

空中写真から判読される湘南・西湘海岸の海岸特性

Coastal Landform of Shonan and Seisho Coasts Read from Aerial Photographs

宇多高明*・加藤憲一**・山形 宙***

Takaaki Uda, Ken-ichi Katoh and Hiroshi Yamagata

Aerial photographs of the Shonan and Seisho coasts facing Sagami Bay were read to investigate characteristics of coastal topography. Shoreline features are summarized around Enoshima island, a headland built at the Chigasaki Beach, Chigasaki Fishery harbor, Sagami River mouth, Ohiso Port, Ninomiya Fishery harbor and Sakawa River mouth.

It is found that beach erosion is severe at the Sagami River mouth and east of Ninomiya Fishery harbor due to river mouth dredging and the interruption of eastward littoral drift, respectively. Oblique aerial photographing looking at the shoreline direction is strongly recommended to realize shoreline features around various coastal structures.

Keywords: aerial photograph, Shonan coast, beach erosion, river mouth, groin.

1. まえがき

最近では、空中写真を比較的容易に撮影することができるようになったため、全国各地の海岸ではしばしば空中写真が撮影されている。これらの空中写真は、海岸状況の把握の上で有効な資料となりうると考えられるが、撮影された写真、とくに斜め空中写真のどのような点に着目すれば海岸特性の判読に役立つか、との議論はあまりなされていない。この結果、撮影された空中写真は単にファイルに保存されるのみとなって、資料としてはあまり使われないことも多い。さらに一歩進んで、資料として十分役立つ斜め空中写真を撮影するには、あらかじめ斜め空中写真の判読による海岸特性の把握の可能性についての議論が不可欠であろう。このことから、海岸の各種モニタリングに役立たせるための空中写真判読について、湘南・西湘海岸で1996年6月19日に撮影された空中写真を具体例として検討する。

2. 斜め空中写真の撮影地域の概要

図-1に示すように、湘南海岸と西湘海岸は相模湾に面している。三浦半島の付け根にある小坪漁港から西側、大磯港まで延長約23kmが湘南海岸、大磯港から小田原まで約17kmが西湘海岸と呼ばれている。図-1には、相模湾沿岸の海底地形も示す。湘南海岸は前浜勾配が約1/30と緩勾配であるが、西湘海岸は約1/10と急勾配であって

(宇多ら、1997)、とくに大磯海脚の張り出しのなくなる、二宮漁港以西には海底谷の発達が見られる。この付近の海岸の前浜構成材料は礫を主とする。

空中写真の撮影地域は、図-1に①～⑦で示すように、江ノ島、茅ヶ崎のヘッドランド、茅ヶ崎漁港、相模川河口、大磯港、二宮漁港および酒匂川河口周辺区域である。

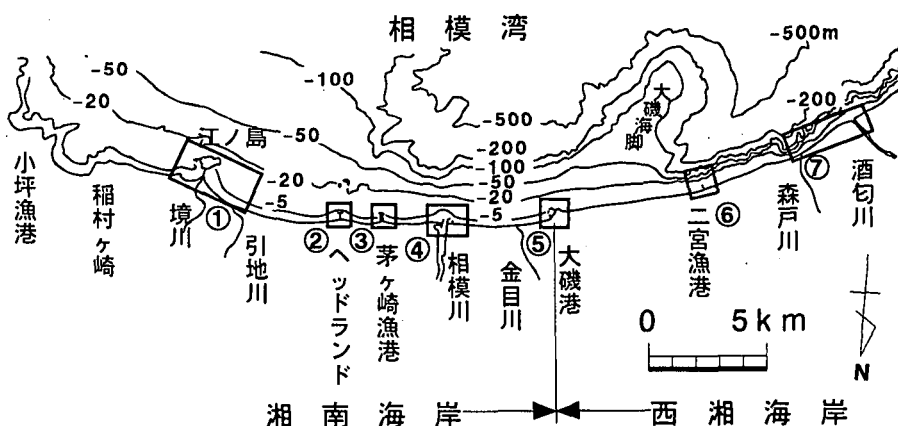


図-1 湘南・西湘海岸の位置図

* 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)

** 正会員 日本建設コンサルタント株式会社

*** 日本建設コンサルタント株式会社

3. 斜め空中写真による各地域の海岸特性の判読

(1) 江ノ島

江ノ島では、波の遮蔽効果によって規模の大きなトンボロが発達している。東京オリンピックの際、江ノ島の東側にヨットハーバーとして湘南港の防波堤が伸ばされ、これによって波の遮蔽効果が高まった結果、トンボロの発達が促進された(田中・沢本、1974)。写真-1は、江ノ島を東側から撮影したものである。この写真では、トンボロが細長く大きく突出しているように見えるが、実際は東西方向が大きく縮小されているためである。しかし、このような写真はトンボロの特徴を理解する上で有効である。地形図より、江ノ島の西端と湘南港の防波堤の先端の間の最長距離を求めると、1.25kmであり、一方、写真-1でトンボロの付け根に見える片瀬橋からトンボロの先端までの距離を測定すると、625mであって、両者の比は0.5となる。このことは、江ノ島のように大規模なトンボロの形成には、波の遮蔽構造物のスケールも大きくなり、両者が必ず見合ったものになることを意味する。

写真-2は、江ノ島背後のトンボロを逆方向から撮影したものである。トンボロの頂部付近に流入するのは境川である。境川のような中小河川では、流量規模が小さくフラッシュ能力が小さい。このため、波の作用が弱く、形成されるであろう砂州高の低い場所で海へ流入する。このような視点に立つと、境川は江ノ島による波の遮蔽効果が大きい場所で流入しており、この位置が安定していることを示唆する。したがって、一般の中小河川の河口処理では、波の作用を無視して単に平行導流堤を建設しても、河口処理はうまくいかず、むしろ波を遮蔽する施設の背後に河川を流入させた方がよいと考えられる。

また、写真-2によれば、西側から境川の右岸導流堤へ向かって次第に狭くなりつつある碎波帯幅が、境川の河口沖では大きく沖方向に突き出ている。境川の河道内の係留船の状況や河川水が濁水ではないことから判断して、境川では平水時と考えられるので、このことは境川の河口沖にテラスが発達し、その外縁に沿って碎波が起きていることを示している。

写真-3は、引地川河口上空から江ノ島を望む空中写真である。写真-1~3で特徴的なのは、江ノ島を境として、西側の海岸では、東側の海岸と比較して碎波帯幅が広いことである。江ノ島に対して正面から波が入射しているのであれば、両側の海岸でほぼ同様な碎波状況になるはずであるから、上述の点は、空中写真の撮影時期、西側からの波の入射が卓越していたことを示している。また、写真-3に示すように、引地川の河口はやや江ノ島側に向いているが、河口内の左岸寄りには砂州が付いており、写真-2に示した境川の場合と異なる。この相違は、引地川の場合、波が遮蔽される施設の背後ではなく、碎波帯に直接開口しているためである。

(2) 茅ヶ崎のヘッドランド

写真-4,5には茅ヶ崎のヘッドランドの状況を示す。ヘッドランドの堤長は170m、ヘッド部と直角方向に伸びる突堤部の長さは300mである。また、ヘッドランドはその中心線に対して左右対称である。写真-4,5において、ヘ



写真-1 江ノ島上空から湘南海岸を望む



写真-2 江ノ島とトンボロ背後に流入する境川の河口部



写真-3 引地川河口から江ノ島を望む



写真-4 茅ヶ崎のヘッドランド

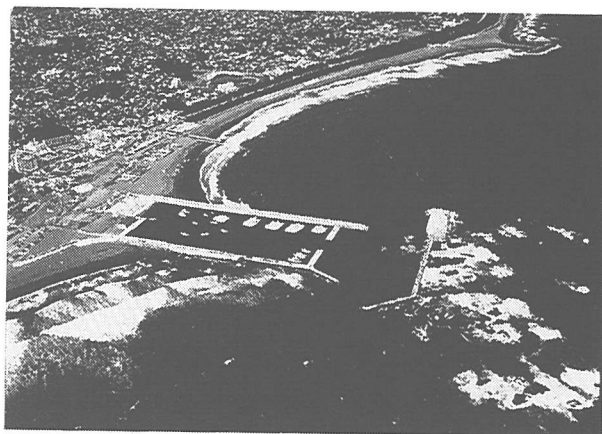


写真-6 茅ヶ崎漁港とヘッドランド



写真-5 茅ヶ崎のヘッドランドを正面から望む

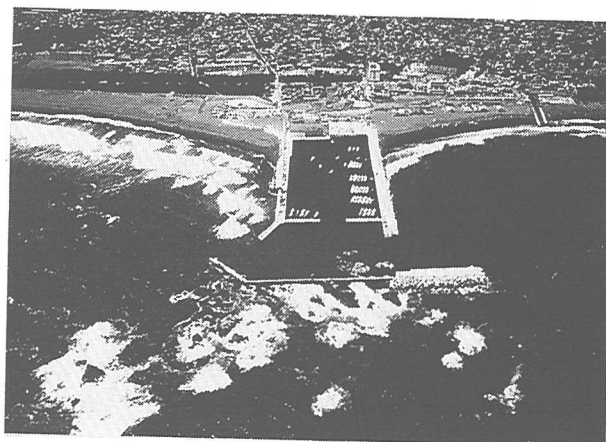


写真-7 茅ヶ崎漁港と平島

ヘッドランド東西の前浜の状況を調べると、前浜上の白く乾いた砂浜の幅が西側で広いのに対して、東側では濡れた部分が広い。このことは、全体として、東向き沿岸漂砂が卓越し、沿岸漂砂の移動を阻止するヘッドランドの西側では堆積性で、一方東側では侵食性であることを示していると考えられる。同時に、写真によれば、ヘッドランドの西側の方が東側よりも砕波帯幅が広いことから、ヘッドランドによる波の遮蔽効果が現れる東側では相対的に波浪が静穏なことも上述の推定を裏付けている。

(3) 茅ヶ崎漁港

写真-6, 7は、茅ヶ崎漁港の斜め写真である。写真-6の右上隅には写真-4, 5に示したヘッドランドも写されており、また沖合の岩礁は平島である。茅ヶ崎漁港とヘッドランドの間は両端が漂砂移動を阻止する施設で区切られているから、ほぼポケットビーチに近い。したがって東寄りの波の入射では全体に西向きの沿岸漂砂が発生し、西寄りの入射波では東寄りの沿岸漂砂となって、沿岸漂砂が季節的に変動する条件下にあると考えられる。しかしながら、これらの写真撮影時には明らかに防波堤などの施設の西側の方が東側よりも波浪が高い。この特徴はすでに、江ノ島、茅ヶ崎のヘッドランドで観察された結果と同じである。さらに、これらの写真によれば、茅ヶ崎漁港の平行防波堤のうち、西側の防波堤の先端部まで砕波の白濁域が到達していることが注目される。沖防波堤による波の遮蔽効果のため、この平行防波堤に沿って沖防波堤へと向かう離岸流が生じていると考えられるから、全体として、茅ヶ崎漁港の西側隣接域の海浜砂が茅ヶ崎漁港内へと流入堆積し、航路埋没の原因となると同時に、その浚渫は周辺海岸の侵食を助長する原因となることが危惧される。また、平島の岩礁上では東向きに防波堤が延長されているが、写真-6によれば、この防波堤による波の遮蔽域が、茅ヶ崎漁港とヘッドランドとの中央部まで達しているから、このポケットビーチ状区域の中央部が削られ、そこから削られた土砂が一部西向きに移動して、東防波堤との接点部に堆積して、汀線の湾入度が増加したと推定される。

(4) 相模川河口

写真-8は、相模川河口を東側から望んだ状況である。この写真からは多くの特徴が読みとれる。まず、河口砂州が大きく湾入し、その先端部が湘南大橋に届く場所まで後退している点である。この砂州は、1985年頃までは

写真手前側に見える下水処理場の護岸の法線より海側にあったが、河口内の右岸側に位置する平塚漁港の航路埋没に対する浚渫と河口砂州の再突出の繰り返しにより、次々と後退して現在の位置に至った。また、河口の沖合には斜めに碎波の白濁域が伸びているが、これはその下部に河口テラスの平坦面があり、洪水時に砂州から沖合へ流出した土砂がこのテラスに沿って斜め岸向きに移動して、汀線へと戻る場所である。

写真-9は、相模川河口と平塚漁港を正面から望んだ状況である。河口砂州は右岸との間に極くわずかな開口部を残して河川の横断方向に伸びている。一方、細長い砂州の左岸側の付け根の汀線付近は勾配が急で浜崖が形成されている。この砂州の先端部の開口幅は非常に狭く流れが集中するとともに、航路が大きく曲がっているために、航路として危険性があるため、砂州の先端部の浚渫が行われたが、この砂州は安定状態に近いために、砂州の先端部で土砂を採取すると、砂州先端へと沿岸方向に土砂が移動して、砂州の付け根から中央部で侵食が起こる。砂州の中央部から左岸側の付け根に見える浜崖はその際形成されたものである。また、砂州の先端部の下流側河道内には、白濁した碎波帯が観察されるが、これは砂州の先端部が掃くようにして上流方向へ遡った際形成された平坦面と考えられる。河口右岸の先端にある砂州は河道内の浚渫土砂の一部を置いたものであるが、これがあたかも防波堤のような波の回折効果を発揮し、砂州の右岸側への発達を促している。

相模川河口では河口砂州が周辺の海岸線と比較して大きく後退している。河川流下土砂が多くあれば河口砂州は逆に海側へ突出するはずであるから、以上の河口砂州の状況は、相模川では河川流下土砂（とくに海浜形成に役立つ砂礫分）が大きく減少しており、したがって河口周辺海岸は砂量の著しい増加のない海岸になりつつあることを示している。

一方、平塚新港は開口部を西側にもつが、この開口部の西側で幅広い碎波帯が広がっている。写真-10は、平塚新港と大磯港の間の海岸線を撮影したものであるが、茅ヶ崎漁港の場合と同様に、やや西寄りの入射波条件により、漁港の西側で広い碎波帯が広がり、碎波帯の先端はほぼ港口と一致している。したがってこのような波浪条件では碎波帯付近の土砂の一部が港内に流入する可能性が高い。大磯港と平塚新港の間の海浜は漂砂が閉じた海域であり、補給はないので、港内への浚渫土砂をこの海浜に戻さない場合には、海岸の侵食傾向をもたらすと考えられる。

（5）大磯港

写真-11には大磯港周辺の海岸状況を示す。海浜構成材料の鉱物組成分析によれば、酒匂川起源の砂礫は東向きの卓越沿岸漂砂によって大磯港の西側隣接部までは到達しているが、大磯港以東では相模川起源の砂によって構成されている（荒巻・鈴木、1962）。また、空中写真や地形図の分析によれば、大磯港の西側隣接部の汀線は安定しており、防波堤による沿岸漂砂の阻止の場合に見られるような汀線の変化は存在しない（宇多ら、1997）。さらに、大磯港の航路は約10mであって、この付近での波による地形変化の限界水深（ほぼ6m）より十分深い（宇多ら、1997）。このことから、大磯港は沿岸漂砂移動に対しては固定境界条件を満足している。



写真-8 河口砂州の大きく後退した相模川河口

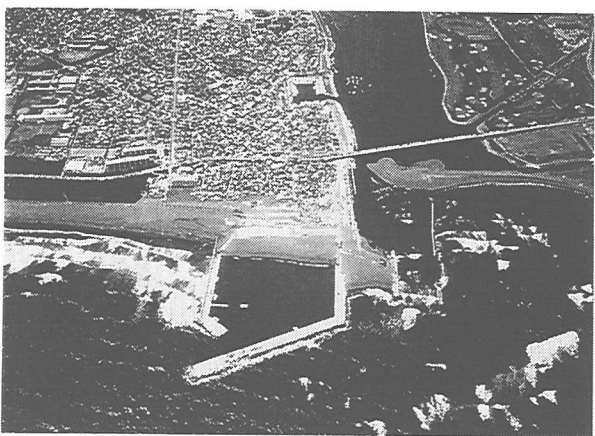


写真-9 相模川河口と平塚新港



写真-10 平塚新港から大磯港の間の海浜



写真-11 大磯港と西湘海岸



写真-13 酒匂川河口



写真-12 二宮海岸



写真-14 酒匂川河口から森戸川河口の間に設置された
3基の突堤群

写真-11に示した大磯港以西の海岸での砕波帯の幅は、大磯港の東側の海浜と比較して明らかに狭い。これは、大磯港を境にして海底勾配が約1/30から1/10と急勾配になるためである。

(6) 二宮漁港周辺

写真-12には、建設途中にある二宮漁港とその東側に広がる二宮海岸の状況を示す。現在建設中の防波堤は、基部から121mの突堤状部分ができている。この海岸での沿岸漂砂の卓越方向は東向き（写真手前から右上方向）である。このため、突堤により東向きの沿岸漂砂の連続性が阻止され、突堤の西側で堆積、下手側で侵食が起きている。突堤の手前側では消波ブロックの前面に白く乾いた砂が堆積しているのに対して、東側では汀線が湾曲して凹んでいる上に、海浜が侵食性にあることが濡れて勾配がかなり緩い前浜が存在していることから分かる。現在、この突堤の先端水深は約-6mであって、波による地形変化の限界水深約-6mと等しいので、西側から到達する沿岸漂砂が突堤を回り込むことはかなり困難である。このことは、長期的に見て、サンドバイパスの必要性を示唆している。サンドバイパスが行えないとすれば、現在かろうじて前浜の残されている突堤の下手側海浜が急速に失われ、消波ブロックによって守られた海岸へと急速に変化するこはまちがない。

(7) 酒匂川河口周辺

写真-13には酒匂川の河口部の状況を示す。酒匂川では河口から約2km上流に位置する飯泉堰上流の堆積土砂が河口右岸まで運搬され、養浜が行われている。このため海岸線に沿って走る西湘バイパスの前面にかなり広い前浜が存在する。この土砂は、この区域で卓越する東向きの沿岸漂砂により東に移動しているが、写真右上隅に見えるように、「逆く」の字型の道路護岸により一部の漂砂移動は阻止されている。このため、「逆く」の字型護岸の手前（西）側の汀線は東側の汀線よりもやや沖側に位置している。写真-14は、「逆く」の字型護岸の東端から東側にある3基の突堤群、およびその東側にある森戸川の河口導流堤の状況を示す。この突堤群周辺の海浜変形についてはすでに宇多ら（1995）に詳しく述べられている。

写真により突堤群周辺の汀線の状況を調べると、突堤や導流堤を境として、東側の汀線が西側のそれよりも後

退していることから、この付近における沿岸漂砂の卓越方向が東向きであることが確認される。また、これらの突堤ではいずれも突堤先端が砕波帯内に含まれていることから、これらの突堤では過剰な沿岸漂砂は突堤を回り込んで通過し、動的平衡状態にあると考えられる。

3. まとめ

個別の地先の海岸状況は以上の通りであるが、上述の写真からはいくつか共通した特性を観察することができる。以下にそれらを要約してみる。

①江ノ島、茅ヶ崎のヘッドランド、茅ヶ崎漁港の空中写真に明らかなように、沿岸の水深変化が緩やかで、波の場が沿岸方向に緩やかに変わる場合、岬や防波堤など波の進行を妨げる施設などにおいて、その一方の側で波高が高く、したがって相対的に砕波帯幅が広いことが観察されたとき、沿岸にある各種構造物や岬などで同じ特性が観察される。このことは、沿岸にあるいくつかの施設周辺での沿岸漂砂に伴う堆積・侵食も繰り返し観察されることを意味する。したがって、現地海岸の踏査においては、ある特定の施設周辺の点的調査では不十分であり、沿岸にあるいくつかの施設周辺での調査を行うことが沿岸漂砂の特性を知る上で役立つ。また、こうした状況を広域で調べる上で空中写真は役立つ。

②江ノ島背後の静穏域に流入する境川では河口閉塞が著しくないと考えられるのに対して、江ノ島の西1.5kmの砕波帯に流入する引地川河口では波の遮蔽物がなにもないために、河口閉塞が著しい。このことは、中小河川の河口処理においては、河口を塞ぎ、波浪のエネルギーを低下させて砂州高を下げるような機能を有する施設が有効なことを示唆している。

③現在の防波堤形状では、茅ヶ崎漁港と平塚新港では西寄りの入射波条件のもとで港内堆砂の起こる可能性が高い。その場合、茅ヶ崎漁港～相模川河口および平塚新港～大磯港の間の区域は漂砂がほぼ閉じた系となっているため、浚渫土砂を運びだすなどして海岸の漂砂の系から搬出すると、海岸侵食の原因となる。漁港への堆砂防止を図るのは当然として、浚渫土砂を隣接海岸に戻す必要があると考える。

④二宮漁港では現在東向きの卓越沿岸漂砂が阻止され、防波堤の西側では堆積が、東側では侵食が進んでいる。海岸をこのまま放置すると、二宮海岸では急速に前浜が失われる恐れが大きい。サンドバイパス等の対策について検討することが必要である。

⑤海岸線方向に撮影した斜め写真は、海岸構造物周辺の汀線変化を際立たせる意味において有効である。斜め空中写真の撮影においてはこの点も考慮に入れるべきである。

謝辞：本研究で使用した空中写真は、東亜建設工業（株）平塚作業所の佐久間利夫氏が撮影したものである。本研究のために貴重な資料を提供していただいたことに謝意を表します。

参考文献

- 荒巻 孚・鈴木隆介（1962）：海浜堆積物の分布傾向からみた相模湾の漂砂について、地理評、35, 17-34.
- 田中則男・沢本正樹（1974）：砂浜港湾周辺における海浜変形、港湾技研資料、No. 180, p. 121.
- 宇多高明・川崎俊太・見附敬三（1995）：西湘海岸小八幡地区に建設された突堤の漂砂阻止率の検討、海岸工学論文集、第42巻、pp. 671-675.
- 宇多高明・高橋 豊・青木 豊・加藤憲一（1997）：西湘海岸の海浜堆積物の分布特性-森戸川河口沖の海底谷周辺に着目して-、地形、18-1、37-52.