

1995年兵庫県南部地震における 木造家屋の倒壊様式と倒壊方向

松 田 高 明*・竹 村 厚 司**

Collapse pattern and Directions of Wood Buildings by the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake

Takaaki MATSUDA* and Atsushi TAKEMURA**

Abstract

More than 100,000 wood buildings collapsed by the Hyogo-ken Nanbu Earthquake (Jan. 17, 1995. $M=7.2$). We researched the collapse pattern and direction of about 2700 wood buildings from Takarazuka City to the northern part of the Awaji Island to estimate the shock directions of the earthquake in the hypocentral region. The following remarkable features were observed.

Most of the collapsed wood buildings were damaged in a similar manner: their basal floors were inclined or collapsed in a direction in the case both of one and two storied buildings, although their second floors and/or roofs were not severely damaged.

Predominant collapse direction of the wood buildings was observed in the narrow zone, "Shinsai no Obi (zone heavily damaged by the earthquake)", from Suma to Takarazuka. In the zone, five blocks were found out according to the collapse directions of the wood buildings. The predominant collapse direction implies that a strong shock collapsed most of the wood buildings in each block, and suggest that main shock directions were opposite to the collapse direction in the blocks.

Key words: the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake, collapse pattern of wood buildings, collapse direction of wood buildings.

はじめに

兵庫県南部地震(1995年1月17日, $M=7.2$)の大きな特徴は、「震災の帯」(嶋本ほか, 1995)と呼ばれる幅1~2 kmの狭い带状の地域に被害が集中したことである。この帯の中で多くの木造家屋が倒壊し, 6500人におよぶ多くの犠牲者がでた。「震災の帯」が生じた原因を明らかにすることは, 今後の地震防災にとってきわめて重要である。地震直後から, 様々な観点から調査・研究が行われ, 伏在活断層説(波田・宮田, 1996; 宮田ほか, 1995; 嶋本ほか, 1995など)・放射された地震波の伝搬過程の違いによるフォーカシング効果(入倉, 1995; 中川, 1996)・

地形および表層地質(池田, 1996; 高橋, 1996; 田中・沖村, 1996)などが「震災の帯」を生じた原因としてあげられ, 様々な議論がなされている。しかし, 未だに意見の一致は得られていない。

この地震の震源域における地震動の方向と大きさは, 地震発生時の岩石破壊の様子や, 活動した活断層の位置を推定する上で重要な情報になるだけでなく, 「震災の帯」の原因を考える上でも必要不可欠の資料である。今回の地震の震源域における地震動の記録は, 強震動計の記録として残されているが, 設置されていた強震計の数が少なく, 震源域における地震動の全貌を知るには到っていない。また, 組織的に集められた余震の記録から,

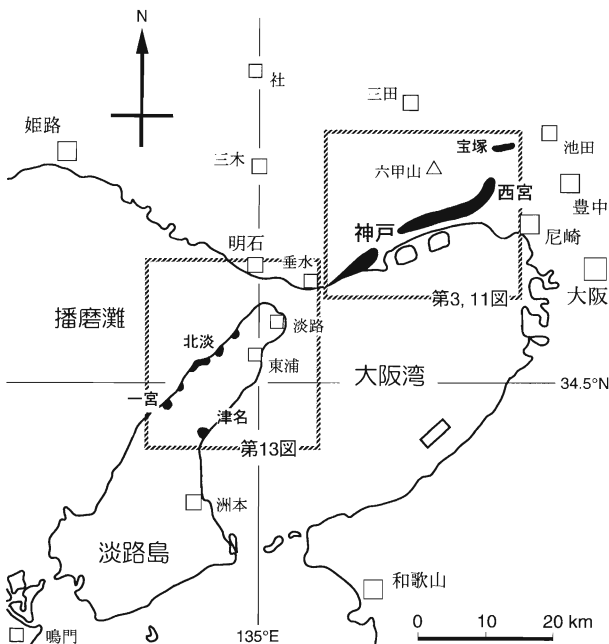
* 姫路工業大学理学部地学研究室 Department of Geology, Faculty of Science, Himeji Institute of Technology, Shosha 2167, Himeji, Hyogo 671-22, Japan. e-mail: matsuda@sci.himeji-tech.ac.jp

** 兵庫教育大学自然系地学教室 Geoscience Institute, Hyogo University of Teacher Education, Yashiro-cho, Kato-gun, Hyogo 673-14, Japan. e-mail: takemura@sci.hyogo-u.ac.jp

インバース法により本震の震動を復元する試みも行われているが(入倉, 1995など), まだ2次元モデルによるシミュレーションの段階であり, 3つのイベント(菊池, 1995a; Kamae and Irikura, 1995)からなる今回の本震の実際の姿を近似しているのかという疑問も残されている. この点を補うためには, 本震時に実際に起こった現象を把握する必要がある.

筆者らは, 地震発生の日後から神戸市内における調査を開始した. その際, 「震災の帯」の中で木造家屋が一定の方向に倒壊しているのに気づき, この倒壊方向が震源域における地震動の震動方向を示しているかもしれないと考えた. そこで, 倒壊した木造家屋の分布と倒壊方向の調査を, 淡路島北部から宝塚市にかけての地域(第1図)で行ない, 2600戸を越す木造家屋の倒壊方向を観察した. 筆者らが, 木造家屋に調査対象を絞ったのは, できるだけ同じ基準で, 被災地全体の様相を比較するためである.

本研究の概要は既に松田・竹村(1995)に報告し, さらに, 本研究の結果から推定される木造家屋の被害をもたらした地震動についての考察は, 別に報告した(松田・竹村, 印刷中). しかし, 調査結果の詳細を記録に残しておくことは, 地震に関する将来の研究や地震防災対策の立案にとって重要である. したがって本資料では, 調査した木造家屋の倒壊方向と位置を全てルートマップに記して報告する.

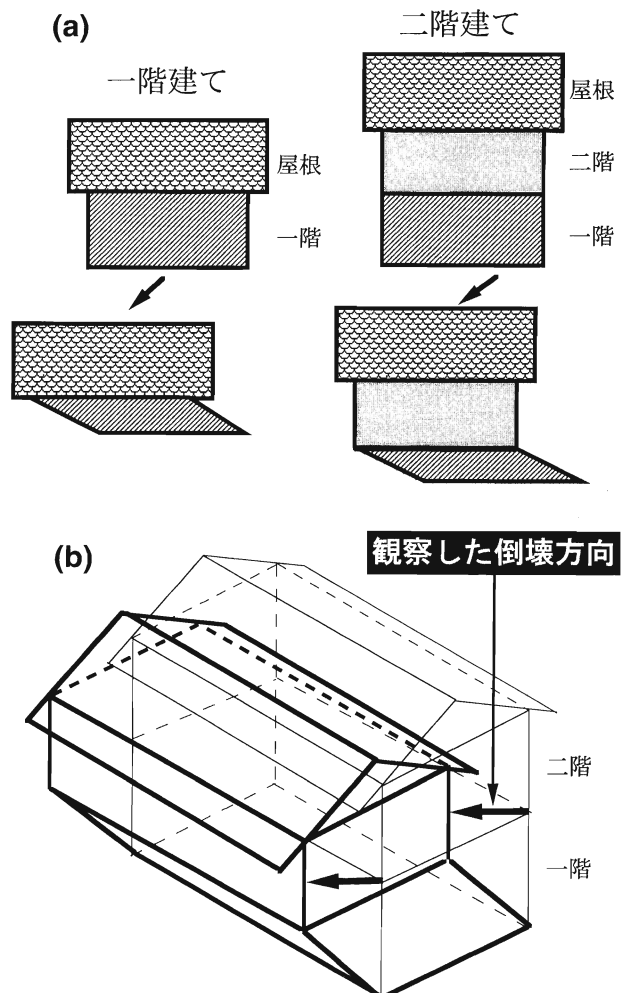


第1図 調査地域. 黒色部は木造家屋の倒壊が顕著に見られた地域を示す.

木造家屋の倒壊様式

被災した木造家屋の多くは一定の様式で倒壊していた(第2図a). 二階建ての家屋で倒壊または傾いたものの大部分は, 二階および屋根部分が大きく破壊されず形を留めているのに対して, 一階部分が横から押された形で倒壊・傾斜していた. 一階建ての家屋の場合は, 屋根部の破壊が小さく, 住居部分が横から押される形で倒壊・傾斜した家屋が多かった. どちらの場合も, 家屋の土台部分が「足払い」を受けた形で倒壊していた. そのため, 一階部分の柱および壁の傾き方から, 家屋の倒壊方向を容易に決めることができた(第2図b). このような倒壊様式は, 地震動で土地が動いた際に, 家屋に慣性力が働きその場に残ろうとして, 地面と家屋との間に相対的に異なった運動が生じ, そのため家屋の土台部分にひずみが生じて, 家屋が倒壊したことを示している.

観察した倒壊・傾斜した木造家屋のほとんどがこのような倒壊様式を示し, 倒壊方向を決められなかった家屋は極めて少なかった. 地震発生時に木造家屋の一階にいた人が, 二階にいた人よりも圧倒的に多く圧死されたの



第2図 a: 木造家屋の典型的な倒壊パターン. b: 観察した倒壊方向.

は、このような家屋の倒壊様式に原因があるものと考えられる。

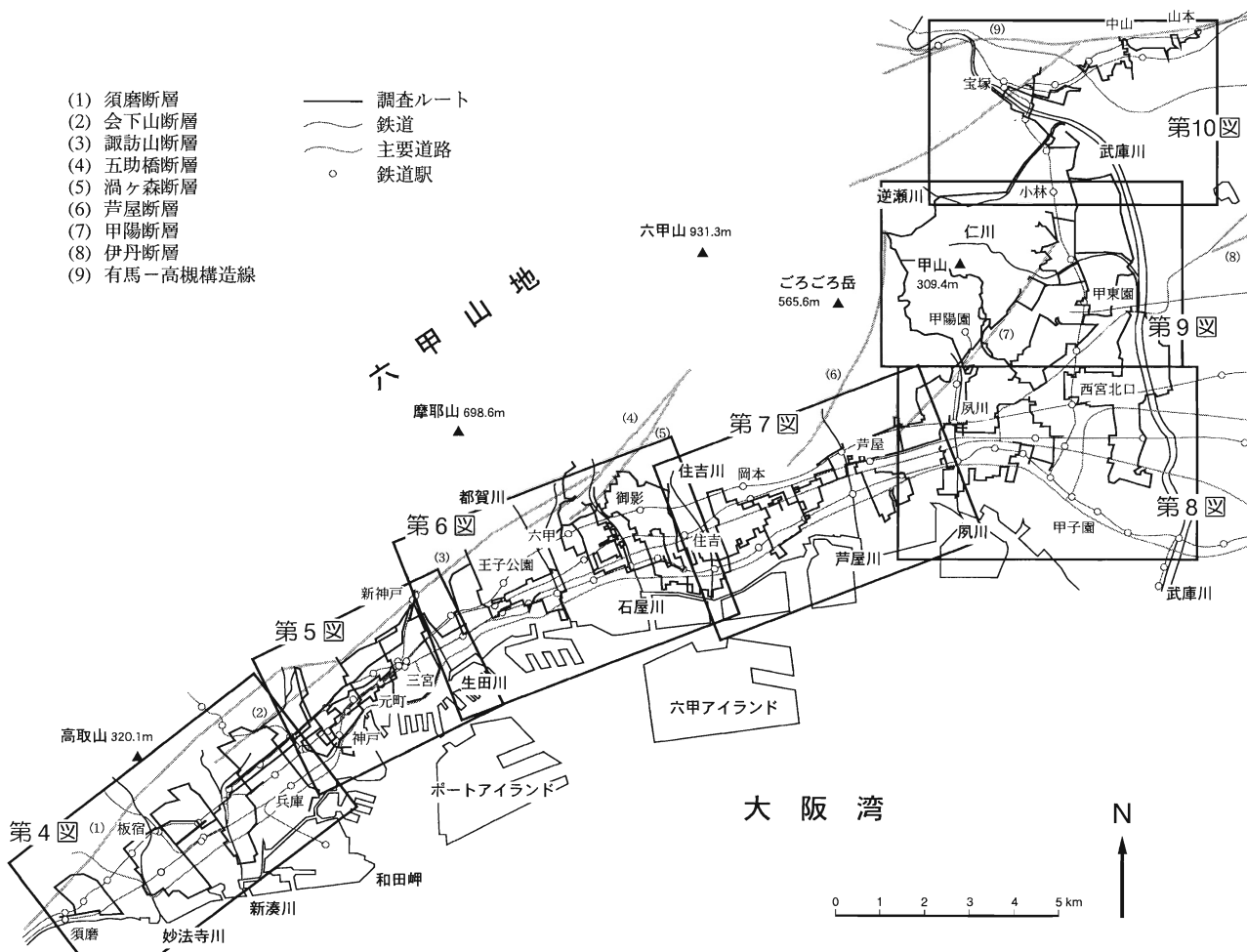
木造家屋の倒壊方向の調査方法

第3図に示したルート沿いで、木造家屋の倒壊方向を記録した。その中には、完全に一階部分が潰れてしまった家屋のほか、大きく傾いた家屋も含まれる。調査対象はほとんど民家であるが、一部に木造の寺社も含まれている。観察した倒壊家屋の内、倒壊した方向が不明なものは極めて少なく、調査ルートに沿って見られた倒壊家屋の大部分の倒壊方向を記録できた。ただし、急斜面上や石垣上の建物で、地滑りや斜面崩壊によって倒れたと考えられるものは調査対象から除いた。しかし、これらの戸数は少なかった。したがって、本報告で記録した倒壊家屋は、調査ルート沿いの倒壊家屋の大部分を記録したことになる。

先に述べたように、木造家屋の倒壊方向は一階の柱や壁の倒れた方向によって決定した(第2図b)。実際の調査においては、全ての家屋の倒壊方向をクリノメーター

で厳密に測定することは困難であった。甚大な被害を受けた地域では無数の瓦礫が散乱し、倒壊家屋に近づけないこともあった。また、倒壊方向の測定誤差を考えたとき、10度以下の精度で測定することは必要ないと判断した。したがって、多くの場合、倒壊方向と家屋の面する道路の方向との間の角度を目測で見積もり、その方向を地図上に記録した。地図上に明記されていない路地などの場合や道路の方向が分かりづらい場所では、必要に応じてクリノメーターを用いて方位を測定した。

以上のように、主に道路の方向を基準(座標軸)にして倒壊方向を記録した。六甲山地南・東麓、特に神戸市から西宮にかけての地域では、主要道路はほぼ六甲山地南縁に平行に走るかそれに直交している。また、小さな街路も、多くの場合、ほぼ主要道路に平行している。六甲山地南縁は西から東へ向かって北東・東西～東北東・南北とその方向が変化する。それに応じて、主要道路の延びの方向も変化している。そのため、一つの地域内ではほぼ同一の座標軸で倒壊方向を記録できたが、地域ごとに座標軸は異なっており、調査地域全域の倒壊方向を同一の座標軸で記録できなかった。したがって、ここで記



第3図 神戸・阪神地域のルートマップ(第4～10図)の位置図。活断層は藤田・笠間(1982, 1983)および藤田・前田(1984)による。

録した倒壊方向にはかなりの誤差が含まれていることにはなる。しかし、次章で述べるような、45度ごとの方向区分による卓越した倒壊方向の議論には、ここに示した倒壊方向は十分に使用できるデータである。

本研究では淡路島から宝塚の範囲で、倒壊の分布に留意しながら、2640戸の木造家屋の倒壊方向を観察した。本調査は1995年1月21日から2月10日までの間に行った。なお、松田が神戸市王子公園付近から宝塚市までの間を、竹村が神戸市垂水から王子公園までと淡路島北部、宝塚市東部を調査した。

調査結果

1. 神戸・阪神地域の倒壊家屋の分布と倒壊方向

第4～10図に、六甲山南麓・東麓の神戸市須磨区から宝塚市にかけての市街地において観察できた木造家屋の倒壊方向を全て矢印で示す。倒壊方向を特定できなかった家屋は極めて数が少なく、調査ルートに沿って矢印が記入されていない地域では、倒壊した木造家屋がほとんど見られなかったことを示している。この神戸・阪神間の市街地では、地震直後より調査を始めたため、約2500戸の木造家屋の倒壊方向を記録することができた。

神戸市街地西部の須磨～湊川公園付近にかけての地域(第4図)では、山陽電鉄・神戸市営地下鉄よりも北(山)側が大阪層群などの主に鮮新・更新世の堆積物からなる丘陵地や段丘で、南(浜)側に兵庫区、長田区の位置する低平な沖積地が分布する(藤田・笠間, 1983; 藤田・前田, 1984)。木造家屋の顕著な倒壊は、山側の丘陵地や段丘では少なかったが、この浜側の低平な沖積地で主に観察された。ほとんどの木造家屋が倒壊するような極めて甚大な被害は、JR線付近からその北側に主に見られ、海岸に近い地域では倒壊家屋は少なかった。

この地域の市街地はほぼN50°E方向に延びており、街路は須磨駅周辺を除いて、約N50°Eと約N40°Wの格子状をなす。須磨駅周辺では南向きに倒壊した家屋が多く見られるが、その他の地域では南東向きに倒れた家屋が大多数であることが明瞭である(第4図)。周辺部の板宿駅北西や新開地駅南東(第5図)などでは、家屋の倒壊方向にかなりのばらつきが見られるが、より被害の激しい湊川公園南西や新長田駅付近などでは南東への倒壊が顕著である。

JR神戸駅北西の湊川公園付近から元町にかけての地形は、旧湊川の流路の扇状地と段丘からなる(藤田・笠間, 1983)。この地域では、明らかに木造家屋の倒壊が少ない(第5図)。特に湊川神社周辺には木造家屋が多数あるにもかかわらず、倒壊もしくは傾斜した家屋はほとんどない。この付近には「震災の帯」が途切れた「帯のほころび」(松田・竹村, 印刷中)が認められる。三宮付

近では鉄筋の建造物には大きな被害が生じたが、倒壊した木造家屋の数は少ない(第5図)。これは、この地域には木造家屋の数がもともと少ないことによる。

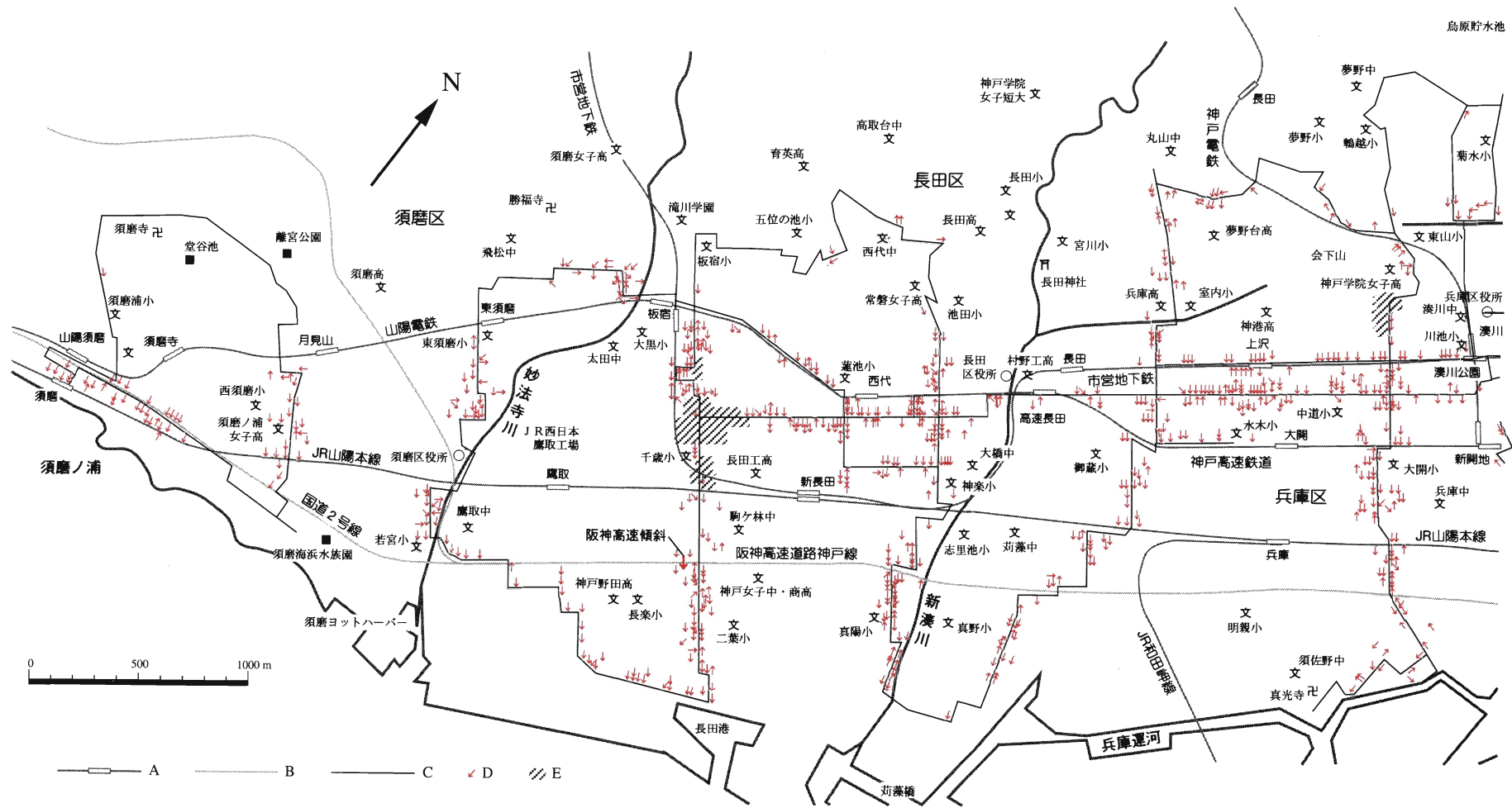
三宮から住吉川付近にかけての市街地(第5, 6図)は、主に生田川・西郷川・都賀川・石屋川・住吉川などの扇状地もしくは中・低位段丘からなっている(藤田・笠間, 1982; 1983)。これに対して、摂津本山付近から芦屋市(第7図)にかけては、海岸付近からはほぼ阪急神戸線付近までは低平な沖積低地であり、それより北側では扇状地や段丘になり、地形面の縦断勾配が急に大きくなる(藤田・笠間, 1982; 1983)。表層地盤もこれらの地形に応じて変化する(神戸市企画局, 1980)。三宮以東から芦屋市・西宮市にかけての木造家屋倒壊地域は、このようなさまざまな地形・表層地盤と対応することなく、西南西～東北東に細長く伸びている。阪急神戸線付近より山側では家屋の倒壊は少なく、JR線付近から阪神電鉄本線にかけての帯状の地域で木造家屋の倒壊が顕著に見られる。この地域でも阪神電鉄本線以南の浜側では、家屋の倒壊は比較的少ない。

この地域の街路は、三宮から西宮市夙川まではほぼ阪急神戸線以南の地域で、約N70°Eと約N20°Wの格子状となっている。第6, 7図から明らかのように、生田川付近から芦屋市にかけての倒壊した家屋は、多くが北向き(北北西向き)に倒れていた。また、天上川から夙川までの阪急神戸線と国道2号線に挟まれた細長い地域では、北・西・北西の三方向がほぼ同数みられた。

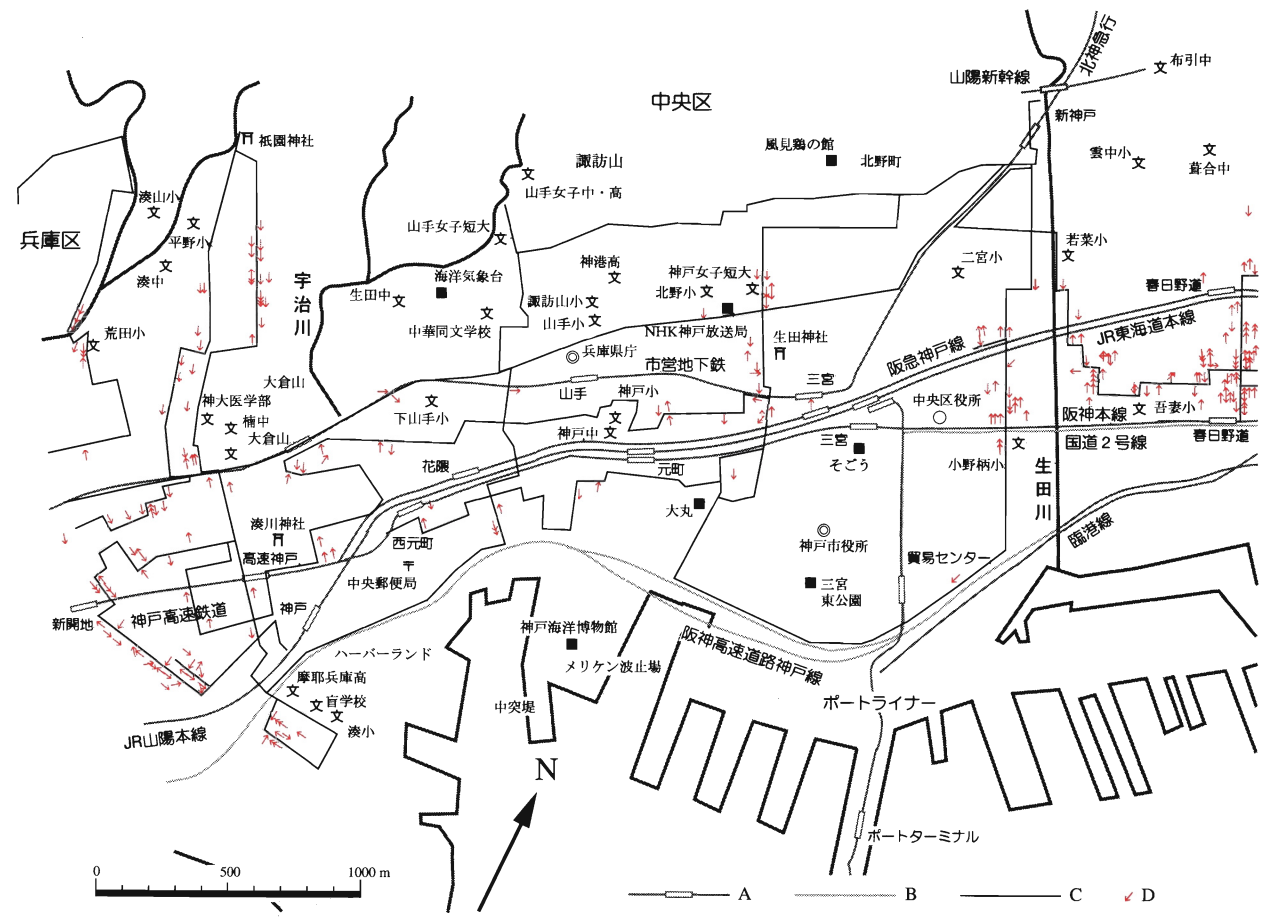
西宮市付近の地形は、北西側が段丘・大阪層群よりなる丘陵地で、南東側の国道171号線、阪急神戸線、今津線付近は沖積地である(第8, 9図; 藤田・笠間, 1982)。丘陵地にも家屋の倒壊は見られるが、甚大な被害が生じているのは南東側の沖積地である。海岸に近いより南の地域や東側の武庫川近辺では、木造家屋の倒壊は少ないかほとんど見られない。西宮市の夙川から甲東園にいたる地域では、街路はほぼ東西と南北に走っている。この地域では明らかに西方向に倒れた家屋が多い(第8, 9図)。

宝塚市南部の仁川から逆瀬川にかけての武庫川右岸(第9, 10図)では、阪急今津線以西はおおむね段丘・大阪層群の丘陵地で、それ以东は沖積低地である。甲東園以南の西宮市域との地形的差異はあまり認められないが(藤田・笠間, 1982)、この地域では調査したルート上では倒壊した家屋が全く認められず、また、他の調査においても同様の観察が報告されており(例えば、中央開発株式会社, 1995)、「帯のほころび」(松田・竹村, 印刷中)があるものとみられる。

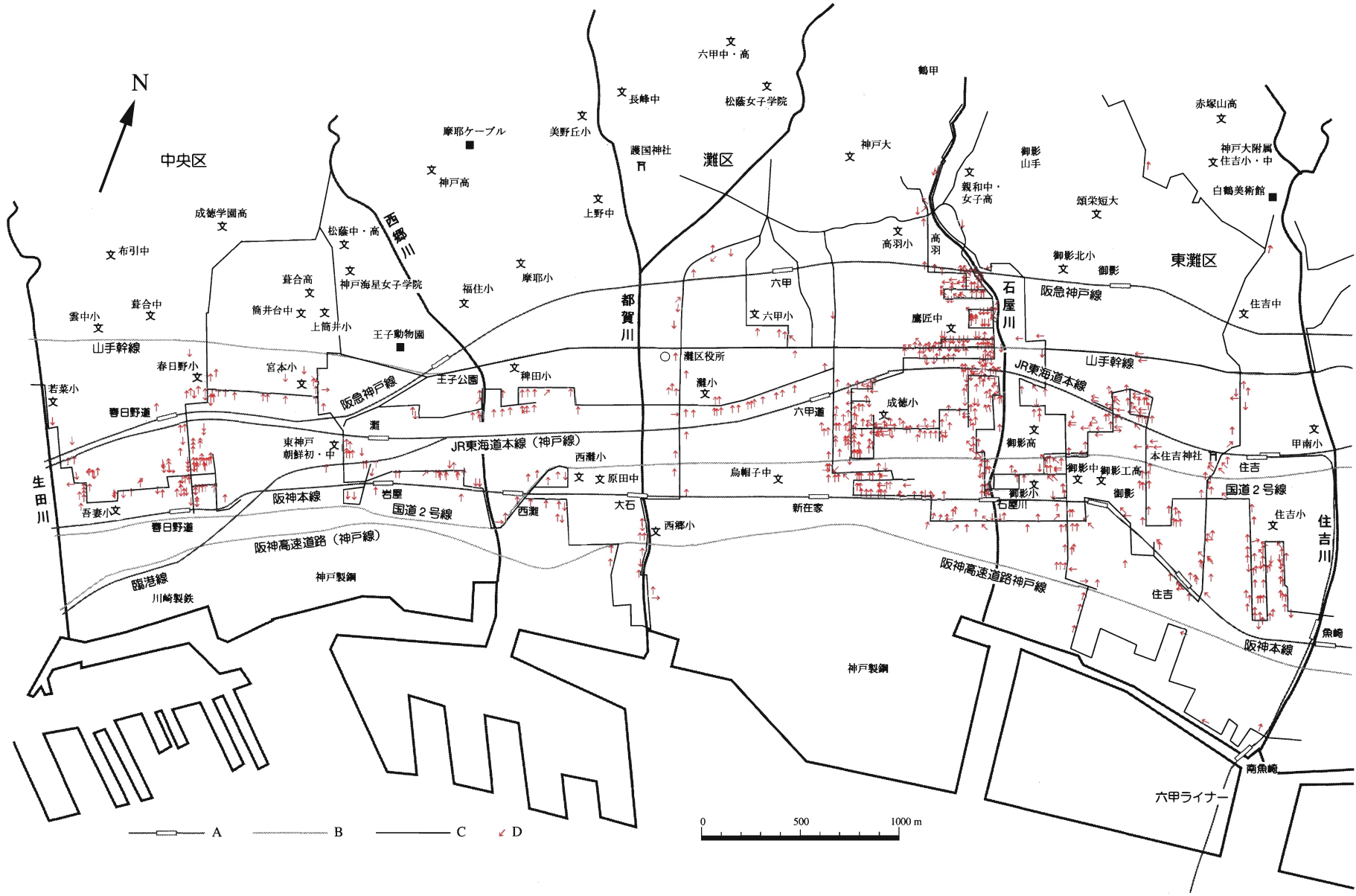
武庫川左岸の宝塚駅付近では(第10図)、ほぼJR福知山線より北が段丘、南が沖積地で、売布神社以东には低位段丘面が広がる(藤田・笠間, 1982)。この地域では、



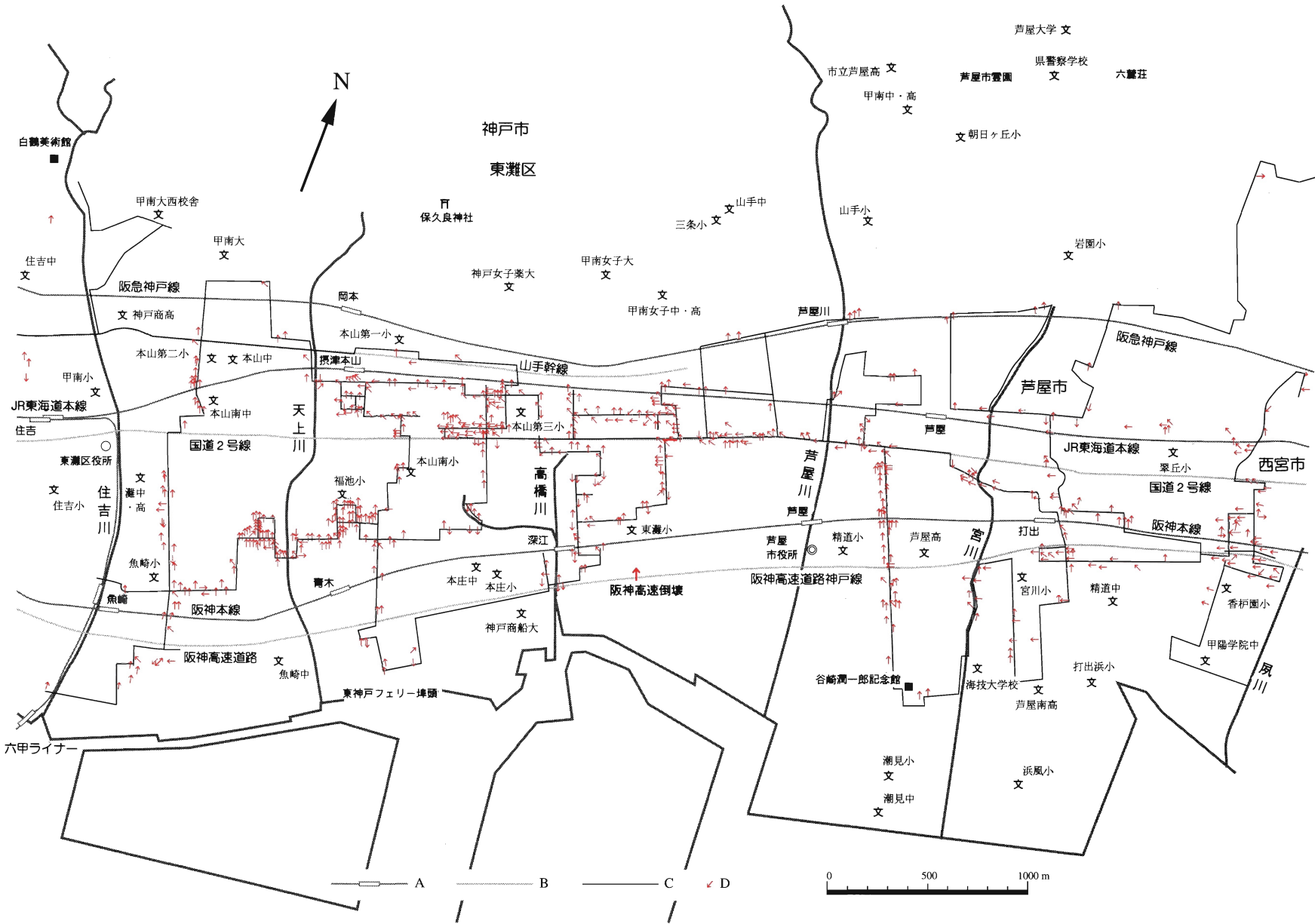
第4図 須磨—湊川間のルートマップ。A：鉄道および地下鉄，B：主要道路，C：調査ルート，D：木造家屋の倒壊方向，E：焼失地域。



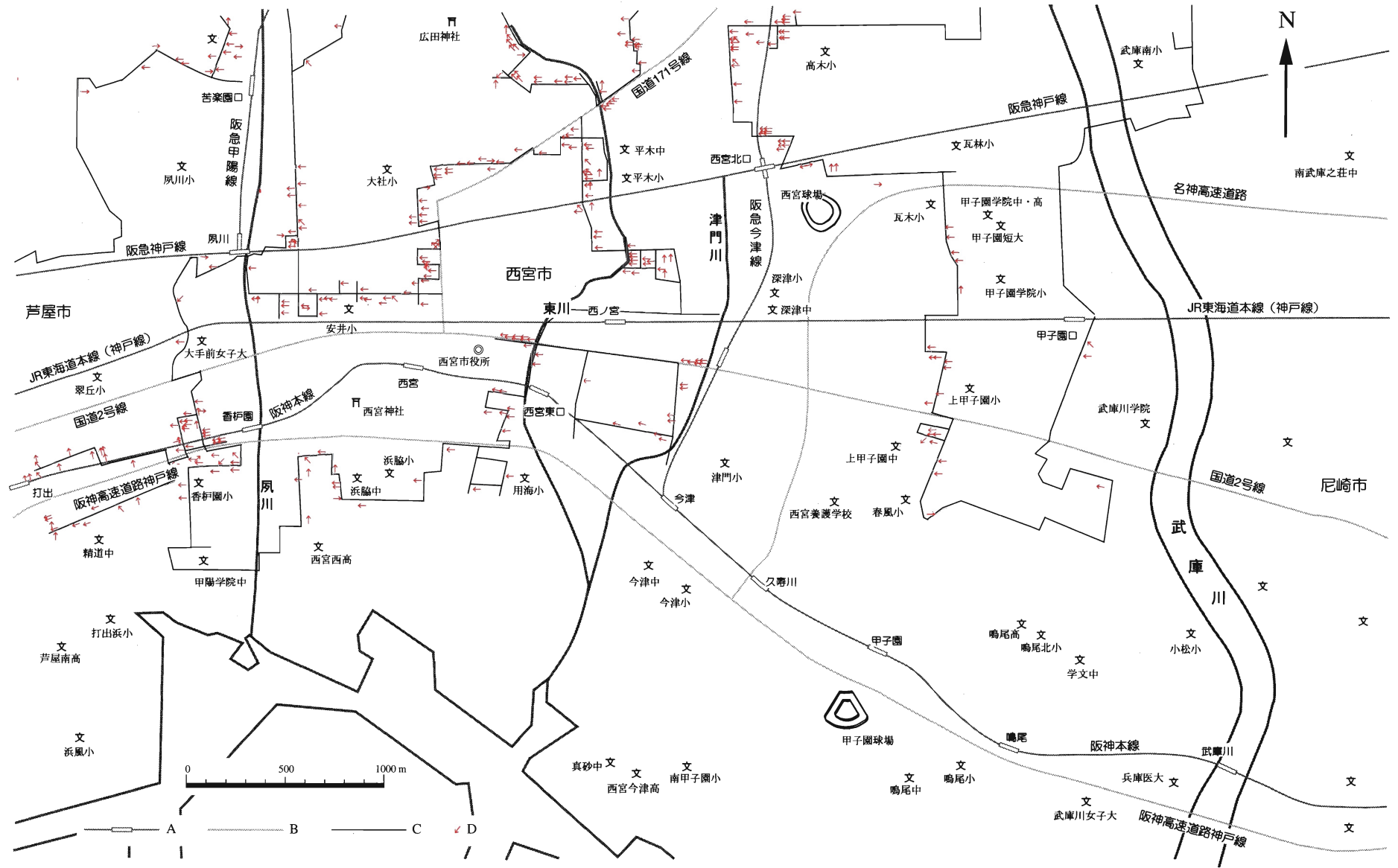
第5図 湊川-生田川間のルートマップ。凡例は第4図と同じ。



第6図 生田川-住吉川間のルートマップ。凡例は第4図と同じ。

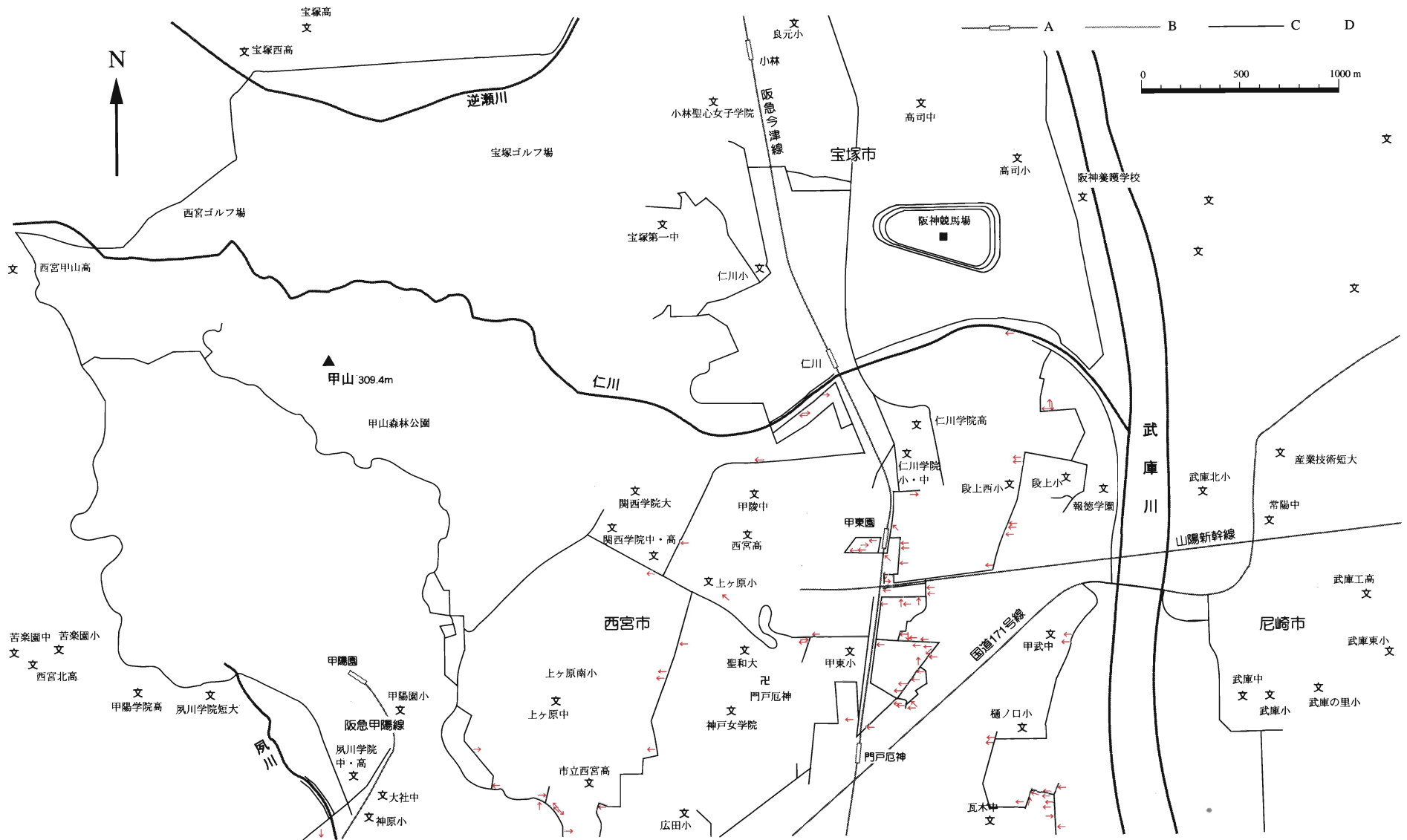


第7図 住吉川—芦屋間のルートマップ。凡例は第4図と同じ。

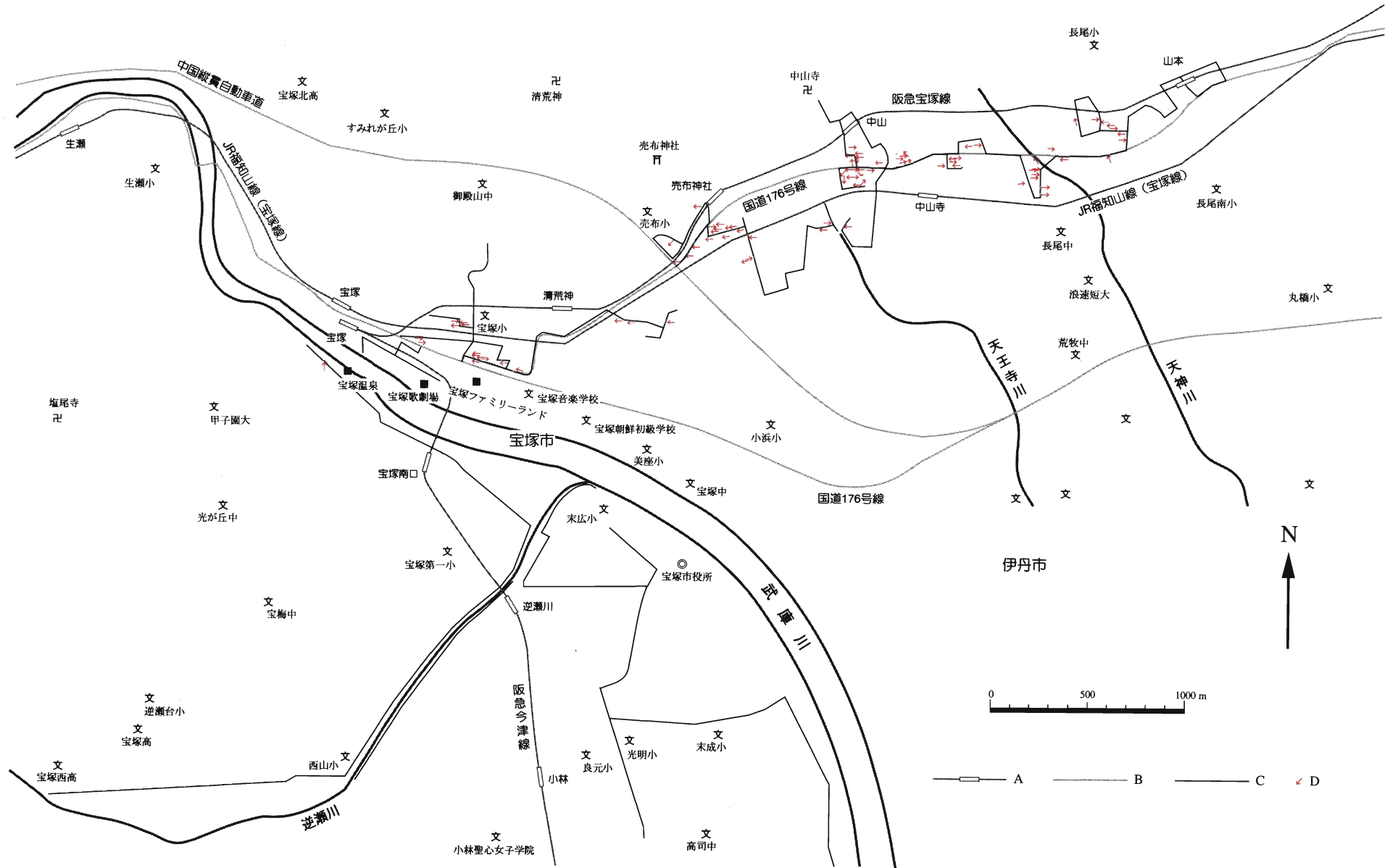


第8図 西宮付近のルートマップ. 凡例は第4図と同じ.

兵庫県南部地震の家屋倒壊の様式と方向



第9図 仁川付近のルートマップ。凡例は第4図と同じ。

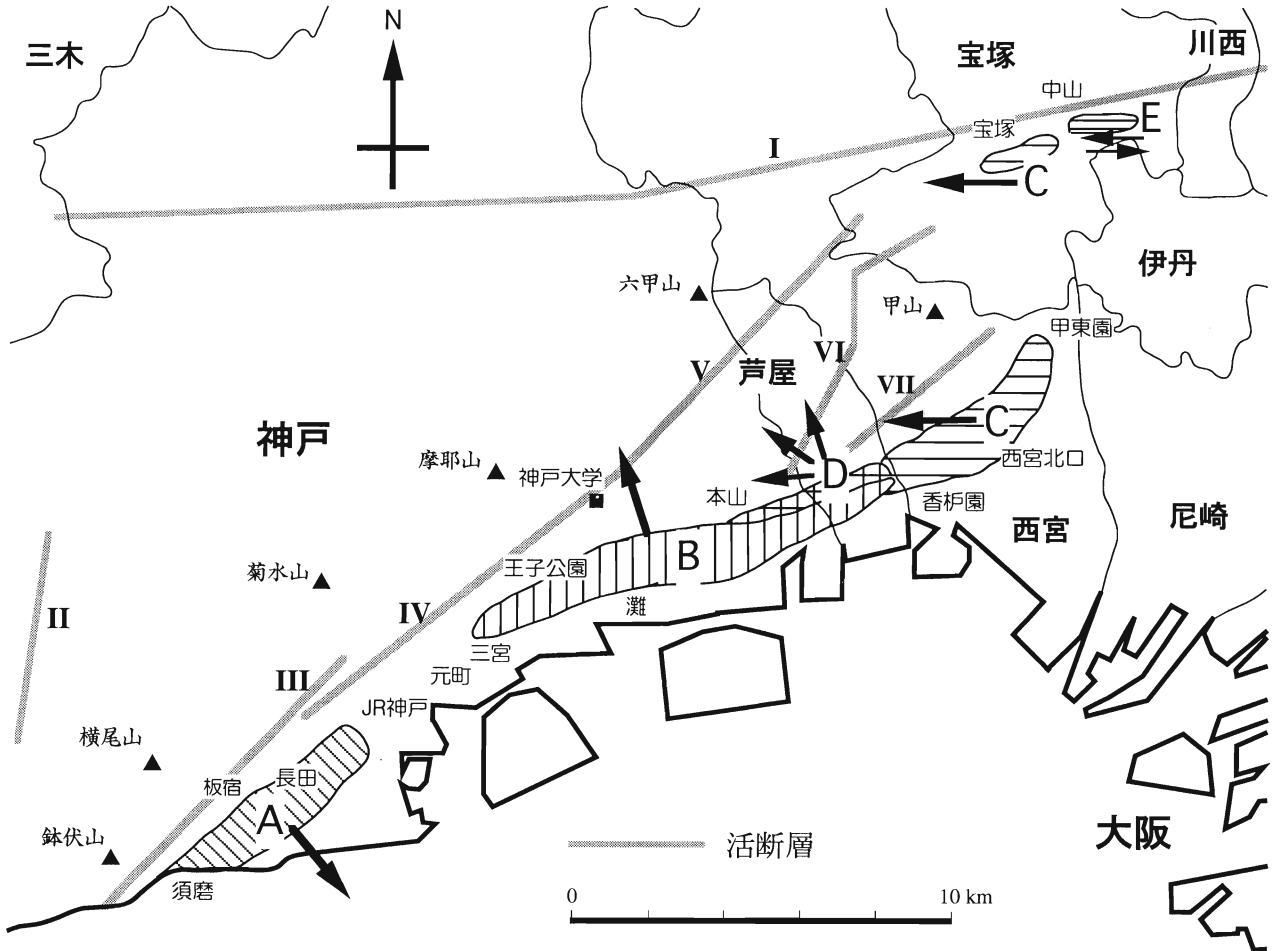


第10図 宝塚付近のルートマップ。凡例は第4図と同じ。

宝塚から山本までの間の、JR福知山線と阪急宝塚線に挟まれた地帯で大きな被害が発生したとの情報を得たので、調査ルートを設定した。倒壊家屋は宝塚駅周辺の沖積地にも見られるが、より多くは段丘面上で顕著に見られており、ほぼJR福知山線と阪急宝塚線に挟まれた帯状の分布を示している。宝塚駅から売布神社にかけては西宮と同様、西向きに倒れた家屋が多いが、中山から山本にかけては東西両方に倒れた。

2. 神戸・阪神地域の倒壊方向の分布からみたブロック区分

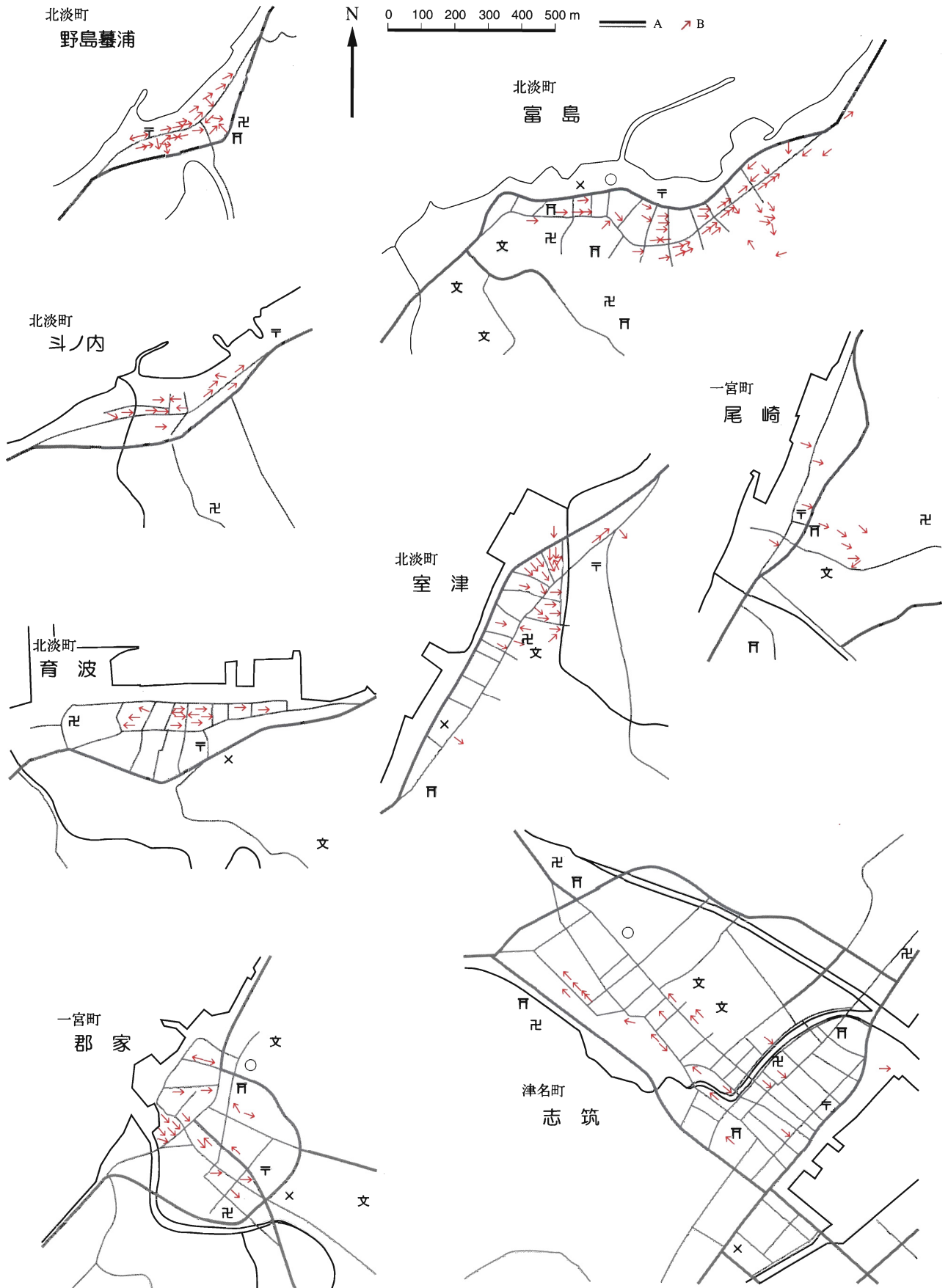
以上のように六甲山地南・東麓では、卓越した木造家屋の倒壊方向が地域ごとに見られた。松田・竹村(印刷中)は、その卓越倒壊方向により、この地域をAからEの5つのブロックに区分した。各ブロックの範囲と卓越する倒壊方向を第11図に、各ブロックごとに計数した倒壊家屋の方向別の割合を第1表に示す。第1表に示した



第11図 木造家屋の卓越倒壊方向にもとづく神戸・阪神地域のブロック区分。A～E：木造家屋の倒壊方向によるブロック区分，矢印：各ブロック中の卓越した家屋倒壊方向，I：有馬-高槻構造線，II：高塚山断層，III：須磨断層，IV：諏訪山断層，V：五助橋断層，VI：芦屋断層，VII：甲陽断層。

表1 神戸・阪神間の各ブロックにおける木造家屋の倒壊方向の比率(%)

ブロック	観察戸数	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
A	794	<1	3	2	72	<1	2	1	18	須磨～JR神戸駅
B	928	72	<1	1	<1	13	<1	8	5	三宮～芦屋川
C	481	12	<1	5	<1	<1	1	74	6	芦屋～宝塚
D	239	40	<1	1	0	3	1	37	16	本山～芦屋（北側）
E	24	4	0	58	0	0	0	33	4	宝塚東部



第12図 淡路島北部のルートマップ。A：道路，B：木造家屋の倒壊方向。

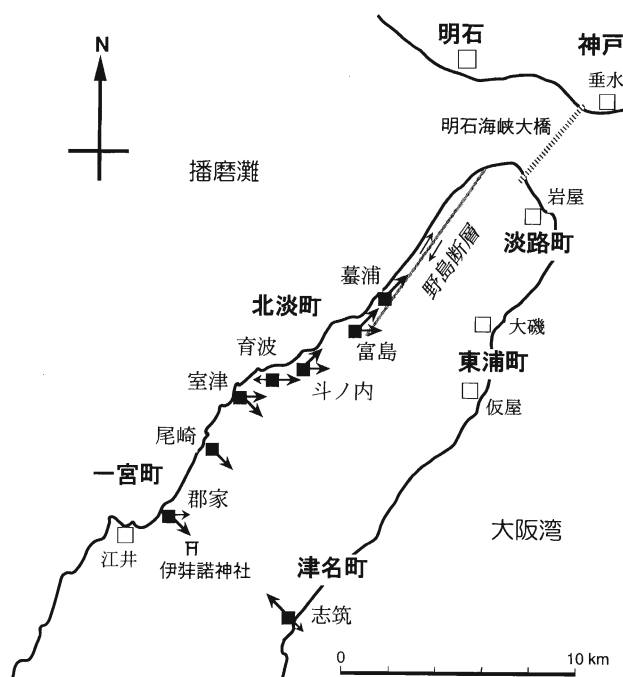
倒壊の方向の集計においては、水平面上360度を8区画に分け、各区画ごとの戸数を計数した。したがって、第1表に示された方向は実際の卓越した倒壊方向と多少ずれているものもある。例えば、Bブロックにおける実際の卓越した倒壊方向は北北西であるが、この表では北と表現されることになる。また、各ブロックの境界は厳密に引かれるものではなく、倒壊方向が大きく変わるおおよその位置に引いたものであるため、ブロックごとに集計された倒壊家屋の戸数はブロックの境界線の引き方によって多少異なることになるが、第1表に示された傾向が変わることはない。

A・B・Cブロックは、卓越倒壊方向が1方向しか見られず、それぞれ南東・北(北北西)・西を示した地域である。Dブロックは北(北北西)・北西(西北西)・西(西南西)の3方向がみられた地域、Eブロックは東・西2方向が見られた地域である。Aブロックは、須磨から湊川公園付近まで、Bブロックは三宮から芦屋川付近まで、Cブロックは西宮から甲東園付近までと宝塚付近の地域である。Cブロックは、倒壊家屋の少ない部分を挟んで南北に2地域に分布する。DブロックはBブロックの北東側に細長く分布する。Eブロックは調査地北東端の宝塚東部にみられる。

3. 淡路島北部の調査結果

淡路島の調査は1月31日及び2月4日の両日に行なった。しかし、既に多くの倒壊家屋が撤去されており、観察できた戸数は170戸であった。淡路島では多くの民家が各集落内に集中しているため、調査は北淡町、一宮町、津名町の8集落(第12図)に絞った。この他、淡路町岩屋、一宮町江井、及び東浦町の各集落では、倒壊した家屋はほとんど見られなかった。

淡路島での調査結果を第12図に示す。また、集落ごとの倒壊家屋の倒壊方向別の戸数と比率を第2表に示す。



第13図 淡路北部の各集落における木造家屋の卓越倒壊方向。各集落ごとに集計した倒壊方向の比率が30%以上の方向を示した。矢印の大きさは比率の大きさを相対的に示す。黒四角は木造家屋の倒壊が多く見られた集落を示す。

第2表に見られるように、各集落で観察した戸数は、富島が最も多く48戸であるが、他の集落では全て30戸以下と少ない。淡路島北部においては、集落ごとに卓越する倒壊方向が認められる。比率が30%を越す倒壊方向、および各集落の位置を第13図に示す。全体として播磨灘側の西海岸では家屋は東向きに倒壊し、北の集落から南の集落へ向かって、北東から東・南東と倒壊方向が変化している。それに対し、大阪湾側の津名町志筑では、北西向きに倒れた家が多い。しかし、この淡路地域では、六甲山地南・東麓にみられる70%を越すような卓越した倒壊方向を観察できたのは、一宮町尾崎だけであった。

表2 淡路島北部の各集落における木造家屋の倒壊方向の戸数と比率(%)

	北淡町								一宮町				西海岸全体	津名町				
	野島		暮浦		富島		斗ノ内		育波		室津			尾崎		郡家		志筑
	戸数	%	戸数	%	戸数	%	戸数	%	戸数	%	戸数	%	戸数	%	戸数	%	戸数	%
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	16	64	19	40	4	31	0	0	4	15	0	0	43	28	0	0	0	0
E	2	8	15	31	6	46	8	62	8	30	1	10	44	29	0	0	0	0
SE	1	4	6	13	0	0	0	0	10	37	8	80	35	23	6	30	0	0
S	2	8	1	2	0	0	0	0	3	11	0	0	6	4	0	0	0	0
SW	3	12	6	13	0	0	0	0	0	0	1	10	10	7	0	0	0	0
W	0	0	0	0	3	23	5	38	1	4	0	0	9	6	1	5	0	0
NW	1	4	1	2	0	0	0	0	1	4	0	0	6	4	13	65	0	0
Total	25	100	48	100	13	100	13	100	27	100	10	100	153	100	20	100		

まとめと今後の課題

以上のように、兵庫県南部地震で木造家屋が顕著に倒壊した「震災の帯」では、地域ごとに全倒壊家屋の70%以上がある一定方向に倒れるという卓越した倒壊方向が見られた。須磨～湊川公園間では南東、三宮～芦屋間では北、西宮～宝塚間では西に多くの家屋が倒れ、摂津本山～芦屋間の六甲山よりの地域では、北・西・北西の三方向が卓越していた。宝塚東部では東西両方向に倒壊しているのが認められた。淡路島では多くの戸数を観察できなかった。しかし、西海岸の集落では全体として東向きの倒壊方向が卓越していた。その方向は北東から南西の集落へと北東から東、南へと徐々に時計回りに回転している傾向を示す。

地域ごとに卓越した倒壊方向が見られることから、倒壊の原因として、家屋の構造や地形などの要因は小さいものと考えられる。また、もし地震動が続いている間に家が徐々に倒れたとすると、家屋は揺れの方向に応じて、さまざまな向きに倒壊する可能性が高いと思われる。したがって、ある地域に卓越した倒壊方向が見られることは、1つの地域内では多くの家屋がほぼ同時に同じような方向を持つ衝撃的な地震動を受け、大きな損傷を被って倒壊したものと考えられる(松田・竹村, 印刷中)。従来、地震の際の建築物の被害のメカニズムとしては、家屋の固有振動の周期(0.3~0.6秒)と地盤の卓越振動の周期の一致による共振現象が知られていた。しかし、今回の地震で家屋の倒壊に顕著な方向性が見られることは、家屋倒壊の原因として衝撃的な地震動を考えたほうが説明しやすい。また、兵庫県南部地震においては神戸市内の強震計で1~2秒の長周期のパルス状の地震動が観測されており(久田・山本, 1995; 瀨瀬, 1996)、このパルス波によって家屋が倒壊した可能性が最も高いと考えられる(松田・竹村, 印刷中)。

Dブロックに見られた3つの卓越倒壊方向や、Eブロックの反対向きの2つの方向が生じた原因については現時点では明らかにはできていない。しかし、Dブロックの3つの方向の内、2つはB・Cブロックの方向と一致している点、Eブロックの2つの方向のうち1つはCブロックの方向と一致し、他の一つがその反対方向である点は、D・Eブロックの卓越倒壊方向の原因を考える上での手がかりになると思われる。

以上のように、兵庫県南部地震における家屋の倒壊方向は、家屋の倒壊の原因を探る上で重要な資料となるだけでなく、震源域における地震動の性質を探る上でも重要なものと考えられる。従来の地震災害の報告には、このような調査結果は示されておらず、他の地震との比較が出来ないのは残念である。

今回の地震では、震源域の震動方向を推測するための

別の試みが多く研究者によっても行われている。たとえば、墓石の倒壊方向(菊山ほか, 1996)、墓石に残された擦痕(澤ほか, 1996)、コンビニエンスストアのビデオカメラの記録(菊池, 1995b)などの検討が行われてきた。今後、これらの調査結果を合わせて、震源域の震動の実体を明らかにし、さらに、地質・地形など他の情報を加味して、震災の原因を明らかにしていく必要がある。

謝 辞

神戸大学理学部の乙藤洋一郎教授には、神戸市から阪神間の調査に際し御助力をいただいた。神戸大学内海域教育研究センターの井口博夫博士には、淡路島の調査に関し御協力を得、被害に関し貴重な情報を提供していただいた。甲南高等学校の山内守明教諭には、被害調査に関し御助力を得た。兵庫県立人と自然の博物館の地球科学研究部の方々には、本論文をまとめるに当たり御助力を得た。兵庫教育大学の徳山 明教授・西村年晴教授、ならびに大学院生の方々には終始援助・助言を賜った。また、兵庫教育大学の鍵本亜弥さんには図の作成に関し御助力を得た。以上の方々に感謝の意を表す。

文 献

- 中央開発株式会社(1995)1995年兵庫県南部地震阪神大震災災害調査報告書。中央開発株式会社技術本部, 51 p.
- 波田重熙・宮田隆夫(1996)地盤はどう動いたのか。科学, 66, 98-104.
- 藤田和夫・笠間太郎(1982)大阪西北部地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 112 p.
- 藤田和夫・笠間太郎(1983)神戸地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 115 p.
- 藤田和夫・前田保夫(1984)須磨地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 101 p.
- 久田嘉章・山本俊六(1995)ノースリッジの地震動(類似点と相違点)。第23回地盤震動シンポジウム, 日本建築学会, 93-100.
- 池田 碩(1996)阪神大震災と地形条件。日本地形学連合編, 「兵庫県南部地震と地形災害」, 古今書院, 95-109.
- 入倉孝次郎(1995)「震災の帯」をもたらした強震動。科学, 66, 86-92.
- Kamae, K and Irikura, K.(1995)A fault rupture model of the 1995 Hyogoken Nanbu Earthquake (MjMA=7.2) estimated by the empirical Green's function method. *Jour. Natural Disaster Sci.*, 16, 31-40.
- 菊池正幸(1995a)遠地の地震記録による震源メカニズム。「1995年1月17日兵庫県南部地震調査速報会」記録, 日本第四紀学会・第四紀研究連絡委員会, 17-20.
- 菊池正幸(1995b)兵庫県南部地震の震源断層-防犯カメラが記録した地震動をよむ。科学, 65, 569-572.
- 菊山浩喜・横山俊治・中垣幸恵・柏木健司(1996)墓石・灯籠の転倒調査から推定される1995年兵庫県南部地震の地震動。土と基礎, 44-2, 42-44.
- 神戸市企画局(1980)神戸の地盤。神戸市, 254 p.

- 額 綱一(1996)カリフォルニアの被害地震と兵庫県南部地震. 科学, **66**, 93-97.
- 松田高明・竹村厚司(1995)兵庫県南部地震における木造家屋の倒壊方向と分布. 日本地質学会環境地質研究会編, シンポジウム「阪神・淡路大震災と地質環境」論文集, 181-186.
- 松田高明・竹村厚司(印刷中)兵庫県南部地震における木造家屋の倒壊方向, 地質学論集.
- 宮田隆夫・洪 景鵬・前田保夫(1995)神戸市街地の隠れた活断層. 日本地質学会環境地質研究会編, シンポジウム「阪神・淡路大震災と地質環境」論文集, 45-48.
- 中川康一(1996)深部地下構造と被害. 日本地質学会環境地質研究会編, 「阪神・淡路大震災」, 東海大学出版会, 257-269.
- 澤 祥・池田安隆・東郷正美・加藤茂弘・隅元 崇(1996)地震動による墓石の移動と伏在断層の挙動. 日本地質学会環境地質研究会編, 「阪神・淡路大震災」, 東海大学出版会, 147-156.
- 嶋本利彦・堤 昭人・大友幸子・川本英子(1995)神戸市～西宮市における地震被害と推定地震断層. 「阪神大震災」緊急合同報告会資料集, 日本地質学会・日本応用地質学会・関西地質調査業協会・断層研究資料センター・大阪市立大学「阪神大震災」学術調査団, 121-122.
- 高橋 学(1996)土地の履歴と阪神・淡路大震災. 地理学評論, **69 A**, 504-517.
- 田中真吾・沖村 孝(1996)建築物被害の状況と地形 -とくに神戸市東部から阪神間について. 日本地形学連合編, 「兵庫県南部地震と地形災害」, 古今書院, 82-94.
- (1997年5月31日受付)
- (1997年9月12日受理)