

直下地震 被災危険度のマクロゾーネーション

— その2 多変量解析による都市のクラス化及び地震危険度の評価基準 —

○正会員 倉沢延寿\*1) 同 女屋 智\*2) 同 浦川 豪\*3)

同 李 康碩\*4) 同 中埜良昭\*5) 同 村上處直\*6) 同 岡田恒男\*7)

1 はじめに

その1では1995年兵庫県南部地震を中心として過去の被災都市のパターンを分析し、都市の地震危険度にかかわる要因を抽出するとともに、対象都市を選定し、それらのマクロ統計データを収集・整理した。

その2ではその1で述べた各都市の地域特性をもとに多変量解析手法を用いて都市及び都市群をクラス化するとともに都市の地震危険度の評価基準についても検討する。

2 多変量解析による都市のクラス化

各都市の地震危険度、特に地震直後の都市の被害(建物倒壊、地震後の火事等の直接被害)に影響を与える要因を主成分分析手法<sup>[1],[2]</sup>に基づいて、それら要因の因子を分析するとともに、対象都市の因子得点を用いて、クラスター分析手法<sup>[1],[2]</sup>によって、それぞれの都市をクラス化した。以下、それら解析の仮定及び結果を示す。

2-1 多変量解析仮定

1)主成分分析法 (Principal Component Analysis)

因子回転方法: Quartimax 法

因子得点方法: 回帰因子スコア法

2)クラスター分析 (Cluster Analysis)

グリッドクラスター分析手法

2-2 解析結果

代表都市と区の主成分分析及びクラスター分析の結果を表1~4にそれぞれ示す。なお、活断層数、震度5以上の回数及び有感地震回数は各区単位では考慮できないため、表3と表4に示すように区レベルではそれらの項目を除いて解析を行った。

3 地震危険度の評価基準

都市に潜在する地震危険度評価のため、1)建物倒壊及び人的被害危険度、2)火災及び人的被害危険度、3)地震発生危険度のような評価基準を設定した。

3-1 建物倒壊及び人的被害危険度

表1と表3に示したカテゴリーI(★印)の夜人口密度、世帯数密度、1971年以前に建設された木造及び非木造住宅密度とカテゴリーII(★印)の軟弱地盤割合に大きく影響されると考え、表2と表4のカテゴリーI

表1 都市レベルの主成分分析結果

CA	詳細項目	FA1	FA2	FA3	FA4
CA I	★●夜人口密度	0.983	0.022	0.130	0.067
	★●世帯数密度	0.997	0.007	0.020	-0.013
	昼人口密度	0.979	-0.048	0.160	-0.042
	●都市内道路	0.972	0.015	0.074	0.056
	★ 1971年以前に建設された非木造住宅密度	0.946	0.014	0.178	0.013
	★●1971年以前に建設された木造住宅密度	0.898	-0.077	0.414	-0.075
	夜人口	0.929	0.135	-0.288	-0.099
	昼人口	0.927	0.085	-0.268	-0.173
	世帯数	0.903	0.109	-0.335	-0.165
	1病院当りの人口	0.776	-0.238	0.280	0.245
	子供・高齢者人口割合	-0.786	-0.213	0.078	-0.231
	●建ぺい率80%以上の住宅密度	0.708	-0.194	0.648	-0.116
	都市公園数	0.680	0.031	-0.079	0.640
CA II	有感地震	-0.114	0.812	0.085	-0.264
	★ 軟弱地盤割合	-0.115	-0.863	0.085	-0.264
CA III	▲ 災害地震の震度回数	0.387	0.060	0.850	-0.034
	▲ 活断層数	0.351	0.062	0.879	-0.053
CA IV	消防職員数	0.006	-0.105	-0.035	0.904

注)表中のCAはカテゴリー、FAは因子を示す。また、★は建物倒壊及び人的被害危険度の項目、●は火災及び人的被害危険度の項目、▲は地震発生危険度の項目を示す。

及びカテゴリーIIのクラスを用いて次のような評価式(1)で評価した。

$$R_B^{(i)} = \sum CV(i,j) \quad (1)$$

ここで、 $R_B^{(i)}$ : 都市(i)または区(i)に対する建物倒壊及び人的被害危険度

CV: 表2及び表4のクラス値

$j$ : カテゴリー番号( $j=1$  or  $2$ )

3-2 火災及び人的被害危険度

表1と表3に示したカテゴリーI(●印)の夜人口密度、世帯数密度、都市内道路、1971年以前に建設された非木造住宅密度及び建ぺい率80%以上の住宅密度に大きく影響されると考え、表2と表4のカテゴリーIのクラスを用いて次のような評価式(2)で評価した。

$$R_F^{(i)} = CV(i,j) \quad (2)$$

表2 代表都市のクラス化の結果

都市名	CA I	CA II	CA III	CA IV
札幌市	-1	1	-3	3
釧路市	-2	-3	1	-2
青森市	-2	-1	-1	-3
仙台市	-1	-3	1	2
千葉市	-1	-3	-1	1
東京都	7	-1	1	-4
横浜市	2	-3	1	2
新潟市	-1	2	-2	1
福井市	-2	2	1	-3
長野市	-2	-6	2	-2
静岡市	-2	1	-1	-1
浜松市	-2	-1	-1	-1
名古屋市	2	-1	2	1
京都市	2	-1	5	-1
大阪市	5	3	5	-1
神戸市	1	-2	3	3
鳥取市	-2	3	-2	-4
岡山市	-2	2	-2	-1
広島市	-1	1	-2	2
高松市	-2	3	-2	-2
高知市	-1	2	-3	3
福岡市	1	2	-3	5
熊本市	-1	-1	-2	2
宮崎市	-2	1	-1	-1

注)表中の CA はカテゴリーを示す。

表3 区レベルの主成分分析結果

CA	詳細項目	FA1	FA2	FA3	FA4
CA I	★●夜人口密度	0.932	-0.027	0.292	0.019
	★●世帯数密度	0.917	-0.078	0.276	0.090
	●都市内道路	0.897	-0.151	0.226	-0.124
	★●1971年以前に建設された木造住宅密度	0.966	0.086	-0.107	-0.075
	★ 1971年以前に建設された非木造住宅密度	0.645	-0.028	0.424	0.298
	1病院当りの人口	0.736	0.040	-0.100	0.471
	●建ぺい率80%以上の住宅密度	0.853	0.282	-0.305	0.037
CA II	★ 軟弱地盤割合	0.049	0.981	-0.142	-0.002
CA III	子供・高齢者人口割合	-0.294	0.063	-0.848	-0.149
	都市公園数	0.33	-0.091	0.626	-0.223
CA IV	昼人口密度	0.355	-0.010	0.019	0.879

注)表中の CA はカテゴリー、FA は因子を示す。また、★は建物倒壊及び人的被害危険度の項目、●は火災及び人的被害危険度の項目、▲は地震発生危険度の項目を示す。

ここで、 $R_p^{(i)}$  : 都市(i)または区(i)に対する火災及び人的被害危険度

CV : 表2及び表4のクラス値

j : カテゴリー番号(j=1)

### 3-3 地震発生危険度

表1に示したカテゴリーⅢ(▲印)の震度5以上の回数及び活断層数に大きく影響されると考え、表2の力

表4 代表区のクラス化の結果

都市	区	CA I	CA II	CA III	CA IV
神戸市	東灘区	-1	1	2	-2
	灘区	2	-3	-1	-1
	兵庫区	3	-1	-2	-1
	長田区	4	-2	-3	-3
	須磨区	-1	-3	-1	-2
	垂水区	1	-3	2	-2
	北区	-3	-3	-2	-1
	中央区	1	-3	-1	3
	西区	-3	-2	-3	-1
	港区	-1	-1	1	7
東京都	豊島区	6	-5	1	2
	中野区	5	-4	5	-3
	新宿区	3	-3	5	-2
	千代田区	-2	-3	-3	12
	墨田区	3	3	1	1
	大田区	1	2	3	-2
	荒川区	4	2	-1	1
	杉並区	3	-4	3	-2
	足立区	1	3	4	1
	品川区	3	-1	2	-1
大阪市	西成区	7	3	-1	-3
	生野区	7	3	-5	-3
	旭区	5	3	-1	-2
	中央区	-1	1	-1	9
	港区	1	4	2	1
	福島区	3	1	-3	1
	天王寺区	2	-4	-2	5
	西区	1	4	2	5

注)表中の CA はカテゴリーを示す。

テゴリーⅢのクラスを用いて次のような評価式(3)で評価した。

$$R_S^{(i)} = CV(i,j) \quad (3)$$

ここに、 $R_S^{(i)}$  : 都市(i)に対する地震発生危険度

CV : 表2のクラス値

j : カテゴリー番号(j=3)

### 4 まとめ

各都市の地震危険度、特に地震直後の都市の被害に影響を与える要因を主成分分析手法に基づいて、それら要因の因子を分析するとともに、対象都市の因子得点を用いて、クラスター分析手法によって、それぞれの都市をクラス化した。また、都市に潜在する地震危険度評価のため、1)建物倒壊および人的被害危険度、2)火災および人的被害危険度、3)地震発生危険度のようないくつかの評価基準を設定した。

参考文献 [1]奥野忠一ら, “多変量解析”, 日科技連出版社, 1971. [2]本田正久, “多変量解析の実例”, 産能大学出版部, 1993.

1)NKKプラント建設 土木建築技術部(株)  
3)横濱国立大学大学院 博士課程  
5)東京大学生産技術研究所 助教授・工博  
6)横浜国立大学 教授・工博  
7)芝浦工業大学 教授・工博

Civil&Arch. Eng. Depart.  
Graduate Student  
Associate Professor  
Professor  
Professor

;NKK Plant Engineering Co.  
;Yokohama National Univ.  
;Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, Dr. Eng.  
;Yokohama National Univ., Dr. Eng.  
;Shibaura Institute of Technology, Dr. Eng.

2)銭高組(株) 建築部 Architectural Depart. ;Zenitaka-gumi  
4)東京大学大学院 博士課程 Graduate Student ;Univ. of Tokyo