

気候変動への適応に向けた砂浜価値の定量化に関する研究

東北大学大学院工学研究科 教授 有働恵子

概要：

本研究では、日本の沿岸全域の砂浜周辺のホテルについて、宿泊価格にヘドニック法を適用し地理的加重回帰 (GWR) を行うことで、ビーチフロントの立地が与える限界効果の地理的変動を測定し、日本におけるホテルの立地を用いた砂浜の価値評価手法の開発を試みた。また、モバイル空間統計を用いた全国の砂浜における人口動態解析により全国の砂浜利用の実態把握を行った。開発した手法を用いて宿泊における砂浜価値の推計を行い、既存手法の推計値と比較した。砂浜価値モデル構築にあたっては多くの課題が残されているものの、宿泊における利用便益を考慮することで全国の砂浜価値をより現実的に評価できる可能性があることを示した。

キーワード: ヘドニック法, 地理的加重回帰法, 宿泊価格, 砂浜価値, ビーチツーリズム

1. はじめに

近年、海岸での人為的な環境の変化や気候変動に伴う海面上昇を原因として、日本各地の砂浜侵食が懸念されている。砂浜が重要な観光資源となっている地域も多く、今後砂浜の侵食によりこれら地域に大きな経済的損失を与える可能性がある。

現時点において、海面上昇による砂浜への影響は不明であるが、少なくとも高度経済成長期における国土開発に伴う人為的な環境変化は砂浜侵食の一大要因であると考えられる。砂浜侵食対策としては、養浜とともに離岸堤や突堤といった構造物の設置などが行われてきているものの、今後海面上昇に伴い日本全国で侵食リスクが高まった場合、砂浜の減少が予想されるすべての砂浜に予算を投入し、これらの事業を行うことは現実的ではない。予算の最適な配分を実現するためには、砂浜価値を定量化し、砂浜侵食の経済損失について評価する必要があるものの、この評価手法については研究の進展が十分でない。

本研究では、前年度に日本の沿岸全域の砂浜について、その周辺のホテルを対象として通常の最小二乗法 (OLS) に加えて地理的加重回帰 (GWR) に基づくヘドニック法を適用して砂浜価値の評価手法を開発した。今年度は、全国の砂浜利用の実態を把握し、開発した手法を用いて砂浜価値を推計することを目的とする。

2. 研究方法

2019～2022 年の 4 年間の 1 時間毎のモバイル空間統計を用いて全国の砂浜における人口動態を解析する。また、沖縄のみについてヘドニック法の結果を使用して宿泊における砂浜価値の評価を行う。得られた結果を用いて利用価値を算定し、既存の手法との比較を行う。以下にその詳細について記す。

(1) ヘドニック法による砂浜価値評価 (前年度成果) の概要

Rigall-I-Torrent ら (2011)¹⁾ や Somphong ら (2022)²⁾ は砂浜への近接性が宿泊価格に影響を与えると報告しており、底質粒径の大きさや海岸構造物の有無といった各砂浜が持つ属性を同時に考慮することで、砂浜への近接性による影響をより良く推定できるとしている。前年度、本研究では、Rigall-I-Torrent ら (2011)¹⁾ の手法に基づき、砂浜への近接性が与える限界効果を用いることで、砂浜に対する支払い意志額の評価式を得た。

$$\Delta P = \hat{P}(e^{\beta} - 1) \quad (1)$$

ここで、 ΔP は砂浜に対する支払意志額、 \hat{P} はビーチフロントに立地しないホテルの推定宿泊価格、 β はビーチフロント変数の回帰係数である。

図-1 に GWR モデルのビーチフロント係数 β の空間分布を示す。 β は 0.12～0.25 の値となっており、式(1)より砂浜

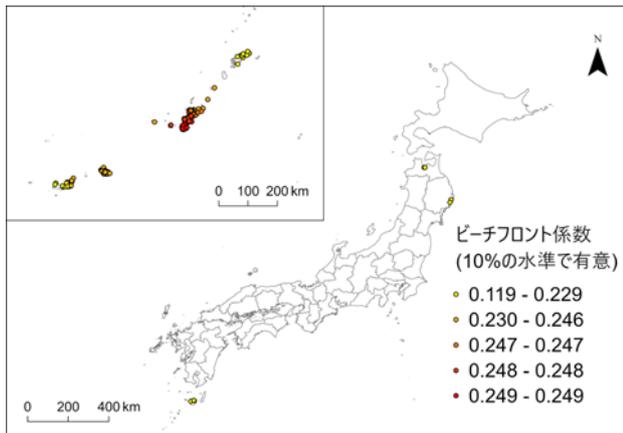


図-1 GWR モデルのビーチフロント係数の空間分布

への近接性が宿泊価格を 13%~28%程度引き上げることが示された。一方、ビーチフロント係数が宿泊価格に有意に正の影響を与える範囲は沖縄県とその周辺に限られた。

(2) モバイル空間統計を用いた砂浜人口動態の解析

解析対象海岸は「快水浴場百選」(環境省)⁹⁾に掲載された全国の 100 海岸と全国的に知名度の高い神奈川県片瀬西浜および千葉県葛西臨海公園とし、これらの 102 海岸について掲載情報を収集した。快水浴場百選では、全国の快適な砂浜の利用・普及推進のために、環境省が独自の 5 つの評価基準で砂浜の選定を行っている。各海岸の砂浜が含まれるメッシュについて、標準地域メッシュのコードを地図上で確認できる標準地域メッシュ検索アプリ (esri ジャパン)⁴⁾で特定した。

出現人口の解析には、株式会社 NTT ドコモ (以下、ドコモと記す) の携帯電話ネットワークを使用して作成された、500 m メッシュのモバイル空間統計⁹⁾のリアルタイム国内人口分布データを用いた。本データには、各メッシュにおける 1 時間毎の出現人口数とその内訳 (性別および年代、居住都道府県と居住市区町村) が格納されている。十分なサンプル数が確保できる 15~79 歳の男女が対象で、性年代 10 歳階 (15~19 歳, 20~29 歳, 30~39 歳, 40~49 歳, 50~59 歳, 60~69 歳, ならびに 70~79 歳の男女) で提供されている。なお、各属性別の出現数が 10 未満の場合にはデータ欠損が生じることに留意されたい。

対象期間はデータ入手が可能であった 2019 年 1 月 1 日から 2022 年 12 月 31 日までである。この間、Covid-19 の流行とそれに対する行政対応の影響が生じていることから、新規感染者数⁶⁾や、緊急事態宣言・まん延防止等重点措置の期間⁷⁾、旅行支援の期間に関する情報を収集し、合わせて解析することとした。

上記により得られる砂浜利用人口と 2 (1) のヘドニック法により得られる砂浜への支払い意思額 (砂浜価値) から砂浜の利用価値を算定する。

(3) 既存の砂浜価値評価手法の概要と本手法による推計値との比較

砂浜の便益としては、防災便益、環境便益、利用便益の 3 つがあげられる。これらの便益に対しての適応策は、「防護」「順応」「撤退」のうち状況に応じて適したものを選択しなければならないが、「防護」について考えたとき、離岸堤などの海岸構造物の設置や養浜などのグリーンインフラの導入といった複数のオプションがあり、多様な組み合わせが存在する (18), (19), (20), (21)。ここではそれらの様々な適応策のうち養浜を適応策として考える。砂浜価値のうち「環境」「利用」の価値に着目したとき、海岸構造物等の設置は沿岸域の生態系バランスや景観を損ねる可能性があり、地域特性を考慮して設置しなければならないが、養浜は地域によらず導入が可能であると考えられるためである。

砂浜の 3 つの便益のうち環境便益と利用便益については、吉田ら⁸⁾を参考に砂浜面積あたりの便益より算定する。防災便益については、高潮による海岸堤防の背後地の浸水域が砂浜幅により異なると考え、これによる便益を考慮する。高潮の潮位発生確率は、河合ら⁹⁾と比屋定ら¹⁰⁾によって得られた天文潮位と潮位偏差の潮位毎の確率分布を用いて、これらを掛け合わせることで算定する。また、越波量については、合田¹¹⁾の不規則波の越波流量式を、越流量については本間¹²⁾の完全越流および潜り越流の式を用いて算定する。治水経済調査マニュアル (案) に従って、防災価値が生じる範囲の潮位について 0.1 m 毎の年平均期待被害額および砂浜の防災便益の算定を行う。

養浜の効果、すなわち、養浜による砂浜幅の増加量についても、Bruun 則と同じ考え方で算定する¹³⁾。汀線付近の断面地形には底質粒径と波浪条件から決定される平衡断面地形が存在すると仮定し、養浜による土砂の増加を考慮すると、その増加分に応じて汀線後退量が減少することになる。単位養浜量あたりの養浜費用については、日本全国の多様な海岸を対象に養浜費用の調査を行った西ら¹⁴⁾の結果を参考に 6,000 円/m³で与えることとした。

養浜による砂浜増加分を算定してこれを各便益で考慮し、養浜費用と比較することで費用便益分析を行う。また、これと 2 (2) で得られた利用価値とを比較する。

3. 研究結果

(1) モバイル空間統計を用いた砂浜人口動態の解析

図-2 に、時間出現人数の居住都道府県別の月平均値を例示する。今回入手可能であったデータ期間は Covid-19 の影響期間であることから、全国の Covid-19 感染者数の第 1~7 波のピーク⁶⁾を▽で示している。4 回行われた緊急事態

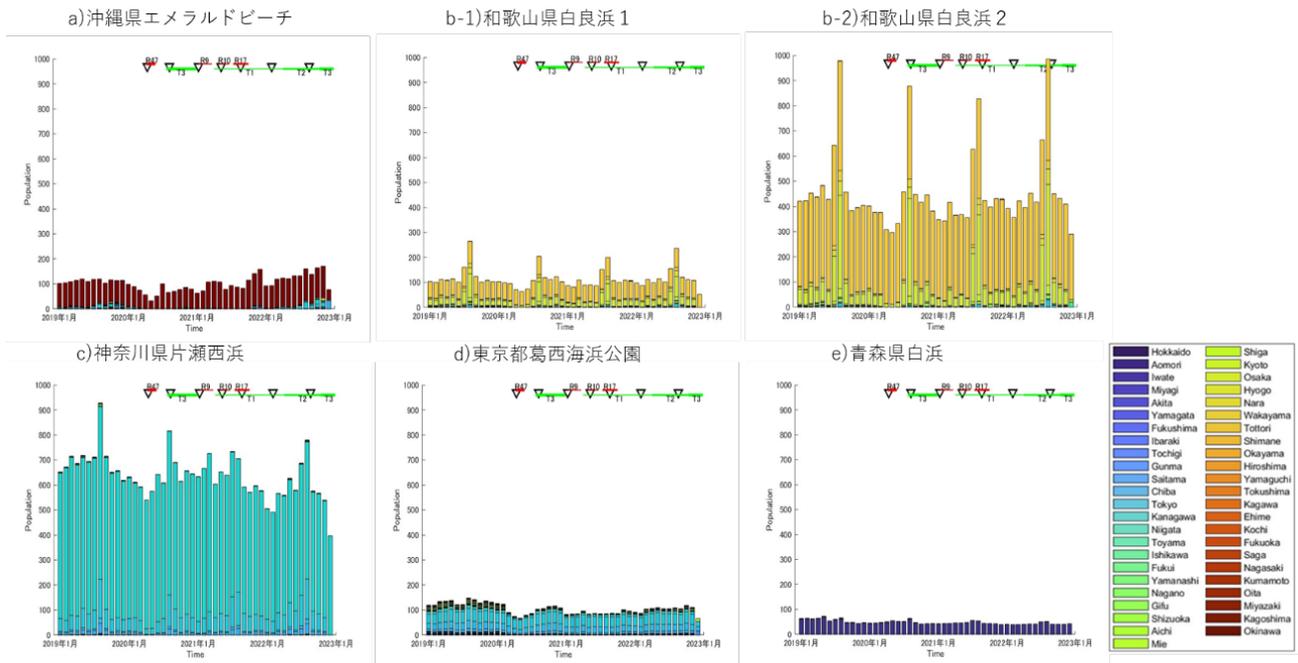


図-2 時間出現人数の居住都道府県別月平均値 (▽：全国の Covid-19 感染者数ピーク, 赤線(R)：自粛要請期間・数字は要請対象都道府県数, 緑線(T)：旅行支援期間・数字は対象都道府県数)

宣言の発出期間は図上部の赤色の横線で示しており、2020年4月から5月に全国47都道府県で(R47)、2021年1月から3月まで9都道府県で(R9)、5月から6月まで10都道府県で(R10)、7月から9月まで17都道府県で(R17)発令された⁷⁾。全国旅行支援などの期間は図上部の緑色の横線として示しており、2020年7月から12月に全国旅行支援(T3)が、2021年4月から2022年3月まで地域観光事業支援(T1)が、2022年4月から10月まで地域ブロック内の旅行支援(T2)が、10月から12月まで再び全国旅行支援(T3)が実施された¹⁵⁾。

全国の対象海岸における砂浜メッシュの出現人口の月平均値の経時変化(図-2参照)における、線形トレンド、変動、居住地の特徴について述べる。線形トレンドについては、出現人口をその期間平均値で除して正規化し、これの線形トレンドが年あたり5%未満の変化であるとき期間を通して変化が小さい(タイプ T-1)、5%以上の増加のとき増加傾向(同 T-2)、5%以上の減少のとき減少傾向(同 T-3)とした。増加(T-2)と判断される地域は多くなく、Covid-19もしくは他の要因により減少(T-3)している地域が多い。変動に着目すると、期間を通じて変動が小さい(同 F-1)、7~8月頃にスパイク状に増加する(同 F-2)、春から夏にかけて増加する(同 F-3)、Covid-19の影響が大きい(同 F-4)、といった特徴が認められる。

砂浜出現人口の居住都道府県別月平均値の経時変化の特徴については、期間を通して所属自治体の居住者が多い(タイプ A-1)、同じ地方区分の居住者が多い(同 A-2)、異なる地方区分の居住者も出現(同 A-3)といった特徴が

認められる。多くの地域の居住者が出現する(遠方からの集客が見込める地域の)メッシュ(例えば、図4(b-2))においては、出現数が小さいメッシュで個人情報保護の観点からデータ欠損が生じやすいことに留意する必要がある¹⁵⁾。

次に、砂浜価値評価の対象とする沖縄県の5砂浜(エメラルドビーチ、万座ビーチ、リザンシーパークビーチ、サンマリーナビーチ、ムーンビーチ、ルネッサンスビーチ)の利用状況の特徴を述べる。ここでは、宿泊利用の可能性が高い県外からの宿泊者のみを対象とする。

いずれの海岸においても、Covid-19の影響期間を除けば、夏季に出現人口が増加する傾向にあった。Covid-19感染者拡大前の2019年の平均時間出現人数(沖縄県外居住者)は、エメラルドビーチ、万座ビーチ、リザンシーパークビーチ、サンマリーナビーチ、ならびにムーンビーチにおいて、それぞれ15.74人、11.02人、32.52人、55.48人、86.82人であった。これは一時間あたりの平均出現人数であるが、同一人物が複数時間にわたって重複してカウントされている可能性を考慮し、これを1日の砂浜訪問目的による宿泊者数とみなすこととした。よって、この年間延べ宿泊者数はそれぞれ5748人/年、4023人/年、11871人/年、20251人/年、31689人/年と推定され、5砂浜の年間延べ宿泊者数は合計約7.4万人である。沖縄県の砂浜のごく一部を対象としたもので、外国人については推定の対象外となっていることなども考慮すると、沖縄県全体の砂浜訪問者数としては過小評価となってしまう可能性が高いことに留意する必要がある。

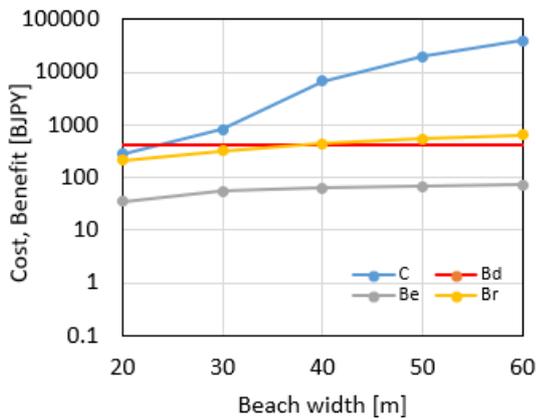


図3 沖縄県における砂浜消失への適応策（養浜）の費用便益分析結果

(2) 沖縄県の砂浜における既存手法とヘドニック法による利用価値推計結果の比較

図3に、沖縄県における砂浜消失への適応策（養浜）の費用便益分析結果を示す。維持する砂浜幅により、養浜コストが増加するとともに、防災・環境・利用の各便益が増加する。例えば、20mの砂浜幅を維持する場合には、養浜コストは2758億円、防災便益は4250億円、環境便益は541億円、利用価値は3237億円となり、この場合には便益の合計値がコストを大きく上回る。30mの砂浜幅を維持する場合には、養浜コストは8083億円、防災便益は4250億円、環境便益は345億円、利用便益は2111億円となり、この場合には便益の合計値 B がコスト C を若干下回る。前述のように、この評価手法においては様々な要素が考慮されていないことに留意が必要であるが、砂浜幅約30mで $B/C=1$ となる。

次に、本研究で開発したヘドニック法による手法を用いて砂浜の利用価値を推計する。ビーチフロントに立地しない3つ星ホテル49件の平均宿泊価格は、1040 (USドル/泊)であった。宿泊価格データは2名1室利用で入手されているので、1人あたりの宿泊価格は520 (USドル/泊)である。2 (1)より、 $0.13 < e^{\beta} - 1 < 0.28$ であるから、ビーチフロントのホテルに宿泊することに対する1人あたりの支払意志額は式(1)より68~147 (USドル/週)と算定される。よって、150円/USドルで換算すると、1450~3120円/人/日となる。これに3.2で得られた沖縄県の5砂浜で推定された年間延べ宿泊者数約7.4万人を掛け合わせると、約1.1~2.3億円/年と算定される。社会的割引率4%を考慮すると、100年間で27~59億円の便益が推計され、5砂浜のみの延べ宿泊者数を考えただけでも比較的大きい経済効果が得られた。

今回は沖縄県のホテルの平均宿泊価格と5砂浜の合計延べ宿泊者数を用いて推計したが、平均宿泊価格は様々な社会的要因により変化することから、今後手法についての更なる

検討を要する。また、砂浜の利用価値としては宿泊以外にも多くの要素があげられることから、今後これらの実用的な推定手法を開発する必要がある。

4. まとめ

本研究では、日本の沿岸全域の砂浜周辺のホテルについて、宿泊価格にヘドニック法を適用し地理的加重回帰 (GWR) を行うことで、ビーチフロントの立地が与える限界効果の地理的変動を測定し、日本におけるホテルの立地を用いた砂浜の価値評価手法の開発を試みた。また、モバイル空間統計を用いた全国の砂浜における人口動態解析により全国の砂浜利用の実態把握を行った。開発した手法を用いて宿泊における砂浜価値の推計を行い、既存手法の推計値と比較した。

ヘドニック法の適用において、タイ国内の砂浜を解析対象とした例では、ビーチフロントの立地が有意に正の影響を与える地域はタイの沿岸に広く分布したのに対し、日本国内の砂浜を解析対象とした本研究では、砂浜への近接性を表す説明変数の回帰係数が統計的に有意な地域は沖縄県とその周辺地域に限られた。これらの地域では砂浜への近接性が平均宿泊価格をおよそ13~28%引き上げられる可能性が示された。

全国の砂浜利用の実態を把握するため、2019~2022年の4年間の1時間毎のモバイル空間統計を用いて全国の砂浜における人口動態を解析したところ、その変動に及ぼす季節やCovid-19の影響、出現人口の属性などに地域性が認められた。砂浜価値評価の対象とする沖縄県の5砂浜において、Covid-19感染者拡大前の沖縄県外居住者の平均時間出現人数の解析を行ったところ、夏季に出現人口が増加する傾向にあり、その平均時間出現人数は、それぞれ15.74人、11.02人、32.52人、55.48人、86.82人であった。5砂浜における年間延べ宿泊者数は合計約7.4万人と算定された。

ビーチフロントのホテルに宿泊することに対する1人あたりの支払意志額は68~147 (USドル/週)と算定され、沖縄県の5砂浜では、約1.1~2.3億円/年 (150円/USドルで換算)、100年間で27~59億円の利用価値が推計された。なお、既存の手法を用いて沖縄県における砂浜消失への適応策（養浜）の費用便益分析を行ったところ、砂浜幅約30mを維持するときのトラベルコスト法による利用便益は2111億円と推計され、上記の利用便益は5砂浜のみの延べ宿泊者数を考えた場合の便益であるにもかかわらず、比較的大きい経済効果が得られた。

以上のように、砂浜価値モデル構築にあたっては多くの課題が残されているものの、宿泊における利用便益を考慮することで全国の砂浜価値をより現実的に評価できる可能性があることを示した。防災・環境・利用のバランスの取れた海岸管理を実現していくためにも、今後更なる研究の発展が期待される。

謝辞

本研究は、国土技術研究センター研究開発助成（第 22003 号）の助成を受けて行われた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Rigall-I-Torrent, R., Fluvia, M., Ballester, R., Salo, A., Ariza, E., and Espinet, J.: The effects of beach characteristics and location with respect to hotel prices, *Tourism Management*, 32, 1150–1158, 2011.
- 2) Somphong, C., Udo, K., Ritphring, S., and Shirakawa, H.: An estimate of the value of the beachfront with respect to the hotel room rates in Thailand, *Ocean and Coastal Management* 226, 10627, 2022.
- 3) 環境省, 「快水浴場百選」, <https://water-pub.env.go.jp/water-pub/mizu-site/suiyoku2006/>, 2006.
- 4) esri ジャパン「標準地域メッシュ検索アプリ」, <https://www.arcgis.com/apps/instant/lookup/index.html?appid=ec8abf80f76c4417b01561e303ed2d32>
- 5) 寺田雅之, 川上博, 岡島一郎, 篠崎俊哉, 坂下昭宏: モバイル空間統計の実用化に向けた取り組み, *デジタルプラクティス*, Vol. 6, No.1, pp.35-42, 2015.
- 6) 厚生労働省「データからわかる—新型コロナウイルス感染症情報—」, *新規陽性者数の推移（日別）*, <https://covid19.mhlw.go.jp/extensions/public/index.html>.
- 7) 内閣官房, 「基本的対処方針に基づく対応」, <https://corona.go.jp/emergency/>.
- 8) 吉田 惇, 有働 恵子, 河野 達仁, 真野 明: 海面上昇に伴う砂浜侵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)*, 70(2), I_1386-I_1390, 2014.
- 9) 河合弘泰, 藤咲秀可, 鈴木康正: 潮位の発生確率分布と防波堤の安定性について, *海洋開発論文集*, Vol. 12, pp.261-266, 1996.
- 10) 比屋定弘康, 大久保沙貴, 高佐重夫, 小橋川豊, 遠峯勉, 西村文男, 大門秀志, 板垣真資, 福田美奈, 坂地忠, 田口幸輝, 江上浩樹, 鈴木博樹, 野崎太: 歴史的潮位データの作成及び高潮の再評価. *測候時報*, 78, 特別号, S1~S32, 2011.
- 11) 合田良実: 浅海域における波浪の碎波変形, *港湾技術研究所報告*, 第 14 巻, 第 3 号, pp.59-106, 1975.
- 12) 本間仁: 低溢流堰堤の流量係数 (第二編), *土木学会誌*, 第 26 巻, 第 9 号, pp. 849-862, 1940.
- 13) Astrid, F., (2010): Influence of climate change on beach nourishment and the seawall design at the Gold Coast, Australia, *Bergische University, Diploma thesis. No. 42551.*
- 14) 西隆一郎・Robert G. Dean・田中龍児: わが国の養浜規模と養浜材単価に関する一考察, *海洋開発論文集*, 第 21 巻, 355-360, 2005.
- 15) 真子和也: Go To トラベル事業の経緯と論点: 令和 3(2021)年度末の状況, 調査と情報—Issue brief—, No. 1193, pp.1-13, 2022.