

3.3.5 被災戸建住宅の補修・補強支援プログラムの開発

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ヶ年の年次計画
 - (e) 平成14年度業務目的

- (2) 平成14年度の成果
 - (a) 業務の要約
 - (b) 業務の実施方法
 - (c) 業務の成果
 - 1) 2000年鳥取県西部地震による被災住宅の復旧に関する意思決定
 - 2) 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
 - 3) 住宅地震被害と補修に関する文献調査
 - (d) 結論ならびに今後の課題
 - (e) 引用文献
 - (f) 成果の論文発表・口頭発表等
 - (g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

- (3) 平成15年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

被災戸建住宅の補修・補強支援プログラムの開発

(b) 担当者

所属機関： 山口大学
官(役)職： 助教授
氏 名： 村上 ひとみ

(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ヶ年の年次計画

平成 14 年度:戸建て住宅被災者の復旧方法に関する意思決定分析と解体廃棄物処理の調査分析、鳥取県西部地震について。

平成 15 年度:兵庫県南部地震等における被災住宅の復旧方法意思決定等の分析、被災住宅の解体廃棄物処理に関する調査と環境影響評価

平成 16 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

平成 17 年度:補修・補強促進のための支援システム開発

平成 18 年度： 地域防災計画への反映手法の提案

(e) 平成 14 年度業務目的

研究の初年度として、関連する文献調査により課題の整理を行うとともに、2000 年鳥取県西部地震を中心に被災戸建て住宅の復旧に関して関連資料・調査データの収集分析を行う。

鳥取県西部地震における住宅復旧方法選択に関する調査と分析
被災住宅の解体瓦礫処理に関する基礎資料の収集整理
被災住宅の被害程度と補修可能性に関する基礎的資料・文献調査

(2) 平成 14 年度の成果

(a) 業務の要約

鳥取県西部地震における住宅復旧方法選択に関する調査データの要因分析

最大被害を受けた日野町での住宅再建アンケート調査結果を、京都大学防災研究所が構築している日野町住宅被害・復旧調査データベースに参照し、取り壊し建て替えか、補修補強かの意思決定について影響要因分析を行った。その結果、住宅被害程度、建築年、世帯の所得条件などの要因が影響し、また復旧資金として建物更生共済と鳥取県復興補助金の役割が大きいことが明らかになった。

鳥取県西部地震における被災住宅の解体瓦礫処理に関する基礎資料の収集・分析

この地震による全壊家屋 433 戸、半壊家屋 3,084 戸に対して、鳥取県による解体件数は 1,600 件に達し、解体と災害廃棄物の処理に公費 29 億円が支出された。鳥取県及び被災市町村まとめによる家屋解体と廃棄物処理に関する資料を収集・分析し、全壊の 85%と半壊の 6%の和が解体率に相当すること、木くず量・がれき量ともに建物種別と解体面積の影響が大きいこと、地震時の床面積あたり木くず量の原単位は平常時の値に比べかなり大きいことなどが明らかになった。

被災住宅の被害程度と補修に関する資料文献調査

地震被害調査報告や各種論文を検索し、被害調査法、補修方法に関する文献整理を行った。

(b) 業務の実施方法

2002年度の本業務の実施体制は、以下のとおりである。

研究のとりまとめ、住宅復旧方法選択に関するデータの要因分析実施と支援策との関連性検討。

鳥取県西部地震における被災住宅の解体瓦礫処理に関する基礎資料の収集・分析資料発掘収集、データ収集など調査活動と系統的なデータベースの構築

主担当： 山口大学助教授 村上ひとみ hitomim@yamaguchi-u.ac.jp

副担当： 山口大学助手 瀧本浩一 takimoto@yamaguchi-u.ac.jp

(c) 業務の成果

1) 2000年鳥取県西部地震による被災住宅の復旧に関する意思決定

a) はじめに

地震における住宅被害は、世帯に多大な経済的損失を与える。被災者は避難所生活に続く仮設住宅などの生活を余儀なくされ、復旧への不安や心配が長く続くことになる。震災により住宅に多大な被害を受けた被災者は、震災した住宅を取り壊して建て替えるか、改築・補修するかの意思決定に迫られる。村上・守田¹⁾は、神戸市東灘区を対象に意思決定の分析を行っている。地震により被害を受けた住宅や町の復旧は、それを支える地域住民が元の生活に戻ることなくしては始まらない。そのためには、震災後の復旧に対しての行政の支援・政策が重要な役割を担い、大きな期待を受ける。

本研究では、2000年10月6日に発生し、多大な人的及び物的被害を与えた鳥取県西部地震における住宅復旧の実態を調査・分析するとともに、意思決定事由について分析し、住宅復旧の意思決定に関わる要因を明らかにする。

なお、この(2)(c)1)項は文献²⁾を元に加筆修正したものである。

b) 研究調査データの概要

() 建物外観調査データ

北原・他³⁾は、2000年10月に鳥取県日野町の黒坂、根雨、下黒坂、下榎、安原5地区において、鳥取県西部地震による建物被害の目視調査を実施し、住宅の被害程度を明らかにした。さらに、2001年12月に同地区において、京都大学防災研究所の林・他は、北原らが2000年に調査した被災住宅がどういった復旧状況になっているか建物外観調査を実施した。本研究では、この建物外観調査データに、今回鳥取県が全国で初めて給付した被災住宅に対する復興補助金のデータを追加した計727件のデータを使用して分析を行った。建物外観調査における住宅の復旧状況は、家屋建替が51件、家屋補修が521件、更地が31件、外観調査では復旧状態が判断しづらく不明なものが124件という結果であった。図1に建物の被害程度を表す建物全体被害と復旧状況を表す建物外観調査との関係を示す。

被災した住宅の被害程度が大きいほど住宅の建替えを選択している世帯の割合が高く、被害程度が軽くなるにつれて住宅の補修を選択している世帯の割合が高くなっている。つまり、住宅の被害程度と復旧選択の意思決定には密接な関係があることがわかる。しかし、被害が小さくても住宅の建替えを選択している世帯や被害が大きくても補修を選択している世帯がいることから、建物の被害程度だけが被災住宅復旧の意思決定に關与しているのではないと考えられる。

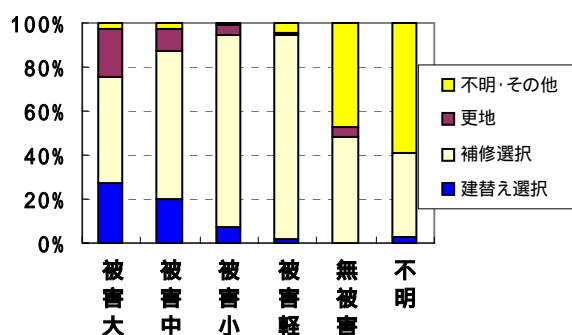


図1 建物全体被害と外観調査による復旧方法

() 住宅復旧に関するアンケート調査

) 調査日程と対象地域

2001年12月4日～7日にかけて、京都大学防災研究所が外観調査を実施した鳥取県日野町5地区の内、黒坂・根雨の2地区を対象に、筆者らは住宅復旧に関するアンケート調査を実施した。この2地区は、他地区に較べ激甚被害であり、既往調査により資料も充実していることから対象とした。

) 質問項目

アンケート調査票の作成にあたって、村上・守田^{1) 4)}が神戸市東灘区での調査に使用したアンケート票をもとに、質問項目を鳥取県版へと追加・削除・編集した。調査票は下記のような質問23項目と自由記述欄からなり、全4ページで構成されている。

- ・震災時の住居状況：罹災証明の判定、被災程度、建築年、所有関係、延べ床面積
- ・現在の住居状況：所有関係、新築か改築・補修か、階数、建築構造
- ・住宅再建の内容：復旧方法、着工時期、竣工時期、再建費用、費用の内訳
- ・現在の世帯状況：家族の人数、続柄、職業、年齢、住宅ローンの有無
- ・自由記述欄：住宅の復旧にあたって苦労した点などの意見、その他

) 配布・回収方法及び回収結果

戸別訪問により調査目的を説明して配布し、回収は返信用封筒による返送を依頼した。結果として、黒坂地区で44世帯、根雨地区で48世帯の合計92世帯に配布し、そのうち、黒坂で41世帯、根雨で37世帯の合計78世帯(回収率85%)からの回収を得た。

被災した住宅を復旧するにあたって、建替え、または補修を選択した理由(多項目選択式)を図2、図3に示す。

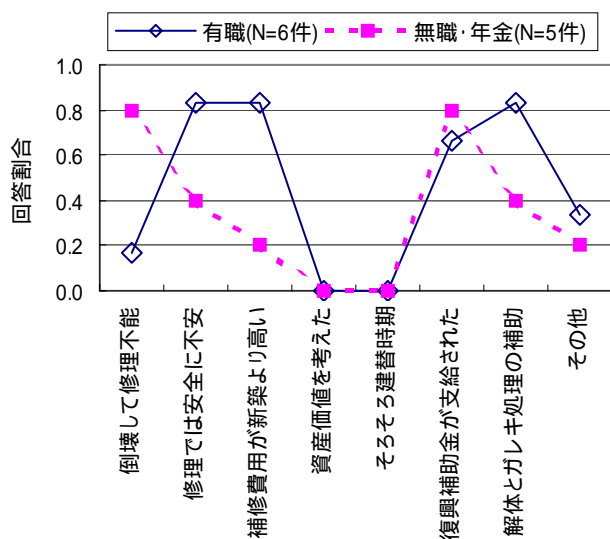


図2 建替えを選択した理由 (N=37)

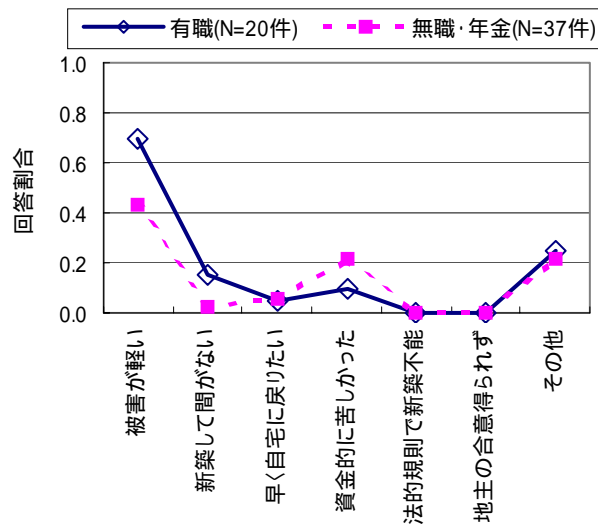


図3 補修を選択した理由 (N=65)

新築（建替え）の場合（図2）、有職世帯では安全面や補修費用が相当かかることを考えて選択しており、一方無職・年金世帯の場合は倒壊して修理不能と復興補助金の理由割合が最も高い。補修（図3）の場合、無職・年金世帯は、有職世帯に比べて、「被害が軽い」の割合が低く、「資金的に苦しい」が多い。

以下では、住宅復旧の意思決定に影響を及ぼしている要因を明らかにするため、前述の建物外観調査データ及び、アンケート調査データと外観調査データとをマッチングして新たに作成したマッチングデータの2種類について樹形解析モデルを用いて分析する。

c) 被災住宅復旧の意思決定

() 樹形解析

ここでは、住宅の復旧方法を決定づけるのに影響を及ぼす要因を分析・検討するために樹形解析モデルを使用する⁴⁾。樹形モデルの演算はSPSS社のAnswerTree3.0Jにより行う。

樹形解析（2分木探索）は、目的となる現象とそれを引き起こす原因・要因との間にある因果関係をモデル化することからなる。収集したデータにおいて、現象に影響する多数の原因の中から一つの原因を特定して、その原因が現象にどの程度影響しているのかを試みる。本研究においては、現象に相当するものが建物外観調査であり、またアンケート調査データにおいては、復旧方法である。現象に対して、原因に相当するものが、住宅の復旧を選択するのに影響を与えられ考えられる建物の建設年代、被害程度、住民の家族構成（年齢、職業、ローンの有無、他）などである。

紙面の制約により簡単な説明を述べる。Answer Tree では、建物外観調査・復旧方法を目的変数、建物の被害程度や構造種別、建設年代、アンケート調査項目における住民の世帯状況などを説明変数と位置づけ、説明変数に制約（樹木の最大の深さ、ケースの最小数）を持たせ、条件（建物被害の大小、資金的に余裕か苦しいかなど）を与えつつ目的変数がいかに分類されていくのかを分析する。

() 被災住宅外観調査データによる分析

京都大学防災研究所が鳥取県日野町における建物外観調査データ 727 件のうち、外観調査の結果において「更地」、「不明・その他」である 155 件を除いた 572 件を対象に樹形モデル (Answer Tree) を用いて意思決定分析を行う。建物外観調査 572 件における目的変数の復旧状況内訳は、建替え選択 51 件 (9%)、補修選択 521 件 (91%) となっている。

説明変数により、この二つの数値がどのように分類されていくかを明らかにする。そのことにより、被災した住宅を建替えるか、または補修するかを決定づけるのに、影響を及ぼしている要因を分析し、考察する。作成した樹形図を図 4 に示す。

住宅の建替え選択と補修選択の 2 つのカテゴリーを説明変数の全体被害で分岐した結果、図のように分岐されている。「被害大」、「被害中」など建物の被害程度が大きい世帯では、建替え選択が 177 件中 35 件 (20%) となっており、「被害小」、「被害軽微」など被害程度が小さい世帯では 395 件中 16 件 (4%) となっている。さらに被害程度が大きかった世帯 177 件が建設年代により分岐した結果、1950 年以前 (1900 年以前などのかなり古い建物も含まれている) の建物を所有している世帯で 100 件中 24 件 (24%) がさらに建替えを選択している。被害程度が「被害大」、「被害中」かつ建設年代が古い建物を所有している世帯 100 件を建物構造変数である最大家屋延床面積で分岐させると、延床面積が広い建物を所有している世帯の方が多く建替えによる復旧を選択している。

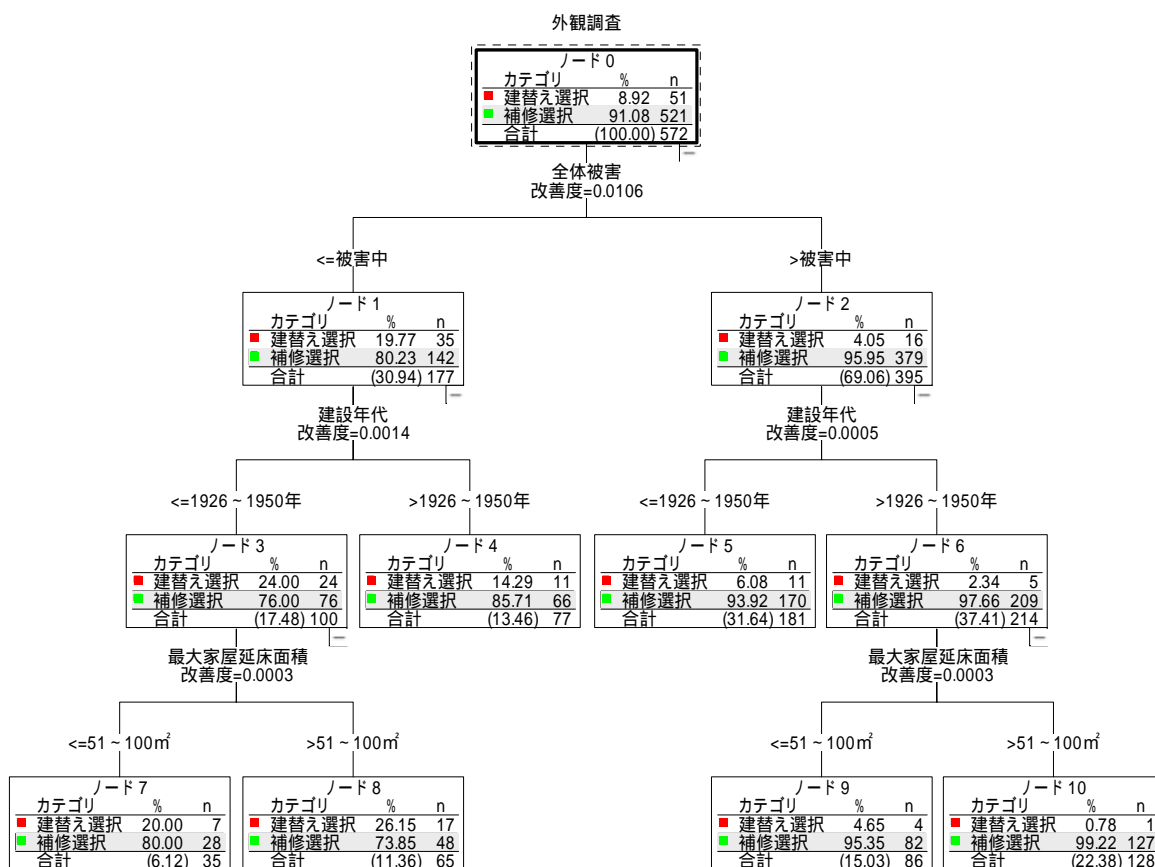


図 4 建物外観データによる樹形図

全体被害の「被害小」～「無被害」で分岐した 395 件は、建設年代により分岐された結果、1950 年以前の建物を所有している世帯 181 件中、建替えを選択が 11 件(6%)となり、1950 年以降の新しい住宅では 214 件中 5 件(2%)の建替率となっている。

被害程度が「被害大」・「被害中」の時と同様に、建設年代で分岐させた比較的新しい建物 214 件を最大家屋延床面積で分岐させた結果は、新しい建物では、床面積が狭い建物を所有している世帯が多く建替えを選択している傾向が見られた。

以上から、被災した住宅を復旧するにあたり、建物の被災度が高いほど、また建物が古いほど建替え・補修を選択する世帯が多い傾向があり、建物の被害程度や建設年など建物の状態が復旧の意思決定に大きな影響を与えていることが分かった。また、床面積などの建物の構造的な要因も住民の復旧方法の意思決定に影響を及ぼしていることが見てとれる。

）マッキングデータによる分析

アンケート調査データと京都大学防災研究所の建物外観調査データをマッキングして作成したデータベースは、計 78 件から成る。目的変数である復旧方法において、計 78 件のデータのうち、復旧方法が「不明」と「何もしてない」となっている 10 件を除いた 68 件を対象に樹形図を作成した。68 件のデータにおいて、復旧方法の内訳は、新築選択 11 件(16%)、改築・補修選択 57 件(84%)となっている。

前項と同様に説明変数により、この二つの選択件数がどのように分岐していくかを明らかにする。作成した樹形図を図 5 に示す。

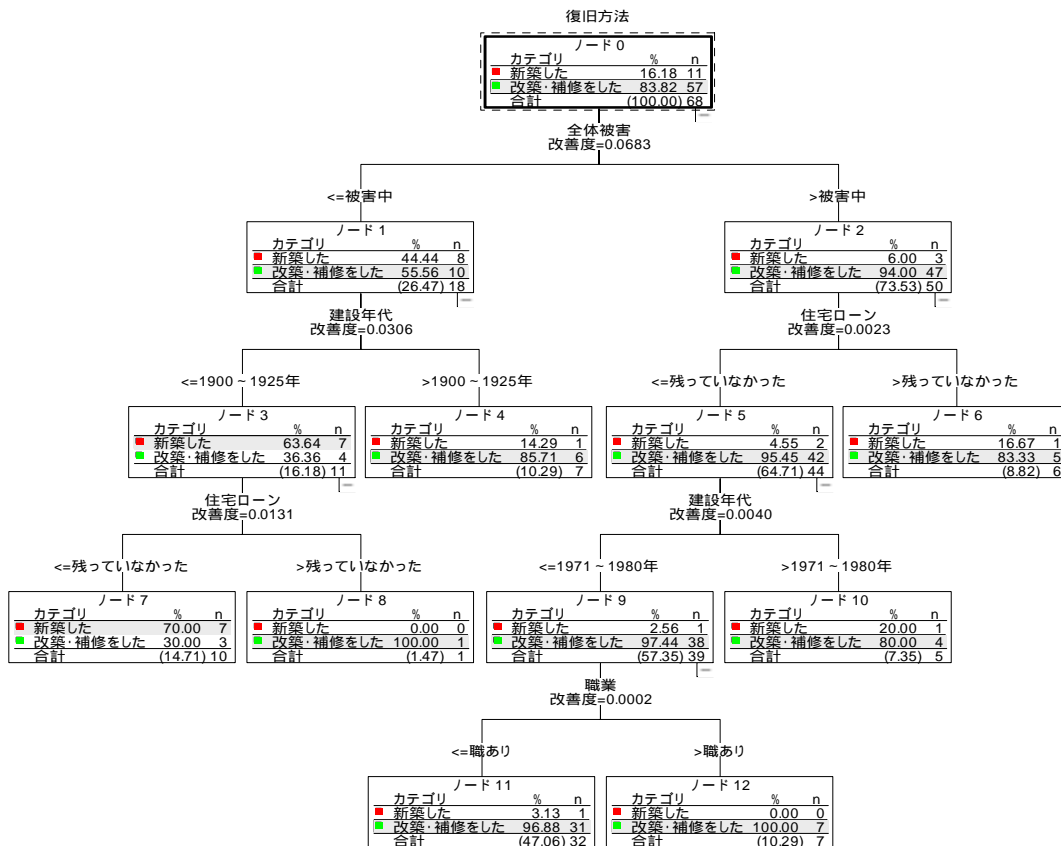


図 5 マッキングデータによる樹形図

復旧方法の被害程度を表す全体被害で分岐させると「被害大」、「被害中」など被害が大きい世帯 18 件において、新築選択が 8 件 (44%) となっており、一方被害が軽い世帯 50 件中、新築選択が 3 件 (6%) となっている。被害が大きい世帯をさらに建設年代で分岐させると建物が古い世帯に新築選択が多く含まれている。被害が小・軽微・無しの分岐 (右側) について、資金的な面について考察すると、住宅ローンにおける分岐では、「借りていない」、「ローンは残っていない」世帯 44 件中新築選択が 2 件 (5%) となり、住宅ローン有りの世帯の方が新築率は高い傾向がある。職業による分岐では、「職あり」の世帯が「職無し、年金」世帯より、わずかに新築率が高い。

d) まとめ

今回の調査・分析で、住宅の復旧方法は、住宅被害程度や建物構造種別、資金的問題の影響を受ける傾向を見ることができた。また住宅自体のこととは別に、住民の意識レベルに関する住宅ローンや職業、今回分岐の説明変数には組み込まなかったが世帯の状況 (家族の人数、主収入者の年齢、他) なども住宅の復旧方法を決定するのに影響を及ぼす要因であることが分かった。

2) 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

a) 背景・目的

2000 年 10 月 6 日午後 1 時 30 分ごろ鳥取県西部地震 (M=7.3) が発生し、日野町や境港市で震度 6 強を記録した。この地震により 15,000 棟を超える家屋が全半壊や一部破損といった被害を受けた。今回の地震では 140 名以上の負傷者を出したが、幸いにも死者は出なかった。地震による住宅の倒壊は住民の命を危険にさらすだけでなく、経済的な損失も与える。また倒壊した家屋の解体により発生する廃棄物は災害廃棄物として処理され、膨大な量になった。鳥取県西部地震では約 1600 件の家屋が解体申請され、その解体費用として公的補助金として約 28 億円が支出され、住宅復興のためにも補助金として約 50 億円が支出された。

将来の大地震について多数の家屋倒壊・破損等の被害が想定されている。住宅の耐震補強が進まなければ、被災住宅の解体・撤去にかかる費用が増加し、発生する廃棄物量も増加するであろう。それに伴い、廃棄物処理場の容量や、廃棄物が環境に及ぼす影響などの問題が発生すると考えられる。そこで、今後の大震災における被災家屋の復旧において、解体・建て替えによる環境影響やコストを評価・推定し、補修補強を推進する公的支援策を事前に検討することが重要である。本研究では 2000 年鳥取県西部地震における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、家屋解体率や災害廃棄物の排出量や廃棄物に関する原単位を分析することにより、今後の震災に対する対策に役立てることを目的とする。

b) 本研究で用いるデータ

本研究で使用したデータは、2000 年鳥取県西部地震により被害を被った建物の属性と被害程度、また解体に伴って発生する廃棄物量、解体・処理費用に関して、鳥取県及び県内

8市町村が集計したものから成る。

鳥取県西部地震による全壊家屋数⁶⁾について世帯数(2001年8月31日現在)に対する割合を求め、図6に示す。日野町が8市町村の中で全壊家屋数が最も多く、全壊率も高いことがわかる。境港市は都市部にあり、全壊家屋数は多いものの世帯に対する割合は比較的小さい。また溝口町や西伯町も全壊家屋数が大きい。

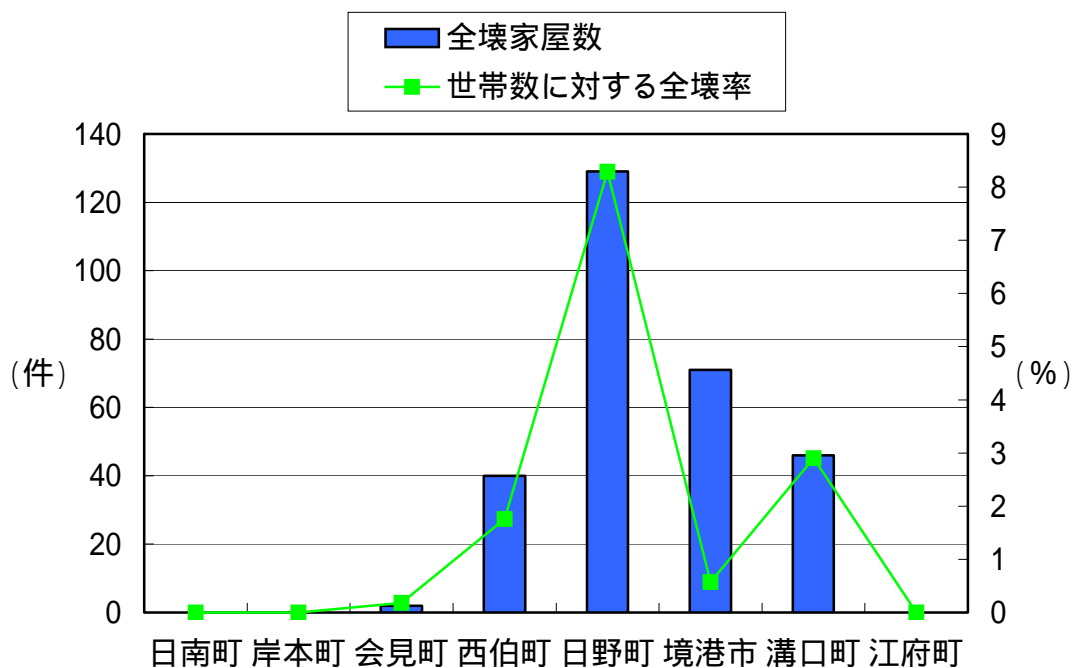


図6 鳥取県8市町村における全壊家屋数と世帯数に対する全壊率

鳥取県境港市、日南町、西伯町、会見町、溝口町、江府町、岸本町、日野町から鳥取県西部地震による被害及び廃棄物に関する資料を頂いた。これらの資料は記載してあるデータの種類、内容が市町村より異なっている。表1、表2に市町村ごとのデータの内容を記す。

日南町と西伯町：解体された家屋の所在地区、家屋所有者の氏名、住所、解体された建物の種類、地震による建物の被害、解体面積、解体方法、解体見積金額が記載されていた。廃棄物量に関しては町全体として処理した量が記載されていた。また日南町のデータには重機等の使用に関する単価が、西伯町のデータには解体・処理に関する単価が記載されていた。

会見町：解体された家屋の所在地区、家屋所有者の氏名、住所、解体された建物の種類、地震による建物の被害、解体面積、解体方法、解体見積金額が記載されていた。また家屋解体時の見積書を頂いた。

溝口町：解体された家屋の所在地区、家屋所有者の氏名、解体された建物の種類、地震による建物の被害、解体面積、解体方法、解体見積金額、解体・処理に関する単価が記載されていた。廃棄物量に関しては、木くず量とがれき量が記載されていた。

江府町：家屋所有者の氏名、住所、解体された建物の種類、地震による建物の被害、解

体面積、解体方法、解体見積金額、廃棄物処理及び重機の使用に関する単価が記載されていた。

境港市：家屋所有者の氏名、住所、解体された建物の種類、地震による建物の被害、解体面積、解体見積金額、家屋解体時の単価が建物種別、構造別に記載してあった。

岸本町：解体された家屋の所在地区、家屋所有者の氏名、住所、解体された建物の種類、地震による建物の被害、解体面積、解体方法、解体見積金額が記載されていた。また見積書も頂き、家屋の解体、廃棄物の処理、運搬費用の単価が記載してあった。廃棄物量に関しては、木くずとがれきの量が記載してあった。

日野町：解体された建物の種類、解体面積が記載されていた。廃棄物量に関しては、町として処理した木くず、がれき、金属くずの量が記載してあった。

これらのデータを用いて市町村ごとのマクロなデータ分析を行った。

表 1 本研究で使用した市町村別データの内訳

	地区名	氏名	住所	建物の種類	建物被害	面積	解体方法	見積書	処分費
日南町								×	×
西伯町								×	町全体で記載
会見町									×
溝口町			×					×	町全体で記載
江府町	×							×	
境港市	×						×	×	×
岸本町									見積書に記載

表 2 本研究で使用した市町村別データの内訳

	木くず量・がれき量	金属量・壁土等の量	解体見積金額
日南町	町全体、一部の家屋は記載	町全体、一部の家屋は記載	
西伯町	町全体のみ記載	町全体のみ記載	町全体のみ記載
会見町	×	×	
溝口町	町全体のみ記載	×	町全体のみ記載
江府町	×	×	町全体のみ記載
境港市	×	×	地区別で記載
岸本町		×	

c) 家屋解体率への影響要因とマクロ予測

ここでは7つの市町村別の被害と解体戸数のデータに日野町の25地区別データ⁷⁾を加えたものを用いて、被災家屋の解体率を目的変数とする重回帰分析を行い、影響要因を求め、今後地震が発生した場合の家屋解体率の予測を検討する。データには解体された母屋数、世帯数、全壊数、半壊数が含まれ、解体率、全壊率、半壊率を算出し、それをもとに重回帰分析を行った。

図7に全壊率と解体率の関係を、図8に半壊率と解体率の関係を示す。全壊率と解体率の相関が大きいことがこの結果よりわかる。一方全壊率と半壊率、解体率と半壊率の相関は0.7に近くなり比較的大きいといえる。表3に全壊率、半壊率と解体率の相関係数を示す。

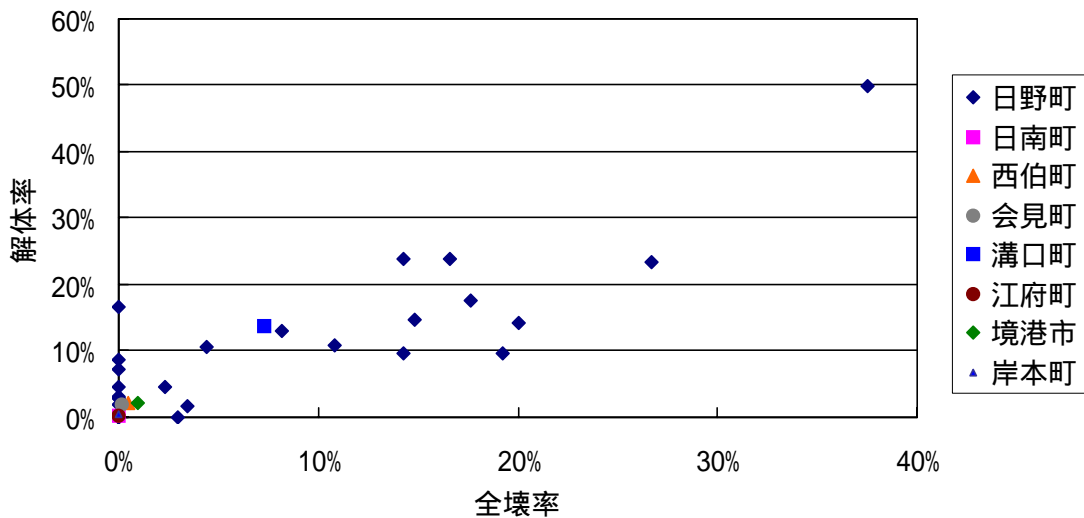


図7 7市町村と日野町25地区における全壊率と解体率の関係

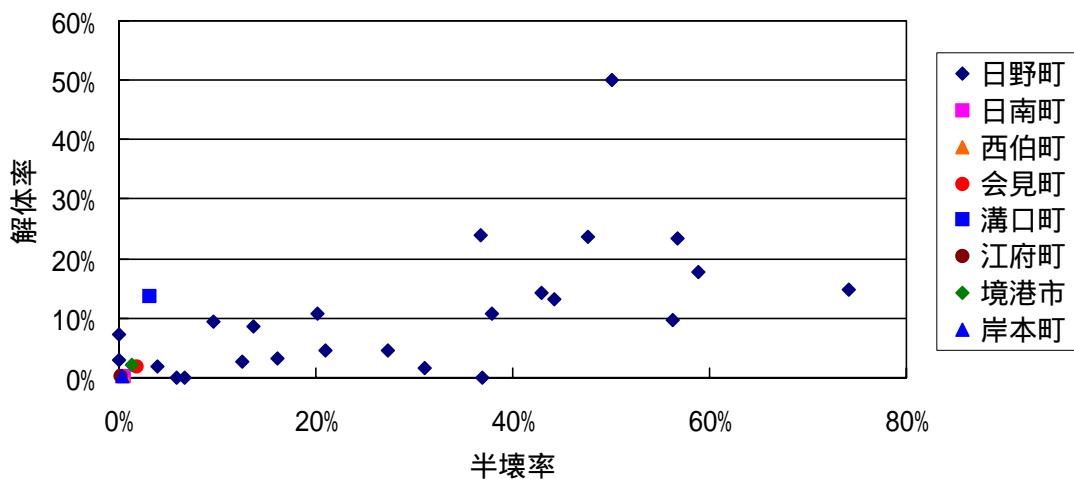


図8 7市町村と日野町25地区における半壊率と解体率の関係

表 3 7市町村と日野町 25 地区について相関関係

相関行列	全壊率	半壊率	解体率
全壊率	1.000		
半壊率	0.696	1.000	
解体率	0.863	0.670	1.000

表 4 7市町村と日野町 25 地区について重回帰分析の結果

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F 値	T 値	P 値	判定
全壊率	0.848	0.770	36.018	6.002	0.000	**
半壊率	0.063	0.133	1.082	1.040	0.307	
定数項	0.016		1.200	1.095	0.282	

重回帰分析の結果（表 4）を用いて次の重回帰式を得た。この式より全壊率が解体率に大きな影響を及ぼすことがわかる。全壊率の係数が非常に大きく、半壊率の係数は小さくなっている。この式は全壊家屋のほうがより修復不能に近く、解体される確率が高く、およそ 85% となること、また半壊の中にも約 6% と少数ではあるが解体に到る家屋があることを示している。

$$y = 0.848x_1 + 0.063x_2 + 0.016 \quad (1)$$

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

本分析の精度は、決定係数が 0.75、重相関係数が 0.87 となり、当てはまりは比較的良好い。今回のように市町村を地区別に細分化していくことで、更に詳細な分析ができ成果が上がっていくと予測される。

d) 岸本町における建物種別の廃棄物量分析

本項では岸本町における家屋解体申請受付処理簿をもとに分析を行う。この処理簿には、解体された家屋の種類と被害程度、解体面積、廃棄物量、解体見積金額が記載されており、他の市町村から提供していただいたデータには欠落している有用な情報を含んでいる。岸本町における家屋解体申請受付処理簿をもとに、解体された建物を建物種類別に分類し、解体見積もり金額と解体面積の関係、解体時に発生する木くずとガレキの量との関係、また解体面積と木くず、解体面積とガレキの量についてそれぞれ分析した。用いたデータは、土蔵 18 件、倉庫 11 件、母屋 8 件、その他の建物 7 件の計 44 件である。

() 木くずとがれきの関係

解体された建物を土蔵、倉庫、母屋、その他に分類し木くず量とがれき量について分析を行った。木くず量とがれき量の関係（図 9）から、両者は全体的に比例傾向にあることがわかる。倉庫は木材で建築されているため、木くずが多く排出され、がれきは木くずほど排出されないと考えられる。また土蔵はその逆でがれきが多く排出され、木くずはあま

り排出されないと考えられる。そのため散布図に偏りが出てくることが予測されるが、図9を見ると倉庫及び土蔵の木くずとがれきの排出量はほぼ正比例していることが読み取れる。一方母屋はさまざまな材質で建築されているので、木くず量の増加に伴いがれき量も増加するといった比例関係が予測される。実際に図9からも正比例していることがわかる。

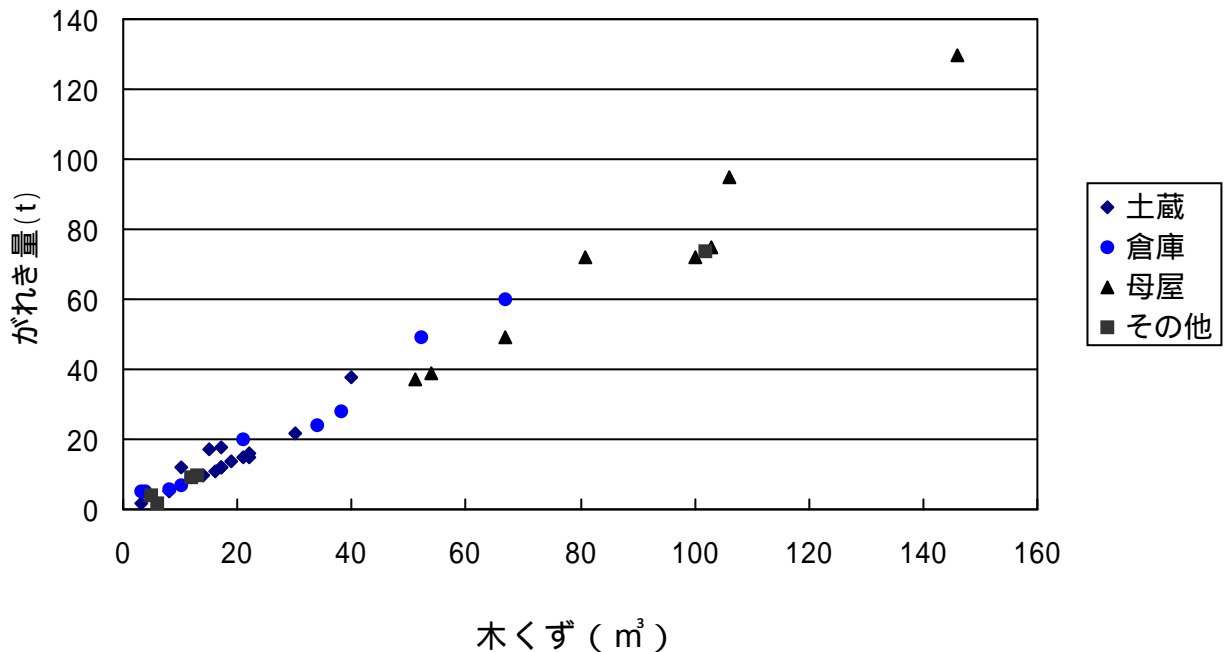


図9 がれき量と木くず量の関係

() 解体面積と木くず量の関係

解体された建物を土蔵、倉庫、母屋、その他に分類し解体面積と木くずの量についての関係を図10に示す。一般に解体面積が大きくなれば、排出される木くず量は増加することが予測される。特に倉庫や母屋は構造上、木材が多く使用されており、解体面積と木くずの量は比例することが予想できるが、図ではばらつきが大きい。特に倉庫に関しては、種類が多岐に亘るためか、ばらつきが非常に大きい。母屋に関しては概略の傾向としては比例関係があるように思われる。土蔵の場合はばらつきが小さく、解体面積と木くず量の間に比例関係を読み取ることができる。

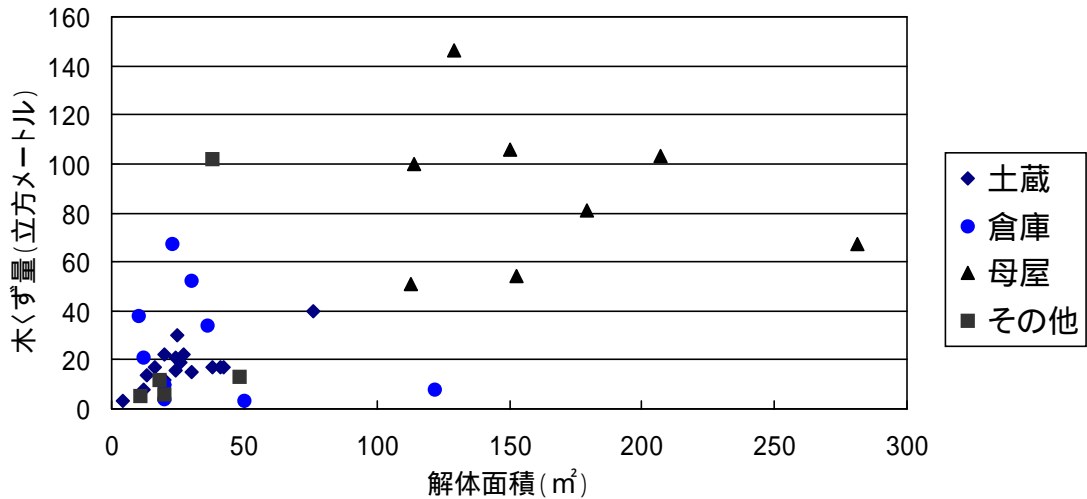


図 10 解体面積と木くず量の関係

() 解体面積とがれき量の関係

解体された建物を土蔵、倉庫、母屋、その他に分類し、解体面積とがれきの量についての関係を図 11 に示す。解体面積が大きくなれば、発生する廃棄物量は増加すると考えられる。土蔵が解体されると、がれきが大量に排出されるため、解体面積と共に排出がれき量も増加すると予測される。土蔵に関しては、図 11 から比例する傾向にあると読みとれる。また母屋は多少のばらつきは見られるものの、解体面積とがれき量は比例していると思われる。一方倉庫は図 10 と同様に非常にばらつきが大きい。

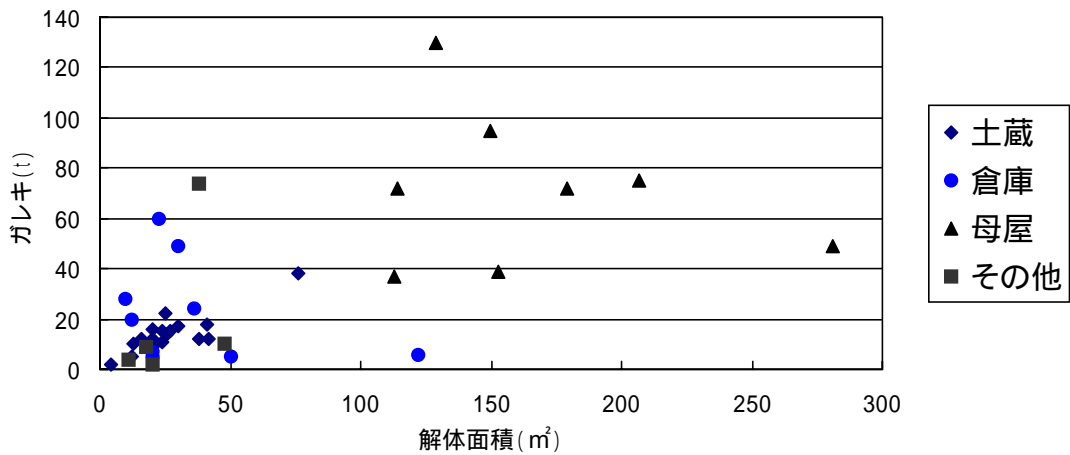


図 11 解体面積とがれき量の関係

() 数量化 類による廃棄物量の要因分析

岸本町の建物種類別のデータ 44 件を用いて、数量化 類による廃棄物量に関する要因についての分析を行った。データ表現方法を便宜上変更し、重回帰分析を計算方法として用いた。しかし建物の種類はカテゴリーデータ(母屋、倉庫、土蔵、その他の 4 種類)であるため実質的には数量化 類による分析を行ったことになる。

）木くずに関する廃棄物量の要因分析

目的変数を木くず量、説明変数を解体面積、母屋、倉庫、土蔵とし、重回帰分析を用いて木くず量の建物種類による要因分析を行った。重回帰分析の結果を表5に示す。解体面積と母屋の相関が最も大きく、また母屋と木くず量に関する相関も大きいことがわかる。土蔵や倉庫からも木くずが排出されているので、本来ならば土蔵や倉庫と木くずの相関も見られるはずである。しかし表5からはそのような結果を読み取ることは困難である。母屋から排出された木くずの量が、土蔵や倉庫から排出された木くず量と比較するとかなり多いため、母屋と木くずの相関が大きくなり、土蔵や倉庫と木くずの相関に影響を及ぼしたのではないかと考えられる。また、用いたデータが44件と少ないことも影響していると思われる。

重回帰分析の結果、偏回帰係数（表6）が求められた。

表5 木くずに対する解体面積、土蔵、倉庫の相関関係

相関行列	解体面積 (m ²)	土蔵	倉庫	母屋	木くず (m ³)
解体面積 (m ²)	1.000				
土蔵	-0.425	1.000			
倉庫	-0.187	-0.482	1.000		
母屋	0.871	-0.447	-0.278	1.000	
木くず (m ³)	0.649	-0.445	-0.142	0.766	1.000

表6 重回帰分析の結果

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F 値	T 値	P 値
解体面積 (m ²)	-0.051	-0.092	0.170	0.413	0.683
土蔵	-9.956	-0.140	0.676	0.822	0.417
倉庫	-0.814	-0.010	0.004	0.061	0.952
母屋	67.972	0.780	9.667	3.109	0.004
定数項	28.976		6.751	2.598	0.014

排出される木くず量の建物の種類による要因の推定結果として、次の回帰式を求めた。

$$y = \begin{bmatrix} 67.97 & \text{母屋} \\ -9.96 & \text{土蔵} \\ -0.081 & \text{倉庫} \\ 0 & \text{その他} \end{bmatrix} - 0.051x_4 + 28.98 \quad (2)$$

ここに y : 木くず量 (m³) x_4 : 解体面積 (m²)

(2)式では、母屋か否かにより木くず量が大きく変化する。本来家屋を解体した場合、解体面積が増加すれば木くず量も増加すると考えられるが、この式では、解体面積の係数の符号がマイナスであることから、解体面積が大きくなるに伴って、わずかながら木くず

量が減少していくことになる。建物種別の影響が大きく、面積の寄与分が小さいことが原因と考えられるが、更なる検討を要する。

分析の精度(表7)より、決定係数が0.60、重相関係数が0.78という少し小さい値をとっており、回帰式の当てはまりの良さは十分とは言えない。

表7 重回帰分析の精度

決定係数	0.6015
修正済決定係数	0.5546
重相関係数	0.7756
修正済重相関係数	0.7447

) がれきに関する廃棄物量の要因分析

目的変数をがれき量、説明変数を解体面積、母屋、倉庫、土蔵とし、重回帰分析を用いてがれき量の建物種類による要因分析を行った。目的変数と説明変数間の相関関係を表8に示す。解体面積と母屋の相関が最も大きく、母屋とがれき量の相関も大きいことが読み取れる。母屋の解体面積が土蔵や倉庫と比べて大きいこと、またそれに伴って発生したがれき量が多いことから、このような結果が得られたと考えられる。重回帰分析の結果を表9に示す。

表8 がれきに対する解体面積、土蔵、倉庫の相関関係

相関行列	解体面積(m ²)	土蔵	倉庫	母屋	ガレキ類(t)
解体面積(m ²)	1.000				
土蔵	-0.425	1.000			
倉庫	-0.187	-0.482	1.000		
母屋	0.871	-0.447	-0.278	1.000	
ガレキ類(t)	0.621	-0.432	-0.109	0.739	1.000

表9 重回帰分析の結果

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F 値	T 値	P 値
解体面積(m ²)	-0.055	-0.119	0.265	0.514	0.610
土蔵	-5.686	-0.096	0.291	0.540	0.593
倉庫	3.358	0.048	0.084	0.290	0.774
母屋	58.999	0.814	9.619	3.101	0.004
定数項	21.293		4.815	2.194	0.035

排出されるがれき量の建物の種類による要因の推定結果として、次の回帰式を求めた。

$$y = \begin{bmatrix} 59.00 & \text{母屋} \\ -5.69 & \text{土蔵} \\ 3.36 & \text{倉庫} \\ 0 & \text{その他} \end{bmatrix} - 0.055x_4 + 21.29 \quad (3)$$

ここに y : 木くず量(m³) x_4 : 解体面積(m²)

この式も木くず量を推定するために求めた式と同様に、解体面積の符号がマイナスを示している。そのため解体面積の増加に伴い、わずかではあるが廃棄物量が減少するといった結果になる。なぜこのような結果になったのか更に検討が必要である。

本分析の精度を表 10 に示す。決定係数が 0.56、重相関係数が 0.75 という少し小さい値をとっており、回帰式の精度が十分高いとは言えない。

表 10 重回帰分析の精度

決定係数	0.564
修正済決定係数	0.513
重相関係数	0.751
修正済重相関係数	0.716

e) 家屋解体に伴い発生する廃棄物の量と処理

() 家屋解体により発生する廃棄物量の原単位

家屋の解体に伴って廃棄物やさまざまな費用が発生する。これらの費用や廃棄物量は原単位をもとに計算される。原単位とは一般的には、製品を製造する際に、エネルギーをどの程度使用したか(エネルギー原単位)、使用電力量 1 kw / 時あたりの CO₂ がどれくらい発生したか(CO₂ 排出原単位)などを表わす指標である。このような原単位を知り、管理することにより、CO₂ の削減や使用するエネルギーの低減につながる。

本項での原単位は、家屋の解体面積 1 m²あたりの廃棄物の排出量と定義する。以下に原単位を求める式を記す⁸⁾。

$$\text{災害廃棄物に関する原単位} = \frac{\text{廃棄物量 (t または } m^3 \text{)}}{\text{家屋の解体面積 (} m^2 \text{)}} \quad (4)$$

以下では岸本町家屋等解体申請処理簿をもとに、解体された建築物を母屋 8 棟、土蔵 17 棟、倉庫 9 棟、家屋の 3 種類に分類し木くず量とがれき量の原単位を求めた。結果を表 11 にまとめ、文献⁹⁾を元に平常時の排出量と比較する。

表 11 建物種類別の原単位

	建物の種類	木くず / 面積 (m ³ / m ²)	がれき / 面積 (t / m ²)
鳥取県西部地震	母屋	0.59	0.47
	土蔵	0.72	0.56
	倉庫	1.33	1.12
平常時	木造住宅 8)	0.400	0.212
兵庫県南部地震(兵庫県推定)	木造住宅 8)	0.470	0.392

母屋に関する原単位が倉庫、土蔵と比較して小さい。これは母屋を解体した際に発生する廃棄物量は倉庫、土蔵よりも多いが、解体された面積が他の二つよりも大きいためだと考えられる。土蔵は構造上、土壁や漆喰を使用しているため、がれきが大量に発生すると思われる。しかしこの結果を見ると、土蔵から木くずが多く排出されていることがわかる。

文献⁸⁾によると、平常時の木造建築物の解体に伴い排出される木くずの原単位は単位面積 1 m²あたり約 0.40 m³である。本研究で求めた木くずの原単位は、母屋は 0.59 m³/m²、倉庫は 0.77 m³/m²、土蔵は 1.33 m³/m²であり、平常時よりも原単位が大きい。また兵庫県南部地震における兵庫県推定の原単位よりも、木くず、がれき共にやや大きい。

() 平常時の廃棄物量との比較

「鳥取県産業廃棄物実態調査結果(1998年度実績)」¹⁰⁾及び「鳥取県産業廃棄物実態調査結果(2001年度実績)」¹¹⁾より鳥取県内の建設業で発生した廃棄物量と、今回の地震で発生した廃棄物量とを比較した(表12)。今回の地震では、木くずが約 52,000 t、がれきが約 60,000 t の災害廃棄物が発生した。平常時と比較すると、木くずが約 2 倍も排出されている。一方がれきは平常時の約 23%にとどまっているが、1度の地震で年間の約 23%も排出されていると考えるとかなりの量がれきが発生していることになる。このように一度に莫大な量の廃棄物が発生すると、処分場や清掃工場などにかかなりの負担をかけ、その処理にもかなり影響すると思われる。

表 12 平常時の建設廃棄物と鳥取県西部地震による廃棄物量

	1998年度	2001年度	鳥取県西部地震
木くず量(t)	27,851	24,882	52,280
がれき量(t)	268,886	246,604	59,663

() 廃棄物の処理先とリサイクルの現状

今回の地震により発生した廃棄物は木くず等の可燃物、がれき等の不燃物、金属くずに分類されてそれぞれ処理された。これらの廃棄物は、各市町村が民間の処理業者に処理を委託するなどして処理された。処理方法は市町村により異なっている。主に木くずは焼却埋め立て処分されたが、会見町のようにリサイクルした地域もある。がれきは瓦や土などに分別され、リサイクルや埋め立て処分された。金属くずはリサイクルされていた。これらの廃棄物は県内だけで処理を行うことが困難なため、県外にも運搬し処理されている。図 12 に災害廃棄物の処理先の一部を示す。

現在廃棄物問題は深刻なものになっている。特に建築廃棄物は、今日の廃棄物問題で大きな位置を占めている。産業廃棄物の約 2 割は建設業から発生しており、不法投棄の約 9 割は建設業から発生しているという現状にある。今回のような地震が発生するとさらにその数は増加し、廃棄物問題はさらに深刻化する。このような問題に対処するためには、リサイクルを徹底する必要がある。

2002年に施行された建設リサイクル法により、解体により発生する廃棄物は、分別・解体が義務付けられている。建設リサイクル法施行前は、重機で一気に解体するミンチ解体が主流であったが、法の施行後は手壊しで解体したり、重機で解体した場合でもコンクリートや木くずなどに細かく分別されるようになった。またこれらの廃棄物はバイオマス燃料や建築資材、といったかたちでリサイクルされている。このように平常時ではリサイクルは行われているが、災害時にリサイクルを行うのはかなり困難だと思われる。

このように廃棄物をリサイクルすることも重要である。住宅の寿命を延ばせば、廃棄物

削減につながると考えられる。



図 12 廃棄物の処理先

f) まとめ

2.3.2項では2000年鳥取県西部地震により被災した家屋の解体と災害廃棄物に関する基本資料を収集し、分析した。明らかになったことを以下にまとめる。

- ・鳥取県8市町村と日野町の25地区の母屋の被害数と世帯数を用い、家屋解体率を目的変数、母屋の全壊率、半壊率を説明変数として家屋解体率への影響要因の分析を行った。その結果として母屋の解体率には、全壊率が大きく寄与していることがわかった。特に被害の大きかった日野町では、他の市町村よりも全壊率が解体率に与える影響が大きかった。
- ・岸本町の個別の解体建物に関する詳細データを元に建物種別の廃棄物量に関する分析を行った結果、木くず量とがれき量の間には相関関係が見られた。母屋から排出される廃棄物量は、他の建物からの排出量よりも多いことがわかった。しかし、廃棄物量を推定するまでには至らなかった。データ件数を増やし更に分析を行う必要がある。
- ・鳥取県岸本町における家屋解体による原単位を、平常時の解体による原単位と比較したところ、平常時よりも1.5~2倍程度の大きな原単位が得られた。岸本町の原単位は兵庫県南部地震のそれに近い。これは鳥取県の住宅が大量の木材を建築資材として利用している住宅が多いという特色があり、そのため平常時より原単位が大きくなったのではないかと推測される。また廃棄物量の測定方法が地震時と平常時では異なっていることも考えられる。
- ・鳥取県西部地震による木くず量は県内における平年の建設廃棄物量(木くず量)の約2倍、地震によるがれき量は、同じく建設廃棄物量(がれき量)の約2割に達し、その処理が困難さが推定される。災害廃棄物は、県内はもちろん県外にまで運搬され、処理されることがわかった。

3) 住宅地震被害と補修に関する文献調査

学会等による地震被害調査報告書、自治体による被害と復興対策報告書、及び学術論文集等を検索し、関連文献の収集・整理を行った。

(d) 結論ならびに今後の課題

今後の課題としては、日野町住宅・復旧調査データベースの活用による復旧意思決定のより詳細な分析を行い要因を明らかにすること、住宅解体に関して建物ごとのデータを収集追加して、解体・廃棄物処理の費用、瓦礫・木くず量原単位、リサイクル率と環境影響を評価することが挙げられる。これらの結果を他の地震・地域と比較することにより、今後の大震災に備える支援策を検討していく。

< 謝辞 >

本研究を進めるにあたって、日野町の黒坂・根雨地区の住民の皆様にはアンケートに多大な協力をして頂いた。日野町役場には震災関連資料を提供して頂いた。現地調査及び調査資料の整理統合に際して、京都大学防災研究所の中池大介君を始め学生各位に協力して頂いた。災害廃棄物と住宅復興に関する資料については、鳥取県循環型社会推進課並びに同住宅環境課各位、また被災地各市町村職員の方々にお世話になった。

以上、ここに記して心から謝意を表します。

(e) 引用文献

- 1) 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、京都大学防災研究所 特定共同研究(9P-1)「都市空間の安全質向上のための生産・管理システムの構築に関する研究」、pp87～96、1999.11.
- 2) 村上ひとみ・三樹亮介・他：2000年鳥取県西部地震による被災住宅の復旧に関する意思決定、地域安全学会梗概集、No. 12, pp.99-102、2002.11.
- 3) 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.
- 4) 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影響を及ぼす影響の調査、1998年度山口大学工学部卒業論文、1999.
- 5) 大滝 厚・堀江宥治・Dan Steinberg：応用2進木解析法 - CARTによる一、日科技連、1998.7.
- 6) 鳥取県防災危機管理課：「平成12年鳥取県西部地震の記録」、鳥取県、164pp、2001.
- 7) 鳥取県日野町：「鳥取県西部地震 2000.10.6 日野町の災害・復興への記録」、2001.
- 8) 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.

- 9)本多淳裕、山田優:建設副産物・廃棄物のリサイクル、省エネルギーセンター, pp. 194-197, 1994.
- 10)鳥取県産業廃棄物実態調査結果(平成10年度実績) pp.65-66.
- 11)鳥取県産業廃棄物実態調査結果(平成13年度実績) pp.63-64.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

村上ひとみ・他(2002):2000年鳥取県西部地震による被災住宅の復旧に関する意思決定、地域安全学会梗概集、No.12, pp.99-102.

Murakami, H. et al. (2003): Proposal for sustainable restoration of damaged dwellings -What we learn from the 2000 Western Tottori earthquake-, 7th US/Japan Workshop on Urban Earthq. Hazard Reduction, Hawaii.

村上ひとみ・森山勉(2003):2000年鳥取県西部地震による家屋解体と災害廃棄物量の実態調査、第33回安全工学シンポジウム講演予稿集、pp.262-263.

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成15年度業務計画案

研究の2年目として、1995年兵庫県南部地震を中心に関連資料・データの収集分析を行う。

兵庫県南部地震における復旧方法選択に関する既往の調査データベースを再検討し、関連調査報告資料等との参照により、意思決定要因と復旧費用・復旧過程に関する分析を行う。行政の復旧支援策や地域条件の影響などを他の地震による結果と比較する。

同地震について被災住宅の解体・瓦礫処理に関する行政基礎資料や報告等資料をデータベース化することにより、解体建物の種類・被害程度と量を調べ、瓦礫・木くずなど廃棄物の質量を把握し、リサイクル実態と環境影響負荷について検討する。

海外地震における住宅補修補強の支援策について情報収集する。