大阪公立大学
Osaka Metropolitan University
学術情報リポジトリ

断層を考慮した地域耐震性能に関する評価

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-12-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 宮脇, 幸治郎 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00007670

断層を考慮した地域耐震性能に関する評価

宮脇幸治郎*

Assessments on the Performance of Earthquake Resistance after Due Consideration for Faults

Kojiro Miyawaki*

ABSTRACT

This study evaluates how earthquake performance of the region is lost by earthquake hazard for the stock accumulated in the region. As the fundamental assumtion, the structure is uniformly distributed in the region , and the structure is uniformly lost by the earthquake hazard. Next, the structure has a value with the equal weight in social life. The proposed index evaluates such that the earthquake performance becomes higher, as the occasional probability of lose by all assets items is smaller.

The object area is taken in the municipality of Osaka Prefecture in order to examine the evaluation index. And, it is supposed to be the loss of assets by the earthquake hazard for 11 faults existing in suburban Osaka Prefecture. As the result, of the evaluation of region's earthquake performance, Osaka City has the lowest value under Osaka prefecture, and the index for the municipality in Sennan districts is high.And,it is proven that improvement of the social foundation on the housing is most effective for the assets item to improve the earthquake performance of the region except for the case of Osaka City.

Key Words: performance of earthquake resistance,fault,socio-economic stock,earthquake hazard

1．はじめに

耐震工学において，地震危険度解析は不確定性のもとでの意思決定問題として発展してきた。ここで扱われている考え方は，将来発生する地震および地震動の予測に主眼がおかれて，対象地域のその危険性が評価される。しかし，土木構造物を主とした社会資本をある地域に投入しようとする場合，地震災害に対する耐震性能あるいは危険性の指標は見受けられない。したがって，社会資本に対する地域の耐震性能の評価に関する研究課題は，社会資本の整備をする際の意思決定の指標としての工学的な意義をもっていると考えられる。

本研究は，このような観点から地域の耐震性能を，その地域に蓄積されている社会基盤のストック，すなわち，社会資産に対し，地震災害によりどれくらい逸失し，地域としてその量をどのように把握すればよいか考え，評価した。基本的な考え方は，社会基盤として整備された構造物が，対象とする地域に一様に分布しているとし，この条件のもとでの構造物が地震災害により一様に分布して損傷し，資産価値が逸失するとする。次に，社会基盤として整備される構造物は，社会生活において同じ重みをもっているという価値観で捉える。すべての資産項目による全逸失の生起確率が小さいほど耐震的な性能が高いと評価した指標にする。

以上のような評価指標を検討するために対象地域を大阪府下の市町村にとり，社会基盤としての資産項目は財政投融資の費目にとって検討した。また，資産逸失は大阪府近郊の１１の断層を対象にした地震災害によるものとした。その結果，本地域耐震性能の評価では大阪府下において大阪市が最も低く，岸和田市や貝塚市など泉南地区の市町村が高かった。また，地域の耐震性能を改善するための資産項目は，大阪市の場合を除いて住宅に関する社会基盤の整備が最も効果があることがわかった。

2003年4月9日　受理
＊建設工学科(Department of Civil Engineering)

2．地域耐震性能の定義

ある地域があり，この地域にはｒ個の社会資産が一様に分布しているとする．このとき，資産項目ｉは，全資産Sに対して$q_i = S_i / S$の割合であるとするれば，

$$\sum_{i=1}^{r} q_i = 1 \qquad (1)$$

なる。

次に，この地域の資産項目ｉが地震等による災害により逸失していく量をＤｉとすれば，資産がこの地域に一様に分布しているので，一様にその逸失量は分布することになる．全資産項目による全逸失量は，

$$D = \sum_{i=1}^{r} D_i \qquad (2)$$

となる．

ここで，逸失量を離散になるような単位で次式のような表現がなされているとする。

$$D_i = D_o \cdot k_i \qquad (3)$$

ここで，

$$n = \sum_{i=1}^{r} k_i \qquad (4)$$

この逸失量がこの地域で逸失していく組み合わせは

$$\frac{n!}{k_1! \cdots\cdots k_n!}$$

各資産項目の割合を考慮した確率は，

$$p = \frac{n!}{k_1! \cdots\cdots k_r!} q_1^{k1} \cdots\cdots q_r^{kr} \qquad (5)$$

ｎが十分大きいとき，スターリングの近似公式

$$\log n! = n \log n - n$$

より、式(5)は次式のようになる。

$$-\log p \cong n \sum_{i=1}^{r} \left\{ \frac{k_i}{n} \log\left(\frac{k_i}{n}\right) - \frac{k_i}{n} \log(q_i) \right\}$$

$$\propto \sum_{i=1}^{r} \{ p_i \log(p_i) - p_i \log(q_i) \} \qquad (6)$$

ここに，

$$p_i = \frac{D_i}{D}, q_i = \frac{S_i}{S} \qquad (7)$$

式(5)は，ある地域における資産分布での地震等による資産の逸失確率を意味し，式(6)は，この量の対数をとっている。すなわち，逸失確率が$p \to 0$と小さいほど式(6)の値が大きくなり，逆に値が$p \to 1$と大きいほど小さくなる。このことは，この地域の耐震的な性能が高ければ対象資産が被災し難く逸失確率が小さくなり，結果として式(6)の値が大きな値を示すことになる。そこで，本研究においては，次式を地域耐震性能E_{RP}と定義する。

$$E_{RP} = \sum_{i=1}^{r} \{ p_i \log(p_i) - p_i \log(q_i) \} \qquad (8)$$

3．地域社会資産の推定

社会資本の各項目のストック量に対する推定は，過去の財政投融資に関する統計資料[1]をもとに，構造物の耐用年数32年間の総和で換算する。

まず，都道府県別の項目別行政投資額の推定[2]を行い，これらを都道府県下の市町村に関するストック量の推定には，表１に示すような２０の資産項目に対応するパラメータを用いて行う。

表１　大阪府下各市町村の資産項目に対応するパラメーター

分類	資産項目	パラメータ
生活基盤	市町村道	市町村道延長距離
	街路	市街化区域面積
	都市計画	市街化区域面積
	住宅	公営住宅管理戸数
	環境衛生	下水処理人口
	厚生福祉	病院数
	文教施設	学校数
	水道	上水道の給水量
	公共下水道	下水処理人口
産業基盤	国県道	国道延長距離
	港湾	海岸線延長距離
	工業用水道	工業用水使用量
		事業所数
農林基盤	農林水産	経営耕地面積
国土保全	治山治水	主要河川延長距離
	海岸保全	市街化調整区域面積
		海岸線延長距離
その他	鉄道	地下鉄以外の鉄道の延長距離
	地下鉄	地下鉄の延長距離
	電気	消費電力量
	ガス	都市ガス使用量
	宅地造成	公営住宅管理戸数

表２　資産項目別逸失額推定式に用いる係数

$\ln Li = c_0 + c_1 \ln F + c_2 \ln Ps + c_3 \ln S + c_4 \ln P + c_5 \ln Ag + c_6 \ln S_{AT}$　（千円）								
	Ki		F(世帯数)	Ps(可住人口密度)	S(総面積km²)	P(総人口)	Ag(農業粗生産)	S_{AT}(加速度gal)
	Li	c_0	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
1	住家	-2.77	0.371	0.951				2.07
2	道路	-0.855			0.330			2.45
3	教育施設	-2.06		0.245		0.791		0.706
4	水道施設	-14.2				1.13		2.25
5	河川	-5.30			0.055			3.73
6	農林水産	-5.11					0.730	1.45

表３　損害率 p_j と各資産 S_j との関連

損害率p_j	各資産項目Sj
住家	住宅，宅地造成
道路	市町村道，街路，国県道，鉄道，地下鉄
教育施設	文教施設
水道施設	都市計画，環境衛生，厚生福祉，水道公共下水道，工業用水，電気，ガス
河川	港湾，海岸保全，治山治水
農林水産	農林水産

4．地震災害による逸失額の推定

各資産項目の逸失額は，対象とする地域の各断層による加速度と資産の地域特性とで求める。すなわち，地域特性指標として各市町村の世帯数，可住人口密度，総面積，総人口を採用し，逸失額推定式は，栗林・上田・田崎の次式[3]を用いて行う。

$$L_i = f(S_{AT}, K_i) \qquad (9)$$

ここに，L_i　：i項目資産の逸失額

S_{AT}　：固有周期（T秒）における加速度(gal)

K_i　：i項目資産の地域特性の指標

ここでの具体的な係数は，表２に示す値を用いる。表２に挙げられていない資産項目に対する逸失額の推定は，表３に示す分類による各資産額に該当する損害率を乗じて算定する。

図１　対象とした断層の位置

5．想定断層による大阪府下の地域耐震性能

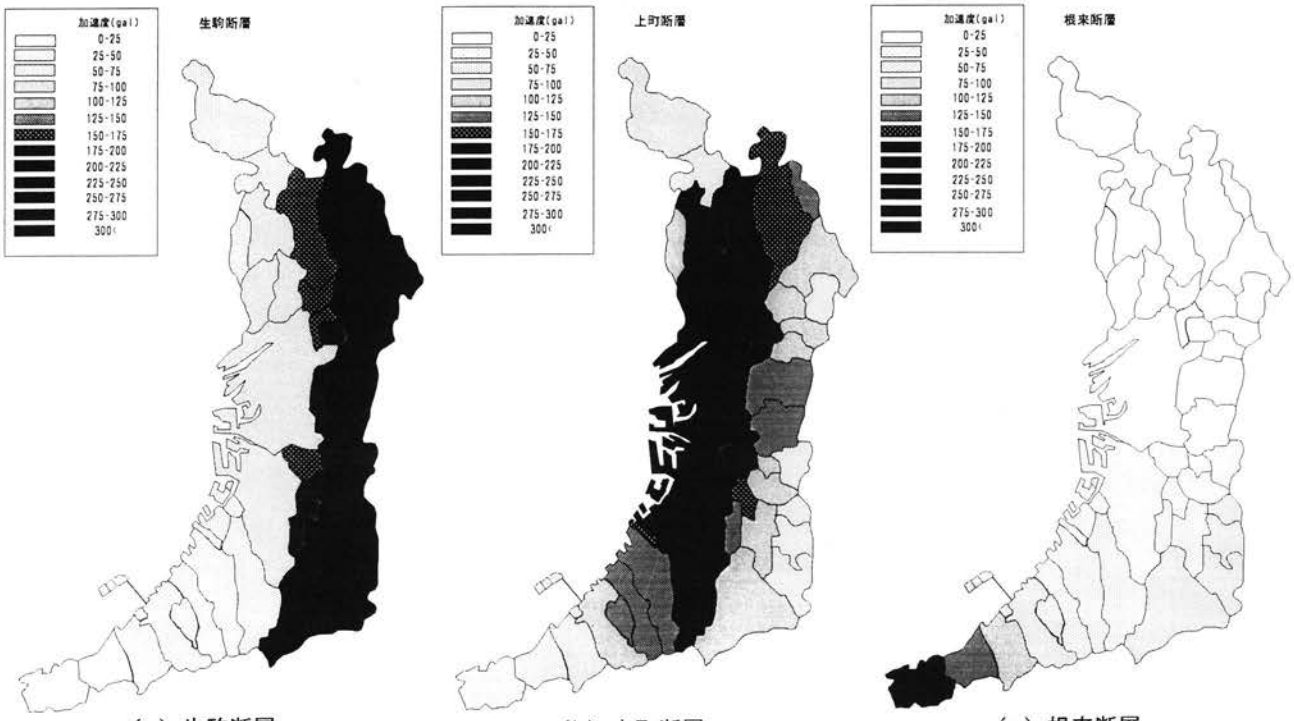
（１）対象とした断層

対象とした地域は，大阪府下の市町村とした。また，対象とした断層は，図１に示すような大阪府を中心とした近郊の内陸部のものを対象にし，これらの断層によって想定されるマグニチュードは，断層長さから表４のような値を推定して用いた。

さらにこれらの断層による市町村での加速度はJoyner-Booreの式[4]により推定した。ここでは，生駒山系に沿った生駒断層，大阪市中心部の上町断層および和歌山県紀ノ川沿いの根来断層による結果例を推定し

表４　対象とした断層と推定ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ

断層名	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
	生駒	交野	上町	羽曳野	五月丘	住之江	坂本	根来	金剛	花折	桃山
断層距離(Km)	20.8	12.8	20.3	6.3	25.3	3.5	13.3	19.4	17.5	18.3	12.8
推定ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ	7.1	6.9	7.1	6.6	7.1	6.3	6.9	7.0	7.0	7.0	6.9



（a）生駒断層　　（b）上町断層　　（c）根来断層

図２　推定加速度分布

た加速度分布の例として，図２に示す。生駒断層による加速度分布は，生駒山系に沿った北河内地区の市町村が大きくなっており，上町断層による加速度分布は，大阪市内を中心に南北に沿った市町村が大きく，根来断層による加速度分布は，岬町が大きい以外は全体的に小さい結果となっている。

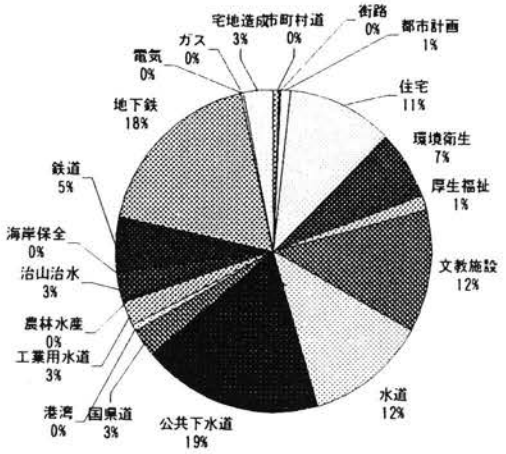
（２）地域の資産特性

表１のパラメータを用いて各市町村の資産は算定した。その結果の例として大阪市，岸和田市および枚方市を図３に示す。大阪市の場合，公共下水道10%，地下鉄18%，文教施設12%，水道12%，住宅11%の順で，岸和田市の場合，公共下水道18%，文教施設12%，治山治水10%，住宅8%，環境衛生8%，厚生福祉8%，水道8%，国県道8%の順で，枚方市の場合，公共下水道22%，文教施設14%，住宅11%，水道9%，厚生福祉8%の順で大きな割合を占めている。いずれの場合にも住宅，文教施設，水道，公共下水道の資産割合が大きくそれぞれ約10%～20%程度の割合となっている。次に大阪市と他の２市の違いは，大阪市では，地下鉄に関する資産が大きいが，岸和田・枚方の２市では，公共下水道，水道，住宅，文教施設，環境衛生・厚生福祉・国県道の資産がほぼ同じ大きさを占めている。なお，他の市町村においても大体このような資産構成生の特性をもっていた。

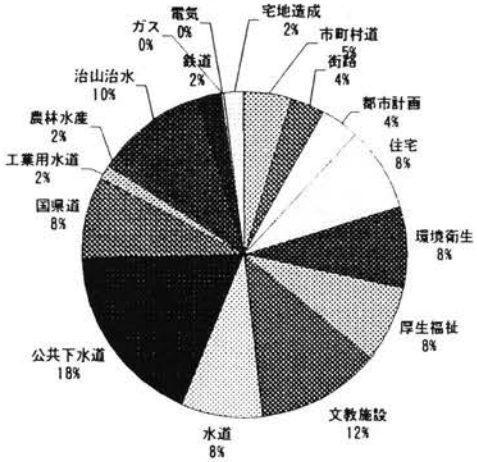
（３）地震災害による資産逸失特性

想定する断層により地震災害による資産逸失額が変化する。ここでは，上町断層による結果例を大阪市，岸和田市および枚方市のおける資産逸失額の割合について図４に示す。

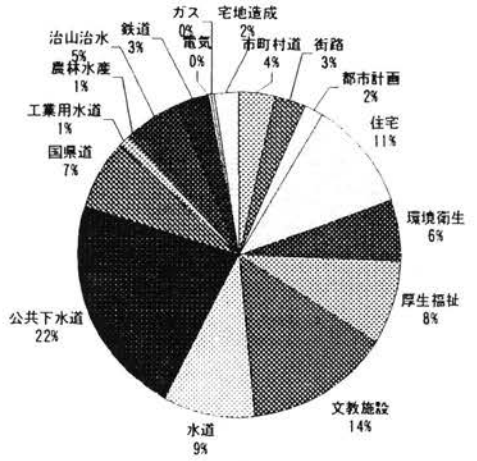
上町断層の震災による住宅に関する資産逸失が，大阪市で85%，岸和田市で69%，枚方市で88%といずれの場合にも大きな割合をしている。次に農林水産に関する資産逸失が大阪市では1%と少ないが，岸和田市で28%，枚方市で9%となっている。



(a)大阪市(58220億円)

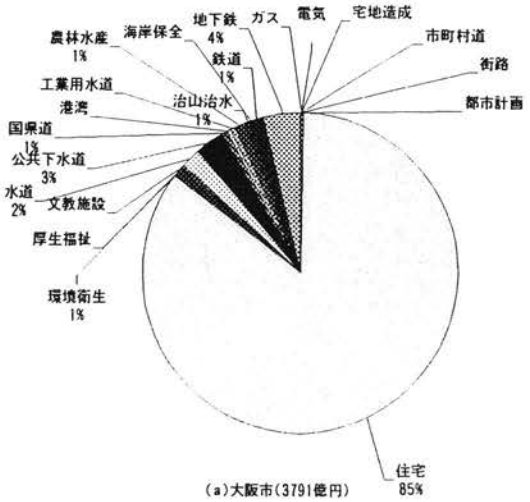


(b)岸和田市(4488億円)

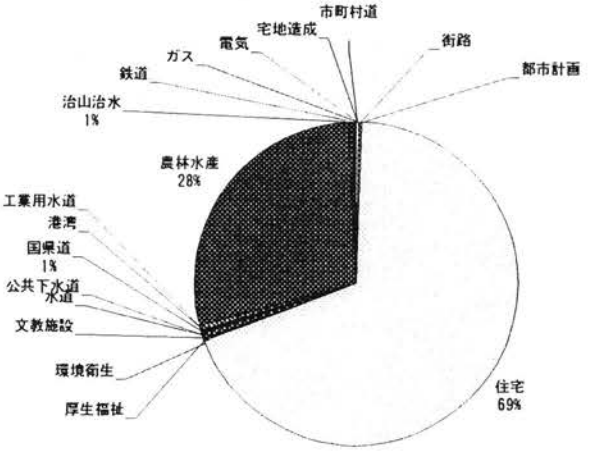


(c)枚方市(7592億円)

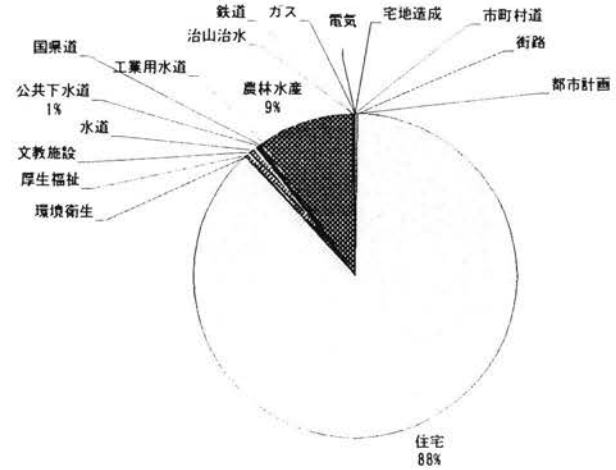
図3　社会資本資産に対する分布特性



(a)大阪市(3791億円)



(b)岸和田市(141億円)



(c)枚方市(182億円)

図4　上町断層による震災資産逸失分布特性

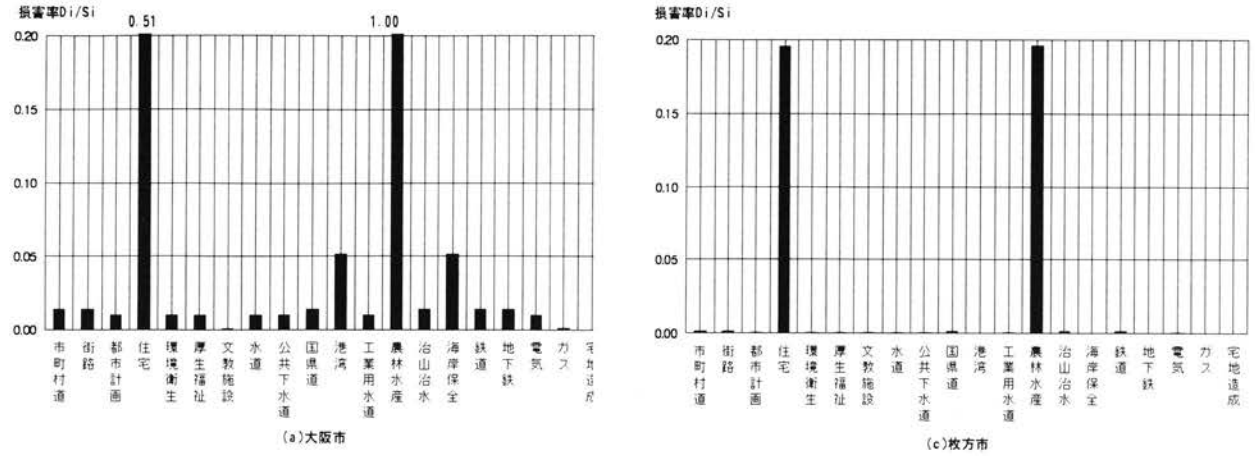
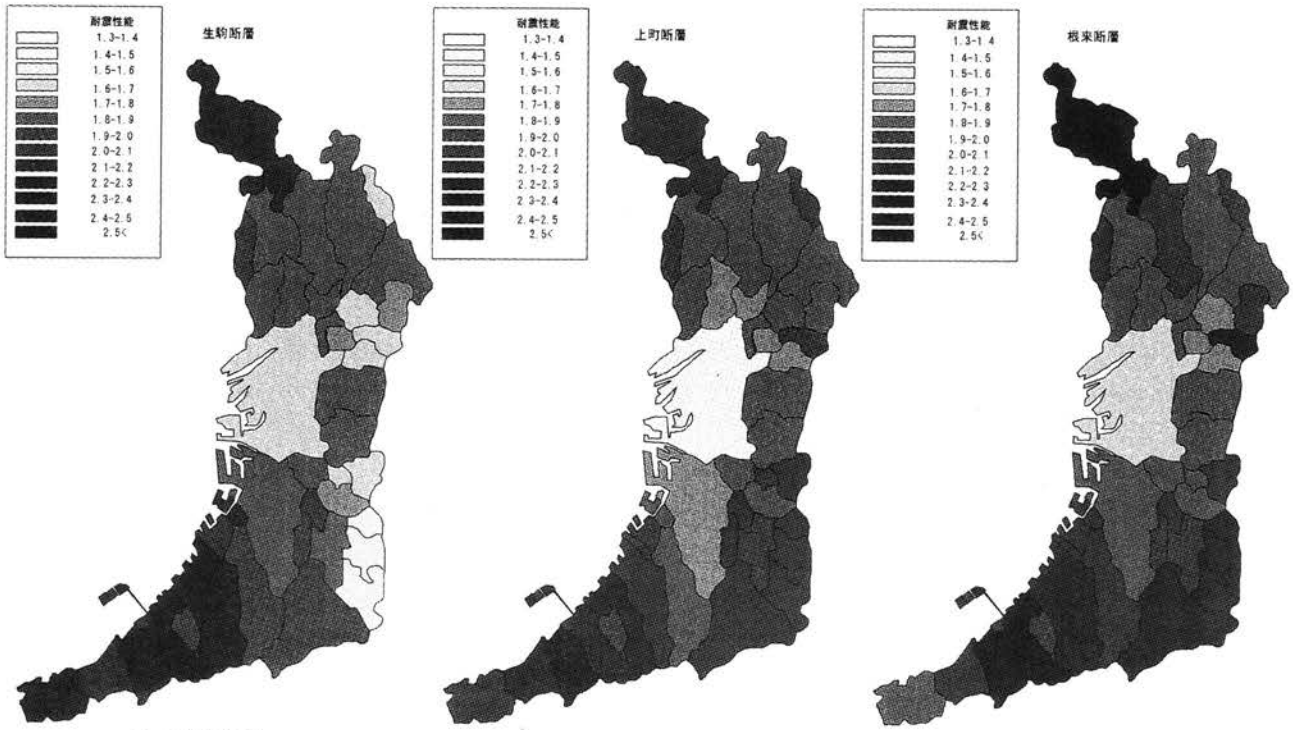


図5　上町断層による資産項目別損害率



(a)生駒断層　　(b)上町断層　　(c)根来断層

図6 地域耐震性能分布

同様に根来断層の震災の場合にも住宅に関する資産逸失が，大阪市で84%，岸和田市で60%，枚方市で75%といずれの場合にも大きな割合をしていた。次に農林水産に関する資産逸失が大阪市で5%，岸和田市で37%，枚方市で20%となっている。

これらの結果は，各市町村に蓄積された社会資本が地震災害を被った場合，社会資産の特性により資産逸失特性によく現れている。すなわち，資産の蓄積割合と大きく異なって被災による資産逸失の割合は，府下においては，住宅関係の資産逸失の割合が最も大きい特性をもっており，続いて大阪市を除いて農林水産関係の割合が大きい。このような特性は，1995. 1. 17の兵庫県南部地震(M＝7. 2)における住宅被害特性が，非常に大きかったことにも対応している。

なお，ここでの農林水産に関する被害推定には，表2に示しているように農業粗生産額をパラメータにして推定しており，相関係数が70%程度であり，かなりの誤差が含まれている。

図5は，上町断層の震災による各資産項目の資産額に対する逸失額の割合を示した資産項目別損害率であ

る。大阪市および枚方市共に住宅と農林水産の資産項目が非常に大きな値を示している。なお，大阪市と枚方市との損害率の値は，断層の位置に近い大阪市の方が大きな値になっている。

（4）地域耐震性能の特性

図6は，**図2**に対応する加速度が作用した場合の府下の市町村別耐震性能の分布を示したものである。生駒断層の震災に対する耐震性能は，泉南市2．45，泉佐野市2．38，岬町2．33，貝塚市2．28，岸和田市2．26の順に高い値を持ち，逆に太子町1．50，河南町1．56，大阪市1．66の順位低い値を持っている。上町断層の震災に対する耐震性能は，泉南市2．31，泉佐野市2．21阪南市2．17，貝塚市2．16，岸和田市2．14の順に高い値を持ち，逆に大阪市1．54，堺市1．78の順位低い値を持っている。根岸断層の震災に対する耐震性能は，能勢町2．61，豊能町2．47，泉佐野市2．34，泉南市2．25，岸和田市2．24の順に高い値を持ち，逆に大阪市1．73，門真市1．79の順位低い値を持っている。いずれの場合も地区的に大阪市は地域耐震性能が低く，岸和田市，貝塚市，泉佐野市，泉南市などの泉南地区と豊能町，能勢町などの地区は地域耐震性能は高い値を示めしている。

図7は，大阪市，岸和田市および枚方市に対する断層の違いによる地域耐震性能を示したものである。図の結果から，大阪市に対しては，1．54から1．73の値を示し，岸和田市に対しては，2．13から2．38の値を示し，枚方市に対しては，1．86から1．96の値を示している。したがって，それぞれの地域の耐震性能は，断層の違いにより大きな変動はなく，それぞれの地域の蓄積された資産形成により概ね評価されていることがわかる。なお，断層による震災の資産逸失効果は，たとえば，大阪市の場合，上町断層と生駒断層に対して1．54と1．66の違いとして現れ，枚方市の場合，1．94と1．87の違いとして現れている。

図8は，上町断層による震災で評価される地域耐震性能において，対象とする資産項目のみ損害率を変化させたとき，地域耐震性能がどのように改善されるかを求めたものである。なお，対象都市としては，大阪市，岸和田市および枚方市にし，対象資産項目としては，都市計画，住宅，文教施設，水道，国県道，農林水産，電気，宅地造成の8項目にしている。これらの結果によると，大阪市の資産項目住宅以外は，損害率を低くすれば若干増加している。特に住宅に関する損害率を低くすれば地域耐震性能は，大きく上がっている。逆に大阪市の場合は，逆に大幅に地域耐震性能は，下がっている。図の結果は，**図5**の(a)図および(b)図に

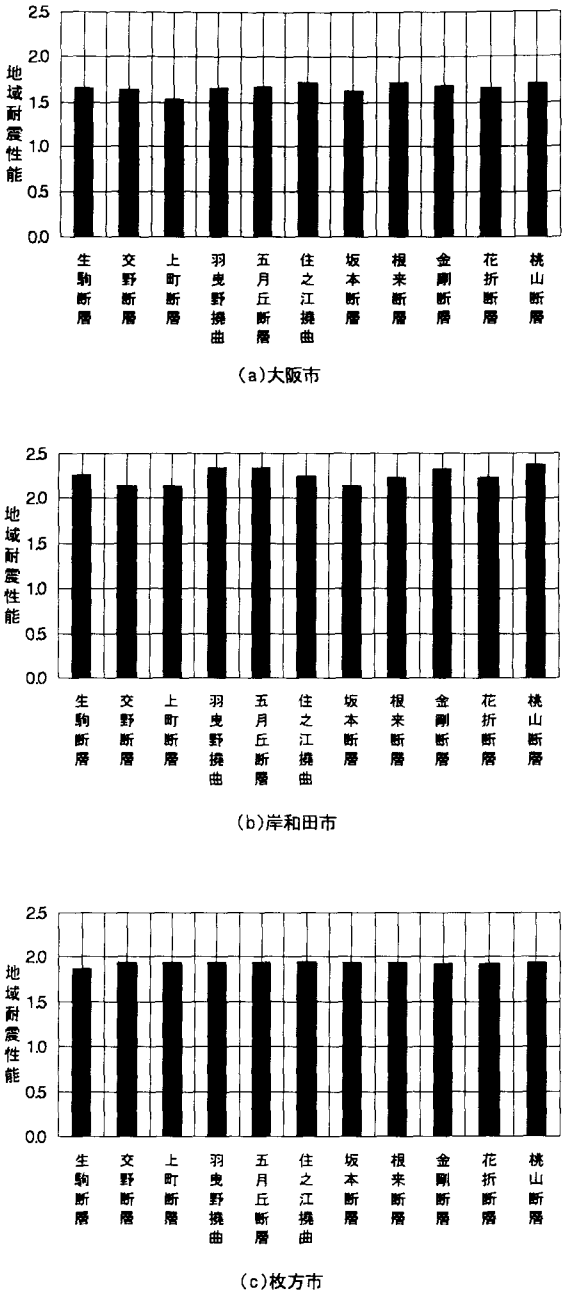
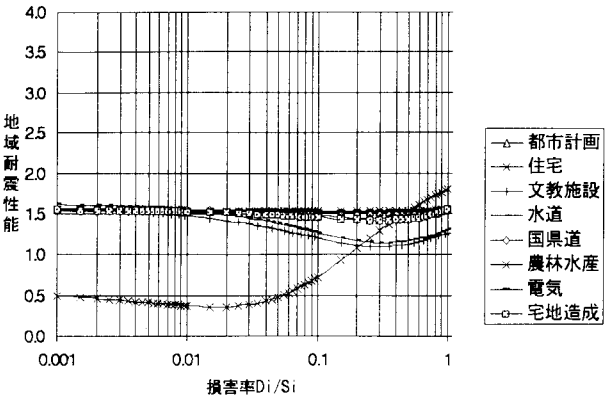


図7　断層の違いによる地域耐震性能

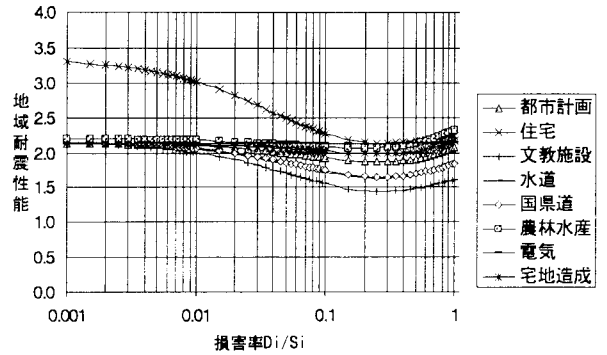
おいて住宅の損害率Di/Siはそれぞれ0．51，0．20であり，大阪市の場合は，損害率を0．02より低くしなければ地域耐震性能は，下がっている。一方，枚方市の場合は，損害率を0．2より小さくすれば地域耐震性能は，増加している。

6．まとめ

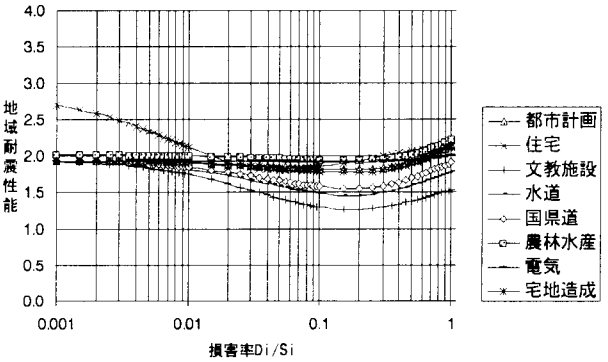
本研究は，地域の耐震性能をその地域の資産率と資



(a)大阪市



(b)岸和田市



(c)枚方市

図８　地域耐震性能と資産に対する損傷率との関係

産逸失率によって新たな指標を定義し，評価した。具体的な地域としては，大阪府下の４４市町村に対して行い，対象断層は大阪府近傍の内陸部の１１のものを用い，資産項目は社会資本を形成する２０の項目を用いて行った。その結果以下のようなものを得た。

（１）地域の資産特性は，大阪市では，地下鉄に関する資産が大きく占めるが，他の市町村では，公共下水道，文教施設，住宅，水道，環境衛生・厚生福祉・国県道の資産がほぼ同程度の大きさで構成され，その他の少なくなっている。

（２）資産の蓄積割合と大きく異なって被災による資産逸失の割合は，住宅関係の資産逸失の割合が最も大きい特性をもっており，続いて大阪市を除いて農林水産関係の割合が大きい。

（３）地区的に大阪市は地域耐震性能が低く，岸和田市，貝塚市，泉佐野市，泉南市などの泉南地区と豊能町，能勢町などの地区は地域耐震性能は高い値を示めしている。

（４）それぞれの地域の耐震性能は，断層の違いにより大きな変動はなく，それぞれの地域の蓄積された資産形成により概ね評価されている。

（５）対象とする資産項目のみ損害率を変化させたとき，地域耐震性能がどのように改善されるかを求めた結果，大阪市の資産項目住宅以外は，損害率を 低くすれば若干増加している。特に住宅に関する損害率を低くすれば地域耐震性能は，大きく上がっている。

参考文献

１）総務庁統計局：日本統計年鑑，日本統計協会，毎日新聞社，pp.480-481,2001.

２）大阪府企画調整部統計課：大阪府統計年鑑，大阪府統計協会，2001.

３）栗林栄一，上田治，田崎忠行：地震による損害波及の推計モデルについて，天然資源の開発利用に関する日米会議，耐風・耐震構造専門部会第13回合同部会会議，pp.538-567，1981.

４）Joyner,W.B and Boore D.M.:Peak Horizontal Acceleration and Velocity from Strong Motion Records including Records from the 1979 Imperial Valley ,California,Earthquake, BSSA,71-6,pp.2011-2038,1981.