

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 —

Development of Damage Assessment for Wooden Structures
- Correlation between Damage Assessment Purpose and Category -

堀江 啓¹, 牧 紀男¹, 重川 希志依², 田中 聡³, 林 春男¹

Kei HORIE¹, Norio MAKI¹, Kishie SHIGEKAWA²
Satoshi TANAKA³ and Haruo HAYASHI¹

¹ 理化学研究所 地震防災フロンティア研究センター

Earthquake Disaster Mitigation Research Center, the Institute of Physical and Chemical Research

² 富士常葉大学環境防災学部

College of Environment and Disaster Research, Fuji Tokoha University

³ 京都大学防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Building damage assessments have significant roles in disaster relief system in Japan. Three large-scale damage assessments were conducted in the Hanshin-Awaji Earthquake Disaster as follows: 1) Initial damage estimation for applying Disaster Relief Law, 2) Building safety evaluation for protecting human life and 3) Housing damage assessment for Victim Certificate. These assessments, which were conducted by public sector, have much influenced to the victims. Therefore, it is important to study the appropriate categories for effective damage assessment. We analyze assessment categories picked out from various building damage surveys for wooden structures and clarify a correlation between damage assessment purpose and category.

Key Words : damage assessment, building damage, wooden structure, assessment purpose, assessment category

1. はじめに

我が国の災害救援システムの中で建物被害調査は重要な役割を担っており、阪神・淡路大震災では公的機関により主として以下の3調査が実施された。

- 1) 被害状況把握と災害対応における意志決定の判断のための「初動調査」
 - 2) 二次災害防止のための「応急危険度判定」
 - 3) 住家の被災程度を公的に証明した罹災証明書などの発行根拠となる「被害認定」
- また、公的機関以外では
- 4) 被災の全体像を把握するための「学術調査」¹⁾²⁾
 - 5) 地震保険損害査定のための「保険査定調査」³⁾
 - 6) 建設業者や住宅メーカーによる顧客サービスのための「民間調査」

などの被害調査が行われた。

上記のように建物被害調査の目的は多岐にわたっている。調査目的に関して、牧ら⁴⁾は阪神・淡路大震災で実施された建物被害調査を災害対応の観点から事後対応、復旧・復興、被害抑止、事前準備の4つのフェーズによる分類を行い、調査目的との関係を明らかにしている。

調査手法に関して、阪神・淡路大震災での経験から建物被害調査の重要性が再認識され、各調査において改訂

や新たな提案がなされている。「初動調査」は早期の被害把握が困難であった事から、地震計により計測された地震動分布からの被害推定^{例えば 5)}やリモートセンシング技術の利用^{例えば 6)}などによる早期に広域的な範囲の被害状況把握を行うための手法が提案されている。「応急危険度判定」は1998年に判定マニュアル⁷⁾が改訂され、調査体制や各種マニュアルの整備が進められている。

「被害認定」は村尾ら⁸⁾により建物の資産価値を評価する自治体という公的な立場からの被害調査票の提案が行われている。また、著者らの研究グループ⁹⁾は兵庫県西宮市へのヒアリング調査結果に基づき、より迅速、公正かつ効率的な被害認定のための認定プロセスを提案している。「学術調査」は岡田ら¹⁰⁾により建物全体の破壊パターン¹¹⁾の分類が行われ、被害程度を可視化したパターンチャートが提案されている。このパターンチャートの活用により悉皆調査への対応が容易となり、さらに他の目的を持った調査への利用などの発展が期待できる。

一方、調査項目に関して、村尾ら⁸⁾は複数の自治体および自治体以外で行われた調査について調査項目の比較を行っており、自治体による調査は建物内部を考慮したものであり、判定結果に大きな影響を与えていると指摘している。一般に調査部位（どこを調査するか）および項目数（いくつ調査するか）は判定精度、判定時間に影

響を及ぼすものと考えられ、詳細な調査は精度が高くなる反面、時間がかかり、簡便な調査は精度の点で問題となることが予想される。建物被害調査には判定精度が要求されるものと判定時間が重視されるものがあり、その目的に最適な調査項目の設定は調査の効率化という面から重要な検討事項の一つである。

本研究では公的機関による建物被害調査の効率化を目的として、まず自治体に対して実施したヒアリング調査結果から公的機関における建物被害調査の目的と各目的における判定時間、判定精度との関係を明らかにする。その上で阪神・淡路大震災では戸建て住宅に代表される木造建物が非木造建物に比較して、被害損傷数の上で圧倒的に多く、今後起こりうる大規模地震災害時においても数多く被災する可能性が高いと考え、今回は木造建物について、より最適な調査項目の設定へ向けての基礎的資料を見出すために調査項目の分類を行い、調査目的と調査項目の関係について検討を行う。

2. 公的機関による建物被害調査

(1)自治体へのヒアリング調査

公的機関による建物被害調査の課題や今後のあり方を明らかにする目的で、阪神・淡路大震災において被害調査に携わった自治体の職員に対してヒアリング調査を実施した。ヒアリング調査は1999年8月16日～10月4日にかけて、兵庫県震災対策国際総合検証報告会¹¹⁾の一環として神戸市、西宮市、芦屋市、明石市、北淡町の4市1町に対して行った。ヒアリングの調査方法はグループディスカッション方式とし、建物被害調査全体の流れ、調査目的、調査対象、実施部局、基準、方法、調査票の内容、結果の集計方法、集計単位、罹災証明書の発行時期、発行部局、発行方法、罹災証明書の利用形態、再調査の受付期間、再調査の依頼件数、職員担当者の当時の役割とその中での問題点、改善点について意見を伺った。

(2)建物被害調査の問題点

阪神・淡路大震災では公的機関により主として1)「初動調査」、2)「応急危険度判定」、3)「被害認定」の3調査が実施された。ヒアリング調査結果から上記調査の実施過程の中で様々な問題が発生し、自治体職員は他にも対応すべき課題があったにも関わらず、調査に膨大な労力を費やさざるを得なかったことが明らかになった¹¹⁾。

建物被害調査における問題点を調査目的、判定時間、判定精度の観点から整理すると、調査目的について、阪神・淡路大震災では各調査の目的および相互間の関係が明確ではないままに調査が始められ混乱を招いた。特に「被害認定」において、調査を開始した当初の目的は義援金配布のためや、災害援護資金の貸し付けのためなど自治体によって異なり、時間の経過とともにその目的以外にも、後述する様々な支援のために利用された。また、「応急危険度判定」と「被害認定」が同時期に平行して行われ、相互間の目的が被災者だけでなく調査者自身でさえ良く認識していなかったため、両調査を混同している場合があったことが指摘された。

判定時間について、「初動調査」は各自治体の消防職員が中心となり実施されたが、調査中に救助を求められたり、倒れた電柱や家屋が道を塞ぐなど被害の全容を把握するまでに時間を要し、その後の対応に影響を与えた。

「応急危険度判定」は阪神・淡路大震災では調査体制が十分に整備されておらず、調査の対象となった建物は重要施設や共同住宅が中心で、全ての建物に対して実施することが出来なかった。したがって、両調査についてはより時間の短縮が課題となった。対照的に「被害認定」については判定が難しい場合にはもう少し時間をかけて調査しても良かったのではないかと意見が出された。

判定精度について、最も問題になったのは「被害認定」であった。調査結果に基づいて発行される罹災証明書は災害援護資金の貸し付けや義援金の支給、仮設住宅への入居などの公的な支援だけでなく、生命保険や損害保険への申告や銀行融資の条件など私的な支援を受けるためにも利用され、阪神・淡路大震災では全壊、半壊、一部損壊などの被害を分ける境界、特に半壊と一部損壊の境界が問題となった。これは公的支援を受けるために多くの場合は半壊以上の罹災証明が必要となったからである。このため判定結果に不満を持った被災者から再調査依頼が殺到し調査が確定するまでに非常に困難を極めた。判定を困難にした要因として、判定基準や判定方法が明確でなかったことや自治体職員のような非専門家による実施が挙げられた。

以上より、公的機関による建物被害調査の効率化を図るためには調査の目的、相互関係を明確にし、それぞれの調査に求められる要件を良く認識した上で最も適した調査手法を開発する必要があると考える。

(3)調査目的と判定時間、判定精度の関係

ヒアリング調査結果および現行の基準、体制を考慮すると公的機関による建物被害調査の目的と判定時間、判定精度の関係は表1のようにまとめることができる。

1)「初動調査」について、我が国では地震災害や災害の規模に関わらず、災害により被害が発生した場合、災害対策基本法第53条に従い、まず市町村が上部機関である国、都道府県に被害状況を報告しなければならない。この報告に基づき災害救助法の適用や激甚災害の指定等の判断が下される。この判断の根拠として住家の滅失世帯数や滅失戸数が用いられるため、被害調査が災害救援システムを発動する上での鍵を握っており、一刻も早い調査、判断が必要とされる。判定精度については1棟毎の判定は必要ではなく、被害率がどのくらいであるかなどの面的な精度で良いと考える。

2)「応急危険度判定」は、災害対策基本法第4条により、住民の身体、生命および財産を災害から保護する自治体の立場から、阪神・淡路大震災では自治体が主体となり、応急危険度判定士ボランティアらの協力を得て実施された。この調査と被災者との関係について、被災者へのアンケート調査結果¹²⁾から、被災者が地震後最初の約1週間は建物の中に居られるのか、避難する必要があるのかについての情報を欲しており、被災者への早い情

表1 公的機関による建物被害調査の関係

名称	目的	被災者への影響	判定時間(時期)	判定精度
初動調査	被害状況の把握	災害救助法の発令根拠となり、災害救援システム発動の鍵となる	最も早く	面的な精度で良い
応急危険度判定	余震による二次災害防止	生命の安全に関わり、避難の必要性を判断するための情報となる	早く	必要
被害認定	罹災証明書の発行	復興・生活再建に関わり、最も長期間にわたり影響する	時間をかけても良い	最も必要

報提供のためには早い時期での調査が必要であることが明らかになった。また、生命の安全に関わる調査であり、判定精度も要求されるが、厳密な精度は必要ではなく、“危険”かどうか判断に迷うような場合には安全側の判断として“危険”と判定できると考える。

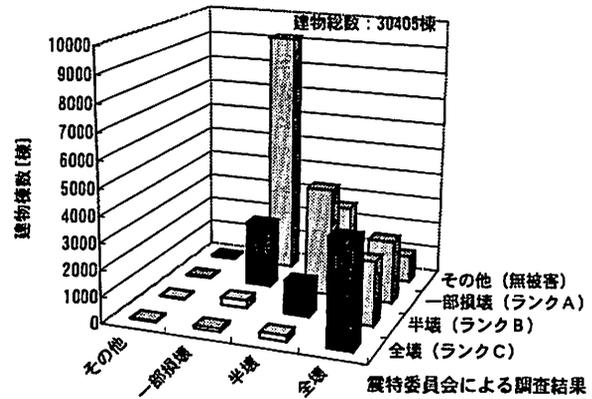
3)「被害認定」は、阪神・淡路大震災の事例では被災者の生活再建に大きな影響を与えた。長期間にわたり被災者の生活再建に影響を及ぼすことを考慮すると最も判定精度が必要となる。また、判定精度については、たとえ建築士など建物の専門家と講習などによる訓練を受けた応急危険度判定士でもばらつきがあることが指摘されている¹³⁾。特にその傾向は被害程度が小さく被害に特徴が見られない場合に、ばらつきが起こりやすいとしている。このような場合でも統一された判定結果を導くために調査項目の検討は重要であると考えられる。

3. 木造建物の調査目的と調査項目に関する分析

(1)自治体および外観目視による調査結果の比較

調査項目が調査結果へ与える影響を調べるために西宮市を事例として、罹災証明書発行のための被害認定調査と震災復興都市づくり特別委員会¹⁾(以下、震特委員会)による調査との判定結果の比較を行った。使用したデータは著者らの研究グループが構築した西宮市 Built Environment データベース⁴⁾にリンクされた罹災証明書データおよび建築研究所データ¹⁾を用いた。震特委員会による調査は被害程度を建物の外観から目視により判定しており、西宮市の調査は当初建物の外観からの目視調査を行っていたが、被災者からの再調査依頼により、屋内被害を含めた詳細調査を行ったものである。図1に木造建物について1棟ごとの調査結果のクロス集計を示す。ここで震特委員会の調査結果について、ランクCは西宮市の全壊、ランクBは半壊、ランクAは一部損壊、無被害はその他に対応するものとした。両調査結果が一致した割合は25.8%、自治体の被害程度が震特委員会の被害程度を上回った場合は71.6%であり、全体的な傾向として西宮市による調査結果は震特委員会の調査結果より被害程度が概ね1ランク程度大きい。この結果は村尾ら¹⁴⁾が芦屋市と震特委員会の判定結果を比較したケースと同傾向にあり、この要因として調査方法や調査者の違いによるものも考えられるが、震特委員会が外観目視による調査であるのに対し、西宮市は内観被害を含めた調査による調査項目の影響が考えられる。図2に震特委員会の調査結果に対する西宮市の調査結果の内訳を示す。図より震特委員会により外観目視で判定された被害程度が小さくなると、西宮市の調査結果の全壊、全半壊の占める割合も小さくなっている。また、外観目視で全壊と判定された建物の91.7%が西宮市の調査でも全壊と判定されており、外観目視のみで判定可能な建物の存在が窺える。一方、外観目視で無被害と判定された建物の28.6%は西宮市の調査では半壊以上に判定されており、外観目視調査では確認できない被害項目、例えば屋内被害や電気、ガス、水道などのライフライン被害などがあり、判定結果に影響を与えている。

以上の結果より、調査項目には目的の異なった調査間においても共通する項目があり、その項目によって判定が決定付けられる場合と、逆に調査目的に特有な項目によって決定付けられる場合があることが推察できる。



西宮市被害認定調査結果

図1 西宮市と震特委員会による調査結果のクロス集計(木造建物)

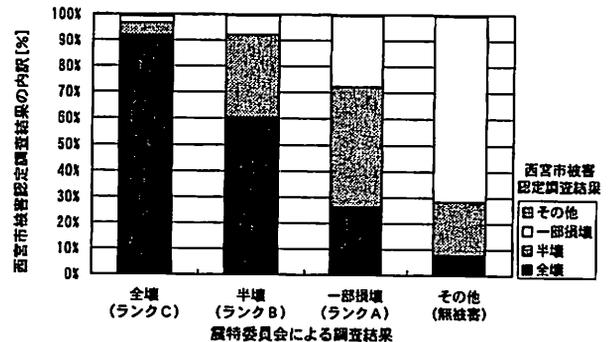


図2 震特委員会の結果に対する西宮市の結果の内訳

(2) 数量化Ⅲ類による分析

前節における調査結果の比較により調査項目が調査結果に影響を及ぼしていることが明らかとなった。また、調査目的と調査項目の間には少なからぬ関係があり、様々な調査目的間で共通する項目と調査目的に特有な項目があるものと推察された。調査目的に最適な調査項目を設定するためにはこの関係を明らかにする必要がある。そこで数量化Ⅲ類による手法を応用し、木造建物の被害調査の目的と調査に用いられる項目との関係について分析を行った。今回の分析でサンプルとした建物被害調査は既存の調査や阪神・淡路大震災で実績のある調査、震災後に新たに提案された調査など表2に示す12調査である。アイテム・カテゴリーは、各調査における調査票や調査マニュアルに記述されている調査項目とした。調査項目は例えば「柱の損傷」などのように a)調査部位と b)被害状況の2種類の組み合わせで設定されている場合が多い。そこでアイテムデータは a)調査部位に着目し 1)建物全体、2)地盤、3)外周基礎、4)内部基礎、5)土台、6)基礎の仕上げ、7)床版、8)床束・束石、9)大引き・根太、10)柱、11)内柱、12)柱仕口部、13)梁、14)内側梁、15)外壁、16)内壁、17)筋かい、18)貫、19)屋根、20)小屋組、21)屋根の棟・軒先、22)屋根の葺き材、23)階段、24)天井、25)建具、26)仕上げ、27)設備、28)ライフライン、29)隣接建物、30)工作物とした。また、b)被害状況の表現にはサンプル間で微妙に差が見られるため、1)破損・損傷、2)破壊、3)変形、4)移動、5)接合・接着、6)その他に分類し、さらに4)移動は鉛直、水平、回転方向に分類した。その結果、分析に用いたアイテム・カテゴリーは表3に示す70項目となった³⁾。表3に今回の分析に用いた各12調査のアイテム・カテゴリーデータを示す。

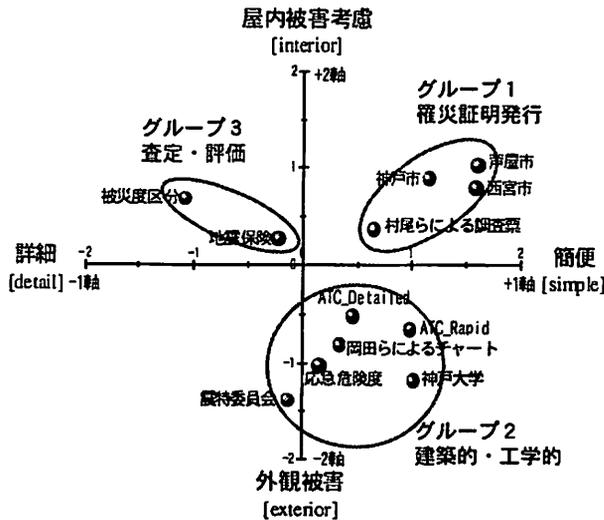


図4 サンプル数量（1軸－2軸関係）

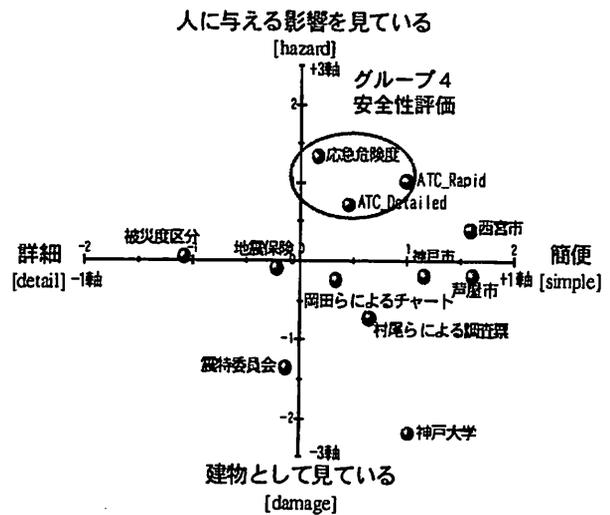


図5 サンプル数量（1軸－3軸関係）

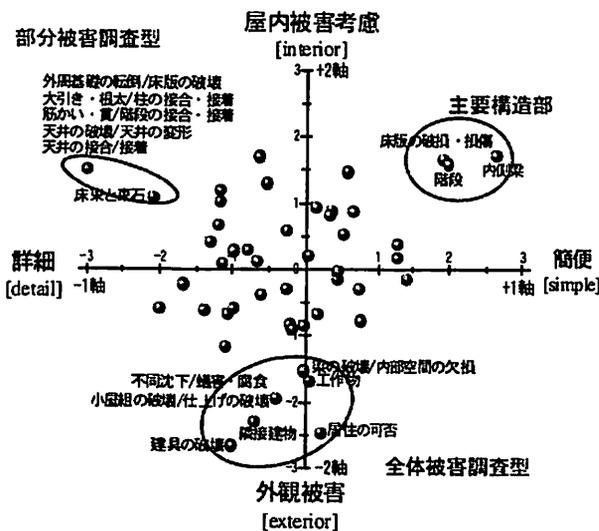


図6 アイテム・カテゴリー数量（1軸－2軸関係）

(3) 相関 t 検定による分析

数値化Ⅲ類による分析結果より調査項目の観点から建物被害調査を4つのグループに分類することができた。そこで各グループ間において共通する項目およびグループに特有な項目を抽出するために相関 t 検定による分析を行った。分析にあたり表3に抽出した調査項目では詳細過ぎるため、調査部位の30項目に着目し検定を行った。グループに特有な項目かどうかの判断は、調査項目と各グループとの相関から、以下の[1]式を満たした項目をグループ分けに有意な項目として抽出した。

$$t = \frac{\gamma_{xy} \sqrt{N-2}}{\sqrt{1-\gamma_{xy}^2}} \quad [1]$$

N : サンプル数 (N=12)

γ_{xy} : 相関係数 ($\gamma_{xy} > 0.571$; $t = 2.201$ [5%水準])

分析結果を表4に示す。グループ分けに有意な項目としてグループ1の罹災証明発行では、「内部基礎」、「内柱」、「階段」を調査すること、および「敷地地盤・周辺地盤」を調査しないことが抽出された。同様にグループ2の建築・工学的調査では「外周基礎」、「内

表4 相関 t 検定による分析結果

グループ	調査することにより有意な項目*	調査しないことにより有意な項目*
罹災証明発行	内部基礎(0.598) / 内柱(0.707) / 階段(0.625)	敷地地盤・周辺地盤(-0.598)
建築・工学的		外周基礎(-0.775) / 内部基礎(-0.683) / 床版(-1.00) / 内柱(-0.577) / 内壁(-1.00)
査定・評価	土台(0.632) / 床束と束石(1.00) / 大引き・根太(0.674) / 筋かい(0.674) / 貫(0.674) / 小屋組(0.632) / 棟・軒先(0.674)	
安全性評価	敷地地盤・周辺地盤(0.683) / 工作物(0.816)	内柱(-0.577)

* ()内の数字は相関係数

部基礎」、「床版」、「内柱」、「内壁」を調査しないことが抽出され、グループ3の査定、評価的な調査では、「土台」、「床束と束石」、「大引き・根太」、「筋かい」、「貫」、「小屋組」、「棟・軒先」を調査することが抽出された。グループ4の安全性評価では「敷地地盤・周辺地盤」、「工作物」を調査すること、「内柱」は調査しないことが有意な項目であった。

また、グループ分けに有意として挙げられなかった項目の中で全てのグループにおいて調査されている項目は「建物全体」、「外壁」、「屋根」、「屋根葺材」、「柱」、「建具」であり、これらを共通項目として挙げることができる。

4. 調査目的と調査項目の関係

調査項目の分類結果および数値化Ⅲ類、相関 t 検定による分析結果から、木造建物の調査項目に着目した調査目的との関係は図7のようになる。建物被害調査は大きく公的機関により行われるものと公的機関以外で行われるものがある。また、数値化Ⅲ類による分析結果より建物被害調査は4つのグループに分類することができ、相関 t 検定による分析結果から調査項目には各グループに共通する項目および特有な項目があることが明らかとなった。共通項目の内、特に建物全体の傾斜および外壁の調査は今回サンプルとしたほとんどの被害調査で行われており、被害程度を知る上での重要な指標の一つになっているものと思われる。

各グループの特徴としてグループ1の罹災証明発行のための被害認定調査は全数調査に対応するために簡便でありかつ統一基準²⁰⁾に照らして屋内を含めた主要構造部

