

## 自治体保険による地域間最適災害リスク配分\*

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

横松宗太\*\*・小林潔司\*\*\*

by Muneta YOKOMATSU\*\* and Kiyoshi KOBAYASHI\*\*\*

### 1. はじめに

自然災害の生起確率は低いものの、一度災害が生じれば大規模な被害が生じる可能性がある。伝統的な損害保険市場では災害で生じる金銭的被害のリスク（本研究では災害リスクと呼ぶ）を完全に分散することは不可能である。このような災害リスクの特殊性に対して、小林らは相互保険と状況依存的証券を組み合わせたような Malinvaud=Arrow型災害保険を導入することにより、パレート最適な災害リスクの配分が可能であることを示した<sup>1)</sup>。しかし、家計のリスク認知が不完全である場合、災害保険市場は失敗する可能性がある。さらに、家計が行政による被災時の救済処置を期待する等、モラルハザードの問題が発生した場合にもパレート最適なリスク配分は達成できない。また、災害保険の料率が地域間の人口移動に影響を及ぼす場合、災害保険によりパレート最適な災害リスク配分が達成できる保証はない。

このような災害保険市場を通じた災害リスクの分散化方法に対して、地方自治体内及び地方自治体間における所得移転を通じて、災害リスクの分散を達成する方法も考えられる。すなわち、地方自治体が地域住民を対象とした自然災害に対する保険会計を持つ場合を考える。地方自治体は家計から徴収する保険料と中央政府から移転される原資をもとに、自然災害が生じた場合の被害を自治体間の相互補助によってヘッジするような相互保険を運営する。自治体間での相互補助の方法として2種類の方法が考えられる。第1の方法は、中央政府が自治体の保険会計から一定の保険料を徴収するとともに、災害が生じた自治体に対しては保険金を支払うようなリスク配分システムである。第2の方法は、地方自治体が地域住民の総社会厚生を最大にするように災害再保険を購入する方法である。本研究では、これら2つの方法による自治体保険をとりあげ、地域間における災害リスク配分に及ぼす影響について分析することとする。

一般に、家計が地域間を移動する場合、自己の選択行動が移動前後に居住する地域における災害リスクの大きさや地域所得に及ぼす影響を考慮しない。家計の地域間移

動に伴う外部（不）経済性が存在するため、地方自治体が独自に運営する自治体保険システムが災害リスクのパレート最適な地域間配分を達成する保証はない。この場合、中央政府は地域間の所得移転を行うことにより、積極的に地方自治体の災害保険会計に介入することにより、社会的に最適な災害リスク配分を達成することが必要となる。なお、2.(3)で考察するように、本研究で対象とする自治体保険も克服すべき問題が数多く存在する。本研究では、あくまでも自治体保険による災害リスクの地域間配分効果に関する1つの知見を得ることを目的としており、自治体保険の是非については、なお多方面からの検討を必要とすることは言うまでもない。

本研究では災害リスクの地域間配分モデルを提案し、自治体保険による災害リスクの地域間配分効果を分析する。以下、2.では、本研究の基本的な考え方を示す。3.では、地方自治体の相互保険システムによる災害リスクの配分方法を検討する。4.では、中央政府が地域間所得移転を通じて、パレート最適な災害リスクを分散する方法に関して考察する。5.では、地方自治体が災害保険市場を通じて災害リスクを分散する場合をとりあげる。6.では数値計算事例を通じて3つの自治体保険システムの特性の違いを具体的に説明する。

### 2. 本研究の基本的立場

#### (1) 従来の研究概要

自然災害等のリスクは地域に固有な現象であり、負の効果を持つ不確実な地方公共財と考えることができる。地域間で人口移動が存在する場合、地方自治体による分権的努力だけでは地方公共財の効率的な供給ができない。家計の人口移動によって生じる財政的外部経済の内部化をめざした地域間の望ましい所得移転に関しては膨大な研究の蓄積がある。中でも、Oatesの財政的連邦主義<sup>2)</sup>、Wildasinによる多地域一般均衡モデル<sup>3)</sup>を嚆矢として、各種の拡張が試みられている<sup>4)-7)</sup>。最近では、EU諸国やカナダにおける連邦制をめぐる現実的な論議を反映し、個々の地域におけるリスク分担関係や望ましい連邦制の枠組みに関する研究が発展している<sup>8)-11)</sup>。これらの研究は、伝統的な財政的連邦主義に関わる議論にリスクの概念を導入し、地域間での望ましいリスク配分を達成するための状況依存的な所得移転方策について議論している。中でも、Pers-

\*キーワーズ：防災計画、都市・地域計画

\*\*学生員 工修 京都大学大学院博士後期課程 土木工学専攻

(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL・FAX 075-753-5073)

\*\*\*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)

son and Tabellini<sup>9)</sup>は地域間におけるリスク分担に関するプロトタイプモデルを提案しており、この分野における代表的な研究として評価されている。本研究でとりあげる自然災害現象も負の被害のみを与える純粋リスクという特殊性があるものの、自然災害をリスクのある地方公共財と位置づければ、最近の地域間リスク配分に関する分析モデル<sup>9)-11)</sup>と同様のアプローチが可能である。多々納等<sup>12)</sup>は地域間の災害リスクの配分と地域間交易を扱った一般均衡モデルを提案しているが、そこでは災害保険等によるリスク・ファイナンシングの問題は考慮されていない。本研究で提案する自治体保険モデルは、既存の地域間リスク配分モデルと同様の構造を持っているが、1) 災害リスクを個人リスクと集合リスクが合成された Malinvaud=Arrow 型リスク<sup>13)14)</sup>として位置づけることにより、自治体保険による地域間の災害リスク分散問題を地域間リスク配分モデルとして再定式化すること、2) 小林・横松<sup>1)</sup>が提案した Malinvaud=Arrow 型災害保険を導入することにより、保険市場を通じた地域間リスク配分モデルを新しく提案するという 2 つの点に新規性がある。

## (2) 災害リスクと自治体保険の構造

災害リスクは個人リスクと集合リスクの組み合わせにより表現される「2 段階のくじ」として表現できる<sup>1)</sup>。集合リスクは災害により生起する対象地域全体における被害状況の分布を表す。一方、個人リスクは所与の集合リスクのもとで誰が被災するかという問題である。第 1 段階のくじでは、家計全体の中から無作為に被災する個人の数が選択される（集合的リスクが確定する）。第 2 段階のくじでは、現実に被災する家計が選ばれる。小林・横松<sup>1)</sup>が提案した Malinvaud=Arrow 型災害保険は、同一のタイプの家計の間で相互保険により個人リスクを分散するとともに、各タイプの集合リスクを状況依存的証券の売買を通じて担保するようなシステムである。Malinvaud=Arrow 型災害保険はこのような相互保険と状況依存型証券の組み合わせとして定義される。

本研究で提案する自治体保険も 2 段階のくじとして表現される災害リスクの内容と対応した構造を持っている。地方自治体は地域住民を対象とした自然災害に対する災害保険会計を持つ。自治体は家計から徴収する保険料と中央政府から移転される原資をもとに、自然災害が生じた場合の集合リスクを自治体間の相互補助によってヘッジするような相互保険を運営する。すなわち、自治体が運営する災害保険会計は、基本的には同一地域内の家計間における相互保険システムである。3. では、相互保険としての自治体保険のリスク配分機能について考察する。相互保険は個人リスクを分散する手段であるが、地域が直面する集合リスクを分散することはできない。集合リスクを分散させためには、異なる地方自治体の相互補助機能を持つ災害保険会計システムを確立する必要がある。1. で言及したように、自治体間での相互補助の方法として 2 種類の方

法が考えられる。4. では、中央政府が自治体の保険会計から一定の保険料を徴収するととともに、災害が生じた自治体に対しては保険金を支払うような中央集権的なリスク配分システムについて考察する。5. では、地方自治体が再保険市場を通じて集合リスクを分散させるような自治体保険システムを提案する。この場合、中央政府は地域間リスク配分に関与せず、地方自治体が分権的に自治体保険制度を運営することになる。

## (3) 本研究の分析範囲

本研究でとりあげる自治体保険は家計から保険料を強制的に徴収し、災害が生じた場合には被災者に保険金を給付するような制度である。自治体保険が完備されていない状況においては、家計は災害リスクに関して正確な認知をしていない。そこで、地方自治体が父権的な立場より強制保険を実施すると考える。強制保険の内容は、合理的個人の最適保険購入行動の結果と一致するように設計される。仮に、家計が合理的な主体であれば、任意保険下でも同様の結果が得られるため、自治体保険が強制的であろうと任意であろうと同一のリスク配分をもたらすことになる。本研究では、強制的保険制度が完備されることにより、各地域における災害リスクが対象地域全体の家計が認知するように求められている場合を考える。言い換えれば、すべての家計が合理的に行動するように強制されているような状況を想定している。本研究では、このような理想的な状況の下で、保険システムを通じて災害リスクを地域間で最適に分散する方法について考察することを目的としている。なお、強制保険に関しては種々の問題が指摘されている。私的財産を対象とする災害保険の場合、その保護を目的とする保険契約を家計に強制しうるかという法学的問題がある。さらに、家計に災害保険の購入を義務づければ、家計が自己防災行動を怠るというモラルハザードの問題もある。災害保険の強制のあり方に関する多様な方法があり、その有効性を議論した研究事例もある<sup>15)</sup>。さらには、強制保険に替わる方法として災害保険を強制保険と個人の自由意思に基づく任意保険という 2 段階方式の保険制度として設計する方法も考えられよう<sup>16)17)</sup>。このように、自治体保険のあり方に関しては多様なスキームが考えられる。災害保険に関する研究は緒についたばかりであり、望ましい災害保険のスキームのあり方に関して研究を蓄積していく必要があろう。本研究では、自治体保険のプロトタイプをとりあげ、災害リスクの望ましい地域配分のあり方に焦点を絞って 1 つの規範的な分析を行うことを目的としている。なお、6.(3) においてプロトタイプモデルの拡張可能性について考察する。

## 3. 基本モデルの定式化

### (1) モデル化の前提条件

自然災害が生じることにより、家計の家屋や家財に損壊

が生じる。家計は自治体が運営している強制災害保険に加入しており、家屋や家財に被害が生じた場合には保険金を受け取る。一方、自然災害が生じても生産活動には被害が生じないと仮定する。現実には、自然災害が生じれば生産活動や社会基盤施設にも被害が生じる。生産活動の被害を避けるために、企業も災害保険に加入する誘因を持つだろう。しかし、生産活動に被害が生じる場合を考慮したところで、災害時に家計が得る所得が変化するものの、本研究で提案する災害リスクの地域間配分モデルの数学的な構造は変化しない。さらに、1つのモデルに多様な要因を同時に考慮することは、分析の総合性が増加するという利点があるものの、分析の焦点が薄れるという難点がある。本研究では、災害リスク配分と地域間人口配分の効率性に焦点を絞って議論するために以上の仮定を採用する。すなわち、自然災害により家計に家財・家屋の損壊という被害のみが生じる経済において、地方自治体が強制災害保険により個人の金銭的被害リスクを分散するという問題を考える。以上のような分析目的のもとにモデル化の前提条件を以下のように設定する。いま、 $M$ 個の地域で構成される国を考えよう。各地域は地域固有の生産技術を持ち、異なる災害リスクに直面していると考えよう。生産技術は地域人口に関して収穫過減の関数として与えられる。企業利潤は地域内の家計に配分される。家計の選好は地域を問わず同一である。同じ地域の家計は同一の富を保有し同一の災害リスクに直面していると仮定する。地方自治体は自地域の災害リスクに関する情報を公開しており、家計は災害リスクに関する完全情報を有していると仮定する。家計の居住地選択は事前の時点で行われ、災害リスクが確定した事後の時点で人口移動は生じない。地方自治体は災害リスクに対する相互保険会計を有している。相互保険は強制保険であり、自治体は家計より保険料を徴収するとともに、災害が生じれば保険会計より被災者に対して保険金を支払う。中央政府は地域間での所得移転を通じて地方自治体が単独では処理しきれない集合リスクを制御する。所得移転の方式により、多様な自治体保険システムの形態が考えられる。基本モデルでは、中央政府が所得移転をまったく行わない場合をとりあげる。また、市場の災害保険は利用可能でないと考える。以上の仮定は、のちに緩めることとする。

## (2) 災害リスクのモデル化

ある家計が直面する災害リスクを個人リスクを表す状態変数 $s$ と集合リスクを表す状態変数 $k$ のペアで表現しよう。地域 $i$ の家計が直面する個人リスク事象 $s$ を、当該地域に災害が生じた場合に各家計が被る被害額で定義しよう。個人リスク事象として、1) 平常時( $s = 0$ )、2) 被災時( $s = 1$ )の2種類を考え、それぞれの個人リスク事象が生じた時の地域 $i$  ( $i = 1, \dots, M$ ) 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。 $y_i$ は地域 $i$ の所得であり、 $d_i$ は災害により生じる被害額である。前提条件より生産活動には被害が生じないため、平常時、被害時を通じて所得 $y_i$ は一定である。一方、家計は自然災害により家屋・家財に損害を被る。金融機関は家計の家屋や家財の復旧活動に対して資金を融資する。被災した家計は所得の中から復旧活動費用 $d_i$ を返済しなければならない。なお、小林・横松<sup>1)</sup>は個人リスク事象を、 $s = 0, 1, \dots, S$ のように家屋や家財の被害の程度に応じて細分化している。そのように状態変数 $s$ のとりうる値を増やしたところで、議論は本質的には変わらない。すなわち保険料、保険金の算出方法など、保険システムの構造が変化するわけではない。本研究では議論の見通しを良くするため、家計が「被災した」場合に被る被害額のランクを細分化せずに、「平常時」、「被災時」という2つの状態に簡素化して論じることとする。

集合リスクの事象を、各地域の集計的な被害状態により $\mathbf{q}(k) = \{q_1(k), \dots, q_M(k)\}$  ( $k = 0, 1, \dots, K$ ) のようにベクトルで表そう。ここに、 $q_i(k)$  ( $0 \leq q_i(k) \leq 1$ ) は集合リスク事象 $k$ が生じた時に地域 $i$ において被災する家計の割合である。ある災害により複数の地域が同時に被災する可能性があるため、複数の地域の $q_i(k)$ が同時に正となりうることを認める。すなわち、集合リスク事象 $k$ は各地域の被災する家計の割合の組み合わせに対して定義されている。どの地域にも災害が生じしない状態を $\mathbf{q}(0) = \{0, \dots, 0\}$ によって定義する。平常時を表す $k = 0$ も含めて、ここでは $K + 1$ 種類の集合リスク事象を考えよう。

いま、集合リスク事象 $k$ が生じる確率を $\pi(k)$ と表す。集合リスク事象は互いに排他的であり、 $\sum_{k=0}^K \pi(k) = 1$  が成立する。集合リスク事象 $k$ が生じたときに、地域 $i$ のある家計が実際に被災する（個人リスク事象 $s = 1$ が生じる）条件付確率は $\pi_i(1|k) = q_i(k)$ と表される。したがって、被災する家計数は $q_i(k)N_i$ となる。一方、ある家計が被災しない（個人リスク事象 $s = 0$ が生じる）条件付き確率は $\pi_i(0|k) = 1 - q_i(k)$ と表され、被災しない家計数は $(1 - q_i(k))N_i$ となる。 $\sum_{s=0,1} \pi_i(s|k) = 1$  が成立する。また、地域 $i$ の家計が、個人リスク事象 $s$ と集合リスク事象 $k$ のペアとして表現される災害リスク事象 $(s, k)$ に直面する同時生起確率は $\pi_i(s, k)$ と表される。ただし、 $\sum_{s=0,1} \sum_{k=0}^K \pi_i(s, k) = 1$  が成立する。災害が生じた場合、家計間で所得移転が行われる。災害リスク事象 $(s, k)$ が生じた時の当該家計の所得移転後の富を $x_i(s, k)$ で表そう。家計の期待効用関数 $u : x_i \rightarrow R$ を

$$u(x_i) = \sum_{s=0,1} \sum_{k=0}^K \pi_i(s, k) v(x_i(s, k)) \quad (2)$$

と定式化する。ただし、 $\mathbf{x}_i = \{x_i(0, 0), \dots, x_i(s, k), \dots, x_i(1, K)\}$  は所得移転後の状況依存的富ベクトルである。また、間接効用関数 $v : R \rightarrow R$ は2回連続微分可能な危険回避型基數効用関数であり、性質  $dv(x_i(s, k))/dx_i(s, k) > 0$ ,  $d^2v(x_i(s, k))/dx_i(s, k)^2 < 0$  を満足する。事前の時点においては、誰が実際に被災するかは不確実である。

### (3) 自治体保険

各地域では家計が強制的に自治体保険に加入する。事前に保険料 $\mu_i$ を支払い、災害リスク事象 $(s, k)$ が生起した時に保険金 $m_i(s, k)$ が給付されるような自治体保険を考えよう。地域*i*の自治体保険 $\Omega_i$ を、家計1人当たりの保険金（還付金） $m_i(s, k)$ と保険料 $\mu_i$ の組み合わせの集合

$$\Omega = (\mathbf{m}_i, \mu_i) \quad (3)$$

で定義する。ただし、 $\mathbf{m}_i = \{m_i(0, 0), \dots, m_i(1, K)\}$ である。いま、地域*i*のある家計に災害リスク事象 $(s, k)$ が生起した場合を考えよう。自治体保険が導入されている場合、当該家計の状況依存的富は

$$x_i(s, k) = \omega_i(s) + m_i(s, k) - \mu_i \quad (4)$$

と表される。地方自治体の災害保険会計は各集合リスクの状態に対して収支バランスがとれる必要がある。したがって、任意の $k$  ( $k = 0, 1, \dots, K$ ) に関して

$$N_i\{\mu_i - \tau_i + \eta_i(k)\} = N_i\left\{\sum_{s=0,1} \pi_i(s|k)m_i(s, k)\right\} \quad (5)$$

が成立する。ここに、 $\tau_i, \eta_i(k)$ はそれぞれ中央政府への事前の非状況依存的な家計1人当たりの所得移転、中央政府からの事後の状況依存的な家計1人当たりの所得移転を表す。地方自治体にとって $\tau_i, \eta_i(k)$ は外生変数である。基本モデルでは地方自治体が独立した災害保険会計を持つ場合を考える。すなわち、当面の間 $\tau_i = 0, \eta_i(k) = 0$ を仮定して議論を進める。災害保険会計のバランス式(5)は任意の $k$ に対して常に成立する。集合リスクの如何に関わらず家計から一定の保険料が課徴される。災害が生じれば、地域内で利用可能な総所得が変化するため、集合リスク事象が異なれば家計の事後的な状況依存的富は変化する。平常時には、保険料は全額保険金として家計に還付される。

地方自治体は保険システムの設計が自地域の人口規模に及ぼす影響を考えずに、非戦略的に行動すると考える。地方自治体の行動は代表的個人の効用最大化問題(*IU*)

$$\max_{\mathbf{x}_i, \mathbf{m}_i, \mu_i} \left\{ \sum_{s=0,1} \sum_{k=0}^K \pi_i(s|k)v(x_i(s, k)) \right\} \quad (6a)$$

subject to

$$x_i(s, k) = \omega_i(s) + m_i(s, k) - \mu_i \quad (6b)$$

$$(s = 0, 1; k = 1, \dots, K)$$

$$\mu_i = \sum_{s=0,1} \pi_i(s|k)m_i(s, k) \quad (6c)$$

$$(k = 0, \dots, K)$$

で表される。式(6b), (6c)のラグランジュ乗数をそれぞれ $\iota_i^1(s, k), \iota_i^2(k)$ とすれば、1階の最適化条件は

$$\pi_i(s, k) \frac{dv(x_i(s, k))}{dx_i(s, k)} = \iota_i^1(s, k) \quad (7a)$$

$$(s = 0, 1; k = 1, \dots, K)$$

$$\iota_i^1(s, k) = \iota_i^2(k)\pi_i(s|k) \quad (7b)$$

$$(k = 0, \dots, K)$$

となる。式(7a), (7b)と $\pi_i(s, k) = \pi_i(s|k)\pi(k)$ より、任意の $s$  ( $s = 0, 1$ ) と  $k$  ( $k = 1, \dots, K$ ) に対して

$$\pi(k) \frac{dv(x_i(s, k))}{dx_i(s, k)} = \iota_i^2(k) \quad (8)$$

が成立し、家計の所得は集合リスク $k$ のそれぞれに対して個人リスク事象 $s$ に関わらず同じ値をとる。すなわち、問題*IU*の最適解を $x_i^*(s, k)$ とすれば

$$x_i^*(s, k) = y_i - r_i(k) = \hat{x}_i(k) \quad (9)$$

が成立する。ただし、 $r_i(k) = \pi_i(1|k)d_i$ である。保険金支払い後の家計の所得はすべて一定値 $\hat{x}_i(k)$ をとる。保険金支払い後の家計所得 $\hat{x}_i(k)$ は、集合リスク事象 $k$ によって異なる。本節で対象とする自治体保険は同一自治体の家計による相互保険システムであり、被災時に保険金が給付されるものの、それによって被害額がすべてカバーされるわけではない。また、基本モデルでは地方自治体の災害保険会計の間で所得移転がなされないため、災害リスクの地域間配分は実施されない。したがって、ある集合的リスク事象 $k$ に対して、各地域の集合リスクに対する潜在価格 $\iota_i^2(k)$ は地域によって異なる。

所得移転後の状況依存的な所得は各集合リスク事象 $k$ に対して、個人リスク事象 $s$ に関わらず一定となる。そこで、地域*i*の代表的家計の所得移転後の状況依存的所得に対する事前の期待効用を状況依存的所得 $\hat{x}_i(k)$ を用いて

$$\hat{u}_i = \sum_{k=0}^K \pi(k)v(\hat{x}_i(k)) \quad (10)$$

と表すこととする。以降、 $\hat{x}_i, \hat{u}_i$ を用いるが、それぞれ所得移転後の状況依存的所得に対して定義された期待効用を意味していることを断つておく。

### (4) 地域間均衡

以上では、各地域の平常時の所得 $y_i$ を与件として扱ってきた。所得は各地域の人口規模に依存して決定されると考えよう。国全体の人口 $N$ は一定であり、いずれかの地域に居住すると考える。地域*i* ( $i = 1, \dots, M$ ) の人口を $N_i$  ( $i = 1, \dots, M$ ) で表せば、人口の制約式

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

が成立する。各地域は1種類の合成財を生産すると考え、各地域の生産技術を生産関数 $f_i(N_i)$ で表す。ただし、 $df_i(N_i)/N_i > 0, d^2f_i(N_i)/dN^2 < 0$ を満足する。企業が生み出す利潤は土地等の地域資源によるものであり、地域資源は地域内の家計によって平等に所有されていると仮定する。生産活動によって生じた準レントはすべて地域内の家計に帰属する。家計が他の地域に転出する場合、地域資源の所有権を喪失する。一方、転入者には所有権が無償で与えられると考える。企業利潤が地域内の家計に配分される場合、家計1人当たりの所得 $y_i$ は

$$y_i(N_i) = \frac{f_i(N_i)}{N_i} \quad (12)$$

で表される。準レントがすべて家計に帰属し、すべての地域が同質財を生産するという仮定より地域間交易は発生しない。各地域で自治体が強制保険制度を導入した場合、集合リスク $k$ のそれぞれに対して式(9)で表される事後的な所得水準を獲得することが補償される。地域*i*に居住す

ることによって得られる期待効用  $\hat{u}_i(N_i)$  は

$$\hat{u}_i(N_i) = \sum_{k=0}^K \pi(k)v(y_i(N_i) - r_i(k)) \quad (13)$$

と表せる。家計が期待効用を最大にするように自由に地域を選択することが可能である場合、市場均衡で

$$\hat{u}_i(N_i) = \bar{V} \quad (i = 1, \dots, M) \quad (14a)$$

$$\sum_{i=1}^M N_i = N \quad (14b)$$

が成立する。 $\bar{V}$ は均衡効用水準であり内生変数である。

#### 4. 社会的最適化問題

##### (1) 外部経済性と所得移転

家計の地域移動は2種類の外部経済性を招く。1つは家計が地域に転入（転出）することによって生じる家計所得の変化である。式(12)を  $N_i$ で偏微分すれば、地域  $i$  に限界的家計が転入することによる代表的家計の所得変化は

$$\xi_i(N_i) = \frac{dy_i(N_i)}{dN_i} = \frac{1}{N_i} \{f'_i(N_i) - y_i\} < 0 \quad (15)$$

で評価できる。ただし、 $f'_i(N_i) = df_i(N_i)/dN_i$  である。地域に転入してきた家計を限界的家計と呼ぼう。右辺の中括弧の中の第1項は限界的家計による限界生産性であり、賃金率に一致する。第2項は所得を表す。すなわち、地域  $i$  に限界的家計の転入が当該地域に居住する1家計に及ぼす外部経済性は、限界家計の転入による1人当たりの経済準レント（利潤配当）の変化量  $(y_i - f'_i)/N_i$  で表現できる。

いま1つの外部経済性は、家計の移動により中央政府による所得移転が変化する効果である。中央政府は各集合リスクの状態  $k$  に対して事後的な移転の収支バランスをとる必要がある。したがって、ある家計が地域の集合リスク  $q_i(k)$  の大きな地域  $i$  に移動した場合、その地域における保険金の期待支払い額の増加に準備するために、全地域から徴収する保険料が変化するだろう。これは自治体保険システムを通じて生じる外部経済であり金銭的な外部経済効果と解釈できる。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。したがって家計の自由な居住地選択の結果として生じる市場均衡が災害リスクの配分においてパレート効率的である保証はない。家計の自由な地域選択行動によって生じる外部経済性を内部化するために、中央政府による介入が必要となる。以下では、以上で考察した2種類の外部経済性を内部化する手段として、中央政府による地域間所得移転をとりあげる。

##### (2) 中央政府の行動モデル

中央政府が災害保険会計を設けて、各地域が直面する集合リスクの分散を図る場合を考えよう。この災害保険会計は各地域から保険料  $\tau_i$  を徴収し、リスク  $k$  ( $k = 0, \dots, K$ ) が生じた場合にそれぞれの地域の家計に保険金  $\eta_i(k)$  を支払うシステムである。災害が生じなかつた場合、

$\eta_i(0)$  はそれぞれの地域の家計に対する還付金と考えることができる。ここで、新しい変数  $\zeta_i(k) = -\tau_i + \eta_i(k)$ 、 $\hat{x}_i(k) = y_i(N_i) - r_i(k) + \zeta_i(k)$  を導入しよう。 $\zeta_i(k)$  は中央政府からの状況依存的なネットの所得移転である。この時、中央政府が解くべき社会的最適化問題 (SO) は

$$\max_{N, \zeta} \{\bar{V}\} \quad (16a)$$

subject to

$$\sum_{k=0}^K \pi(k)v(y_i(N_i) - r_i(k) + \zeta_i(k)) = \bar{V} \quad (16b)$$

$$(i = 1, \dots, M)$$

$$\sum_{i=1}^M N_i = N \quad (16c)$$

$$\sum_{i=1}^M N_i \zeta_i(k) = 0 \quad (k = 0, \dots, K) \quad (16d)$$

と表される。ただし、 $N = \{N_1, \dots, N_M\}$ 、 $\zeta = \{\zeta_1(0), \dots, \zeta_M(K)\}$  である。式(16b)-(16d)のラグランジュ乗数をそれぞれ  $\nu_i$  ( $i = 1, \dots, M$ )、 $\nu$ 、 $\nu(k)$  ( $k = 0, \dots, K$ ) と表そう。内点解を仮定すれば、問題 SO の1階の最適化条件は式(16b)-(16d)及び

$$\nu_i \xi_i(N_i) \sum_{k=0}^K \pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)} + \sum_{k=0}^K \nu(k) \zeta_i(k) + \nu = 0 \quad (i = 1, \dots, M) \quad (17a)$$

$$\nu_i \pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)} + \nu(k) N_i = 0 \quad (i = 1, \dots, M; k = 0, \dots, K) \quad (17b)$$

$$\sum_{i=1}^M \nu_i = 1 \quad (17c)$$

で表される。ただし、 $dv(\hat{x}_i(k))/d\hat{x}_i(k)$  は集合リスク事象  $k$  が生じた時の状況依存的な所得  $\hat{x}_i(k)$  に関する限界効用である。 $k$  に関して式(17b)の両辺の総和をとれば、

$$-\frac{N_i}{\nu_i} = \frac{\sum_{k=1}^K \pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)}}{\sum_{k=1}^K \nu(k)} \quad (18)$$

を得る。このことに留意すれば、式(17b)は、

$$\pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)} = \lambda_i \rho(k) \quad (19)$$

$$(i = 1, \dots, M; k = 0, \dots, K)$$

と表せる。 $\lambda_i = \sum_{k=0}^K \pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)}$ 、 $\rho(k) = \frac{\nu(k)}{\sum_{k=0}^K \nu(k)}$  である。したがって、任意の  $k$  ( $k = 0, \dots, K$ ) に対して、

$$\frac{\frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)}}{\sum_{k=0}^K \pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)}} = \frac{\rho(k)}{\pi(k)} \quad (i = 1, \dots, M) \quad (20)$$

が成立する。すなわち、災害事象  $k$  が生じた時に、事前の期待限界効用で評価した状況依存的富の限界効用が各地域で等しくなるように事後の所得再配分がなされることを意味する。このことは、基本モデルでは一般的に状況依存的富の限界効用が地域間で異なった値をとるという結果と対照的である。基本モデルでは地域間の所得移転が行われないため、式(8)の右辺のラグランジュ乗数が  $i$  と  $k$  の双方に依存しているため式(20)に示す条件式を導くことができない。その結果、基本モデルでは各集合リスク事

象の生起下における状況依存的富に対する限界効用の地域間均等化が達成されない。一方、中央政府の行動モデルでは、中央政府が地方自治体の災害保険会計の間で所得移転を行うことにより、集合リスクの地域間最適配分が実現可能となる。その結果、式(20)が成立し、状況依存的富に対する限界効用の地域間均等化が図られることになる。なお、本ケースの場合においても、集合リスク事象の状況依存的価格（潜在価格） $\rho(k)$ は事象 $k$ によって異なることに留意されたい。中央政府による災害保険会計の導入により、ある被災地域で生じた被害を他の地域に分散することができる。しかし、災害によって生じた被害額そのものが減少するわけではない。災害による被害が巨大な場合、地域全体でリスクをプールしても状況依存的富が著しく減少する可能性がある。したがって、このような集合リスク $k$ に関する潜在価格 $\rho(k)$ は大きくなる。このような事態を避けるためには、通時的・国際的なリスク分散が必要となる。この問題に関しては、のちに5.(6)で言及することとする。また、式(17a),(17b)より、最適な人口配分に関する条件式

$$\begin{aligned} & -N_i \xi_i(N_i) + \sum_{k=0}^K \frac{\nu(k)}{\sum_{k=0}^K \nu(k)} \zeta_i(k) \\ & = -N_i \xi_i(N_i) + \sum_{k=0}^K \rho(k) \zeta_i(k) = \bar{y} \end{aligned} \quad (21)$$

を得る。ただし、 $\bar{y} = -\nu / \sum_{k=0}^K \nu(k) > 0$ である。最適な人口配分は、全ての地域において式(21)が満足されるときに実現する。式(21)の右辺第1項 $-N_i \xi_i(N_i)$ は限界的家計の転入が当該地域の他のすべての家計の所得へ及ぼす外部経済であり、式(15)に示されるようにその符号は正である。第2項は、集合リスク事象 $k$ が生じた場合に地域 $i$ の家計に給付される純保険金 $\zeta_i(k)$ を各集合リスク事象の潜在価格 $\rho(k)$ で評価した値の総和である、限界家計の転入がもたらす純保険量の価値の変化を表している。ここで、式(21)を次式のように書き換えよう。

$$y_i = \bar{y} + f'_i - \sum_{k=0}^K \rho(k) \zeta_i(k) \quad (22)$$

式(22)の右辺第1項は定数項である。第2項は限界的家計の転入による地域総生産の限界的変化であり、賃金率に等しくなる。第3項は限界的家計による集合リスクの負担価格を表している。各地域に災害リスクが存在しない場合には、地域間均衡において、各地域における所得が一定値をとる。災害リスクが存在する場合には、各地域における所得水準が第2項、第3項で表されるような外部経済性を加味したような水準に決定されることになる。

## 5. 再保険市場を用いた分権的リスク分散

### (1) 分権的リスク分散の目的

社会的最適化問題は、中央政府が各地域の災害リスクを考慮しながら、各地域の最適保険料率や地域間の所得移転方式を決定する方式である。このような方式により、地

域間でパレート最適な災害リスク配分を達成することが可能となる。しかし、中央政府がすべての地域における災害リスクの評価や災害保険料率を設計するためには膨大な量の情報処理が必要となる。本節では、これに代わる方法として、地方自治体同士が分権的にリスクをトレードする方式を考えよう。すなわち、地方自治体が自治体災害保険会計が直面している集合リスクをヘッジするために、災害再保険市場において再保険を購入する場合を考える。本研究では地方自治体による強制保険を考えているが、本節のモデルでは地方自治体が災害保険会社としての役割を果たしていることに他ならない。したがって、地方自治体の代わりに、民間保険会社が家計と災害保険契約を取り交わすと考えても、モデルの構造に本質的な違いはない。家計が災害リスクを完全に認知し、災害保険の合理的な購入を行う場合、災害保険市場を通じて分権的に災害リスクを分散することにより、本節で提案する自治体保険による方法と同一のリスク分散を達成することができる。しかし、家計のリスク分散行動が合理的に行われない場合、自治体保険の導入は災害リスクの分散手段として実効性を持ちうると考える。以上の考え方に基づいた自治体保険による災害リスク分散問題は、小林・横松のモデル<sup>1)</sup>を拡張することによりアプローチすることが可能である。

### (2) 状況依存的証券

基本モデルで示した自治体保険は、地域内で生じる被害を相互保険によりカバーする方法である。しかし、当該地域で生じた総被害額を軽減することはできない。そこで、地方自治体が集合リスクをヘッジするために状況依存的な証券を資本市場で取り引きする場合を考える。資本市場は国内で閉じていると仮定する。この仮定は、あくまでもこれまでのモデルとの比較を行うために設けたものである。5.(6)において資本市場の国際化の問題を議論する。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）の売買を行う。Arrow 証券とは、集合リスク事象 $k$ が生じたときに 1 単位の合成財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を  $p(k)$  としよう。証券の価格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。地方自治体 $i$ が保有する Arrow 証券の束  $A_i$  の価値  $C_i$  は次式で表される。

$$C_i = \sum_{k=0}^K p(k) A_i(k) \quad (23)$$

この時、災害リスク事象 $k$ が生じたときの当該自治体の状況依存的富  $X_i(k)$  は次式で表される。

$$\begin{aligned} X_i(k) &= N_i \hat{x}_i(k) = N_i y_i - N_i r_i(k) + A_i(k) \\ &\quad - C_i \quad (k = 0, \dots, K) \end{aligned} \quad (24)$$

### (3) 自治体の証券購入行動

各自治体にとって Arrow 証券の価格  $p(k)$  は与件である。また基本モデル同様、自治体は非協力的に自地域の代表的家計の厚生最大化を図ると考える。家計 1 人当たりの Arrow 証券の保有量、Arrow 証券の束の価格をそれぞれ  $a_i(k) = A_i(k)/N_i$ ,  $c_i = \sum_{k=0}^K p(k)A_i(k)/N_i$  と定義しよう。自治体  $i$  の行動は代表的家計の期待効用最大化問題 ( $MO$ ) として記述できる。

$$\max_{\hat{x}_i, a_i, c_i} \left\{ \sum_{k=0}^K \pi(k)v(\hat{x}_i(k)) \right\} \quad (25a)$$

subject to

$$\sum_{k=0}^K p(k)a_i(k) = c_i \quad (25b)$$

$$\begin{aligned} \hat{x}_i(k) &= y_i - r_i(k) + a_i(k) - c_i \\ (k &= 0, 1, \dots, K) \end{aligned} \quad (25c)$$

ただし、 $\hat{x}_i = \{\hat{x}_i(0), \dots, \hat{x}_i(K)\}$  である。制約条件 (25b), (25c) 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 階の最適化条件は以下の通りである。

$$\pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)} = \lambda_i(k) \quad (k = 0, \dots, K) \quad (26a)$$

$$\lambda_i p(k) = \lambda_i(k) \quad (k = 0, \dots, K) \quad (26b)$$

$$\lambda_i = \sum_{k=0}^K \lambda_i(k) \quad (26c)$$

式 (26a)-(26c) を整理すると、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。

$$\frac{\frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)}}{\sum_{k=0}^K \pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)}} = \frac{p(k)}{\pi(k)} \quad (k = 0, \dots, K) \quad (27)$$

すなわち、災害事象  $k$  が生じた時に、事前の期待限界効用で評価した各状況的富の限界効用が各地域で等しくなるように事後の所得再配分がなされることを意味する。

Arrow 証券の価格  $p(k)$  は集合リスクごとの証券市場が清算される水準に決定される。集合リスク事象  $k$  が生起した時、Arrow 証券の支払総額は  $\sum_{i=1}^M N_i a_i(k)$  となる。一方、Arrow 証券の購入総額は  $\sum_{i=1}^M \sum_{j=0}^K N_i p(j) a_i(j)$  となる。Arrow 証券の取引市場が国内で閉じていると仮定しよう。証券市場における裁定の結果、価格  $p(k)$  は以下の均衡条件式を満足する。

$$\sum_{i=1}^M N_i a_i(k) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=0}^K N_i p(j) a_i(j) \quad (28)$$

$(k = 0, \dots, K)$

また、1 階の条件式 (26b), (26c) より証券価格  $p(k)$  ( $k = 0, 1, \dots, K$ ) の間には規格化条件

$$\sum_{k=0}^K p(k) = 1 \quad (29)$$

が成立する。地域間リスク配分の最適条件式 (27) が成立する場合、規格化条件は自動的に満足する。以上では自治体同士が直接的に Arrow 証券の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。再保険会社が各自治体ごとに Arrow 証券と同じ働きをする災害再保険を販売すれば、同様のリスクヘッジ機能を実現することが

出来る。災害再保険市場が完全競争的であると考え、災害再保険を Arrow 証券の束として表現しよう。いま、地方自治体  $i$  に対して以下のような再保険が提案されたとする。それは再保険料  $F_i$ 、再保険金  $R_i(k)$  の組み合わせとして、

$$F_i = \sum_{k=0}^K p^*(k) a_i^*(k) N_i \quad (30a)$$

$$R_i(k) = a_i^*(k) N_i \quad (30b)$$

と表現される。再保険会社は自治体から災害の事前に保険料  $F_i$  を徴収すると共に、集合リスク  $k$  が生起した時、地方自治体  $i$  に保険金  $R_i(k)$  を支払うことになる。

#### (4) 地域間均衡

各地方自治体は市場で災害再保険を購入し、自治体独自の自治体保険システムを運営する。式 (30a), (30b) に表される災害再保険料、再保険金は自治体災害保険会計に計上される。ここで、1 家計当たりに帰着するネットの再保険金の大きさを  $\eta_i^*(k) = -\sum_{k=0}^K p^*(k) a_i^*(k) + a_i^*(k)$  と表そう。家計が地域間を移動するとき、自治体との災害保険契約を解消する。一方、新規に転入した家計は災害保険の購入が義務づけられる、この時、地域間均衡は条件式

$$\sum_{k=0}^K \pi(k)v(y_i(N_i) - r_i(k) + \eta_i(k)) = \bar{V} \quad (31a)$$

$(i = 1, \dots, M)$

$$\sum_{i=1}^M N_i = N \quad (31b)$$

$$\frac{\frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)}}{\sum_{k=0}^K \pi(k) \frac{dv(\hat{x}_i(k))}{d\hat{x}_i(k)}} = \frac{p(k)}{\pi(k)} \quad (31c)$$

$(i = 1, \dots, M; k = 0, \dots, K)$

$$\eta_i(k) = -\sum_{k=0}^K p(k) a_i(k) + a_i(k) \quad (31d)$$

$(i = 1, \dots, M; k = 1, \dots, K)$

$$\sum_{i=1}^M N_i \eta_i(k) = 0 \quad (k = 0, \dots, K) \quad (31e)$$

を同時に満足するような  $N, a, x$  として求まる。

#### (5) 社会的最適解と市場分権解の比較

問題  $SO$  と問題  $MO$  の最適化条件を比較しよう。問題  $MO$  における最適な Arrow 証券の購入水準の条件式 (27) が問題  $SO$  における最適な所得移転の条件式 (20) と対応している。式 (27) における Arrow 証券の価格  $p(k)$  は式 (20) における集合リスク事象  $k$  の潜在価格  $\rho(k)$  と対応し、両者共に規格化条件を満足している。すなわち、問題  $MO$  においても、市場において自治体間で Arrow 証券を「取引」する（再保険市場で災害再保険を購入する）ことによって、固定された人口配分の下では問題  $SO$  の場合と同様に効率的なリスク配分が達成されることを示している。一方、社会的に最適な災害リスク配分を達成するためには、最適な所得移転の条件 (20) に加えて最適な人口配分に関

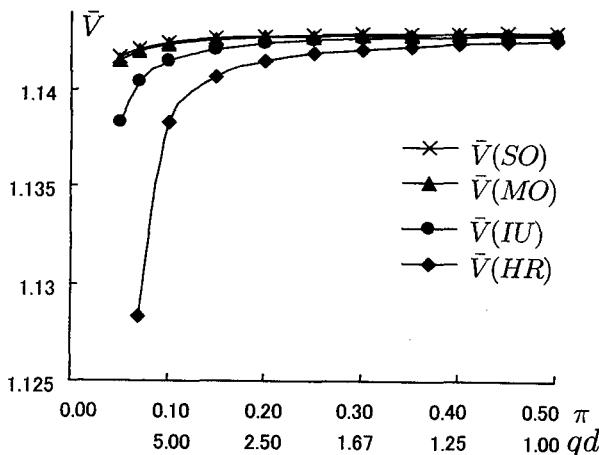


図-1 均衡効用水準の比較

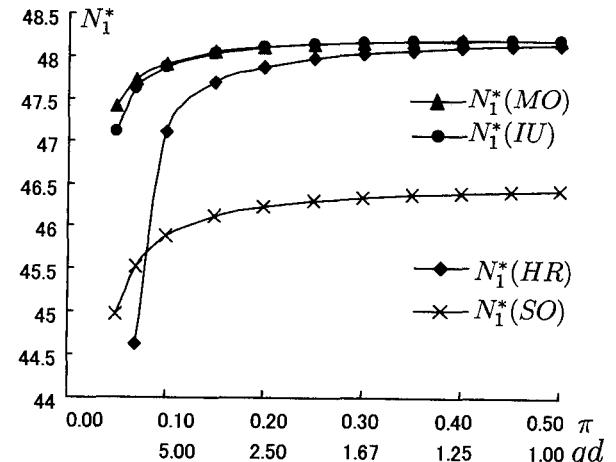


図-2 均衡人口配分の比較

する条件(21)が満足されなければならない。しかし、問題 $SO$ における式(21)に関する条件式は問題 $MO$ からは導かれない。問題 $MO$ において、人口配分は、それぞれの家計が期待効用水準が等しくなるように居住地選択した結果として得られる。一般的に、問題 $SO$ と問題 $MO$ の間で異なった人口配分が得られる。この場合、式(20)における $\rho(k)$ と式(27)の $p(k)$ は異なる値をとり、結果として災害リスクの地域配分パターンも異なることとなる。家計は居住地選択におい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。したがって、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が常にパレート効率的となる保証はない。このようにArrow証券は、所得を通じて集合リスクを分散することを可能とする手段であるが、社会的最適な人口の移動を誘導する機能は有さない。パレート最適な人口配分を達成するためには、社会的最適化モデルのように、中央政府が地域間における所得移転を通じて地方自治体の災害会計に介入することが必要となる。

#### (6) 留保事項

本研究では地方自治体が閉鎖的な再保険市場を通じて集合リスクを分散することを想定していた。前述したように、この仮定は問題 $SO$ との対比を行うために設けた便宜的な仮定である。近年のCAT bondの急速な普及に代表されるように、災害保険の国際資本市場での証券化が急速に進展しつつある<sup>18)</sup>、証券化の国際化が進展すれば、より規模の大きい市場を通じた集合リスクの分散が可能となる。もちろん、集合リスクを国際市場で分散しても、一度生じた被害額が減少されるわけではない。しかし、個々の主体が負担する被害額は大幅に軽減されることになる。社会的最適化問題 $SO$ においても、集合リスクは中央政府が運営する災害保険会計の内部で分散されるにすぎない。中央政府が運営する災害保険会計も国際再保険市場を通じて集合リスクを分散することが可能である。このような国際証券市場を通じた集合リスクの分散効果を議論するためには、家計のポートフォリオ行動を考慮したような

金融市場の一般均衡モデルを開発する必要がある。また、政府は災害国債の発行や災害基金の運営を通じて通時的なリスク配分を行うことも可能である。このような通時的なリスク配分を含めて、災害リスクの望ましい配分方式に関して、今後多角的に分析を積み重ねる必要がある。

#### 6. 数値計算事例

##### (1) 問題の設定

簡単な数値計算によりそれぞれのリスク分散システムの下での均衡効用水準、所得移転、人口配分等を調べよう。2地域を対象に、2種類の集合リスク事象 $q(0) = \{0, 0\}$ （平常時）、 $q(1) = \{q, 0\}$ （災害時）を考える。 $q$ は被災する家計が地域の総家計数に占める割合である。災害が生じる確率を $\pi$ と表そう。すなわち、地域1は危険地域であり確率 $\pi$ で災害が生起（集合リスク $k = 1$ が生起）し、 $q$ の割合の家計が被災する可能性がある。一方、地域2は安全地域であり、災害リスクが存在しない。地域1において災害が生じ家計が被災した場合、被害額 $d$ の損失が生じる。家計はすべて同一の選好を持っており、所得 $y_i$ で定義される間接効用関数 $v = \log y_i$ で表現される。地域全体の総人口を $N = 100$ で表し、家計は地域間を自由に移動できる。2つの地域は生産関数 $f(N_i) = 100\sqrt{N_i}$ で表される同質の生産技術を持っている。したがって、地域1に災害リスクが存在しない場合、社会的最適な状態ではそれぞれの地域に同じ人口50が配分されることとなる。このとき両地域の家計の所得は同一の水準になる。

##### (2) 計算結果

以上の問題設定の下で、リスク分散システムが存在せず家計が完全にリスクを保有するケース( $HR$ )、自治体間の所得移転が行われず自治体内の相互保険のみが適用される基本モデルケース( $IU$ )、中央政府により社会的最適な自治体間所得移転が行われるケース( $SO$ )、再保険市場を通じて各自治体が分権的にリスクを分散するケース( $MO$ )の4つのケースを比較する。図-1は、地域1に居住

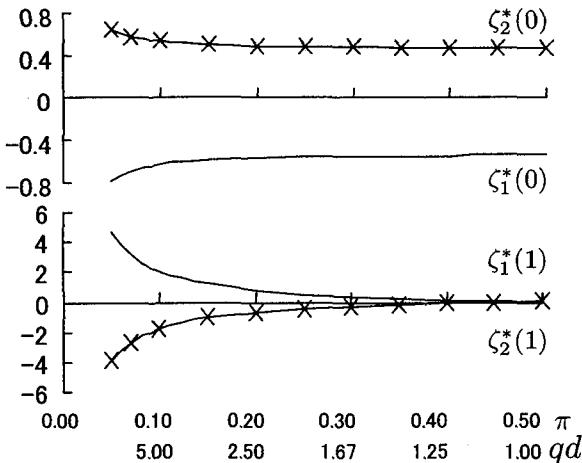


図-3 ネットの自治体間所得移転（ケース SO）

する家計の期待被害額を一定値  $\pi qd = 0.5$  に保ちながら、災害の生起確率  $\pi$  を変化させ、均衡効用水準がどのように変化するかを分析した結果を示している。図の横軸は災害の生起確率  $\pi$  と、それに対応した、自治体保険導入後の一家庭当たりの災害時の損失  $qd$  を表している。ただし、ケース HRにおいては  $q = 0.5, \pi d = 1$  と設定した。言い換えれば、より大きな  $\pi$  を持つケースは同じ期待被害額でありますながら、多頻度・小規模災害リスクを持つ場合に該当する。逆に、より小さな  $\pi$  に相当するケースは少頻度・大規模災害が生起する可能性がある場合を意味している。すなわち、 $\pi$  が小さいケースでは、 $qd$  が大きくなり、より巨大な災害リスクに直面していることになる。図-1 に示すように、再保険市場ケースの均衡効用水準  $\bar{V}(MO)$  は社会的最適効用水準  $\bar{V}(SO)$  より劣るもの、両ケースの間にはそれほど大きな差異はない。これらのケースでは、災害の巨大性・集合性が増加しても家計の期待効用水準はそれほど減少していない。すなわち、災害保険によるリスク分散の効果が期待できる。なお、期待損失額自体が巨大になった場合、2つの地域だけでリスク分散を図ることは得策ではない。さらに、外部の地域を含めてリスク分散を図ることが必要となることは言うまでもない。一方、ケース HR やケース IU の場合には、災害時の期待損害額が  $qd = 2.5$  ( $\pi = 0.2$ ) を超えて大きくなると、均衡効用水準が著しく低下する。この結果から、災害が巨大になれば災害保険が大きな効果を発揮することが確認できる。言い換えれば、災害リスクが巨大になるほど、災害保険の導入によるリスク分散の意義が大きくなる。

図-2 は社会全体の人口  $N = 100$  のうち地域 1 に配分される人口と災害リスクの関係を表している。ケース SO とケース MO の間には人口配分パターンに顕著な差異がみられる。社会的最適化(SO)では地域 1 の人口が抑制される結果となる。自治体保険が存在しないケース HR では、地域 1 の災害が巨大になると同地域の人口が急速に減少していく。社会的最適化問題では社会全体の期待被害額  $N_1^* \pi qd$  を小さくするような人口配分結果が得られるのに對して、再保険市場を導入したケース MO では、人口が 2

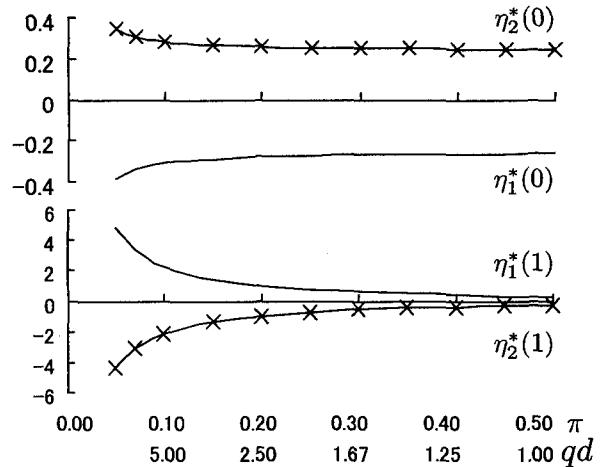


図-4 ネットの再保険金（ケース MO）

つの地域により均等に配分される結果となっている。その結果、他の 3 ケースと比べて社会全体の総生産  $f(N_1^*) + f(N_2^*)$  が最も大きくなることがわかる。

つぎに、ケース SO、ケース MO より得られる地域間所得移転額と災害リスクの関係について調べよう。図-3 にケース SO における各状態毎の地域 1、2 の一家計へのネットの所得移転  $\zeta_i^*(k)$  と災害リスクの関係を、図-4 にケース MO におけるネットの再保険金  $\eta_i^*(k)$  と災害リスクの関係を示す。図-3、図-4 では災害リスクと地域間所得移転の関係について類似のパターンが得られている。これは問題 SO で得られる式(20)と問題 MO で得られる式(27)により規定される最適な所得移転のパターンである。

図-2 より  $qd$  が大きくなると ( $\pi$  が小さくなると) 地域間の人口差  $N_2^* - N_1^*$  が拡大する。したがって、平常時の再分配前的一家計当たりの所得格差  $y_1(N_1^*) - y_2(N_2^*)$  は増大する。その所得差を均等にするために、 $\pi$  が小さくなるほど平常時の地域 1 から地域 2 への所得移転  $\zeta_2^*(0), \eta_2^*(0)$  は大きくなる。また、このように  $\pi$  の減少に伴い  $-\zeta_1^*(0), -\eta_1^*(0)$  が大きくなるという結果は、災害が少頻度・大規模になるほど保険料に含まれるリスク・プレミアムが大きくなる結果である。災害時の一家計当たりの被害額  $qd$  が大きくなるほど、災害時における地域 1 の家計への所得移転額  $\zeta_1^*(1), \eta_1^*(1)$  が増加する。しかし、被害額が全額補償されるわけではない。例えばケース SO において災害時の被害額が  $qd = 10$  ( $\pi = 0.05$ ) の場合には、被害額の約半分程度である  $\zeta_1^*(1) = 4.71$  が補償される。一方、被害額  $qd$  が小さい (例えば  $qd = 1.25$  ( $\pi = 0.4$ )) 場合には、地域 1 の家計の損失は事前の所得  $y_1(N_1^*) = 14.68$  に対して約 9% 程度となる。したがって、図-3 に示すように、災害時における地域 1 への所得移転は  $\zeta_1^*(1) = 0.12$  と小さな水準にとどまる。

図-5(a),(b) はそれぞれ災害リスクと平常時、災害時における所得移転後の状況依存的所得の関係を示したものである。ケース SO、ケース MO のいずれにおいても、平常時には地域 1 から地域 2 への富の移転が行われ、災害時に地域 2 から地域 1 へと損害の補償が行われる。その結果、

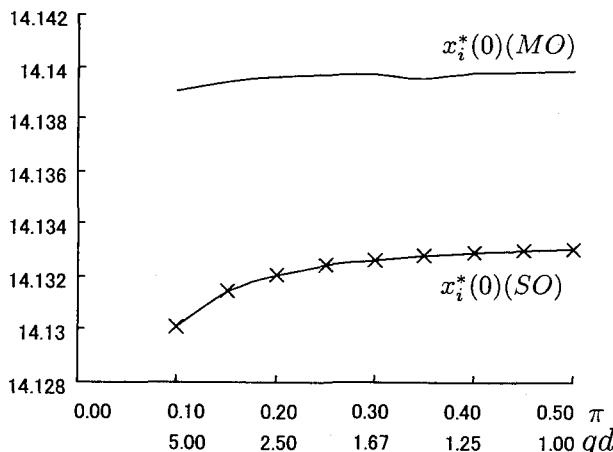


図-5(a) 状況依存的所得の比較（平常時）

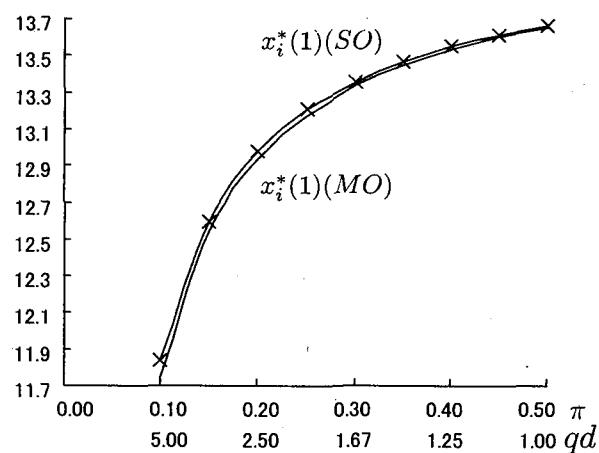


図-5(b) 状況依存的所得の比較（災害時）

平常時、災害を通じて、達成される状況依存的所得は地域間で等しくなる。すなわち、 $\hat{x}_1^*(k) = \hat{x}_2^*(k)$  ( $k = 0, 1$ ) が成立する。ケース SOでは、中央政府は状況ごとに社会に存在する富をすべての家計に均等に配分できるような災害保険システムを導入することが望ましい。またケース MOでも各自治体の再保険購入行動の結果、市場均衡として地域間の状況依存的所得の均等化が導かれる。本数値計算事例では、各地域の生産技術が収穫遞減的であり、同一の生産関数で表現されると仮定している。したがって、人口が均等配分された時、社会全体での総生産がもっとも大きくなる。一方、人口が均等配分された場合、災害時の被害額も大きくなる。図-2に示したように、ケース MOの方がより均等に近い人口配分が得られるため、平常時の状況依存的所得はケース MOの方がケース SOよりも大きくなる結果となっている。逆に、災害時にはケース SOの方が状況依存的所得が大きくなる。すなわち、ケース SOの方が災害時と平常時の間で所得移転後の状況依存的所得の平準化が達成されている。なお、所得移転後の状況依存的所得が両地域において等しいため、災害後に地域間で人口移動は生じない。本研究では記述を簡単にするため、災害後に人口移動が生じないという仮定をお

表-1 ケース SOとケース MOの差異

変数	大小関係	変数	大小関係
$N_1^*$	$SO < MO$	$N_2^*$	$SO > MO$
$f(N_1^*) + f(N_2^*)$	$SO < MO$	$N_1^*qd$	$SO < MO$
$y(N_1^*)$	$SO > MO$	$y(N_2^*)$	$SO < MO$
$-\zeta_1^*(0), -\eta_1^*(0)$	$SO > MO$	$\zeta_2^*(0), \eta_2^*(0)$	$SO > MO$
$\zeta_1^*(1), \eta_1^*(1)$	$SO < MO$	$-\zeta_2^*(1), -\eta_2^*(1)$	$SO < MO$
$x_i^*(0)$	$SO < MO$	$x_i^*(1)$	$SO > MO$

いてモデルを定式化した。各自治体災害保険会計が全国的な視点で統合化され、災害時に最適な所得移転が行われれば、結果的に災害後における各地域の状況依存的所得は一致し、災害後に家計に居住地域を移動しようとする誘因は生じない。

ケース SOとケース MOにおけるリスク配分結果の違いを表-1に整理している。これらの大小関係は任意の $\pi$ について成立している。ケース MOではケース SOより多くの人口が地域 1 に居住し、より均等配分に近い人口配分が実現する。その結果、ケース MOでは社会の総生産が大きくなり、かつ災害時の被害も大きくなる。再分配前の地域 1 の一家計当たりの所得 $y(N_1^*)$ は、人口が少ないケース SOのほうが大きい。逆に $y(N_2^*)$ はケース SOのほうが小さい。従って、ケース SOのほうが再分配前の地域間の所得格差 $y(N_1^*) - y(N_2^*)$ が大きいので、平常時の地域 1 から地域 2 への所得移転 $-\zeta_1^*(0), \zeta_2^*(0)$ はケース MOの $-\eta_1^*(0), \eta_2^*(0)$ よりも大きくなる。他方、災害時にはケース MOのほうが地域 2 から地域 1 への所得移転が大きくなる。このことは以下のように説明される。まず、上述のようにそれぞれのケースの人口配分の結果、平常時の再分配前の地域間の所得格差について両ケースの間で以下の大小関係が成立している。

$$\begin{aligned} &y^{SO}(N_1^*) - y^{SO}(N_2^*) \\ &> y^{MO}(N_1^*) - y^{MO}(N_2^*) \quad (> 0) \end{aligned} \quad (32)$$

簡単な移項により、直ちに災害時の再分配前の地域間所得格差について次の大小関係が導かれる。

$$\begin{aligned} &y^{MO}(N_2^*) - \{y^{MO}(N_1^*) - qd\} \\ &> y^{SO}(N_2^*) - \{y^{SO}(N_1^*) - qd\} \quad (> 0) \end{aligned} \quad (33)$$

よって、災害時には $\eta_1^*(1), -\eta_2^*(1)$ の方が $\zeta_1^*(1), -\zeta_2^*(1)$ よりも大きくなる。また、とりわけ $-\eta_2^*(1) > -\zeta_2^*(1)$ となるのは、ケース SOの方が地域 2 の人口が大きいので、地域 1 への補償に関する一家計当たりの負担が小さくなるということが影響している。以上のことより、ケース MOの場合の方が、平常時と災害時における状況依存的所得の変動が大きくなることが理解できる。家計が危険回避的である場合、災害リスクによる効用変動が小さいほど、災害リスクに対するプレミアムは小さくなり期待効用が増加する。すなわち、社会的最適配分の場合、危険地域に居住する人口を抑制することにより、リスクプレミアムを小さくすることが可能となり、社会的厚生が増加する。

家計が自由に居住地を選択するとき、家計は自分自身

の居住地の変更が他の家計に及ぼす影響を考慮しない。いま、ケース  $MO$  の均衡状態において、ある家計が追加的に安全な地域 2 から危険な地域 1 に移動するとしよう。その家計は社会全体に 2 種類の外部性を及ぼす。1 つは社会全体の総生産の増加を通じた平常時の状況依存的所得の増加である。これは全ての家計に対する正の外部性と考えられる。もう 1 つは災害時の社会の総被害額の増加によりもたらされる補償額の増加である。すなわち、地域 2 の家計の負担の増加であり、地域 2 の家計に対する負の外部性と考えられる。また、地域 1 の一家計に配分される保険金の減少、すなわち既存の地域 1 の家計に対する負の外部性も考えられる。このような視点より、いま一度ケース  $SO$  とケース  $MO$  の状況依存的所得移転を比較しよう。 $-\zeta_1^*(0) > -\eta_1^*(0)$ かつ $\zeta_1^*(1) < \eta_1^*(1)$ が成立するため、地域 1 に居住する家計にとっては、ケース  $SO$ において、より高額の保険料で低額の保険金しか支給されない災害保険が利用可能となる。このような（ケース  $MO$  と比較した）保険料の増分や保険金の減少分は、地域 1 に居住する家計がもたらす外部不経済に対するピグー課税と解釈することができる。ケース  $SO$  では、保険システムに含まれるピグー税効果を通じて、危険地域への人口集中がより抑制される結果となる。なお、以上で得られた知見は、本数値事例にのみ成立する事項である。今後実証分析を通じて、より現実的な知見を得る必要があることは言うまでもない。

### (3) 今後の拡張可能性

本研究で提案した自治体モデルは、1) 地方自治体が自己的行動が災害保険会計や地域人口に及ぼす影響を考慮せずに非戦略的に行動する、2) 強制保険制度を通じて家計が完全なリスク認知を行うことが可能となり、災害リスクを考慮して地域選択を行う、という前提を設けて定式化したものである。地方自治体が自己の利益を求めて戦略的に行動する場合、社会的に最適な地域間リスク配分が達成できない。このような地方自治体の戦略的行動が存在する場合、中央政府を先手、地方自治体を後手とするような Stackelberg ゲームの分析枠組みが必要となる。さらに、地方自治体と中央政府、あるいは保険機関の間に情報の非対称性が存在する場合、モラルハザードの問題が生じることになる。モラルハザードは通常の保険市場、再保険市場において深刻な問題であるが、自治体保険にも同様の問題が介在することになる。このようなモラルハザードの問題を分析するためには、情報の非対称性を考慮したアプローチが必要となる。本研究で提案した自治体保険が有効に機能するためには、徹底した会計情報の公開が求められよう。家計が地域選択の際に完全にはリスクを認知しない場合における災害リスクの地域配分も、本研究で提案したモデルにおいて地域間均衡条件式に含まれる家計の主観的確率を修正することにより容易に分析できる。以上の拡張方向を組み合わせることにより、本研究で提案した自治体

保険モデルを多様な方向に発展させることが可能である。自治体保険を導入する目的は災害保険市場におけるモラルハザード、リスク認知の問題を克服する点にある。残念ながら、自治体保険システムにおいても、これら 2 つの問題を完全に克服できるわけではない。今後、本研究で提案した自治体保険モデルを多方面に拡張することにより、自治体保険に関わるモラルハザード、リスク認知の問題を種々の視点から検討していくことが必要である。

## 7. おわりに

本研究では自治体保険システムが有する地域間災害リスクの配分効果に関してひとつの理論的考察を試みたものである。本研究で提案した自治体保険は、各地方自治体が地域内家計の相互保険のための災害保険会計を有するとともに、中央政府が地方自治体間での所得移転を行うことによって、災害リスクのパレート最適な地域間配分を達成するシステムである。このような中央集権的な自治体保険に代わる方法として、自治体が再保険市場で災害リスクを分散するようなシステムも提案した。その結果、家計の自由な地域間移動が可能な場合、再保険による方法では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ことが判明した。すなわち、再保険市場による災害リスク分散だけでは、家計の地域間移動によって生じる外部経済を内部化できず、効率的な災害リスクの配分が妨げられることとなる。したがって、災害リスクの効率的な地域間配分を達成するためには、中央政府による地域間所得移転が不可欠となる。

本研究では地域間災害リスク配分効果のみに焦点をあてて、自治体保険の有効性を検討したものである。本研究で提案した自治体保険モデルの拡張可能性に関しては 6. において言及したとおりである。自治体保険の可能性に関しては、モデルの拡張にとどまらず多方面からの検討が不可欠であることは言うまでもない。今後の課題に関しては以下の事項があげられる。すなわち、1) 本研究では同質な家計で構成される社会における災害リスクの効率的な配分問題を考えた。異質な家計で構成される社会ではリスク配分における衡平性の問題にアプローチする必要がある。2) 強制保険の施行は家計の自己防災行動の誘因を阻害するというモラルハザードの危険性がある。自治体保険の契約内容に関してなお多方面からの検討が必要である。3) 國際的な資本市場を活用した災害リスク分散方法に関して考察する必要がある。さらに、4) 異時点間の災害リスク配分方法についても考察する必要があろう。5) 災害後の人口移動を考慮した場合、モデルの構造はさらに複雑となる。最後に、6) 防災投資によるリスク削減効果も同時に考慮に入れたような一般均衡モデルを定式化することにより、望ましい地域間防災投資配分と地域間人口配分パターンの関係について分析することが必要である。

## 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効果, 土木学会論文集, No. 639/IV-46, pp. 39-52, 2000.
- 2) Oates, W.: *Fiscal Federalism*, Harcourt Brace Jovanovich, 1972.
- 3) Wildasin, D.: *Urban Public Finance*, Harwood, Academic Publishing, 1986.
- 4) Myers, G.: Optimality, free mobility, and the regional authority in a federation, *Journal of Public Economics*, Vol. 43, pp. 107-121, 1990.
- 5) Hercowitz, Z. and Pines, D.: Migration with fiscal externalities, *Journal of Public Economics*, Vol. 46, pp. 163-180, 1991.
- 6) Mansoorian, A. and Myers, G.: Attachment to home and efficient purchases of population in a fiscal externality economy, *Journal of Public Economics*, Vol. 52, pp. 117-132, 1993.
- 7) Flatters, F., Henderson, J.V., and Mieszkowski, P.: Public goods, efficiency and regional fiscal equalization, *Journal of Public Economics*, Vol. 3, pp. 99-112, 1994.
- 8) Asdrubali, P., Sorensen, B., and Yosha, O.: Channels of interstate risksharing: US 1963-1990, *Quarterly Journal of Economics*, III, pp. 1081-1110, 1996.
- 9) Persson, T. and Tabellini, G.: Federal fiscal constitutions: Risk sharing and redistribution, *Journal of Political Economy*, Vol. 43, pp. 979-1009, 1996.
- 10) Wildasin, D.: Factor mobility, risk and redistribution in the welfare state, *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 97, pp. 527-546, 1997.
- 11) Bucovetsky, S.: Federalism, equalization and risk aversion, *Journal of Public Economics*, Vol. 67, pp. 301-328, 1998.
- 12) 多々納裕一, 庄司靖章, 岡田憲夫: 災害時の資本損傷を考慮した2地域一般均衡モデル, 土木学会第54回年次学術講演会, IV, pp. 548-549, 1999.
- 13) Malinvaud, E.: The allocation of individual risks in large markets, *Journal of Economic Theory*, Vol. 4, pp. 312-328, 1972.
- 14) Arrow, K. J.: The role of securities in the optimal allocation of risk-bearing, *Review of Economic Studies*, Vol. 31, pp. 91-96, 1964.
- 15) Lewis, C. M. and Murdock, K. C.: Alternative Means of Redistributing Catastrophic Risk in a National Risk-Management System, in: Froot, K. A. (ed.): *The Financing of Catastrophe Risk*, The University of Chicago Press, 1999.
- 16) Selden, T. M.: Should the government provide catastrophe insurance?, *Journal of Public Economics*, Vol. 51, pp. 241-547, 1993.
- 17) Blomqvist, Å. and Johansson, P.-O.: Economic efficiency and mixed public/private insurance, *Journal of Public Economics*, Vol. 66, pp. 505-516, 1997.
- 18) Froot, K. A.: Introduction, in: Froot, K. A. (ed.): *The Financing of the Catastrophe Risk*, The University of Chicago Press, 1999.

---

## 自治体保険による地域間最適災害リスク配分\*

横松宗太\*\*, 小林潔司\*\*\*

大規模自然災害に関しては、家計のモラルハザードや取引費用の存在により災害保険市場において効率的にリスクが配分されていない。そこで本研究は地方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。その際、1) 中央政府が自治体間の所得移転を通じて災害リスクの地域間配分を行うシステム、2) 各自治体が再保険市場を通じてリスクを分散するシステムに着目する。その結果、中央政府による所得移転のシステムは社会的に最適なリスク配分を達成し、一方、再保険市場を通じた分権的方法は人口移動による外部経済を内部化できず、効率的なリスク配分を導くことができないことを示す。

---

## THE OPTIMAL REGIONAL ALLOCATION OF DISASTER RISK

BY JURISDICTION-MANAGED INSURANCE\*

By Muneta YOKOMATSU\*\* and Kiyoshi KOBAYASHI\*\*\*

Due to moral hazard by households and high transaction cost, it is unlikely that disaster risk can be optimally diversified through transaction in disaster insurance markets. In this paper, alternative jurisdiction-managed disaster insurance schemes are presented. In these schemes, each jurisdiction is supposed to levy tax on local residents and reallocate aggregated risk through interjurisdictional money transfer or reinsurance contracts. The paper concludes that the former scheme attains the best allocation of risks while the latter fails to realize efficient allocation due to fiscal externalities caused by interregional migration.