

# 限られた現地海岸データから海浜変形要因について検討する手法 -片瀬東浜、小動岬および七里ヶ浜を例として-

A method to consider causes of beach changes from limited field data  
- the example of Katase-higashi beach, Koyurugi Point and Shichiriga-hama beach-

宇多高明\*・三波俊郎\*\*・芹沢真澄\*\*\*・古池 鋼\*\*

Takaaki Uda, Toshiro San-nami, Masumi Serizawa and Kou Furuike

A method to consider the causes of beach changes from the limited field data is introduced by taking the Katase-higashi and Shichiriga-hama beaches in Kanagawa Prefecture as the examples. Aerial photographs were read and shoreline changes were studied. Sounding maps taken in different years were compared. Field observation was carried out to investigate present shoreline situation. Based on these limited field data, it is found that seasonal, cyclic beach changes are dominating on the Shichiriga-hama beach, and net sand loss is caused by wind blown sand.

**Key words :** beach changes, beach erosion, wind blown sand.

## 1. まえがき

一般に、海岸部に各種構造物が計画される場合、構造物の建設が周辺海岸に及ぼす影響について予め十分予測することが求められる。こうした場合、一般には各種数値シミュレーションが用いられるが、多くの現地海岸では計算結果を検証すべき現地データが不足し、このため結果の妥当性検討において困難に直面することもある。当該海岸で現地観測を行う方法も考えられるが、比較的短期間に集中的に行われる観測の結果が、その海浜の形成や地形変化を説明する上で十分な資料となるかについては疑問が残される。とくに、計画対象海岸が比較的安定で、著しい海浜変形が過去に見られない海岸において、新たに構造物の設計を行う場合、観測を行っても有意な地形変化は見られないから、検証データとして不十分になる恐れが大きい。このことから、現地データが不十分な海岸ではわずかな検証データにより計算の妥当性を検討することになるが、計算の緻密さに対して現地データが粗であることから、両者のバランスが失われ、予測の妥当性が不明となることがある。ここでは、少ない現地データからどこまで有効な情報が得られるかについて、湘南海岸東部の片瀬東浜と七里ヶ浜周辺の海岸を具体例として考察する。

## 2. 調査区域の概要

調査区域は、相模湾に面した湘南海岸の、江ノ島とその東約3.8kmに位置する稲村ヶ崎の間の海岸線である。

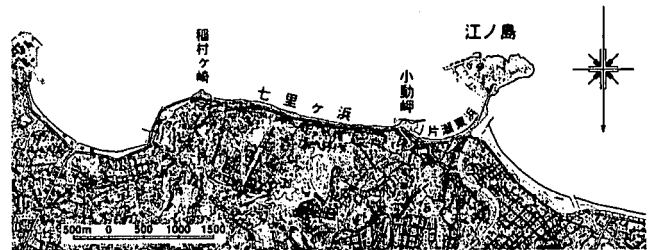


図-1 調査区域 (江ノ島～稲村ヶ崎)

江ノ島の東約1kmには小動(こゆるぎ)岬があり、この岬と稲村ヶ

崎の間には延長約3kmの七里ヶ浜が広がっている。この付近の気象特性として、図-2には江ノ島における1982～1991年の風配図を示す。通年で頻度の高い風向はNEであり、それにSSWおよびSWが続いている。NE方向は頻度が高いものの、5m/s以上の強風の頻度は少ない。しかし、NE方向は調査区域に対しては陸風となるので考慮外である。主な海風であるSSWおよびSWについては、夏季にはSSWの頻度が高く、冬季にはSWの頻度が高くなる特徴がある。

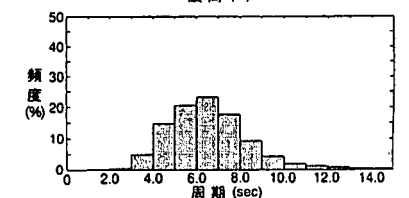
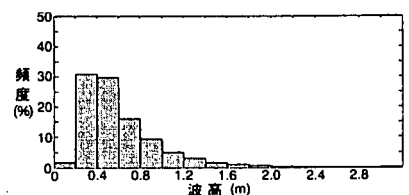


図-3 平塚沖における有義波高・周期の頻度分布

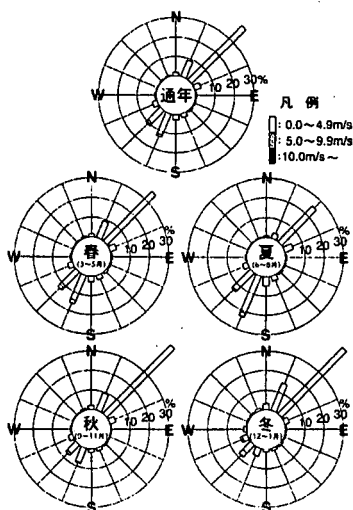


図-2 江ノ島における風配図 (1982～1991年)

図-3には、科学技術庁防災科学技術研究

\* 正会員 建設省土木研究所河川部長 (〒305 茨城県つくば市旭1)  
\*\* 海岸研究室 (有)  
\*\*\* 正会員 海岸研究室 (有)

所による相模川河口の西約1.5kmの海岸沖の水深20m地点での波浪観測結果を示す。1983～1996年の観測データから有義波高・周期をまとめたものである。最多周期は6～7sにあり、また波高は広く分布するが、波高出現確率が10, 20%の高波浪はそれぞれ1.2m、0.8mである。さらに1988～1996年の観測結果による波向別波高発生頻度を示すのが図-4である。最多頻度はSSEで、それにSが次いでいる。

### 3. 空中写真の判読

調査区域では1946年以来1993年までに9回の空中写真撮影が行われてきている。ここではほぼ15年おきに撮影された4組の空中写真を選んで海岸特性の判読を行ってみる。まず、写真-1は1946年2月撮影の空中写真である。写真には江ノ島、小動岬、稲村ヶ崎と、境川、神戸（ごうど）川、行合（ゆきあい）川および音無（おとなし）川などの流入河川の位置を記入してある。

1946年当時、江ノ島背後の舌状砂州は江ノ島との間にわずかな開水路を有しており、また江ノ島背後に流入する境川は河口部で右に大きく蛇行し、舌状砂州の背後から海へ流入していた。この理由は江ノ島背後が静穏であって、そこでは河口砂州の高さが低くなることによる。また河口に西側から砂州が伸びてきている点は、江ノ島周辺での沿岸漂砂の卓越方向が東向きであることを示唆する。現在腰越漁港が立地する小動岬には防波堤などの施設はまだ存在していない。小動岬には全体に波が作用していることから、この当時小動岬の海食崖は全体に侵食されつつあったことがわかる。小動岬の東西の汀線位置を比較すると、七里ヶ浜側の汀線の方が片瀬東浜の東端部の汀線より100m沖に位置している。このことは、少なくとも片瀬東浜から小動岬を越えて東側へ移動する沿岸漂砂は考えにくく、小動岬が七里ヶ浜にとって西側の固定境界であったことを強く示唆する。一方、七里ヶ浜の中央部に流入する行合川および稲村ヶ崎の付け根に流入する音無川とも河口砂州は東側に伸びている。この写真では小動岬の東側隣接区域では汀線がやや凹状となり、また他の場所と比較して前浜幅が狭いが、これと対照的に、東端の稲村ヶ崎の西側隣接域では三角形に岬の先端まで広い前浜が広がっている。以上の点は、少なくともこの空中写真の撮影時までに東向きの沿岸漂砂が発達していたこと、そのために河口砂州の東向きの偏奇が見られたと考えられる。

写真-2には1963年6月撮影の空中写真を示す。調査区域での最も大きな変化は江ノ島で生じた。すなわち、1964年の東京オリンピックのヨットレースのために、湘南港の防波堤が建設され、波の場に大きな変化が現れたことである。写真-1と比較すれば明らかなように、江ノ島の東側に延長600mの防波堤が伸ばされた。この防波堤が江ノ島の波に対する遮蔽効果を著しく向上させたことは、舌状砂州が江ノ島まで伸びてトンボロとなるとともに、境川に架かる片瀬橋の東側端部付近での前浜幅が1946年と比較して30m前進したことからわかる。同時にこの時期までに腰越漁港の防波堤が伸ばされて遮蔽域が形成されたために、その背後の汀線も大きく前進している。片瀬東浜の砂浜面積は1946年に対して $3 \times 10^4 \text{m}^2$ 増加しているが、この土砂は、片瀬西浜側から波の作用で運び込まれたものと考えられる。その理由として、湘南港および腰越漁港の防波堤の延長前には江ノ島と小動岬の間の海岸線はほぼポケットビーチ状となっていたが、そのポケットビーチ間で相対的に静穏度が増した結果、新たな安定汀線となるように汀線が変形したものであって、その場合、小動岬側は岬により沿岸漂砂移動が阻止されているのに対して、江ノ島背後には水路があって沿岸漂砂が通過可能で

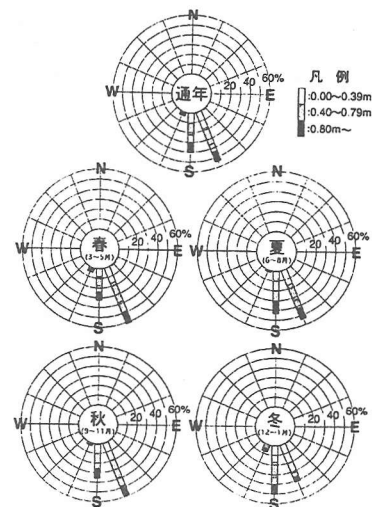


図-4 平塚沖における波向別波高出現頻度

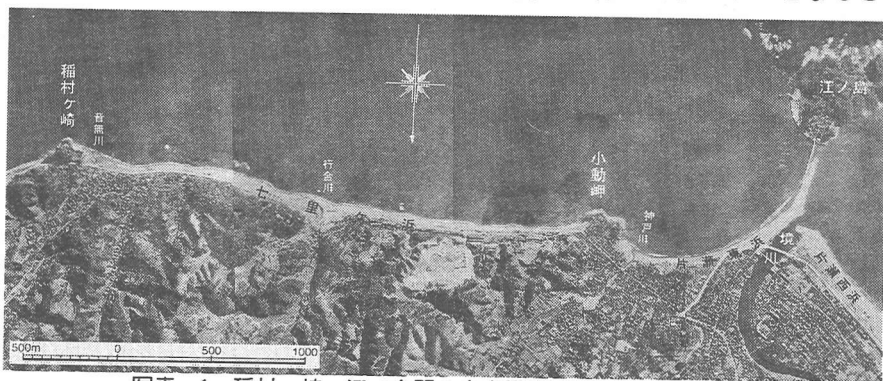


写真-1 稲村ヶ崎～江ノ島間の空中写真（1946年2月撮影）

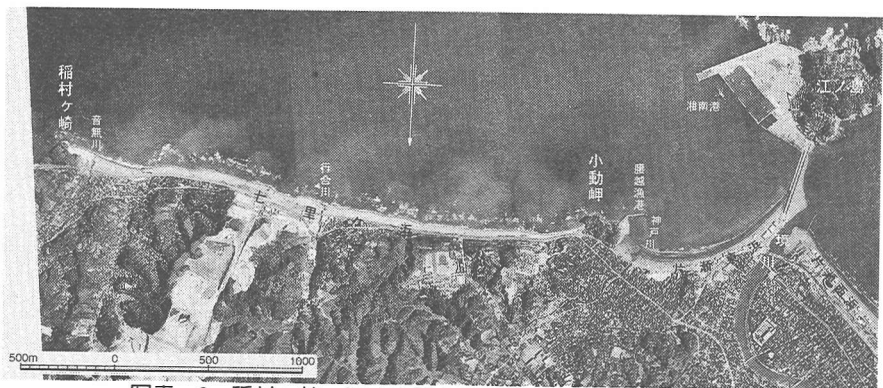


写真-2 稲村ヶ崎～江ノ島間の空中写真（1963年6月撮影）

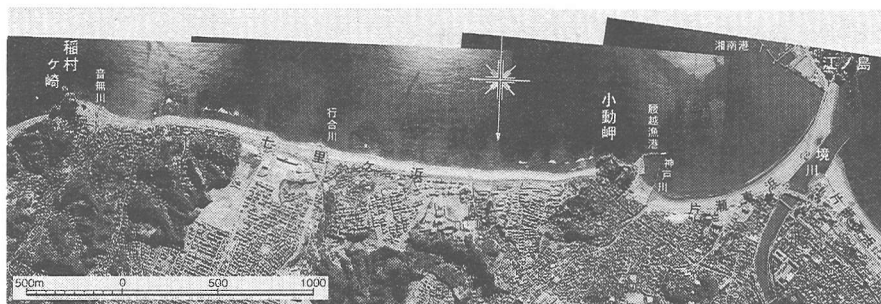


写真-3 稲村ヶ崎～江ノ島間の空中写真（1978年1月撮影）

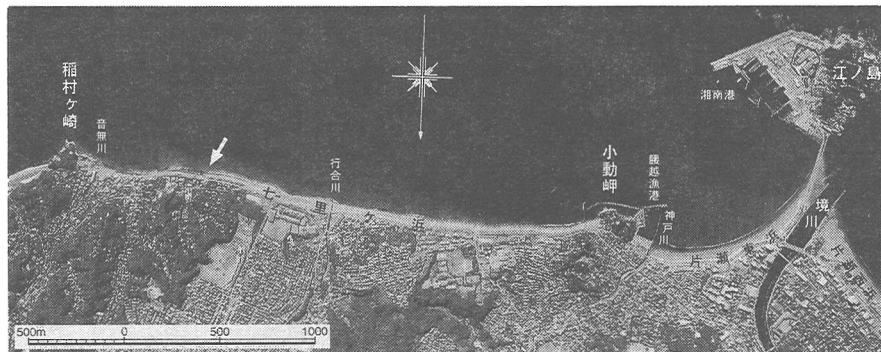


写真-4 稲村ヶ崎～江ノ島間の空中写真（1992年10月撮影）

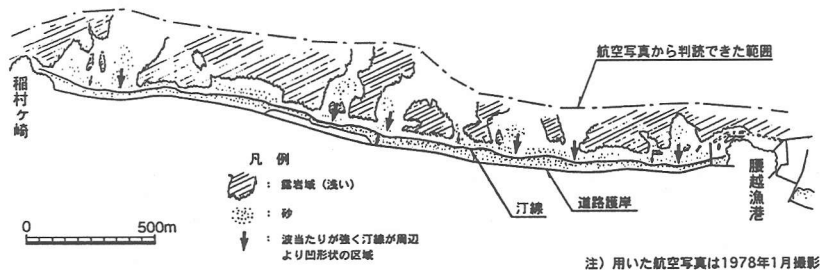


図-5 1978年1月撮影の空中写真から判読した浅海部の海底状況

に対して、写真-3は1月撮影であって、それぞれの撮影時期が夏季と冬季であることから、冬季にはやや東寄りの、夏季にはやや西寄りの入射波条件であったことにより上述の汀線変化が生じたと考えられる。さらに、写真-3では七里ヶ浜の中央部やや東側にある駐車場の護岸前面の砂浜は、沖合の岩礁の影響により護岸の中央部でやや凹状となっているが、汀線は安定している。

写真-4は、1992年10月撮影の空中写真である。この段階ではすでに小動岬の周辺には消波堤の建設が進み、岩礁の外側が消波工によってほぼ囲まれた。しかし、七里ヶ浜海岸全体で見れば著しい汀線の後退は見られない。

そのほか、以上の4枚の空中写真に止まらず、1946～1993年の9回の空中写真による汀線変化比較の結果、七里ヶ浜では岬の端部での変動を除いて長期的には安定していることが分かった。ただし、江ノ島～腰越漁港間では前述のように前浜が拡大している。

#### 4. 深浅図の判読

小動岬の周辺では、1992年12月と1996年12月の2回、深浅測量が行われた。ここではこれら2枚の深浅図の比較を通じて小動岬周辺での海浜変形について調べてみる。測量の基準基準はD.L. 0m (T.P. -0.96m) なので、以下では平均海面基準の水深に変換してある。図-6(a)には1992年12月の深浅図を示す。深浅測量は腰越漁港（小動岬）を中心として行われているため、岬から離れた場所の海浜形状は明らかではない。しかし深浅図からいくつかの特徴を読みとることができる。まず、小動岬の沖合では-7、-8mの等深線が大きく突出している。これは小動岬の沖合に岩礁域が広がっているためである。沖合の岩礁は、小動岬の中心を南北に横切る線に対して、西側では等深線が緩く湾曲し、逆に東側では等深線の屈曲度が大きい。沖合での岩礁の存在と調和して、小動岬の沖合を取り囲むようにして-3mの等深線が伸びている。この等深線は小動岬の沖合で最も突出し、東側では海岸線になだらかに接近する。一方、腰越漁港では港口で途切れたあと、防砂突堤の西側では凹状となっている。そして-3mの等深線の形状は汀線形状と非常に類似している。腰越漁港では港内堆砂が時々生じるが、これは図-2の等深線形状から判断すれば、港口へと西側から沿岸漂砂によって運ばれた砂が港内の静穏域に堆積するものと考えられる。その場合、港口付近の比較的静穏な海域での波による地形変化の限界水深（定義については、宇多、1997参照）はほぼ-4m付近と考えられる。また、-3mの等深線が防波堤によって一度切られたのち、小動岬の沖

あったことによる。以上の地形変化に対して、小動岬以東の七里ヶ浜での汀線には顕著な変化は見られない。また、七里ヶ浜の中央に流入する行合川に隣接するように駐車場の護岸が建設されている。

写真-3は、1978年1月撮影の空中写真である。この段階までには腰越漁港には防砂突堤が建設された。また江ノ島背後では明瞭な形でトンボロが発達した。

七里ヶ浜では海水の透明度が良好なために、浅海域の海底地形が判読される。判読結果を図-5に示す。汀線の沖合には黒っぽく岩礁域が広がっており、その背後ではいずれも汀線がやや凸状となり、舌状砂州が形成されている。これは岩礁域での消波効果がやや高いために、離岸堤と同様な機構で砂が堆積したものと考えられる。これと対照的に、岩礁間では汀線が凹状になっている。

そのほか写真-3が写真-2と大きく異なる点は、写真-2では小動岬の東側隣接部では汀線が凹状に、そして稲村ヶ崎の西側隣接部で突出傾向にあったのが、写真-3では特性が逆転したことである。写真-2は6月に撮影されたの

合で再び突出していることから、腰越漁港は七里ヶ浜に対して固定境界を与えていると判断される。

小動岬の東側の等深線形状に着目すると、ほぼ-6m付近までの等深線が汀線とほぼ平行にかつ沿岸方向になだらかに伸びている。また-2m付近には沿岸砂州または岩礁の浅瀬がある。

図-6(b)は、1996年12月の深浅図である。(a)と比較して測量範囲が東側に約300m移動したために、深浅図は完全な重複は示さないで、小動岬の東側の七里ヶ浜を中心として深浅図の比較を行う。深浅図を比較すると、汀線近傍の等深線形状には大きな変化はないが、-3~-6mの等深線は小動岬のすぐ東側でいずれも前進傾向にある。岬の周辺には岩礁があるため、測量の誤差は入り易いが、2枚の深浅図ともに、-6m以浅の等深線は沿岸方向になだらかに、かつ汀線と比較的平行に伸びていたことを考慮すると、波による地形変化の限界水深はほぼ-6m付近にあると推定される。

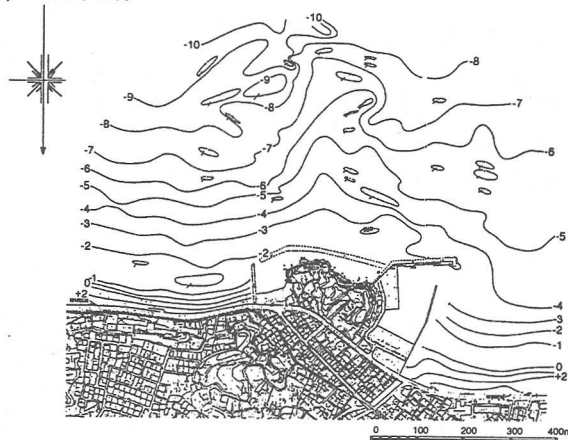
さらに、図-6(a), (b)において前浜上のバーム（砂の堆積によって形成される前浜上の小高い盛り上がり）の高さは約2mであるが、バーム高の約3倍が波による地形変化の限界水深で近似される（宇多、1997）のでこれからも波による地形変化の限界水深はほぼ-6mと考えられる。

## 5. 現地踏査の結果

1997年4月13日、小動岬と七里ヶ浜の現地踏査を行った。以下ではその際の現地写真をもとに考察する。まず、写真-5は、腰越漁港の付け根に流入する神戸川の河口状況写真である。河口部には右岸側から河口砂州が伸び、わずかな水路を残して河口は閉塞されている。左岸には矢板およびコンクリートでできた腰越漁港の防砂突堤があり、これにより腰越漁港との分離が行われている。江ノ島と腰越漁港の間から入射する波は、腰越漁港の防波堤によって波が遮蔽されて静穏となる。波浪が静穏になると波の作用によって形成されるバームの高さもそれに比例して低くなる。一方、河川流は河口砂州が低いところほど無理なく海へ流れ込むことができるから、バームと同じ高さを持つ砂州高の最も低い、腰越漁港と河川とを分ける防砂突堤の隣接部で海へ流入したと言える。これと全く同じ状況は、江ノ島背後のトンボロの先端部に流入する境川で見た通りである。

写真-6は、腰越漁港と神戸川を区切る防砂突堤を写真-5と逆方向を望んで撮影したものである。沖合からの入射波が防砂突堤に沿って碎波しつつ進行している状況が見てとれる。写真に示すように、突堤に沿っては河川流が冲向きに流出している。このため逆流の作用を受けて入射波は周辺域よりも速く碎波している。このように腰越漁港と神戸川とを区切る防砂突堤は、神戸川がそれに沿って冲向きに流れるのみではなく、防波堤背後において形成される循環流が生じ、片瀬東浜の中央部から腰越漁港方向へと流れたあと、防波堤に沿って離岸流となる。以上の点から絶えず腰越漁港の港口へと流れが生じ、さらに写真-6に示すように、腰越漁港の港口が西向きに開口し、港内は静穏であるために、写真-6の防波堤に沿う冲向き流れによって運ばれた土砂が港内へと運ばれ、

(a) 1992年12月



(b) 1996年12月

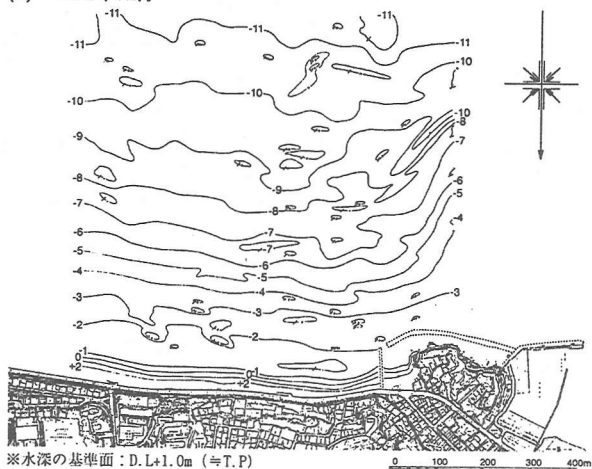


図-6 深浅図の比較 (1992年12月、1996年12月)

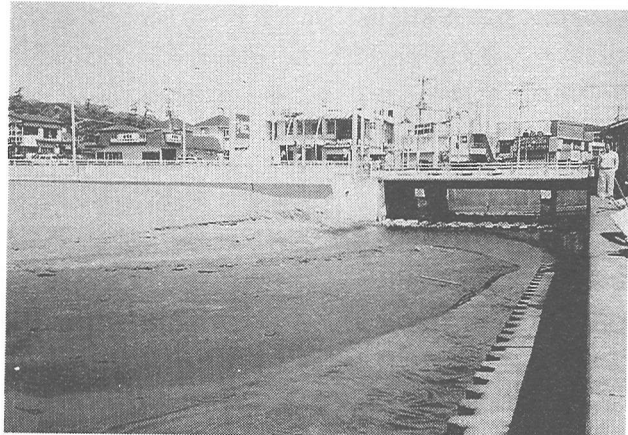


写真-5 神戸川の河口砂州



写真-6 腰越漁港の防波堤



写真-7 小動岬の海食崖と侵食防止を目的とした連続離岸堤

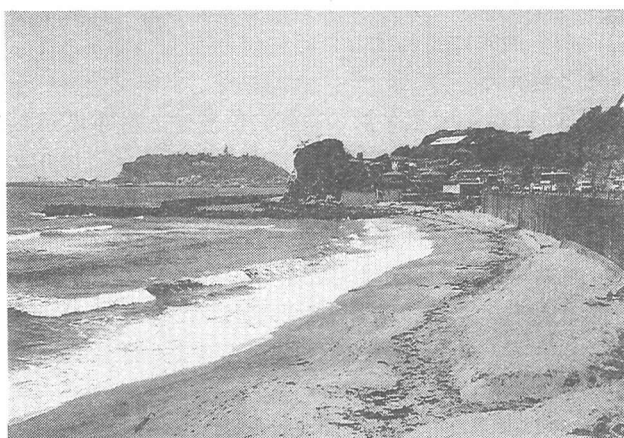


写真-8 小動岬に隣接する海浜の状況



写真-9 七里ヶ浜西端近傍に形成された浜崖



写真-10 海浜に散在するコンクリート塊周辺の海浜状況

港内堆砂を生じると考えられる。

写真-7には小動岬の海食崖を囲む消波ブロックを示す。この消波工は崖の基部と離れて設置されており、消波工と崖の間にはかなり広い海面が広がっている。海食崖の侵食は一般にはその基部を波がえぐるようにして侵食してノッチが形成され、その上部の岩石の自重によって崖が崩れ落ちることによって進む。その意味からすると、写真-7に示すように海食崖を取り囲む消波工は十分効果を上げていると言える。

写真-8には海岸線に沿って走る国道134号線の護岸上から撮影した小動岬と、その手前に広がる前浜の状況を示す。写真に示すように、小動岬の周辺にはそれを取り囲むように消波ブロックが設置されている。岬とその手前の海浜の間には突堤があるが、その手前側の海浜は全体に凹状を呈し、突堤よりわずかに手前で汀線が最も凹んでいる。それと同時に後浜の広さも狭くなる。この凹状の汀線では侵食が起きて浜崖が形成されている。

写真-9は、突堤の付け根付近で汀線が最も凹んだ位置から海岸線方向を撮影したものである。直立護岸の前面には約1m幅の後浜を残すのみとなっており、その海側は約0.8mの浜崖が形成されている。浜崖の斜面は風や雨水の作用で崩れ落ち、砂の安息勾配に対応した斜面となっているが、それでも崖ができていることは明瞭に観察される。また、護岸の基礎となる水平なコンクリート版の上に砂が載っていることもまた、堆積した土砂が削り取られたことを示している。

写真-10は、直立式海岸護岸前面の砂浜にあるコンクリート塊周辺の海浜状況を示している。ポールを横たえた長さ約1.8mのコンクリート塊の手前側の海浜状況を観察すると、コンクリート塊の中央で砂浜の高さが最も高く、その両側で砂浜高が減少している。砂浜が最も高い付近は写真に示す足跡から分かるように、砂が緩く堆積している。これに対して、このコンクリート塊より前方にあって、斜めに見えるコンクリート塊との間はややくぼみが形成されており、しかもそこは締まり度が高い。以上の点は、写真-10は、前方、すなわち東向きに沿岸漂砂が移動し、前浜にあるコンクリート塊がその流れの障害になったため形成された海浜地形を表していると言える。この結果は、写真-9に示したように、東向きの沿岸漂砂が流出した結果として浜崖が形成されたとの考え方を強く支持している。

以上のように、1997年4月13日の現地調査においては、小動岬に隣接する海岸では侵食傾向にあり、浜崖侵食が進んでいた。このような侵食が起こるためには、汀線に対して時計回りの方向、すなわち西寄りの入射波条件で東向きの沿岸漂砂が生じ、小動岬が沿岸漂砂を阻止する境界条件を与えるために、当該地区で侵食が進んだものと解釈できる。しかしながら、このような侵食が長期的に連続して起こると考えるのは誤りである。なぜなら七里ヶ浜は西を小動岬により、東を稲村ヶ崎により区切られた砂浜であるために、一方向の卓越沿岸漂砂の発達

する海岸ではないからである。したがって、上述のような小動岬の付け根の海浜の浜崖を伴う侵食は、波の入射方向が季節的に変動するために現れたものであって、波の入射方向が再び東寄りとなれば砂浜が復活する条件にあると言える。

写真-11は、七里ヶ浜の東部に位置する駐車場から西向きに海浜状況を撮影したものである。この駐車場のすぐ西側には行合川が隣接して流入している。この川の河口部には平行導流堤が設置されているが、現地調査時南西の風のもとで東向きに飛砂が多く飛んでおり、この川の右岸側から水路内へと砂が落ち込む状況が観察された。また、この水路は大量の飛砂が水路を飛び越えるにはかなり幅が広いが、写真に示すように橋上を手前側に移動する砂が駐車場の張り出した護岸の隅角部に堆積している状況が見出された。以上の点は、七里ヶ浜においては、波による沿岸漂砂による土砂移動もあるが、同時に飛砂による土砂輸送も無視できないこと、そして陸風となる最多頻度のNE方向の風を除けば、SSWまたはSW方向の風が圧倒的であることから、飛砂による土砂移動は常に西から東方向であることがわかる。

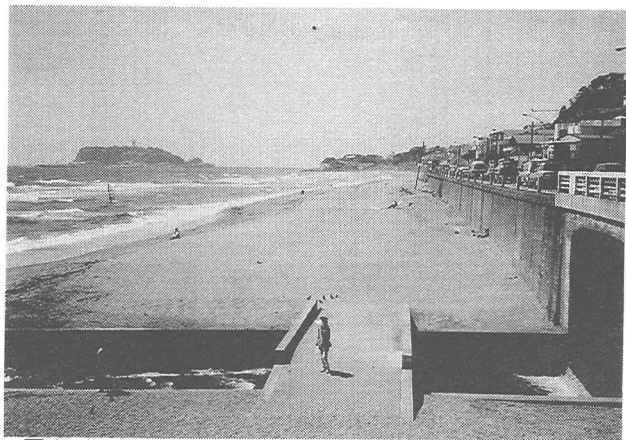


写真-11 七里ヶ浜東部にある駐車場から西側を望んだ海浜状況

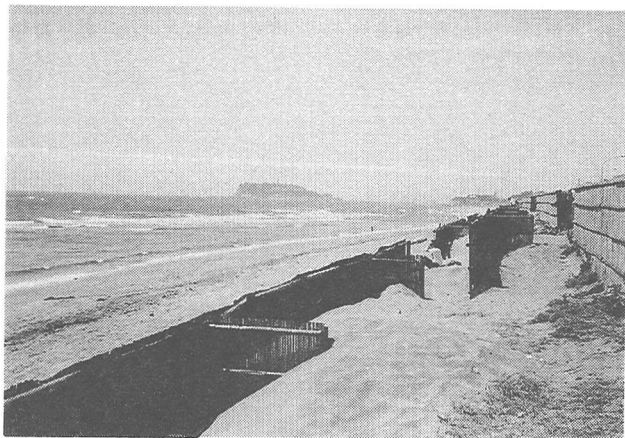


写真-12 七里ヶ浜東部での飛砂の堆積状況

写真-12は、七里ヶ浜東部にある国道134号への飛砂防止柵とその周辺での飛砂の堆積状況である。飛砂防止用の柵の背後には飛砂が堆積して砂丘が形成されている。そして砂丘の頂部が植生に覆われていないことから、この砂丘はactiveな状況にあると言える。写真-12は、空中写真（写真-4）に矢印で示すように、海岸線の変曲点に位置する。この位置より東側では海浜が陸側となるので風の作用が弱まり、このことからこの付近で飛砂の堆積が著しかったと考えられる。この部分では過去、道路面上まで飛砂が移動したため、砂の処分が行われた。このように、七里ヶ浜ではSSWまたはSW方向の風によって絶えず東向きに土砂が移動してきており、その一部が道路面上に散乱すると、道路管理上撤去された。このように飛砂を取り除くことは海浜の土砂量の減少につながったと考えられる。これを防止するには、写真-12のように飛砂防止の策を取ることが必要であるが、それ以外に写真-12付近に堆積した砂を小動岬の隣接区域まで運び、そこに養浜して漂砂の上手端を養うことが望まれる。

## 6. まとめ

現地データとして4枚の空中写真、2枚の深浅図および現地踏査時の写真などをもとに海岸の特性把握を行った。この結果、七里ヶ浜は長期的には安定した海岸であるが、波の入射方向の変動に伴って両側の岬に隣接する海浜でサイクリックモードの汀線変化が見られること、そして汀線が後退する場合には浜崖の形成が進むことが分かった。また七里ヶ浜の沖合には沿岸方向に幾つもの岩礁帯が存在し、その背後では岩礁自身の消波効果によって舌状砂州が形成され、それらの間では凹状の海浜が形成されていることも見いだされた。これらの岩礁帯は、沿岸漂砂の移動をかなり阻止する効果を有すると考えられる。さらにこの海域ではサーフィンが盛んであるが、これは岩礁群による波の屈折により沿岸方向の波高分布が生じること、また碎波が沿岸方向に一樣に生じるのではなく、沿岸方向に時間差を持って生じることなどが原因となっていると考えられる。また、この海岸では、南西方向からの風が卓越し、沿岸方向東向きの飛砂が発達する。この飛砂によって七里ヶ浜東部、駐車場の東側に隣接して海岸線が凸状から凹状となる地点付近で飛砂の堆積が進み、過去にはこの飛砂が国道134号まで堆積した。飛砂による土砂輸送は風向分布から推定されるように、一方向にのみであって、非可逆的であることから、海浜全体から見ると東側からの供給がない限り七里ヶ浜は侵食傾向になるはずである。実際、腰越漁港を越えた飛砂はほとんど無視できよう。このことを考慮すると、飛砂によって運ばれ堆積した過剰な土砂は小動岬の隣接海浜へと運んで養浜する方策が考えられる。

## 参考文献

宇多高明（1997）：日本の海岸侵食、山海堂、p.442.