

付け値ゲーム方式のCV調査に基づく 砂浜の環境経済価値の推計

山本 誠也¹・佐尾 博志²・森 龍太²・大野 栄治^{2*}・森杉 雅史²・
中畠 一憲³・坂本 直樹⁴・森杉 壽芳⁵

¹非会員 名城大学大学院都市情報学研究科（〒509-0261 岐阜県可児市虹ヶ丘4-3-3）

²正会員 名城大学都市情報学部（〒509-0261 岐阜県可児市虹ヶ丘4-3-3）

³正会員 兵庫県立大学環境人間学部（〒670-0092 兵庫県姫路市新在家本町1-1-12）

⁴正会員 山形大学人文学部（〒990-8560 山形県山形市小白川1-4-12）

⁵フェロー会員 東北大学（〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1）

* E-mail: ohnoeiji@meijo-u.ac.jp

地球温暖化に伴う海面上昇により、多様な機能を有する砂浜の消失が予測されている。この影響を未然に防ぐ対策の実施が望まれるが、その効果を把握しておく必要がある。本研究では、砂浜の保全事業を実施する際に必要となる便益の情報提供を目的とし、付け値ゲーム方式のCV調査に基づく砂浜の環境経済価値を推計した。その結果、日本全国における砂浜の現在価値は、砂浜の消失率が40%では約2兆1,954億円、60%では約2兆3,715億円、80%では約2兆5,617億円、100%では約2兆7,672億円と推計された。また、単位面積あたりの砂浜の現在価値は、40%では28,736円/m²、60%では20,694円/m²、80%では16,765円/m²、100%では14,488円/m²と推計された。

Key Words : global warming, sand erosion, bidding game, willingness to pay, contingent valuation method

1. はじめに

砂浜には多様な機能が存在する。例えば、多くの動植物の生息地や産卵場所となる生物多様性維持機能がある。その他、海水浴やビーチスポーツなどによるレクリエーション機能、海上交通の拠点や水産業などによる人々の生活を支える地域振興機能、波のエネルギーを弱める減災の機能もある。これらの機能からは、前記の内容にとどまらず、副次的な経済効果も生み出されている。

近年問題となっている地球温暖化による環境変化の1つとして、海面上昇に伴う砂浜の消失が予測されている。有働・武田（2014）¹⁾では、IPCC 第5次評価報告書における海面上昇量に基づいた砂浜の消失率が算出されており、日本全国の砂浜は海面上昇量の下限值（0.26m 上昇）で46%、上限値（0.82m 上昇）では91%消失と推計された。さらに、一律100cm海面上昇した場合、日本全国の砂浜は約95%消失すると推計されている。つまり、現在

から将来にかけて何の対策も実施しなかった場合、いずれ日本全国の砂浜が完全に消失することが危惧される。砂浜が消失すれば、付随して前記の機能も喪失するものと考えられる。したがって、動植物への影響のみならず、経済的影響も生じると考えられることから、これを未然に防ぐ対策の実施が望まれる。

公共事業を実施する際には、一般的に実施費用と事業の効果（便益）を見積もり、費用対効果で判断されている。その便益は、既存研究では旅行費用法（TCM: Travel Cost Method）や仮想市場評価法（CVM: Contingent Valuation Method）を用いて、砂浜が保有する現状の価値及び、砂浜が消失または消失を回避した場合の価値を計測したうえで推計されている。これらは個別の砂浜を対象とした推計が大半である。日本全国の砂浜の対象としたものも一部存在するが、利用価値の推計にとどまり、非利用価値を含んだ推計を行った事例は見当たらない。

本研究では、砂浜の保全事業を実施する際に必要とな

る便益の情報提供を目的とし、CV (CV: Contingent Valuation) 調査に基づく砂浜の利用価値及び非利用価値を含む環境経済価値を推計する。具体的には、まず付け値ゲーム方式の CV 調査を実施し、砂浜の消失を回避するための支払意思額 (WTP: Willingness to Pay) を推計する。次に、推計された WTP を用いて、日本全国において消失する砂浜の年価値及び現在価値を算出する。そして、消失する砂浜の現在価値を砂浜消失面積で除すことにより単位位面積あたりの現在価値を算出する。これが砂浜の貨幣評価原単位となり、地球温暖化に伴う海面上昇によって失われる砂浜の被害額を計測する際、また砂浜の保全事業及び再生事業に関する費用便益分析を実施する際などに活用されることが期待される。

2. 既存研究のレビュー

ここでは、砂浜の経済価値を評価している既存研究を紹介する。盛岡ら (1995)²⁾は TCM や CVM を用いて、須磨海水浴場の水質維持や水質改善の環境経済価値を計測した。その結果、水質維持に対する地域住民の WTP は年間 4,713 円と示している。今村ら (1999)³⁾は新潟海岸を対象に新潟市民にアンケート調査を行い、その得られたデータから CVM を用いて、砂浜の消失を回避するための WTP を算出した。その結果、1 世帯あたりの WTP の中央値は年間 1,110 円と示している。大野・佐尾 (2007)⁴⁾は各都道府県の砂浜を対象に TCM を用いて、砂浜のレクリエーション価値を貨幣単位で評価し、海面上昇に伴うレクリエーションの損失額を算出した。その結果、日本全国の砂浜のレクリエーション価値は 23,416 億円であり、1m²あたりの貨幣評価原単位は 12,251 円であると示している。また、海面上昇が 30cm となると、消失する砂浜のレクリエーション価値は 13,253 億円、65cm では 19,131 億円、100cm では 21,144 億円と示している。大野ら (2009)⁵⁾は TCM を用いて、都道府県別の砂浜のレクリエーション価値と 1m²あたりの貨幣評価原単位を算出した。その結果、日本全国の砂浜のレクリエーション価値は 922 億円/年であり、1m²あたりの貨幣評価原単位は 12,058 円と示している。佐尾ら (2013)⁶⁾は日本全国の砂浜を対象とし、TCM に整合した応用一般均衡 (CGE: Computable General Equilibrium) モデルを用いて、地球温暖化に伴う海面上昇による砂浜の 1m²あたりの被害額を都道府県別に算出した。また、仮想的な適応政策 (養浜事業) を想定し、その事業の効果を費用便益分析で検討した。その結果、仮想的な適応政策 18,276 円/m²において、海面 30cm 上昇時は 17 都道府県、65cm 上昇時は 20 都道府県が費用便益比が 1 を上回り、仮想的な適応策の妥当性を確認している。吉田ら (2014)⁷⁾は日本の 11 箇所の養浜事業をもとに、養浜量とその整備費

用の回帰分析によって因果関係を導いている。この結果を日本全国の砂浜海岸に拡張し、反射強制力が工業化以前と比べて最も低い RCP2.6 と最も高い RCP8.5 に対する最適な養浜量及び最適コストを推計した。その結果、いずれの場合も日本全国における必要な最適な養浜量は約 600×10⁶ m³ であり、最適な養浜コストは 100 年間で約 6,600 億円 (年間 66 億円) となり、2014 年の国土交通省の海岸事業の予算 98 億円を下回ると述べている。

このように、既存研究では全国の砂浜を対象とした場合、利用価値のみの評価に留まっているため、本研究では非利用価値も含めた全国の砂浜の価値を評価する。

3. データ収集

(1) アンケート調査の概要

本研究では、2016 年 3 月上旬にアンケート調査会社を通じ、20 歳～69 歳の成人男女を対象とした Web 形式のアンケート調査を実施し、4,000 件の回答を得た。なお後述のとおり、一部の回答はアンケートの趣旨を理解していないと判断し分析から除外したため、有効回答数は 3,153 件となった。この属性は以下のとおりである。

【性別】男性：49.2%，女性：50.8%

【年齢】20～29 歳：15.5%，30～39 歳：18.6%，40～49 歳：22.1%，50～59 歳：19.4%，60～69 歳：24.4%

【職業】無職・定年退職：10.7%，専業主婦・専業主夫：21.5%，学生：3.7%，パート・アルバイト・フリーター：13.9%，会社員・役員：34.9%，自営業：6.2%，公務員：3.7%，専門職：3.4%，その他：2.0%

(2) アンケート調査の内容

アンケート調査の表題は『地球温暖化による砂浜への影響に関する意識調査』とし、以下の内容で調査票を設計した。

【問 1】地球温暖化の影響に対する関心度

【問 2】砂浜の各種機能と砂浜の消失への関心度

(砂浜の各機能：レクリエーション機能、生物多様性維持機能、地域振興機能)

【問 3】砂浜の消失を回避するための負担金

【問 4】負担金 100 円の政策の実施に反対と答えた理由

調査の導入として、地球温暖化の影響と砂浜に存在する各種機能を認識してもらうため、問 1 と問 2 の質問を用意した。ここでは、各内容を理解しやすくするため、砂浜の侵食の様子などの図や写真を用いた。その後、本

問3 (説明)

- ◆ この政策が実施されると、日本中の砂浜（約191km²）が保全（現状維持）される。
- ◆ この政策が実施されないと、日本中の砂浜（約191km²）のX%が消失する。

問 3

1.政策の実施に賛成 2.政策の実施に反対

問 4

1. 砂浜を守る政策は必要だと思うが、この政策に毎年100円も支払う価値はないと思うから
2. 1人100円では安すぎて日本全国の砂浜を守れないと思うから
3. 砂浜を守る政策は必要だと思わないから
4. 国民から負担金を集めるという仕組みに反対だから
5. これだけの情報では判断できないから
6. その他 ()

メータ（一般的に $w=1$ と仮定する）。

本研究では、砂浜の保全があるかつ支払いがあるのときの効用と、砂浜の保全がないかつ支払いがないのときの効用との差分（ $V_{yes}-V_{no}$ ）がゼロとなるときの WTP により、砂浜の消失に対する個人の WTP を定義する。この WTP は式(4)で与えられる。

$$WTP = \exp \left(- \frac{a + \sum_{k=1}^6 c_k \cdot X_k}{b} \right) \quad (4)$$

(2) 効用関数の推定方法

効用関数の推定について、式(2)及び式(3)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）を構築した⁹⁾。そして、アンケート調査で得られたデータを適用し、最尤法により効用関数のパラメータを推定した。ここで、本研究における WTP に関する CV 調査では付け値ゲーム方式を採用したが、効用関数の推定は後述の通り、ダブルバウンド方式に読み替えたうえで推定を行った。なお、ダブルバウンド方式では、最初に金額 T1 を提示し、もし、回答者が賛成した場合はそれより高い金額 TU を提示して賛否を尋ねる。一方で、最初に金額 T1 を反対した場合はそれより低い金額 TL を提示して賛否を尋ねる。このような2回の提示に対して、以下のとおり4つの選択パターンが考えられ、それぞれの確率は式(5)～式(8)で表される。

1) 2回とも賛成と答える確率

$$\begin{aligned} \Pr.[T1 \leq WTP, TU \leq WTP] &= P_{yes}[TU \leq WTP] \\ &= P_{yes}[TU] \end{aligned} \quad (5)$$

2) 1回目は賛成、2回目は反対と答える確率

$$\begin{aligned} \Pr.[T1 \leq WTP < TU] &= P_{yes}[T1] - P_{yes}[TU] \\ &= P_{yes}[T1] + P_{no}[TU] - 1 \end{aligned} \quad (6)$$

3) 1回目は反対、2回目は賛成と答える確率

$$\begin{aligned} \Pr.[TL \leq WTP < T1] &= P_{yes}[TL] - P_{yes}[T1] \\ &= P_{yes}[TL] + P_{no}[T1] - 1 \end{aligned} \quad (7)$$

4) 2回とも反対と答える確率

$$\begin{aligned} \Pr.[T1 > WTP, TL > WTP] &= P_{no}[TL > WTP] \\ &= P_{no}[TL] \end{aligned} \quad (8)$$

これらをもとに、最尤法における対数尤度関数を式(9)で特定化した。

$$\ln(L) = \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{aligned} &d_i^{YY} \cdot \ln(P_{yes}[TU]) \\ &+ d_i^{YN} \cdot \ln(P_{yes}[T1] + P_{no}[TU] - 1) \\ &+ d_i^{NY} \cdot \ln(P_{yes}[TL] + P_{no}[T1] - 1) \\ &+ d_i^{NN} \cdot \ln(P_{no}[TL]) \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

ただし、 L ：尤度関数、 n ：標本数、 d_i^{YY} ：個人 i が2回とも賛成と答えたときのダミー変数、 d_i^{YN} ：個人 i が1回目に賛成、2回目に反対と答えたときのダミー変数、 d_i^{NY} ：個人 i が1回目に反対、2回目に賛成と答えたときのダミー変数、 d_i^{NN} ：個人 i が2回とも反対と答えたときのダミー変数。

(3) 方式間の読み替え

効用関数の推定にあたり、付け値ゲーム方式からダブルバウンド方式への読み替えると、表-2 に示すとおりとなった。ここで、最大金額とは付け値ゲーム方式で被験者が賛成と答えた最大の金額を表した。また、ダブルバウンド方式における提示金額のこれらの組合せについて、上限値と下限値が恣意的な設定とならないよう、アンケート調査での提示金額の上限値と下限値を設定した。

付け値ゲーム方式からダブルバウンド方式への読み替え方法については、4 ケース設定した。以下、各ケースごとに方法を概説する。

〈ケース1〉付け値ゲーム方式にて 100 円反対の場合

この場合、被験者の WTP は 0 円以上 100 円未満となる。したがって、ダブルバウンド方式では、提示金額の組み合わせは、T1 を 300 円、TU を 500 円、TL を 100 円として設定した。そのうえで、被験者の回答は T1 が反対、TL も反対と設定し読み替えた。

〈ケース2〉付け値ゲーム方式にて 300 円反対の場合

この場合、被験者の WTP は 100 円以上 300 円未満となる。したがって、ダブルバウンド方式では、提示金額の組み合わせは、T1 を 300 円、TU を 500 円、TL を 100 円として設定した。そのうえで、被験者の回答は T1 が反対、TL が賛成と設定し読み替えた。

〈ケース3〉付け値ゲーム方式にて 500 円反対の場合

この場合、被験者の WTP は 300 円以上 500 円未満となる。したがって、ダブルバウンド方式では、提示金額の組み合わせは、T1 を 300 円、TU を 500 円、TL を 100 円として設定した。そのうえで、被験者の回答は T1 が賛成、TU が反対と設定し読み替えた。

なお、500 円反対から 50,000 円反対までは、上記と同様の条件で設定が可能であるため、このように設定した。

〈ケース4〉付け値ゲーム方式にて 50,000 円賛成の場合

この場合、被験者の WTP は 50,000 円以上となる。ここで、被験者に提示した金額の上限値は 50,000 円であるため、読み替え時にそれ以上の金額を設定すると、恣意的に WTP の範囲を設定してしまうことが懸念された。したがって、ダブルバウンド方式では、提示金額の組み合わせは、T1 を 30,000 円、TU を 50,000 円、TL を 10,000 円と設定した。そのうえで、被験者の回答は T1 が賛成、TU も賛成と設定し読み替えた。

表-2 付け値ゲーム方式からダブルバウンド方式への読み替え

最大金額 (円)	提示金額 (円)			回答	
	T1	TU	TL	1回目	2回目
<100	300	500	100	T1:No	TL:No
100	300	500	100	T1:No	TL:Yes
300	300	500	100	T1:Yes	TU:No
500	500	1,000	300	T1:Yes	TU:No
1,000	1,000	3,000	500	T1:Yes	TU:No
3,000	3,000	5,000	1000	T1:Yes	TU:No
5,000	5,000	7,000	3,000	T1:Yes	TU:No
7,000	7,000	10,000	5,000	T1:Yes	TU:No
10,000	10,000	30,000	7,000	T1:Yes	TU:No
30,000	30,000	50,000	10,000	T1:Yes	TU:No
50,000	30,000	50,000	10,000	T1:Yes	TU:Yes

5. 評価結果

(1) パラメータの推定結果

式(1)のパラメータの推定結果を表-3 に示す。なお、効用関数のパラメータの推定には、栗山ら (2013) ¹⁰⁾の「Excel でできる環境評価」を用いた。表-3 より、各説明変数は t 値が高く、近畿地方を除き、帰無仮説が有意水準 1%で棄却できることが分かった。したがって、全ての説明変数は統計的に有意であると言える。また、パラメータの符号については、砂浜の消失率、男性ダミー、50 代及び 60 代ダミーはプラス値であるが、中部地方ダミー及び近畿地方ダミーはマイナス値を示した。つまり、プラス値を示した変数は各変数の基準とした属性よりも砂浜の保全に対する WTP が高い一方、マイナス値を示した変数は各変数の基準とした属性よりも砂浜の保全に対する WTP が低いことを表している。

(2) 砂浜の保全に対する WTP の推計

まず、表-3 及び式(4)より、属性別（地域及び年代、性別）かつ砂浜の消失率別の WTP を推計した。砂浜の保全に対する属性別かつ砂浜の消失率別の WTP を表-4 に示す。属性別かつ砂浜の消失率別に見ると、一人あたりの年間 WTP はその他の地域が他の地域よりも高く、特に、60 代男性が一番高いことが分かった。一方、中部地方は全体的に WTP が低く、特に、20～40 代の女性が一番低いことが分かった。

次に、属性別かつ砂浜の消失率別の WTP に対して、総務省統計局 ¹¹⁾が公表している都道府県別、性別、年齢別の人口を乗じて、日本全国における砂浜の年価値を算出した。その結果、砂浜の年価値は、砂浜消失率 40%、60%、80%、100%について、それぞれ約 878 億円/年、約

表-3 パラメータの推定結果

変数	係数	t 値
定数	6.388	40.429
ln (提示金額)	-9.809×10^{-1}	-64.715 ***
砂浜の消失率	3.784×10^{-1}	2.682 ***
男性ダミー	3.989×10^{-1}	6.238 ***
50 代ダミー	3.159×10^{-1}	3.850 ***
60 代ダミー	4.134×10^{-1}	5.224 ***
中部地方ダミー	-4.173×10^{-1}	-3.954 ***
近畿地方ダミー	-1.810×10^{-1}	-2.224 **
標本数	3,153	
対数尤度	-6,825	

注) *** : 有意水準 1%, ** : 有意水準 5%

表-4 砂浜の保全に対する属性別かつ砂浜の消失率別の WTP

地域	年代	性別	砂浜の消失率の WTP (円/年)			
			40%	60%	80%	100%
中部地方	20代～40代	男性	772	833	900	972
		女性	514	555	599	648
	50代	男性	1,065	1,150	1,242	1,342
		女性	709	766	827	894
	60代	男性	1,176	1,270	1,372	1,482
		女性	783	846	914	987
近畿地方	20代～40代	男性	982	1,060	1,145	1,237
		女性	654	706	763	824
	50代	男性	1,355	1,463	1,581	1,707
		女性	902	974	1,053	1,137
	60代	男性	1,496	1,616	1,746	1,886
		女性	996	1,076	1,163	1,256
その他の地方	20代～40代	男性	1,181	1,275	1,378	1,488
		女性	786	849	917	991
	50代	男性	1,629	1,760	1,901	2,053
		女性	1,085	1,172	1,266	1,367
	60代	男性	1,799	1,944	2,100	2,268
		女性	1,198	1,294	1,398	1,510

949 億円/年、約 1,025 億円/年、約 1,107 億円/年と推計された。また、これらの砂浜の年価値を社会割引率 4%で除すことで、日本全国における砂浜の現在価値を算出した。その結果、砂浜の現在価値は、砂浜消失率 40%、60%、80%、100%について、それぞれ約 2 兆 1,954 億円、約 2 兆 3,715 億円、約 2 兆 5,617 億円、約 2 兆 7,672 億円と推計された (表-5)。

表-5 砂浜の環境経済価値の推計結果

砂浜の消失率	砂浜の現在価値	
	日本全国における 現在価値（億円）	単位面積あたりの 現在価値（円/m ² ）
40%	21,954	28,736
60%	23,715	20,694
80%	25,617	16,765
100%	27,672	14,488

そして、これらの砂浜の現在価値を砂浜の消失面積で除することで単位面積あたりの現在価値（貨幣評価原単位）を算出した。その結果、砂浜の貨幣評価原単位は、砂浜消失率 40%、60%、80%、100%について、それぞれ 28,736 円/m²、20,694 円/m²、16,765 円/m²、14,488 円/m²と推計された（表-5）。ここで、大野ら（2009）⁹⁾の推計結果（12,058 円/m²）と比較すると、本研究の推計結果（14,488 円/m²）の方が高くなった。これについては、大野ら（2009）⁹⁾が利用価値に限定した評価であるのに対し、本研究は利用価値と非利用価値の両方を評価していることから、このような関係性になったと考えられる。

6. まとめ

本研究では、砂浜の保全事業を実施する際に必要となる便益の情報提供を目的とし、付け値ゲーム方式の CV 調査に基づき、砂浜の環境経済価値を推計した。得られた知見は以下の通りである。

- ✓ 属性別かつ砂浜の消失率別に見ると、一人あたりの年間 WTP はその他の地域が他の地域よりも高く、特に、60 代男性が一番高いことが分かった。一方で、中部地方は全体的に WTP が低く、特に、20～40 代の女性が一番低いことが分かった。
- ✓ 日本全体の砂浜の価値は、砂浜の消失率が 40%では約 2 兆 1,954 億円、60%では約 2 兆 3,715 億円、80%では約 2 兆 5,617 億円、100%では約 2 兆 7,672 億円と推計された。
- ✓ 単位面積あたりの貨幣評価原単位は、砂浜の消失面積が 40%では 28,736 円/m²、60%では 20,694 円/m²、80%では 16,765 円/m²、100%では 14,488 円/m²と推計された。

一方、本研究には以下のような課題が残されている。本研究では地方別に WTP を算出したが、各都道府県においても砂浜に対する価値意識が異なると考えられる。そのため、都道府県別で WTP を算出することが望まし

い。また、年代別も同様に、各年代で置かれている状況が異なり、このような政策に対する負担が可能な金額も異なると考えられる。したがって、年代別での WTP を算出することが望ましい。

謝辞：本研究は、文部科学省の平成 28 年度気候変動適応技術社会実装プログラム（研究課題：気候変動の影響評価技術の開発、代表者：脇岡靖明）の助成を受けた研究成果の一部である。ここに感謝の意を表す。

追悼：本研究のとりまとめの最中、平成 28 年 5 月 18 日に森杉壽芳・東北大学名誉教授が急逝された。ここに謹んで哀悼の意を表す。

参考文献

- 1) 有働恵子，武田百合子：海面上昇による全国の砂浜消失将来予測における不確実性評価，土木学会論文集 G（環境），Vol. 70, No. 5, pp. I_101-I_110, 2014.
- 2) 盛岡通，梁鎮宇，城戸由能：大阪湾沿岸域水環境の経済価値評価の試み，土木学会論文集，No. 518, pp. 107-119, 1995.
- 3) 今村能之，佐藤慎司，笠井雅広，原文宏，平野宜一：CVM による新潟海岸の環境整備便益の計測，海洋開発論文集，Vol. 15, pp. 659-664, 1999.
- 4) 大野栄治，佐尾博志：海面上昇によって消失する砂浜のレクリエーション価値，環境システム研究論文発表会講演集，Vol. 35, pp. 263-268, 2007.
- 5) 大野栄治，林山泰久，森杉壽芳，野原克仁：地球温暖化による砂浜消失の経済環境価値，地球環境論文集，Vol. 14, No. 2, pp. 291-297, 2009.
- 6) 佐尾博志，森杉雅史，大野栄治，坂本直樹，中嶌一憲，森杉壽芳：気候変動による砂浜浸食の地域別被害計測並びに適応策の検討，土木学会論文集 G（環境），Vol. 69, No. 5, pp. I_249-I_257, 2013.
- 7) 吉田惇，有働恵子，河野達仁，真野明：海面上昇に伴う砂浜浸食に対する適応策としての最適養浜量の推定手法の構築，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 70, No. 2, pp. I_311-I_319, 2014.
- 8) 国土交通省：仮想的市場評価法（CVM）適応の指針，p. 17, 2009.
- 9) 栗山浩一，柘植隆宏，庄子康：初心者のための環境評価入門，補論，勁草書房，2013.
- 10) 栗山浩一：環境の価値と評価手法，9 章，北海道大学図書，刊行会，1998.
- 11) 総務省統計局：人口推計，<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?tid=000001132435>.（最終閲覧日：2016 年 7 月 5 日）