

# アンケート調査による 兵庫県南部地震の大阪府域の震度分布

鶴来雅人<sup>1</sup>・澤田純男<sup>2</sup>・入倉孝次郎<sup>3</sup>・土岐憲三<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 工修 財団法人大阪土質試験所 (〒550-0012 大阪市西区立売堀 4-3-2)  
<sup>2</sup>正会員 工博 京都大学助教授 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)  
<sup>3</sup>理博 京都大学教授 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)  
<sup>4</sup>フェロー 工博 京都大学教授 大学院工学研究科 (〒606-8317 京都市左京区吉田本町)

本研究では、大阪府全域を対象としてアンケート震度調査を実施し、1995年兵庫県南部地震の詳細な震度分布を求めた。得られた震度分布の信頼性を確認するため、地震観測記録から算出される計測震度との比較および他機関が実施したアンケート震度調査結果との比較を行なった。その結果、太田方式によるアンケート震度は計測震度で補正する必要があることが明らかとなった。そこで、本調査結果に対しても補正を行い、信頼性の高い震度分布を得た。さらに、震度分布から見かけの震源、伝播経路およびサイト特性を分離し、断層破壊伝播による指向性の影響、震度の距離減衰特性、サイト特性による高震度あるいは低震度域を明らかにした。

**Key Words :** seismic intensity, questionnaire survey, The 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake, Osaka prefecture, directivity

## 1. はじめに

1995年1月17日午前5時46分に発生した兵庫県南部地震では、神戸市から芦屋市、西宮市にかけての地域と、宝塚市と淡路島の一部で震度7と判定された。この震度7は、1948年福井地震後に「木造家屋の倒壊率30%以上をもたらす揺れの強さ」として定められたものであり、今回が初めての適用であった。過去の地震と比較すれば、この兵庫県南部地震では数多くの観測記録が得られたが、震度7の領域内では観測記録は非常に少ない。また、大阪府内においても気象庁や関西地震観測研究協議会<sup>1)</sup>などの諸機関が地震観測を行なっているが、広範囲の詳細震度分布を得たり、局所的な地震動特性の違いを抽出するほどには地震観測網は充実していない。

一方、太田ほかによって開発されたアンケート調査により震度を算出する手法<sup>2)</sup>（以下「太田方式」と呼ぶ）は詳細な震度分布が得られることから、最近の被害地震ではほとんど調査が行なわれている<sup>例えは3)~7)</sup>。また、村上、鏡味<sup>8)</sup>により修正メルカリ震度階への適用がなされたことにより、海外においても実施されるようになってきた<sup>例えは9)</sup>。さらに、太田方式が抱える問題点である調査票の配付や

回収の困難さを克服する目的で、コンビニエンスストアを対象とした調査の試み<sup>10)</sup>もなされている。これらの調査は単に震度分布を求めるにとどまらず、その結果に基づく震度予測式の作成<sup>11)</sup>や Seismic Microzonation への適用<sup>12), 13)</sup>など、その工学的利用が検討されている。

そこで本研究では、大阪府全域を対象として太田方式によるアンケート震度調査により1995年兵庫県南部地震本震時の震度分布を調査した。得られた結果の信頼性を確認するため、府内で実施されている地震観測の記録から得られる計測震度との比較、および他機関による兵庫県南部地震のアンケート震度調査結果との比較を行った。これらの検討結果から、太田方式によるアンケート震度は地震観測記録を用いて補正する必要があることが明らかとなった。そこで本調査においては、得られたアンケート震度を補正した上で、大阪府域の震度分布を求めた。さらに、得られた震度分布の特徴を明らかにする目的で、見かけの震源、伝播経路およびサイト特性に分離した。

## 2. 調査概要

アンケート調査は府内の公立、私立高校の2年生および府職員を対象に行なわれた。調査実施時期は1996年1月～2月である。配付枚数は約100,000枚、回収数は75,339枚、有効調査票数は62,081枚であった。

アンケート震度調査では、回答者が地震時に居た場所を特定する必要があるが、本調査では澤田ほかの調査<sup>14)</sup>に倣い、調査票にメッシュ分割を表示した地図を添付し、回答者が地震時にどのメッシュに居たかを回答してもらうことにより震度分布が比較的簡単に把握できるようにした。メッシュ分割は行政管理庁告示<sup>15)</sup>によって定められた第3次地域区画のメッシュ分割に倣った。このメッシュ分割は国土地理院発行の2万5千分の1の地形図を縦横10等分したものに相当し、その大きさは東西が約1.1km、南北が約0.9kmである。この方法では、間違っ隣りのメッシュを選んだり、メッシュの境界付近の場合はどちらかのメッシュが選ばれるため、解像度はメッシュの大きさの2～3倍と考えられる。なお、本論文で用いるメッシュ番号は同告示によって定められた方法に基づいた番号である。

兵庫県南部地震における実際の被害状況と太田方式の質問項目、回答選択肢項目を検討してみると、回答者が選択に際し戸惑う質問がある。具体的には、太田方式の質問番号17「家(建物)には、なんらかの被害がありましたか。」に対し、最も被害の大きい選択肢は選択肢番号7「家の傾きが目立った」である。兵庫県南部地震では大阪府内においても府北部の豊中市を中心として家屋の全壊、半壊などの大きな被害が発生している。そこで、回答者が躊躇なく選択できるよう、選択肢番号8「被害が甚大で修理不能」なる選択肢を追加した。なお、本論文ではこの選択肢の震度係数は選択肢番号7と同じ値を用いて震度の算出を行なった<sup>16)</sup>。

なお、本論文では太田方式における気象庁震度階への変換式によって得られた震度を「アンケート震度( $I_q$ )」と称している。また、本論文で用いる大阪府内の行政区等の位置については付図を参照されたい。

## 3. アンケート震度分布

1メッシュあたりの有効調査票数が極端に少ない場合は、1枚の回答に震度が大きく左右される。これを避けるため太田方式では経験的に1km<sup>2</sup>あたり20枚～30枚の有効調査票数が理想的としている。

図-1.1に本調査における各メッシュ毎の有効調査票数を示す。図中空白の地域は有効調査票が3枚に満たない地域である。これより市街地では20枚以上の有効調査票が得られているが、他府県に近い山間部では20枚未満のメッシュが多く存在することがわかる。既往のアンケート震度調査では、配付枚数の限界から1地区あるいは1メッシュに3枚以上の有効調査票がある場合について集計されている例がほとんどである。また、人が居住していないと思われる山地部も含めた府全域に対する集計可能領域の割合は、有効調査票を20枚以上とすると約50%であるのに対し、有効調査票を3枚以上とすると約70%となる。そこで、本論文では広範囲の震度分布を把握するため3枚以上の有効調査票があるメッシュについて集計することとした。なお、1メッシュ内の最多有効調査票数は401枚である。

算出した各メッシュ毎の平均震度分布を図-1.2に示す。震度6となったメッシュはなく、震度5を越える地域が以下のように分布している。

### ●震度5強

・豊中市、池田市、大阪市西淀川区の一部

### ●震度5弱

・府北部(豊中市全域、池田市、吹田市、箕面市、茨木市、高槻市など)

・大阪市内西北部(西淀川区、此花区など)

・府南部の湾岸域や内陸部の一部

兵庫県南部地震では断層破壊伝播による指向性(Directivity)の影響が指摘されている<sup>(例えば17)</sup>が、このアンケート調査結果でも、震度5強あるいは震度5弱の領域が豊中市から高槻市にかけて、つまり震源から断層破壊伝播方向と同じ北東方向にかけて広がっており、Directivityの影響が顕著に現われている。また、堺市北西部、松原市、藤井寺市付近に周辺地域と比較して震度が低い領域が広がっている。なお、府全域の約60%のメッシュが震度4であり、大阪管区気象台の位置するメッシュでもアンケート震度4と気象庁発表と同じ震度を示している。

なお、本調査では第2章で示したとおり、太田方式の質問番号17「家(建物)には、なんらかの被害がありましたか。」の質問に対する選択肢として、選択肢番号8「被害が甚大で修理不能」なる選択肢を追加したが、この選択肢を選んだ回答者は76名であった。この76名の回答者が地震時に居た場所の分布は、豊中市18名、大阪市西淀川区6名、吹田市5名、高槻市5名などとなっており、アンケート震度の高震度域と対応している。これは、この選択肢の追加が、「震度5を越える高震度領域でアン

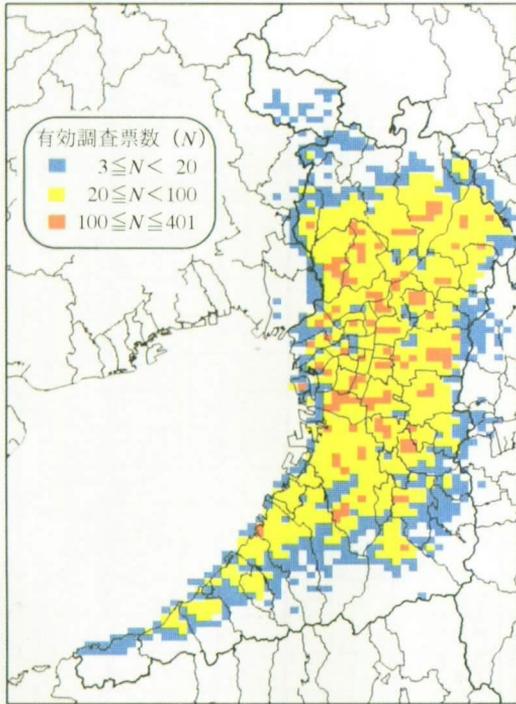


図-1.1 有効調査票数の分布

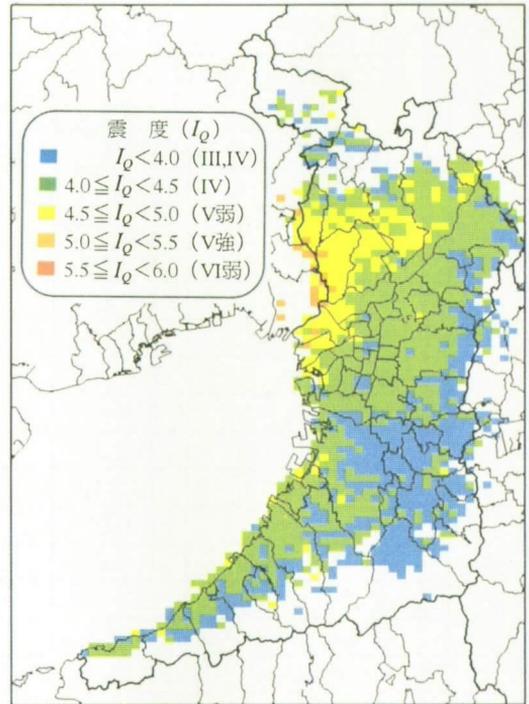


図-1.2 アンケート震度分布

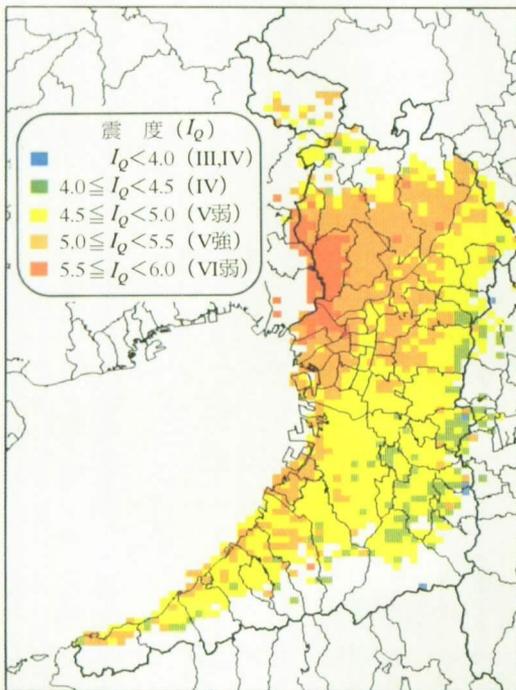


図-1.3 補正アンケート震度分布

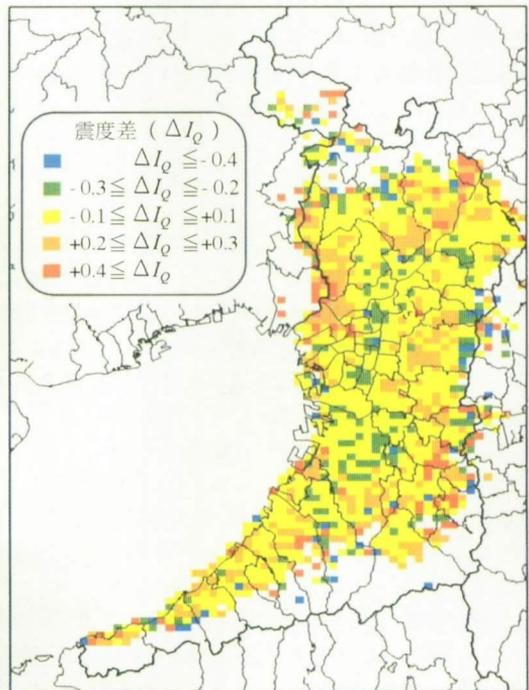


図-1.4 平均震度との差 ( $\Delta I_0$ ) の分布

表-1 アンケート震度と計測震度の比較

地震計 設置地点	メッシュ 番号	アンケート 集計枚数	アンケート震度		計測震度	震度差
			平均値	標準偏差		
大阪市阿倍野区松崎町	51357461	105	3.9	0.3	4.9	-1.0
大阪市中央区法円坂町	52350411	82	3.9	0.4	4.5	-0.6
大阪市西区千代崎町	51357399	36	4.4	0.7	5.1	-0.7
大阪市福島区吉野町	52350327	135	4.6	0.4	5.4	-0.8
堺市東湊町	51356377	84	4.0	0.4	4.8	-0.8
東大阪市稲葉町	52350409	129	4.1	0.3	5.1	-1.0
東大阪市本庄町	52350418	34	4.2	0.7	5.1	-0.9
東大阪市森河内東町	52350415	40	4.2	0.6	5.3	-1.1
吹田市山田北町	52351461	45	4.6	0.6	5.3	-0.7
八尾市東老原町	51357428	45	3.9	0.5	4.7	-0.8
和泉市室堂町	51355357	17	4.0	0.9	4.5	-0.5
藤井寺市古室町	51356478	32	3.7	0.6	4.5	-0.8
大阪狭山市岩室町	51355493	38	4.0	0.6	4.6	-0.6
四条畷市葎屋新町	52350580	42	4.2	0.6	5.2	-1.0
忠岡町馬瀬	51355372	32	4.2	0.7	5.1	-0.9
阿武山	52352435	23	4.4	0.9	4.5	-0.1
信貴山	51357511	51	3.8	0.5	3.6	0.2

ケートに基づく気象庁換算震度が全般に低く見積もられる傾向にある。」<sup>18)</sup>という太田方式が抱える問題点を改良する方法の1つとして可能性のあることを示すものであると考えられる。

#### 4. 計測震度との対応

大阪府内では関西地震観測研究協議会など諸機関が地震観測を行っている。そこで、得られた観測記録から気象庁の計測震度を求める方法<sup>19)</sup>に倣い震度を算出し、この観測点を含むメッシュで得られたアンケート震度との対応を調べた。その結果を表-1および図-2に示す。表-1中、震度差は、

$$(\text{震度差}) = (\text{アンケート震度の平均値}) - (\text{計測震度})$$

で求めている。図-2からわかるように、岩盤観測点である信貴山観測点付近と阿武山観測点付近におけるアンケート震度と計測震度はほぼ一致しているが、その他の観測点付近におけるアンケート震度は計測震度に比べて小さく、平均的に0.8程度の差が認められる。つまり、

$$(\text{計測震度}) = (\text{アンケート震度}) + 0.8$$

となる。図-2に上式で示される関係を表す直線を併せて示した。この図からわかるように、0.8とい

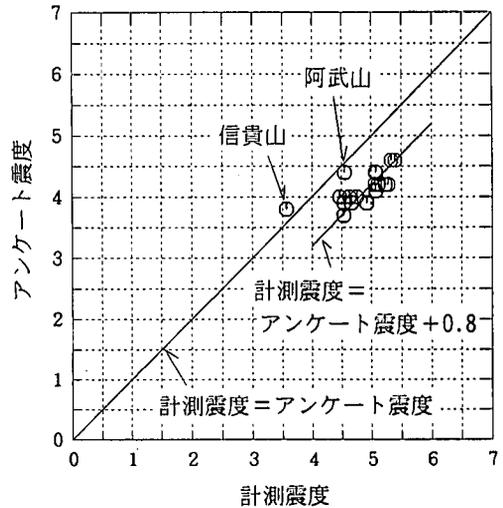


図-2 アンケート震度と計測震度の関係

う平均的な差を考慮すればアンケート震度と計測震度との対応が非常に良い。また、阿武山観測点は地震観測用の坑道内に、信貴山観測点は住居のある地域からかなり離れた岩盤上に地震計が設置されているため、同じメッシュ内でも地震観測点とアンケート震度を求めた地域では地盤条件がかなり異なっている可能性がある。これがこれらの地点にお

いて、他の地点と傾向が異なる原因となったことも考えられる。

アンケート震度が計測震度より0.8程度小さいという結果は、1996年10月19日に日向灘で発生した地震を対象としたアンケート調査結果<sup>20)</sup>でも得られている。一方、計測震度とアンケート震度の間には大きな差はなく調和的である、との検討結果も報告されている<sup>21)</sup>。

なお、従来のアンケート震度算定手法の改定案が太田ほかにより提案されているが<sup>18)</sup>、これは震度5.5を越える高震度領域に対して改善を図る手法であるため、本検討で得られた震度分布および計測震度との差には大きな影響を及ぼさない。また、高田ほか<sup>22)</sup>は震度係数を見直す方法でアンケート震度算定手法の改定案を検討しているが、これについても同様である。

## 5. 他機関による調査結果との比較

兵庫県南部地震については、本調査のほかにも神戸大学<sup>23)</sup>や大阪市立大学<sup>24)</sup>、<sup>25)</sup>により太田方式によるアンケート震度調査が実施された。これら調査の概要を以下に示す。

### ●神戸大学による調査

- ・調査地域…神戸市や西宮市をはじめとする兵庫県内の7市2郡
- ・調査対象者…中学1年生の父兄、教職員
- ・調査実施時期…1995年8月～1996年2月
- ・集計調査票数…14,910枚

### ●大阪市立大学による調査

- ・調査地域…九州を除く西日本一帯
- ・調査対象者…高等学校の教師、生徒
- ・調査実施時期…1995年2月、1995年11月
- ・集計調査票数…約20,000枚

本調査では私立学校や府職員も対象としているため大阪府以外の地域においても若干のデータが得られている。また、太田方式の高震度域での適用性を検討するため、神戸市においても追加調査を実施している。この追加調査の概要を以下に示す。

- ・調査地域…神戸市東灘区本山地区
- ・調査対象者…小学生父兄
- ・調査実施時期…1996年3月
- ・集計調査票数…震度6域で168枚、震度7域で165枚

したがって、下記および図-3に示した地域において神戸大学や大阪市立大学による調査対象地域と重複しており、調査結果の比較が可能である。

- ・宝塚市東部の川西市境に近い地域 (Aゾーン)

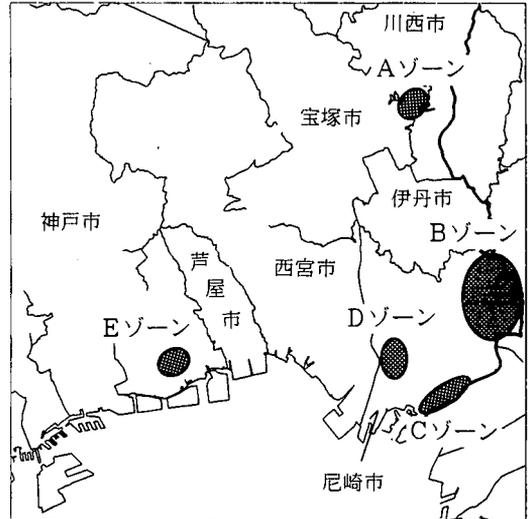


図-3 本調査結果と他機関による調査結果の比較が可能な地域

- ・尼崎市北東部から中東部にかけての大阪府境に近い地域 (Bゾーン)
- ・尼崎市南東部の大阪府境に近い地域 (Cゾーン)
- ・尼崎市西部の武庫川に近い地域 (Dゾーン)
- ・神戸市東灘区本山北町付近 (Eゾーン)

さらに、表-1に示した地震観測点の一部については、大阪市立大学によってもその周辺で調査が実施されており、調査結果の比較が可能である。

そこで、本調査のメッシュ分割から該当する町丁を選定し、神戸大学や大阪市立大学によるアンケート震度と比較した。その結果を示したものが表-2および図-4である。

これより、本調査によるアンケート震度は神戸大学によるそれよりすべての地域で小さくなっていることがわかる。その震度差は0.1～1.4でばらつきが大きい。また、大阪市立大学によるアンケート震度との差は、最大で1.0程度の差が見られるものの、特にどちらの結果が大きいという傾向は見られず、さらに地震観測点においてはほぼ一致している。

本調査と神戸大学による震度差、大阪市立大学によるそれがいずれも小さい地域は、

- ・尼崎市杭瀬本町
- ・同市大庄北町、同市西立花町・神戸市東灘区本山付近 (震度7領域)

であるが、これらと同一ゾーンにおいても震度差が大きいケースも見られ、地域的な特徴は認められない。

同じ方式の調査を実施しているにも関わらず、なぜこのような違いが発生するののかの原因の詳細は

表-2 本調査と他機関調査によるアンケート震度の比較

対象地域			本調査		神戸大学による調査			大阪市大による調査		
			震度	集計 枚数	震度	集計 枚数	震度差	震度	集計 枚数	震度差
Aゾーン	宝塚市	花屋敷荘園町	5.3	4	5.4	6	0.1	4.8	2	-0.5
		雲雀丘町	4.1	3	4.5	4	0.4~0.6	5.3	4	1.2
		雲雀丘山手町			4.7	4				
Bゾーン	尼崎市	次屋町	5.1	6	5.5	18	0.4~0.6	5.2	2	0.1
		浜町			5.7	21				
		神崎町	5.2	14	5.8	7	0.6~0.8	5.0	7	-0.2
		戸之内町			6.0	11				
		若王子町	5.0	4	5.7	20	0.7	5.0	27	0.0
		小中島町			5.7	14				
		額田町	4.5	4	5.6	4	1.1~1.4	4.8	37	0.3
		弥生ヶ丘町			5.9	5				
		瓦宮町	5.4	5	5.9	11	0.5~0.6	5.3	12	-0.1
		東園田4丁目			6.0	3				
		東園田1丁目			5.8	7	1.0~1.2	5.1	15	0.3
		東園田5丁目	4.8	10	5.7	9				
		東園田6丁目			6.0	6				
		食満町	4.9	10	5.5	19				
		田能1丁目			5.6	3				
		東園田2丁目	5.1	16	5.9	5	0.7~0.8	5.2	5	0.1
		椎堂町			5.8	5				
		田能3丁目	4.8	3	6.0	6	1.0~1.2	5.2	5	0.4
		田能4丁目			5.8	5				
Cゾーン	尼崎市	杭瀬本町	4.9	80	5.1	5	0.2	4.8	10	-0.1
		杭瀬南新町	4.6	5	5.6	14	1.0~1.4	5.0	4	0.4
		東大物町			6.0	5				
		大物町	4.7	11	5.4	13	0.7	4.7	10	0.0
Dゾーン	尼崎市	大庄北町	5.4	4	5.8	25	0.3~0.4	5.3	3	-0.1
		西立花町			5.7	33				
		大庄西町	5.2	3	5.7	37	0.5	4.3	2	-0.9
Eゾーン	神戸市	本山付近(震度6域)	5.3	168	5.7	18	0.4	5.8	39	0.5
	東灘区	本山付近(震度7域)	6.0	165	6.1	15	0.1	5.8	55	-0.2
地震観測点	大阪市阿倍野区松崎町		3.9	105	-	-	-	3.9	60	0.0
	大阪市西区千代崎町		4.4	36	-	-	-	4.5	49	0.1
	大阪市福島区吉野町		4.6	135	-	-	-	4.5	58	-0.1
	東大阪市稲葉町		4.1	129	-	-	-	4.0	25	-0.1
	東大阪市森河内東町		4.2	40	-	-	-	4.4	31	0.2
	四条畷市部屋新町		4.2	42	-	-	-	4.2	87	0.0
	阿武山		4.4	23	-	-	-	4.3	19	-0.1

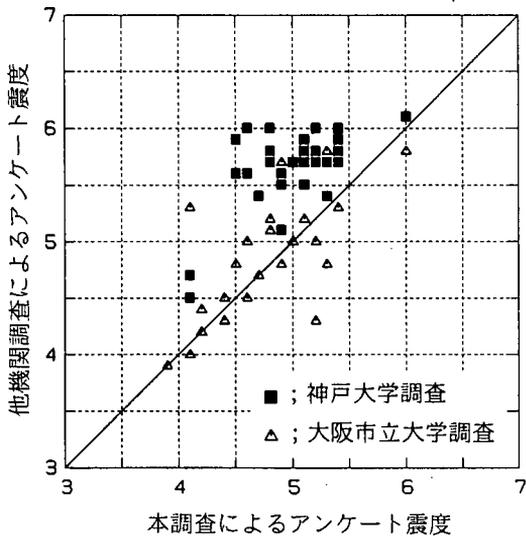


図-4 本調査と他機関調査によるアンケート震度の比較

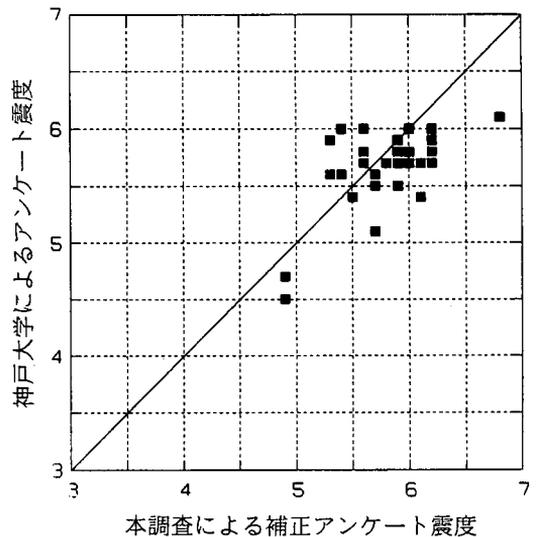


図-5 本調査による補正アンケート震度と神戸大学によるアンケート震度の比較

明らかではないが、若干の考察を加えることとする。まず、実施時期については、神戸大学による調査と大阪市立大学による調査とでは大きな違いはない。一方、主な調査対象者は、神戸大学による調査は中学生父兄、大阪市立大学による調査および本調査では高校生であり、調査対象者がこのような調査結果の差の要因の一つであることが考えられる。

以上の検討から、本調査結果は大阪市立大学の調査結果と同等であるが、神戸大学による調査結果とは整合しないことがわかった。しかし、前章における検討から、本調査によるアンケート震度は0.8を加える補正を行うことにより、計測震度とほぼ一致することが明らかとなっている。一方、神戸大学の結果は震度6.0程度以下の範囲では計測震度とほぼ一致している<sup>22)</sup>。そこで、この補正を行った本調査によるアンケート震度（以下、「補正アンケート震度」と呼ぶ）と神戸大学によるアンケート震度の比較を図-5に示す。この補正を行うことにより、本調査結果と神戸大学による調査結果はほぼ整合することがわかる。すなわち、神戸大学によるアンケート震度が大きいのではなく、本調査と大阪市立大学によるアンケート震度が観測記録から計算される計測震度と比べて小さいものと考えられる。

## 6. 地震観測記録で補正されたアンケート震度分布

前章までの検討によって、地震観測記録から得られる計測震度とアンケート震度が良く対応する調

査と、本調査のように計測震度と差が生じた調査結果があることがわかった。すなわち、アンケート震度調査は調査対象者などの諸条件によって結果が変化する可能性があると言える。一方、計測震度は最も客観的な震度の指標と考えられるので、太田方式のアンケート震度調査は地震観測記録から得られる計測震度によって補正する必要があると考えられる。

そこで、図-1.2に示したアンケート震度分布に0.8を加える補正を行った。得られた補正アンケート震度分布を図-1.3に示す。補正前には震度5強であった豊中市、池田市、大阪市西淀川区では震度6弱に、震度5弱であった府北部域などでは震度5強になっている。なお、補正アンケート震度が6強となったメッシュは兵庫県内に5メッシュ、大阪市内に1メッシュ存在する。

各メッシュ毎に得られた補正アンケート震度調査結果を表-3に示す。同表ではメッシュ番号の上4桁が「5135」のメッシュを前半に、「5235」のメッシュを後半に収めた。掲載項目は、

- ・メッシュ番号の下4桁 (No.)
- ・有効調査票数 (N)
- ・補正アンケート震度の平均値×10 (M)
- ・補正アンケート震度の標準偏差×10 (σ)

の4項目である。

表-3 各メッシュ毎の補正アンケート震度

メッシュ番号の上4桁 5135

No.	N	M	σ	No.	N	M	σ	No.	N	M	σ	No.	N	M	σ	No.	N	M	σ	No.	N	M	σ
3078	3	44	3	4272	7	51	4	5309	7	43	5	5390	4	54	1	5481	77	49	5	6365	15	50	6
3079	7	52	6	4273	28	48	6	5310	11	50	5	5391	56	50	7	5482	81	48	5	6366	66	50	6
3089	8	51	7	4274	23	46	7	5311	26	50	6	5392	41	51	6	5483	42	48	6	6367	30	49	7
3170	9	51	4	4275	14	50	7	5312	20	50	5	5393	83	50	6	5484	20	46	5	6368	31	46	6
3171	14	51	6	4276	20	49	4	5313	12	52	3	5394	18	47	4	5485	60	47	4	6369	52	45	5
3172	5	49	2	4277	21	46	5	5315	4	50	7	5395	52	48	7	5486	22	46	5	6375	4	49	3
3173	3	50	8	4278	22	48	6	5316	4	45	5	5396	21	48	5	5487	19	43	7	6376	33	50	5
3180	8	52	5	4279	53	47	7	5319	7	47	4	5397	10	46	4	5488	17	40	6	6377	84	48	5
3181	18	48	12	4283	3	51	5	5320	24	49	7	5398	7	53	4	5489	13	45	4	6378	84	48	5
3182	14	52	4	4284	19	48	6	5321	37	49	5	5399	35	47	6	5490	54	48	5	6379	73	48	6
3183	6	51	6	4285	52	49	6	5322	13	47	4	5400	8	45	5	5491	313	49	6	6386	30	48	5
3184	4	50	6	4286	41	49	5	5323	8	52	3	5401	3	50	2	5492	92	47	6	6387	95	49	6
3192	16	46	6	4287	31	48	4	5324	7	53	5	5402	3	40	4	5493	38	48	4	6388	61	48	6
3193	15	47	8	4288	26	47	6	5325	3	42	4	5403	5	47	3	5494	23	45	6	6389	76	47	6
3194	11	48	4	4289	23	49	4	5326	6	44	8	5404	17	45	6	5495	162	46	6	6395	26	50	6
3195	6	47	5	4294	15	48	6	5327	11	49	7	5405	21	45	4	5496	127	45	6	6396	32	50	5
3196	8	44	6	4295	44	49	6	5328	13	48	4	5406	8	47	4	5497	75	45	6	6397	126	47	7
3198	4	51	2	4296	20	51	4	5329	11	47	9	5407	13	45	5	5498	33	45	5	6398	46	49	5
3199	4	42	2	4297	18	48	6	5330	34	49	5	5410	5	42	6	5499	15	43	6	6399	82	47	6
3290	11	43	7	4298	15	47	5	5331	42	50	6	5412	7	45	3	5520	4	45	3	6400	46	46	5
4104	5	53	4	4299	16	47	5	5332	28	50	5	5413	20	45	9	5540	5	48	4	6401	42	48	5
4105	5	46	7	4333	3	41	1	5333	28	50	6	5414	74	45	6	5541	4	49	9	6402	35	48	5
4106	24	44	8	4340	4	53	2	5334	12	48	4	5415	37	46	5	5550	6	41	7	6403	28	47	5
4107	3	53	3	4351	3	44	0	5335	14	46	4	5416	57	46	5	5560	6	46	4	6404	39	48	5
4108	14	46	8	4360	4	46	5	5336	8	52	6	5417	32	46	4	5561	4	43	6	6405	60	44	6
4109	14	45	8	4361	7	45	4	5337	27	48	6	5419	4	44	2	5570	4	43	7	6406	36	44	4
4117	11	49	5	4365	4	45	0	5338	29	48	7	5422	7	47	3	5571	5	50	5	6407	22	46	5
4118	31	48	4	4366	5	42	6	5339	15	48	5	5423	17	46	6	5572	10	42	5	6408	20	45	6
4119	46	49	5	4367	10	41	8	5340	43	50	5	5424	25	44	6	5580	4	48	5	6409	15	43	5
4128	25	46	6	4370	19	48	7	5341	27	49	5	5425	49	43	7	5581	6	47	6	6410	18	44	4
4129	32	50	4	4371	7	47	2	5342	43	48	7	5426	108	45	6	5582	4	45	1	6411	38	45	5
4138	8	48	12	4373	3	51	1	5343	36	49	7	5427	21	43	7	5590	9	43	7	6412	40	46	4
4139	73	48	6	4380	23	48	5	5344	29	47	5	5428	6	45	6	5591	15	45	5	6413	78	45	5
4149	13	49	6	4381	3	46	2	5345	35	45	6	5429	23	46	6	5593	3	37	5	6414	47	46	6
4200	43	47	6	4382	4	50	2	5346	10	43	7	5430	5	50	3	6301	30	50	7	6415	23	46	4
4201	12	43	5	4385	3	55	2	5347	14	45	6	5433	66	45	5	6302	68	49	6	6416	12	44	6
4210	29	49	6	4387	3	47	2	5348	52	46	7	5434	56	43	6	6303	52	50	5	6417	17	45	5
4211	12	49	6	4390	10	50	4	5349	59	45	6	5435	56	44	6	6304	52	49	6	6418	7	48	4
4212	6	40	4	4391	5	44	6	5350	63	49	4	5436	21	44	6	6305	61	49	5	6419	35	45	5
4213	8	46	5	4392	3	47	2	5351	53	49	5	5437	14	45	4	6306	59	49	5	6420	11	48	6
4214	3	49	3	4393	4	47	4	5352	49	49	6	5438	5	48	6	6307	11	45	4	6421	25	48	5
4220	16	47	6	4394	6	48	4	5353	51	50	6	5439	7	45	13	6308	11	49	6	6422	20	48	4
4221	10	49	6	4396	5	48	7	5354	29	50	5	5440	10	49	4	6309	19	48	4	6423	45	46	6
4222	23	47	5	4397	4	42	2	5355	27	48	6	5441	3	49	2	6311	13	51	4	6424	35	45	7
4223	29	47	6	4458	3	36	5	5356	14	49	4	5443	17	47	4	6312	17	50	5	6425	10	49	6
4225	3	47	3	4485	4	47	6	5357	17	48	5	5444	20	45	4	6313	68	51	6	6426	12	45	4
4230	14	46	6	4494	7	46	3	5358	57	48	5	5445	45	45	5	6314	78	52	6	6427	22	44	5
4231	32	48	6	4495	14	43	6	5359	57	46	6	5446	17	42	7	6315	46	52	5	6428	15	49	4
4232	31	48	5	4497	4	46	4	5360	35	49	7	5450	35	47	5	6316	34	46	6	6429	21	45	5
4233	23	48	5	5205	4	54	11	5361	52	50	6	5451	4	47	10	6317	21	48	6	6430	46	44	7
4234	26	47	5	5206	18	50	4	5362	15	51	5	5452	6	48	11	6318	8	50	7	6431	57	45	6
4235	17	47	8	5207	20	48	6	5363	31	49	6	5453	6	47	6	6319	11	45	7	6432	31	44	6
4240	30	51	6	5208	12	50	5	5364	49	47	6	5454	21	45	8	6322	16	51	5	6433	51	46	6
4241	26	50	4	5209	37	48	5	5365	43	46	7	5455	38	44	6	6323	26	54	7	6434	35	44	5
4242	30	48	6	5215	6	49	6	5366	55	46	8	5456	18	44	5	6324	65	52	5	6435	22	45	4
4243	29	49	6	5216	14	51	6	5367	21	48	5	5457	6	42	4	6325	73	52	5	6436	35	45	4
4244	26	47	5	5217	41	50	6	5368	157	48	5	5459	4	41	4	6326	61	49	5	6437	18	45	5
4245	11	46	9	5218	24	49	3	5369	69	49	6	5460	26	47	7	6327	44	48	7	6438	9	48	4
4246	8	47	4	5219	28	47	5	5370	36	48	6	5461	7	42	6	6328	36	45	8	6439	17	49	5
4247	9	46	2	5227	42	50	6	5371	47	48	5	5462	7	47	6	6329	20	49	6	6440	40	46	6
4251	15	50	7	5228	24	49	6	5372	32	50	5	5463	13	48	6	6333	5	54	2	6441	64	47	5
4252	6	51	4	5229	26	47	6	5373	47	48	6	5464	8	49	6	6334	17	48	6	6442	59	46	5
4253	11	46	4	5237	30	50	5	5374	65	48	6	5465	33	45	6	6335	67	53	6	6443	27	44	6
4254	19	46	7	5238	48	51	5	5375	71	47	6	5466	12	43	3	6336	82	47	6	6444	29	44	6
4255	17	46	7	5239	34	49	5	5376	21	47	5	5467	11	49	9	6337	88	48	6	6445	65	45	5
4256	6	42	4	5247	7	48	6	5377	55	49	6	5468	10	45	3	6338	79	46	5	6446	35	47	5
4257	16	49	6	5248	9	49	5	5378	114	48	6	5469	5	43	5	6339	149	49	6	6447	42	44	6
4258	15	48	5	5249	105	50	5	5379	229	49	6	5470	18	48	5	6344	10	51	6	6448	17	46	5
4259	25	48																					

表-3 各メッシュ毎の補正アンケート震度(つづき)

No.	N	M	σ	No.	N	M	σ	No.	N	M	σ	No.	N	M	σ	No.	N	M	σ	No.	N	M	σ
6459	26	48	6	6593	8	42	10	7420	84	48	6	7498	81	50	6	0354	5	54	5	0452	92	48	6
6460	43	48	4	6595	6	43	9	7421	84	48	6	7499	135	49	6	0355	80	57	4	0453	74	48	7
6461	112	46	5	7305	3	45	5	7422	118	48	7	7500	27	47	6	0356	42	55	6	0454	40	51	4
6462	39	45	6	7306	10	51	9	7423	56	48	7	7501	57	46	6	0357	114	55	5	0455	38	51	3
6463	14	44	6	7307	46	48	6	7424	92	48	5	7502	40	44	7	0358	46	55	5	0456	18	50	5
6464	28	45	5	7308	83	47	5	7425	53	48	5	7503	5	39	5	0359	34	54	5	0457	7	53	5
6465	54	46	7	7309	23	46	6	7426	28	47	5	7504	7	46	2	0366	14	56	6	0458	24	48	7
6466	110	45	5	7316	6	50	6	7427	69	49	6	7505	3	48	4	0367	91	55	5	0459	131	49	5
6467	122	47	5	7317	28	47	6	7428	45	47	7	7506	3	44	3	0368	213	54	6	0460	3	50	3
6468	38	46	5	7318	27	47	7	7429	37	48	5	7507	3	46	2	0369	34	54	6	0461	18	52	6
6469	15	47	8	7319	78	47	6	7430	206	48	6	7510	25	50	4	0371	4	63	2	0462	40	48	6
6470	42	45	5	7326	11	50	7	7431	131	49	6	7511	51	46	6	0375	6	59	3	0463	175	49	6
6471	89	47	5	7327	132	48	6	7432	227	48	6	7512	18	49	7	0376	14	60	5	0464	167	50	6
6472	55	45	6	7328	153	48	6	7433	123	49	6	7513	7	51	6	0377	42	56	6	0465	53	48	5
6473	48	45	5	7329	95	49	5	7434	283	49	6	7514	8	44	7	0378	85	54	6	0466	15	48	4
6474	66	46	5	7334	12	49	6	7435	90	49	6	7515	7	41	7	0379	55	52	6	0467	27	51	5
6475	32	47	5	7335	31	52	5	7436	37	46	6	7520	40	46	5	0385	4	58	5	0468	64	49	6
6476	101	45	6	7336	19	49	7	7437	80	47	5	7521	22	45	5	0386	4	53	3	0469	60	49	5
6477	102	45	6	7337	82	50	6	7438	47	48	5	7530	41	47	5	0387	38	57	5	0470	32	51	7
6478	32	45	5	7338	199	50	6	7439	93	48	6	7531	35	49	7	0388	46	56	7	0471	50	50	6
6479	32	46	5	7339	151	48	6	7440	70	48	6	7532	6	45	8	0389	76	52	7	0472	40	50	6
6480	52	47	5	7344	9	51	4	7441	70	48	5	7535	3	41	1	0395	5	62	4	0473	119	51	6
6481	48	46	5	7345	11	50	6	7442	63	48	5	7540	54	47	5	0396	10	56	7	0474	82	49	5
6482	36	46	6	7346	4	46	4	7443	64	50	5	7541	35	44	7	0397	57	58	8	0475	75	50	5
6483	69	47	6	7347	27	51	5	7444	119	50	6	7542	3	44	2	0398	62	56	6	0476	34	51	4
6484	100	45	6	7348	147	50	6	7445	96	49	6	7550	47	47	5	0399	63	54	6	0477	122	51	5
6485	43	47	5	7349	104	49	6	7446	25	47	7	7551	28	46	6	0400	12	50	4	0478	134	50	5
6486	45	44	7	7353	94	51	6	7447	76	48	6	7560	25	47	5	0401	49	47	6	0479	64	50	6
6487	84	46	5	7354	167	51	6	7448	151	48	6	7561	14	47	7	0402	54	48	6	0480	83	52	5
6488	56	46	5	7355	5	45	9	7449	368	48	6	7562	5	49	5	0403	95	50	6	0481	79	50	6
6489	34	46	5	7356	11	51	4	7450	111	47	6	7570	24	47	4	0404	135	51	5	0482	158	50	6
6490	111	46	6	7357	13	52	5	7451	72	46	6	7571	38	50	5	0405	46	50	5	0483	200	50	6
6491	65	47	5	7358	24	50	4	7452	49	48	5	7572	19	44	7	0406	42	47	7	0484	37	50	6
6492	49	46	5	7359	55	48	6	7453	35	50	6	7580	76	48	5	0407	47	51	6	0485	52	50	6
6493	112	47	7	7363	10	52	9	7454	49	50	5	7581	121	47	6	0408	41	48	6	0486	31	48	6
6494	143	46	6	7364	19	49	5	7455	43	50	5	7582	28	41	7	0409	129	49	5	0487	124	50	6
6495	74	47	7	7366	26	53	5	7456	23	48	5	7590	118	48	6	0410	14	52	6	0488	200	50	6
6496	49	45	4	7367	93	50	5	7457	75	49	6	7591	159	47	5	0411	82	47	6	0489	43	50	5
6497	116	47	6	7368	36	50	6	7458	86	48	6	7592	17	43	6	0412	31	46	6	0490	51	54	6
6498	34	47	6	7369	42	48	5	7459	178	48	6	7593	3	43	1	0413	83	50	6	0491	52	50	7
6499	36	47	6	7374	6	53	7	7460	201	46	6	7594	3	47	2	0414	76	48	6	0492	73	51	5
6500	19	43	7	7375	4	56	2	7461	105	47	7	7597	3	43	9	0415	40	50	6	0493	90	49	6
6501	12	44	5	7376	9	54	6	7462	43	49	6					0416	18	51	4	0494	62	51	6
6502	6	42	3	7377	107	51	6	7463	27	49	7					0417	17	49	7	0495	118	51	6
6503	5	38	4	7378	70	50	6	7464	23	49	5					0418	34	50	6	0496	45	49	7
6510	15	46	4	7379	27	51	4	7465	48	49	5					0419	37	50	6	0497	57	50	5
6511	39	45	6	7384	11	54	5	7466	68	49	5					0420	7	53	8	0498	59	49	7
6512	7	45	5	7385	43	53	5	7467	29	47	6					0421	52	49	6	0499	80	48	6
6513	6	50	1	7386	177	52	6	7468	59	47	7					0422	24	49	5	0500	172	49	6
6515	4	44	5	7387	23	52	7	7469	67	46	7					0423	65	50	6	0501	144	48	6
6520	5	46	4	7388	21	51	4	7470	21	48	6					0424	64	50	5	0502	29	43	4
6521	22	45	4	7389	41	52	5	7471	64	48	6					0425	76	51	5	0503	6	40	5
6522	9	41	5	7394	3	53	9	7472	59	48	5					0426	57	50	5	0505	4	49	3
6530	5	54	4	7395	16	53	7	7473	73	49	6					0427	15	50	5	0510	33	47	4
6531	16	45	5	7396	65	52	6	7474	47	48	6					0428	66	49	6	0511	58	49	6
6533	4	42	3	7397	40	51	4	7475	54	49	6					0429	55	50	6	0512	39	45	7
6540	10	45	6	7398	30	51	5	7476	81	50	6					0430	46	50	6	0513	14	43	7
6550	7	48	6	7399	36	52	6	7477	45	48	7					0431	40	48	7	0514	7	45	10
6551	5	40	5	7400	51	47	6	7478	32	48	6					0432	40	51	6	0515	14	47	7
6552	9	47	4	7401	30	48	5	7479	74	50	6					0433	124	49	5	0517	3	42	2
6553	4	41	6	7402	44	48	6	7480	85	50	6					0434	401	51	6	0520	25	50	6
6560	3	52	3	7403	120	48	6	7481	57	49	5					0435	237	50	6	0521	41	49	5
6561	12	45	3	7404	68	45	6	7482	68	50	5					0436	61	49	5	0522	112	46	6
6562	25	42	9	7405	23	44	7	7483	278	49	7					0437	28	50	4	0523	17	46	6
6563	3	48	8	7406	29	46	6	7484	145	50	5					0438	67	48	5	0524	4	49	3
6570	49	44	5	7407	47	47	6	7485	99	50	5					0439	66	50	5	0525	6	42	7
6571	68	43	7	7408	30	48	4	7486	102	51	5					0440	124	51	6	0527	3	40	7
6572	28	44	5	7409	28	49	5	7487	64	50	4					0441	73	50	6	0530	50	49	5
6573	6	42	2	7410	71	47	8	7488	51	50	5					0442	146	48	6	0531	59	49	6
6574	3	51	2	7411	72	49	5	7489	91	49	6					0443	79	48	6	0532			



## 7. アンケート震度分布に見られるみかけの震源、伝播経路およびサイト特性

地震動が震源特性、伝播経路特性、サイト特性から説明できることは良く知られている。震源特性とは、地震の規模を表す地震モーメント、断層破壊伝播による指向性 (Directivity)、地震波の放射特性 (Radiation Pattern)、断層破壊の不均一性などである。伝播経路特性は震源からの距離減衰と媒質の内部減衰や散乱減衰などであり、サイト特性は堆積層による地震動の増幅特性や地盤の不整形性による影響などである。本章ではアンケート震度分布にこれらの影響がどのように現れているかについて考察する。

既往の研究では、アンケート震度からサイト特性を評価する試みがいくつかなされている<sup>12)~14)</sup>。これらの研究では、対象地点における震央距離あるいは震源距離に対する「平均震度」とアンケート震度との差をサイト特性の指標としている。この「平均震度」として、鏡味ほか<sup>12)</sup>や澤田ほか<sup>14)</sup>は対象とする地震について得られたアンケート震度の距離減衰特性から得られる平均的な震度を、宮崎、秋吉<sup>13)</sup>は太田、鏡味による震度のアテニュエーション式<sup>26)</sup>から得られる震度を用いている。このとき、これらの検討は次の2点を前提条件としている。

- ①地震動は点震源から等方的に放射される。すなわち中小規模の地震を対象としている。
- ②対象地域内の距離減衰特性は場所によらず一定である。

これに対し、兵庫県南部地震に対する大阪府域では、上記②の条件は満足すると考えられるが、①の条件については、断層長さが50km程度と長く、さらに断層破壊伝播による指向性などにより、府内全域が同じ震源特性の影響を受けているとは言えない。つまり、平均的な距離減衰関係との震度差は震源とサイトの両方の特性に依存していると考えられる。したがって、本論文ではまず、府域全体を対象として震度の距離減衰特性の平均像を求め、これを見かけの伝播経路特性と考える。次に断層破壊伝播による指向性の影響がブロック内でほぼ同等と考えられる十数ブロックに府域を分割し、すべてのブロックでの距離減衰は見かけの伝播経路特性と等しいとして、各ブロック毎の震度のレベルを求め、これを見かけの震源特性とする。さらに見かけの震源特性と伝播経路特性から求められる平均的な震度とアンケート震度との差を見かけのサイト特性と見なした。

府域の分割は以下に示す方法で行なった。

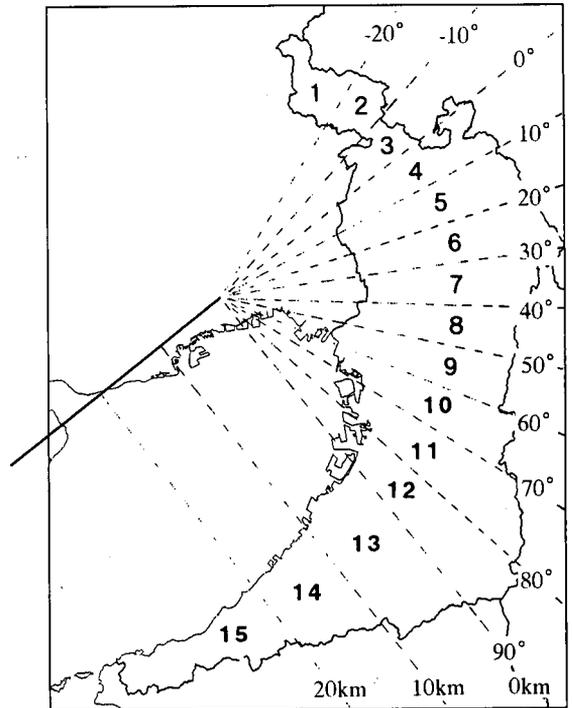


図-6 ブロック分割図

まず、兵庫県南部地震の断層モデルを設定する。ここでは経験的グリーン関数重ね合わせ法<sup>27), 28)</sup>を用いたフォワードモデリングによる検討結果<sup>29)</sup>を参考に、気象庁発表の震央位置からN53Eへ24km、S53Wへ11kmの大きさとし、傾斜角を90°とした。続いて、この断層線の東端と各メッシュの中心を結ぶ線とこの断層線の北東方向延長線との角度( $\theta$ )に応じ、

$$\theta \leq -20^\circ$$

を「ブロック1」とし、

$$-20^\circ < \theta \leq 90^\circ$$

の範囲を10°毎の計12ブロックに分割する。ここで角度は、断層線の北東方向延長線から時計回り方向をプラス、反時計回りをマイナスとして表示している。さらに、 $\theta$ が90°を越える府南部域については、ブロック12との境界線からの距離( $D$ )に応じて、

- ・ブロック13  $0\text{km} < D \leq 10\text{km}$
- ・ブロック14  $10\text{km} < D \leq 20\text{km}$
- ・ブロック15  $20\text{km} < D$

の3ブロックに分割する。こうして得られたブロック分割図を図-6に示す。図中太線は設定した断層線、破線はブロック境界線、強調数字は各ブロック番号を示している。なお、本章では補正アンケート震度を用いて検討を行う。

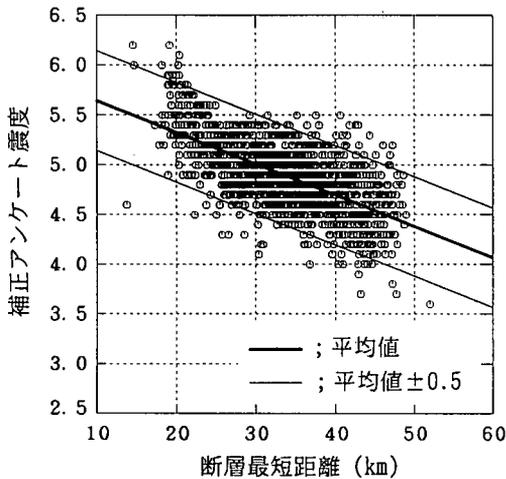


図-7 補正アンケート震度の距離減衰特性

表-4 各ブロック毎の平均オフセット値

ブロック番号	オフセット値	ブロック番号	オフセット値
1	5.8390	2	5.7572
3	5.6746	4	5.8959
5	6.1941	6	6.1672
7	5.9939	8	5.9045
9	5.8743	10	5.7879
11	5.7347	12	5.8574
13	5.9330	14	5.8843
15	5.8595	-	-

ブロック番号

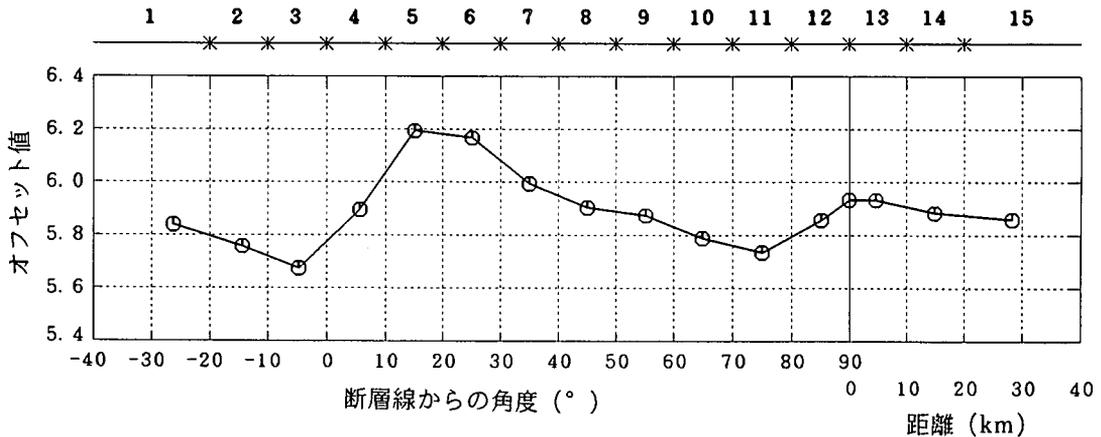


図-8 断層線からの角度あるいはブロック12とブロック13の境界線からの距離とオフセット値の関係

(1) 距離減衰特性

図-7に府全域を対象とした断層最短距離 ( $X$ ) と補正アンケート震度 ( $I_{\phi}'$ ) との関係を示す。ここで、断層最短距離は各メッシュの中心から断層線までの最短距離である。最小二乗法により得られるこれらの平均的な関係は次式となり、図-7中、太線で示される。

$$I_{\phi}' = -0.0315 X + 5.9562$$

なお図中、細線は上式で得られる  $I_{\phi}' \pm 0.5$  の線である。

これより、断層からの最短距離が同じでも、震源特性あるいはサイト特性の影響により1.0程度の震度差が見られることがわかる。

(2) 震源特性

分割した各ブロック毎の距離減衰特性を、距離に係る係数を府域全体に対して得られた値 (-0.0315) と同一、つまり

$$I_{\phi}' = -0.0315 X + (\text{平均オフセット値})$$

として、オフセット値を求めた。得られた各ブロック毎の平均オフセット値を表-4に示す。各ブロック毎の距離減衰特性のオフセット値の違いは各ブロックにおける震源特性の違いと考えることができる。

このオフセット値と断層線からの角度あるいはブロック12とブロック13の境界線からの距離との関係を示したのが図-8である。ただし、角度  $90^\circ$  におけるオフセット値は、断層線からの角度 ( $\theta$ ) が

$$87.5^\circ < \theta \leq 92.5^\circ$$

の範囲に位置するメッシュについて、別途その距離減衰特性を求め、これより得られた値「5.9343」を採用した。

これより断層線からの角度が  $20^\circ$  付近でオフセット値は最大となることがわかる。これは、断層破壊伝播による指向性の影響を顕著に示すものと考えられる。ここで角度が  $20^\circ$  の方が  $0^\circ$  の場合よりやや大きいのは、ブロック1～ブロック4の地域は比較的地盤の良いところが多く震度が小さかったと推定されることが考えられる。また、オフセット値は角度が  $90^\circ$  付近で極大となっている。これは、地震波の放射特性に拠るものと考えられる。

一方、角度が  $-5^\circ$  付近でオフセット値は最小となっている。これは前述したように地盤が比較的良好なので震度が小さかったため、すなわちサイト特性を分離しきれなかったことによるものと考えられる。

### (3) サイト特性

(1) および (2) で得られた特性から各メッシュ毎に対応する断層最短距離 ( $X$ ) に対する平均震度を次式より算出した。

$$\begin{aligned} (\text{平均震度}) = & -0.0315 X \\ & + (\text{各メッシュのオフセット値}) \end{aligned}$$

ここで、各メッシュのオフセット値は、断層線との角度あるいはブロック12とブロック13の境界線からの距離に応じて、図-8に示したオフセット値を内挿あるいは外挿することによって求めた。

得られたアンケート震度とこの平均震度との差がサイト特性を表していると考えられる。この差の分布を示したのが図-1.4である。これより、平均震度より0.4以上高い震度となった地域が

- ・豊中市、池田市、大阪市西淀川区、高槻市、島本町など府北部域の一部
- ・府南部の山地と平野の境界部
- ・府南部の湾岸の一部

に見られる。また、0.2ないし0.3高い震度となった地域が

- ・豊中市、大阪市西淀川区、茨木市、高槻市
- ・軟弱な地盤が広がっている東大阪市の一部

に集中的に見られる。これに対し、平均震度より0.4以上低い震度域が、

- ・上町台地（洪積地盤）の一部
- ・生駒山地

に見られる。また、全体的に平均震度より高震度域となっている府北部域において、吹田市に広がっている千里丘陵（洪積地盤）ではほぼ平均震度に等し

いという特徴的な結果が得られた。

## 8. おわりに

本論文では、大阪府域を対象として太田方式によるアンケート震度調査を行ない、1995年兵庫県南部地震本震時における震度分布を明らかにした。得られた成果を以下に示す。

- ①兵庫県南部地震本震時の大阪府全域の震度分布を求めた。その結果、高震度域が府北部に集中して見られること、堺市北西部、松原市、藤井寺市などではその周辺地域に比べ震度の低い地域が広がっていること、が明らかとなった。
- ②地震観測網の観測記録から得られる計測震度とアンケート震度との対応関係を検討した結果、岩盤観測点を除いてアンケート震度は計測震度より0.8程度小さく評価されていることが明らかとなった。しかし、この点を補正すれば計測震度との対応が非常に良いことがわかった。
- ③本調査と他機関による調査が重複して実施された地域について、そのアンケート震度を比較した。その結果、神戸大学によるアンケート震度は本調査によるそれより若干大きいことがわかった。一方、大阪市立大学によるアンケート震度は、多少ばらつきはあるものの、本調査結果と同等であることが明らかとなった。また②で示した計測震度との平均的な差を考慮すれば、神戸大学によるアンケート震度と整合性のある結果が得られることが明らかとなった。
- ④太田方式によるアンケート震度調査は、調査対象者などの諸条件により結果が変わる可能性があるため、地震観測記録から求められる計測震度との比較により結果を補正する必要があることがわかった。本検討では上記②の結果を踏まえ、アンケート震度に0.8を加えることにより兵庫県南部地震の大阪府域における補正アンケート震度分布を求めた。
- ⑤兵庫県南部地震では断層破壊伝播による指向性の影響が指摘されている。そこで、府域を震源特性の影響がブロック内でほぼ同等と考えられる十数ブロックに分割し、距離減衰式におけるオフセット値を各ブロック毎に求めた。その結果、この値はあらかじめ設定した断層破壊方向 (N53E) から時計回りに  $15^\circ$  付近で極大、 $75^\circ$  付近で極小となり、再び  $90^\circ$  付近で極大値を示すことがわかった。これは、主に断層破壊伝播による指向性および放射特性に起因するものと考えられる。
- ⑥さらに⑤の結果を利用して、各メッシュ毎に平均

的な震度を求め、これと本調査による震度との差を取ることにより見かけのサイト特性の影響を抽出した。これより、府北部域、東大阪市の一部、湾岸部、山地と平野の境界部に平均的な震度より大きい地域が見られる。これに対し、上町台地や生駒山地の一部では平均的な震度より低震度域となっていることがわかった。

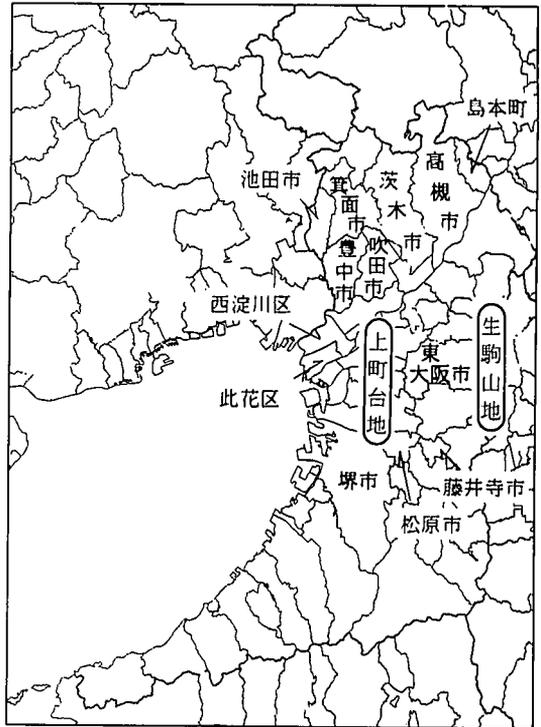
謝辞：アンケート調査は大阪府生活文化部防災計画室（現消防防災安全課）、同土木部土木監理課、同教育委員会、神戸市立本山第1小学校の全面的な協力により実施した。鏡味洋史北海道大学教授、村上ひとみ北海道大学助手（現山口大学助教授）にはアンケート調査項目の設定に関しご教授頂いた。高田至郎神戸大学教授、中川康一大阪市立大学教授には神戸大学および大阪市立大学が実施したアンケート震度調査結果の使用を快く了承して頂いた。また、本研究の一部は関西ライフライン研究会（座長：亀田弘行京都大学教授）の活動の一端として行なったものである。さらに、計測震度算出にあたっては、気象庁、京都大学地震予知研究センター、関西電力株式会社、大阪ガス株式会社、関西地震観測研究協議会による観測記録を用いた。以上の方々、機関ならびにアンケートに回答頂いたすべての方々にお礼申し上げます。

## 付録

本論文中で用いた大阪府内の行政区等の位置を付図に示す。

## 参考文献

- 1) Toki, K., Irikura, K. and Kagawa, T.: Strong motion records in the source area of the Hyogoken-Nanbu earthquake, January 17, 1995, Japan, *Journal of Natural Disaster Science*, Vol. 16, No. 2, pp. 23-30, 1995.
- 2) 太田 裕, 後藤典俊, 大橋ひとみ: アンケートによる地震時の震度の推定, 北海道大学工学部研究報告, No. 92, pp. 241-252, 1979.
- 3) 荏本孝久, 鏡味洋史, 望月利男: 釧路市内の震度分布と被害, 第21回地震震動シンポジウム, pp. 49-60, 1993.
- 4) 鏡味洋史, 岡田成幸: 1993年1月15日釧路沖地震の北海道内高域震度分布調査, 日本建築学会1993年度大会学術講演梗概集 B, pp. 9-10, 1993.
- 5) 高井伸雄, 鏡味洋史, 岡田成幸: 1993年7月12日北海道南西沖地震の市町村別震度調査, 日本建築学会1994年度大会学術講演梗概集 B, pp. 305-306, 1994.



付図 論文中で用いた大阪府内の行政区等の位置

- 6) 天国邦博, 鏡味洋史, 榎永幸介: 1994年北海道東方沖地震における釧路市の震度分布調査, 日本建築学会1995年度大会学術講演梗概集 B-2, pp. 23-24, 1995.
- 7) 鏡味洋史, 高井伸雄: 1994年10月4日北海道東方沖地震・1994年12月28日三陸はるか沖地震の高密度震度調査, 日本建築学会1995年度大会学術講演梗概集 B-2, pp. 25-26, 1995.
- 8) 村上ひとみ, 鏡味洋史: アンケートによる高密度震度調査法の修正メルカリ震度階への適用, 地震 2, Vol. 44, pp. 271-281, 1991.
- 9) Toshinawa, T. and Berrill, J. B.: Questionnaire of intensity in Christchurch, New Zealand, for the 1994 Arthur's Pass earthquake, *Annual Meeting of Seismological Society of Japan*, No. 2, p. 253, 1994.
- 10) 大堀道弘, 奥田 暁, 若松邦夫, 安井 譲: コンビニエンスストアを対象としたアンケート震度調査の試み - 1994年10月4日北海道東方沖地震を例として -, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 478, pp. 71-79, 1995.
- 11) 岡田成幸, 宮川忠芳, 太田 裕: 高密度震度調査にもとづく地域内震度予測式の構成 - 札幌市を例として -, 日本建築学会構造系論文報告集, Vol. 348, pp. 11-17, 1985.

- 12) 鏡味洋史, 岡田成幸, 高井伸雄: アンケート震度調査に基づく北海道の地震危険度マップ, 第9回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.139-144, 1994.
- 13) 宮崎雅徳, 秋吉 卓: アンケート震度調査による表層地盤特性の抽出と Seismic Microzonation への適用性, 土木学会論文集, Vol.495, pp.119-126, 1994.
- 14) 澤田純男, 小野和雄, 岩崎好規: 1990年1月11日滋賀県中部地震の滋賀県内の震度分布調査, 第46回土木学会年次学術講演会講演概要集第1部, pp.30-31, 1991.
- 15) 行政管理庁: 統計に用いる標準地域メッシュおよび標準メッシュコード, 行政管理庁告示第143号, 1973.
- 16) 鏡味洋史, 村上ひとみ: 私信
- 17) 土岐憲三, 後藤洋三, 江尻諒嗣, 澤田純男: 兵庫県南部地震の震源特性と地盤震動特性, 土木学会誌, Vol.80, No.9, pp.32-43, 1995.
- 18) 太田 裕, 小山真紀, 中川康一: アンケート震度算定法の改訂 -高震度領域-, 自然災害科学, Vol.16, pp.307-323, 1998.
- 19) 震度問題検討会: 計測震度の算出方法, 震度問題検討会検討結果最終報告, 1995.
- 20) 尻無濱昭三, 宮崎雅徳, 榎崎秀樹, 梅田慎一: 日向灘で発生した地震(1996年10月19日)のアンケート震度調査による精密震度分布図と計測震度との比較, 日本建築学会1997年度大会学術講演梗概集B-2, pp.47-48, 1997.
- 21) 中村 操, 野越三雄, 山本佳史, 山田 真: 計測震度とアンケート震度の関係, 日本地震学会1996年度秋季大会予稿集, A52, 1996.
- 22) 高田至郎, 上田直樹, 田中良英: 計測震度に対応する新しいアンケート震度の算定手法, 土木学会平成10年度関西支部年次学術講演会講演概要集, I-29, 1998.
- 23) 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(代表高田至郎, 嘉島崇志): 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-, 1996.
- 24) 中川康一, 根本泰雄, 井上直人, 千田智志, 岡本健太郎, 三田村宗樹, 升本真二, 柴山元彦, 領木邦浩, 辻江賢次: 兵庫県南部地震の広域アンケート震度調査(1) -調査結果の概要とマイクロゾーニング-, 1998年地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, p.384, 1998.
- 25) 中川康一, 井上直人: 私信
- 26) 太田 裕, 鏡味洋史: 震度分布の簡易予測法-アンケート調査からの成果を利用して-, 第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, pp.281-282, 1978.
- 27) Hartzell, S.H.: Earthquake aftershocks as Green's functions, *Geophysical Research Letters*, Vol.5, pp.1-4, 1978.
- 28) Irikura, K.: Prediction of strong acceleration motion using empirical Green's function, *Proceedings of the 7th Japan Earthquake Engineering Symposium*, pp.151-156, 1986.
- 29) 釜江克宏, 入倉孝次郎: 1995年兵庫県南部地震の断層モデルと震源近傍における強震動シミュレーション, 日本建築学会構造系論文集, No.500, pp.29-36, 1997.

(1998.1.22 受付)

## DISTRIBUTION OF SEISMIC INTENSITY IN OSAKA PREFECTURE DURING THE 1995 HYOGO-KEN NANBU EARTHQUAKE BASED ON QUESTIONNAIRE SURVEY

Masato TSURUGI, Sumio SAWADA, Kojiro IRIKURA and Kenzo TOKI

A questionnaire survey is carried out to investigate the distribution of seismic intensity in Osaka prefecture during the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake. The results are compared with the measured seismic intensity calculated from the observed records and the questionnaire seismic intensity resulted by other surveys in the overlapped regions. It is concluded that the questionnaire seismic intensity needs to be corrected using the observed strong motions. The reliable distribution of the seismic intensity is obtained by adding 0.8 to the questionnaire seismic intensity. The effects of source, path, and site characteristics on the seismic intensity distribution are also examined.