

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—

Building Damage Assessment Method for Disaster Responder
- Development of Damage Assessment Training System -

堀江 啓^{1,2}, 牧 紀男¹, 重川 希志依³, 田中 聡⁴, 林 春男^{1,4}

Kei HORIE^{1,2}, Norio MAKI¹, Kishie SHIGEKAWA³,
Satoshi TANAKA⁴ and Haruo HAYASHI^{1,4}

¹ 防災科学技術研究所 地震防災フロンティア研究センター

Earthquake Disaster Mitigation Research Center, NIED

² 神戸大学大学院自然科学研究科

Graduate School of Science and Technology, Kobe University

³ 富士常葉大学環境防災学部

College of Environment and Disaster Research, Fuji Tokoha University

⁴ 京都大学防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Building damage assessment for issuing Victim Certificate influenced most of the livelihood rebuilding of victims in the long term following the 1995 Hanshin-Awaji Earthquake Disaster. Simulation system for building damage assessment using photographic image data was developed in order to construct a damage assessment training system. The validity of this system was checked according to 1) the classification method of building damage pattern, 2) the damage assessment method developed by national government, and 3) the damage assessment method developed by local government.

Key Words : *Building Damage Assessment, Damage Pattern, Visual Inspection, Victim Certificate, Simulation System, Disaster Management,*

1. はじめに

震災時には様々な目的で建物の被害調査¹⁾が行われる。その中の一つに、行政により行われる住家の被災度を公的に証明した罹災証明書¹⁾の発行のための「被害認定調査」がある。この調査結果は、1995年の阪神・淡路大震災では、公的機関だけではなく私的機関からの支援を受ける場合にも、支援対象者を決定するための基礎資料となり、長期間に渡って被災者の生活再建に影響を与えた。また、2000年鳥取県西部地震²⁾、2001年芸予地震³⁾においても、罹災証明書は様々な支援を受けるために必要となった。1998年には、阪神・淡路大震災を契機として「被災者生活再建支援法」が施行され、ますます「被害認定調査」と被災者の生活再建との関係は密接になっている。この観点から「被害認定調査」は、高い判定精度と公正な実施が要求される調査といえる。

また、「被害認定調査」は判定の客観性に加え、被害程度を公的に認定し罹災証明書を発行するという性格上、大規模地震災害時には悉皆調査が必要となる場合や、その際に建築の専門家だけでの対応が困難となる場合が予想され、専門家以外の自治体職員が判定作業を実施せざ

るを得ない事態が想定される。したがって、1)判定作業のパフォーマンスの向上を図ると同時に、2)判定作業に対応可能な人材の育成は重要な課題である。

1)の課題に関連して、「被害認定調査」の基準は1968年に発せられた国の被害認定統一基準³⁾に従うこととなっていたが、判定の客観性の向上に対する社会的ニーズに応えるため、2001年に内閣府⁴⁾より認定基準の見直しが行われるとともに、「災害に係る住家の被害認定基準運用指針（以下、被害認定運用指針）」が作成された。この指針により、全国的に統一された調査箇所の設定と損傷度の評価方法が示されたが、2)の課題である人材育成に関するトレーニング環境や方法、ツールなどは示されていない。

著者らの研究グループは、上記の課題に対して、1)効率的な調査プロセスの提案⁵⁾および2)その調査プロセスを含めて被害調査のトレーニングが可能な建物被災度判定トレーニングシステム⁶⁾ (Damage Assessment Training System: DATS) の開発を行っている。「被害認定調査」は、膨大な調査件数を処理するために迅速な調査を可能とし、かつ正確な判定を可能とするような相反する目標を達成する必要があり、調査プロセスとして逸早い調査

のための建物の外観目視調査と、被災者の納得を得るための屋内被害を考慮した再調査の2段階調査の実施を提案している。この段階的な調査の考え方は被害認定運用指針においても取り入れられており、2章で述べるように調査全体を首尾よく行うためには、いかにこの外観目視による判定作業を効率的に行い、その結果を被災者に納得してもらうかが鍵となる。また被災者の納得を得るためには、判定者が専門家以外でも、調査に関して統一の視点を養うことで客観性を持った結果を導くことが重要であり、DATSはこれらの実現を目指したトレーニングシステムとして開発を行っている。

本研究では、まず、DATSの開発に向けて構築した建物被災度判定シミュレータの概要を紹介する。このシミュレータを使用して、外観目視調査の効率化を図り、より有効なトレーニングシステムを構築するための資料を得るために、木造建物を対象として、①建物の被害を可視化した被害パターンチャート、②内閣府による被害認定運用指針、および③神戸市が震災後に作成した被害家屋調査要領の3手法に基づいて外観目視による被災度判定のシミュレーションを実施し、その結果について比較検討を行う。

2. 被害認定基準と被害パターンチャート

(1)内閣府による被害認定基準の整備

1968年に規定された国の統一認定基準が実状に合わなくなったなどの事由から、内閣府⁴⁾では、2000年12月に災害に係る住宅等の被害認定基準検討委員会が発足し、認定基準の見直しが行われた。表1に改正後の基準を示す。この新しい認定基準では、これまでより住家の居住のための基本的機能の評価を重視している。また、住家が構造耐力上重大な被害を受けていなくても、基本的機能を維持するため、高額な補修費等を要する場合には被害と認定するように、住家の経済的被害を評価するものとしている。しかし、一棟ごとに経済被害額を算定することは実務上困難であるため、「住家の主要な構成要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表す」という形として評価を行う。この損害割合は屋根や柱などの部位別の構成比に被災した住家の部位ごとの損傷率を乗じて算定される。部位別の構成比は標準的な住家を想定して、各部位にかかる施行価格等を参考に定められたものである。求められた損害割合が20%以上の場合には半壊、50%以上の場合には全壊と判定される。

被害認定運用指針はこの認定基準の的確かつ円滑な運用を目的として作成されたもので、標準的な調査方法および判定方法が記されている。判定は第1次判定から第3次判定までの3段階で実施される。図1に判定の流れを示す。第2次判定までは建物の被災度の判断を外観目視によって行う。「被害認定調査」は経済的被害を評価するという見地からは、内部被害を考慮して判定を行うべきであるが、外部被害と内部被害には相関があるという仮定のもと、内部被害は外部から推定できるという考えに基づいている。しかし、建物の外観はほとんど無被害であっても内部被害は大きいケースもあるため、第2次判定までの結果に納得できず再調査の申請があった場合には、第3次判定で内部立ち入り調査を行う。調査部位として内部から確認可能な床や天井などが加わり、詳細な調査が行われる。また、原則として居住者の立ち会いのもとに行われるため、事前にアポイントをとる必要があるなど、より時間と労力を必要とする。したがって、この再調査件数を減らすことが被害調査の効率化を図る

表1 改正被害認定基準

住家全壊 (全壊、全流出)	住家その居住のための基本的機能を喪失したもの、すなわち、住家全部が倒壊、流失、埋没、焼失したもの、または住家の損壊が甚だしく、補修により元通りに再使用することが困難なもので、具体的には、住家の損壊、焼失もしくは流失した部分の床面積がその住家の延べ床面積の70%以上に達した程度のも、または住家の主要な構成要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が50%以上に達した程度のもとする。
住家半壊 (半壊)	住家その居住のための基本的機能の一部を喪失したもの、すなわち、住家の損壊が甚だしいが、補修すれば元通りに再使用できる程度のも、具体的には、損壊部分とその住家の延べ床面積の20%以上70%未満のもの、または住家の主要な構成要素の経済的被害を住家全体に占める損害割合で表し、その住家の損害割合が20%以上50%未満のものとする。

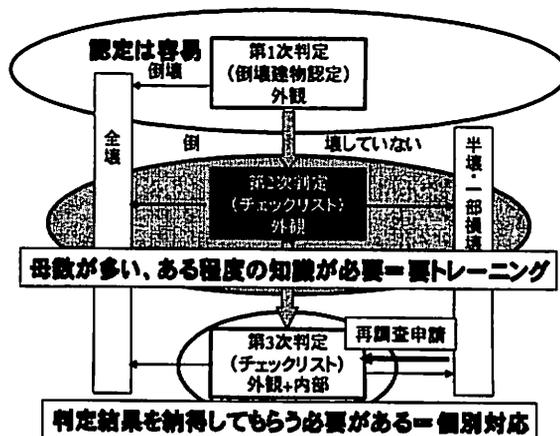


図1 内閣府の被害認定運用指針による判定の流れ

上でポイントとなる。すなわち、2次判定までの外観目視調査を迅速かつ客観的に行う必要があるとともに、それを実行するための知識と技術を修得できるようなトレーニングが必要となる。

(2)被害パターンチャートによる外観目視調査

外観目視調査を迅速かつ客観的に行うために、著者ら^{2,5)}は建物全体の被害程度を視覚的に捉えることが可能な被害パターンチャートの適用を提案している。被害パターンチャートは岡田・高井⁷⁾によって開発された主として震動による構造物の上部構造の被害に着目したものや、著者らの研究グループ⁸⁾が開発した木造建物の液状化による被害パターンチャートがあり、これらのパターンチャートを外観目視による調査を行う際に用いることで、自治体職員のような専門家以外でも比較的簡便に調査の実施が可能になると考えている。しかしながら、このチャートは被害認定基準の考え方である経済的被害を考慮して開発されたわけではなく、実際の被害認定調査へ適用するためには、このチャートによる判定が被害認定基準をどのような形で反映しているのか把握する必要がある。これについて次章以降で建物被災度判定シミュレータを用いて検討する。

3. 建物被災度判定シミュレータの構築

(1) DATSの概要とシミュレータの構築方法

著者らの研究グループ⁶⁾は阪神・淡路大震災におけるGISデータベース「西宮Built Environment データベース⁹⁾」の構築を行っている。このデータベースには阪神・淡路大震災時に撮影された被害写真11,426枚がリンクしており、これらの写真を使用して、繰り返し判定を行う

ことなどにより被災度判定のトレーニングを行う。このような写真を使用したトレーニングツールとしては、ATC20-T⁹⁾や応急危険度判定マニュアル¹⁰⁾などがあげられるが、使われている被害写真は代表的な事例が示されているにすぎず、DATSのように豊富な写真によって多様な被害の提示し、判定のポイントを短時間で容易に理解することが可能となるような、より実践的な被害調査のトレーニングを目指したツールは極めて少ない。このDATSを構成するパーツの一つとして、建物被災度判定シミュレータを構築した。シミュレータはまず、西宮データベースを用いて、建物情報、被害情報と被害建物イメージとを関連させ、シミュレータのエンジン部分にあたる画像データベースを作成した。次にコンピュータのモニタ画面上から画像データベースの画像や属性などの情報を参照できるよう環境を構築した。同時に、様々な被害調査要領に対応した調査シートを設定し、被害状況や損傷割合などの入力を行うことで被災度判定のシミュレーションが行えるようなシステムを構築した。図2に画面例を示す。

(2) システム構成と機能

システムの構成を図3に示す。システムはMS-Accessをベースとして構築しており、「西宮Built Environmentデータベース」のデータ間のリンク関係をそのまま移行した。アプリケーションプログラムはVBA(Visual Basic for Application)を使用している。現在はスタンドアロン環境で構築しており、データベース部分とアプリケーションプログラム部分を切り離す必要はないが、将来的に構築予定のトレーニングシステムをWEB上で使用することを考慮してSQL(Structured Query Language)で接続している。

シミュレータの主な機能を以下に示す。

- ・ 建物1棟単位での被害イメージの表示
- ・ 建物の属性情報（用途、構造、建築年、床面積、

階数など）の表示

- ・ 阪神・淡路大震災での建物被害調査結果（3種類：西宮市による調査、日本都市計画学会関西支部と日本建築学会近畿支部による調査（以下、二学会合同調査）、神戸大学による調査）の表示
- ・ 死者発生状況（性別、年齢、死因など）の表示
- ・ 建物被害の各種評価手法に対応した入力用シート
- ・ 属性や被害に対応した建物検索機能

4. 被害パターンチャートによる判定

(1) 方法

西宮データベース⁹⁾にリンクされている被害写真には計26,075棟の建物が確認されている。これらの建物について被災度判定シミュレータを用いて、被害パターンチャートに従い判定を行った。ただし、判定は写真撮影角度や距離などの問題で困難な場合や、被害写真の撮影時期が本震災後2週間以上経過していた理由により、既に解体された建物が存在しており、判定の実施に先立ち、建物の撮影状態によって被害写真を分類した。分類結果を表2に示す。判定に正確性を期すため、本研究で利用した写真は最も良い条件で撮影されたランクAに含まれる建物うちの木造建物1,536棟⁴⁾である。木造建物を対象とした理由は、自治体による「被害認定調査」における建物の内部被害の影響は、非木造建物に比較して木造建物は小さい傾向があることが村尾ら¹¹⁾により指摘されており、建物外部からの判定がより可能であると思われること、および比較的建物規模が小さく構造もシンプルであるため、専門家以外でも判断しやすいと考えたことによるものである。

西宮市では液状化が発生していたが、液状化により顕

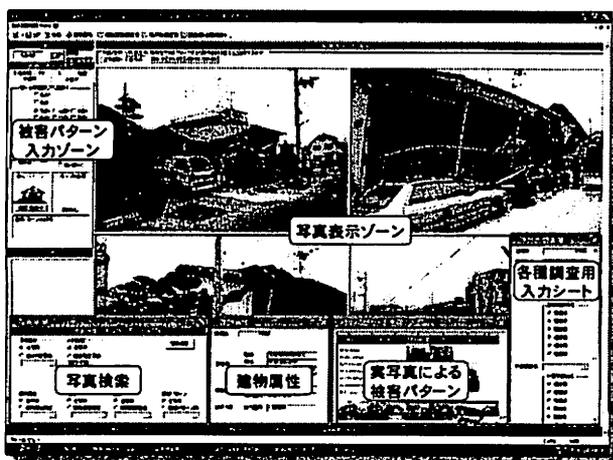


図2 建物被災度判定シミュレータの画面例

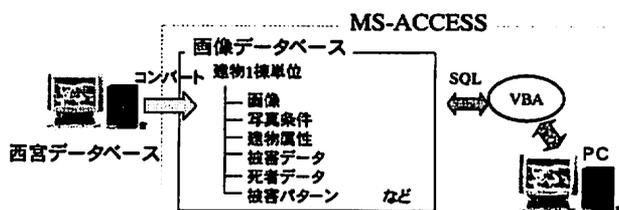


図3 システム構成

表2 被害パターン分類に使用した写真の撮影状態

被害要因	ランク(撮影建物の状態)	棟数
震動	A 建物の全量が撮影されており、パターン分類および各種被災度判定の真確は可能	1,978
	B 建物全体の50%以上が撮影されており、パターン分類は可能	9,030
	C 部分的にしか撮影されていない、または距離が遠く、対象建物が小さすぎるため判定不可能	14,431
地盤崩壊	土砂の流入や擁壁の破壊による被害	8
火災	火災による被害	26
その他	解体、撤去により取り壊される、もしくは更地化	601
	計	26,075

		岡田・高井による分類			
		Ud5+		Ud5-	
本研究における分類	2階が完全に破壊し、1階も破壊が及ぶ	2階の内部空間が部分的に欠損し、1階も破壊が及ぶ	2階が完全に破壊	2階の内部空間が部分的に欠損	
	Ud5+	Pd5+	Ud5-	Pd5-	

※ P: Partial

図4 被害パターンの新規設定

著な被害を受けた木造建物の被害写真は含まれていなかったため、判定は上部構造に着目し、岡田、高井⁷⁾によって提案されている木造建物の被害パターンチャートを使用してパターン分類を行った。このチャートは、被害パターンをダメージグレード(D0~D6)と被害形態を組み合わせて記述したものである。ただし、Ud5±については、内部空間の損失量から細分類を行い、図4に示すようにPd5±を新たに設定した。また、パターン分類は本論文の主著者2名がそれぞれ行い、判定結果が異なる場合には2人合同で再度判定を行った。

(2) 被害パターン分類結果

図5に被害パターン分類結果を示す。ダメージグレード(D0~D6)の比率をみると、全壊に相当するD4以上が50%以上占めており、撮影条件の良い写真を抽出して分類を行ったため、それらの写真には被害が大きいものが多く含まれていたことによるものと思われる。したがって、この結果は必ずしも西宮市における木造建物全体の被害パターンの構成割合を示すものではない。各グレードにおける出現頻度が高い被害パターンは、Nd0, Md1, Md2, Gd3, Gd4, Gd5+, Cd6+であり、2階建て建物の1階の被害が大きい場合が多く、これまでの分析傾向¹²⁾とはほぼ一致している。

(3) 阪神・淡路大震災で実施された調査結果との比較

被害パターンチャートは判定に客観性を持たせることを目的として開発されており、これによる結果を“ものさし”として阪神・淡路大震災で実施された調査結果と

の比較を行った。比較したデータは a) 西宮市が罹災証明書を発行するために行った被害認定調査、および b) 二学会合同調査である。

a) 西宮市による調査結果との比較

西宮市による調査¹³⁾は、震災直後は初期調査として外観目視により判定を行っていたが、罹災証明書発行後すぐに再調査の依頼が殺到し、約2~3割の建物については内部被害を考慮した再調査を実施している。したがって、最終的な調査結果の中には内部被害を評価したものが含まれている。また、著者ら²⁾による2000年鳥取県西部地震の事例分析において、「被害認定調査」の結果に被災者を広く救済しようとした措置の影響がみられたように、西宮市の結果の中にもそのような影響が含まれている可能性がある。被害パターン分類によるダメージグレードと西宮市による調査結果の比較を図6に示す。D3以上はほぼ全壊以上に対応している。D2に占める全壊と半壊の割合はそれぞれ53.8%と42.8%であり、全壊と半壊の境界がD2の中にあることを示している。また、半壊と一部損壊の境界はD1とD0の間もしくは若干D1より側に対応していると考えられる。

b) 二学会合同調査結果との比較

二学会合同による調査は自治体による調査と基準を異にするが、外観目視で評価した結果であり、また、罹災証明書などの社会的制約が少なく、より客観的な評価を行った結果といえる。図7にダメージグレードと二学会合同調査結果との比較を示す。D4以上はほぼ全壊と対応している。D3は全壊が31.8%、中程度の損傷が42.8%を占めており、中程度の損傷を半壊と同視すると、

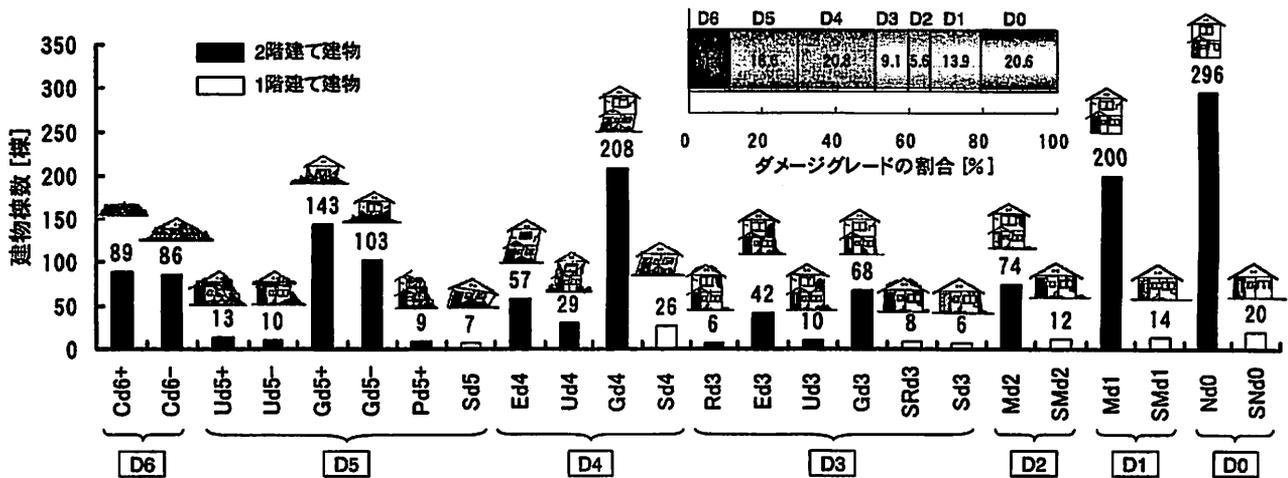


図5 被害パターン分類結果 (計 1,536 棟)

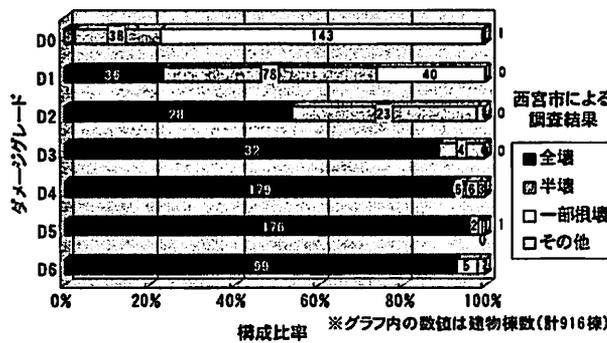


図6 ダメージグレードと西宮市による調査結果の比較

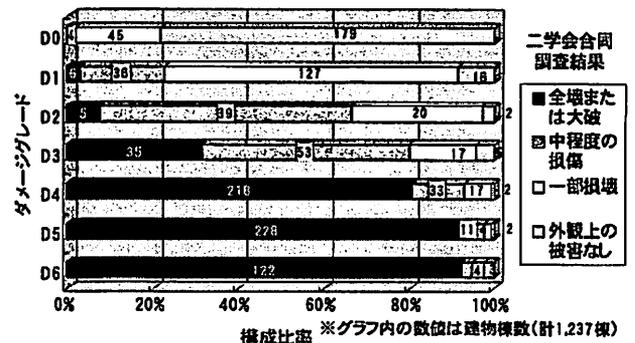


図7 ダメージグレードと都計学会調査結果の比較

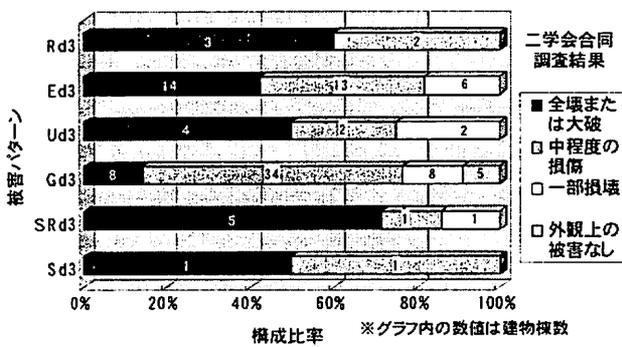


図8 D3グレードのパターンと都計学会調査結果の比較

この中に全壊と半壊との境界があることを示している。このD3について、被害パターンごとに比較すると、図8に示すようにGd3は半壊に対応していることがわかる。Gd3以外のパターンは全壊と半壊が同程度もしくは全壊が占める割合が半壊より大きくなる傾向が見られ、同じグレードでもパターンにより異なっている。半壊と一部損壊の境界はD2とD1の間もしくは若干D2側に対応していると見ることができる。

5. 被災度判定シミュレーション

(1) 阪神・淡路大震災後に考案された被害認定のための評価方法

2章で述べたように阪神・淡路大震災における混乱を教訓として、被害認定基準が改正され、その運用指針が提示されるなど、評価手法の整備が行われている。この被害認定基準と運用指針は、2001年3月に発生した芸予地震において、建物内部を含めた詳細調査を実施する際に利用されたが、まだ実績は乏しく判定の傾向を検討する必要がある。そこで、内閣府による被害認定運用指針と神戸市¹³⁾による被害家屋調査要領の2手法について、建物被災度判定シミュレータを用いて、これらの判定手法に従い被災度判定のシミュレーションを実施した。

a) 内閣府の被害認定運用指針による評価方法

図1に示したように、3段階により判定が行われ、第1次判定は、被害の早期把握を目的とした調査であり、明らかに全壊と判断可能な建物を見分ける。第2次判定の木造やプレハブの場合の基本的な流れは、まず、傾斜による判定を行い、1/20rad以上の場合は即時に全壊と判定する。1/20rad未満の場合は部位による判定を行う。調査部位は、①屋根、②柱（または耐力壁）、③壁（外壁）、④基礎であり、それぞれの損傷率を求め、その損傷率に構成比を乗じて損害割合を算定する。構成比を後述の神戸市による手法と併せて表3に示す。損害割合が20%以上の場合は半壊、50%以上の場合は全壊と判定する。

b) 神戸市の被害家屋調査要領による評価方法

神戸市により作成された被害家屋調査要領は、震災時

表3 木造およびプレハブ用の部位別構成比(%)

	外観目視による調査の構成割合[%]			
	屋根	壁	構造体(柱)	基礎
内閣府被害認定運用指針	10	50	30	10
神戸市被害家屋調査要領	15	45	40	-

に実際に活用されたものに改良を加えたものである。日本損害保険協会¹⁴⁾の地震保険損害査定指針を参考にしている。この指針の基準は1968年の国の統一認定基準³⁾に準じているため、結果として神戸市の被害家屋調査要領の基準は内閣府の被害認定運用指針と根本的には同一の基準である。調査は2段階に別れ、外観目視による第1次調査と屋内被害を評価する第2次調査がある。外観目視による調査方法は、ほぼ被害認定運用指針と同様で、まず、傾斜を評価して、1/20rad以上であれば全壊と判定する。1/20radに満たない場合は、①屋根（小屋組み含む）、②壁、③構造体（柱、軸組、基礎）の判定を行い、部位ごとの損傷率を求める。その損傷率に表3の構成比を乗じて損害割合を算定する。

(2) シミュレーションの方法

被災度判定シミュレータを使用して、内閣府の被害認定運用指針および神戸市による調査要領に沿って被害写真に撮影された建物の評価を行った。対象建物は図5の各被害パターンから20棟ずつランダムにサンプリングし、20棟に満たない場合はそのパターンに属する全ての建物について判定を行った。判定は本論文の著者1名⁶⁾で行っており、バイアスの影響は除去されていない。ここで両調査とも、柱（構造体）の評価を行う場合に、損傷柱本数を数えて損傷率を計算するようになっているが、写真では確認できなかったため、a) 被害認定運用指針の場合は、外壁の損傷率を柱の損傷率として採用できるようになっており、これに準じた。b) 神戸市による方法の場合は、被害の状況（例えば、柱にたわみがある、仕口にずれが生じるなど）に対応する損傷率を使用した。被害認定運用指針は基礎の評価を行うが、写真ではよく確認できないため、神戸市に準じて構成比を柱に加え、柱の構成比を40%とした。

(3) シミュレーション結果

シミュレーション結果から得られた両調査の損害割合の対応を図9に示す。全体的に内閣府の被害認定運用指針の損害割合が小さくなる傾向にある。これは、構成比の影響も考えられるが、それ以上に損傷率を算定時の考え方が異なることによる影響が大きい。例えば壁にクラックが入ったとすると、神戸市の場合はそのクラック

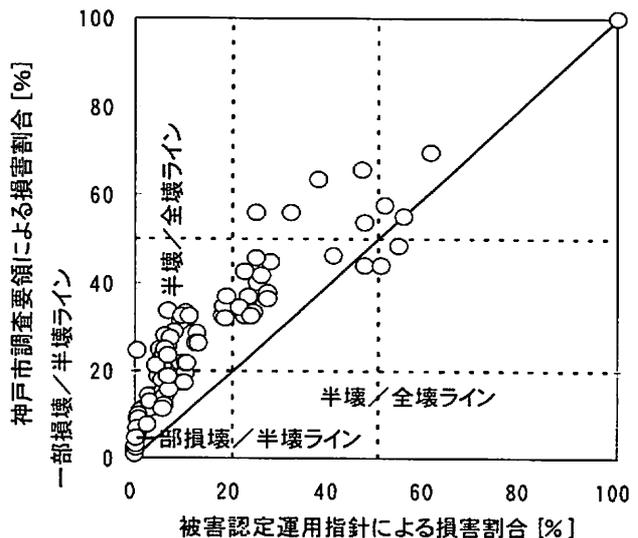


図9 被害認定運用指針（内閣府）と被害家屋調査要領（神戸市）による結果の比較

クが発生した部分はすべて完全に損傷しているとみなし、その部分は壁としての機能を失ったものとして扱う。一方、被害認定運用指針では、クラックの大きさなど被害の程度に応じて、その部分の機能として働く負担割合が低下したとし、損傷面積比に被害程度に応じて定められた割合を乗じて損傷率を算出しており、その部分の壁としての機能はまだ多少残存しているものとして取り扱う。両調査の調査部位や見方はほとんど同じであるが、このような損傷率の算出方法の違いによる結果への影響が見られる。この算出方法の違いは経済的被害をどのように評価するかが確定的ではないため、その考え方に違いが表れた結果と言い換えることができる。

6. 被害パターンチャートの適用性

被害パターンチャートの「被害認定調査」における外観目視調査への適用性を検討するため、ダメージグレードと内閣府の被害認定運用指針および神戸市の被害家屋調査要領に従って実施したシミュレーション結果との比較を行った。図 10 にダメージグレードと被害認定運用指針との比較、および図 11 に被害家屋調査要領による結果との比較を示す。外観から全く被害が見られない Nd0 および一見して全壊と判断可能な D5 以上のパターンは以降の検討から除外した。図 10 から被害認定運用指針の全壊と半壊の境界は D4 と D3 の間にあり、また、半壊と一部損壊の境界は D3 中にあると考えられる。一方、図 11 より被害家屋調査要領との関係は全壊と半壊

の境界は同様に D4 と D3 の間にあり、半壊と一部損壊の境界は D3 と D2 の間でダメージグレードによる区分とよく対応している。

次に、被害パターンと損害割合の関係について検討を行った。各被害パターンにおける損害割合は正規分布に従うと仮定し、十分なサンプルが得られた Md1, Md2, Gd3, Ed4 のパターンと両シミュレーション結果から得られた損害割合との関係をそれぞれ図 12, 図 13 に示す。ただし、Md1 についてはスケールアウトするため、グラフには描いていない。図 12, 図 13 から、全体的に被害認定運用指針の方が左側にシフトしており、厳しい側の判定になっている。また、ダメージグレード D3 の主要パターンである Gd3 と Ed3 は、神戸市の被害家屋調査要領はほぼ半壊ゾーンの中に分布している。一方、被害認定運用指針は、正規分布のピーク値は半壊ゾーンに属しているものばらつきが大きく、一部損壊ゾーンにまで及び分布している。被害認定運用指針の Gd3 あるいは Ed3 のばらつきが大きい理由として、壁被害の評価方法の影響が考えられる。つまり壁被害の構成比が 50% を占め、また、柱の損傷率を算定する場合にも壁の損傷率を参照しており、壁が大きく壊れるような場合には損害割合も大きく、反対に損傷が小さい場合には、被害が評価され難くなるからである。例えば、屋根破壊型の Rd3 では屋根が 100% 崩壊したとしても壁に顕著な被害が見られないのであれば、一部損壊にしかならず、このばらつきについては検討が必要と思われる。

また、図 12, 図 13 より、被害パターンチャートを適用した場合のエラー確率が求められる。この場合のエラ

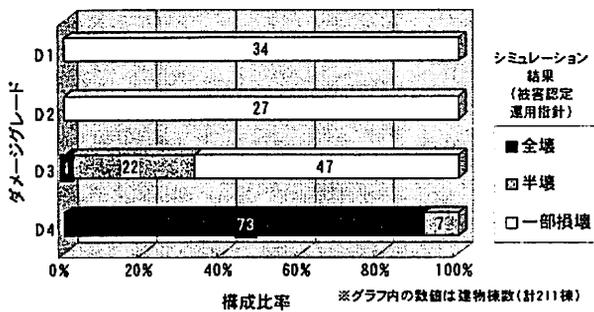


図 10 ダメージグレードと被害認定運用指針（内閣府）による結果

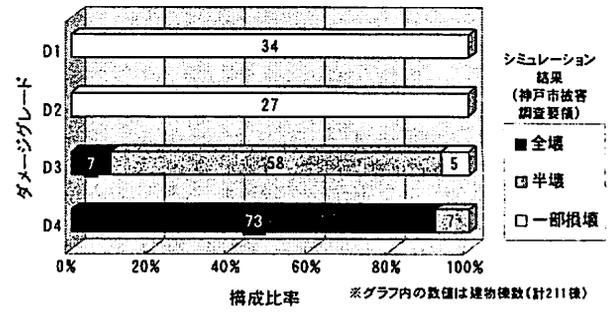


図 11 ダメージグレードと被害家屋調査要領（神戸市）による結果

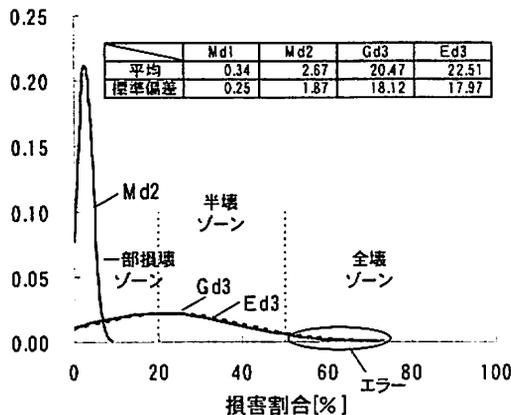


図 12 被害パターンと被害認定運用指針（内閣府）による損害割合の関係

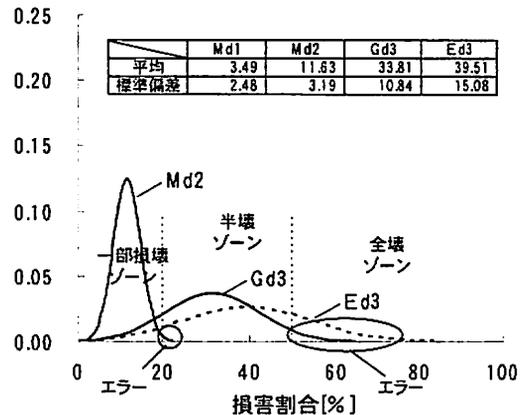


図 13 被害パターンと被害家屋調査要領（神戸市）による損害割合の関係

一とは被害を過小評価し、再調査にいたる場合で図中の丸印で示した箇所である。もっとも致命的なエラーは、Md2（一部損壊）と判定して半壊だった場合である。つまり、半壊と一部損壊の境界は支援が受けられるかどうかの境界であり、判定に最も困難を要するからである。

今回の分析結果ではパターンチャートを適用することによって大きなエラーは発生していないが、シミュレーション結果には判定者のバイアスが除去されていないなどの問題があり更なる検討が必要である。

7. トレーニングシステムへの展開

これまでの分析結果から、ダメージグレードとシミュレーション結果を含めた各被害調査結果との関係は、図14のようにまとめられる。ダメージグレードと自治体調査との対応については、これまで岡田・高井⁷⁾により行われ、全壊と半壊の境界は D3 の間にあると指摘されている。しかし、阪神・淡路大震災で実施された西宮市による全壊は D2 レベルのものまで含まれていることが明らかとなった。また、村尾ら¹¹⁾は阪神・淡路大震災で実施された自治体調査と二学会合同調査との結果の比較を行っており、二学会合同調査の全半壊と自治体の全壊率とがほぼ等しいと指摘しているが、西宮市ではそれが当てはまらないことも述べておりその結果と合致している。

阪神・淡路大震災で実施された調査と震災後に考案された評価手法とを比較すると、震災後に考案された評価手法はより厳しい側の判定結果をもたらすものと思われる。そういったことを踏まえた被災者支援方策を講じることも重要と考える。

パターンチャートによるダメージグレードと阪神・淡路大震災後に作成された「被害認定調査」のための評価手法による結果は、図14に示すような関係にあり、全壊と半壊の境界は D3 と D4 の間に位置している。これは、岡田・高井⁷⁾が全壊と半壊の境界を D3 と D4 の境界に合わせるのが望ましいとしていた提案と一致している。また、半壊と一部損壊との境界は D2 と D3 の境界にあり、このようにダメージグレードと「被害認定調査」のための評価手法による結果は良好な対応を示している。ただし、内閣府の被害認定運用指針による方法との対応については、運用指針による方法はばらつきが大きく、被害を小さめに評価する傾向があり、とくにパターンチャートで D3 と判定した建物については、運用指針による一部損壊と判定される可能性が高い。この場合にも被災者を広く救済するという立場から考えると、必ずしもそれがエラーであるということにはならない。

以上の結果より、パターンチャートによる判定は、図

の被害認定基準に概ね合致しており、パターンチャートを「被害認定調査」における外観目視調査へ適用することが可能であると考えられる。しかし、国の指針である運用指針との結果に差がみられた部分については、その差は最小限であることが望ましく、パターンチャートによる結果を補正するなどの方法を検討したい。

今後、とくに大規模地震災害時を想定し、どのような手法が判定時間および客観性の面で優位であるか、あるいは専門家以外でも実施可能であるかについて、シミュレータを用いた実験等を通して検討を行う予定である。その結果をトレーニングシステムに取り入れたいと考えている。

8. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 建物被災度判定シミュレータを構築し、阪神・淡路大震災で撮影された建物について、被害パターンチャートによるパターン分類を行った。
- (2) パターン分類結果と阪神・淡路大震災で実施された被害調査の結果を比較し、西宮市の全壊がダメージグレードで D2 レベルのものを含まれていることを明らかにした。
- (3) シミュレータを用いて、阪神・淡路大震災後に考案された被害評価手法に基づき、外観目視による調査を実施した結果、内閣府の被害認定運用指針は、神戸市の被害家屋調査要領より、厳しい判定結果を与える傾向があること、および、D3 レベルの主要なパターン（Gd3, Ed3）に関する評価はばらつきが大きくなる傾向があることを示した。
- (4) パターンチャートの「被害認定調査」における外観目視調査への適用について検討を行った結果、ダメージグレードの D4 と D3 の間に全壊と半壊の境界が位置し、D3 と D2 の間に半壊と一部損壊の境界が位置しており、両者に良好な対応が得られた。

今回の分析結果を踏まえ、今後、被災者の調査に対する不満を軽減し、被災者への支援サービスの質の向上を図ることを目指して、被害認定のためのトレーニングシステムを開発していきたい。トレーニングシステムを構築する課題として、どのように写真を見せることで効果的なトレーニングが可能となるのかについて実証的な検討を行うとともに、包括的な評価手法の開発を目指し、地盤災害をとまなう被害や建物の内部被害を考慮したトレーニング可能なシステムを検討したい。

		ダメージグレード						
		D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
外観目視調査	二学会合同	無被害	一損	半壊	全壊			
	西宮市	一損	半壊	全壊				
外観目視調査を評価	統一基準	被害認定運用指針(内閣府)	無被害	一損	半壊	全壊		
		神戸市	無被害	一損	半壊	全壊		

図14 ダメージグレードと各被害調査結果との比較

補注

- (1) 罹災証明書と呼称については、被災者証明書、被災証明書などがあるが、本研究では総じて罹災証明書と称する。
- (2) 芸予地震時の罹災証明書の利用範囲（呉市の場合）
 - ・ 弔慰金、見舞金、被災者生活再建支援金の支給
 - ・ 各種税（市民税、県民税、固定資産税など）の減免
 - ・ 各種貸付
 - ・ 災害ゴミの搬入
- (3) 本データベースは、被災者の生活再建を果たす上で最重要課題である「すまい」を基本単位とし、建物1棟毎に①パルナビリティ（地盤、建物情報、都市計画地図等）、②ハザード（地震動等）、③被害（死者、建物被害等）、④事後対策（避難所、応急仮設住宅、公費解体等）のデータが相互参照可能な形式でリンクしている。また、被害イメージデータとして、日本都市計画学会関西支部と日本建築学会近畿支部による調査の時に撮影された11,426枚の被害写真がデジタル化され撮影位置とその方向が矢印として表現されたポイントデータとリンクされている。
- (4) 対象とした木造建物1,536棟の構造上の特徴（屋根種類など）は、データベースの分類によると、瓦屋根833棟、スレート屋根65棟、金属屋根47棟、陸屋根6棟、プレハブ8棟、不明577棟である。この中には準耐火建築物やツーバイフォー建築物が含まれている可能性があるが、本データベースにはそれらの区分情報はなく、特定することはできない。
- (5) 西宮市の初期調査における被害程度の判断基準は、1968年の国の被害認定統一基準³⁾に従って行われたが、全壊の基準は「建て替えしなければ居住できないもの」といったように具体性が低く混乱を招き、再調査では、建物の傾斜、柱（軸組）、基礎、屋根、外壁といった外観から判断可能な項目の他、内壁、梁、天井、内柱、床、内部基礎、階段のように内部の項目を設定して調査した。その他の項目として、建具や電気、ガス、水道のような設備も調査項目として設定している。これらの調査項目の設定やそれぞれの項目による損害割合などの算出方法は各自治体に委ねられていたため、必ずしも西宮市の結果が阪神・淡路大震災における自治体による罹災証明書発行のための調査結果を代表するものではないことに留意されたい。
- (6) 建築、防災の資格（一級建築士、応急危険度判定士など）を持った専門家による実施である。

参考文献

- 1) 堀江啓他：震災時における木造建物の被害調査手法の開発－調査目的と調査項目－、地域安全学会論文集、No.2、pp.139-144、2000。
- 2) 堀江啓他：液状化を誘因とする木造戸建住宅の被害に関する調査手法の開発－鳥取県西部地震における被害形態と補修費用－、地域安全学会論文集、No.3、pp.73-80、2001。
- 3) 「災害の認定基準の統一について」昭和43年6月14日付結審第115号内閣総理大臣官房審議室長通知
- 4) 内閣府：災害に係わる住家の被害認定基準運用指針、2001。
- 5) 小槍山雅之他：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、No.531、pp.189-196、2000。
- 6) Horie K. et al.: Framework for Damage Assessment Training System, Proceedings of 8th International Conference on Structural Safety and Reliability, 2001. (CD-ROM)
- 7) 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、No.524、pp.65-72、1999。
- 8) 堀江啓他：災害における Built Environment データベースの構築と防災への活用、情報処理学会・人文科学とコンピュータシンポジウム論文集、pp.275-282、2001。
- 9) Applied Technology Council: Postearthquake Safety Evaluation of Buildings Training Manual, ATC20-T, 1-177, 1993。
- 10) 財団法人日本建築防災協会、全国被災建築物応急危険度判定協議会：被災建築物応急危険度判定マニュアル、1998。
- 11) 村尾修、山崎文雄：兵庫県南部地震における建物被害の自治体による調査法の比較検討、日本建築学会計画系論文集、No.515、pp.187-194、1999。
- 12) 牧紀男他：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.117-122、2001。
- 13) 神戸市防災会議：被害家屋調査要領
- 14) 日本損害保険協会：地震保険損害査定指針、1991。

(原稿受付 2002. 6. 3)