

# 不確実性に係る便益の評価について

---

# 1. 検討の目的と背景

---

(検討の目的)

災害に対する不安の軽減や交通手段の安定的な確保等、社会の安全・安心の確保に関する便益については、これまで計測手法が確立されていなかったことから、こうした不確実性に係る便益の評価方法について検討する。

(背景)

- 我が国の社会資本は、これまで国民の安全・安心の確保や経済効率性の向上を目指して整備が進められ、その結果、国土の発展に大いに寄与してきた。
- 近年では、快適性や自然環境、安全・安心等、社会の質を高めるという観点も重要視されるようになり、事業評価手法も、それに即した対応が必要である。
- 現行の技術指針においても「被災可能性に対する不安」の軽減効果について、評価手法の確立、評価値の精度向上に向けた検討が必要とされている。

# 1. 検討の目的と背景

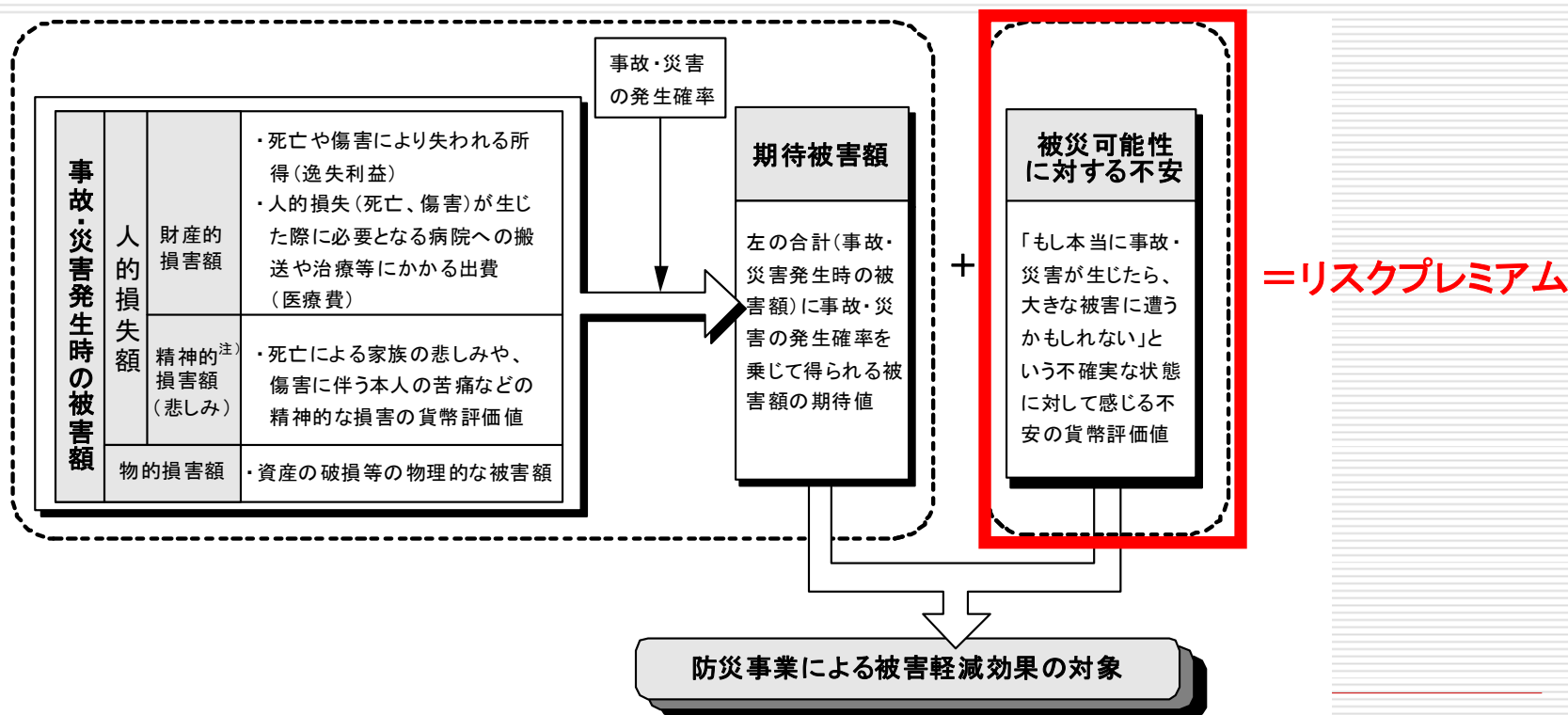
## 参考：事業評価監視委員会等からの指摘

不確実性に係る便益の評価については、事業評価監視委員会等からも評価の必要性に関する意見が出されている。

関係機関等	指摘・要望の主な内容
事業評価監視委員会	・砂防事業の便益について安心感の向上を評価できるはず。 ・岸壁における事故の緩和による安全・安心の効果は非常に大切。 ・滑走路延長に伴う安全性、安心感の向上も便益に反映すべき。 ・CVMによる安心感の便益計測を行い、もっと知見を蓄積すべき。
事業評価手法検討部会 (公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針(H16.2))	・「被災可能性に対する不安」の軽減効果の計測手法については (中略)現在までに得られた研究実績・成果が少ないため、今後、 評価手法の確立、評価値の精度向上に向けた検討が必要である。

## 2. 現行の技術指針における「防災事業による被災可能性に対する不安の軽減」考え方

- ・防災事業の効果は、各マニュアルで現在評価されている人的損失額の軽減効果、物的損害額の軽減効果に加え、災害がいつ発生するかわからないという状況下における「被災可能性に対する不安」の軽減効果という3つの効果項目が考えられる。
- ・この「被災可能性に対する不安」を貨幣換算したものは、「**リスクプレミアム**」と呼ばれている。



注)物的被害に伴う精神的損害(長年住み慣れた家屋や家族の写真など、被害者にとってかけがえのないものを失う悲しみ)も考えられる。

資料)「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針」

### 3. 現行の技術指針において提示されている リスクプレミアムの推計手法

- ・技術指針(平成16年2月)においては、「被災可能性に対する不安」(＝リスクプレミアム)の軽減効果については、現在のところ評価手法に課題が残されているため、評価手法の確立、評価値の精度向上が進められるまでの間は、「期待被害額」の軽減分を防災事業の便益とすることとしている。
- ・被災可能性に対する不安の推計方法として、技術指針では、以下の2つの方法が提示されている。

手法	概要	課題
仮想的市場評価法(CVM)を用いた支払意思額による推計	被災可能性に対する不安感を解消するために支払ってもよいと考える額を、ヒアリングやアンケート調査などによって直接質問する	仮想的な事故・災害の状況を被験者に対して適切に伝えることが困難
保険市場データを用いた推計	保険市場における家計の支払保険料データと保険会社の支払保険金データを適用する	保険市場データからは、特定の災害のみに関する支払意思額のデータを得ることが困難。また、再保険市場等の特性も配慮する必要あり。

## 4. 不確実性に係る効果の例

公共事業には、以下のような不確実性に係る効果がある。

事業名	効果(例)
道路事業	<ul style="list-style-type: none"><li>・豪雪地帯等における冬季の道路不通に対する不安の解消(降雪による通行不能、集落孤立化等に対する不安の解消)</li><li>・渋滞交差点やボトルネック踏切の解消等による小口貨物の配送等の定時性の確保</li><li>・バリアフリー化や高次医療施設へのアクセス向上による負傷時の安心感の向上</li></ul>
空港整備事業	<ul style="list-style-type: none"><li>・遅延の減少、ダイバートの回避、就航率の向上(欠航の回避)による利用者の航空交通利用に対する安心感の向上</li><li>・災害時移動手段の確保による安心感の向上</li></ul>
河川事業	<ul style="list-style-type: none"><li>・水害時における被災可能性に対する不安の軽減</li></ul>
砂防事業	<ul style="list-style-type: none"><li>・土砂崩れや地すべりによる被災可能性に対する不安の軽減</li></ul>
港湾整備事業	<ul style="list-style-type: none"><li>・耐震強化岸壁における、震災時における被災可能性に対する不安の軽減</li><li>・避難港における、船舶の安定運行に対する輸送の信頼性の向上</li></ul>

## 5. 検討の方針

---

不確実性に係る便益(効果)のうち、現行の技術指針で検討の必要性が指摘されていることや、近年の知見の蓄積状況を踏まえ、特に以下の項目について重点的に検討する。

### **・防災事業による被災可能性に対する不安の軽減**

(検討項目)

- ①リスクプレミアムに関する考え方の整理
- ②リスクプレミアム推計の方向性についての検討

# 6. リスクプレミアムに関する考え方の整理

## (1) Arrow-Lindの定理の概要

- ◆ リスクプレミアムの検討にあたっては、その考慮の是非について論じた古典的な論文であるArrow and Lind(1970)(※)に基づいた整理が必要と考えられる。
- ◆ Arrow and Lind(1970)(注1)は、大規模なリスク(大規模な被害を受ける可能性)を伴うプロジェクトであっても、被害を受ける可能性のある家計の確実性等価は、ほぼ所得の期待値によって近似可能であり、社会全体のリスクプレミアムは無視されうるものと主張した。(Arrow-Lindの定理)
- ◆ 具体的には、Arrow-Lindの定理においては、社会全体のリスクの平均と分散が一定であるとの仮定の下、社会全体のリスクプレミアムが下式のように表現される(注2)。なお、ここでは効用関数を所得の自然対数と仮定してさらに展開した式も示す。

↑効用関数を所得の自然対数と仮定した式展開

$$\rho = \sum_{i=1}^N \rho^i = -\frac{\sigma^2}{2N} \frac{u''(y + \bar{z}/N)}{u'(y + \bar{z}/N)} \rightarrow = \left( \frac{\sigma^2}{2N} \right) \left( \frac{1}{y + \bar{z}/N} \right) = \frac{\sigma^2}{2Ny + 2\bar{z}}$$

$\rho$  : 社会全体のリスクプレミアム     $\rho^i$  : 個別の家計のリスクプレミアム     $N$  : 家計数     $u$  : 家計の効用関数  
 $y$  : 家計の所得(確定値)     $\bar{z}$  : 社会全体のリスクの平均値  
(社会全体が被害を受ける可能性のある被害額の平均値)     $\sigma^2$  : 社会全体のリスクの分散  
(社会全体が被害を受ける可能性のある被害額の分散)

- ◆ ここで、被害額の平均値と分散値が、被害を受ける可能性のある家計数Nに関わらず一定であれば家計数Nが増加するにつれてリスクプレミアムは0に近づく。すなわち、家計数が十分に大きくなれば、リスクプレミアムは無視しうるほど小さくなると考えられる。これが、Arrow-Lindの定理である。

(注1)Arrow, K. and R. Lind(1970), "Uncertainty and the evaluation of public investments", American Economic Review, Vol.60. pp.364-378

(注2)ここで示した式は、Arrow and Lind(1970)についてレビューしている「防災の経済分析」(多々納・高木編著)に掲載されている式形である。



## 6. リスクプレミアムに関する考え方の整理 (2) Arrow-Lindの定理が成立しないケースの例

前ページの式を再掲する。

$$\rho = \sum_{i=1}^N \rho^i = -\frac{\sigma^2}{2N} \frac{u''(y + \bar{z}/N)}{u'(y + \bar{z}/N)} \xrightarrow{\text{効用関数を所得の自然対数と仮定した式展開}} = \left( \frac{\sigma^2}{2N} \right) \left( \frac{1}{y + \bar{z}/N} \right) = \frac{\sigma^2}{2Ny + 2\bar{z}}$$

仮に、災害等の事象が発生した際、その影響を特定の地域の複数の家計が同時に被る場合を想定する。(以下、これを「空間的な相関」※があるという。この場合、被害を受ける可能性のある地域の家計数が増えたとき(上式のNが増加したとき)、その影響の度合い(被害額の規模)も大きくなる。

すなわち、「空間的な相関」がある場合には、分散  $\sigma^2$  および平均値  $\bar{z}$  と、被害を受ける可能性のある家計数Nの間に相関関係があると考えられる。

そこで、たとえばその相関関係が比例的であるとし、 $\sigma^2 = a \cdot N^2$ ,  $\bar{z} = b \cdot N$  ( $a, b$  は定数) であると仮定すると、上式は以下ようになる。

$$\rho = \left( \frac{aN}{2} \right) \left( \frac{1}{y+b} \right)$$

この場合は、リスクプレミアムは家計数に比例することとなり、Nが増大してもリスクプレミアムは無視できない。このように、Arrow-Lindの定理が成立しない場合がありうる。

(※)「空間的な相関」とは、ある偶発事象が発生した際の被害を、特定の地域の複数の家計が同時に被ることであり、リスクに「地域性」と「同時性」があることを表している。

## 6. リスクプレミアムに関する考え方の整理

### (3) Arrow-Lindの定理の前提条件

---

- ◆ Arrow and Lind(1970)によれば、Arrow-Lindの定理が成立するための主な前提条件として以下の3点があると考えられる。この3点がすべて満たされなければ、Arrow-Lindの定理は完全には成立せず、必ずしもリスクプレミアムが無視できるとはいえないと考えられる。

#### 【前提①】

社会的リスクが家計数と独立である。(注1)

(注1) 数式上は前々ページのとおり、「社会全体のリスク(被害額)の平均値と分散値が、家計数 $N$ に関わらず一定」という形で表現されている。

#### 【前提②】

家計数が非常に大きい。(注2)

(注2) 家計数がどのくらい大きければArrow-Lindの定理が成立するかについては、Arrow and Lind(1970)においても、正確な解答はないとされている。

#### 【前提③】

保険や税などを通じて、すべての家計にリスクを分散させて負担させることができる。(注3)

(注3) 数式上は前々ページの効用関数の引数において、「社会全体のリスクの平均値」が家計数で除されている部分( $z/N$ )において表現されている。

# 6. リスクプレミアムに関する考え方の整理

## (4) Arrow-Lindの定理に関する論点

- ◆ 実際に、わが国の公共事業の特性を想定したときに、前提①～③の成否について、考えられる論点を整理した。
- ◆ 前提①については、家計数の捉え方によって判断が分かれるものの、前提③については、公共事業の特性から、リスクを分散できるとは言えず、成立しないと考える。

前提	成否について考えられる論点
<p>【前提①】 社会的リスクが家計数と独立である</p>	<p><b>A) 家計数は、「政府によって社会的リスクを負担させられる家計全体の数」(たとえば、日本政府を想定した場合は日本全国の家計数)であり、社会的リスクと独立に決まる定数である。</b></p> <p>・被害を直接受ける家計は特定の範囲であるとしても、政府は徴税を通じて、被害に伴う負担を日本全国の家計に分散させていると考えれば、家計数は課税されている家計全体(すなわち日本全国の家計数)、すなわち社会的リスクとは独立に決まる定数となり、前提①は成立する。</p> <p><b>B) 家計数は、「被害を受ける可能性のある家計全体の数」であり、社会的リスクの大きさと相関している。</b></p> <p>・防災事業は、特定の範囲の家計の社会的リスクを軽減する行為であり、公共事業の評価においても、事業の影響を受ける特定の範囲の家計を対象として便益評価を行っている。そこで、社会的リスクを分散する家計も便益を享受する特定の範囲の家計と考えれば、家計数は社会的リスクと相関することとなり、前提①は成立しない。</p>
<p>【前提②】 家計数が非常に大きい</p>	<p>Arrow and Lind(1970)にあるように、Arrow-Lindの定理が成立するために、家計数がどのくらい大きければよいのかについて正確に判断することは困難である。</p>
<p>【前提③】 保険や税などを通じて社会的リスクを分散</p>	<p><b>A) 保険制度や政府の徴税・分配機能により、社会的リスクを分散できている。</b></p> <p>・政府は、そのあるべき姿としては完全な徴税・分配機能を有するものであり、その機能を十分に発揮すれば社会的リスクを分散できると考えれば、前提③は成立する。</p> <p><b>B) 現実的には社会的リスクを十分には分散できていない。</b></p> <p>・例えば全ての家計が震災や水害等に関する保険に加入しているわけではなく、また、保険自体が被害を完全に補償するものでもない。また、災害時の各種支援金も同様に被害を完全に補償するものではない。このように、現実的には保険や税では社会的リスクを十分に分散させることはできないため、前提③は成立しない。</p>

## 6. リスクプレミアムに関する考え方の整理

### (5) 分科会における主な意見

- Arrow-Lindの定理は人口 $N$ を固定しているが、公共事業の評価は影響する人口を特定して効果を計測するので、 $N$ は内生変数であると考えられる。したがって、積極的にリスクプレミアムを考慮するべきではないか。
- われわれが取り扱っているような、特に空間的に効果の限定されるような財、地方公共財を対象とした便益計測においては、影響を受けるのはもともと個々人であると考え、個々人の便益を合計して全体の便益を算出する。従って、個々人のリスクは分配されないため、リスクプレミアムを無視できないだろう。
- Arrow-Lindの定理における $N$ は、例えば日本全体の人口ではないのか。ある地域に限れば集合的なリスクが発生するが、日本全体で見ればリスクを分散できるのではないか。
- 対象地域のうちの特定の地域のみがカタストロフィックに被災する場合は、家計数と社会的リスクに相関があると考えられる。しかし、市町村レベルなど詳細な単位ごとにそれぞれ被災する場合はその相関が非常に小さくなるため、リスクプレミアムを便益に算入する理論的根拠がなくなってしまうのではないか。

# 7. リスクプレミアム推計の方向性について

## (1) 検討の方針

---

◆ 分科会において、リスクプレミアムの推計の方向性について以下のような点をご指摘いただいた。

- ① リスクのタイプとリスクプレミアムの推計事例について対応表を作成し、検討の空白地帯がどこにあるかを見た上で、適用できる推計手法を整理する必要がある。
- ② CVMによってリスクプレミアムを推計した事例は存在する。
- ③ 株式市場等のデータを用いて「リスク回避度」を推定した事例は蓄積されている。リスクプレミアムの推定にどう適用するかについては検討が必要であるが、こうした事例についても調べてはどうか。

◆ 上記のご指摘を踏まえ、以下の3点について整理した。

- ① リスクのタイプ別のリスクプレミアム推計事例の整理
  - ② CVM等によるリスクプレミアム推計事例のレビュー
  - ③ 株式市場等のデータを用いたリスク回避度の推定事例のレビュー
-

# 7. リスクプレミアム推計の方向性について

## (2) リスクのタイプ別のリスクプレミアム推計事例の整理

- ◆ リスクの分類を、「震災」、「水害」、「その他」として、事例の蓄積の動向を見た。
- ◆ 「震災」についてはCVMを適用した事例、「水害」については保険市場データの分析を適用した事例、「その他」としては主に保有資産等の実データに基づき、「リスク回避度」を推定した事例が見られる（「その他」についてはp.15以降に別途整理）。

リスク分類	既往推定事例	適用手法	概要	リスクプレミアム÷期待被害額
震災	松田曜子・多々納裕一・岡田憲夫:CVMを用いた自然災害リスクに対する家計のリスクプレミアムの計量化, 土木計画学研究・論文集Vol.22-2, 2005.10	仮想的市場評価法(CVM)により効用関数を推定	災害に対するリスク回避の選択行動は、各家計が信念として持つ主観的リスクに依存していると考え、大阪府において実施した地震保険の購入に関するアンケート調査により、上町(うえまち)断層系地震を想定し、リスクに対する認知度や、家計の効用関数のパラメータおよびリスクプレミアム等を推定。	リスクプレミアム/期待被害額 =1,040円/1,000円(1.04倍) (リスク情報を示した場合) 注) =66,220円/65,700円(1.01倍) (リスク情報を示さない場合)
	藤見俊夫・多々納裕一:曖昧性回避が地震保険の加入選択に及ぼす影響の定量分析、日本リスク研究学会誌, 18巻2号, 2008.	仮想的市場評価法(CVM)により効用関数を推定	家計が、地震保険の損害査定のもつ曖昧さを回避する可能性に配慮して、地震保険の加入行動を分析することを目的として、研究を実施。 その一環として、京都府城陽市において、阪神・淡路大震災級の震災を想定した地震保険の購入に関するアンケート調査を実施し、家計の効用関数のパラメータ、リスクプレミアムと曖昧性プレミアム(被災時の保険会社の損害査定リスクによるプレミアム)を推計。	0.38~0.40 ※論文内に記載されているリスクプレミアムの額と期待被害額から算出

注)「リスク情報」とは、地震により生じる被害の額と発生確率。これを示した場合と示さない場合の両者において、リスクプレミアムが期待被害額とほぼ同額との結果が得られている。



# 7. リスクプレミアム推計の方向性について

## (2) リスクのタイプ別のリスクプレミアム推計事例の整理

リスク分類	既往推定事例	適用手法	概要	リスクプレミアム÷期待被害額
震災	MASAYUKI NAKAGAWA, MAKOTO SAITO and HISAKI YAMAGA: EARTHQUAKE RISKS AND LAND PRICES: EVIDENCE FROM THE TOKYO METROPOLITAN AREA, Japanese Economic Review, 2008.	土地市場データを用いた推定	東京都の地価データを用いて、地価が地震リスクをどの程度反映しているかを検証することを目的として研究を実施。 東京直下型地震を想定し、地震リスクの高い土地の地価が、リスクの低い土地よりどの程度安くなっているかをヘドニック法により推定し、その差異と地震の期待損失との比較によりリスクプレミアムを推計。	「リスクプレミアム÷期待被害額」の値は論文内には明示されていないが、地震発生確率が5%のときはプレミアムがほぼ0となると考察している
水害	湧川勝己: 治水経済調査における新たな洪水リスクの評価と費用便益分析、JICE REPORT, 2002/第2号, p13-19	保険市場データ(損害保険)を用いた設定	リスクプレミアムを考慮した治水事業の便益評価方法について、実河川に適用し、治水事業の評価方法のあり方について検討することを目的として研究を実施。 その実河川への適用において、損害保険のマークアップ率(保険料収入/支払い保険金)の平均値2.02に基づき、保険のマークアップ率を2と設定した上で、1000年に1度の確率で発生する規模の水害までを想定して、治水事業の便益を計測。	1

注)「リスク情報」とは、地震により生じる被害の額と発生確率。これを示した場合と示さない場合の両者において、リスクプレミアムが期待被害額とほぼ同額との結果が得られている。

# 7. リスクプレミアム推計の方向性について

## (3) 株式市場等におけるリスク回避度の推計事例

- ◆ 株式市場等においては、危険資産の期待収益率と、安全資産の期待収益率の差をリスクプレミアムと捉え、危険資産と安全資産の保有比率等のデータをもとに、家計の効用関数を推定し、リスク回避度の推計を行う事例が見られる。
- ◆ 公共事業評価におけるリスクプレミアムの推計に当たり、こうした既存のリスク回避度の推定事例を参考とすることが考えられる。

リスク分類	既往計測事例	適用手法	概要
その他	Irwin Friend, Marshall E. Blume, Then Demand of Risky Assets, The American Economic Review, Vol.65, No.5(Dec 1975).pp 900-922 (米国)	実データに基づく推定	・米国の3551世帯の安全資産と危険資産の保有比率を基に、相対的リスク回避度等を推定した ・相対的リスク回避度は2~4と推定された
	George G. Szpiro, Measuring Risk Aversion: An Alternative Approach, The Review of Economics and Statistics, Vol.68, No.1 (Feb. 1986), pp156-159 (米国)	実データに基づく推定	・米国の資産額、保険料、保険支払金のデータにより、相対リスク回避度を推定した ・相対リスク回避度の値は1.2~1.8であると推計された
	Barsky et al: Preference Parameters and Behavioral Heterogeneity: An Experimental Approach in the Health and Retirement Study, Quarterly Journal of Economics, May 1997, Vol. 112, No. 2, Pages 537-579 (米国)	アンケートによる推定	・生涯所得に関する仮想的なクジへの支払意思額を回答者に尋ねることでリスク回避度を測定 ・相対リスク回避度の値は4.167であると推計された



# 7. リスクプレミアム推計の方向性について

## (3) 株式市場等におけるリスク回避度の推計事例

リスク分類	既往計測事例	適用手法	概要
その他	David Blake, Risk Aversion and Portfolio Insurance: An Analysis of Financial Asset Portfolios Held by Investors in the United Kingdom, The Economic Journal, Vol.106, No.438, 1996, pp.1175-1192 (英国)	実データに基づく推定	<ul style="list-style-type: none"><li>・イギリスの1946～1991年の投資家の貯金、債権、株の資産データを用いて相対的リスク回避度を推定</li><li>・相対的リスク回避度は7.8～47.6と推定された</li></ul>
	Joseph G. Eisenhauer, Luigi Ventura, Survey measures of risk aversion and prudence, Applied Economics, Volume 35, Issue 13 September 2003, pages 1477 - 1484 (イタリア)	アンケートによる推定	<ul style="list-style-type: none"><li>・イタリア銀行が実施したアンケート結果(半々の確率で1000万リラ、0リラとなる証券への支払意思額を尋ねるもの)に基づき、相対リスク回避度を推定した</li><li>・相対的リスク回避度は4.5～13.8と推定された</li></ul>
	平成11年版 経済白書(経済企画庁) (再掲)	実データに基づく推定	<ul style="list-style-type: none"><li>・統計データから得られる安全資産と危険資産の保有比率を基に、相対的リスク回避度を推定した</li><li>・相対的リスク回避度は0.4～1.6と推定された</li></ul>

# 7. リスクプレミアム推計の方向性について

## (4) 事例整理を踏まえた推計の方向性について

---

### 1) リスクプレミアムの推計事例について

- ・リスクプレミアムの推計事例については、地震や水害を対象に、それほど多数ではないものの、技術指針策定時以降も事例が蓄積されつつある。
- ・推計手法としては、
  - ①CVMによる方法
  - ②統計データによる方法等が適用されている。
- ・これらの手法については、技術指針策定時に整理したものと同様の課題があると考えられる。
- ・今後はリスクプレミアムの推計についてのケーススタディを検討する。

### 2) リスク回避度の推定事例について

- ・「リスク回避度」の推定については、多数の研究事例が見られる。推定手法としては、リスクプレミアムと同様に、「①CVMによる方法」と「②統計データによる方法」があり、後者については家計の安全資産と危険資産の保有データ等からリスク回避度を推定する事例が多数見られる。
- ・既存のリスク回避度の推定事例の知見も参考に、公共事業評価のリスクプレミアムの推計について検討する。