

防衛投資とリスク回避行動

山口 顕 秀

1. はじめに
2. 災害補償の需要行動
3. 防衛投資行動
4. 検討課題

1. はじめに

山口 (2017) では防衛への投資が資本蓄積や経済成長へ与える影響を考察した。そこで本稿では、家計の行動として戦災の事前のリスク・マネジメントを主にミクロ経済学的な分析事例を検討する。リスク・マネジメントは例えば居住する住宅の耐災補強などによるリスク・コントロールの観点が考えられる。本稿では、Ehrlich and Becker (1972) を参考に理論を考察する。

2. 災害補償の需要行動

Ehrlich and Becker (1972) は、災害リスクに対処する方法として、市場を通じた保険の購入 (self-insurance) と被害が発生する確率を下げるような防災投資 (self-protection) を考え、こうしたリスク・マネジメントに

関する消費者の意思決定をモデル化している。

本稿では戦災の発生を不確実な事象としてとらえ、その発生確率を π で表し、災害が発生した状態を 1、発生しない状態を 0 で表す。

また、災害が発生した場合に得られる（災害補償による補償を受ける前の）当初所得の水準を I_1^e 、発生しない場合に得られる所得の水準を I_0^e で表す。この災害によって予想される被害の大きさを $L = I_0^e - I_1^e$ と表す。

いま、消費者は災害の発生に先立って租税でもって発災被害の補償を積み立てることが可能であり、租税負担で、災害発生時に補償を受け取れるものとする。

s をこのような補償に対する需要量（災害発生時の純受取額）、 t を従量的な租税とすると、（当初の所得に補償による移転を加味した）それぞれの状態における実現する所得水準は

$$I_0 = I_0^e - ts \quad (1)$$

$$I_1 = I_1^e + s \quad (2)$$

$$I_0 - I_0^e = -t(I_1 - I_1^e) \quad (3)$$

I_0 は発災しない場合の所得水準であり当初所得から補償分の支払を除いた水準である。同様に I_1 は発災時の所得水準であり当初所得から補償受取を加えた水準である。

(3) 式は、補償を通じた所得移転の関係を示しており、消費者は状態 0 における所得を t 単位減少させることで、所得を 1 単位増加させることができる。消費者の効用は実現する所得水準に依存して決まるとすると、この消費者の期待効用は

$$\begin{aligned} EU &= (1 - \pi)U(I_0) + \pi U(I_1) \\ &= (1 - \pi)U(I_0^e - ts) + \pi U(I_1^e + s) \end{aligned} \quad (4)$$

で表される。ここで、 $U(-)$ は消費者の効用関数であり、 $U' > 0$ および $U'' < 0$ を仮定する。 $U'' < 0$ を仮定することより、危険回避的な消費者を

想定する。このとき、最適な補償需要量は、(4)式を s について微分することで、次の一階の条件を満たすように決まる。

$$t(1-\pi)U'_0 = \pi U'_1 \quad (5)$$

以下では、最適な補償需要量が正になるような内点解を考え二階の条件が満たされることを仮定する。

$$D = t^2(1-\pi)U''_0 + \pi U''_1 < 0 \quad (6)$$

発災時の補償を保険を参考に制度を組み立てるならば(5)式から、保険数理的に公正な保険(actuarially fair insurance)に関して、次のような結果が得られる。いま、競争的な災害保険市場を前提とすると、保険会社の期待利潤は0となる。保険会社には、確率 $1-\pi$ で $t \times s$ の保険料を受取が生じ、確率 π で s の純支払いが生じるから、(期待)ゼロ利潤条件は

$$(1-\pi)ts + \pi s = 0 \quad (7)$$

で表される。(7)式のもとでの保険契約は、保険数理的に公正な保険と呼ばれ、その価格は、発生確率 π に依存して

$$t_f = \frac{\pi}{(1-\pi)} \quad (8)$$

に決まる。(8)式を(5)式に代入すると、 $U'_0 = U'_1$ が得られる。これは、 $I_0 = I_1$ と同値であるから、この保険の枠組みを参考に消費者は発災の有無にかかわらず、実現する所得水準が同一になるような補償需要行動をとることになる。

2.1 租税の影響

前節で議論した消費者の合理的な補償需要行動を前提として、租税の変化が必要に与える影響を考える。いま、所与の災害の発生確率 0 と当初の所得水準 I_0 と I_1 のもとでの最適な補償需要量を s^* で表すことにすると、

(5) 式の一階の条件より、租税 t の変化が補償需要に与える影響は次式で表される。

$$\frac{\partial s^*}{\partial t} = \frac{(1-\pi)}{D} \times (U'_0 - tsU''_0) \quad (9)$$

いま、(9) 式の D については (6) 式より負であり、定義より $1-\pi > 0$ である。効用関数についての仮定から $(U'_0 - tsU''_0) > 0$ であるから、(9) 式は、租税が上昇することで、 $\frac{\partial s^*}{\partial t} < 0$ より最適な需要量は減少することを示している。

一方で、この補償に対して支払われる補償 ts^* については、

$$\frac{\partial ts^*}{\partial t} = s^* + t \frac{\partial s^*}{\partial t} \quad (10)$$

$$\frac{\partial ts^*}{\partial t} = \frac{1}{D} \times [t(1-\pi)U'_0 + s^*\pi U''_1] \quad (11)$$

カッコ内の第1項 $t(1-\pi)U'_0$ は仮定により正であり、 $s^*\pi U''_1$ は負である。

租税 t の変化が補償の支払額に与える影響は、理論的には定かでない。なぜなら、租税の上昇に伴って、補償に対する需要そのものは減少するが、一方で、補償需要1単位当たりの補償の支払額は増加するからである。

2.2 発生確率の影響

一般に、災害リスクに対処するための補償積立行動は、租税のみならず、災害の発生確率にも依存すると考えられる。そこで、災害の発生確率 π の変化が補償需要に与える影響を検討する。直観的には、災害のリスクが高い (π が大きい) 状況では、消費者の補償積立に対するインセンティブは高まるように思われる。いま、競争的な市場において、租税が (8) 式のように決まっているものとする、すでにみたように、最適化の一階の条件は

$$U'_0 = U'_1 \quad (12)$$

ここで、(12) 式は π に依存しないので、補償需要は発災確率とは独立に決まる。危険回避的な消費者は、災害リスクの水準にかかわらず、実現する所得水準が同一になるよう行動するためと考えられる。

より現実に近い想定として租税が保険数理的に公正な価格 t_f に一定の乗率を掛けた水準に決まるケースを考える。現実の保険は、事故発生の際の補償や給付金の支払いに充当される部分に、事業を運営するために必要とされる費用を上乗せした形で決まっているケースが一般的なのでそれを参考にすれば。この時の租税は

$$t = (1 - \lambda)t_f \quad (13)$$

で表される。

ここで、(13) 式の λ は保険の loading factor と呼ばれ、 $\lambda \times t_f$ は保険事業を運営するための経費に充当される付加保険料を表している。

この場合、一階の条件は

$$(1 - \lambda)U'_0 = U'_1 \quad (14)$$

となり、補償需要は災害発生確率とは独立に決まることがわかる。したがって、上で述べたような意味でリスクを反映した料率設定がなされている場合には、保険料率を所与とすれば、災害発生確率は補償需要には影響を与えない。

これと対照的なケースとして、租税が発生確率とは全く独立に決定されているケースを考える。いま、(5) 式の一階の条件を π について微分することで、

$$\frac{\partial s}{\partial \pi} = -\frac{tU'_0}{D} \quad (15)$$

を得る。ここで、D については (6) 式より負、 U'_0 は仮定により正の符

号をとるため、この場合には、発生確率の上昇は補償需要を増加させることになる。

このとき、租税は理論的には、競争的な補償市場（すなわち、補償数理的に公正な災害補償）においては、リスク中立的な補償会社とリスク回避的な消費者の間での最適ナリスク・シェアリングが達成されることが知られている。したがって、上記の結論は、災害補償市場の効率性に関して、重要な実証分析上の仮説を提供している。すなわち、所与の補償料率のもとで、補償需要が災害発生確率とは独立に決まっているとすれば、経済学的にみて望ましいリスク・シェアリングが行われていることを示唆する。

2.3 所得水準の影響

補償需要に対する所得効果を理論的に検討しよう。いま、災害が発生しない場合の当初の所得水準の変化について、一階の条件から次の関係が導かれる。

$$\frac{\partial s}{\partial I_0} = -\frac{t(1-\pi)U''}{D} \quad (16)$$

(6) 式の仮定と $U'' < 0$ より、(16) 式は、 I_0 の増加に伴って、補償需要が増加することを示している。同様に、災害が発生した場合の当初の所得水準 I_1 の変化については、

$$\frac{\partial s}{\partial I_1} = -\frac{\pi U'_1}{D} \quad (17)$$

が得られる。 I_0 の影響とは対照的に、(17) 式は、 I_1 の増加に伴って、補償需要が減少することを示している。

ただし、上記の影響を純粋な所得効果とみなすことに対しては、一定の留保が必要である。いま、 $L = I_0 - I_1$ とは災害による被害額を表していたから、他の条件を一定とした場合の I_0 の増加 (16) 式は、純粋な所得増加の影響だけでなく、災害発生時の被害が大きくなることの効果を併せてみていることになる。逆に (17) 式には、予想される被害額の減少による

影響が含まれる。

そこで、 I_0^e と I_1^e が同程度に増加するような、被害額を一定に保った事業運営のための経費としては、契約の募集・維持管理、補償料の集金、損害調査に要する費用などのほか、営業利益を含める場合もある。

所得の変化を考えると、再び一階の条件から、次の関係が得られる。

$$\left. \frac{\partial s}{\partial I_0^e} \right|_{dI_0^e = dI_1^e} = \frac{1}{D} \times [t(1-\pi)U_0'' - \pi U_1'] \quad (18)$$

いま、 U_0'' と U_1' はともに負の値をとるから、(18)式の符号は、一概に定まらない。

一階の条件を考慮すると、(18)式は、

$$\left. \frac{\partial s}{\partial I_0^e} \right|_{dI_0^e = dI_1^e} = \frac{\pi U_1'}{D} \times \left[\frac{U_0''}{U_0'} - \frac{U_1'}{U_1'} \right] \quad (19)$$

と書き直せるため

$$-\frac{U_0''}{U_0'} > -\frac{U_1'}{U_1'} \quad (20)$$

であれば $\left. \frac{\partial s}{\partial I_0^e} \right|_{dI_0^e = dI_1^e} > 0$ となる。

いま、 $-\frac{U''}{U'}$ は絶対的危険回避度を表し、均衡における所得水準は $I_0^* \geq I_1^*$ を満たすので、(20)式の条件は、所得の増加に伴って、消費者がより危険回避的になることを示しているが、このような場合、被害額を一定に保った所得の上昇は、補償需要を高めることになる。

3. 防衛投資行動

これまでの理論的な分析においては、戦災そのものの発生とこれによる被害の発生を同一のものと考え、発生確率 π は外生的に与えられていることを仮定した。しかしながら、消費者の期待効用水準は、戦災の発生そのものに依存するのではなく、これに伴う被害の発生によって決まると考え

るのが自然であるから、両者を分けて考える必要がある。

戦災そのものの発生確率を人為的に変化させることはできないが、被害が生じる確率については、さまざまな手段によって人為的に操作することが可能である。たとえば、住宅の耐災補強に対する投資は、戦災の発生確率には影響を与えないが、被害が生じる確率を引き下げる効果を持つと考えられる。本節では、防衛投資によって被害の発生確率が変化するような状況を考え、このような投資行動に関する理論的な検討を行うとともに、すでに議論した補償需要行動との関連をみていくことにしよう。

以下では、戦災による被害の発生確率を、前節と同じ記号で π を使って表すことにし、これは、戦災そのものの外生的発生確率 π^e と防災のための投資額 i によって決まるとする。

$$\pi = \pi(\pi^e, i) \quad (21)$$

ここでは、防衛投資によって被害の発生確率が低下する状況を考えるから、 $\frac{\partial \pi}{\partial i} < 0$ を仮定する。また、外性的な災害発生確率 π^e が高いほど、所与の防衛投資のもとでの被害発生確率は上昇すると考えられるため、 $\frac{\partial \pi}{\partial \pi^e} < 0$ を仮定する。

まず、分析のベンチマークとして、戦災に対する補償が存在しないケースを考えよう。災害補償が提供されていない状況では、消費者の所得水準は、当初の所得から防衛投資額を引いたものとして定義されるから、消費者の期待効用関数は次のように表される。

$$EU = (1 - \pi)U(I_0 - i) + \pi U(I_1 - i) \quad (22)$$

なお、前節と同様、 I_0 および I_1 は災害の発生時と未発生時の当初の所得水準を表し、 $I_0 > I_1$ とする。

このとき、防衛投資額 i についての一階の条件は

$$-\pi_i (U_0 - U_1) = (1 - \pi)U'_0 - \pi U'_1 \quad (23)$$

また二階の条件は以下の通りに仮定する。

$$EU_{ii}^* = -\pi_{ii}(U_0 - U_1) + 2\pi_i(U'_0 - U'_1) + (1 - \pi)U''_0 + \pi U''_1 < 0 \quad (24)$$

となる。ここで、 π_i は被害の発生確率の防衛投資額 i についての偏微分を表す。

(23) 式の左辺は、被害の発生確率が低下したことによる限界効用を右辺は投資を増やしたことによる限界費用を表している。したがって、最適な投資水準は両者を等しくするように決まることになる。

3.1 防衛投資の効率性

いま、防衛投資の効率性が高まることは、最適な投資水準を引き上げる効果を持つ、このことは、次のように確かめられる。防衛投資の効率性を表すパラメータを β とし、

$$\pi_\beta = \frac{\partial \pi}{\partial \beta} < 0$$

$$\pi_{i\beta} = \frac{\partial^2 \pi}{\partial i \partial \beta} < 0$$

を満たすものとしよう。いま、 $\pi_\beta < 0$ は、所与の投資額のもとで、 β が大きくなることで被害の発生確率が低下することを示し、後者の $\pi_{i\beta} < 0$ は、追加的な防衛投資による被害の発生確率の減少が絶対値でみて大きくなることを示している。このとき、 β の変化が最適な防衛投資額 i に与える影響は、(23) 式の一階の条件を β について微分することで、

$$\frac{\partial i}{\partial \beta} = \frac{1}{EU_{ii}^*} \times [\pi_{i\beta}(U_0 - U_1) - \pi_\beta(U'_0 - U'_1)] \quad (25)$$

となる。いま、震災発生時には所得水準が低下するため、効用関数の仮定より $U_0 > U_1$ および $U'_0 < U'_1$ が成立する。仮定より $\pi_{i\beta}$ と π_β はいずれも負であったから、(25) 式の [-] 内の符号は負となる。したがって、最適化の二階の条件 ($EU_{ii}^* < 0$) より、防衛投資の効率性の向上は投資を促進

させることがわかる。

上記の結果は、耐災改修などの防災対策への政策的な補助に適用するとなる。いま、防衛投資の限界生産性が逡減する ($\pi_{ii} < 0$) ような状況では、防災対策への補償需要の給付は、消費者が実際に負担する防衛投資額一単位当たりの効率性を上昇させる効果を持つ。したがって、金銭的な補助によって、消費者の防災対策は促進されることになる。

3.2 防衛投資と補償との関係

以下では、災害補償への積立機会が与えられている状況下での消費者の防衛投資に関する意思決定を考える。これまでの議論から、この場合の消費者の期待効用水準は

$$EU = (1 - \pi)U(I_0^e - ts - i) + \pi U(I_0^e + s - i) \quad (26)$$

によって表される。ここで、租税がリスクを反映した形で設定されているのであれば、防衛投資の水準は、被害の発生確率への影響を介して、間接的に租税に影響を及ぼす。

上記の想定のもとで、(26) 式の s および i についての一階の条件は

$$\begin{aligned} & - (1 - \pi)tU_0' + \pi U_1' = 0 \\ & - \pi_i(U_0 - U_1) - (1 - \pi)U_0'(t_i s + 1) - \pi U_1' = 0 \end{aligned} \quad (27)$$

ここで、 t_i は、追加的な防衛投資が租税に与える効果を表している。

災害補償への積立機会が与えられている状況では、補償への積立によって災害発生時の被害額が減少するために、消費者の防衛投資に対するインセンティブが阻害されるかもしれない。この影響はモラル・ハザードとしてとらえることができる。

補償数理的に公正な補償を考える。このとき、合理的な消費者は災害の発生の有無にかかわらず、同一の所得水準が達成されるような補償に積立する。したがって、最適な補償積立行動の結果、主体的均衡においては

$U_0 = U_1$ および $U'_0 = U'_1$ が成立する。また、(8) 式の関係式より、追加的な防衛投資がこの租税に与える影響は

$$t_i = \frac{\pi_i}{(1-\pi)^2} \quad (28)$$

となる。これらの条件を (27) 式に代入することで、防衛投資に関する最適化の一階の条件は

$$\pi_i = -\frac{1-\pi}{s^*} \quad (29)$$

となる。ここで s^* は、(27) 式を満たすような、最適な補償需要量を示している。

(29) 式の条件を、災害補償が存在しない場合の最適化条件である (23) 式と比較することで、

$$\frac{U(I_0^e - i^{**}) - U(I_1^e - i^{**})}{(I_0^e - i^{**}) - (I_1^e - i^{**})} > (1-\pi)U'(I_0^e - i^{**}) + \pi U'(I_1^e - i^{**}) \quad (30)$$

(30) が成り立つならば、戦災の補償のあるときの防衛投資額は、ない場合に比べて減少することがわかる。ここで i^{**} は (23) 式を満たす、補償が存在しない場合の最適な投資水準を表している。(29) 式の条件が成立するか否かは、戦災の発生確率 π に依存する。いま、リスク回避的な消費者 $U'' < 0$ を前提とすると、 π が小さいほど、右辺の $(1-\pi)U'(I_0^e - i^{**}) + \pi U'(I_1^e - i^{**})$ は小さくなることがわかる。特に発生確率が低い戦災に対しては、モラル・ハザードが成り立ちうる。

リスクに応じた補償の原資となる租税付けがなされていない場合には、よりいっそうモラル・ハザードが生じやすい。いま、租税 t は戦災リスクとは独立に決定されるとする。防衛投資水準は補償原資のための租税に何ら影響を及ぼさないことになり、 $t_i = 0$ になる。このとき、最適な防衛投資額と補償需要の間には、(27) 式より、次の関係が成り立つ。

$$\frac{\partial i^*}{\partial s^*} = \frac{1}{EU_{ii}^*} \times [\pi_i(tU'_0 + U'_1) + (1-\pi)tU'_0 - \pi U'_1] \quad (31)$$

ここで、仮定により EU_i^* および $\pi_i(tU_0' + U_1')$ は負であったから、 $(1 - \pi)tU_0'' - \pi U_1'' \leq 0$ が成り立つならば、 $\frac{\partial i^*}{\partial s^*} < 0$ が成り立つ。

いま、 π が十分に小さければ、 $(1 - \pi)tU_0''$ の項の影響が支配的になり、 $(1 - \pi)tU_0'' - \pi U_1'' < 0$ となる。したがって、発災確率が低い戦災に対しては、補償需要 s^* が高まるにつれて、防衛投資 i^* は抑制されることになり、モラル・ハザードが生じやすい。一方、この場合には租税が十分高い場合にも、 $(1 - \pi)tU_0'' - \pi U_1'' < 0$ となる。いま、補償 = 租税から、下限は $t_f = \frac{\pi}{1 - \pi}$ である。したがって、 $(1 - \pi)tU_0'' - \pi U_1''$ の符号が負になるための十分条件は

$$(1 - \pi)tU_0'' - \pi U_1'' < (1 - \pi)t_f U_0'' - \pi U_1'' = \pi(U_0'' - U_1'') < 0 \quad (32)$$

$(U_0'' - U_1'') < 0$ が成立するための条件として、リスクに対する慎重度を検討する。一般に、効用関数の3次の導関数を2次の導関数で除した $-\frac{U'''}{U''}$ は、リスクに対する絶対的慎重度の指標（もしくはブルーデンス係数）と呼ばれる。いま、絶対的慎重度が0以下であるようなケースについては、 $(U_0'' - U_1'') < 0$ が成立する。この場合にも、補償需要 s^* が大きいほど、防衛投資が減少するという、モラル・ハザードが生じることになる。

4. 検討課題

以上の理論的な分析からは、消費者の補償需要と防衛投資に関して、いくつかの実証的に検証可能な仮説が導かれる。

まず、補償需要に関しては、

- ① 税率の低下は、消費者の補償に対するインセンティブを高める影響を持つ。
- ② 発災リスクが消費者の補償需要に与える影響は、租税設定に依存し、リスクに応じた価格付けがなされている場合には、補償需要は災害リスクとは独立に決定される。

- ③予想される被害の大きさを一定に保つような所得の上昇が補償需要に与える影響は、消費者のリスクに対する態度に応じて変化する。

一方、被害の発生確率を抑制する防衛投資に関して

- ①防災対策への補助金給付は、投資水準を引き上げる影響を持つ。
 ②消費者による補償積立は、発生頻度の低い戦災に対する防衛投資の水準を引き下げる（モラル・ハザードの発生）可能性がある。

参考文献

- Ehrlich, I. and G. S. Becker (1972) "Market Insurance, Self-Insurance, and Self-Protection", *Journal of Political Economy*, 80(4), pp. 623-648.
 Hal R. Varian (2009) "Microeconomic Analysis" Viva Books; 3rd Revised.
 Holt, C. A. and S. K. Laury (2002) "Risk Aversion and Incentive Effects", *American Economic Review*, 92(5), pp. 1644-1655.
 MacDonald, D. N., J. C. Murdoch and H. L. White (1987) "Uncertain Hazards, Insurance, and Consumer Choice : Evidence from Housing Markets", *Land Economics*, 63(4), pp. 361-371.

永松伸吾『減災政策論入門』弘文堂、2008年

馬奈木俊介編『災害の経済学』中央経済社、2013年

村井友秀ほか編『安全保障学のフロンティアⅡ リスク社会の危機管理』2007年、明石書店

山口顕秀「軍縮の微分ゲームモデル」『中央学院大学法学論叢（第29巻第2号）』、2016年3月

山口顕秀「公共政策への経済的アプローチ」『中央学院大学法学論叢（第30巻第1号）』、2016年8月

山口顕秀「公共政策への政策評価からのアプローチに関する一試案」『中央学院大学法学論叢（第30巻第1号）』、2016年8月

山口顕秀「防衛投資最適成長のための資本蓄積と公共政策」『中央学院大学法学論叢（第30巻第1号）』、2017年8月

