

横松宗太\*\*・江崎史昭\*\*\*

by Muneta YOKOMATSU\*\* and Fumiaki ESAKI\*\*\*

## 1. はじめに

水害の危険性が高い河川に大規模な堤防が整備されており、その背後の沿岸地域に多くの住民が居住している地域が所々に存在する。もし水害の危険性が予めわかっていたとしたら、そのような地域には大規模な堤防を整備するよりも、人が住まないことの方が経済的であろう。それでは現実に見受けられる大規模な堤防は、住民が立地する時点では水害の危険性は不明であり、立地後に危険性が判明したために建設されたものばかりなのであるか。また、今後、水害の危険性がわかっている場合には、危険度情報を公開することによって家計に当該地域に居住しないように誘導することは可能であろうか。

近年、ハザードマップ等を通じた災害危険度情報の公開が進んでいる。しかし住民は必ずしも危険度情報に対応した居住地選択や耐震補強、保険購入を行っていない。本研究では、リスク情報が提供されているにもかかわらず家計が合理的判断によってリスクを認知しない現象について説明する。家計は水害の危険性を知らないわけではなく、多くの住民が氾濫河川流域に居住すれば政府が堤防整備を行わざるを得なくなることを合理的に予測して危険地域に立地する。その結果、無駄な防災投資支出が生じる。

本研究ではリスク「不認知」を、リスク情報の非対称性や非存在ではなく、情報を「無視する」という意味で用いる。本研究は、家計のリスク不認知の結果、政府のリスク管理政策に動学的不整合性が生じる構造について記述することを目的とする。また防災投資の費用負担ルールを通じた経済的インセンティブの導入が家計を最適な立地行動に誘導する可

能性について検討する。

## 2. モデル

大河川の流域にあり大規模な洪水被害が発生する可能性のある危険地域（地域  $H$  (Hazardous)）と、河川から離れていて被害の可能性のない安全地域（地域  $S$  (Safe)）の2地域で構成される社会を考える。2地域の水害リスク以外の環境は同一であると仮定する。各地域の生産は、土地や工場などの地域に固定された資本（固定資本）と、地域に居住する家計が提供する労働を投入して行われる。以下、固定資本を「土地」と呼び、その所有者を「地主」と呼ぶこととする。いま、地主は各地域に1人ずつ存在し、所有する土地を地域の生産に貸し出すことによって収入（レント）を得るものとする。なお本モデルでは住宅地としての土地市場については考えない。仮にモデルに住宅の不動産市場を導入しても研究の本質的結論は変わらない。一方、社会には合計  $M$ 人の同質的な家計が存在する。各家計は居住する地域の企業に1単位の労働を供給することによって労働所得を得るものとする。家計は自由に居住地域を選択することができる。危険地域に居住する家計数を  $m$ 人、安全地域の家計数を  $(M - m)$ 人と表そう。 $m$ は立地均衡において内生的に決まる。両地域の生産技術は労働と土地に関して1次同次と仮定する。各地域の土地の量を1と基準化して、各地域の生産技術を以下のように表そう。

$$f(l, \theta) \equiv (a - \theta)l - \frac{b}{2}l^2 \quad (1)$$

ただし  $l$ は労働水準を表し、地域  $H$ では  $m$ 、地域  $S$ では  $(M - m)$ となる。 $\theta$ は地域  $H$ において水害時に  $\delta (> 0)$ を示し、平常時に0となる確率変数である。水害により労働の限界生産性が低下すると仮定する。一方、土地の限界生産性は水害の発生に影響を受けないと

\*キーワード：リスク認知、防災投資、動学的不整合性

\*\*正員 鳥取大学工学部社会開発システム工学科

(〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)

TEL/FAX 0857-31-5311)

\*\*\*正員 (株)丸和運輸機関

する．本モデルでは住宅地が河川の付近にあり，生産施設が内陸部にあるような状況を想定する．水害の生起確率を  $p$  ( $0 \leq p \leq 1$ ) で表す．一方，地域  $S$  において  $\theta$  は常に 0 である．各地域の状況依存的な労働所得，レントはそれぞれ労働，土地の限界生産性に一致し，次式で与えられる．

$$f_l(l, \theta) = a - \theta - bl \quad (2a)$$

$$R(l) = f(l, \theta) - f_l(l, \theta) \cdot l = \frac{b}{2} l^2 \quad (2b)$$

レントは地域人口のみにより決定する．

家計はリスク中立的であると仮定し，家計の期待効用（以下，誤解の恐れがない限り，効用と略記する）を所得の期待値により定義する．税がない場合，地域  $H$ ，地域  $S$  に居住する家計の期待効用はそれぞれ次式で与えられる．

$$v_H = a - bm - p\delta \quad (3a)$$

$$v_S = a - b(M - m) \quad (3b)$$

地主の限界効用も一定であると仮定し，効用  $w_H, w_S$  は税がない場合にはそれぞれレント  $R_H, R_S$  に一致する．社会厚生関数を 2 地域の家計と地主の効用の総和により次式のように定義する．

$$SW = mv_H + (M - m)v_S + w_H + w_S \quad (4)$$

中央政府（以下，政府と呼ぶ）は堤防を整備することによって地域  $H$  における水害生起確率を 0 にすることができる．すなわち堤防が整備されれば，地域  $H$  でも  $p = 0$  となる．堤防整備費用を  $c$  とする．堤防整備費用は家計及び地主に課税することによって賄われる．防災整備費用の負担ルールについて，はじめに全ての家計と地主に均一に課税する場合 (Case.I) を考える．ついで地域  $H$  に居住する家計と地主のみが費用を負担するルールを採用した場合 (Case.II) の効果を検討する．

そして，各主体の意思決定プロセスについて以下のようなゲームを考える．初期時点（以下，この時点「事前」と呼ぶ）において政府は水害リスク  $p$  の大きさを考慮して，社会厚生水準  $SW$  が大きくなるように堤防を整備するか ( $\Phi = B$ ) しないか ( $\Phi = N$ ) を決定する．このとき政府は両地域の家計の効用が等しくなる立地均衡を考慮して， $SW$  を大きくする方の  $\Phi$  を選択する．そして事前において政府は「地域

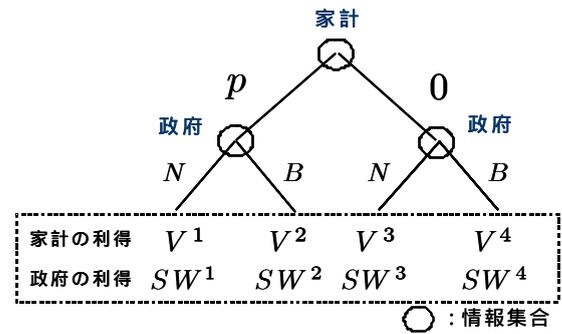


図-1. 家計と政府のゲーム

$H$  に堤防を整備するので，地域  $H$  のリスクは 0 となる」あるいは「堤防の整備は行わないため，地域  $H$  のリスクは今後も  $p$  である」とアナウンスする．次に，家計は居住地選択を行う．全ての家計は政府により提供された水害リスク情報と政府の防災政策の方針について知っている．立地均衡が成立したのち（以下，この時点「事後」と呼ぶ），政府は実現した人口配分を勘案して堤防整備について再検討する．政府は事後において最適な戦略  $\Phi$  を実行する．

以上のプロセスにおいて，家計は，政府が事前に「堤防の整備は行わないため，地域  $H$  のリスクは今後も  $p$  である」とアナウンスしたとしても「危険地域に多くの家計が居住してしまえば，政府は堤防を整備せざるをえなくなる」場合があることを合理的に予測できる．このとき家計は政府の目論見に反する居住地選択を行う可能性がある．すなわち家計はあたかも水害リスクが 0 であると認識している（水害リスクがあるとは知らない）ふりをして立地行動をとることができる．反対に政府が「地域  $H$  に堤防を整備するので，地域  $H$  のリスクは 0 となる」とアナウンスしているにもかかわらず，堤防整備の予定について知らないふりをして，水害リスクが  $p$  のままだと想定した立地行動をとることができる．家計が立地行動をとるときに想定する確率を立地戦略  $\Omega$  と定義する．先の例では前者は戦略  $\Omega = 0$ ，後者は戦略  $\Omega = p$  に相当する．政府が堤防整備をアナウンスしたときに家計が地域  $H$  の水害リスクを 0 と想定した立地行動をとる場合も立地戦略 0 であり，政府が堤防を整備しないとアナウンスしたときに家計が地域  $H$  の水害リスクを  $p$  と想定した立地行動をとる場合も立地戦略  $p$  である．すなわち立地戦略における「0」または「 $p$ 」は，実現する立地均衡と整合的な（観察

される立地均衡から推定される) 家計の主観的確率に相当するものとして定義する．図-1. は, 1人の代表的家計と政府の逐次的な行動を展開形ゲームで表したものである．各戦略の組  $j$  に対応する両プレイヤーの利得を  $(V^j, SW^j)$  と表現する．家計の利得  $V^j$  は均衡における代表的家計の期待効用に相当する．

### 3. 堤防整備の費用負担ルールとゲームの均衡

家計が防災投資費用を均等に負担する場合 (Case.I) について考える．堤防整備が行われる場合 ( $j=2,4$ ), 各家計は  $\xi c/M$ , 各地主は  $(1-\xi)c/2$  を負担するとする． $\xi$  ( $0 \leq \xi \leq 1$ ) は家計  $M$  人と地主 2 人の間の費用負担割合を示す．このとき家計, 地主の期待効用は次式で与えられる．

$$v_H^j = a - bm - \frac{\xi c}{M} \quad (5a)$$

$$v_S^j = a - b(M-m) - \frac{\xi c}{M} \quad (5b)$$

$$w_H^j = \frac{b}{2}m^2 - \frac{(1-\xi)c}{2} \quad (5c)$$

$$w_S^j = \frac{b}{2}(M-m)^2 - \frac{(1-\xi)c}{2} \quad (5d)$$

これより各戦略の組  $j(=1, \dots, 4)$  における家計の立地均衡とプレイヤーの利得を導出しよう．戦略の組 1 ( $(\Omega, \Phi) = (p, N)$ ) について, 家計の立地均衡は  $v_H^1 = v_S^1$  で与えられる．地域  $H$  の家計数, 家計の効用, 社会厚生水準は次式のように決まる．

$$m_1 = m_p \equiv \frac{1}{2b}(bM - p\delta) \quad (6a)$$

$$V^1 = v_H^1 = v_S^1 = a - \frac{1}{2}(bM + p\delta) \quad (6b)$$

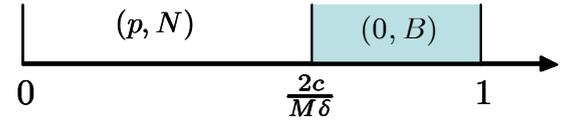
$$SW^1 = (a - \frac{bM}{4} - \frac{p\delta}{2})M + \frac{p^2\delta^2}{4b} \quad (6c)$$

また戦略の組 2 ( $(p, B)$ ) では, 堤防整備がアナウンスされているにも関わらず, 家計はリスクを  $p$  と考えて立地行動をとる．このときの立地均衡は, 地域  $H$  に居住する家計の「見せ掛けの効用」

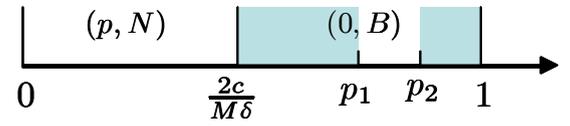
$$v_H^2 = a - bm - p\delta - \frac{\xi c}{M} \quad (7)$$

に対して,  $v_H^2 = v_S^2$  を満足するように与えられると考える．このとき地域  $H$  の家計数は  $m_2 = m_p$  に決まり, 真の効用との関係は  $v_H^2 > v_H^1 = v_S^1$  となる．さらに代表的家計が政府とのゲームの利得として認識する効用を  $V^2 = \min[v_H^2, v_S^2] = v_S^2$  と考える．すなわち家計の立地戦略にある種のマックスミニ戦略を

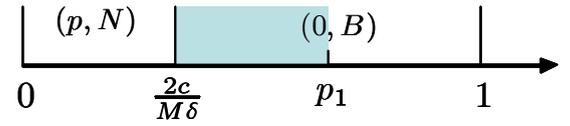
(i)  $c \geq \frac{bM^2}{4}$  のとき



(ii)  $\frac{\delta M}{2} - \frac{\delta^2}{4b} \leq c < \frac{bM^2}{4}$  のとき



(iii)  $c < \frac{\delta M}{2} - \frac{\delta^2}{4b}$  のとき



$$p_1, p_2 = \frac{1}{\delta}(bM \pm \sqrt{b^2M^2 - 4bc}), \quad (p_1 < p_2)$$

図-2. ゲームの均衡解 (Case.I)

想定する．以上より, 戦略の組 2 に対応するゲームの利得は次式に決まる．

$$V^2 = a - \frac{1}{2}(bM + p\delta) - \frac{\xi c}{M} \quad (8a)$$

$$SW^2 = (a - \frac{bM}{4})M - \frac{p^2\delta^2}{4b} - c \quad (8b)$$

同様に戦略の組 3 ( $(0, N)$ ) において, 立地均衡は「見せ掛けの効用」

$$v_H^3 = a - bm \quad (9)$$

を用いて,  $v_H^3 = v_S^3$  により与えられる．地域  $H$  の家計数, 家計と政府の利得は以下のように決まる．

$$m_3 = m_0 \equiv \frac{1}{2} \quad (10a)$$

$$V^3 = \min[v_H^3, v_S^3] = v_H^3 = a - \frac{bM}{2} - p\delta \quad (10b)$$

$$SW^3 = (a - \frac{bM}{4} - \frac{p\delta}{2})M \quad (10c)$$

最後に戦略の組 4 ( $(0, B)$ ) において, 立地均衡条件は  $v_H^4 = v_S^4$  であり, 地域  $H$  の均衡家計数は  $m_4 = m_0$  となる．利得は以下のように決まる．

$$V^4 = v_H^4 = v_S^4 = a - \frac{bM}{2} - \frac{\xi c}{M} \quad (11a)$$

$$SW^4 = (a - \frac{bM}{4})M - c \quad (11b)$$

以上の 4 組のゲームの枝において  $m_p < m_0$  が成立し, これらは家計の戦略  $\Omega = p, 0$  に対応している．

図-2.に水害の真の生起確率  $p$  と堤防整備費用  $c$  に対応したゲームの均衡解  $(\Omega, \Phi)$  を示す。水害生起確率  $p$  が大きな範囲で  $(0, B)$  の均衡が生起することがわかる。また陰影部  $\Theta(c)$  は、均衡  $(0, B)$  の領域の中で、社会的最適解が  $(p, N)$  である  $p$  の領域を示している。すなわち領域  $\Theta(c)$  は、家計が政府の「堤防整備は費用がかかるため行わないが、水害リスクは  $p$  であるので住まないように。」というアナウンスを無視する環境に対応する。図-2.より、 $p$  が大きいときに、社会的最適解が「堤防整備をせずに、少数の家計しか地域  $H$  に住まない」であるにもかかわらず、家計がリスクを無視して半数の家計が地域  $H$  に立地し、その結果政府が堤防を整備せざるを得ないという非効率的な均衡が実現する。水害リスク  $p$  が大きくなるほど政府の堤防整備の効果が上昇し、堤防整備が実施されやすくなることを家計が合理的に予測するためである。また、技術進歩等により堤防整備費用  $c$  が小さくなると均衡解  $(0, B)$  が実現する  $p$  の領域が大きくなることからわかる。費用が小さくなることにより費用対効果が改善されるからである。以上より、リスクが小さいとき、すなわち大して危険ではないときに家計がリスクを無視するのではないことがわかる。より危険であることや防災技術の向上が家計のリスク不認知を誘発することになる。

#### 4. 危険地域による費用負担と均衡解

危険地域の主体のみが堤防整備費用を負担するケース (Case.II) について考えよう。堤防整備が行われる場合 ( $j=2, 4$ )、地域  $H$  に居住する家計は  $\eta c/m$ 、地域  $H$  の地主は  $(1-\eta)c$  を負担するとする。 $\eta$  は家計  $m$  人と地主の間の費用負担割合を示す。ここでは  $M=1.0, a=1.0, b=2.5, \delta=0.4, c=0.15$  と設定して数値計算を行った。表-1.より、Case.IIの費用負担ルールのもとで、地域  $H$  に居住する家計への堤防整備費用の負担割合を1に近づければ、家計のリスク不認知を伴う均衡  $(0, B)$  が実現する  $p$  の範囲  $\Theta(c)$  を狭くできることが確認できる。家計に堤防整備費用の負担を回避して地域  $S$  に居住する動機が生じるためである。Case.IIでは地域  $H$  に居住する家計数は減少する。一方、堤防を整備することが望ましい環境においては、Case.Iの負担ルール、すなわち全ての家計が均等に堤防整備費用を負担することにより社会厚

表-1. リスク不認知が生じる範囲

$\xi, \eta$	Case.I		Case.II	
	$\Theta(c)$	$\Theta(c)$ の幅	$\Theta(c)$	$\Theta(c)$ の幅
0	$0.7500 < p < 0.8014$	0.0514	$0.7500 < p < 0.8014$	0.0514
0.5	$0.7500 < p < 0.8014$	0.0514	$0.7628 < p < 0.8161$	0.0533
1	$0.7500 < p < 0.8014$	0.0514	$0.8715 < p < 0.8715$	$1.0 \times 10^{-15}$

生水準は大きくなる。人口配分が  $(M/2, M/2)$  であるときに2地域の労働所得の和とレントの和が最大となるからである。従って、図-2.(iii)の  $p_1 < p < 1$  のような環境ではCase.Iの負担ルールが望ましい。一方、 $2c/M\delta < p < p_1$  のような環境においては、Case.Iで無駄な堤防整備を行うときの社会厚生水準と、Case.IIで  $(p, N)$  が実現するときの社会厚生水準を比較して費用負担ルールを選択する局面が発生する。防災投資水準と効果が離散的である場合、単純なピグー課税を通じて財政的外部経済性を内部化することはできない。費用負担ルールと均衡に関する詳細な分析結果については発表時に報告する。

#### 5. おわりに

本研究では家計の災害リスク不認知の問題に関して、家計がリスク情報を知りながらも合理的にそれらを無視して危険地域に立地し、結果的に政府が余分な防災投資費用を支出せざるをえない状況について記述した。リスク情報の公開のみでは家計を望ましい立地選択に導けない場合がある。そしてこのとき危険地域に居住する家計に防災投資費用を負担させるルールを導入することにより危険地域への立地を抑制することができる場合がある。一方、防災投資費用を全ての家計が均等に負担した方が効率的である場合もある。家計のリスク不認知を許容して、社会全体で防災投資費用を負担すべきかいは、リスクコミュニケーションにおける責任の問題にも関係する。今後は規制等の都市計画的手法が必要となる場合なども考慮して、より詳細な分析を行う。

#### 参考文献

- 1) 山口健太郎, 多々納裕一, 岡田憲夫: リスク認知のバイアスが災害危険度情報の提供効果に与える影響に関する分析, 土木計画学研究・論文集, No17, pp.327-336, 2000.
- 2) 岡田章: ゲーム理論, 有斐閣, 1996.