

土地素因による都市の災害危険指標と危険評価点

1. はじめに
2. 危険度評価の方法
3. 最近における都市の災害
4. 災害危険指標
5. 主要都市の危険評価点
6. おわりに

水谷 武司*

要 約

災害危険度の評価は、外力要因、土地素因および人間・社会要因を組合せて行うことができる。このうち土地素因（地形、地質、土地利用等）は、地域の危険度を規定する最も基礎的な要因である。この土地素因に主として基づき、全国 220 都市についての洪水、土砂および地盤（地震動）災害の危険評価点づけを行った。洪水については、破壊力の程度により洪水タイプをランク分けし、それらが生ずる地形的な場の条件を判定指標とした。土砂災害に関しては、起伏量と危険域市街地の広さを主要な指標とした。地震災害危険度の評価は、地震動の増幅度を決める表層地盤条件が地形と密接に関連していることを利用して行った。土地素因の総合評価点が最も高いのは広島、北九州、長崎である。評価点が低いのは、低開析の広い台地上の都市である。大正期の市街域についての土地素因の評価を行い、土砂災害危険度が大きく増大していることを示した。地域社会の災害脆弱性についての相対的評価も、人口増加率等を指標として行った。

1. はじめに

ある場所、ある地域において、どのような種類の災害についての危険が、どの程度あるかを知ることが、行政レベルでも住民のレベルにおいても、いわば防災の出発点ともなる重要事項である。しかし、災害をひき起こす自然現象には予測し難い部分が非常に大きいし、人間・社会の側の要因もまた複雑であるので、危険度の評価を適確に行うことは一般に難しい。危険が大きいということは指摘できても、その程度を量的に表現することはほぼ不可能であるという場合も多い。何ら

かの方法で定量的な評価を行ったとしても、一般にそれはある条件を設定した場合についてのものであり、その妥当性のチェックは、災害の頻度が小さいことや実験的手段が極めて限られることなどのために、ほぼ不可能である。また、災害現象発生には偶然性が大きいので、次の災害のときには評価された危険度に応じた災害・被害が発生する、という性質のものでも必ずしもない。このようなことから、災害危険度は、防災の諸活動を起こす拠りどころと方向を得るためのさしあたりの指標としての意味合いが強い、とした方がよいものであろう。

本稿では、過去の災害のデータに主として基づ

* 国立防災科学技術センター災害研究室

き、地形や地盤条件などの土地的要因による危険指標を求め、日本の主要都市についてのマクロにみた災害危険度評価点づけを行った。また、危険度評価方法のまとめ、および最近の都市災害の概観も行っている。大雨や地震など一次的な自然力の発生の危険度は、その性質上、地域的にみてマクロなスケールでの表現しかとり得ないものである。したがって、場所的にきめ細かい危険度を知るためにはこれだけでは不十分であって、場所ごとに固有の性質をもつ土地的要因に基づいて、危険の程度を知り災害に備えるための拠りどころとするのが、地域防災のための一つの効果的な方法であると考えられる。

2. 危険度評価の方法

まず最初に、危険度評価の方法についての整理を行ってみる。

災害は誘因と素因（自然素因および社会素因）とが組み合わさって発生する。災害危険度の評価も、a 誘因（自然力の規模・頻度）、b 土地素因（地形・地盤条件、土地利用等）、c 人間・社会要因（人口、資産、経済活動等）のそれぞれ、およびこれらの2ないし3要因の組合せによって行うことができる。過去の災害実績は、危険評価の指標を得る重要な手段となり、また、災害の種類によってはそれだけでも危険度のほぼ正しい判定を可能にする。

a は地域への入力のかかわるものであって、大雨や地震など自然力の発現頻度や再現期間の大まかな地域分布として示されるのが通常である。高潮や津波の遡上計算の場合のように、強風や地震という一次的自然力の強度を与えれば、これら二次的現象の規模が力学的に計算できるといったような場合には、b の地形的要因と組み合わせることによって、より正確な入力条件を与えることが可能となる。

洪水、山崩れ、土石流、高潮、地盤液状化などの、一次的自然力がひきがねとなってひき起こされる諸現象は、地形、地盤等の土地条件と密接なかわりをもって発生する。水や土砂は地表面の

形状に規定されて流下氾濫するし、地震動は表層地盤の性質に応じた増幅をうけて、地表の構造物を破壊する。したがって、b の土地素因は、被害をひき起こす直接の力となるこれらのいわば二次的現象の発生のしやすさの程度、ないしは被害の受けやすさの状態を知る重要な手段となる。ただし、これ単独では相対的、定性的評価にとどまることも多い。

c の人間・社会要因は、自然現象そのものの発生危険度だけではなくて、社会的な脆弱性の程度も含めた災害危険度の評価を行う場合に、採り入れられる。過密都市におけるように、人間・社会の条件が大きな災害危険をつくり出しているような場合には、これは重要な要因となる。一般に、人間的な要因がかかわるものについては、間接的な指標に依らざるを得ないことが多い。

これら三要因のどれを重視するかは、災害の種類や危険度評価の目的によって異なる。例えば、地震後の延焼火災の危険度では、建物の構造と密集度、空地の分布、消防力などの社会的な要因が、重要なものとなる。災害保険料率に地域格差を与える場合には、誘因の強度の期待値の地域分布が重視されるであろう。

洪水氾濫という現象についての危険度を考える場合、降雨量、流量、水位など、入力としての水文条件と、それを受け入れる受皿としての地形的条件、ならびにその現象の発生に抵抗する治水施設条件とを組み合わせることになる。ここで地形的条件はそれ単独でも、潜在的な危険の程度を表すことができるものである。例えば、水はほぼまちががなく低きにつくものであるから、河成低地面の精しい地盤高分布図があれば、それは、洪水氾濫が生じた場合の浸水の危険度や危険域を判定する手段となる。

水文条件は、この土地の受皿にある規模の洪水を入力することによって、危険度の定量的な表現や危険域のより正確な線引きを可能にする。この結果、例えば、ここまでが50年確率洪水による浸水域、この範囲は100年確率洪水により水深1m以上の浸水をこうむるところ、といったように危険の程度が表現されることになる。

つぎの治水施設条件は問題を複雑にする。広い平野内を両岸に高堤防を連ねて流れる河川の洪水の場合、どこで破堤するかによって氾濫域は大きく異なってくる。したがってこのような場合、破堤の地点や規模を仮定したときに想定される洪水についての危険度を考えることになり、水文条件から一義的に危険度が決まるというわけのものではない。計画規模を上回る大洪水では、全面的な氾濫が生ずるとしても、大きな平野の場合、氾濫水は広く拡散し、また輪中堤などによっても阻止されるので、河道内での洪水水位に等しい標高のところまでが浸水域となるというものでもない。

氾濫原の幅が狭い谷底平野における洪水では、ほぼ地形なりに氾濫が生ずることが多いので、容れものとしての地形と入力としての出水規模との組合せによって、危険度評価がほぼ正しく行える。段丘崖や谷壁斜面により明瞭に画される平坦な谷底平野では、水理計算をまつまでもなく氾濫危険域は線引きできる。

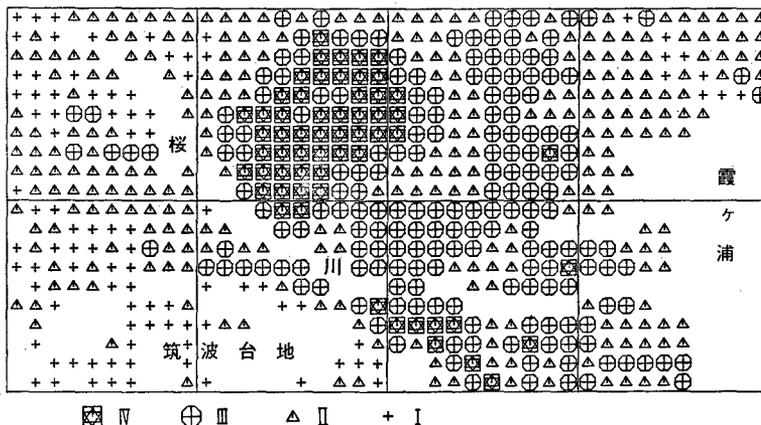
頻繁に洪水が発生する河川流域では、過去の氾濫実績が危険度判定の有力な手段となる。洪水氾濫の実績は、水理計算による方法を検証するためにも、また地形的要因に基づく相対評価の基準を得るためにも必要とされる。内水氾濫の危険度は、浸水実績の重ね合わせによってほぼ正しく判定することができる。

水文条件と地形的要因との組合せでは、いわば

自然現象としての洪水氾濫の危険度を評価していることになる。これに人口、家屋、諸施設等の被災対象を含む社会的要因を加えると、洪水災害についての危険度評価が行われることになる。かくして危険度評価は被害想定と密接に関連してくる。

複数の異なった性質の要因を組合せて危険度を評価する場合、それらを合成し簡単な数値で表現する方法が問題となる。便宜的な方法として、それぞれの要因について何らかの指標に基づきランク分けおよび評価点づけを行い、各地域ブロックあるいはメッシュに与えられる評価点の加算値あるいは積の値を求めるという方法がある。地形要因（主として地盤高）と社会要因（主として家屋分布についての評価点の積の値によって洪水災害危険度を表現した一例を図一1に示す（水谷，1982 a）。多変量解析によって支配的な要因の抽出とその定量的関係を求めるという方法も一般に行われている。ただし、その結果の一般的適用性が認められるほど十分な量の目的変数すなわち災害実績が存在する場合は多くはない。

現在、東京、横浜、大阪、名古屋などの主要都市において、地域災害危険度評価の組織的な努力が、地域防災計画策定の基礎として、主として地震災害について行われている。



図一1 桜川下流域の洪水災害危険度（中央部が土浦市の中心市街地）

3. 最近における都市の災害

過去の災害事例を調べて災害要因を抽出し危険指標を求めることは、危険度評価作業の重要な一環である。最近の被災経験は、住民の防災意識を喚起して地域社会の災害脆弱性を小さくする、という意味からも、過去の災害について調べる必要が生ずる。ここでは、この目的のために集めた災害データに基づき、最近における都市の災害について概観してみる。

表一には、昭和20年以降に全国の都市の市街地において発生した、洪水、高潮、強風、土砂、地震などによる災害を示した。人的被害規模を重視し、一都市の死者が25人以上の災害を採り上げた。昭和30年代半ばまでは一都市の死者数が100

人を越えるという大きな災害が頻繁に発生した。34年の伊勢湾台風災害後、人的被害の大きな災害は激減した。57年の長崎水害は23年ぶりに100人台の死者数を記録した災害である。

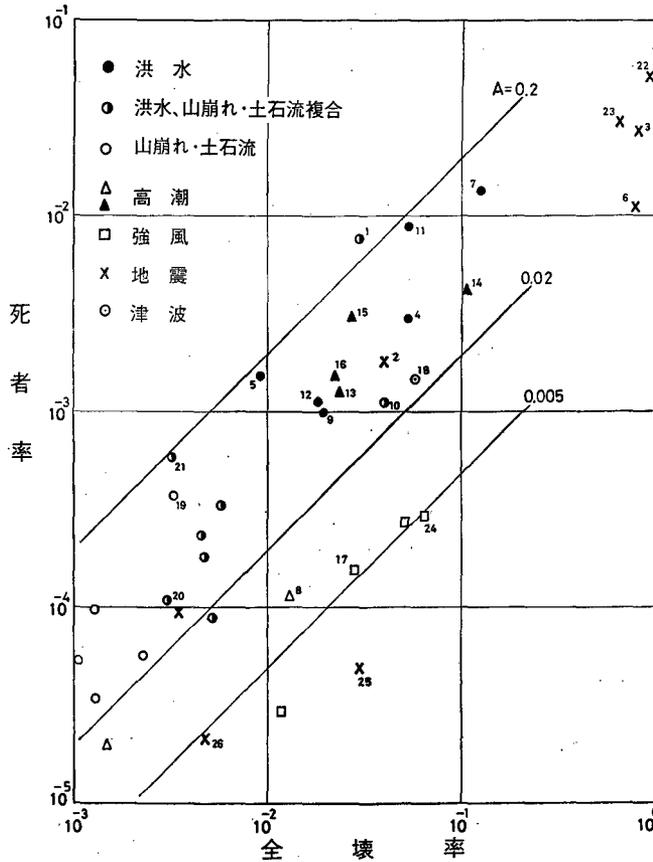
図一には、家屋全壊（全焼）流失率と死者率との関係を示した。家屋の損壊数（率）と死者数（率）との間に明瞭な相関関係が存在することは、各種の災害について一般的に認められる（水谷、1983）。図一において、両者の関係はほぼ45°の勾配の帰直線で示される。すなわち、死者率 = $A \times (\text{全壊} \cdot \text{流失率})$ という単純な関係式で表現される。

比例定数Aは災害の種類によって異なる。大雨による洪水災害および土砂災害（山崩れ・土石流災害）についてのAの値は約0.06であり、そのデータの分布はAが0.2および0.02の直線の内部に

表一 主要都市災害（昭和20～59年、死者25人以上）

年月	災害名	都市名	災害種類	死・不明	全壊・流失	番号
20. 9	枕崎台風	呉	土石流, 山崩れ	1,171	1,109	1
21.12	南海道地震	高知	地震, 津波	231	1,177*	2
"	"	中村	地震	273	1,784*	3
22. 9	カスリン台風	一関	洪水	101	331	4
"	"	足利	洪水	162	205	5
23. 6	福井地震	福井	地震, 火災	973	13,811*	6
23. 9	アイオン台風	一関	洪水	473	802	7
25. 9	ジェーン台風	大阪	高潮	221	5,851	8
28. 6	西日本水害	熊本	洪水	286	1,513	9
"	"	門司	山崩れ, 土石流	137	1,160	10
32. 7	諫早水害	諫早	洪水	586	704	11
33. 9	狩野川台風	伊東	洪水	58	201	12
"	"	横浜	崖崩れ	61	251	
34. 9	伊勢湾台風	名古屋	高潮	1,909	7,723	13
"	"	半田	高潮	290	1,449	14
"	"	桑名	高潮	202	394	15
"	"	四日市	高潮	170	889	16
"	"	岡崎	強風	25	910	17
35. 5	チリ地震津波	大船渡	津波	58	384	18
41. 6	台風4号	横浜	崖崩れ	31	114	
42. 7	42.7豪雨	神戸	山崩れ, 洪水	91	363	
"	"	呉	山崩れ, 土石流	88	232	19
"	"	佐世保	山崩れ, 洪水	29	203	20
52. 7	長崎水害	長崎	山崩れ, 土石流	262	447	21

* 全焼を含む



図一 都市における風水害および震害についての全壊率と死者率との関係
 数字は表一 1 中の番号，ただし，22：横浜（関東地震），23：東京（関東地震），24：西尾（伊勢湾台風），25：新潟（新潟地震），26：仙台（宮城県沖地震）

ほぼ限られている。これに対し，高潮・強風災害ではAの値は一段と小さく，約0.005である。加害力の作用が広く面的である強風災害では，家屋被害に比べ死者が相対的に少ない。高潮は予測が比較的容易なので，死者を減らす余地は大きい。ただし，伊勢湾台風の高潮災害については死者率が相対的に大きく，洪水・土砂災害とほぼ同じ位置にプロットされる。悪条件が重なれば，高潮は巨大な人的被害をもたらす可能性が大きい。地震災害についてのAの値は約0.02で，洪水・土砂災害と高潮強風災害のはほぼ中間の値をとる。

昭和20年8月の枕崎台風による呉の山崩れ・土石流災害は，敗戦直後の混乱期のことでもあって，人的被害の規模およびその被害度が非常に大

きな災害であった。このいわば特殊事例を除くと，図一2の右上方にプロットされる，死者率，全壊・流失率ともに大きい災害は，22，23年の一関水害，28年西日本水害時の熊本市の水害，32年諫早水害など，谷底低地における激しい洪水流による，いわば山地洪水災害である。この山地洪水が都市を襲うと，非常に大きな人的被害が生ずるおそれがある。これに対し，土砂による災害では被災域が局地的であるので，高密度都市で生じても，被害が大規模化するおそれは比較的小さいといえる。横浜，神戸，鹿児島などではたびたび大きな土砂災害が発生しているが，このような大都市ではもちろん人口や家屋数が多いので，被害率で表すとあまり大きな値としては出てこない。57

年長崎水害（死者の9割近くが山崩れ・土石流による）は、大都市におけるものとしては大きな被害率を示す災害であった。なお、昭和13年の六甲水害のときの神戸市の死者率は、この長崎水害とほぼ同じ大きさである。

昭和23年の福井地震（福井市の死者973）以降、死者数の多い地震災害は生じていない。しかし、現在の日本において最も恐れられている災害は、大都市における地震災害である。図-2に示されているように、大規模延焼火災が生ずると、関東地震のときの横浜市のように、大都市でも全壊・焼失率が90%にも達することがある。死者率は震度6で1%程度、大規模火災が生ずると3~5%にも及んでいる。ただし、これらの事例は、家屋や都市の構造が現在とは大きく異なる時代における地震災害である。

4. 災害危険指標

危険度評価を行うにあたり、どのような指標を選択しどの大きさの評価点を与えるかということ、ある意味では評価の結果よりも重要なことである。ここでは、市街地単位でみればマクロな危険度を、非常に多くの都市について調べて相互比較することを目的とし、できるかぎり控えやすい大局的な指標に基づくことにする。

現在の地形は、洪水や山崩れ・土石流などの災害の繰返しによってつくりあげられてきたといえるものであり、今後も地形の性質を反映したかたちで災害現象が繰返されると予想される。洪水や土砂の流下・氾濫は、地表の勾配や微起伏によって規定される。地震被害は局地的な地盤条件を反映した分布を示すが、この地盤条件と地形の間にはよい対応関係が存在することが一般に認められている。

このようなことから、大局的把握の比較的容易でもある地形的な要因を基本指標として採用することにした。具体的には、5万分の1および2万5千分の1の地形図、空中写真、地形分類図、地質図などを使用して、各都市の市街地部分についての地理的位置や地形・地盤の種類認定、傾斜

や比高の測定などを行った。

危険指標は、洪水、土砂および地震による災害のそれぞれについて求めた。また、地域社会の災害脆弱性を示す指標も求めた。危険評価点は、表-2~表-4に示すように、最高の危険を5、最低を0とし、中間的な状態も表わせるようにするために、0.5刻みで与えた。

4-1 洪水災害

洪水災害については、洪水流の破壊力の程度、とくに人的被害をひき起こす程度に基づいてランク分けを行った。洪水流のもつ力は、流れの場の勾配が大きいほど、また単位幅あたりの流量が大きいほど、大である。山地内谷底平野は、勾配が大きく低地面の幅が狭いので、上流山地内に大雨が降ると、土砂・流木を混えた破壊力の大きい洪水、いわゆる山地洪水が発生する。先に示したように、山地洪水は最も大きな人的被害をもたらしている。一方、平坦地における内水の湛水は極めて穏やかな洪水である。

このようなことから、山地洪水を最高の、内水の湛水を最低の危険として洪水タイプのランク分けをし、河川の規模（流域面積）、河床勾配、氾濫原の勾配、地形的位置、平野の種類などにより、これら各タイプの洪水が発生する地形的な場の分類を行い、表-2のような、基準となる評価点を与えた。実際には、さらに、河床との比高、天井川化の状態、平野面の幅、河道からの距離、上流山地の性質（大崩壊地、活動的火山、堆積盆地等の有無など）、支川との合流や曲流の状態、氾濫原の傾斜方向、洪水を被る危険のある市街地部分の広さとその微地形条件、最近の洪水実績なども考えに入れ、いわば総合的な判断の下で評価点づけを行った。例えば、市街地は河道からかなり離れてはいるが、やや天井川化しており直上流部で大きく曲流し支川が合流しているので0.5点を増す、といったようにである。

治水施設条件は直接にはとり入れていないが、一般に大規模河川では治水施設が中小規模河川に比べより完備している、ということを総合的判断の際に加味している。また、山地洪水を最大の危

表一2 洪水(河川洪水, 高潮)災害の危険度ランク

評価点	洪水形態	地形条件
5	山地洪水, 高潮	山地内急勾配谷底, 湾奥デルタ, 急勾配扇状地
4	大河川急流中河川 破堤洪水	大河川河岸低地, 山地内緩勾配谷底 大河川氾濫原, 緩勾配扇状地
3	中河川氾濫	中河川河岸低地 中河川氾濫原, 台地開析谷底
2	小河川氾濫	小河川氾濫原 台地上河川河岸
1	内水湛水	台地・段丘面

河床との比高(とくに天井川化の状態), 河道形態(曲流, 合流等), 河道からの距離, 低地面の幅, 上流山地の性質(大崩壊地, 活動的火山等の有無), 洪水危険のある市街地部分の広さとその微地形条件, 最近の洪水実績等を考え合わせて, 0.5点きざみで上記基準評価点からの加減, 減点を行う。

険にランクしている理由の一つとして, 狭い谷底低地では高い堤防をつくる余地はなく, またその効果も小さいと考えられることがある。

高潮も洪水の一形態である。高潮は最大の人的被害をもたらしている洪水災害であるので, 最高の危険にランクされるべきものである。しかし, 予報・警報・避難によって人的被害の発生を防ぐことは可能であり, また危険域はかなり明確であって, そのような場所には防潮堤が完備されているので, 評価点の最高を4.5とした。

扇状地の勾配は谷底平野よりも一般に急であるので, 激しい洪水流の発生する可能性が大きい。流れが側方へ広がる余地が大きいいためか, これまでにとくに大きな洪水災害は生じていない。そこで, 勾配の比較的大きい扇状地についても, 評価点の最高を4.5とした。なお, 土石流領域にある急勾配扇状地については, 土石流の方で評価している。

一市街域において, 河川洪水, 内水氾濫, 高潮など, 複数の洪水についての危険がある場合には, それらのうち評価点が最高のものによって代表させた。つまり, 加算は行っていない。

過去の災害例から判断して, 生ずる可能性のある死者数は, 評価点5で数100人, 4点では数10人, 3点では数人程度と推定される。すなわち, 評価点が1違うと発生のおそれがある人的被害の規模は一桁程度違う, と考えてよいであろう。

大雨という外力の規模・頻度にはかなりの地域差がある。西日本南岸域における100年確率日雨量は, 北海道のその2.5~3倍である。一方, 社会の水害抵抗性にも地域差があり, 西日本南岸域における水害発生限界日雨量は, 北海道のその約2倍である。また, 集中豪雨が起こらないといえる場所は日本にはない。したがって, 外力規模の地域差によって土地素因に基づく評価点を修正する必要はあまりないといえるであろう。

4-2 土砂災害

山崩れ, 地すべりなど土砂の運動をひき起こす原動力は重力(の斜面傾斜方向への分力)である。すなわち, 斜面傾斜が崩壊災害の危険にかかわる重要な素因である。岩質や地層の構成も斜面崩壊発生の基本的な素因としてあげられる。土石流の発生しやすい谷の条件としては, 第一に溪床勾配(20°以上の区間があること)があげられる。崩壊土砂の到達域はかなり限定され, 崖崩れの場合は崖の高さにほぼ等しい水平距離の範囲内である。また, 土石流は勾配3°~4°までのところで停止する。

このようなことから, 土砂災害(山崩れ, 崖崩れ, 地すべり, 土石流)の危険の程度を表す素因指標として, 山地・丘陵の起伏(一定メッシュ内の起伏量は傾斜を表す)の程度や台地の崖の比高, および土砂災害危険域への市街地の接近の程度, を主要な指標とした。また, 地質(とくに, 崩壊を起こしやすい花崗岩, シラスなど), 山地の肢節度すなわち谷の発達程度(土石流危険溪流の数や山地内への市街地進入のしやすさに関係), 台地の地層構成, 人工地形改変の状態, などを副次的な指標とした。

こうして, 表一3に示すように, 大起伏花崗岩山地内に高密度市街地が展開している都市を5とし, 起伏がより小さくまた起伏地への市街地の接

表一3 土砂(山崩れ, 土石流)災害の危険度ランク

評価点	地形地質条件
5	大起伏花崗岩, シラス山地内(高密度市街地)
4	大起伏山地内, 沖積錐
3	大起伏山地縁辺, 小起伏山地・丘陵内
2	小起伏山地・丘陵縁辺, 台地(比高大)
1	台地(低開析, 比高小)
0	平坦地(平野面)

土砂災害危険域内の市街地の広さと家屋密度, 市街地に面する斜面の傾斜と比高, 急勾配溪流の数, 谷底面の勾配, 人工地形改変の状態, 災害履歴等により, 上記基準点からの加点, 減点を行う。

近の程度がより小さくなるにつれ, 危険評価点をより小として, 土砂災害の可能性がない平坦地を評価点0とした。洪水や地震とは異なり, 土砂災害では危険度0が存在する。大起伏と小起伏の境目は比高2~300m程度としたが, 急傾斜の山腹が市街地に面して連なっているような場合には, 比高100m程度でも大起伏とした。段丘崖は切り立っていて崩落を起こしやすいので, かなりの危険を見込んだ。

危険域にある市街地部分の広さについては, 地形図と空中写真を使用して概算した。危険域内の戸数が数千戸程度もあれば, その全市に対する比率とは無関係に, この市街地要因に関するかぎりでは最高の危険にランクし, これよりも小さい場合には, その大きさおよび全市に対する比率により, 0.5~2点程度の減点を行った。

局地性の強い土砂災害についての危険度を, 広域の土地的な場の性質と関連づけて大づかみに評価しようとするには無理があるので, このような大まかな指標によるという結果となった。

4-3 地盤災害

地盤災害(地盤の強震動および液状化による災害)については, 地震動の増幅特性が表層地盤の種類(硬軟の程度)によって決まり, さらに表層

地盤は地形(形成営力, 形成時期, 地表面勾配, 排水条件等)と密接に関連しているという事実に基づいて, かなり明快な危険指標を得ることができる。

地震被害率が地盤の種類によって明らかに異なることは, 数多くの地震災害事例において認められている。関東地震の際の地形別の地震動強さから求められた応答倍率は, 山地斜面を1.00として, 砂礫質の扇状地で1.30, ロームで覆われた洪積台地で1.44, 砂質の海岸平野で1.50, 砂泥質の三角州で2.10であった(自治省消防庁, 1984)。軟弱な泥炭層では地震動は特に大きく増幅される。泥炭層の地盤では地表面最大加速度がローム層のそれに比べ1.9倍にもなると計算されている(東京都防災会議, 1978)。

このようなことに基づき, 表一4のように, 構成物質の粒度や硬軟によって5種類の地盤を区分し, それに対応する地形の種類を分類した。最も軟弱な泥炭層は, 気候が寒冷で植物の分解が進まない北日本の低湿な平野においてよく発達している。地形的な位置でみると, 泥炭層は, 未固結の細粒岩からなる台地・丘陵の小開析谷底, 臨海砂州の後背低湿地, 湖沼や潟の跡, などに形成されていることが多い。

河成低地の表層物質とその低地面勾配との間に

表一4 地盤(地震動)災害の危険度ランク

評価点	地盤種別	地形条件
5	有機質	泥炭地, 潟性低地 台地内谷底低地
4	泥質	三角州, 干拓地, 旧河道, 後背低地 海岸低地, 丘陵内谷底低地
3	砂泥質	氾濫平野 砂州・砂丘, 自然堤防
2	砂質, ローム	緩扇状地, ローム台地, 山地内谷底 砂礫台地
1	礫質, 風化岩	沖積錐, 山地丘陵斜面

上流域の地質(搬出物質の粒度), 河川の規模, 地表面勾配, 排水条件, 沖積層厚, 気候条件などにより上記基準点からの加点, 減点を行う。

はかなりの相関がある。急勾配の扇状地では地表まで礫で構成されているが、勾配が小さくなるにつれて砂が多くなり、勾配 1/500 以下では表層堆積層全体が細砂質となる。勾配が 1/1000 以下になると、自然堤防を除く低地表層部はシルト・粘土から成る。このように、堆積面の勾配は表層物質を推定する手がかりとなる。

砂質土の場合でも、それが地下水で飽和され、ゆるく締った状態で表層に存在すると、強い地震動をうけた場合、間げき水圧が高まり砂粒子間のかみ合いの構造が破壊されて、液状化が生ずる。砂地盤の液状化が生じやすい場所としては、旧河道、旧河川敷埋立地、河口付近の埋立地、砂丘の内陸側縁辺部、砂丘間凹地などがあげられる。このような場所をもつ市街域については、その広さに応じて評価点を 0.5~1.5 大きくした。

沖積層が厚いところほど木造建物の被害率が大きいという関係が、これまでの地震災害の際に認められている。そこで、かつての海面低下期に形成された深い谷が埋没している大河川河口域や、基盤の沈降が激しい平野など、沖積層厚がとくに厚い場所に位置する都市については、0.5~1.0 の加点を行った。

広い市街域をもち多種類の地盤上にある都市については、大よその面積比率によって平均的な評価点を算出した。ただし、軟弱な地盤が半分以上も占めている場合には、その危険度の高い地盤の評価点によって全市を代表させた。

地震の規模・頻度にはかなりの地域差がある。再現期間 100 年に対応する地震加速度についてみると、大雨の場合と同じように、大きいところと小さいところとでは約 2.5 倍の開きがある。しかし、ここではひとまず土地素因のみによる評価にとどめることにする。

4-4 社会の災害脆弱性

地域社会の災害脆弱性の程度を簡単な数値で表すことはほぼ不可能である。ここでは、災害に対する脆弱性あるいは抵抗性を大きくしている状態を間接的にせよ表現していると考えられるごく基本的な社会指標を用い、大まかな目安として求め

てみた。評価点づけは、平均的狀態を 3 とし、表一 5 に示した各指標およびその区分に与えた点数を、基準点 3 から増減するという方法により行った。

災害脆弱性を大きくしている状態を表す指標としては、人口集中地区についての人口増加率、面積増加率（いずれも昭和 40 年と 55 年との比較）および人口密度を採用した。新しい市域は一般に、山地斜面、谷底、低湿地など、土地条件の悪い場所に進出していて、被害ポテンシャルを大きくしていることが多いからである。40 年と 55 年とでは人口集中地区の認定基準に違いがあるため、全国的にその面積の増加が著しい。これに比べ人口の増加率は市域の拡大状況をより正しく反映していると推定されたので、人口集中地区人口増加率を主要な指標とした。人口密度は脆弱性の程度を表す良い指標であると考えられる。しかし現実には、その分母となる面積のとり方に違いがあって、相互比較ができない数値となっていることが多い。

観光地では、その土地を知らない人々が多数集ってきているので、災害が起こった場合に人的被害が大きくなりやすい。そこで、宿泊客が多い温泉観光都市については 0.5 の加算を行った。

表一 5 地域社会の災害脆弱性の指標

指 標	点 数	
人口集中地区人口増加率 (40年と55年の比較)	5倍以上	+2.0
	4倍～	+1.5
	3倍～	+1.0
	2倍～	+0.5
人口集中地区人口密度 (55年)	1万人/km ² 以上	+1.0
	8~10千人/km ²	+0.5
人口集中地区面積増加率	10倍以上	+0.5
一人当たり消防予算 (55年) (全国平均の1.5倍以上)	8千円以上	-0.5
災害経験	大	-1.0
	小	-0.5
地震防災対策強化地域 危険公示都市 など		-0.5

上記点数を基準点 3 から増減する。

社会の災害抵抗性が増している状態を表す指標は得難いが、ここでは、一人当たり消防予算、最近の災害経験、危険意識高揚のための自治体の諸施策などを使用した。自然災害防災のための支出額の統計値は容易には得られないので、消防予算で代用し、人口一人当たりの値が全国平均の約1.5倍以上の都市については、0.5の減点を行った。最近の災害経験が住民全体の危険意識を高めて人的被害の軽減に寄与することが多い、ということは一般に認められることである。そこで、ごく最近大きな災害をうけた都市やかつて人的被害の非常に大きい災害を経験した都市については1.0、被害規模がやや小さい災害あるいは被災域が市域の一部に限られた災害を最近こうむった都市については、0.5の減点をそれぞれ行った。東海地震の対策強化地域（ここでは自主防災組織の組織率が非常に高い）にある都市、および過去の洪水時の浸水位の表示、危険域の公示等が積極的に行われている都市についても、住民の防災意識水準が一般に高いものとみなして、0.5の減点を行った。このように、ここで求めた社会素因についての評価点はたまかな目安である。

5. 主要都市の危険評価点

全国の主要220都市について、前章で示した指標に基づき、洪水、土砂および地震の三種類の災害についての土地素因、ならびに社会素因の危険評価点づけを行った。対象とした都市は、昭和55年国勢調査による人口集中地区（D I D）人口が5万人以上であることを原則とした。ただし、この基準に達する市が非常に少ない県については、D I D人口2万人程度までの地方中核都市を加えた。このような市の数は57である。一方、東京、大阪、名古屋などの巨大都市の周辺にあるD I D人口5～20万の新興都市については、その都府県の対象都市数とその地理的分布を考慮に入れて適宜除いた。この数は全体で43である。なお全国の都市の総数は、昭和58年現在652である。

評価点の高い都市、低い都市、特徴ある危険タイプを示す都市など60都市についての評価結果を

図一3に示した。洪水災害についての危険評価点が高い（4.5および5）のは、諫早、桐生、高山、盛岡、熱海、長崎、一関、佐世保、金沢、山形、神戸など、山地内谷底や扇状地に位置して、破壊力の大きい洪水に襲われる可能性のある都市である。山地内谷底の都市では土砂災害の危険もまた大きい。土砂災害危険評価点が最大の都市は、神戸、長崎、呉、鹿児島、北九州である。これらの都市ではしばしば土砂災害が発生している。

大雨による災害の危険評価点（高潮を除く洪水災害と土砂災害の評価点の和）が最大の都市は神戸と長崎である。ついで、熱海、北九州、呉、佐世保が大きい。

地盤（地震動）災害についての危険評価点が高い都市としては、新潟、苫小牧、酒田、川口、市川、東京、川崎、横浜、小松、桑名、大阪、東大阪などがあげられる。

これら3種類の災害の土地素因についての危険評価点の合計点が最大なのは広島、北九州および長崎、つぎに大きいのは呉、神戸および鹿児島である（図一4）。広島は多数の分派川が分流する標高の低いデルタ上に位置し、しかも花崗岩山地に囲まれているので、3種類の災害共に危険が大きく、総合点が最大となっている。

社会素因については、人口集中地区の人口増加率に大きなウェイトを置いたので、春日部、越谷、上尾、町田、相模原、豊田、高槻、枚方、加古川など、大都市近郊の都市で評価点が最大となった。3種の災害の土地素因および社会素因の評価点を単純加算した総合点をみると、広島、川崎、東京、神戸、東大阪、長崎が最高の14.5点となる。ただし、単純加算することについての合理的根拠はない。

3種の土地素因についての評価点の合計が最も小さい都市は、古河、小山、高崎、上尾、相模原、豊川など、低開析で比高が小さく広い台地面上に位置する都市である。これは関東平野に多い。台地面上にある凹地や浅い谷では湛水が生じやすいが、これは破壊力の程度からみれば小さな危険である。

全220都市の評価点の平均は、洪水災害3.1、土

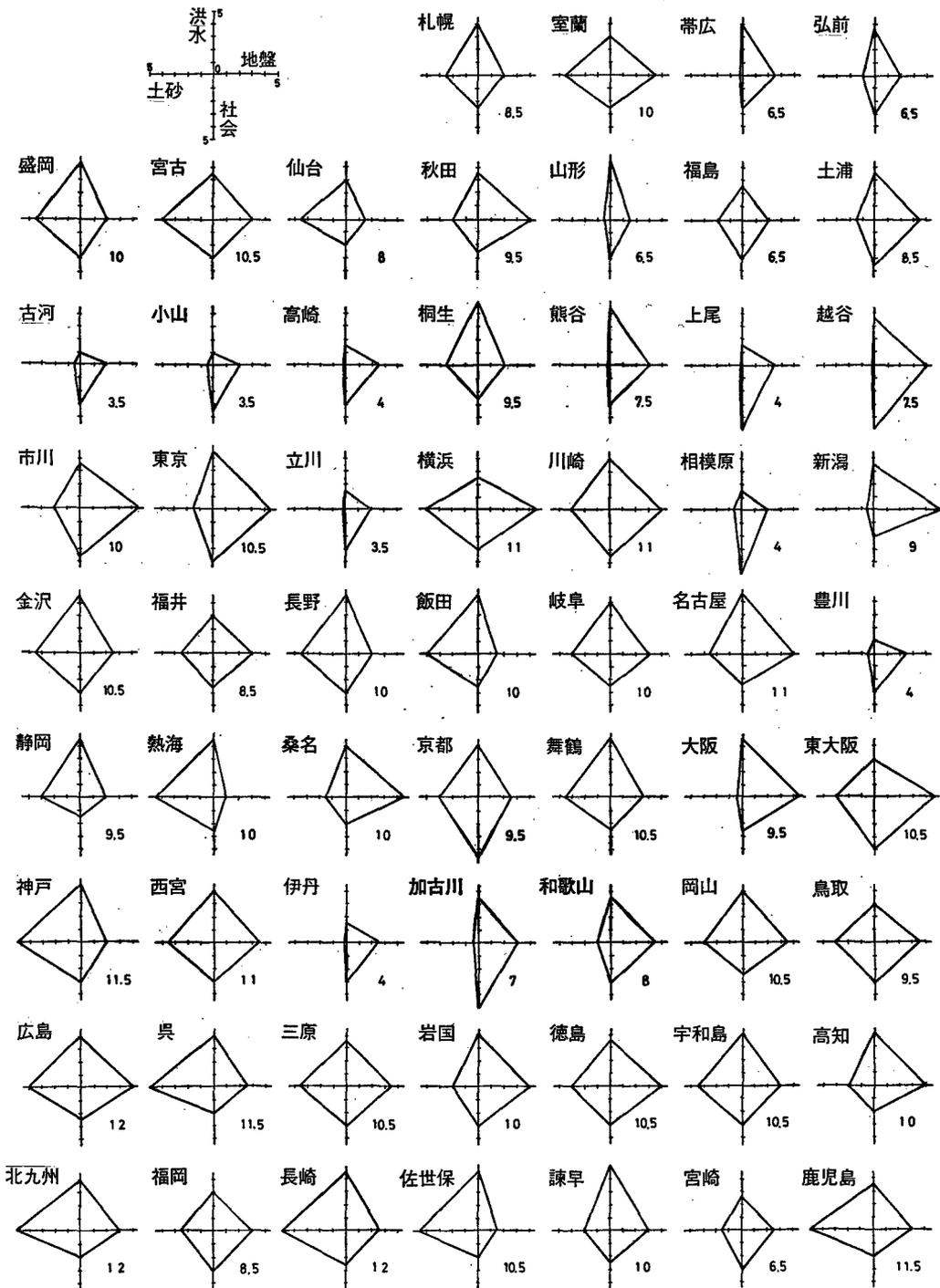


図-3 主要60都市の災害危険評価点

洪水災害、土砂災害および地盤（地震動）災害に関する土地素因，ならびに地域社会の災害脆弱性についての評価点を4本の各軸に示した。右下の数字は3種の土地素因についての評価点の合計。



図-4 洪水、土砂および地盤災害の土地素因についての危険評価点の合計値が大きい都市の分布

砂災害1.9, 地盤災害2.9である。土砂災害については、平坦地に位置しているため危険がほとんどない(評価点0および0.5)都市が全体の1/4近くもあるので、平均点が小さくなっている。この評価点の大きさから描かれる都市平均像は、砂泥質の氾濫平野中の中規模河川の河岸に位置し、市街地の縁辺が小起伏山地に接している、となる(図-5)。

大規模都市(人口集中地区人口10万以上)90, 中規模都市(同4万~10万)80, 小規模都市(同4万以下)50に規模別分類し、それぞれの平均評価点を求め、相互比較しやすいように図示したのが図-6である。

大規模都市の市域は大きくて、山地内や低湿地中へも広がっていることが多いので、危険評価点が中小規模都市に比べ3種の災害共に高い。小規模都市では市域全体が山地内や山麓に収まってしまうこともあるので、土砂災害危険評価点が中規模都市に比べ高くなっている。なお、県庁所在都

市の平均は、洪水3.5, 土砂2.3, 地盤3.0であって、評価点が最も小さい中規模都市に比べ、合計点で1.6点(20%)大きい。

5万分の1地形図は、明治23年に基本図と定められ、大正期中に全国土がこの地形図によってカバーされた。この大正期に作成された5万分の1地形図を使用して、その当時の市域についての土地の災害素因の評価を行い現在と比較した。対象とした都市は、その当時においてすでに十分に大きな市街域をもっていた55都市である。これらは、現在の県庁所在都市の大部分、および大きな軍港都市、古い歴史のある城下町などである。

図-7は、この55都市についての、大正期および現在の危険評価点を、比較して示したものである。土砂災害の危険評価点が1.8から2.6へと増大していることが最も目をひく。これは、近年市街地が山地・丘陵内へ進展してきていることの結果である。土砂災害危険域はかなり限定され、市街地が起伏地にある程度接近すると危険が急増する

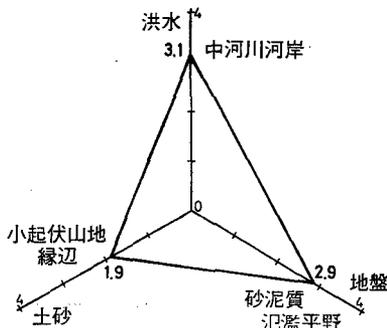


図-5 220都市の危険評価点の平均、および平均的な地理的条件

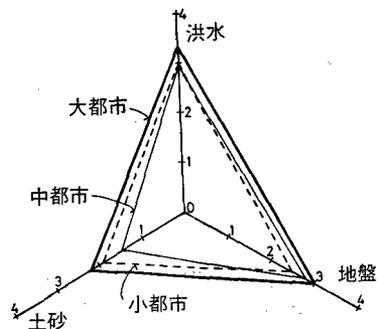
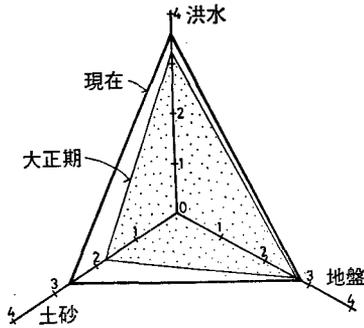
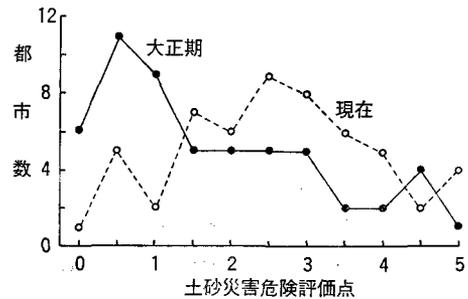


図-6 都市規模別の平均危険評価点



図一七 主要55都市についての大正期および現在の危険評価点



図一八 土砂災害危険評価点別都市数の大正期と現在との比較

という性質のものであるので、他の災害に比べ大きな変化が生じやすい。図一八には、土砂災害についての評価点ごとの都市の数を、大正期と現在とについて示した。全体として危険大の方向へ変化していることが明瞭である。低湿地に向かっても市街域は拡大しているので、洪水災害危険評価点も多少増大している。しかし、大正期における治水施設は現在に比べ不備であったので、治水施設条件も含めた危険度でみれば、当時の方が大きかったであろう。

6. おわりに

洪水や土砂の運動を規定する基本的な要因は地形（地表面傾斜、地盤高分布など）である。地震動の増幅度は表層地盤の種類によってほぼ決まる。これら地形・地盤条件は、誘因とは異なり、場所ごとに固有の性質をもっている。また、比較的にとらえやすい種類の要因でもある。この地形・地盤条件に基づいて、地域の潜在的な危険の程度を把握することが、評価手順の第一としてあげられる。これに社会的要因、さらには強度を段階的に設定した誘因の条件を加えることによって、地域災害危険度のより詳細な評価が可能となる。関係要因を求め評価の指標を得るためにも、また、評価結果のチェックを行うためにも、災害事例の調査・分析は不可欠のものである。

参考文献

- 建築業協会、都市防災部会
1975 『地震と都市防災』
- 自治省消防庁
1984 『防災アセスメントに関する調査報告書』
消防科学総合センター
- 1983 a 『地域防災診断ハンドブック(地震災害編)』
消防科学総合センター
- 1983 b 『地域防災情報システム研究開発報告書』
全国市長会編
- 1983 『日本都市年鑑』昭和58年版、第一法規出版、
全国防災協会
- 1965 『わが国の災害誌』
高橋 裕(編)
- 1982 「洪水災害危険度の評価法に関する研究」『文
部省科学研究費自然災害特別研究成果報告』
東京都防災会議
- 1978 『東京区部における地震被害の想定に関する
報告書』
- 水谷武司
1982 a 「茨城県南西部桜川流域の防災地学環境」
『国立防災科学技術センター研究報告』第27
号, pp. 25—47.
- 水谷武司
1982 b 『防災地形—災害危険度の判定と防災の手
段—』古今書院。
- 水谷武司
1983 a 「人的被害の規模に関係する要因」『国立防
災科学技術センター研究報告』第31号,
pp. 9—34.
- 水谷武司
1983 b 「地震による人的被害の規模について」『総
合都市研究』第20号, pp. 15—28.

ASSESSMENT OF DISASTER RISK IN URBAN AREAS
OF JAPAN MAINLY BY LAND-RELATED FACTORS

Takeshi Mizutani*

* National Research Center for Disaster Prevention
Comprehensive Urban Studies, No. 28, 1986, pp. 127—140

Disaster risk can be assessed by combining examination of causative agencies, land related factors and human-social conditions. Land-related factors are the most important and fundamental, since they are closely related to the occurrence of disastrous natural phenomena and local susceptibility to damage. Based mainly on land-related factors, assessment of the risk from flood, landslide and earthquake was carried out for the urban areas of 220 cities in Japan. Various types of floods and geomorphic characteristics of the flood plains were ranked according to their damaging power on human life and property. Amount of relief and extent of disaster-prone area were used, as major indices for landslide hazard risk. Earthquake risk was assessed by using the close relationship between landform type and subsurface ground conditions which decide the amplification rate of earthquake vibration. The risk ratings given to urban areas of Hiroshima, Kitakyushu and Nagasaki are the highest. The ratings are lowest in cities situated on little dissected broad terraces. Hazard risks in major cities in the 1920's were evaluated using topographic maps available at that time, and were compared with modern ones. The vulnerability of regional communities was also assessed by using population increase rate, population density, hazard experience and so on as indices.