

リスク下の意思決定特性を考慮したリスクプレミアムの便益評価に関する考察

朝日ちさと（首都大学東京都市教養学部）

萩原 清子（佛教大学社会学部公共政策学科）

1. はじめに

災害大国日本において、災害等のリスクを低減させる社会資本の整備および維持・更新の需要は今後も大きい。一方、人口減少および急速な高齢化に伴う社会保障費および政府債務負担の構造的な増大により財政の逼迫は深刻であり、社会資本に対する投資余力は低下している。よって、今後のリスク対策の社会資本投資において、効率性の評価の重要性は増している。リスクへの対応、すなわち不確実性の便益評価については、原則として物的・人的な被害想定に基づく期待被害額によって把握されており、「不確実な状態に対する不安」の貨幣評価値であるリスクプレミアムの算入については検討課題とされている（国土交通省、2009）。一方、朝日・萩原（2010）および朝日・萩原（2013）においては、インフラ・サービスに関する脆弱性の概念を提示し、公的に対応すべき整備水準には、家計自身の対応能力（自助）の考慮が必要であること、保険や回避行動といった家計のリスク対策を考慮するためには、確率認知など不確実性下の家計の選択の要因の検討が必要であることを示した。

本稿は、水道インフラにおける断水リスクを事例として、インフラ・サービスの消費に関する家計の選択行動の要因について、心理的要因をプロスペクト理論の知見を用いて検討し、社会資本整備による脆弱性低減の便益評価モデルへの適用を検討することを目的とする。アンケート調査により、家計のリスク選好、飲料水の備蓄に関するリスク意識およびリスク下の選択の関係を把握するとともに、脆弱性の概念で提示した断水リスク低減への支払意思額の回答との関係を検討する。それらの結果を用いて、家計のリスク下の選択要因を考慮した回避行動による便益評価モデルで考慮すべき要因を提示する。

2. 脆弱性評価モデル

2.1. プロスペクト理論による回避行動選択への示唆

プロスペクト理論の知見を用いて、インフラの脆弱性改善の便益評価モデルを設定する際の課題を整理したい。特に、非利用価値の便益の評価手法のひとつである回避行動モデルでは、予想される損失に対する家計の行動を顕示選択あるいは仮想的選択で把握し貨幣換算することから、家計のリスクに対する選択の意思決定が顕著に表れる。よって、集合リスクの回避政策に資するインフラへの投資を想定するとともに、回避行動モデルが適用可能であると仮定する。このとき、家計の回避行動における意思決定において、プロスペクト理論の特徴がどのように関わるかについて整理する。プロスペクト理論の特徴と、それによって説明される不確実性下の意思決定の特徴の例を表1に示した。

表1 プロスペクト理論の特徴により説明される現象

意思決定段階	プロスペクト理論の特徴	説明される現象
編集段階	参照点 (Reference Dependence)	☐ 期待値がゼロのギャンブルは回避される。 ☐ 大きな利益がもたらされることがあるが、大きな損失がもたらされる可能性のある選択については低く評価される。
評価段階	価値関数 (Loss aversion)	☐ 賦存効果 (endowment effect)・現状維持バイアス (status quo bias) たとえば、ある財を保有しているとき、その財の売値 (WTA) は、その財を与えられずにいた場合の買値 (WTP) よりも高くなる。
	感受性低減 (Diminishing sensitivity)	
	確率加重関数 確率の主観的評価 (Subjective probability)	☐ 確率が非常に低い状況では確率を過大評価する・例) 事故や病気に対する保険加入 ☐ ゼロリスク効果 : リスクがゼロになることを希求する・

出典 : Jantti, et al.(2012)および竹村 (2006) に基づき筆者作成

安全基準 z を確保するためのインフラの整備水準 G への投資が実施されたとする。家計はそれを前提として、安全基準が達成されない事前確率 π に備えて、私的な回避行動のための消費水準 R を選択する。家計の一連の意思決定過程は不確実な状況における選択であるため、プロスペクト理論の特徴が選択に影響を及ぼす可能性がある。

2.1.1. 損失回避と確率の評価

リスク回避行動の構成は①効用関数のカーブの度合い、②確率の評価、③参照点に関する損失回避の3つであるが、選択実験によれば③がリスク回避の半分以上を占めるとされる。また、Lusk and Coble(2005)は、遺伝子操作食品等の健康リスクについて、リスク認知(②および③)とリスク選好(①)のどちらがリスク回避の選択行動に影響を与えるかを調べ、日々の意思決定においてはリスク選好が一定の要因となっているが、その割合は国によって異なることを示している。さらに、List(2004)では、初期賦存効果(endowment effect)について新古典派とプロスペクト理論に基づく選択モデルのそれぞれの予測が適合する条件を比較している。プロスペクト理論は経験のない消費財について予測力が高い一方、市場での取引経験の多い消費財については新古典派モデルの予測力が高いことを明らかにしている。すなわち、取引と裁定の機会が多くなると、消費者は自らのendowmentsから離れて、損失ではなく機会費用で財を選択するようになる。これらの知見から、リスク選好と損失回避の効果には、選択対象および選択の状況に関する経験・情報による影響が大きいと考えられる。インフラの脆弱性の回避行動の場合、日常では確保されている安全水準が保たれない状況を回避することを想定するため、非日常的な状況に対する選択の特徴をとらえることが必要となる。この点において、経験や情報の少ない状況での予測として初期賦存効果の把握が重要であろう。また、選択におけるリスク選好の影響についても、日々の選択とは異なる意思決定であることを明示した上で、その有無や相対的な大きさを考慮する必要がある。

確率の評価については、低確率の過大評価およびゼロリスク効果が知られている。Viscusi and Huber(2012)の知見(確率の初期賦存効果)や選択における「想定外」は、確率に対する評価を確率加重関数として表現するための実証的な情報となる。

2.1.2. 参照点効果

損失回避における損失は参照点からの乖離でとらえられるため、参照点は選択の予測にとって本質的な要素である。たとえば、参照点を加味せずに、その他の確率加重関数等を考慮してモデル化を行ったとしても、選択実験を説明するためには非現実的なリスク回避度(効用関数の凹性)を仮定しなければならないことが明らかとなっている。しかしながら、参照点そのものの水準を決定する要因については、ほとんど理論がない(Wakker,2010)。一般的には、現状(status quo)等の単一の参照点が所与の条件として存在すると仮定される。

脆弱性の評価における回避行動の場合も、インフラ・サービスの消費水準および所得に関する参照点は先験的に明らかではないため、現状の水準、公的に確保される最低水準・安全基準などのいずれが参照点とみなされるかについて実証的に検証する必要がある。

2.2. 評価モデル

本節では、事後確率に基づく脆弱性の評価モデルを設定するためのプロセスを提示し、その過程で必要なプロスペクト理論に基づく参照点効果を明示した選択モデルを検討する。

2.2.1. 脆弱性評価モデルへのプロセス

家計は主観的な事前確率により最適選択を行うが、インフラ・サービスの最低基準に対して最適選択では不足が生じる状態の生起確率を事後確率とした。家計は事前確率で意思決定を行うが、政策のための社会的な意思決定は事後確率によって行われる。すなわち、脆弱性評価のためには家計が認識する事前確率ではなく、選択の

結果として直面する事後確率による評価モデルが必要である。

事後確率を求めるためには、家計が事前確率に基づいてどのような選択を行うかを予測する選択モデルが必要である。このような不確実性下の選択を予測するために、プロスペクト理論の知見を用いる。具体的には、プロスペクト理論で主張される損失回避、初期賦存効果、確率加重を選択モデルにおいてパラメタライズし、選択実験あるいはアンケート調査によるデータによって各パラメータを推定する。推定されたパラメータにより評価対象の政策に関連する回避行動などの選択の予測値を求める。事前確率に基づく選択の予測値が得られれば、家計が最適選択後に直面する事後確率を明らかにすることができると考えられる。

2.2.2. 選択モデル

プロスペクト理論で主張される損失回避や参照点効果の有無や程度の検証を試みる研究は数多く蓄積されてきているが、以下では政策の経済的な分析あるいは便益評価を目的とした Jantti, et al. (2012) および Viscusi and Huber (2012) に基づき、プロスペクト理論の参照点効果のパラメータを推定するモデルを提示する。

プロスペクト理論の特徴を満たす効用関数（価値関数）を、相対的リスク回避度一定(CRRA)型関数としてパラメタライズする。便益評価のための支払い意思額（WTP）の選択が事前確率に基づいていると仮定し、Viscusi 他 (2012) の選択モデルを援用する。ただし価値関数は、私的な支払い（マイナスの消費） R および被害規模 A を変数とする。また、費用の参照点効果 μ に加え、事前確率 π^a に関しても参照点効果 λ がみられると仮定する。さらに、簡単化のため、リスク回避度 $\eta=1$ 、 $\beta=0$ と仮定し対数表現とする。

$$v(R_{i,t}, A_{i,t}) = \frac{R_{i,1}^{1-\eta}}{1-\eta} + \mu \left[\frac{R_{i,1}^{1-\eta}}{1-\eta} - \frac{R_{i,0}^{1-\eta}}{1-\eta} \right]^\beta + \pi_{i,1}^a \frac{A_{i,1}^{1-\eta}}{1-\eta} + \lambda [\pi_{i,1}^a - \pi_{i,0}^a] \frac{A_{i,1}^{1-\eta}}{1-\eta} \quad v < 0, v' < 0, v'' \leq 0 \quad (2)$$

$$v(R_{i,t}, A_{i,t}) = \ln(R_{i,1}) + \mu [\ln(R_{i,1}) - \ln(R_{i,0})] + \pi_{i,1}^a \ln(A_{i,t}) + \lambda [\pi_{i,1}^a - \pi_{i,0}^a] \ln(A_{i,t}) \quad (3)$$

私的な支払いと事前確率についての 1 階の条件より、

$$\begin{aligned} \frac{\partial v(R_{i,t}, A_{i,t})}{\partial R_{i,1}} &= \frac{1}{R_{i,1}} \cdot dR_{i,1} + \mu \cdot \frac{1}{R_{i,1}} \cdot dR_{i,1} = 0 \\ \frac{\partial v(R_{i,t}, A_{i,t})}{\partial \pi_{i,1}^a} &= \ln(A_{i,t}) \cdot d\pi_{i,1}^a + \lambda \cdot \ln(A_{i,t}) \cdot d\pi_{i,1}^a = 0 \\ -\frac{dR_{i,1}}{d\pi_{i,1}^a} &= \frac{(1+\lambda) \cdot \ln(A_{i,t})}{(1+\mu) \cdot \frac{1}{R_{i,1}}} \end{aligned} \quad (4)$$

リスクと私的支払いのトレードオフ（左辺）である支払い意思額は、私的支払いに関する損失回避のパラメータ（ μ ）、確率に関する損失回避のパラメータ（ λ ）、リスクの大きさ（ A ）、私的支払い（ R ）で説明される。アンケート調査や顕示選好データにより(4)式のパラメータを推定し有意性、符号、大きさに関する情報を得られれば、事前確率に基づく選択に影響する要因を明示することができると考えられる。

3. 選択モデルの実証的検討

3.1. モデルの特定化

(4)式より、対数変換により次のように特定化する。リスクと私的支払いのトレードオフ（左辺）は、私的支払いに関する損失回避のパラメータ（ μ ）と確率に関する損失回避のパラメータ（ λ ）の組み合わせ、リスクの

大きさ (A)、私的支払い (R)、その他の属性 (x) で説明される。

$$\ln\left(\frac{dR}{d\pi^a}\right) = \alpha + \beta_1 \ln f(\mu, \lambda) + \beta_2 \ln(\ln(A)) + \beta_4 \ln(R) + \beta_5 \ln(x) + \varepsilon \quad (5)$$

3.2. データ

3.2.1. アンケート調査の概要

水道水の消費における断水リスクに対する認知および対策としての選択行動、またそれらの関係を明らかにすることを目的として、web 調査を実施した。委託（株式会社マクロミル）により、2014 年 3 月 12 日から 3 月 14 日にかけて、全国の 20 歳以上の同社モニタ会員を対象としてインターネットリサーチにより行った。有効回答数が指定したサンプル数を超えるまで回答を収集する方式で、840 の有効回答を得た。サンプリングについては、web 調査では一般的に回答数が 30-40 代に偏るという傾向があるが、水道水の需要は全年代に関係することから年代による均等割り付けを行った。

3.2.2. 調査項目

調査項目は 19 であり、①リスク選好（3 問）、②リスク認知（4 問）、③リスク（回避）選択（2 問）、④水道管の更新投資に対するリスクと負担の変化に対する選択（3 問）、⑤回答者属性（7 問）で構成される。各設問の概要と特徴を表 2 に示した。

設問 3 は、相対的および絶対的なリスク回避度一定型の効用関数のリスク回避度のパラメータを計算するための設問であり、Lusk and Coble(2005)に基づき各回答者の両リスク回避度を算出した。設問 10-12 では、参照点効果を検証するため、年代を均等に割り付けた 4 つのグループにそれぞれ異なるシナリオを提示している。

表 2 設問概要

No.	分類	設問内容
1	リスク選好	天気予報の降水確率が何パーセント以上なら傘を持って出かけるか？
2	リスク選好	旅行のために電車の座席を予約しているとき、出発時刻の何分前に駅につくか？
3	リスク選好	富くじAと富くじBの選択実験(10種類)
4	リスク認知	水道管の老朽化による事故・復旧工事の断水の可能性があると思うか？(9段階評価)
5	リスク認知	大規模地震による水道管破損による断水の可能性があると思うか？(9段階評価)
6	リスク選択	断水に備えてボトルウォーターを備蓄しているか？
7	リスク認知	備蓄に際して想定する断水理由は何か？
8	リスク選択	備蓄しているボトルウォーターは一人当たり何日分か？
9	リスク認知	水道管の老朽化を原因とする断水リスクは、平均すると1000人に15人の割合である。このリスクを大きいと思うか、小さいと思うか？
10	リスクと負担	提示された水道管更新投資の仮想的シナリオ（断水リスクと水道料金の変化）に対して、更新投資に賛成か、反対か、どちらでもよい（無差別）か？
11	リスクと負担	設問10で「賛成」の回答者に対し、リスクまたは負担の増加を提示し、再質問。
12	リスクと負担	設問10で「反対」の回答者に対し、リスクまたは負担の減少を提示し、再質問。
13-19	回答者属性	性別、年齢、居住地（市区町村）、所得、水道水の飲用、非常用水源の有無、断水経験

3.3. 推定

3.3.1. リスク選択とリスク選好

水道の断水リスクの回避行動にリスク選好およびリスク認知がどのような影響を与えているかについて、飲料水の備蓄行動（表 2 の設問 6）を被説明変数、リスク選好およびリスク認知（表 2 の分類参照）、およびその他の属性（性別、年齢、所得、水道水の飲用、断水経験）を説明変数としてロジット推定を行った。結果は表 3 の

通りである。リスク選好はいずれも有意ではない一方、リスク認知については 10%水準では概ね有意であり、特に地震による断水リスクの評価は 5%水準で有意であった。その他の属性については、いずれの推定についても断水経験を除くすべての変数について 5%有意であった。

表 3 推定結果 (ロジット分析)

risk preference	risk perception	risk preference		risk perception		LR(chi2)	回答数
		係数	標準誤差	係数	標準誤差		
降水確率	老朽化断水	-0.003	0.005	-0.084 *	0.049	39.45	719
	地震断水	-0.003	0.005	-0.097 *	0.052	40.06	719
	老朽化断水確率	-0.004	0.006	0.364 *	0.189	42.46	552
予約時間	老朽化断水	-0.006	0.008	-0.089 *	0.049	39.50	719
	地震断水	-0.006	0.008	-0.103 **	0.051	40.20	719
	老朽化断水確率	-0.012	0.009	0.407 **	0.191	43.46	552
富くじ(相対的リスク回避度)	老朽化断水	-0.105	0.151	-0.063	0.061	40.06	495
	地震断水	-0.092	0.151	-0.136 **	0.064	43.64	495
	老朽化断水確率	0.009	0.172	0.430 *	0.225	45.97	399
富くじ(絶対的リスク回避度)	老朽化断水	-54.345	98.089	-0.063	0.061	39.89	495
	地震断水	-47.866	98.452	-0.137 **	0.063	43.51	495
	老朽化断水確率	28.778	111.824	0.430 *	0.225	46.03	399

3.3.2. リスク選択と参照点効果

式(5)について、表 2 の設問 10-12 の 2 段階 2 項選択によるリスク負担 (断水確率 1/1000 あたりの負担額) に対する選択を被説明変数とし、リスクと負担の記述すなわち参照点の異なるシナリオ 4 パターンを説明変数として区間回帰分析を行った。その他の説明変数であるリスク選好および回答者属性を入れた推定が「属性あり」、シナリオのみの推定が「属性なし」である。結果を表 4 に示した。

WTP シナリオ (リスクが減少するが負担が増す) を基準とした場合、リスク負担への効果は「負担増かつリスク増」および「WTA」のシナリオで有意となった。WTP シナリオは「負担増かつリスク減」の選択であるが、「負担減またはリスク減」の選択で同じ断水確率と費用負担の組み合わせを聞くと、断水確率 1/1000 あたりに対する負担は正となる。同様に「WTA」シナリオは「WTP」シナリオに対して負の効果が推定された。これは「WTP」シナリオよりも「WTA」シナリオのリスク負担が小さいことを表し、いわゆる「WTP-WTA ギャップ」の知見と異なる。理由として、今回のアンケートでは同じリスク負担 (更新投資) の組み合わせにたいして、「WTA」シナリオのみ「賛成」と「反対」の文脈が逆になっていることが考えられる。この「賛成・反対」効果については精査が必要である。推定結果により限界効果を線形予測し対数に戻すと、1/1000 あたりの負担額となる。アンケートの仮想事例について、「WTP」シナリオでは 99.27 円と評価されるのに対し、「負担減またはリスク減」シナリオでは 137.13 円と評価され、リスクと費用に関する参照点効果が示されたことになる。

表 4 推定結果（区間回帰分析）

リスクと負担のシナリオ	属性なし		属性あり		限界効果の期待値(属性あり)			
	係数	標準誤差	係数	標準誤差	LN	1/1000あたりの負担		
$f(\mu+, \lambda-)$: WTP	-		-		-	4.598	99.27	
$f(\mu-, \lambda-)$: 負担減またはリスク減	0.428	***	0.111	0.323	**	0.151	4.921	137.13
$f(\mu-, \lambda+)$: WTA	-0.426	***	0.116	-0.586	***	0.158	4.012	55.23
$f(\mu+, \lambda+)$: 負担増またはリスク増	0.183		0.115	0.177		0.159	4.775	118.48
LR(chi2)	67.01			51.74				
回答数	840			495			495	

4. 考察

第 3 節の結果により、家計のリスク選好、飲料水の備蓄に関するリスク認知およびリスク下の選択の関係については、断水リスクに備える備蓄行動の選択に、水道に関連するリスク認知は影響を持つが、一般的なリスク選好は影響を持たないことが示された。Lusk and Coble(2005)の先行研究や直接的な金銭に関する選択実験ではリスク選好が有意に影響することから、水道インフラあるいは水という財の選択との相違を考慮すべきであることが示唆される。また、断水リスクと費用負担のトレードオフについては、参照点効果が観察された。環境やリスクの評価における表明選好モデル（CVM 等）では、回答に関する心理的なバイアスに関する知見が蓄積されているが、水道インフラに関する仮想的選択においてもシナリオのフレーミングによって選択が異なることが、参照点効果として確認された。

脆弱性を改善するインフラ整備の評価について、家計の事前確率による選択をモデル化するためには、リスク選好の扱い、および費用負担と事前確率に関する参照点効果について留意する必要があることが示唆される。ただし、参照点効果については、「WTA」シナリオの文脈問題等について推定の改善が必要である。また、参照点効果の内容、すなわち確率と費用のそれぞれの参照点効果の関係については両者を一体として扱っており、確率に対する選択を明示的に扱うこと等が課題である。

※本研究は、JSPS 科研費（24730215）の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 国土交通省「不確実性に係る便益の評価について」公共事業評価手法検討委員会資料(2009)
- [2] 朝日ちさと, “社会資本整備が脆弱性のもたらす効果の経済学的評価に関する一考察”, 『都市政策研究』第 4 号, 2010 年 3 月, pp.156-127.
- [3] 朝日ちさと・萩原清子 “社会資本整備（上水道）における脆弱性の厚生評価に関する考察”, 『地域学研究』第 42 巻 3 号, (2013)
- [4] Jantti, M., Kanbr, R., Nyssola, M. and Pirttila, J., “Poverty and Welfare Measurement on the Basis of Prospect Theory”, Working Paper No.2012/109, UNU-WIDER, United Nations University, 2012.
- [5] 竹村和久, “リスク社会における判断と意思決定”, 『Cognitive Studies』13(1), 2006 年 3 月, pp.17-31.
- [6] Lusk, Jayson L., and Keith H. Coble. "Risk perceptions, risk preference, and acceptance of risky food." *American Journal of Agricultural Economics* 87, 2, 393-405, 2005.
- [7] List, John A. "Neoclassical theory versus prospect theory: Evidence from the marketplace." *Econometrica* 72.2, pp. 615-625, 2004.
- [8] Viscusi, W. K., and Huber, J., “Reference-dependent valuation of risk: Why willingness-to-accept exceeds willingness-to-pay”, *Journal of Risk and Uncertainty*, 44, pp.19-44, 2012.
- [9] Wakker, P.P., “Prospect Theory for Risk and Ambiguity”, 2010, Cambridge.