



地形・市街地の特性と阪神・淡路大震災における建物
被害：神戸市東灘区を事例とした地理学的分析

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2011-12-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 藤井, 正, 峯, 耕一郎 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00006216

地形・市街地の特性と阪神・淡路大震災 における建物被害

— 神戸市東灘区を事例とした地理学的分析 —

藤井 正・峯 耕一郎*

1. はじめに

阪神・淡路大震災においてとりわけ大きな被害をみた地域は、神戸旧市街地から阪神間にかけて帯状に続く、「震災の帯」として示されている。この「帯」は、木造家屋の倒壊率30%以上などの指標によるもので、その根拠は純粋な地震動にもとづくものではなく、建物被害の状況をもとにしたものである。にもかかわらず、これを断層の位置や地震波、地質条件など自然条件によってのみ説明しようとする傾向が、ことに震災直後は顕著であった。しかし、当然のことながら、「震災の帯」自体は、自然条件のみならず、神戸から阪神間の歴史的・社会的な都市構造との関係のもとに生じてきた被害の空間的な様相である。自然科学的な検討の前に、人間がつくってきた都市構造から説明しうる部分を明確にしておかねばならない¹⁾。

つまり、「震災の帯」というかたちで顕在化した被害の空間的な様相の解明にまず求められるのは、「帯」にあたる市街地における自然条件とともに歴史的・社会的特性を明らかにし、相対的には被害の少なかった隣接市街地との相違を検討することである。このような作業はまた、他の都市における市街地の特性を考慮した被害想定にも貢献しうるものである。

この小論では神戸市東灘区を事例に、このような都市構造と被害の関連性について、特に都市構造を構成する市街地の諸特性ならびに地形条件と被害との関連性を、多変量解析を用いて分析する。地形条件は被害の差異にもっとも直接的に関係する自然条件である。このような側面からの概括的・理論的な検討は、震災後から翠川三郎(1995)などの諸論文や後にあげた地理学における諸研究、都市計画学会による一連の文献などにみられる。しかし、具体的な都市構造と関連づけた研究は、まだ研究途上といえよう²⁾。この小論の資料を用いては、藤井(1996a)で本稿のデータのうち、震災の有無や木造集合住宅の分布を中心に建物被害や犠牲者との関係を検討した。藤井・小長谷(1996)でも、多変量解析ではないが本稿と同様のスコアにもとづく検討を試みた。ここでは、地形条件と市街地の特性に関する5つの指標に関して多変量解析を行い、建物の倒壊との関連をより統合的に分析する。以下、次章で市街地の概要と被害の状況を述べたのち、上記5変数について Ward 法のクラスター分析を行って市街地特性をまとめ、次いで数量化理論で全壊率の説明を試みる。

なお、分析の空間単位をどのスケールにとるかも、各専門分野の研究枠組みに関わる重要な

* 堺市役所

問題である（藤井，1996a）。ミクロな分析ほど、より多くの事実が明らかになるように思われるが、地理学（たとえば、浮田典良，1995）で示されてきたように、解明される事実はそれぞれのスケールに対応しており、ミクロなスケールの分析では逆に検討できない事象もある。同様の点は、建築分野からも、建物単位が最適とはいえないことが指摘されている（南部・山崎ほか）。ここでは、社会的な関連づけも可能な町丁を単位地区として分析する。

分析に用いる資料は次の通りである。第2次大戦末に神戸市は広い範囲で戦災を受けており、これが市街化年代の点で重要な意味を持っている。こうした戦災の状況に関しては、国土地理院の航空写真（1948年米軍撮影）、『日本都市戦災地図（復刻版）』（第一復員省資料課編，原書房）を資料とした。木造の集合住宅（アパートや文化住宅）の分布は航空写真と住宅地図、中高層化は都市計画図を資料として判読した。戦前から戦後の都市化の状況については、1/1万地形図、都市計画図（1965年測図）も参照した。市街地密度については、地形図で総描（斜線）で示されるか、個別の建物が示されているか、両者の混在かで判断した。この方法では、地区内の建物密度の違い、平均的な建物密度でなく、密集地区の存在の有無で判断することとなる。地形条件は、高橋学（1986，1990）と新旧土地条件図（建設省国土地理院）による。建物被害については、日本都市計画学会・日本建築学会共同の震災復興都市づくり特別委員会編集・発行の『被災度別建物分布状況図集』を資料としている。

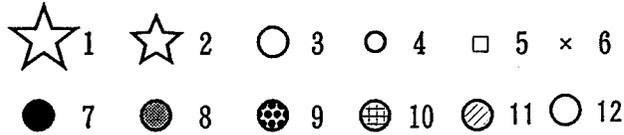
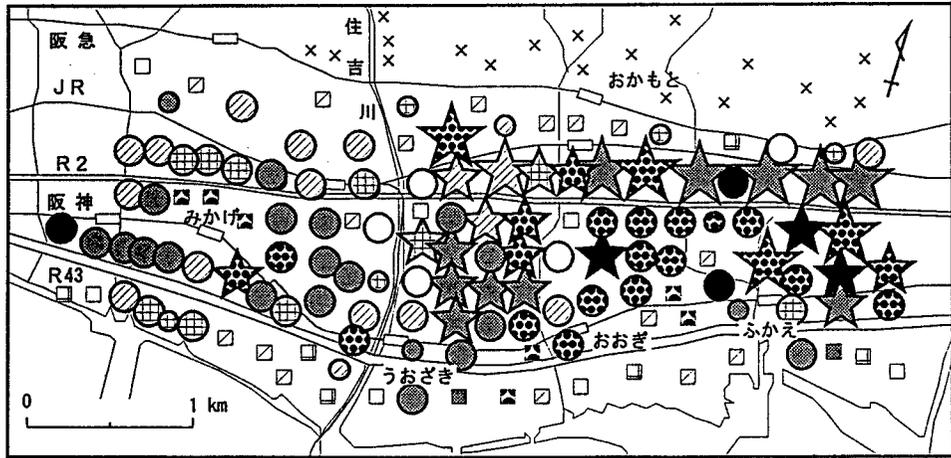
2. 建物被害の分布と市街地の状況

小論では神戸市東灘区のうち、山麓から海岸線までの旧市街地（埋立地は除く）を検討した。第1図では、阪神・淡路大震災における建物被害（全壊または大破）の状況を凡例1～5として示す³⁾。全壊（または大破）率は25%以上を丸印または星印で示した。データが異なるので厳密ではないが、これらの地区がほぼ上述の「震災の帯」に相当すると考えられ、主としてJRから国道43号線（図のR43）の間に、東西に帯状につらなる。

この図から、まず「帯」内部にも被害の粗密があることがわかる。東灘区西部は相対的には全壊率が低い。一方、最も被害の激甚な地区（図の星印）は、住吉川の東側から国道2号線（R2）の北を東へ続き、阪神深江駅の北に広がる。これら地区に囲まれる形で、阪神深江駅の西北には、「帯」に相当する地域であるにも関わらず、比較的被害が顕著でない地区もあることがわかる。沖積層が厚いにも関わらず「帯」に含まれないといわれる海岸部も、全体的には全壊率は低いことが確認できる。

次に市街地の特徴を概観する。戦前の神戸の都市化は、東端は住吉川をこえたあたりまで広がっていた⁴⁾。その東（現在の東灘区東部）では、山麓と海岸部に邸宅や旧集落が散在し、鉄道駅前や国道2号線に沿って一部都市化が見られたのみであった。戦災は、このうち住吉川以西の市街地のほとんどを焼き尽くした。その結果、住吉川東岸の魚崎やその北の田中、東部の国道2号線沿い、山麓部などには、戦前からの古い市街地（以下非戦災地区と呼ぶ）が残されることとなった。

このうち住吉川東岸地域は、魚崎北町を中心に全壊率60%前後となった地区（第1図では星印が並んでいる）で、老朽家屋の倒壊が多くみられたと考えられる。一方、同様の非戦災地区



第1図 建物全壊率と地区特性

- 1 : 建物全壊率 66%以上
- 2 : 同 50%以上66%未満
- 3 : 同 30%以上50%未満
- 4 : 同 25%以上30%未満
- 5 : 建物全壊率25%未満で、被災度調査結果のある町丁
- 6 : 被災度調査結果のない町丁
- 7 : 第1クラスター (木造集合住宅集中地区)
- 8 : 第2クラスター (非震災・低層・密集地区)
- 9 : 第3クラスター (地形条件が悪い一般的市街地)
- 10 : 第4クラスター (好地形条件の非震災・低層・密集地区)
- 11 : 第5クラスター (地形条件の比較的良好一般的市街地)
- 12 : 第6クラスター (好地形条件の非震災・低密地区)

でも山麓部では、全壊率は30%以下となり「震災の帯」をはずれる (藤井, 1996a, b)。これは、台地という地形条件との対応、ならびに住宅の質が関係していると思われる。

海岸部は一般に、「震災の帯」からはずれるとされるが、図では阪神魚崎駅東南や同御影駅南などでは全壊率が「帯」の地区と同様に高い (図の丸印)。これらの地区は灘の酒蔵地帯で、それぞれの非震災地区が、海岸部の比較的大きな被害地区となっている (藤井, 1996a, b)。なお、R43に沿って産業施設やマンションが立地していったことも、海岸部で相対的に被害を少なくしている。砂堆という地形条件も海岸部で比較的全壊率が低い一因であろう。しかし、砂堆上でも、かなりの被害を生じている非震災地区もみられる。

戦後の都市化の状況は、建物被害と以下のように関連づけられる。まず、多くの倒壊をみた木造の集合住宅 (アパート・文化住宅) の分布を検討する。東灘区東端部は、東隣の芦屋市西部とともに、大変被害の大きかった地域であるが、戦前からの市街地は必ずしも広がっていない。この地域では、文化住宅やアパートといった戦後の木造の集合住宅が多数見られるのであ

る。つまり、震災地区か否かという市街化年代よりも住宅の質が問題となる。また、上でもふれたように、「震災の帯」に位置しながら、阪神深江駅の西北には、被害の相対的に小さい地区もみられる。高橋学（1996）によればここは土地条件の最も悪い地区であり、公営団地やマンションなどが多いという家屋の構造が、被害の軽減に重要な意味を持った。高橋によれば、逆に被害の大きかった木造集合住宅地区は、比較的土壌条件が悪く安い農地が、経済原理優先の開発と相まって生み出された例とされる。今後のまちを再生するにあたり、こういった地区特性の把握、計画面での対応は大変重要である。

東灘区で中高層化率（3階建て以上の建築物の構成比）20%以上を示すのは、駅前、住宅団地地区、2号線南側の事業所の多い地区、海岸部の産業施設の多い地区である。逆に中高層化率10%以下の低層地区は、深江駅東部から北の国道2号線にかけて、住吉川東岸の魚崎町、阪神住吉駅北側、石屋川駅東南などに集中している。これらの低層地区は、もちろん非震災地区とかなり重複するが、非震災地区でも駅前にあたり、その後の中高層化が進んだ地区もある。一方、この指標から戦後に都市化した低層住宅地区の判別も可能となる。

当然の事ながら、このような中高層化が進めば地区の建物の被害は軽減される。しかしなかには、中高層化率30%をこえる地区でありながら、全壊率30%以上を記録している地区もある。たとえば、JR住吉駅南の地区には、小さなビルや商店などが混在する。半分が3階以上の建築であるが、全壊率は36%であった。望月（1990）によれば、商店街などにみられるビルにも耐震性に劣るものがあるとされる。

3. 地形条件と市街地特性による町丁の分類

ここでは上記の範囲にあたる181町丁の地形条件と市街地の特性を把握し、それらと全壊率との関係の検討を容易にするために、クラスター分析を行った。具体的には、地形条件、非震災地区の広がり、木造集合住宅の分布、建物の低層度（非中高層化）、市街地密度の各指標について、各データの変動分布から危険度の評価スコアを第1表のように作成し（藤井・小長谷、1996）、各町丁ごとに5項目それぞれのスコアを求めた。次に5項目のうち1つでも欠損値をもつ43町丁を除いた、138町丁に対して Ward 法のクラスター分析を行った。その結果、第131段階と132段階の間で大きなグループ間距離の増大量がみられ⁵⁾、最適分類段階としてその前の段階である第131段階を選び、6クラスターを抽出した。以下、各クラスターを構成する町丁の上記5指標の平均スコアに加えて全壊率の平均に注目し、全壊率と地形条件や市街地の特性との関係を見る（第2表）。なお、第1～第6クラスターは、先のクラスター平均の全壊率が最も高いものから順に並べた。

なお、これら6クラスターの全壊率について、有意差の検定を全15通りの組み合わせで行った。t検定を行った結果、第1・2・3の3クラスターと第4・5・6の3クラスター間の計9通りの組み合わせでは、有意水準5%で有意な差があった。しかし、それ以外の6通りの組み合わせ（たとえば、第1と第2クラスター、第4と第5クラスターなど）では有意な差がみられなかった。すなわち全壊率からは、第1・2・3クラスターと第4・5・6クラスターという、全壊率の高いクラスター群と低いクラスター群に区分される。

第1表 地区特性スコア

地区特性スコア；+がより大きな被害が予測されることを示す

<地形スコア>

• 天井川沿い微高地	-2	2つの地形を含む場合	
• 段丘	-2	• 天井川沿い微高地と扇状地	-1
• 自然堤防	-2	• 段丘と扇状地	-1
• 砂堆	-2	• 砂堆と後背湿地	0
• 扇状地	0	• 段丘と後背湿地	0
• 人口改変地（埋立地）	0	• 後背湿地と扇状地	+1
• 後背湿地	+2	• 旧河道と扇状地	+1

<非戦災スコア>

- 非戦災地区 +2
(2/3以上非戦災住宅)
- 非戦災を含む地区 +1
(1/3から2/3が非戦災住宅)
- 戦災地区や1948年の農地は、スコア0とした。

<低層スコア>

• 中高層化率（3階建て以上）	10%以下	+3
• 同	10.1%以上20%以下	+2
• 同	20.1%以上30%以下	+1
• 同	30.1%以上	0

<木造集合住宅スコア>

• 木造集合住宅率	5%未満	0
• 同	5%以上 10%未満	+1
• 同	10%以上 15%未満	+2
• 同	15%以上	+3

<市街地密度スコア>

• 高密度（地形図で総描）	8割以上	+2
• 低密度	8割以上	0
• 両者の併存		+1

第2表 各クラスターの全壊率と平均スコア

クラスター	町丁数	全壊率	全壊率	地形 スコア	非戦災	低層	木造集合	市街地密
		平均	標準偏差		スコア	スコア	住宅スコア	度スコア
第1クラスター	6	48.17	15.60	0.33	0.00	1.83	2.50	0.67
第2クラスター	34	46.38	16.21	0.24	0.97	2.74	0.21	1.59
第3クラスター	31	40.90	19.30	1.96	0.50	1.30	0.40	0.43
第4クラスター	20	30.35	16.08	-1.60	1.05	2.65	0.25	1.70
第5クラスター	35	27.40	18.29	-0.26	0.54	1.40	0.06	0.69
第6クラスター	12	20.92	12.84	-1.92	1.00	1.67	0.50	0.00
全町丁の平均	—	35.69	16.39	-0.21	0.68	1.93	0.65	0.85

(1) 第1クラスター（木造集合住宅集中地区）

このクラスターは全壊率の平均が、48.17%と6クラスター中で最も高い（第2表）。市街地の特徴は、木造集合住宅スコアの平均が2.5と6クラスター中最も高く、すべての町丁で木造集合住宅率が10%以上である。また、すべての町丁は1948年には戦災地区、あるいは農地であり、戦後形成された市街地にあたる。第1図凡例7の黒印に示すように、当クラスターを構成する町丁は、東灘区東端の阪神深江駅から国道2号線（図のR2）にかけて4地区があり、他の2地区は、同青木駅の北と区の西端に散在している。地形条件は、後背湿地（スコア+2）が2町丁あるが、他は後背湿地と砂堆を町丁内に含む所（スコア0）が2町丁、そして扇状地（スコア0）と自然堤防（スコア-2）がそれぞれ1町丁で、地区全体としてはとりわけ地盤が悪いとはいえない⁶⁾。

(2) 第2クラスター（非戦災・低層・密集地区）

このクラスターは全壊率の平均が46.38%と2番目に高い。市街地の特徴は、低層スコアの平均が2.74と6クラスター中最も高く、低層（1～2階建て）建築物が各町丁に多く存在している。平均の非戦災スコアが0.97、市街地密度スコアが1.59であることから、戦前の低層建築物が多く密集する地区であるといえる。当クラスターの地形条件は、後背湿地が1町丁、後背湿地と扇状地を含む所（以上スコア+1）が6町丁、扇状地が18町丁、後背湿地と砂堆を含む所が6町丁、後背湿地と段丘を含む所（以上スコア0）が3町丁であり、特に地形条件は悪くない。これらの地区は、第1図のように、住吉川東岸の魚崎に12町丁と最も多数みられ、他に東部ではJRと国道2号線に挟まれた本山中町や森南町の5町丁と、東南部で阪神の南の深江本町・南町の4町丁である。住吉川の西岸では住吉宮町を中心とした7町丁、そして西部の御影の6町丁がこれにあたり、合計で34町丁となる。

(3) 第3クラスター（地形条件が悪い一般的市街地）

このクラスターは全壊率の平均が40.9%で、前述の第1、第2クラスターと同様に40%以上の全壊率がみられる。次の第4クラスターからは、全壊率の平均が30.35%と10%以上低くなるが、これら第1～4クラスターまでが、今回の地震で被害が大きかったところであり、ほぼ前述の「震災の帯」を構成する地区である。市街地の特徴は、平均の木造集合住宅スコアが0.4、非戦災スコアが0.5、市街地密度スコアが0.43、低層スコアが1.3である。詳細にみると、クラスター内の約53%の町丁には1948年には建築物がなく、70%の町丁では建築物の密度は低く、約63%の町丁では20.1%以上が3階建て以上の建築物であることが分かる。これら市街地の特徴は、全体の平均と大きな違いはみられない。むしろこのクラスターの他との決定的な相違は地形条件で、西岡本1丁目（扇状地と旧河道を含む、スコア+1）を除く、すべての町丁が後背湿地上にあり、地形条件が悪い町丁から構成されている。これらの地区は、東部のJRと国道43号線の間主として分布する。

(4) 第4クラスター（好地形条件の非戦災・低層・密集地区）

市街地の特徴は、平均の非戦災スコアが1.05、市街地密度スコアが1.7と6クラスター中で、最も高く、さらに低層スコアも2.65と高いことである。クラスターを構成する60%の町丁に1/3以上の非戦災住宅が存在し（2/3以上は45%の町丁）、70%の町丁で建築物の密度が高く、同じく70%は3階建て以上の建築物が10%以下の町丁である。すなわち、先の第2クラスターと同様、戦前に建築された低層の住宅等が密集した市街地を構成している地区である。

地形条件は比較的安全とされるものが多く、砂堆（スコア-2）に10町丁、扇状地と段丘を含む所（-1）に6町丁、天井川沿いの微高地（-1）に2町丁、そして扇状地と天井川沿いの微高地を含む所（-1）に2町丁と、スコアがマイナスで比較的地震に強いとされる地盤上にすべての町丁はある。なお、このクラスターの町丁は、主に山麓部と海岸部、住吉川沿いに散在する。

このように第4クラスターは、戦災で焼け残った低層建築物が集中している地区であり、市街地特性からみれば第2クラスターと酷似しているが、全壊率の平均は16%余りも違う。これは地形条件の違いであると考えられ、市街地に古い低層の建物が密集していても、地形条件が良ければ全壊率は著しく高くないことを示している。また、第4クラスターに比べて、第3クラスターの方が市街地の状況からは地震に強いと思われるが、実際には全壊率の平均は10%以上第3クラスターが高いことから、好地形条件が強く作用して第4クラスターの全壊率は低かったと考えられる。

(5) 第5クラスター（地形条件の比較的良好一般的市街地）

市街地の特徴は、木造集合住宅スコアの平均が0.06と、6クラスター中で最も低いことである。クラスターを構成する町丁の約57%は戦後都市化してきた所で、約43%の町丁は建築物の密度が低く、同じく約43%の町丁には3階建て以上の建築物が20.1%以上あり、これら3項目の平均値は第3クラスターとかなり似ている。すなわち、第3クラスターを構成する町丁の特

徴のうち木造集合住宅がさらに少ないものとして、この第5クラスターは位置づけることができる。地形条件は扇状地に14町丁、後背湿地と砂堆を含む所に8町丁、後背湿地と段丘を含むのが1町丁、扇状地と段丘を含む地区に5町丁、人工埋立地（以上スコア0）に3町丁、扇状地と旧河道を含む所（同+1）に1町丁、砂堆に1町丁、段丘（同-2）に1町丁、扇状地と天井川沿い微高地を含む所（-1）に1町丁と分かれている。地形条件の平均が-0.26であり、地形条件は比較的良い。これらの地区は第4クラスターと同様に東灘区の主に山麓部と海岸部に散在する35町丁である。

(6) 第6クラスター（好地形条件の非戦災・低密地区）

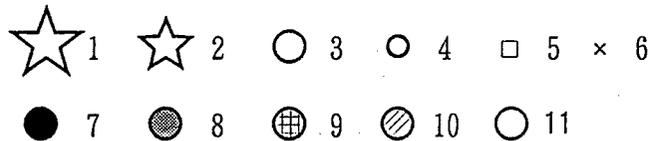
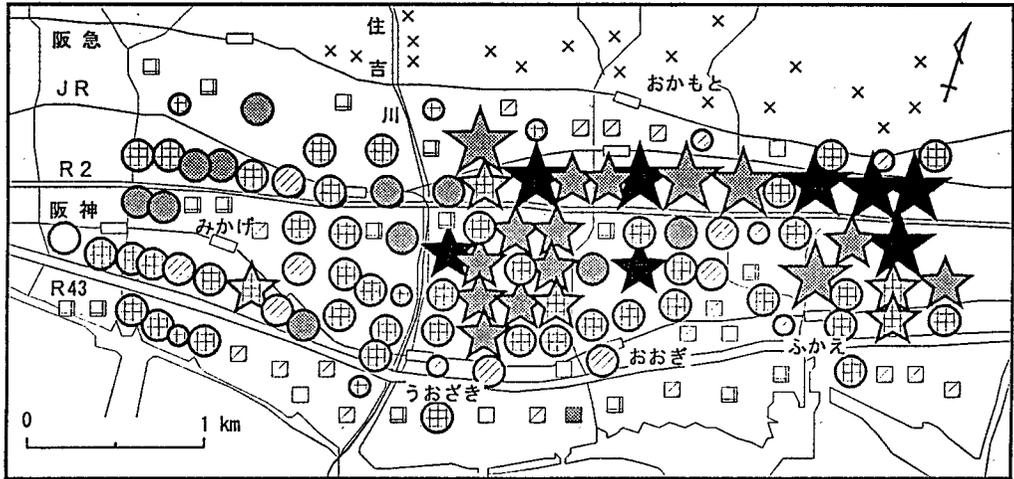
このクラスターの特徴は地形条件が-1.92と最も高く、良い地形条件の上に市街が形成されている。その内訳は、天井川沿い微高地が4町丁、砂堆が4町丁、自然堤防が2町丁、段丘が1町丁（以上スコア-2）、扇状地と段丘を含む地区（スコア-1）が1町丁となっている。市街地の特徴は、平均の市街地密度スコアが0であることから、12町丁すべてにおいて市街地は低密度で、また低層スコアから比較的中高層化していることが分かる。一方で、非戦災スコアの平均が1で、約67%の町丁では、1948年には非戦災住宅が1/3以上みられた。このクラスターの平均全壊率は6クラスターで最も低い20.92%である。その理由としては、戦後、中高層化がすすんだことに加え、市街地には古い建物も含まれることから、第4クラスターと同様、地形条件も強く作用したと考えられる。これらの地区は、山麓部に2町丁、海岸部に4町丁、住吉川などに沿って6町丁が分布する。

4. 地形条件と市街地特性による全壊率の説明

ここでは、地形条件、木造集合住宅の分布、戦災・非戦災の状況、市街地密度、そして建物の低層度という5項目によって、神戸市東灘区181町丁の建物全壊率をどの程度説明できるかを検討するために、数量化理論I類による分析を行った。具体的には、外的基準として量的データである「全壊率」をとり、前章のクラスター分析でも用いた5つの質的データ、「地形スコア」、「非戦災スコア」、「低層スコア」、「木造集合住宅スコア」、「市街地密度スコア」の5変数を説明変数とした。欠損値をもつ43町丁を除いた計138町丁についてSPSS for Windowsにより数量化理論I類の分析を行った。その結果、外的基準の値「全壊率」が、どの程度よく予測されているかを表す重相関係数は0.62⁷⁾となった。また、外的基準の値「全壊率」に対する各説明変数の影響の大きさを表す偏相関係数は、「地形スコア」が0.46、「非戦災スコア」が0.30、「低層スコア」が0.30、「木造集合住宅スコア」が0.24、「市街地密度スコア」が0.20であった⁸⁾。

実際の「全壊率」と数量化理論I類の結果から得られた「全壊率」の予測値の残差（実際の値-予測値）がプラスの町丁は、このモデルによる被害予測を上回る全壊率があった所、反対に残差がマイナスの町丁は、予測を下回る全壊率であった所である。次に、プラスの残差が大きい町丁、マイナスの残差が大きい町丁の順に述べる。

第2図に示すように、残差がプラスで10%以上の町丁は、



第2図 建物全壊率と残差

凡例1～6は第1図の凡例と同じ

- | | | |
|------------------|-------|--------------|
| 7: 残差25%以上 | 8: 同 | 10%以上 25%未満 |
| 9: 同 -10%以上10%未満 | 10: 同 | -25%以上-10%未満 |
| 11: 同 -25%未満 | | |

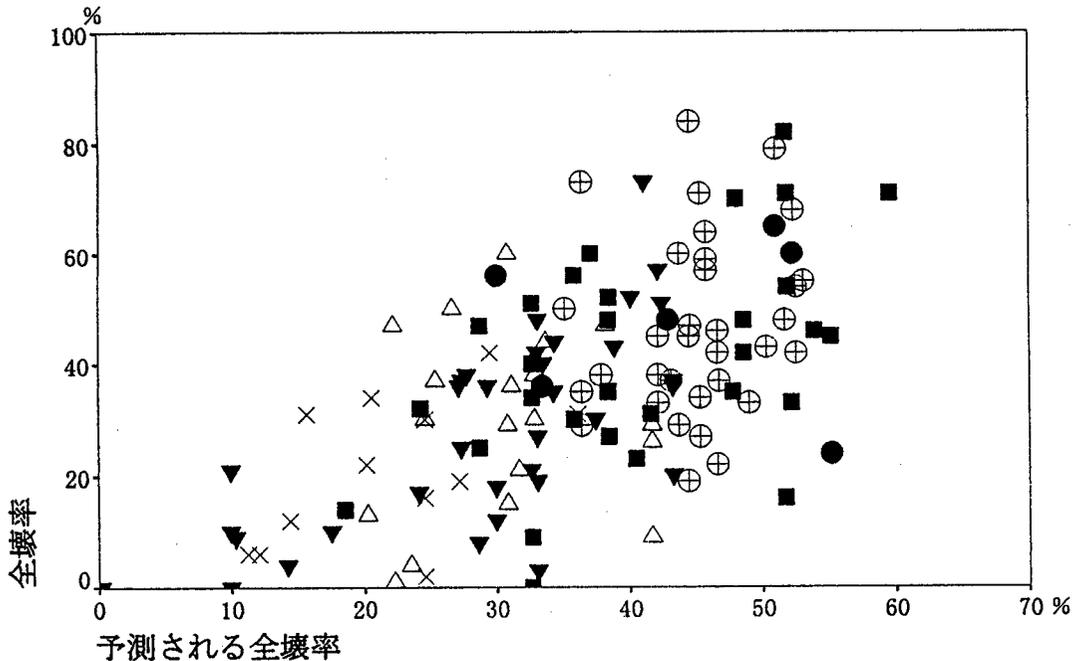
国道2号線に沿って、区の東端の森南1丁目から住吉川を西に越えた住吉東町5丁目までの11町丁と、住吉川東岸の魚崎を中心とした20町丁に多い。この中でも特に残差が大きい25%以上の町丁は、国道2号線沿いに計8町丁が分布している。これら8町丁はじめ、プラスの残差が大きいところは、5つの説明変数以外の別の要因が働いて、実際全壊率を高くしたとも考えられるし、また、5つの説明変数の中で地震の際にとりわけ大きく作用したものがあつたために全壊率を高くしたとも考えられる。

特に国道2号線北側の森南町1～3丁目（全壊率73～84%）は、東灘区でも被害が最も大きかった地区の1つであるが、地形条件はそれほど悪くはないが、たとえば非戦災や木造集合住宅を含む低層建築物が密集している等の複合的な要因のために、この地区では予測値以上の被害が出たと考えられる。138町丁の全壊率の平均は35.69%であるが、プラスの残差が特に大きい8町丁における全壊率の平均は72.25%で著しく被害が大きかったことが分かる。

予測を下回る全壊率がみられた町丁については、第2図に示すように、マイナスの残差が10%をこえる町丁（凡例10・11）は34町丁あり、特に海岸部と東の山麓部に分布している。これら11町丁の全壊率の平均は11.8%で被害は比較的少なかった。マイナスの残差が大きかった所では、比較的地形条件が良く、市街地の条件が悪くても、地形が地震の被害を軽くしていると考えられる。

5. まとめ

最後に、クラスター分析と数量化 I 類の分析結果をまとめ、地形・市街地の特性と被害の関連を検討する。第 3 図は縦軸に実際的全壊率、横軸に数量化 I 類の分析により得られた全壊率の予測値をとり、138 町丁の分布をクラスター別に示したものである。これに関連して、5 クラスターの地形条件や市街地の特徴、そして各クラスターの実際的全壊率や予測された全壊率の最大値、最小値を第 3 表に示した⁹⁾。



第 3 図 クラスタ別の建物全壊率と予測される全壊率

- | | | |
|---------------|---------------|---------------|
| ● : 第 1 クラスター | ⊕ : 第 2 クラスター | ■ : 第 3 クラスター |
| △ : 第 4 クラスター | ▼ : 第 5 クラスター | × : 第 6 クラスター |

第 3 図から、第 2、4、6 クラスターが横軸の予測全壊率で 11.3~53.1% の範囲内にあり、さらに各クラスターを構成する町丁の分布の幅が 25% 以内でそれぞれまとまった分布を示していることがわかる。これらは、地形条件に問題はないが市街地が古く低層建築物の密集した第 2 クラスターから、地形条件は良いが市街地は同様の特徴を持つ第 4 クラスター、これと同様の地形条件で市街地密度も低くなる第 6 クラスターの順に、予測全壊率・実際的全壊率の分布範囲が高いものから低いものへと移っている。このようにクラスター間で 5 変数による説明が可能と考える。ここから、市街地が同様の状況でも、まず地形条件によって、また、地形条件が同じでも市街地の状況で、地震による被害はかなり異なると考えられる。なお、これらの全壊率（縦軸方向）の分布の広がり、先の分析で説明できない残差である。

一方、第 3、第 5 クラスターについては、前述の非戦災地区をかなり含む 3 クラスターと市街地の特徴が異なり、より一般的な市街地といえる（第 3 表）。第 3、第 5 クラスターは、予

第3表 5クラスターの特性と全壊率

	地形	戦災の 状況	中 高 層 化	市街地 密 度	予測全壊率(%)	全壊率(%)
					最大値—最小値(差)	最大値—最小値(差)
第2クラスター	普通	非戦災	低 層	高 密	35.2 — 53.1(17.9)	19.0 — 84.0(65.0)
第4クラスター	良	非戦災	低 層	高 密	20.2 — 41.7(21.4)	1.0 — 60.0(59.0)
第6クラスター	良	非戦災	混 在	低 密	11.3 — 36.2(24.9)	2.0 — 42.0(40.0)
第3クラスター	悪	混 在	混 在	中間的	18.5 — 59.6(41.1)	0 — 82.0(82.0)
第5クラスター	普通	混 在	混 在	中間的	0.2 — 43.3(43.1)	0 — 73.0(73.0)

注) 予測全壊率とは数量化I類により得られた全壊率を、全壊率とは実際に起こった全壊率を表す。

測全壊率および実際の全壊率の分布する範囲が、先の第2、4、6クラスターよりかなり広く、両者の分布は予測全壊率が18.5~43.3の範囲で重なる。特に、予測された全壊率の最大値—最小値の範囲が先の3クラスターの約2倍もある。これはこれら2つのクラスターを構成する町丁が、一般的な市街地で多様なため、市街地のそれぞれの特徴に基づいて予測を行うと、その全壊率も多様なものになってくるためであると考えられる。しかし、全般的には、各クラスター内の町丁についても、先の3クラスターより直線状の分布をしており、5変数による説明力が高いと思われる。なお、第3クラスターの方が地形条件が悪いために、第3図の右上に分布していると考えられる。

クラスター分析と数量化I類の分析結果から、神戸市東灘区における建築物の全壊率は、とりわけ地形条件と非戦災・中高層化の状況に特に左右されているといえる。ただ、木造集合住宅の分布は、全体に対する説明力は高くないが、それらの集中した地区では高い倒壊率を示している。また、市街地が古く低層で密集している場合でも、その地区の地形条件が良いと、全壊率は比較的低い。地形条件が悪く、市街地も耐震性に劣ると考えられる条件を有する場合、全壊率はずっとも高くなると考えられるが、今回の分析ではそれに当てはまるような事例はなかった。諸条件を別々に考慮するのみならず、関連づけた地区特性として考えて行く必要がある。

今回の数量化I類による分析は、神戸市東灘区における建物被害のかなりの部分を説明していると考えられる。しかし、実際の全壊率と予測された全壊率の残差が特に大きい地区をどの様に解釈するかは今後の課題である。また全壊率を一般的に説明するには、まだ検討課題は多い。たとえば分析で用いた以外の要因が働いて、実際の全壊率を大きく左右しているとも考えられるし、5変数うちで特に大きく作用するものがみられるかもしれない。なお、地区によってはその内部にいくつかの特徴を持つ地区が併存しており、さらにマイクロな検討との併用が望まれる。たとえば街区単位の分析を併用するなどの工夫が求められる¹⁰⁾。

今後の課題としては、藤井・小長谷(1996)でも堺市北部で試みた、地形条件・市街地特性

による被害予測の研究を、本研究の多変量解析にさらに検討を加えて進めて行きたい。分析方法に関しては、データが名義尺度（地形条件など）、順序尺度（震災の状況など）、間隔尺度（中高層化率など）が混在するため、この小論の分析では、すべての変数をスコア化して求めた順序尺度に対して、クラスター・数量化Ⅰ類の分析を行った。地形条件と市街地特性による地区分類では、数量化Ⅲ類を利用することも考えられるが、スコアは名義尺度ではなく、間隔尺度をカテゴライズした順序尺度であるため、ここではクラスター分析を利用した。

後者の数量化理論では、地形条件の名義尺度をそのまま使うことも検討したが、町丁単位にまとめた分析では、複数の地形条件にまたがる町丁が独立のカテゴリーと判断されてしまう。これにより全体の説明力は上がるが、実際の町丁の範囲がすべてが地形境界上にあるわけではないので、論理的問題点が生じる。本稿の分析には Atlas GIS と SPSS を利用したが、GIS をさらに活用することを含め、こうした手順・分析方法についてもさらに検討して行かねばならない。これは街区レベルとの併用の可能性など、上述の分析の地区単位にも関わる問題である。

【付記】本研究には、平成7年度大阪府立大学大学院奨励特別研究費「GIS（地理情報システム）による阪神大震災被害の地域特性分析と被害予測の研究」（代表：藤井正）の一部を使用した。震災におけるさまざまな人々の思いが重なる悲惨な状況を機械的に数量化するのには抵抗があるが、尊い犠牲をともない得られた貴重な教訓を、今後活かして行くためのひとつの方法と考える。文末ながら、犠牲となられた方々のご冥福と被災地の皆さんの復興を心よりお祈りいたします。

注

- 1) 泊次郎は、朝日新聞社編『阪神・淡路大震災誌』の総論において震災後1年間の諸研究を整理し、震災の帯は、複数の要因が重なってできたものと結論づけている。そして、重要な自然条件からの要因として、地震波の「焦点効果」などをあげる一方、古い木造住宅が多いという都市空間の社会的条件も無視できないものとしている。
- 2) 他に、たとえば豊中市について、香川貴志が震災後早い時期に発表した研究がある。香川は住宅のタイプの資料として国勢調査を利用し、古い集落や木造賃貸住宅における大きな被害、地形条件との関わりについて論究している。また、戦前の長屋や戦後の木造集合住宅の区別が、既存公表形態のままでは難しいという問題点も示す。その後も、植村（1996）などの研究成果が報告されている。
- 3) なお、第1図にある6クラスターについては第3章にて説明する。
- 4) 図は藤井（1996a, 1996b）を参照。
- 5) 各クラスター結合段階の平方ユークリッド距離は、第127～128段階で15、第128～129段階で16.95、第129～130段階で17.93、第130～131段階で22.6、第131～132段階で30.17、第132～133段階で34.82、第133～134段階で53.96であった。それらの増分をみると、1.95、0.98、4.67、7.57、4.66、19.14となる。
- 6) 上述の高橋学（1996）p.515注7が示しているように、土地条件の最も悪いところと被害の大きい市街地は必ずしも一致しない。
- 7) 重相関係数のF値は16.30で、有意水準を5%としたときのF-確率限界値 $F_{0.05}(5,132)=2.21$ を上

回るので有意といえる。

- 8) 5変数の偏相関係数の有意性検定を行った結果、F値は「地形スコア」が34.99, 「低層スコア」が13.38, 「非戦災スコア」が13.37, 「木造集合住宅スコア」が7.75, 「市街地密度スコア」が5.52で、これらの値は有意水準を5%としたときのF-確率限界値 $F_{0.05}(1,132)=3.84$ を上回るのでこれらの係数は有意といえる。
- 9) 第1クラスターは地区数が6町丁と少ないので第3表には記載していない。
- 10) 藤井・小長谷(1996)では、一部地域で小長谷がミクロな分析を行った。

参考文献

- 朝日新聞社大阪本社編(1996)『阪神・淡路大震災誌——1995兵庫県南部地震——』朝日新聞社。
- 植村善博(1996)『兵庫県南部地震による京都市周辺の家屋被害と発生要因』断層研究資料センター(FRED-C)
- 浮田典良(1995)『地理学入門』大明堂。
- 香川貴志(1995)兵庫県南部地震による豊中市の被災状況, 地理学評論68A-8, pp.550-562.
- 紙野桂人監修 日本都市計画学会関西支部震災復興都市づくり特別委員会編著(1995)『これからの安全都市づくり——阪神・淡路大震災の教訓をふまえて——』学芸出版社。
- 震災復興都市づくり特別委員会(1995)『被災度別建物分布状況図集』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 震災復興都市づくり特別委員会発行。
- 第一復員省資料課編(1983)『日本都市戦災地図』(復刻版)原書房。
- 高橋 学(1986)芦屋川・住吉川流域の地形環境Ⅰ、兵庫県教育委員会『北青木遺跡』。
- 高橋 学(1990)郡家遺跡——御影中学校区の地形環境——、神戸市教育委員会『郡家木遺跡——御影中町地区第3次調査概報——』。
- 高橋 学(1996)土地の履歴と阪神・淡路大震災, 地理学評論69A-7, pp.504-517.
- 南部世紀夫・山崎文雄ほか(1995)大縮尺のGISを用いた微視的地震被害想定、地理情報システム学会第4回学術研究発表論文集, pp.17-20.
- 藤井 正(1996a)都市構造と震災の様相——神戸市東灘区を事例としたGIS分析のための基礎的検討——, 地理学評論69A-7, pp.595-606.
- 藤井 正(1996b)都市構造と建物被害の空間の様相——神戸市東灘区の事例——, 統計47-11, pp.19-24.
- 藤井 正・小長谷一之(1996)『GIS(地理情報システム)による阪神大震災被害の地域特性分析と被害予測の研究——神戸市東灘区と大阪府堺市北部を事例として——』平成7年度大阪府立大学大学院奨励特別研究費報告書。
- 翠川三郎(1995)連鎖する災害発生のシステムと実態を迫り, 科学朝日55-4, pp.15-18.
- 望月利男・中野尊正編(1990)『巨大地震と大東京』日本評論社。
- 特集 地震災害の軽減を考える, 地理40-4号, 1995.
- 特集 阪神・淡路大震災一周年, 都市計画200・201合併号, 1996.
- 阪神・淡路大震災特集号, 地理学評論A69-7, 1996.
- 特集 阪神・淡路大震災, 統計47-11, 1996.