

神戸市域における建物被災状況のGIS化とその分析

A geographic information system and an analysis for damaged buildings in Kobe City by the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake

福島 徹*

By Tohru FUKUSHIMA

The 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake not only destroyed over 5,500 lives, but also caused devastating damage to houses and buildings. As this unprecedented earthquake, measuring magnitude 7.2, directly struck a densely populated metropolitan area, damage was spread over a wide region. For this reason, it was not possible to fully and accurately grasp the damage conditions. Under these circumstances, the Geographic Information System (GIS) is deemed effective in assessing the damage conditions of various areas. Based on the data for Kobe City, results are presented about the disaster of various buildings, by using GIS.

Keywords : Hyogoken-Nanbu Earthquake , Building damage , Geographic Information System

1. はじめに

兵庫県南部地震は多くの人々の命を奪ったのみならず、道路、鉄道、水道、ガス等都市の基盤となる重要な施設に甚大な被害を及ぼした。また、市民ひとりひとりの生活の場である住宅もその多くが全半壊し、学校や行政施設の避難所に一時30万人を越える人々が避難を余儀なくされた。地震による被害は広範囲に及び、被災した自治体は地域の被災の実態とその後の復旧の状況、課題を的確に把握し、迅速に復旧・復興計画を立案し推進していくことが求められた。そのためには、地域の情報を効率的に処理でき、高度な分析、多様な表現を可能にする地理情報システム（GIS）を活用することが非常に有効である。

そこでわれわれは、兵庫県南部地震のその後の復興と被災の状況を記録し、これら資料をコンピュータに入力し情報を処理加工することにより、被災状況の正確な把握と復興を円滑に進めていくための支

援情報の生成に取り組んできた。本稿では、建物被災に関わるGIS情報化の概要と、それに基づく建物被災状況の分析結果について論じることとする。

2. 建物被災関連情報の必要性

今回の地震においてはこれまでに例をみない都市の直下型地震であったことから、この未曾有の地震を記録し、今後の資料とすることを目的として、学会等の団体や研究者グループ、マスコミなどにより多くの被災状況調査やアンケート調査が行われた。われわれも避難所や仮設住宅等の行政データの収集整理や建物被災状況調査データの情報化を行ってきた。

一方、被災した市街地や市民の生活の復興を計画しその推進を担う行政においては、災害が起きると、直ちに避難所や仮設住宅といった一時的居住空間確保をはかりつつ最終的には恒久住宅の供給プログラムを作成していかなければならない。そして、被災地の復旧・復興を促進すべき地域等の線引きを行い、秩序ある復興のための諸規制、事業の推進を行っていくことが求められる。これらの計画を立案するためには住宅を始めとする建物の被災状況の正確な把握が不可欠である。このたびの地震におけるこのよ

キーワード：兵庫県南部地震、建物被災、GIS

*正会員、神戸大学総合情報処理センター

(神戸市灘区六甲町1-1、TEL078-803-0188)

うな調査として、日本都市計画学会関西支部と日本建築学会近畿支部の合同で行われた建物被災状況調査がある。建物の被災の程度を外観目視により「全壊または大破」、「中程度の損傷」、「軽微な損傷」、「外観上の被害なし」の4段階及び「全焼・半焼」の判定がなされている。この調査は、被災直後の2月を中心に被災地のほぼ全域にわたって行われたもので、建物被災状況の記録として、また復興計画を立案していく上での資料として非常に重要なデータとなっている（実際には一部臨海部や山麓部の被災地の調査漏れもあり、これらの地域については兵庫県都市住宅部計画課が補完調査を行っている。ここでは、これらも含めて建物被災状況調査データと呼ぶこととする）。今回の震災では、こうしてほぼ全域の建物の被災状況を地図により把握できるに至るまでに2ヶ月以上を要している。この調査は建物ごとの棟を単位とするもので、被災戸数の把握には使用できないため、都市住宅学会はこの調査結果を受けてゼンリンの住宅地図を基に戸数データを求めている。これらの調査結果はその後の地域の被災状況の説明や住宅の復興計画立案の重要な資料となった。確かに行政サイドでは、建物の応急危険度判定や災害給付金や瓦礫撤去処理の為に独自の被災状況の調査を行っている。しかし、その判定が居住を続ける際の危険性に視点をおいたものであったり、被災者救済に重点が置かれたりしたことにより、これらの情報が復興計画立案の十分な基礎資料とは必ずしもならなかった。また、ガス事業者である大阪ガスは、その復旧作業の必要性からやはり類似の調査を行っ

たと聞いている。今後このような災害に備えて、迅速で効率的な調査体制の取り方についても検討を加えておく必要があるだろう。

ところで、被災状況も地図のままでは十分に活用することは難しい。そこで、われわれは建設省建築研究所と協力してこの50万棟を超える建物の被災度データのGIS化を行うこととした。われわれが分担した神戸市域の情報化の範囲を図-1に示す。さらに、建物属性として必要となる建築年次や戸数、床面積、工法等情報は既存の地図等ではなく、神戸市については住宅局の業務を支援する形で固定資産税台帳との突き合わせ処理を行い生成することとした。また、建物被災の関連情報ともいえる死亡者のデータを新聞記事等から整理し住宅地図をもとに被災建物を推定しGIS情報化を行った。以下、これら作業の概要とその集計結果について述べていく。

3. 建物被災状況調査データのGISへの入力

今回の地理情報システム化の作業の主たる部分は、建物に関する情報の生成、被災情報や建物属性情報の付与にあった。つまり、被災地域にあるすべての建物の位置及び形状の情報を生成し、これにその属性としての被災度、建物用途、構造種別、建築年次等情報を付与していくこととした。建物形状（ポリゴン）データは神戸市については、市が平成4年から6年にかけて別途作成中であった国土基本図（1/2500）のデジタルマップ（DM）データを利用した。

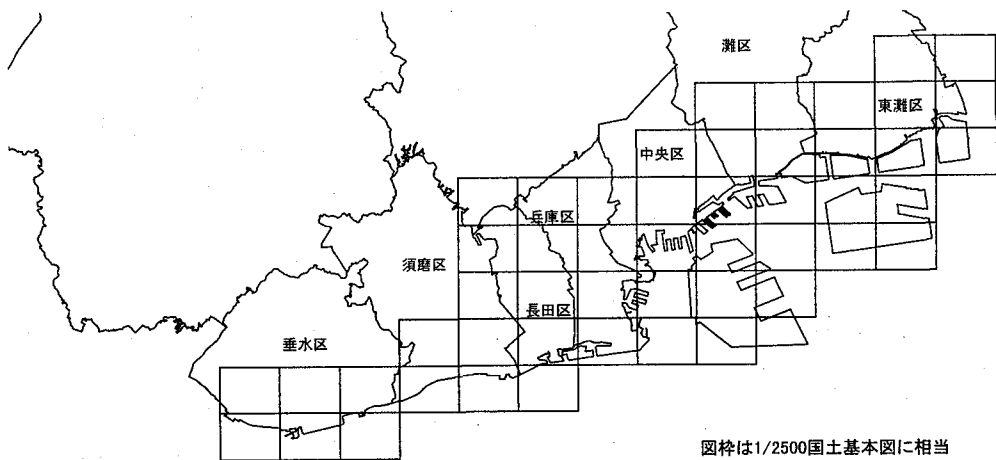


図-1 建物被災関連情報GIS化エリア

さて、属性としての建物被災状況のデータは、学会の作業として1/2500図面上の建物1棟ずつに被災度に対応した色塗りが施された被災状況図をスキャナーにより入力し、建物ポリゴン内にある色情報を統計的に処理することで、自動判定し生成する方法をとった。区分が4段階と少ないこともあってかなりの精度で自動判定が可能であったが、地図との照合により誤判別となっていた建物については1棟ずつ会話型で手修正を行った。また、DMデータは市街地部は平成4年に作成されたこともあり、建物の滅失や新規出現もあった。これらの時間的ずれによる家屋ポリゴンの追加、削除、修正も併せて行った。そのほかの建物属性としての構造種別はDMデータにもありそこから取り込むこととした。建物用途は自治体の作成した建物用途図から建築研究所において建物への対応付けが行われた。建物の建築年次や戸数等属性は家屋所在図や地番までの住所情報を手がかりにDM上の建物を一棟ごとに同定し、固定資産税台帳情報と被災度との結合をはかった。死亡者データの建物との結合はゼンリンの電子住宅地図ベースのGISシステムを用いて、居住者の名称や、ビルの名称等情報を手がかりに入力を行った。

4. 建物被災情報の集計と情報の生成

ところで、建物被災状況の情報は建物の棟を単位とする個の情報である。このままでは単に地図として被災度を描画するにとどまる。多くの情報はこれ

まで、町丁界単位等で集計され利用されてきている。そこで必要に応じて、町丁界ごとにその中に分布する建物属性の計数ができれば有効な情報となる。このような処理はGISの機能を用いて可能となる。建物の被災度や構造と言った属性について、町丁界や街区界等任意の集計単位の区域ポリゴンをオーバーレイすることで、それぞれのポリゴンごとの情報の集計結果を求めた。こうして得られた集計結果を用いて町丁界単位で被災度を出力した例を図-2に、情報化を行った被災度データを神戸市について集計した結果を表-1に示す。これを見ると学会調査による被災度は全壊棟数が33,335、半壊棟数が28,024、一部損壊が49,947、外観上の被害なしが59,484となっている。また、調査データの処理は国土地理院発行の2500分の1国土基本図の単位で行われており、調査対象地域を含む図案の中には未調査のままの建物も41,671棟残る結果となっている。ただし、調査は概ね被害があったと想定される地域について行われているので、この未調査の建物の多くは被害なしであると推測される。また、結果をこれまでの行政の公表値と比較してみると、罹災証明という被災者を意識せざるを得ない状況において判定された結果であり、被災者救済シフトとならざるを得ないと推測されること、学会調査は外観目視のみによっていることなどの理由から、学会調査結果よりかなり大きな値となっていて、公表値の全壊数はほぼ全壊数に半壊数を足した値となっていることがわかる。

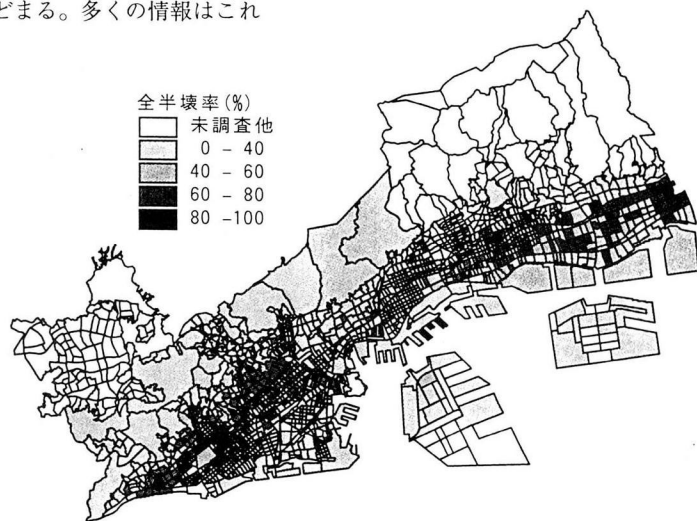


図-2 神戸市域における町丁別全半壊率の分布

表－１ 神戸市における建物被災の状況

	全	壊半	壊一部損壊	全	焼未	調査被害なし	計	全半壊率	市公表全壊	市公表半壊
東 灘	8,819	4,090	5,152	114	8,167	10,240	36,582	45.8	13,687	5,538
中 央	5,692	2,781	5,574	317	7,065	7,251	28,680	40.7	12,757	5,675
兵 庫	2,335	2,641	6,147	30	5,185	10,027	26,365	23.6	6,344	6,641
長 田	4,840	5,774	8,987	518	4,950	8,282	33,351	39.2	9,533	8,109
須 磨	7,828	6,622	10,142	2,521	4,135	6,752	38,000	50.1	15,521	8,282
垂 水	3,596	4,551	4,468	1,051	3,308	6,699	23,673	45.2	7,696	5,608
計	225	1,565	9,477	0	8,861	10,233	30,361	8.3	1,176	8,890
計	33,335	28,024	49,947	4,551	41,671	59,484	217,012	37.6	66,714	48,743

(注)単位：棟数、棟数はDMにおける建物ポリゴンの単位による

表－２ 低層・中高層別建物被災状況

	全 低	壊 層	全 中	壊 高 層	全 無	壊 壁	半 低	壊 層	半 中	壊 高 層	半 無	壊 壁	一部損 低	壊 層	一部損 中	壊 高 層	一部損 無	壊 壁
東 灘		8,334		457		28		3,620		444		26		4,086		971		95
中 央		5,315		357		20		2,439		330		12		4,796		751		27
兵 庫		1,781		549		5		1,972		653		16		4,494		1,610		43
長 田		4,323		481		36		5,045		685		44		7,462		1,415		110
須 磨		7,284		466		78		6,087		471		64		9,017		1,005		120
垂 水		3,550		38		8		4,322		220		9		3,908		537		23
計		209		16		0		1,505		58		2		8,915		522		40
		30,796		2,364		175		24,990		2,861		173		42,678		6,811		458

	全 低	焼 層	全 中	焼 高 層	全 無	焼 壁	未 調 低	査 層	未 調 中	査 高 層	未 調 無	焼 壁	被害なし 低	層	被害なし 中	焼 高 層	被害なし 無	焼 壁
東 灘		111		3		0		6,400		322		1,445		7,482		2,498		260
中 央		281		35		1		5,885		540		640		5,263		1,928		60
兵 庫		22		8		0		3,413		450		1,322		5,588		4,322		117
長 田		484		33		1		2,899		249		1,802		5,785		2,225		272
須 磨		2,240		264		17		2,881		172		1,082		5,467		1,143		142
垂 水		782		263		6		2,356		125		827		5,540		1,052		107
計		0		0		0		7,347		477		1,037		8,765		1,385		83
		3,920		606		25		31,181		2,335		8,155		43,890		14,553		1,041

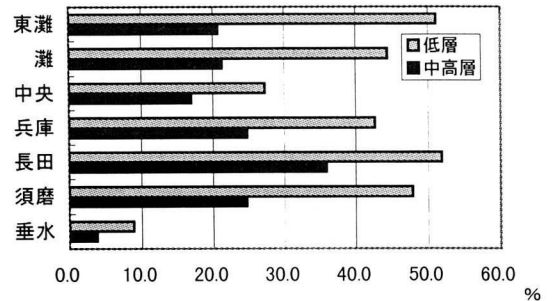
(注)単位：棟数、棟はDMにおける建物1ポリゴン

5. 神戸市における建物被災状況

神戸市の建物被災状況の集計結果についてもう少し詳しく見ていくこととする。区別の被災状況は表－１を見ると、木造住宅の完全な倒壊が多く見られた東灘区が全壊数では最も多く次いで長田区となっているが、広範囲での火災のあった長田区、須磨区で多くの全焼・半焼建物が計数されている。

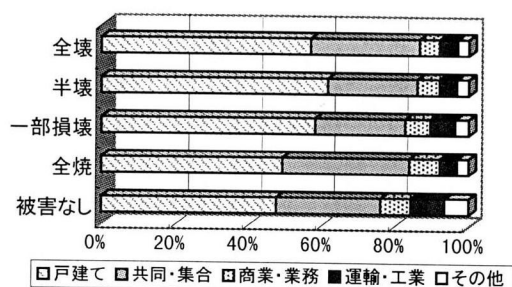
(１) 低層・中高層別に見た被災状況

神戸市のDMデータには一般に国土基本図において堅牢構造物、その他一般建物の区分がなされた情報を持っている。堅牢構造物とは３階以上のRCやSRCによる建物と規定されていることから、この区分は概ね２階以下の低層建物と３階以上の中高層建物の判別であるとみなすことができる。この構造別の被災状況を集計したものを表－２に示す。この表を見ると全壊建物の大半が低層建物に集中している

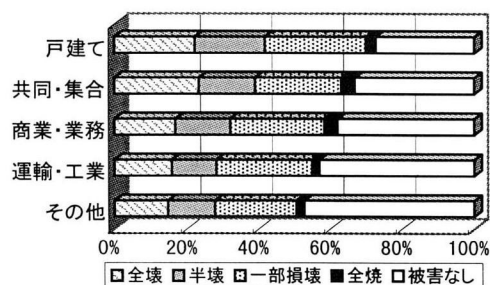


図－３ 低層・中高層別全半壊率

ことがわかる。その比率は半壊、一部損壊と被災の程度が軽減するに従って減少しており、外観上被害が観測された建物は中高層建物よりも低層建物の方が被災の割合が高いことがわかる。このことは、図－３の低層、中高層建物別の全半壊率を見ても明らかである。



図－4 被災別建物用途の内訳



図－5 建物用途別被災状況

(2) 建物用途から見た被災状況

建物用途は都市計画基礎調査の中で作成された建物用途現況図からDMの建物への属性付与を行ったもので、調査時点の違いなどからすべての建物について用途属性を対応付けることはできなかった。用途区分はもともとの区分を少し集約して戸建て住宅、共同・集合住宅（下駄履き住宅を含む）、商業・業務施設、運輸・工業施設（流通施設も含む）、その他施設とした。図－4、5に建物用途別の被災状況を示す。これを見ると全壊建物の半数強が戸建て住宅、4分の1が共同・集合住宅となっている。また戸建て住宅の40%強が全半壊・全半焼しており、共同・集合、商業・業務、運輸・工業の順に減少している。

6. 建物属性付与結果から見た建物被災状況

すでに述べたように、被災度をのせたDM上の建物と、家屋所在図との対応付けを行い、建築年次、構造等建物属性の付与を行った。その結果表－3に示す結果が得られた。家屋マスターファイルは非課税建物を含まないこともあり、全壊・半壊でほぼ84%の建物に付与することができた。

	全壊	半壊	一部損壊	全焼	被害無し	計
東灘	7,087 (80.4)	3,134 (76.6)	3,655 (70.9)	101 (88.6)	6,225 (60.8)	20,202 (71.1)
灘	5,210 (91.5)	2,547 (91.6)	4,987 (89.5)	297 (93.7)	5,946 (82.0)	18,987 (87.8)
中央	1,891 (81.0)	2,087 (79.0)	4,715 (76.7)	27 (90.0)	7,468 (74.5)	16,188 (76.4)
兵庫	3,838 (79.3)	4,706 (81.5)	7,016 (78.1)	400 (77.2)	5,923 (71.5)	21,883 (77.1)
長田	6,487 (82.9)	5,565 (84.0)	8,526 (84.1)	2,144 (85.0)	5,247 (77.7)	27,969 (82.6)
須磨	3,140 (87.3)	4,006 (88.0)	3,547 (79.4)	906 (86.2)	2,737 (40.9)	14,336 (70.4)
垂水	197 (87.6)	1,449 (92.6)	8,547 (90.2)	0 (0.0)	8,729 (85.3)	18,922 (88.0)
計	27,850 (83.5)	23,494 (83.8)	40,993 (82.1)	3,875 (85.1)	42,275 (71.1)	138,487 (79.0)

()内はそれぞれの総数に対し、属性付与できた割合

表－3 建物属性付与のできた棟数

	完全滅失	部分滅失	滅失なし	計
全壊	22,274 (80.0)	1,054 (3.8)	4,522 (16.2)	27,850
半壊	8,721 (37.1)	925 (3.9)	13,848 (58.9)	23,494
一部損壊	5,311 (13.0)	847 (2.1)	34,835 (85.0)	40,993
全半焼	3,626 (93.6)	28 (0.7)	221 (5.7)	3,875
被害無し	2,377 (5.6)	437 (1.0)	39,461 (93.3)	42,275
計	42,309 (30.6)	3,291 (2.4)	92,887 (67.1)	138,487

(数値は左側棟数、右側被災度ごとの構成比)

表－4被災度別滅失状況

(1) 建物被災度と滅失の関係

建物が撤去されたり、使用不能な状況にある建物を示す滅失と、被災度の関係を示したのが表-4である。ここで部分滅失とは、建物の一部が除去等されたものである。これを見ると、学会調査判定で全壊とされたものの80.0%、半壊で37.1%が滅失していることがわかる。また、外観上被害のなしとされた建物もその5.6%強が滅失しており、内部等に損壊を受けていたものと推測される。

(2) 構造から見た建物被災度

構造別の被災状況を図-6に示す。これを見ると木造建物の23.3%が全壊、18.7%が半壊しているのに対し、RC、SRC建物ではそれぞれ8.1%、10.4%で木造建物の被災が顕著であることがわかる。

(3) 建物用途から見た建物被災度

家屋マスターファイル上に有する建物用途別に被災の状況をまとめたものが図-7である。これを見ると、長屋の全壊率が35.7%と一番高く、次いで木賃の30.4%となっている。逆にマンションは、6.1%と長屋の6分の1程度の被害で済んでいる。

(4) 建築年次別に見た建物被災度

建築年次別に見た建物被災度を図-8に示す。年代の古いものほど被災が大きくなっているが、1965年以前建物における被災の差はそれほど小さくなく、またそれ以降の建物の被災が半減していることがわかる。

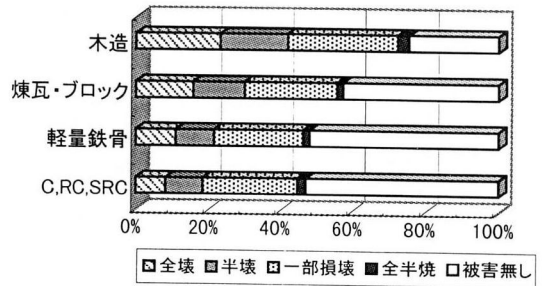


図-6 構造別被災度

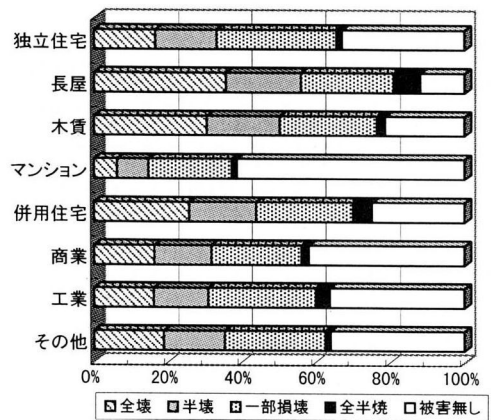


図-7 建物用途別被災度

7. 市街地属性から見た被災状況

市街地の状況と被災の状況について、特に市街地の整備課題を抱える地域という視点から考察する。戦前発展をとげ、戦後戦災復興の区画整理が行われていない地域に代表される、市街地の整備を必要とする地域においては、土地利用の混在、老朽住宅、長屋木賃住宅の密集、宅地の狭小、道路の未整備といった課題を抱えている。そこで、ここでは、これら指標値をもとに町丁を単位として地区の類型化を行い、それぞれの地区ごとの建物の全壊率、全半壊率（いずれも全・半焼を含む）を見ることにより、それら整備課題の程度と被災の関係を見た。図-9にその結果を示す。図中のそれぞれの指標の左側の軸の値に従って地域区分を行っている。例えば、長屋戸数率で言えば、0-10の欄の棒グラフはその割合が0-10%の地域の全壊、全半壊率の平均値を示して

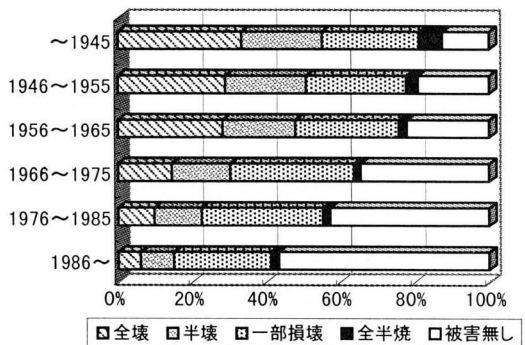


図-8 建築年次別被災度

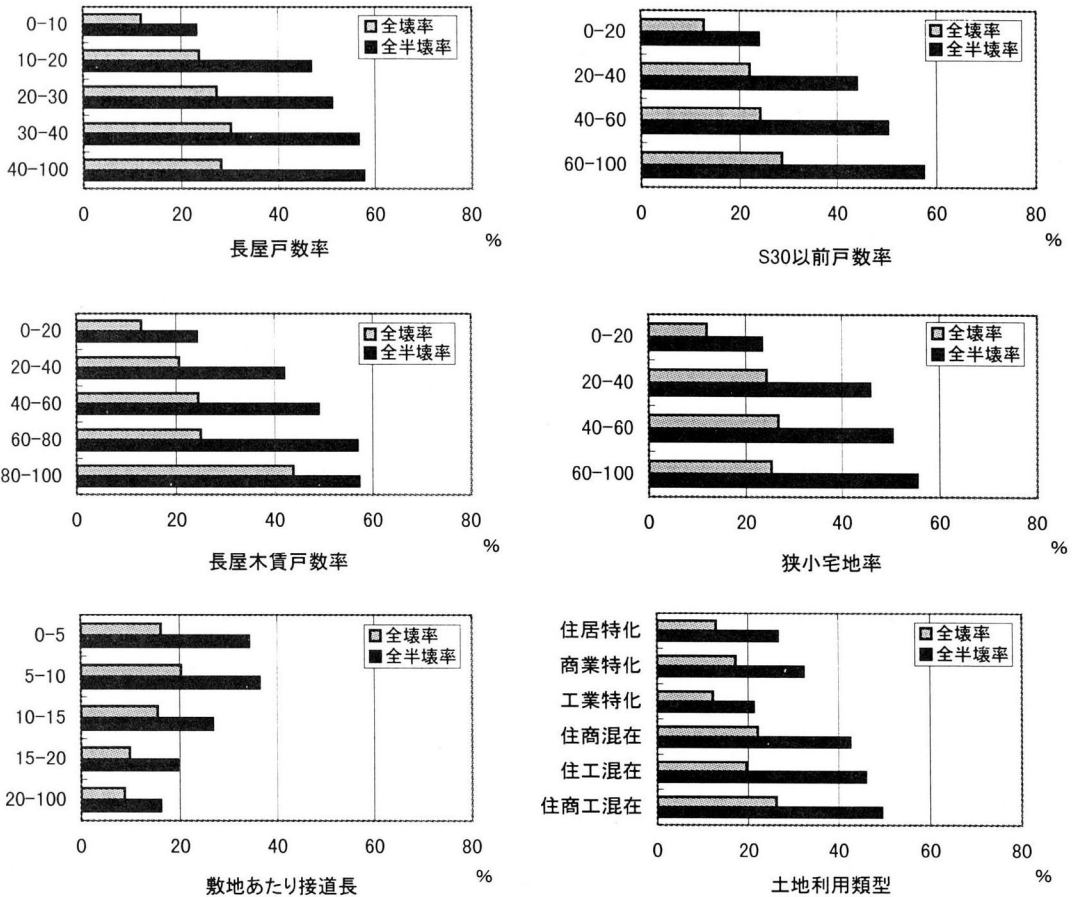


図-9 整備課題により類型化を行った地域別の被災状況

いる。これを見ると、いずれも、整備課題の指標値の高い地域ほど、また土地利用で言えば混在地域ほど、被害が著しかったことがわかる。

8. 死亡者情報の建物属性化

神戸市内で死亡した人の住所情報や新聞記事等による被災場所を示す情報により補足しながら、被災場所が建物の中であると推定されるデータについて、死亡情報を建物属性として付与した。具体的にはゼンリンの住宅地図ベースのRinzoというGISにより、住所、世帯主名から建物を推定し入力を行った。神戸市における関連死を除く死亡者総数は3,837人であるから89%の死亡について場所の推定が行えたことになる。入力の画面を図-10に、また東灘区の入力された死亡者の地点出力図を図-11に

示す。建物被災度の情報はGeosysと言うシステム上で構築しているので、入力後座標変換を行い重ね合わせを行った。この死亡箇所を表す点がどの建物ポリゴンの中にあるかを判定することで建物との対応付けを行った。これにより、死亡場所の建物の被災度を関連づけて分析することが可能となった。表-5に被災建物が推定でき入力を行った死亡データの区別被災度別の集計結果を示す。これを見ると死亡者の73%は全壊した建物で亡くなっていることがわかる。区別では木造家屋の倒壊が顕著に見かけられた東灘区で全壊による死亡者数が区全体の85%の人が全壊により、また火災被害の大きかった長田区では34%の人が全半壊した建物で死亡している。被災建物の用途別にまとめたものを表-6に示す。これを見ると88%の人が住宅で亡くなっている。被災場所の建物用途と構造との関係を集計したものが

区	建 物 被 災 度							総 計
	全 壊	全 半 焼	半 壊	一部 損壊	被害 無	未 調 査		
東 灘 区	992	41	38	20	26	56		1173
灘 区	613	58	33	28	40	39		811
中 央 区	120	4	5	7	9	15		160
兵 庫 区	280	70	13	9	8	4		384
長 田 区	349	210	27	14	11	6		617
須 磨 区	148	81	23	3	1	8		264
北 区	0	0	0	0	0	1		1
総 計	2502	464	139	81	95	129		3410

表-5 被災場所の建物被災状況別死亡者数

区	建 物 用 途						総 計
	戸 建 て	共同・集合	商業・業務	運輸・工業	そ の 他	未 調 査	
東 灘 区	507	403	6	2	12	243	1173
灘 区	171	596	11	11	19	3	811
中 央 区	33	117	7	2	0	1	160
兵 庫 区	125	223	20	4	10	2	384
長 田 区	293	280	9	16	12	7	617
須 磨 区	123	119	11	4	5	2	264
北 区	0	0	0	0	0	1	1
総 計	1252	1738	64	39	58	259	3410

表-6 被災場所の建物用途別に見た死亡者数



図-8 死亡データの入力状況

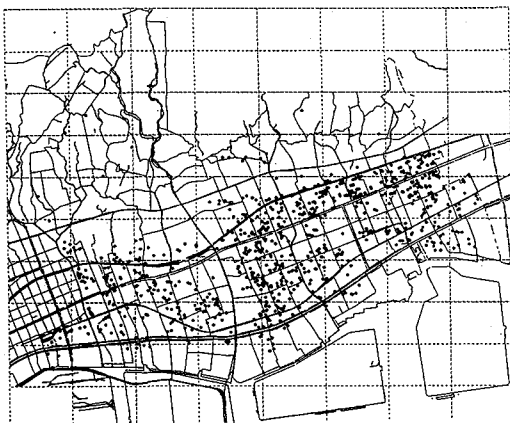


図-9 東灘区における死亡場所の分布

表-7である。建物での死亡はその9割が低層建物で発生しており、なかでも長屋木賃住宅に代表される低層の共同住宅で建物用途が判明している事例の46%、戸建て住宅で40%と非常に高い割合となっていることがわかる。

9. おわりに

見てきたように、建物被災情報をGISを用いてデータベース化することで、個々の情報の計数に止まらず、町丁界や街区と言った任意のエリア分割に対応する多様で有効な情報の生成が可能になることが示せた。また、他の情報と対応付けることでさらに多面的な分析が可能となる。またこれらの集計、分析結果を地図として出力することで地域分布の特徴を容易に理解することも可能となる。最後に、この情報化作業は日本都市計画学会関西支部及び日本建築学会近畿支部、兵庫県都市住宅部の貴重な調査結果によるものであり、情報化にあたっては日本コンピュータグラフィックス、日本電気、野村総合研究所、インフォマティクス、アップルカンパニー、大日本スクリーン各社のご協力をいただいた。さらに、ベースデータとしてのDM、建物属性情報は神戸市より利用の便宜を得た。ここに記して感謝の意を表したい。