

地震災害脆弱性の地域間相対比較の分析

1. はじめに
2. 自然災害統計データベースの概要
3. 地域特性指標の概要
4. 地震災害被害量と地域特性指標の関連性
5. 多変量解析による被害量の分析
6. 都道府県別の地震災害脆弱性評価と地域間比較
7. おわりに

天 国 邦 博*
 笠 谷 学**
 荏 本 孝 久***
 望 月 利 男****

要 約

1995年兵庫県南部地震は、都市直下型の大地震で神戸市を中心に兵庫県に甚大な被害を与えた。その後、多くの都道府県や大都市においては、この大震災の教訓を踏まえ、兵庫県南部地震級の直下型地震を想定した被害想定や防災アセスメントが実施され、地域防災計画の見直しが行われている。同一の誘因・規模の自然外力でも災害の受け方は、その地域の持つ自然・社会・経済構造および規模などの様々な条件の違いや特性が絡み合っ大きな差異が生じる。このように自然災害には地域特性が大きく関連すると思われ、ほぼ全ての自然災害の被害量には明らかに地域性があると考えられる。

筆者らは、自然災害に対する地域の脆弱性を相対的に評価する目的で、自然災害に起因する被害量と地域特性と関連性について検討を実施してきている。そのため、最近に至るまでの可能な限り長い期間にわたって47都道府県の災害に関する諸々の資料を収集して自然災害統計データベースを構築するとともに、自然・社会・経済的指標の時系列的変化に着目し地域特性に関するデータ収集を行った。本研究では、この自然災害統計データベースのうち、主に地震災害を対象として地域特性指標との関係を分析して比較検討する。また地震災害による直接被害と地域特性指標との関連性について多変量解析により分析し、地震災害に対する地域の定量的な脆弱性評価法を検討した。この手法を用いて都道府県ごとの地震災害に対する脆弱性評価を試みて、地域にとっての被害量あるいは災害の実態とそれに内在する災害誘因を明らかにすることを目的とした。

*東京都立大学大学院都市科学研究科(博士課程)

**神奈川大学大学院工学研究科(修士課程)

***神奈川大学工学部・東京都立大学都市研究所非常勤研究員

****元東京都立大学大学院都市科学研究科

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震は、都市直下型の大地震で神戸市を中心に兵庫県に甚大な被害を与えた。その後、多くの都道府県や大都市においては、この大震災の教訓を踏まえ、兵庫県南部地震級の直下型地震を想定した被害想定や防災アセスメントが実施され、地域防災計画の見直しが行われている。同一の誘因・規模の自然外力でも災害の受け方は、その地域の持つ自然・社会・経済構造および規模などの様々な条件の違いや特性が絡み合って大きな差異が生じる。このように自然災害には地域特性が大きく関連すると思われる、ほぼ全ての自然災害の被害量には明らかに地域性があると考えられる。

筆者らは、自然災害に対する地域の脆弱性を相対的に評価する目的で、自然災害に起因する被害量と地域特性と関連性について検討を実施してきている。そのため、最近に至るまでの可能な限り長い期間にわたって47都道府県の災害に関する諸々の資料を収集して自然災害統計データベースを構築するとともに、自然・社会・経済的指標の時系列的変化に着目し地域特性に関するデータ収集を行った。本研究では、この自然災害統計データベースのうち、主に地震災害を対象として地域特性指標との関係を分析して比較検討する。また地震災害による直接被害と地域特性指標との関連性について多変量解析により分析し、地震災害に対する地域の定量的な脆弱性評価法を検討した。この手法を用いて都道府県ごとの地震災害に対する脆弱性評価を試みて、地域にとっての被害量あるいは災害の実態とそれに内在する災害誘因を明らかにすることを目的とした。

2. 自然災害統計データベースの概要

都道府県を対象とした自然災害統計データベース構築のため、1970年から1995年の26年間において我が国に発生した自然災害による被害統計量に関する資料を収集し、その分析を試みた。その結

果、図1によると自然災害種別の台風災害、豪雨災害と地震災害、豪雪災害、その他災害では異なる地域性が認められた。また、被害量として取り上げた罹災者数および被災金額への影響は極めて大きく、自然災害による被害量に内的要因である地域特性が大きく関与していることを示しているものと考えられる。

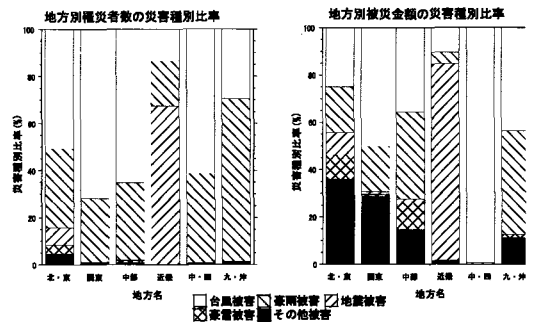


図1 地域区分別被害量の自然災害種別比率

3. 地域特性指標の概要

自然災害と各都道府県がもつ自然・社会・経済構造等の特徴と都市化などの時系列変化を分析するため、素因となる各指標を表1に抽出した。また、1970年～1995年の26年間について各指標の時系列変化を調査した。

まず地形の時系列変化は山地・丘陵地・台地・内水域、低地について、各都道府県の面積比で表されており、それ程変動は見られなかった。人口に関しては、東京周辺の首都圏や愛知県でその時系列変化は大きく増加している。図2は老年人口比で、その時系列変化を見てみると、秋田県・山形県・鳥取県・高知県・鹿児島県などが、大都市の存在する都道府県よりもその割合が高いという特徴が認められる。自然環境では、大都市の存在する都道府県で右上りの増加傾向を示していることが特徴的である。住居について、危険又は修理不能・大修理を要する住宅率では、どの都道府県も同じような変動であったが、割合的には、北海道・青森県・東京都・沖縄県が高かった。次に経済・財政ではこの指標で取上げたすべての項目

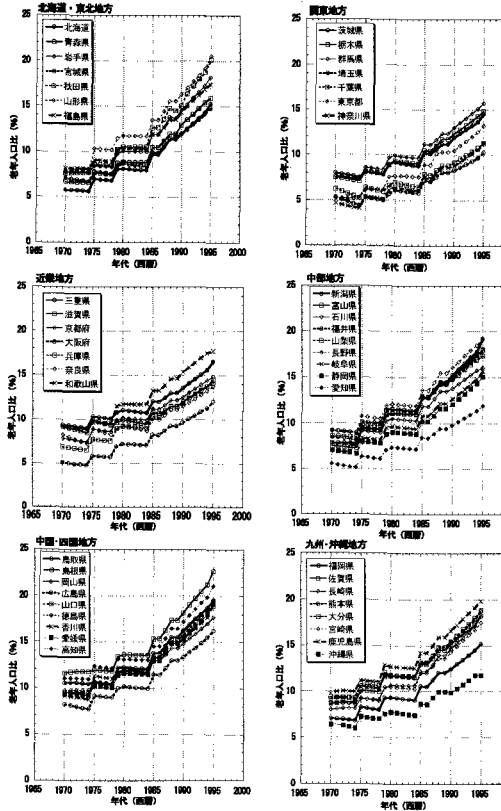


図2 老年人口比時系列変化

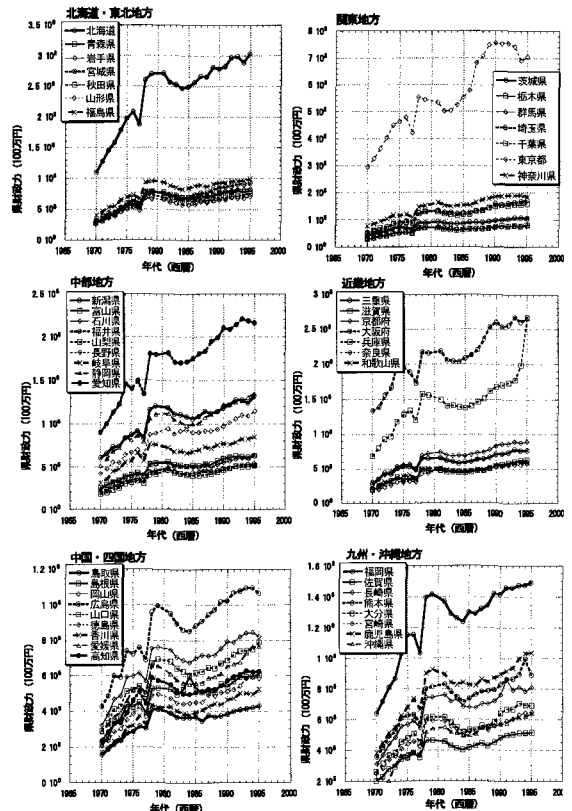


図3 県財政力の時系列変化

において東京都が他県に比べ変動、数値ともに圧倒している。図3の県財政力では、貨幣価値を1995年基準にデプレターをかけたもので、東京都以外では兵庫県が大きな増加率を示し、その他、愛知県・大阪府などやはり大都市の存在する都府県が大きな変動を示した。県民所得では全体的に大きな差がなかった。安全・教育の校地面積・消防水利の時系列変化では全体的に大都市の存在する都道府県で数値や増加傾向に大きな変動を見せている。このように地域特性指標の時系列的変化は、各都道府県の特徴と26年間の地域的な変遷を明瞭に反映している。

4. 地震災害被害量と地域特性指標の関連性

(1) 外的要因のクラス区分

外的要因の主因子と考えられる地域への地震入力インパクトの大きさを統一させた上で、内的要

因である地域特性の差異が被害量に関係しているかを考慮する必要があると考えられるため、地震入力インパクトの大きさをマグニチュード(M)と震央距離(X)から評価される既往の地震動の最大速度値(Vmax)の距離減衰式(1)式より図4のA, B, C, Dの4クラスに区分した。尚、ここでの震央距離とは最も被害量の多かった市町村との距離とする。

$$V_{max} = 10^{0.607M - 1.19 \log X - 1.4} \dots\dots\dots (1)$$

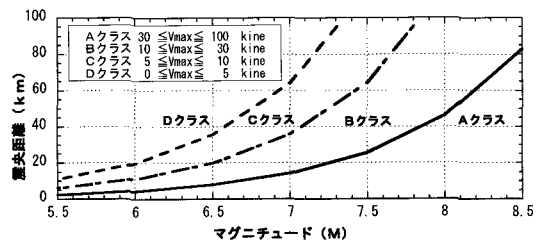


図4 地震災害クラス区分

(2) 分析結果

まず、地域特性としては表1の自然・社会・経済指標を参考に、次に述べる8つの項目を選定した。軟弱地盤面積比率（地域ごとの低地面積で地域の総面積に対する比率）。可住地人口密度。老年人口比（各都道府県の人口に対する65歳以上の人口比）。都市公園面積（各都道府県の人口で割った

値）。危険又は修理不能・大修理を要する住宅率。県財政力（各都道府県の歳入総決算）。病院数（人口10万人に対する棟数）。消防吏員率（人口1万人に対する人数）。

26年間に地震災害の被害量とクラス区分については表2、分析結果については図5に示した。まずAクラスの地震災害で、兵庫県南部地震の兵庫

表1 自然・社会・経済の指標・項目群

指標	項目
地形	山地・丘陵地・内水域・低地・森林面積
人口	人口・可住地人口密度・人口密度・昼間人口・老年人口・老年人口比率・人口推移・出生率
自然環境	総面積・年平均気温・降水量・年雪日数・自然公園面積・都市公園面積・自然公園個所・都市公園個所
住居	住宅着工戸数・持家戸数・床面積の合計・危険又は修理不能・大修理を要する住宅率
経済・財政	県財政力・県民所得・県内純生産額・総生産額・第三次産業・小売業販売額・製造品出荷額
供給・情報	上水道普及率・下水道普及率・ガス普及率・消費電力・加入電話数
厚生	一般病院数・診療所数・医師数
安全・教育	小学校校舎面積・中学校校舎面積・防火水槽容量
事業・産業・環境	事業所数・非労働数・有業者数
行政職員	一般職員数・警察署員数・消防吏員数

表2 地震災害クラス区分の被害量

地震名	都道府県名	罹災者数 (人)	被災金額 (千円)	震央距離 (km)	マグニチュード (M)	クラス
1973年根室南東沖地震	北海道	80	8133	49.4	7.4	B
1974年伊豆半島沖地震	静岡県	1438	6182245	7.8	6.9	A
1975年熊本県地方地震	熊本県	264	643392	6.2	6.1	B
1975年大分県中部地震	大分県	771	11351224	18.0	6.4	C
1978年宮城県沖地震	宮城県	29386	269688722	106.0	7.4	C
	福島県	319	2807557	159.6	7.4	D
	岩手県	31	5532850	190.0	7.4	D
1978年伊豆大島近海地震	静岡県	2997	31251129	23.6	7.0	B
1982年浦河沖地震	北海道	143	10360765	16.0	7.1	A
1983年日本海中部地震	秋田県	14955	147542566	81.6	7.7	B
	青森県	2045	51814956	146.6	7.7	C
1984年長野県西部地震	長野県	302	25447198	4.2	6.8	A
1987年千葉県東方沖地震	千葉県	503	13092907	13.0	6.7	B
1987年日向灘地震	宮崎県	7	1040979	62.9	6.6	D
1993年釧路沖地震	北海道	968	46322769	9.3	7.8	A
1993年北海道南西沖地震	北海道	3552	133011476	74.8	7.8	B
1994年北海道東方沖地震	北海道	1520	54143969	272.8	8.1	D
	宮城県	364	535036	811.6	8.1	D
1994年三陸はるか沖地震	青森県	1668	67709254	186.7	7.5	D
1995年兵庫県南部沖地震	兵庫県	1199027	9926800000	18.4	7.2	A
	大阪府	43503	96096248	47.3	7.2	B
	京都府	50	2092175	82.8	7.2	C
	徳島県	235	809300	71.4	7.2	C

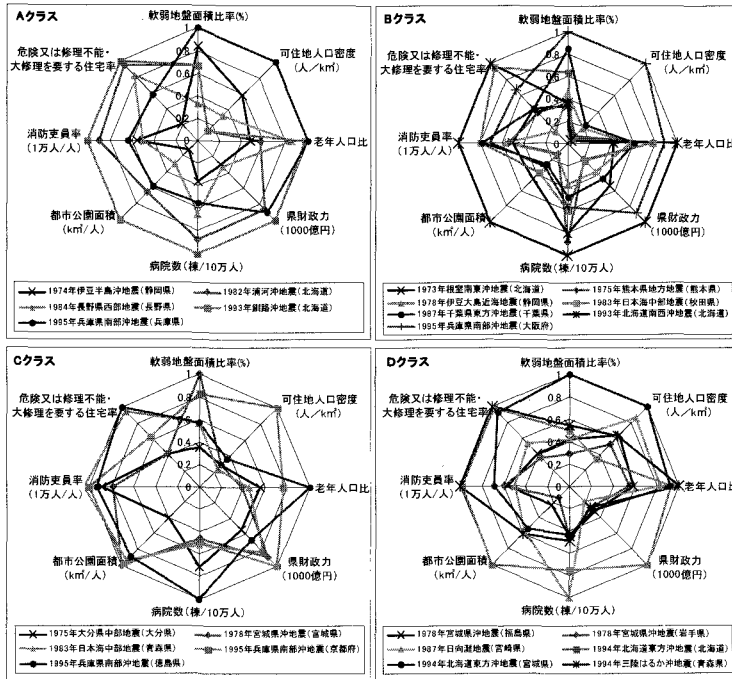


図5 クラス別地震災害と地域特性指標の関連性

県と浦河沖地震の北海道に着目してみると、同じクラスの他の県に比べて被害量が最も多く発生してした兵庫県では、軟弱地盤面積比率・可住地人口密度・老年人口比の割合が高く、病院数・都市公園面積・消防吏員率の割合が低かった。被害量の最も少なかった北海道は、兵庫県とは逆に軟弱地盤面積比率・可住地人口密度・老年人口比の割合が低く、病院数・都市公園面積・消防吏員率の割合が比較的高かった。これらのことから、兵庫県のような地域特性が被害量を増大させた原因の1つと考えられる。次にBクラスでは大阪府を除いてほとんど差が見られなかったが、このクラスの地震で最も被害量の多かった大阪府は軟弱地盤面積比率・可住地人口密度が他の地域と比べて割合が多く、兵庫県同様に病院数も比較的少ない。またこのクラスで最も被害量の少なかった根室南東沖地震における北海道では、地域特性の割合は全体的に少ないが、病院数は比較的割合が多い。このように、軟弱地盤面積比率・可住地人口密度・老年人口比の割合が高く、病院数・都市公園面積・消防吏員率の割合が低い都道府県では、その被害

量が増えている、Aクラスとほぼ同様な結果を示している。Dクラスについては、パラツキが見られ外的要因と内的要因の関連性を見出すのは困難であったが、Cクラスでは、最も被害量の多かった宮城県沖地震の宮城県では、軟弱地盤面積比率、老年人口比の割合が高く、病院数の割合は最も少なく、やはりA、Bクラスと同様な結果が考えられた。

これらのことから、軟弱地盤面積比率・可住地人口密度・老年人口比の割合が高く、病院数・都市公園面積・消防吏員率の割合が低い都道府県では、その被害量が増えていることが考えられ、地震災害の被害量にその地域特性が関係していると考えられる。

5. 多変量解析による被害量の分析

(1) 説明変数の設定

本研究で多変量解析を行うにあたって数量化I類を用いた。この方法は、ある質的データを量的データに変換して、重回帰分析・主成分分析・判

表3 数量化I類解析に用いたアイテム・カテゴリー

外的基準	1.地震災害の罹災者数			
	2.地震災害の被災金額			
説明変数	アイテム	カテゴリー	区分	
	1.軟弱地盤率(%)	1	大きい	15~
		2	中程度	12~15
		3	小さい	0~12
	2.可住地人口密度(100*人/km ²)	1	大きい	8.5~
		2	小さい	0~8.5
	3.老年人口比(%)	1	大きい	13.0~
		2	中程度	8.5~13.0
		3	小さい	0~8.5
	4.都市公園面積(km ² /人)	1	大きい	9.0~
		2	小さい	0~9.0
	5.危険又は修理不能・大修理を要する住宅率(%)	1	大きい	4.0~
		2	小さい	0~4.0
	6.県財政力(1000億円)	1	大きい	9.0~
		2	小さい	0~9.0
	7.病院数(棟数/10万人)	1	大きい	7.0~
2		小さい	0~7.0	
8.消防吏員数(/10000人)	1	大きい	10.0~	
	2	小さい	0~10.0	

別分析と同じような多次元的解析を行う手法で、「結果」(外的基準)に影響を与えるいくつかの「原因」(説明変数)により、その外的基準を説明あるいは予測を行う解析法である。尚、説明変数と外的基準の相関、すなわち重相関係数が0.6以上を示せば、推定精度が良いという基準のもとで解析を行う。

この数量化I類を用いて都道府県別の地震災害による被害量の分析を行った。本解析における外的基準および説明変数としてのアイテム・カテゴリーは表3に示す変数を用いている。すなわち各都道府県における罹災者数と被災金額(95年基準デフレーター)を外的基準とした。また、説明変数としてのアイテムについては、前章で選定した地震災害被害量に関係していると考えられる地域特性を用いた。

(2) 解析結果

i) 罹災者数を外的基準とした場合

カテゴリー・スコアの結果について、まず重相関係数は0.66で信頼性のある結果であり、図6より第3アイテムである老年人口比と第8アイテムである消防吏員率の寄与が大きくなっている。逆に第4アイテムである都市公園面積と第6アイテムである県財政力はそれほど大きな寄与は認めら

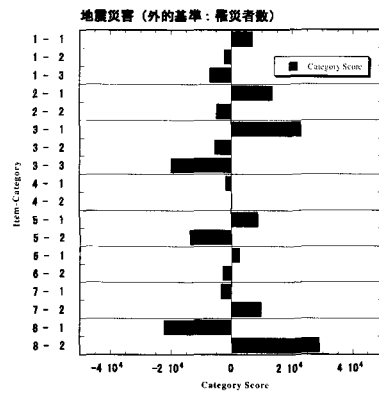


図6 数量化I類による解析結果(罹災者数)

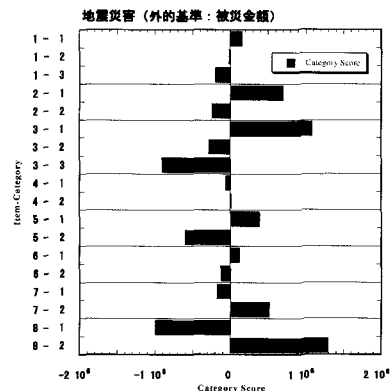


図7 数量化I類による解析結果(被災金額)

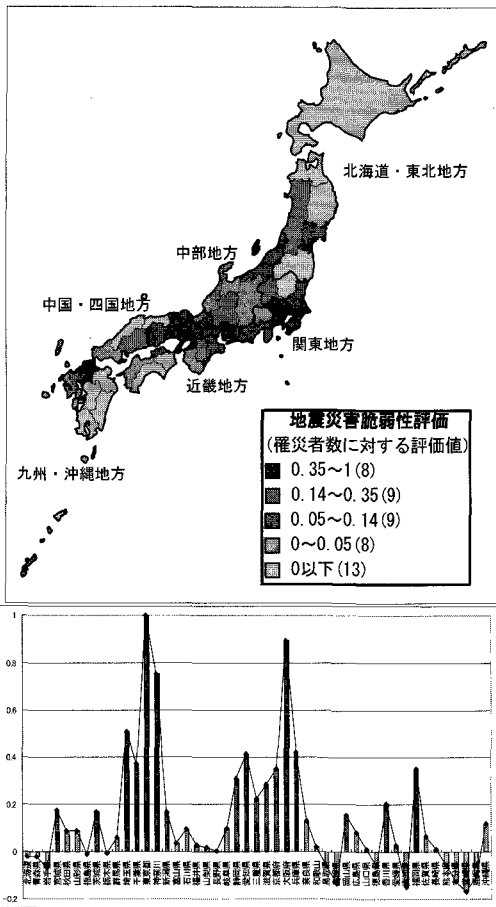


図8 罹災者数に対する地震災害脆弱性評価値

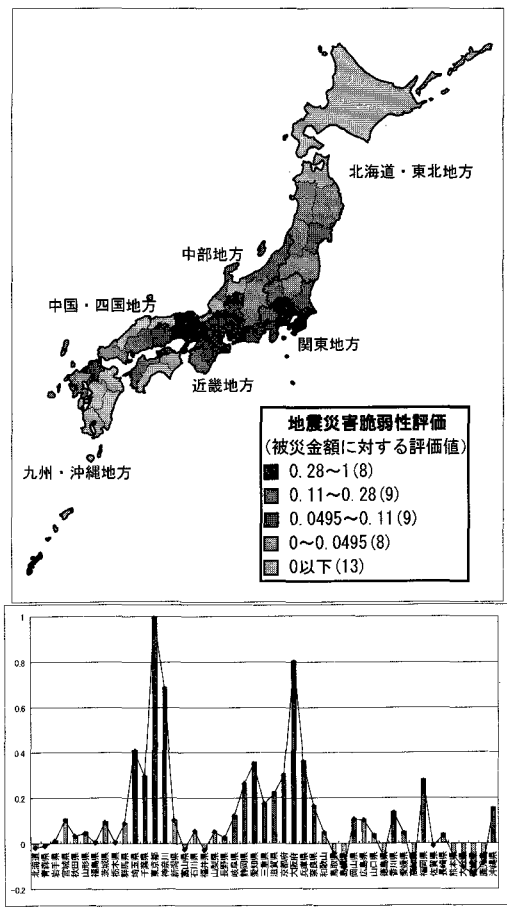


図9 被災金額に対する地震災害脆弱性評価値

れなかった。全体的に見ると、第1アイテム、第2アイテム、第3アイテム、第5アイテムと第6アイテムでは、第1カテゴリーがもっとも寄与していて、第2、3になるにつれて寄与は低くなる。その他のカテゴリーでは逆に、第1カテゴリーがもっとも寄与が低く、第2、3になるにつれて寄与は大きくなる。すなわち、脆弱地盤面積比率、可住地人口密度、老年人口比、危険又は修理不能・大修理を要する住宅率、県財政力が大きくなるにつれて、地震災害の罹災者数に寄与していることを示している。また、都市公園面積、病院数と消防吏員率が大きくなれば、地震災害の罹災者数の寄与は小さいことになる。

ii) 被災金額を外的基準とした場合

まず重相関係数は0.67で解析結果に信頼性があることがわかる。図7を見てみると、罹災者数を

外的基準とした場合と同様の結果が得られた。やはり第3アイテムである老年人口比と第8アイテムである消防吏員率の寄与が大きくなっている。またi)の結果に比べると、多少、脆弱地盤面積比率の寄与は小さくなっており、可住地人口密度、危険又は修理不能・大修理を要する住宅率の寄与は大きい結果を示している。

6. 都道府県別の地震災害脆弱性評価と地域間比較

数量化解析による分析結果を用いて、地震災害に関する脆弱性評価を試みた。そこで数量化解析から計算されたカテゴリースコアを用いて重回帰分析を行い、都道府県ごとに地震災害脆弱性評価値を算出する。

$$Y = \sum_{n=1}^r a_n \cdot x_n \quad (r = 8) \dots\dots\dots (2)$$

a_n : 第 n アイテムのカテゴリースコア

x_n : 第 n アイテムの各都道府県の実測値

式(2)では、各都道府県の実測値として、1995年度の値を使用した。罹災者数と被災金額それぞれに対する各都道府県の脆弱性評価値を図8、9のように図に示した。数値に関しては、もっとも数値の高い(脆弱性が高い)都道府県の数値により、他の値を基準化した。また、()内の数値は、その範囲にある都道府県の数量を示す。図によると、罹災者に対しても被災金額に対してもほぼ同様な結果が得られた。すなわち主に関東地方、近畿地方と中部地方の一部が地震災害に脆弱であると考えられる。特に、東京都・神奈川県・愛知県・大阪府・兵庫県・福岡県といった大都市の存在する都道府県において大きい脆弱性を示すことが図から分かる。これは、それらの地域特性指標の実測値が、多変量解析の結果により地震災害に寄与していると考えられるカテゴリ区分の値すなわち脆弱性に寄与するアイテム・カテゴリの実測値が大きい値を示しているためであることが考えられる。

7. おわりに

本研究では、最近26年の間自然災害統計データベースの構築と、自然・社会・経済的指標のデータ収集を行い、主に地震災害と自然・社会・経済的指標の地域特性を分析して比較検討し、地域特性指標と地震災害による直接被害を対象とした多

変量解析により、数値的に都道府県ごとの地震災害に対する脆弱性評価を試みた。多変量解析では老年人口比・消防吏員率が特に地震災害の直接的な被害量に寄与して、地震災害脆弱性評価の結果では関東地方や近畿地方といった主に大都市の存在する都道府県が脆弱性の高い地域であると考えられた。

今後、地震災害以外の自然災害についても地域特性との関連性を考慮して、より多面的に地域の自然災害に対する脆弱性について、同様な方法により分析する必要があると考えている。

参 考 文 献

- 1) 総務庁統計局編『社会生活統計指標・1970年度版～1995年度版』
- 2) 総務庁統計局編『日本統計要覧・1970年度版～1995年度版』
- 3) 天国邦博・荏本孝久・望月利男「地震災害ポテンシャルの評価手法に関する基礎的研究—都市特性と被害量による定量評価—」、『総合都市研究』第61号, 1996.
- 4) 天国邦博・荏本孝久・望月利男「都道府県を対象とした自然災害統計データベースの構築—防災力ポテンシャル評価と最適防災投資効果の分析に向けて—」、『総合都市研究』第69号, 1999.
- 5) 天国邦博・笠谷 学・荏本孝久・望月利男「都道府県を対象とした自然災害統計の分析—地域特性指標データベース作成とその関連性についての検討—」、『総合都市研究』第72号, 2000.
- 6) 渡辺丹・藤堂正喜「設計用模擬地震動に関する研究(その2)」、『日本建築学会論文報告集』第312号, p.63-71, 1981.
- 7) 駒澤勉・橋口捷久『パソコン数量化分析』1992.

Key Words (キー・ワード)

Seismic Disaster(地震災害), Vulnerability Evaluation(脆弱性評価), Regional Characteristics(地域特性), Natural, Social and Economic Indexes(自然・社会・経済指標), Multivariate Analysis(多変量解析)

Analysis on Relatively Comparison of Regional Vulnerability Evaluated for Seismic Disaster

Kunihiro Amakuni*, Manabu Kasaya**, Takahisa Enomoto*** and Toshio Mochizuki****

*Graduate Student, Tokyo Metropolitan University

**Graduate Student, Kanagawa University

***Faculty of Engineering, Kanagawa University

****Former Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University

Comprehensive Urban Studies, No.75, 2001, pp.87-95

We consider that the damage amounts that a community receives must consider more variously to be not so much the total amount of the human damage and the material damage and the value of the damage shown in the total amount of the direct damage absolutely as relating to the receptive power of the disaster based on regional characteristic in consideration of the various conditions. Then, an area character can be thought to become important even if it is very important and it faces disaster countermeasures again when a natural disaster is grasped.

Recently, we have already explained and reported the collecting statistical data of damages due to natural disaster occurred in Japan during 26 years from 1970 to 1995 in order to prepare the database for the statistical data of natural disaster. Since we report on preparation of data base for statistical data among to the administrative divisions of Japan and the basic analysis result. We built the database that lasts 26 recent years about the damage various quantities due to the natural disaster that has already been exogenous factors, and proceed with some analyses. And we analyzed the result of the regional characteristic looking from time historical change of natural and social and economic index among to the administrative divisions of Japan during 26 years from 1970 to 1995.

In this paper, we investigated the evaluation method of regional vulnerability for seismic disaster after analyzing the databases those were above mentioned statistic data for natural disasters and social and economic indexes. And then, we carried out the multivariate analysis for developing the vulnerability evaluation. Finally, we calculated the regional vulnerability using the result of multivariate analysis and compared the evaluated values for the regional vulnerability among to the administrative divisions of Japan.