

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*

Development of Evaluation Model for Disaster Information System

片田敏孝**・青島縮次郎***・及川 康****
Toshitaka KATADA, Naojiro AOSHIMA and Yasushi OIKAWA

1. はじめに

阪神大震災は甚大な被害との引き換えに、大規模災害への事前対応策のあり方に多くの教訓を残した。なかでも災害時における情報収集伝達手段の確保は、人的被害の最小化や被災者の精神的苦痛の軽減など、被災社会の様々な側面において極めて重要な意味を持つことを多くの事実によって示した。このような教訓を踏まえ、各地の自治体で災害情報システムの整備が進められようとしている。しかしながら災害情報システムの整備に関しては、その運用方法といったソフトな側面のみならず、効率的な配置方法など施設整備のあり方にも明確な指針が存在しておらず、このため整備されるシステムの情報伝達における効率性は保証されていないのが現状である。

そこで本研究では、効率的な情報伝達を達成する災害情報システムの整備方法や運用方法を検討することを目的として、様々な被災状況のもとで機能する災害情報システムの情報伝達特性を表現するシミュレーションモデルを開発する。

2. 情報伝達シミュレーションモデルの概要

(1) 想定する災害情報システムの稼働環境

災害情報システムは、伝達される情報の種類など、そのシステムが利用される状況によってその評価方法が異なる。本研究では、緊急度、重要度が最も高い利用のされ方の一つとして、被災直後の住民への避難情報の伝達を想定し、災害情報システムの評価方法を検討する。このような避難情報の伝達においては、迅速かつ正確に対象となる地域の全ての住民

に情報が伝わること、即ち、速達性、正確性、悉皆性の確保が重要な課題となる。このうち本研究では、速達性と悉皆性の観点から避難情報の伝達における効率性を定義し、災害情報システムの評価を行う。

また本研究では、既存のメディアの多くが機能しないような被災直後を想定している。このためここでの検討においては、被災直後において機能する情報伝達手段は、評価対象である災害情報システムと住民間の口頭伝達のみとし、2つの情報伝達手段の協調によって避難情報の伝達が行われるものとする。

住民間の口頭伝達と災害情報システムの関係については以下のように考える。まず、如何なる被災状況においても、被災直後の情報伝達は住民間の口頭伝達が基本となり、情報発信源から情報が順次地域に広がっていく。そこにおいて災害情報システムは、口頭伝達を補完する形で機能し、災害情報システムから情報を得た住民は、口頭伝達で情報を得た住民と同様に新たな情報発信者となって他の住民に情報を口頭伝達する。

(2) モデルの基本構成

住民間の口頭伝達と災害情報システムによる情報伝達モデルは、49行49列の各ノードに合計2401人が均一に分布する仮想的な地域を対象に、その中心に情報発信源(=避難事由の発地点)を設定して開発する。モデルの基本構成は、住民間の口頭伝達を再現するモデル(以下、住民間情報伝達モデルと呼ぶ。)を基礎として構成することとし、このモデルによって、情報発信源から発せられた情報が、住民間を口頭伝達によって伝え広められる状況が表現される。

災害情報システムは、同報無線と呼ばれる無線送信による屋外拡声器(正式名称は、市町村防災行政無線固定系)として地域内各所に配置される。災害情報システムが稼働すると、拡声器周辺の住民に情報が伝達され、情報を得た住民は直ちに口頭による

* キーワズ: 防災計画、計画手法論、計画情報

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

TEL:0277-30-1651、FAX:0277-30-1601)

*** フェロー 工博 群馬大学工学部建設工学科

**** 学生員 群馬大学大学院工学研究科

情報伝達を開始する。ここにおいて災害情報システムには、システム稼働のタイミングや拡声器間の運動性といった運用方法、さらに拡声器の情報伝達性能やその配置方法といった整備仕様においてシナリオが設定され、住民間情報伝達との運動のもとで達成される情報伝達効率によって、そのそれぞれのシナリオに評価が与えられる。災害情報システムの運用方法や整備方法に対する評価は、このシナリオの評価に基づいて行う。

(3) 住民間情報伝達モデル¹⁾

被災直後における住民間の情報伝達過程を、本研究では被災社会という特殊な社会状況下での住民間情報伝達ネットワークの形成過程と扱う。したがってモデル化においては、社会学的知見に基づいて平常社会の住民間情報伝達ネットワークの形成過程をモデル化し、その社会特性パラメータを操作することにより被災社会を表現する。

住民間情報伝達ネットワークの形成過程のモデル化には、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)²⁾」を基本構造として採用する。偏ネットモデルとは、友人選択などの人的ネットワークの形成において、結合相手の選択がランダムではなく、選択する個人と選択される個人の相対的な布置(Configuration)関係に基づいて偏向(バイアス)が働く状況を表現するネットワーク形成モデルである。この偏ネットモデルでは、バイアスパラメータ(以下、BPと略す)が大きくなると、結合相手の選択にランダム性が低下し、コンパクトなネットワークが形成される。ここにおいて、BP=0.2であることは、情報伝達相手の選択において、面識のある特定の個人はランダム選択による選択確率よりも20%偏重した確率で選択されることを意味する。このようなモデルの挙動の現実的な意味合いは、バイアスが働き特定の相手と結合する確率が高まることで、相互の関係の深い人間集団(成熟したコミュニティ)がコンパクトに形成されることと理解できる。

偏ネットモデルの操作変数は、このようなBPに加え、一人の個人が結合相手に選択する相手の数(以下、SAと略す)であり、BPとSAの組み合わせによって社会構造が表現される。被災時において個人は、より多くの人と情報を交換し自らの安全を確保するよう

試みる。そして、この傾向は被災の程度が進むほどに強まると考えられる。したがって、本研究における被災社会は、BPを小さくすることで「誰とでも」、SAを大きくすることで「より多くの人と」情報交換をしようとする被災時の住民間情報伝達の特徴を表現することになる。なお、偏ネットモデルを友人選択に適用する場合、選択可能な相手の集合は「自分以外の全ての人」であるが、本研究では、地域に広がる人々の中での口頭伝達が対象であるため、情報伝達の相手として選択可能な人の集合には制約が加えられ、「自分の周囲に位置する人」となる。したがって、SA=2であることは、口頭伝達が可能な自らの周辺8人のうち(格子状の仮想的な地域では、自らが位置するノードの周辺に8つのノードが存在する)2人に対して情報を伝達する状況を示している。

住民間情報伝達モデルのシミュレーションにおいては、地域の中心をスタータとして順次ネットワークを生成し、新たな個人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生成を完了とする。このネットワーク生成は同一条件で複数回実施され、各回で生成されたネットワークに対して、結合度(Connectivity)とステップ数が計測される。ネットワーク全体に対する評価は、各回の結合度、ステップ数をそれぞれ平均した値に基づいて行われるが、ここにおいて結合度とは、ネットワークの構成員数が全体集団に占める割合であり、被災社会においては、情報を得た人の全体に対する割合と理解される。また、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、スタータが結合相手としてSA人を選び終わった時点でステップ数は1、そのSA人がそれぞれ次の相手SA人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。ステップ数は情報伝達が完了するに要した時間の代理指標と理解される。

本研究が対象とするのは災害時の情報伝達であり、情報伝達の速達性と悉皆性の観点から、地域内部の各ノードが評価できるような評価方法も必要になる。そこで本研究では、1回のネットワーク生成が完了するごとに地域内の各ノードに、

$$N(i, j) = 100 - S(i, j) \quad (1)$$

ここに、 $S(i, j)$ は、 i 行 j 列のノードがネットワークに組み込まれた時点のステップ数を示す。

なる得点を与え、複数回のシミュレーションによる合計得点によって各ノードを評価する。この時、ネットワークに組み込まれなかったノードには、その回の得点を与えないものとする。このような評価値は、各ノードに対して絶対的な評価を与えるものではないが、相対関係としては値が大きいノードほど情報が迅速に伝達されやすく、かつ、ネットに組み込まれやすいノードとして評価されることになる。

3. モデルの挙動特性とその評価

災害情報システムを評価するに先立ち、住民間情報伝達のみによるモデルの挙動特性を確認しておく。バイアスパラメータBPを、0.4、0.3、0.2、また、情報伝達人数SAを、1.5から4.5まで0.5間隔で変化させた時の計算結果の一部を図-1に示す。シミュレーションの試行回数は100回、式(1)に基づく各ノードの得点は10,000点が満点である。各ノードにはその得点に応じて、10000~7501を安全レベル1 (LEVEL1)、7500~5001を安全レベル2 (LEVEL2)、5000~2501を安全レベル3 (LEVEL3)、2500~0を安全レベル4 (LEVEL4)なる安全レベル区分を割り当て、図中ではその

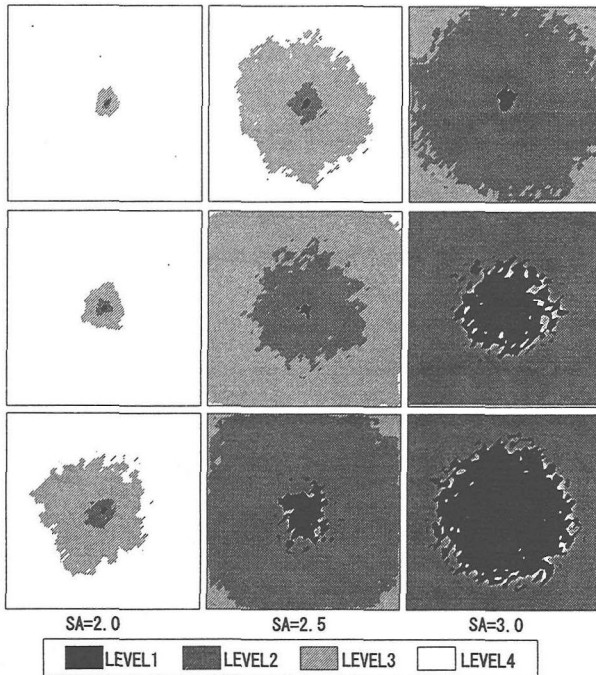


図-1 モデルの挙動特性

区分が表示されている。この図-1においては、SAが大きくなるほど、また、BPが小さくなるほど、被災影響の大きい社会状況のもとでの情報伝達が表現されることになるが、図では被災影響の大きいケースになるほど安全レベルの高い領域が広がる傾向にあり、住民間の情報伝達は活発化する状況が見て取れる。また、安全レベルの高い領域のなかにあっても、安全レベルの低い領域が局所的に生じることが確認でき、情報空白地が時として生じる住民間情報伝達の特徴を良く表現したものとなっている。

一方、図-2はBPを、0.2、0.3、0.4にそれぞれ固定し、SAを変化させた時の安全レベルの分布構成の変化を表している。各グラフとも情報伝達人数の増加に伴い高い安全レベルの領域が拡大する様子が見られるが、BPが小さいほどその拡大が進みやすいことがわかり、BPとSAが相互に関係を持ちながら住民間情報伝達に影響を与えていることがわかる。

4. 災害情報システムの評価事例

災害情報システムの評価は、その整備方法や運用方法にシナリオを設定して、住民間情報伝達モデル

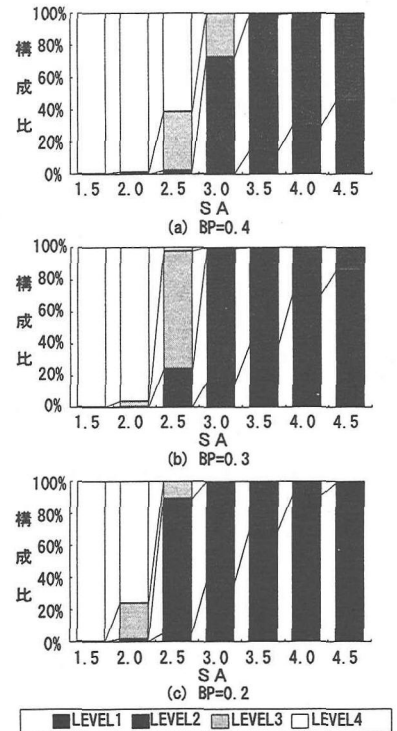


図-2 安全レベルの分布構成

の中に組み込むことによって行われる。シナリオ設定は多様な項目によって行うことができるが、紙幅の都合上ここではいくつかの項目を固定する。

まず、被災状況については、BP=0.2、SA=2なる住民間情報伝達が行われる社会状況を設定する。また、屋外拡声器の設置については、設置位置のほか、音声到達範囲、聴取者率（音声到達範囲内で情報が聞き取れた人の割合、以下、SPと略す）などがシナリオに組み込めるが、ここでは、SPについては30%、設置位置については図-3のような設置方法に固定し、音声到達範囲のみをシナリオに取り入れる。

以上の条件を前提に、本研究では以下の6つのシナリオで災害情報システムの評価を行う。

【シナリオ* 災害情報システムなし】 BP=0.2 SA=2.0

以下のシナリオの比較対象として、住民間情報伝達のみをシミュレートする。

【シナリオ① 情報集約型Ⅰ】 BP=0.2 SA=2.0 SP=0.3

伝達すべき情報が、地域外の情報集約地（市役所など）に伝わった後、地域内の拡声器が一斉に稼働する。住民間情報伝達によって、地域の縁辺に情報が達した時点で情報集約地への通報が行われると想定する。音声到達範囲は、拡声器位置から±3ノードとする。

【シナリオ② 情報集約型Ⅱ】 BP=0.2 SA=2.0 SP=0.3

音声到達範囲は、拡声器位置から±6ノードとする。その他の状況はシナリオ①に同じ。

【シナリオ③ 地域自立型Ⅰ】 BP=0.2 SA=2.0 SP=0.3

伝達すべき情報が、拡声器の位置に到達した時点で、即座にその拡声器が稼働する。音声到達範囲は、拡声器位置から±3ノードとする。

【シナリオ④ 地域自立型Ⅱ】 BP=0.2 SA=2.0 SP=0.3

音声到達範囲は、拡声器位置から±6ノードとする。その他の状況はシナリオ③に同じ。

【シナリオ⑤ 自立ネットワーク型Ⅰ】 BP=0.2 SA=2.0 SP=0.3

伝達すべき情報が、いずれかの拡声器の位置に到達した時点で、即座に全ての拡声器が稼働する。音声到達範囲は、拡声器位置から±3ノードとする。

【シナリオ⑥ 自立ネットワーク型Ⅱ】 BP=0.2 SA=2.0 SP=0.3

音声到達範囲は、拡声器位置から±6ノードとする。その他の状況はシナリオ⑤に同じ。

以上のシナリオに基づくシミュレーション結果を、安全レベルの分布構成にまとめ、図-4に示す。こ

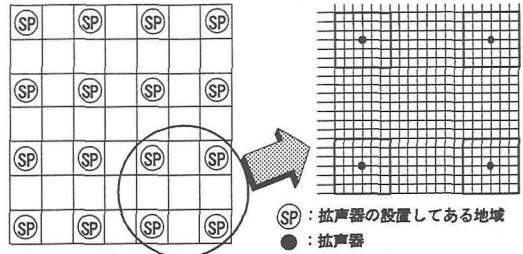


図-3 屋外拡声器の設置位置

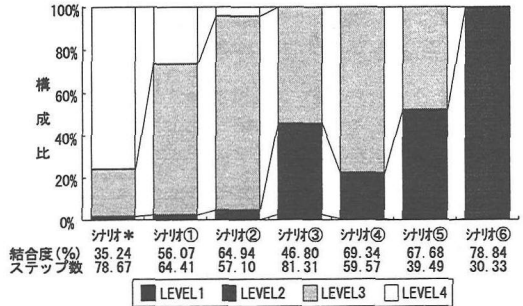


図-4 シナリオ別安全レベルの分布構成

れによれば、災害情報システムを導入したシナリオ①～⑥の全てで、結合度の向上や安全レベルの高い区域の拡大が見られ、システム導入の効果が示された。なかでも自立ネットワーク型のシナリオ⑤、⑥では、安全レベルの高い区域が大きく拡大するとともに、結合度の向上やステップ数の低下が確認でき、より多くの人により早く情報伝達が行えたことが表現されている。この結果は、効率的な情報伝達を行うためには、情報収集地点が多いこと、収集された情報が即座に伝達されること、拡声器間の連動によって情報が地域内で共有化されること、などが重要であることを示唆している。また、シナリオ①と②などの比較によって音声到達範囲の拡大の影響をみると、情報伝達の効率性は大きく向上しており、その効果が確認できる。

以上のように、本研究で開発したモデルは、災害情報システムの評価を概ね良好に行うことができる。

謝辞：本研究は（財）第一住宅建設協会ならびに（財）地域社会研究所の研究助成を受けて実施した。ここに記して深謝する次第である。

【参考文献】

- 1) 片田・青島・及川：「災害時における住民間情報伝達ネットワークのシミュレーションモデルの開発」、都市計画論文集、投稿中。
- 2) Rapoport, A.: 「A Probabilistic Approach to Networks」、Social Networks, No. 2, pp. 1-18, 1979