

奉仕労働量による海面上昇対策便益の評価*

Measurement of Benefit based on Willingness to Work for Countermeasures against Sea Level Rise

大野栄治**・三村信男***・山田和人****

by Eiji OHNO, Nobuo MIMURA and Kazuhito YAMADA

1. はじめに

小島嶼国では、海面上昇は高潮災害の危険性を増加させることから、深刻な環境問題として認識されている。しかし、海面上昇に関する既存研究では、海面上昇量の予測や物的被害の計測に焦点が当てられており、高潮災害の危険性の増大などによる心理的被害は考慮されていない。そのため、災害に対する大きな心理的被害があっても、発展途上国の場合には所得水準の低さから、対策便益は小さな値に見積もられてしまう。小島嶼国の多くは発展途上国であり、したがってそのような地域においては海面上昇対策の費用便益分析において「対策は不要」の結論を導く可能性がある。

本研究では、物的価値のみならず心理的価値をも計測できるCVM（価値意識法）のフレームで、国民の所得水準に左右されない新たな便益計測手法（奉仕労働量による便益評価法）を提案し、南太平洋地域のツバルにおいて本手法による海面上昇対策便益の計測を試みることにする。

2. ツバルの概要

分析対象地域は、オーストラリアの北東約3,500kmの南太平洋上に位置するツバルである（図1）。ツバルは1978年にキリバスから独立し、その人口は9,043人（1991年）である。国土は9つの環礁からなり、その総面積は2,396haである。

国土はサンゴの砂でできており、ほとんど海拔3mを越えない平坦な土地である。したがって、頻繁に高潮、台風、津波などによる風水害を受けており、今後、地球温暖化に伴って生じる海面上昇に対して非常に脆弱である。

ツバルの経済はODA（政府開発援助）に強く依存している。政府収入の内訳はODA：23%、漁業免許：17%、輸入税・売上税：17%、海洋活動：13%、所得税・事業所税：11%、その他：19%となっている。国民1人あたりのGDP（国内総生産）は1,058Aus\$（1990年）である。

Tuvalu

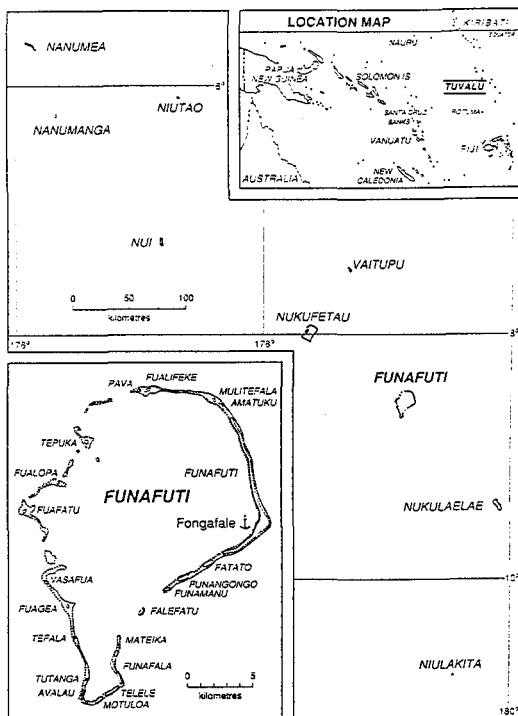


図1 ツバルの位置

* キーワード：地球環境問題、整備効果計測法

** 正員、工博、筑波大学社会学系

(〒305 茨城県つくば市天王台 1-1-1 TEL/FAX. 0298-53-5222)

*** 正員、工博、茨城大学工学部都市システム工学科

**** 正員、パシフィックコンサルタンツ株式会社 環境部

3. 便益の定義

まず、高潮災害に関する世帯の効用関数を次のような期待値で定義する¹⁾。

$$V = P_d \{\alpha_1 X_1' + \alpha_2 X_2' + \dots\} + (1 - P_d) \{\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots\} \quad (1)$$

ここで、 P_d : 高潮災害発生確率

α_i : 未知のパラメータ

X_1 : 高潮災害ダミー [高潮災害あり = 1 ; なし = 0]

X_2 : 高潮災害あるいは対策のための無賃労働日数 [日/週]

X_3 : 世帯主の収入 [Aus\$/週]

X_4 : 世帯の収入 [Aus\$/週]

X_i' : 高潮災害時の X_i

なお、 T 年毎に高潮災害がある場合は $P_d = 1/T$ とする。

次に、式(1)に等価的偏差の概念を適用し、海面上昇対策の便益を、新しい概念としての奉仕労働量(対策のために奉仕してもよいと考える労働量)と既存概念としての支払意思額(対策のために支払ってもよいと考える金額)を用いて以下のように定義する。

①便益 BW :

$$\begin{aligned} & P_d^a \{\alpha_1 X_1' + \alpha_2 X_2' + \alpha_3 X_3' + \alpha_4 X_4'\} \\ & + (1 - P_d^a) \{\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_4\} \\ & = P_d^b \{\alpha_1 X_1' + \alpha_2 X_2' + \alpha_3 X_3' + \alpha_4 X_4'\} \\ & + (1 - P_d^b) \{\alpha_1 X_1 + \alpha_2 BW \\ & + \alpha_3 \left(X_3 - \frac{X_3 BW}{w} \right) + \alpha_4 \left(X_4 - \frac{X_3 BW}{w} \right)\} \quad (2) \end{aligned}$$

②便益 BP :

$$\begin{aligned} & P_d^a \{\alpha_1 X_1' + \alpha_2 X_2' + \alpha_3 X_3' + \alpha_4 X_4'\} \\ & + (1 - P_d^a) \{\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_4\} \\ & = P_d^b \{\alpha_1 X_1' + \alpha_2 X_2' + \alpha_3 X_3' + \alpha_4 X_4'\} \\ & + (1 - P_d^b) \{\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 \\ & + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 (X_4 - BP)\} \quad (3) \end{aligned}$$

ここで、右上添字 $a \cdot b$: 対策あり・なしのケース

w : 労働日数 [日/週]

X_3/w : 賃金率

なお、式(2)で定義する便益 BW は奉仕労働量 WTW (willingness to work) の概念を用いたものである。一方、式(3)で定義する便益 BP は、比較研究のために、支払意思額 WTP (willingness to pay) の概念を用いたものである。

式(2)・(3)に対して、表1・2に示す X_i' と X_i を与えると、次式が得られる。

$$BW = \frac{P_d^a - P_d^b}{1 - P_d^b} \times \frac{-\alpha_1 - 7\alpha_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 (X_4 + C)}{-\alpha_2 + \alpha_3 \frac{X_3}{w} + \alpha_4 \frac{X_3}{w}} \quad (4)$$

$$BP = \frac{P_d^a - P_d^b}{1 - P_d^b} \times \frac{-\alpha_1 - 7\alpha_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 (X_4 + C)}{\alpha_4} \quad (5)$$

表1 X_i' と X_i (BW の場合)

i	X_i'		X_i	
	対策なし	対策あり	対策なし	対策あり
1	1	1	0	0
2	7	7	0	BW
3	0	0	X_3	$X_3 - \frac{X_3 BW}{w}$
4	$-C$	$-C$	X_4	$X_4 - \frac{X_3 BW}{w}$

表2 X_i' と X_i (BP の場合)

i	X_i'		X_i	
	対策なし	対策あり	対策なし	対策あり
1	1	1	0	0
2	7	7	0	0
3	0	0	X_3	X_3
4	$-C$	$-C$	X_4	$X_4 - BP$

4. 便益の計測

(1) データ収集

高潮災害対策に対するツバル国民の奉仕労働量および支払意思額を知るために、表3に示すような一対比較形式の質問を中心としたアンケート調査票を作成した。なお、その他の質問項目として、家族構成、職業、年収、海面上昇問題に対する意識などが含まれる。

この調査票を用いて、1995年11月、ツバルの首都フナフチにて家庭訪問によるインタビュー調査を実施し、35の有効回答票を得た。

表3 一対比較形式の質問例

Question: Consider the following pairs of situations A and B, and select your answer by circling the letter 'a' or 'b' or 'c' whichever is appropriate, where 'a' situation A is preferred to B, 'b' no difference between situations A and B, 'c' situation B is preferred to A.

	situation A	select	situation B
1	the present condition	a b c	the storm surge disasters are decreased to 3/4, but you have to work x days per week without pay (or have to pay z Aus\$ per week).
2	the present condition	a b c	the storm surge disasters are decreased to 1/2, but you have to work x days per week without pay (or have to pay z Aus\$ per week).
3	the present condition	a b c	the storm surge disasters are decreased to 1/4, but you have to work x days per week without pay (or have to pay z Aus\$ per week).
4	the present condition	a b c	the storm surge disasters are got rid of, but you have to work x days per week without pay (or have to pay z Aus\$ per week).

(2) パラメータ推定の方法と結果

表3の一対比較質問における選択肢AとBの理論的選択確率 $\text{Pr.}(A)$ と $\text{Pr.}(B)$ を次のロジットモデルで与える。

$$\text{Pr.}(A) = \frac{\exp[V(A)]}{\exp[V(A)] + \exp[V(B)]} \quad (6)$$

$$\text{Pr.}(B) = 1 - \text{Pr.}(A) \quad (7)$$

ここで、式(6)中の $V(A) \cdot V(B)$ は選択肢A・Bの効用を表し、式(1)の効用関数で与える。

式(6)・(7)の理論的選択確率を用いて選択結果集合の同時確率関数（尤度関数）を構築し、収集した

データに対して最尤法により式(1)のパラメータを推定した。表4にその結果を示す。

表4 効用関数の推定結果

パラメータ	推定値 [t 値]	
	BW の場合	BP の場合
α_1	-2.143 [-4.309]	-4.168×10^{-1} [-0.792]
α_2	-2.542×10^{-1} [-2.260]	—
α_3	—	—
α_4	—	6.619×10^{-4} [0.525]
的中率	0.636	0.479
ρ^2	0.120	0.010
サンプル数	140 (=35×4)	140 (=35×4)

(3) 便益計測結果

高潮災害対策として3つの対策を想定し、本研究のモデルを用いてそれらの便益を計測した。表5に対策の概要、表6に対策による世帯便益を示す。なお、表6において、 BW [Aus\$/週] = 賃金率 × BW [日/週] とした。

まず、 BP [Aus\$/週] と BW [Aus\$/週] について、直接回答によって得られた WTW と WTP の平均値や世帯収入167.7 [Aus\$/週] から判断すると、 BP は過大に評価されているようであり、便益評価の立場では BP よりも BW の方が適当であるように思われる。なお、いくつかの BW [日/週] は7以上となっているが、これは世帯毎の延べ奉仕労働量として理解する。

そこで、 BW [日/週] を用いてツバルの社会的総便益を計測した。このとき、総 BW にツバルの賃金率を掛けたものを「ツバル価値の便益」、日本の賃金率を掛けたものを「日本価値の便益」とする。特に後者については、「もしツバルが日本の領土であると仮定した場合に、日本人の価値観で便益を評価した値」として理解する。これによって、国民の所得水準に左右されない便益評価ができるものと考えられる。表7にその結果を示す。なお、総便益の算出において、 WTW の平均継続期間が62.4週であることを考慮した。

高潮災害発生確率を0.6（現状）から0.3, 0.15, 0.0にする対策は、それぞれ日本価値で8,347, 10,311, 11,685 [百万円] となる。これらを世帯単位に換算

すると、それぞれ6.9, 8.6, 9.7 [百万円/世帯] となり、従来の研究において算出された6.7 [百万円/世帯] (日本で1mの海面上昇に対応した対策の便益) に近い値となっている²⁾。

表5 対策の概要

	対策なし (1991)	対策1	対策2	対策3
P_d	0.600	0.300	0.150	0.000
N	1,204	←	←	←

注) N : 世帯数 = ツバルの人口 / 世帯平均人数。

表6 対策による世帯便益

		対策1	対策2	対策3
	BW [dpw]	6.613	8.169	9.258
	BW [\$pw]	23.15	28.59	32.40
	BP [\$pw]	269.9	333.4	377.8
平均 値	WTW [dpw]	3.0	-	4.0
	WTW [\$pw]	10.5	-	14.0
	WTP [\$pw]	34.0	-	38.1

注) dpw : 日/週、\$pw : Aus\$/週、賃金率 : 3.5 [Aus\$/日]。

表7 社会的総便益

	対策1	対策2	対策3
ツバル価値 [百万円]	121.7	150.4	170.4
日本価値 [百万円]	8,347.	10,311.	11,685.

注) ツバルの賃金率 : 245 [円/日]、日本の賃金率 : 16,800 [円/日]。

5. おわりに

本研究では、CVMのフレームで、国民の所得水準に左右されない新たな便益計測手法として奉仕労

働による便益評価法を提案し、南太平洋地域のツバルにおいて本手法による海面上昇対策便益の計測を試みた。その結果、高潮災害発生確率を0.6 (現状) から0.3, 0.15, 0.0にする対策は、それぞれ日本価値で6.9, 8.6, 9.7 [百万円/世帯] となり、従来の研究において算出された6.7 [百万円/世帯] に近い値となった。

一方、本研究では便益の定義において $BW \cdot BP$ ともに1つの定義式を与えるだけであったが、分析対象は不確実性下の便益評価であるため、その定義は1つだけではない³⁾。今後の課題として、便益の定義においてオプションバリューの概念を導入するなどの展開が残されている。

謝辞 : 本研究は環境庁の平成7年度「フィジー・ツバル国別温暖化対応戦略策定調査支援事業」において得られた成果の一部であることを付記するとともに、関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 森杉壽芳・大島伸弘 : 渇水頻度の低下による世帯享受便益の評価法の提案, 土木学会論文集, No. 359/IV-3, pp. 91-98, 1985.
- 2) Morisugi, H., Ohno, E., Hoshi, K., Takagi, A. and Takahashi, Y.: Definition and measurement of a household's damage cost caused by an increase in storm surge frequency due to sea level rise, Journal of Global Environment Engineering, JSCE, Vol. 1, pp. 127-136, 1995.
- 3) 高木朗義 : 防災投資の便益評価手法に関する研究, 岐阜大学博士論文, 1996.