

# (203) ミクロな地震被害想定－東京都内3地域の比較

東京大学生産技術研究所 片山恒雄、山崎文雄、永田 茂  
四国電力株式会社（元東京大学大学院学生） 立川貴重

## 1. 研究の目的

都市の地震被害想定は、対象地域をメッシュに区切り、1つのメッシュについては一定の特性を与えて各種の被害量を計算し、それらを積み上げることによって地域さらに都市全体の被害総量を算出する方法によることが多い。250<sup>m</sup>×250<sup>m</sup>程度の小さなメッシュを使ったとしても、東京のような所では、1つのメッシュ内に500世帯、千数百人が住んでいることも珍しくない。これだけの家庭があり人が住んでいるメッシュを1つの色に塗ってしまうのである。20年前、15年前なら、それも仕方なかっただろう。しかし、今では一軒一軒の家が識別できるデジタルマップが容易に手に入る。区役所には1つの建物、1つの世帯ごとの情報が常にアップデートされながら保管されている。最近、多くの自治体はこれらの情報をデータベース化し、電算機で処理、管理しようとしている。このようなデータを効率的に解析するソフトウェアとして地理情報システム（GIS=Geographical Information System）が導入されつつある。解析もワークステーションでできるようになってきた。これらのハード・ソフトな環境の変化を取り入れ、一軒一軒の家が見える「ミクロな地震被害想定」はできないだろうか。これが本研究を思い立った最大の理由である。地域の特性をミクロに示すことにより、被害想定の結果が、そこに住む人たちにとってずっと身近なものとなるはずである。この論文は、東京都区部から3つの地域を選び、「ミクロな地震被害想定」を実際に行ってみることに、都市における地震被害想定の新しい可能性を探ろうとするものである。

## 2. 調査対象とした3つの地域

対象地域は、それぞれの地域が1つのまとまったコミュニティとなっていることを目標とし、以下の条件を備えているところから選んだ。①異なる性格の住宅地（都心、下町、山の手）②なるべく共同研究者の誰かが土地勘のある地域③居住者の特性が異なる地域④人口や面積があまり違わない⑤駅、商店街、住宅地などを含む1つの生活圏⑥地域内に幹線道路や河川などを含まない。

国勢調査結果の町丁目別集計や用途別・構造別建物延べ床面積の町丁目別集計を国勢統計区単位に集計し直し、東京都23区内の各地域の特性を比較した結果、次の3地域を調査対象として選んだ（表1）：(a)元麻布・南麻布地域：港区の中央やや西寄り、都心の商業業務地区のすぐ外側にある典型的な「都心住宅地」。麻布地域と呼ぶ、(b)弦巻・桜新町地域：世田谷区中央やや東寄りに位置する典型的な「山の手住宅地」。弦巻地域と呼ぶ、(c)墨田・東向島地域：墨田区北部、幅の狭い道路や路地を挟んで住居を併設した商店や町工場が軒を連ねる「下町住宅地」の典型。墨田地域と呼ぶ。

## 3. 居住者、建物及び地形・地盤の特性

居住者特性：図1及び図2に平成2年国勢調査に基づく対象3地域の年齢階級別人口と種類別世帯を示す。29歳以下人口の割合は弦巻地域がもっとも大きく、逆

表1 対象とした3地域の概要

	元麻布・南麻布地域	弦巻・桜新町地域	墨田・東向島地域
(a) 面積[km <sup>2</sup> ]	1.364	1.886	1.173
(b) 人口[人]	14094	30186	20412
(c) 世帯数	6864	14028	8313
人口密度 (=b/a) [人/km <sup>2</sup> ]	10333	16005	17402
世帯数密度 (=c/a) [世帯/km <sup>2</sup> ]	5032	7438	7087
(d) 昼間人口	22324	27434	18367
(e) 夜間人口	18559	32128	21066
昼間人口/夜間人口 (=d/e)	1.203	0.854	0.872

元麻布・南麻布地域 平成4年12月1日現在（昼間・夜間人口は昭和60年国勢調査に基づく）  
弦巻・桜新町地域 平成5年1月1日現在（昼間・夜間人口は昭和60年国勢調査に基づく）  
墨田・東向島地域 平成5年1月1日現在（昼間・夜間人口は昭和60年国勢調査に基づく）

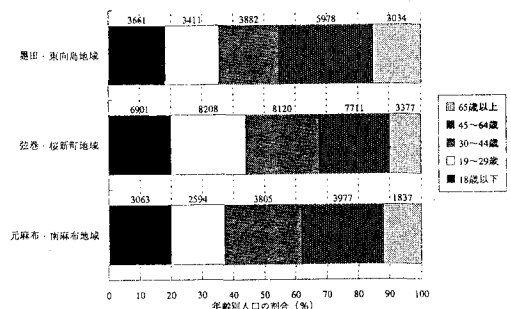


図1 年齢別人口の構成比

に45歳以上及び65歳以上人口の割合は墨田地域がもっとも大きい。単身世帯の割合は弦巻地域が最大、墨田地区が最小であり、その差は15%もある。単身世帯は主に寮や下宿に住む大学生や独身の社会人、一人暮らしの高齢者などからなる。図3によれば、麻布地域では給与住宅の割合が大きい。墨田地域の持ち家の割合は60%を超え、他の2地域とは大きく性格が異なる。

**建物特性：**建物の構造種別、階数種別及び用途種別データを区発行の土地利用現況図（昭和61年）から集めた。これらの特性の対象地域内での分布を見るだけで、災害に対する地域特性ははかなりはっきりする。（残念ながら、この論文では図が黒白であり、原図の情報の大部分は読みとれない。以下には、なるべくコントラストがはっきりした図面のみを掲載する。）弦巻地域では木造26%、防火木造57%、及び図4に示す墨田地域では木造20%、防火木造64%であり、これらの合計がいずれも80%を超えている。図5の麻布地域では耐火構造（34%）と簡易耐火構造（10%）を合わせると44%に達する。防火木造とは、柱及び梁が木造で屋根及び外壁がモルタルなどの準不燃材料でできた建物である。麻布地域には3階建て以上の建物が29%あるが、弦巻及び墨田地域では90%以上が2階建て以下である。その中でも2階建てが弦巻地域79%、墨田地域81%ときわめて多い。3地域とも住宅地として選んだが、専用独立住宅の割合は弦巻地域67%、墨田地域50%、麻布地域41%とかなり異なる（表2）。集合住宅に注目すると、麻布地域28%、弦

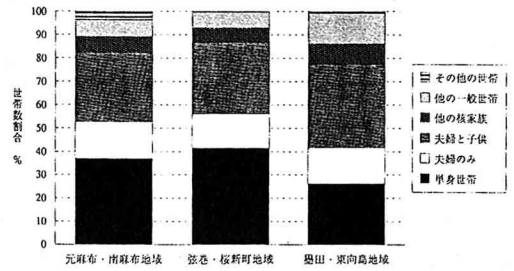


図2 一般世帯の種類別の構成比

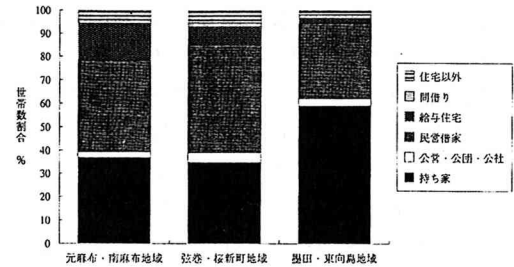


図3 一般世帯の住宅所有関係

表2 建物の用途別棟数の割合

	単位 (%)		
	元麻布・南麻布地域	弦巻・桜新町地域	墨田・東向島地域
官公庁施設	2.8	0.21	0.11
教育文化施設	4.9	0.62	0.58
厚生医療施設	0.5	0.064	0.11
供給処理施設	0.3	0.21	0.056
事務所建築物	4	0.79	0.71
専用商業施設	1.2	1.94	0.19
住居併用建物	10.3	9.5	21.5
宿泊・遊興施設	0.27	0.085	0.82
スポーツ・興業施設	0.14	0.72	0.13
専用独立住宅	40.7	66.8	50.2
集合住宅	28	16.1	11.9
専用工場	0.85	0.66	1.3
住居併用工場	4.5	1	10.9
倉庫・運輸施設	1.4	0.3	0.28
公園・その他	0.14	1	1.2

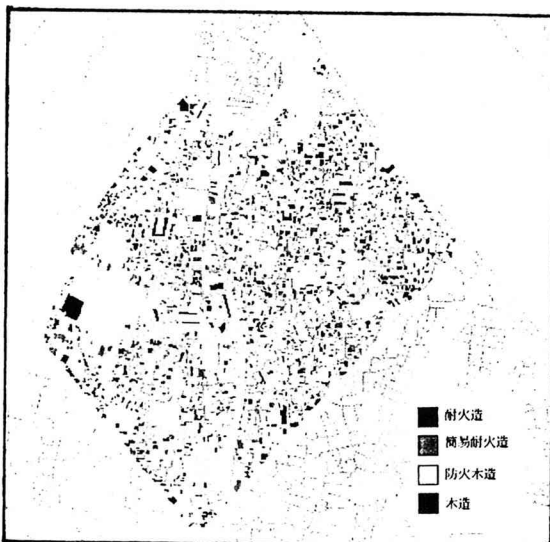


図4 構造種別の建物分布図（墨田地域）



図5 構造種別の建物分布図（麻布地域）

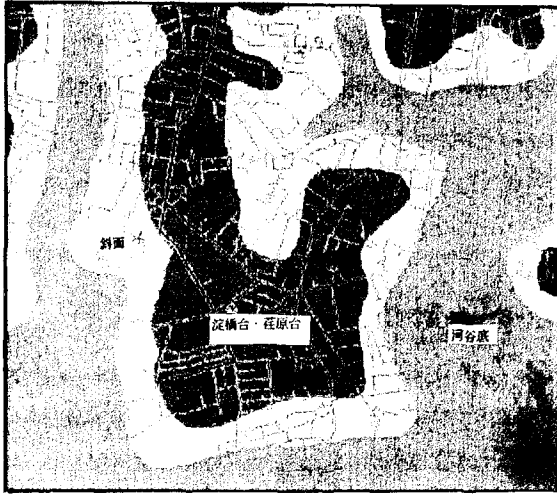


図6 地形による分類（麻布地域）

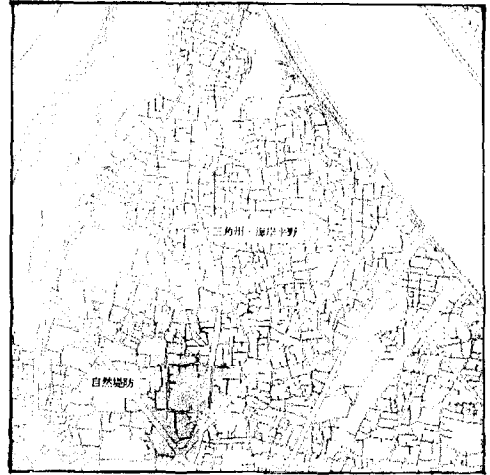


図7 地形による分類（墨田地域）

巻地域16%、墨田地域12%となる。麻布地域をもっとも特徴付けているのは、官公庁施設や教育文化施設が多いことであり、これらの合計7.7%は弦巻地域の0.8%、墨田地域の0.7%の10倍に近い。墨田地域には、住商併用建物・住居併用工場が多く、合わせると32%になる。麻布地域、弦巻地域ではこの値は15%、11%であり、下町住宅地としての墨田地域の特徴がよく表われている。

**地形・地盤特性：**東京都地盤地質図から地盤高、地形分類、地盤地質をデータベース化した。麻布地域は台地の東端にあり、北から鍵の手の形に張り出した台地が河谷底に取り囲まれている（図6）。台地上は標高30m以上、河谷底は5m以下の起伏に富んだ地形である。台地の表層はローム層及びローム質粘土、河谷底には粘土・泥炭・腐植土が堆積している。弦巻地域は標高35mから45mの台地上にあり、いくつか小さな谷が入り込んでいるが、起伏はそれほど大きくない。谷の部分には腐植土があるが、全体としてローム層及びローム質粘土が大部分を占める。墨田地域は墨田川と荒川に挟まれた平坦な地形で、西部にある自然堤防を別にするれば、ほとんどが0m以下の三角州である（図7）。全域にわたって厚さ20mから30mの沖積層が堆積していて、麻布、弦巻とはきわめて異なる地盤を持つ。

#### 4. 建物を対象とした地震危険度評価

ここでは地震の揺れそのものによる建物被害の結果だけを示す。

関東地震の再来を考え、地震力は加速度応答スペクトルの値で与えた。まず土質柱状図（麻布54地点、弦巻69地点、墨田26地点）を用いて地盤の固有周期を推定し、面的な補間により全域の固有周期の分布を求めた。硬質地盤に対する最大加速度の減衰式と加速度応答倍率スペクトル、表層地盤の厚さやせん断波速度から求めた増幅率をもとに地盤の固有周期に対応した加速度応答スペクトルが得られる。いくら一軒一軒の家が見える被害想定と言っても、千差万別の建物をすべて異なる性質を持つ構造物として解析することは実際的には不可能である。そこで、木造、非木造建物をそれぞれモデル化しなければならない。モデル化及び被害程度の推定手法は、基本的にこれまで自治体の被害想定で使われたものである。

木造建物については、昭和35年以前と36年以降、平屋と2階建ての組合せによる4種類とし、降伏震度は固有周期の関数として仮定した。1自由度弾塑性モデルの最大応答変位は、弾性最大応答変位から近似的に求め、塑性率によって被害程度を判定した。仮定した加速度応答スペクトルのレベルが比較的低かったため、どの地域においても塑性率が1.5を超える建物はそれほど多くない。木造平屋・2階建ての固有周期を0.25～0.55秒と仮定したため、台地上の建物が相対的に大きな塑性率を示した。塑性率の比較的大きな木造建物

は、弦巻地域にもっとも多く、逆に地盤の固有周期が1秒以上と長い墨田地域ではもっとも少ない。

非木造建物の被害危険度はRC建築物の耐震診断で用いられる構造耐震指標 $I_s$ と必要保有せん断力係数の比較により判断した。建物の固有周期は階数と接地面積を考慮して算出している。仮定した入力地震動の加速度応答レベルが比較的良かったため「中破確率30%以上」というランクが最大の被害レベルとなった。墨田地域の被害が相対的にもっとも低く、麻布地域と弦巻地域を比べると、麻布地域の方がやや危険度が高い。

## 5. 今後の課題

われわれは、研究者として、このようなマイクロな地震被害想定はきわめて大きな可能性を秘めていると考えている。しかし、この論文に示した範囲だけでもまだ不完全なところが多い。

被害想定は信頼性のきわめて異なる2つの部分から成る。一軒一軒の家の情報や大部分の地形・地質情報はFACTSである。これに対して、地震動の性質、建物の振動特性や震害レベルの想定手法は、慣用的な手法から一歩も出ていない。これらの手法はいくつもの不確かな仮定のもとに成り立っており、FACTSの部分とはまるで性質が違うが、新しい手法を独自に開発することは、この調査研究の主眼ではない。しかし、この部分の信頼性の向上が無ければ、せつかくのFACTSが十分に生きてこない。

現時点では人の情報が十分に組み込まれておらず、きわめて片手落ちである。居住者特性の定量的データも集めており、これらを地理情報システムで重ね合わせたり、構造物被害の想定結果と組み合わせたりする必要がある。そのときに、どんな切り口で対象に迫るかが、この研究の最終的な評価につながる。

調査研究の結果をどう現実の防災対策に生かすか。被害想定を身近なものとするにより、住民の防災意識の向上に結びつけることが考えられる。自分の住んでいる地域の地震危険度を示されれば、納得の行かない部分を指摘することもできる。これは想定結果を出す側と受け取る側の両方に緊張感を生み出すことになる。今回の対象3地域に住んでいる人が感じている危険が、われわれの想定結果とどの程度一致しているかを調べるため、各地域500世帯を対象にアンケート調査を実施した。結果は現在解析中である。

本研究は5年計画の地震保険調査研究事業の1つとして1990年に開始された。本論文の共著者のほか、以下の8人が研究に参加してきた：大江守之・厚生省人口問題研究所、奥村俊彦・(株)大崎総合研究所、斎藤裕美・多摩大学情報学部、園部雅久・上智大学文学部、大門文男・損害保険料率算定会、坪川博彰・損害保険料率算定会、南部世紀夫・(株)大崎総合研究所、長谷川朋弘・元東京大学大学院学生。本論文は3年間の研究成果の一部を示したものである。これまでに発表した研究成果の一覧を参考文献に示す。

## 参考文献

- (1)「地域特性を考慮した地震被害想定に関する研究」、地震保険調査研究30、損害保険料率算定会、1991年10月、
- (2)「地域特性を考慮した地震被害想定に関する研究II—都心住宅地におけるケーススタディー」、地震保険調査研究32、損害保険料率算定会、1992年7月、
- (3)片山ほか：微視的地域情報を用いた地震被害ポテンシャルの定量的評価に関する研究—その1被害想定のお考え方と具体例一、生産研究、44巻3号、1992年3月、
- (4)長谷川ほか：微視的地域情報を用いた地震被害ポテンシャルの定量的評価に関する研究、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第1部、1992年9月、
- (5)立川ほか：微視的地域情報を用いた地震被害ポテンシャルの定量的評価—II 麻布・弦巻・墨田地域の比較検討一、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第1部、1993年9月(発表予定)、
- (6)南部ほか：微視的地域情報を用いた地震被害想定に関する研究(その1)—対象地域の現状の把握—；永田ほか：同(その2)—対象地域の地震被害想定—、日本建築学会大会学術講演概要集(北陸)、1992年8月、
- (7)南部ほか：同(その3)—対象3地域の現況の比較—；永田ほか：同(その4)—麻布・弦巻・墨田地域の地震被害ポテンシャルの比較検討—、日本建築学会大会学術講演概要集(関東)、1993年9月(発表予定)、
- (8)Nagata, S., and T.Katayama : Seismic Damage Assessment Methodology with Enhanced Use of Regional Characteristics, Proc. of the 4th Japan-US Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures Against Soil Liquefaction, 1992.