

論文

地震災害の脆弱性に関する都市間比較の試み — 政令指定都市を事例として —

天国 邦博*・荏本 孝久**・望月 利男***

Intercity Comparison Using Evaluation Techniques on Vulnerability of Earthquake Disaster — A Case Study of Ordinance-designated City —

Kunihiro AMAKUNI*, Takahisa ENOMOTO**
and Toshio MOCHIZUKI***

Abstract

The Hanshin-Awaji earthquake caused enormous damage to cities in the Hanshin area, including Kobe City. Since the earthquake, all the local municipalities in Japan have been tackling to establish an earthquake disaster prevention plan.

It is well known that an urban vulnerability to the earthquake disaster could depend on various factors specific to each city such as natural conditions, spatial structures, social characteristics and risk management capacity against earthquake disasters. However, it stands that no researches and studies have given quantitative relations among those factors, and consequently, none of them have presented any idea on area prioritization in an urban disaster prevention plan.

This study presents the comprehensive and quantitative evaluation method of disaster spread factors and disaster restraint factors, then estimated and compared the earthquake disaster prevention capacity for 13 largest cities in Japan designated by ordinance.

キーワード：地震，都市システム，脆弱性，都市特性，都市比較

Key words : earthquake, urban system, vulnerability, urban characteristics, intercity comparison

* 東京都立大学大学院都市科学研究科
Graduate school of Center for Urban Studies, Tokyo
Metropolitan University

** 神奈川大学工学部
Faculty of Engineering, Kanagawa University

*** 東京都立大学都市研究所
Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University

本論文に対する討論は平成12年9月末日まで受け付ける。

1. はじめに

災害対策基本法を法的論拠とした地域防災計画は、広域な災害対策の基本的な方針として、それなりに地域の防災行政に効力を発揮してきた。しかし、如何なるレベルの地域行政体に至るまで画一的・網羅的に作成されている今日の地域防災計画は、時代の経過に伴う都市の構造・特性や生活様式の変化などに十分対応出来ていないと筆者達は考えている。

その科学的論拠は、地域防災計画書の作成に際して地域行政体内の対象地域のみに対して、被害想定が実施されてきており、被害とその対応のあり方及び広域な災害時の地域連関のあり方が不十分な事にある。それに先の阪神・淡路大震災の教訓が活かされつつあると言うが、本質的問題は是正されていないと考えられる。その最大の原因は、各自治体の地域特性に即した防災施策や防災投資のあり方を見いだすことの難しさと共に、広域災害時における実効性の薄い自治体間の相互応援協定の現状にあると考える。

本研究で取り上げる政令指定都市（東京 23 区も比較のため検討対象とする）は、基本的にそれぞれの地方にとって極めて重要な位置を占める中枢都市である。それ故、本研究は各都市の地震災害脆弱性あるいは逆の視点から言えば防災性をそれぞれの被害想定報告書等¹⁾から検討すると共に、サイスミスティ等自然を含む各都市の立地・構造特性量から各都市を評価・比較する事により問題と課題を明らかにし、その解決法などを試考する。その際、手法はあくまでも各都市単位のマクロ解析であり、結果あるいはその解釈は相対評価の域を出ないが、上記の大震災を生じた神戸市に対する比較により、少なくとも順位付けの尺度で表現し、ある程度定量的に問題とその所在を把握できると考えている。

研究目的は、主として地域における各都市の社会科学的立地条件を含む都市特性を十分反映した地域防災計画のあり方を見出すこと及びそれと共に国・地方自治体の防災施策・投資のプライオリティ等の考え方の論拠を提示する事にある。

これらの課題に関する研究事例は、現在、我が

国では極めて不十分である。その事例としては、我国 47 都道府県単位の統計データを用いた太田の分析的な研究などがあり、そこでは地震災害の連鎖に着目し、過去の地震災害の被害量とその地域特性を検証の材料とし、地震災害に対する危険性の定量化を試み比較している^{2),3)}。この中で筆者は、本来この種の研究の重要性を指摘し、さらには都市間比較の方が望ましいと述べている。しかし、いずれも地域特性量は公的出版物として刊行されている統計資料の使用に止まっている。その他の研究として、都市の規模と防災力に着目して、都市特性の統計値及び行政、企業、自主防災組織などへのサンプリング郵送調査により現状の問題点と課題を調査し、外国の防災体制との比較を行い我国諸都市のマクロな地域防災体制に関わる提案を試みている事例はあるが、具体性ある指摘までには至っていない^{4),5)}。国際都市の比較研究では、発展途上国の大都市に関するものがある。そこでの研究手法は、現地の都市情報資料の収集、現地防災機関でのヒアリング調査、住民アンケート調査等であり、それらの分析を通して防災に対する都市施設のあり方等を示しているが、外国での都市情報の収集の困難さもあり一般的方法論の構築を目標とはしているが各個的な事例研究の域を出ていない^{6),7)}。

本研究では、災害に関連すると思われる自然・社会・経済構造指標の地域間の相対的な違いに着目し、諸統計に止まらず地域固有の防災関連資料の公文書による収集を実施し、1 次～n 次災害への時間・空間的な波及すなわち災害波及の時間的推移を考慮して、それらの諸指標を検討することにより、都市における地震災害脆弱性をマクロ解析により相対評価した。さらに、各都市の持つ課題を示し、その立地特性固有の地域防災計画のあり方あるいは防災施策に関する考え方を提示した。

2. 都市の地震災害脆弱性評価の手法

人口・産業などの集積により地震時に都市が大災害を被った事例は国内外で多く見られる。我が国では、1923 年関東地震の東京市を始め 1948 年福井地震の福井市、1964 年新潟地震の新潟市、

表 1 12 の政令指定都市と東京都区部の都市特性一覧

番号	項目	札幌市	仙台市	千葉市	東京都区部	川崎市	横浜市	名古屋市	京都市	大阪市	神戸市	広島市	北九州市	福岡市
1	地震力地域係数	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8
2	地形(軟弱地盤面積比率)(%)	15.8	10.2	28.9	50.4	57.0	22.3	38.1	9.3	82.3	2.5	9.4	26.9	47.3
3	都市計画区域/市域全体面積比率(%)	50.7	55.9	100.0	96.6	100.0	99.9	100.0	78.7	100.0	100.0	44.5	99.4	99.5
4	DD/市域全体面積(%) (H2)	18.1	14.4	40.4	99.5	88.8	75.0	81.1	21.7	99.5	23.7	17.8	31.6	42.1
5	人口当たり公立小中学校校地面積(m ²)	2.86	3.88	3.77	1.61	1.97	2.07	2.33	2.22	1.87	2.47	3.01	3.67	3.06
6	人口密度(人/km ²)	1,544.6	1,206.6	3,123.2	13,012.0	8,340.0	7,591.0	6,614.3	2,379.8	11,739.8	2,765.6	1,489.0	2,112.4	3,767.0
7	人口密度(人/km ²) (H2)	7,760.5	6,327.7	6,621.0	13,213.9	9,069.8	9,477.1	7,880.3	10,276.7	11,954.5	10,469.0	7,219.4	5,956.4	8,204.6
8	昼間人口指数(常住人口=100)(H2)	102.0	108.5	93.8	139.4	90.0	88.7	117.4	110.4	146.0	103.5	104.2	104.5	114.6
9	人口1万人当たり在日外国人人数(人)	35.6	62.5	113.2	282.5	165.2	141.9	201.4	305.1	472.6	293.3	132.7	112.2	101.0
10	65才以上人口割合(%)	9.1	8.8	7.4	11.2	8.0	8.6	10.3	12.7	11.7	11.5	9.8	12.7	9.1
11	昼間人口当たり他市町村からの流入率(%) (H2)	4.4	11.1	20.0	32.3	24.0	13.5	21.3	16.3	39.0	14.4	8.6	7.9	16.8
12	常住人口当たり他市町村への流出率(%) (H2)	2.5	3.6	25.0	5.6	31.6	23.3	7.6	7.6	10.9	11.4	4.8	3.7	4.6
13	従業員1人当り製造品年間出荷額(100万円)	1,885.5	3,080.5	3,873.7	2,488.4	4,313.0	3,283.2	3,037.0	2,754.0	2,453.0	3,041.0	3,858.6	2,931.7	2,194.0
14	従業員1人当り卸売業年間販売額(100万円)	10,571.4	13,173.0	10,982.6	20,549.7	8,266.8	11,213.1	18,975.0	6,738.7	15,362.5	9,302.4	13,632.5	7,042.5	12,292.8
15	従業員1人当り小売業年間販売額(100万円)	2,359.4	2,224.0	2,098.2	2,703.0	2,248.8	2,540.2	2,453.6	2,076.2	2,565.8	2,190.4	2,337.4	1,755.9	2,157.6
16	財力指数	0.692	0.873	1.116	1.276	1.075	0.955	1.030	0.769	1.033	0.827	0.822	0.612	0.748
17	1人当り歳出決算総額(円)	434,106.3	407,758.1	356,179.3	876,251.0	439,336.6	442,605.4	486,230.6	462,724.2	685,808.3	641,912.8	498,979.4	500,982.5	514,086.1
18	低収入(年収500万円未満)世帯比率(%)	58.9	56.2	42.5	50.3	46.8	38.1	53.0	58.6	63.1	53.3	52.5	64.4	63.1
19	全市面積に対する道路面積比率(%)	4.9	3.1	6.1	15.0	10.7	12.4	15.8	3.5	17.6	4.8	3.3	5.8	7.5
20	人口1人当り都市公園面積(m ² /人)	8.3	5.8	5.5	2.7	3.6	3.6	6.3	2.7	3.2	13.4	6.5	8.9	7.8
21	小規模敷地(100m ² 未満)住宅棟数比率(%)	9.1	12.9	19.7	57.5	44.1	30.6	37.1	61.9	80.6	46.7	32.3	28.7	20.2
22	古い住宅の棟数比率(%)	11.6	16.4	22.3	25.9	21.7	23.6	30.3	30.7	36.8	32.4	24.2	32.9	19.6
23	住宅不燃化率(%)	9.8	10.4	13.6	47.5	45.9	15.1	21.6	19.8	40.0	42.0	14.9	14.6	14.8
24	下水道普及率(%)	97.5	86.6	70.9	98.0	88.2	95.0	93.6	97.8	99.9	97.4	66.0	93.0	94.7
25	人口当たり年間配水水量(m ³)	112.10	137.13	372.09	167.69	159.12	145.71	152.49	175.05	212.85	143.43	141.88	135.88	118.29
26	1976年以降水道管布設延長比(%)	61.9	60.8	54.4	25.3	29.1	49.5	54.7	21.6	10.2	57.6	51.0	45.1	39.2
27	人口当たり年間都市ガス消費量(1000kcal)	1,001	1,723	2,927	3,659	4,375	2,917	3,048	3,755	5,067	2,829	1,283	1,849	1,394
28	1976年以降ガス管布設延長比(%)	57	66	55	42	56	53	51	56	42	50	63	62	67
29	1人当り年間消費電力量(kWh)	3,573.4	4,861.2	3,975.5	6,275.3	7,803.8	4,399.6	6,896.2	5,071.3	7,871.5	5,047.2	5,901.3	6,558.3	5,839.0
30	人口1000人当り電話回線(加入電話)数	544.8	557.5	485.6	781.1	512.4	486.1	649.8	575.2	763.6	516.2	552.6	547.6	689.5
31	携帯・自動車電話普及率(%)	2.60	1.81	3.97	3.97	3.97	3.97	3.97	5.24	5.24	5.24	2.29	2.43	2.43
32	人口10万人当り一般病院数	11.9	5.9	5.1	6.1	3.5	4.0	8.0	9.1	8.6	6.8	7.8	7.5	9.3
33	人口10万人当り診療所数	62.7	71.6	59.4	106.8	61.4	62.5	75.8	107.7	116.5	90.3	93.8	88.1	82.7
34	人口10万人当り医師数(人)	218.6	204.8	167.4	268.6	198.7	149.9	216.9	254.1	285.7	213.0	226.1	245.9	243.5
35	人口10万人当り非医師医療従事者数(人)	951.0	718.8	570.5	603.0	480.5	450.9	732.9	921.8	904.5	697.0	807.3	1,026.1	971.3
36	人口10万人当り警察官数(人)	1,001.2	1,179.9	935.4	1,298.1	1,093.1	1,002.9	1,499.8	1,330.2	1,985.4	1,334.5	1,191.4	1,141.6	806.5
37	人口10万人当り消防団員数(人)	—	101.1	103.1	279.4	125.0	118.6	522.8	183.4	732.0	149.2	—	176.5	157.7
38	人口10万人当り消防団員数(人)	97.8	96.1	109.4	154.0	113.9	96.9	104.6	121.6	130.1	89.2	101.3	93.6	78.7
39	人口10万人当り消防団員数(人)	110.8	227.6	93.6	180.4	104.2	227.4	291.7	315.6	—	256.0	230.6	187.3	205.9
40	自主防災組織加入率(%)	15.6	78.4	44.0	95.9	89.1	95.0	37.9	95.0	87.3	51.0	98.0	90.0	—
41	人口10万人当り平時の火災件数(平成5年)	27	51	46	44	37	28	54	21	58	54	50	57	37
42	人口10万人当り防火水消火設備(m ³)	1,615	5,395	7,719	9,480	4,259	3,025	5,019	6,524	2,216	3,453	6,272	8,200	2,841

注)1. 各項目は、平成5年度のデータである。

注)2. 「—」印は、データ公表していない。

注)3. 項目33「非医師医療従事者」は、看護婦(士)・准看護婦(士)のみを指す。

1968年十勝沖地震の八戸市、1978年宮城県沖地震の仙台市、そして1995年兵庫県南部地震の神戸市を中心とする諸都市の震災である。

近年の都市は、車社会の急激な進展による都市計画道路の推進や、大型建物の需要に伴う建物の耐震・耐火性の向上、消防施設・都市公園の充実などにより安全化が進んでいる。しかし、特に大都市では人口・産業・経済などの集中による過密化や商工住地域の混在、埋立地や急傾斜地などの危険地域の宅地開発、石油タンクや大量危険物の集積などにより、災害の波及構造を考えた場合に全体として地震災害の拡大要因が増えつつあり、脆弱性が高まる傾向にあると言えよう。

本研究では、都市全域を地域単位として捉え、地震災害に対する都市の全体としての脆弱性を示す指標値を評価する手法について考究する。その際、「都市の地域特性を表し、地震災害に対する事前（耐震・耐火性の向上等）、事中（緊急対応）、事後（応急復旧）の各フェーズの被災と対応要因を規定すると考えられる」との視点から、都市の地震被害脆弱性の評価に関連すると思われる項目を40項目選定した。ここで扱う評価項目は、都市の地震災害の波及構造をも考慮する必要がある、地震発生前・直後の地震災害の脆弱性あるいは防災性に関する地域特性指標を含み、さらに災害波及の時間的推移への対応レベルを指す都市特性量と考えている。

12の政令指定都市と東京都区部を対象都市としたのは、前述したように、これらの都市が我が国及び国内各地の中核機能を担っており、地震により大きな被害が発生した場合、その影響は被災地内に止まらず国内各地から海外に至ると考えられるからである。また、検討対象都市は、同一精度で共通した地域特性指標を抽出できる詳細な統計データ等を有しており、データが整備されているという利点もあった。ただし、地下埋設管の建設年代別敷設延長・消防水利・自主防組織率等については、本研究の中で別途収集したデータもある。

2.1 都市特性量の抽出とデータの整理

対象項目は、各都市の1995年当時の特性量（指標）を用いた。40項目の都市特性情報は、表1に示す諸事項であり、それらを『自然・土地』、『人口とその移動』、『経済・財政・家計』、『居住環境』、『医療』、『行政・安全』の6つに大分類した。なお、項目番号1の地震力地域係数とは、建築基準法等に示される設計用入力地震力の地域係数であり、各都市の地震活動度、言い換えれば地震発生危険度を表し、地域的広がり等の意味で各都市の地震災害脆弱性要因の一つとして選定した。同20の古い住宅の棟数比率とは、1981年の建築基準法改正以前に建設された住宅存在比率を示す。同24、26の水道管・ガス管敷設延長比は、1976年以降敷設された管路延長との比率である。これは、1976年頃にライフラインの都市基盤としての重要性が認識され始め、耐震性の向上が進みつつあったとの日本ガス協会でのヒアリング結果に基づいている。

評価に用いるデータは、兵庫県南部地震時を基本として、平成7年度のデータとし、比較的統一されている「平成7年度大都市比較統計年表」を基本情報とした⁸⁾。また、上記の統計年表で得られないデータは、各都市固有の統計書、年報、土地分類付属資料及び各関係機関への資料請求等により入手した^{9)~17)}。

2.2 地震災害脆弱性評価手法

評価手法では、前述した40項目が対象都市に対して、どの程度都市の脆弱性に影響を与えるかが大きな課題であった。それ故、防災エキスパートによるアンケート調査を行い、各項目の影響評価を行った。アンケート調査においては、各項目に対して地震脆弱性に寄与する程度により、-2, -1, 0, +1, +2のように5段階の評価点を設定し、防災エキスパートに採点して頂いた。この数値の意味は、マイナス側はいわば都市の地震災害の拡大への寄与を示し、プラス側はその逆、すなわち地震災害の抑制への寄与を示すものである。アンケート調査の対象とした防災エキスパートには、行政機関の防災関係者、幾つかの大学の地震

防災研究者、また民間企業の防災関連の技術者などである。アンケート調査の有効回答数は、170票(53%)であった。

アンケートの回答では、関係機関ごとの違った傾向はなかった。しかし、防災エクスパートの評価においては、図1に示すバラツキのある評価が出てきた。図中の棒は、評価点の平均値を示し、折れ線は変動係数を示しており、変動係数の高い項目ほどエクスパートの意見が分かれた回答である。従って、図1に示す様に評価点の平均(絶対値)が1.0以上の項目であり、かつ、変動係数の小さい項目を都市の脆弱性を評価する項目として選定した。

その結果評価項目は、表2に示す16項目に絞り込み、5つの要因区分に分類した。なお、この

段階で、都市の脆弱性を示すと考えられるライフラインに関する項目を選定していないが、これは防災エクスパートが対象都市に対して普及率や耐震性が同等であり、都市間の比較を行うに際して、評価に寄与する項目でないものと判断したことによる。

次に、各項目の評価点を用いて主成分分析を行い、各項目の因子負荷量を算出した。ここでの主成分分析とは、いくつかの要因をある特性をもつものとして、総合化することであり、都市特性の災害に係わる要因を明確に定量化するものである。定量化した数値を因子負荷量という。この因子負荷量から、地震災害に対する脆弱性評価に関わる要因の関係を分析し、各項目がどのような特性を有しているか検討した。

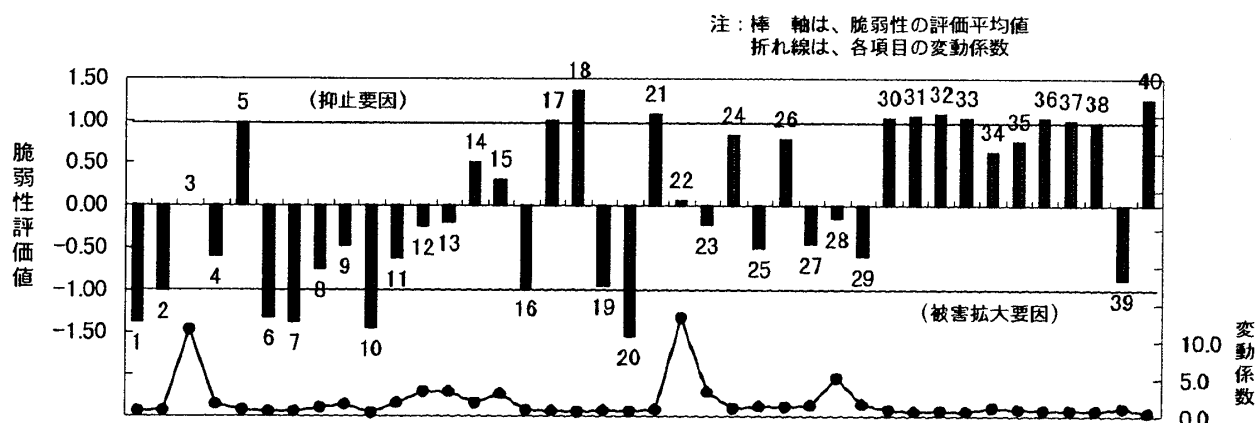


図1 防災エクスパートによる各項目の評価

表2 主成分分析による因子負荷量

要 因	項 目	第1主成分	第2主成分	第3主成分
社会的 (人口)	人口密度(人/km ²)	-0.435	0.392	0.651
	D I D地区人口密度(人/km ²)	-0.463	0.247	0.654
	高齢者(65才以上)人口比(%)	-0.272	0.524	0.200
自然的	地震力地域係数	-0.063	0.283	-0.187
	地形(軟弱地盤面積比率)(%)	-0.421	0.410	-0.460
被 災	築20年以上の住宅の棟数比率(%)	-0.025	0.711	0.044
	住宅不燃化率(%)	0.347	-0.361	-0.045
被害軽減 (人的)	人口当り医師数(人/10万人)	0.716	0.418	0.038
	人口当り非医師医療従事者数(人/10万人)	0.703	0.525	-0.118
	人口当り消防吏員数(人/10万人)	0.807	0.094	0.192
	人口当り消防団員数(人/10万人)	0.807	-0.027	0.060
被害軽減 (施設)	全市面積に対する道路面積比(%)	0.200	-0.572	0.196
	人口当り都市公園面積(m ² /人)	0.621	-0.541	0.173
	人口当り一般病院数(数/10万人)	0.741	0.294	0.043
	人口当り診療所数(数/10万人)	0.780	0.421	-0.133
	人口当り防火水槽容量(m ³ /10万人)	0.516	-0.113	0.444

その結果、第1主成分の因子負荷量（累積寄与率60.9%）が都市の地震災害脆弱性を表わしていると考えられた。これは、第1主成分が表2に示すように、地震災害に対する脆弱性に寄与する負の値と耐震性に寄与する正の値に分類されていることである。従って、第1主成分の因子負荷量を用いることは、防災エキスパートによる各項目の重み付けを示したことになる。

都市をマクロ的にみた脆弱性の指標値としては、各16項目の因子負荷量と各都市の数値の乗算により算出され、その合計値（脆弱性評価値）を用いて13都市の順位付けを行った。また、各項目に対して、前述した5つの要因区分ごとの評価値も求めている。なお、各要因区分の評価値と脆弱性評価値は、13都市の中で最大絶対値を1.0となるようにして、その他の都市の評価値をこれに準じて基準化した値とした相対評価値を用いた。

地震災害に対する各評価値及び脆弱性評価値の計算式を以下に示す。

$$P_i = (K_j - A_j) / V_j \quad (1)$$

ただし

$$K_j = \sum_{i=1}^m (R_i \times Y_i) \quad (2)$$

ここに

i : 各要因の項目数 ($i = 1 \sim m$)

j : 要因数 ($j = 1 \sim 5$)

P_i : 各要因の評価値

R_i : 各項目の数値

Y_i : 各項目の因子負荷量

A_j : K_j の平均値

V_j : 平均値 A_j と K_j の最大絶対値差

そして

$$P = \sum_{j=1}^5 (K_j - A_j) / \sum_{j=1}^5 V_j \quad (3)$$

ここに

P : 脆弱性評価値

このように算出した各5つの要因区分の評価値と脆弱性評価値の意味については、対象都市における相対的评价値であり、評価値が負の値ほど地震防災能力に対して相対的に脆弱的であり、正の値ほど相対的に防災性が高いとみることができる。

3. 各都市の地震災害脆弱性評価

13都市の各要因区分の評価値及び脆弱性評価値は、表3に示す通りである。この要因の評価値は、『社会的（人口）要因、自然的要因と被災要因』が都市の地震災害に対する脆弱性を示すものであり、『被害軽減要因（人的）と被害軽減要因（施設）』が災害に対する防災性を示しており、各都市に対する脆弱性の問題や今後の課題を示しているものと考えている。また、第2章の(3)式で示した脆弱性評価値は、各都市の総合評価値を示すものであり、都市全域を地域単位として捉えた評価を示している。

3.1 各都市の各要因区分の評価

各対象都市の各要因区分の評価値は、それぞれ図2～図6に示すとおりである。ここでは、対象

表3 各要因の評価値と都市の脆弱性評価値

都市名	社会的 (人口)	自然的	被災	被害軽減 (人的)	被害軽減 (施設)	脆弱性評価値
札幌市	0.80	0.27	-0.95	-0.20	0.35	0.22
仙台市	0.95	0.86	-0.95	-0.17	-0.69	-0.08
千葉市	0.70	0.18	-1.00	-0.60	-0.60	-0.47
東京都区部	-1.00	-1.00	0.88	0.79	0.50	0.32
川崎市	-0.16	-1.00	0.88	-0.81	-1.00	-1.00
横浜市	0.09	0.18	0.25	-0.81	-1.00	-0.83
名古屋市	-0.23	-0.41	0.21	0.32	0.46	0.29
京都市	-0.50	0.77	0.21	1.00	0.34	0.70
大阪市	-1.00	-1.00	0.83	0.02	0.16	-0.28
神戸市	-0.50	0.77	0.83	0.08	0.27	0.19
広島市	0.80	0.86	-0.37	0.29	0.22	0.59
北九州市	0.24	0.36	-0.42	0.05	0.79	0.44
福岡市	-0.19	-0.82	-0.37	0.05	0.19	-0.10

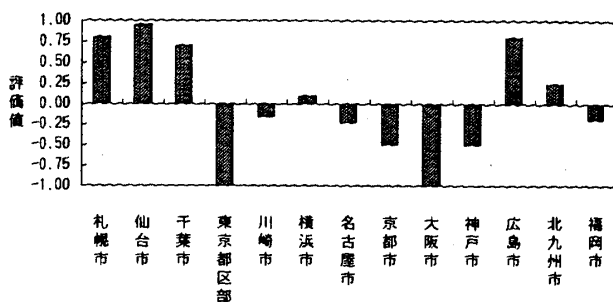


図2 社会的(人的)要因の評価値

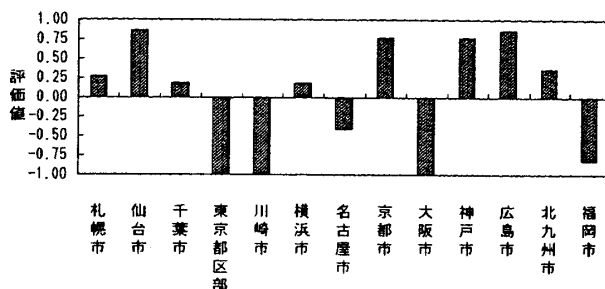


図3 自然的要因の評価値

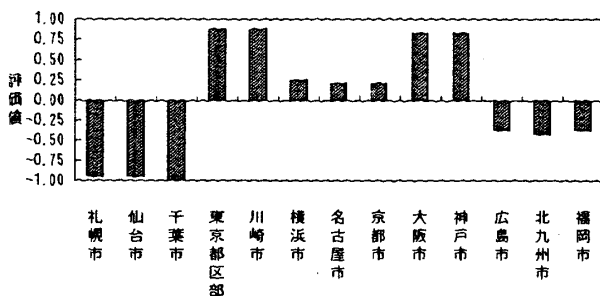


図4 被災要因の評価値

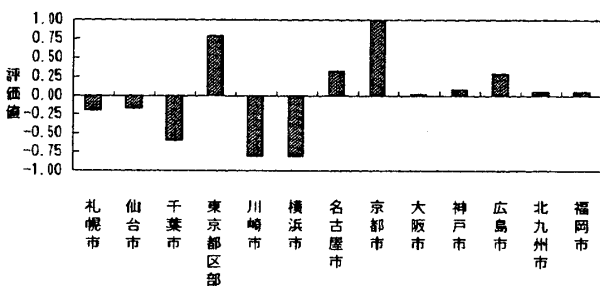


図5 被害軽減要因(人的)の評価値

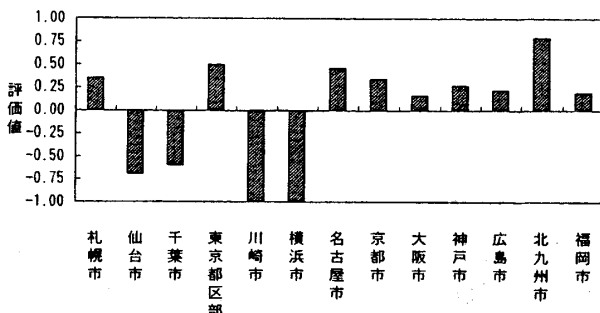


図6 被害軽減要因(施設)の評価値

都市の各要因区分の評価値がどのような都市特性により規定されているかについて考察する。

(1) 札幌市

札幌市は、被災要因と被害軽減要因(人的)においてマイナスの評価となっている。主な要因は、住宅不燃化率が対象都市の中で最も低い数値であることと、消防吏員数などが少ないことによる。一方、DID地区人口密度や高齢者人口比率が比較的低いことから社会的(人口)要因がプラスの評価となっている。今後都市の防災性を向上するには、災害の多発すると予測されている市内中心地域の住宅不燃化促進と防火水槽施設などの増加と適切な配置を進めることと考える。

(2) 仙台市

仙台市は、被災要因、被害軽減要因(人的)と被害軽減要因(施設)においてマイナスの評価となっている。主な要因は、札幌市と同等の住宅不燃化率であり、消防吏員数が少ないことと、全市面積に対する道路面積比と人口当たりの都市公園面積・病院数などが少ないことによる。今後都市の更なる防災の向上には、道路・公園・病院の増設と適切な配置計画を進めることにより、現状の札幌市のもつ防災性のレベルになると考える。

(3) 千葉市

千葉市は、被災要因、被害軽減要因(人的)と被害軽減要因(施設)においてマイナスの評価となっている。主な要因は、古い住宅比率が高く住宅不燃化率が低いこと、消防関連の人員と医療機関の数が人口に対して少ないことによる。今後の対応としては、緊急医療体制を迅速に立ち上げ、近隣周辺都市からの広域応援を踏まえた対応策を策定すると共に、医療関係機関の増強が重要と考える。

(4) 東京都区部

東京都区部は、自然的要因と社会的(人口)要因が極めてマイナスの評価になっている。主な要因は、DID地区の人口密度の高さと軟弱な地盤が都市内に広く分布していることによる。但し、近年の防災対策に関連する施策による住宅不燃化率と被害軽減要因(人的)の強化により、都市全体の脆弱性を押し下げた結果となった。今後は、脆

弱性側に作用している人口や高齢者対策に重点を置いた施策が重要と考える。

(5) 川崎市

川崎市は、5つの要因区分の中で被災要因以外すべてマイナスの評価となっている。被災要因の住宅不燃化率は、行政指導などにより東京都区部に次ぐ高さを示している。しかし、人口密度とDID人口密度が比較的高く、軟弱地盤面積比率が非常に高いため、社会的要因と自然的要因はマイナスの評価であり、人口当りの医療従事者数と消防団員数が少ないこと、人口当りの一般病院数が対象都市の中で最も少なく、都市公園面積と診療所数も低位であるため、被害軽減要因はマイナスの結果となった。今後は、防災施設と人員の増加を促進する必要がある。

(6) 横浜市

横浜市は、自然的要因、被災要因と社会的（人口）要因がほぼ平均的な評価となっている。一方、人口当りの医師数と他の医療従事者数は、対象都市の中で最も少なく、消防吏員数、人口当りの都市公園面積、一般病院数、診療所数及び防火水槽容量などが低位であり、被害軽減要因（人的・施設）は、マイナスの評価となっている。今後は、川崎市と同様に防災施設と人員の増加が必要と考える。

(7) 名古屋市

名古屋市は、社会的（人口）要因と自然的要因がややマイナスの評価となっている。主な要因は、軟弱地盤面積比率と人口密度がやや高いことによる。一方、被災要因と被害軽減要因（人的）、被害軽減要因（施設）は、平均値でありややプラスの評価になっている。今後は、インナーシティ内の人口抑制を行うことと考える。

(8) 京都市

京都市は、社会的（人口）要因のみがマイナスの評価となっている。この要因は、人口密度と高齢者人口比率が比較的高いことによる。一方、人口当りの都市公園面積と道路面積比率が低い評価であるが、人口当りの防火水槽容量、一般病院数、診療所数と人口当りの消防団員数・医師数・医療従事者数・消防吏員数の評価が高く被害軽減要因

（施設・人的）が平均値よりプラスの評価となっている。京都市は、市域の軟弱地盤面積比率が低いため、自然的要因の評価も高くなっている。今後は、高齢者対策と防災性を高める空間の拡大を行う必要がある。

(9) 大阪市

大阪市は、社会的（人口）要因と自然的要因が極めて高いマイナスの評価となっている。この評価は、軟弱地盤面積比率が80%を越えており13都市の中で最も高く、人口密度とDID人口密度、高齢者人口比率もかなり高いことによるものである。一方、住宅不燃化率施策が高いことにより被災要因は、プラスの評価となった。その他の被害軽減要因（人的・施設）では、人口当りの医師数と消防吏員数が高いが、都市公園面積と防火水槽容量が非常に少ない評価となり、全体的に平均的な評価となっている。今後は、脆弱性側に作用している人口や高齢者対策に重点を置いた施策と被害の軽減を図るための施設の増設が重要と考える。

(10) 神戸市

兵庫県南部地震前の神戸市は、全体的に人口密度が低いが、震災で大被害を受けたインナーエリアは人口や住宅が密集していた。社会的（人口）要因は、DID人口密度と高齢者人口比率が高いためマイナスの評価となっている。自然的要因は六甲山系が海岸に迫っており、山地・丘陵地が多く、かつ低地も扇状地が大半を占め、埋め立て等の軟弱地盤面積比率は低いことからプラスの評価となっている。被災要因では、古い住宅比率が高いにもかかわらず、住宅不燃化比率も高いことにより、プラスの評価となっている。被害軽減要因（施設）では、道路面積比率が非常に低く、人口当りの防火水槽容量もやや少ないが、人口当りの都市公園面積が13都市の中で最も大きいため、評価がプラスの側に寄与する結果となった。被害軽減要因（人的）では、人口当りの医師数とその他医療従事者数は対象都市の中で平均的な位置にあるが、人口当りの消防吏員は非常に少ない。但し、人口当りの消防団員数は非常に高く、消防吏員数の少ないことを補填しているので、評価が平均的な結果となっている。

(11) 広島市

広島市は、被災要因がマイナスの評価となっている。これは、古い住宅比率が比較的高く、住宅不燃化率が比較的低いことによる。その他では、社会的（人口）要因と自然的要因がプラスの高い評価を受けている。被害軽減要因（人的・施設）では、人口当りの医師数と医療従事者数及び消防吏員数が平均的数値であり、全市面積に対する道路面積比率がかなり低いが、人口当りの一般病院数と診療所数及び防火水槽容量が比較的多いことにより、平均的な評価となっている。今後は、都市内の軟弱地盤地域での人口密度増加の抑止と道路面積の拡充と考える。

(12) 北九州市

北九州市は、被災要因のみがマイナスの評価となった。これは住宅不燃化率が低く、古い住宅比率が高いためである。一方、被害軽減要因（施設）では道路面積比率が低いが、都市公園面積と防火水槽容量が高いことによりプラスの評価となっている。被害軽減要因（人的）では人口当りの消防吏員が少ないが、非医師の医療従事者数は対象都市の中で最も多く、平均的な評価となっている。社会的（人口）要因では、高齢者人口比率が高いが、人口密度と DID 人口密度が低いこと、自然的要因でも軟弱地盤面積比率が比較的低いため、平均よりやや高い評価を受けている。今後は、高齢

者人口の増加に対しての対応が必要と考えられる。

(13) 福岡市

福岡市は、社会的（人口）要因、自然的要因と被災要因がマイナスの評価となった。これは、DID 人口密度と軟弱地盤面積比率が高く、住宅不燃化率が低いためによる結果と考えられる。一方、被害軽減要因（人的・施設）は、人口当りの消防吏員数は 13 都市の中で最も少ないが、人口当りの医師数・非医師医療従事者数が比較的多いこと、人口当りの防火水槽容量がかなり少ないが、人口当りの都市公園面積と一般病院数が多いことにより、平均的な評価となっている。今後は、住宅不燃化率の向上と防火施設の増設が考えられる。

4. 地震災害脆弱性評価の都市間比較

4.1 脆弱性評価値による比較結果

前章では第 2 章で述べた地震災害脆弱性評価の手法を用いて、対象とした都市の評価値を求め各都市の特徴について検討した。この章では各都市の都市間比較を行ない、その結果が示す意味についての解釈について検討する。前述した各要因区分の評価値をマクロな観点から評価した脆弱性評価値を用いて各都市が保有している脆弱性のレベルを定量的に比較した結果を図 7 に示した。図 7 より都市間比較なる観点から見れば、13 都市の中で最も脆弱性が低い都市は京都市であり、最も脆

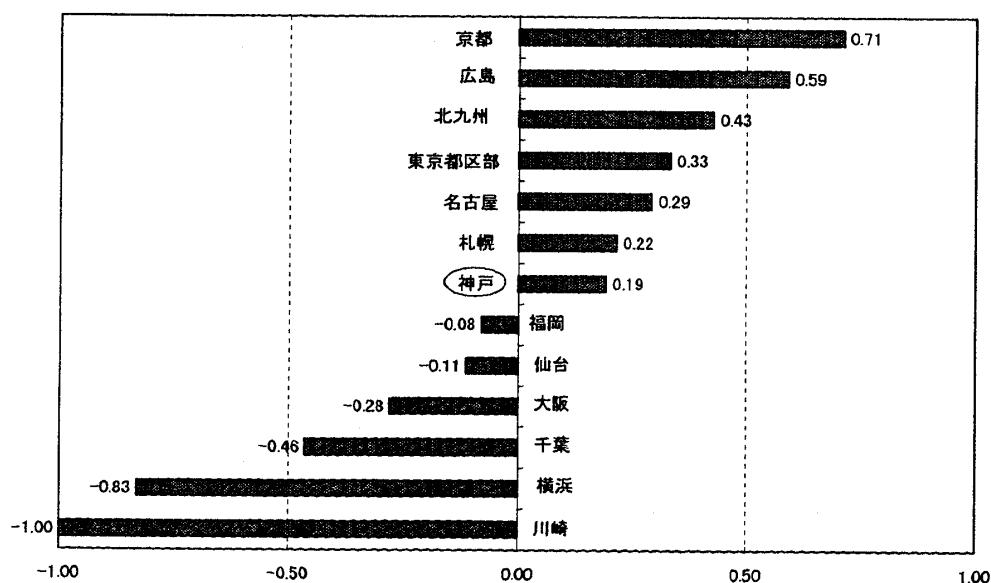


図 7 地震災害における脆弱性評価値

弱性の高い都市は川崎市と読みとれる。また、兵庫県南部地震で甚大な被害を受けた神戸市は、他の12都市に比較してそれ程脆弱性が高い都市とは言えず、ほぼ平均的な評価値を示す事が見て取れる。一方、神戸市より脆弱性の高い都市は、川崎市、横浜市、千葉市、大阪市、福岡市、仙台市の6都市という結果が読みとれる。

4.2 都市間比較結果の分析

本研究の目的は、政令指定都市を単位と考えたときのマクロな地震災害脆弱性の評価とその都市間比較である。第3章および前節において各都市の評価と都市間比較の結果を示した。ここでは、その都市がその周辺地域において本質的な中枢都市として自然的・社会的条件を踏まえた脆弱性を有しているか否かを含めて、本論で示した地震災害脆弱性評価手法による都市間比較結果の分析とその解釈を以下にまとめた。このことは、今後地域の防災対策を検討する上で重要な示唆を与えるものと考えられる。ただし、本論での議論の範囲は、その様な視点からの問題提起の範囲に限定する。以下にそれら本研究で明らかになった結果とそれに対する解釈を要約する。

(1) 首都圏内の政令指定都市である千葉市・川崎市・横浜市は、12の政令都市の中で脆弱性が高い結果を示した。一方、東京都区部は、逆に脆弱性が低い事が明らかになった。このことは、現在の東京の地位を表すものと考えられる。即ち、各要因区分の評価値で示されるように、被害軽減要因(人的・施設)は東京都区部ではプラス、その他の周辺都市ではマイナスの結果を示す。これらの理由は、千葉市・川崎市・横浜市が政令指定都市であるにも拘わらず東京に隣接する衛星都市的な地域に止まっており、独自に災害を軽減する防災投資が必要であり、例えば安全に関わる施設や人的な要因(病院・消防・警察等)を含む都市機能が東京都区部に集中しているためと考えられる。このように安全に関わる主な機能が東京区部に集中していることにより、周辺都市の中枢機能が相対的に低下し、地震災害時にその独立性を維持できず、都市としての防災性も東京都区部に依存す

るような状況を示している。

このことから首都圏における「あるべき地域防災計画」とは、各都市が独立では成立せず、今後は首都圏における人々の広域的な行動実態、例えば遠距離通勤・通学・ショッピング等の動きに見合った視点から地域全体を視野に入れた総合的な災害対応計画作りが必要不可欠であると考えられる。言い換えれば、現状の相互応援協定等では首都圏の大規模地震災害時には対応できないことを示唆している。このことは、大量輸送交通機関の途絶に伴う各都市への災害波及を想定しただけでも容易に考えられる。

(2) 人口約260万人を擁する大阪市は、関西の大都市圏の中枢都市と考えられるが、本研究における評価結果によれば、必ずしも中枢都市としての十分な防災性を保っているとは言い難い。それは人口過密、老朽住宅の存在比率が高い等の単純な脆弱性の条件を被害軽減要因として自らの社会的条件等で十分に克服できないでいることを示していると考えられる。ただし、人口約330万人の横浜市の防災論的視点からの都市特性より独立性・自立性は高いことを推測させる。また同様に、関西の大都市圏の中に位置した別の政令指定都市である神戸市と京都市は防災論的視点からすれば、それぞれ独立に地域の中枢都市としての地位を保持しているとも見なせる。

(3) 札幌市・仙台市・名古屋市・広島市は、それぞれ各地方の中枢都市としての機能があると推測される。ただし、札幌市・仙台市では被災要因の脆弱性が高く、地方の中枢都市として自らの対応を進めるべきと推測できる。特に仙台市では、この地域の中枢都市としての位置づけから、被害軽減要因となる社会的条件等の整備を推進する必要があるものと考えられる。

(4) 北九州地区の福岡市と北九州市では、福岡市より北九州市の方が中枢都市としての機能を保有しているものと推測できる。北九州市は、被災要因の脆弱性が福岡市より高いが被害軽減要因となる社会的条件等が充実しており、全体的にバランスが良い都市特性を示していると言える。

5. まとめ

本論文では、13の政令指定都市を対象として各都市を単位として捉え、都市特性を示す共通した統計指標データに基づいて都市の地震災害脆弱性を定量的な評価手法により検討を行った。その際、地震災害の事前・事中・事後にわたる地震災害の波及構造を考慮して、上記13の各都市の脆弱性を5つの要因区分の評価値とそれらを総合した脆弱性評価値を用いて都市間の比較検討を行った。

本研究で提案した地震災害脆弱性評価手法は試論の域を出ないが、定量的に求まる評価値を用いた相対的な都市間比較の事例分析であり、結論として以下のような知見が得られた。

(1) 防災エキスパートによるアンケート調査によって、都市の地震災害脆弱性評価に関わる16項目の統計指標を設定することができた。これらの項目は、マクロな視点から都市の脆弱性を評価するために重要なものであり、各都市の防災性向上に向けての課題や問題を検討する上で基本的な項目と考えられる。

(2) 都市の地震災害脆弱性評価に反映する要因は、主成分分析の結果を踏まえて考察した結果、『社会的（人口）要因、自然的要因と被災要因』が都市の地震災害に対する脆弱性を示すものと『被害軽減要因（人的）と被害軽減要因（施設）』が災害に対する防災性を示すものに分かれた。これらの要因は、上記(1)と同様に各都市の防災性向上に関わる課題や問題を検討する上で重要な要因で考えられる。

(3) 脆弱性評価値では、13都市の中で最も脆弱性が低い都市は京都市であり、最も脆弱性の高い都市は川崎市となる評価結果を示した。また、兵庫県南部地震で甚大な被害を受けた神戸市は、他の都市に比較してそれ程脆弱性が高い都市とは言えず、ほぼ平均的な評価値を示した。各々の都市特性を反映した定量的な評価値が得られ、各都市における脆弱性の軽減に向けての課題や問題を示すことができた。

(4) 都市間比較から得られる知見として、首都圏内での機能は東京区部の地域に集中しているため、隣接する横浜・川崎などの都市の中核機能は

相対的に低い傾向にあることが判明した。これは、隣接都市が東京区部に依存する衛星都市的な関係にあることによるものと考えられる。従って、より広域的かつ総合的な災害対応に関する計画が必要であると考えられる。その他の都市では、各地方の中核都市として機能があると推測できた。ただし、今後は被災要因である老朽建物や不燃化対策を促進することと、高齢化問題への対応が必要であるとの知見が得られた。

本研究で提案した地震災害脆弱性評価は、現状の都市特性と防災エキスパートによる知識的推論に基づいた定量的な評価手法であり、本論ではそれを用いた一つの相対的な都市間比較の事例分析の試みであった。今後、都市特性と実際に発生した災害事例を時間的な変遷過程も考慮に入れて調査・分析し、本研究で用いたような都市特性の指標から推測される脆弱性評価値と全体の実被害総量の相関性を明らかにして、都市の脆弱性を定量評価する試みを考えている。

謝 辞

本研究の基礎となった、統計データベースには、統計書に記載されていないものもあり、制令指定都市並びに東京都の関係部局・課から御提供頂いた。また、アンケート調査においては、各大学・研究機関・行政機関・企業などに御忙しい中、回答して頂いた。ここに、多大なる御協力を頂きましことを心より御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 各都市の地震被害想定調査書と地域防災計画書。
- 2) 第19回自然災害科学総合シンポジウム：地域統計資料に基づく行政区別耐震性評価の試み，一都道府県の場合一，太田 裕，1982.1.
- 3) 第21回自然災害科学総合シンポジウム：地域についての被害の重みについて，一統計値による都道府県間比較一，中林一樹，望月利男，宮野道雄，前田博司，1984.10.
- 4) 総合研究開発機構助成研究：都市規模別地域防災力の研究，株式会社社会工学研究所，1985.8.
- 5) 東京都立大学都市研究所：地震防災ポテンシャルの評価手法に関する基礎的研究，天国邦博，望月

- 利男, 荏本孝久, 1996.12.
- 6) 平成7年度科学研究費補助金(一般研究B)研究成果報告書: 都市の地震災害脆弱性の定量評価とその国際比較に関する研究, 研究代表 望月利男, 1997.4.
 - 7) 発展途上地域における大都市の災害脆弱性評価に関する比較研究, 国際防災10年国民会議事務局, (財)都市防災研究所, 1993.3.
 - 8) 大都市統計審議会: 大都市比較統計年表, 1995.
 - 9) 国土庁土地局: 土地分類図付属資料(北海道I, 1975.宮城県, 1972.千葉県, 1972.東京都, 1976.神奈川県, 1975.愛知県, 1974.京都府, 1976.大阪府, 1976.兵庫県, 1974.広島県, 1972.福岡県, 1970.)
 - 10) 総務庁統計局: 平成2年国勢調査報告, 1992.
 - 11) 消防庁消防課: 平成5年度全国消防便覧, 1993.
 - 12) 総務庁統計局: 平成5年住宅統計調査報告, 1995.
 - 13) 日本水道協会: 平成5年度水道統計, 1995.
 - 14) 東京消防庁: 東京消防庁統計書, 1995.
 - 15) 各政令指定都市消防局: 消防年報, 1994.
 - 16) 東京都: 特別区の統計, 1993.
 - 17) 各政令指定都市: 統計書, 1995.

(投稿受理: 平成11年6月29日

訂正稿受理: 平成11年10月15日)