

「ニッチ重なり合い」を考慮した都市災害リスクの評価法に関する基礎的考察*

An Evaluation of Urban Disaster Risks by Use of Niche Overlap*

前川 和彦**、岡田 憲夫***

By Kazuhiko MAEKAWA**, Norio OKADA***

1. はじめに

都市には人口が集中し、様々な活動が行われ、多くの都市機能が集積している。しかし、一度災害が発生すれば、多くの機能が麻痺し、都市活動が阻害され、結果的に、大きな被害を受ける。特に大きな都市にあっては、都市活動や機能は多様化し、これらが複雑に絡み合っているため、いったん災害が起これば、複合災害の様相を呈することになる。このように、人の活動と都市機能の地理的な分布の重なり具合が、災害による被害の程度を大きく左右する可能性がある。本研究では、こうした都市の複合災害リスクの評価法について基礎的考察を行う¹⁾。

2. 都市（災害）リスク

都市のリスクをいくつかの種類に分けて考える。まず、人の地区別分布に注目すれば、お年寄りなどの災害弱者になりやすい人たちが多く住む地区など、特定の年齢層に偏っている地区とそうでない地区がある。また多くの都市活動が集中する地区があるかと思うと逆に万遍なく各地区に活動が分散していることもある。このような都市活動の集中性や偏在性は都市の活力の源であるとともに、ある種のリスクの源とも考えられる。すなわち、都市にいったん震災などが起きた場合、特定の地区に人口や活動が集中していればいるほど被害は大きなものになり得ると思われる。これは「活動の集積リスク」と称すべきものである。また、逆に「活動」と「活動」が同時同所で行われている方が有利であり、異なる時と場

所で行われている方が不利でリスクが大きくなることも考えられる。これらは、言わば「活動の不整合リスク」と呼ぶことができる。これら人間の活動の分布状況によってもたらされる「活動の集積リスク」および「活動の不整合リスク」という二つのリスクを総称して、「活動リスク」と呼ぶことにする。

一方、活断層や軟弱地盤、老朽化した建物などが、都市内の特定の場所に存在するならば、それだけ複合災害のリスクは高くなる。そこでこの種のリスクを「場のリスク」と呼ぶことにする。

さらに、この「場のリスク」は次の2つに分けられる。第1が、地区内の建物の老朽度等の「環境の質」に関わるもので、この「環境の質」の善し悪しが、その地区で災害が発生した際の被害の程度に影響を与える。これを「環境の質のリスク」（誘因＝ハザード）と呼ぶ。もう1つは、自然災害が発生する可能性が高い箇所、例えば、活断層や河川や海沿いの地域などに関わるもので、そこには「災害発生リスク」（素因＝ベリル）が潜在していると考えられる。実は、これら3つ（活動、環境、災害発生）のリスクは相互に関係しあっている。内部に「災害発生リスク」を含んだ「環境の質のリスク」が分布する場（都市）に対して、人々の「活動」が多重に分布し、折り重なる。このように都市という場には都市災害リスクが潜在的にかつ重層的に醸成されている。例えば、「場のリスク」の高い場所と「活動リスク」の高い場所とが重なり合えば、その地域の災害に対する都市のリスクはそれだけ大きなものになる。

以上のような観点から、本研究では都市災害リスクを、「活動リスク」と「場のリスク」の「複合的併存状態」のリスクとして捉えるとともに、都市内における空間的な分布の重なり多重リスクとして評価するための技法について検討する。

*キーワード：防災計画、都市計画

**学生員、京都大学大学院修士課程
(京都市左京区吉田本町, Tel 075-753-5070)

***正員、工博、京都大学防災研究所
(宇治市五ヶ庄, Tel 0774-32-3111, Fax 0774-32-3093)

3. ニッチ重なり合い

(1) ニッチ分析

リスクの空間的分布の2種類の重なり合いを、「活動」を中心にして次の3パターンに分けて考える。

- ・「活動」と「活動」の重なり合い。
- ・「活動」と「環境の質のリスク」の重なり合い。
- ・「活動」と「災害発生のリスク」の重なり合い。

これらの空間的分布の重なり合いを定量的に分析するための指標としてニッチ分析の手法を用いる²⁾³⁾⁴⁾。ニッチ分析は生物群集の棲み分けの分布解析に主に用いられている。生物は生活資源や環境要因を変量とする一定の範囲内に生息する。これらの環境変量を座標軸に選ぶと、生物は、餌の種類や活動の時間、生息場所などの座標軸上で、一部は重なりつつも大半は単独で存在するなどの棲み分けを行っている。また、生物種によっては、多種類の餌をとるものもあれば、特定の種類の餌しかとらないものもあるなど、環境（資源）利用の幅がそれぞれ異なる。生物種のニッチについての代表的な定義では、「環境要因や食物などの生活資源を座標軸とする多次元座標系における、その中の1つの多次元空間」が個々の種のニッチとされる²⁾。ニッチ分析では、各生物種のニッチの広がりを表す「ニッチ幅」や、生物種間の「ニッチ重なり合い」の程度を表す定量的な指標が用いられている。本研究では、都市をいくつかの地区に分け、その地区毎に存在する「各種の活動（を行う人々）」、「環境の質を表す量」、および「自然災害発生危険箇所」のそれぞれをニッチ分析における生物種、すなわちリスクの源となる種と見なし、それらのニッチ重なり合いを評価する。

(2) 重なり合いの特性：「共棲性」と「集積性」

本研究では、「重なり合い」によって複合災害リスクを評価する。その際、重なり合いの性質として、「共棲性」と「集積性」という二つの特性に着目する。

「共棲性」とは、リスク要因1とリスク要因2が、その分布パターンを同じくし、共に場所を共有して存在しているというイメージの概念である。本研究では、様々な人の活動や年齢や職業等を異にする人の分布の仕方を「活動リスク」として捉える。つまり、「共棲性」が高いということは、比較された一對

の「活動」分布の類似性が高く、都市内で空間的に同所で活動が行われている可能性が大きくなると推察される。その際、ある「活動」と別のある「活動」が共に場所を共有して行われていることで、災害時の対応等に有利になる場合が考えられる。また、その逆に不利になることもあるだろう。

例えば、「災害弱者」と見做されるお年寄りや幼い子供と、他の人々とが、当該の都市や都市圏において、共に居住していたり、あるいは似た行動パターンで都市内部を移動しているとする。また、場所を同じくするということは、時間を同じくして活動している（同期している）ということでもある。このように、同じ場所に居たり、同時に活動して共に存在する可能性が高いほど、より「共棲」しており、災害が起こった時に、「災害弱者」が他の人々の支援を受けやすい状況にある、と推察される。事実これは阪神・淡路大震災で実際に確認されたことでもある。つまり、このような共棲（の重なり）の度合の大きさが、災害に対する地区の抵抗力の強さを表す指標となり得るであろう。

「共棲性」は、分布パターンの相似性・同期性に着目している。互いの分布が似ているか、そしてそのフェイズ（位相）は同期しているかが問題で、分布の広がりや狭さは考慮されない。一方、「集積性」では、分布の幅、ニッチ幅の大きさが考慮される。ニッチ幅が狭いということは、そのリスク要因が都市内の特定の地区に局在化して集積しているということである。一方のリスク要因の集積地区と、もう一方のリスク要因の集積地区が重なっているということは、それだけその二つのリスク要因からなる複合災害リスクが局在する形で高まっていることを示している。

例えば、「場のリスク」のうち「環境の質のリスク」を考える。これは、地震などが発生した際、被害を拡大する要因となる。その場合、環境の質のリスク要因と、他の「活動」や「場のリスク」との重なり合いが局在化して集積しているということは、それだけ、危険な地域にその「活動」が集中していて、災害リスクが高まっているということである。あるいは、「場のリスク」同士が二重に集積していて、非常に危険な地区が特化して存在しているということであつたりする。

(3) ニッチ重なり合いの指数

ニッチ重なり合いは、2つの異なる生物種のニッチがどの程度重なっているのかを示す量であり、その指数はこれまでに生物学の分野においていくつか提案されている。それらの指数にはそれぞれ異なる特徴があり、考え方の違いがある。そこで次に、上で述べた二つの重なり合いの特性、すなわち「共棲性」と「集積性」を定量的に評価する方法について検討する。そのために、これまで生態学で提案されてきたニッチ重なり合いの指数の中から、それぞれの特性を表すのにふさわしいものとして C_{hi} ⁵⁾ と LO ⁶⁾ の2つを用いることにし、その指数の基本的な特性について予備的な検討を行う。

a) C_{hi}

「共棲性」を表すニッチ重なり合いの指数として、 C_{hi} を用いることにする。 C_{hi} は、ユークリッド距離に関連するニッチ重なり合い指数の一つである。

ニッチ分析において、ある環境変量をあらわす座標軸での生物種の好適度（相対アバンダンス）の変化を表したものを利用曲線と呼ぶ²⁾。本研究においては、環境変量として、都市内の各地区を選ぶので、各地区を横軸にとり、各地区内での種の存在数を全地区の種の存在数で除したものの（相対アバンダンス）を縦軸にとって、座標上で重ねたものが利用曲線となる（図1参照）。 C_{hi} はニッチの重なり合いをみる2つの種の利用曲線が重なる部分の割合を表す。利用曲線が完全に重なるとき1、利用曲線の重なる部分が全くないとき0となる。種*h*と種*i*の C_{hi} は次式で表される。

$$C_{hi} = 1 - 0.5 \sum_{j=1}^L |p_{hj} - p_{ij}| \quad (1)$$

ここで、 j は*L*個に分けられる都市内各地区を表し、 p_{hj} と p_{ij} は各々種*h*と種*i*の地区*j*での相対アバンダンスを表す。この式より、ニッチ重なり合いを調べる2種の分布形が近い場合、 C_{hi} は大きく、1に近い値をとり、逆に、形が異なり、重なる部分が少なくなるほど小さくなって0に近づくことがわかる（これは理論的に証明できる。）。

分布の重なり方による C_{hi} の変化を分析した結果（[付録A] 参照）、「活動」が最も盛んに行われている地区、つまり「活動」の最頻分布地区が、「活動」同士で一致しているとしても、互いの相対ニッチ幅の大

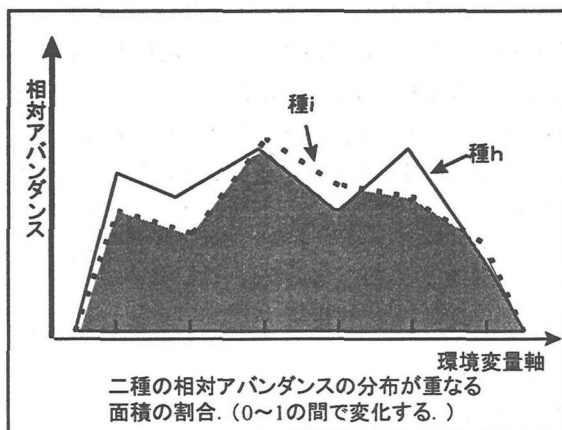


図-1: C_{hi}

さが異なれば、 C_{hi} は1に近い値をとらないという傾向が見られた。つまり、 C_{hi} は同一の分布パターンであることが1に近い値をとることに大きく影響を与えることが分かる。従って、この意味で、「共棲性」を表す指数として適切であると言える。また、相対ニッチ幅の小さな分布パターンほど、他の分布パターンとの C_{hi} が大きくなりやすく、分布地区が特殊化していると言える。つまり、他の活動と「共棲」しにくいことがわかる。このようなことを勘案して、 C_{hi} を「共棲性」を表す指数として用いることとする。

b) LO

「集積性」を表すニッチ重なり合いの指数として、 LO を用いることにする。 LO は各地点での資源量を考慮したニッチ重なり合い指数である。

前述したように、ニッチ分析では、注目する環境変量について、対象となる生物種の個々の環境傾度での分布数を使用することにより、ニッチ幅やニッチ重なり合いが求められる。（環境傾度とは、環境変量の座標軸上における特定の一点を指す。餌を環境変量とした場合は、ある特定の種類の餌などである。）例として、水辺からの距離を環境変量として生物種の分布状況を調べることを考える。すると、水辺からの距離がどれぐらいの範囲でどのように対象となる生物種が分布し重なり合っているかが、ニッチ分析の指標で表現される。ここで「資源量」あるいは「資源利用可能性」という特性が関わってくる。ある水辺から、ある距離にある地点に、他の地点よりも特定の生物種が多くいたとしても、それは、水

辺からの距離が最適であるというだけの影響とは限らない。その距離において、その生物種が利用可能な餌などの資源が豊富にあるということかもしれないのである。よって、ニッチ重なり合いを求める上で、資源量の多寡を考慮する必要がある。ある地点において、ニッチ重なり合いを求める2つの生物種が互いに集中して存在しているとしても、資源量が他の地点に比べてその地点で豊富であるならば、必ずしも、ニッチが極度に重なり合っているというわけではなくなる。このようなことから、ニッチ重なり合いの指数 LO が提案された²⁾。

ある地点に存在する資源量を消費するのに適切な数以上に、その地点に種が存在するならば、そこでは種間に資源の争奪が生じ、種間の遭遇頻度が他の地点に比べて大きくなる。そこで、各地点での2種の遭遇頻度が、その地点での資源量に対する種の数(一種の密度)の双方の積と、その地点での資源量に比例すると仮定する。このとき、種間遭遇頻度 E は次式で表される²⁾。

$$E = \sum_j \left(\frac{n_{hj}}{a_j} \right) \left(\frac{n_{ij}}{a_j} \right) a_j = \sum_j \frac{n_{hj} n_{ij}}{a_j} \quad (2)$$

ここで、 a_j は地区 j での資源量、 n_{hj} 、 n_{ij} はそれぞれ地区 j での種 h 、種 i の存在数である。また、全地点に様に資源とそれぞれの種が分布しているとした場合の種間遭遇頻度 E_u は、次式で表される。

$$E_u = \frac{M_h M_i}{A} \quad (3)$$

ここで、 $A = \sum a_j$ 、 $M_h = \sum n_{hj}$ 、 $M_i = \sum n_{ij}$ である。種間の資源利用に地区によって偏りが無い場合は、種間遭遇頻度 E は E_u と一致する。 LO は E と E_u の比として次式のように表される。

$$LO = \frac{E}{E_u} = \frac{A}{M_h M_i} \sum_{j=1}^L \frac{n_{hj} n_{ij}}{a_j} \quad (4)$$

この式より、対象となる2種が特定の地区に集中するほどに、 LO の値が1よりも大きくなっていくことがわかる。さらに、その集中する地区が資源量が少ない地区である程 LO は大きくなる。逆に、特定の地区に集中しているとしても、その地区の資源量が多ければ、 LO の大きさはそれほどなくなる。また、一方の分布が、資源量に比例している場合、もう一方がどのように分布しているのかにかかわらず、 LO は1となることが容易にわかる。(理論的にも証明可能である。) つまり、資源量が全地区で同一であるならば、少なくとも一方の種の分布が一様であると

きに、 LO は1となる。

C_{hi} と同様に、分布の重なり方による LO の変化を分析した結果 ([付録A] 参照)、 LO は C_{hi} とは異なる特性を示した。 C_{hi} では相対ニッチ幅が同じもの同士のニッチ重なり合いが大きくなっていたのに対し、相対ニッチ幅というよりも、最頻分布地区が一致しているか、ずれているかが LO の値の大小に大きく関わってくる。また、相対ニッチ幅がせまく、集中的な分布が重なるときに LO の値はきわめて大きくなる。

このことから、 LO が大きいことは、比較する2種の集積リスクが高まり、集積性に関してリスク分散が行われていないことを示すといえる。よって、 LO を「集積性」を表すニッチ重なり合い指数として採用する。

具体的な資源量としては、本研究では、都市内の各地区の「面積」を取る。その理由は、人間や「場のリスク」の分布データが、一定面積の地区毎に収集・整理されているのではなく、むしろ、面積の異なる行政区画単位でしか得られない場合が現実には多いからである。その際、資源量として地区面積を採用することにより、各地区の面積の大小の差による偏りを基準化することができる。すなわち、面積の大きい地区では地区内の種の数が多くても、種の密度が小さく評価され、また、面積の小さい地区で種の数が多ければ種の密度がより大きく評価されるようになり、空間的な密度が考慮できる。

4. 事例分析

(1) 対象地域

以下の実証分析では、大阪府下の複数の都市・地域(堺市/人口約80万人、豊中市/人口約40万人、大阪市/人口約250万人、泉南市・阪南市・岬町からなる地域(以下、泉南南地域と呼ぶ)/人口約14万人)を取り上げる。それぞれの都市内での「活動」同士の共棲性、「活動リスク」と「場のリスク」の集積性を分析するとともに、都市・地域間の比較を行った。

(2) 利用データ

a) 「各種の活動(を行う人々)」

活動の種類としては、年齢層、産業、職業の3分類を取り上げるとともに、各都市・地域について時

間帯別の各活動地域分布を調べることにした。これは阪神・淡路大震災が早朝以外の別の時間帯に起こっていたとすれば、被害の規模や形態が相当に異なったものになったであろうと推測されるからである。このことを共棲性や集積性という観点から何らかの定量的なリスク指標を提示しておくことが不可欠と考える。そこで、0時から23時の1時間毎か、もしくは午前4時のケースと正午のケースについて地区毎の分布の推定を行った。午前4時のものは、夜間人口として各地区に居住する人口を表すものとした。また、正午のものは昼間人口のうち、各地区のおもに従業員人口を表すものと想定した。推定に当たっては、第3回京阪神都市圏パーソントリップ調査結果を用いた。パーソントリップ調査結果データ⁷⁾に基づき、堺市33、豊中市14、大阪市27、泉南地域5の地区に分け、地区毎に当該活動に従事している人の数を推定した。具体例を表1に示す。なお表中の数値は各地区各年齢層間の相対的な値であり、地区における実際の人数を示すものではない。ここでは、実際の人数の約3%の値となっている。

b) 「環境の質を表す量」

大阪府による平成4年度建物年齢別床面積調査および、建物構造別床面積調査の結果により、堺市33、豊中市14の地区毎に、昭和55年以前に建築された建物床面積、木造・土蔵建造物床面積を求めた。これらは、それぞれ、地震による老朽建物の倒壊と、火災に対する「環境の質のリスク」分布を示すものと考えた。

c) 「自然災害発生危険箇所」

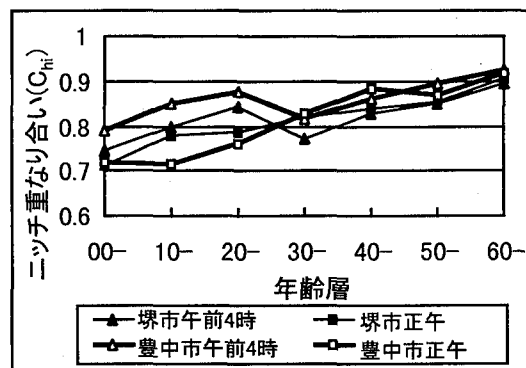
堺市33、豊中市14の地区毎に、活断層が存在するか、台風による浸水経験があるかどうかを調べ、それぞれが「ある地区」と「ない地区」に分類した。活断層及び浸水経験のある地区では、それぞれ、地震及び浸水被害に関する「災害発生のリスク」が存在すると考えた。

(3) 結果と考察

a) 「共棲性」の評価：「活動」同士のニッチ重なり合い

災害に弱いと考えられるお年寄りの地域分布（70歳以上の老人）と、他の年齢層の地域分布とのニッチ重なり合いを C_{hi} 指数を用いて示したものが、図2で

ある。ここで留意したいのは、年齢層分布の重なり合いの程度を表す C_{hi} 指数は、分布の不整合リスクの低さ＝共棲性の高さを表しているということである。つまり C_{hi} が大きいほど不整合リスクは低くなることになる。図2より、夜間では堺市、豊中市ともに、10代、20代の若者とお年寄りとの共棲性が高くなっているが、昼間は共棲性が低くなり、比較的に、高齢年齢層との共棲性が高くなっている。災害時の避難や救助活動等を考えると、若者がお年寄りと同時に「居合わせる」ことが、それだけ被害の軽減に繋がると推察される。この点、夜間は比較的良好な傾向が見られる。つまり、昼間は災害リスクが相対的に高くなっていると判断できる（図2参照）。



図－2： 70歳以上のお年寄りと他の年齢層とのニッチ重なり合い

このような世代間の「非同期居所性」の傾向に関してさらに詳しく分析を行った例が図3から図7である。これらはニッチ重なり合いの大きさ（ C_{hi} 指数によって計数化したもの）を各年齢層間の親近度とみなして最長距離法によりクラスター分析を行ったものである。これにより世代間の重なり合いの構造が分かる。すなわち、堺、豊中、大阪の3市について0時から23時の年齢層間のクラスター分析を行った結果、いずれも昼間においてニッチ重なり合いの低下が見られ、世代間の非同期居所性の傾向が高くなることが分かった（図3～図7参照）。ニッチ分析ではこのようなクラスター分析により得られたクラスターを「ギルド」と呼んでいる²⁾。この点について特徴的な点について述べると、例えば図5において、大阪市では、20歳～50歳代のクラスター（ギルド）群と60歳～70歳（老人層）及び0歳～10歳（幼年層）

表ー 1: 推定標本人数分布データの例 (サンプル率3%) (単位:人)

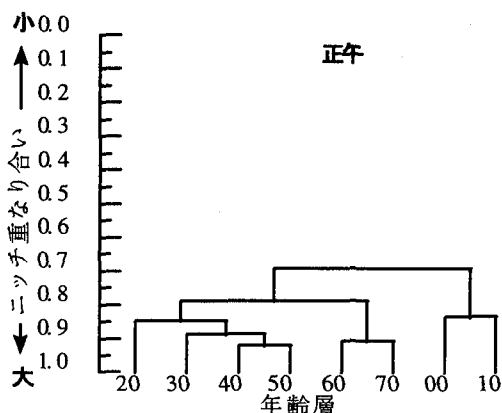
豊中市 昼間 (正午)	地区番号													
	11	12	13	14	15	16	17	21	22	23	24	25	26	27
9歳以下	59	16	100	37	30	25	0	26	22	42	20	23	42	25
10歳代	78	81	200	53	79	137	3	100	32	103	60	97	67	19
20歳代	84	129	53	107	27	47	31	95	49	71	66	48	53	43
30歳代	86	58	97	81	38	49	19	73	79	89	75	53	77	43
40歳代	102	66	83	91	50	69	14	115	107	88	102	50	73	72
50歳代	71	53	44	78	39	61	8	121	67	69	59	25	54	65
60歳代	54	33	40	40	17	46	4	66	53	39	38	15	44	55
70歳代以上	38	22	36	25	13	42	0	55	42	24	44	9	38	34

を併せたクラスター (ギルド) 群とに明確な「棲み分け」(非同期居所性) が成されている。このことは両者のギルド群がまず独立にクラスターを形成し、最後に両者がひとまとまりのクラスターに統合されることとも関係がある。そのときのニッチ重なり合いの水準は、0.6程度となっているが、これは他の都市 (図 3, 図 4, 図 6) と比べて、低い水準になっていることが示される。つまり大阪市は他の比較対象都市に比してそれだけ就労中程層と非就労中程層 (都市災害弱者となりやすい層) との非同期居所性が顕著だといえる。

次に、大阪南部の3市町からなる泉南南地域及び大阪府全域についてのデータを加えて、正午における年齢層間のクラスター分析を行った。その結果が図 3から図 7に示してある。泉南南地域よりも堺市、豊中市の方が、堺市、豊中市よりも大阪市の方が世代間の非同期居所の傾向が顕著に見られる。すなわち大都市ほど昼間の世代間の非同期居所性が高まっている。また、全都市・地域を含む大阪府全域についても同様の傾向が見られた。

b) 「集積性」の評価: 「活動」と「環境の質のリスク」のニッチ重なり合い

次にLO指数を用いて集積性の分析を行った。「活動」と「活動」のニッチ重なり合いと異なり、堺市と豊中市とでは「活動」と「環境の質のリスク」の組み合わせの違いにより、ニッチ重なり合いの大小が大きく異なっている (図 8)。ただし、年齢層が高くなるにつれて、ニッチ重なり合いが大きくなる傾向は堺市、豊中市ともに見られ、ここでもお年寄りのリスクが高くなっており、文字どおり災害に弱い高齢者の実態が浮き彫りになってくる (図 9)。また、

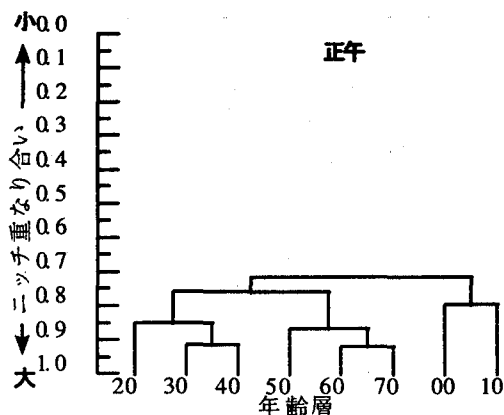


図ー 3: 堺市年齢層毎のクラスター分析結果

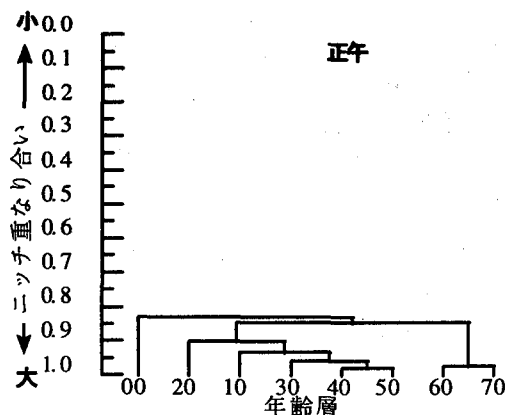
ニッチ重なり合いが際立って大きくなる特定の「活動」はないが、活動の如何にかかわらず、「活動」と「環境の質のリスク」のニッチ重なり合いも概ね1より大きくなっている。これは、「活動」が盛んで人の多い地域での「環境の質のリスク」が大きくなっていることを示すと思われる。

c) 「集積性」の評価: 「活動」と「災害発生のリスク」のニッチ重なり合い

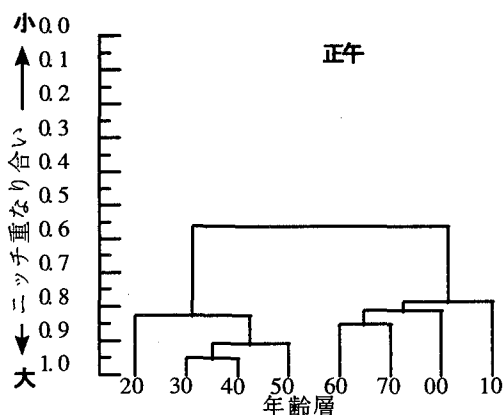
「活動」と「活動」のニッチ重なり合いと比較すると、堺市と豊中市とでは、「活動」と「災害発生のリスク」の組み合わせの違いにより、ニッチ重なり合いの大小が若干異なっている (図 10) が、堺市と豊中市とのケースのように近い数値を示すものもある。また、昼間と夜間ではニッチ重なり合いの数値が変化する「活動」と、あまり変化しない「活動」があるが、その点について年齢層について見てみると (図 11)、20代から50代の昼間の「災害発生リスク」



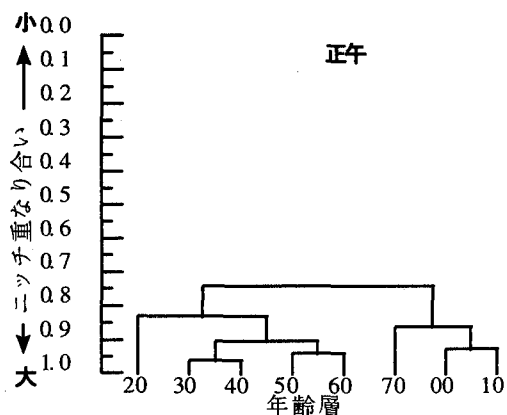
図－ 4: 豊中市年齢層毎のクラスター分析結果



図－ 6: 京南南地域年齢層毎のクラスター分析結果



図－ 5: 大阪市年齢層毎のクラスター分析結果



図－ 7: 大阪府全域年齢層毎のクラスター分析結果

(浸水経験)が夜間よりも高くなっている。その他職業についても同様に昼間のリスクが夜間よりも高くなるものがある。

d) まとめ

・昼間から夜間に人口が都市内で大きく移動し、それに伴い、都市災害リスクも時間帯により変化する。また、「活動」間のニッチ重なり合いが、どの「活動」間でも概ね平均的に高い重なりを示す（共棲性が高い）夜間に比べ、昼間は偏りが出てくる。また、昼間は「場のリスク」の高い地区に集中する「活動」が存在するため、その分、災害の複合性・多重性のリスクは大きくなる。

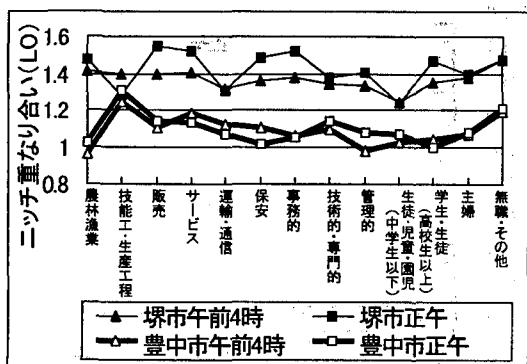
・「環境の質のリスク」とのニッチ重なり合いは年齢の高い人々ほど大きくなる傾向が見られた。年齢の高い人々ほど避難などの面でハンディを抱えてい

ると考えられるから、この意味で高齢層における高い災害リスクの潜在性が指摘できる。

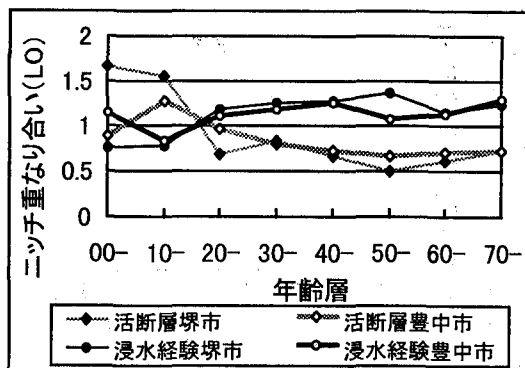
・堺、豊中市ともに、夜間に比べて昼間の、お年寄りと若者との間の共棲性が低くなっている。この他、さらに他の地域も含めての分析の結果、昼間における「災害弱者」層と、他の年齢層の孤立居所の傾向が認められた。また、大都市ほどその傾向が大きいことがわかった。このことから、より計数的に、都市での「災害弱者」の孤立の危険性が示された。

5. 今後の課題

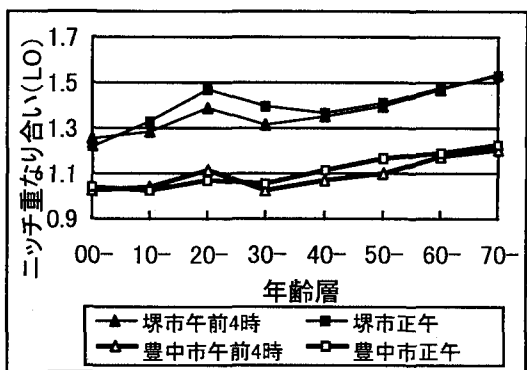
本研究では、活動リスクを構成するものとして、年齢、職業、産業といった個人の属性毎の人々の地域分布を取り扱った。今後の課題を列挙すれば以下



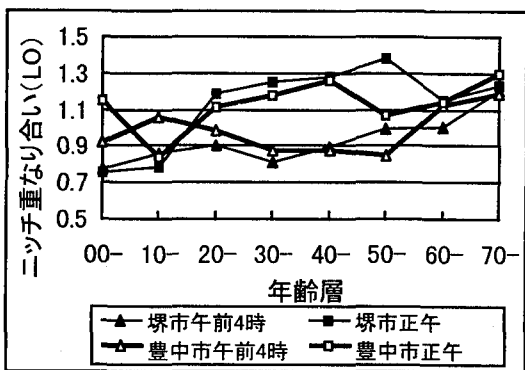
図－8: 木造・土蔵建造物床面積と各職業従事者とのニッチ重なり合い



図－10: 「災害発生リスク」と各年齢層とのニッチ重なり合い (昼間)



図－9: 木造・土蔵建造物床面積と年齢層別人数とのニッチ重なり合い



図－11: 台風による浸水経験と各年齢層とのニッチ重なり合い

のようである。

- ・ニッチ重なり合い指数の理論的意味づけの深化。
 - ・適切な地域メッシュ分割の大きさの吟味と調査論的フィージビリティの検証。
 - ・安全性からみた都市診断法としてニッチ分析を用いるための具体的リスク要因のリストアップとデータ面からの裏づけの吟味。
- 以上今後の課題としたい。

[付録 A] 分布の重なり合い方によるニッチ重なり合い指数の変化について

(A1) C_{hi} について

ニッチ重なり合いの指数 C_{hi} は、0 から 1 の間の値を取るが、どのような分布の重なり合いに対して、どのような値をとるのか、典型的な分布パターン同士の重なり合いによって確認を行った。具体的には、あ

る地区を中心に、周辺の地区ほどその地区内における種の相対アバンダンスが小さくなる分布パターンを用いた。図 12 に示す 7 つの基本的な分布パターンに対して、最も相対アバンダンスが大きい中心地区（以下、最頻分布地区と呼ぶ。）の位置と、相対ニッチ幅の値を少しずつ変えた分布パターン同士を組み合わせ、ニッチ重なり合いの値を確認した。ここで、相対ニッチ幅とは、大きさが 0 から 1 の値を取るように基準化されたニッチの広がりを表す指数であり、1 に近いほど分布が全地区に万遍なく、0 に近いほど一ヶ所に集中的に分布することになる。結果をニッチ重なり合いを標高とする等高線で表現した図 13 に示す。図 13 は図 12 に示した 7 つの基本的分布パターンのそれぞれに対して、相対ニッチ幅と最頻分布地区が異なる複数の分布パターンとのニッチ重なり合いを求め、それぞれの結果を示したものである。縦軸は、基本的分布パターンそれぞれとのニッチ重なり

り合いを求めた分布パターンの相対ニッチ幅を示し、上に行くほど相対ニッチ幅の小さい分布パターンとのニッチ重なり合いである。横軸はニッチ重なり合いを求めた分布パターンの最頻分布地区を示しており、基本的な分布パターンの最頻分布地区8が右端であり、左に行くほど、最頻分布地区が基本的分布パターンとずれていることを示している。図13から分かる特徴を列挙すると、次のようである。

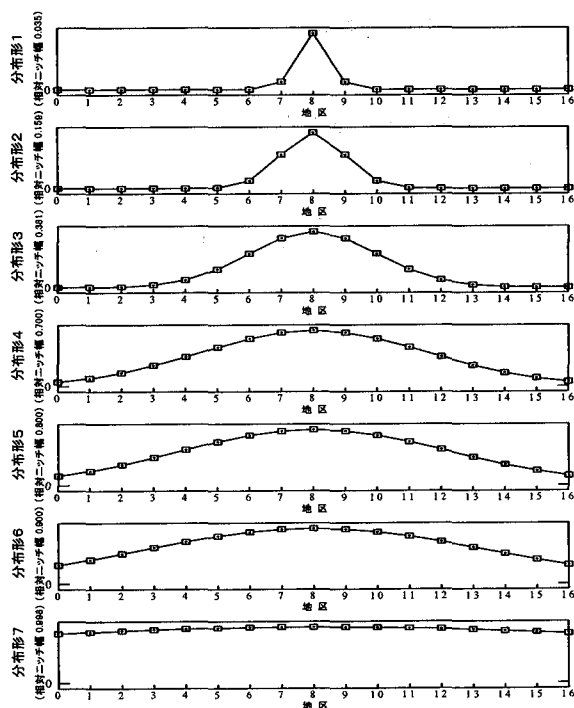


図-12: 基準となる分布パターン

・ C_{hi} の値は、最頻分布地区及び相対ニッチ幅が一致する所を中心に、分布同士がずれるほど小さくなっていく。

・基準となる分布パターンの相対ニッチ幅が大きくなる程、最頻分布地区のずれは、 C_{hi} の大きさに影響を与えなくなる。つまり、もう一方の相対ニッチ幅のみに依存して C_{hi} が変化するようになる。

・基準となる分布パターンの相対ニッチ幅が小さいほど、もう一方の分布パターンの相対ニッチ幅が、それと異なるものとなっていくにつれて、 C_{hi} は急激に減少する。

なお、ここでは最頻分布地区を中心に、周辺に行くほど相対アバンダンスが小さくなるような分布を

用いたが、実際の都市においては、最頻分布地区とその次に相対アバンダンスが大きい地区が必ずしも隣接しているわけではなく、空間配置的には分布の大きい地区が散在するような場合が一般的である。ここでは、分布パターンの重なり方とニッチ重なり合いの指数の変化との基本的な関係を見出すために単純な分布パターンを用いることにした。ニッチ重なり合いの指数を求める上では、地区の空間的な位置関係は関係なく、例えば、一方の分布の相対アバンダンスの大きさで地区を並び替えることで、一般的な都市内の地区分布を今回の分析パターンにある程度近づけることは可能である。(図12の地区番号の近いものが、実際の都市においても隣接している地区である必要はない。)そして、最頻分布地区のずれと、相対ニッチ幅の互いの大きさが、どのようにニッチ重なり合い指数に影響するかということで一般的な分布パターン同士の重なり合い方についても、今回の結果をあてはめることは可能である。

(A2) LOについて

C_{hi} と同様に、図12に示される分布パターンを基準として、異なる分布パターンを重ね合わせた際のLOを求めて、変化の仕方を確認した。この際、各地区の資源量はどこも一定であるとした。結果を図14に示す。図の見方は図13と同様である。図14から分かる特徴を列挙すると、

・互いの最頻分布地区が一致している場合、一方、もしくは双方の相対ニッチ幅が小さく、分布が特定の地区に集中的な分布パターンであるほど、LOは大きな値となる。また、その値の変化は、互いの相対ニッチ幅が小さくなる程に1よりも急激に大きな値となる。

・相対ニッチ幅が小さく、分布が特定の地区に集中的な分布パターンである程、互いの最頻分布地区がずれることにより、LOは急激に小さな値となる。

・一方の相対ニッチ幅が1に近い、すなわち一般的な分布パターンである(資源量が各地区で変化する場合は、資源量に比例した分布パターンの場合)ならば、もう一方の分布パターンの如何にかかわらず、LOは1に近い値をとることになる。

・一方の相対ニッチ幅が小さい場合、LOの値の変化は、互いのニッチ幅の違いによる影響をほとんど

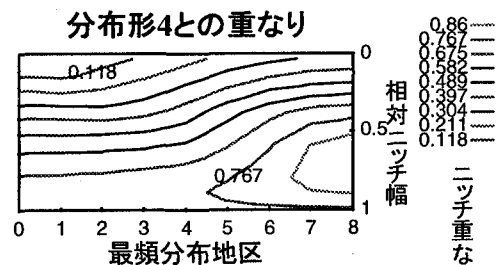
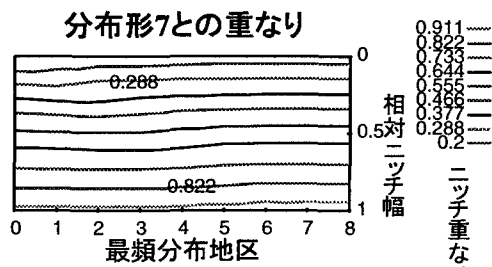
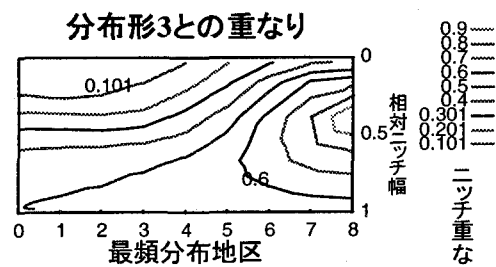
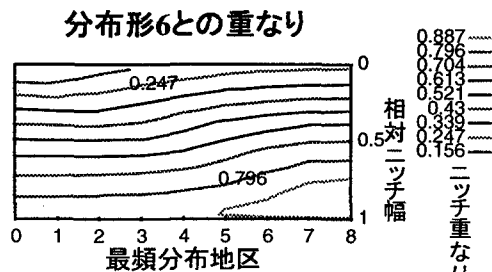
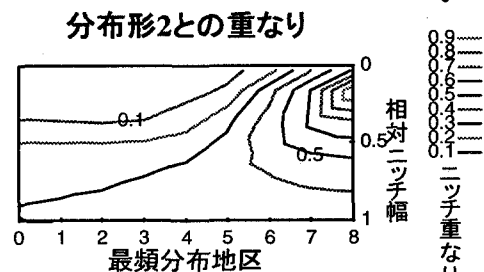
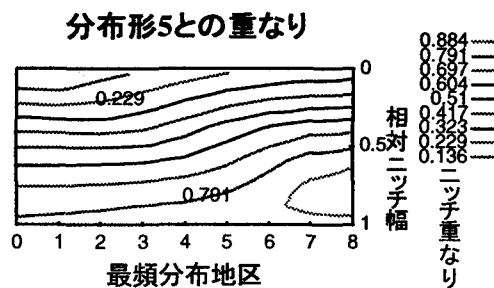
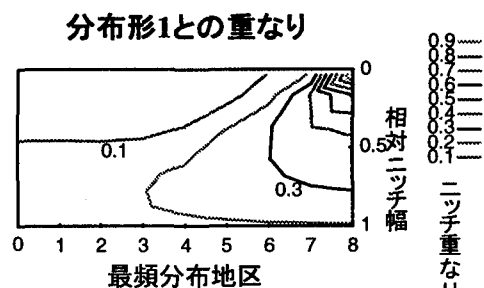


図-13: C_{hi} の変化

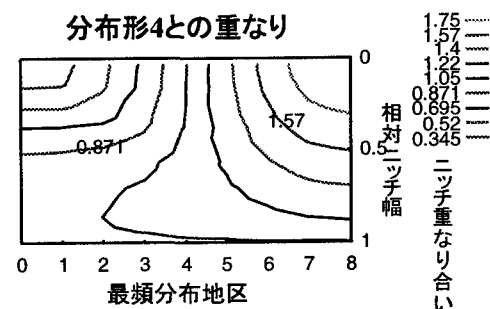
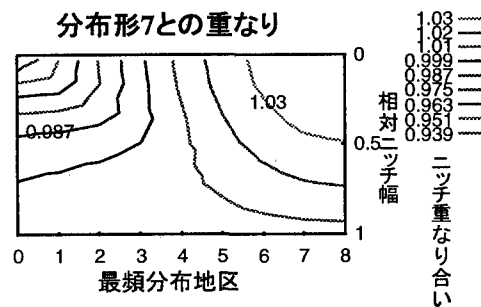
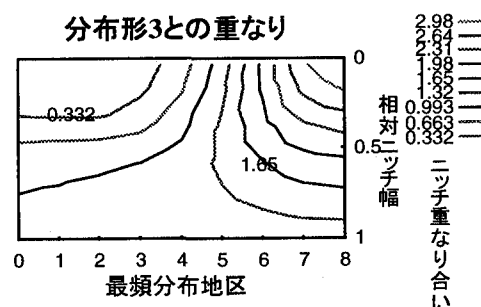
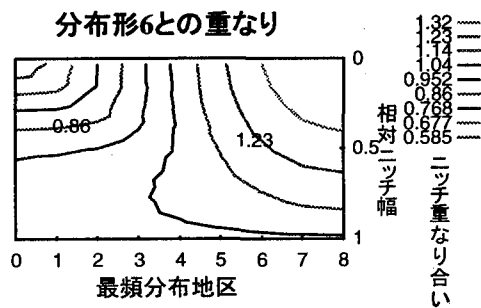
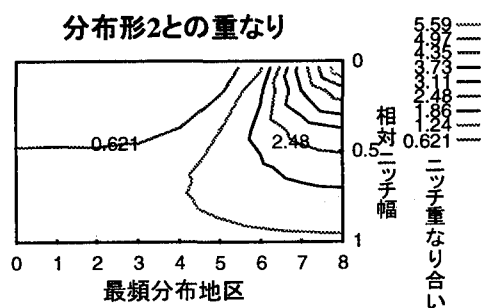
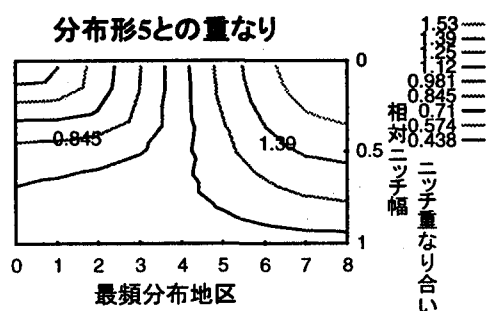
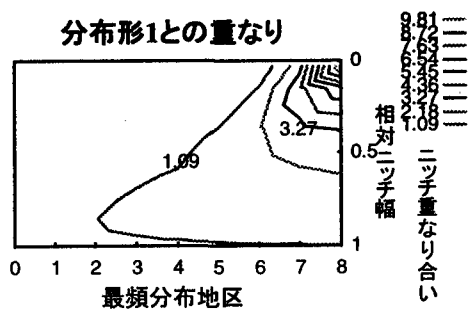


図- 14: LOの変化

受けず、最頻分布地区のずれによる影響を強く受け、
最頻分布地区がずれる程にLOは小さくなる。

参考文献

- 1) 前川和彦：都市診断のための災害リスクの評価法に関する研究-ニッチ分析手法による、京都大学修士論文、1997。
- 2) 小林四郎：生物群集の多変量解析、蒼樹書房、1995。
- 3) 木元新作、武田博清：日本の昆虫群集-すみわけと多様性をめぐって、東海大学出版会、1987。
- 4) MacArthur, R.H. (巖俊一、大崎直太 監訳)：地理生態学、蒼樹書房、1982。
- 5) Whittaker, R.H. and Fairbanks, C.W. : A study of plankton copepod communities in the Columbia Basin, southeastern Washington, Ecology 39, pp.46-65, 1958.
- 6) Hurlbert, S.L. : The measurement of niche overlap and some relatives, Ecology 59, pp.67-77, 1978.
- 7) 京阪神都市圏交通計画協議会：第3回京阪神都市圏パーソントリップ調査コーディング・ディクショナリー 他、1990。

「ニッチ重なり合い」を考慮した都市災害リスクの評価法に関する基礎的考察

前川 和彦、岡田 憲夫

概要：本研究では、都市診断のための複合災害リスクの評価法について検討を行う。都市の災害リスクを「(人間の)活動リスク」と「場のリスク」との複合併存状態のリスクと捉え、リスク要因の重なり合いを生物群集の分布解析に用いられているニッチ分析の手法を用いて評価する。重なり合いによって評価するリスクの特性としては、「活動」同士の「共棲性」と、「活動リスク」と「場のリスク」の「集積性」に着目する。そして、「共棲性」と「集積性」を表すの適したニッチ重なり合いの指数を提案する。さらに、ニッチ分析の手法を実在の都市に対して適用し、その適用可能性についても検討を行う。

An Evaluation of Urban Disaster Risks by Use of Niche Overlap

By Kazuhiko MAEKAWA, Norio OKADA

In this study, we analyze an evaluation of complex risks to diagnose a city's susceptibility to disaster. In particular, we take the stand that urban disaster risks are a composition of "human activity risks" and "field risks". We then adopt the idea of niche, which is used in ecological community analysis. The nature of risk, which is evaluated based on overlap, is "symbiosis" of both activity and "aggregation" of activity and field risks. We propose that the indices of niche overlap are suitable for expressing "symbiosis" and "aggregation". Then we carry out case studies by applying niche analysis and examine its applicability.