

異質な家計の地域間移動と分権的防災投資に関する一考察

(株) 富士通アドバンスソリューションズ 正会員 ○吉里直樹
 鳥取大学工学部 正会員 横松宗太
 鳥取大学工学部 正会員 喜多秀行

1. はじめに

近年、災害リスク管理に関して地方による分権的な防災投資、家計の自己責任に基づく居住地選択が求められている。家計が所得水準に応じて居住地を選択するとき、高所得者と低所得者の住み分けが起こり、それぞれの地域で過剰・過小な防災投資が行われる可能性がある。本研究では中央政府による地域政府の防災投資への課税・補助金システムを提案し、社会的に最適な防災投資と人口配分の実現可能性について検討する。

2. 本研究の基本的な考え方

対称な2地域 (i, j) を考える。また、 $\sigma (> 1)$ の労働をもつタイプ r の家計と1の労働をもつタイプ p の家計が2人ずつ存在し、自由に居住地を選択することが可能であるとする。地域政府は自地域の住民の期待効用を最大にするような防災投資水準を決定する。各地域 $t (= i, j)$ の生産関数 $f(L_t)$ は、労働 L_t に関して収穫逓減の性質を有するとする。災害が生起したとき、家計は所得の ε ($0 < \varepsilon < 1$) の割合を失うものとする。また、各地域は g の防災投資を行うことにより、災害生起確率を $\pi(g)$ ($\pi'(g) < 0$) にすることができるものとする。 n 人の地域で g の水準の防災投資を行うには $c_n g$ の費用がかかるとする。

本研究では以下のように社会的最適解を定義する。第一に衛平性等に関する規範が存在し、それによりそれぞれの地域に高所得家計と低所得家計が1人ずつ居住することが望ましい。その上で各地域で2人の家計の期待効用水準の和を最大化するように最適な防災投資水準 g^* が決められると考える。

$$\max_{y_r, y_p, g} EV_r + EV_p$$

$$= \{[1 - \pi(g)] \cdot V(y_p) + \pi(g) \cdot V(y_p \cdot \varepsilon)\} + \{[1 - \pi(g)] \cdot V(y_p) + \pi(g) \cdot V(y_p \cdot \varepsilon)\} \quad (1)$$

$$s.t. \quad y_k = w_k - \frac{c_2 \cdot g}{2} \quad (k = r, p) \quad (2)$$

$$w_r = f'(1 + \sigma) \cdot \sigma, \quad w_p = f'(1 + \sigma) \cdot 1 \quad (3)$$

ただし $V(y_k)$ は状況依存的な間接効用関数(危険回避的)、また y_k はタイプ k の家計の事前の所得である。

g^* は以下の最適化条件を満足する。

$$\frac{2}{\lambda_r + \lambda_p} [-\pi'(g^*) \{V(y_r) - V(y_r \cdot \varepsilon) + V(y_p) - V(y_p \cdot \varepsilon)\}] = c_2 \quad (4)$$

λ_r, λ_p は家計 r, p の所得の期待限界効用である。

3. 課税・補助金制度と分権的防災投資行動

分権的なシステムを考える。地域政府は自地域の住民のタイプ数、他地域の防災投資水準を所与として、地域住民の期待効用の総和が最大となるように、地域の防災投資水準を決定する。一方家計は、他の家計の居住地選択とその下での2地域の防災投資水準を所与として、自らの期待効用水準が大きくなるように居住地を選択する。このような分権的システムにおいて社会的最適解が実現する保証はない。そこで、中央政府が地域政府の防災投資行動に対して課税・補助金システムを通じて介入することを考える。 n 人の家計が居住する地域の防災投資費用は次式のようになる。

$$C(n, g) = c_n \cdot g + \tau \cdot (g - 2g^*) \cdot g \quad (5)$$

τ を税率係数とよぶ。中央政府は2地域から集めた税金を4人の家計に等しく再分配する。

$$T = \frac{1}{4} \cdot \tau \cdot \{[g(i) - 2g^*] \cdot g(i) + [g(j) - 2g^*] \cdot g(j)\} \quad (6)$$

$g(t)$ は、 i 地域、 j 地域での防災投資水準 g を表している。地域政府は自地域の住民の期待効用の和を最大にするように防災投資水準を決定する。2人の家計 $k, k' (= r, p)$ が居住する地域の最適化問題を以下に示す。

$$\begin{aligned} \max_{y_k, y_{k'}, g} \quad & EU_k + EU_{k'} \\ & = \{1 - \pi(g)\} \cdot V(y_k) + \pi(g) \cdot V(y_k \cdot \varepsilon) \\ & + \{1 - \pi(g)\} \cdot V(y_{k'}) + \pi(g) \cdot V(y_{k'} \cdot \varepsilon) \end{aligned} \quad (7)$$

$$s.t \quad y_k = w_k(kk') - \frac{1}{2} \{c_2 + \tau \cdot (g - 2g^*)\} \cdot g + \frac{T}{4} \quad (8)$$

$$y_{k'} = w_{k'}(kk') - \frac{1}{2} \{c_2 + \tau \cdot (g - 2g^*)\} \cdot g + \frac{T}{4} \quad (9)$$

$$T = \frac{1}{4} \cdot \tau \cdot \{g(i) - 2g^*\} \cdot g(i) + \{g(j) - 2g^*\} \cdot g(j) \quad (10)$$

ただし、⁴

$w_k(kk') = f'(\sigma_k + \sigma_{k'}) \cdot \sigma_k$, $w_{k'}(kk') = f'(\sigma_k + \sigma_{k'}) \cdot \sigma_{k'}$
 $k, k'=r$ のとき $\sigma_k, \sigma_{k'} = \sigma$, $k, k'=p$ のとき $\sigma_k, \sigma_{k'} = 1$
 地域政府による g の最適化条件式を以下に示す。

$$\frac{2}{\lambda_r + \lambda_p} [-\pi'(g) \cdot \{V(y_k) + V(y_{k'})\}] \quad (11)$$

$$+ \pi'(g) \cdot \{V(y_k \cdot \varepsilon) + V(y_{k'} \cdot \varepsilon)\}] = c_2 + 2\tau \cdot (g - g^*)$$

地域にタイプ r, p の 2 人の家計が居住しているとき、 $g = g^*$ を選択することにより上式は社会的最適化条件 (4) に一致する。すなわち、2 タイプの家計が 1 人ずつ居住する人口配分が実現すれば、任意の τ のもとで社会的最適な防災投資水準が実現する。

4. 家計の人口移動と地域間均衡

本研究ではナッシュ個々の家計は居住地決定の際に、他の 3 人の家計は移動しない想定のもとで自身が移動するかどうかを均衡により人口移動の均衡を考える。すなわち決定する。このとき実現しえる均衡パターンとそれらが成立するための条件式を以下に示す。また、 $EU_k(kk')$ は家計 k と家計 k' が居住する地域における家計 k の期待効用水準を表している。

居住パターン 地域 i - 地域 j	自己拘束条件	
	タイプ r の家計	タイプ p の家計
$rr-pp$	$EU_r(rr) > EU_r(rpp)$	$EU_p(pp) > EU_p(rrp)$
$rp-rp$	$EU_r(rp) > EU_r(rrp)$	$EU_p(rp) > EU_p(rpp)$
$p-rrp$	$EU_r(rp) < EU_r(rrp)$	$EU_p(pp) < EU_p(rrp)$ $EU_p(p) > EU_p(rrpp)$
$rpp-r$	$EU_r(rr) < EU_r(rpp)$ $EU_r(r) > EU_r(rrpp)$	$EU_p(rpp) > EU_p(rp)$
$rrpp-0$	$EU_r(rrpp) > EU_r(r)$	$EU_p(p) < EU_p(rrpp)$

5. 数値計算事例

数値計算事例を通じて課税・補助金システム

の効果について分析する。各関数と外生変数を係数 τ の変化とタイプ r とタイプ p の期待効用

	$EU_r(rr)$	$EU_r(rpp)$	$EU_r(rp)$	$EU_r(rrp)$	$EU_r(rrpp)$	$EU_r(r)$
$\tau=0$	-0.00018	-0.00023	-0.00011	-0.00049	-0.00074	-0.000028
:	:	:	:	:	:	:
$\tau=5$	-0.00021	-0.00021	-0.00011	-0.00044	-0.00066	-0.000025
$\tau=6$	-0.000204	-0.000203	-0.00011	-0.00043	-0.00065	-0.000023

	$EU_p(pp)$	$EU_p(rpp)$	$EU_p(rp)$	$EU_p(rpp)$	$EU_p(rrpp)$	$EU_p(p)$
$\tau=0$	-0.00492	-0.0264	-0.0123	-0.0178	-0.0323	-0.0014
:	:	:	:	:	:	:
$\tau=5$	-0.00406	-0.0236	-0.0123	-0.0159	-0.0291	-0.0009
$\tau=6$	-0.00392	-0.023	-0.0123	-0.0155	-0.0285	-0.0008

の変化を以下の表に示す。

いま、初期状態、 $\tau = 0$ のときに地域 i にタイプ r 2 人、地域 j にタイプ p の住み分けが起きているとする。このとき、 $EU_r(rr) > EU_r(rpp)$, $EU_p(pp) > EU_p(rrp)$ が成り立っている。ここで中央政府が税率係数 τ を増加させていく。 $\tau = 6$ のとき、タイプ r の家計の期待効用が $EU_r(rr) < EU_r(rpp)$ となる。このとき、タイプ r の家計にとって自地域 i で居住するよりも、相手地域 j に移って居住するほうが期待効用が高いためタイプ p の家計の住む地域に移動する。

いま、タイプ p の家計はタイプ r の家計が移ってきたため、地域 j で $r \cdot p \cdot p$ の 3 人で住む状態にある。このとき、本研究で取り扱う生産関数は収穫逓減な性質を持っているため、地域 j で混雑が生じることになる。そのためタイプ p の家計の期待効用が $EU_p(rp) > EU_p(rpp)$ となり、3 人で住むよりも地域 i でタイプ r の家計と 2 人で住む方が期待効用が高くなり、地域 i に移動する。このときの各タイプの期待効用は、 $EU_r(rp) > EU_r(rrp)$, $EU_p(rp) > EU_p(rpp)$ となり、人口移動が止まる。各地域でタイプ r の家計、タイプ p の家計が 1 人ずつ住むことになり、本研究で定義した社会的最適解が実現したことになる。また、このときの分権的な防災投資水準 g は社会的最適な防災投資水準 g^* に一致することが確認された。

6. おわりに

本研究ではあるタイプの課税・補助金制度を通じて社会的最適な人口配分と防災投資水準が分権的に達成されることが示された。