

海面上昇対策の便益評価手法に関する研究

岐阜大学 正会員 森杉 壽芳 岐阜大学 学生員 星 健一
 筑波大学 正会員 大野 栄治 岐阜大学○学生員 高橋 靖英
 岐阜大学 正会員 高木 朗義

1. はじめに

地球温暖化は、数ある環境問題のなかで最も深刻であるとされ、その中でも特に海面上昇は、社会経済に大きな変化をもたらすといわれている。しかしながら従来の研究では、海面上昇量の予測、あるいは海面上昇による物的被害・対策費用の計測に焦点が当てられ、住民の心理的被害、また海面上昇や高潮が不確実に発生することが正確に考慮されていない。そこで本研究では、海面上昇対策による世帯便益の計測を不確実性を考慮して行うものである。

2. 便益定義

2-1 潮位の生起確率密度関数

本研究では、潮位の生起確率分布が、潮位 H と海面上昇量 L の2変数で説明される関数 $f[H, L]$ によって表されると仮定する。また、海面上昇が起こることによって、潮位の生起確率分布は現状より海面上昇分だけシフトするものと仮定する。したがって、海面上昇前後における生起確率密度関数 f の関係は次式のように表すことができる。

$$f_1[H] = f_0[H+L] \quad (1)$$

ただし、 f_0 ：海面上昇前（現状）における潮位の生起確率密度関数

f_1 ：海面上昇後（将来）における潮位の生起確率密度関数

2-2 効用レベル

世帯の達成可能な効用レベル U が、潮位 H と高潮堤防の高さ C によって決まる被害額 $P[H, C]$ と所得 Ω の関数 $U[\Omega, P[H, C]]$ で表されると仮定すると、効用レベル U は $U[H, \Omega, C]$ と表される。なお、効用レベル U は、図1のように潮位の上昇（増大）とともに次第に減少し、ある潮位（

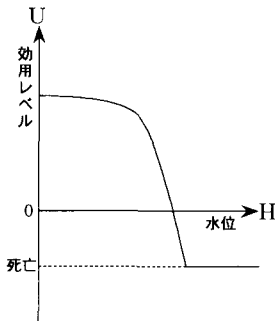


図1 効用レベル

高潮災害等の発生時）を境に急落し、さらに潮位が上昇（増大）すると死亡に至り、そこで効用レベルはある値で一定になると考えられる。

2-3 期待効用レベル

2-1および2-2の定義を用いることにより、世帯の期待効用レベル EU （効用レベルの期待値）は次式のように表される。

$$EU[\Omega, C] = \int_{-\infty}^{\infty} f[H+L] \cdot U[H, \Omega, C] dH \quad (2)$$

これより、現状と、海面上昇が起こったときにその対策が行われたか否かにおける期待効用レベルは次式のように表すことができる。

$$EU_0[\Omega, C^a] = \int_{-\infty}^{\infty} f_0[H] \cdot U[H, \Omega, C^a] dH \quad (3.a)$$

$$EU_1[\Omega, C^a] = \int_{-\infty}^{\infty} f_1[H] \cdot U[H, \Omega, C^a] dH \quad (3.b)$$

$$EU_1[\Omega, C^b] = \int_{-\infty}^{\infty} f_1[H] \cdot U[H, \Omega, C^b] dH \quad (3.c)$$

ただし、 EU_0 ：海面上昇前（現状）における世帯の期待効用レベル

EU_1 ：海面上昇後（将来）における世帯の期待効用レベル

a, b ：対策なし，対策あり

ここで、高潮堤防の高さの差 $C^b - C^a$ は海面上昇対策としての高潮堤防の高上げ量を意味し、高潮災害に対する安全性の確保に反映される。

2-4 世帯便益の定義

不確実性下での海面上昇対策による世帯便益を求めるために、一定価格方式（Option Price；OP）を適用し¹⁾、以下のように定義する。すなわち、次式を満足するOPの値がそれであり、対策を行うことによって期待効用は大きくなるため、OPは正值で与えられる。

$$EU_1[\Omega, C^b] = EU_1[\Omega + OP, C^a] \quad (4)$$

3. 数値計算例

数値計算を実行するために、以下の仮定をおく。

①将来において海面が0.5m上昇する。

②状態が、平常時（サフスクリフト0）と高潮災害時（サフスクリフトd）の2つしかないものとする。

③海面上昇対策としての高潮堤防の嵩上げは、現在の堤防高に海面上昇分だけ行われるものとする。

ここで、①の仮定から海面上昇量が固定されるため、将来の生起確率密度関数 f_1 は、潮位 H のみの関数となる。また、平常時と高潮災害時の境界となる潮位を H_r とすると、式(3)より期待効用レベル EU は次式のように表される。

$$EU_1[\Omega, C] = \int_{-\infty}^{H_r} f_1[H] \cdot U[H, \Omega, C] dH + \int_{H_r}^{\infty} f_1[H] \cdot U[H, \Omega, C] dH \quad (5)$$

ここで、

$$P = \int_{-\infty}^{H_r} f_1[H] dH = 1 - \int_{H_r}^{\infty} f_1[H] dH$$

$$V_o \equiv \frac{1}{P} \int_{-\infty}^{H_r} f_1[H] \cdot U[H, \Omega, C] dH$$

$$V_d \equiv \frac{1}{1-P} \int_{H_r}^{\infty} f_1[H] \cdot U[H, \Omega, C] dH$$

とすると、式(5)は次式のように表すことができる。

$$EU = P \cdot V_o + (1-P) V_d \quad (6)$$

今、海面上昇を相対的な地盤沈下として捉え、ここで示した V_i ($i=o, d$) に地盤沈下の被害費用を計測するために推定された効用関数³⁾を適用して、海面上昇対策の世帯便益を試算する。

$$V = \alpha_1 \Omega + \alpha_2 X_1 + \alpha_3 X_2 + \alpha_4 (I - t) + \alpha_5 X_3 + \alpha_6 X_4 + \alpha_7 FL + \alpha_8 (A - L + C) \quad (7)$$

ただし、 X_1 :敷地面積、 X_2 :延床面積、 X_3 :公共サービスの便（便利:1, 不便:0）、 X_4 :下水・都市ガスの整備（整備:1, 未整備:0）、 Ω :所得、 t :通勤時間、 FL :高潮による浸水の指標（有:1, 無:0）、 L :海面上昇量、 C :高潮堤防の高さ、 α_i :パラメータ、 I, A :定数。

ここで、式(7)を式(6)に代入して期待効用レベルを求め、それを便益の定義式(4)に代入すると、対策便益 OP は次式のように表される。

$$OP = \frac{\alpha_7}{\alpha_1} (P^b - P^a) + \frac{\alpha_8}{\alpha_1} (C^b - C^a) \quad (8)$$

なお、式(8)のパラメータは表1のような値をとる。

表1 推定結果（年利率5%）

パラメータ	α_1	α_7	α_8
推定結果	0.054	-30.058	0.055

3-2 便益の計測

生起確率 P を算出するのに必要な潮位 H の確率密度関数については、基本的に標準偏差1の正規分布に従うものと仮定し、分布の平均値は朔望平均満潮位で与え、1mとすると、次式のようになる。

$$f[H] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(H-1)^2\right\} \quad (9)$$

また、平常時と高潮災害時の境界となる潮位は朔望平均満潮位1.0m+高潮偏差2.8m+有義波高0.3m=4.1mを採用した³⁾。よって P^a と P^b は、 $P^a=0.996$ 、 $P^b=0.999$ となる。

以上より、海面上昇対策による世帯便益を求めると、一世帯あたり52.7（万円）となる。これに、全国において海面上昇の影響を受ける可能性のある地域にある戸数を乗じると、約1兆5000億円となる。

4. まとめ

本研究では、海面上昇対策の世帯便益を OP により定義し、地盤沈下の被害費用の測定に用いられた効用関数を利用して試算したところ、GNP(1991)の約0.36%になることがわかった。しかしながら、この値は生起確率 P 、すなわち生起確率密度関数 f に起因するところが大きく、この関数 f が便益の計測において重要な位置づけを占めていると思われる。また、ここでは世帯のみの便益の計測にとどまっており、企業・政府等も考慮にいたれた社会経済全体の便益はどのように定義すればよいのか、さらには、各主体の効用関数をどのように特定化していくのかなどの問題が今後の課題として残されている。

【参考文献】

- 1) 森杉壽芳、大野栄治、高木朗義：治水事業の便益評価手法、土木計画学研究・講演集、No.15(1)、pp.787~792、1992。
- 2) 森杉壽芳、岩瀬広：地盤沈下の被害費用の測定に関する研究、土木計画学研究・講演集、No.7、pp.109~116、1985。
- 3) 松井貞二郎、立石英機：海面上昇に伴う日本の沿岸域の浸水影響予測、海岸工学論文集、vol.39、pp.1031~1035、1992。