

(IV-86) 道路高架橋の耐震補強投資の分析に基づいた甚大被害の社会的認知特性の推定

東京大学 正会員 柴崎隆一

東京大学 学生会員 亀井憲樹

東京大学 正会員 家田 仁

1. はじめに

防災投資における意思決定は、単に発生確率と被損額の積で表される期待損失に基づいて行われるのではなく、意志決定者が、災害特性などの知識とリスク選好等に関する社会的要請を踏まえて判断していることが多い。すなわち、意志決定者は、災害の生起確率やその被害額を、何らかの認知的フィルタ（これを認知バイアスとよぶ）を通じて認識し、意思決定を行っていると考えられる。

災害リスクに対するこのような認知特性に関して、筆者らはこれまでに、個人の意思決定に基づいた認知バイアスの計測・分析を行ってきた¹⁾。しかし、防災投資における意思決定は、意思決定者が社会的立場に立つて行うと予想され、個人的な意思決定のテストとは異なることも考えられる。

そこで本論文では、防災投資における社会的意思決定問題の一つとして、道路高架橋に対する耐震補強工事を取り上げ、現実決定された耐震性能から、地震災害に対する意思決定者の認知特性を計測する。

2. 防災投資における意思決定者の行動原理

① 認知特性を考慮した純便益の定式化

防災投資において意思決定者は、彼らの『認知』する純現在価値 CNPV (Cognitive Net Present Value) が最大となるように耐震性能を決定していると仮定する。このとき、投資による便益は被害軽減期待値で定義されるので、CNPV は(1)式のように示される。

$$CNPV = B - C = \sum_{k=1}^N \frac{\Delta(f(p) \cdot g(D))}{(1+i)^{k-1}} - C \quad (1)$$

ここで、 p : 災害の生起確率、 D : 被害額、 N : プレンジェット、 i : 社会的割引率、 C : 補強コスト。また、 $f(\cdot)$ は社会のリスク選好を反映した災害の生起確率に関する認知関数、 $g(\cdot)$ は社会のリスク選好を反映した災害の被害額に関する認知関数である。

② 被害額認知関数の定義に関する2つの仮説

被害額に対する認知関数 $g(\cdot)$ に関しては、耐震性能

の決定方法に関連した以下の2通りの仮説に基づいた定義が考えられる。

i) 統合的意志決定仮説; 意思決定者は、道路高架橋ネットワーク全体を対象として耐震性能の決定を行うと仮定し、認知関数 $g(\cdot)$ をその総被害額 D に対する関数 $g(D)$ として定義する。

ii) 橋脚ごとの意志決定仮説; 意思決定者は、橋脚1基ごとに耐震性能の決定を行うと仮定し、認知関数 $g(\cdot)$ を個別の被害額 d_i に対する関数 $g(d_i)$ として定義する。ここで、例えばネットワーク全体で n 基の橋脚があった場合には、橋脚 i ($i \in n$) の被害額 d_i に対して、被害総額 D は $\sum_{i=1}^n d_i$ と表される。このとき、文献2)により、被害額に対する認知関数 $g(\cdot)$ は狭義凸関数であることが示されているため、

$$g(D) > \sum_{i=1}^n g(d_i) \cdots (2)$$

が成り立つ。従って、どちらの仮説を選択するかによって、得られる被害額認知関数 $g(\cdot)$ が異なってくる。

3. 入力データの準備と認知関数の設定

① 耐震性能の設定

カストミックな被害をもたらす Level2 地震動に対する道路高架橋の耐震投資を考える。ここで耐震性能は、表1のように5段階に設定した³⁾。各 grade における「客観的」被害額は、文献3)に従って、高架橋修繕費、利用者の被害、近隣への被害、時間損失等から算出した。

表1 耐震性能の設定

rank	耐震性能	建設費
grade1	崩壊	760万円/m
grade2	機能喪失	830万円/m
grade3	機能維持	920万円/m
grade4	無損傷	1010万円/m
grade5	制震	1070万円/m

② 分析の対象

分析の対象としては、阪神大震災を契機に行われた首都高速道路、阪神高速道路、福岡・北九州高速道路における耐震補強工事を取り上げる。橋脚ごとの意思決定仮説では、対象路線を人口密度と交通量によってグループ化し、各グループ内では同一の耐震性能レベルに決

Keyword: 認知特性, 防災投資, 社会的意志決定

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

Tel: 03-5841-6118, Fax: 03-5841-8507

定されていると仮定して計算を簡略化した。

③ 生起確率認知関数と被害額認知関数の設定

生起確率認知関数 $f(\cdot)$ に関しては以下の 2 種類を設定した。A) $f(p) = \frac{1}{100}$ 。すなわち、地域特性や時間経過によらず生起確率を一律 1/100 と認知していると仮定する。B) $f(p) = p$ 。すなわち、確率に関する認知は存在しないと仮定する。ここで地震発生確率 p としては、本研究室によって提案された、地域ごとの過去の実績と地震発生経過時間依存特性を考慮した値⁴⁾を用いる。

また、被害額認知関数 $g(\cdot)$ に関しては、簡便化のため $g(D) = kD$ とおいた。

④ パラメータの推定方法

生起確率認知関数に関しては、③で述べた A), B) いずれかを仮定する。その上で、実際に決定された耐震性能レベルに基づいて、被害額認知関数 (k の値) を求める。その推定方法としては、以下の 2 種類が考えられる。以下では、投資前の耐震性能を x_0 とし、投資後の耐震性能を x_1 とする。

i) 耐震性能レベル x が連続的に決定されることを仮定し、

$$\frac{\partial CNPV}{\partial x} \Big|_{x_1} = 0 \text{ を解くことにより、} k \text{ を求める。}$$

ii) 耐震性能レベル x が離散的に決定されることを仮定し、 x' を任意の耐震性能レベルとして、

$$NPV(\text{grade } x_0 \rightarrow x_1) > NPV(\text{grade } x_0 \rightarrow x'), \forall x'$$

を解くことにより、 k の値域を求める。

以下の計算では、統合的意思決定仮説の計算においては連続的に、橋脚ごとの意思決定仮説の計算においては離散的に解くこととする。

4. 分析結果と考察

① 統合的意思決定仮説の場合

図 1 に、統合的意思決定を仮定した場合の、「客観的」被害額に対する認知被害額の推定結果を示す。A) の地震発生確率を一律 1/100 と仮定した場合には、認知被害額は客観被害額のほぼ 2~3 倍となり、個人の震災へのリスク選好¹⁾と同様の傾向となった。一方、B) の地域特性を考慮した地震発生確率を仮定した場合には、九州地区の投資状況から得られた認知被害額が非常に大きくなった。これらはいずれも極端な状況を想定しており、実際の生起確率に関する認知¹⁾の効果はこの中間程度であると考えられるが、これまでに当研究室で得られた成果¹⁾²⁾³⁾からみて、実際の意思決定が、

地震発生確率をより全国一律に近い値に想定してなされているものと想像される。

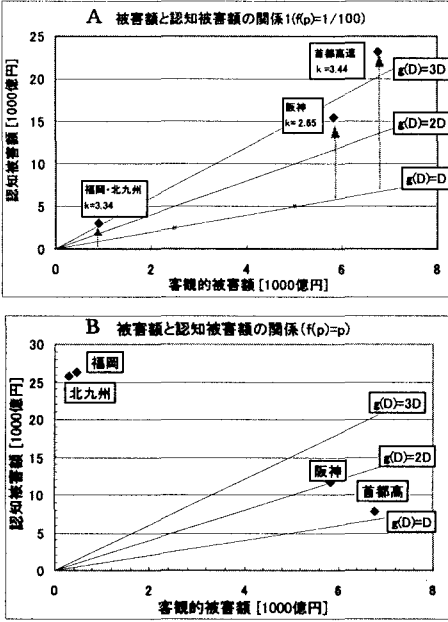


図 1. 統合的意思決定仮説に基づく認知被害額の推定結果

② 橋脚ごとの意思決定仮説の場合

図 2 に、橋脚ごとの意思決定を仮定した場合の「客観的」被害額に対する認知被害額の推定結果を示す（地震発生確率は一律 1/100 と認知していると仮定）。この結果より、認知被害額は「客観的」被害額の、概ね 1~6 倍の範囲に存在することがわかる。

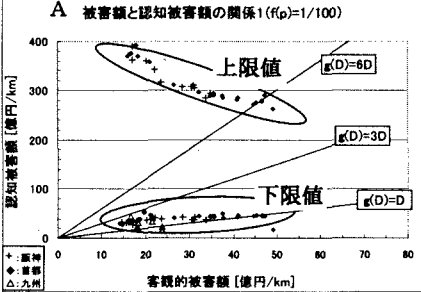


図 2 橋脚ごとの意思決定仮説に基づく認知被害額の推定結果
参考文献

1) 柴崎隆一, 稀少確率・甚大被害現象を対象にしたリスク評価における認知¹⁾の計測, 土木計画論文集・講演集 No.22(1)p543-546, 1999.10.
2) 家田仁, 損失の増幅効果と施設の要求耐震性能の基礎研究, 第 4 回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, p119-203, 1999.10.
3) 村上迅, CBA と NTA に基づくインフラ施設の要求耐震性能決定法, 東京大学修士論文 1999.4.
4) IEDA, H., Time-Discounting Quake Exposure Model for Network-Based Hazard Evaluation, TSSP, 1999.6