

千葉県鴨川市海づくり会議での地域資料と数値計算の 統合化による海浜環境変化の検討

清野 聡子* ・宇多 高明** ・高橋 功***
芹沢 真澄**** ・星上 幸良***** ・内木場 俊*****

南房総の東条・前原海岸では、海岸南部に離岸堤と防波堤が建設された結果、波浪場が変化し、波の遮蔽域外から遮蔽域内への沿岸漂砂移動が生じた。これにより海岸南部では 1983~2003 年で最大 160 m 汀線が前進し、中央部では 20 m 後退した。鴨川市では「海づくり会議」を開催し、これらを多くの人々に公開しつつ、海岸の防護・環境・利用を同時に達成する手法について議論を進めている。海浜変形状況は空中写真や深淺図から明らかにされ、古写真を用いた過去の復元を行うとともに、等深線変化モデルによりそれらの再現を行った。この結果、海浜変形予測と合意形成に等深線変化モデルが有効な手段となることが明らかになった。

1. はじめに

千葉県では、海岸保全基本計画に基づき地域性を尊重して総合的な海岸計画を行う「海づくり会議」を開催し、施設計画に反映させている。房総半島南部、太平洋に面した鴨川市の東条・広場東海岸（以下、東条海岸）および前原横渚海岸（以下、前原海岸）は、従来は安定な汀線を有していたが、海岸南部で 1982 年頃集中的に発生した侵食への対策としての離岸堤の建設と、漁業の安全操業のための防波堤の建設後、北部海浜では汀線後退が著しくなった（宇多ら, 2001; 宇多, 2004）。

筆者ら（清野ら, 2002）は、「海づくり会議」の原型となる合意形成会議を同じ南房総の白渚海岸で進めてきたが、その経験をもとに鴨川市の海づくり会議に携わることになり、海岸・漁港管理者・市民が協同してこの問題の解決に着手し、開かれた合意形成会議の場で問題解決を図りつつある。その場合、海岸の物理・生物環境の詳細な把握が必要とされるため、古写真の収集、空中写真や深淺図の分析を行った。さらに公開の場での議論では、計画の信頼性を高める上で過去の海浜地形変化の定量的再現が重要なので、等深線変化モデルを適用して定量的検討を行った。合意形成会議は現在も進行中なので詳細は別の機会に譲り、ここでは主に古写真による海岸の復元（清野ら, 2003）と、海浜変形について述べる。

2. 空中写真による海岸の変遷調査

東条・前原海岸は、図-1 に示すように房総半島南部に位置し、太平洋に面した鴨川湾内にある延長約 3.7 km のポケットビーチである。まずこの海岸の大局的变化を調べるために、1947~2003 年の空中写真を用いて、海岸線や構造物、後背地の土地利用等の変遷を調べた。

1947 年には、写真-1(a) に示すように両端を岬に囲まれたポケットビーチとして約 3.7 km の砂浜が連続的に延びており、当時は沿岸全域で概ね 100 m 程度の砂浜幅があった。またこの当時海岸には沿岸漂砂の移動に大きな影響をもたらすような施設は存在していなかった。両端の岬が大きく突出する閉じた漂砂の系を有することから、東条・前原海岸は長らく安定した砂浜を有していた。

1967 年には、写真-1(b) のようにポケットビーチのほぼ中央部で保安林の造成が進むとともに、国道や宅地等が海側に拡大した結果、砂浜幅が狭まった。一方、1983 年までには写真-1(c) のように、鴨川漁港防波堤が延伸され、海岸西部の前原海岸の海浜幅が狭まっている。1995 年までには、写真-1(d) のように前原海岸沖に 2 基の離岸堤が建設されると同時に、鴨川漁港の防波堤も延伸された。離岸堤背後にはトンボロが形成されたが、同時に海岸中央部では汀線の後退が生じた。2003 年には写真-1(e) のように鴨川漁港の防波堤延伸と区域の拡大がなされ、波の遮蔽域形成により漁港端部ではさらに堆砂が進み、これと対照的に中央部では汀線の後退が生じた。

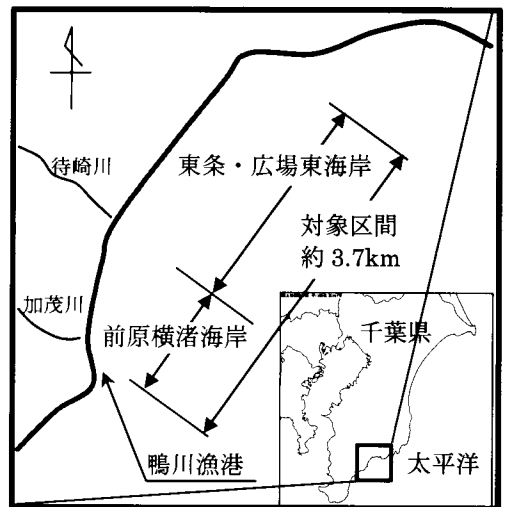


図-1 対象海岸位置図

* 正会員 工博 東京大学助手 大学院総合文化研究科広域システム科学科

** 正会員 工博 (財)土木研究センター審議役 なぎさ総合研究室長

*** 正会員 (財)土木研究センター研究開発一部

**** 正会員 海岸研究室(有)

***** 正会員 国際航業(株) 海洋エンジニアリング部

以上のように、鴨川シーワールドの立地する東条海岸の中央部で広く薄く汀線が後退し、そこから侵食された土砂が沿岸漂砂によって南向きに運ばれ、前原海岸の離岸堤と漁港防波堤の周辺部で汀線が前進した。後述する図-3によれば、汀線の最大前進・後退量はそれぞれ160 m・20 mであり、ポケットビーチにおける波の遮蔽構造物建設に伴う典型的な地形変化(宇多, 2004)が起きたことが分かる。

3. 現地古写真による過去の海岸状況の復元

過去の海浜状況を復元し、それをもとに目標水準を定める際には、過去の現地状況についての十分な理解が必要である。一般にこのような検討においては、定量的なデータのみが優先されることが多い。しかしながら古い時代になればなるほど定量的データは不足するのが一般であり、その場合には、過去の海岸状況に関する理解が不十分なまま目標設定が行われ、わずかに存在する定量

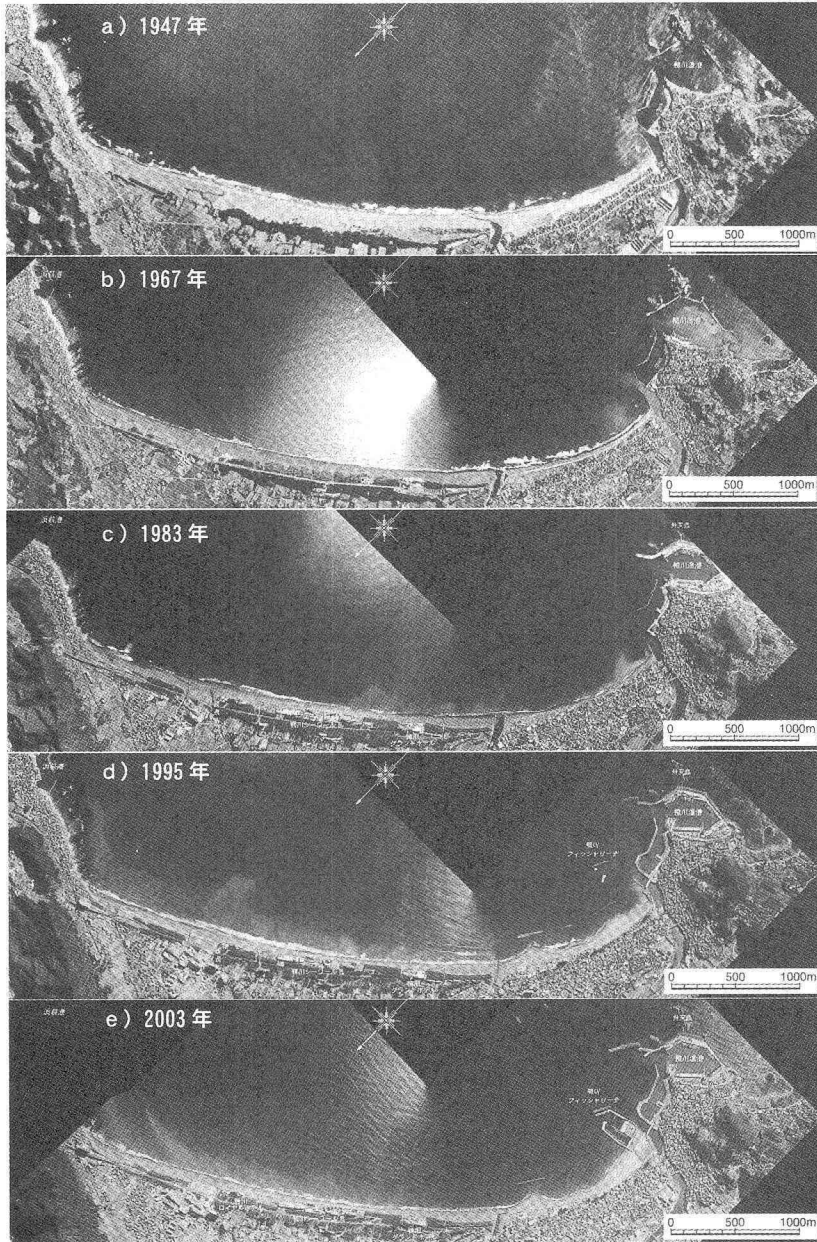


写真-1 空中写真による鴨川沿岸の変遷

データを優先した判断がなされるために、真の姿との乖離が大きくなる恐れが大きい。このことから本研究では、清野ら (2003) で進めているのと同様に、古写真を収集し、それらを多くの住民に提示して様々な証言を得ながら海岸の過去の復元を行い、復元水準について議論した。

例えば、写真-2 は侵食以前の前原海岸の海水浴シーゾンの風景であり、当時背後地から護岸などを横切ることなしに汀線へ接近でき、また緩勾配の海浜が広がっていたことが見て取れる。同様に、写真-3 は、前原海岸の広い砂浜上でのカジメの天日干しの風景である。両者とも 1950 年代の写真であり、写真-1(a) に示した時期の海岸状況をよく表している。当時緩勾配の砂浜が広がっていたことが明らかであり、多くの住民が復活を望んでいる海浜がこのような特徴を持ったものであることが分かる。

写真-4 は東条海岸で海岸構造物が建設される以前の砂浜状況である。写真の左側には、現在の国道 128 号線が既に建設されている。写真によればこの道路より右側の土地は従来天然海浜であったが、そこで次第に開発が進んでいったのである。このことは汀線と陸域との緩衝帯を狭め、侵食や波浪災害に対する抵抗力を弱める結果に繋がった。

4. 等深線変化モデルによる海浜変形の再現

海岸構造物の建設に伴う海浜変形過程を物理的に明らかにし、今後の方策検討と合意形成会議での理解を進めるために等深線変化モデルによる計算を行った。

(1) 波浪場の計算

波浪変形計算には、磯部 (1986) の放物型モデルを用いた。入射波にはエネルギー平均波 $H=1.5\text{ m}$ 、 $T=8.1\text{ s}$ を卓越方向の SE から入射させた。不規則波の計算では、方向集中度パラメータ $S_{\max}$ を 25、周波数分割数を 5、波向分割数を 9 とし、全体で 45 成分波の不規則波として計算した。

鴨川湾では、漁船の大型化に対応するための漁港の拡張と、漁船とプレジャーボートとの共存を図るためフィッシャリーナの建設が行われた。また前原海岸では侵食対策として離岸堤が建設された。そこで漁港の拡張やフィッシャリーナ、離岸堤など構造物が存在しなかった時期と、これらの施設の建設が行われた後の波浪場の計算を行い、両者の比較を行った。

図-2 は漁港周辺での波高分布を示す。鴨川湾では、天然状態にあっても SE 方向からの入射波に対し、南部の弁天島など波の遮蔽効果を発揮しており、そのため鴨川漁港はその遮蔽域に立地したのであるが、新たな施設の建設によって海岸南端部付近で構造物背後の波浪の静穏度が増加している。とくに波高の低下は離岸堤背後、鴨

川漁港の前原防波堤、および沖合の漁港防波堤の遮蔽域で急激に起きている。

(2) 海浜変形の再現計算

人工構造物の影響 (漁港の拡張・離岸堤の建設の有無) を調べるため、1980 年代の漁港の拡張・フィッシャリーナおよび離岸堤が存在しない条件を比較の基準として座標系を定め、その座標系に乗る展開座標 (宇多ら, 1998) を考え、漁港の拡張・フィッシャリーナおよび離岸堤の設置で変化の生じた波高と波向の差の沿岸方向分布を与えて計算を行った。具体的には汀線に沿って引き伸ばした直角座標を考え、そこに一定勾配 (1/50) の海浜縦断形を考えて 2003 年までの変化を再現した。

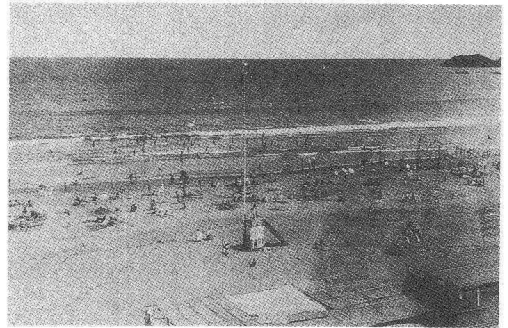


写真-2 前原海岸での海水浴風景 (1950 年代)

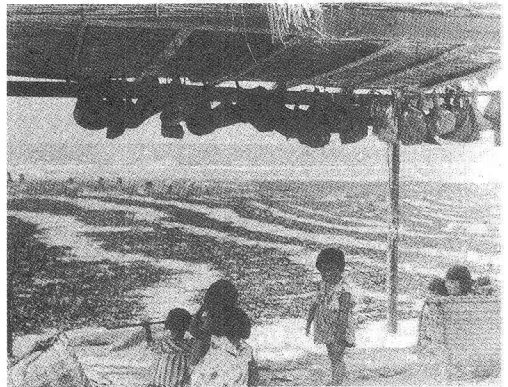


写真-3 前原海岸でのカジメ干し風景 (1950 年代)

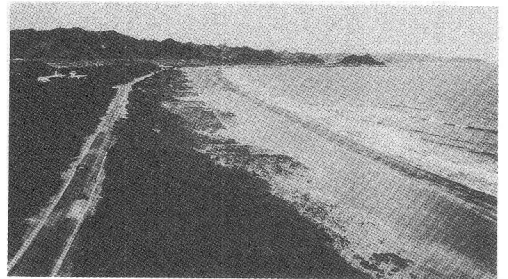


写真-4 東条海岸の自然海浜状況 (1950 年代)

数値計算にはスタaggerドメッシュを用いた陽形式の差分法を用いた。さらに離岸堤背後およびフィッシャリーナ遮蔽域の地形変化の限界水深 h_c 、バーム高 h_R の計算には波高の低減率（屈折・回折係数）に比例させて低減した。浜崖の形成や波による地形変化の限界水深は深への重力による土砂の落ち込みの処理法、および構造物周辺の境界処理法は芹沢ら（2002）に従った。これにより20年前から現在（2003年）までの地形変化の比較を行った。図-3の汀線変化量図には、実測汀線に対して等深線変化モデルで計算した汀線の予測結果を示した。これによれば、実測の離岸堤背後での舌状砂州の形成は実用レベルで十分な精度で再現されている。図-4は、離岸堤と防波堤周辺域における実測深浅図と計算深浅図である。両図とも、防波堤と離岸堤背後の遮蔽域では1~3

mの等深線が大きく前進しており、沖に張り出した舌状砂州の等深線形状の特徴がよく再現されている。図-5は海浜面積の実測値と計算値の経時変化を示す。侵食域と堆積域の面積変化は時系列的に見ても再現性がよいことが明らかである。なお、堆積面積が侵食面積に比べて大きい理由としては、防波堤や離岸堤の遮蔽域では波高が小さく、相対的に移動高が小さくなっているためと考えられ、計算ではこの点も考慮されている。

以上のように、等深線変化モデルによる計算によって空間的にも時間的にもほぼ妥当な再現計算が可能になった。

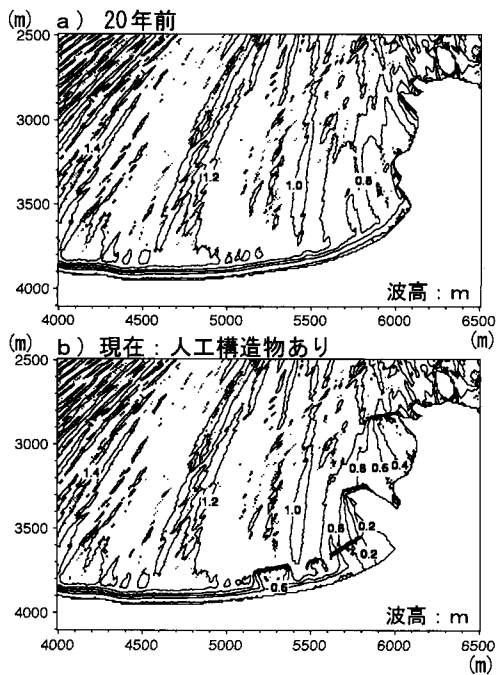


図-2 漁港周辺での波高分布の変化

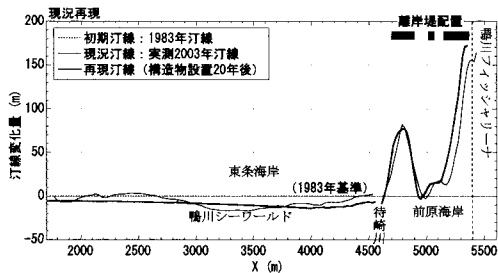


図-3 海浜変形の再現計算結果

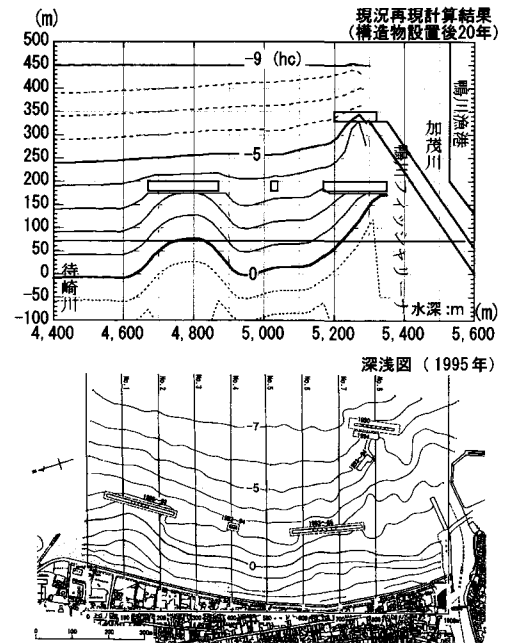


図-4 等深線変化モデルによる再現計算結果と検証に用いた深浅図

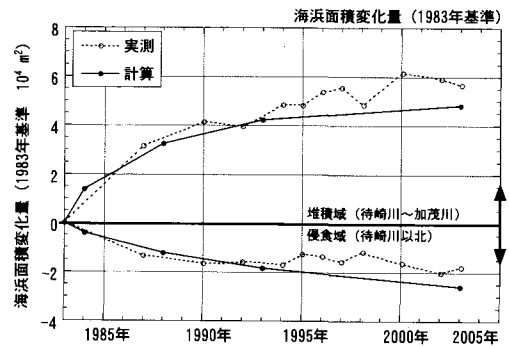


図-5 海浜面積の変化の再現計算

5. 考 察

東条・前原海岸南部での離岸堤と防波堤の建設による波浪場の変化に起因して侵食・堆積現象が起きたことを空中写真や深淺図から明らかにした。またその上で等深線変化モデルによりそれらの再現を行った。「海づくり会議」ではこれらを多くの人々に公開し、防護(越波)、環境(砂浜・生態系)、利用(漁港の安全度向上、漁場・海水浴・サーフィン等の永続的利用)を同時に達成する手法について議論を進めている。このような議論において、複雑に構造物が設置された条件での定量的海浜変形予測に、等深線変化モデルが有効な手段となることが明らかになった。とくに、検討対象の海岸を熟知する市民の前での技術検討には、再現性や予測精度への評価が厳しいが、それを可能とした結果、科学的データにもとづく理性的な議論が可能となった。従来、実際の現象の再現性が必ずしも高くなくても、行政側が科学的に高度な予測計算を行っていることのみをもって住民に対し計画案が優れたものであるとし、それをもとに住民を説得する方法がしばしば用いられてきている。この点は、そこに長く住み、実現象を観察してきた住民と、専門家との意見対立のもとになることが多いが、本研究では科学的な精度はもちろん、住民の直観的観察の結果とも一致する結果を示したことから、合意形成においての理解促進に繋がった。

本研究で進めている住民参加方式の全体のフローは図-6のようにまとめられる。事業の計画から実施に至る段階は左右に示すフローが考えられる。右のフローは従来型手法である。資料分析から現象解明を経て将来予測を行い、対策案の決定に持ち込むものであり、最終段階に至って初めて住民に案が示される。説明が一方的であるために、住民の理解が得られず、反発を招くことが多い方式である。それに対して左側(右の項目とのinteraction含む)が本研究の方式である。物事の流れを全て公開で進めるだけでなく、住民の参加も得ながら進める方式であることに特徴がある。その詳細についてはまた別の機会に報告する予定であるが、このような方式は各地で起きている問題の解決に役立つと考えている。

謝辞: 本研究に際し、鴨川市、千葉県河川環境課・漁港課、鴨川整備事務所、南部漁港事務所には会議開催や内容検討に多大なるご尽力をいただいた。ここに記して

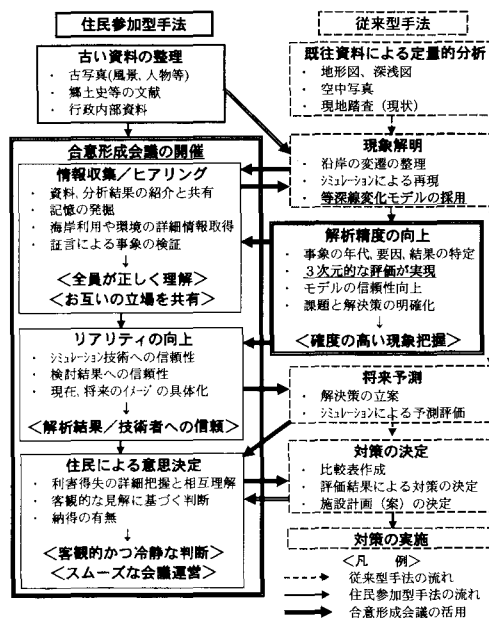


図-6 住民参加型手法を取り入れた海岸保全フロー

感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 磯部雅彦 (1986): 放物型方程式を用いた不規則波の回折・屈折・碎波変形の計算法, 第33回海岸工学講演会論文集, pp. 134-138.
- 宇多高明 (1997): 「日本の海岸侵食」, 山海堂, p. 442.
- 宇多高明 (2004): 「海岸侵食の実態と対応策」, 山海堂, p. 304.
- 宇多高明・石川仁恵・清野聡子・渡辺宗介・芹沢真澄・三波敏郎 (2001): ポケットビーチの端部付近での離岸堤建設に起因する海浜変形: 千葉県鴨川市東条・前原海岸の事例, 地形, 第22巻, pp. 217-226.
- 宇多高明・河野茂樹 (1996): 海浜変形予測のための等深線変化モデルの開発, 土木学会論文集, No. 539/II-35, pp. 121-139.
- 宇多高明・住谷勉夫・矢澤 肇・大谷靖郎・厚坂祐次 (1998): 展開座標を用いた汀線変化モデルによる親沢鼻砂嘴の地形変化予測, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 541-545.
- 清野聡子・足利由紀子・安部元子・宇多高明 (2003): 大分県中津干潟における海岸の変遷—写真資料に基づく解析—, 海洋開発論文集, 第19巻, pp. 261-266.
- 清野聡子・宇多高明・星上幸良・芹沢真澄・古池 鋼 (2002): 海岸防護・環境・利用の調整のためのゾーニング手法の限界と「ポイントイング」手法の提案, 海岸工学論文集, 第49巻, pp. 1451-1455.
- 芹沢真澄・宇多高明・三波俊郎・古池 鋼・熊田貴之 (2002): 海浜縦断形の安定化機構を組み込んだ等深線変化モデル, 海岸工学論文集, 第49巻, pp. 496-500.