

災害時における住民への 情報伝達シミュレーションモデルの開発

片田敏孝¹・及川 康²・田中隆司³

¹正会員 工博 群馬大学助教授 工学部建設工学科 (〒376-8515 桐生市天神町1-5-1)

²学生員 工修 群馬大学大学院 工学研究科 (〒376-8515 桐生市天神町1-5-1)

³学生員 群馬大学大学院 工学研究科 (〒376-8515 桐生市天神町1-5-1)

災害時においては、被災地住民に避難や救急救命に関する情報をいち早く伝え、人的被害の最小化を図ることが重要である。本研究では、災害時の住民への情報伝達を円滑に行うための情報伝達環境整備のあり方を検討するため、災害情報伝達シミュレーションの基本モデルを開発した。このモデルは、住民個人の情報伝達行動を基本単位に構成された住民間情報伝達モデルであり、災害時における住民の情報伝達行動特性が調査結果に基づき組み込まれている。また、この住民間情報伝達モデルは、それと連動して機能する災害情報システムや住民の自主防災組織による情報伝達などの機能追加が念頭におかれており、それらの基本システムとして、応用の可能性は大きい。本モデルは、地域への適用により挙動の妥当性を確認している。

Key Words : disaster information, simulation model, oral communication

1. はじめに

大規模災害の発生時においては、避難情報などの災害情報を迅速かつ正確に地域の全ての住民に伝えること、即ち、情報伝達の速達性、正確性、悉皆性の確保が人的被害を最少限に食い止める観点から極めて重要な課題である。災害直後の住民への情報伝達においては、マスメディアなどの情報伝達手段は機能しないことも多く、情報伝達の手段は限定的なものとなりがちである。しかし、このような状況にあっても、住民間の口頭伝達や近年各自治体が整備を進めている防災行政無線システムなど、災害時に有効な機能を發揮する情報伝達手段を整備・活用して、住民への災害情報の伝達が円滑に行われるよう体制整備を図ることが、地域防災行政の重要な課題なのである。

そこで本研究では、災害時における情報伝達の体制整備によって達成される地域への情報伝達効率を評価することを目的に、その基本システムである住民間情報伝達を表現するシミュレーションモデルを開発する。このモデルでは、住民個人の口頭伝達行動に着目し、その特性を情報伝達特性パラメータとして組み込むことによって、多様な

被災社会の状況のもとでの情報伝達を表現することが可能なものとなっている。

筆者等は既に、住民を碁盤目状に配置した仮想的空間を対象に住民間情報伝達のシミュレーションモデルを開発し、その基本的枠組みや基本的構造を提案している¹⁾。また、このモデルに防災行政無線システムを組み込むことで、防災行政無線システムの運用方法や整備方法に関する評価モデルの構築を試みており、防災行政無線システムと住民間情報伝達との連動によって達成される情報伝達の効率性を評価する方法を検討している²⁾。しかし、これらの研究では、シミュレーションモデルの基本構成とその挙動については検討しているものの、住民個人の情報伝達行動の特性を反映したモデルとなっていないこと、また、碁盤目状の仮想的空間を対象としていることから、情報発信者と受信者との現実的な距離や地理的制約の表現ができていないなど、実際の被災社会において住民の情報伝達行動に大きな影響を与える様々な要因を十分に組み込むことはできていない。そこで本研究では、被災社会における住民の情報伝達行動の特性を群馬県桐生市における調査によって把握し、それらの特性を情報伝達特性パラメータ

として組み込んだ住民間情報伝達シミュレーションモデルの開発を行った。このモデルは住民個人の情報受発信行動を基本単位として、その総体として機能する住民間情報伝達がモデル化されている。このため比較的簡単な機能追加を行うことで、住民相互の情報伝達に関する自主防災組織の評価を行うモデルや、防災行政無線システムを組み込むことによって、その整備方法の評価を行うモデルへと改良をすることも可能であり、本モデルの応用の範囲は広いと考えている。

従来の研究においても、災害時における情報伝達の重要性は数多く指摘され、阪神・淡路大震災などの事例に基づいた様々な考察³⁾も行われている。しかし、本研究で提案するような災害情報伝達に関するシミュレーション技術の開発は、著者の知る限りにおいて国内の内外を問わず全く試みられておらず、被災状況のシナリオ設定に基づいて、地域を災害情報伝達の観点から評価することはできていない。なお、門間等⁴⁾は、発災事実の検出から住民への情報伝達までのプロセスを、構造化言語を用いたネットワークモデルとして構築しているが、情報伝達に関する主体間の情報伝達構造をモデル化しているため、住民個々のレベルでの情報取得や情報伝達の地域的な広がりまでを検討することはできない。

2. 住民間情報伝達の位置づけと他の災害情報伝達システムとの関係

大規模災害の発生直後において、避難情報などの緊急な災害情報の伝達を想定するならば、その情報伝達メディアは極めて限定的である。本章では、そのような状況のもとにあっても機能することが期待される住民間情報伝達と防災行政無線システムを取り上げ、それぞれの位置づけと相互関係を検討するとともに、住民への災害情報伝達のシミュレーションモデルが住民間情報伝達を基本に構築されることの意義を述べる。

阪神・淡路大震災を契機に見直された国の防災基本計画や、それに続き各地で策定されている地域防災計画において、災害時の情報伝達・管理システムの整備に関する事項は重要な柱に位置づけられ、これに基づく災害情報システムの整備が各地で順次進められている^{5), 6)}。これらのシステム整備のうち、市町村で整備されるものの多くは一

般に市町村防災行政無線システム同報系(以下、防災行政無線システムと呼ぶ)と呼ばれ、住民への情報伝達を目的としたものには屋外拡声器を用いた「固定系」が用いられることが多い。このような市町村が整備する施設的な情報伝達メディアは、その整備・運用が適切に行われていれば、避難情報の伝達において速達性と正確性の観点から高い伝達効率が達成され、地域の人的被害は最少限に食い止めることができると期待できる。しかし、大規模災害の発生直後においては、同時多発的に避難事由が発生した場合、全ての事由に対して同時に適切な対応をとることが困難といった組織体制上の問題^{7), 8), 9)}や、住民への伝達には屋外拡声器を使用することが多いため、屋内にいる住民には聞き取り難いといった悉皆性の観点からの問題点¹⁰⁾も指摘されるなど、防災行政無線システムのみに依存した情報伝達体制では、必ずしも万全なものにはなり得ないのが現状である。

一方、地域社会の最も基礎的な情報伝達手段である口頭伝達などの住民間情報伝達は、物理的な施設を伴わないことにおいて被災の影響を受け難く、施設的な情報伝達システムが十分に機能しない状況のもとにあっても唯一安定的に機能するシステムであること、さらに避難事由の発生場所とその情報の伝達地域が同一である地域の内部で完結的に機能するシステムであるため、被災直後から機能し得ること、などの観点において重要なシステムと位置付けることができる。しかし、住民間情報伝達には、情報空白の出現や情報伝達の遅滞といった問題点があり、悉皆性や速達性の確保が難しいことに加えて、情報伝達の媒体が人であることに起因して、情報の質的変容が生じやすく、正確性の確保が期待できないなど、大きな問題点を複数有している。

以上のように、災害情報の住民への伝達は、その情報伝達手段が限定的になりがちであることによるとともに、有効に機能することが期待される防災行政無線システムや住民間情報伝達にもそれぞれの問題点がある。このため、災害時に備えた住民への情報伝達体制の整備を検討する際には、防災行政無線システムと住民間情報伝達の特性を踏まえて、両システムの連携によって情報伝達の速達性、正確性、悉皆性が確保できるよう事前に十分な検討が行われることが必要である。とりわけ、防災行政無線システムなど情報収集に時間を要するシステムを整備しても、災害発生直後の情報伝

達は住民間情報伝達が初動的に機能することや、住民間情報伝達の問題点である正確性、速達性の確保は、防災行政無線システムによって補うことが期待できること、また、住民間情報伝達と防災行政無線システムの両者が有する悉皆性の確保の問題は、相互の連携による補完が期待できること、などを考えると、両者の連携はことのほか重要なことがある。

以上のような認識のもと、本研究では、住民間情報伝達を基本システムとして、また、防災行政無線システムなどの情報伝達メディアはそれを補う形で機能するものと位置づけ、その基本システムである住民間情報伝達のシミュレーションモデルを開発する。住民間情報伝達を基本システムとして位置付けることの妥当性は、住民間情報伝達と防災行政無線システムの現実的な連動性を想起しても明らかである。即ち、防災行政無線システムによって取得された情報は、さらに住民間情報伝達によって伝達されることから、住民個人の情報取得を表現するモデルを構成する場合は、住民間情報伝達を基本にモデル化し、そこに防災行政無線システムを付加的に考慮することが妥当と思われる所以である。

3. 住民間情報伝達シミュレーションモデル

(1) モデルの概要

住民間の情報伝達過程のモデル化においては、数理社会学における人的ネットワーク形成理論である偏ネットモデル(Biased Net Model)¹¹⁾を基本構造として採用し、任意の住民を情報発信者として順次口頭伝達によって伝え広められる情報伝達過程を、ネットワークの形成過程として表現する。偏ネットモデルは、神経細胞間の情報伝達構造に倣って開発された確率論的なネットワーク生成モデルであり、社会構造研究においては、Fararo, T. J.¹²⁾、Skvoretz, J.¹³⁾などによって友人選択問題を対象とした研究などに適用されている。本研究で検討する災害時の住民間情報伝達も、情報が伝達されていく過程をネットワークの生成過程と考えることができるために、この偏ネットモデルをモデルの基本構造として採用する。

情報伝達ネットワークの形成は、x-y座標系での位置を表現された住民間のランダムな相手選択を基本に構成し、そこに被災の程度によって変化

する住民の情報伝達行動の特性を表現するパラメータを機能させることで、被災状況を反映した住民間の情報伝達過程を再現する。

本研究が対象としている避難情報について、その伝達の効率性評価の視点を挙げるなら、速達性、悉皆性、正確性が挙げられるが、ここでは形成されたネットワークに対して、速達性と悉皆性の2つの観点から評価を行う。これに対応して評価の対象となる現象は、情報伝達の遅滞程度や情報空白地の出現の危険性である。

(2) 情報伝達特性パラメータ

既存の情報伝達手段が機能しないほどの被災時においては、被災地住民はその時点で身近に存在するより多くの人の情報交換を試み、自らの安全を確保するよう努めると考えられる。一方、平常時においては、日常の住民間の交友関係などを反映して特定の個人に偏りを持った情報交換が行われるが、このような特定個人に偏りを持った平常時の情報伝達傾向は、災害時においては弱まるものと考えられる。このような住民個人の情報伝達行動特性は、個人の口頭伝達行動が複雑に連携した結果として形成される住民間情報伝達ネットワークにも影響をもたらすことになる。

そこで本研究では、被災程度により変化する住民の口頭伝達行動の特性を、情報伝達相手の人数、情報伝達相手までの距離、住民間の関係を反映して生じる偏りを持った住民間の選択関係、という3つの視点から捉える。そして、これらの口頭伝達行動の特性をもとに、住民間情報伝達シミュレーションモデルの中で機能する情報伝達特性パラメータを、以下のように定義する。

まず、情報伝達相手数とは、一人の個人が情報伝達相手として選択する人数である。地域全体としては、想定する被災状況に応じた情報伝達相手数を調査によって把握し、その分布を求める。被災程度の進展に伴い住民の情報伝達行動は活発化するため、情報伝達相手数は増加する傾向にあると考えられる。

次に、情報伝達相手距離とは、一人の個人が選択した情報伝達相手までの距離帯の分布であり、調査によって把握する。このような情報伝達相手距離を考慮することで、地域の空間的な広がりや個人間の位置関係による住民間情報伝達ネットワークの広がりへの影響を捉えることができる。被災程度の進展に伴い、より身近に位置する人との

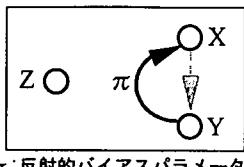


図-1 反射的選択

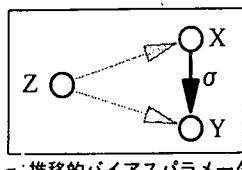


図-2 推移的選択

情報交換が増えると思われるため、情報伝達相手距離はより近くなる傾向にあると考えられる。

また、住民間の選択関係については、伝達相手の選択がランダムではなく、情報発信者と情報受信者との相対的布置(Configuration)関係に依存して生じる偏向(Bias : バイアス)を伴う相手選択の生成確率の大小によって捉える。本研究では、相手選択におけるバイアスを、図-1、図-2に示すような反射的選択、推移的選択の生じやすさのパラメータによって把握する。ここで反射的選択とは、伝達相手として選択された個人Yは自らを選択した相手Xを伝達相手に選択し返す状況を、また、推移的選択は、同一の相手Z(Parent : 親)に選択された二人の個人X、Yの間でさらに選択が行われる状況をそれぞれ示している。これらの相手選択が多くなることは、情報伝達ネットワークに対して、その拡張性を抑制するよう作用することになる。本研究が対象とする被災直後における緊急の避難情報の伝達においては、平常時における特定個人との関係を考慮することが少なくなり、情報伝達の相手選択にランダム性が高まると考えられるため、反射的選択や推移的選択などの相手選択が減少し、情報伝達ネットワークの拡張性はより促進されるようになると考えることができる。

バイアスを伴った相手選択の発生確率は、反射的バイアスパラメータ、推移的バイアスパラメータを定義し、それを用いて以下のように表現する。

相手選択におけるバイアスの発生に関して、個人X、Yの二者間の布置関係には、以下に示す①から③の3つのパターンが考えられる。

a) バイアスが生じない布置関係

共通の親を持たず、YからXへの選択が存在していない場合、XからYの選択は、式(I)のようなランダムな確率dで起こる。

$$d = A \cdot N / N(N-1)$$

$$= A / (N-1) \quad (1)$$

ここに、N: 地域住民の総人数、

A: 情報伝達相手数。

式(I)のdは地域内の全ての住民に対する全ての順序対のうちで、1つの順序対が生じる確率となっている。

b) 反射的バイアスが生じる布置関係

共通の親を持たず、XからYへの選択が存在している場合、YからXへの選択には反射的バイアスが起り得る布置となる(図-1参照)。この布置のもとで、YからXへの選択が起こる確率P₁は、

$$P_1 = \pi + (1 - \pi)d \quad (2)$$

ここに、\pi: 反射的バイアスパラメータ

となる。この式の意味することは、確率\piでバイアス事象が生じれば、YからXへの選択が生じ、確率(1-\pi)でバイアス事象が生じなければ、確率dでランダムな選択が行われる。実際のYからXへの選択は、そのどちらかによって生じるため、この2つの確率の和で表される。

c) 推移的バイアスが生じる布置関係

共通の親Zを持ち、XからY、YからXの選択が共に存在しない場合、XからYの選択には推移的バイアスが起り得る布置となる(図-2参照)。この布置のもとで、XからYへの選択が起こる確率P₂は、

$$P_2 = \sigma + (1 - \sigma)d \quad (3)$$

ここに、\sigma: 推移的バイアスパラメータ

となる。この式の解釈は式(2)の解釈に準じる。

以上のような情報伝達相手数、情報伝達相手距離、住民間の選択関係に関わるバイアスパラメータ、といった3つの情報伝達特性パラメータを操作することで、様々な状況想定のもとでの住民間情報伝達の特性が表現されることになる。平常時から災害時への住民の口頭伝達特性の移行については、情報伝達相手数を大きく、情報伝達相手距離は近い距離帯からの相手選択の確率を高く、そしてバイアスパラメータの値は小さくすることで、「より多くの」、「より身近な」、「誰とでも」情報交換を行う様が表現されることとなるが、これが住民の口頭伝達行動に照らし合わせて妥当であることが次章に示される。なお、各情報伝達特性パラメータの現実的な意味合いと具体的な値の求め方についても、次章でその詳細を述べる。

(3) シミュレーションの方法と結果の評価方法

住民間情報伝達シミュレーションのフローチャートを図-3に示す。情報伝達シミュレーション

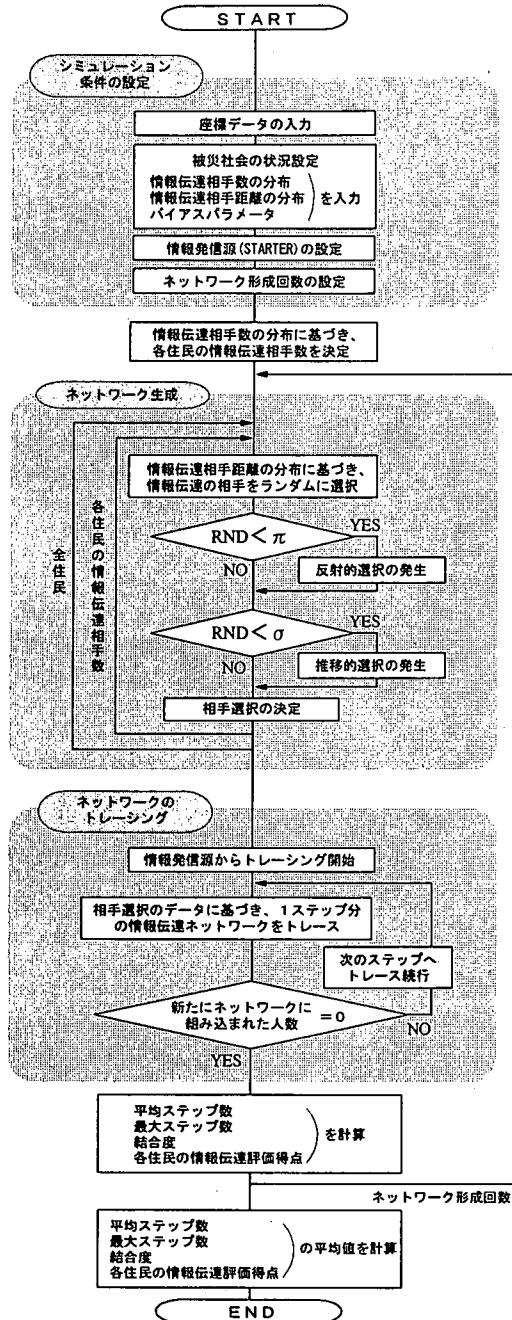


図-3 シミュレーションの流れ図

の条件設定は、各住民の位置や地理特性を表す座標データ、想定する被災社会の状況に応じた各情報伝達特性パラメータ、情報発信源の座標データ、そしてシミュレーション結果の精度に関するネットワーク形成回数といった4つの項目である。

シミュレーションの遂行においては、まず、これらの条件に基づいて、住民個々の情報伝達相手

の選択を個別に全て行っておく。この相手選択においては、情報伝達相手数の分布に従って選択する相手の数を決定し、情報伝達相手距離の分布に従ってその相手を順次決定していく。この時、その選択によって成立する布置関係に基づいて、反射的選択や推移的選択の発生を随時判定し、反射的選択や推移的選択が生じる場合は、その選択を行った住民にその事実を記録しておく。

こうして全ての住民の情報伝達相手が決定したら、情報発信源となる住民から順次その情報伝達相手をトレースすることによって、情報伝達をネットワークとして形成していく。そして、新たな住民がこれ以上ネットワークに組み込まれなくなる状況に至った時点でネットワークの形成を完了とする。しかし、1回のシミュレーションで得られる結果は、偶発的な要因による影響が大きいものとなるため、ネットワーク形成を同一条件で複数回実施することによって地域における情報伝達効率を安定的に評価する。

シミュレーション結果の評価は、ネットワーク全体とネットワークを構成する各住民といった2つの観点から行う。まず、ネットワーク全体の評価指標は、結合度、最大ステップ数、平均ステップ数の3つである。結合度とは、ネットワークに組み込まれた人数が地域の総人数に占める割合、つまり情報を得た住民の割合を示す指標である。最大ステップ数とは、ネットワーク生成が完了するに要した選択プロセスの回数であり、情報発信源の個人が結合相手としてA人を選び終わった時点でのステップ数は1、そのA人がそれぞれ次の相手を選択し終わった時点でステップ数は2とカウントされる。この最大ステップ数は情報伝達の完了に要した時間の代理指標と理解される。また、平均ステップ数とは、形成されたネットワーク内の各住民が、ネットワークに組み込まれた時点でのステップ数の平均であり、現実的には情報が伝達されるのに要した平均的時間の代理指標となる。

一方、各住民の評価は、地域的な情報伝達状況の違いを把握するために、1回のネットワークを形成するごとに、地域内の各住民に式(4)のような得点 $N(x, y)$ を与え、複数回のシミュレーションによる合計得点によって行う。

$$N(x, y) = K - S(x, y) \quad (4)$$

ここに、 $S(x, y)$: 座標 (x, y) に位置する住民がネットワークに組み込まれた時点のステップ数、 K : 対象地域の規模に応じて定める定数。

この時ネットワークに組み込まれなかった住民には得点を与えない。このような式(4)に基づく評価方法は、各住民に絶対的な評価を与えるものではないが、速達性、悉皆性の観点からの相対的な評価は可能なものとなっている。

4. 調査に基づく情報伝達特性パラメータの推定

(1) パラメータの推定方法

本研究では、(2)に詳細を示す調査を実施し、被災社会を想定したもとの情報伝達を表現する各情報伝達特性パラメータの値を推定する。この調査では、平常時ならびに阪神・淡路大震災程度の被災状況を想定した災害時について、情報伝達をするであろう世帯を直接聞き取り、それによって形成された情報伝達ネットワークを分析することによってパラメータの値を定める。またこれと同時に、以下の分析フレームで災害時における住民個人の口頭伝達行動の特性を、平常時との比較により明らかにする。なお調査では、世帯単位の情報伝達を仮定している。

シミュレーションに用いる情報伝達特性パラメータのうち、情報伝達相手数と情報伝達相手距離については、調査によって直接その分布を求めることができる。このため、シミュレーションではその分布に応じた乱数によって、住民個々の情報伝達相手数とその相手が位置する距離帯を決定する。

世帯間の選択関係構造を表すバイアスパラメータである反射的バイアス π 、推移的バイアス α は、シミュレーションにおいては、住民間の相対的位置関係に基づいた反射的選択、推移的選択の生成されやすさを純粋に表現するものであるが、調査においてそれらを求める際には、ランダムな相手選択であっても、偶発的に反射的選択、推移的選択と同じ布置を形成する場合も多々生じるため、調査結果からバイアスパラメータを直接求めることはできない。そこで、以下の手順に従いバイアスパラメータを推定する。

まず、有効回答を得られた世帯の調査データに基づいて、有効回答が得られなかつた残りの世帯の情報伝達相手を確率的に与えることで調査データを補完する。そして、調査データと補完したデータをもとに全世帯を対象に情報伝達ネットワークを形成し、結合度、最大ステップ数、平均ステ

ップ数を計算する。

次に、住民間情報伝達ネットワークの内部構造を示す指標として、反射的選択、推移的選択の各選択が生じ得るすべての場合の数に対して、実際にその選択関係が生じた割合を、それぞれ反射的選択生成率、推移的選択生成率と定義する。これらの生成率は、式(2)および式(3)における P_1 、 P_2 に対応するものであり、純粋に世帯間の関係構造を反映した選択だけでなく、世帯間の関係に依存しないランダムな選択の結果をも含んだものである。これらの生成率は、シミュレーション及び調査によって形成される各ネットワークに対して同等に求めることができるために、両者の内部構造の整合性を検討するには適した指標となる。したがって、バイアスパラメータ値を様々に変化させて行ったシミュレーションの結果と、調査データに基づく住民間情報伝達ネットワークとの両者から、反射的選択生成率、推移的選択生成率、ならびに結合度といった各指標を求め、それらが等しくなった時において、シミュレーションで用いたバイアスパラメータの値をもってその推定値とする。

(2) 調査対象地域の概要と調査方法

a) 調査対象地域の概要

調査対象地域は、図-4にその概況を示す群馬県桐生市仲町3丁目地区である。当地域は老朽化した中心市街地の一部にある世帯数365戸の地域であり、地域中央には球状の大きなガスタンクが、またその脇をJR両毛線が通っている。

このような地域を調査対象に選定した理由は、災害時の情報伝達特性を調査するに際して、地域中央に位置するガスタンクからのガス漏れを被験者に想定させやすく、「すぐにでも避難しなければならない極めて危険な事態」を想定させた時、被験者の想定する状況にばらつきが少なくなると考えたからである。

b) 調査方法

調査は、平成8年12月8日から16日までの9日間、調査員が対象地域内の各世帯を直接訪問し、面接による聞き取り調査によって行った。調査実施の数日前には、調査の実施を事前通告するとともに、調査の趣旨と概要を伝えるためのチラシを配布することで、調査の円滑な実施と高い有効回答率が得られるよう配慮を行った。この結果、対象地域内の全世帯数365世帯のうち、有効回答を得ることができた世帯数は236世帯、有効回答率

で 64.7% であった。

調査方法は、まず、調査員が調査の趣旨を説明したうえで、回答にあたっての一般的注意事項を説明した。この主な内容は、①災害時、平常時とも口頭による伝達のみを考え、電話などの他の情報伝達手段を用いた情報伝達は考えないこと、特に、災害時の想定においては、口頭伝達以外の情報伝達手段が機能しないほどの被災状況を想定すること、②世帯単位の情報伝達を想定しているため、回答者は世帯全員についての地域との交流を念頭においたうえで、情報伝達をするであろう世帯の全てを回答すること、の 2 点である。なお、これに関連する事項として、回答者はできる限り主婦を指定した。この理由は、主婦は世帯全員に関する地域との交流を最も良く把握している可能性が高いと考えたからである。

以上の事前説明を行った後、災害時と平常時において情報伝達を行うであろう世帯の聞き取りを行った。聞き取りに際して行った質問は、次の通りであり、回答は被験者に住宅地図を提示し、それを見ながら直接指示させる方法によった。

【災害時の質問】

阪神・淡路大震災と同程度の地震災害直後において、すぐにでも避難しなければならない極めて危険な事態があなたの身近で発生した状況を想定して下さい。あなたはその事実を知り、その事実を誰かに伝えるとするならば、どの世帯に伝えますか？

※調査員は、「極めて危険な事態」を被験者が想定しやすいよう、調査対象地域の中央にあるガスタンクからのガス漏れを補足的に例示した。

【平常時の質問】

日常生活においておもしろい噂を耳にし、そのうわさ話を誰かに伝えるとするならばどの世帯に伝えますか？

以上のように、災害時の質問においては、阪神・淡路大震災と同程度の地震災害直後を想定すること、調査対象地域中央のガスタンクのガス漏れを想定すること、口頭伝達以外の情報伝達手段が機能しないほどの被災状況を想定すること、などの説明によって、被験者の状況想定にできる限り相違が生じないようにした。また、平常時の質問においては、伝達を想定する話の内容を具体的に与えると、被験者によって情報伝達の動機の強さに差異が生じることが考えられるため、「おもしろい噂」といった具体性を欠く表現をあえて採用

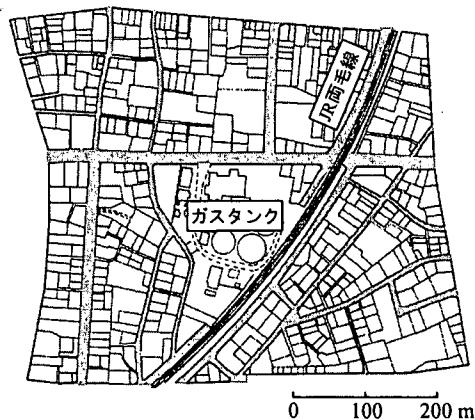


図-4 調査対象地域の概要

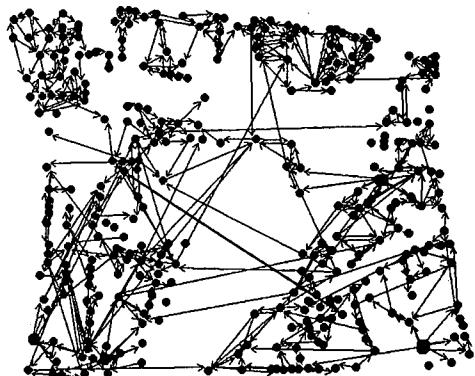


図-5 平常時の情報伝達行動

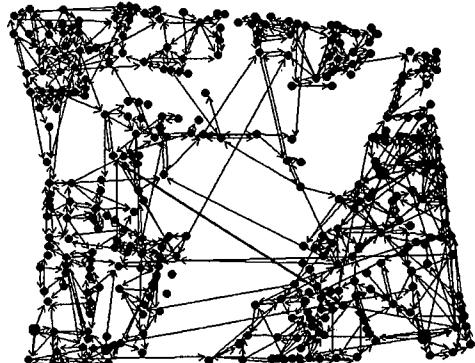


図-6 災害時の情報伝達行動

した。なお、被験者に「おもしろい噂」について、その具体的な内容を問われた場合、調査員は、被験者にとって「おもしろい噂であれば何でも良い」ことを伝えた。

(3) 調査結果の概要

以上の方に基づく調査の結果を以下に示す。図-5 は平常時を想定した住民の口頭伝達相手の選択結果であり、図-6 は災害時の想定における

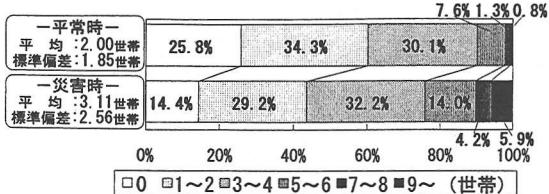


図-7 情報伝達相手数の分布

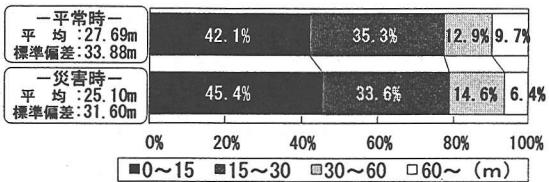


図-8 情報伝達相手距離の分布

表-1 調査による反射的・推移的選択生成率、結合度

	反射的選択生成率	推移的選択生成率	結合度(%)
平常時	0.275	0.164	24.54
災害時	0.281	0.158	83.40

選択結果である。点は対象地域の世帯を、矢印は情報伝達行動をそれぞれ表し、矢印の先端にあたる世帯がその情報伝達の相手である。これらによると、平常時に比べて災害時においてはより矢印が密に分布しており、情報伝達が活発に行われていることがわかる。

図-7は、この調査結果に基づく各世帯の情報伝達相手数の分布を表したものである。この図によると、平常時の情報伝達相手数の平均は、2.00世帯（標準偏差 1.85世帯）であるのに対して、災害時の平均は、3.11世帯（標準偏差 2.56世帯）となっており、誰にも情報伝達を行わない世帯の割合も、平常時に比べて災害時では半減していることがわかる。また、図-8は、情報伝達相手距離の分布を表したものである。この図によると、平常時に比べて災害時ではより自分に近い位置にある世帯への情報伝達行動の割合が大きくなっている。このことから、住民は平常時に比べて災害時において、より積極的な情報伝達行動を行い、隣近所といった近い範囲の世帯に確実に情報を伝達する傾向にあることが明らかに読みとれる。

なお、本調査では、図-4に示す調査対象地域内の世帯を対象に、住宅地図を提示して情報伝達相手の世帯を直接聞き取っている。この時、情報伝達相手の世帯については、調査対象地域外にある世帯の選択を許している。この調査対象区域外

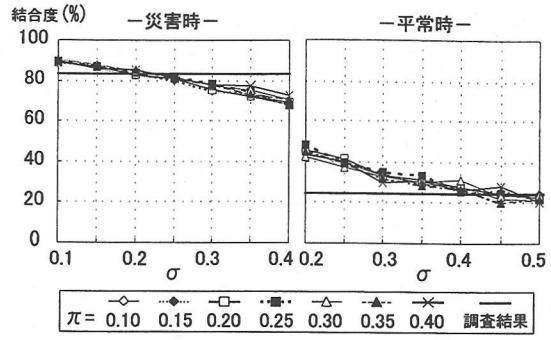


図-9 結合度

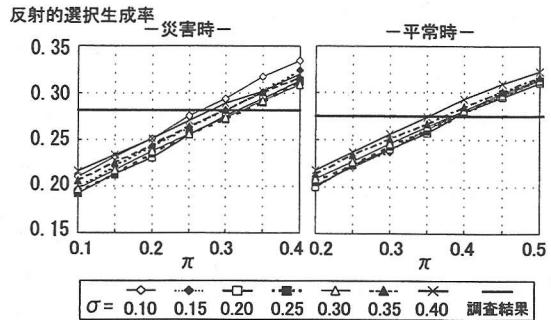


図-10 反射的選択生成率

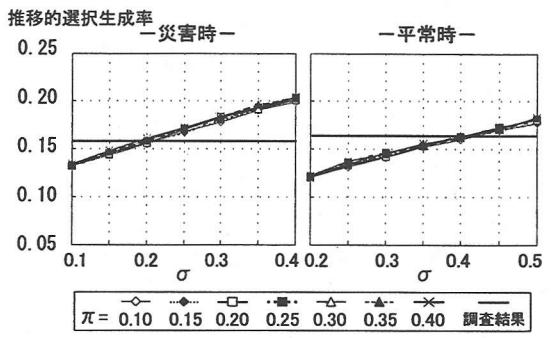


図-11 推移的選択生成率

で選択された世帯は、情報伝達相手数(図-7)、情報伝達相手距離(図-8)の集計において考慮し、調査区域の限定による影響を排除している。

(4) バイアスパラメータ値の推定

表-1は、調査データに基づく反射的選択生成率、推移的選択生成率、および結合度の計測結果である。これらの結果は、図-5および図-6に示すネットワークから直接計測したものである。平常時と災害時を比較すると、災害時は結合度が著しく増加しており、情報はより広い範囲に伝え広められ、活発な情報伝達行動が行われている様子がわかる。また反射的選択生成率、推移的選択

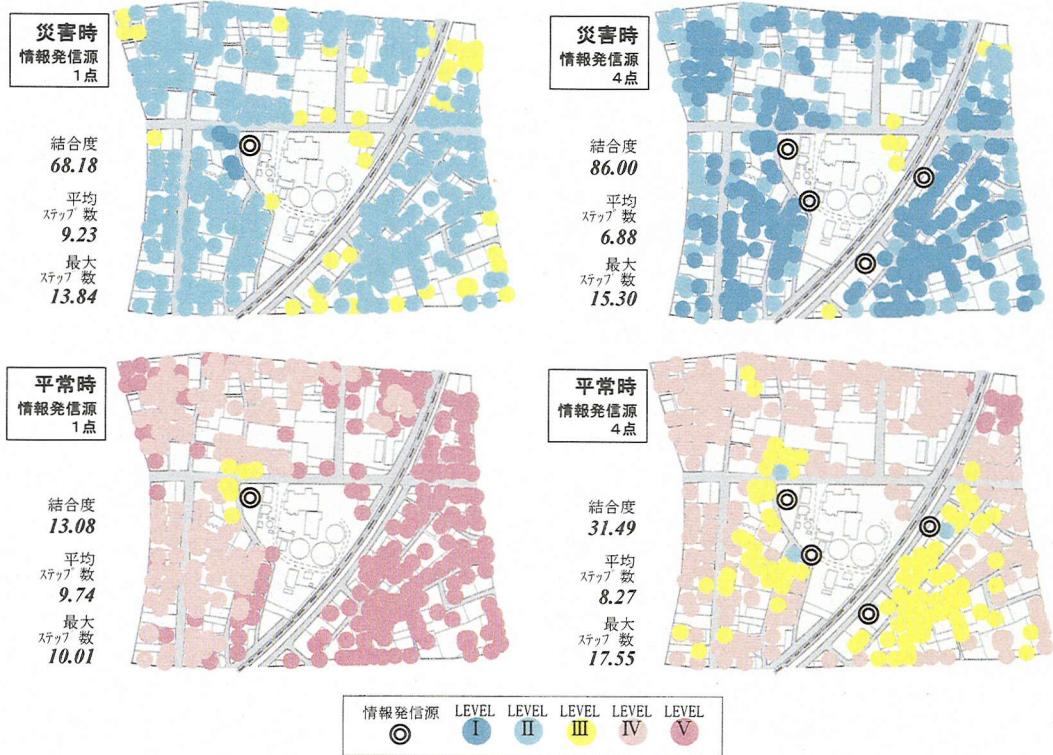


図-12 桐生市適用におけるモデルの挙動

生成率には、平常時と災害時では大きな差異はみられない。このような結果は、災害時において、情報伝達は世帯間の選択関係に依存しないランダムな選択が多くなることにより、反射的選択生成率と推移的選択生成率は低下するにも関わらず、より狭い範囲内で活発な情報伝達が行われることで、偶発的な反射的選択、推移的選択が生じやすくなるため、結果的には各生成率の低下分を相殺したかたちとなっていると考えられる。

図-9、図-10、図-11は、バイアスパラメータの値を変化させて行ったシミュレーション結果と、表-1に示す調査結果とを比較したものである。これらの図は、反射的バイアスパラメータ π と推移的バイアスパラメータ σ を組み合わせたシミュレーションをそれぞれ100回行い、その結合度、反射的選択生成率 P_1 、推移的選択生成率 P_2 の平均値を求めてプロットしたものであり、水平の実線は調査結果の各値を示している。求めるパラメータ値は、シミュレーションによる値と調査による値が一致した点によって定めることができる。

これらによると災害時を表現するバイアスパラメータは、 $\pi=0.30$ 、 $\sigma=0.20$ 、平常時は、 $\pi=0.35$

~ 0.40 、 $\sigma=0.40 \sim 0.45$ であると推定され、災害時では平常時と比べてバイアスパラメータ値が低下していることがわかる。この結果は、災害時の住民間情報伝達は平常時に比べて世帯間の関係構造に依存するところは少なく、見ず知らずの人とでも情報交換を行う傾向にあるということを示している。

5. シミュレーションモデルの桐生市仲町地区への適用

(1) シミュレーションモデルの挙動特性

以上で把握した災害時と平常時における住民の情報伝達特性パラメータをシミュレーションモデルに組み込み、本モデルを桐生市仲町地区に適用することでその挙動特性を確認した。その結果を図-12に示す。シミュレーションは、情報発信源を図中に示す地域中央の1世帯と4世帯の2ケースに固定し、それぞれ平常時と災害時を対象に合計4ケースを行った。使用した情報伝達パラメータは、情報伝達相手数については図-7に示す

分布を、情報伝達相手距離については図-8に示す分布をそれぞれ用いた。また、バイアスパラメータの各値は、前章の推定結果に従って、災害時については、 $\pi=0.30$, $\sigma=0.20$ 、平常時については、 $\pi=0.40$, $\sigma=0.40$ を用いた。

各世帯の情報伝達状況の評価は、式(4)の K の値を100とし、ネットワーク形成回数は100として行った。したがって、各世帯の得点の満点は10,000点となる。図中の各世帯には、満点を2,000点区切りで5等分して、上位から LEVEL I, II, III, IV, Vとしたレベル区分を割り当てている。

情報発信源が1世帯の場合を見ると、平常時ではほとんどの世帯がLEVEL IVとLEVEL Vになっているが、災害時になるとそのほとんどがLEVEL IIとなっており、住民間の活発な情報伝達行動が行われている状況が見て取れる。情報発信源を増やした4世帯の場合には、災害時、平常時ともに情報伝達が効率化し、高いレベル区分が多く分布しているのが判る。しかし、いずれの結果においても局所的にレベルの低い場所も見受けられる。このような箇所を現地の状況と比較したところ、鉄道と広幅員道路に囲まれた世帯、情報発信源から遠い世帯、マンションなど集合住宅内部の世帯などであった。これらの箇所が速達性、悉皆性の観点から見て情報伝達の効率が悪いのは、鉄道と広幅員道路に囲まれた世帯については、鉄道などの存在により物理的に情報伝達が困難であつたりするために、コミュニティの地域分断が生じていること、集合住宅内部については、上層階への伝達に抵抗があることや、コミュニティとして疎遠な空間であること、また、情報発信源から遠い世帯については、情報伝達距離が大きいために情報が到達する確率が低いものとなっていることなどが要因と考えることができ、シミュレーション結果はそのような状況を良く表現しているものと判断できよう。このように、口頭伝達のみによる情報伝達では、時として情報空白や情報伝達の遅滞が生じやすいと言った、住民間情報伝達の特徴的な問題点を良く表現したものとなっている。以上のことから、本モデルによる情報伝達シミュレーションの結果は、ほぼ妥当な挙動を示しているものと考えられる。

(2) 情報伝達特性パラメータの変化に伴うシミュレーションモデルの挙動特性

4章に示した桐生市仲町地区の調査によれば、

情報伝達シミュレーションの操作変数である、情報伝達相手数、情報伝達相手距離、バイアスパラメータといった3つの情報伝達特性パラメータは、平常時と災害時とでは異なることがわかった。それによると、災害時を想定した住民の情報伝達行動は、平常時の情報伝達行動に比べて、情報伝達相手数は多く、情報伝達相手距離やバイアスパラメータは小さくなることで、より多くの、より近くの人と、日頃の人間関係に依存しない情報伝達の行動傾向を強めることが確認された。これらの傾向は、被災直後の状況下において住民がとるであろう行動として、一般的に予想される傾向であり、このことから、情報伝達特性パラメータは、被災状況に応じた住民の情報伝達行動の特性を概ね妥当に表現し得るものと判断することができる。

そこでここでは、桐生市仲町地区における調査で得られた平常時と災害時の情報伝達特性パラメータに基づいて、情報伝達特性パラメータに変化を与えることで住民の情報伝達行動に変化が生じた場合を想定し、そのもとでの情報伝達シミュレーションモデルの挙動を検討する。なお、具体的な被災状況を想定したシミュレーションを行うためには、被災状況と住民の情報伝達行動の関係をより明確にすることが必要となるが、これについては今後の研究において順次取り組んで行きたいと考えている。

ここで検討においては、まず、情報伝達特性パラメータによって表現される住民の情報伝達行動に状況1から状況5の5つの状況を設定する。これらのうち、調査によって推定された平常時と災害時における各情報伝達特性パラメータの値に対応する住民の情報伝達行動を、それぞれ状況2、状況4とする。状況2ならびに状況4の情報伝達特性パラメータの各値は、4章の(2)ならびに(3)において求めた平常時と災害時の情報伝達特性パラメータに一致しており、その時の住民の情報伝達行動は、図-5および図-6に示される調査結果程度の情報伝達行動に対応している。

次に状況3は、状況2と状況4で表現される住民の情報伝達行動の中間的な状況であり、それに対応する各情報伝達特性パラメータの値は、図-13、図-14、表-2に示すように、状況2と状況4の各パラメータ値の中間値をもって充てることとする。状況3が表現する状況は、平常時と阪神大震災程度の地震災害直後を想定させた災害時の間に位置するような住民の情報伝達行動の特

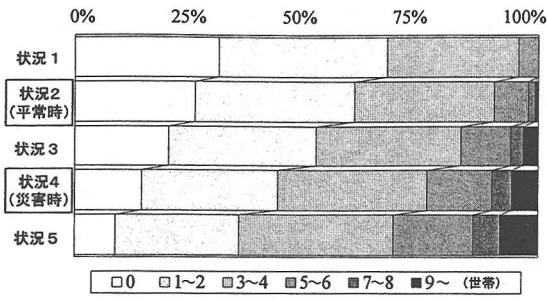


図-13 情報伝達相手数の設定

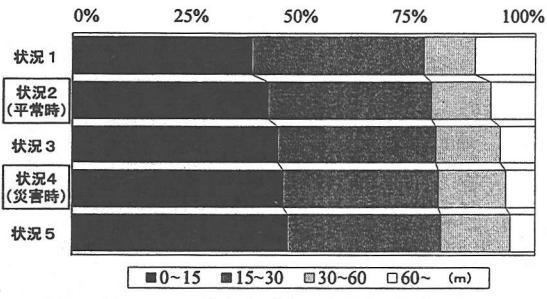


図-14 情報伝達相手距離の設定

表-2 バイアスパラメータの設定

	状況 1	状況 2 (平常時)	状況 3	状況 4 (災害時)	状況 5
π	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
σ	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10

性が念頭におかれている。状況 5 は、本研究で設定した災害時における住民の情報伝達行動の特性がさらに顕著になった状況が、また、状況 1 は、平常時における住民の情報伝達行動の特性がさらに顕著になった状況がそれぞれ想定されている。状況 5 ならびに状況 1 は、現実的状況との対応を取ることは難しいが、モデルの挙動特性をテストするために設定している。状況 5 と状況 1 の各パラメータの値は、それぞれ図-13、図-14、表-2 に示す通りである。なお、情報伝達特性パラメータ以外のシミュレーション条件は、前節の適用事例と同じで全て一定である。

以上のような 5 つの状況想定のもとで、桐生市仲町地区において住民間情報伝達シミュレーションモデルを適用した結果を図-15、図-16、図-17 に示す。これによれば、災害時における住民の情報伝達行動の傾向が強くなるほど、結合度の上昇が認められ、悉皆性が確保されやすい状況が表現されている。また、平均ステップ数、最大ステップ数については、平常時と災害時の中間的状況で最大値を示している。これは、災害時における住民の情報伝達行動の傾向が強まり、情報

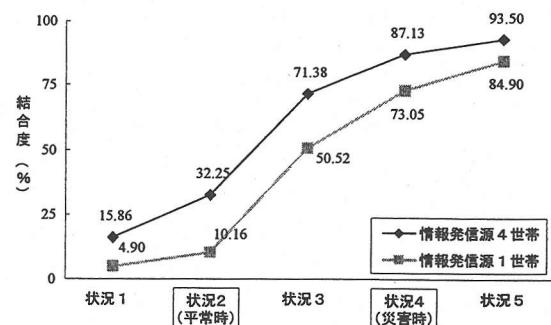


図-15 シミュレーション結果(結合度)

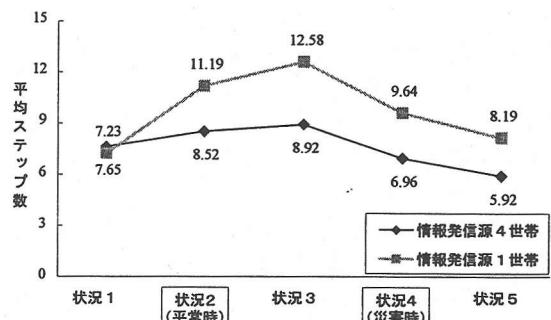


図-16 シミュレーション結果(平均ステップ数)

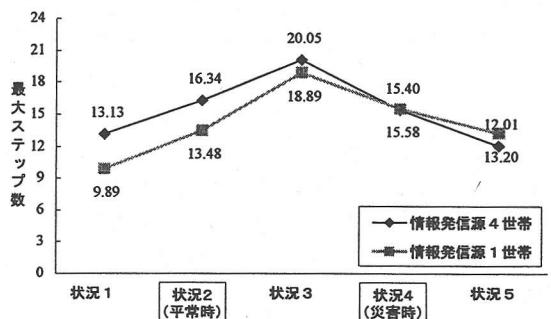


図-17 シミュレーション結果(最大ステップ数)

伝達行動は活発化しても、情報伝達に要する所要時間は単純には減少せず、阪神大震災程度の地震災害直後を想定した災害時よりも若干平常時に近い状況のもとにおいて、最も情報伝達に時間がかかることを示しており、興味深い結果となっている。

また、情報発信源が 1 世帯と 4 世帯での違いを見てみると、結合度についてはいずれも 4 世帯の方が高い値となっており、悉皆性が確保されやすいことがわかる。また、平均ステップ数については、情報発信源が 1 世帯よりも 4 世帯の方が状況の違いによる値の変動は小さく、情報伝達の所要時間はどの状況においてもほぼ安定的であるといえる。最大ステップ数については、平常時に近い

状況において情報発信源の世帯数が多いほど最大ステップ数が大きい。これは、平常時に近い状況では住民の情報伝達が活発ではないため、情報発信源の多さが、情報伝達の広がりを促した結果と理解できるが、災害時の傾向が強まるにしたがってその差は小さいものとなっている。特に、状況5においては、情報発信源が1世帯の場合の方が最大ステップ数が大きくなっている。これは情報伝達行動が最も活発な状況を想定した状況5のもとでは、最終的な結合度に達する情報伝達は少ないステップ数で完了する傾向となるためであり、情報発信源が4世帯と多くなるほど、その傾向が顕著に生じるためと理解できる。

6.まとめと今後の研究展望

本研究では、被災地住民にとって最も緊急度、重要度が高いと考えられる避難情報の伝達を対象に、地域社会の最も基礎的な情報伝達手段である住民間の口頭伝達による情報伝達過程を再現するシミュレーションモデルを開発した。このモデルは、被災時の状況によって変化する住民個人の情報伝達行動を基本単位として構成し、それをネットワーク形成と捉えることによって地域全体への情報伝達を表現するものである。このようなモデル構造は、地域適用において見られた挙動から判断して、概ね妥当なものと判断できる。

ここで開発したモデルは住民間情報伝達に限られたモデルではあるものの、住民個人の情報伝達行動を基本単位として構成することによって、災害時における様々な情報伝達メディアとの連動を表現することや、個々の情報伝達について情報の内容を定義した分析を行うなど、多くの災害情報研究の基本モデルとなるよう配慮がされている。したがって、ここで開発したモデルを基本として、以下のような改良研究や応用的研究が可能であり、それらを順次していくことが今後の課題である。

①シミュレーションの実時間化

本研究をさらに発展させるためにまず取り組むべき課題は、シミュレーションの実時間化である。ここで開発したモデルは、情報伝達プロセスの伝達回数(ステップ数)を時間の代理指標としているが、災害の進展との連動のもとでの情報伝達を考える場合には、シミュレーションの挙動を実時間で制御するよう改良を行う必要が生じる。この改

良は、個々の情報伝達に所要時間を属性として与えることで対応することができる。

②防災行政無線システムとの連携

ここで開発したモデルの情報伝達手段は、住民間情報伝達に限られたものであるため、これに防災行政無線システムを組み込み、それらの連携によって達成される情報伝達を評価するようモデルを改良する必要がある。この基本的な方針については、既に片田等²¹において検討を行っている。

③自主防災組織の評価

本モデルに若干の修正を加えることで、住民の情報伝達に関わる自主防災組織の効率的な構成方法の検討が可能となる。即ち、本研究においては、住民個人の自発的な情報伝達行動の特性を調査によって把握し、それを忠実に反映したモデルを構築しているが、この自発的な情報伝達行動に加えて、自主防災組織の取り決めを反映するような情報伝達相手の指定を付加することで、その自主防災組織の情報伝達効率の評価を行うことが可能である。

④情報の質的変容の検討

情報伝達の個々のプロセスに情報内容に関する属性を付与することで、情報の質的変容を考慮したシミュレーションへと改良することが可能と考えられる。特に住民間情報伝達は、その伝達プロセスを繰り返すことで情報の質的変容が生じやすいが、ここで開発したモデルは、情報伝達の個々のプロセスが表現できるため、このような問題を検討するには適したモデル構造であると考えている。

また、防災行政無線システムは、情報の質的変容を適切に補正する機能も有すると考えられるが、このシミュレーションモデルに防災行政無線システムを組み込んだ改良モデルでは、防災行政無線システムの導入効果を、情報の質的側面からも評価することが可能と思われる。

⑤複数情報への対応

同時に複数の避難事由が生じた場合、地域住民にはそれぞれの事由に応じた避難情報を複数伝達する必要が生じる。このような状況を想定したシミュレーションにも、同様に情報内容に関する属性を付与することで、シミュレーションが可能となる。

謝辞:本研究は、地盤工学委員会火山工学研究小委員会(当時:陶野郁雄委員長)における研究会において発表の機会を与えられ、同小委員会メンバーの

建設的な意見を頂いた。また、本研究の遂行に際しては、(財)科学技術融合振興財団の研究助成を受けた。ここに記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 片田敏孝、青島綱次郎、及川康：災害時における住民情報伝達ネットワークのモデル化の検討、都市計画論文集、No. 31, pp. 757-762, 1996.
- 2) 片田敏孝、及川康、田中隆司：災害情報システム評価のためのシミュレーションモデルの開発、阪神・淡路大震災土木計画学調査研究論文集, pp. 653-660, 1997.
- 3) 例え、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.
- 4) 門間聖子、安田勇次、堀伸三郎、廣井脩：情報伝達シミュレーションによる災害情報伝達体制の評価、平成9年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 66-67, 1997.
- 5) 関東地方非常通信協議会事務局：防災行政無線の現状、非常通信、第40号, pp. 49-50, 1997.
- 6) 自治省消防庁防災課：防災情報システムのあり方に
関する調査研究報告書, pp. 3-11, 1996.
- 7) 川上庄二郎：被災情報の早期把握と初動体制の強化、
土木学会誌, Vol. 81, 5月号, p. 54, 1996.
- 8) 船津衛：災害情報と災害情報メディア、地域情報
と地域メディア, pp. 147-188, 恒星社厚生閣, 1994.
- 9) 廣井脩：災害情報論, pp. 35-36, 恒星社厚生閣, 1991.
- 10) 小田貞夫、大西勝也：災害情報の伝達と受容・北海
道南西沖地震、放送研究と調査, Vol. 43, No. 11, pp.
3-15, 1993.
- 11) Rapoport, A. : A Probabilistic Approach to Networks,
Social Networks, No. 2, pp. 1-18, 1979.
- 12) Fararo, T. J. : Biased Networks and Social Structure
Theorems, *Social Networks*, No. 3, pp. 137-159, 1981.
- 13) Skvoretz, J. : Random and Biased Networks: Simulations
and Approximations, *Social Networks*, No. 7, pp. 225-
261, 1985.

(1998.1.12 受付)

DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF DISASTER INFORMATION DISSEMINATION

Toshitaka KATADA, Yasushi OIKAWA and Takashi TANAKA

Right after of the large-scale hazard, it is important to disseminate refuge and lifesaving information to the inhabitant quickly. However, the usual vehicle of disaster information such as mass media often does not function after the large-scale hazard. Only the people, who live in the narrow area where the danger exists, need refuge information. Therefore, oral communication and disaster information system are effective for refuge information as a vehicle of refuge information. In this study, the simulation model for evaluating the efficiency of disaster information dissemination in the region during the disaster is developed, and the basic configuration of the simulation model is proposed. The behavior of the model is also examined.