

自治体保険による地域間最適リスク配分*

THE OPTIMAL REGIONAL ALLOCATION OF DISASTER RISK BY JURISDICTION-MANAGED INSURANCE*

小林潔司**・横松宗太***

by Kiyoshi KOBAYASHI** and Muneta YOKOMATSU***

1. はじめに

地震等の大規模自然災害に対する災害保険は、その重要性が指摘されながらも家計への普及の程度が決して高いとはいえない。理由として、例えば、行政による被災時の救済処置が期待されるとき、家計は自ら事前に災害保険を購入する誘因をもたないことがある。また、家計は大きな取引費用を伴う正確な保険購入行動を回避することがある。これらの要因によって災害保険市場は失敗すると考えられる。

そこで本研究では、個々の家計に比べてリスクに対して合理的に行動し、また取引費用に関して規模の経済が働くと考えられる地方自治体による家計間のリスク配分政策を通じてこの問題の克服を試みる。本研究は自治体による住民に対する強制保険のシステムを設計する。地方自治体は地域住民から徴収する保険料としての税を原資に、保険市場で災害保険を購入する。一方、中央政府が災害の事後において地域間の損害の再配分を行う方策が考えられる。本研究では中央政府による集権的な社会的最適リスク配分を、各自治体が主体である保険・証券市場を通じて分権的に達成できるかどうかを検討する。

2. 基本モデルの定式化

(1) 本研究の基本的立場

小林等¹⁾は市場に新しい災害保険システムを導入することにより、社会的に最適な災害リスク配分が家計の分権的な行動を通して達成されることを示した。しかしここでは家計によるリスクの完全認知や

リスクに対する合理的行動等、過度に理想的な市場が想定されている。冒頭で述べたように現実には、災害リスク特有の集合性に加えて、家計のモラルハザードや取引費用の存在が災害保険市場の失敗を説明している。よってそのような要因を前提とした次善の災害リスク分散の方策が必要となる。

そこで本研究では地方自治体の地域住民に対する強制保険のシステムを提案する。モデルにおいて各家計による意思決定は居住地の選択に集約される。すなわち本研究では各地域の自治体のレベルにおいて分権的に災害リスクを分散する方策を議論する。本研究は災害リスクの分散に関しては家計に対する政府のガイダンスが必要であると考え、パターンリズムに準拠した政策を志向するものである。

(2) 災害リスクのモデル化

地域 i ($i = 1, \dots, M$) には N_i の家計が、社会全体では $N = \sum_i N_i$ の家計が存在する。家計の選好は居住地によらず同一である。一方、家計の所得と直面する災害リスクは居住地によって異なる。

災害リスクを個人リスクと集合リスクの複合リスクとしてモデル化しよう。個人リスクを各家計の状態により定義する。個人リスク事象 s として、1) 平常 $s = 0$ 、2) 被災 $s = 1$ の2種類を考え、それぞれの事象が生じた時の地域 i の家計の所得を

$$\omega_i(s) = \begin{cases} y_i & (s = 0 \text{ のとき}) \\ y_i - d_i & (s = 1 \text{ のとき}) \end{cases} \quad (1)$$

と表す。ただし y_i は地域 i の平常時の所得であり、 d_i は災害により生じる被害額である。

次に集合リスクを社会の集計的な被害状況により定義する。集合リスク事象 k を各地域の被災者の割合 $q_i(k)$ ($0 \leq q_i(k) \leq 1$) の組み合わせとして $q(k) = \{q_1(k), \dots, q_M(k)\}$ ($k = 0, 1, \dots, K$) のように表現する。そして集合リスク事象 k が生起する確率を $\pi(k)$

*キーワード：財源・制度論、防災計画、リスク管理

**正員 工博 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻
(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL・FAX 075-753-5071)

***学生員 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻
(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL・FAX 075-753-5073)

と表す。また地域*i*の家計が個人リスク*s*と集合リスク*k*で表される状況(*s, k*)に直面する同時生起確率を $\pi_i(s, k)$ と表し、集合リスク事象*k*が生じたときの個人リスク*s*の条件付き確率を $\pi_i(s|k)$ と表す。よって $\pi_i(1|k) = q_i(k)$ が成立し、地域*i*において被災する家計数は $q_i(k)N_i$ と決まる。

事象(*s, k*)が生じたときの当該家計の所得移転後の富を $x_i(s, k)$ で表そう。地域*i*に居住する家計の期待効用関数は次式で表される。

$$u_i(\mathbf{x}_i) = \sum_{s,k} \pi_i(s, k)v(x_i(s, k)) \quad (2)$$

ただし $\mathbf{x}_i = \{x_i(0, 0), \dots, x_i(s, k), \dots, x_i(1, K)\}$ である。また、効用関数*v*は2回連続微分可能な危険回避型基数効用関数とする。

(3) 自治体保険

地域*i*の自治体が運営する、地域家計に対する強制保険のシステムを自治体保険と呼ぶ。自治体保険システムは同一の災害リスクに直面する地域家計の間の相互保険契約に相当する。自治体保険を災害の事後の(状況依存的な)所得移転の束として $\mathbf{m}_i = \{m_i(0, 0), \dots, m_i(s, k), \dots, m_i(1, K)\}$ によって表そう。 $m_i(s, k)$ は災害リスク(*s, k*)が生じた家計に対して事後的に支払われる(事前の一律の保険料を差し引いた)ネットの保険金である。自治体保険が施行された下で事象(*s, k*)が生じたときの家計の富は以下のように表される。

$$x_i(s, k) = \omega_i(s) + m_i(s, k) \quad (3)$$

また、集合リスク*k*が生じたとき、自治体*i*の災害保険会計に対して中央政府から $N_i\eta_i(k)$ の所得移転が行われる。自治体にとって $N_i\eta_i(k)$ は与件である。また各自治体の災害保険会計はそれぞれの*k*について収支バランスがとれる必要があると考える。

$$N_i\eta_i(k) - N_i \sum_s \pi_i(s|k)m_i(s, k) = 0 \quad (4)$$

各自治体は保険システムの設計が地域の人口規模に及ぼす影響は考慮せず、非戦略的に行動する。各自治体は式(3)(4)を制約条件として、代表的個人の期待効用最大化問題を解く。

$$\max_{\mathbf{x}_i, \mathbf{m}_i} \left\{ \sum_{s,k} \pi_i(s, k)v(x_i(s, k)) \right\} \quad (5)$$

1階の最適化条件を整理して以下の関係を得る。

$$x_i(s, k) = y_i - r_i(k) + \eta_i(k) = \hat{x}_i(k) \text{ for all } s, k \quad (6)$$

$r_i(k) = q_i(k)d_i$ は集合リスク*k*の下での期待被害額を表す。最適な家計の状況依存的富 $x_i(s, k)$ は任意の*k*のそれぞれに対して、*s*に関わらず同一の水準に決まる。これより自治体保険 \mathbf{m}_i により個人リスク*s*は全てカバーされることがわかる。

(4) 地域間均衡

各地域の所得 y_i は各地域の人口規模に依存して決定する。各地域の生産技術を労働に関して収穫逓減な生産関数 $f(N_i)$ で表す。一家計当たりの所得 y_i を $y_i = y(N_i) = \frac{f(N_i)}{N_i}$ とする。各地域では自治体保険が導入され、集合リスク*k*に対して式(6)で表される事後的な富 $\hat{x}_i(k)$ が補償される。いま家計の自由な居住地選択を認めると、地域間均衡は次式を満足する。
$$\sum_{k=0}^K \pi_i(k)v(\hat{x}_i(k)) = \hat{V} \text{ for all } i, \quad \sum_{i=1}^M N_i = N \quad (7)$$

3. 中央政府による集合リスク配分

(1) 2種類の外部経済性

家計の地域移動は2種類の外部経済性を招く。一つはある家計が地域*i*に移動することによって、地域*i*で得られる所得 y_i が変化することである。それは $\xi_i(N_i)$ によって次のように表される。

$$\xi_i(N_i) = \frac{\partial y_i}{\partial N_i} = \frac{1}{N_i} \left(\frac{\partial f(N_i)}{\partial N_i} \right) - \frac{y_i}{N_i} \quad (8)$$

地域に転入してきた家計を限界的家計と呼ぼう。右辺第1項は限界的家計による生産量の増加分の一家計当たりの分配を意味し、第2項は限界的家計に地域*i*の所得 y_i を提供するために既存の一家計が担う犠牲を意味する。

いまひとつの外部経済性はある家計が地域*i*に移動することによって、中央政府による一家計当たりの所得移転 $\eta_i(k)$ が変化することである。中央政府は集合リスク*k*のそれぞれに対して所得移転の収支バランスをとる必要がある。よってある家計の移動に対して、所得移転の総和をゼロに保つために移転額の再調整が計られることになる。

(2) 社会的最適解

個人リスクはそれぞれの地域において自治体保険により分散されている。そこで中央政府は災害保険特別会計を設けて、各地域が保有する集合リスクの

分散を図る。各地域に対する状況依存的な所得移転を $N_i \eta_i(k)$ と表そう。このとき中央政府が解くべき問題 CO は以下のように定式化される。

$$\max_{N, \eta} \{\bar{V}\} \quad (9)$$

subject to

$$\sum_{k=0}^K \pi(k) v(y_i - r_i(k) + \eta_i(k)) = \bar{V} \quad \text{for all } i \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^M N_i = N \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^M N_i \eta_i(k) = 0 \quad \text{for all } k \quad (12)$$

ただし、 $\eta = \{\eta_1(0), \dots, \eta_M(K)\}$ である。問題 CO では家計の自由な地域間移動が認められた経済と整合的な条件を導くため、地域間の期待効用水準を等しくするという制約条件式 (10) を課す。また式 (11) は人口制約を、式 (12) は各集合リスクの状態に応じた中央政府の保険特別会計の収支バランスを表す。すなわち問題 CO は以上の制約を考慮した、セカンド・ベストの社会的厚生最大化問題である。

式 (10)-(12) に対応するラグランジュ乗数をそれぞれ $\nu_i, \nu, \rho(k)$ と表そう。1 階の最適化条件を整理することにより、最適な状況依存的所得移転 $\eta_i(k)$ に関する次の条件式を得る。

$$\pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)} = \lambda_i \rho(k) \quad \text{for all } k \quad (13)$$

$$\lambda_i = \sum_k \pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)} \quad \text{for all } i \quad (14)$$

λ_i は事後の富の限界効用の事前の期待値を意味する。また $\rho(k) = \frac{\nu(k)}{\sum_k \nu(k)}$ は所得移転の潜在価格 $\nu(k)$ を規格化した価格であり、 $\sum_k \rho(k) = 1$ を満たす。また、

$$\nu(k) = \left\{ \sum_i \frac{N_i}{\pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)}} \right\}^{-1} \quad (15)$$

さらに最適な人口配分に関する次の条件式を得る。

$$\nu = \nu_i \sum_k \left\{ \pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)} \left[\xi_i(N_i) - \frac{\eta_i(k)}{N_i} \right] \right\} \quad \text{for all } i \quad (16)$$

右辺の角括弧の中の第 1 項 $\xi_i(N_i)$ は式 (8) に示されるように限界的家計が地域 i の家計の所得 y_i へ及ぼす影響を表す。そして第 2 項は、 $\eta_i(k)$ が正のときには、限界的家計に $\eta_i(k)$ を提供するために既存の一家計が犠牲にしなければならない所得を表し、負のときには他地域への移転として支出する所得の負担の軽減を意味する。従って右辺の角括弧が前節に挙げた 2 種類の外部経済性を表現している。すなわち右

辺は限界的家計による地域 i の一家計への純貢献を効用で評価した大きさの事前の期待値である。そして式 (16) は、最適な人口配分は全ての地域の間でその期待値が等しくなるように決定されることを示す。

4. 市場による集合リスク配分

(1) 状況依存的証券

問題 CO は中央政府による社会的最適化問題と位置付けられる。そして最適な η は災害の事後における地域間の所得移転ルールである。ただし問題 CO では中央政府に計画者としての独裁的権限が付与されている。仮にルールの成立過程に集合的意思決定の段階が介在するとしたら、所得移転ルール η は例えば所得を支出する見込みが大きい地域によって反対されるなど、政治的理由によって成立しないかもしれない。本章では各自治体のレベルにおいて分権的に集合リスクを分散する方策について検討しよう。それは各自治体が災害の事前に市場で損害の配分契約を締結する問題として定式化される。

ここで基本モデルに戻ろう。ただし $\eta = 0$ である。自治体保険 m_i は地域内で生じる被害の差異を解消するために有用な手段ではあるが、地域全体の損害の総和を軽減することはできない。そこで市場に状況依存的な証券を導入する。各自治体は集合リスクの状態 k ($k = 0, 1, \dots, K$) のそれぞれに対応した Arrow 証券 (状況依存的証券) の売買が可能であるとする。Arrow 証券とは、集合リスク事象 k が生じたときに 1 を支払ってくれるが、それ以外の場合には支払いがないような証券を意味する。Arrow 証券 1 単位当たりの事前の価格 $p(k)$ は市場において内生的に決定される。いま、自治体 i の Arrow 証券保有ベクトルを $A_i = \{A_i(0), \dots, A_i(K)\}$ と表そう。Arrow 証券の束 A_i の価格を $C_i = \sum_{k=0}^K p(k) A_i(k)$ と表そう。集合リスク事象 k が生じたときの当該自治体の富の総和は次式で表される。

$$X_i(k) = N_i y_i - N_i r_i(k) + A_i(k) - C_i \quad (17)$$

(2) 市場分権解

自治体 i は Arrow 証券の価格 $p(k)$ と人口配分 N_i を所与と考え、以下の代表的家計の期待効用最大化問題 JO を解く。ここで一家計当たりの Arrow 証券

の保有量, Arrow 証券の束の価格, 状況依存的富をそれぞれ $a_i(k) = A_i(k)/N_i$, $c_i = \sum_k p(k)A_i(k)/N_i$, $x_i(k) = X_i(k)/N_i$ と定義する.

$$\max_{\mathbf{x}_i, \mathbf{a}_i} \left\{ \sum_k \pi_i(k)v(x_i(k)) \right\} \quad (18)$$

subject to

$$\sum_k p(k)a_i(k) = c_i \quad (19)$$

$$x_i(k) = y_i - r_i(k) + a_i(k) - c_i \quad \text{for all } k \quad (20)$$

ただし, $\mathbf{x}_i = \{x_i(0), \dots, x_i(K)\}$ である. 制約条件(19)(20)に対応するラグランジュ乗数をそれぞれ $\lambda_i, \lambda_i(k)$ と表そう. 1階の最適化条件を整理することにより, 市場における最適な Arrow 証券の購入水準に関する以下の条件式を得る.

$$\pi(k) \frac{dv(x_i(k))}{dx_i(k)} = \lambda_i p(k) \quad \text{for all } k \quad (21)$$

$$\lambda_i = \sum_k \pi(k) \frac{dv(x_i(k))}{dx_i(k)} \quad (22)$$

Arrow 証券の束の潜在価格 λ_i は事後の富の限界効用の事前の期待値で表される. また, Arrow 証券の価格 $p(k)$ は市場において集合リスクごとに支払い総額 $\sum_i N_i a_i(k)$ と購入総額 $\sum_i \sum_{k'} N_i p(k') a_i(k')$ が清算される水準に決定する.

$$\sum_i N_i a_i(k) = \sum_i \sum_{k'} N_i p(k') a_i(k') \quad \text{for all } k \quad (23)$$

また1階の条件式より $p(k) (k = 0, 1, \dots, K)$ に関して規格化条件 $\sum_k p(k) = 1$ が導かれる.

(3) 災害保険と地域間均衡

以上では自治体同士が直接的に Arrow 証券を交換する市場を想定してきた. しかしこの仮定は本質的ではない. 保険会社が Arrow 証券と同じ働きをする災害保険を販売すれば, 同様の集合リスクの配分を達成できる. 新しい災害保険は, 問題 *JO* における Arrow 証券の均衡保有量 $a_i^*(k)$, 均衡価格 $p^*(k)$ を採用することにより, 各自治体 i に対する保険料 $F_i = \sum_k p^*(k) a_i^*(k) N_i$, 保険金 $R_i(k) = a_i^*(k) N_i$ によって構成される.

いま, 各自治体は市場で災害保険を購入する. 最終的に一家計に帰着するキャピタル・ゲインまたはロス $\zeta_i(k) = -\sum_k p^*(k) a_i^*(k) + a_i^*(k)$ と表そう. 集合リスク k が生じたときの地域 i の家計の状況依存的富は次式で表される.

$$\tilde{x}_i(k) = y_i - r_i(k) + \zeta_i(k) \quad (24)$$

そして家計が自由に地域間を移動するとき, 地域間

均衡は次の関係を満足する.

$$\sum_{k=0}^K \pi_i(k)v(\tilde{x}_i(k)) = \tilde{V} \quad \text{for all } i, \quad \sum_{i=1}^M N_i = N \quad (25)$$

(4) 社会的最適解と市場分権解の比較

問題 *CO* と問題 *JO* の最適化条件を比較しよう. *JO* における最適な Arrow 証券の購入水準の条件式(21)が, *CO* における最適な所得移転の条件式(13)と対応している. 式(21)における Arrow 証券の価格 $p(k)$ は式(13)における所得移転の潜在価格 $\rho(k)$ と対応し, 両者共に規格化条件を満たしている. このことは, 市場において自治体間で Arrow 証券を取り引きすることによって(あるいは新しい災害保険を購入することによって), 中央政府による社会的最適な所得移転に相当する所得の再分配が達成されることを示している.

一方, 社会的最適な災害リスク配分を達成するには, 最適な所得移転の条件(13)に加えて最適な人口配分の条件(16)が満足されなければならない. しかし *CO* における式(16)に相当する条件式は *JO* からは導かれぬ. *JO* において人口配分は, 前節に述べたようにそれぞれの家計が期待効用水準の高さに注目して居住地選択をした結果の均衡解としてもたらされる. 家計は居住地選択を行うにあたって自らの選択が他の家計の厚生水準に及ぼす影響を考慮しない. 従って一般的に家計の自由な地域間移動を認めた災害リスクの分散市場はパレート非効率的となる.

5. おわりに

自治体保険のシステムによって地域の家計の個人リスクを分散することができる. 一方, 新しい災害保険を自治体間市場に導入することによって, 地域間のパレート効率的な集合リスク配分を達成することはできない. 災害保険は最適な人口配分を保証するものではない. しかし地方自治体による災害保険の購入行動を通じて, 地域間で最適な富の配分が達成されることが明らかになった. 今後は家計のモラルハザード, リスクの不完全認知等, 情報の非対称性を明示的にモデル化する予定である.

参考文献

- 1) 小林潔司, 横松宗太: カタストロフ・リスクと防災投資の経済評価: 土木計画学研究・講演集, No.21(2), pp.443-446, 1998.