

# 建物被害データに基づく明石市の地震動分布推定

小川 直樹<sup>1</sup>・山崎 文雄<sup>1,2</sup>・村尾 修<sup>2</sup>

<sup>1</sup>理化学研究所 地震防災フロンティア研究センター (〒673-0433 三木市三木山 2465-1)

<sup>2</sup>東京大学 生産技術研究所 (〒106-8558 東京都港区六本木 7-22-1)

兵庫県南部地震における建物被害の研究は、自治体による建物被害調査データや建築研究所が GIS 化したデータなどに基づいて行われており、ほとんどが甚大な被害を受けた神戸市以東の地域を対象としている。しかし、この地震ではこれ以外の地域でも大きな被害を受けており、より広域の地震被害を評価することは重要と考えられる。筆者らは、これまでに明石市の建物被害データに基づいて構築したデータベースを用いて建物被害分析を行っている。本研究では、既往の研究報告がされている神戸市灘区の建物被害に基づいて構築された建物被害関数を用いて、明石市の建物被害から地震動分布の逆推定を行った。

**Key Words :** the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, building damage, strong ground motion, Akashi City, GIS

## 1. はじめに

兵庫県南部地震における建物被害の研究およびそれに基づく地震動分布の推定は、自治体による建物被害調査データや建築研究所が GIS 化したデータなどを用いて行われているが、そのほとんどは、甚大な被害を受けた神戸市以東の地域を対象としている。神戸市以東の地域は、強震観測記録も多く、大部分の被災地を同一被害判定基準で調査した結果に基づく建築研究所データがあることから、地震動分布の推定、建物被害関数の構築、自治体による建物被害調査との比較など、このデータを利用しているものは多い。しかし、この地域以外でも激甚災害指定を受けるような大きな被害を受けており、地震の全体像を把握するためには、神戸市を中心とした地域以外での地震被害の評価は重要と考えられるが、強震観測記録がほとんどなく、建築研究所データの対象からはずれている地域において詳細な地震動を推定することは困難である。

筆者らは、これまでに明石市 (図-1) において、建物被害データ (罹災証明書の発行および固定資産税の減免措置を目的とした現地調査に基づくデータ) を用いてデータベースを構築し、建物被害分析を行っている<sup>1)</sup>。しかし、明石市には、強震観測点が1地点しかないため、市域の地震動分布をこの観測記録から得ることは難しい。このことから、本研究では、建物被害と既往の研究報告がされている神

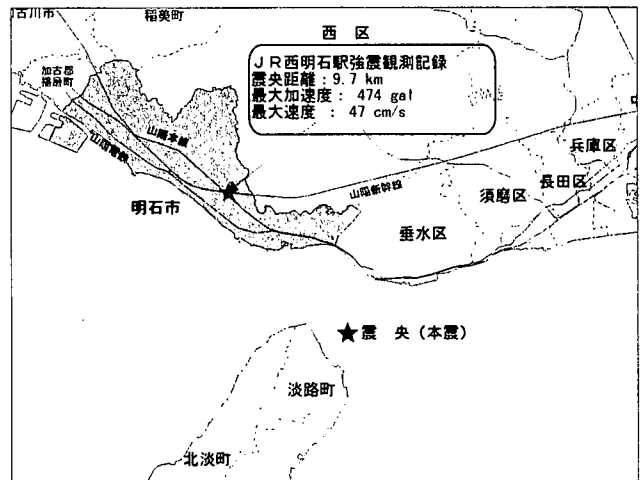


図-1 対象地域

戸市灘区の建物被害に基づいて構築された建物被害関数を用いて、明石市の建物被害から地震動分布の逆推定を試みた。

## 2. 建物被害関数

建物被害関数を使用する際には、建物被害調査の性格により被害の判定基準が異なっている可能性があるため、被害関数がどのような被害調査・基準に基づいているのかを把握する必要がある。村尾・山崎<sup>2)</sup>は、兵庫県南部地震で行われた建物被害調査方法について比較検討を行っており、明石市と神戸市は同じ基準で被害調査を行っていることが報告さ

れている。既往の建物被害関数は、大きく分けると建築研究所データに基づいているもの、自治体の被害調査に基づいているもの、および独自の被害調査に基づいているものの3つに分類されるが、建築研究所データに基づいているものが多く報告されている。また、自治体の被害調査に基づいているものとしては、村尾・山崎<sup>3)</sup>が、明石市と同一の調査基準で行われている神戸市灘区の被害データに基づいて被害関数を構築している。このことから、本研究ではこの関数(式1)を用いて地震動分布を逆推定することとした。これは、正規確率分布関数 $\Phi(x)$ を用いて、ある地震動 $x$ の時に被災ランク $R$ 以上の被害が発生する確率 $P_R(x)$ を求めるものである。

$$P_R(PGV) = \Phi(\ln PGV - \lambda) / \zeta \quad (1)$$

ここで、係数 $\lambda$ 、 $\zeta$ は、 $\ln x$ の平均値および標準偏差(表-1)である。なお、RC造、S造、軽量S造も木造と同様に建築年代別に被害関数が求められているが、建物棟数が不十分となる地域が多く考えられることから、ここでは使用していない。

### 3. 地震動の推定方法

地震動の推定は、建物棟数が多く、ほぼ市域全域に分布していることから、木造建物の被害関数を使用することとした。しかし、被害関数には、構造別、建築年代別の全壊率と全半壊率に対するものがあり、また、明石市と灘区の被害率の差、建物分布の地域性(例えば建築年代別の割合)による影響が推定した地震動に現れる可能性があることから、それぞれの関数ごとに地震動を推定して比較検討した。その結果、最終的には木造建物の建築年代別に全壊率に対する地震動を推定し、平均することとした。ここで、建築年代別に推定したのは、明石市と灘区では、木造建物の建築年代別の割合を比較して見ると、明石市では比較的新しい建物の割合が高いのに対し、灘区では建築年代が古くなるにつれて、その割合が高い傾向を示し、建物の年代別の分布状況に差が見られたためである。また、本来ならば、明石市の被害は灘区に比べ被害率が小さいことから、地震動の推定範囲の広い全半壊率によるものの使用が考えられる。しかし、図-2に示す全壊率と全半壊率より推定された地震動を比較したところ、全壊率に比べ全半壊率から推定された地震動が小さい傾向が見られた。そこで、明石市と灘区の各年代区分別の被害率を比較した(図-3)。なお、明石市の被害は、これまでの分析の結果から東部の沖積低地の卓越して

表-1 灘区の建物被害関数の回帰係数<sup>3)</sup>

		全壊		全半壊	
		$\lambda$	$\zeta$	$\lambda$	$\zeta$
木造	-S26	4.38	0.411	3.85	0.674
	S27-S36	4.44	0.353	3.97	0.490
	S37-S46	4.45	0.342	4.02	0.453
	S47-S56	4.73	0.378	4.25	0.395
	S57-	5.12	0.496	4.61	0.474
	全年代	4.51	0.410	4.07	0.514
RC造	全年代	5.50	0.705	4.99	0.716
S造	全年代	5.14	0.628	4.69	0.672
軽量S造	全年代	5.03	0.564	4.73	0.601

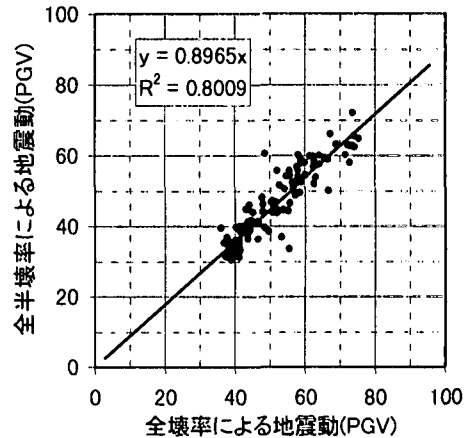


図-2 木造建物の全壊率および全半壊率による推定地震動の比較

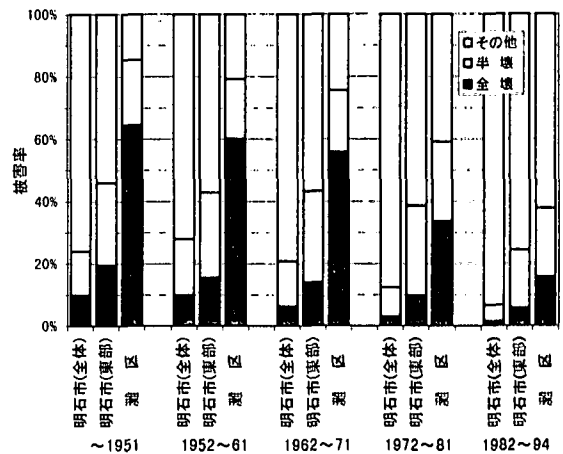


図-3 明石市と灘区における木造建物建築年代別の被害率の比較

いる地域に集中していることが明らかとなっていることから、その地域の被害率もあわせて示している。灘区では明石市に比べ、全半壊率における全壊の割合が非常に高く、その傾向は建築年代が古いほど強いことがわかる。被害率の区分が同じ全半壊率でも、明石市と灘区ではそれを構成している被害程度が大きく違っている。このことから、灘区の被害から構築された全半壊率の被害関数は、全壊の影響をかなり受けていることが明らかであり、この関数を全壊の

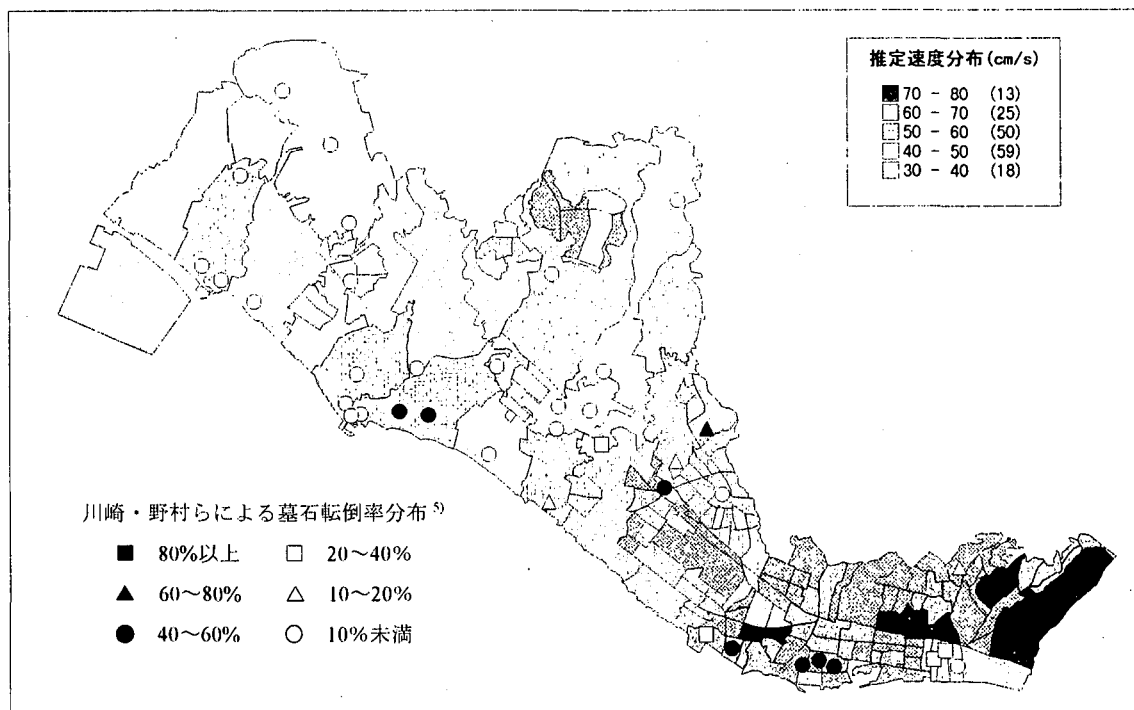


図-4 建物全壊率から逆推定した明石市の最大速度分布

割合が低い明石市で使用することは不適切と考えた。

なお、地震動は町丁目単位に推定しているが、建物棟数が不十分、被害が少ないあるいは無い町丁目が存在することから、地形区分と震源断層からの距離を考慮して、使用する建物被害関数ごとに建物被害データを統合している。

また、今回使用した被害関数は地震動として速度を対象としていることから、童・山崎<sup>4)</sup>による最大速度に対する計測震度の推定式を用いて震度を求めている。

#### 4. 地震動分布の推定結果

##### (1) 推定地震動分布

図-4 に推定された最大速度分布を、図-5 に震度分布を示す。最大速度分布を大局的に見ると、東側の 50cm/s 以上(50~80cm/s)の地域と西側の 50cm/s 未満(30~50cm/s)の地域に分けられる。これまでの分析から、東側の地域は明石川の氾濫堆積物からなる沖積低地が卓越している地域であり、西側の地域は、段丘が卓越している地域である。また、震央に最も近い東側の地域の南東部で 40~50m/s と推定されているが、この地域は埋立地が多いことから、液状化の影響を受けている可能性もある。

震度分布を見ると、市域のほぼ中央から東側の地域はほぼ全域が震度 6 弱で、最大速度で 70~80cm/s と推定された地域が震度 6 強となっている。西側の地域は震度 6 弱と震度 5 強が混在している。

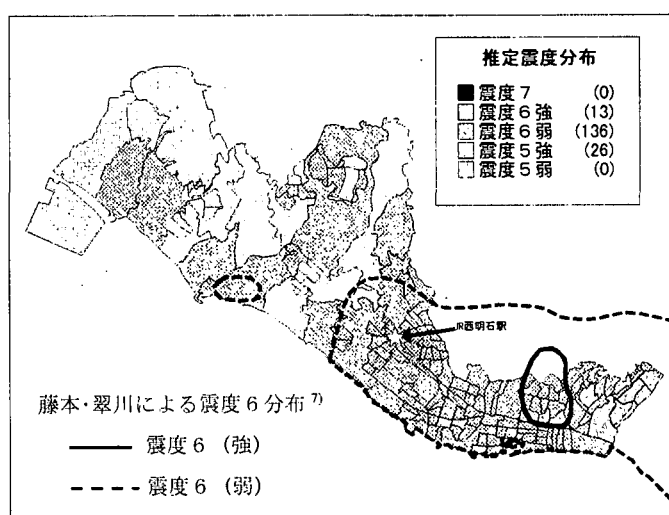


図-5 建物全壊率から逆推定した明石市の震度分布

##### (2) 他の研究報告との比較

推定された地震動の分布と川崎ら<sup>5)</sup>による墓石転倒率の分布、高田・嘉嶋<sup>6)</sup>によるアンケート震度分布(図-6)、藤本・翠川<sup>7)</sup>が各種の被害データをもとに推定した震度 6 の分布(図-5)、および明石市の唯一の強震観測点である JR 西明石駅の強震記録と該当する町丁目の推定値を比較した。

推定最大速度分布と墓石転倒率の分布を比較してみると、概ね調和的であり最大速度が 50cm/s 以上の地域での転倒率は 40%以上となっている。しかし、西側の速度 50cm/s 未満の地域でも、一部 40%以上の地域が見られている。これは地震動の推定が町丁目単位であり、特に西側の地域は町丁目の面積が大きく、局所的な地震動を推定できないためと考

えられる。

推定震度分布とアンケート震度分布を比較してみると、相対的に見て東側の地域の分布は、概ね傾向が一致しているものの、西側の地域では分布がばらついている。そこで、推定計測震度とアンケート震度の値を比較(図-7)してみた。この図からも、分布の傾向はとらえているものの(近似式の傾き0.99)、値がばらついていることがわかる。次に、藤本・翠川による震度6の分布と比較してみると、藤本・翠川による震度6弱の分布に比べ、推定震度の震度6弱の分布が広いことがわかる。

また、JR 西明石駅の強震観測点での比較では、JR 西明石駅(PGV:46.8cm/s, 計測震度:5.8)に対し、これに該当する町丁目では、推定値(PGV:44.8cm/s, 計測震度:5.6)でありほぼ一致していた。

以上、他の研究報告と比較してみて、推定地震動は、市域の東側の地域では概ね一致しているものの、西側の地域では、あまり一致していないことがわかる。これは、地震動を推定するに当たり、被害が無い町丁目は被害がある町丁目と統合しているため、実際よりも大きい地震動が推定される可能性があり、西側の地域は東側の地域に比べ被害が小さく、その影響が現れていると考えられる。また、建物被害関数が、明石市に比べ地震動が大きく被害率も高い灘区のものを用いているため、被害率の大きいところに比べ被害率の小さいところでは、地震動の再現性が低いことが考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、明石市の建物被害データをもとに構築した建物被害データベースと建物被害関数を用いて地震動分布を逆推定した。その結果、震度5強～震度6強(最大速度:30~80cm/s)の地震動分布が得られた。地震動分布は、東側の被害率の高い地域では、他の研究報告および明石市内の強震観測記録とも概ね一致しており、比較的精度の高い地震動分布が推定されたと考えられる。しかし、西側の被害率の低い地域では、東側の地域に比べ他の研究報告との整合性が悪く、被害データ統合した影響、および建物被害関数が、被害が非常に大きい神戸市灘区の被害データに基づいて構築されたものであるため、小さい被害率での地震動の再現性が低いことが考えられる。しかしながら、明石市のように強震観測点が少ない地域において、建物被害率から地震動分布を推定することは、建物被害関数の性格に注意して使用すれば有効な方法と考えられる。

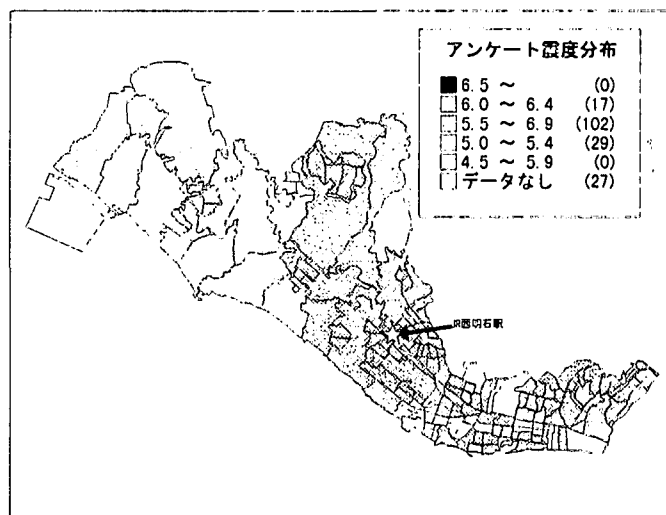


図-6 高田・嘉嶋<sup>6)</sup>によるアンケート震度分布

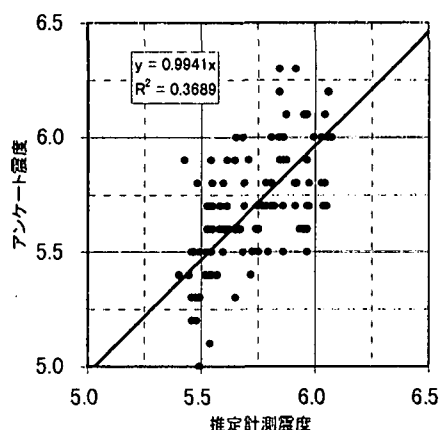


図-7 推定計測震度とアンケート震度の比較

## 参考文献

- 1) 小川直樹, 山崎文雄: 兵庫県南部地震における明石市の建築物被害分析, 1998年地域安全学会論文報告集, pp. 62-67, 1998.
- 2) 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, 第515号, pp. 187-194, 1999.
- 3) 村尾修, 山崎文雄: 兵庫県南部地震の実被害データに基づく灘区の地震動分布と建物被害関数, 第25回地震工学研究発表会講演論文集, 1999.
- 4) 童華南, 山崎文雄: 地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係, 生産研究, Vol. 48, No. 11, pp. 31-34, 1996.
- 5) 川崎輝雄, 野村亮太郎, 大矢真也: 幕石の転倒から見た兵庫県南部地震の被害分布とその地形環境, 地理学評論, Vol. 69 (Ser. A), No. 1, pp. 39-50, 1996.
- 6) 高田至郎, 嘉嶋崇志: 兵庫県南部地震に関するアンケート調査-集計結果報告書-, 神戸大学工学部建設学科土木系教室耐震工学研究室 兵庫県南部地震アンケート調査分析グループ, 1996.
- 7) 藤本一雄, 翠川三郎: 被害分布から推定した兵庫県南部地震の震度分布とその解釈, 第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp. 97-100, 1997.