建物の被害調査手法の開発: 調査目的と調査項目, 地域安全学会論文集, No.2, pp.139-144, 2000.11
- 15) 村尾修, 山崎文雄: 自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数, 日本建築学会構造系論文集, No.527, pp.189-196, 2000.1
- 16) 建設省建築研究所: 平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書, 1996
- 17) 山口直也, 山崎文雄: 1995年兵庫県南部地震の建物被害率による地震動分布の推定, 土木学会論文集, 612/I-46, pp.325-336, 1999.1
- 18) 高井伸雄, 岡田成幸, 高井博雄, 宮野道雄, 鈴木有: 建物破壊パターン分類に基づく1995年兵庫県南部地震における北淡町富島地区の建物被害調査, 日本建築学会技術報告集, No.10, pp.305-308, 2000.6.
- 19) 宮腰淳一, 林康裕, 福和伸夫: 建物被害データに基づく各種の被災度指標の対応関係の分析, 構造工学論文集, pp.123-134, 2000.3.
- 20) 堀江啓, 牧紀男, 重川希志依, 田中聡, 林春男: 液状化を誘因とする木造戸建住宅の被害に関する調査手法の開発: 鳥取県西部地震における被害形態と補修費用, 地域安全学会論文集, No.3, pp.73-80, 2001.11
- 21) 北原昭男, 林康裕, 奥田辰雄, 鈴木祥之, 後藤正美: 2000年鳥取県西部地震における木造建物の構造特性と被害, 日本建築学会構造系論文集, No.561, pp.161-167, 2002.11
- 22) 堀江啓, 重川希志依, 牧紀男, 田中聡, 林春男: 新潟県中越地震における被害認定調査・訓練システムの実践的検証: 小千谷市の災証明書発行業務への適用, 地域安全学会論文集, No.7, pp.123-132, 2005.11
- 23) 重川希志依, 田中聡, 堀江啓, 林春男: 新潟県中越地震における建物被害認定調査の現状と課題, 地域安全学会論文集, No.7, pp.133-140, 2005.11
- 24) 山田真澄, 山田雅行, 福田由惟, スマイス・クリスティン, 藤野義範, 羽田浩二: 2011年長野県北部の地震の震源近傍における高密度の地震動推定と木造建物被害との比較, 日本地震工学会論文集, Vol.12-1, pp.20-30, 2012.2
- 25) 齋吉弥, 村田晶, 野津厚, 宮島昌克: サイト特性置換手法に基づく2011年長野・新潟県境地震における栄村横倉集落での地震動の評価, 日本地震工学会論文集 第12巻, 第2号, pp.60-77, 2012.
- 26) 栄村史堺編編集委員会編集: 栄村史 水内編, 栄村, 1960
- 27) 信毎Web: 栄村, 積雪で橋落ちる 地震で損壊, 通行止め中 (2012年1月30日) <http://www.shinmai.co.jp/news/20120130/KT120130FSI090015000.html>
- 28) 津南町史編さん委員会編集: 津南町史 通史編 下巻, 津南町, 1980
- 29) ゼンリン: 電子住宅地図デジタウン 飯山市・木島平村・野沢温泉村・栄村, 2009
- 30) ゼンリン: 電子住宅地図デジタウン 十日町市・津南町, 2009
- 31) Wessel, P. and Smith, W.: New, improved version of Generic Mapping Tools released. Eos Transactions 79, pp.579-579, 1998