

緊急時の情報伝達構造と道路ネットワーク構造 に関するリスクマネジメントの一考察

正会員 ○鈴木信行*1
フェロー会員 鈴木明人*2

By Nobuyuki SUZUKI, Aketo SUZUKI

20世紀における目覚ましい科学技術の進歩により、自然災害に対する備えは向上しているが、地球規模の気候変化等により被害は増大化している。また、都市部や市街地への人口と資産の集中により、ひと度災害が発生すると被害は甚大になる場合が多く、住民の生活基盤である社会基盤を含めたリスクマネジメントの研究が重要である。

災害発生後には被災情報や救助、救護情報等が減災行動にとって最も重要である。本稿では、大地震のような災害が発生した直後の緊急時における地域住民の情報伝達と、その地域の道路ネットワーク構造の特性を分析する。情報伝達と道路ネットワークに潜在するリスクを抽出し、災害に強い社会基盤整備の提案を試みた。

【キーワード】 情報伝達リスク、道路ネットワーク構造、社会基盤

1. はじめに

(1) 研究の背景

1995年の兵庫県南部地震をはじめにして、2004年の福井県豪雨や新潟県中越地震、2005年の台風23号等、わが国は様々な自然災害に直面してきた。そして、被災状況の分析などにより災害要因の解明や防災対策の研究が進められている。その一環としてリスクマネジメントの重要性が浮上している。

リスク(Risk)は、災害要因であるハザード(Hazard)と人や資産などの対象物(Exposure)の総和で以下のように定義できる。

$$Risk = \Sigma(Hazard \times Exposure) \quad (1)$$

近年、災害要因の抑制が進められてきたが、経済の効率化に伴って人口や資産が都市部や市街地に集中してきたため、総和としてのリスクは増加していると考えられる。その結果、昨今の自然災害による被害の傾向として、災害インパクトに対して想定以上に被災するケースが多いことが指摘される。

住民は、災害に遭遇したときに行政の救助救護という公助を求めて情報伝達を試みる。この時に、情報伝達がうまくいかないと情報の伝達不足がリスクとなり、被災の拡大に影響を与えるといえる。したがって、住民の生活基盤であるインフラストラクチャーに潜在する情報伝達リスクの特定と評価方法に関して、新しい観点から検討する必要がある。

(2) 研究の目的

災害が発生した直後の住民の行動は、被災状況という情報の把握である。災害情報を適切に受信して行動することが生死を分ける⁽¹⁾。仮に、兵庫県南部地震のような大地震が発生した場合を想定すると、今の時代においても、平常時に利用できる情報伝達機器のほとんどは機能不全になると推測されている⁽²⁾。

本稿では、緊急時における住民の情報伝達特性を把握し、社会基盤である地域の道路ネットワーク構造を分析する。その検討結果をもとに情報伝達リス

*1 JACIC 03-3584-2401

*2 早稲田大学客員教授 03-5285-5965

クを低減する観点から、災害に強い社会基盤の整備を提言することを研究目的とする。

2. 緊急時の地域住民の情報伝達特性

(1) 都市部およびその周辺地域の情報伝達特性

a) アンケート調査

都市部における住宅の分布は、平面的に広がる戸建住宅の集合地域と立体空間に広がるマンションや団地などの集合住宅地域に大別される。筆者等は首都およびその周辺の5箇所の住宅地域で、緊急時にどのような手段で、誰に、どのような機関や組織に情報伝達をするのかというアンケート調査を実施した。調査方法は、地域の自治会や管理組合等の協力を得て紙ベースの調査票を配布し、回収した。5地域全体で1,561通の解答（平均解答率約33%）があった。

b) 住民情報伝達構造の例示

調査結果より情報の受発信する主体（1世帯）をノード、連携をリンクとして緊急時における住民間の情報伝達ネットワークを作成した。その結果、ある特定のノード（消防署、警察署などの公的機関）にリンクが集中することが判明した。ネットワークの連携状態（埼玉県幸手市、郊外住宅地、ノード総数510の場合）を図-1に示す。

それぞれのノードに繋がるリンク数（次数 k ）をX軸（横軸）、同じ次数を持ったノード数をY軸（縦軸）として、両対数グラフで描くと右下がりの直線で近似できる。これを図-2に示す。これは、次式で示されるべき乗則にしたがうスケールフリーネットワーク構造といえる⁽³⁾。

$$p(k) \propto k^{-\gamma} \quad (\gamma \text{ は定数}) \quad (2)$$

(2) 情報伝達手段

情報伝達手段の全調査結果を図-3に示す。図-3は情報伝達手段毎に度数分布を示したものである。加入（固定）電話と携帯電話を使用するという解答が多い。それに続いて、口こみと自転車である。1995年の兵庫県南部地震の際も徒歩による情報伝達の多かったことが記録されているが⁽⁴⁾、大災害の発生直後は、電力の供給停止や破線、輻輳による通信困難を予測し、住民は徒歩で情報伝達を行う必要が

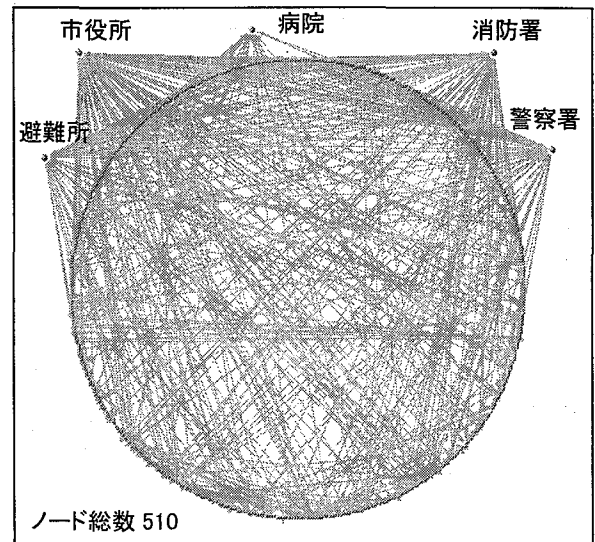


図-1 緊急時の情報伝達ネットワーク(幸手市)

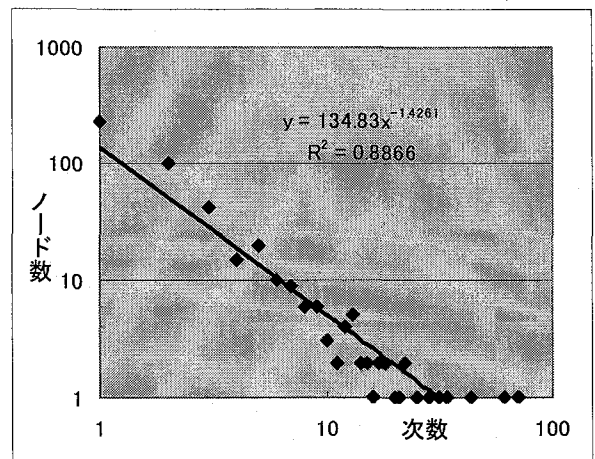


図-2 次数 k とノードの分布(幸手市:べき乗則)

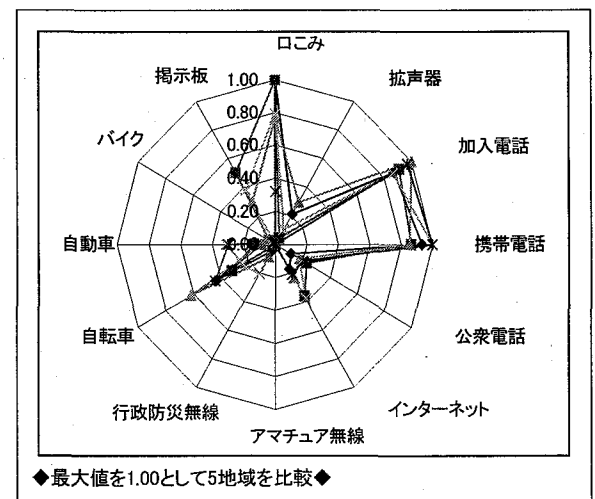


図-3 緊急時の情報伝達手段(5地域)

あることが認識されている。このように、情報伝達機器が使用できない場合、情報伝達は道路網に沿って伝達され、道路網の特性に影響を受けることが想

定される。

次章では道路ネットワーク構造の特性を分析し、住民の情報伝達特性との関連を検討する。

3. 道路ネットワーク構造の特性

(1) 道路ネットワーク構造のモデル化と分析手法

アンケート調査を実施した幸手市の道路ネットワーク構造のモデルを作成した。道路ネットワークのモデル化は、交差点をノード、交差点を結ぶ道路をリンクとした。交差点間の距離をリンクの重みとして付加する空間ネットワークモデルで考える。

ネットワーク分析指標は、局所的な中心性を示す次数とネットワーク系全体の中心性を示す接近性と媒介性である。計算式を次のように定義する。

a) 次数 (Degree centrality)

$$C_i^D = \frac{\sum_{j=1, N} a_{ij}}{N-1} = \frac{k_i}{N-1} \quad (3)$$

b) 接近性 (Closeness centrality)

$$C_i^C = \frac{N-1}{\sum_{j \in G, j \neq i} d_{ij}} \quad (4)$$

c) 媒介性 (Between-ness centrality)

$$C_i^B = \frac{1}{(N-1)(N-2)} \sum_{j, m \in G, j \neq m \neq i} n_{jm}(i) / n_{jm} \quad (5)$$

ここで、 N は総ノード数、 k_i はノード i におけるリンクの総数、 d_{ij} はノード i とノード j 間の距離 (metric distance)、 $n_{jm}(i)$ はノード j からノード m までのノード i を経由する最短経路である。

(2) 道路ネットワーク構造の特性

a) 次数の分布

最大次数は5、最小次数は1、最も多い次数は3であり70ノード存在し、平均は3.13である。図-4に次数とノード数の関係を示す。

b) 接近性値の高い道路

調査対象地域の中心付近で高い接近性値を示す。県道と交差する部分 (丸印) が存在し、この地域にとって情報伝達の要所といえる。図-5に示す。

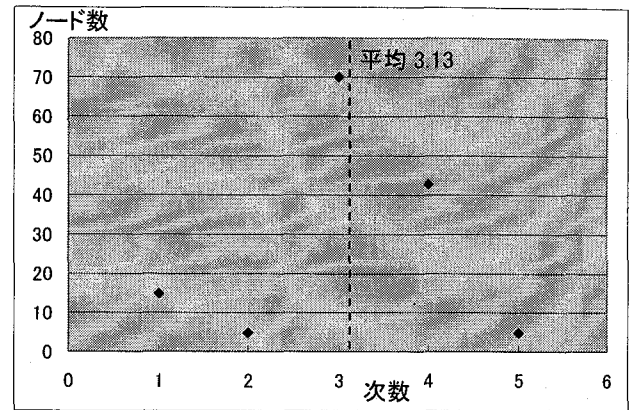


図-4 道路ネットワークの次数分布

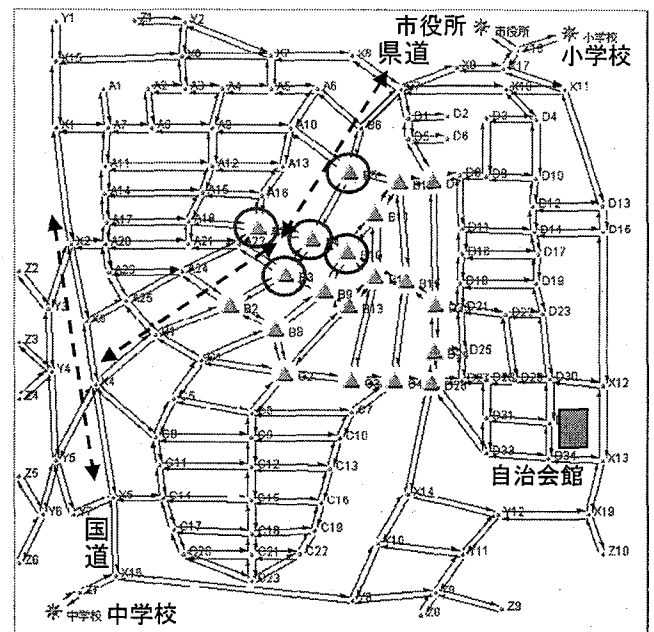


図-5 接近性値の高い道路 (三角形ノードで示す)

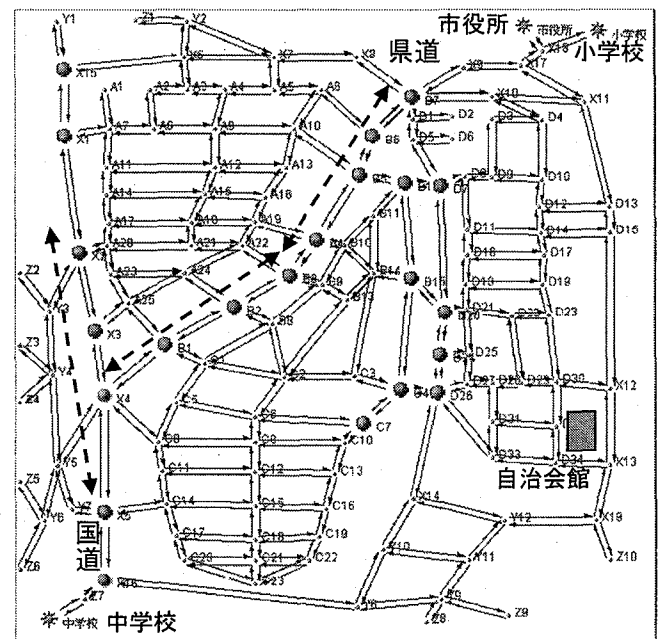


図-6 媒介性値の高い道路 (大きなノードで示す)

c) 媒介性値の高い道路

調査地域を東西に分ける国道と県道の中心付近で媒介性値が高い。これを図-6に示す。一部、接近性値の高い箇所(県道)と一致する。

4. 結論

a) 考察(リスクの潜在化)

図-5と図-6から、地域住民が情報伝達目標地点としている市役所や避難所である小学校、中学校は、道路ネットワーク系としては、情報を授受するための中心的な位置に存在しない。今までの経験で緊急時には有効でないとされる加入電話や携帯電話が不通になった時に、住民が頼りにする口こみや自転車は道路を主要伝達路にする。このような住民の情報伝達行動パターンと道路網および防災無線を持つ避難所の位置には乖離が存在し、情報伝達リスクが潜在化していると考えられる。すなわち、発災直後の住民は、行政の救助・救護支援を求めて地域の道路ネットワーク構造に基づいて情報伝達行動を起こすと推測できるが、情報の伝達は困難であり、混乱を招くリスクが存在することになる。2km以上離れた市役所や1km以上離れた小学校、中学校へ到達する前に、住民が集散しやすい地点に双方向通信の可能な行政防災無線等の設備を設けることにより、潜在化している情報伝達リスクを抑制できると考える。

b) 低頻度メガリスクと地域社会の堅牢化

大地震は、数十年、数百年に一度発生する低頻度の災害である。しかし、災害の影響は大きい。例えば、東京都は大地震による首都圏の被災予測を公表

している⁽⁵⁾。一般的に、被害による損失と対策に費やす費用のバランスでリスクマネジメントが議論できる。しかし、ネガティブなリスク評価値が大きくなり過ぎることよりも、地域の経済性や効率性、環境保全性、平時の安全性などのポジティブな評価を優先させる傾向が強い。地震は何時、何処で発生するのかを予測することは非常に困難である。また、災害対策や防災対策費用には限度があり、効果的な対策を行うためにはリスクマネジメントが重要となる。本研究で提案する分析手法により、地域の情報伝達要所を抽出することが可能であり、限られた費用負担で地域社会を堅牢化することができると考える。

【参考文献】

- 1) 河田恵昭：阪神・淡路大震災，土木学会誌，ミニ特集「情報が生死を分けた」，土木学会誌，Vol.81，7月号，pp.80-83，1996
- 2) 中央防災会議：「東南海・南海地震等に関する専門調査会」第11回，資料3，東南海・南海地震の主要な課題とその対策について，2003.6
- 3) Albert-Laszlo Barabashi，青木薫（訳）：新ネットワーク思考，NHK出版，2004
- 4) 鋤田泰子、他：地震発生後の救助要請に関わる情報伝達プロセス，地域安全学会論文集 No.6，2004
- 5) 東京都：首都直下地震による東京の被害想定，<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/11chokkajisin/11index.htm>

A Study on Risk Management Based on Information Transmission Structure and Road Network Structure

By Nobuyuki SUZUKI, Aketo SUZUKI

The progress of science and technology has been tremendous in the last two decades of 20th century, so the frequency of suffering from natural disaster has been decreased. However, the magnitude of loss and suffering may continuously increase due to the concentration of population centers on major city area. The risk potential for these cities is increasing day by day.

There are at least two key elements that can significantly influence the degree of suffering as a result of a disaster, such as a huge earthquake. The first is the robustness of social infrastructure, such as roads network, and the second is the ensuring of accurate & timely dissemination and communication of information to individuals & the community in general. In this paper we analyze the characteristics of both network structures, and we propose finally the robust community system.