

阪神・淡路
大震災
特集

大規模地震災害による人的被害の予測

河田 恵 昭*

Prediction of Loss of Human Lives Due to Catastrophic Earthquake Disaster

Yoshiaki KAWATA*

Abstract

The objectives of this paper is to show how to estimate loss of human lives due to catastrophic earthquake disaster. The accuracy of damage estimation decides efficiency of search and rescue activity just after earthquakes in post-disaster crisis management. This is also very important to have good preparedness in pre-disaster risk management. The number of loss of human lives due to collapsed wood houses is major source of victims in our country. The data of the Great Hanshin-Awaji earthquake disaster contribute to make the damage estimation accurate. Quantitative prediction about human damage is also proposed here with new relationships in accompany with railway accidents, highway accidents and coming tsunami. Moreover, macroscopic analysis of death toll is presented from the view point of data analysis on catastrophic natural disaster.

キーワード：人的被害，地震災害，死者，負傷者

Key words : human damage, earthquake disaster, loss of human lives, the injured

1. まえがき

阪神・淡路大震災後，とくに近畿地方の府県レベルの自治体の多くは，平成7年及び8年の2年

を費やして，被害想定作業を行った。それは，2040年から2050年に起こると予想されているマグニチュード8.4クラスの南海地震の前の約50

* 京都大学防災研究所巨大災害研究センター
Research Center for Disaster Reduction Systems, Disaster
Prevention Research Institute, Kyoto University

本報告に対する討論は平成9年12月末日まで受け付ける。

年間には、マグニチュード7クラスの内陸型地震があと1ないし2個起こることが極めて現実性をもっているからである。残念ながら、近畿地方のいずれの府県にも、マグニチュード7クラスの地震を起こす活断層が存在している。(たとえば、大阪府：上町断層、奈良県：奈良盆地東縁断層、京都府、滋賀県：花折断層、兵庫県：山崎断層、和歌山県：中央構造線、三重県：養老断層、滋賀県：愛知川断層など)。これらがもし動けば、未曾有の被害を蒙る可能性がある。したがって、過去の2年間は、これらの自治体として、“明日はわが身”の立場であり、被害想定結果に対して現実性を帯びた対策が急がれているのが実状である。自治体レベルの対応では、knowing hazard (災害を起こす外力の大きさや特徴、歴史の変遷を知る)、knowing damage (被害の大きさ、発生場所を知る)、knowing vulnerability (どこが災害に対して弱いかを知る)、そしてreducing damage loss (減災を具体化する)の一連の作業が基本となっている。とくに、想定している活断層による地震が発生した時に、どのような被害が発生するかを精度よく予測できることは、発災後の対応の成否の鍵を握っていると言っても良い。

少し専門的に言えば、被害地震の発生以前を対象とするリスクマネジメントの段階において、マルチシナリオ型の被害想定の中核をなすものが、人的被害の予測である。これが、被害抑止 (Mitigation) と被害軽減 (Preparedness) の質と量を、すなわち防災投資額を決定する。一方、発生直後を対象とするクライシスマネジメントでは、生命の安全の確保が最優先される。そして、どの程度の人的被害が発生しているかを精度よく評価することは、応急対応 (Response) や復旧・復興事業 (Recovery) の成否を大きく左右すると言っても過言ではない。

従来、人的被害としては、建物の倒壊や火災によるものだけが定量的に評価され、それ以外の、たとえば鉄道災害や落下物災害などについては算定できないとされてきた。しかし、兵庫県南部地震が、早朝ではなくて異なる季節や時間帯、たとえばラッシュアワー、ビジネスアワー、あるいは

真夏に発生しておれば、犠牲者の発生数や場所などが大きく変化すると考えられる。そこで、ここでは、筆者が進めてきた人的被害の予測手法について概述する。なお、その一部は三重県地域防災計画被害想定調査委員会資料¹⁾や、大阪府地震被害想定調査検討委員会資料²⁾として用いられているので、具体例として紹介する。また、そこで対象とされなかった項目についても、その後の研究成果を示すことにしたい。

2. 人的被害の予測の精度と上限値

人的被害の発生が外力の大きさとその受け手である人間の行動や人口密度の度合いなどの社会環境に左右される以上、犠牲者数は時空間的に大きく変化する特徴をもっている。とくに、人的被害が未曾有となる可能性のある都市災害では、個々の物理被害、たとえば鉄道施設の被災や火災の発生も独立に起こらず、時間的、空間的に異種の被災形態の混在する、あるいは連続発生する複合災害の様相を示す。したがって、物理被害に付随する人的被害者数は、個々の原因別のものを足し合わせることによって必ずしも得られない。しかも人口規模と人口密度が極めて大きくなると、分岐 (Bifurcation) としての相転移をもたらして、都市災害となることがわかっており、そうであれば、被害の発生過程の解析のみではよい結果を得ることは困難であろう。この事実は、従来、工学的な分野におけるイベントツリーやフォルトツリーによる解析の精度を上げれば、必ずよい成果が得られるという考え方が、否定的であることを意味している。わかりやすく言えば、被害想定がすべて解析的に説明できるというのは間違いであって、巨大システム (現在の都市社会もそうである) はそれ自体が事前に解析不可能な特性をもっていることをまず認めることだろう。それは、1997年に入ってからのが国の一連の原子力発電施設の事故を見れば明らかである。事故が起こらないことを前提としたマネジメントは、極論すれば結局ごまかしに過ぎないことを証明している。

したがって、個々の被災過程を対象として予測された数値には当然幅があることになる。そして、

もしこの値が10倍も変化するようであれば、対応を予め想定しておくことは困難となる。この点に関して、筆者は、実際の人的被害が予測された値の数倍の範囲内であれば、自治体や自主防災組織はかなり適切に対応できると考えている。ここで、自主防災組織を挙げたのは、人命救助の主役は近隣の住民であることが阪神・淡路大震災で明らかになったからである。

ここで最大の問題点は、マルチシナリオ型の被害想定が、被害全体をどれくらいカバーできるかということである。なお、断っておくがマルチシナリオ型の被害想定という場合には2つの意味がある。その1つは、ある対象とする地域に被害を及ぼす恐れのある活断層をすべて動かしてみ、それぞれに対してどのような被害が起こるかというものである。ほかの1つは、ある特定の断層が地震を起こしたとき、どのような被災過程が発生し、どれくらいの被害が発生するのかというものである。事前に被害の出方がすべてわかっておれば被害予測やそれへの対応の仕方もある。しかし、都市災害の最大の特徴は、被害の出方が災害前にはすべて想定できるわけではない、すなわち現象として非線形であることである。

そこで、一方では起こり得る人的被害の最大値、すなわち上限値を予測することが重要となる。前述したような原因別の人的予測をマイクロな予測とすれば、最大値の推定はマクロな予測と言える。マクロとマイクロの予測値の差は、事前に想定できない被災シナリオによるものであり、都市災害対策の困難さはこの点にあると言える（専門的に言えば、災害が誘因と素因との関係で起こるとする時、人間が素因を変化させ、災害脆弱性を大きくしたことに起因して、災害が発生・拡大する過程を見落としている例が多い。たとえば、洪水氾濫原における地下空間の大規模開発、地盤条件の悪い丘陵地の宅地造成、活断層上の高速道路の建設などである。この場合、開発・建設地点を中心として新しい社会活動が始まる。地下街が大規模化すれば、出入口が街路、周辺のビルの地階との接続部分、地下鉄や地下線の改札口などに関係して設けられる。そこに、集中豪雨あるいは、洪水、

高潮、津波による氾濫が起こり地表が水没すると考えると、一体何箇所から水が地下へ進入するかは、すべて把握することは困難であろう。

3. 人的被害のマイクロな予測手法とその適用例

阪神・淡路大震災後の被害想定調査の一環として、建物倒壊と火災による死者数の評価は、1923年の関東大震災と阪神・淡路大震災のデータ解析の結果が使われることが多い。その手順は、該当する地域に震災をもたらす恐れのある起震断層をすべて対象として地震を起こすことから始まる。たとえば大阪府では5断層、奈良県では10断層、三重県では14断層を対象としている。断層の長さによってほぼ起こり得る地震マグニチュードが推定できるので、これと地盤の地震動増幅度特性とから、地表加速度、速度及び計測震度が推定される。

3.1 建物の倒壊による人的被害

死者が建物の全壊から発生する場合、全壊率と地表速度の関係を表す式が阪神・淡路大震災のデータ解析から誘導される。そして、一方では今回の震災で西宮市では、震度7の地域の町丁目単位で、木造家屋の全壊率80%のとき死亡確率が3%であったことから³⁾、図1に示すように、これと原点を通る直線が、最大の死者数を与えると考えら

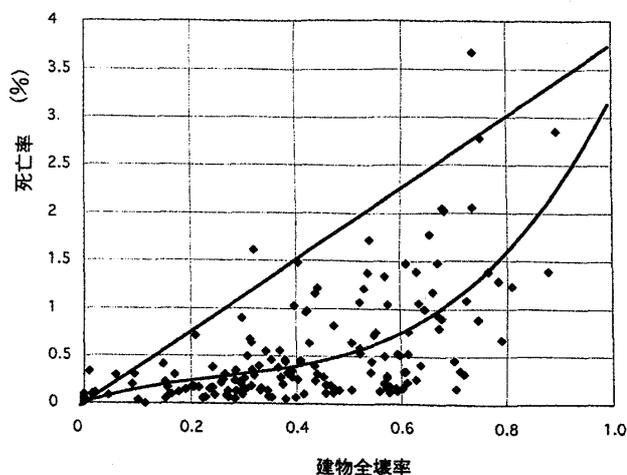


図1 西宮市における震度7の地域を含む町丁目単位の建物全壊率と死亡率

れる。ここで注意しなければならないことは、2点ある。その1つは、この関係式は局所的、すなわち町丁目単位での最大値であって、これを市町村全体、都道府県全体へと適用するときには、単純に足し合わせてはいけないことである。なぜなら、ここで得られた80%–3%の関係は、最悪ケースであって、これがたとえば都道府県単位のような広域に一樣に起こることはないからである。ほかの1つは、罹災証明の出された全壊と構造的な全壊は相違するということである。図2¹⁾はその1例である。自治体は住民の異議等を勘案して全壊の罹災証明を少なからず出したことがわかる。この事実は自治体の災害対応では重要なことであって、“行政的”に対応しなければならない被害が確実に存在することである。

ところで、建物の倒壊による人的被害の計算では、これが全壊家屋のみによって発生すると考えるものと、全壊家屋と半壊家屋によって起こるとする2つの方法に大別される。そこで、死者数と負傷者数については両者の方法による結果を比較してみることにした。

1) 死者数：

予測の手順はつぎの通りである。まず、夜間人口を基準として、早朝、昼間、夕刻の各時間帯の存在者人口を各町丁目単位で算出する。これには、時間帯毎の屋内・屋外存在者比率が必要である。つぎの2通りの方法が提案されている。(1)死亡

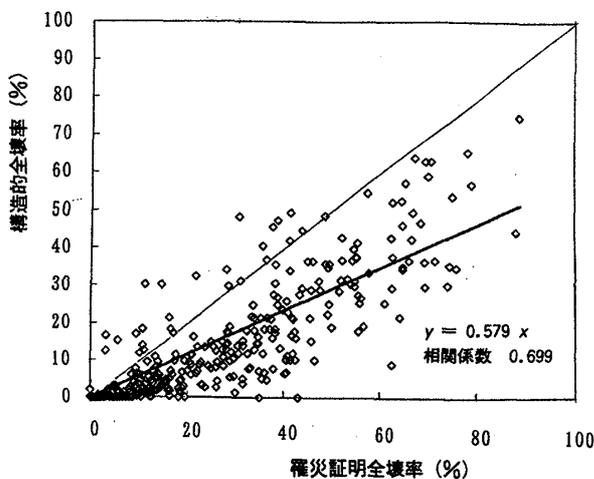


図2 罹災証明全壊率と構造的な全壊率の関係

率(あるいは死亡者数)と、兵庫県南部地震の町丁目単位の被害データより家屋全壊率(あるいは全壊数)との関係で求める。(2)図3²⁾に示すように、死亡率と建物被害率の関係を適用する。この場合、建物被害率とは全壊率に半壊率の1/2を加えたものである。なお、家屋の被害は最大速度もしくはSI(平均速度応答値)を用いた場合、最大加速度の場合よりも良好なことが、阪神・淡路大震災のデータ解析から判っている。これら方法によれば、大阪府(大阪市を含む)では上町断層系地震で(1)の方法で約0.84万人、(2)の方法で約1.41万人の死者の発生が想定される。なお、注意しなければならないのは、ここで言う建物の全壊率とは構造的な全壊であって、罹災証明全壊率とは、つぎの関係にあることが見いだされている¹⁾。

$$y = 0.579x$$

ここに、 x ：罹災証明全壊率及び y ：構造的な全壊率である。

2) 負傷者数及び重傷者数：

阪神・淡路大震災のデータなどを用いて、負傷率と建物被害率の関係から求められる。まず、全壊家屋数を用いた推定方法は、古くは東京都の地域防災計画で提案され、最近では、つぎのような横浜市のものが使われている。

$$I = a(p+q)^b$$

ここに、 I ：負傷者数、 p ：全壊家屋数、 q ：焼失家屋数、 a 及び b ：定数である。三重県の被害想定で

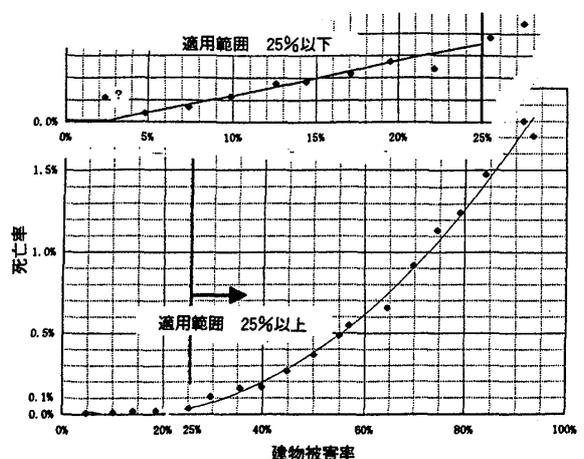


図3 建物被害率(全壊家屋率と1/2半壊家屋率の和)と死亡率との関係

は、直下型地震と海溝型地震に区別して、図4¹⁾の結果を適用している(この図は町丁目単位で適用される)。

つぎに、建物被害率を適用した大阪府の場合には、図5²⁾の阪神・淡路大震災の結果を整理したものを適用している。この場合、建物被害率(市区単位)25%を境にして、図5に示すように、負傷率との関係が変化することに注意する必要がある。何故この25%を境にして負傷率が変化するかは、つぎの理由による。建物内で負傷するケースは、(1)ガラスやプラスチック製の家具やアクセサリ類(人形ケース、吊り照明器具、水槽など)や金具類(ブックエンド、置き時計)が落下して、それを踏んだり、倒れ込む、(2)家具等が倒れる、落下する、あるいは料理中の熱湯や天ぷら油がこぼれる、及び(3)家そのものがこわれる、ことに

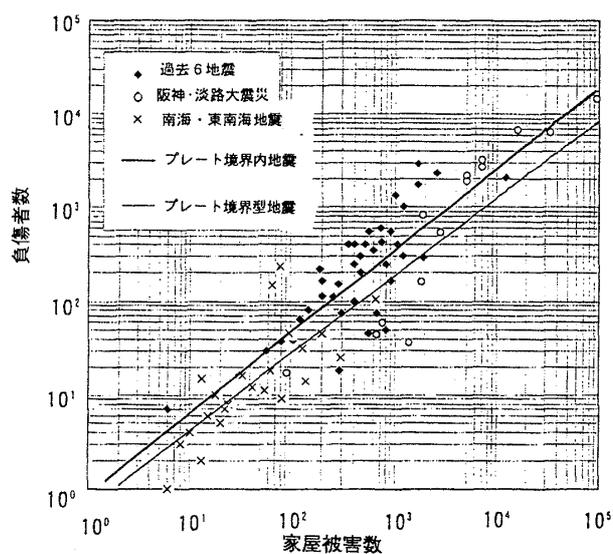


図4 家屋被害数(全壊家屋数と焼失家屋数の和)と負傷者数との関係

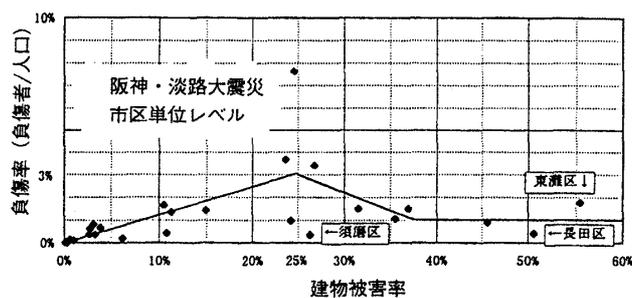


図5 建物被害率と負傷率との関係

よって発生する。25%という値は、これらの原因のすべてが揃う場合であって、それ以下の値では(1)及び(2)の原因が主になるからであると推定される。大阪府の場合、上町断層系の地震によって、図4の方法で5.7万人、図5の方法で11.0万人の負傷者が想定される。

その内、入院治療しなければならない重傷者比率は、やはり阪神・淡路大震災の結果から、建物被害率によって図6²⁾のように変化することが見いだされている。すなわち、市区単位レベルの建物被害率が10%以内では重傷者10%、20%以上では5%であり、10から20%の間は線形的に減少する関係を適用している。このように、段階的に変化する特徴が生ずる理由は、家屋被害率が10%以下では、負傷理由は、前述した3つの理由のうち、いずれかによる重傷であり、20%以上では、すべての理由が当てはまるためにその重なった部分が見かけ上少なくなるからであろう。10~20%では、その遷移域と見なし得る。たとえば、大型家具の下敷になって重傷を負ったが、それが家の倒壊時に空間を作ったために助かった、というようなケースであろう。大阪府の場合、4.7千人(大阪市を除く)となっている。上町断層系地震では、大阪市の大部分で震度6強であり、建物被害率はほとんどの区で20%を超えると考えられる。したがって、大阪市内での推定負傷者数が4.2万人であるから、そこでの重傷者はおおよそ4.2千人と推定される。このことから、大阪府全域では、合計8.9千人の重傷者数が数えられる。

3) 生き埋め者数:

全壊家屋の内、瞬間的に跡形もなく倒壊した家

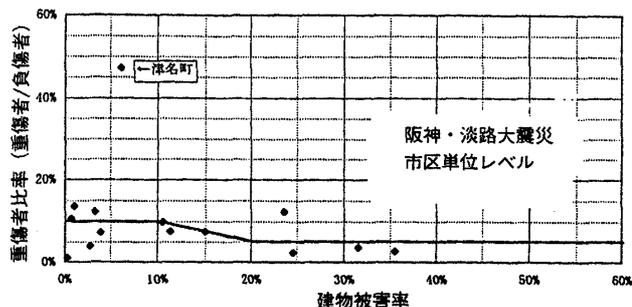


図6 建物被害率と重傷者比率との関係

屋は、阪神・淡路大震災では、全壊家屋の30%に相当する約3万棟(5.7万所帯)と推定されている。兵庫県における1世帯当たりの住民数2.87人(1995年)であるから、瞬間的に約16.4万人の住民がガレキの下敷きになったと推定される。一方、東京大学社会情報研究所の調査では、一時的にしる閉じこめられた人は住民の19%、その内自力で脱出した人は15%、他の人に助け出された人は4%であることがわかっている。この19%が16.4万人に対応しているとすれば、ガレキから自力で脱出できなかった人は、3.5万人になる。すなわち、全壊家屋の住民約47.5万人の約7.3%が生き埋め者率となる。阪神・淡路大震災では、消防、警察、自衛隊の3者によって合計7.9千人救出されたことがわかっている。このことは、その差27.1千人(77.4%)が近所の住民らによって救出されたことを物語っている。村上⁴⁾は、ガレキの下から救出された住民約1.9万人のうち、1.49万人(78.4%)が住民らによって救出されたと報告している。今回の推定結果と村上の結果は非常によく一致している。これらから、阪神・淡路大震災ではガレキの下敷きになった住民の3/4強は近所の人たちによって救出されたことになる。

大阪府の場合、全壊木造家屋数が28万棟と想定されている。前述した計算手順を適用すれば、倒壊してガレキの下敷きになり、自力で脱出できない人は23.8万人に達すると予想される。

3.2 火災による人的被害

火災延焼による人的被害の発生は、強風条件や避難行動に左右されるが、ここではこれらを考慮しないことにする。推定作業では、町丁目内の建物は宅地に均等に分布すると考えている。兵庫県南部地震による延焼火災による町丁目の建物被害率と死者率の関係は、焼失率をパラメーターとして図7²⁾のようにまとめられている。

この図を適用し、建物被害による死傷者を除けば、上町断層系地震が夕方6時に起これば、約3,500名死亡する危険性があると報告されている。なお、延焼危険度は延焼距離に関する東京消防庁の式を、炎上出火箇所数は総プロの式が一般的に使われるが、これらは火災による死者数の推定には直接使わない。

3.3 鉄道事故に起因した人的被害^{5,6)}

阪神・淡路大震災の後、筆者らが開発した方法を紹介する。それらは、つぎの3つに大別される。(1)阪神・淡路大震災での阪神地区での列車事故と最大加速度との関係に基づく場合、(2)さらに、メッシュデータとして簡便に処理する場合、及び(3)地震による軌道破壊率を考慮した場合、である。

概略の方法を紹介しよう。まず、阪神・淡路大震災における脱線などの鉄道事故は、最大加速度250ガル以上の地域を走行中に確率的に発生するとして、被害率を算定する。つぎに、過去の鉄道

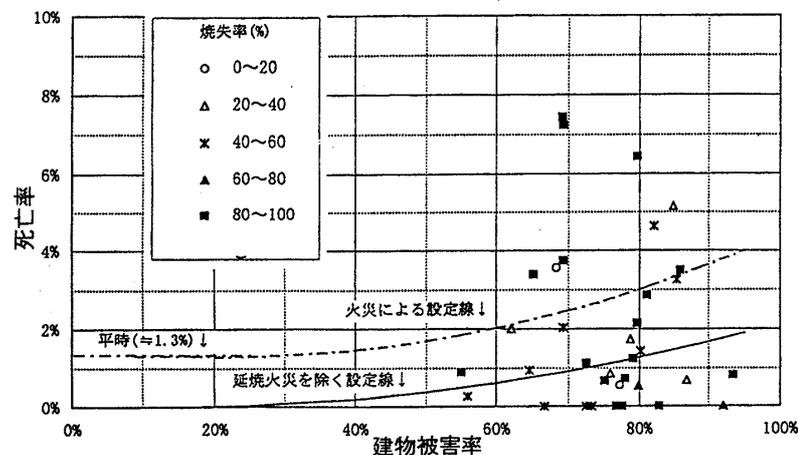


図7 阪神・淡路大震災における火災による死亡率

事故における車両1両当たりの乗客数と死亡率との関係から、安全側と危険側のそれぞれの被害曲線が図8及び図9のように求められている。一方、乗客数については駅間滞留人口を列車数に割り振って求める。そこで、まず(1)の方法を大阪府の場合のピーク時に適用して、つぎの結果が得られた。

まず、計算に先立って、つぎのような仮定を設定している。

1) 地下鉄の事故率については、地上路線における地表震度を1ランク低減し、地下を考慮。

2) 新幹線については、高速走行、高架路線であることを考慮して、乗客の死亡率は80%とする。

3) 被害を受けた駅施設への突入、線路盛土や斜面の崩壊箇所への突入、及び複線区間での脱線列車等への衝突などによって、事故数の増加が予想されるので、事故発生危険率を50%増とする。

このような手法を大阪府に適用すれば、上町断層系地震がピーク時に起これば、平均死者数は約4,800名(危険側で約6,900名、安全側で約2,700名)となる。

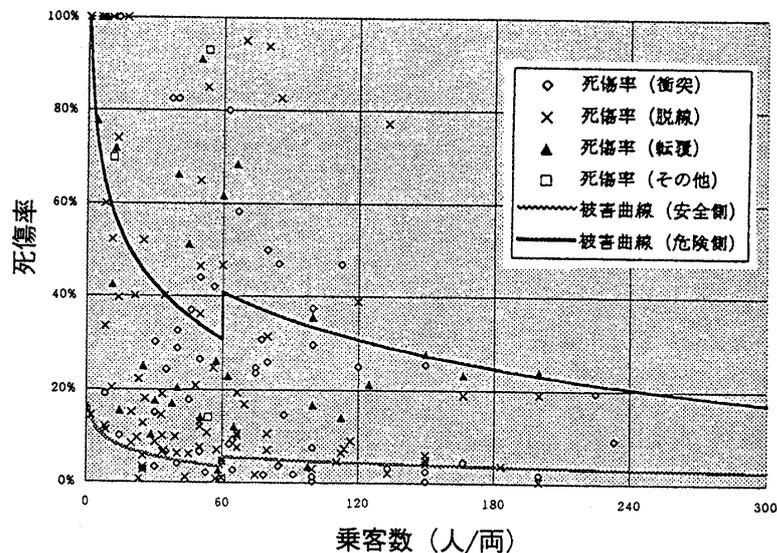


図8 乗客数と死傷者率との関係

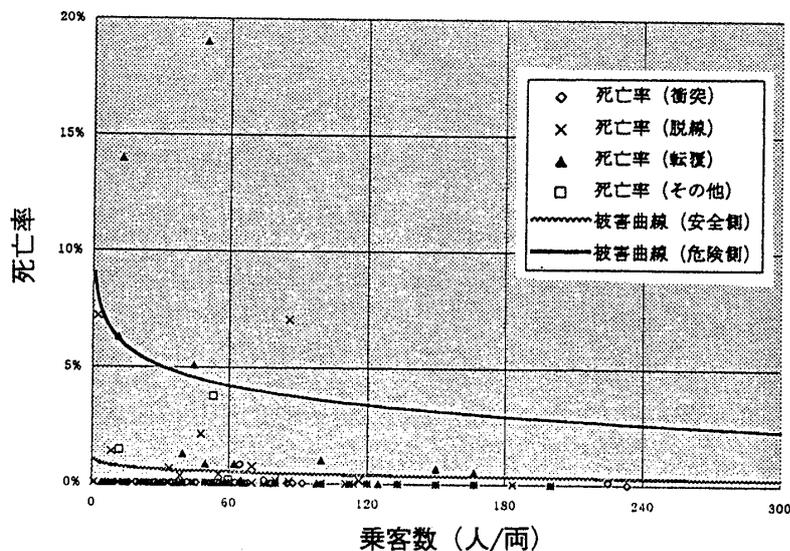


図9 乗客数と死亡率との関係

つぎに、手法(2)の適用性は手法(1)との比較から確かめられている。さらに、手法(3)を東京都に適用した場合、列車平均速度を 40 km/h とした場合、死者数は約 700 名（危険側で約 1,300 名、安全側で約 150 名）となった。なお、平均速度を 120 km/h とすれば、死者は最大約 12,000 名に増大する。

このようなことから、列車事故に起因する人的被害は多くの不確定な要因に左右されており、しかも災害時における人間行動にも大きく左右されるので、そのことを十分考慮して評価する必要がある。

3.4 高速道路災害による人的被害

死傷者数は、対象とする区間の滞留人口に事故発生危険率と死傷者率を掛けたものである。なお、区間滞留人口は各時間帯の区間交通量に乗車率と区間通過時間に乗じたものである。被害の発生する地域は、鉄道の場合と同じ条件と仮定し、事故発生危険率、死傷者率は阪神・淡路大震災のデータを用いればよい。

このような方法によると、高速道路の橋脚が耐震補強されない場合には、大阪府における上町断層系地震による死傷者数は、夕方 6 時頃で死者数 230 名、負傷者数 1.3 千人と推定される。なお、耐震補強後はそれぞれ 1/10 に減少すると考えられている。

3.5 斜面災害による人的被害

死傷者数は、被災対象人家数に崩壊危険率と 1 世帯当たりの屋内人口、死者・負傷者割合を乗じて求められる。被災対象人家数は、崩壊を起こす崖に面した人家だけで、ほかは軽微と考える。また、被災比率は、1978 年の伊豆大島近海地震における値を適用する。崩壊危険率は、3 段階に分け、死者・負傷者割合は、1982 年の長崎豪雨災害のデータを適用する。

この方法によれば、上町断層系地震による大阪府の死者数は約 120 名、負傷者数は約 120 名となった。

3.6 ブロック塀等の倒壊と落下物による人的被害

まず、ブロック塀や石塀、落下物危険建物の数を推定しなければならない。前 2 者は、木造棟数を箇所率を掛ければよい。その値は、東京都のサンプル調査によれば、それぞれ 0.30 及び 0.04 である。後者は、静岡県調査によれば、3 階以上の非木造棟数に危険箇所率(=0.25)を掛けて求められる。また、ブロック塀と石塀については、その両側の通行人や家人が被災すると考えるので、地震発生時の屋外人口密度による補正が必要である。そして、倒壊・落下被害率や死者率(人/箇所)は、宮城県沖地震の事例分析結果を適用した。この方法によれば、午後 3 時頃上町断層系地震が起これば、大阪市を除く府下で、ブロック塀等の倒壊と落下物による死者数は、それぞれ 343 人及び 25 人となった。

3.7 津波による人的被害

深海域に震源をもつプレート境界型地震の場合、大規模な津波が発生する。三陸沖の日本海溝や駿河湾から紀伊半島沖、そして四国南方に位置する南海トラフで発生する地震はその典型例である。津波による人的被害予想は、たとえば北海道南西沖地震において、仮に津波警報が実際の津波来襲前に避難する十分な時間があるとした場合に適用された例がある。その結果は、季節や時間帯によって変化し、実際の死亡者の 2 倍近い 400 人を超える場合が起こり得るというものであった⁷⁾。この結果は、津波警報が単に迅速に発令されただけでは、必ずしも人的被害が減少しないことを意味している。

そこで、過去の津波災害における津波高さ（海面からの盛り上がり高さ）と死亡率の関係を図示したものが、図 10 である。この図から、津波高さが 2 m を超えると人的被害が発生していることがわかる。この数字は、市街地に津波が遡上する限界値が 2 m に近いことを物語っている。これらのデータは津波防波堤の無い時代のものであって、安全側と危険側によって死亡率が 10 倍以上相違するのは、地震後の行動が生死を分けていること

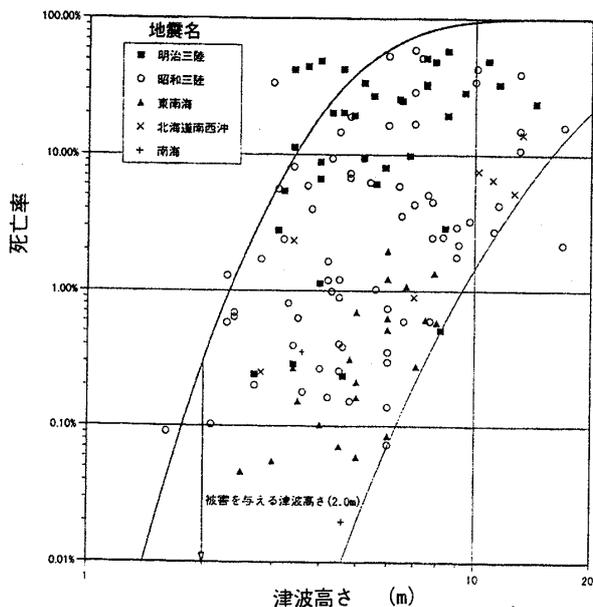


図10 津波高さと死亡率との関係

を意味している。そこで、以下に評価手順を示す。

- (1)津波の伝播計算を行い、対象とする地域の前面海域（たとえば港湾の最奥部）における津波高さを求める。
- (2)可能であれば、陸上部の氾濫計算を行う。もし、氾濫計算ができないのであれば、近似的に津波高さまで背後地は浸水するとして、氾濫域を求める。
- (3)図10を用いて、氾濫水深毎に住民数に死亡率を掛けて死者数を推定する。

都道府県レベルでの津波被害想定では、各市町村を対象にこれらの作業を行い、それらの値を合計する必要があるが、その作業はそれほど簡単ではない。まず、氾濫計算するためには、護岸や河川堤防の高さはもとより背後の居住地の標高データが必須である。そして、氾濫域に滞在する住民数を知らなければならない。そこで、概略値を求める簡単な方法を示そう。

まず、津波高さまで津波が氾濫すると仮定して、その面積を求める。つぎに、集落が存在する地域の全面積を推定する。これは、山間部を有する市町村の全面積とは一致しない。三陸海岸や志摩半島に位置する市町村では、臨海部に集落が集まっているのが普通であり、その面積を求める。そして、これらの面積比から氾濫域の住民数を推定す

るわけである。このような作業を行うことによって、最悪の場合の死亡者数を求めることが可能である。

なお、近い将来に来襲する可能性が高い東南海及び南海地震津波では、ここで示した従来型の被災過程による人的被害の発生ほかに、地下空間を多用している臨海大都市では、そこへの浸水などが発生して都市津波災害になる危険性があることを忘れてはならない。その場合、複合災害となり、人的被害の評価は現状では不可能である。

4. 人的被害のマクロな予測手法とその例

大阪府地震被害想定調査で明らかになったように、たとえば上町断層系地震では、府下全域で被害が発生することが予想される。それ以外の起震断層による地震でも、地域によっては大きな被害の発生が懸念される。そこで、ここでは大阪府の人口規模から推定される最大被害を、過去の世界の巨大災害事例から評価してみよう。

まず、どのような災害になる可能性があるかということである。ここで重要なことは、社会の発展とともに災害が進化し、被災形態が変化するという歴史的事実である。このことは、自然災害の被害規模を決定するのは外力の大きさだけではなく、それを受ける側の抵抗力、すなわち被害を受ける社会の災害脆弱性にも依存していることを意味している。災害は表1⁸⁾のように、田園災害から都市化災害、都市型災害、都市災害というように、大きく4つに区分される。わが国の第二次世界大戦後の災害の歴史を振り返ると、まさにこの区分に従って時代とともに変化していることが見出される。すなわち、1945年の枕崎台風災害から1959年の伊勢湾台風災害に至る大風水害時代は、田園災害の連続であった。そして、1960年代から始まった急激な都市化によって、とくに都市水害が頻発するようになった。その代表例が大東水害訴訟の現場である寝屋川流域であった。ここはもともと淀川と大和川の氾濫原であり、かつてはここかしこに湿地や池が点在していた。そこが宅地化され、都市化が急激に進んだ反面、浸水対策がそれに追いつかなかったことによって浸

表1 自然災害の区分

	被災地域の人口密度	被災地域の人口	都市基盤・防災施設整備	被災の種類	主たる被災過程
田園災害	国全体の平均人口密度程度	人口の多さに関係しない	未整備	古典的	単一・既知
都市化災害	経年的に増加中	数万人から数十万人	整備途上	古典的	単一・既知
都市型災害	国の人口密度の数倍から10倍程度	数十万人以上	一応整備完了	物的被害に集中(別名:ライフライン災害)	複数・既知
都市災害	同20倍程度以上	100人以上	不均衡	人的・物的巨大被害	複数・既知

水災害が頻発したわけである。都市型災害の典型例は1978年に発生した宮城県沖地震による仙台の被災である。この災害は別名、ライフライン災害と呼ばれており、都市活動の生命線が大きく被災し、物的被害が大きくなるのである。そして、都市災害とは、人口が100万人以上で、人口密度が国全体のその20倍以上（わが国の場合にはおよそ7,000人/km²となる）で発生し、人的、物的被害が未曾有になるものである。これは、人口規模に比べて防災投資が少ないことが継続し、災害脆弱性が経年的に増加しつつあるときに起こる。地域的な防災力の不均衡が面的な被害の拡大につながり、しかも災害前に被災のシナリオがよくわからないという特徴をもっている。

そこで、大阪府を考えてみよう。まず大阪市とそれ以外の地域にわけよう。なぜなら、大阪市(260万人、1995年10月の国勢調査結果、以下の数字も同様)の人口密度は1.2万人/km²であり、都市災害になる恐れがある。一方、それ以外については、可住地面積1,067 km²に620万人が居住しており、人口密度は5,811人/km²であって、必ずしも都市災害とはならないからである(都市災害となるのは、わが国では国全体の平均人口密度331人/km²のおよそ20倍、すなわち、7,000人/km²以上の場合である)。そこで、図11と図12⁹⁾を用いて、人的被害の最悪の場合を想定すれば、以下の結果が得られる。

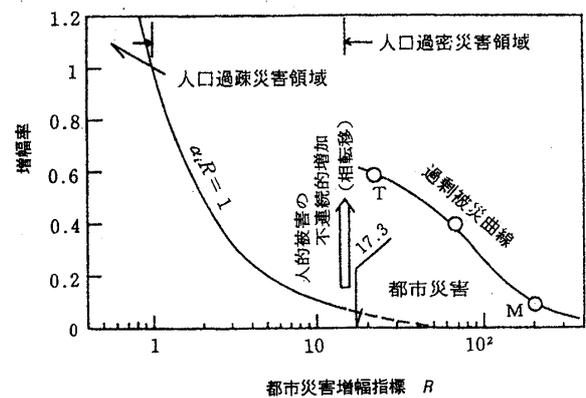


図11 都市災害増幅指標と増幅率の関係

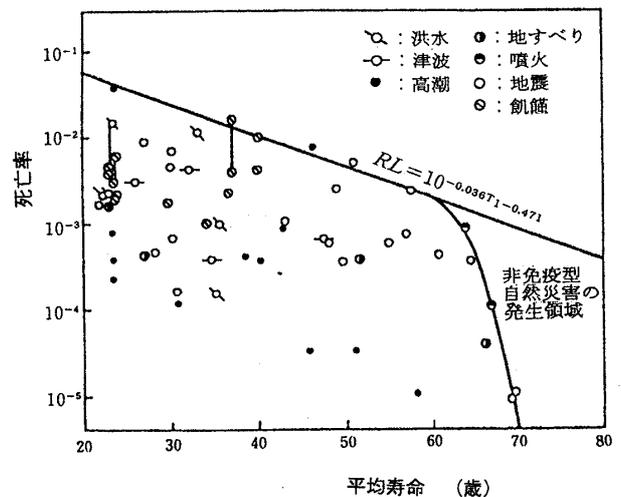


図12 12世紀以降の世界の巨大災害における平均寿命と死亡率との関係

(1) 大阪府全域が都市災害となった場合の死者数

大阪市域：約 2.1 万人

それ以外の大府域：5.0 万人

合計：7.1 万人

(2) 大阪市のほか人口稠密な隣接の堺市、東大阪市、枚方市、高槻市、吹田市、豊中市など府下の市町村などの人口の 1/2 の居住域が都市災害となると想定した場合

大阪市を含む大阪府全体の想定死者数：

4.6 万人

したがって、以上の結果から、最悪の場合、大阪府では 5~6 万人前後の死者数が予想され、これが人的被害の最悪のケースであると考えられる。

なお、都市災害とならない場合にもここで用いた図は最大規模の人的被害の推定に適用可能である。

5. あとがき

大阪府の地震被害想定調査では、ミクロな予測値を合計しても、マクロな予測値の約 50% 程度にしかならない。これは東京都に適用してもほぼ同じ結果が得られる。その原因は、まだ抜け落ちている被害シナリオがあることである。たとえば、前述したように大阪府の場合、南海地震が起これば、当然津波が来襲する。想定される津波の高さに対して、現行の防潮堤の天端高でほぼ守れることがわかっている。しかし、大阪府下には約 900 の水門があり、日常的には開いたままである。過去に高潮警報が出た場合、全水門の閉鎖に約 6 時間かかっている。南海地震津波は府下には南部で、地震後 1 時間、北部の大阪市で約 2 時間で来襲する。しかも、地震で機能障害を起こして、物理的に閉められない水門も少なくないであろう(阪神・淡路大震災では、大阪市域の水門約 350 の内、約 1/3 が機能障害を起こした)。そうなると、それほど高くない津波によって浸水する。これがたとえば大阪市内の地下街や地下鉄に浸入すれば、未曾有の人的被害につながる危険性がある。このように、まだまだ隠れた被災シナリオがあるのであり、しかも複合災害の規模や内容もよくわかっていないところがある。したがって、今後も個々の被災

シナリオによる犠牲者数の予測手法を開発するとともに、その限界を認めてマクロな予測手法の一層の高精度化を図る必要がある。

最後に、貴重なデータを提供していただいた大阪府及び三重県の関係各位に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 三重県地域防災計画被害想定調査委員会資料, 1997.
- 2) 大阪府地震被害想定調査検討委員会資料, 1997.
- 3) 田中 聡・林 春男・河田恵昭：阪神・淡路大震災に基づく人的被害の推定法式の構築, 京大防災研年報, 第 40 号, 1997 (投稿中).
- 4) 村上ひとみ：1995 年阪神・淡路大震災における構造物倒壊と人的被害の要因分析, 平成 7 年度兵庫県南部地震の被害調査に基づいた実証的分析による被害の検証, 文部省 科学研究費総合研究(A) 研究成果報告書, pp.52-59, 1996.
- 5) 河田恵昭・林 春男・古市秀徳：大都市の地震災害による人的被害に関する研究, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, IV-66, 1996.
- 6) 河田恵昭・古市秀徳：地震時の鉄道被害に伴う人的被害予測-東京都への適用-, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, IV-60, 1997.
- 7) 河田恵昭・長谷川茂樹：地震津波警報の伝達と避難マニュアルについて, 海岸工学論文集, Vol.41, pp.1186-1190, 1994.
- 8) 河田恵昭：環境改善が危機管理の第一歩, 科学朝日, 1996 年 2 月号, pp.1190-113.
- 9) 河田恵昭：都市大災害, 近未来社, pp.233, 1995.

(原稿受理：平成 9 年 5 月 23 日)