

3.3.5 大都市大震災復旧・復興プロセスにおける被災戸建住宅の補修支援プログラム

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
- (e) 平成 15 年度業務目的

(2) 平成 15 年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果
 - 1) 阪神・淡路大震災における被災住宅解体ガレキ処理の資料分析
 - 2) 1995 年兵庫県南部地震の住宅復旧選択に関する検討
 - 3) 2000 年鳥取県西部地震後の住宅復旧方法選択の要因分析
 - 4) 木造軸組住宅の補強用二重落とし込み板耐力壁の実験
- (c) 結論ならびに今後の課題
- (d) 引用文献
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- (f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

(3) 平成 16 年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

大都市大震災復旧・復興プロセスにおける被災戸建住宅の補修支援プログラム

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
山口大学工学部	助教授	村上ひとみ	hitomim@yamaguchi-u.ac.jp
同 上	助教授	瀧本浩一	takimoto@yamaguchi-u.ac.jp
同 上	助教授	榊原弘之	sakaki@yamaguchi-u.ac.jp
同 上	教授	中園真人	nakazono@yamaguchi-u.ac.jp
同 上	大学院生	宮脇 寛	a066ff@yamaguchi-u.ac.jp
同 上	大学院生	江崎 栄	a011fd@yamaguchi-u.ac.jp
同 上	大学院生	富士尚俊	e017fu@yamaguchi-u.ac.jp
同 上	大学院生	岡村精二	seiji-o@pb3.so-net.ne.jp

(c) 業務の目的

阪神・淡路大震災の際には、公費解体が実施され修復可能な多くの住宅が取り壊され、被災者の住宅再建をより困難なものにしたと指摘されている。大都市大震災において、被災者が戸建住宅を取り壊し建て替えるか、補修補強するかの復旧方法選択は、被災者の住宅・生活再建と地域の復興に重要な役割を果たす。

本研究は、最近の地震における家屋解体の実状を調査して、解体された住宅の被害程度、廃棄物の質量と環境影響を評価するとともに、住宅復旧意思決定に関する調査結果をもとに意思決定に係わる要因を明らかにして補修・補強を促進する支援手法を開発・提案することを目的とする。あわせて、被災者が安心できる速やかな住宅復興、私的・公的復旧費用の軽減、円滑な地域居住環境の再建、環境負荷の軽減を目指す研究である。

(d) 5 ヶ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成 14 年度：

2000 年鳥取県西部地震による家屋解体に関する統計分析により、解体率の影響要因や解体原単位の実態が明らかになった。また、鳥取県日野町において住宅復旧方法選択に関する被災者アンケート結果を住宅の被害・復旧状況データベースとリンクして分析し、補修と解体建て替えを選択する影響要因を明らかにした。

2) 平成 15 年度：

阪神淡路大震災における家屋解体について統計資料等を収集し、解体率と解体原単位に関する分析を行った。また、同震災における被災家屋の復旧方法選択について、東灘区の事例調査から検討するとともに、2000 年鳥取県西部地震について、被災者の復旧方法選択に関するアンケート調査を行い、住宅復興補助金の有り・無し想定と、影響要因の傾向を

検討した。また、木造軸組住宅が被災した場合の補強策として、二重落とし込み板耐力壁の実験により、その有効性を検討した。

3) 平成 16 年度：

過去の地震災害における住宅補修事例のデータベース化基本調査と被災者支援住宅相談情報システムの基本設計を行い、また被災者の復旧方法意思決定に関して地域性を考慮した分析を行う。軸組木造住宅の補強方法として落とし込み板壁の水平加力実験により、その効果を評価する。

4) 平成 17 年度：

被災戸建住宅の復旧プロセスに関する社会経済的影響シミュレータの開発に基づく補修・補強促進のための支援システムを検討する。

5) 平成 18 年度：

支援システムの有効性評価に基づき、地域防災計画への反映手法を提案する。

(e) 平成 15 年度業務目的

阪神・淡路大震災による被災住宅の解体・ガレキ処理に関する資料や報告等を自治体から収集し、データベース化する。解体率に関して地区別データから回帰式を求め影響要因を検討するとともに、解体原単位に関して他の地震時や平常時と比較し、その軽減策を検討する。

阪神・淡路大震災当時、復旧方法選択に関する既往の東灘区における調査データを活用し、被害程度が補修・建て替えに及ぼす影響度合いを検討する。また、復旧支援策や地域環境条件の異なる 2000 年鳥取県西部地震についてアンケート調査を実施し、住宅補助金ありの実選択と、補助金無しを想定した仮想選択について、影響要因を分析する。

既存軸組木造住宅の耐震補強工法として施工の容易な落とし込み板壁の耐震補強効果について、予備的な静的加力実験を行い壁倍率を推定する。

(2) 平成 15 年度の成果

(a) 業務の要約

1) 兵庫県南部地震における被災住宅解体がれき処理の資料分析

住宅復旧方法として修復可能な被災住宅の解体・建て替えが促進される場合、膨大な量の家屋解体と廃棄物処理が困難な課題となり、環境影響も大きいことが挙げられる。そこで阪神・淡路大震災の関連データを収集し、重回帰分析により家屋解体率推定式を導き、影響要因について検討した。宝塚市と西宮市の地区別データから、解体率は全壊率に加えて半壊率、建築年分布の影響があることを示した。また、解体原単位の報告比較から、平常時に比べて震災時のそれが数倍大きいことを示した。

2) 1995年兵庫県南部地震の住宅復旧方法選択データの分析、補修支援策の検討

神戸市の建物被災度と滅失に関する調査報告から、一部損壊や外観から被害無しの建物も多く解体滅失されたことがわかる。東灘区における既往のアンケート調査結果によれば、被害程度と復旧方法選択に相関があるものの、軽い被害でも解体建て替えの割合が無視できないことが示された。2000年鳥取県西部地震については、平成14年度の研究成果を活用するとともに、日野町・境港市において新たなアンケート調査を実施し、被害程度、経済・社会的要因と補修・建て替えの意思決定の関係を分析した。

被災住宅の補修促進のためには、補修・補強技術の改善が大切である。そこで、木造軸組工法住宅の耐震補強法として、最近注目されている「二重落とし込み板耐力壁」の実験を行った。平成15年度は半間の杉板パネルを土台・柱・梁のフレームに装着し、水平繰り返し加力実験を実施し、壁倍率2以上を有することが確認された。

(b) 業務の成果

1) 兵庫県南部地震における被災住宅解体ガレキ処理の資料分析

a) 序論

1995年1月17日午前5時46分、淡路島北部（北緯34度36分、東経135度02分）、深さ16kmを震源とするマグニチュード7.2の地震が発生した。大都市を直撃したため、240,000棟を超える家屋が全半壊し、そのうち、約110,000棟の家屋が解体申請された。

大地震が発生した場合、被災住宅の解体・撤去によって廃棄物が大量に発生し、処理を行う段階で混乱が生じることから、早急な廃棄物量の把握は、震災後の対策に大きな役割を果たすと考えられる。

2000年鳥取県西部地震については、村上ら¹⁾が解体率と廃棄物量に関する調査・分析を行った。本研究では1995年阪神・淡路大震災における被害状況、家屋解体及び廃棄物処理に関するデータや資料を収集し、それをもとに家屋解体率の推定式を導出し、解体原単位に関する比較・検討を行った。また、住宅・土地統計調査報告をもとに、兵庫県の住宅ストックの推移における震災の影響を分析した。さらに、本分析の結果を用いた廃棄物量予測のシステム化に関する考察を行った。

b) 調査方法・資料

震災当時の家屋解体と災害廃棄物処理について、県の保有・管理する情報を収集するため、2003年11月上旬に筆者（村上）が、兵庫県県土整備部県土企画局及び同健康生活部環境局を訪ね、関連する報告資料、データの提供を受けた。

また、阪神・淡路大震災発生から8年以上経過し、データ入手が困難な状況であると予想された。そこで、激甚災害の指定を受けた14市町村に対して阪神・淡路大震災における家屋解体と解体原単位に関するデータについて、2003年11月上旬に郵送にて調査を行い、8市町村から回答を得た。返答内容より2003年12月4日～5日に西宮市役所と宝塚市役所を訪問して、家屋解体率推定式の導出に必要な地区別データを頂いた。

c) 被害状況と解体作業の概要

阪神・淡路大震災では、兵庫県を中心として、多くの建物が被害を受け、それに伴い、多くの建物が解体された。表1に兵庫県9市1地域における総棟数、解体棟数、全壊棟数、半壊棟数を示す。解体棟数については、市町村に公費解体申し込み手続きを行った建物(住宅、マンション、中小企業の店舗、事務所等)を指す。神戸市は解体棟数がかなり多いことが分かる。また、全壊棟数と解体棟数が近い値をとっていることが分かる。解体建物の平均延べ床面積は木造で108㎡/棟、非木造で531.8㎡/棟となる。

図1に兵庫県内9市1地域における全半壊率を示す。被害の数でいうと神戸市が圧倒的に多いが、西宮市、芦屋市の方が全壊率が高く、深刻な被害であったと考えられる。

表1(a)(b)のデータをもとに、図2に兵庫県内9市1地域における解体棟数と、解体と全半壊の関係を示す。地域全体で約109千棟が解体され、そのうち神戸市が約57%、西宮市が約16%を占める。神戸市、西宮市、芦屋市は全半壊棟数に対する解体割合が高くなっている。これは全半壊棟数に占める全壊棟数の割合が高いためと考えられる。全半壊棟数に対する解体割合が低い尼崎市については、逆に全半壊棟数に占める全壊棟数の割合が低いためと考えられる。また、淡路地域では全半壊棟数のほぼ100%が解体された。

表1(a) 兵庫県9市1地域における解体状況²⁾、被害状況³⁾

	全棟数(棟)	全壊棟数 (棟)	半壊棟数 (棟)	解体棟数(棟)	
				木造	非木造
神戸市	462,591	61,800	51,125	58,100	3,750
尼崎市	152,507	5,688	36,002	4,744	134
西宮市	75,258	20,667	14,593	16,837	533
芦屋市	17,143	3,915	3,571	4,443	200
伊丹市	42,799	1,395	7,499	2,857	51
宝塚市	46,334	3,559	9,313	4,609	69
川西市	48,032	554	2,728	1,209	18
明石市	84,365	2,941	6,673	2,690	100
三木市	46,157	24	94	41	0
淡路地域	129,533	3,460	5,323	8,215	72
合計	1,104,719	104,003	136,921	103,745	4,927

表 1 (b) 兵庫県 9 市 1 地域における解体状況²⁾、被害状況³⁾

	平均延べ床面積 (千㎡)		家屋解体による廃棄物量 (千 t)			
	木造	非木造	木造可燃	木造不燃	非木造可燃	非木造不燃
神戸市	5,456	1,899	1,125	3,267	194	1,397
尼崎市	720	53	139	306	4	40
西宮市	2,025	321	365	799	45	421
芦屋市	553	213	99	217	31	293
伊丹市	430	26	57	160	3	33
宝塚市	630	60	113	247	3	79
川西市	112	4	20	44	0	6
明石市	325	28	86	140	4	35
三木市	5	0	1	3	0	0
淡路地域	948	16	170	444	2	20
合計	11,204	2,620	2,175	5,627	286	2,324

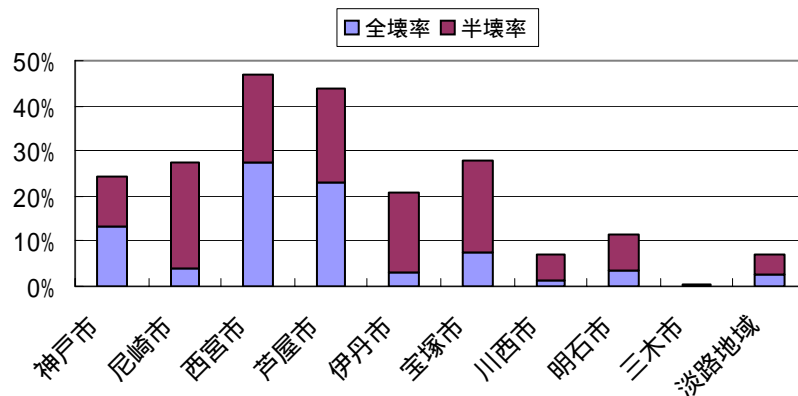


図 1 兵庫県内 9 市 1 地域における全半壊率

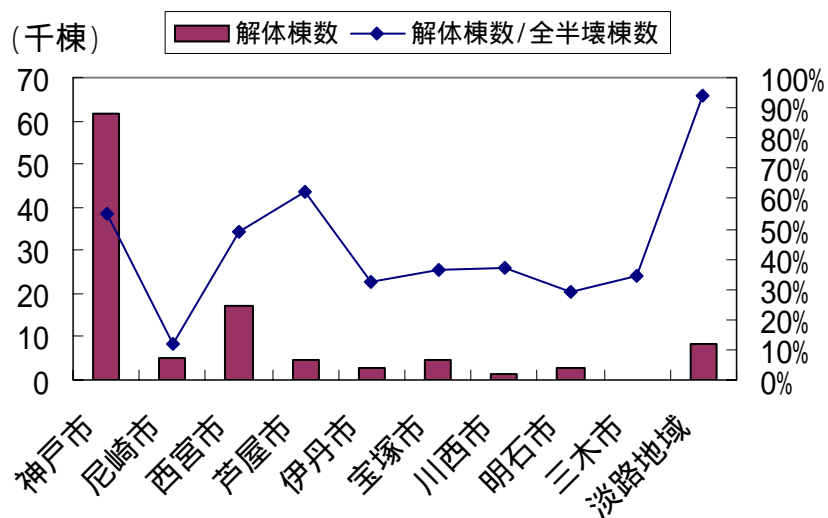


図 2 解体棟数と解体と全半壊の関係

d) 家屋解体と災害廃棄物に関する分析

1) 家屋解体率の重回帰分析

家屋解体率への影響要因として、図3が挙げられる。重回帰分析の際、考えられる影響要因のうち、データとして得られるものを独立変数の候補として、変数減少法を用いて有意水準5%のもとで家屋解体率の推定式を導出する。

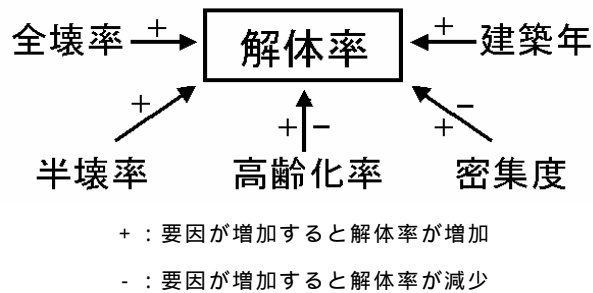


図3 家屋解体率への影響要因候補

まず、神戸市を9区に分けて兵庫県内9市1地域における家屋解体率の推定式を導出した。独立変数の候補として、全壊率・半壊率・65歳以上割合を挙げている。解体率と全壊率の散布図(図4)から、解体率と全壊率の間には正比例の関係があることが読み取れる。

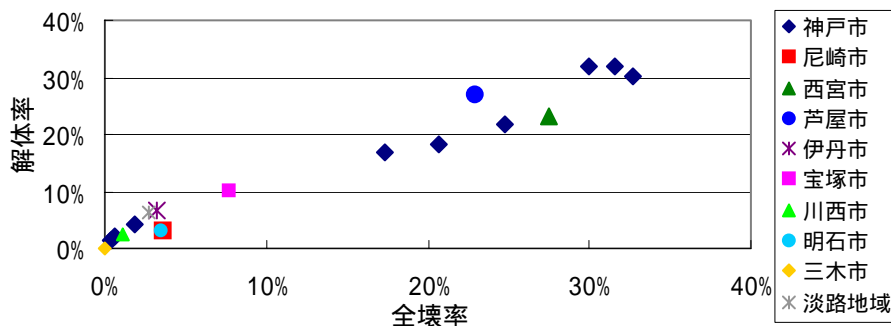


図4 解体率と全壊率の関係(9市1地域)

変数減少法を用いて、重回帰分析を行った結果、式(1)が得られた(重相関係数 $R=0.983$ 、 $N=18$ 件)。独立変数は全壊率のみとなった。これは、解体率と全壊率の相関が非常に高いためである。

$$y = 0.911 x_1 + 0.016 \quad (1)$$

y : 解体率(%) x_1 : 全壊率(%)

次に、宝塚市の地区別(町名別)における家屋解体率の推定式を導出した。ここで、本研究では地区別の総世帯数、全壊世帯数、半壊世帯数を総棟数、全壊棟数、半壊棟数に変換する係数 ($k_1 = 0.633$ [棟/世帯]) を決定し、棟数の推定を行っている。独立変数の候補として、全壊率・半壊率・65歳以上割合・75歳以上割合・人口密度・建物密度を挙げている。解体率と全壊率の散布図(図5)から、解体率と全壊率の間には正比例の関係があることが読み取れる。

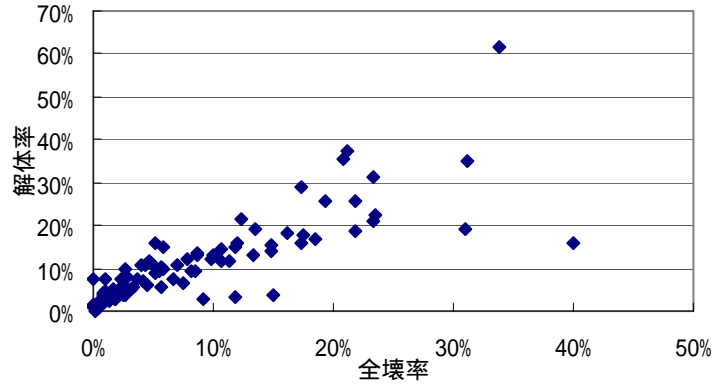


図5 解体率と全壊率の関係（宝塚市）

9市1地域の場合と同様に、重回帰分析を行った結果、式(2)が得られた(重相関係数 $R=0.831$ 、 $N=92$ 件)。この式から、全壊が修復不能により近く、解体される確率が約88%と高く、半壊も約12%の確率で解体に至ることが分かる。

$$y = 0.881x_1 + 0.116x_2 + 0.013 \quad (2)$$

y : 解体率(%) x_1 : 全壊率(%) x_2 : 半壊率(%)

次に、西宮市の地区別(町丁目別)における家屋解体率の推定式を導出した。変換係数は $k_2 = 0.536$ [棟/世帯]である。独立変数の候補として、全壊率・半壊率・木造率・終戦前建設割合・1981年以前建設割合を挙げている。解体率と全壊率の散布図(図6)から、解体率と全壊率の間には正比例の関係が読み取れるものの、9市1地域(図4)や宝塚市(図5)に比べてばらつきが大きい。

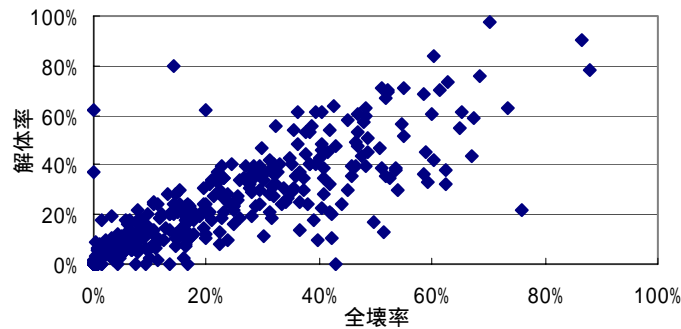


図6 解体率と全壊率の関係（西宮市）

同様に重回帰分析を行った結果、式(3)が得られた(重相関係数 $R=0.854$ 、 $N=383$ 件)。この式から、全壊率、半壊率の寄与が大きいこと、また、終戦前割合の値が10%(標準偏差に相当)増加すると解体率が約4%増加する程度の影響があることが分かる。

$$y = 0.780x_1 + 0.172x_2 + 0.380x_3 + 0.001 \quad (3)$$

y : 解体率(%) x_1 : 全壊率(%) x_2 : 半壊率(%) x_3 : 終戦前建設割合(%)

2000年鳥取県西部地震との比較を行うため、兵庫県内9市1地域のうち、宝塚市、西宮市については、地区別に細分化したデータ($N=495$ 件)を用いて、独立変数を全壊率、半壊率と固定して重回帰分析を行う。図7に、解体率と全壊率の関係を示す。

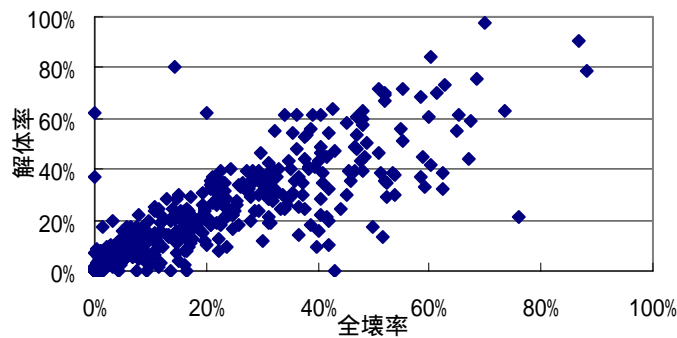


図7 解体率と全壊率の関係（阪神・淡路大震災）

重回帰分析の結果、式（4）が得られた（重相関係数 $R=0.848$ 、 $N=495$ 件）。この式から、解体率には全壊率の寄与分が大きいことが分かる。

$$y = 0.850x_1 + 0.143x_2 + 0.017 \quad (4)$$

y : 解体率 (%) x_1 : 全壊率 (%) x_2 : 半壊率 (%)

また、2000年鳥取県西部地震における、鳥取県内7市町村と日野町25地区について、目的変数を解体率、独立変数を全壊率、半壊率と固定して重回帰分析を行った結果、次の重回帰式（5）が得られた¹⁾。この重回帰式においても、全壊率が解体率に大きな影響を与えていることが分かる。

$$y = 0.848x_1 + 0.063x_2 + 0.016 \quad (5)$$

y : 解体率 (%) x_1 : 全壊率 (%) x_2 : 半壊率 (%)

表2に、1995年阪神・淡路大震災と2000年鳥取県西部地震における解体率推定式の偏回帰係数の比較を示す。全壊率の係数、定数項は両地震でほぼ一致しているが、半壊率の係数は、阪神・淡路大震災（都市部で発生）が鳥取県西部地震（地方で発生）の約2.3倍となっている。

表2 解体率推定式の偏回帰係数

	全壊率	半壊率	定数項
阪神・淡路大震災	0.850	0.143	0.017
鳥取県西部地震	0.848	0.063	0.016

）住宅ストックの平均更新率と解体率の関係

住宅土地統計調査の報告⁴⁾⁵⁾⁶⁾をもとに兵庫県における5年ごとの住宅ストックの推移を比較した。その結果、阪神・淡路大震災の影響がある5年間（1993年～1998年）の取り壊し戸数（280,000戸）は、平常時（1988年～1993年）の取り壊し戸数（115,900戸）と比較して2.4倍に達することが分かった。

図8に1993年から1998年における被災各市の建設年代ごとの住戸減少率を示す。ほとんどの市において、1945年以前に建築された建物は半数以上減少していることが分かる。この5年ごとの統計結果から、阪神・淡路大震災において、古い建物ほど減少率が高いことが推測できる。また、1981年から1990年に建設された建物は、ほとんど減少していないことから、震災の影響は小さかったと推測できる。

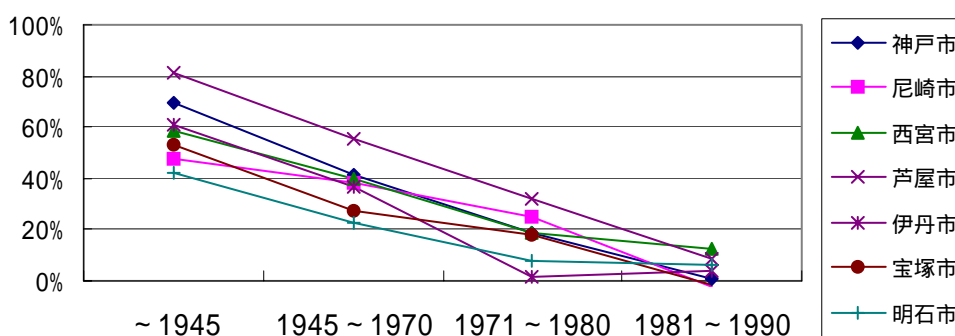


図8 各市の建設年代ごとの住戸減少率（1993年～1998年）

）解体原単位

本研究では、(6)式により廃棄物の原単位を求める。

$$\text{解体原単位} = \frac{\text{廃棄物量 (tまたは} m^3)}{\text{家屋の解体面積 (} m^2)} \quad (6)$$

廃棄物処理の実績に基づく解体原単位（表1の廃棄物量を面積で割ったもの）と、震災当初計画の推定解体原単位⁷⁾の比較を示す（表3）。宝塚市を除けば、ほぼ推定があたっていることが分かる。しかし、尼崎市の木造可燃、芦屋市と伊丹市の木造不燃のように推定解体原単位が廃棄物処理の実績に基づく解体原単位よりも低いことが問題である。なお、伊丹市の解体原単位は木造可燃も不燃も他の市より小さいが、これは中間置場が狭く分別を徹底したことの効果と指摘されている²⁾。

表3 実績に基づく解体原単位と推定解体原単位の比較

	解体原単位 (t/m ²)		推定解体原単位 (t/m ²)	
	木造可燃	木造不燃	木造可燃	木造不燃
尼崎市	0.193	0.425	0.140	0.430
西宮市	0.180	0.395	0.179	0.390
芦屋市	0.179	0.392	0.187	0.348
伊丹市	0.134	0.373	0.150	0.345
宝塚市	0.179	0.392	0.230	0.530

阪神・淡路大震災における解体原単位を、実績に基づく9市1地域全体の廃棄物総量、解体総床面積より求めた。木造、非木造の解体原単位の比較をそれぞれ図9、図10に示す。想定東海地震の静岡県推定⁸⁾については、可燃・不燃の区別がなかったため、両者をまとめて表記する。平常時と比較すると、木造不燃では約2.5倍の値を、木造可燃と非木造可燃では約2倍の値を、非木造不燃ではほぼ同じ値をとっている。鳥取県西部地震については木造可燃の解体原単位が0.59m³/m²と、容積で報告されているため、阪神・淡路大震災において兵庫県が提示した木造可燃の解体原単位⁹⁾より比重を求め変換している（比重 = 0.179 / 0.470 = 0.381 t/m³）。木造の解体原単位に関して、阪神・淡路大震災（都市部）と鳥取県西部地震（地方）の値を比較すると、前者が後者に対して可燃では約0.03小さく、

不燃では 0.03 大きいことが分かる。これは、鳥取県西部に伝統的な木造住宅が多いためであると考えられる。

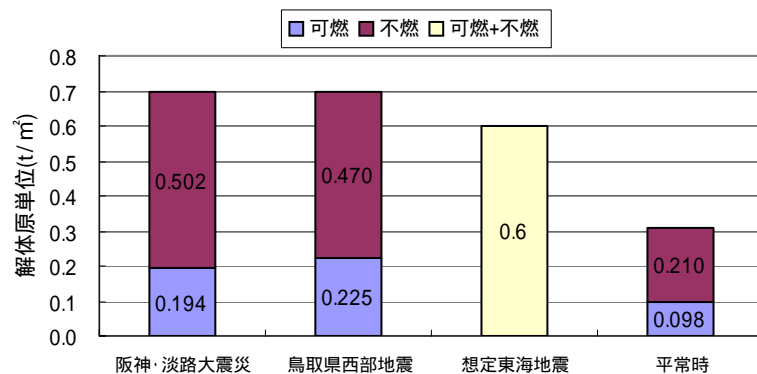


図 9 木造の解体原単位の比較

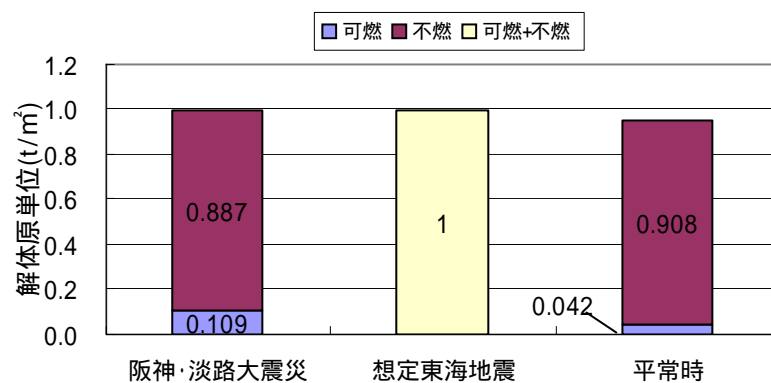


図 10 非木造の解体原単位の比較

）廃棄物量予測のシステム化に関する考察

神戸復興誌¹⁰⁾にも述べられているように、大震災が発生した場合、要解体家屋数の把握とガレキ発生量の予測は必要不可欠であり、阪神・淡路大震災においては、実際に全半壊棟数からの要解体棟数、構造別 1 棟あたりの標準面積、構造別 1 棟あたりの標準ガレキ発生量などの予測が困難であったという事実がある。

そこで、本研究の成果をもとに廃棄物量予測のシステム化に関する考察を行った(図 11)。家屋解体率の推定式を用いることにより、地域特性に応じた要解体家屋数を推定し、また、解体原単位を用いることにより、木造・非木造建物の解体による廃棄物(ガレキや木くず)発生量の予測が可能となる。

e) 結論

本節では 1995 年阪神・淡路大震災により被災した家屋の解体と災害廃棄物に関する資料を収集し、分析した。解体率には全壊率と半壊率の寄与分が強く、地域によっては終戦前割合の影響が見られる。半壊率の偏回帰係数は鳥取県西部地震に比べ阪神・淡路大震災の方が大きい。住宅土地統計調査をもとに、震災を含めた 5 年間の、市町村別住宅戸数の

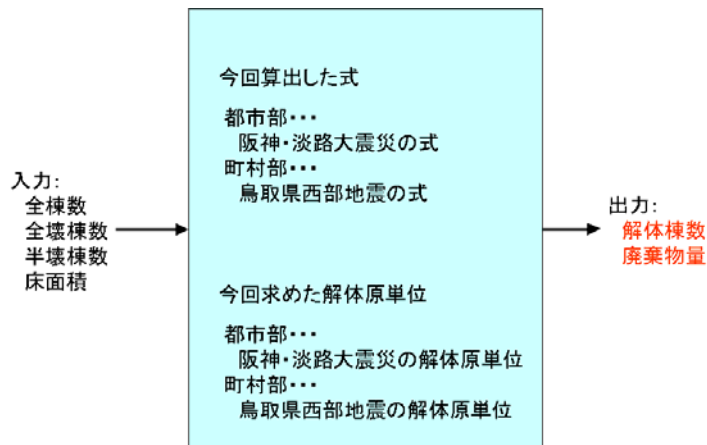


図 11 解体棟数と廃棄物量予測システムの設計

推移を分析した結果、古い建物が多く取り壊されたという傾向が顕著に見られた。震災時の解体原単位は非木造不燃を除き平常時の2~2.5倍に達し、鳥取では阪神より木造可燃が大きい。また、分析結果をもとに、廃棄物量予測のシステム化に関する考察を行った。

今後の課題として、家屋解体率に対する他の影響要因を考慮することによる推定式の改善、解体率低減方策の検討、解体家屋のうち木造・非木造の比に関する検討、災害時の解体原単位に関する検討、廃棄物量予測のシステム化が挙げられる。

2) 1995年兵庫県南部地震の住宅復旧選択に関する検討

a) 神戸市の建物被災度と滅失状況

神戸市復興誌¹⁰⁾の報告をもとに、神戸市における建物被災度と滅失の関係を検討する。震災復興都市づくり特別委員会が行った建物被災状況調査と兵庫県都市住宅部計画課の補完調査をもとに、神戸大学グループがGIS情報化を行い、この結果を受けて神戸市住宅局が建物ポリゴンに構造や建築年次などの建物属性を与えた。

被災度判定結果と滅失の関係(図12(a))を見ると、被災度が上がる程、滅失の割合が高くなるのは順当であるが、半壊で40.2%、一部損壊で16.1%、被害無しで7.3%の建物が滅失したことがわかる。また、滅失建物全体における被災度構成(図12(b))をみると、全壊と全半焼が過半数を占めるものの、一部破損、外観上被害無し、未調査建物合わせて26.2%に達することがわかる。

b) 東灘区アンケート結果にみる被災住宅の復旧方法選択

兵庫県南部地震による被災住宅の復旧状況を分析するにあたって、守田¹¹⁾が神戸市東灘区において実施した「1995年兵庫県南部地震における住宅の補修・取り壊しに関するアンケート調査」が有用である。被災した住宅の構造的被害程度と実際の復旧状況との相関関係を見るために、アンケート調査において質問項目にあった罹災証明の内容・被災程度の選択と復旧選択のデータ(総数220件)の集計結果を活用した。調査結果の詳しい分析については、村上・守田¹²⁾を参照されたい。

建物の滅失状況(東灘区～須磨区)

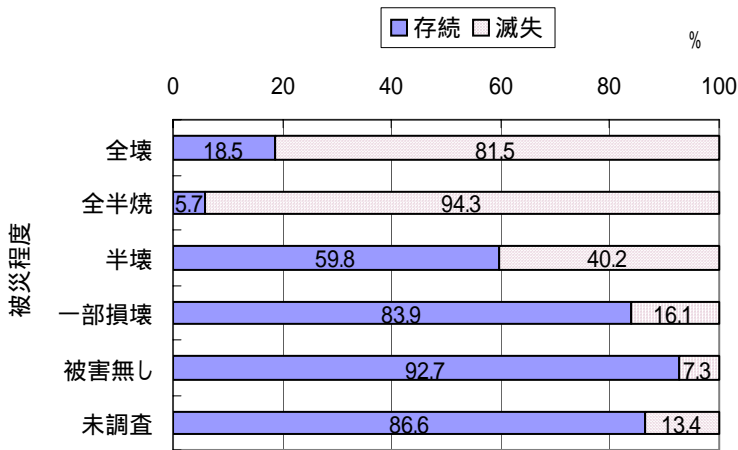


図 12(a) 建物被災程度と滅失状況¹⁰⁾

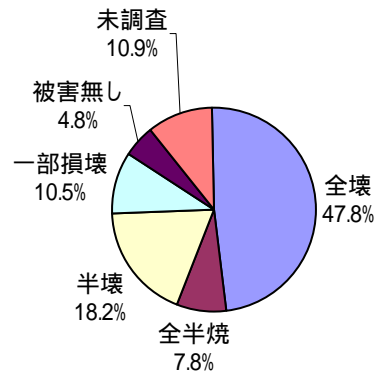


図 12(b) 滅失建物の被災度別棟数割合¹⁰⁾

罹災証明の判定と実際の復旧方法との関係を図 13 に示す。罹災証明において、全壊の判定を受けて被災住宅の新築（以下建て替えと称す）を決意し、実際に建て替えを選択している世帯は、124 世帯中 95 世帯（全壊と判定された世帯の約 77%）であり、やはり住宅の被災程度が全壊と判断される程の被害を受けた場合は、建て替えを選択せざるを得ない状況に追いやられることが伺える。半壊と判定されている世帯 41 世帯に着目してみると、最も高い割合となっているのは「補修」を選択した世帯の 27 世帯（半壊と判定された世帯の約 66%）であり、「建て替え」を選択している世帯は 6 世帯（41 世帯中の約 14%）とあまり多くはない。これは、罹災証明の認定基準において、半壊と判定される住宅の被害程度がそれ程高くない値に設定されていることから、「半壊」といっても実際には、被害程度がそれ程大きくはない世帯がある事も理由の一つと考えられる。しかし、罹災証明の「全壊」となると、「半壊」・「一部破損」という判定とは住宅が受ける実際の被害が異なり、「全焼」にいたっては、6 世帯中 6 世帯が建て替えとなっている。

罹災証明と復旧方法選択(東灘アンケート)

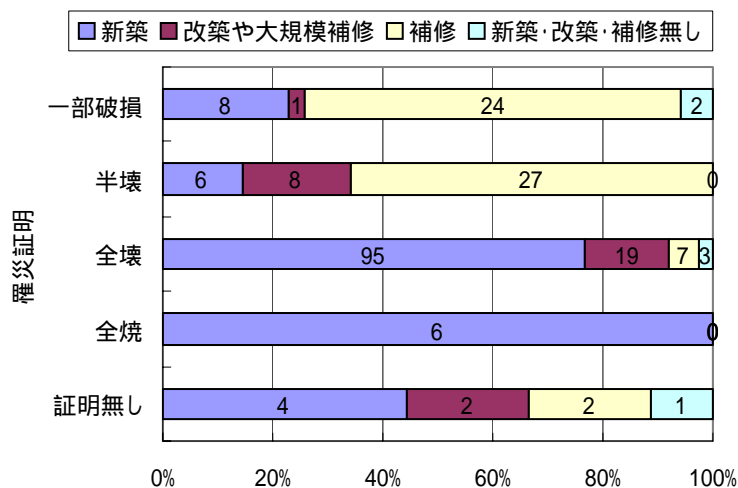


図 13 罹災証明の結果と復旧方法選択（有効回答 N=215 件）

しかし、注目すべき点は、罹災証明の判定結果が「全壊」であるにもかかわらず復旧方法として「改築・大規模補修」、「補修」を選択している世帯や、「一部破損」の判定結果であるにもかかわらず「新築」を選択している世帯が存在することである。

次に、アンケート質問項目の被災程度と復旧方法との関係を図 14 に示す。守田は、上表の被災レベルについては、視覚的に見て判断できるよう、岡田・高井¹³⁾の木造住宅における破壊パターンの模式図をアンケートに採用している(図 15)。図 15 の被災程度 6・7 は住宅が殆どつぶれてしまっている事から、生活のしようがなく、建て替えの可能性が高いことは容易に予想がつく。表 2.2 から被災程度 6・7 に該当する世帯の復旧方法は、「新築」が合わせて 61 件となり、被災程度 5 の「新築」を選択した世帯と合わせると 96 件となる。住宅の被災程度と復旧方法との関係においては、住宅の 1 階部分が大規模変形・傾斜、つぶれてしまっているものは、建て替えを選択せざるを得ないことが見て取れる。また、被災程度 5 に注目してみると、「新築」を選択している世帯の割合が、被災レベル 6・7 の「新築」を選択した世帯の割合と同等とまではいかないが、60% と高い割合となっており、被災レベル 5 の住宅被害ならば、建て替えを選択しなければならない状況もかなり生ずると考えられる。しかし、被災レベル 5 において、「改築や大規模補修」を選択した世帯の割合が約 23%、「補修」を選択した世帯の割合が約 14% あり、また被災レベル 1, 2, 3 にもかかわらず「新築」を選択している世帯の割合がそれぞれ 20% ~ 30% 強も存在する。これには、世帯の何らかの事情により、この選択をしたと考えられる。

被害程度と復旧方法選択(東灘区アンケートより)

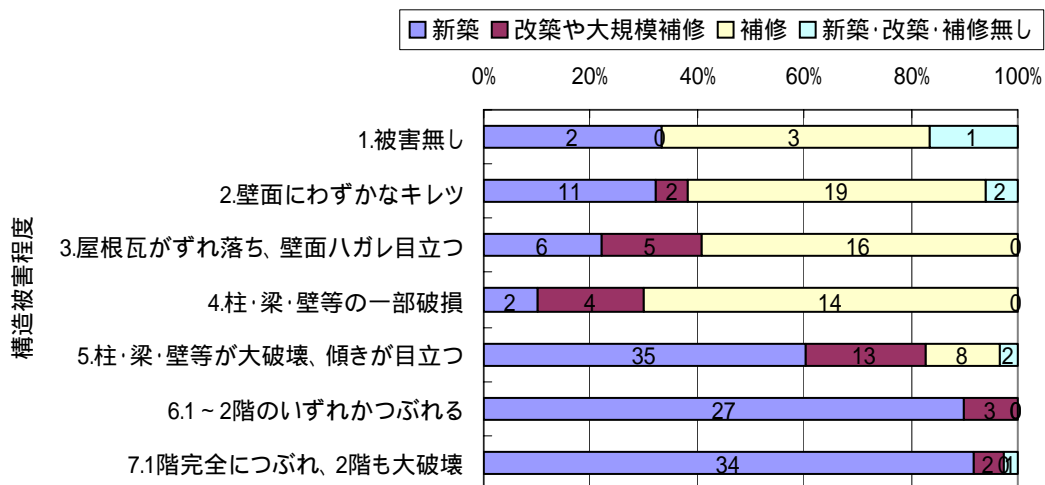


図 14 構造的被災程度と復旧方法選択の関係(有効データ N=212 件)

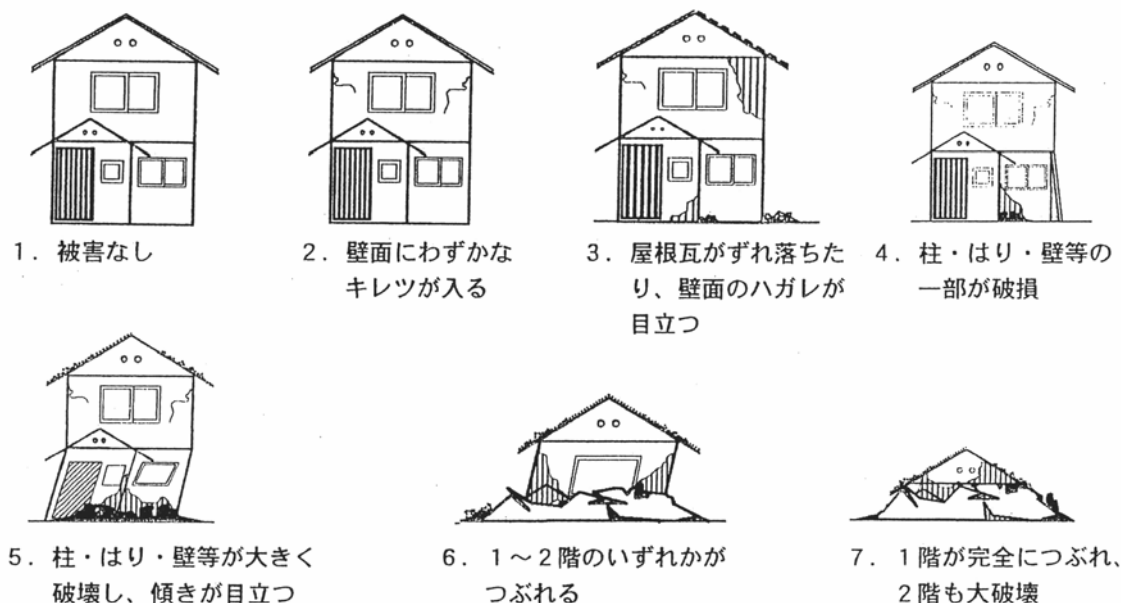


図 15 東灘アンケートに掲載の木造住宅における破壊パターン模式図¹³⁾

c) まとめ

神戸市の建物被害程度と滅失建物数に関する調査結果から、被災程度の軽い建物も多く解体されたことが報告されている。また、東灘区における住宅再建意思決定に関するアンケート結果を引用し、罹災証明や構造的被災程度と補修か建て替えかという復旧方法は相関が高いものの、軽度の被害で建て替えた割合も相当高いことが示された。地震により、住宅に被害を受けた被災者が、住宅を復旧するにあたり、建て替えるか改築・補修するかのどちらを選択するかは、住宅の構造的被害とは別に、被災者個人の家庭や経済的事情も当然影響している。しかし、公的な住宅相談の支援情報が乏しい場合、住宅の構造的被害程度を被災者個人で観察し、復旧方法を決定する場合は、被害が小さくても不安に感じて建て替えに傾く事もあると思われる。そこで、被災者に対し、補修がどのくらい可能であるのか、どのような補修方法が妥当かという判断情報を提供する事が大切であると考えられる。

3) 2000年鳥取県西部地震後の住宅復旧方法選択の要因分析

a) はじめに

大地震による住宅への被害に対する事前対策としては、耐震診断や耐震補強、地震保険等への加入が挙げられる。これらの対策が事前になされるか否かについては、個人の防災意識によるところが大きい。そのため、これまでの地震防災行政において、個別住宅の被害については自己責任の範疇の問題とされてきた。

大規模地震の被害では人的被害の影響が大きいのは当然だが、家屋への被害が地域経済に与える影響も大きく、無視することはできない。家屋の被害程度により居住が困難となり、その地域での住宅再建が不可能となれば、当該地域から転居することも考えられる。

地震後の人口流出が大きい場合、中山間地域などにおいてはコミュニティの維持が困難な状態に陥るかもしれない。これは、地震後の住宅再建の問題が、個人の自己責任の問題にとどまらず、地域社会の問題ともなり得ることを示している。従って自治体が事前対策の促進のための措置をとる必要がある。

自治体の地震への防災策としては、近い将来発生するとされる東海・東南海地震の影響があると予測される静岡県等では、耐震診断・耐震補強の実施を市民に呼びかけ、補助制度を創設している¹⁴⁾。補助金制度の創設は、住民の耐震補強等に対するインセンティブの変化をもたらしていると考えられる。一方、事後的な施策として、地震前後での地域社会の変化を最小限に抑えることも重要である。

地震後の自治体の復旧対策として先駆的事例となったのが、鳥取県が鳥取県西部地震の際に創設した「鳥取県西部地震住宅復興補助金」¹⁵⁾である。これにより初めて個人資産(家屋)の復興に自治体の補助が当てられることとなった。この後、宮城県が2003年宮城県北部地震において類似した政策を実施¹⁶⁾、また国会でも被災者生活再建支援法改正案(最高200万円を支援する「居住安定支援制度」を柱とする)が施行される等¹⁷⁾、住宅再建への国や自治体の支援制度は広がっている。

鳥取県の住宅復興補助金はコミュニティの維持という面で高い評価を得ている¹⁸⁾。一方で今後このような事後対策を充実させることによって、住民の間に事後対策に対する期待が高まり、住民の防災(事後対策)に対する意識に変化をもたらすことも予想される。

本研究では、鳥取県日野郡日野町及び境港市でアンケートを実施し、住民が新築・補修・さらには転居の選択を決定する際に影響を与えると予想される要因を調査する。その上で、回答者の選択を基に離散選択モデルを構築し、被害家屋が建替え(新築)に至る要因を明らかにする。さらに、鳥取県が実施した住宅復興補助金制度の効果を検証することを目的として、補助金制度が存在しなかった場合の家屋再建を巡る選択に影響を与えた要因を明らかにする。その結果に基づいて再建の意思決定要因から補助金を含めた今後の地震防災対策のあり方について知見を導出する。

b) 鳥取県西部地震被災地におけるアンケート調査

) 鳥取県西部地震の概要

2000年10月6日鳥取県西部(西伯町)を震源とする直下型地震が起こった。この「鳥取県西部地震」は震源の深さ10km、地震の強さを示すマグニチュードは7.3、最大震度は日野町と境港市で観測された震度6強と日本海側では最大級の地震であった。幸い死者数はゼロであったが、負傷者は鳥取県の106名を最多に、近県8県と合わせ計147名であった。家屋への被害は、全体で全壊411棟、半壊2,909棟、一部破損15,937棟であり、境港市等では液状化の被害も発生した。

住宅復興補助金は鳥取県西部地震において被害を受けた住宅に関して、自らの居住に供する住宅の建設・購入又は補修を行う場合に補助金を交付する制度である。補助金制度の概要は表4に示すとおりである。この制度は現地再建を誘導し、早急な復興を行うために、補助金の請求期限を住宅建設補助金で3年、住宅補修補助金で2年と定め、その定められた期限までに再建工事を完了させなければ、被災者は補助金を受給することができない。

表4 住宅復興補助金の概要

区分	補助金対象限度額	補助金対象範囲	負担割合
建設	300万円	住宅の新築、既存の住宅面積の5割以上の建替え又は購入	県 2/3 *居住していた市町村内に建設・購入する場合に限る。
補修	150万円	住宅の補修又は既存の住宅面積の5割未満の建替え	50万円以下：県 1/2 50万～150万円以下：県 1/3 *敷地内の浄化槽、給排水設備、電気設備、ガス設備の補修を含む。
液状化復旧	150万円	液状化によるものの基礎の復旧(地盤補強、住宅の整地等を含む)	50万円以下：県 1/2 50万～150万円以下：県 1/3
石垣関連	150万円	被災に係る面積部分のみ。従前の石垣等の復旧に要する工事費まで	県 1/3

)アンケートの概要

本研究では住宅復興補助金の効果による住民の住宅再建についての意思決定の変化(新築・補修等)、及びその決定要因を求めるため、補助金制度が無いと仮定した場合の再建のあり方について調査する必要がある。そこで住宅復興補助金が交付された鳥取県の鳥取県西部地震の被災者を対象にアンケートを行い、データを収集した。

アンケートを配布する対象とした地域は、「住宅被害の大きかった地域(住宅被害を受けた世帯の割合が高い地域)」である必要がある。また「都市と中山間地域」の住民で選択に違いが生じるのかを検討するため、異なった地域でアンケート配布を行う必要がある。従って対象とする地域を境港市と日野町(根雨・黒坂・下榎)とし、その地域の世帯にアンケートを配布した。

配布方法は該当地域のお宅に訪問し、このたびの調査の説明とお願いをし、不在のお宅には留め置く方法でアンケート用紙と返信用封筒を配布した。

本調査のアンケートは以下の内容で構成した。

- 住宅の築年数
- 事前の防災対策の実施・内容
- 家屋への被害の有無
- 避難生活の有無
- 罹災(りさい)証明による被害の程度
- 被害箇所及び補修箇所
- 再建の方法(新築・補修・転居・補修無し)
- 住宅復興補助金の受給
- 再建に要した費用
- 再建に使用できたであろう自己資産の上限
- 住宅復興補助金制度が無かった場合を仮定しての再建のあり方
- 鳥取県西部地震後の防災対策・防災意識
- 家族構成
- 世帯主の性別・年齢・職業

以下では各設問の選択肢を示す。

- Q1 住宅の鳥取県西部地震時点での築年数
この設問は築年数の長い家ほど被害の程度(全壊・半壊)に関わらず新築を行う傾向にあるのか否かを検証するものである。
- Q2 鳥取県西部地震以前に地震に対する住宅の安全性の確保のために行っていたこと(事前の対策)
(選択肢:地震保険への加入、JA 共済への加入、耐震診断の受診、耐震補強の実施)
これは事前対策を講じていた場合とそうでない場合で再建方法に違いが生じるのかを検証するための問いである。補助金制度が存在しない場合に、事前の対策の有無が自主再建の可否に影響を与えるという仮説を検証することも、この設問の目的である。
- Q3 地震による家屋への被害の有無
- Q4 地震後の避難生活の状況
(選択肢:避難していない、親戚の家、知人の家、仮設住宅)
被災直後の居住形態がその後の住宅再建に影響を与える可能性を考慮した設問である。
- Q5 罹災証明での被害程度
(選択肢:全壊、半壊、一部破損、受けず)
半壊及び一部破損と診断されている場合に、再建方法を新築とした要因が何であるのかなど、再建方法の傾向を見て取るための重要な要素である。
- Q6 被害が生じた箇所(家屋)
(選択肢:基礎・土台、壁、柱・はり、屋根、地盤・石垣、浴室設備等)
住宅の構造上主となる部位(基礎・土台、柱・はり)とその他の部位で、被害箇所により再建方法に違いが生じるのかを検証するための設問である。
- Q7 再建方法
(選択肢:新築、補修、転居、補修無し)
- Q8 補修箇所
(選択肢:Q6 に同じ)
- Q9 補助金の受給について
(選択肢:住宅建設補助金、住宅補修補助金、液状化補助金、石垣補修補助金)
- Q10 再建に要した費用
(選択肢:0～100 万円、100～500、500～1,000、1,000～1,500、1,500～2,000、2,000 万円～)
- Q11 再建に支出可能であったと思われる予算の上限
(選択肢:Q10 に同じ)
- Q12 補助金制度が無いと仮定した場合の、再建方法
(選択肢:自己負担での新築、補修、復旧の断念、転居)
- Q13 地震後に行った地震への対策
(選択肢:Q2 に同じ)
- Q14 地震に対する備え
(選択肢:危険防止策、水・食料の確保、等)
Q13 及び Q14 は、地震後の防災意識の変化に関する設問である。

Q15 世帯構成(年齢別人数)

(選択肢:10歳毎)

家族構成の違いにより再建の方法に差異が現れるかを検証するための設問である。

Q16 主に収入を得ている人について

性別 (男・女)

年齢 (10代、20代...)

職種 (会社員、公務員、農業・林業、パート、無職(年金生活))

これは世帯主の年齢や収入の獲得状況が住宅再建にもたらす影響を検証するための設問である。

)アンケートの実施

アンケートの配布は境港市及び日野町を合わせて965世帯に12月7日、12月13～17日の期間に実施した。各地区の世帯数の違いを考慮して表2に示すような配布数を設定した。

12月末までの返信封筒の回収を行った結果、371世帯の家屋所有者から回答を得ることができた。配布数965部、回収数371部で回収率は38.4%であった。た各地区別の回収数及び回収率を表5に示す。

表5 地区別の配布数及び回収率

地区	配布数	回収数	回収率(%)	被害有回答数
下榎	60	24	40	24
黒坂	162	84	46.6	78
根雨・野田	253	118	51.9	112
境港	490	145	29.6	106
計	965	371	38.4	320

c)アンケート調査の集計結果

アンケートの回収数は上記のとおりであるが、本研究では住宅復興補助金が再建の意思決定に与える効果を調査することが目的であるため、「住宅に被害が生じた」と回答されたものを利用して分析を進める。従ってここで利用するデータは、回収された371件のうちアンケートQ3において「被害有り」とされた320件である。それらを各設問について集計結果をまとめ、図16～図32に示す。これらの図については、択一式の設問では百分率を用い、重複解答を含む設問では各選択肢についての件数を棒グラフとして示す。以下では各設問の集計結果を示す。

Q1：築年数(図16)

図1から、築年数50年までの住宅が大半を占めることが見て取れる。しかし、日野町では100年を超える家屋も少なくない。

Q2：事前対策(図17)

地震保険とJA共済などの関係として、一般に都市部では地震保険の加入率が高く、地方であるほどJA共済などへの加入の割合が高くなる傾向がある⁶⁾。今回の結果では地震保険への加入率は14%、JA共済については40%である。これは、鳥取県の地域性を示すものである。また中山間地域である日野町に限ればJA共済への加入世帯数が56.5%とより高くな

り、前述の傾向が如実に現れている。

また、耐震診断を受診している世帯は1%余りであり、鳥取県西部地震の発生した地域は東海・東南海地震の警戒地域と離れていることもあったためか、防災への意識はやや低かったと推測される。耐震補強についてもリフォームや増改築に併せての場合が多く、耐震補強に限って行っているケースは少ないようである。

Q4：避難状況（図18）

今回の結果では避難生活を行った世帯が少なかった。これは避難生活を行うような被害状況であったという世帯は、同地区での再建が不可能で転居をしている可能性も高く、従って絶対数が減ってしまったとも推測できる。

Q5：罹災証明（図19）

全体の8割の世帯が全壊・半壊・一部破損のいずれかの罹災証明を受けており、この地震ではほとんどの住宅に何らかの被害があったと言える。

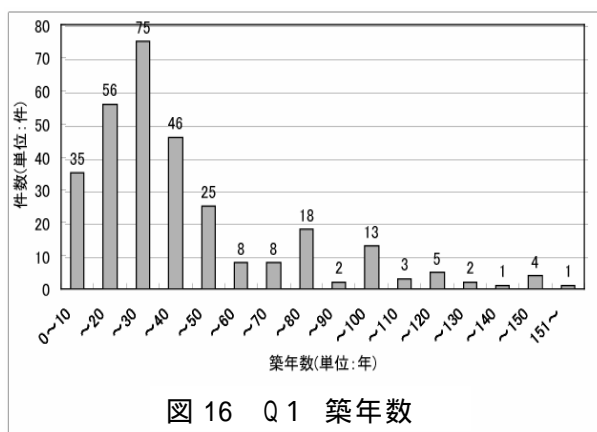


図16 Q1 築年数

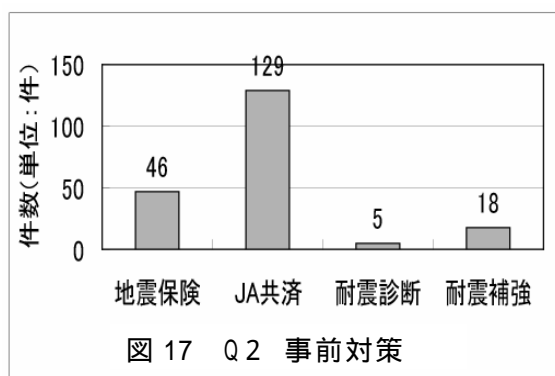


図17 Q2 事前対策

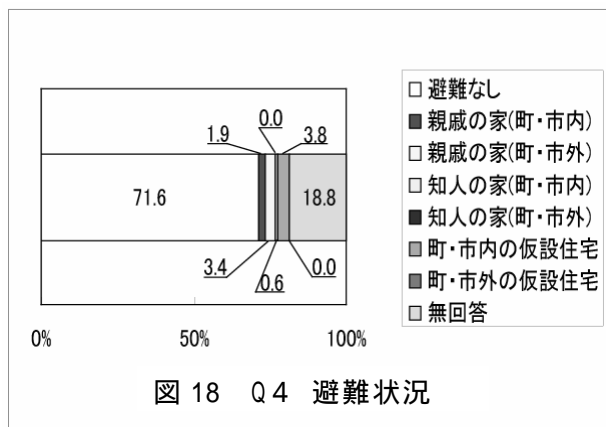


図18 Q4 避難状況

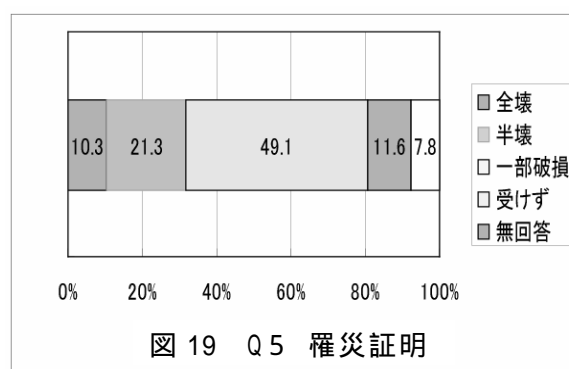


図19 Q5 罹災証明

Q6：被害箇所（図20）

半分以上の世帯で壁や屋根に被害があったことがわかる。

Q7：再建方法（図21）

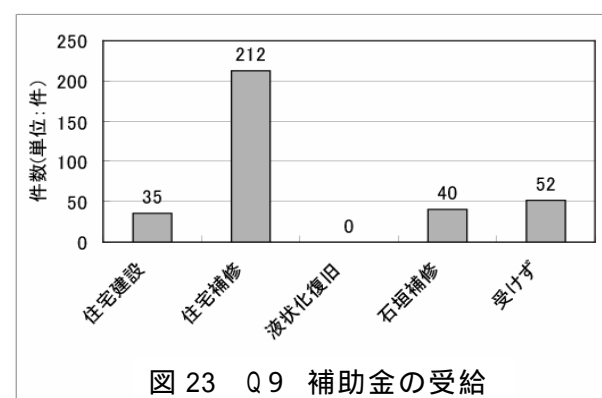
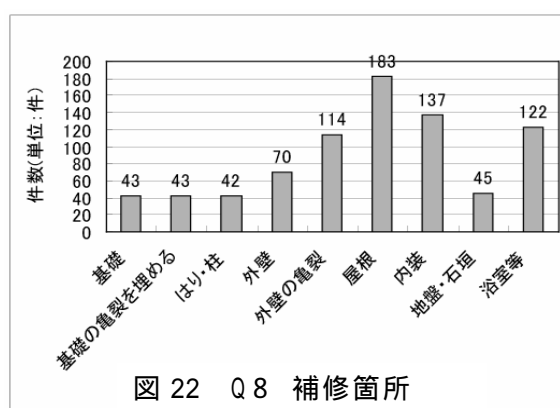
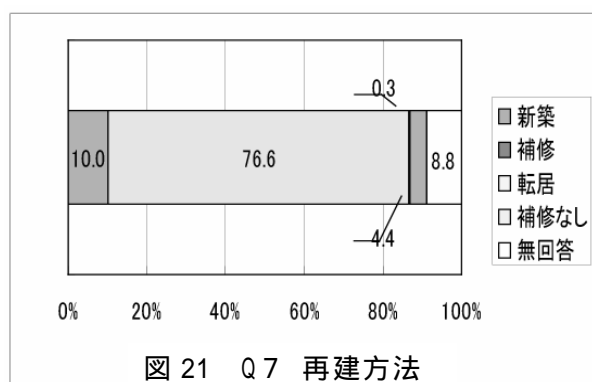
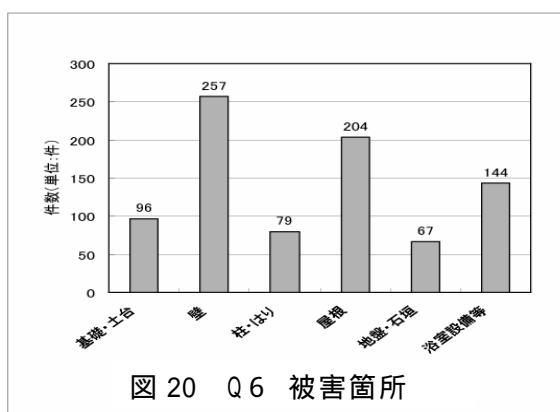
Q5と比較すると、ほぼ罹災証明の判定に基づいて再建を行っていると言えられる。すなわち全壊の判定を受けた世帯の割合と新築をした世帯の割合がともに10%であり、半壊または一部破損の判定を受けた世帯の割合と、補修をした世帯の割合がともに70%強である。従って罹災証明は再建の意思決定に与える効果が大きい要素であると言える。

Q8：補修箇所（図22）

Q6の結果と比較すると、被害数と補修した件数がほぼ対応しており、被害のあった箇所にはどの世帯でも何らかの補修がなされているということになる。これは復興補助金の効果があったといえることができる結果であるとも考えられる。

Q9：補助金の受給（図23）

Q5、Q7と同じ傾向が現れている。すなわち、住宅建設補助金(新築に対して支給)を受けた世帯の割合は、全壊判定を受けた世帯の割合及びQ7で新築を選択した世帯の割合とほぼ同じ(10%前後)であり、住宅補修補助金を受けた世帯の割合は、半壊・一部破損判定及びQ7で補修を受けた世帯の割合と同じ70%前後である。ほぼ罹災証明の判定に基づき再建の方法が選択され、多くの世帯が対応する補助金を受けていることがわかる。ここから、全壊判定を受けた世帯は家屋を新築し、半壊・一部破損の判定を受けた世帯は補修を選択したという可能性が指摘できる。液状化復旧補助金の回答がなかったのは、液状化が発生した地域(主として米子市)でアンケートを配布していないことによる。



Q10・Q11：再建にかかった費用と地震当時支出可能であったと思われる予算（図24、図25）

今回のアンケートで最も回答していただくのが困難であろうと予測していた設問がQ11である。Q11の意図は、住宅の復旧に実際に要した費用(Q10)とは別に、「当時自己資金として支出可能であったであろう最高金額」を知ることにある。しかし、以下に示す要因等により、正確な自己資金の上限を知ることは困難であると考えられる。

自らの経済状況に関するプライバシーを侵害されることを懸念し、回答を拒否

した世帯が多く存在したと考えられること。

自己資金の総額を回答することは困難で、実際に再建に要した金額(Q10 の回答)に依存した回答となることが予測されること

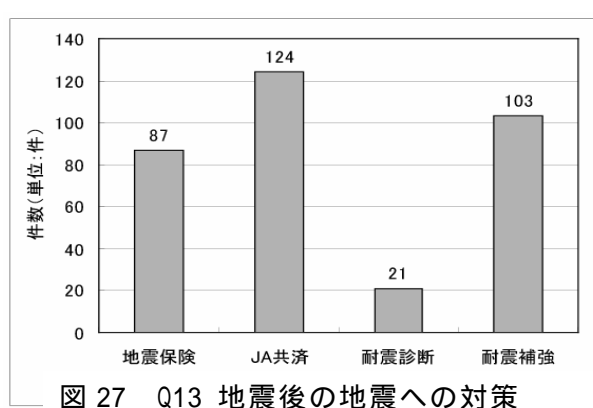
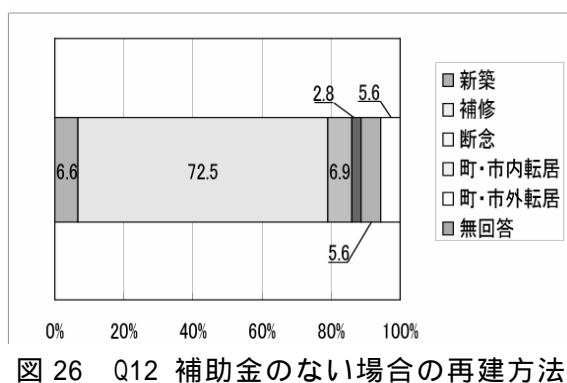
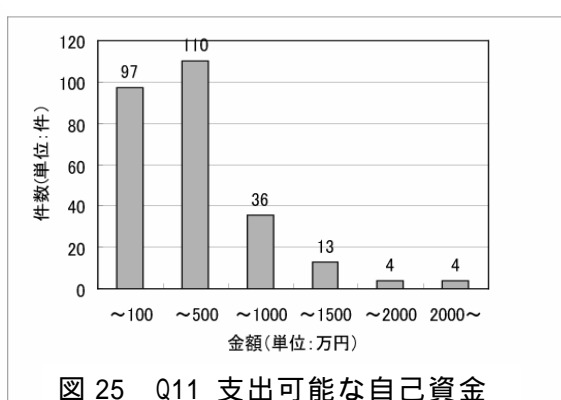
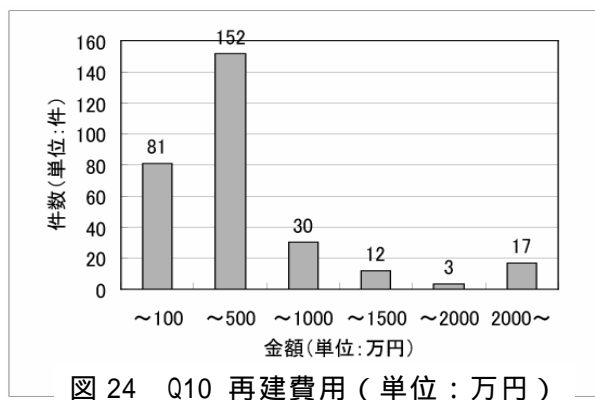
Q 10 と Q 11 はほぼ同様の結果とも見ることができる。

Q 12：補助金制度が無いと仮定した場合の再建方法の決定（図 26）

Q 7（図 19）と比較すると、補助金制度が無い場合、新築・補修の項目でそれぞれ数%であるが実際の行動よりも減少している。減少分は自己再建の断念・転居に転移していることがわかる。ほとんどの場合、原則としてそれまでの居住地・その土地での再建を可能な範囲で実施すると見られる。しかし約 15%の世帯が再建を困難と判断（再建断念または転居）した可能性があり、この 15%の世帯に対しては補助金の効果が大いにあったと考えられる。

Q 13：地震後の地震への対策（図 27）

事前対策の Q 2（図 17）と比較すると、地震保険への加入世帯数(新規 + 継続)がほぼ倍増していることがわかる。JA 共済の加入件数に違いはほとんど無いと見ることができるので、実際の経験による事前対策への意識の向上は主として地震保険の加入へ向けられたと推測できる。耐震補強の件数は多いが、対象家屋はみな地震で被害を受けているため、補修と兼ねて補強されたものも含まれると推測できるので、純粋な耐震補強の実施件数とは考えにくい。しかしこの設問から地震(被災)後には防災意識が高まることを見て取れる。



Q14：事後の防災対策（図 28）

どの項目も3割近くの家庭で行われているようである。ただ水・食料など常備しておく必要があり、また定期的に更新をしなければならないものは行いにくいようである。

Q15：世帯構成（図 29）

図 14 は全世帯の年齢別に構成員数を集計したものである。全体として高齢者が多いことがわかる。

Q16：主な収入を得ている人の属性（図 30、図 31、図 32）

図 30～図 32 から、は高齢者、中でも主な収入が年金である世帯が多く含まれていることがわかる。このことから高齢化傾向にある地域性も見て取れる。

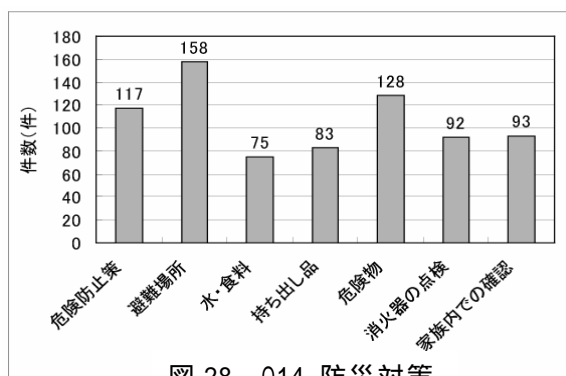


図 28 Q14 防災対策

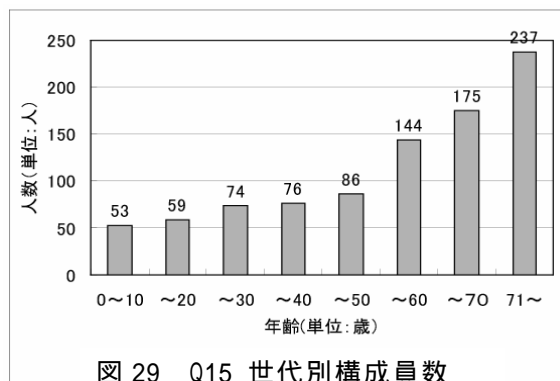


図 29 Q15 世代別構成員数

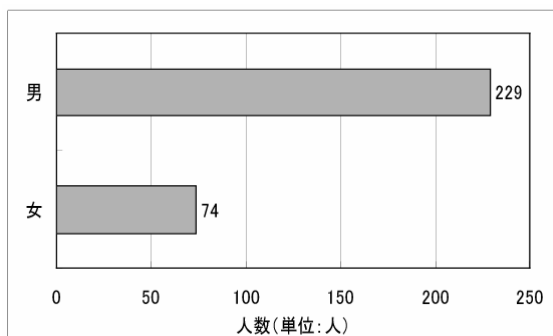


図 30 Q16 主に収入を得ている人の性別

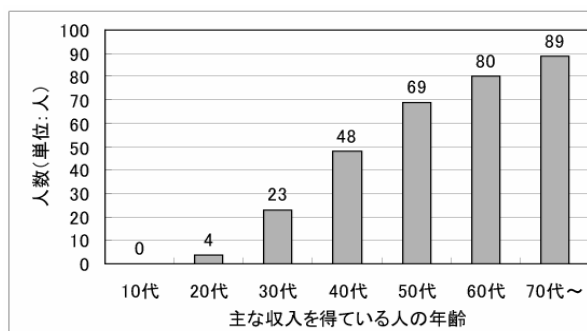


図 31 Q16 主に収入を得ている人の年齢

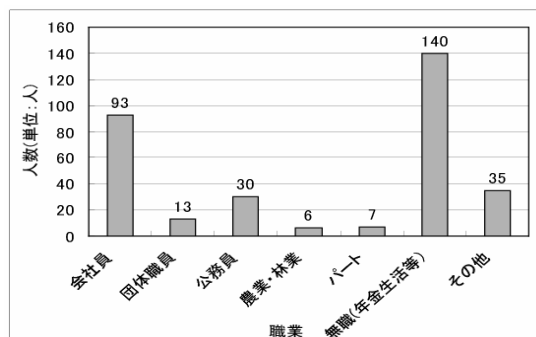


図 32 Q16 主に収入を得ている人の職業

d) 離散選択モデルの構築による要因の比較分析

) 離散選択モデルの概要

ここでは、離散選択モデルを構築することにより、被災者の新築・補修・さらには転居や復旧断念といった再建における意思決定の要因の分析を行う。離散選択モデルには効用の確率項の分布にガンベル分布(正規分布に類似した釣り鐘状の分布)を想定した「ロジットモデル」と正規分布を想定した「プロビットモデル」がある。プロビットモデルは多重積分形で表されるので、パラメータ推定が複雑であるというモデル操作上の問題がある。そこでここではガンベル分布を仮定することにより操作が容易となるロジットモデル(2項ロジット)を利用して要因の分析を行うものとする。

2項ロジットモデルとは意思決定者(本研究では被災者)が2種類の選択肢から1つを選択する過程を記述するものである。パラメータの推定にあたっては最尤推定法を用い、パラメータの有効性の検証にあたっては t 検定を用いる。2項ロジットモデルでは選択肢が2つあり、選択肢1の時の効用を U_1 、選択肢2の時の効用を U_2 とするとき、 $U_1 > U_2$ であるならば選択肢1を選択し、 $U_1 < U_2$ であるならば選択肢2を選択することになる。効用 U_i ($i=1, 2$) は次式で表すことができる。

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

V_i : 確定効用(関連する属性によって確定的に決まる確定項)

ε_i : ランダム効用(誤差項とも言える確率項)

効用は、それぞれの選択肢に対する意思決定者の評価を示す。(1)式に示すように、離散選択モデルにおいて、効用は確定効用とランダム効用の和として定義される。このうち確定効用は、アンケート調査などで観測可能な要因によって説明される選択肢の評価値である。一方ランダム効用は意思決定者の嗜好など、観測困難な要素を説明するために導入される。

ロジットモデルでは、 ε_i はガンベル分布に従う。すると個人 n における2つの選択肢の選択確率 P_{1n} 、 P_{2n} はそれぞれ次式で与えられる。

$$P_{1n} = \frac{e^{V_{1n}}}{e^{V_{1n}} + e^{V_{2n}}} \quad (2)$$

$$P_{2n} = 1 - P_{1n} = 1 - \frac{e^{V_{1n}}}{e^{V_{1n}} + e^{V_{2n}}} = \frac{e^{V_{2n}}}{e^{V_{1n}} + e^{V_{2n}}} \quad (3)$$

) パラメータの推定方法⁷⁾

次にパラメータ推定の方法を示す。先ず前節で示したロジットモデルを利用して、利用関数形の特定化と特定変数の選択を行い、この特定化に従ってデータを作成し、得られたデータに対して最尤推定法を利用してパラメータ値の推定を行う。

効用のうち確率項のばらつきを示すパラメータを λ とすると、選択確率は次の式で表される。

$$P_{1n} = \frac{1}{1 + e^{-\lambda(V_{1n} - V_{2n})}} \quad (4)$$

$$P_{2n} = 1 - P_{1n} = \frac{e^{-\lambda(V_{1n} - V_{2n})}}{1 + e^{-\lambda(V_{1n} - V_{2n})}} \quad (5)$$

効用関数 V を特定するために重要な要素は、選択肢の特性を示す指標と各世帯の特性を示す指標である。これらの両方をあわせて特性とし、以下のように定める。

X_{ink} : ある世帯 n の選択肢 i の k 番目の特性

$X_{in} = [X_{in1}, \dots, X_{ink}, \dots, X_{inK}]'$: 世帯 n の選択肢 i の特性ベクトル

θ_k : 第 k 番目の未知のパラメータ

$\theta = [\theta_1, \dots, \theta_K]'$: 未知のパラメータベクトル

これらの記号を利用して、 V_{in} は一般的にベクトル θ と X_{in} の関数として以下のように表すことができる。

$$V_{in} = f(\theta, X_{in}) \quad (6)$$

データに基づいて未知パラメータ θ を推定する際、式(6)の関数を以下のように線形関数として特定化する。

$$V_{in} = \theta' X_{in} = \sum_{k=1}^K \theta_k X_{ink} \quad (7)$$

このとき、それぞれの選択肢の選択確率は以下のように表される。

$$P_{1n} = \frac{1}{1 + e^{-\lambda\theta'(X_{1n} - X_{2n})}} = \frac{1}{1 + e^{-\lambda \sum_{k=1}^K \theta_k (X_{1nk} - X_{2nk})}} \quad (8)$$

$$P_{2n} = 1 - P_{1n} = \frac{e^{-\lambda\theta'(X_{1n} - X_{2n})}}{1 + e^{-\lambda\theta'(X_{1n} - X_{2n})}} = \frac{e^{-\lambda \sum_{k=1}^K \theta_k (X_{1nk} - X_{2nk})}}{1 + e^{-\lambda \sum_{k=1}^K \theta_k (X_{1nk} - X_{2nk})}} \quad (9)$$

上式のように効用関数をパラメータに関して線形とした時には、 λ と θ_k の両者の値を決定する必要はない。 $\lambda\theta_k$ の値が定まれば上式により選択確率が決定されるからである。そこで一般性を失わないことから、 $\lambda = 1$ と仮定する。

ロジットモデルにおいては、選択確率 P_{in} は効用の水準ではなく効用差 $V_{1n} - V_{2n}$ に依存する。従って、効用差に与える特性の選択とその影響方法の特定化が重要となる。本論文では効用差 $V_{1n} - V_{2n}$ を次式のように仮定する。ただし本研究では実際の被災者の再建方法と補助金制度が無いと仮定した場合の再建方法を比較するため、2通りの意思決定モデルを構築する。実際の再建については、新築をする際の決定要因を明らかにするために、新築を1、その他(補修・転居・補修なし)を0とする。また補助金制度無しの場合の再建については、自力再建を行うことができたか否かで判断し、自力再建(新築・補修)を1、再建断念(補修なし・転居)を0とする。各項目について表6のとおり定める。

表6 各 に対応する項目

	項目	選択肢	
1	切片	無し	
2	家屋の築年数	実数を用いる	
3	避難生活の有無	有 1	無 0
4	罹災証明(全壊)	全壊 1	その他 0
5	罹災証明(半壊)	半壊 1	その他 0
6	構造的破損(基礎・土台・柱・はり)	有 1	無 0
7	付帯的破損(壁・屋根・浴室設備他)	有 1	無 0
8	予算 1000 万円以上	有 1	無 0
9	10 歳以下の子供の有無	いる 1	いない 0
10	世帯の人数(1)	2 人以下 1	3 人以上 0
	世帯の人数(2)	実数を用いる	
	主とする収入を得ている人	60 歳以上 1	60 歳より下 0
11	地震保険・JA 共済の事前加入	加入している 1	加入していない 0

これより効用差は以下の式で表される。

$$\begin{aligned}
 V_{1n} - V_{2n} = & \theta_1 + \theta_2 \times (\text{家屋の築年数:実数}) + \theta_3 \times (\text{避難生活}) + \theta_4 \times (\text{罹災証明・全壊}) \\
 & + \theta_5 \times (\text{罹災証明・半壊}) + \theta_6 \times (\text{構造的破損}) + \theta_7 \times (\text{付帯的破損}) + \theta_8 \times (\text{予算1000万以上}) \\
 & + \theta_9 \times (\text{10歳以下の有無}) + \theta_{10} \times (\text{家族構成人数2人以下又は主な収入を得る人の年齢}) \\
 & + \theta_{11} \times (\text{地震保険・JA共済への加入の有無})
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

最尤法を用いる場合、選択肢から同時に選択する同時確率 L^* を求めなければならない。そこで、同時確率を導く前に、世帯 n がある行動 i を選択する確率を P_{in} 、行動 i を選択した結果を δ_{in} (i を選択した場合は $\delta_{in} = 1$ 、選択しなかった場合は $\delta_{in} = 0$) とすると、以下の式が成立する。

$$P_{in} = P_{1n}^{\delta_{1n}} + P_{2n}^{\delta_{2n}}
 \tag{11}$$

よって、求める同時確率 L^* は次式で表される。

$$L^* = \prod_{n=1}^N P_{1n}^{\delta_{1n}} \times P_{2n}^{\delta_{2n}}
 \tag{12}$$

ここで最尤推定法によって、同時確率 L^* を最大にするパラメータ の値を推定する。ここで、 L^* の対数をとると、以下の式になる。

$$L = \ln L^* = \sum_{n=1}^N [\delta_{1n} \ln P_{1n} + \delta_{2n} \ln P_{2n}]
 \tag{13}$$

上式に(8)、(9)式を代入すると以下の対数尤度関数が求められる。

$$L = \sum_{n=1}^N \left[\delta_{1n} \ln \left(\frac{1}{1 + e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}} \right) + \delta_{2n} \ln \left(\frac{e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}}{1 + e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}} \right) \right] \quad (14)$$

式(14)は、 θ に関して凹関数であるため、最尤推定量 $\hat{\theta}$ は(14)式を θ に関して偏微分したものを0にした連立方程式の解である。この解を求める際、勾配ベクトル ∇L を0とする非線形連立方程式の解 $(\theta_1, \dots, \theta_K)$ が最尤推定値である。

$$\nabla L = \begin{pmatrix} \partial L / \partial \theta_1 \\ \vdots \\ \partial L / \partial \theta_k \\ \vdots \\ \partial L / \partial \theta_K \end{pmatrix} = 0 \quad (15)$$

$$\nabla^2 L = \begin{pmatrix} \partial^2 L / \partial \theta_1^2 & \cdots & \partial^2 L / \partial \theta_k \partial \theta_1 \\ \vdots & \partial^2 L / \partial \theta_k \partial \theta_1 & \vdots \\ \partial^2 L / \partial \theta_k \partial \theta_1 & \cdots & \partial^2 L / \partial \theta_k^2 \end{pmatrix} \quad (16)$$

非線形連立方程式(15)式は解析的に解くことができないため、数値計算法を用いる。そのため ∇L ((15)式)の k 番目の要素 $\partial L / \partial \theta_k$ および $\nabla^2 L$ ((16)式)の $(k-l)$ 要素 $\partial^2 L / \partial \theta_k \partial \theta_l$ を対象にする。まず、(14)式より、以下の式が導かれる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial \theta_k} &= \sum_{n=1}^N \left[\frac{\delta_{1n} (X_{1nk} - X_{2nk}) e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}}{1 + e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}} - \delta_{2n} (X_{1nk} - X_{2nk}) + \frac{\delta_{2n} (X_{1nk} - X_{2nk}) e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}}{1 + e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}} \right] \\ &= \sum_{n=1}^N \left[-(1 - \delta_{1n}) + \frac{e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}}{1 + e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}} \right] (X_{1nk} - X_{2nk}) \end{aligned} \quad (17)$$

この式に(8)、(9)式を代入すると、次式を得ることができる。

$$\frac{\partial L}{\partial \theta_k} = \sum_{n=1}^N (\delta_{1n} - P_{1n}) (X_{1nk} - X_{2nk}) \quad (18)$$

2階微分係数 $\partial^2 L / \partial \theta_k \partial \theta_l$ は(18)式より

$$\frac{\partial^2 L}{\partial \theta_k \partial \theta_l} = - \sum_{n=1}^N \frac{\partial P_{1n}}{\partial \theta_l} (X_{1nk} - X_{2nk}) \quad (19)$$

(8)、(9)式より以下の式が得られる。

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_{1n}}{\partial \theta_k \partial \theta_l} &= - \frac{(X_{1nl} - X_{2nl}) e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}}{\left[1 + e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})} \right]^2} = \frac{1}{1 + e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}} \frac{e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}}{1 + e^{-\theta'(X_{1n} - X_{2n})}} (X_{1nl} - X_{2nl}) \\ &= P_{1n} \times P_{2n} \times (X_{1nl} - X_{2nl}) \end{aligned} \quad (20)$$

よって次式となる。

$$\frac{\partial^2 L}{\partial \theta_k \partial \theta_l} = - \sum_{n=1}^N P_{1n} \times P_{2n} \times (X_{1nk} - X_{2nk}) (X_{1nl} - X_{2nl}) \quad (21)$$

(20) (21) 式より、勾配ベクトル ∇L 、行列 $\nabla^2 L$ は次のようになる。

$$\nabla L = \begin{pmatrix} \sum_{n=1}^N (\delta_{1n} - P_{1n})(X_{1nl} - X_{2nl}) \\ \vdots \\ \sum_{n=1}^N (\delta_{1n} - P_{1n})(X_{1nk} - X_{2nk}) \\ \vdots \\ \sum_{n=1}^N (\delta_{1n} - P_{1n})(X_{1nK} - X_{2nK}) \end{pmatrix} \quad (22)$$

$$\nabla^2 L = \begin{pmatrix} -\sum_{n=1}^N P_{1n} P_{2n} (X_{1nl} - X_{2nl})^2 & \dots \\ \vdots & -\sum_{n=1}^N P_{1n} P_{2n} (X_{1nk} - X_{2nk})(X_{1nl} - X_{2nl}) \\ -\sum_{n=1}^N P_{1n} P_{2n} (X_{1nK} - X_{2nK})(X_{1nl} - X_{2nl}) & \dots \\ \vdots & \\ -\sum_{n=1}^N P_{1n} P_{2n} (X_{1nl} - X_{2nl})(X_{1nK} - X_{2nK}) \\ \vdots \\ -\sum_{n=1}^N P_{1n} P_{2n} (X_{1nK} - X_{2nK})^2 \end{pmatrix} \quad (23)$$

本研究では NR 法によってパラメータ $\hat{\theta}$ を推定した。この推定値 $\hat{\theta}$ を用いて、推定値行列 \hat{V} が次のように定義される。

$$\hat{V} = E[-\nabla^2 L(\hat{\theta})]^{-1} \quad (24)$$

この \hat{V} を用いて、推定されたパラメータ $\hat{\theta}$ の有意性の検定を行う。統計量は以下の式で表される。

$$t_k = \hat{\theta}_k / \sqrt{v_k} \quad (25)$$

v_k は(24)式の第 k 対角要素の値である。(25)式で求められた t 値の絶対値が 1.96 以上であれば、5%有意水準で帰無仮説 $= 0$ を棄却でき、95%の信頼度で影響を与える要因とみなすことができる。逆に 1.96 未満であれば 95%の信頼度で影響を与えない要因とみなされる。

）新築の決定に関する離散選択モデルのパラメータ推定結果

被災者の住宅再建に関する意思決定モデルの基本構造を図 18 に示す。本研究では、住宅復興補助金制度の存在する現状において、被災者が実際に新築または補修を選択するのにあたって影響を与えた要因の特定、及び 補助金制度が存在しない仮想的状況下での被災者自身による自力再建、または復旧断念に関する仮想的選択における影響要因の特定を分析の主要な目的としている。これらの要因は地震前の住宅の状況、被害状況、社会的・経済的要因の 3 種類に大別することができる。まず「地震前の住宅の状況」については、

この部類として築年数と地震保険や耐震診断、耐震補強などに関する設問を挙げることができる。地震保険や耐震診断などは耐震補強などと異なり直接的に家屋の強度に関わってくるものではないが、事前対策が再建のあり方に与える影響を考え、この部類にまとめた。

次に「社会的・経済的要因」についてであるが、地震後の住宅再建には被災世帯の社会的・経済的要因がもっとも決定に影響を与えるものである。ここには予算、家族構成、収入源が該当すると考えられる。職業によってはその土地に留まらざるを得ない場合もあり、また家族構成によっては当然再建のあり方も変化すると考えられる。

そして「被害状況」の部類に、避難生活や罹災証明、被害箇所の設問を当てる。この「地震前の住宅の状況」、「社会的・経済的要因」、「被害状況」の3つの項目がそれぞれ影響し、再建のあり方を決定することになると考えられる。

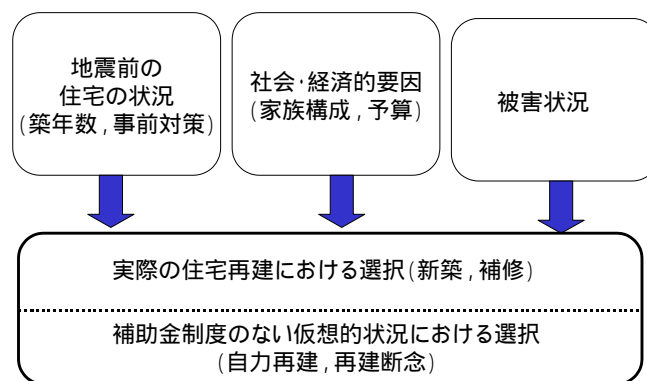


図 33 住宅再建に関する意思決定モデルの基本構造

図 33 に示すような基本構造に基づいて、実際の住宅再建において新築の選択に関しての離散選択モデルを構築した結果を表 7 に示す。ここでは 5% 有意水準で有意、つまり t 値の絶対値が 1.96 以上であると、そのパラメータは影響を与えると判断する。パラメータが正のとき、その要因は被災者が新築を選択することを促進し、負の場合は補修を促進することになる。以下各項目について考察する。

築年数のパラメータは正であり、従って古い住宅であるほど新築への意思が高くなると推測される。

避難については、避難生活を行った場合、新築を選択する傾向にある。これは避難生活を行うということは、地震により住宅が居住不可能な状態となったためであると推測される。この場合再び居住できる状況を回復するためには、大幅な改修若しくは新築が必要であったと考えられる。

全壊・半壊の項目に関しては、これらの項目の与える影響は非常に強い。すなわち、全壊した家屋、半壊した家屋については、取り壊し、新築が選択される傾向が高い。また被害程度が大きくなるほど新築への意識が高まることから、全壊のパラメータが半壊のそれよりも大きいことからわかる。

住宅の主構造となる部分の破損、構造的破損（基礎・土台・柱・はり）のパラメータについては、当初想定していた効果（主構造部分の被害は新築への意思決定の要因となるであろうという推測）は有意性が認められなかった。ただし、パラメータの符号（正）は事前の予想と一致している。また付帯的破損（壁・屋根・

浴室など)についても t 値の絶対値は大きい負のパラメータであり、つまり壁や屋根に被害が生じると新築をしないという結果で、当初の仮定と異なる。予算については正のパラメータであり、予算が多ければ新築をするという結果である。

子どもの項目については 10 歳以下が世帯に含まれるか否かという変数として扱っている。これはこの先、子どもの代でも同じ土地に住み続ける場合を考えれば、新築への意思が大きくなるであろうと仮定したものである。表 3 が示すように、この要素は新築の意思決定に影響を与えるものとなった。この項目と対象的なものが「主な収入を得ている人の属性」で 60 歳以上を設定した項目である。主な収入を得ている人が 60 歳以上ならば、その多くは年金生活等であり、つまり高齢者夫婦のみ、若しくは一人暮らしの世帯の可能性が高いと推測できる。高齢者のみの世帯の場合、年齢が再建の意思決定に与える効果、再建規模を小さく抑える傾向が現れると考えられる。結果は負のパラメータであり、高齢者のみの世帯では新築を行う傾向が弱まることになる。

地震保険・JA 共済の項目は影響を与えるものとはならなかった。またパラメータの符号も負であり、保険に加入していることで新築を行わなくなる、という予想に反するものとなった。

以上より新築への意思決定は罹災証明の判定や予算といった項目が強く影響し、高齢者世帯であるほどそのインセンティブが低下することを意味する。

表 7 新築の選択に関する意思決定モデルのパラメータ推定結果（実際の選択）

	世帯（2人以下）		家族の人数		主な収入源が高齢者	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
1 切片	0.931	1.951	0.396	0.784	0.844	1.954
2 築年数（年）	-0.008	-1.65	-0.007	-1.512	-0.008	-1.706
3 避難	-0.027	-0.05	-0.012	-0.022	-0.019	-0.037
4 全壊	-1.141	-2.087	-1.137	-2.08	-1.173	-2.251
5 半壊	0.667	2.008	0.638	1.377	0.656	1.595
6 構造的破損	-0.108	-0.368	-0.114	-0.345	-0.079	-0.263
7 付帯的破損	0.544	1.279	0.494	1.157	0.523	1.314
8 予算	2.288	2.102	2.272	2.087	2.361	2.442
9 10歳以下の子供有	-0.027	-0.051	-0.354	-0.57	0.084	0.195
10 世帯構成*	-0.289	-0.919	0.161	1.359	-0.171	-0.62
11 保険への加入	0.771	2.563	0.758	2.512	0.78	2.851

 = 5%有意でない項目

) 補助金制度が無いと仮定した場合の自力再建に関する離散選択モデルのパラメータ推定結果

補助金制度が無いと仮定した場合に、地震前と同じ土地で自力再建を行うか断念するかに関して離散選択モデルを構築した結果を表 8 に示す。罹災証明(全壊)、予算、地震保険・JA 共済への加入に関する項目は、 t 値の絶対値が 1.96 以上で影響を与える要素であり、その他の項目は 5%有意水準の下では有意性が認められなかった。

この中で注目されるのは全壊のパラメータが負となる点である。家屋が全壊した被災者

は、半壊や一部破損にとどまった被災者と比較して、一般的に住宅再建により多くの費用を要したと考えられる。これらの被災者は、今回の地震においては住宅復興補助金制度を利用することができたものの、この制度が無い場合は再建資金を自力で調達することが困難であったと判断していると考えられる。

またこの結果で色濃く現れたのは、自力再建の可否を決めるのが、予算と保険・共済といった、再建のための資金の調達力を規定する経済的要因であるという点である。住宅の再建の意思決定は、被害が大きくなるほど困難となることから、世帯の経済力によって決まると推測できる。

表 8 補助金制度のない仮想的状況における自力再建に関する意思決定モデルのパラメータ推定結果

		パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
1	切片	-2.685	-2.704	-4.714	-4.437	-3.544	-3.72
2	築年数(年)	0.018	2.463	0.019	2.675	0.022	2.952
3	避難	0.661	0.896	1.928	2.925	2.109	3.075
4	全壊	4.113	4.021	4.614	4.19	4.58	4.306
5	半壊	2.786	2.799	3.175	3.035	3.179	3.114
6	構造的破損	0.463	0.662	0.101	0.136	0.149	0.206
7	付帯的破損	-2.996	-3.063	-2.911	-2.983	-2.888	-2.979
8	予算	1.109	1.792	2.636	3.271	3.124	3.513
9	10歳以下の子供有	2.365	2.873	1.665	1.662	2.287	2.852
10	世帯構成*	-0.456	-0.753	0.275	1.284	-1.429	-2.016
11	保険への加入	-1.671	-2.435	-0.656	-1.133	-0.819	-1.363

= 5%有意でない項目

e) 新築及び自力再建に関するパラメータ推定結果の比較と考察

本研究での目的として、住宅復興補助金が再建の意思決定に与える影響の検証がある。ここでは d)- に示した新築に関するパラメータ推定結果と d)- に示した自力再建のパラメータ推定結果の違いのから住宅復興補助金の効果について分析を行う。住宅復興補助金の効果を見る上で最も有効な要素は、地震保険・JA 共済の加入状況の項目であると考えられる。保険等の加入状況が住宅復興補助金の無い場合の自力再建の有意な決定要因として存在するのに対し、d)- に示したように補助金制度が存在した実際の再建の決定には有意な影響を与えていない。これは補助金が保険等の代替的な役割を果たし、保険等の加入状況の影響を抑えたとも考えられる。つまり保険等の事前対策をとっていなかった被災者であっても、補助金を受け取ることにより、保険金と同様の効果が得られたと考えられる。その点で今回の住宅復興補助金は事前策を講じていた被災者にとって有益であったことには違いないが、保険等の効果を減殺した可能性が指摘できる。

地震リスクの大きい我が国において、リスクの分散手段としての地震保険の役割は重要である。しかし地震保険のような事前のリスクマネジメント方策は、その方策を選択した場合としなかった場合で事後の状況に差異が生じなければ、有効性を失う。今後発生する地震において今回の住宅復興補助金と同様の事後的な補填策がとられた場合、国民の間に事後的対策への期待が形成され、保険等の事前対策へのインセンティブが低下する可能性

は否定できない。

その反面、今回の補助金制度導入の大きな動機であったコミュニティの崩壊阻止という点については、その有効性を評価することができると考えられる。d)- に示したように、家屋が倒壊し、再建に必要な十分な経済力を持たないような被災者は、自力再建を断念した可能性が高い。これがコミュニティからの人口流出を加速したと考えられる。d)- に示したように、補助金制度が設定されたことによって、被災者は主として被災状況や子どもの有無などの要因を考慮して選択を行うことが可能になったと考えられる。

f) おわりに

以上本研究では、地震後の被災者の再建に関する意思決定要因の検証、及び事後対策である補助金制度が被災者の再建の意思決定に与える影響について、鳥取県で実施したアンケートのデータを基に分析を行った。

分析の結果、補助金制度が存在した実際の状況において、被災者の再建方法の選択に対しては、罹災証明の判定結果の影響が強いことがわかった。また、補助金制度が無い仮想的な状況における自力再建の可否の選択は、被災世帯の経済状況に依存する傾向が強いという推定結果が得られた。

補助金制度が存在しない場合、保険等に加入せず、十分な自己資金を持たない世帯は、再建を断念し、域外に転居した可能性があったと回答している。このことから、補助金制度が域内での住宅再建に与えた効果は大きいものと考えられる。その反面、保険等の事前対策の有効性を減じた可能性も否定できない。このような施策が今後継続的に実施された場合、国民の事前対策へのインセンティブが低下する可能性も考えられる。よって住宅再建補助金制度の施行には、事前対策の実施を促進するような条件を加味する必要があると考えられる。

3) 木造軸組住宅の補強用二重落し込み板耐力壁の実験

a) はじめに

落し込み板壁とは、柱の側面に設けた溝にそって垂直に板を落し込んでいく構法であり、その歴史は古く式年遷宮制により、20年ごとに造営が繰り返されてきた伊勢神宮にも用いられている。

当時の板壁は主に社寺建築に用いられており、一般の家屋は土壁が主流であった。しかし、近年では工業の発展により合理化された住宅が急増し、そのため一部ではあるが伝統構法の見直しと、地域材の利用促進を目的として、落し込み板壁を一般の木造軸組住宅に活用する事例が見られる。しかし、落し込み板壁を耐力壁として活用する場合、その構造の複雑さから仕様次第では耐力・剛性にばらつきが生じやすく、現在でも仕様基準は限定されており、独自の構法開発が展開されている。

本研究は、このような背景のもと、落し込み板壁の耐力性能を実験的に解明し、木造軸組住宅用の耐力壁として実用化することを目的としている。

b) 木造軸組住宅における耐力壁の種類と系譜

現在、木造軸組住宅における耐力壁の基本的な種類は図 34 に示したように 5 つのタイプ及びこれらの併用タイプが挙げられる。しかし、戦前までの一般家屋における耐力壁は貫 + 小舞真壁工法(土壁)がほとんどであり、現在の耐力壁の多様性は戦後の時代背景によるものだと考えられる。それは以下の 3 つの要因がある。

福井地震での被害の教訓をうけて、昭和 25 年に制定された建築基準法では筋交いの強制及び壁量計算が考案された。

昭和 34 年の施行令改正で筋交いの強制を削除し木摺壁の規定値を 3 倍に引き上げた。

プレファブや 2 × 4 の影響により合板技術が向上し、昭和 64 年の施行令改正で面材を用いた壁仕様が追加された。

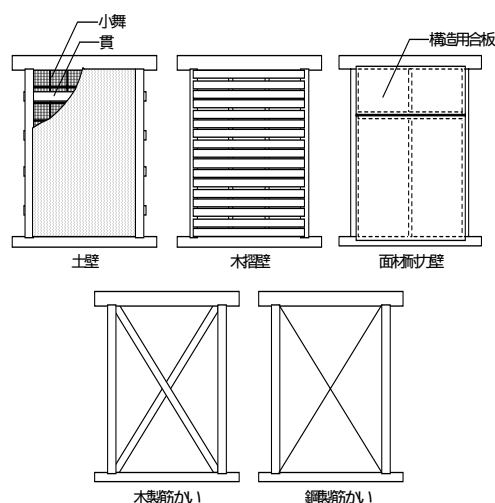


図 34 耐力壁の種類

以上より、戦後の木造軸組住宅の耐力壁は土壁から筋交い、木摺壁、面材耐力壁へと普及し、現在では筋交い、構造用合板及びこれらの併用型が最も一般的となっている。

c) 既往の実験結果

国土交通省の委託業務で(財)日本住宅・木造技術センターが実施した実験結果によれば、落とし込み板壁の試験体(柱間1,800mm)でダボを入れていないもの、及び板同士にダボを入れたものは壁倍率が 1 を下回り、壁倍率が 1 を超えたものは、板同士及び横架材と板の接合部にダボをいれたもの、さらにそれと同じ試験体の両側に通しボルトを貫通させた 2 体のみ(最大で1.45倍)であり、落とし込み板壁の耐力、剛性は非常に弱く耐力壁としてはあまり期待できない結果となっている。しかしながら、いずれの試験体も終局変形角1/15radに達しても明確な破壊は起こらなかったとしており、落とし込み板壁の耐力性能の特徴の一つに粘り強さがあると考えられる。

d) 落とし込み二重板壁の提案

落とし込み二重板壁とは図35に示すように柱間において二枚の杉板を落とし込んでいく構法で、壁板の間に断熱材を挟み込むことで、下地材としてはもちろん、仕上材としても活

用できる。この落とし込み二重板壁の開発を進めるに至った理由としては以下のことが挙げられる。

既往の実験結果によれば落とし込み板壁の剛性、耐力はダボによる効果が非常に大きく、単純に二重にすることでダボの本数が増え、耐力、剛性は向上すると考えられる。

現在の軸組部材として注目されているスギは柔らかく、筋交い、構造用合板などの剛性の高い耐力壁を用いれば、柱頭、柱脚部に応力が集中して接合部にめり込みが生じ、耐力低下の原因となる恐れがある。

落とし込み二重板壁の高い耐力、剛性が実証されれば、図36に示したように複数の壁倍率の違う耐力壁を設けなくても、一つの構法でバランスよく軸組を構成することができる。また内部に耐力壁を設ける必要はなく、広々とした内部空間が確保できると考えている。

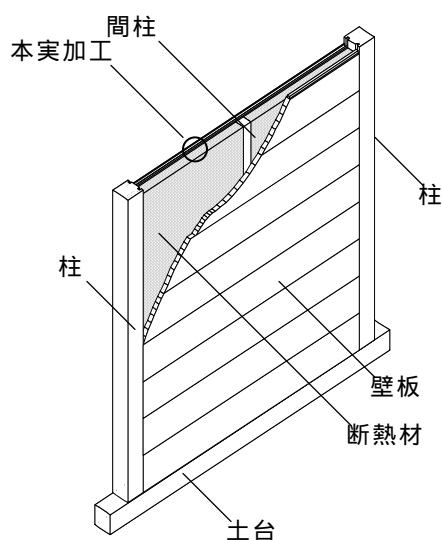


図 35 落とし込み二重板壁工法

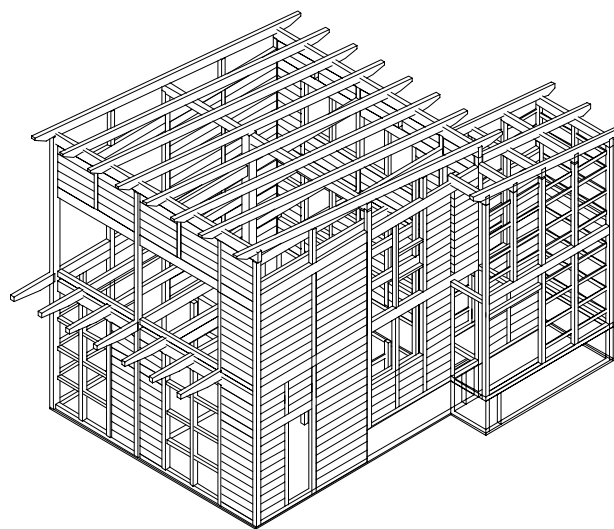


図 36 落とし込み二重板壁による住宅の提案
(軸組アクソメ)

e) 実験概要と結果

) 実験装置

本実験は「木造軸組工法住宅の許容応力度設計(日本住宅・木材技術センター)」の耐力壁の面内せん断試験方法に準拠して、試験体の柱脚部を加力装置に緊結する柱脚固定式で行った。反力フレームに試験体をボルトで固定し、加力部には反力フレームに取付けたPC鋼棒を介してジャッキとロードセルを固定した。図 37 に実験装置を、写真 1 に試験体柱脚部、写真 2 に油圧ジャッキとロードセルの設置状況を示す。

) 試験体

本実験は軸組部と落とし込み板壁を拘束しない試験体(No. 1)をベースにしてダボ、間柱等の本数及び寸法が異なる計 5 体の試験体で行った。試験体はいずれも幅 1,500mm、高さ 2,500mm で、柱間、横架材間は芯々でそれぞれ 910mm、2,450mm である。軸組部は柱、土台

は 120mm × 120mm のスギ、梁は 120mm × 180mm のベイマツを用いた。また落し込み板壁は 30mm × 235mm のスギを用い、表・裏ともに 10 枚ずつ計 20 枚を軸組部に落し込んでいる。表 9 に各試験体の仕様、図 38 に各試験体の立面図を示す。

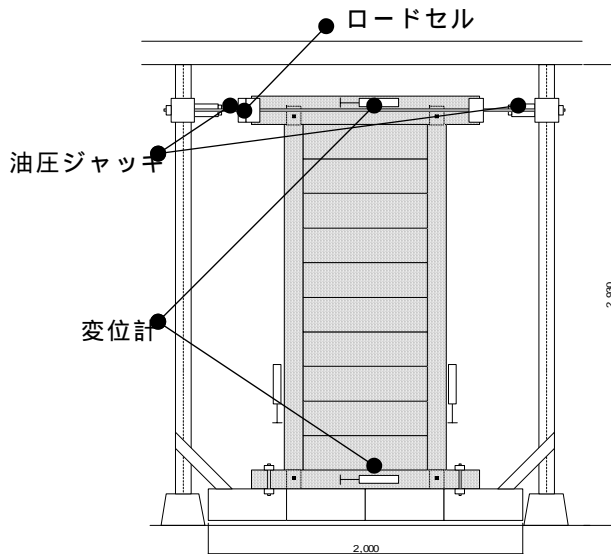


写真 1 柱脚部



写真 2 油圧ジャッキとロードセル

図 37 実験装置

表 9 試験体の仕様リスト

名称	板幅 (mm)	板厚 (mm)	板の枚数	ダボ			込栓 (mm)	間柱		その他
				寸法 (mm)	長さ (mm)	本数		寸法 (mm)	本数	
No.1	235	30	20	なし			柱部 18 × 18	なし		
No.2	235	30	20	15 × 30 (交互)	120	2	柱部 18 × 18	なし		
				15 × 30 (横架材との接合部)	120	4				
No.3	235	30	20	15 × 30	120	4	柱部 18 × 18	なし		
No.4	235	30	20	15 × 15	120	4	柱部 18 × 18	60 × 60	3	
				15 × 30 (横架材との接合部)	120	4	間柱部 15 × 15			
No.5	235	30	20	15 × 15	120	4	柱部 18 × 18	60 × 60	2	隅部に L 字型押さえ板 (厚 60)
				15 × 30 (横架材との接合部)	120	4	間柱、押さえ板部 15 × 15			

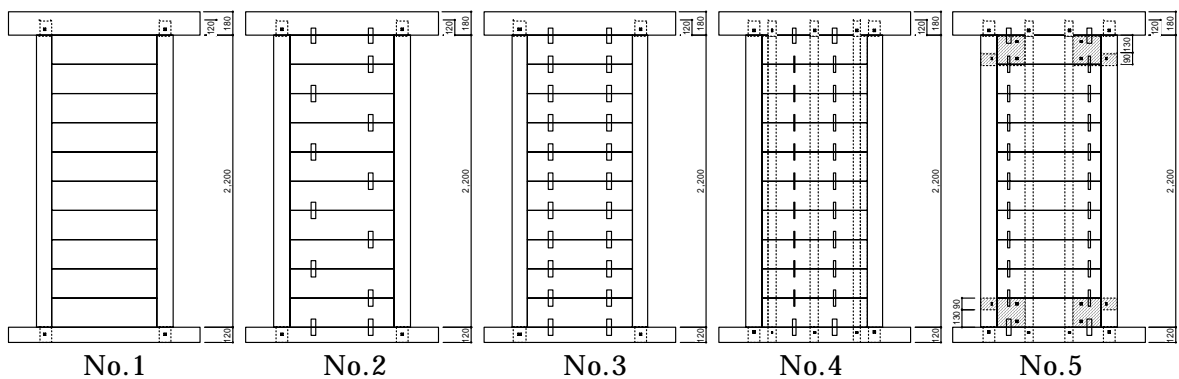


図 38 各試験体の立面図

）実験方法

実験は以下の方法で行った。

加力方法は正負交番繰り返し加力とし、繰り返し履歴は見かけのせん断変形角

が1/600、1/450、1/150、1/100、1/75、1/50radの正負変形時に行う。
 繰り返し加力は、履歴の同一変形段階で3回の繰り返し加力を行う。
 最大荷重に達した後、最大荷重の80%の荷重に低下するか、試験体の見かけの変形角が1/15rad以上に達するまで加力する。なお、見かけの変形角が1/15radを超えても最大荷重の80%まで荷重が低下しない場合には、見かけの変形角1/15radを終局変形角とし、その時の荷重を最大荷重として扱う。

iv) 試験体の荷重 - 見かけのせん断変形角

各試験体の荷重と見かけのせん断変形角の関係を図39に示す。試験体No. 1は1/15radに達しても荷重は一定の上昇を見せるが、初期剛性は他の試験体と比べて極めて小さく全般に剛性は非常に低い。

一方、ダボのみを使用したNo. 2とNo. 3を比較すると、初期剛性はダボの本数が多いNo. 3がNo. 2よりも比較的高い値を示している。いずれも1/30rad前後で同程度の最大荷重に達し、1/15radに達するまでに最大荷重の80%を下回った。

また、ダボと間柱を使用したNo. 4及びダボと間柱と押え板を使用したNo. 5の初期剛性は、No. 5の押え板の効果が剛性を高めており、No. 4よりも高い値を示している。1/75rad付近で剛性が低下し、1/20radを超えたところで最大荷重に達している。

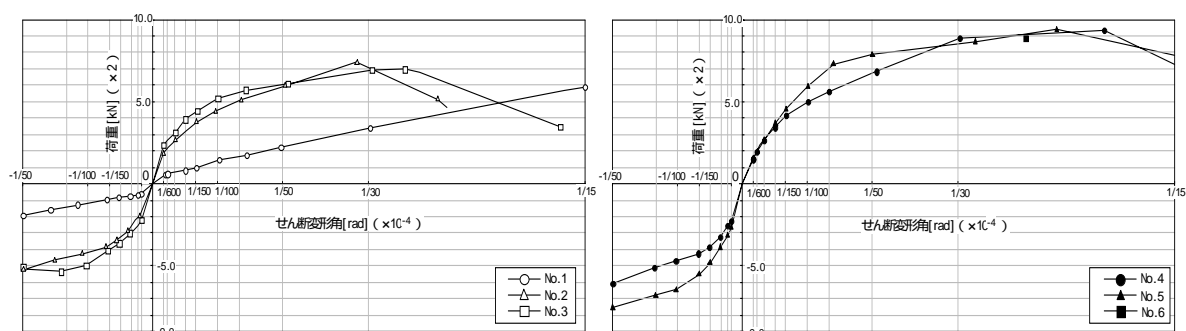


図 39 荷重 - 変位の関係

v) 破壊状況

いずれの試験体も終局変形角において、壁板及びダボの破壊は見られなかった。剛性の低いNo. 1は柱脚の浮き上がり程度は小さく、1/15radに達しても柱脚部込栓の破壊は認められなかった。その他の試験体では1/150radを超えると柱脚の浮き上がりが生じ、1/30rad ~ 1/15rad の間で柱脚部長ホゾ込栓の破壊により荷重が低下している。写真3に各試験体の破壊状況を示す。



写真3 破壊時柱脚部の状況

vi) 壁倍率の算定

実験結果に基づく各試験体の壁倍率は次式より算定した。

$$\text{壁倍率} = Pa \times (1/1.96) \times (1/L) \cdots (1 \text{ 式})$$

但し、 Pa : 短期許容せん断力 (kN)

L : 壁の長さ (m)

本実験では、試験体の高さを 2.45m に縮めたことにより、実験により決定された耐力壁の短期基準せん断力 Po に 0.9(2.45/2.73) を乗じて、短期許容せん断力 Pa を算定した。壁倍率の算定結果を表 10 に示す。

試験体の短期基準せん断力 Po は以下の ~ の最小値とする。試験体 No. 1 は 項、試験体 No. 2、No. 5 は 項、試験体 No. 3、No. 4 は 項で Po が決定されている。壁倍率の絶対値は、ダボ、間柱など軸組及び落とし込み板壁相互に拘束部材の多い試験体すなわち No. 1 ~ No. 5 の順に大きい値を示した。

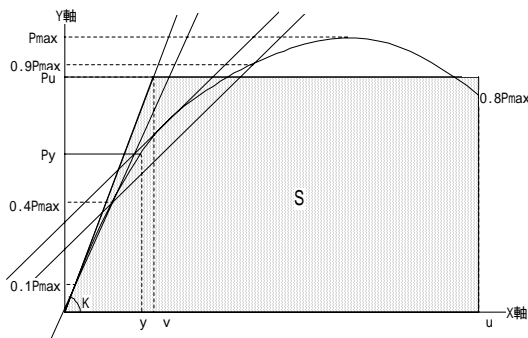


図 40 完全弾塑性モデル

表 10 壁倍率の算定結果

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
最大耐力 Pmax(kN)	5.88	7.37	6.97	9.36	9.35
初期剛性 K(kN/rad)	107.7	566.9	780.0	576.1	573.8
1/120rad時 P120(kN)	1.18	4.10	4.79	4.53	5.21
降伏耐力 Py(kN)	2.75	3.71	3.85	4.37	6.49
塑性率 μ と終局耐力 Pu による 0.2 (2μ - 1) × Pu	2.02	3.12	4.12	4.60	4.74
最大耐力の 2/3 Pmax(kN) × 2/3	3.92	4.91	4.65	6.24	6.23
許容せん断耐力 Pa(kN)=min(,) × 壁倍率 (倍)	1.06	2.81	3.47	3.93	4.27
壁倍率 (倍)	0.59	1.56	1.94	2.21	2.39

g) 落とし込み二重板壁の復元力特性

試験体 No. 1 を除く、ダボ・間柱・押え板を挿入した試験体はいずれも優れた弾塑性形の復元力特性を示した。このうちダボ寸法の大きい試験体 No. 2 および No. 3 は高い初期剛性を示し、No. 3 は最も高い塑性率であった。軸組との拘束を強めた試験体 No. 5 は大変形時において高い剛性を示した。これらの結果を図 41 に示す。また、塑性率 μ と構造特性係数 Ds の積は試験体 No. 3 が最大値を示し、強さと粘りを兼ね備えられた仕様であることが確認された(表 11)。

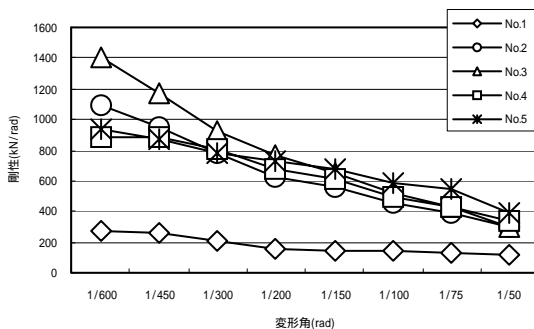


図 41 変位-剛性の関係

表 11 落とし込み二重板壁の復元力特性

	v (rad)	u (rad)	μ	Ds	μ · Ds
No.1	0.047	0.067	1.43	0.73	1.05
No.2	0.011	0.04	3.64	0.40	1.45
No.3	0.008	0.049	6.13	0.30	1.83
No.4	0.014	0.066	4.71	0.34	1.62
No.5	0.015	0.067	4.47	0.35	1.59
No.6	0.017	0.044	2.59	0.49	1.27

h) まとめ

木造軸組工法住宅に使用する落し込み板壁の耐力変形性能に関する面内せん断試験結果から以下の事項が確認された。

落し込み板壁の体力変形性能は、軸組及び板壁相互を緊結するダボ効果に大きく支配される。

落し込み板壁のダボは、板壁断面との納まりを考慮して、できる限り大きい寸法形状のものがダボ効果が大きい。

軸組の柱脚接合部と併せて、落し込み板壁の固定方法を更に検討する必要がある。

木造軸組工法住宅の耐力壁性能を向上させることを目的として、剛性の高い耐力壁の採用が普及しているが、これらの複数の仕様で構成される建物において、異なる仕様の耐力壁の許容せん断力を単純に加算して評価できるか否か、耐力壁単体の構造特性と建物の構造特性は異なる可能性があるなどの問題がある。

木造軸組工法住宅の耐力性能を明解にするため、建物全体を構成する単一仕様の耐力壁として、杉材の特性を活かした強くてねばりのある落し込み二重板壁工法は、耐力壁として有効な工法であることが判明した。

(d) 結論ならびに今後の課題

1995年阪神・淡路大震災により被災した家屋の解体と災害廃棄物に関する資料を収集し、分析した。解体率には全壊率と半壊率の寄与分が強く、地域によっては終戦前割合の影響が見られる。半壊率の偏回帰係数は鳥取県西部地震に比べ阪神・淡路大震災の方が大きい。震災時の解体原単位は非木造不燃を除き平常時の2～2.5倍に達し、鳥取では阪神より木造可燃が大きい。

今後の課題として、家屋解体率に対する他の影響要因を考慮することによる推定式の改善、解体率低減方策の検討、解体家屋のうち木造・非木造の比に関する検討、災害時の解体原単位に関する検討、廃棄物量予測のシステム化が挙げられる。

神戸市の建物被害程度と滅失建物数に関する調査結果から、被災程度の軽い建物も多く解体されたことが報告されている。また、東灘区における住宅再建意思決定に関するアンケート結果を引用し、罹災証明や構造的被災程度と復旧方法のクロステーブルから軽度の被害で建て替え選択の割合が相当あることがわかった。

公的な住宅相談の支援情報が乏しい場合、住宅の構造的被害程度を被災者個人で観察し、復旧方法を決定する場合は、被害が小さくても不安に感じて建て替えに傾く事もあると思われる。そこで、被災者に対し、補修がどのくらい可能であるのか、どのような補修方法が妥当かという判断情報を提供する事が大切であると考えられる。

地震後の被災者の再建に関する意思決定要因の検証、及び事後対策である補助金制度が被災者の再建の意思決定に与える影響について、鳥取県西部地域でアンケート調査を実施し分析を行った。

分析の結果、補助金制度が存在した実状況において、被災者の選択に対して

罹災証明の判定結果の影響が強いこと、また、補助金制度無しの仮想的状況における自力再建の可否の選択は、世帯の経済状況に依存するという推定結果が得られた。補助金制度が存在しない場合、保険等に加入せず、十分な自己資金を持たない世帯は、再建を断念し、域外に転居した可能性があったと回答しており、補助金制度が域内住宅再建に与えた効果は大きいものと考えられる。その反面、このような施策が今後継続的に実施された場合、国民の事前対策へのインセンティブが低下する可能性もあり、住宅再建補助金制度の施行には、事前対策の実施を促進するような条件を加味する必要があると考えられる。木造軸組工法住宅に使用する落し込み板壁の耐力変形性能に関する面内せん断試験結果から以下の事項が確認された。

木造軸組工法住宅の耐力性能を明解にするため、建物全体を構成する単一仕様の耐力壁として、杉材の特性を活かした強くてねばりのある落し込み二重板壁工法は、耐力壁として有効な工法であることが判明した。

木造軸組工法住宅の耐震化手法として、剛性の高い耐力壁が普及しているが、これらの複数の仕様で構成される建物において、異なる仕様の耐力壁の許容せん断力を単純に加算して評価できるか否か、耐力壁単体の構造特性と建物の構造特性は異なる可能性があるなどの問題がある。

(d) 引用文献

- 1) 村上ひとみ，森山勉：2000年鳥取県西部地震による家屋解体と災害廃棄物に関する基礎的調査・分析，地域安全学会梗概集，No.13，pp.47-50，2003.
- 2) 兵庫県生活文化部環境局環境整備課：阪神・淡路大震災における災害廃棄物処理について，pp.1-31，1997.
- 3) <http://web.pref.hyogo.jp/syoubou/daishinsai/jyokyo.html>
- 4) 総理府統計局：1988年住宅統計調査報告，第3巻，兵庫県号，1990.
- 5) 総理府統計局：1993年住宅統計調査報告，第3巻，兵庫県号，1995.
- 6) 総務庁統計局：1998年住宅土地統計調査報告，第5巻，兵庫県号，2000.
- 7) 渡辺信久：災害廃棄物の発生特性，災害廃棄物フォーラム講演論文集，pp.93-110，1996.
- 8) 三菱総合研究所：平成12年度第3次地震被害想定調査業務委託報告書，pp.225-235，2001.
- 9) 橋本征二・寺島泰：建築物解体廃棄物の原単位設定，廃棄物学会論文誌，Vol.10，No.1，pp.35-44，1999.
- 10) 神戸市：神戸復興誌，pp.190-191，2000.
- 11) 守田栄作：震災住宅補修・取り壊しの意思決定とその復旧過程に及ぼす影響の調査，1998年度山口大学工学部卒業論文，1999.
- 12) 村上ひとみ，守田栄作：震災住宅補修・建て替えの意思決定とその問題点 - 神戸市東灘区のアンケート調査から - ，9P-1報告書，pp.87-96，京都大学防災研究所，1999.
- 13) 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 - 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，21041，p.81~82，1998.
- 14) 静岡県 HP (<http://www.pref.shizuoka.jp/>)

- 15) 鳥取県 HP (<http://www.pref.tottori.jp/>)
- 16) 宮城県 HP (<http://www.pref.miyagi.jp/>)
- 17) 内閣府防災部門 HP (<http://www.Bousai.go.jp/>)
- 18) 大西一嘉：鳥取県西部地震における住宅復興支援評価に関する研究，地域安全論文集 No.4，pp.241-246，2002.
- 19) 山口光恒：現代のリスクと保険，岩波書店，1998.
- 20) 土木学会：非集計行動モデルの理論と実験，丸善，1995.
- 21) 杉山英男：「地震と木造住宅」，丸善，1996.
- 22) 坂本功：「木造建築を見直す」，岩波新書，2000.
- 23) 大崎順彦：「地震と建築」，岩波新書，1993.
- 24) 有馬孝禮・高橋徹・増田稔：「木質構造」，海青社，2001.
- 25) 日本建築学会：「日本建築史図集」，彰国社，1980.
- 26) 日本建築学会：「木質構造設計規準・同解説」，丸善，2002.
- 27) 「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」，(財)日本住宅・木材技術センター，2001.
- 28) 建築知識「地震に強い[木造住宅]パーフェクトマニュアル」，エクスナレッジ，2003.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
村上ひとみ・宮脇寛・森山勉	地震被災住宅の解体率 - 2000年鳥取県西部地震と 1995年兵庫県南部地震の事例 -	日本建築学会近畿支部研究発表会	2004.03.14
村上ひとみ・三樹亮介・瀧本浩一・岡村精二	地震災害時の被災者住宅復旧相談の実態調査 - 相談窓口の情報システム化試案 -	情報処理学会第 66 回全国大会、梗概集，5K-3	2004.03.10-12
江崎栄・榊原弘之・村上ひとみ	鳥取県西部地震後の家屋再建の意思決定に関する研究	土木学会中国支部研究発表会発表概要集	2004.04.
村上ひとみ・森山勉	2000年鳥取県西部地震による家屋解体と災害廃棄物に関する基礎的調査・分析	地域安全学会梗概，No.13，pp.47-50	2003.11

(f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願
なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 16 年度業務計画案

(a) 補修事例データベースの構築と被災者支援の情報・相談システムの基本設計

複数の被害地震について、住宅補修事例の収集方法と活用方法を検討し、データベース化を試行する。被災者支援の住宅復旧相談情報システムについて、被災者側の要望・需要と相談窓口側ニーズに基づき、必要機能を検討し、実験的システムの構築評価を行う。

(b) 復旧方法の意思決定分析

引き続き、2003 年度に実施した鳥取県西部地震調査結果の分析を行う。特に、住宅復興補助金の効果に関する検証を実施する。また、2003 年宮城県北部地震の住宅再建について、建て替え・補修意思決定について資料収集・分析を行い、地域性の影響を検討する。

(c) 被災住宅の耐震補強工法に関する加力実験と分析

軸組木造住宅の耐震補強工法として、落とし込み板壁工法の 1 間型パネルによる水平繰り返し加力試験を実施する。太柄のみの標準タイプに加え、初期変形を抑制するため、貫と間柱を一体化した補強材をフレームに組み込むとともに、間柱を長ほぞ込み栓差しとし、土台部での柱の引き抜きを抑制する。また、既存住宅の耐震改修のための「簡易な二重板耐震壁」についても水平繰り返し加力試験を実施する予定である。