

## 耐震補強を目的とした既存木造住宅の類型化と戸数調査

### - 既存不適格木造住宅の破壊モード分析と存在戸数調査 -

主査 藤田 香織\*<sup>1</sup>

委員 千葉 一樹\*<sup>2</sup>, 佐藤 弘美\*<sup>3</sup>, 松田 昌洋\*<sup>4</sup>

本研究は主に 1981 年以前に建設された木造住宅を対象に、過去の地震被害調査結果に基づきその破壊モードの類型化を行うと同時に、存在戸数の調査を行った。その結果 1960 年代頃以降の木造住宅は、建設年が新しくなると比例的に被害程度が減少する傾向が認められる一方、1950 年代以前は木造住宅の母数が急激に少なくなるが、地震被害と建設年の間に明確な相関が見出せないことを明らかにした。また、限られた数の調査結果からではあるが、都市部に多くみられる狭小間口・接道型の住宅形式は 1 層破壊という危険な破壊モードを示すと同時に被害率も高い。計画的な制約から困難を伴う場合も多いが、早急に補強方法の対策を講じる必要がある。

**キーワード** : 1) 平成 16 年新潟県中越地震, 2) 平成 19 年新潟県中越沖地震, 3) 平成 19 年能登半島地震,

## STRUCTURAL CATEGORIZATION AND EXISTING STOCK AMOUNT OF TIMBER HOUSING

### Failure Mode and Existing Stock Amount of Existing non-conformed Timber Housing

Ch. Kaori Fujita

Mem. Kazuki Chiba, Hiromi Sato and Masahiro Matsuda

This paper aims to reveal the different types of failure modes of existing timber housing from the disaster reports of past earthquakes in Japan. The number of existing timber housing is also investigated through onsite investigations. From the results of the recent earthquake disaster investigation operated by the authors, the relationship between the failure mode, year of construction and the composition of timber houses is discussed.

#### 1. はじめに

本研究は、主に 1981 年以前に建設された既存不適格の木造住宅を対象に、過去の地震被害調査の結果に基づき、その破壊モードの類型化を行うと同時にその存在戸数を統計的に明らかにすることを目的としている。現在、既存木造住宅の耐震診断と耐震補強の促進は喫緊の課題である。地震被害調査の結果から、被災した木造住宅の多くは 1981 年以前に建設された新耐震施行以前の建設であることが知られている。1981 年以前に建設された既存の木造住宅は現在約 1,300 万戸にのぼり既存木造住宅(2,900 万戸)の約 45%を占めているにも拘わらず、これらの木造住宅は一括りにして扱われることが常である(図 1-1, 1-2)。実際には、重要文化財建造物の民家や町屋、明治・大正期の洋風建築、震災復興から戦後の混乱期に建てられた長屋など庶民住宅、高度経済成長期の量産化された住宅等、品質・構法ともに極めて多様であ

る。既存不適格の木造住宅といっても一概に粗悪な訳ではなく、改修・補強を行った上で活用し次世代へ継承するに値する住宅も少なからず現存する。更に地球環境的な配慮と少子高齢化に起因する市場の縮小に伴い、既存建築物の有効利用は今後益々重要になることが想定される。

本研究は、地震等の災害に対して脆弱性をかねてより指摘されている 1981 年以前に建設された木造住宅を対象とし、その被害形状を分類し構法・構造・建設年代との相関を考察することにより、現存する既存木造住宅の補強方法を検討するための基礎的な資料となることを目的としている。更に、各類型に対応した既存木造住宅の存在戸数を文献調査および現地調査をもとに統計的に把握する。

今後補強・改修の対象とするべき既存木造住宅の構造的な類型と統計的実態の把握を行うことを目的とする。

\*<sup>1</sup> 東京大学大学院工学系研究科 准教授

\*<sup>2</sup> 東京理科大学工学部第一部建築学科 助教

\*<sup>3</sup> 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部エコシステムデザイン部門 助教

\*<sup>4</sup> 東洋大学 木と建築で創造する共生社会研究センター(WASS) 研究助手

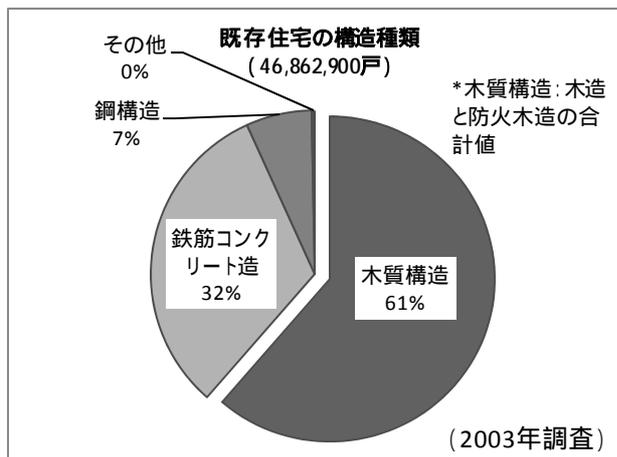


図 1-1 日本の既存住宅の構造種類<sup>文1)</sup>

以上より、本研究は(1)過去の地震被害調査結果に基づく木造住宅の破壊形状の類型化、(2)既存木造住宅の建設年代等の統計的把握、の2点を目的としている。本年度は、(1)については既往の研究結果の整理を行い、(2)については、(1)との関係を考慮して、近年比較的大きな地震被害を経験した自治体を対象に現地での聞き取り調査を行った。

## 2. 過去の地震被害調査結果に基づく木造住宅の破壊形状

### 2.1 既往の研究にみる木造建築の被害類型

木造住宅の地震被害調査結果の分析および、被害形状の分類方法を提案している既往の研究<sup>文2)</sup>～<sup>文20)</sup>を収集、整理しその内容をまとめて、「木造建築物の地震被害調査方法の現状」<sup>文21)</sup>として報告した(表 2-1)。

表 2-1 被害調査方法・分類について<sup>文21)</sup>

年	被害調査方法
1968	災害の被害認定統一基準:内閣府
1987	木造家屋地震被害の総合被災度評価:長橋 <sup>文4)</sup>
1991	被災度判定基準および復旧技術指針:建築防災協会
1998	応急危険度判定マニュアル:建築防災協会 <sup>文5)</sup>
1999	建物被害状況調査票:村尾・山崎 <sup>文8)</sup>
1999	建物破壊パターンチャート:岡田・高井 <sup>文9)</sup> ～ <sup>文11)</sup>
2000	木造建物の液状化被害判定チャート:小檜山・堀江ら <sup>文13)</sup>
2001	災害に係る住家の被害認定基準運用指針:内閣府 <sup>文2)</sup>
2002	被害認定トレーニングシステム(DATS):堀江・牧ら <sup>文16)</sup>
2003	被災度区分判定基準:建築防災協会 <sup>文6)</sup>
2004	岡田・高井の
2007	パターンチャートを用いた悉皆調査票:柴山・岡田ら <sup>文12)</sup>
	DATSによる悉皆調査票:田中・重川ら <sup>文15)</sup> 、 <sup>文19)</sup> ～ <sup>文20)</sup>

地震発生直後には、応急危険度判定<sup>文5)</sup>が被災建築物の余震等による倒壊や落下危険物による人命への危険性を防止、軽減することを目的として実施される。その後、

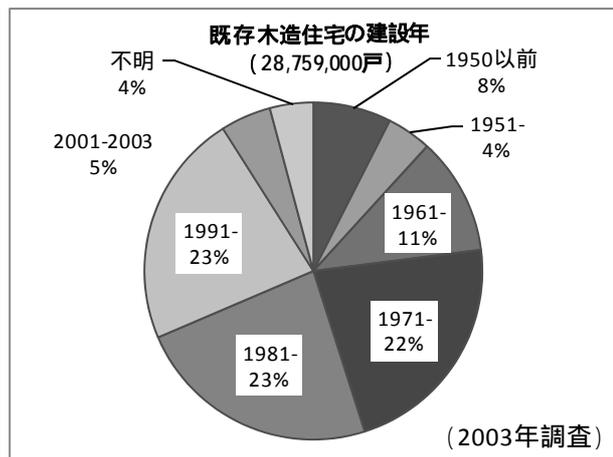
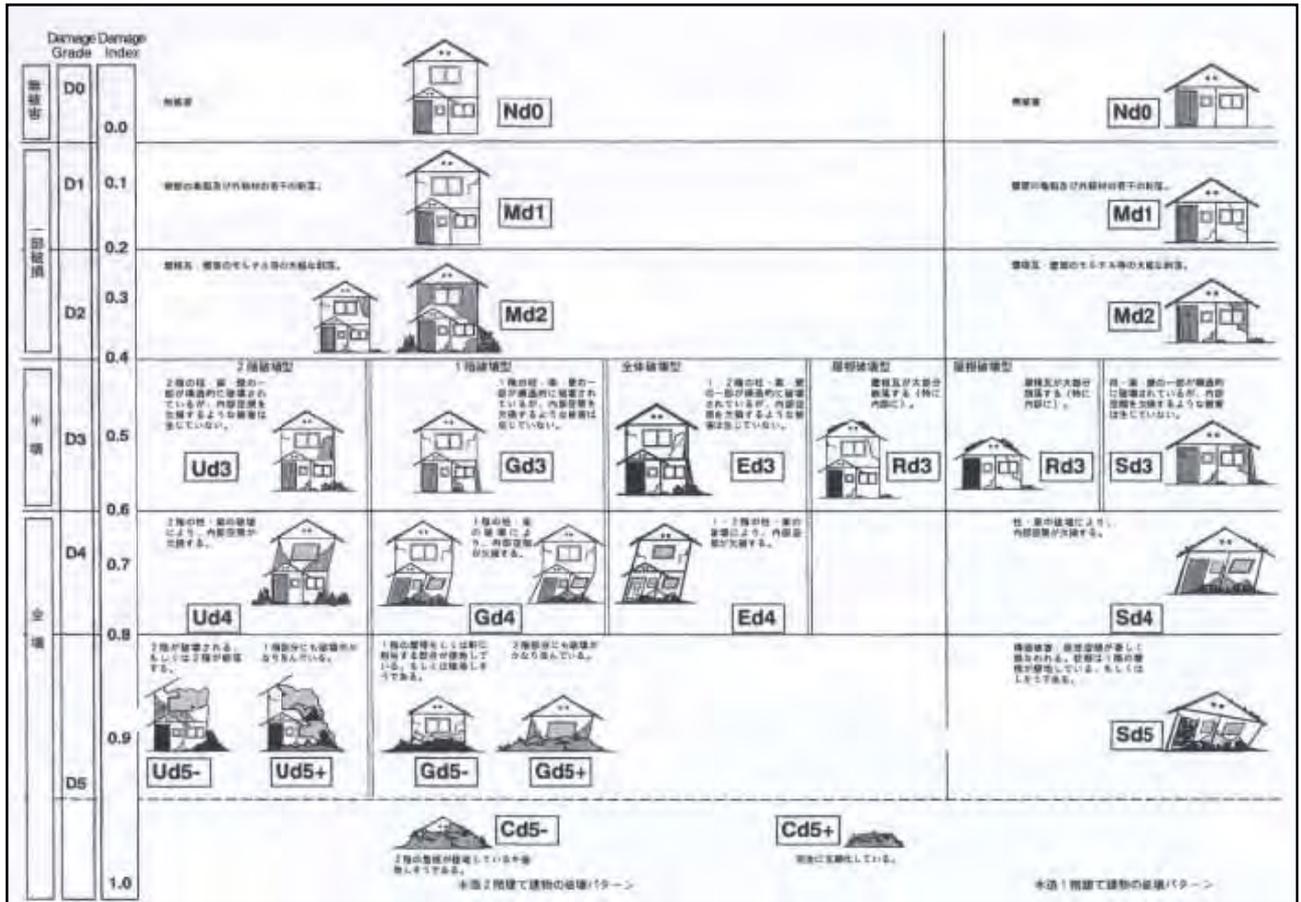


図 1-2 既存木造住宅の建設年別分類<sup>文1)</sup>

構造躯体に見られる損傷状況から被災建築物に残存する耐震性能を推定し、被災建物に対する恒久的使用の可否や復旧に向けての構造補強の要否判定として被災度区分判定<sup>文6)</sup>が実施される。各自治体が行う被害認定調査は、『災害に係る住家の被害認定基準』<sup>文2)</sup>に準じて実施される。近年は、より迅速かつ正確に調査を実施するために、具体的な調査方法や判定方法を定め、建築専門家以外でも被害認定業務を実施できるような調査方法が提案されている。

岡田・高井<sup>文9)</sup>～<sup>文11)</sup>は、平成7年兵庫県南部地震の被害調査の結果を基に、木造建築物の破壊パターンチャートを作成している(図 2-1)。また、小檜山・堀江ら<sup>文12)</sup>は、被害状況の判定が困難な液状化被害を対象に、判定チャート(図 2-2)を作成している。村尾・山崎<sup>文7)</sup>は、平成7年兵庫県南部地震の際に実施された様々な被害調査方法を比較分析した結果から、自治体が行うことを想定した建物被害状況調査票を提案している。柴山・岡田ら<sup>文12)</sup>は、岡田・高井の破壊パターンチャートを活用した調査票を提案し、平成16年新潟県中越地震、平成19年能登半島地震、平成19年新潟県中越沖地震の被害調査の結果を報告している。堀江・牧・重川・田中らは、被害認定調査に建築の専門家ではない一般の行政職員が調査を行うことを想定した調査方法として、被害認定トレーニングシステム(Damage Assessment Training System: DATS)<sup>文19)</sup>を提案している。これは、岡田・高井、小檜山・堀江らの判定チャートを参考に、修正を加えた被害認定用パターンチャートを作成した。このDATSによる調査として、平成16年新潟県中越地震(図 2-3)<sup>文15)</sup>、平成19年能登半島地震(図 2-4)<sup>文19)</sup>～<sup>文20)</sup>の結果が報告されている。

既往の研究で示されている木造住宅の破壊パターン(破壊性状)は、一部破損・屋根破壊型・2階破壊型・1階破壊型・基礎破壊型・全体破壊型・完全崩壊型、である。また、一部破損の内容は主に壁面の亀裂や落下が示されている。



Damage Grade	被害状況
D0	被害なし
D1	壁面に毛髪亀裂、まれに漆喰壁の小片落下。
D2	多くの壁に亀裂、漆喰壁の落下が目立つ。
D3	ほとんどの壁に深く大きな亀裂、構造要素の一部が破壊。
D4	壁面は重度の破壊、スラブの一部が破壊、構造要素はお互いの連結性を失う。
D5	完全またはほとんど完全に崩壊。

	破壊性状
Nd	被害なし
Md	一部破損程度の被害
Ud	二階破壊型
Gd	一階破壊型
Ed	全体破壊型
Rd	屋根破壊型
Sd	一階建物の破壊
Cd	完全崩壊型

図 2-1 岡田・高井による木造建物の詳細破壊パターン<sup>文9)</sup> - 文11)



図 2-2 小檜山・堀江らによる木造建物の液化化被害判定チャート<sup>文13)</sup>



図 2-3 被害認定トレーニングシステム (DATS・ボード壁の例) <sup>文15)</sup>、文19～文20)

2.2 文献調査による被災状況の分析

表 2-1 に明治以降、わが国で 100 人以上の死者・故不明者を出した地震の一覧を示す（ただし 1960 年チリ地震は津波による被害のため、表からは除外している）。文献調査は主にこれらの地震を対象とし、建築雑誌 1（1887 年）から 1745（2001 年 8 月）に掲載されている全ての地震被害報告と、日本建築学会の地震被害調査報告書を対象として行った<sup>文 22)</sup>。

被害調査報告書に掲載されている、図・写真および考察から木造住宅の被害例（部分被害）としては図 2-4 に示すものがあげられていた。柱脚・筋かい・柱梁の接合部位置での被害は 1980 年頃までは頻発しており、部材断面の不足による被害は 1950 年代以降になると減少する傾向が認められた。壁・建具の被害は、比較的軽微な被害が多く、いつの時代の地震でも常に認められる。その他としては、建物の分断など特殊な事例が認められたが、これは 1983 年日本海中部地震の際の被害例で、地盤被害に起因していると考えられる。

上記はいづれも、木造住宅の部分被害である。建物全体の破壊モードとしては、図 2-5 のように整理することができる。これは、既往の研究結果<sup>文 2)</sup> - <sup>文 21)</sup> とほぼ同様であり、明治以降の被害地震を通観しても木造住宅の破壊モードは、凡そこの 6 種類に大別できることが分かった。完全倒壊は、建物の原型を留めずに倒壊している場合であり、破壊の進行等は必ずしも明らかではない。全体破壊および 1 層破壊は建物形状にも依存するものの、比較的多い破壊モードであるが、2 層破壊はあまり事例が多くない。平屋建ての場合には全体破壊または基礎の破壊が主流である。屋根破壊は、破壊モードよりは部分被害としてあげる方が適切な場合が多いが、稀に小屋組が破壊（接合部のはずれが主因）する場合もあるので、破壊モードに加えてある。

地震被害による破壊モードは、当然各建物固有の構造性能に起因するものであるが、文献調査の結果から、特に接道している町屋・店舗併用住宅では 1 層破壊が多く認められることが分かった。これは、1 階前面に広く開口部を取るため壁量が不足すると同時に偏心もし易いためである。庭付きの住宅には、平面が不整形なものも多く、被害形状・破壊モードともに多様である。ただし、建物規模が大きく平面が複雑な場合は、全体破壊および屋根被害が比較的多く認められる。

文献調査に基づいて木造住宅の被害形状の分類をおこなった。各報告書には、必ずしも悉皆調査の結果が詳述されているわけではなく、また、写真等からの類推も含まれるため、あくまでも定性的に木造住宅の被害形状および破壊モードの類型と傾向を把握することとした。破壊モードの分類は、前述の既往の研究結果と概ね同じ傾向となった。

表 2-1 明治以降の主な被害地震（死者 100 名以上）

発生年月日	M <sup>1)</sup>	地震名	死者、行方不明者 <sup>2)</sup>	最大震度 <sup>3)</sup>
1872年3月14日	7.1	浜田地震	死者 約550	不明
1891年10月28日	8	濃尾地震	死者 7,273	(6)
1894年10月22日	7	庄内地震	死者 726	(5)
1896年6月15日	8.5	明治三陸地震	死者 21,959	(2~3)
1896年8月31日	7.2	陸羽地震	死者 209	(5)
1923年9月1日	7.9	関東地震	死・不明 10万5千余	(6)
1925年5月23日	6.8	北但馬地震	死者 428	(6)
1927年3月7日	7.3	北丹後地震	死者 2,925	6
1930年11月26日	7.3	北伊豆地震	死者 272	6
1933年3月3日	8.1	昭和三陸地震	死・不明 3,064	5
1943年9月10日	7.2	鳥取地震	死者 1,083	6
1944年12月7日	7.9	東南海地震	死・不明 1,223	6
1945年1月13日	6.8	三河地震	死者 2,306	5
1946年12月21日	8	南海地震	死者 1,330	5
1948年6月28日	7.1	福井地震	死者 3,769	6
1983年5月26日	7.7	日本海中部地震	死者 104	5
1993年7月12日	7.8	北海道南西沖地震	死者 202, 不明 28	5
1995年1月17日	7.3	兵庫県南部地震	死者 6,434, 不明 3	7

\*1 地震の規模(マグニチュード)。  
 \*2 被害数は理科年表、総務省消防庁の資料による。死者・行方不明者の合計数を記載する場合は「死・不明」としている。  
 \*3 1925年以前の地震の震度については気象庁の震度データベースには収録されていない  
 これらの地震の最大震度については、地震報告・地震年報・気象要覧(中央気象台)によるものを括弧付きで掲載した。  
 なおこの期間の震度は、微・弱・強・烈の階級で記載してあるので、これに対応する震度を、1~6におきかえて  
 気象庁HPをもとに作成 <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/higai/higai-1995.html>

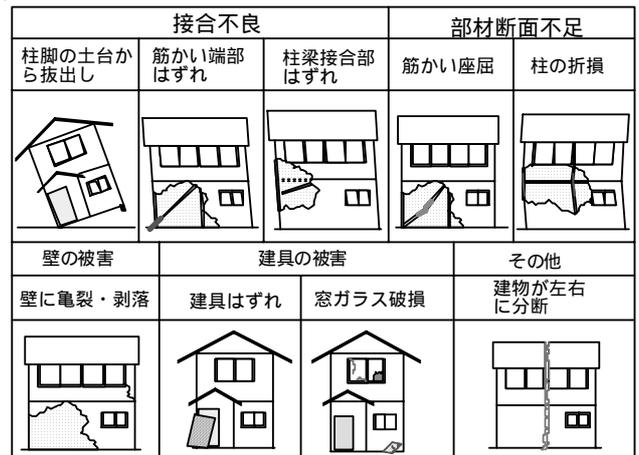


図 2-4 木造住宅の被害形状（部分被害）



図 2-5 木造住宅の破壊モード

### 3. 現地調査

#### 3.1 調査対象と方法

平成7年兵庫県南部地震より後に、日本付近で発生した被害地震のうち、人的被害（死者）または住宅全壊100棟以上の原因となった地震を表3-1に示す。死者が100人を超える地震はないものの、多い年（2003、2007年）には、2度も被害地震が発生していることが分かる。これらの地震の中で、自治体の協力が得られた新潟県長

岡市・小千谷市・刈羽村（刈羽郡刈羽村）、石川県輪島市を対象として現地調査を行った。なお、調査対象地域が被災した、平成16年新潟県中越地震、平成19年能登半島地震、平成19年新潟県中越沖地震のいずれも、地震発生直後には、木造住宅の地震被害調査を筆者らが既に行っている。各地震の震源・震度分布等を図3-1、3-2に示す。

表3-1 日本付近で発生した近年の主な被害地震（平成8年～平成20年5月）

地震名 <sup>*1</sup>	発生年月日	M <sup>*2</sup>	震央地名 <sup>*3</sup>	人的被害	物的被害	最大震度
平成12年(2000年)鳥取県西部地震	2000年10月6日	7.3	鳥取県西部	負 182	住宅全壊 435, 半壊 3,101など	6強
平成13年(2001年)芸予地震	2001年3月24日	6.7	安芸灘	死 2, 負 288	住宅全壊 70, 半壊 774など	6弱
-	2003年7月26日	6.4	宮城県北部 [宮城県中部]	負 677	住宅全壊 1276棟, 住宅半壊 3809棟など	6強
平成15年(2003年)十勝沖地震	2003年9月26日	8	釧路沖 [十勝沖]	死 1 不明 1, 負 849	住宅全壊 116棟, 住宅半壊 368棟など	6弱
平成16年(2004年)新潟県中越地震	2004年10月23日	6.8	新潟県中越地方	死 68, 負 4,805	住宅全壊3,175棟, 住家半壊13,808棟など	7
-	2005年3月20日	7	福岡県西方沖 [福岡県北西沖]	死 1, 負 1,087	住宅全壊133棟, 住家半壊244棟など	6弱
平成19年(2007年)能登半島地震	2007年3月25日	6.9	能登半島沖	死 1, 負 356	住宅全壊684棟, 住家半壊1,733棟など	6強
平成19年(2007年)新潟県中越沖地震	2007年7月16日	6.8	新潟県上中越沖	死 15, 負 2,345	住宅全壊1,319棟, 住家半壊5,621棟など	6強
平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震	2008年6月14日	7.2	岩手県内陸南部	死 13 不明 10,負451	住宅全壊30棟, 住家半壊143棟など	6弱

\*1 気象庁が命名した地震名である。 \*2 マグニチュード  
\*3 平成18年10月2日に震央地名を一部見直した。これにより、平成8年から平成18年10月1日までの被害のあった地震で、地震発生当時の震央地名と現在の震央地名が違っているものについては、「地震発生当時の震央地名(現在の震央地名)」と併記した。  
なお、震度データベース検索(震度データベース検索処理の使い方参照)では、これらの地震の震央地名は現在のものに表示される。  
人的被害と物的被害は総務省消防庁による(平成20年5月19日現在)。  
気象庁HPをもとに作成。 [http://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/saigai\\_link.html](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/saigai_link.html)



図3-1 新潟中越地方地図

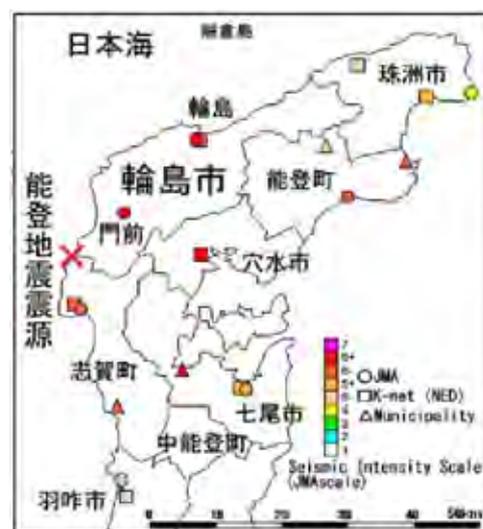


図3-2 能登地方地図と震度分布

	<p>築 1957 刈羽 全壊 全体破壊</p>		<p>築 1962 刈羽 全壊 全体・ 屋根破壊</p>
	<p>築 1965 刈羽 全壊 部分破壊</p>		<p>築 1981 刈羽 全壊 部分破壊</p>
	<p>築 1944 輪島 全壊 1層破壊</p>		<p>築 1955 輪島 全壊 平屋の全 体破壊</p>
	<p>築 1974 輪島 全壊 1層破壊</p>		<p>築 1981 輪島 全壊 全体破壊</p>

図 3-3 平成 19 年新潟県中越沖地震・平成 19 年能登半島地震による木造住宅地震被害例（破壊モード）

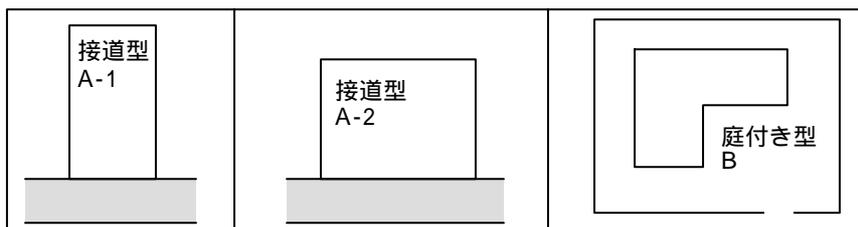


図 3-4 形状による分類

### 3.2 地震被害調査

平成 19 年新潟県中越沖地震（刈羽村）と平成 19 年能登半島地震（輪島市）の被害調査結果の一部を図 3-3 に示す。刈羽村で多くみられた被害形状は、建物全体破壊であり、偏心によるねじれの影響もみられた。更に、あまり事例は多くないものの建物の一部が破壊する事例も認められた。一方、輪島では平屋をはじめとして全体破壊型の被害例も認められたが、最も多くみられたのは 1 層破壊型である。これは、調査を行った旧輪島市には、比較的古い町屋や 1970 年代頃の店舗併用住宅などのように、都市住宅の典型例である接道型の住宅が多かったためであると考えられる。これらの住宅は、1 階の接道面に広く開口をとり、特に間口の狭い住宅では、接道面だけでなく短辺方向には耐力壁がほとんどない場合が多い。従って道路方向の振動に対して極めて脆弱であり、開口率の高い 1 層で破壊する傾向が顕著に認められる。このような形状の住宅は、全国の市街地に多数現存するが、間口が狭く計画上壁を設けるのが極めて困難なため、短辺方向の補強は困難であることが知られている。一方、刈羽村では比較的規模の大きい庭付きの住宅が多い。敷地に余裕があるため増改築を行った住宅が多く、建物形状は複雑かつ多様であり、結果的に破壊形状も多様である。

これより、木造住宅の破壊形状に及ぼす影響として建物の形状が一つの大きな要因であることが推察できる。形状の分類として、接道するもののうち間口方向の長さが長辺方向の 1/2 以下のものを接道型 A-1（狭小間口）、間口が比較的広いものを接道型 A-2、前庭か後庭あるいは両方を有するものを庭付き B とする。

### 3.3 被災地域の既存木造住宅の棟数調査

平成 16 年新潟県中越沖地震および平成 19 年新潟県中越沖地震で被災した新潟県長岡市・小千谷市・刈羽村、および平成 19 年能登半島地震で被災した石川県輪島市を対象に、木造住宅の存在戸数調査を行った。調査は、文献調査<sup>文 1), 文 23) ~ 文 24)</sup>、現地調査および各自治体への聞き取り調査とした。当該地域の既存木造住宅の存在戸数および棟数のうち、地震発生時点（直前）の統計に最も近い資料を表 3-2 に示す。また、現地調査・聞き取り調査から得られた調査対象地域の既存木造住宅の建設年別棟数分布（表 3-2 の右欄の値と対応）を図 3-5 に示す。

調査対象の旧輪島市（現在の輪島市は平成 18 年に旧輪島市と旧門前町が合併したものである）の既存木造住宅の 78% は 1980 年以前に建設されており、1950 年以前に建設された住宅も 27% 存在した。輪島は戦災を受けていないため、古い住宅の現存する割合が高い地域である。一方、戦災を受けた旧長岡市（被災後、平成 17 年と平成 18 年に合併。ここでは平成 16 年被災当時の長岡市を旧長岡市とする）では、戦前の木造住宅は全体の約 1 割程度であることがわかる。

表 3-2 調査対象地域の既存木造住宅の戸数と棟数

調査対象地域	既存木造住宅(戸数)	既存木造住宅(棟数)
	出典: <sup>文 1)</sup>	各自治体聞き取り調査
新潟県	旧長岡市 54,200戸 (2003年)	47,697棟 (2004年)
	小千谷市 10,030戸 (2003年)	11,526棟 (2004年)
	刈羽村 不明*	1,388棟 (2007年)
石川県	旧輪島市 8,000戸 (2003年)	9,167棟 (2007年)

\*：村別資料なし

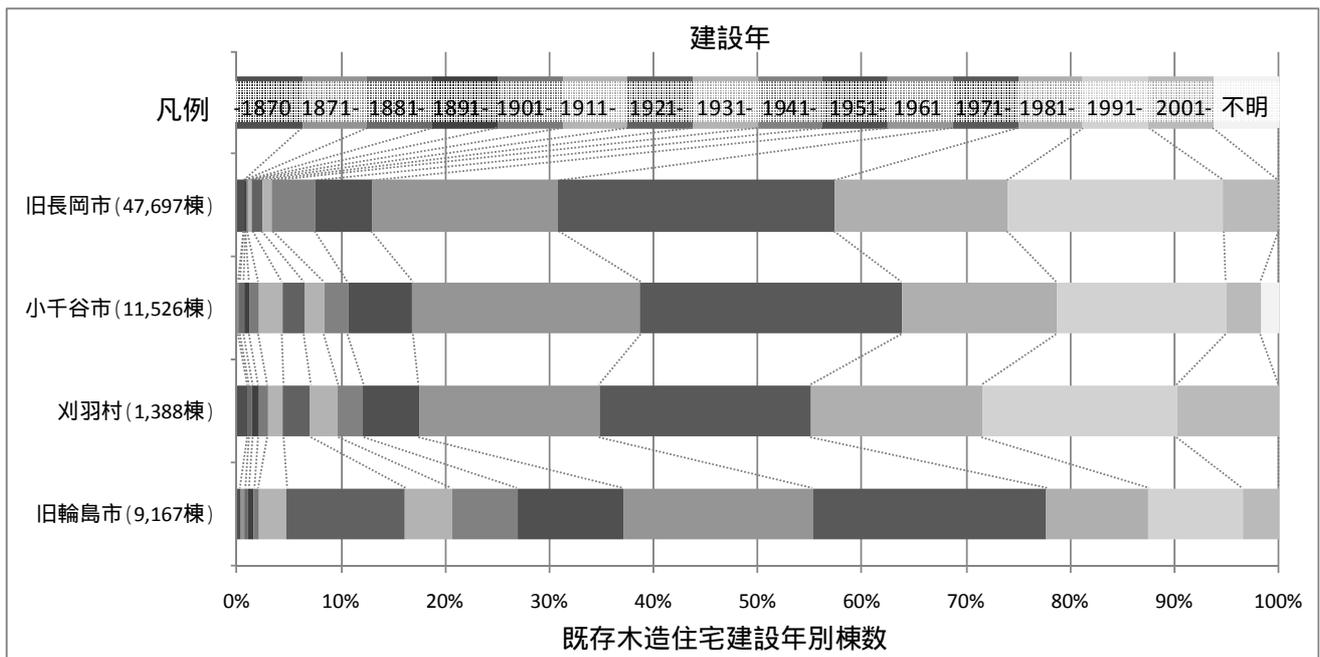


図 3-5 調査対象地域の既存木造住宅の建設年別棟数分布（調査内容等は表 3-2 右欄参照）

### 3.4 地震被害と棟数調査結果との比較検討

既存木造住宅の棟数調査と地震被害調査の結果を照合し、木造住宅の建設年別被害の割合を求めた。図3-6～3-9に、平成16年新潟県中越地震（旧長岡市，小千谷市），平成19年新潟県中越沖地震（刈羽村），平成19年能登半島地震（旧輪島市\*）における木造住宅の建設年別被害割合を示した。旧輪島市\*は、市内全ての木造住宅の詳しい情報が精査できなかったため、旧輪島市内（南志見・町野・鶴巣以外）の海士町・河井・鳳至・輪島崎・西保・大屋・河原田・三井の8地区，合計6,821棟を対象としている。

地震規模や対象地域が異なるため被害の割合を単純に比較することはできないものの、対象地域の全壊の割合と全壊・大規模半壊・半壊の合計値の割合（後者を括弧内で表示）は、旧長岡市 1.7%（12%），小地谷市 1.3%（6.9%），刈羽村 14%（47%），旧輪島市 1.7%（5.2%）となる。建物被害の傾向をみると、建設年が比較的新しい（1960年代～2000年代）住宅では、建設年が新しいもの程被害が小さい傾向が明確に認められる。この傾向は地域によって、境目になる建設年が若干異なるが、旧長岡市では1960年代，小地谷市では1980年代，比較的古い木造住宅の残存率が高い刈羽村と輪島市では1950年代までは建設年と反比例する形で被害率が増加している。これは、建築物の経年変化に伴う構造性能の低下も大きな要因の一つではあるが、建築基準法の制定（1950年）以降の、壁量計算の普及や建築基準法改訂（必要壁量の強化）なども影響していると考えられる。

木造住宅の存在棟数（図中折れ線で表示）はいずれの地域でも、建設年が1950年代以前になると急激に減少する。戦災を免れた輪島市ではこの傾向は比較的緩やかである。1960年代頃から2000年までは建設年と被害の間に一定の相関があることは前述のとおりである。一方、1950年代以前の木造住宅は、母数が少ないこともあるが、地震被害と建設年の間に明確な相関が見出せない。1960年代とほぼ近い全壊率のまま推移している。これは、経年変化の影響が無視できないとすると、(1)経年変化による構造性能の影響は一定期間（50年程）で一定値に達する、または、(2)経年変化の影響を相殺するほど、現存する古い建物の性能が高い、が考えられる。(1)について、経年変化で構造性能に負の影響を与える主要な因子は、蟻害・虫害・雨などによる腐食であるため、ある一定値で止まるとは考えにくい。(2)については、基準法制定以前の建物であると、その初期性能は個体差が大きい。一方、経過年数に応じて災害だけでなく、社会的・経済的变化を経ているため、結果的にはある一定以上の性能の木造住宅が多く残っていると考えられる。

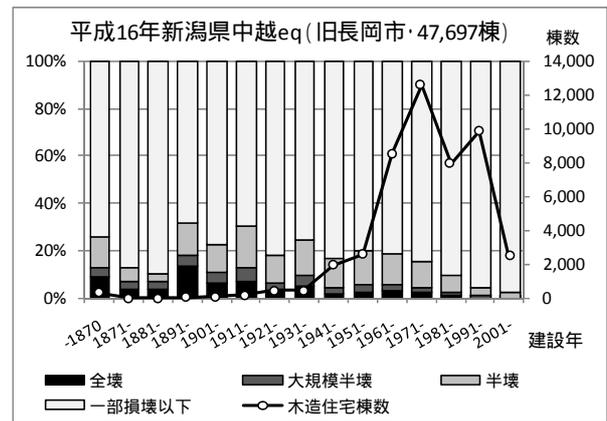


図3-6 木造住宅建設年別被害（旧長岡市）

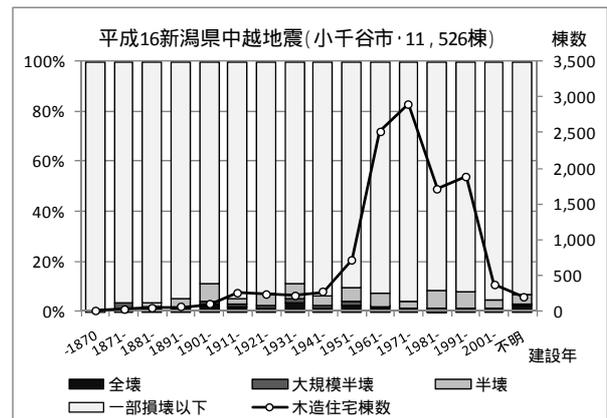


図3-7 木造住宅建設年別被害（小千谷市）

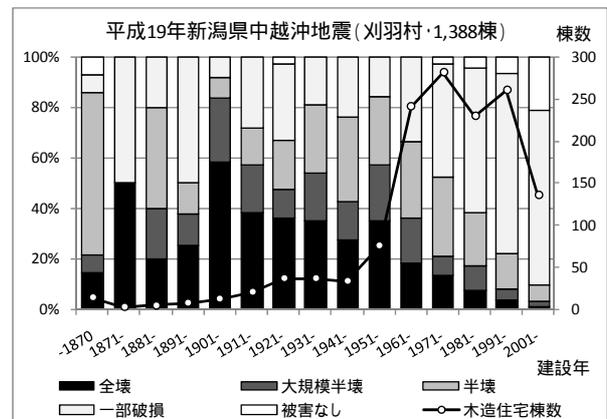


図3-8 木造住宅建設年別被害（刈羽村）

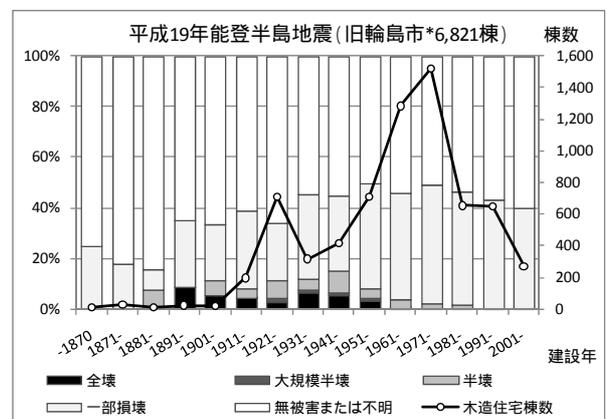


図3-9 木造住宅建設年別被害（旧輪島市\*）

### 3.5 個別詳細調査(輪島市)

現地調査の結果を踏まえ、平成 19 年能登半島地震で最大震度(6強)を観測した輪島市鳳至町上町を対象に個別詳細調査を行った。当該地域は、補強が比較的困難である接道型の木造住宅の比率が高く、戦災を受けていないため幅広い年代の木造住宅が現存する。更に、居住者の協力が比較的多く得られた地域であること等から詳細調査の対象とした。当該地区は、市街化区域内の準住居地域と第二種住居地域にまたがっている。

現地調査および居住者への聞き取り調査の結果から、木造住宅総数 445 棟のうち、193 棟の建設年代・建物形状および平成 19 年能登半島地震の被災状況が明らかになった(図 3-10)。調査から得られた、平成 19 年能登半島地震発生時点での当該地域の既存木造住宅の建設年代と形状の類型を図 3-11 に示す。図 3-4 で示した接道 A-1 型(接道・狭小間口)の住宅が各年代を通じて最も多いことが統計的にも明らかである。類型ごとの割合は、接道 A-1:68%, 接道 A-2:29%, 庭付き B:3.1%である。庭付き B の類型は 193 棟のうち 6 棟のみである。

平成 19 年能登半島地震の被害程度を上記の類型ごとに示すと図 3-12 のとおりとなる。庭付き B は母数が少ないため、傾向を読み取るのは困難であるが、いずれも一部損壊に留まっている。最も数の多い接道 A-1(接道・狭小間口)131 棟の全壊率は約 10%(13 棟)であり、大規模半壊・半壊を含めると約 24%(31 棟)に達する。接道 A-2(接道・間口広い)は 56 棟あり、全壊は 4 棟(7%), 全壊と半壊を合わせると 11 棟(20%)になり、A-1 よりは若干被害が低いものの被害程度は大きい。3.3(図 3-7)で示した旧輪島市内の木造住宅(6,821 棟)の全壊率 1.7%, 全壊・大規模半壊・半壊の合計 5.2%(352 棟)と比較しても極めて高い被害率であるといえる。ただし、鳳至町上町の現地調査で、被害程度・建設年代等を明らかにできなかった木造住宅は 252 棟にのぼるため、厳密な意味での全壊率でないことを付記する。

最も母数および被害の大きかった接道 A-1(接道・狭小間口)のうち建設年代が明らかな木造住宅(111 棟)がどのような破壊モードを示したかを建設年別に図 3-13 に示す。図の全体破壊には、全体崩壊および平屋建ての全体傾斜を含んだ値を示している。1981 年以降に建設された木造住宅は、A-1 全体の約 16%(18 棟)のみであるが、いずれも一部損壊および無被害に留まっている。一部損壊は、壁の亀裂等であり具体的にどの破壊モードかは分類ができない場合が多いため、別項目としたが、A-1 全体の約 69%(77 棟)を占めている。2層破壊型はこの地域では認められず、最も多い破壊モードは、1層破壊型 14%(16 棟)であり、その被害程度は全て半壊以上であった。建設年代が古くなるに従って 1層破壊型の被害形状の割合が増加する点も注目に値する。



図 3-10 鳳至町上町の住宅地図と分類の例

\* 個人情報保護の観点から図は画質を落として表示している。

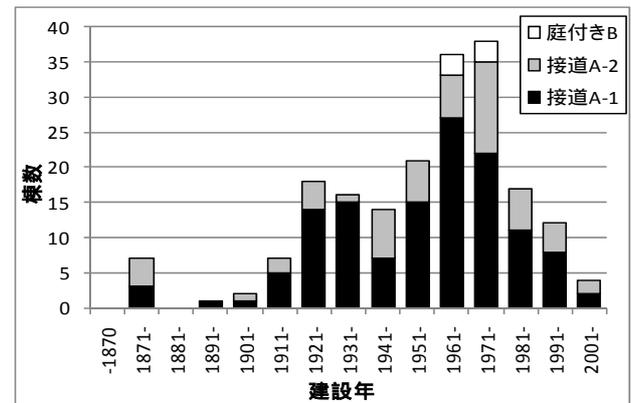


図 3-11 木造住宅の形状と建設年 (鳳至町上町)

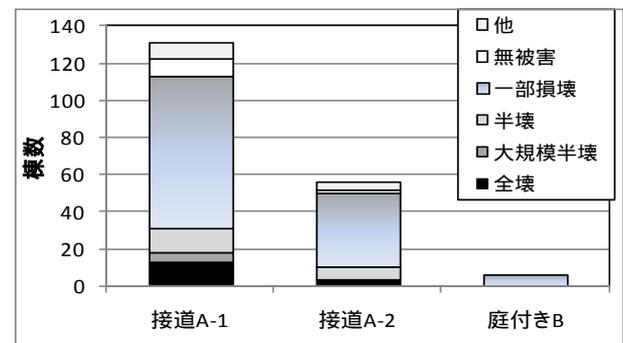


図 3-12 平成 19 年能登半島地震による木造住宅被害 (鳳至町上町, 193 棟)

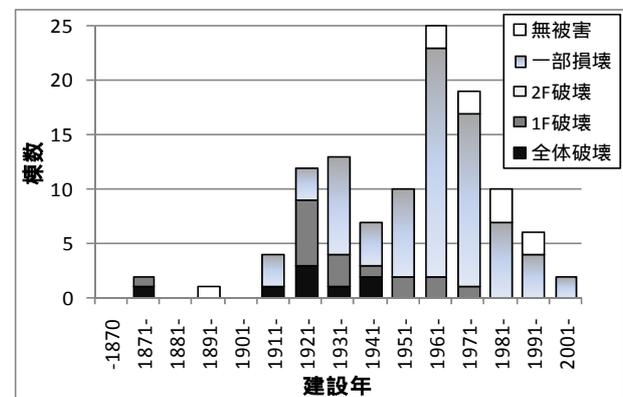


図 3-13 平成 19 年能登半島地震による木造住宅の破壊モード (鳳至町上町, 接道 A-1 型: 131 棟)

### 3.6 個別詳細調査（徳島市）

地震被害調査と木造住宅の存在戸数について調査した結果、市街地に多い接道型の木造住宅は補強が困難であると同時に被害率も高いことが分かった。そこで、地方都市の一例として徳島県徳島市を対象に市街地の木造住宅の戸数と形状について個別調査を行い比較対象とした。

徳島県では、7都市計画区域7市7町で指定しており（図3-14）、都市計画区域内人口は約59万人で全県人口約81万人の73%にあたる<sup>文25</sup>）。徳島県における2009年現在の住宅総戸数は約28.8万戸であり<sup>文26</sup>）、約7割が徳島市内に位置している。本調査では、市街化区域の例として徳島市津田本町2丁目の外観調査を行った（図3-15）。対象地域は徳島東部都市計画区域内の第一種住居地域である<sup>文26-文27</sup>）。当該地域の木造住宅89棟を対象に外観目視調査を行い、接道方向や外周壁と開口の大きさなどの把握を行った。約64%は1980年以前に建設された木造住宅であり（図3-16）、接道型A-1が43%、接道型A-2は6.7%、庭付き型Bは51%を占めている（図3-17）。庭付きBは道路に直接面してはいないものの大きな庭を持つものは少ない。

輪島市内の調査では、市街化区域内の調査対象地域の住宅の9割が接道型であったのに対して、徳島市内の調査からは約半数が非接道型であることが分かった。

### 4. 考察

本研究は、地震に対する脆弱性を指摘されている1981年以前に建設された木造住宅を主な対象とし、(1)過去の地震被害調査に基づく破壊形状の類型化、(2)地震被害と建設年代等の把握、を目的としている。

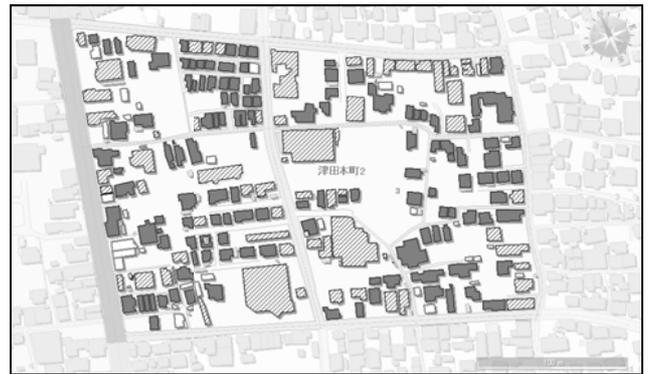
#### (1)過去の地震被害調査に基づく破壊形状の類型化

文献調査から、木造住宅の地震被害調査結果の分析および、被害形状の分類法を提案した既往の研究を収集、整理しその内容をまとめた。その結果、特に地震被害調査の際に利用することを目的として木造住宅の破壊形状の分類法が複数提案されているが、いずれも概ね、一部破損・屋根破壊型・2階破壊型・1階破壊型・基礎破壊型・全体破壊型・完全倒壊型、に分類されている。

次に、文献資料より明治以降の主要な被害地震を対象に、木造住宅の破壊形状の類型化と分析を行った。その結果、木造住宅の破壊モードは完全崩壊・全体破壊・部分破壊・1層破壊・2層破壊・屋根破壊の6種類に大別できることを示した（ただし、基礎・地盤に関する被害はここでは対象としない）。地震被害による破壊モードは、当然各建物固有の構造性能に起因するものではあるが、庭付きの住宅は平面が不整形なものも多く、破壊モードは多様であり、接道している町屋・店舗併用住宅では1層破壊が多く認められる等、建物の形状や規模によってある程度規定されることがわかった。



図3-14 徳島県の都市計画区域<sup>文25</sup>



：木造住宅

図3-15 調査対象地域（徳島市）の構造種別

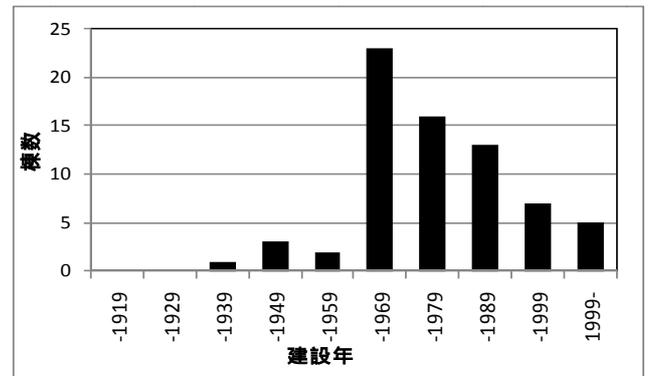


図3-16 木造住宅の建設年（徳島市津田本町2丁目）

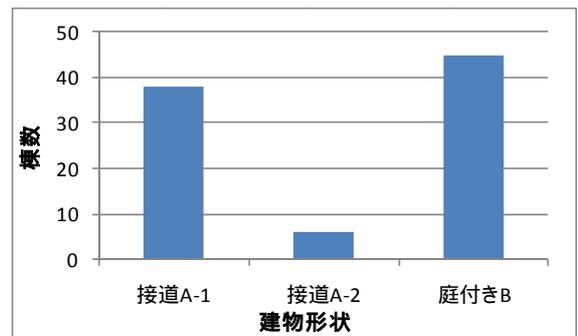


図3-17 木造住宅の建物形状（徳島市津田本町2丁目）

(2) 既存木造住宅の地震被害と建設年代等の把握

本研究の計画ではアンケート調査を予定していたが、複数の自治体を対象に予備調査を行った結果、アンケートからでは十分な資料が得られないことが分かった。そこで、近年の地震被災地域でかつ自治体の協力が得られた地域を対象に現地調査を行った。対象は、新潟県長岡市・小千谷市（平成 16 年新潟県中越地震）、新潟県刈羽郡刈羽村（平成 19 年新潟県中越沖地震）、石川県輪島市（平成 19 年能登半島地震）である。その結果、前述の文献調査結果と同様に、建物の形状が地震被害形状に及ぼす影響が大きいことを明らかにし、これを接道型・狭小間口 A-1、接道型 A-2、庭付き B に分類した。

更に、当該地域の既存木造住宅の建設年と存在棟数の調査を行い、比較検討を行った。その結果、1960 年代頃以降は、建設年が新しくなると比例的に被害程度が減少する傾向が認められた。一方、1950 年代以前は木造住宅の母数が急激に少なくなるが、地震被害と建設年の間に明確な相関が見出せない。これは、経年変化の影響が無視できないとすると、基準法制定以前の建物の初期性能は個体差が大きい、結果的にはある一定以上の性能の木造住宅が多く残っていると考えることができる。図 4-1 に 1983 年から 5 年ごとに行われている既存住宅の建設年別戸数調査の結果<sup>文 23)</sup>を示す。これより、1983 年時点では 1950 年以前に建設された住宅は全 3,500 万戸の約 14%存在したが、2008 年現在は、総数 5,000 万戸の約 3.4%にまで急激に減少している。

現地調査の結果を踏まえ、平成 19 年能登半島地震で被災した輪島市鳳至町上町および、比較対象として徳島県徳島市津田本町 2 丁目を対象として詳細調査を行った。

・旧輪島市：当該地域は、補強が比較的困難である接道型の木造住宅の比率が高く、戦災を受けていないため幅広い年代の木造住宅が現存する地域である。調査対象地区は、市街化区域内の準住居地域と第二種住居地域にまたがっている。現地調査から、木造住宅 193 棟の建設年代・建物形状および被災状況を明らかにした。当該地域の建物形状の割合は、接道 A-1：68%，接道 A-2：29%，庭付き B：3.1%であり、各年代を通じて A-1 が最も多い。被害程度も A-1 が最も高く全壊が約 10%に達している。A-1 型（接道・狭小間口）の建設年代別の破壊モードを考察したところ、2 層破壊型は認められず、1 層破壊型が 14%を占め、その被害程度は全て半壊以上であった。

・徳島市：徳島東部都市計画区域の徳島市津田本町 2 丁目を対象に木造住宅の戸数と形状に関する個別外観調査を行い比較対象とした。対象区域は、第一種住居地域内であり<sup>文 26-文 28)</sup>、178 棟の木造住宅を対象とした。約 64%は 1980 年以前に建設された木造住宅であり、形状の類型は、接道型 A-1：43%，接道型 A-2：6.7%，庭付き型 B：51%を占めていた。

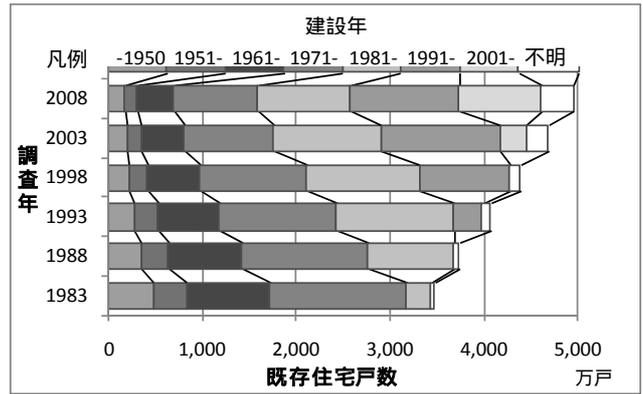


図 4-1 既存住宅の建設年別割合の推移<sup>文 23)</sup>

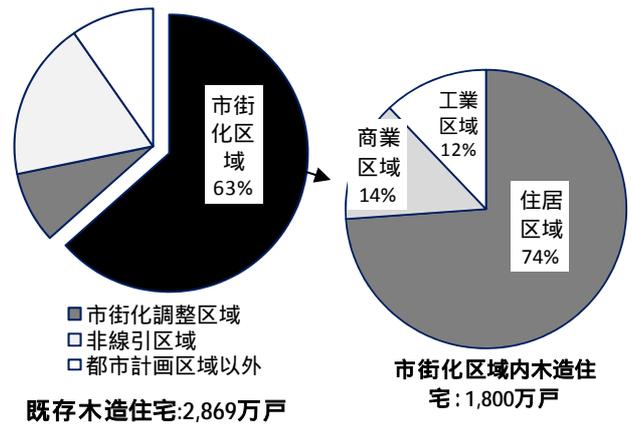


図 4-2 都市計画の地域区分ごとの既存木造住宅戸数<sup>1)</sup>

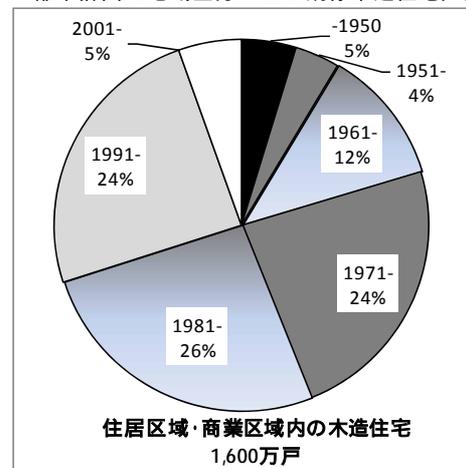


図 4-3 既存木造住宅建設年別戸数（住居区域・商業区域内）<sup>1)</sup>

限られた数の調査結果からではあるが、都市部に多くみられる狭小間口・接道型（A-1）の住宅形式は 1 層破壊という危険な破壊モードを示し被害率も高いことが分かる。輪島市内の調査では、調査対象地域（市街化区域）の住宅の約 9 割が接道型であったが、徳島市内の調査では約半数が接道型であった。補強方法を検討する観点からすると、庭付き B 型は多様な種類が含まれるものの、耐力壁等耐震要素の増設や既存壁の補強が可能である場合が多いのに対して、狭小間口・接道型（A-1）は計画

上の制約から特に脆弱な短辺方向の補強が極めて困難である。既存木造住宅約 2,900 万戸のうちどの程度が接道型に分類されるかを厳密に知ることは困難であるが、その多くは市街化区域内の住居区域または商業区域に立地すると仮定すると、その合計戸数は約 1,580 万戸であり（図 4-2）、この 41%（660 万戸）は 1980 年以前に建設されている（図 4-3）。各区域内でも徳島市の例のように半数は非接道型である場合や、都市計画区域外でも町家が街道沿いに林立する地域もあるため、あくまでも参考値ではあるが、300～500 万戸ほどは、喫緊に補強対策を要する接道型の木造住宅が現存すると推定される。

## 5. まとめ

本研究は主に 1981 年以前に建設された木造住宅を対象に、過去の地震被害調査結果に基づき、その破壊モードの類型化を行うと同時に存在戸数の調査を行った。その結果 1960 年代頃以降の木造住宅は、建設年が新しくなると比例的に被害程度が減少する一方、1950 年代以前は木造住宅の母数が急激に少なくなるが、地震被害と建設年の間に明確な相関が見出せないことを明らかにした。また、限られた数の調査結果からではあるが、都市部に多くみられる狭小間口・接道型の住宅形式は 1 層破壊という危険な破壊モードを示すと同時に被害率も高い。計画的な制約から困難を伴う場合も多いが、早急に補強方法の対策を講じる必要がある。

## 謝辞

平成 16 年新潟県中越地震、平成 19 年新潟県中越沖地震、平成 19 年能登半島地震で被災された皆様に心からお見舞い申し上げます。更に、地震後の困難な時期に調査にご協力いただきました、輪島市鳳至町の皆さまに厚く御礼申し上げます。

## < 参考文献 >

- 1) 総務省統計局：平成 15 年住宅・土地統計調査，総務省統計局，2004
- 2) 災害に係る住家の被害認定基準運用指針，内閣府通知，2001.6
- 3) 宇野雅憲：災害に係る住家の被害認定基準の改定について，建築防災，No.285，10月号，2001.10
- 4) 長橋純男：木造家屋地震被害の総合的被災度評価，日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿），pp.357-358，1987.10
- 5) 被災建築物応急危険度判定マニュアル，財団法人 日本建築防災協会，1998.1
- 6) 震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針（木造編），財団法人 日本建築防災協会，2003.1
- 7) 大橋好光：木造住宅の耐震診断・応急危険度判定・被災度区分判定，住宅と木材，第 368 号，8月号，2008.8
- 8) 村尾文雄，山崎修ほか：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，日本建築学会計画系論文集，第 515 号，pp.187-194，1999.1
- 9) 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集，第 524

号，pp.65-72，1999.10

- 10) 岡田成幸，高井伸雄：建物の破壊パターンを用いた地震被害調査法の提案 1.建物分類と破壊形式のパターン化，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），pp.81-82，1998.9
- 11) 高井伸雄，岡田成幸：建物の破壊パターンを用いた地震被害調査法の提案 2.1995 年兵庫南部地震における淡路島北淡町の建物被害写真調査，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），pp.83-84，1998.9
- 12) 柴山明寛，岡田成幸ほか：建物の構造的被害を中心とした迅速悉皆調査手法に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），pp.671-672，2007.8
- 13) 小檜山雅之，堀江啓ほか：災害対応としての建物被害認定過程に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第 531 号，pp.189-196，2000.5
- 14) 重川希志依，田中聡，堀江啓：新潟中越地震における被害認定調査の現状と課題，地域安全学会論文集，第 7 号，pp.133-140，2005.11
- 15) 堀江啓，重川希志依，牧紀男：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 小千谷市のり災証明書発行業務への適用，地域安全学会論文集，第 7 号，pp.123-132，2005.11
- 16) 堀江啓，牧紀男，重川希志依：外観目視による建物被災度評価手法の検討 建物被災度判定トレーニングシステムの構築，地域安全学会論文集，第 4 号，pp.167-174，2002.11
- 17) 牧紀男，堀江啓：阪神・淡路大震災における建物被害調査結果の分析，地域安全学会論文集，No.3，pp.1-6，2001.11
- 18) 堀江啓，牧紀男，重川希志依：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，第 2 号，pp.139-144，2000.11
- 19) 田中聡，高島正典，重川希志依，堀江啓：2007 年能登半島地震における輪島市の建物被害認定調査に関する考察 その 1：建物被害認定調査プロセスの概要，日本建築学会大会学術講演梗概集（中国），pp.681-682，2008.9
- 20) 水嶋洋介，鱒沢曜，水越薫，田中聡：2007 年能登半島地震における輪島市の建物被害認定調査に関する考察 その 2：調査結果の概要，日本建築学会大会学術講演梗概集（中国），pp.683-684，2008.9
- 21) 千葉一樹，福場珠恵，藤田香織：木造建築物の地震被害調査方法の現状，NPO 木の建築，22，技術情報，pp.42-45，2008.12
- 22) 村井美紀：東京都立大学建築学科平成 14 年度特別研究，2003
- 23) 総務省統計局：平成 20 年住宅・土地統計調査 速報集計 結果の概要，総務省統計局，2009.7.28
- 24) 国土交通省総合政策局情報安全・調査課建設統計室監修：平成 20 年度版建築統計年報 平成 19 年度計・19 年計，財団法人建設物価調査会，2009.1
- 25) 徳島県県土整備部都市計画課 HP，<http://www.pref.tokushima.jp/docs/2009082500093/>
- 26) 徳島県土地統計調査
- 27) 徳島県都市計画総括図（徳島市）

## < 研究協力者 >

丹羽 瑞穂 東京大学大学院工学系研究科藤田研究室  
 福波 珠恵 東京大学大学院工学系研究科修士 2 年  
 中島 裕貴 東京大学大学院工学系研究科修士 1 年