

街路閉塞現象による機能的障害と地区の危険度評価法*

Street-Blockades Analysis and its Application on
Assessment of Vulnerability in Urban Areas*

家田 仁**, 望月 拓郎***, 上西 周子***

By IEDA Hitoshi, MOCHIZUKI Takuro and KAMINISHI Shuko

In the case of The Great Hanshin Earthquake in 1995, because of collapsed buildings or leant poles, street-blockades occurred mostly in narrow streets. The street-blockades hindered traffic of emergency vehicles and made it difficult to find evaluation route for inhabitants. In spite of these damage, the influence of street-blockades has not been so much mentioned in urban disaster prevention planning in Japan.

After the earthquake the authors have made analyses from the viewpoint of the street-blockades, such as research of occurrence situation of street-blockades using aerial photograph, interviewing the influence to emergency activities, and analysis of occurrence of debris which caused blockades. In this paper the authors summarized these analyses with a review of situation of street-blockades in some past earthquakes in urban areas. And, probability of application to the assessment of vulnerability and disaster prevention planning are mentioned.

Keywords: The Great Hanshin Earthquake, street-blockade, aerial photograph, urban disaster prevention

1. はじめに

1995年1月17日の阪神・淡路大震災では、約1万軒にも上る倒壊家屋のガレキや電柱の倒壊・傾斜によって、比較的幅員の狭い数多くの街路が閉塞した。このことは、被災直後の避難、救助・救援活動などに大きな影響を及ぼし、また、幹線道路の補助ルートをも欠如させ渋滞発生の一因となり、わが国の今後の都市計画及び防災計画検討上の大きな課題をもたらした。

筆者らは、このような「街路閉塞」に伴う機能的障害に震災直後より着目し、まず、航空写真を用いた分析により閉塞状況の把握した。そして、異なる地区間での閉塞特性比較をおこない、また、閉塞に伴う種々の緊急活動への影響状況の調査を行った。さらに、街路閉塞を引き起こすガレキ幅の発生特性を地区の建築物特性などより説明する算定式を開発

した。また、既往の地震に都市型大規模地震おける同様の現象の発生状況を取りまとめた結果を紹介する。最後に、今後の地区の危険度評価や防災計画への応用可能性について述べる。各部の詳細については、参考文献(11)~(16)を参照いただきたい。

2. 既往地震および既往研究における街路の機能的障害と街路閉塞研究の位置づけ

(1) 既往の大規模地震における街路の機能的障害の実績とその捉え方

まず、関東大震災をはじめとする代表的な都市型大規模地震では、「街路閉塞」や、それに伴う機能的障害がどのように発生し、またそうした実際の現象を我が国では防災上どのように捉え反映してきたのかを確認する。

関東大震災(1923年)では、沿道建築物の倒壊に伴う街路閉塞の発生は、阪神・淡路大震災と同様に少なからぬものがあつたと想像され¹⁾、救援車両の通行を阻害するなど、防災活動上の障害となった。しかし、当時の自動車の普及率は現在と比べて相対

* キーワード：阪神・淡路大震災，街路閉塞，航空写真，GIS

** 正員 工博 東京大学大学院社会基盤工学専攻

*** 学生員 東京大学大学院社会基盤工学専攻

(〒113 東京都文京区本郷 7-3-1)

的に低く、街路閉塞の防災活動への実質的影響の程度は現在と大きく異なっていたと考えられる。そのため、火災による被害が特に著しかった関東大震災においては、都市計画上の教訓として道路の拡幅によって家屋の延焼を軽減することの重要性が強く取上げられたものとする。

メキシコ地震（1985年）においても、建物の倒壊により交通不能となった所が、地震直後、市の中心部に相当数発生した。ところが、幹線道路のみならず、都市内道路そのものが、充分幅員を持っていたために、補助的機能を果し、道路の閉塞も経済活動の再建に妨げになるような交通渋滞を引き起こす要因とはならなかったと分析されている。²⁾そして、この地震から、延焼防止に重点をおき、公共スペースの確保につとめ、都市にゆとりを持たせるという視点から、積極的な都市の骨格造りを進める必要性を長期的な課題として得ている。³⁾

サンフランシスコ湾岸地震(ロマ・ブリエタ地震、1989年)、ノースリッジ地震(1994年)では、構造物の損壊により幹線道路においては被害が生じたが、街路閉塞の発生については、ほとんど報告されていない⁴⁾。これは、どちらのケースの場合も道路幅員が大きいこと、郊外の住宅地における建築物が道路から深くセットバックして建てられているケースが多いことなどによると考えられる。そして、この例からも、やはり道路網など都市のインフラの空間的余裕度を向上させる必要性が教訓としてあげられている⁵⁾。

(2)地域防災計画などにおける街路の機能的障害への認識と取り組み

震災前の神戸市地域防災計画をみると、緊急道路確保計画については、街路閉塞の発生程度、緊急活動における自動車利用上の影響度が理解され、その対応策が十分に検討されていたとは考えにくい。しかし、阪神大震災後に改定された神戸市地域防災計画では、今回の地震において密集住宅地の延焼の拡大、あるいは建築物の倒壊や交通渋滞による緊急車両の通行や避難への支障が発生したこと述べ、市街地における都市基盤の重要性を説いている⁷⁾。

他の自治体についても阪神大震災後、同様な改善傾向が見られる。例えば東京都では地域防災計画

において、『木造住宅密集地域の防災性向上の推進』を特に重大な課題として捉え、また、交通輸送機能の強化のため『交通規制、道路啓開体制の抜本的強化』が謳われている⁸⁾。

また、建設省の道づくりキックオフ・レポートでは『被災直後の避難、救助・救援活動などに大きな影響を及ぼした倒壊家屋などによる道路の閉塞は、道路の幅員によるところが大きく、8mの幅員がある道路では通行不可は生じなかった』⁹⁾と取り上げられた。

(3)震災時における街路の機能的障害に関する研究の意義

以上のように、阪神大震災において顕著であった建築物や電柱などの倒壊による街路閉塞は、関東大震災やメキシコ地震でも発生し、街路インフラか建造物のどちらか、あるいは両方の貧弱さが影響している可能性が示唆されていた。

わが国の道路インフラは、延長や幅員、歩道、空地など種々の面で未だ貧困な状況にあるが、その中でも土地区画整理事業などの実施されていない市街地における街路インフラの水準は極めて低く、またこのような地域では、密集した木造住宅が多い。よって、わが国の都市において、この街路閉塞現象は相対的に発生しやすい状況にあると言える。

一方、現代の災害における防災上の種々の緊急活動においては、機動性の確保や重機・要員の運搬などのために自動車を利用することになる。またこれに加えて(その賛否はひとまずおいても)、被災者やその支援者が私的に自動車を利用することも少なくない。このような状況下において、街路閉塞に伴う機能的障害は、直ちに緊急活動の重大な支障となるものと考えられる。つまり、この現象とその影響は現代のわが国の地震時の都市防災上極めて重要であると言わざるを得ない。実際、各種機関の防災計画なども、前述のように現実を直視した対応をする方向に改善されつつある。

このような状況を踏まえると、街路閉塞に伴う機能的障害に関して、次のような研究のニーズと展望を挙げることができよう。すなわち、まず、①今回の阪神・淡路大震災などにおける街路閉塞による機能的障害の発生状況を明確に把握し、②その

発生要因を分析するとともに、③その諸活動への影響の程度を分析し、さらにそれらを踏まえて、④防災面からみた都市計画上の方策の検討や、⑤種々の緊急活動の実施計画の検討を行うことが必要と考えられる。また、より属地的にはこれらの基礎的な知見に立脚して、⑥GIS技術などと連携した地区の防災安全度評価の見直しにもつなげていくべきであろう。また、⑦災害発生後の街路状況の迅速な把握処理技術とその情報伝達技術の開発も望まれている。

3. 街路閉塞の救助・消火・救援などの諸活動への影響分析

(1) 街路閉塞影響分析の目的

本分析では、地震後の救助、消火、救援などの活動において重要な役割を果たした消防隊員、警察官、自衛隊員を対象に、

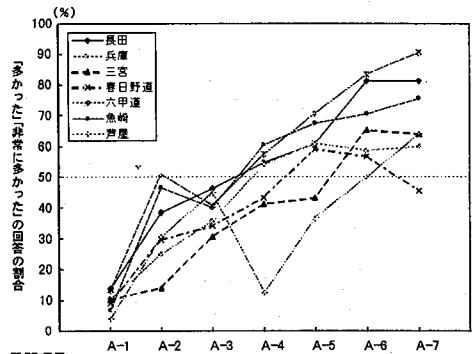
- ① 街路閉塞が救助・消火・救援活動などの活動に及ぼした影響内容
- ② その影響程度と街路閉塞状況との関連性を明らかにすることを目的とする^{注1)}。

(2) 街路閉塞が消防活動へ及ぼした影響

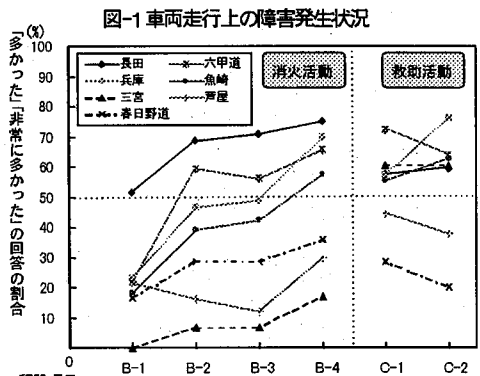
街路の閉塞が、救助・消火活動に及ぼした影響を明らかにするために、神戸市及び芦屋市内の消防署(長田、兵庫、生田、葺合、灘、東灘)の全消防隊員へアンケート調査を実施した。アンケートでは、街路閉塞に伴う街路の機能的障害が震災後 2、3 日の救助・消火活動に対して影響を及ぼしたと考えられる 13 のケースを設定し、これらのケースが、それぞれの程度生じていたかを非常に多かった」から「非常に少なかった」までの5段階で質問している。なお、有効サンプル数は 355 人であった。調査結果および考察を以下にまとめる。

図-1 より、平均して半数以上の消防隊員が、「多かった」又は「非常に多かった」と回答したケースは、(A-5)、(A-6)、(A-7)である。これは、車両での走行において、街路閉塞による物理的なアクセス機能の低下が大きな問題であったことを示している。

注 1) 警察・自衛隊活動へ及ぼした影響については参考文献 15)に詳細を記述した。



質問項目
 A-1: 倒壊物の下敷きになっている人がいるかもしれないという不安から、通行をあきらめた
 A-2: 道標となる建物・道路標識の倒壊などによって、道がわかりにくかった
 A-3: 車道が支障していたため、歩道に車輪を乗り上げて走行した
 A-4: 支障した街路を走行したことにより、車両が損傷したり、通行に苦労した
 A-5: 車両部署位置が消火・救助の活動現場から通常よりも離れてしまった
 A-6: 街路閉塞のために迂回を強いられ、走行距離がかなり長くなってしまった
 A-7: 互雑などによって街路がふさがれてたために通行をあきらめた



質問項目
 B-1: 街路際にある防火水栓が互雑に覆われて使用できなかったり、互雑の撤去に苦労した
 B-2: ホースの手ひろめ作業のときに街路上の互雑などのため、苦労した
 B-3: 街路上の障害物によって、ホースカーが使用できず、手ひろめ作業を余儀なくされた
 B-4: 移動注水を行うときに、街路上の互雑などのために苦労した
 C-1: 街路上に互雑などが散在していたため、救出者の搬送に苦労した
 C-2: 街路上の互雑などによって、車両部署位置から現場までの資器材搬送に苦労した

図-2 消火・救助活動の障害発生状況

図-2 は消火・救助活動上の障害発生状況を示したものである。消火活動における障害の程度は、調査地区内の火災発生件数に影響されるため、火災件数の多かった長田、兵庫、六甲道地区では(B-1)を除いて非常に苦労したという結果を得た。一方、火災件数の少なかった三宮・芦屋地区では、障害の程度が低く回答された。

4. 航空写真を用いた阪神・淡路大震災時の街路閉塞の発生状況分析

(1) 街路閉塞実態調査の概要

本分析は、①主要な被災地における街路閉塞の発生状況、②街路の幾何構造や、街路インフラ整備状況などの地区の諸特性が街路閉塞に及ぼす影響を把握することを目的とする。地震後2日目に撮影された航空写真を用いて、実際に発生した街路閉塞の状況を分析する。街路閉塞の状況は地区の特性に大きく依存していると考えられる。そこで、①建築物の被災程度、②建築物の種別(建築物の木造率・低層建築物の割合など)、③用途地域(住居地域・商業地域など)、④既に区画整理がなされているか、などの地区特性を勘案して、特性の異なる7つの調査対象地区を選定した。各地区には平均約400の街路リンクがあり、かつ地区内の特性がほぼ均質と見



図-3 街路閉塞状況地図 (三宮地区)

なせるように、被災度別建物分布状況図¹⁰⁾上で概ね500~900m四方に設定した。

7つの調査対象地区の特性を表-1にとりまとめた。本研究での諸調査・分析はすべてこの7つの地区をベースとするものである。

計測においては、交差点間の街路セクションを1つの街路リンクと定義した。また、閉塞障害物によって最も大きく遮蔽された部分の街路幅員に対する障害物の比率を幅員遮蔽率と定義し、分析対象地区内の各街路リンク毎に幅員遮蔽率、閉塞障害物、幅員、歩道幅員および瓦礫位置を判読した。

(2) 街路閉塞の判読結果

航空写真の分析により算出した残存車道幅員(以下 Wa)を地震後の諸活動において重要な役割を担うと考えられる自転車・バイク・自動車の通行可能性に着目して分類し、街路閉塞状況地区を作成した。その一例を図-3 に示す^{注2)}。各調査地区の街路リンクの内、閉塞によって Wa が 3m 以下 (諸作業用大型車の通行をイメージした) になったリンクの割合をリンク閉塞率と呼び、幅員別の閉塞率を地区毎に示した (図-4)。幅員 4m 以下の街路では、三宮地区を春日野道地区を除いた 5 地区で、リンク閉塞率が 50%を越えた。なかでも、建築物の被災度および低層建築物の割合の大きかった六甲道・長田・魚崎地区では、87%、84%、71%と非常に高い比率となっている。なお、7 地区の平均リンク閉塞率は 63%であった。また、幅員 4-6m の街路においてリンク閉塞率が 50%を越えた地区は六甲道地区 (65%) の 1 地

表-1 調査対象地区の概要

調査地区名	長田 (長田区)	兵庫 (兵庫区)	三宮 (中央区)	春日野道 (中央区)	六甲道 (灘区)	魚崎 (東灘区)	芦屋 (芦屋市)
用途地域	工業・準工業 近隣商業 住居地域	商業地域 近隣商業地域 住居地域	商業地域	住居地域 第二種住専	商業地域 近隣商業地域 住居地域	第二種住専	一般住宅地区
区画整理実施区域	40%	100%	100%	100%	50%	40%	60%
震災における罹災率	40%	95%	90%	95%	35%	15%	50%
道路率	30%	33%	38%	33%	32%	19%	27%
歩道面積率	7%	11%	12%	5%	7%	3%	7%
低層建築物の割合	60%	51%	14%	66%	61%	69%	66%
建築物の木造率	高い	並	低い	高い	並	高い	高い
建築物の被災率	73%	56%	33%	25%	55%	50%	40%

注2) 詳細な結果は省略するが、参考文献(12)、(13)、(14)、(15)を参照されたい

区に止まり、兵庫・芦屋・春日野道地区では20%を下回った。

幅員の大きな街路における7地区の平均リンク閉塞率は、幅員6-8mの街路では15%、幅員が8m以上の街路では3%となり、幅員8m以上の場合に初めて7つの調査地区の全てで10%を下回る。これらの結果から自動車の通行の可能性という面からみると、車道幅員が8m以上あれば、地震時における信頼性がかなり高い、ということが出来る。ただし、三宮地区でみられたように、幅員12-18mの街路でも、高層ビルの倒壊によって自動車の通行が困難となる点には注意を要する。

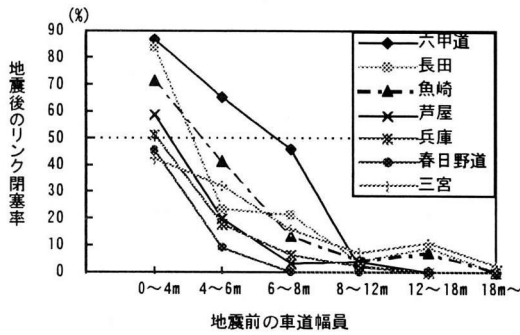


図-4 幅員別にみたリンク閉塞率

(3) 既存の街路整備状況と街路閉塞の関係

街路の閉塞現象は、既存の街路インフラの整備状況と建築物の被災程度によって影響されると考えられる。図-5は、横軸に既存の街路インフラの整備

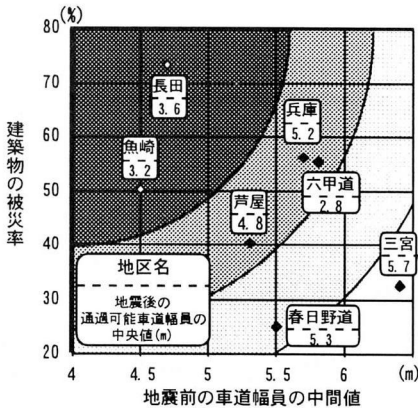


図-5 建築物の被災率等と通過可能幅員の関係

状況を表す指標としての「地震前の街路幅員の中央値 (以下 Mb)」を、縦軸に「建築物の被災率：(全

壊建築数+半壊建築数×0.5) / (全建築物-火災による損傷建築物-未調査・不明建築数)」をとり、地震後の街路幅員の中央値 (以下 Ma) の概略コンターを描いたものである。

街路インフラの整備状況が低い魚崎、長田地区では建築物の被災率も高かったこととあいまって、Maが3.2m、3.6mと小さくなっており、街路が壊滅的な被害を受けていたことがわかる。また、街路インフラの整備状況が比較的高い兵庫地区では、建築物の被災率が大きいにも拘わらず、Maが5.2mと閉塞後もかなりの街路幅員が確保されていた。一方、Mbおよび建築物の被災率が兵庫区と同程度であった六甲道地区では、Maが7地区中最小の2.8mになっている。この理由としては、倒壊による街路への影響度が大きいと考えられる古い木造の集合住宅が、六甲道地区内では全建築物中の57%と非常に多く含まれていることなどが考えられる。

5. 建築物の倒壊に着目した街路閉塞発生の要因分析

(1) 街路リンク閉塞確率

本分析では、建築物の倒壊などによって生じるガレキに起因する街路閉塞の発生要因を分析する。この街路閉塞の発生は、発生するガレキの量とその街路の平面構造 (車道幅員、歩道幅員等) によって決定すると考えられる。そこで、4章で得られた結果を利用して、地震発生時にどれだけの幅のガレキが街路にせりだしてくるかを町丁目単位で確率分布関数として表現する。そして、その関数と街路幅員とを考慮した街路リンクの閉塞危険性を考える¹⁵⁾、^{注3)}。

(2) ガレキ幅確率分布の算定

a. 計測ガレキ幅のバイアスと修正の必要性
4章で述べた、航空写真の判読によって得られる各街路リンク毎の最大ガレキ幅には、二種類のバイアスが含まれている。一つは、本来ならば街路幅員以上にガレキが広がるような場合であっても、計測上はガレキ幅が街路幅員以上の値を取らないことによる街路幅員の上限効果である。もう一つは、街路リンクの長さに応じた最大ガレキ幅の増大効果であ

注3) ここでは、概略のみを述べるが詳細は参考文献16)に記述した。

る。これは、街路リンクが長くなるほどガレキの発生箇所は多くなり、ガレキ幅の最大値の期待値は大きくなると考えられることによる上方バイアスである。

ガレキ幅のデータから、数理的な処理によって、上記2種のバイアスを幅員の上限効果、リンク長による増大効果の順に除去する。

b. ガレキ幅確率分布の修正演算方法

計測より得られるガレキ幅 y [m] の密度関数を $h(y)$ 、街路幅員分布に基づいた補正を行った後ガレキ幅 x [m] の密度関数を $g(x)$ 、街路幅員 s [m] の密度関数を $w(s)$ とおき、 $g(x)$ と $w(s)$ は互いに独立であると仮定する。いま y が任意の値 y^* となるのは、

$$\begin{cases} x = y^* \text{ かつ } x \leq s \\ \text{あるいは} \\ s = y^* \text{ かつ } x > s \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

のときである。よって、街路幅員分布によって補正されたガレキ幅の分布関数 $G(y^*)$ は、各密度関数を用いて (6) 式のように表される。

$$G(y^*) = \int_0^{y^*} g(x) dx = \frac{\int_0^{y^*} h(y) dy - \int_0^{y^*} w(s) ds}{1 - \int_0^{y^*} w(s) ds} \dots\dots\dots (2)$$

次に、街路リンク長に応じた最大ガレキ幅の増大効果を除去するための処理を行う。既述のようにリンク長が長いほど計測によるガレキ幅の期待値は大きくなると考えられる。そこで、 l を街路リンク長としたとき、ガレキ幅 x は次のように表されるものとする。

$$x = x_0 \cdot \theta(l) \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 x_0 は l によらない数値で、ここでは基準化ガレキ幅と呼ぶ。また、 $\theta(l)$ は、 $\theta(0) = 1$ となるような l の増加関数とし、関数 $\theta(l)$ をリンク長効果関数と呼ぶ。

幅員補正後のガレキ幅が x となる確率密度関数 $g(x)$ は、 $f(x_0)$ を基準化ガレキ幅 x_0 の確率密度関数、 $s(l)$ を街路リンク長 l の確率密度関数を用いて、

$$g(x) = \int_0^x s(\theta^{-1}(x/x_0)) \cdot f(x_0) dx_0$$

ただし、 $\theta^{-1}(x/x_0) = l \dots\dots\dots (4)$

と表される。

いま、リンク長効果関数 $\theta(l)$ が得られたとすると、問題は、既知の $g(x)$ 、 $s(l)$ 、 $\theta(l)$ から、式(4)の積分方程式を満たす $f(x_0)$ を推定することにある。

この問題は、一般に解析的には解くことができないため、ここでは代表座標点法¹⁷⁾、¹⁸⁾を用いて問題を離散化し、数値解法によって基準化ガレキ幅 x_0 の確率密度関数 $f(x_0)$ を推定した。

c. 基準化ガレキ幅の推定計算

以上で述べた2段階の数理的処理を各町丁目について行った。まず、式(2)を用いて観測より得られたガレキ幅の分布関数より幅員の上限効果を除いた分布関数 $G(y^*)$ を求めた。

次に、リンク長による増大効果を除くにあたって、リンク長効果関数 $\theta(l)$ を決定する。 $\theta(l)$ はガレキ幅と街路リンク長との関係である。しかし、実際にデータとして得られる計測ガレキ幅には街路幅員による上限効果が含まれているため、本研究では、はじめに幅員の上限効果を除いた累積分布関数 $G(y^*)$ を用いて上限効果をのぞいたガレキ幅を推定し、そして、全街路リンクについて街路リンク長について10m間隔で区分けし、各区間についてガレキ幅の平均値を求めた。その値を各リンク長区間の代表値との指数関数に当てはめた (式(5))。

$$x' = 1.39 \cdot \exp(0.0061 \cdot l') \dots\dots\dots (5)$$

x' : ガレキ幅の平均値[m]
 l' : リンク長の区間代表値[m]

この式の指数関数部分がリンク長の大小に応じたガレキ幅のバイアス効果であると考えられ、これをリンク長効果関数とする。

そして、式(4)、及び $\theta(l)$ を用いて各町丁目毎に基準化ガレキ幅の累積分布関数を求めた。その一例(灘区深田町一丁目)を図-6に示す。

(3) 基準化ガレキ幅確率分布のパラメータの要因分析

数理的処理により求められた基準化ガレキ幅 y_0 の確率分布と、その地区の建築物特性との関係を分析することにより、発生するガレキ幅の要因分析を

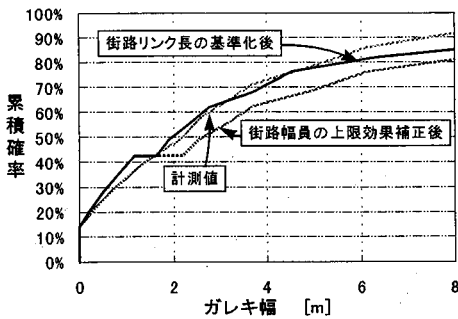


図-6 ガレキ幅分布の計測・補正例 (深田町一丁目)

行う。その際に y_0 の累積分布関数が式(6)のような指数関数で表されるものと仮定する。

$$\hat{F}_{y_0}(y_0) = 1 - b \cdot \exp\left(-\frac{1}{a}y_0\right) \quad \dots\dots\dots (6)$$

a はガレキの広がり の程度を表す。また b は、ガレキが街路リンク上に発生する確率の増大を表す。そして、町丁目毎に推定された累積分布関数に式(6)の関数を当てはめ、パラメータ a 、 b を推定した。このパラメータと建築物特性の関係を分析する。各町丁目毎に推定されたパラメータを、建築物やその破壊特性などによって要因分析した。データは、

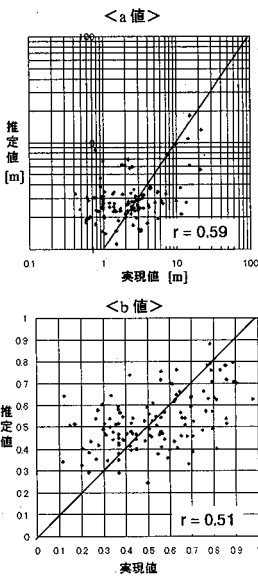


図-7 a, bの推定結果

調査対象地区のうち 118 町丁目を用いた。各地区は概ね 1~4ha である。各種の変数と式形について

試行錯誤した結果、以下の推定式が得られた。ここで、 a の単位は[m]である。(図-7参照)

$$a = 232 \cdot X_1^{0.379} + 0.189 X_2^{2.23} + 4.41 X_3^{12.0}$$

$$b = \frac{1}{1 - 0.179 \cdot \ln X_4 - 0.346 \cdot \ln X_5} \quad (7)$$

X_1 : 全壊率

= $\frac{\text{全壊率または大破の建築物}}{\text{全建築物} - \text{火災による損傷建築物} - \text{未調査} \cdot \text{不明建築物}}$
(棟数ベース)

X_2 : 平均階層 (建築延べ床面積/建築面積)

X_3 : 建築密度 (建築面積/宅地面積)

X_4 : 木造率 (建築棟数ベース)

X_5 : 昭和25年以前の建築物の比率
(建築延べ床面積ベース)

なお、全壊率と建築面積については、建設省建築研究所による建築物被災度集計結果データ¹⁹⁾を用い、その他の変数に関しては、神戸市のデータを用いた。建築物の倒壊には地震動特性が寄与しているはずであるが、地震動特性を直接的に表す説明変数として、町丁目単位で用いることができる適切な変数が見あたらないので、ここでは、間接的な指標として全壊率²⁰⁾を採用した。

(4) 街路閉塞発生確率予測による危険度評価

前章で推定したガレキ幅確率分布の算定式に基づき、街路リンクの閉塞危険性を確率として示す。そして実際の閉塞の発生状況と比較することによって、再現性を確認する。

まず、各町丁目の建築物の特性や全壊率から、式(7)を用いて基準化ガレキ幅確率分布のパラメータ a 、 b を推定する。そして、得られた基準化ガレキ幅確率分布に各街路リンクのリンク長とリンク長効果関数を考慮することにより、各街路リンクのガレキ幅確率分布関数が求めた。そして、その確率分布関数と街路幅員を考慮して、街路リンクの残存幅員が3.0m以下になる確率「街路リンク閉塞確率」を求めた。図-7は六甲道地区についてa)実際の閉塞状況、b)閉塞確率の推定値、c)幅員が4.0m未満の街路を4.0mに拡幅したと想定したときの街路リンク閉塞確率を示したものである。a)とb)を比較することで、街路リンク閉塞確率の高い街路リンクが集中

注 4) 予測に用いる場合は別途全壊率を推定する作業²⁰⁾を加えればよい



図-8 街路リンク閉塞確率図(六甲道地区)

している地域においては実際に閉塞したリンクが多いといった、閉塞状況、及びその発生傾向が概ね再現されていることがわかる。また、c)より幅員の狭い街路を拡幅による危険性軽減の効果がうかがえる。

6. まとめ

本研究は、震災直後より、街路閉塞現象に着目してきた。その分析より、阪神大震災時には、相当量の街路閉塞が発生し、緊急救助活動に支障を来していたことを示した。また、震災後の地域防災計画等において、街路閉塞、あるいは道路が通行できないことによる交通機能障害について考慮する機運も高まってきたと言える。

そして、地震災害のメカニズムの研究やGIS技術が進むにつれ、地震時の地域の危険度評価を行う自治体も、東京都をはじめとして複数存在し、地域防災計画や住民の防災意識の向上に活用している。し

かし、東京都の被害想定における緊急輸送路の導通性や、防災拠点との連結性等、幹線道路の機能障害に着目した想定は行っているものの、緊急車両の通行可能性など区内街路における機能障害に関するものは現在のところ見受けられない。

本研究では、ガレキの発生量に着目した、街路閉塞の発生の危険性について分析を行ったが、今後、さらに街路閉塞の発生要因とその影響の定量的な分析をすすめる必要がある。そして、今後の地域危険度評価や地域防災計画を行う上で、その分析により得た結果を活かしていくことが都市機能の防災性を考えていく上で、有益であると思われる。

＜参考文献＞

- 1)復興局：関東大震災被害調査報告第3巻,pp.746-760,1923.
- 2)東京都：メキシコ地震調査報告書,pp.75-79,172-175,1986.
- 3)国土庁防災局監修：1989サンフランシスコ湾岸地震(ロマプリータ地震)の記録,ぎょうせい,1990.
- 4)大町達夫代表：1994年ロスアンゼルス地震と都市機能障害の調査研究,1994.
- 5)東京都：いつか東京にも？ロマ・プリータ地震東京都調査団報告書,1990.
- 6)東京都：ノースリッジ地震東京都調査団報告書,1994.
- 7)神戸市防災会議：神戸市地域防災計画地震対策編,1996.
- 8)東京都地域防災計画(震災編)修正の概要,1996.
- 9)建設省道路局：あなたの声からはじまる道づくりキックオフ・レポート資料編,1996.
- 10)日本都市計画学会：阪神淡路大震災被害実態緊急調査被災度別建物分布状況図集10,000分の1図,1995.
- 11)土木学会・土木計画学研究委員会：阪神・淡路大震災復興に向けての緊急提言,1995.3
- 12)家田・上西・猪俣・鈴木：阪神大震災における街路機能障害に関する研究～航空写真による概況把握,土木計画学研究・講演集, No.18(2),pp.847～850,1995.12.
- 13)家田・上西・猪俣・鈴木：阪神大震災における街路機能障害に関する研究～航空写真による概況把握～土木計画学研究講演集18-2,pp.357-360,1995.
- 14)家田仁・上西周子：街路閉塞による道路機能障害状況に関する報告書,国際交通安全学会研究プロジェクト報告,1996.
- 15)家田・上西・猪俣・鈴木：阪神大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響,土木学会論文集 第IV部門,1997.10.掲載予定
- 16)家田・望月・上西：地震時に建築物の倒壊によって生じる街路閉塞の危険度評価法,国際交通安全学会誌 IatssReview 投稿中,1997
- 17)松本・角・田辺：一般化出発時刻に基づく交通の実質消費時間の推定,土木学会論文報告集,第337号,pp.177～183,1983.9
- 18)Massy,W.F.,D.B.Montgomery, D.G.Morisson: Stochastic Models of Buying Behavior, M.I.T. Press,pp.29,1970
- 19)建設省建築研究所：平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書,1996.3
- 20)山口：GISを用いた西宮市の地震被害分析,東京大学工学系研究科修士論文,1997.