

不確実性に係る便益の評価について

不確実性に係る便益の評価に関する 議論の整理

第7回検討会

不確実性に係る効果を有する事例を紹介



『「不確実性」と一括りにせず、適切に分類すべき』等の指摘



本分科会

不確実性の分類とリスクプレミアムの検討方針を提示

1. 不確実性に係る便益の検討の目的

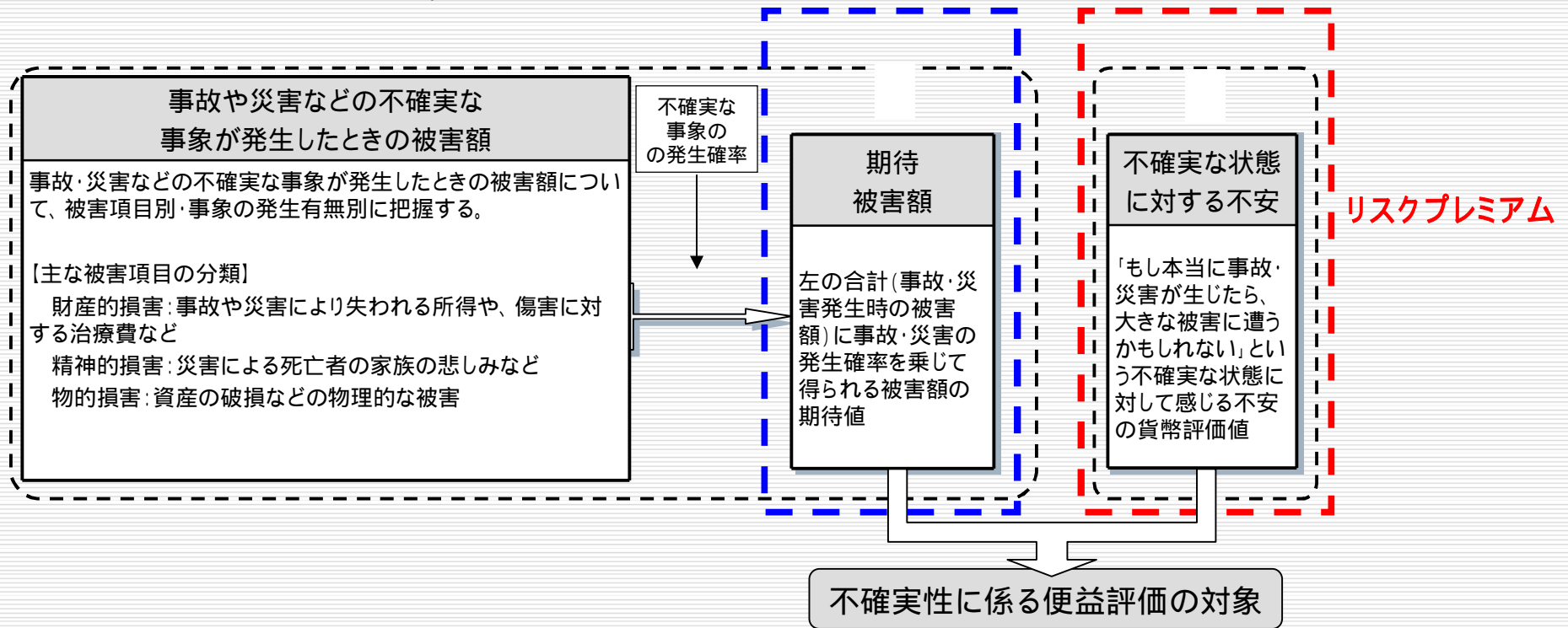
災害に対する不安の軽減や交通手段の安定的な確保等、社会の安心・安全の確保に関する便益については、これまで計測手法が確立されていなかったことから、こうした不確実性に係る便益の評価方法について検討する。

検討の背景

- ・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、安心・安全等、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。
-

2. 不確実性に係る便益評価の基本的な考え方

防災事業の効果に代表されるような、不確実性に係る便益評価については、「**期待被害額の軽減効果**」と「**不確実な状態に対する不安の軽減効果**」という2つの効果項目が考えられる。



3. 不確実性の分類の考え方

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)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确实性等価は、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るものと主張した。(Arrow-Lindの定理)

具体的には、Arrow and Lind(1970)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を下式のように表現している。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

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

ρ : 社会全体のリスクプレミアム ρ^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
(社会全体が被る可能性のある被害額の平均値) σ^2 : 社会全体のリスクの分散
(社会全体が被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考えられる。

より具体的に考えるために、一番右の式形を見ると、 Ny は「家計数 × 所得」であるので、被害を受ける可能性のある地域のGRP(総生産)に相当するものと考えられる。したがって、総生産の額に比べて、被害額の分散が非常に小さければ、リスクプレミアムは無視しうるほど小さくなる。

しかし、被害額の平均値や分散値が、被害を受ける可能性のある家計数Nと相関関係にある場合も考えられる。

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

3. 不確実性の分類の考え方 Arrow-Lindの定理が成り立たない場合

前ページの式を再掲する。

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

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 σ^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、 $\sigma^2 = a \cdot N^2$, $\bar{z} = b \cdot N$ (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。

3. 不確実性の分類の考え方

Arrow-Lindの定理を基礎とした分類方法

- ◆ Arrow-Lind(1970)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、家計の確実性等価はほぼ期待値によって近似でき、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)
- ◆ ただし、前ページで見たように、Arrow-Lindの定理は、被害を受ける可能性のある家計数と、受ける可能性のある被害の規模(被害額の規模)に「空間的な相関」がないという仮定を置いており、この仮定が成り立たない(空間的な相関がある)状況では、リスクプレミアムが必ずしも無視できないことが示される。
- ◆ したがって、空間的な相関がある状況下でのプロジェクト評価では、リスクプレミアムを考慮しないと、便益を過小評価する可能性がある。



不確実性の分類の軸として、「空間的な相関の有無」をベースとして検討する

3. 不確実性の分類の考え方 「空間的な相関」に基づく整理

不確実性に係る便益を伴う事業	地域性	同時性	「空間的な相関」の有無に基づく不確実性の分類	
a) 豪雪地帯等における冬季の道路不通を防ぐための道路整備事業	大	大	道路不通による便益の低下と、道路不通の影響を受ける家計数の間には空間的な相関が認められる。	
b) 航空機の離発着の遅延を防ぐための空港滑走路延長事業	小	小	×	航空機の離着陸の遅延による便益の低下と、航空機の離着陸の遅延の影響を受ける家計数の間には空間的な相関はほとんどない。
c) 交通事故を防ぐための交差点整備事業	小	小	×	交通事故による便益の低下と、交通事故に遭遇する家計数の間には空間的な相関はない。
d) 水害を防ぐための堤防整備事業	大	大		水害による便益の低下と、水害の影響を受ける家計数の間には空間的な相関が認められる。
e) 地震に伴う液状化被害を防ぐための地盤改良事業	大	大		地震に伴う液状化被害による便益の低下と、地震に伴う液状化被害の影響を受ける家計数の間には空間的な相関が認められる。

リスクの分類	定義
a) 個別的リスク	ある偶発事象による被害の規模と被害を受ける家計数の間に「空間的な相関」がないリスク。
b) 集合的リスク	ある偶発事象による被害の規模と被害を受ける家計数の間に「空間的な相関」があるリスク



集合的リスクについてはリスクプレミアムを考慮しないと便益を過小評価する可能性がある。

() 「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。

4. 不確実性に係る便益の検討の考え方

集合的リスクを軽減する事業については、リスクプレミアムを考慮しないと便益を過小評価する可能性がある。



- ✓ 集合的リスクを軽減すると考えられる事業(水害を防ぐための堤防整備事業や地震による液状化被害を防ぐための地盤改良事業など)については、**リスクプレミアムの評価を実施する方向で検討を開始する。**

ただし、個別的リスクを軽減すると考えられる事業についても、本検討で対象とするリスクプレミアム以外の各種の不安感の軽減便益が考えられるケースもある。また、期待被害額について、たとえば被災によるさまざまな精神的被害など、今後評価することが必要と考えられる便益項目も想定される。

ご議論いただきたいポイント

不確実性の分類の考え方に問題はないか。

リスクプレミアムの評価の方向性について問題はないか。

今後の検討の方向性

- 本日提示したリスクプレミアムの考え方を基に、評価対象とする事業での適用について検討を実施する。
- リスクプレミアムを定量化するための手法を検討していく（保険市場の完備性についての検討など）。
- 海外においてリスクプレミアムを適用している事例について調査を行う。

【参考】不確実性に関する経済学的概念 の整理

項目	概要
期待効用 (expected utility)	・将来に不確実性がある場合に、 <u>効用をそれぞれの状態が生じる確率で加重平均したものを期待効用と呼ぶ。</u>
(狭義の) リスクプレミアム (risk premium)	<p>・毎年150万円の所得があるが2年に1回の確率で自然災害に見舞われる家計の行動を考える。この家計は、2年に1回の確率で100万円の被害を受ける選択肢とこれを回避するために毎年50万円を支出する選択肢とを有する。年間の可処分所得の期待値は共に100万円であるが、通常であれば後者が有利であると判断する。これは、所得の限界効用逓減により、100万円の損失による効用の低下分の方が確実な50万円の損失による効用の低下分の2倍よりも大きいためである。</p> <p>・毎年、<u>確実に100万円の可処分所得を得られる場合の効用と、2年に1回の確率で可処分所得が150万円から50万円になってしまう場合の期待効用の差異を貨幣換算したものをリスクプレミアムと呼ぶ。すなわち、リスクプレミアムとは(可処分)所得の変動による効用の低下(不安感)の貨幣的評価額と解釈できる。</u>リスクプレミアムの大きさは所得の限界効用の逓減率(効用関数の湾曲度)に依存する。</p> <p>【具体的事例：防災事業】</p> <p>・防災事業の効果においては、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がリスクプレミアムと呼ばれる。次頁の図解を参照のこと</p>
確実性等価 (certainty equivalent)	・確実性等価とは、所得が変動する場合の期待効用と同じ効用をもたらすのに必要な確実な所得のことを意味する。所得に不確実性がある状態を選択するには、 <u>確実な所得がどの程度低下する必要があるかを表す。リスクプレミアムは、確実な所得から確実性等価を差し引いたものに等しい。</u> 次頁の図解を参照のこと
オプション価格 (option price)	・オプション価格とは、 <u>投資の結果が不確実な状態において、その投資案件に支払うことが出来る最大金額のことを指す。</u> 例えば、宝くじを購入する場合を考えれば、オプション価格は実現する賞金額が不確実な状態において宝くじに支払う金額に等しい。
オプション価値 (option value)	・オプション価値とは、オプション価格から、得られる金額の期待値を差し引いたものである。
準オプション価値 (quasi-option value)	・準オプション価値とは、不確実性の下での状況に応じて意思決定を変更できる柔軟性の価値のことであり、リアルオプション価値とも呼ばれる。

参考：湧川勝己(2002)“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～リスクプレミアムの算定と評価～” JICE REPORT, vol.2
アンソニー・E・ボードマン他(2004)“費用・便益分析 - 公共プロジェクトの評価手法の理論と実践 -” ピアソン・エデュケーション

【参考】リスクプレミアムと確実性等価の図解

