

(174) 都市における地域別の地震災害危険度評価 - 危険物の落下と車両破壊危険度について -

金沢大学工学部 正会員 ○北浦 勝 金沢工業大学 正会員 鈴木 有  
 金沢大学工学部 正会員 宮島昌克 金沢大学工学部 正会員 池本敏和  
 金沢大学大学院 学生員 栗田哲良

1. はじめに 都市型震災の特徴は都市を形成する人の活動、活動のための都市空間さらに都市機能が同時に地震動の影響を受けるところにある。そのため、多様な被害の同時発生・波及・相互影響という性質を持ち、その予測・防止・軽減のためには、多角的な分析を行う必要がある。本研究では、地震災害の被害の諸様相間の相互作用を一貫して捉え、それぞれを体系的に定量化する方法を開発する。このとき、対象とする地域をいくつかの中区域からなる金沢市市街化区域として、地震災害による種類別地域別の危険度を、過去の被災事例に基づいて可能な限り定量的に、しかも各中区域について相対的評価ができる方法を考える。ここで中区域とは、町丁が10程度集まった区域のことであり、ほぼ小学校区の規模に相当する。なお本研究では、危険物の落下と車両破壊危険度を中心に報告する。

2. 危険度評価法の概要

(1) 危険度評価の定式化 本研究では、太田等の手法<sup>1)</sup>を参考にして、「地震災害は地震動強さと地域の持つ環境-地域特性-とによって一意的に決定される」との前提に立ち、地震災害の危険度評価という問題を定式化し、具体的な評価を試みる。地震によって発生する多様な被害  $y_i$  を、地震動の強さ  $S$ 、 $y_i$  に関わる地域特性  $x_i$  及び時系列上でそれ以前に発生する  $(i-1)$  個の被害  $\{y_{i-1}\}$  により表すことができると考える。また、地域特性  $x_i$  をこれを規定する指標群  $\{\xi_{i1}\}$  によって表すと、次のように定式化できる。

$$y_i = f_i \{S; x_i; y_1, y_2, \dots, y_{i-1}\} \quad [i = 1, 2, \dots, m]$$

$$x_i = g_i \{\xi_{i1}, \xi_{i2}, \xi_{i3}, \dots\}$$

本研究では、 $\{y_i\}$  をあらかじめ設定した標準の地域(対象全地域の平均特性を持つ地域)に対する被害発生相対的危険度と定義し、関数形  $\{f_i, g_i\}$  を四則演算式で簡潔に合理的に表現するよう試みた。

(2) 地震被害様相 被害様相相互の関連を地域特性を含めてなるべく簡潔に示そうと試みたのが【図1】である。この図は、左から右へ地震災害発生の流れを示しており、時系列に対応して左から右へ一方方向のみ被害が生じるものと考えている。

(3) 特性値と危険度の評価式 地域を性格づける多くの特性量の中から、地震災害の発生の原因となりこれを加速し拡大あるいは抑制する要因を選別して、さらにこれらに関連する指標群を抽出する必要がある。ここでは以上のような観点に基づき、10個の地域特性を設定し、地域特性値と危険度の評価式を、その設定の根拠とともに【表1】に示した。特性値・危険度とも、予め設定する標準中区域の場合が1になるよう基準化している。危険度の式中の係数は、過去の地震災害のデータ等を参考にして定めた引き金となるそれ

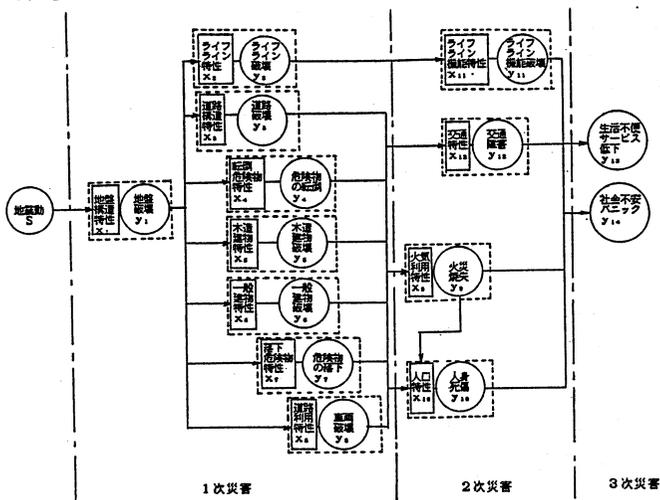


図1 被害様相と地域特性の相互関連を示すフローチャート

以前の被害群の当該被害への各寄与率を意味する。

### 3. 評価式の例

(1) 落下危険物(窓ガラス)の特性値と落下危険度 落下危険物として、一般建物からの窓ガラスの破壊落下を取り上げる。窓ガラスの落下危険度は、建物の建設年代、建物の構造、建物の道路に面する面積比や、窓の取り付け方の違いなどによって異なってくる。落下危険度の指標を以下のように設定する。

ξ<sub>711</sub> : 各町丁内の建物の建設経過年数の違いによる危険度の比

建設年代を昭和53年以前と、昭和54年以降～昭和57年までと、昭和58年以降に分ける。これは、昭和53年以前は硬化パテ、それ以降は弾力あるパテを主として使っているということと、昭和57年に新耐震設計法が施行されたことによって建物の耐震強度が全体的に向上し、地震時の層間変位が小さく押えられるようになったことにより、これら(昭和54、57年)を節目として窓ガラスの破壊危険度が異なるものと考えられるからである。

ξ<sub>721</sub> : 建物の構造別による危険度の比

建物の構造をRC・SRC造とS造に大きく分類する。構造種別による危険度の違いは地震時の最大層間変位の違いによって判定する(層間変位が大きいとガラスは割れやすい)。最大層間変位はRC造では1/100～1/200(壁の量の多少による)、S造は1/70である。

ξ<sub>731</sub> : 建物の道路に面する面積の比

建物の高さが高いほど、あるいは道路に面する距離が長いほど、窓ガラスの破壊による危険度は大きいと考えられる。ここでは、平均建築面積の平方根に平均階数を掛け合わせたものの、標準町丁におけるそれに対する比とする。平均建築面積と平均階数は、S造とSRC・RC造の平均値を用いる。

ξ<sub>741</sub> : 窓の種類による危険度の比

窓が引き違い戸であるか、はめ殺し戸であるかの違いである。地域による窓の取り付け方のデータはないので、建物用途により推定する。建物用途によるはめ殺し戸を持つ建物の割合を、集合住宅では10%、事務所、商業建築では30%程度であるとし、これらの用途別建物棟数に基づいて算出する。

ここでは、商業建築とは、飲食店、デパート、娯楽施設とした。

ξ<sub>751</sub> : 総棟数の標準町丁におけるそれに対する比

(2) 道路利用特性と車両破壊危険度 「車両破壊の可能性は、車両密度と事故発生率に比例する」と考える。そこで、「車両の破壊」に関わる指標として、「車両密度=総車両面積/車道面積」と「事故発生率」を選定する。車両破壊は、「幹線道路」上での「車同士の衝突による破壊」に限定する。道路または交通量に関するデータは、幹線道路については比較的容易に入手できるが、生活道路に関するデータは整理されているデータが少ないため、評価が難しくなる。そこで、幹線道路に関しては、地図から計測や交通量調査などの直接的なデータを利用し、生活道路に関しては、簡略的な推定により求めたデータを利用する。

まず、車両密度について考える。車両面積は車種によってある程度決まるので車両ごとにその値を定める。この値に、車種別の中区域内通行車両数を掛け合せて通行車両面積を算出する。ここで、中区域内通行車両数は、交通量(台/時)を車両の平均速度(幹線道路で40km/時とする)で除すことによって単位長さあたりの車両数(台/km)を求め、それに路線の長さを掛け合せて路線上の車両数を求め、それらを中区域内の各路線について合計することによって求められる。

「車両密度」については【通行車両面積/車道面積】によって算出する。

ξ<sub>81</sub> : 標準中区域の車両密度に対する当該中区域の車両密度の比

「事故発生率」については地震時のデータがないので、過去の平常時における車両被害データから、車両の種類ごとに事故発生率を定め、普通車の場合を標準(=1)として基準化した。この値に車種別の通行車両数を乗じて、「車両の被害発生の可能性」を表わす指標値を設定する。

ξ<sub>82</sub> : 標準中区域における車両同士の衝突による被害発生の可能性を基準にした、当該中区域のその被害発生の可能性の比

4. 評価式の適用

(1) 適用対象 金沢市を48の中区域に分割し、危険度評価の対象地域としては、ほぼ市街化区域を網羅するように、その中から、23の地域を選んだ。

(2) 評価の結果と

考察 地震

表1 地域特性と地震災害危険度の評価式(その1)

地域特性値	$X_i$	評価式	評価式設定の根拠
地盤構造	$X_1$	$X_1 = \xi_{11} \cdot (\alpha_{12} \cdot \xi_{12} + \xi_{13} + 1) / X_1$	→ 地表面での揺れと、地盤破壊を振動のみによって生じると換算した作用地震力の大きさに比例する
ライフライン構造	$X_2$	上水道: $X_{2w} = \xi_{21w} \cdot \xi_{22w} / X_{2w}$ ガス: $X_{2g} = \xi_{21g} \cdot \xi_{22g} / X_{2g}$	→ 管種別の壊れやすさと管路の敷設延長に比例する
道路構造	$X_3$	$X_3 = \xi_{31} \cdot \xi_{32} / \xi_{33} / X_3$	→ 道路面積に比例し、道路構造の耐力に比例する
転倒危険物(棚)	$X_4$	$X_4 = \xi_{41} \cdot \xi_{42} \cdot \xi_{43} / X_4$	→ 作用転倒力に比例し、耐力に反比例する
木造建物	$X_5$	$X_5 = \xi_{51} \cdot \xi_{52} \cdot \xi_{53} \cdot \xi_{54} / X_5$	→ 建物全体に働く全地震力(1階層せん断力)に比例し、建設経過年数に応じて増大する
一般建物	$X_6$	$X_6 = \xi_{61} \cdot \xi_{62} \cdot \xi_{63} \cdot \xi_{64} / X_6$	→ 建物全体に働く全地震力(1階層せん断力)に比例し、建設経過年数に応じて増大する
危険物(窓ガラス)	$X_7$	$X_7 = \xi_{71} \cdot \xi_{72} \cdot \xi_{73} \cdot \xi_{74} \cdot \xi_{75} / X_7$	→ 建物の層間変位の大きさに比例し、ガラスと窓の取り付け方に支配される
道路利用	$X_8$	$X_8 = \xi_{81} \cdot \xi_{82} / X_8$	→ 車両密度と事故発生率に比例する
火気利用	$X_9$	住宅: $X_{9H} = \xi_{91H} \cdot \xi_{92H} / X_9$ 建物: $X_{9B} = \xi_{91B} \cdot \xi_{92B} / X_9$ 車両: $X_{9V} = \xi_{91V} \cdot \xi_{92V} / X_9$	→ 火気器具使用建物数と存在車両に比例し、用途別火災発生率に比例する
人口	$X_{10}$	道路上: $X_{10R} = \xi_{101} \cdot \xi_{102R} / X_{10}$ 車両中: $X_{10V} = \xi_{101} \cdot \xi_{102V} / X_{10}$ 建物内: $X_{10B} = \xi_{101} \cdot \xi_{102B} / X_{10}$ 住宅内: $X_{10H} = \xi_{101} \cdot \xi_{102H} / X_{10}$	→ 区域内の人口に比例し、人間の性別・年代別行動力差に比例する

【注】 $\bar{X}_i$  = 全中区域の平均値  
 $X_6 = \bar{X}_{6H} + \bar{X}_{6B} + \bar{X}_{6V}$   
 $X_{10} = \bar{X}_{10R} + \bar{X}_{10V} + \bar{X}_{10B} + \bar{X}_{10H}$

【図2】に示した。各危険度としては、標準地域の面積に換算した標準面積当たりの「密度としての $Y_i$ 」の計算値が示してある。評価に当たっては、中区域を構成する町丁毎にまず各値を求め、評価式に応じた重みを乗じた総和を導き、全中区域の平均値が1になるよう基準化した。また、危険物の落下危険度と車両破壊危険度のリスクマップを【図3】、【図4】に示す。

これらの図より次のような分析ができる。

A. 落下危険物 落下危険度が大きいのは、片町地区(中区域番号11)、長町地区(同12)、尾張町地区(同13)である。これらの地域は、市の中心部であり、一般建物密度が高いため、落下特性値が大きくなる。また、藤江地区(中区域番号42)、畝田地区(同43)、金石地区(同44)

は地盤が軟弱なうえ、地盤液状化の影響を受けて地盤破壊の危険性が大きい。このため、地盤の揺れが大きくなり、窓ガラスの落下の危険度は大きくなる。天神・旭町地区(中区域番号15)、涌波地区(同17)、笠舞地区(同18)は比較的安全となる。これらの地域は、地盤が比較的強く、建物密度も平均的なため危険度は小さくなった。平和町地区(中区域番号25)は公営アパート群のデータが足りないため、危険度が小さくなったものと思われ、今後、データの収集、補充を行なうことが課題として残る。

B. 車両破壊危険度 【図2】より、藤江地区(中区域番号42)の道路利用特性値が高いことがわかる。この地域は、国道8号があり、交通量が多いためである。同じ理由で西金沢地区(中区域番号32)の特性値も高い。車両破壊危険度を【図4】に示す。車両破壊危険度に最も影響を与えるのは、道路利用特性値と道路破壊の危険度である。このため、これらの危険度の高い藤江地区(中区域番号42)が車両破壊危険度が大きくなっている。また、藤江地区は落下危険物の危険度も標準より大きい。また、それに次いで車両破壊危険度の大きいのは片町(中区域番号11)、長町(同12)、尾張町(同13)である。これらの地域は、市の中心部であり、交通量が多く、また、落下危険物の危険度が非常に大きいためである。危険度の小さい地域としては笠舞地区(中区域番号18)、泉野地区(同23)、長坂・平和町地区(同25)が挙げられる。これらの

表1 (その2)

危険度	$Y_i$	評価式
地盤破壊	$Y_1$	$Y_1 = S \cdot X_1$
ライフライン破壊	$Y_2$	上水道: $Y_{2w} = (0.8X_{2wH} + 0.2X_{2wB}) \cdot Y_1$ ガス: $Y_{2g} = (0.8X_{2gH} + 0.2X_{2gB}) \cdot Y_1$
道路破壊	$Y_3$	$Y_3 = X_3 \cdot Y_1$
危険物の転倒	$Y_4$	$Y_4 = X_4 \cdot Y_1$
木造建物破壊	$Y_5$	$Y_5 = X_5 \cdot Y_1$
一般建物破壊	$Y_6$	$Y_6 = X_6 \cdot Y_1$
危険物の落下	$Y_7$	$Y_7 = X_7 \cdot Y_1$
車両破壊	$Y_8$	$Y_8 = X_8 \cdot (0.8Y_3 + 0.1Y_4 + 0.1Y_7)$
出火	$Y_9$	$Y_9 = X_{9H} \cdot Y_3 + X_{9B} \cdot Y_6 + X_{9V} \cdot Y_8$
人身傷害	$Y_{10}$	$Y_{10} = X_{10R} \cdot (0.3Y_3 + 0.2Y_4 + 0.3Y_7 + 0.1Y_8 + 0.1Y_9) + X_{10B} \cdot (0.3Y_6 + 0.7Y_9) + X_{10V} \cdot (0.3Y_8 + 0.7Y_9)$

地域は、住宅地であり、道路破壊危険度、危険物の転倒破壊の危険度、落下危険物の落下危険度、道路利用特性値のいずれも標準より小さな値となっているため、車両破壊の危険度は小さくなっている。

今回の評価では、幹線道路面積の大きい地域は正しく評価されたと思われる。しかし、生活道路の指標値の計算に推定式を用いたため、幹線道路面積の小さい地域では、推定方法の影響が出てきた。すなわち、道路利用特性値が中区域の面積によって決まるという結果になった。生活道路についても、詳細なデータを入手して、再度評価し、今回の評価結果との比較を行なうことで、推定式の妥当性を考えることが必要である。

5. おわりに 都市空間において、設定した地震被害様相に関わる危険要因の量を、その危険の質を考慮して数量化する方法に基づき加算し、さらに被害発生の時系列上の関連性を取り入れて、被害の諸様相に関わる各危険度を、簡潔性と合理性と被害量との対応に配慮しつつ、地域ごとに相対的に定量評価する方法を提案した。適用例によれば、特性値と危険度の評価結果は地域の実情をよく反映しており、危険度相互の量的な関係もほぼ適切に表現されていることから、本評価法の妥当性と有効性を確認した。

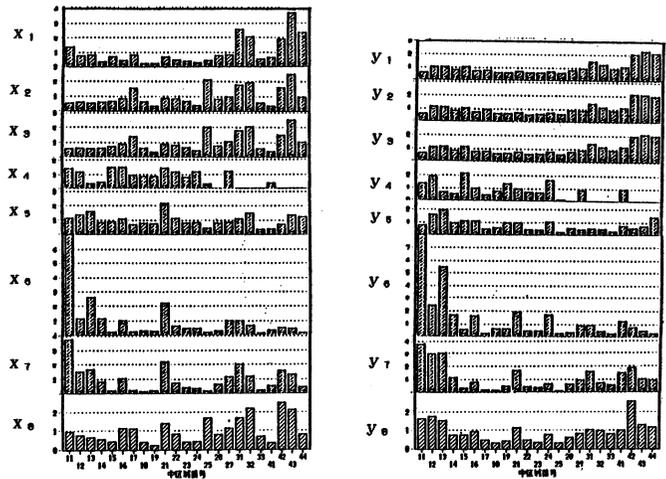


図2 各危険度と地域特性

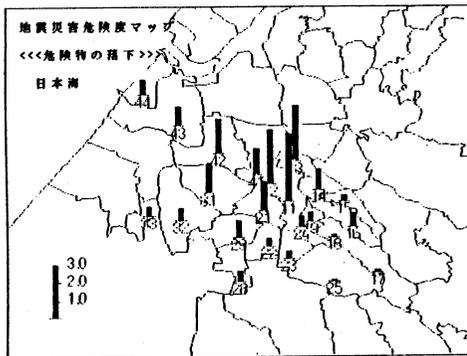


図3 落下危険物の地震災害危険度

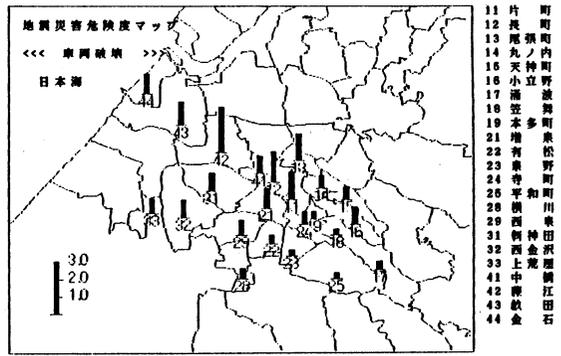


図4 車両破壊の地震災害危険度

参考文献

- 1) 太田裕：地域統計資料に基づく行政区別耐震性評価の試み—都道府県の場合—，自然災害資料解析9，pp. 1～14，1982.2
- 2) 鈴木有・野田範昭：街路空間における地震災害危険度の評価（正）（続），日本建築学会北陸支部研究報告集，No.33，1990.7，No.34，1991.7.