土木学会論文集F6(安全問題), Vol. 71, No. 1, 58-72, 2015.

時間経過に伴う住民の防災意識と防災対応行動の変遷過程に関する研究

及川　康[1]・片田　敏孝[2]・石井　雄輔[3]

[1]正会員　東洋大学准教授　理工学部都市環境デザイン学科（〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100）
E-mail: oikawa053@toyo.jp

[2]正会員　群馬大学大学院教授　理工学研究院環境創生部門（群馬大学広域首都圏防災研究センター長）
（〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1）
E-mail: katada@gunma-u.ac.jp

[3]非会員　東洋大学大学院理工学研究科博士前期課程（〒350-8585 埼玉県川越市鯨井2100）
E-mail: s36e01400016@toyo.jp

本研究では，地域住民の防災意識や防災対応行動の状態の時間経過に伴う変遷過程について，簡便な数理シミュレーションによって記述する分析フレームを提示するとともに，そこでの未知パラメータの値を実態調査データを利用して同定することにより現況再現・感度分析・シナリオ分析を行った．その結果，調査対象地域においては，どのような条件下においても最終的な防災意識の低下は免れ得ないことが示唆されると同時に，ある種の社会条件が整うことにより防災対応行動が持続的に活性化される状況が生じ得ることが示された．

Key Words : *transition process, disaster prevention consciousness and action, disaster subculture*

1. はじめに

平時における住民の防災意識や防災対応行動のありようは，時間経過とともに変化するものと考えられる．このような個々の住民を構成員とする地域をひとつの単位として観る場合，ある種の防災意識や防災対応行動が一定の割合で住民間に保有・活性化・共有化された状態のことを，一般に「災害文化が存在している」と称することが多い[1), 2)]．このうち，より厳密に関谷[3)]は，そこでの防災意識や防災対応行動が，災害時の被害軽減に有効な場合を「規範的災害文化が存在している」と呼び，一方，結果的に住民間に共有されてはいるものの科学的には必ずしも有効とは限らない内容の場合を「現象的災害文化が存在する」と呼ぶことで区分を試みている．このような既往の分類・定義を踏まえるならば，一般に多く見受けられる「災害文化の風化を防止しよう」などというスローガンの類[4)]は，規範的災害文化の維持を目指したものであることは明らかであり，有効な防災意識や防災対応行動が地域内で消滅せずに存在し続けることは望ましいとの前提に立っていることもまた自明であろう．

本研究は，一般住民・行政・マスコミなどを含めたいわゆる世論がこのような前提に盲目的・無批判的に肯定的な態度でこの種のスローガンを繰り返すことに対して，ある種の注意を喚起したいという意図がある．これは，「平時において常に高い防災意識を持ち続け，常日頃から災害に対して“いつ起きてもおかしくない”という不安な気持ちを持続すること」を是とするようなスタンスは必ずしも正しいとは言えないのではないか，との問題意識を背景としたものである．

無論，ある種の防災対応行動を実施していない住民が，何故それが必要なのかを理解して実行に移すためには，規範的な防災意識が一定の役割を担うことは明らかである．しかし，そのような不安を拭い去るほどの防災対応行動を十分に行っているならば，平時から高い防災意識を保ち続ける必要はないのではないかという本研究の主張は，少なくとも検証に値するのではないかと考えられるのである．このような主張は，例えば矢守[5)]の「人々は災害に対して常にalertであることは不可能である」との見解，あるいは林[6)]の「災害文化の研究においては理論的知識よりも処理的知識の方が重要である」との見解などと類似の立場であるが，これら既往の定性的な見解に対して本研究は，より定量的な論拠をもってこれらを補強することを目的としているとも換言できる．

定量的な議論を可能とするために，本研究では，地域

住民の防災意識や防災対応行動の状態の時間経過に伴う変遷過程を簡便な数理シミュレーションによって記述することを試みる．その具体的な内容は第3章にて詳述するが，そこで構築された数理シミュレーションモデルを用いて現況再現・感度分析・シナリオ分析などを可能とすべく，第4章ではモデル内の未知パラメータ等の値を実態調査データを利用して同定する．最後に第5章では，種々の入力条件等のバリエーションによる感度分析やシナリオ分析などを通じて，本質的に重要なことは「高い防災意識の維持」ではなく「十分な防災対応行動が備わっていること」であるという点に言及する．

2. 既往研究

本研究で着目する時間経過に伴う地域住民の防災意識と防災対応行動の変遷過程の記述は，例えばEbbinghaus[7]のような単純な忘却過程とは異なるものである．なぜなら，本研究における検討は，時間経過に伴って防災意識や防災対応行動が活性化される可能性をも含み持ったものである必要があるからである．

災害文化の変遷過程の表現を試みた研究は，過去にも幾つか存在する．例えば矢守[8),9),10)]は，新聞等における当該災害に関する報道記事量を用いた分析を展開し，それが時間経過に伴い減衰していく過程を記述している．しかし，これについては，矢守[9)]自身や河田・柄谷[11)]が指摘しているように，新聞報道量とその時点での社会の防災意識との間に相互作用関係がどの程度あるのか，また前者が後者を規定するのか，あるいはその逆なのかといった点が明瞭ではないという問題を含んでいる．さらに，矢守[9)]は，新聞報道量によって計測された指標が減衰してゆく過程は，当該事象について単に「語られなくなった」ことを示しているに過ぎないが，これはむしろ「わざわざ語るまでもない暗黙自明の知識・意味として地域に定着してゆく過程」として捉えることも可能であるとの考察を加えている．このような考察は興味深くはあるものの，そのような要因で減衰していく部分と，純粋に忘却によって減衰していく部分との峻別は，当該論文の中では明瞭にはされてはいない．

この他にも，杉森・岡田[12)]が，40×40の架空の格子上に付与した0か1の状態変数の変化過程を，磁性のモデル化に用いられるIsingモデル等を援用して災害文化の変遷過程を比喩的にモデリングしているほか，河田・柄谷[11)]が，地域住民の防災意識の状態の変遷過程をアンケート調査データ等に基づき直接的に表現することを試みた事例などが見受けられる．しかし．これらではいずれも住民の防災意識が時間経過に伴い減衰していく様が表現されるにとどまっており，本研究のような「平時において常に高い防災意識を保ち，常日頃から災害に対して不安を抱き続ける必然性に対して疑問を呈したうえで，むしろそのような不安を拭い去るほどの十分な防災対応行動さえ備わっているならば，平時から高い防災意識を保ち続ける必要はないのではないか」といった主張の妥当性についての検証に対しては，十分な回答を与えるには至っていないと言えよう．

表-1 防災意識と防災対応行動の4状態

		防災対応行動		計
		Positive	Negative	
防災意識	Positive	【状態 PP】	【状態 PN】	【1】
	Negative	【状態 NP】	【状態 NN】	【2】
計		【3】	【4】	n

3. 防災意識と防災対応行動の変遷過程の記述

前述のとおり，本研究では，住民の防災意識と防災対応行動の両者の変遷過程を同時に取り扱ったうえで考察を行うことが重要である．したがって本研究では，住民の防災意識と防災対応行動の状態を，**表-1**に示すような4つの状態に分けて捉え，これらの各状態にある住民の比率が時間経過の中でどのような変遷過程をたどるのかについて，以下に示す数理シミュレーションモデルを構築することにより考察を行う．これにより，**表-1**内の【1】や【2】に着目することで防災意識の時間的変遷に関する議論が可能であり，また，【3】や【4】に着目することで防災対応行動の時間的変遷に関する議論が可能となる．

まず，シミュレーションモデルにおける基本条件として，総人口nの地域を想定し，そこに居住する住民個々は防災意識と防災対応行動に関して【状態PP】【状態NP】【状態PN】【状態NN】のいずれか1つの状態をとるものと仮定する．ここで，時間経過にともなう住民の防災意識・防災対応行動の変遷を考察するということは，すなわち時間経過にともなう各状態間での遷移を考えることに等しい．議論の対象はこれらの各状態の住民が総人口に対してどれだけの割合を占めるかにあり，それへの影響要素としては，中村の指摘[13)]を踏まえるならば，「個人の変化」，「世代間の変化」，「人口移動による変化」の3種類を考慮する必要があると考えられる．以下に，それぞれについてのシミュレーションモデル内での扱いについて概説する．

(1) 個人の変化

状態間の遷移を引き起こす要因のうち，ここで取りあげるのは，他の住民から受ける影響による自身の状態の

変化である．これは，ある時点をともに生きる個人から個人への「伝承」と言い換えることも出来る．本研究では，伝承の内容および伝承が成立するか否かの規定要因として，主として以下のようなものを考える．

a) 伝承内容の規定要因（地域内の各状態の人口割合）

たとえば地域内人口の多くの割合を【状態PP】の住民が占めるならば，他の状態の内容よりも【状態PP】に関する伝承の方がより多く行われると思われる．したがって本研究では，PP，PN，NP，NNの人口割合如何によって，どの状態に関する内容が多く伝承されるのかが規定されると想定することとする．

b) 伝承が行われるか否かの規定要因

地域内で行われる伝承の多寡を規定する要因には，主として下記のようなものを想定することが出来る．

i. 地域住民との接触頻度

より多くの住民と触れる機会が大きいほど，伝承の機会も大きいものとなる．これは，地域内の住民間の繋がりの強度と換言することも出来る．

ii. 伝達側の伝承意思と受信側の伝承されやすさ

伝達側の住民が，自身の防災意識や防災対応行動の状態について他人に伝承したいという思いが強いほど，そして，受信側の住民が感化されやすいほど，それらの住民間において伝承が成立しやすくなると考えられる．

c) シミュレーションモデルとしての記述

上記のような捉え方は，構造的にはインフルエンザ等の感染症の流行予測やワクチン・隔離等の予防・制御の効果予測などに用いられるSIRモデルやSISモデルなどのロジック[14), 15)]に類似している部分を多く含み持っている．ここでは，ある閉鎖人口に対して複数の状態を定義し，その状態間の時間当たりの変化が感染力を係数として表現される．例えば，N人の人口集団全体のうち，未感染者（感受性保持者：Susceptible）の数をS，感染者（感染者であると同時に感染症を他人に移しうる者：Infected）の数をI，回復者（病気からの回復による免疫保持者：Recovered）の数をRとしたうえで（$S+I+R=N$），出生，死亡，移民などの影響を無視した場合，感染人口と未感染人口の接触による感染症の流行（時間発展）は下記のように記述される[14),15)]．

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= -\beta \cdot \alpha \cdot I \cdot S \\ \frac{dI}{dt} &= \beta \cdot \alpha \cdot I \cdot S - \gamma \cdot I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma \cdot I \end{aligned} \tag{1}$$

ここでは，$\beta \cdot \alpha$は感染速度，γは治癒速度となっている．感染速度を2つのパラメータで表すのは数学的には冗長で意味がないが，1回の接触あたりでの感染の成立しやすさβと単位時間あたりの接触頻度αを区別して考えることに実務的意義がある場合にはこのように表されることがある[1]．また，式(1)の中の$\beta \cdot \alpha \cdot I$の部分を感染力（force of infection：単位時間あたりにどれくらいの未感染者が感染するのか）と呼ぶことがある．

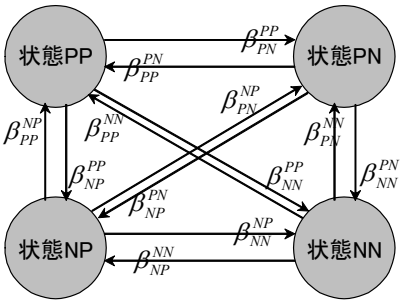

図-1 防災意識と防災対応行動の4状態間の遷移とβ

なお，式(1)では，感染力が感染者の人数に比例すると仮定しているが（これは質量作用型と呼ばれる），例えば性感染症などの場合では，式(2)のように感染者の割合に比例すると仮定するタイプ（マクドナルド型と呼ばれる）がしばしば使用される[14),15)]．

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= -\beta \cdot \alpha \cdot \frac{I}{N} \cdot S \\ \frac{dI}{dt} &= \beta \cdot \alpha \cdot \frac{I}{N} \cdot S - \gamma \cdot I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma \cdot I \end{aligned} \tag{2}$$

これは，性的接触では，周囲の人口密度に関係なく接触回数はある程度安定していることが多いとの考えに基づいている（周囲に異性が十分に多いからといってむやみやたらと性的接触を行うわけではない）．

本研究において着目する防災意識と防災対応行動に関する住民個人のPP，PN，NP，NNの4状態間での遷移に関しても，それが他の住民からの影響を受けることによって引き起こされる側面があるとするならば，それは感染力ならぬ伝承力（force of contagion）ともいうべき概念を定義することに等しいと考えられる．ここで，4状態間での遷移の可能性を列挙して図示すると**図-1**のようになり，各状態の人口増加は3方向からの遷移により生じ，同時に各状態の人口減少も3方向への遷移により生じることとなる．ここにおいて，

$S_i(t)$：時刻tでの状態iの人口　$(i = PP, PN, NP, NN)$

n：検討対象地域の総人口であり，$n = \sum S_i(t)$

α：単位時間あたりの住民の接触頻度であり，前掲3(1)b)iに相当，

β_i^j：状態iの住民が伝達側で状態jの住民が受信側の場合の，住民同士の1回の接触あたりでの伝承の成立のしやすさであり，前掲3(1)b)iiに相当，

$(i, j = PP, PN, NP, NN)$ $(i \neq j)$

$\beta_i^j \cdot \alpha$：状態iの住民が伝達側で状態jの住民が受信側の場合の伝承強度であり，前述3(1)b)に相当，

とおくならば，PP，PN，NP，NNの各4状態の住民同士の伝承による時間当たりの人口変化を，式(2)を踏襲して伝承力で記述すると式(3a)～(3d)のようになる．

$$\begin{aligned}\frac{dS_{PP}(t)}{dt} &= \beta_{PP}^{PN}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{PP}(t)}{n}\cdot S_{PN}(t)+\beta_{PP}^{NP}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{PP}(t)}{n}\cdot S_{NP}(t)\\ &+\beta_{PP}^{NN}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{PP}(t)}{n}\cdot S_{NN}(t)-\beta_{PN}^{PP}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{PN}(t)}{n}\cdot S_{PP}(t)\\ &-\beta_{NP}^{PP}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{NP}(t)}{n}\cdot S_{PP}(t)-\beta_{NN}^{PP}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{NN}(t)}{n}\cdot S_{PP}(t)\end{aligned} \tag{3a}$$

$$\begin{aligned}\frac{dS_{PN}(t)}{dt} &= \beta_{PN}^{PP}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{PN}(t)}{n}\cdot S_{PP}(t)+\beta_{PN}^{NP}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{PN}(t)}{n}\cdot S_{NP}(t)\\ &+\beta_{PN}^{NN}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{PN}(t)}{n}\cdot S_{NN}(t)-\beta_{PP}^{PN}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{PP}(t)}{n}\cdot S_{PN}(t)\\ &-\beta_{NP}^{PN}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{NP}(t)}{n}\cdot S_{PN}(t)-\beta_{NN}^{PN}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{NN}(t)}{n}\cdot S_{PN}(t)\end{aligned} \tag{3b}$$

$$\begin{aligned}\frac{dS_{NP}(t)}{dt} &= \beta_{NP}^{PN}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{NP}(t)}{n}\cdot S_{PN}(t)+\beta_{NP}^{PP}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{NP}(t)}{n}\cdot S_{PP}(t)\\ &+\beta_{NP}^{NN}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{NP}(t)}{n}\cdot S_{NN}(t)-\beta_{PN}^{NP}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{PN}(t)}{n}\cdot S_{NP}(t)\\ &-\beta_{PP}^{NP}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{PP}(t)}{n}\cdot S_{NP}(t)-\beta_{NN}^{NP}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{NN}(t)}{n}\cdot S_{NP}(t)\end{aligned} \tag{3c}$$

$$\begin{aligned}\frac{dS_{NN}(t)}{dt} &= \beta_{NN}^{PP}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{NN}(t)}{n}\cdot S_{PP}(t)+\beta_{NN}^{NP}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{NN}(t)}{n}\cdot S_{NP}(t)\\ &+\beta_{NN}^{PN}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{NN}(t)}{n}\cdot S_{PN}(t)-\beta_{PP}^{NN}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{PP}(t)}{n}\cdot S_{NN}(t)\\ &-\beta_{NP}^{NN}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{NP}(t)}{n}\cdot S_{NN}(t)-\beta_{NN}^{NN}\cdot\alpha\cdot\frac{S_{PN}(t)}{n}\cdot S_{NN}(t)\end{aligned} \tag{3d}$$

なお，上式(3a)～(3d)をまとめて表記すると，

$$\frac{dS_i(t)}{dt}=\sum_j \beta_i^j\alpha\cdot\frac{S_i(t)}{n}\cdot S_j(t)-\sum_j \beta_j^i\alpha\cdot\frac{S_j(t)}{n}\cdot S_i(t) \tag{3}$$
$$(i, j = PP, NP, PN, NN) \quad (i \neq j)$$

となる．このうち，右辺の第一項は状態iの人口の増加成分を表し，第二項は人口減少成分を表している．

以上が，本研究において記述する時間経過による住民個人の防災意識と防災対応行動の変遷過程を追う基本ロジックである．次節以降では，これに「世代間の変化」や「人口移動による変化」などの要素を加味することとする．

(2) 世代間の変化

これは，地域住民の世代が入れ替わる過程で，先代の防災意識や防災対応行動が次世代へと継承されるか否かという観点である．このような継承が先代と次世代との間で行われる確率（継承率）をσ，各時点での死亡率をμとすると，まず，死亡者数（先代の減少数）は，

$$-\mu\cdot S_i(t) \qquad (i = PP, NP, PN, NN) \tag{4}$$

の形で表すことができ，これを式(3)に加える．

なお，前述のとおり数値シミュレーション内での総人口は一定に維持される必要があることから，出生の総数（次世代人口の補填数）は死者の総数（先代の減少数）に一致させる必要がある．そこで，状態iの死者数$\mu\cdot S_i(t)$に継承率σを乗じた人数が次世代として状態iに補充（出生）すると考え，その出生数を，i=PP, NP, PNでは

$$+\mu\cdot\sigma\cdot S_i(t) \tag{5a}$$

と表し，残りのi=NNでは

$$+\mu\cdot(1-\sigma)\cdot\left(S_{PP}(t)+S_{PN}(t)+S_{NP}(t)\right)+\mu\cdot S_{NN}(t) \tag{5b}$$

のような形で式(3)に加えることとする．すなわち，状態NN以外の各状態においては，先代の伝承努力によって先代と同様の防災意識と防災対応行動を備えた次世代人口がσの割合で補充されるものの，残りの(1-σ)は防災意識も災害対応行動の両者ともに活性化されていない状態NNの次世代人口として補充されるかたちとなる．

(3) 人口移動による変化

地域からの転出や地域への転入についても，前節同様に地域住民の入れ替わりを意味するものの，ここでは，新規転入者がその転入先である当該地域の災害に関してどれほどの関心を持つかによって，PP，PN，NP，NNのどの状態で転入してくるのかが規定されると考える．

ここで，地域からの転出率をγとして，転出者数の項をそれぞれ

$$-\gamma\cdot S_i(t) \qquad (i = PP, NP, PN, NN) \tag{6}$$

の形で式(3)に加える．

なお，転入者に関しても，数値シミュレーション内の総人口を一定に保つ必要性から，総転入者数T_{ALL}は

$$T_{ALL}=\sum_i \gamma\cdot S_i(t) \quad (i = PP, NP, PN, NN) \tag{7}$$

表-2 同定が必要なパラメータ等の一覧

	記号	内容		節
追跡開始時点の初期人口	$S_i(0)$	時刻t=0での状態iの人口		4.(2)
式(12a)(12b)内の未知パラメータ	$\beta_i^j \cdot \alpha$	状態iの住民が伝達側で状態jの住民が受信側の場合における伝承速度（0～）		4.(3)
	σ	継承率（0～1）		4.(4)
	μ	死亡率（0～1）	対象地域内人口の自然増減	4.(5)
	γ	地域外への転出率（0～1）	対象地域内人口の社会増減	4.(6)
	m_i	T_{ALL}のうち，PP，PN，NP，NNのどの状態で転入してくるかの内訳割合（0～1, $m_{PP}+m_{PN}+m_{NP}+m_{NN}=1$）		
	$R_i(t)$	PP，NP，PN，NNの各状態の住民の，時刻tにおける災害に対する関心（0～1）		4.(7)
	$RT_i(t)$	PP，NP，PNの各状態として転入する住民の，時刻tにおける災害に対する関心（0～1）		

とする必要がある．このT_{ALL}のうち，PP，PN，NP，NNのどの状態で転入してくるかの内訳割合をそれぞれm_{PP}, m_{PN}, m_{NP}, m_{NN}（$m_{PP}+m_{PN}+m_{NP}+m_{NN}=1$）として，各状態への転入者数の項をそれぞれ

$$+m_i \cdot T_{ALL} \qquad (i = PP, NP, PN, NN) \tag{8}$$

のような形で式(3)に加える．すなわち，このロジックは，4つの各状態から一定割合γで人口が減少した後に，新規転入人口T_{ALL}を一定割合m_{PP}, m_{PN}, m_{NP}, m_{NN}にて言わば再分配するロジックであると換言することもできる．

(4) 当事者の災害に対する関心

前節までにみたような「(1)個人の変化」と「(2)世代間の変化」と「(3)人口移動による変化」の各要素においては，それぞれ，災害からの時間経過にともなう当事者の災害への関心の薄らぎに伴って各パラメータ値が変化する様が類推される．

具体的には，「(1)個人の変化」におけるβ_i^jは，甚大な災害を経験した直後などにおいては非常に強化されるものの，その後においてもそれが強化されたまま維持されるとは想定し難く，人々の関心の薄らぎとともにβ_i^jは徐々に縮小化してゆく様は想像に難くない．また，「(2)世代間の変化」においては，先代が持っていた防災意識や防災対応行動が次世代へ継承される率であるσは，人々の災害への関心の薄らぎとともに徐々に縮小化してゆく様もまた，想像に難くない．「(3)人口移動による変化」における外からの転入者に関しても，災害からの時間経過にともなって災害への関心が薄らいでいくとするならば，それはm_{PP}, m_{PN}, m_{NP}の低下（m_{NN}の上昇）というかたちで影響が現れるものと考えられる．

そこで，PP，NP，PN，NNの各状態の住民および転入者の「時刻tにおける災害に対する関心」を，それぞれ0から1の範囲の値をとる係数（大きな値ほど高関心の意）として$R_i(t)$, $RT_i(t)$ (i=PP, NP, PN, NN)で表すこととする．それぞれが係るパラメータは下記のとおりである．

$R_i(t)$ ： β_i^j，σ

$RT_i(t)$ ： m_i $\qquad (i = PP, PN, NP, NN)$

これにしたがって，前節までに述べた各パラメータを時刻tの関数として下記のように書き改めることとする．

$$\beta_i'^{\,j}(t) = \beta_i^j \cdot R_i(t) \quad (i, j = PP, PN, NP, NN)\ (i \neq j) \tag{9}$$

$$\sigma_i'(t) = \sigma \cdot R_i(t) \quad (i = PP, PN, NP, NN) \tag{10}$$

$$m_i'(t) = m_i \cdot RT_i(t) \quad (i = PP, PN, NP, NN) \tag{11}$$

(5) まとめ

前節までに挙げた要素を加味したうえで，前掲の式(3)を書き改めるならば，式(12a)(12b)のようになる．

（i=PP,PN,NP の場合）

$$\begin{aligned}\frac{dS_i(t)}{dt} &= \sum_j \beta_i'^{\,j}(t) \cdot \alpha \cdot \frac{S_i(t)}{n} \cdot S_j(t) \\ &\quad - \sum_j \beta_j'^{\,i}(t) \cdot \alpha \cdot \frac{S_j(t)}{n} \cdot S_i(t) \\ &\quad - \mu \cdot S_i(t) \\ &\quad + \mu \cdot \sigma'(t) \cdot S_i(t) \\ &\quad - \gamma \cdot S_i(t) + m_i'(t) \cdot T_{ALL} \\ &\quad (j = PP, NP, PN, NN, \quad i \neq j)\end{aligned} \tag{12a}$$

（i=NN の場合）

$$\begin{aligned}\frac{dS_i(t)}{dt} &= \sum_j \beta_i'^{\,j}(t) \cdot \alpha \cdot \frac{S_i(t)}{n} \cdot S_j(t) \\ &\quad - \sum_j \beta_j'^{\,i}(t) \cdot \alpha \cdot \frac{S_j(t)}{n} \cdot S_i(t) \\ &\quad - \mu \cdot S_i(t) \\ &\quad + \mu \cdot \{1 - \sigma'(t)\} \cdot \{n - S_i(t)\} + \mu \cdot S_i(t) \\ &\quad - \gamma \cdot S_i(t) + m_i'(t) \cdot T_{ALL} \\ &\quad (j = PP, NP, PN, NN, \quad i \neq j)\end{aligned} \tag{12b}$$

本研究では，以上のように，個人の変化，世代間の変化，人口移動による変化，災害に対する関心を考慮したうえで住民の災害意識と防災対応行動の変遷過程を記述することとする．

4. 調査によるパラメータ同定

前掲の式(12a)と式(12b)によって防災意識と防災対応行動の変遷過程の追跡を可能にするためには，**表-2**に示すような式中の未知パラメータおよび追跡開始時点の初期人口を具体に定めたうえでシミュレートする必要がある．本研究では，これを可能とする要件を備えた調査データを用いて，以下のような手順で各未知パラメータの値を同定する．

(1) 使用データの概要

表-2 に示す内容を調査データに基づき具体的に同定するためには，使用データが次のような要件を備えている必要がある．

まず，回答者が PP，NP，PN，NN のどの状態にあるのかを複数の時点について測定可能となっていることが伝承速度 $\beta_i^j \cdot \alpha$ の同定に際して必須である．ここにおいて，調査内での測定時点の設定に関しては，その追跡開始時点（t=0）で調査対象者の災害意識や防災対応行動が既に変化が少ない均衡状態に入っていると伝承速度 $\beta_i^j \cdot \alpha$ の同定が困難となることが懸念されることから，追跡開始時点（t=0）は調査対象者の災害意識や防災対応行動に大きなインパクトを及ぼし得る災害事象の発生直後となっていることが望ましい．逆に，追跡終了時点に関しては，調査対象者の災害意識や防災対応行動が均衡しつつある状態にあることが望ましいため，あまり短期間になり過ぎぬよう追跡開始時点からある程度の期間をおいて設定されるべきである．また，その期間内に別の大きなインパクトを与え得る災害事象が存在していると伝承速度 $\beta_i^j \cdot \alpha$ の同定に際してはノイズとなってしまうため，その時点間に調査対象者の災害意識や防災対応行動に大きなインパクトを与え得る災害事象が起きていないことが必要である．その他にも，その時点間における調査対象地域人口の自然増減および社会増減に関する統計データが入手可能であること，当該災害に対する関心度の変化（$R_i(t)$，$RT_i(t)$）について把握可能な設問を有すること，などが求められる．

以上の点を踏まえ，本研究でのパラメータ同定には**表-3** に示す調査データを用いることとした．調査対象地域は東海豪雨災害（2000 年 9 月）にて甚大な浸水被害が生じた旧西枇杷島町（現清須市西枇杷島町）であることから，調査内では，洪水災害に対する調査実施時点での防災意識や防災対応行動に関する設問に加えて，それと同一内容の質問が東海豪雨災害発生直後における状況を回答者自身が振り返るかたちで設けられている．したがって，回答者が PP，NP，PN，NN のどの状態にあるのかを，2000 年 9 月と 2008 年 3 月の計 2 時点について測定することが可能となっている．その他，概ね前掲の要件を満たしているデータであることから，本研究でのパラメータ同定作業に本データを用いることに支障はない

表-3 調査概要

対象地域	愛知県清須市西枇杷島町
実施時期	2008年3月10日～28日
実施方法	郵送配布，郵送回収
調査対象	調査実施時点で対象地域に在住の全世帯
配布数	6,758枚
回収数	2,492枚（36.9%）

表-4 防災意識と防災対応行動に関する設問

	設問内容		選択肢 （括弧内は時点1に関する設問での語尾）	P/Nの 分類
	時点1（東海豪雨災害（2000年9月）直後を振り返って）	時点2（調査実施時点（2008年3月）の自身について）		
防災意識	当時あなたは，自分が生きているうちに再び西枇杷島町で大きな洪水がまた発生するだろうなどと思っていましたか？	現在あなたは，自分が生きているうちに再び西枇杷島町で大きな洪水がまた発生するだろうなどと思いますか？	思っている（いた）	防災意識 Positive
			少し思っている（いた）	
			どちらともいえいない	
			あまり思っていない（かった）	防災意識 Negative
			思っていない（かった）	
防災対応行動	当時あなたは，洪水に備えて何らかの具体的な対策や行動を行っていましたか？	現在あなたは，浸水に備えて何らかの具体的な対策や行動を行っていますか？	十分行っている（いた）	防災対応行動 Positive
			十分ではないか行っている（いた）	
			必要だとは思っている（た）があまり行えていない（かった）	防災対応行動 Negative
			あまり必要だとは思っていない（かった）	
			必要だとは思っていない（かった）	

表-5 追跡開始時点の初期人口

防災意識 の状態	防災対応行動 の状態	状態の 呼称	追跡開始時点の 初期人口
防災意識 Positive	防災対応行動 Positive	PP	$S_{PP}(0)$=228 (17.4%)
	防災対応行動 Negative	PN	$S_{PN}(0)$=856 (66.9%)
防災意識 Negative	防災対応行動 Positive	NP	$S_{NP}(0)$= 29 (2.3%)
	防災対応行動 Negative	NN	$S_{NN}(0)$=166 (13.0%)

表-6 2時点間での人口推移

		時点2 (t=2)				計
		PP	PN	NP	NN	
時点1 (t=1)	PP	98	36	31	15	180
	PN	119	481	18	90	708
	NP	6	6	8	4	24
	NN	11	40	5	64	120
計		234	563	62	173	1032

表-7　伝承速度の同定

$j \rightarrow i$	$\beta_i^j \cdot \alpha = (d_i \cdot n)/(S_i(t) \cdot S_j(t))$
NP → NN	$\beta_{NN}^{NP} \cdot \alpha = (4 \cdot 1032)/(120 \cdot 24) = 1.433$
PN → NN	$\beta_{NN}^{PN} \cdot \alpha = (90 \cdot 1032)/(120 \cdot 708) = 1.093$
PP → NN	$\beta_{NN}^{PP} \cdot \alpha = (15 \cdot 1032)/(120 \cdot 180) = 0.717$
NN → PN	$\beta_{PN}^{NN} \cdot \alpha = (40 \cdot 1032)/(708 \cdot 120) = 0.486$
NP → PN	$\beta_{PN}^{NP} \cdot \alpha = (6 \cdot 1032)/(708 \cdot 24) = 0.364$
PP → PN	$\beta_{PN}^{PP} \cdot \alpha = (36 \cdot 1032)/(708 \cdot 180) = 0.292$
NN → NP	$\beta_{NP}^{NN} \cdot \alpha = (5 \cdot 1032)/(24 \cdot 120) = 1.792$
PN → NP	$\beta_{NP}^{PN} \cdot \alpha = (18 \cdot 1032)/(24 \cdot 708) = 1.093$
PP → NP	$\beta_{NP}^{PP} \cdot \alpha = (31 \cdot 1032)/(24 \cdot 108) = 7.406$
NN → PP	$\beta_{PP}^{NN} \cdot \alpha = (11 \cdot 1032)/(180 \cdot 120) = 0.526$
NP → PP	$\beta_{PP}^{NP} \cdot \alpha = (6 \cdot 1032)/(180 \cdot 24) = 1.433$
PN → PP	$\beta_{PP}^{PN} \cdot \alpha = (119 \cdot 1032)/(180 \cdot 708) = 0.964$

と判断した.

次節以降では，シミュレーションで用いる各パラメータ値の同定について，表-2 に示す順に述べる.

(2) 追跡開始時点の初期人口

回答者がPP，NP，PN，NNのどの状態にあるのかの判定は，表-4に示す設問を用いて行うこととする．このうち，時点1に関する各設問への回答状況に基づいて回答者がPP，NP，PN，NNのどの状態にあるのかを分類した結果は表-5のようになっており，これを追跡開始時点での各状態の初期人口とする（総人口n=1279）.

(3) 伝承速度

伝承速度$\beta_i^j \cdot \alpha$の同定に際しては，表-4に示す2つの時点に関する設問への回答状況を利用する．各時点での回答者の防災意識と防災対応行動に関する4分類をクロス集計したものが表-6であり，これにより2時点間での4状態の人口移動の様子を見てとることができる．なお，表-6の記載内容は両時点の設問に完全回答した人に関するものであることから，ここでの2時点間における状態jから状態iへの遷移は，社会増減や自然増減を介して生じたものではないことは明らかである．前章で述べた考え方を踏襲し，これらの遷移は主として状態jの住民と状態iの住民との間の伝承行為により生じたものと解釈し，その遷移量d_iを，

$$d_i = \beta_i^j \cdot \alpha \cdot \frac{S_i(t)}{n} \cdot S_j(t) \tag{13}$$

と記述することとする．ここで，表-6より伝承速度$\beta_i^j \cdot \alpha$以外はすべて既知であることから，伝承速度$\beta_i^j \cdot \alpha$の値は表-7のように同定できることとなる.

(4) 継承率

前述のとおり，継承率σとは，地域住民の世代が入れ替わる過程において，先代の防災意識や防災対応行動が次世代へとそのまま受け継がれる率である．先代と同様の防災意識と防災対応行動を備えた次世代人口は継承率σの割合で補充される．継承されない場合は，防災意識と防災対応行動は活性化されていない状態NNとして補充される.

表-8　転入者の状態

状態i	度数	m_i
PP	43	0.155
PN	8	0.029
NP	151	0.545
NN	75	0.271
計	227	1.000

後述する本シミュレーションの感度分析において，継承率σは可変な政策変数のひとつであるものの，調査回答者の継承率σの具体値を同定するための確固たる根拠材料を収集するには至らなかったため，ここでは暫定的に0.5とすることとし，感度分析において継承率σを変化させた場合のシミュレーション結果への影響を観察することとする.

(5) 対象地域内人口の自然増減

対象地域人口の自然増減の要素のうち，死亡率μについては，時点1から時点2にかけての調査対象地域（愛知県清須市西枇杷島町）の人口統計データに基づき9.108×10^{-3}とする．出生に関しては，3.(2)に記載の式(5a)および(5b)のとおりである.

(6) 対象地域内人口の社会増減

転出率γは，時点1から時点2にかけての調査対象地域の人口統計データに基づき5.762×10^{-2}とする.

転入者総数T_{ALL}のうち，PP，PN，NP，NNのどの状態で転入してくるかの内訳割合であるm_{PP}，m_{PN}，m_{NP}，m_{NN}（$m_{PP}+m_{PN}+m_{NP}+m_{NN}=1$）については，調査により具体の値を同定することが可能である．時点1よりもあとに対象地域へ転入してきた回答者に対しては，表-4の時点1に関する質問に代わって転入時点についての質問が設けられており，これに基づいて転入者がどの状態で転入してきたのかの分布を集計すると表-8のようになる．m_{PP}，m_{PN}，m_{NP}，m_{NN}にはこれらの値を採用することとする.

(7) 災害に対する関心

$R(t)$および$RT_i(t)$の推定に際して調査では，たとえば自身の居住地を決定・購入するような場面を想定してもらい，その意思決定の判断材料として何年くらい昔までの洪水災害履歴を気に掛けるかを問うている．このとき，「t年くらい昔までの洪水災害履歴は気に掛ける」と回答を寄せたとすると，このことはすなわち，「仮に現在発生したとする洪水災害に対する関心は，t年後まで持

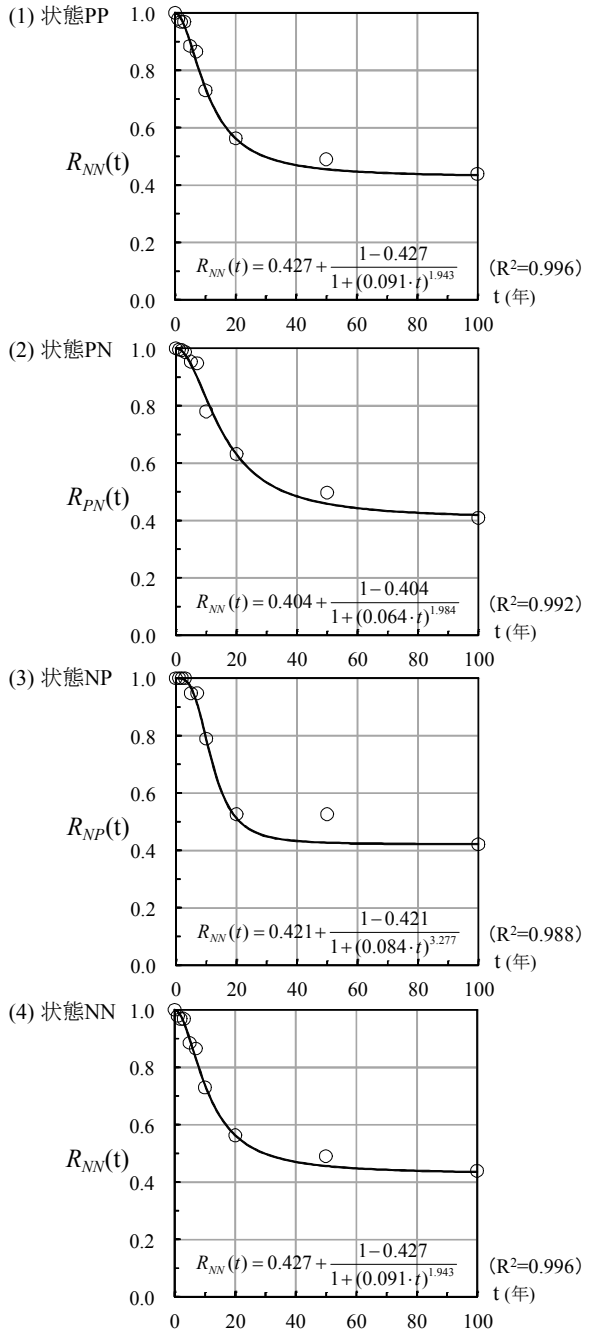

図-2　各状態の回答者の「災害に対する関心」
（プロット：実測，曲線：式(14)による近似）

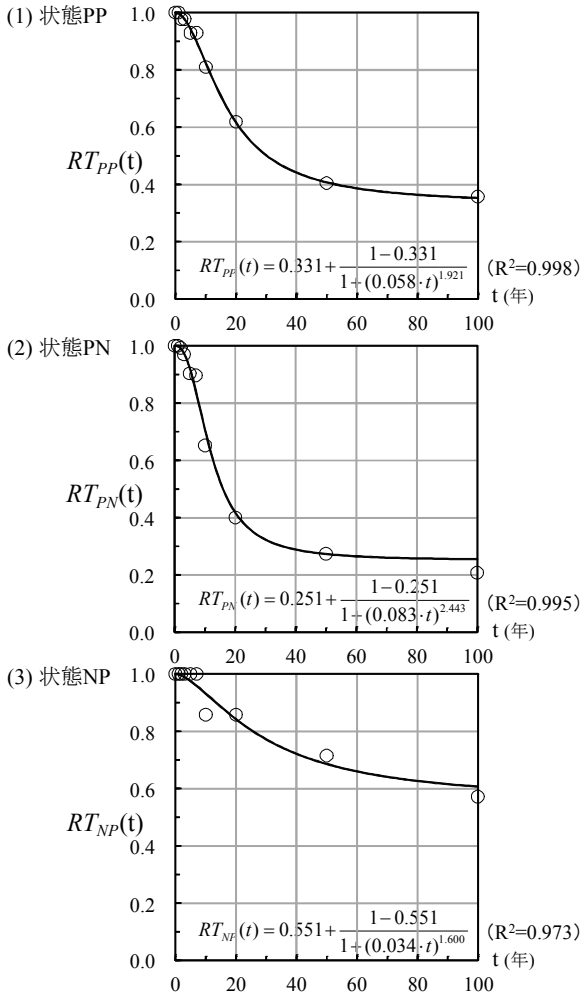

図-3　各状態への転入者の「災害に対する関心」
（プロット：実測，曲線：式(14)による近似）

続する」と読み替えることも可能である[2]．本研究では，この回答状況を利用して$R_i(t)$および$RT_i(t)$の推定を行うこととする．具体の推定は以下のような手順で行う．

まず，t=0の時点で当該の洪水災害履歴を気に掛ける（関心がある）回答者の割合は100%であると仮定する．しかし，たとえば「20年くらい昔までの洪水災害履歴は気に掛ける（当該洪水災害に対する関心は20年後まで持続する）」とした回答者においては，t>20では「洪水災害履歴は気に掛けない（当該洪水災害に対する関心はない）」と解釈されるので，そのような回答者を差し引いたあとでなお残っている回答者割合を逐次描画してゆくと，**図-2**に示すプロット点となる．なお，調査内の設問ではt=1,2,3,5,7,10,20,50,100,200,500,∞（年）についての回答を把握できるよう設計されているが，紙幅の都合上，**図-2**および**図-3**ではtの表示範囲は0~100となっている．

これらのプロットを概観すると，回答者の関心の残存割合（$R_i(t)$および$RT_i(t)$）の推移には下限が存在しており，そこへ徐々に逓減してゆく形状となっていることなどが観察される．そこで，このプロットの近似曲線として，

$$R_i(t) = u + \frac{1-u}{1+(a\cdot t)^b} \tag{14}$$

を想定し，u（下限値），a（尺度母数），b（形状母数）を推定することにより具体の$R_i(t)$を同定する．推定結果は，これに基づく近似曲線の描画と併せて**図-2**に記載のとおりである．

$RT_i(t)$についても同様の手順であり，その回答の分布状態および推定結果は**図-3**に示すとおりである．なお，ここでi=NNに関する図表が省かれているのは，他の3状態の$RT_i(t)$とm_iが定まると同時にm_{NN}が求まるため，別途

$RT_{NN}(t)$について求めることは冗長となるからである．

図-2および**図-3**によると，それぞれの近似曲線は概ね精度の良好なものが求まっていることが確認される．なお，西枇杷島町の洪水災害に対する関心が最も長期に渡り持続する傾向にあるのは，NPの状態で転入してくる住民層（防災意識は低いが防災対応行動を十分に行っている住民層：**図-3(3)**）であり，一方，西枇杷島町の洪水災害に対する関心が最も短期間ですぐに薄れる傾向にあるのは，PNの状態で転入してくる住民層（防災意識は高いが防災対応行動を十分に行っていない住民層：**図-3(2)**）となっており，対称的な様相を呈している．その他の$R_i(t)$および$RT_i(t)$は概ね類似した形状となっている．

5. モデルの挙動と感度分析

表-2に記載されている同定が必要なパラメータ等の値が第4章にてすべて定まったことから，第3章にて構築した数理シミュレーションモデルを用いて防災意識と防災対応行動に関する変遷過程を具体的に追跡することが可能となった．本章では，まず(1)にて，第4章で現況再現として求めた値をそのまま用いた場合のモデルの挙動を確認する．(2)では，いくつかの入力パラメータの値を変化させた場合の感度分析を行う．以上の結果を踏まえたうえで，(3)では都市的状況と田舎的状況を模したパラメータセットによりシナリオ分析を行う．

(1) 現況再現

ここでいう現況再現とは第4章で用いた調査の回答者におけるものであることから，tは東海豪雨災害が発生した2000年からの時間経過を意味することとなる．**図-4**の上部には，第4章で現況再現として求めた一連の値を式(12a)および(12b)に入れてシミュレートした結果（PP, PN, NP, NNの各状態の人口比率の推移）を示している．t=0における各状態の比率は，**表-5**に記載のものと同一である．

これによると，t=0ではPN（防災意識は高いが防災対応行動は不十分）の人口比率が7割弱を占めていたのに対して，時間の経過に伴いその比率は徐々に低下してゆき，t=100付近ではわずか1割程度となっている様子が確認される．それに入れ替わるようなかたちで大勢を占めるようになるのは，防災意識と防災対応行動のいずれも活性化されていない状態のNNであることがわかる．PPはt=0~10の付近で，NPの人口比率はt=20~50の付近で，それぞれ微増傾向は示すものの，それらが全人口に対して占める割合は全期間を通して限定的である．

また，前述のような，**表-1**内の【1】に着目することによる防災意識の時間的変遷に関する議論，および

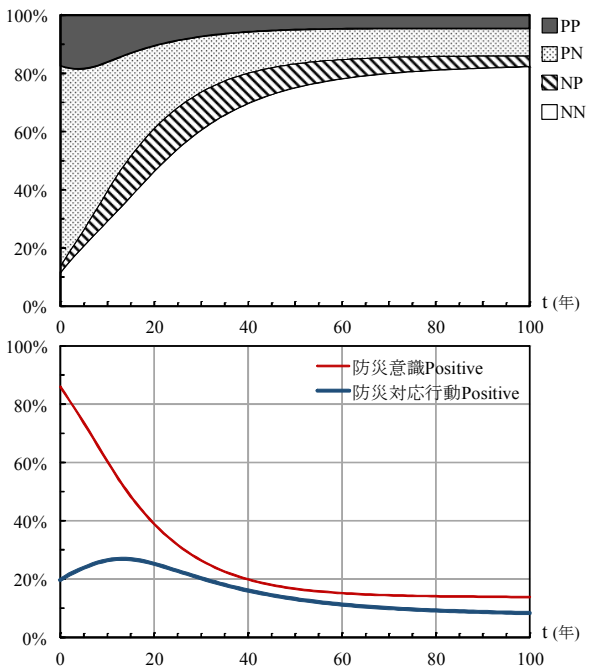

図-4 現況再現での人口比率の推移

【3】に着目することによる防災対応行動の時間的変遷に関する議論をそれぞれ可能とするために，**図-4**の下部には，PNとPPの人口比率を合算したものを防災意識Positiveとして，PPとNPの人口比率を合算したものを防災対応行動Positiveとして，それぞれ掲載している．

これらによって，調査対象地域の現況再現としては，このまま別の大きな災害や社会情勢の変化が発生すること無く，また，そこに特段の対策が介入することが無い場合においては，極微量かつ短期間での防災対応行動の活性化傾向を除いて，一貫して防災意識と防災対応行動は衰退の一途をたどる可能性が高いことが示唆される．

(2) 感度分析

PP, PN, NP, NNの各状態の人口比率の推移においてどのパラメータがどのような影響をもたらし得るのかを確認すべく，以下では，現況再現でのパラメータ値を基準に，伝承速度β・α，継承率σ，転出率γ，災害に対する関心（$R_i(t)$および$RT_i(t)$）のそれぞれを変化させた場合の感度分析を行う．

a) 伝承速度の変動がもたらす影響

伝承速度β・αを現況再現の値に比して2倍に拡大した場合の結果を**図-5**に，同じく1/10に縮小した場合の結果を**図-6**に示す．なお，それ以外のパラメータ値は現況再現のものとすべて同一である．図中には，比較のために**図-4**の下部に示した現況再現での結果を点線で併記している．

伝承速度β・αの値が大きくなることは，すなわち，対象地域内の住民同士の間で活発な伝承が行われる様子を

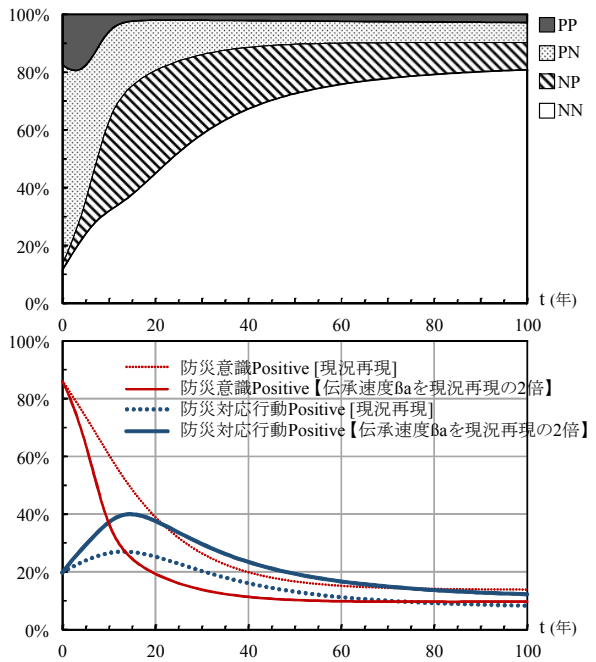

図-5　伝承速度β・αを現況再現の2倍とした場合

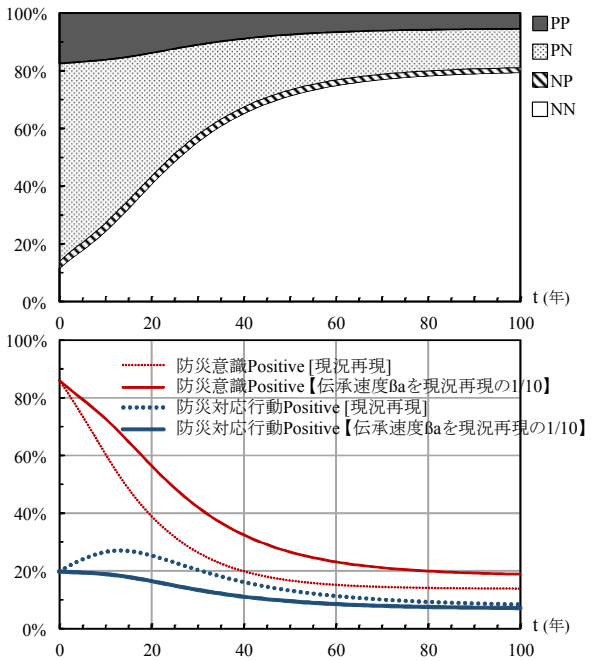

図-6　伝承速度β・αを現況再現の1/10とした場合

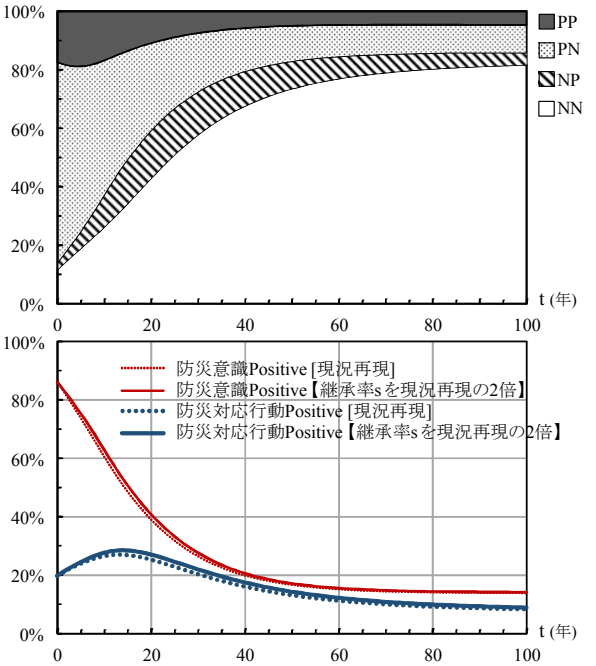

図-7　継承率σを現況再現の2倍とした場合

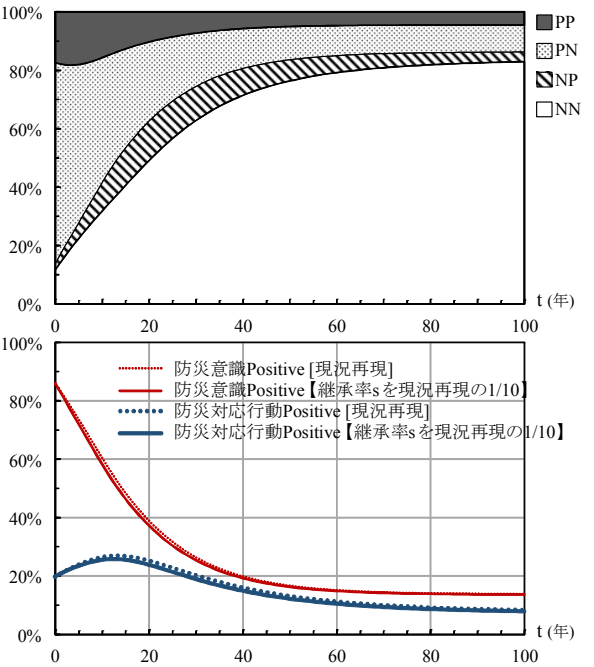

図-8　継承率σを現況再現の1/10とした場合

表現することとなる．その結果，現況再現の図-4に比べて，PNの比率の拡大は抑制される一方で，中期的にはNPの比率が拡大される傾向にあることが図-5上部にて確認することができる．しかし，長期的にはやはりNNが8割近くを占める結果に至る様子が示されている．図-5の下部からは，現況再現に比べて対象地域内の伝承が活発化されることによって，より早い時期から防災意識Positiveの比率の減少傾向が表れていること，ならびに，現況再現の図-4下部においても若干確認された防災対応行動が短期的ではあるが活性化される傾向が，さらに顕著なものとなって生じていること，などを確認することができる．全般的に，伝承速度β・αの値が大きくなること（伝承が活発に行われること）により，現況再現の図-4にて確認されていた幾つかの兆候が，より顕著なものとして拡大されて現れるようになる傾向が把握された．

一方，伝承速度β・αの値が小さくなる状況，すなわち，

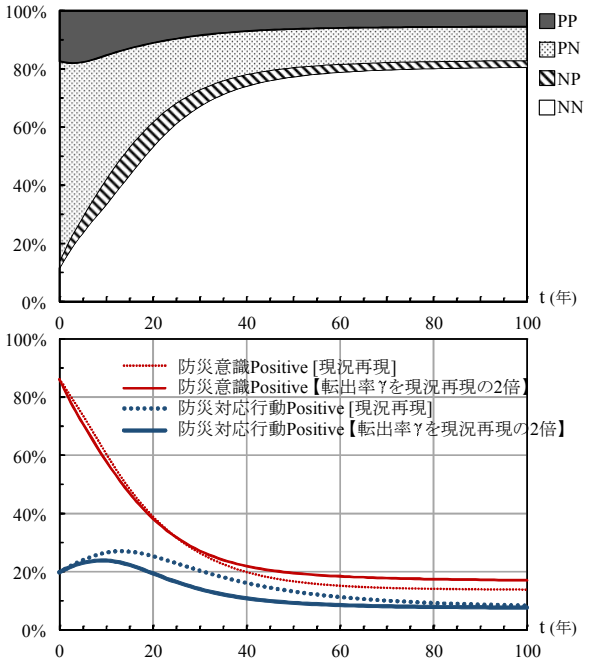

図-9　転出率γを現況再現の2倍とした場合

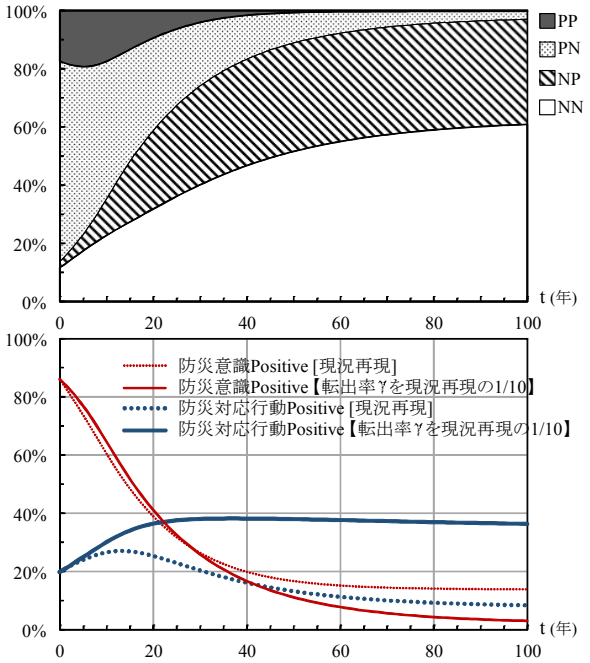

図-10　転出率γを現況再現の1/10とした場合

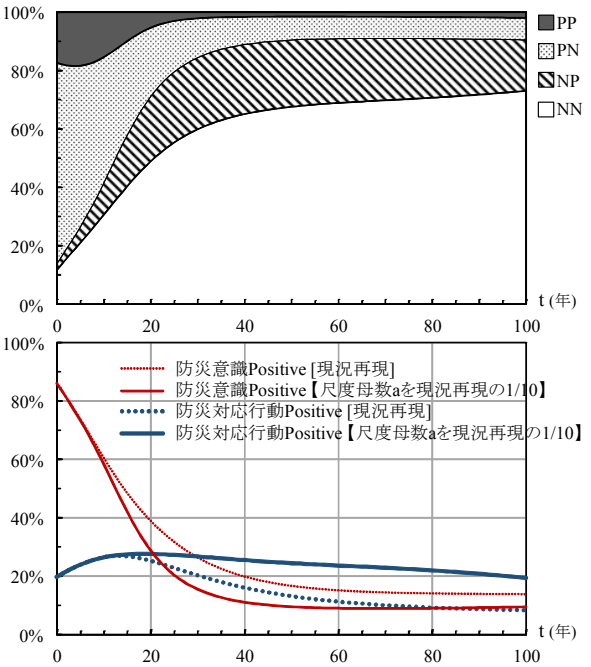

図-11　尺度母数aを現況再現の1/10とした場合

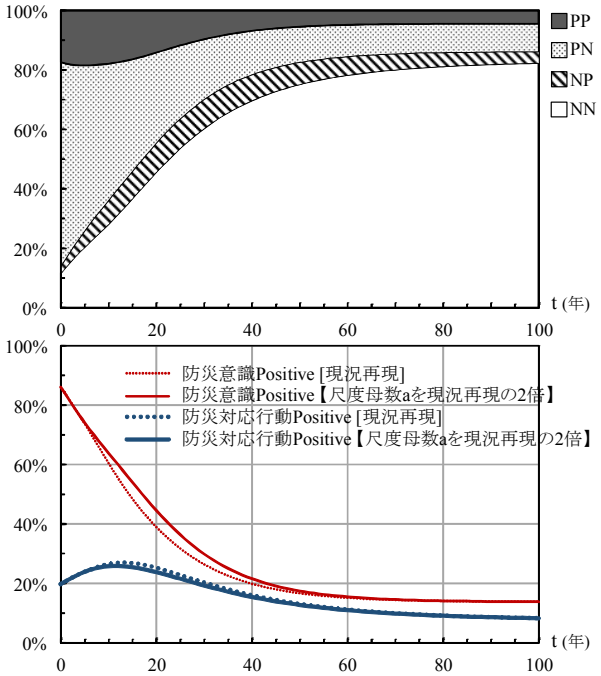

図-12　尺度母数aを現況再現の2倍とした場合

対象地域内の住民同士の間での伝承が行われにくい状況想定になると，4状態の比率変化は現況再現よりも更に穏やかなものとなることが図-6の上部から確認される．また，図-6の下部からは，現況再現に比して伝承速度β・αの値が小さくなると，防災意識Positiveの比率の減少傾向は抑制されること，ならびに，初期状態を上回るかたちで防災対応行動が活性化されることは無くなること，などが確認される．

b) 継承率の変動がもたらす影響

先代から次世代へ防災意識および防災対応行動の状態が継承される率であるσについて，現況再現（σ=0.5）に比して2倍に拡大した場合（σ=1.0）の結果を図-7に，同じく1/10に縮小した場合（σ=0.05）の結果を図-8に示す．これらによると，その変化がPP，PN，NP，NNの各状態の人口比率の推移にもたらす影響は微小なものにとどまっている様子が確認される．

表-9 シナリオ分析での状況想定と主な結果

状況想定				シナリオ分析における主な結果（現況再現との比較）	
呼称	概要	伝承速度 $\beta \cdot \alpha$	転出率 γ	防災意識	防災対応行動
都会的状況想定	住民間コミュニケーションが乏しく人口流動性が高い	現況再現の1/10	現況再現の2倍	全般にわたって若干の活性化が見られるが，最終的には逓減する	活性化傾向は見受けられない
田舎的状況想定	住民間コミュニケーションが多く人口流動性が低い	現況再現の2倍	現況再現の1/10	早期段階からより一層低下する	長期に渡って活性化傾向が維持される

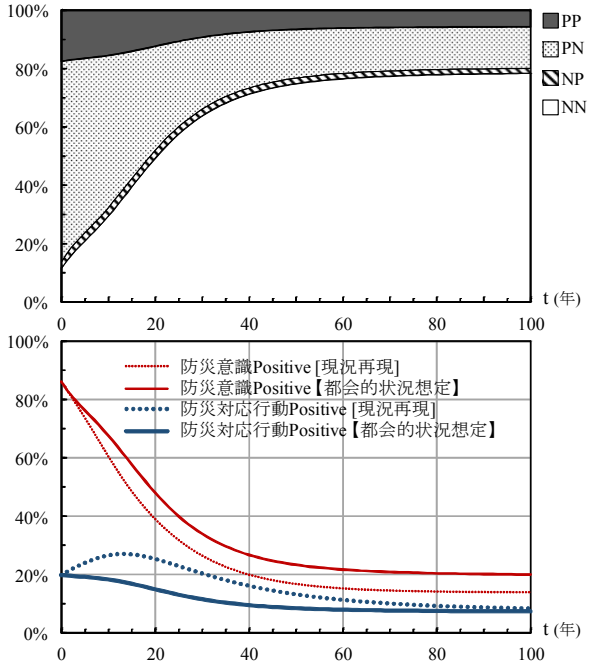

図-13 都会的状況を想定した場合

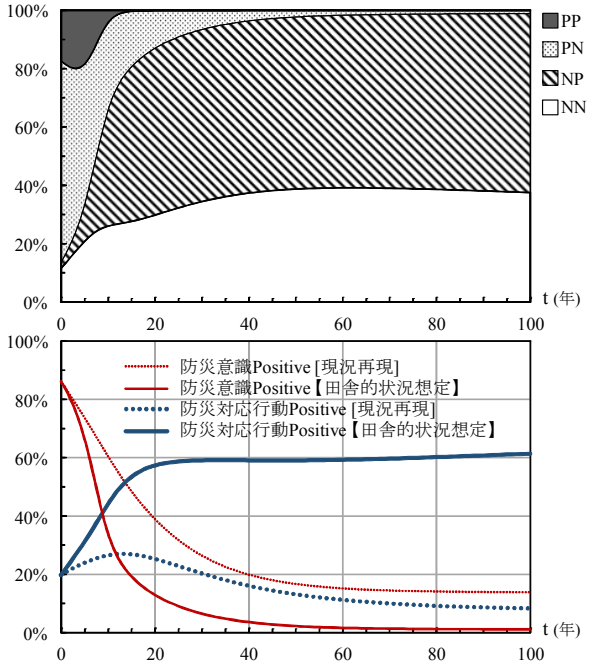

図-14 田舎的状況を想定した場合

c) 転出率の変動がもたらす影響

対称地域からの転出率γを現況再現値（γ=5.762×10^{-2}）に比して2倍に拡大した場合（γ=11.524×10^{-2}）の結果を**図-9**に，同じく1/10に縮小した場合（γ=0.576×10^{-2}）の結果を**図-10**に示す．

転出率γが大きくなる状況想定下では，防災対応行動Positiveの比率が早期段階から低くなっている様子を**図-9**で見てとることができる．一方，転出率γが小さくなる状況想定下では，防災意識はNegativeだが防災対応行動はPositiveとなるNPの人口比率が時間経過とともに増加していく様子が**図-10**の上部で確認され，また，**図-10**の下部によると防災対応行動Positiveの人口比率は約40%程度で維持される傾向にあることがわかる．

転出率γの縮小にともない住民の入れ替えが生じにくくなるということは，すなわち，地域住民が保持する防災意識や防災対応行動の在りようが地域内で共有・蓄積されやすくなる状況に近くなると解釈される．

d) 災害に対する関心の変動がもたらす影響

災害に対する関心の度合いを示す$R(t)$および$RT(t)$は，式(13)に示すようにu（下限値）とa（尺度母数）とb（形状母数）の各値の如何によってその形状が決定される．このうち，尺度母数aを小さくする操作を行うと，グラフのカーブ形状はそのまま維持されつつ全体を右側へと拡大することとなり，関心の度合いは長期間維持されるかたちとなる．そこで，シミュレーションモデル内のすべての尺度母数aを1/10に縮小した場合の結果を**図-11**に示す．これによると，現況再現と比べて，NPの人口比率の拡大傾向が顕著になること，防災意識Positiveの人口比率がより低下すること，防災対応行動Positiveの人口比率が長期間に渡って高めの値を維持する傾向にあること，などが確認される．なお，逆に尺度母数aを2倍に拡大させた場合（**図-12**参照），つまり関心の持続度合いを相対的に短くした場合においては，現況再現と差異は小さいものの，やはり**図-11**における変化とは逆の方向，つまり防災意識Positiveの人口比率が若干上昇し，防災対応行動Positiveの人口比率が若干低下する傾向が確認される．

災害に対する関心を維持することによる影響は，その影響の度合いについては大小の差はあるものの，影響の

方向性や特性に関しては前項で見た「転出率の変動がもたらす影響」と概ね類似しているように見受けられる.

(3) シナリオ分析

以上まで現況再現および感度分析の結果により，現況のままだと一貫して防災意識と防災対応行動は衰退の一途をたどる可能性が高いことが示されたものの，社会の状況によっては防災意識や防災対応行動が活性化される可能性があることもまた示唆された.

これらを踏まえ，ここでは，**表-9**に示すような仮想的状況下でのシナリオ分析を行うこととする．すなわち，住民間でのコミュニケーションが乏しく人口流動性が高い状況を，低い伝承速度β・αと高い転出率γの設定によって表現し，これを「都会的状況想定」と呼称する．**図-13**はその結果を示したものである．一方，住民間で活発なコミュニケーションが行われており人口流動性が低い状況を，高い伝承速度β・αと低い転出率γの設定によって表現し，これを「田舎的状況想定」と呼称することとする．**図-14**はその結果を示したものである.

これらの結果を現況再現と比較しつつ概観すると，都会的状況想定のもとでは，防災対応行動の活性化は見受けられないのと同時に，防災意識Positiveの人口比率については全期間に渡って若干増加している様子が伺えるものの，結果的には防災意識Positiveの比率は約20%程度にまで低下するかたちとなっていることがわかる．一方，田舎的状況想定のもとでは，防災意識Positiveの人口比率は限りなく0%に近い状況にまで低下しているのに対して，防災対応行動Positiveの人口比率は長期間に渡って約60%を維持する結果となっている.

(4) まとめ

これらの結果を踏まえるならば，少なくとも本調査の対象地域においては，どのような条件下においても最終的な防災意識の低下は免れ得ないことが示唆される．すなわち，多くの人々にとって「平時において常に高い防災意識を持ち続け，常日頃から災害に対して“いつ起きてもおかしくない”という不安な気持ちを持続すること」は精神的に不安定・不愉快であることは自明であり，それを忠実に実行することはほぼ不可能であることが想像される．このことは，前掲の「人々は災害に対して常にalertであることは不可能である」との見解[5]にも一致することである.

そして，ある種の社会条件が整うことで，「そのような不安を拭い去るほどの防災対応行動を十分に行っていれば，平時から常に高い防災意識を保ち続ける必要はない」と解釈される状態が達成され得ることもまた示唆されたと言えよう．このことは，前掲の「災害文化の研究においては理論的知識よりも処理的知識の方が重要である」との見解[6]の理論的背景として位置づけることも出来よう.

このことを更に解釈するならば，本研究で概観してきた時間経過に伴う防災意識と防災対応行動の変遷過程とは，すなわち災害文化の形成過程を追っていることに等しいと解釈することも可能と思われる．ただし，その形成過程を経た結果として，必ずしも“良い”状態が形成されるとは限らず，場合によっては防災意識も防災対応行動も消滅した状態に陥る可能性もあるし，条件によっては防災対応行動が持続的に活性化される可能性もあるということである．ここにおいて，防災意識も防災対応行動も消滅した状態のことを「災害文化が風化した状態」と呼ぶならば，それは出来る限り防止すべきものであることは明らかである．しかし，その「災害文化の風化の防止」において本質的に目指すべきことは，「高い防災意識の維持」なのではなく「十分な防災対応行動が備わった状態」なのであるという点を強調したい.

6. おわりに

本研究では，地域住民の防災意識や防災対応行動の状態の時間経過に伴う変遷過程，すなわち災害文化の形成過程について，簡便な数理シミュレーションによって記述する分析フレームを提示するとともに，そこでの未知パラメータの値を実態調査データを利用して同定することにより現況再現・感度分析・シナリオ分析を行った．その結果，「平時において常に高い防災意識を保ち，常日頃から災害に対して不安を抱き続ける必然性に対して疑問を呈したうえで，むしろそのような不安を拭い去るほどの十分な防災対応行動さえ備わっているならば，平時から高い防災意識を保ち続ける必要はないのではないか」といった主張について，一定の妥当性を示す検証結果を得たと考えている.

しかし，本研究には，主として調査データの準備に関して下記のような検討課題も残存していると考えている．まず，第5章にて示されている分析結果はすべて検討対象地域においてのみ確認されたものであるということであり，他地域や他の事例においても同様の結果が得られるという確固たる汎用性・一般性を検証するには至っていないという点に注意を払う必要がある．この点については，今後においても別途収集したデータにより検証を重ねることが肝要であると思われる．また，別途調査データを採取するにあたって，防災対応行動の状況を把握するための設問としては，**表-4**に示すような云わば“自己評価形式”とすべきなのか，あるいは実際に実行している行動内容を把握する形式とすべきなのかは要検討である．更には，住民の防災意識と防災対応行動の状態を

P/Nのようにバイナリで扱うべきなのか，あるいは連続的に変化し得るものとして扱うべきなのかについても検討が必要となるものと考えられる．

以上のような調査データに関する検討課題のほかに，第3章で提示した数理シミュレーションの枠組みに関して更なる精緻化を検討する努力は必要であると考えられる．たとえば，本シミュレーション挙動の骨格を規定する12個の伝承速度の値（**表-7**）のセットは対象者属性（年齢，性別，家族構成，新密度，信頼度，等）が異なることで多様な値となることは十分に想定し得ることであり，そのような多様性を組み入れた場合，極めて多様なシナリオ分析もまた本モデルにて可能となることなどが期待される．このような今後の発展性を鑑みつつ，時間経過に伴う住民の防災意識や防災対応行動の変遷過程，さらには災害文化の形成過程を分析的に取り扱うに際しての基本的枠組みを提示したという点において，本稿は一定の意義を有するものと考えられる．

謝辞：調査および人口統計データの分析は，愛知県清須市役所総務部（当時）の鷲見雅一氏ならびに猪子公威氏をはじめとした多くの方々，および(株)アイ・ディー・エー社会技術研究所のスタッフ諸氏の多大なるご協力を得て実施されたものである．また，数理モデルの基本的枠組みの検討初期段階においては群馬大学大学院博士前期課程（当時）の原田祐輔氏とのディスカッションの結果が色濃く反映されている．ここに記して深謝の意を表する．

補注

[1] 1回の接触あたりでの感染の成立しやすさβと単位時間あたりの接触頻度αを区別して考えることに実務的意義がない場合においては，式(1)はより単純に下式のように表されることがある（感染速度をβと表記）[15].

$$\begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= -\beta \cdot I \cdot S \\ \frac{dI}{dt} &= \beta \cdot I \cdot S - \gamma \cdot I \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma \cdot I \end{aligned} \tag{15}$$

[2] ここでは，「(A)ある洪水に対する関心度分布（t年後まで持続する）」を正確に把握することが困難であるがために，その代替措置として「(B)過去の洪水に対する関心度分布（t年前の洪水に関心がある）」の把握をもって“読み替えることも可能である”として議論を進めた．しかし，このような読み替えが可能となるためには，厳密には，“(B)における回答者集団の属性”が“(A)において想定している回答者集団の属性”に対する代表性を担保していること，さらには，そこで想定している洪水災害規模についても(A)と(B)とで一致していること，などが求められると思われる．たとえば，(A)に比して(B)の方が，甚大な災害被害経験者が占める割合が高かったり，設問にて想起される洪水規模が大きかったりした場合，**図-2**及び**図-3**に示される関心度分布は過大評価となり，現実の関心度分布はさらに左下付近を推移しているのかもしれないということは想定される．設問の制約上，その厳密な検証は困難であることから，本稿では前述の前提を満たしているものと仮定して議論を進めたが，この点については別途，詳細な検証が必要であると考えられる．無論，このような読み替えを要しない“(A)を直接に観測可能な方法論”についても議論が必要であると考えられる．

参考文献

1) Moore, H. E.: ...*And the Winds Blew*, Austin: University of Texas Press, 1964.
2) 広瀬弘忠：生存のための災害学，新曜社，1984.
3) 関谷直也：災害文化と防災教育，災害社会学入門，弘文堂，pp.122-133，2007.
4) たとえば，“（科学の扉）災害の風化 被災後 15…薄れる教訓”，朝日新聞，2014 年 3 月 10 日朝刊 23 面，2014.
5) 矢守克也：防災安全論（下）－〈1 年〉・〈10 年〉・〈100 年〉の防災－，第 46 回社会心理学会大会論文集，10-7，2005.
6) 林春男：災害文化の形成，自然災害の行動科学，応用心理学講座 3，福村出版，1988.
7) Ebbinghaus, H.: Memory: *A Contribution to Experimental Psychology*, 1885.（宇津木保訳：記憶について，誠真書房，1979）
8) 矢守克也：災害の「風化」に関する基礎的研究－1982 年長崎大水害を事例として－，実験社会心理学研究，第 36 巻，第 1 号，pp.20-31，1996.
9) 矢守克也：災害の「風化」に関する基礎的研究（II）－マスメディアの報道量とマクロ行動変数による測定と表現－，実験社会心理学研究，第 42 巻，第 1 号，pp.66-82，2002.
10) 矢守克也：体験の風化を計量する，防災人間学，東京大学出版会，pp.181-210，2009.
11) 河田惠昭，柄谷友香：社会の防災力の評価に関する一考察（II），京都大学防災研究所年報，第 42 号，B-2，1999.
12) 杉森直樹，岡田憲夫：防災意識の風化過程のモデル化に関する基礎的考察，土木計画学研究・論文集，No.12，pp.305-315，1995.
13) 中村功：警報・避難勧告の受容－津波避難を中心として，災害情報入門，弘文堂，p106，2008.
14) Kermack, W. O. and McKendrick, A. G.: A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics, *Proceedings of the Royal Society of London, Series A*, Vol. 115, pp. 700-721, 1927.
15) 稲葉寿：感染症の数理モデル，培風館，2008.

(2015. 6. 29 受付)

A STUDY ON A TRANSITION PROCESS OF A DISASTER PREVENTION CONSCIOUSNESS AND ACTION AS A DISASTER SUBCULTURE

Yasushi OIKAWA, Toshitaka KATADA and Yusuke ISHII

In this paper, we consider the transition process of a disaster prevention consciousness and action as a disaster subculture, and present an analytical framework using a mathematical simulation in order to enable quantitative consideration. After an unknown parameters estimation by using a questionnaire survey data, we describe the actual situation in this simulation model, and evaluate an influences imparted to the population ratio of four states related with the disaster prevention consciousness and action by some explanatory variables such as a force of contagion, a move-out ratio, and so on. As a result, we receive valuable suggestions that it is impossible to avoid a fading of the disaster prevention consciousness, and that it is possible to vitalize the disaster prevention action continuously if some social conditions are satisfied.