

# 被災時の避難行動のグループダイナミクス\*

## Group Dynamics of Evaluation Behavior in Typhoon-Stricken Community\*

羽藤英二\*\*・中川周郎\*\*\*

By Eiji HATO\*\*・Shuro NAKAGAWA\*\*\*

### 1. はじめに

災害時における災害情報と住民対応行動に着目した研究は、1)主観的リスク認知と長期的意思決定、2)即時的な情報認知プロセスと避難行動、3)都市圏レベルでの避難シミュレーションに大別できる。1)は理論的なアプローチに基づいており、多々納らは、被災時に被災しないで済む確率を初期信念確率として定義した上で情報に対する主観的信頼度を用いてこれを更新するモデルを提案している<sup>1)</sup>。さらに家計の居住地選択モデルに組み込み土地利用均衡モデルの枠組みで数値計算例を示している。2)については、片田らの研究グループが、水害進展過程における住民の情報取得と危機意識・対応行動の変遷について、多くのアンケートデータを収集し、実証的な研究結果に基づくシミュレーション分析を行っている<sup>2)</sup>。3)については、経路選択や避難開始時刻についての個人の行動規範をモデル化した上で、様々なシミュレーションモデルの開発が行われている。高木らの研究グループは、高齢者などの個人属性を踏まえた避難所配置の支援システムを<sup>3)</sup>、秀島らの研究グループは都市水害時の地下鉄列車からの退避計画シミュレーションを行っている<sup>4)</sup>。

これら被災時の避難行動研究で分析を困難にしている理由は、1)定常的な行動ではないため、被災者からの正確なデータ取得が難しい。

2)行動が複雑で動的である上に、個人の行動が関連しあっており現象のモデル化が難しい。といった点<sup>5)</sup>があげられる。これらの研究で基本となっているアンケートの回答バイアスは、通常、多くのサンプル

\*キーワード：計画基礎論、地球環境問題、総合交通計画

\*\*正員、工博、愛媛大学工学部環境建設工学科

(愛媛県松山市文京町3、

e-mail:hato@eng. ehime-u. ac. jp, TEL089-927-9862)

\*\*\*正員、工修、四国ガス

数を確保することで解決可能と考えられる。但し、短時間の間に刻々と変化する被災状況に被災者がどう対応したのかを、予め用意された定型の回想形式のアンケートに正確に記入することには限界もあろう。アンケートでは、ある行動に着目しモデル化を前提として行われるため、調査者が想定していない行動や情報認知行動については回答漏れを起こす場合がある。想定していない複雑な行動や被災者が互いに行ったコミュニケーションこそが、被災時の避難行動では本質的な現象である可能性がある。

本研究では、こうした点に着目して、被災集落における情報認知と避難行動のデータをアンケートではなくヒアリングにより収集し、被災住民の紐帯のダイナミクスの詳細な再現に主眼を置く。被災住民の発話内容と発話回数に着目し、テキストマイニングにより潜在的な意識構造を明らかにするとともに、従来個人の意思決定として捉えられてきた避難行動を集団行動として考え、集落内の紐帯をコミュニケーションネットワークとして定式化する。

### 2. データ

調査対象地区は、2004年8月18日の台風15号と、9月29日の台風21号上陸時における愛媛県新居浜市の楠崎、多喜浜、唐津山、大生院地区とした。これらの集落は30名-100名程度の小集落であるが、殆どの世帯が浸水すると共に発生した土石流で死者8名を出している。

アンケート調査、ヒアリング調査、家屋などの罹災確認調査を災害直後から1ヶ月後までの期間に実施した。本研究で用いたヒアリング調査は、172世帯216人に対して実施した。

ヒアリング調査では、被災当日の状況を時間帯を区切って被災者に発言してもらい、これを記録し、すべての発話内容をコーパス化した。

### 1. ヒアリングデータのテキスト化

いやー、そのときはねえ、もうびっくりして、家流れたいので行ってみたら、妹とお姉さんの家はないんよ。唖然として、どこへ避難したんだろうか流れたんだか皆、心配しとったんよ。自治会館行ってもおらんし、そのへんウロウロしとった、「妹さんはあっち逃げとるよー」って言うけんね、行ってみたらおったんよ。



### 2. 時系列上での活動の整理(1次加工データ)

世帯番号	時刻	活動内容	活動(移動)開始時刻	活動(移動)終了時刻	活動(移動)理由	移動同行者	場所
81	11	1	帰宅		昼を回る		駐車場→自宅
81	11	1	帰宅	8:30			職場(西条)→駐車場
81	11	1	仮眠	8:30	自宅まで行くと濡れる		駐車場
81	11	1	聞く	夕方ごろ			自宅
81	11	1	聞く	20:00とか21:00			自宅
81	2	3	在宅	0:00	23:59		自宅
26	1	1	起床	7:00			自宅

### 3. 移動・活動・データ

世帯番号	個人番号	信頼度	活動内容	活動開始時間(時)	活動開始時間(分)	活動終了時間(時)	活動終了時間(分)	活動終了	出発地	目的地	活動地	交通手段	同行者
26	1	1	11	3	0	8	0	1			26		
26	1	1	12	8	0	10	0	2	26	420	420		2
26	1	1	55	10	0	10	1	9			420		
26	1	1	12	10	1	9	17	0			420		
26	1	1	30	17	0	27	0	1	420	305	305		2

図-1 ヒアリングデータのテキスト化

コーパス化した発話内容を形態素解析し、個人ごとの発話頻度テーブルを作成した上で、時系列に活動内容を整理した。さらに時間と紐付けした移動・活動データテーブルを作成した。以下の分析ではこれらのデータを用いる。

### 3. 基礎的分析

表-1に被災日当日のアクティビティパターンの構成を示す。自宅、現場、現場以外、避難所、被災地(土石流による死者の出た世帯周辺)に場所を区分しパターン分類を行った。

全体では、自宅から避難所にそのまま避難した人の割合が最も高い。これに対して、死者の出た西楠崎では、床上・床下浸水に限定された白浜地区で生起しているアクティビティパターンに大きな違いがあることがわかる。西楠崎では、近所の人を安否を確認や情報収集行動を一旦行った後で自宅に戻り避難所に避難する H→S→H→R型が多いのに対して、白浜地区では、ずっと自宅にいたH型が多い。また、平均アクティビティ数の分散は大きく、個人間で被災時に多くの活動を行っている人と何もしない人の差が大きいこともわかる(表-2)。

### 1.1 形態素解析

キーワード	池	TFIDF池	土砂	TFIDF土砂
切れ	0.485	中間	0.677	強い
流木	0.658	中間	1	完全
泥	0.068	弱い	1	完全
雨	0.581	中間	0.497	中間
風, 台風	0.243	弱い	0.429	中間
水	0.46	中間	0.158	弱い
下	0.239	弱い	-0.025	弱い
上	0.169	弱い	0.036	弱い
土手	0.393	中間	0	弱い
川	0.148	弱い	0.188	弱い
表面	0.257	弱い	1	完全
桜	0.224	弱い	-0.226	弱い
木	0.095	弱い	-0.393	中間
庭	0.237	弱い	1	完全
線路, 踏み切り	0.104	弱い	-0.201	弱い
横	0.327	弱い	-0.167	弱い
自宅	0.123	弱い	1	完全
外	0.129	弱い	-0.775	強い
様, 様子	0.028	弱い	1	完全
水浸し	-0.24	弱い	1	完全
テレビ	-0.203	弱い	-0.5	中間
被害	-0.081	弱い	-0.371	中間
バイク	0.056	弱い	1	完全
避難	0.219	弱い	-0.76	強い
避難所	-0.325	弱い	1	完全
自治会館	0.219	弱い	0.352	中間
神郷小学校	0.056	弱い	1	完全
体育館	-0.219	弱い	-0.756	強い
会社	0.16	弱い	0.284	弱い
体育館	-0.219	弱い	-0.756	強い
子	0.23	弱い	-0.192	弱い
孫	0.02	弱い	-0.962	強い
夫婦	0.612	中間	1	完全
隣	0.004	弱い	-0.523	中間
親戚	-0.018	弱い	0.223	弱い
皆	0.421	中間	0.205	弱い

表-1 被災集落別被災日のアクティビティパターン

行動パターン	西楠崎	白浜	東楠崎	唐津山	大生院	全体
H	1	29	0	1	3	34
H→R	21	12	1	0	7	41
H→O→H	1	19	0	2	2	24
H→O→R	2	0	0	0	0	2
H→O→H→R	6	3	1	0	2	12
H→S→H	4	11	2	3	9	29
H→S→H→R	25	0	8	1	0	34
H→S→R	0	0	0	0	0	0
H→O→S→H	0	0	0	0	0	0
H→O→S→H→R	0	0	0	0	0	0
H→O→S→R	0	0	0	0	0	0
H→O→H→S→H	0	2	1	0	2	5
H→O→H→S→H→R	3	0	1	0	0	4
H→O→H→S→R	0	0	0	0	0	0
H→ST	3	3	0	0	0	6
H→ST→R	9	10	0	0	0	19
その他	3	1	1	0	1	6
合計	78	90	15	7	26	216

※H(home):自宅, O(other):現場以外, S(spot):現場, R(refuge):避難所, ST(stricken):被災地

表-2 被災集落別平均アクティビティ数

エリア	サンプル数	平均活動数	分散
西楠崎	78	6.90	11.70
白浜	90	5.93	8.76
東楠崎	15	8.60	14.54
唐津山	7	6.71	8.24
大生院	26	7.54	13.62
全体	216	7.14	11.18

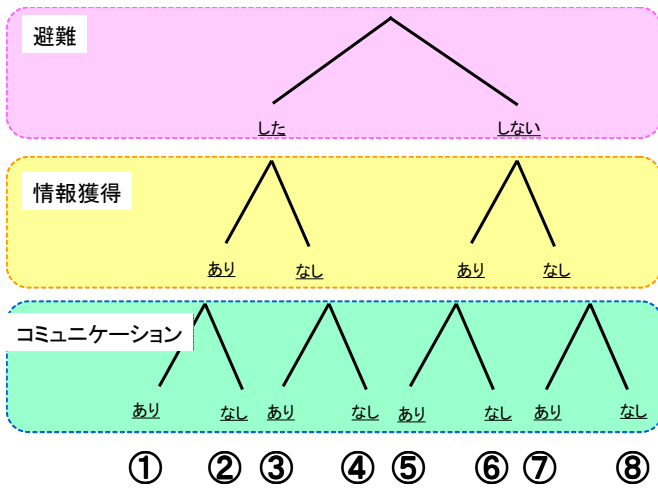


図-2 コミュニケーションパターンの分類

表-3 世帯人数別のコミュニケーションパターン

パターン	避難	情報	コミュ	独居	2人	3人	4人	5人	6人	7人
①	1	1	1	8	16	7	7	3	2	0
②	1	1	0	5	10	0	2	0	0	0
③	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
④	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0
⑤	0	1	1	4	16	7	2	2	0	1
⑥	0	1	0	4	9	3	5	0	0	1
⑦	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
⑧	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
計				24	53	19	17	6	2	2

次に、被災時の他人とのコミュニケーションと避難行動や情報獲得行動の関係を分析する。被災時の避難行動と情報獲得行動や情報の信頼度の間に密接な関係にあることが既往の研究により明らかにされている。ここでは、人から人への情報伝達そのものに焦点をあてる。

避難と情報獲得の有無の組み合わせ別に被災時のコミュニケーションパターンを分類した(図-2)。世帯別にコミュニケーションパターンの構成割合を比較すると、世帯人数が増えるほど、災害情報をセンシングした上で誰かにそれを伝達し避難している人の割合が高くなっていることがわかる。全体では、パターン①が最も多く、ついでパターン⑤、パターン⑥、パターン②となる。情報の入りと出はペアになっておらず、収集したけれど伝えない、収集していないけれど伝えてもらった。といった一方的な情報受信者と収集者、そして仲介者、孤立者の混在が確認できる。

#### 4. 定式化

前節に示したようなコミュニティの中の情報の偏在状態を表現するための定式化を考える。

$n$ 人で構成されるコミュニティを考え、既存ノードが $k$ 個のコミュニケーションリンクを持つとする。このとき新しいコミュニケーションリンクが個人 $i$ に対して発生する確率を以下の式(1)で表現する。

$$\Pi(v_i) = \frac{\eta_i k_i}{\sum_j \eta_j k_j} \quad (1)$$

ここで、 $v_i$ は個人 $i$  ( $1 < i < n$ )を、 $k_i$ は個人 $i$ に接続するリンク数を示す。また $\eta_i$ はコミュニティにおける個人 $i$ の重要性を表し、確率密度関数 $\rho(\eta)$ を持つ。被災の進行と共に、コミュニケーションネットワークは成長すると考えられるので、連続近似式で、

$$\frac{\partial k_i}{\partial t} = \mu \Pi(v_i) = \frac{\mu \eta_i k_i}{\sum_j \eta_j k_j} \quad (2)$$

初期条件を $k_i(t) = \mu$ とすれば、さらに式(2)の分母を集団平均で近似して、

$$\sum_j \eta_j k_j \cong \int d\eta \eta \rho(\eta) \int_0^t dt_0 k_\eta(t, t_0) \quad (3)$$

$$= \int \eta \rho(\eta) \mu \frac{t - t^{\beta(\eta)}}{1 - \beta(\eta)} d\eta$$

次数分布を計算するために、時刻 $t$ でコミュニケーションをとった個人の数が $k$ 人以上となる確率は、

$$P[k_\eta(t) > k] = P\left[t_0 < t \left(\frac{\mu}{k}\right)^{c/\mu}\right] \cong t(\mu/k)^{c/\eta} \quad (4)$$

式(4)をさらに $k$ で微分すれば、情報の偏在の程度を表すべき指数 $c/\eta+1$ が求まる。ここで $c$ は、以下のように表すことができる。

$$c = \int \eta \rho(\eta) \mu \frac{t - t^{\beta(\eta)}}{1 - \beta(\eta)} d\eta \quad (5)$$

#### 5. ネットワークの実証分析

図-3に実証分析のフローを示す。分析にあたって、まず個人ごとの様々なコミュニケーション活動を有方向ベクトルで表現したグラフを作成し、これを、

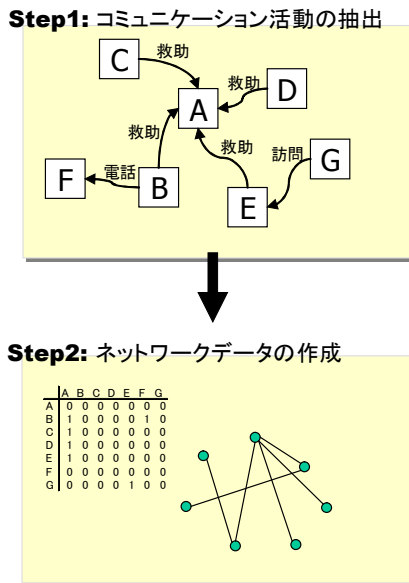


図-3 グラフ分析のフロー

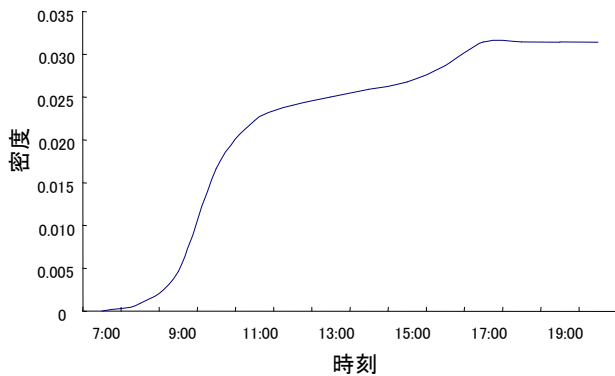


図-4 西楠崎地区のコミュニケーション密度の推移

n人×n人の行列表現することでコミュニケーションネットワークデータを作成する。全てのコミュニケーション活動には発生時刻があり、コミュニケーションネットワークは時系列に沿って発達していく。図-4に、西楠崎地区におけるネットワーク密度の推移を示す。ネットワーク密度は、個人間の関係によって決まり、コミュニティ内の構成員全て関係がある場合は密度が1、全く関係がない場合は密度が0となる。密度が高ければ高いほど、世帯間のコミュニケーションは広域に広まった関係があることを示すことになる。土石流があったのは10:00前後と推定されているが、その前後で急激にネットワーク密度が高くなっていることがわかる。また避難勧告が出された17:00頃も密度が高まっている。次にコミュニケーションをとっている。次にコミュニケーションをとった個人間をリンクでつないだコミュニケーショングラフを図-5に示す。時間の経過と共に、ある特定個人にリンク接続が集中

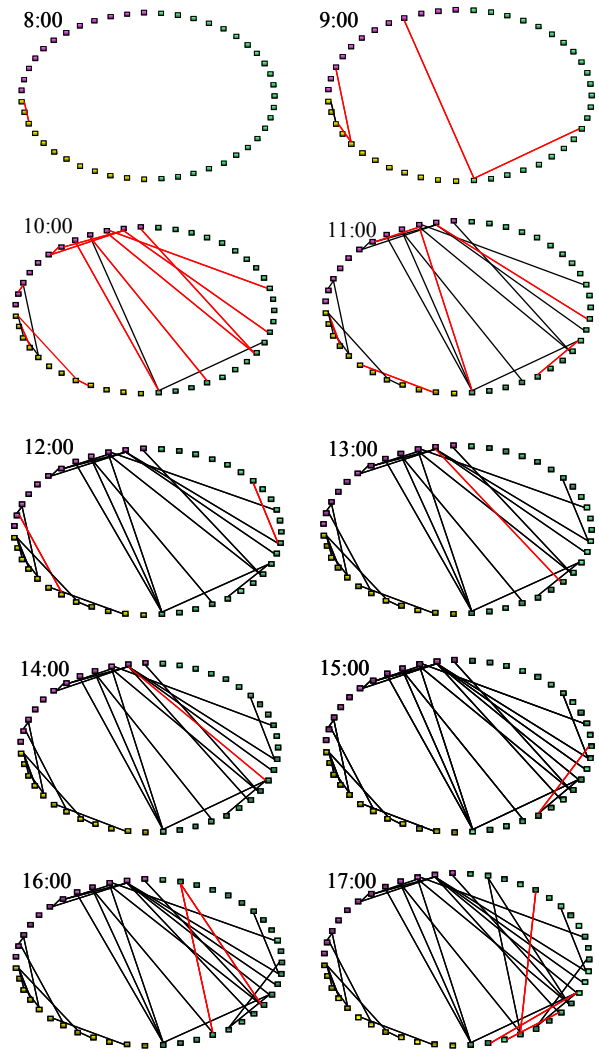


図-5 西楠崎地区におけるコミュニケーショングラフ

すると共に、コミュニケーションがまったく行われない孤立点の存在が確認できる。こうした分布は前節で示すべき乗則の法則に従っており、定式化された数値解が現実の現象で確認できた。

参考文献

- 1) 多々納裕一, 災害リスクのコントロールと災害危険度情報, 土木計画学研究・講演集, No. 22(1), 626-627, 1999.
- 2) 及川康, 児玉真, 片田敏孝, 土木学会論文集, No.786/IV-67, 89-101, 2005
- 3) 山田知寛, 高木朗義, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.2, 325-334, 2005.
- 4) 新田博之, 秀島栄三, 山本幸司, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.2, 317-324, 2005.