

# 災害時における住民間情報伝達過程のモデル化に関する基礎的研究

## Development of Oral Communication Network Model for Disaster Information

○片田 敏孝 (群馬大学工学部建設工学科)

Toshitaka KATADA, Department of Civil Engineering, Gunma University

Tenjin 1-5-1, Kiryu, Gunma 376, e-mail : katada@ce.gunma-u.ac.jp

According to experiences of the Great Hanshin-Awaji Earthquake, many problems related with disaster information system were revealed. Especially, it became a serious problem that the disrupt information environment in early stage of disaster caused an extension of human damage and increasing sufferers' anxiety. The earthquake sufferers sought for such disaster information as refuge warning, but most of information systems did not work in early stage of disaster. In such a state, although there are some problems such as false rumor and appearance of information blank, oral communication system is the only means as an effective information media. In this study, we take notice of the formation process of oral communication network, and develop the network simulation model based on biased network theory.

**Key words** : disaster information, oral communication, biased net model

### 1. はじめに

災害時においては、情報ニーズの高まりに反して情報伝達手段は著しく制約を受けることが多い。人的被害を最小限に食い止める観点から最も重要と思われる避難情報の伝達を例にとっても、災害直後の被災地においてはマスメディアなどの既存の情報伝達手段は機能しないことが多いし、同時多発的に避難事由が発生した状況においては、行政による防災無線などを用いた情報伝達にも限度が生じる。このため、被災直後における住民の情報伝達手段は、口頭伝達などの住民間の情報伝達ネットワークに頼らざるを得ない状況も多々出現することになる。住民間の情報伝達には、口頭伝達という伝達形態に起因する情報の質的変容といった問題点に加えて、情報空白地の出現、情報伝達の遅滞といった問題が指摘されている<sup>1)~7)</sup>。しかし、住民間の情報伝達は地域社会の最も基礎的な情報伝達手段であり、災害情報伝達メディアとしての現実的役割は大きい。特に、住民間情報伝達ネットワークは、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にくく、施設の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の地域内部で完結的に機能するシステムであるため、被災直後から地域事情に即した情報の伝達を行い得ることなどにおいて重要なシステムと位置づけることができる。したがって、被災時の情報伝達体制の整備を検討するに際しては、住民間情報伝達ネットワークの特質を十分に検討し、その存在を踏まえた体制整備を図ることが重要と考えられる。

そこで本研究では、このような災害時における住民間の情報伝達ネットワークの形成過程に着目し、被災社会の特質を考慮した数理社会学的ネットワーク形成理論に基づき住民間情報伝達を再現するシミュレーションモデルを開発する。このモデルは災害時における住民間情報伝達の構造の検討や、円滑な情報伝達を支援するシステム整備のあり方の検討に資することを念頭においたものである。

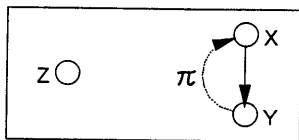
### 2. 住民間情報伝達ネットワークモデルの構築

#### 2-1 モデルの基本構造

災害時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して扱う。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を含め、人と人との関係構造をネットワークとして扱う研究は、従来より社会学を中心とした社会構造分析の分野で積極的に行われてきた。特にBlau, P. M.<sup>8)</sup>以降においては数理解析的なアプローチが導入されるようになり、小林<sup>9)</sup>が体系的に整理するように研究の蓄積が進んできた。これらの研究は、社会集団構造を、集団を構成する個体間のネットワーク構造と捉え、そのネットワーク特性から社会集団を分析しようとするものである。この内、特にネットワークの生成プロセスに関する研究に注目するなら、Rapoport, A.<sup>10)</sup>が開発した「偏ネットモデル(Biased Net Model)」はネットワークに個人が組み込まれていく過程を分析できることにおいて注目に値する。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.<sup>11)</sup>、Skvoretz, J.<sup>12)</sup>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ネットワークも、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、この偏ネットモデルを本研究のモデルの基本構造として採用する。<sup>2-2 偏ネットモデルの概要<sup>12), 13)</sup></sup>

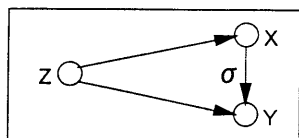
偏ネットモデルとは、友人選択などの人的ネットワークの形成において、結合相手の選択がランダムではなく、選択する個人と選択される個人の相対的な配置(Configuration)関係に基づいて偏向(Bias)が働く状況を表現するネットワーク形成モデルである。代表的な配置バイアスには、図-1、図-2に示すような「反射的バイアス( $\pi$ )」、「推移的バイアス( $\sigma$ )」などがある。反射的バイアスでは、結合相手として選択された個人は、自らを選択した相手を結合相手に選択し返し易い状況を確率 $\pi$ で表し、この配置関係に依存した選択の生じる確率は図中の $P_1$ で示される。また推移的バイアスでは、同



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

$\pi$ : 反射的バイアスパラメータ  
 $d$ : ランダム選択確率

図-1 反射的バイアス



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

$\sigma$ : 推移的バイアスパラメータ  
 $d$ : ランダム選択確率

図-2 推移的バイアス

一の相手に選択された二人の個人は、二人の間で互いに選択を行い易い状況を確率 $\sigma$ で表し、この布置関係に依存した選択の生じる確率は図中の $P_2$ で示される。これらのバイアスを考慮してネットワーク生成を行い、最終的に形成されたネットワークの構成員数が全体集団に占める割合を結合度と定義し、最終的なネットワークの生成に要した選択階層の層数をステップ数と定義するなら、偏ネットモデルの基本的アウトプットは、この結合度とステップ数である。偏ネットモデルでは、これらのバイアスパラメータ(以下、BPと略す)の値が大きくなると、バイアスが働く布置にある特定個人との結合確率が高まることになるが、これは結合相手の選択過程におけるランダム性の低下を意味し、よりコンパクトなネットワークが形成されることになる。

偏ネットモデルの操作変数には、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、選択枝数: SAと略す)がある。SAの値が大きくなることはネットワークの生成を促すように作用する。偏ネットモデルでは、これらのBPとSAの組み合わせによって社会集団構造が表現され、そのもとのネットワーク生成がシミュレートされる。シミュレーションは、任意の個人をスタート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った時点でネットワークの生成を完了とする。

### 2-3 住民間情報伝達ネットワークモデル

#### (1) 情報伝達におけるパラメータの解釈

本モデルの開発に偏ネットモデルの基本構造を採用するに際しては、いくつかの変更や改良を加える必要がある。まずその第一は、偏ネットモデルのパラメータセット(BP, SA)に対して、被災状況に対応した解釈を与えることである。本研究では、被災状況を表現するに際してのBPの機能を次のように考えている。即ち、平常時との比較において被災直後の社会状況を考えると、平常時には情報交換(会話)をしない見知らずの相手であっても、被災直後の緊急時においては相互に情報交換を行いやすい状況となることは想像に難くない。このような被災直後の社会状況は、BPが小さく情報伝達相手の選択過程がランダム性を高めている状況と扱うことができる。一方、偏ネットモデルのもう一つのパラメータである選択枝数SAは、個人が情報交換をする相手の数であるため、被災の程度が進むほど大きな値を取ると考えることに無理はない。したがって、本研究において被災社会を表現する方法は、平常時の社会状況から被災時の社会状況への移行を、BPは小さくすることで「誰とでも」、SAは大きくすることで「より多くの人と」情報交換をしようとする社会状況として表現されることとなり、その組み合わせによって多様な被災社会の想定が可能となる。ただし、このような解釈を与えたとしても具体的な被災状況とBP値、SA値の対応関係は不明確であることは否めない。この点に関しては、阪神淡路大震災を想定したアンケート調査を企画しており、その成果も踏まえてさらに検討をしたいと考えている。

#### (2) 地理空間への展開

第二の改良は、被災地の空間的な広がりや個人間の位置関係を表現するため、個人を2次元空間の中に配置することである。従来の偏ネットモデルは、個人間の選択関係に基づく布置関係は考慮するものの、その空間的な距離については考慮することができない。しかし口頭伝達による情報伝達は、個人と個人が対面できる状況のもとでのみ情報伝達が可能となるため、両者の物理的な距離は明示的に扱わなければならない。また、情報空白地の出現など地域的に生じる問題を扱うことや、河川などの地理的制約を考慮する必要性においても、本モデルが2次元空間で表現されることが必要となる。本研究においてはプロトタイプモデルの開発を目指しているため、99人の個人を9行11列の長方形のマスキに配置した簡潔な2次元空間でモデル開発を行った。なお、個人を2次元空間に配置することと連動して、シミュレーションの実施方法にも変更を行った。任意のノードに位置する個人が選択可能な情報伝達相手は、自らのノードに隣接するノードに位置する個人のみ限定し、口頭伝達であることの制約を考慮した。

#### (3) 情報伝達の評価方法

第三の改良点は、シミュレーション結果の評価方法である。従来の偏ネットモデルでは、最終的に形成されたネットワークの結合度やステップ数を用いてネットワークの全体が評価されていた。しかし、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対象となる地域内部の各ノードが評価できるよう評価方法を改めなければならない(情報の質的変容、即ち、情報伝達の正確性については本研究では扱わない)。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2次元空間の各ノードに、

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

ここに、 $S(i, j)$ はノード $(i, j)$ 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得点の平均が大きい順に各ノードに1から99の序列値を与えた。なお、ネットワークに組み込まれなかったノードは、その回の得点をゼロとした。このような序列値は、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、序列値が小さいノードほど相対的に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。各ノードはさらに、このような序列値に基づいて、情報伝達レベル1、2、3、4に区分している。区分の基準は、各回のシミュレーションの平均結合度に対応する順位以下を情報空白や情報伝達の遅滞が生じやすい区分として情報伝達レベル4、序列値上位から平均結合度に対応する順位までは上位から3等分して、上から順に情報伝達レベル1、2、3とした。

### 3. 住民間情報伝達モデルの挙動特性とその評価

#### 3-1 シミュレーションの概要

シミュレーションにおける、情報伝達スタートは9行11列の2次元空間の中央とし、そこからの情報発信が2次元空間の各ノードにどのように伝達されるのかをシミュレートした。バイアスパラメータBPは、0.1から0.1間隔で0.5まで、また、情報伝達人数SAは確率的に変動させ、その平均値を1.50から0.25間隔で5.00までそれぞれ変化させ、その組み合わせの全てである75通りのケースに対してシミュレーションを実施した。それぞれのケースに対する試行回数は100回である。

シミュレーションのアウトプットは、空間内の各ノードの

評価については式(1)による評価値とそれに基づく情報伝達レベルを、対象空間全体については、悉皆性を評価する指標として結合度、速達性を評価する指標としてネットワークの生成完了に要したステップ数を得た。

### 3-2 情報伝達の空間的広がり

バイアスパラメータと情報伝達人数を組み合わせた各ケースにおける情報伝達の広がり方を、各ノードの情報伝達レベルの分布で見たのが図-3である。これによれば、被災影響の大きいケースになるほどスタートを中心に情報伝達レベルの高い領域が広がる傾向にあり、被災影響を大きく受けるほど住民間の情報伝達は活発化する状況が見取れる。また、情報伝達レベルの高い領域が拡大するなかにあっても、情報伝達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-4はバイアスパラメータを、0.4、0.3、0.2にそれぞれ固定し、情報伝達人数を変化させた時の情報伝達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情報伝達レベルの領域が拡大する様子が見られるが、バイアスパラメータが小さいほどその拡大が進みやすいことがわかり、バイアスパラメータと情報伝達人数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。

### 3-3 情報伝達の効率性

バイアスパラメータと情報伝達人数を組み合わせた各ケースの結合度を図-5に示す。ネットワークの結合度は、情報が伝わった地域が地域全体に対して占める割合を示す指標であり、これにより情報伝達の悉皆性の評価ができる。この図によれば、バイアスパラメータの低下、情報伝達人数の増加といった被災に伴う社会状況の変化によって、結合度が高くなっていることがわかり、被災影響を大きく受けた社会ほど悉皆性が確保されやすい状況が表現されている。

また図-6は、バイアスパラメータと情報伝達人数を組み合わせた各ケースのステップ数を表したものである。各ケー

スのステップ数は、図-5の対応するケースに示す結合度でネットワーク生成が完了する時点までのステップ数を表しており、情報伝達が完了するまでに要する所要時間の代理指標として速達性の評価ができる。この図によると、所要時間は、バイアスパラメータが0.1、情報伝達人数が2.25あたり(図-6のa点に対応)をピークに、結合度で60~80%(図-5、図-6の矢印bに対応)を尾根とする分布となっていることがわかる。この結果は、被災の影響が大きくなるに従って住民の情報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、結合度で70%前後に対応する情報伝達行動を住民がとるとき所要時間が最も大きくなることを示している。このような状況は実際の被災時において現実的なものであるかを検討する必要はあるものの、平常時の社会状況と被災が極めて甚大な社会状況の中間的位置において、より危険な社会状態が存在する可能性を示唆するものであり興味深い結果となっている。

## 4. 住民間情報伝達モデルによる災害情報システムの評価事例

### 4-1 シミュレーションの概要

本研究で試作開発した住民間情報伝達モデルの利用の可能性を検討するため、本モデルを用いて災害情報システムの評価を試験的に実施した。ここではその概要を述べる。

ここでのシミュレーションは、被災直後の住民への避難情報の伝達が災害情報システムと住民間の口頭伝達のみによって行われる状況を想定し、いくつかのシナリオのもとで稼働する災害情報システムの情報伝達効率を速達性と悉皆性の観点から評価する。シミュレーションは、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(=避難事由の発生地点)を設定して行う。モデルの基本構成は、住民間情報伝達モデルを基礎として構成し、その情報伝達を補完する形で災害情報システムが機能する。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(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が、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連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連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、

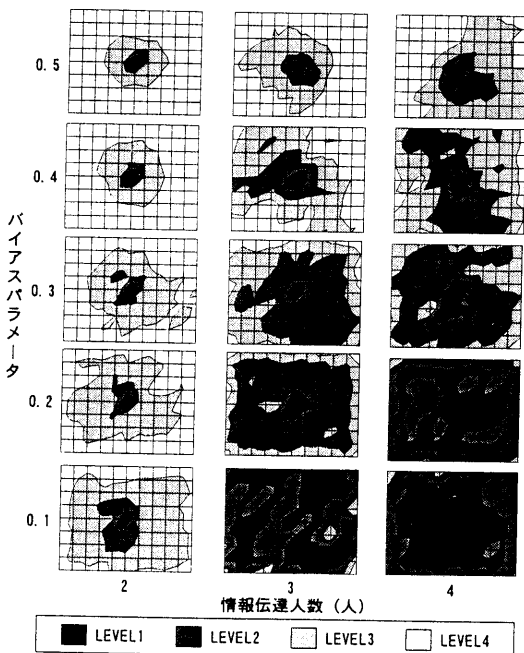


図-3 2次元空間にみるネットワークの広がり

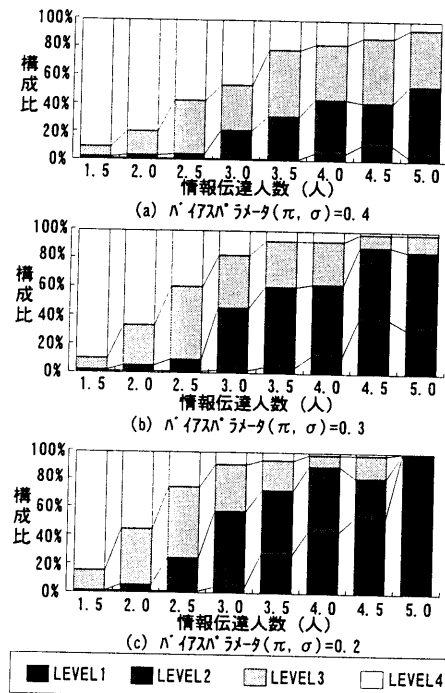


図-4 情報伝達レベルの分布構成

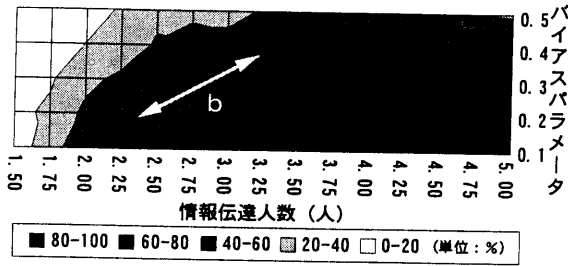


図-5 バイアスパラメータ・情報伝達人数と結合度の関係

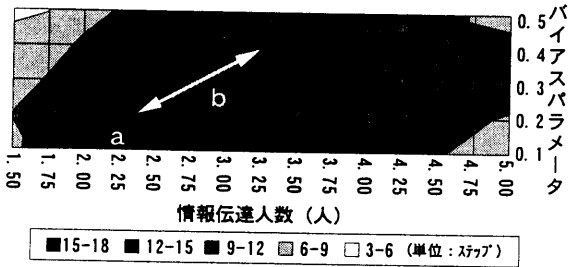


図-6 バイアスパラメータ・情報伝達人数とステップ数の関係

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-7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。以上にに基づき災害情報システムに次の6つのシナリオを設定した。

【シナリオ\* 災害情報システムなし】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】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】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と同じ。

【シナリオ③ 地域自立型Ⅰ】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】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と同じ。

【シナリオ⑤ 自立ネットワーク型Ⅰ】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】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と同じ。

#### 4-2 災害情報システムの評価

以上のシナリオに基づくシミュレーション結果を、情報伝達レベルの分布構成にまとめ、図-8に示す。これによれば、災害情報システムを導入したシナリオ①~⑥の全てで、結合度の向上や情報伝達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、情報伝達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

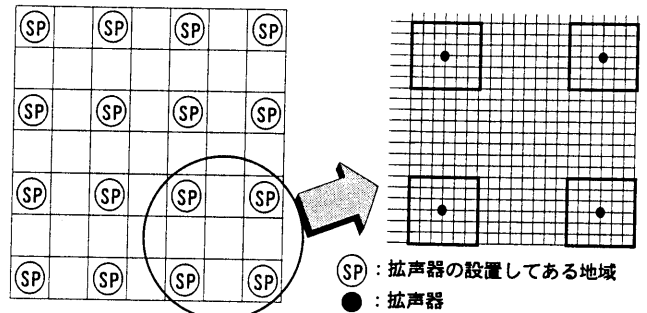


図-7 屋外拡声器の設置位置

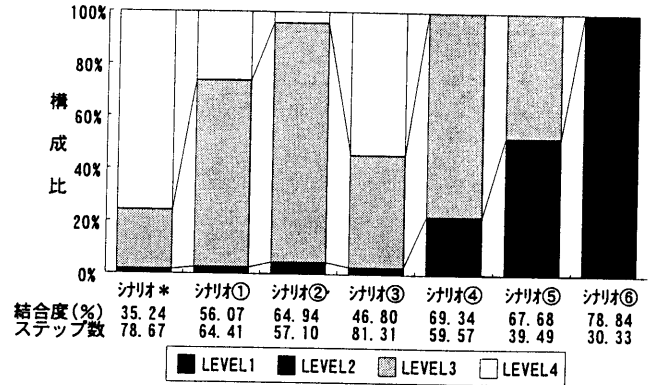


図-8 シナリオ別安全レベルの分布構成

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。

謝辞：本研究は(財)第一住宅建設協会ならびに(財)地域社会研究所の平成8年度研究助成を受けて実施した。また、シミュレーションの遂行は、群馬大学大学院生及川康君の協力によるところが大きい。ここに記して深謝する次第である。

#### 【参考文献】

- 総合研究開発機構(1995), 「大都市直下型震災時における被災地域住民行動実態調査」, NIRA研究報告書, No. 950067.
- 高寄昇三(1996), 「阪神大震災と自治体の対応」, pp. 3-38, 学陽書房.
- 川上庄二郎(1996), 「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.
- 船津 衛(1994), 「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.
- 廣井 脩(1991), 「災害情報論」, pp. 35-36, 恒星社厚生閣.
- 小田貞夫, 大西勝也(1993), 「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.
- 廣井 脩他(1993), 「災害時の避難・予警報システムの向上に関する研究」, 平成3・4年度文部省科学研究費報告書.
- Blau, P. M. (1974), 「Parameters of Social Structure」, 『American Sociological Review』, Vol. 39, pp. 615-635.
- 小林淳一(1986), 「社会構造論の数理的基礎」, 『数理社会学の現在』, pp. 263-279, 数理社会学研究会.
- Rapoport, A. (1979), 「A Probabilistic Approach to Networks」, 『Social Networks』, No. 2, pp. 1-18.
- Fararo, T. J. (1981), 「Biased Networks and Social Structure Theorems」, 『Social Networks』, No. 3, pp. 137-159.
- Skvoretz, J. (1985), 「Random and Biased Networks: Simulations and Approximations」, 『Social Networks』, No. 7, pp. 225-261.
- 平松 闊(1990), 「友人選択のモデル」, 『社会ネットワーク』, pp. 52-70, 福村出版.
- 科学技術庁(1995), 「阪神・淡路大震災をふまえた地震防災科学技術の推進方策について」, 科学技術庁研究開発局防災科学推進室報告書.