

_ / _ / _ / 第 1 章 _ / _ / _ /

序論

1.1 研究の目的と位置付け	1-2
1.1.1 兵庫県南部地震の概要と研究の目的	1-2
1.1.2 建物被害評価に関する研究の意義と位置付け	1-3
1.2 既往の研究の概要	1-5
1.2.1 建物被害調査法に関する研究（第 2 章，第 3 章）	1-5
1.2.2 兵庫県南部地震における建物被害分析（第 4 章）	1-5
1.2.3 兵庫県南部地震における地震動分布推定（第 5 章）	1-6
1.2.4 建物被害関数の構築（第 6 章）	1-6
1.2.5 建物被害想定および危険度評価（第 7 章）	1-7
1.2.6 都市デザインと防災都市計画（第 8 章）	1-8
1.3 論文の構成と内容	1-11

_ / _ / _ / _ / _ / _ / _ / _ / _ /

1.1 研究の目的と位置付け

本節では、本研究の目的と位置付けを明確にするために、まず防災都市計画という側面から見た兵庫県南部地震の概要とその意義について述べる。その後、いくつかの問題点の解決のために本研究で行った建物被害評価に関する分析・提案について解説する。

なお本研究は、これまでに研究し、その成果として投稿してきた建物被害評価に関する一連の研究論文を修正・加筆し、さらに数章を加えたものである。

1.1.1 兵庫県南部地震の概要と研究の目的

1995年1月17日午前5時46分、淡路島北部、深さ14kmを震源とするマグニチュード7.2の兵庫県南部地震が発生した。この直下型地震は、神戸市を中心とした阪神地域に過去に例を見ないほどの都市型大災害をもたらした。神戸市海洋気象台では最大加速度818gal（南北成分）を観測し、震源から遠く離れた東京や鹿児島でも震度1と発表された。国土庁（1998）によれば、この「阪神・淡路大震災」による被害は、死者6,430名、負傷者43,773名、最大避難民32万人、全壊住家10万5千棟、半壊家屋14万4千棟、焼損家屋7,500棟、鉄道の不通13社、高速道路等の通行止め27路線36区間、水道断水123万戸、停電260万戸、都市ガスの供給停止86万戸、加入電話の障害48万3千件、堤防・護岸被害32箇所、農林水産業関係の被害総額900億円程度である。我々が長い年月をかけて確立してきた都市という高度に発達した社会システムは、この地震により一瞬のうちに崩壊し、そのシステムの裏に潜む様々な問題が浮き彫りになった。我々防災研究に携わる者は、あまりにも多くのものを奪い去ったこの地震を謙虚に受け止め、多くのものをそこから学び、この経験を未来の社会のために昇華させていく必要がある。

兵庫県南部地震では上記のように膨大な数の建物が被害を受け、地震直後にはそれぞれ異なる目的でいくつかの建物被害調査が行われた。これらの建物被害調査結果の中には、地震による建物被害特性の分析、観測記録が少なかったことにより不充分であった地震動分布の推定、建物被害関数の構築など、今後の都市防災研究に欠かせない大変貴重なデータが数多く含まれている。過去の地震による被害データを用いた研究は、これまでも行われて来たが、そのデータ数は比較的少なかった。そういう意味で兵庫県南部地震による膨大な被害データを研究に生かすことは大変意義のあることであり、これまでに明らかにされなかった多くの新しい知見を得る可能性がある。

本研究では、兵庫県南部地震による建物被害データ（とくに神戸市による調査データ）を用いて、建物被害調査法を比較・整理することにより兵庫県南部地震時に浮き彫りになった問題点を解消するための提案を行い、地震動を推定することにより詳細な建物被害関数を構築し、そしてそれらに基づく建物倒壊危険度評価法を提案することを目的としている。さらに、ここで得た研究成果を都市の分析手法に生かすための防災都市デザインのビジョンを提案している。

1.1.2 建物被害評価に関する研究の意義と位置付け

(1) 兵庫県南部地震における建物被害調査法の比較(第2章, 第3章)

兵庫県南部地震直後にいくつかの組織により, 建物被害調査が実施された。そこで得た貴重な被害データを用いて新たな知見を得ることが本研究の主目的であるが, 各調査の方法や被害レベルの判定基準は主体組織や調査の目的によって異なっていた。また兵庫県南部地震はその時代性・規模においてこれまでに大都市で体験したことのないものであったため, これまでには問題にされなかったような建物被害調査に関するいくつかの問題が浮き彫りになった。建物被害データは本研究の基盤となるものであり, 研究を進める上で, これらの建物被害調査を比較・整理しておく必要がある。さらにその中で得た成果を, 今後建物被害調査をする上で役立つような新たな知見として提案している。以上のことを第2章「兵庫県南部地震における建物被害調査の比較検討」, 第3章「調査法が異なる場合の建物被害評価変換法」で行う。

(2) 灘区の建物被害データ(第4章)

第4章から第7章では, 神戸市から提供された建物被害データを用いて灘区を対象とした各研究を行う。そのためにまず第4章「灘区における建物被害のマクロ分析」で, 対象となる灘区と建物被害データの概要を説明し, マクロな建物被害分析を行う。

(3) 灘区における地震動分布推定と建物被害関数の構築(第5章 第6章)

地震による構造物被害を評価するためには, 被災地域での地震動強さの面的分布を推定することが重要である。しかし兵庫県南部地震時に観測された強震記録は限られており, これのみから地域の地震動分布を求めるには, 不十分である。地震動分布は, アンケート調査や墓石の転倒率, あるいは地盤モデルのFEM解析等により推定することが可能だが, 本研究では, 膨大な建物被害データを用いて灘区の詳細な地震動分布推定を行っている。そのために, 震災復興都市づくり特別委員会(日本都市計画学会関西支部, 日本建築学会近畿支部都市計画部会)および兵庫県都市住宅部計画課が行った建築物被災度調査結果を数値化した建設省建築研究所(1996)のデータと神戸市から提供された灘区のデータを使い分けている。これを第5章「兵庫県南部地震における灘区の地震動分布の推定」で行う。

次に, 第5章で推定された地震動分布と灘区の建物被害データから建物被害関数を行う。ここでは兵庫県南部地震で過去に例を見ない規模で破壊された約3万棟の建物被害データを用いているため, 構造別・建築年代別の精度の高い建物被害関数の構築が可能である。これを第6章「構造別・建築年代別を考慮した建物被害関数」で行う。

(4) 建物倒壊危険度評価法(第7章)

兵庫県南部地震を契機に, 国, 地方自治体, 個人とあらゆるレベルで地震防災への意識が高まり, 大規模かつ多岐にわたった被害を考慮して, 被害想定を見直し, あるいは新たに検討する気運が高まっている。損害保険料率算定会(1998a)の報告によれば, 各自治体で行われている地震被害想定には様々な手法が存在する。本研究では, 東京都(1998)および東京都都市計画局(1998a, 1998b)が実施した「東京都地域危険度測定調査」(第4回)に基づき, 建物倒壊危険度を分析対

象とする。これは、「ある地震の発生を仮定した上で地震動を推定し、経験的な被害関数などから地震発生時の被害を予測する」被害想定とは異なり、「被災ポテンシャルを地域間で比較し、相対的に危険な地域を抽出する」ことを目的としている。この東京都の方法を灘区に適用し、実被害と比較することにより、モデルとしての簡易性を保ちつつ、確率論的な概念も取り入れ、より一般的な建物倒壊危険度評価法を提案する。これは本研究で扱っている建物被害データを用いることにより初めて可能となる。以上のことを第7章「実被害データに基づく建物倒壊危険度評価法の提案」で行う。

(5) 防災環境都市デザインのビジョン（第8章）

地震国であり、かつ高密度の日本の都市では防災的な観点から都市を設計する必要がある。地震国であるが故に蓄積された日本の数々の教訓を都市設計に生かし、21世紀さらにはその先の未来における都市像を提案することが日本のアイデンティティを培い、地球上の他の都市に役立つものと思われる。しかしながらいくつかの事例を除き、防災的な研究成果が具体的な都市ビジョンとして描かれたことはあまり多くなかった。ここでは主に第6章、第7章の成果を用いて、防災的、環境的な観点から都市の解析およびデザイン手法を提案する。これを第8章「防災環境都市デザインのビジョン」で行う。

1.2 既往の研究の概要

本節では、建物被害評価に関する既往の研究成果を概括する。

1.2.1 建物被害調査法に関する研究（第2章，第3章）

損害保険料率算定会（1998b）の報告によれば、震災後の建物被災度評価は、避難所の確保、二次災害の防止、災害救助法の適用、各種補助金申請用等の罹災証明の発行、固定資産税減免調査、保険金支払いのための罹災程度の評価などを目的として行われている。その評価方法は、昭和43年6月14日以降、警察・厚生・建設・消防関係では「災害の被害認定基準の統一について」内閣総理大臣官房審査室長通知により統一が図られているが、その他の分野では、それぞれ微妙に異なる方法が採られている。ここでは本研究で用いた自治体による調査法について述べる。

兵庫県南部地震のように高度にシステム化された大都市を広範囲にわたって襲った都市直下地震は、これまでに経験したことがなかったため、調査の仕方や被災程度の判定基準を巡っていくつかの問題が初めて浮き彫りになった。自治省固定資産税課（1997）によれば、以前から自治体による建物被害判定基準は「天災、火災等の理由による固定資産税減免のための家屋に対する評価基準」として定められていたが、大災害を想定したものではなかったため、全壊・半壊の判定は自治体の判断に委ねられた（自治省固定資産税課および神戸市に対するヒアリングより）。問題点の多くはこのように統一された評価法がなかったことが原因と思われる。これらの問題を解消するためには、自治体の職員および住民が個々の調査の目的を十分に認識するとともに、地震直後の混乱の中で適切かつ客観的に被害判定ができるよう、全国で統一された評価法が必要である。そのためには兵庫県南部地震後に広域で実施された建物調査方法および判定基準等を比較し、整理しておくことが重要である。林・宮腰・田村（1997a）は兵庫県南部地震後の日本建築学会近畿支部が主体となった被害調査（鈴木・藤原，1995）、建設省建築研究所（1996）がとりまとめた建物被害調査結果の被災度定義について比較しているが、各自治体調査の詳細についてはこれまで報告されていない。

1.2.2 兵庫県南部地震における建物被害分析（第4章）

兵庫県南部地震はこれまでに経験したことの無いほど多くの建物被害をもたらしたため、その被害データを分析することにより、これまでに得られなかった多くの知見を得ることが可能である。(1)で述べたように、兵庫県南部地震発生後に、その目的・組織に応じていくつかの建物被害調査が実施されたため、いくつかの異なった被害データが存在している。その結果、各研究グループにより様々な建物被害分析の報告がされている。

自治体によって行われた建物被害調査に基づくデータを用いたものとしては、杉浦・山崎（1996）による宝塚市、後藤・山崎・佐藤（1996）による芦屋市、村尾・山崎（1997a）による北淡町、後藤・山崎・若松・浅野（1997）による尼崎市、杉浦・山崎（1997）による伊丹市、山口・山崎・

若松(1997)あるいは岩井・亀田・碓井(1997)による西宮市 ,Miyakoshi, Hayashi, Tamura, and Fukuwa (1997) による神戸市, そして小川・山崎(1998)による明石市等がある。いずれも構造別・建築年代別を基本として建物被害の分析をしており, データに応じて階数別・屋根別等も行っている。

自治体による調査以外のデータとしては, 震災復興都市づくり特別委員会(日本都市計画学会関西支部, 日本建築学会近畿支部都市計画部会)および兵庫県都市住宅部計画課が行った建築物被災度調査結果のデータが挙げられる。それを数値化した建設省建築研究所(1996)は構造別・建築年代別・階数別・用途別等詳細な分析を行っている。緑川・長谷川・向井・西山・福田・山内(1997)は神戸市内の特定地域の調査データを用いて鉄骨造の被害レベルと建築年代との関係や年代と階数別の分析を行っている。村上・田原・藤田・三澤(1996)は, 神戸市東灘区の木造住宅の密集した震度7の地域内における詳細調査に基づくデータを用いて, 建築年代, 建物規模などと被害の関係を明らかにしている。

1.2.3 兵庫県南部地震における地震動分布推定(第5章)

兵庫県南部地震時の観測記録の数は充分とは言えないため, 他の情報を用いて地震動を推定する必要がある。兵庫県南部地震の被災地域における地震動分布推定および建物被害関数に関する研究としては, これまでに, 翠川・藤本(1996)が地形条件と被災地域での墓石転倒率の分布から神戸市およびその周辺での最大速度分布を推定し, 藤本・翠川(1996)は各種被害データを重合して阪神・淡路地域での震度6の分布を推定している。また, 林・宮腰・田村・渡辺(1996), 林・宮腰・田村・川瀬(1997)は一連の研究の中で, 地盤モデルのFEM解析による再現地震動と建設省建築研究所(1996)によってまとめられた建物被害調査データを用いて, 最大地動速度と低層独立住宅被害との被害関数(林・宮腰・田村, 1997)を構築し, 同調査の建物被害率から被害地域全域での最大地動速度分布を推定している。その他に太田・小山・中川(1998)は, 被災地域におけるアンケート調査結果を用いて, 計測震度分布を推定している。

山口・山崎(1999)は, 強震観測記録とその周辺地域における建設省建築研究所(1996)の低層独立住宅被害データを用いて, 低層独立住宅の被害関数を求め, その関数を同データのもととなった調査地域に適用し, 阪神地域の地震動分布を推定している。この手法は, 林・宮腰・田村・渡辺(1996), 林・宮腰・田村・川瀬(1997)による研究と似ているが, 大阪府内における小さい地震動による被害データも考慮している。本研究ではこの推定地震動を土台として灘区の詳細な地震動分布を推定している。

1.2.4 建物被害関数の構築(第6章)

被害関数は, 着目している被災対象群が平均的な耐震強さ V_0 の周りに標準偏差 σ で正規分布しているという仮定のもとに標準正規分布関数でよく記述される。これまで我が国では, 物部(1926)が家屋倒壊率と合震度との関係を被害関数として定式化したことを皮切りとして, 東京都防災会

議(1980)の震度階解説表の記載内容の定量化により各種構造物の被害関数を作成した岡田・鏡味(1991)の研究など、様々な震害の経験に基づく、建物被害関数あるいは建物被害率曲線(バルナビリティ関数またはフラジリティカーブ)に関する研究が報告されてきた。しかし、建物被害関数のもとになるデータは限られていたため、その精度についての十分な確証は得られていなかった。最近では、兵庫県南部地震による膨大な被害データを用いた被害関数に関する研究が、いくつかの研究グループにより報告されている。建物被害関数を構築するためには、対象地区の地震動分布と建物被害データが必要であるが、兵庫県南部地震時の強震記録はそれほど多くは観測されていなかったため、地震動分布を何らかの方法で推定する必要がある。また実施されたいくつかの建物被害調査もその目的・方法によって判定基準が異なっていたため、これまでに報告されてきた被害関数も、使用したデータによる違いを見せている。

林・宮腰・田村(1997b)は、地盤モデルのFEM解析による再現地震動と建設省建築研究所(1996)のデータを用いて推定された林・宮腰・田村・川瀬(1997)の最大地動速度分布から、低層建物および中高層建物の用途別の被害関数を構築している。Miyakoshi, Hayashi, Tamura, and Fukuwa(1997)は、同推定地動速度分布と神戸市で行った調査データから構造・建築年代別の被害関数を求めている。また長谷川・翠川・松岡(1998)は、建設省建築研究所(1996)のデータと東灘区西部地区の建物について村上・田原・藤田・三澤(1996)が行った建築年代別被害調査結果を用いて木造建築物の建築年代別被害関数を作成し、林・宮腰・田村(1997b)の結果と比較している。

1.2.5 建物被害想定および危険度評価(第7章)

損害保険料率算定会(1998a)は地震被害想定調査の歴史について、以下のように報告している。

1970年代後半から1990年代前半にかけて、関東・東海地方の自治体により「仮想東海地震」や「南関東地震」等を対象とした地震被害想定調査が行われてきた。その過程で、1923年の関東地震による地震のゆれと被害の関係が研究・分析され、被害予測手法の開発や検証が行われた。1980年代に入ると、1978年宮城県沖地震や1983年日本海中部地震などの被害状況を含めて解析を行う自治体も増えてきた。その後、莫大な被害をもたらした1995年の兵庫県南部地震では、「関西には地震がない」という俗説が一蹴され、その地震を契機に、国、地方自治体、個人とあらゆるレベルで地震防災への意識が高まり、大規模かつ多岐にわたった被害を考慮して、被害想定を見直し、あるいは新たに検討する気運が高まっている。

地震による建物被害には、ゆれや地盤の液状化による被害の他、斜面崩壊や津波、火災による被害がある。これらのうち建物被害予測の項目で考慮されているものは、主にゆれや液状化を原因とするものであり、斜面崩壊や津波による影響が議論されているものは少ない。焼失建物については、地震火災の出火・延焼を検討する際に取り扱われる。

地震のゆれによる建物被害の予測としては、過去の地震被害の経験に基づく予測と建物応答解析に基づく予測があるが、本研究で対象とした建物被害評価法は、兵庫県南部地震の経験に基づくものであるため、ここでは同地震被害に基づく予測を用いている例について述べる。

東京都(1997a, 1997b)や山梨県(1996)は、兵庫県南部地震での事例から、加速度と建築年

代別被害率の関係を設定している。名古屋市（1997）は、建物被害と地表加速度推定値から建物被害を予測しており、また栃木県（1995）は、神戸市中央区や芦屋市の被害事例から震度と建物被害率の関係を設定している。三重県（1997a, 1997b）は、1944年の東南海地震における三重県内の想定震度と建物被害の関係、ならびに西宮市の被害率から建物の「罹災証明全壊率」を求めている。滋賀県（1996）は、神戸市（中央区・灘区・東灘区）・西宮市・尼崎市の分析に基づき、建物・地盤条件・震源断層距離との関係から被害予測を行っている。

地震被害想定調査の現状を整理した後藤・山崎・片山（1995）は、被害想定の今後の課題として、「事前想定では、仮定・条件パラメータが非常に多いことから、複雑なシミュレーションなど学術研究的な方法よりも、簡便な方法でおおざっぱな量が想定できる手法を用いる。」、「既往地震被害データを用いて作られた推定式の中には、最近の地震で明らかになった知見を考慮していないものもあり、推定式の見直しが必要である。」などを挙げている。本研究はこの二つの問題点を解消するものである。

本研究で取り上げた東京都（1998）および東京都都市計画局（1998a, 1998b）による「東京都地域危険度測定調査」（第4回）は、これまでの被害想定とは違った角度から、都内の地震に対する危険度を算定したものである。これは東京都が東京都震災予防条例に基づき、5年ごとに実施している調査であり、その目的は、「都市災害に強い都市づくりの指標とする」、「震災対策事業を優先的に実施する地域を選択する際の参考とする」、「地震災害に対する都民の認識を深め、防災意識の高揚に役立つ」などである。地震が発生することを仮定して被害を予測するという点では、被害想定も地域危険度評価も同じ性質のものであるが、被害想定が特定の地震動発生を仮定し、その地震によって生じる具体的な被害量を想定することを目的としているのに対し、地域危険度評価は、被災ポテンシャルを地域間で比較し、相対的に危険な地域を抽出することを目的としているという点で、その算定方法・考え方に違いがある。このため危険度の算出過程において、特定の地震は考慮されておらず、対象地域全体で震源位置に依らない地震動が仮定されており、複雑な解析を必要とする被害想定に比べ、比較的簡単な算定式と町丁目単位での地盤や建物のデータ等を用いて決定される。しかしながら、東京都による現行の手法は、東京都の特性に合わせて分類された地盤や建物について、専門家の判断に基づく危険性ウェイトが設定されており、危険度評価の精度や普遍性は確認できない。東京都以外には、北海道（1987）が古い住宅の存在率と持ち家率をパラメータとした住宅破壊による危険度評価を行っている。

本研究で行った「実被害データに基づく建物倒壊危険度評価法の提案」の目的は、東京都地域危険度の中の建物倒壊危険度評価方法を検討し、モデルとしての簡易性を保ちつつ、より一般的な建物倒壊危険度評価法を提案することにある。

1.2.6 都市デザインと防災都市計画（第8章）

ここでは、村上（1986）、石田（1987）、新建築社（1991）、槻橋・石崎・奈尾（1995）、松永（1998）らの文献を参考として今世紀における都市デザインと防災都市計画の変遷の概要を示す。

（1）今世紀における都市デザインの変遷

ここ数百年にかけて、都市（City）は急激な発展を遂げたと言う事ができる。ルネサンス以降の500年、産業革命以降の200年、第二次世界大戦以降の50年、そしてインターネットが世界的に普及したこの10年、都市あるいは都市生活の急激な変貌は、それぞれのタイムスパンに応じて語る事が可能であろう。これまでの社会的な変化に伴い、都市に住む人々すなわち市民（Citizen）の考え方、価値観も大きく変わり、各時代ごとあるいは都市ごとの理念の違いに応じて、都市デザインに関する様々な提案が行われてきた。19世紀のオスマン男爵による「パリの都市計画」、20世紀初頭のエベネザー・ハワードによる「レッチワース田園都市（1902）」、トニー・ガルニエの「工業都市論（1904）」、ル・コルビジエの「300万人のための現代都市（1922）」などは、社会の変貌とともに提案された都市デザインの例である。1960年代に入ると、菊竹清訓、黒川紀章らによる「メタボリズム思想（1960年代）」、バックミンスター・フラーによる「マンハッタンのジオテックドーム（1961）」、丹下健三研究室（1961）の「東京計画1960（1961）」、あるいはアーキグラムの「プラグイン・シティ（1964）」、「ウォーキング・シティ（1964）」など、現実の都市計画の提案あるいは近代都市の理想としてのユートピア都市構想が提案されるようになる。1970年には、近代技術の万能思想を究極的に具現化したものとして「大阪万国博覧会（1970）」が開催されるが、それと同時に我々が理想としてきたモダニズムの限界性も露になり、都市レベルのビッグ・プロジェクトは徐々に衰退していき、建築家の関心は相対的に個体としての建築へと向けられるようになった。1980年代にはポストモダンの時代に突入し、停滞していたモダニズムの反動からか、自由な造形、自由なビジョンが描かれるようになる。さらによりコンセプチャルな思想を背景として、ダニエル・リベスキンドの「マイクロメガス（1980）」やザハ・ハジドの「香港ピーク設計競技案（1983）」などのドローイングによって脱構築と呼ばれるプロジェクトが提案されるようになる。1990年代になると、これまでに普及してきたパーソナル・コンピュータおよびインターネットの利用率が一挙に上昇し、それに伴い、コンピュータ・グラフィック技術が向上し、渡辺誠の「誘導都市（1990-）」、島田良一研究室の「2006 Tokyo（1997）」そしてジョン・フレイザーの「フローニンゲン・プロジェクト（1996-）」に見られるようなシミュレーションとしての都市、電腦空間の中での都市像が描かれるようになる。

（2）日本における防災都市計画の変遷

次に今世紀の我が国における防災的な分野から見た都市のビジョンの変遷を示す。

関東大震災により壊滅的な被害を受けた東京では、後藤新平を中心とした震災復興都市計画事業が進められた。ここで整備された幹線道路、土地区画、公園、ライフラインなどのインフラストラクチャー基盤は、東京オリンピックのある1960年代まで都市の基盤として発展した。

その後、1960年代には災害対策基本法が制定されたが、都市の防災問題を解決するためには技術的な対応だけでは不十分であったことから、東京大学に都市工学科が設立され、都市計画の領域での防災研究が始められた。防災都市計画とはその当時に用いられ始めたもので、1971年の東京都震災予防条例の中では、「災害に強い都市づくり計画のため、都市の危険診断を定期的に行う」ことや、「特別危険区域には優先的に都市計画事業を実施して行く」ことが定められている。これを受けて、東京で最も地震災害に対して弱いとされる江東デルタ地帯の防災拠点再開構想が軌道に乗り始めた。そして東京大学高山英華研究室による江東十字ベルト構想（1966）が提案され、1970年代には、その中から村上（1986）らを中心とする白鬚東地区のプロジェクト（1976-84）

が防災再開発事業として具現化した。その後、大きな都市被害をもたらすほどの大地震は発生しなかったが、自治体や住民達の「防災まちづくり」と称した地道な努力が各地で実り、東京都の豊島区東池袋地区や世田谷区太子堂地区などに小さな防災広場等が生まれるようになった。1995年には、兵庫県南部地震により阪神・淡路地域が大災害を受けた。その後、安藤忠雄による「阪神大震災復興プロジェクト(1995)」や竹山聖による「神戸新首都計画(1995)」などが提案された。また尾島(1996, 1998)は、彼の持つ壮大な東京都のプロジェクトの一環として防災も取り上げており、環境・ライフライン・地下構想などに関連した防災都市のビジョンを提案している。

兵庫県南部地震以降、GISが広く普及し、それらを用いた防災シミュレーション等が各自治体等により行われるようになった。GIS、コンピュータ、インターネット等の技術を用いたシミュレーションという概念は、これまでの模型等のみを用いた思考だけでは不可能であった都市のビジョンを描くことが可能となると思われる。日本では、防災関連の各分野でGISを用いた研究も含め、様々な研究がされているが、それらの研究成果をもとに防災都市のビジョンとして提案しているものは数少ない。しかし、社会がさらに複雑になるであろう21世紀において、防災という分野は、エネルギー問題、環境問題などと並んで重要なパラダイムとなるに違いない。本研究のように防災的な視点から描いた都市のビジョンは、地震国の中でも世界に例を見ない高密度の都市を持つ日本にとって、世界における21世紀のアイデンティティを培う上でも大切な意味を持つものと思われる。

1.3 論文の構成と内容

本論文は全部で9章から構成されている。第1章「序論」と第9章「結論」を除いた研究内容は、本研究の基礎となる建物被害データについて整理した「兵庫県南部地震における建物被害調査法の比較」(第2章,第3章),本研究による新たな知見である「灘区の建物被害データに基づく建物被害関数と建物倒壊危険度評価法」(第4章 第7章),そしてこの研究成果をどのように社会的に応用していくかを示した「防災環境都市デザインのビジョン」(第8章)の3つの部分から成り立っている。本論文の構成フローを図-1.1に示す。第1章は「序論」、第2章は「兵庫県南部地震における建物被害調査の比較検討」、第3章は自治体と震災復興都市づくり特別委員会による調査比較に基づく「調査法が異なる場合の建物被害評価変換法」、第4章は「灘区における建物被害のマクロ分析」、第5章は「兵庫県南部地震における灘区の地震動分布の推定」、第6章は推定された地震動分布と建物被害分析に基づく「構造別・建築年代別を考慮した建物被害関数」、第7章は前章により構築された建物被害関数を用いた「実被害データに基づく建物倒壊危険度評価法の提案」、第8章は本研究の成果を用いた「防災環境都市デザインのビジョン」、第9章は結論である。以下にその内容の概要を述べる。

第1章「序論」では、まず兵庫県南部地震の概要とその建物被害データを基に建物被害評価に関して研究することの意義・目的・位置付けを述べる。次に建物被害評価に関する研究を、建物被害調査、建物被害関数、被害想定および危険度という側面から振り返り、本研究との関連性を述べる。最後に論文の全体構成と各章の内容を要約して紹介する。

第2章「兵庫県南部地震における建物被害調査の比較検討」では、まず兵庫県南部地震後に実施された建物被害調査に関する問題点を簡潔に述べ、それらを比較・整理し、自治体のための統一された被害調査票を提案することの必要性を述べる。次にいくつかの組織により実施された建物被害調査を取り上げ、その概要と浮き彫りになった問題点を述べる。第三に被災地となった「各自治体」、「地震保険損害査定」、「震災復興都市づくり特別委員会」および「応急危険度判定」による建物被害調査の方法を整理し比較する。さらに各自治体による建物被害調査を、「地震保険損害査定」と「震災復興都市づくり特別委員会」による調査を基準として比較し、それぞれの調査法・判定基準の違いが調査結果にどのような影響を与えたかを分析する。また自治体で実施された建物被害調査の項目別の被害損失ウェイトと、実際に掛かる建築コストとの比較も行っている。以上の結果に基づき建物被害調査票を提案する。最後に第2章で得られた知見をまとめる。

第3章「調査法が異なる場合の建物被害評価変換法」では、第2章で行った建物被害調査の比較に基づき、芦屋市を対象地域とした「自治体」と「震災復興都市づくり特別委員会」との詳細な分析を行う。まず第2章で得られた知見を基に、調査法が異なる場合の建物評価変換法の必要性を述べる。次に兵庫県南部地震後に芦屋市内で実施された上記の2調査について、12万棟の建物を対象とした詳細な比較分析を行い、それぞれの傾向を明らかにする。そして全建物を対象とした建物被害関数を2調査の判定基準ごとに作成し、地震動強さの違いがどのように判定結果に影響を与えたかを評価率という概念を用いて明らかにし、2調査間の建物被害評価変換法を提

案する．最後に第3章のまとめを行う．

第4章「灘区における建物被害のマクロ分析」では，まず兵庫県南部地震による建物被害データを分析することの意義を説明する．次に第4章以降の研究の対象地域となる灘区の概要について述べる．そして神戸市から提供された建物被害データについて説明し，構造・建築年代・階数・屋根等の種別に応じて被害をマクロに分析する．最後に第4章で得られた結論を示す．

第5章「兵庫県南部地震における灘区の地震動分布の推定」では，まず兵庫県南部地震時の強震観測記録が限られていたことを述べ，地震による建物被害評価をするうえでの地震動推定の必要性とその方法について説明する．次に灘区における詳細な地震動推定を行う上で基礎となる建設省建築研究所（1996）のデータを用いた推定地震動の概要を述べる．第三に，この推定地震動と第4章の建物被害データから，暫定的な建物被害関数を構築する．ここで得られた木造年代別建物被害関数と建物被害データを用いて，複数の地震動分布を導き出し，それらを比較検討することにより，微地形を考慮した詳細な地震動分布を決定する．最後に第5章のまとめを行う．

第6章「構造別・建築年代別を考慮した建物被害関数」では，まず建物被害関数について既往研究の概略と，第5章を含めた被害関数構築までのプロセスを説明する．次に第5章で得られた最終的な推定地震動と建物被害データから，構造別・建築年代別の被害関数を構築する．そして，これらの被害関数による建物被害推定値を，第5章の暫定的な被害関数による推定値と比較し，最終的に精度が向上したことを示すとともに，実被害と比較する．最後に第6章のまとめを行う．

第7章「実被害データに基づく建物倒壊危険度評価法の提案」では，まず兵庫県南部地震以降各自治体により気運が高まっている被害想定と危険度についての概略を述べる．次に本章で取り上げた東京都の建物倒壊危険度について説明する．続いて灘区のデータを東京都の方法に適用し，実被害と比較することにより問題点を明らかにする．そして，これらの問題点を解消する新しい建物倒壊危険度評価法を提案する．さらに信頼性解析を用いてこの評価法が灘区だけでなく一般的にも適用出来るような手法を述べる．こうして提案された新建物倒壊危険度評価法を改めて東京都に適用し，東京都の方法による危険度分布との違いを比較する．最後に第7章で得られた知見をまとめる．

第8章「防災環境都市デザインのビジョン」では，まず第6章，第7章で得た建物被害関数と建物倒壊危険度評価法を都市デザインに生かすことの意義を述べる．次に本章で提案する手法のもとになる Lynch（1968）の「都市のイメージ」の概要を説明する．そして防災環境都市デザイン手法 MUSE（The Method of Urban Safety Analysis and Environmental Design）を提案する．さらに MUSE の適用法についていくつかのイメージを示し，今後の防災環境都市デザインのビジョンについて説明する．最後に第8章のまとめを行う．

第9章「結論」では，本研究の全体内容を統括し，本研究で得られた成果を要約する．

兵庫県南部地震の実被害データに基づく建物被害評価に関する研究

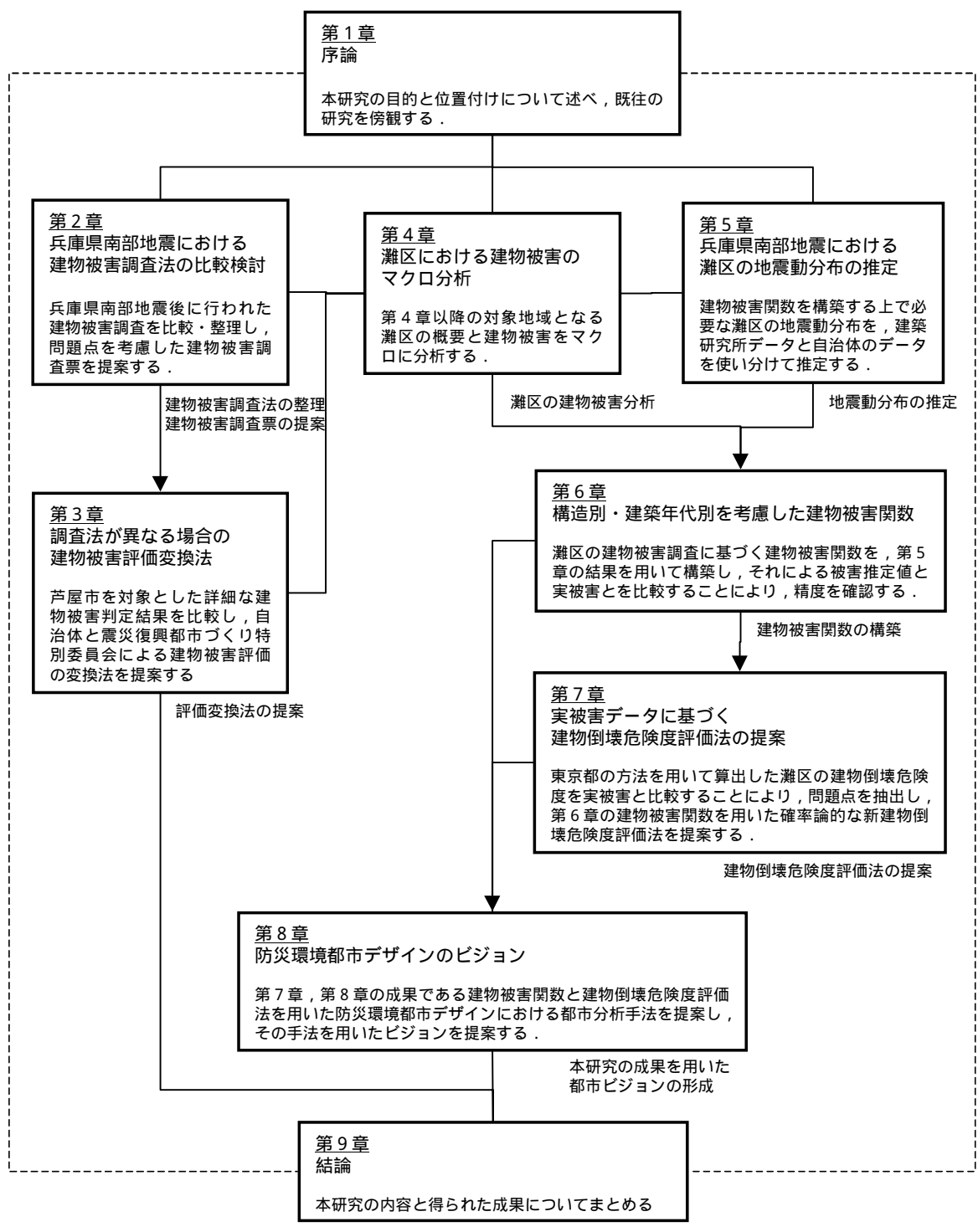


図-1.1 本論文の構成フロー