

# 沿岸漂砂卓越海岸における汀線変化と 海浜横断形変化の関係 -空中写真と現地踏査の組み合わせをもとに-

RELATION BETWEEN SHORELINE AND BEACH PROFILE CHANGES AT  
COASTS WITH DOMINANT LONGSHORE SAND TRANSPORT BASED ON  
COMBINATION OF AERIAL PHOTOGRAPHS AND FIELD OBSERVATION

宇多高明<sup>1</sup>・三波俊郎<sup>2</sup>・星上幸良<sup>3</sup>・内木場 俊<sup>3</sup>・芹沢真澄<sup>4</sup>・古池 鋼<sup>2</sup>

Takaaki UDA, Toshiro SAN-NAMI, Yukiyoshi HOSHIGAMI, Suguru UCHIKOBA,  
Masumi SERIZAWA and Kou FURUIKE

<sup>1</sup> 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 (〒 110-0016 台東区台東 1-6-4 タカラビル)

<sup>2</sup> 海岸研究室 (有) (〒 160-0011 東京都新宿区若葉 1-22 ローヤル若葉 208)

<sup>3</sup> 正会員 国際航業 (株) 国土マネジメント技術本部 (〒 191-0065 東京都日野市旭が丘 3-6-1)

<sup>4</sup> 正会員 海岸研究室 (有) (〒 160-0011 東京都新宿区若葉 1-22 ローヤル若葉 208)

Relation between shoreline and beach profile changes at coasts with dominant longshore sand transport was investigated based on the combination of aerial photographs and field observation. Field observation was carried out at coasts between Kazusaminato and Isono Point in Chiba Prefecture. Beach topography around a groin was classified into four patterns based on the parameters such as the crown height and the landward length of the groin, which control obstruction rate of longshore sand transport of the groin.

**Key Words :** Longshore sand transport, groin, aerial photograph, shoreline change, beach profile

## 1. まえがき

筆者らは、海岸の現地踏査に基づいて実海岸で起きている様々な現象の理解を進めてきている。その場合、地先海岸の局所的な調査のみでは漂砂の系全体についての理解を誤る可能性があり、このため現地踏査と同時に広域空中写真の判読によって海岸地形の長期的・大局的変化を把握する手法を積極的に利用してきた。このような調査では、従来では空中写真による汀線変化解析が常套手段となっているが、最近の研究によれば汀線変化のみではなく、空中写真からの地表面の特性把握も有効であり、これによって保安林区域の変遷と海岸侵食に伴う海岸の変化などの分析も可能となる。一方、空中写真による分析では標高の微妙な変化は読み取れないので、逆に海岸施設の周辺などにおける地形変化特性の把握には限界もある。そこで本研究では、両者を組み合わせることにより、現地海岸の実態をできる限り定量的に分析する方法について検討した。研究対象地としては、一方向の沿岸漂砂が卓越した千葉県内房の上総湊～磯根崎間の海岸を選定し、そこに設置された突堤周辺での海浜変形に着目して一般的な考察を加える。海岸の現地踏査

は2002年6月15日に実施した。

## 2. 調査区域の概況

図-1は1947(1948)年撮影の空中写真に調査区域の主要な地名を記入したものである。この付近の海岸線は浦賀水道に面しており、太平洋から浦賀水道を経て侵入する波浪が海岸線に対して左側から入射するために全体的に北向きの沿岸漂砂が発達し、このためフック状海岸線が形成されている。フック状海岸線は磯根崎で方向を変え2段に分かれる。海岸線延長は湊川河口から磯根崎を経て富津岬まで延長約16kmである。このうち、南部の

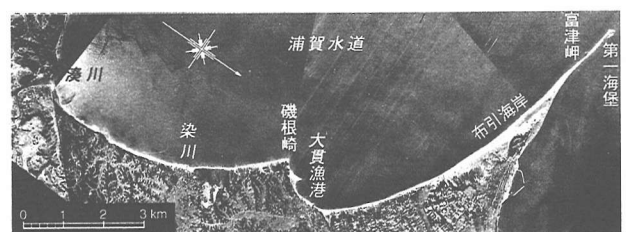


図-1 湊川～富津岬の空中写真(1947年, 1948年撮影)と主要地点

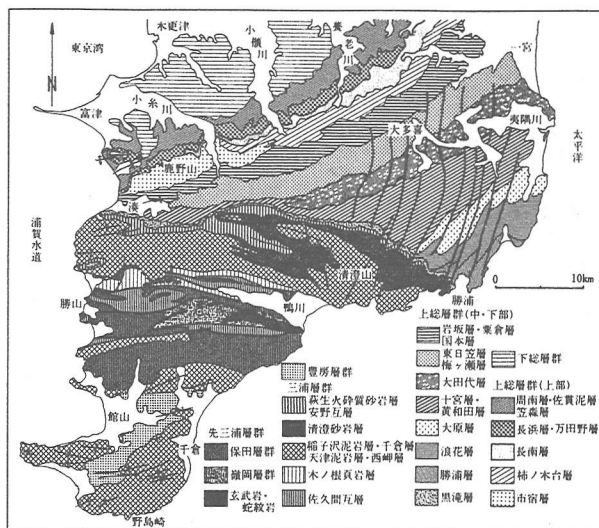


図-2 房総半島の地質図

湊川河口から磯根崎付近まで約7kmの区間が調査区域である。

図-2は調査区域周辺の地質図<sup>1)</sup>である。湊川より南側では新第三紀後期の砂岩・泥岩・凝灰岩からなる安房層群が、また湊川～磯根崎では安房層群よりも新しい新第三紀～第四紀更新世の上総層群が分布している。安房層群の分布域は、鋸山に代表される比較的起伏量の大きい丘陵を構成し侵食抵抗性も高いが、上総層群は未固結ないし固結度が低く、侵食に対する抵抗性が低い。侵食に対する抵抗性の相違は海岸線形状にも影響を及ぼす。安房層群の分布域では海岸線形状が全体に海側に凸であるのに対して、上総層群の分布域では汀線とほぼ平行かつ平滑である。このことは上総層群の侵食抵抗性が低いために地形学的時間スケールにおいて海食崖の侵食が急速に進み、入射波に対してほぼ安定な形状に達した結果と考えられる。

### 3. 空中写真の判読

米軍および京葉測量(株)撮影による1947年(湊川～磯根崎:1948年撮影)、1975年、2001年の空中写真の判読を行った。また空中写真から汀線位置を読み取り、汀線変化を調べた。汀線は平均潮位時の水際線とした。空中写真から読み取った水際線位置データは、写真撮影時の潮位と現地踏査による平均的な前浜勾配を用いて補正した。さらに1947、1948年を基準とした汀線変化を算出した。

空中写真の判読については1947年の空中写真は汀線付近の分解能が必ずしも高くないので省略し、1975年と2001年について判読することにした。まず図-3(a)は1975年の空中写真である。南側から地形特性を調べると、湊川河口では河口を取り囲むようにほぼ半円形の浅瀬が河口沖に延びている。この浅瀬は形状から判断して湊川からの流出土砂が堆積して形成された河口テラスと考

えられる。また河口の北側隣接域には3基の離岸堤があるが離岸堤背後の舌状砂州は河口に近いほど発達が良い。このことは河口からの流出土砂が北向きの沿岸漂砂によって運ばれていることを意味している。離岸堤群の北約1km区間は海食崖の発達した区域であるが、その端部に流入する小河川では河口砂州が北向きに大きく延びている。このこともまた北向きの沿岸漂砂の発達を表している。さらにその北側の高良浜は幅約50mの直線的な砂浜であった。また途中に小規模な河川導流堤を挟んで、その北には新舞子海岸の砂浜が染川の河口導流堤までの間で延びていた。染川の河口では汀線が階段状となり北側の汀線が後退していることから、全体に北向きの沿岸漂砂が卓越していたことが明らかである。染川河口の北側では、海岸線には海食崖が連続的に発達し、丘陵地が切られている。海食崖の前面にも砂浜が発達しているが、海岸線中央で汀線が凹状になった場所の北側では南側と比較して砂浜幅が相対的に広い。重要な点は、磯根崎の先端にある突堤の北東側に位置する大貫漁港では西防波堤によって沿岸漂砂が阻止され、防波堤の西側ではほぼ三角形の砂の堆積域が形成されたことである。北側には大貫漁港の航路があって水深が大きいことを考慮すれば、防波堤西側での堆砂は北向きに沿岸漂砂によって運ばれてきた砂が磯根崎を回り込んだことに起因すると考えられる。

図-3(b)は2001年の空中写真である。湊川河口では左岸には200mの、右岸には180mの導流堤が建設されるとともに、河道内には長さ330mの中導流堤も建設された。また1975年に存在した河口沖テラスは既に消失している。一方、河口の北東側には主として河口からの流出土砂により最大幅140m、長さ約1.2kmの砂浜が形成されている。この砂浜は汀線に沿って連続的に消波ブロックを並べて造られた離岸堤によって囲まれている。この区域のすぐ北側には離岸距離の小さな離岸堤がいくつか設置されているが、これらの離岸堤は堤長や離岸距離が小さいために背後の堆砂は少ない。

高良浜では6基の離岸堤が設置された。一群の離岸堤のうち南側5基の離岸堤は堤長が約100mであるのに対し、離岸距離が約150mと長いために波の遮蔽効果の発現は十分ではなく、結果として離岸堤背後での舌状砂州の発達も悪い。しかし、最北端の離岸堤は同じ離岸距離に対して堤長が約200mと長いので、離岸堤背後での舌状砂州の発達が良好である。1975年には高良浜は直線状の海岸線であったが、離岸堤の建設に伴って海岸線形状は曲線状となった。また新舞子海岸では上手側に離岸堤が建設されて漂砂の供給量が減少したために全体的に汀線が後退している。染川から磯根崎の間での汀線変化は大きくないが、大貫漁港では西防波堤の先端部がY字状となり、これによって北西向きに流れて航路内へと侵入する沿岸漂砂移動が阻止されたために、西防波堤の南西側での堆砂区域が大きく広がった。1975～2001年にお

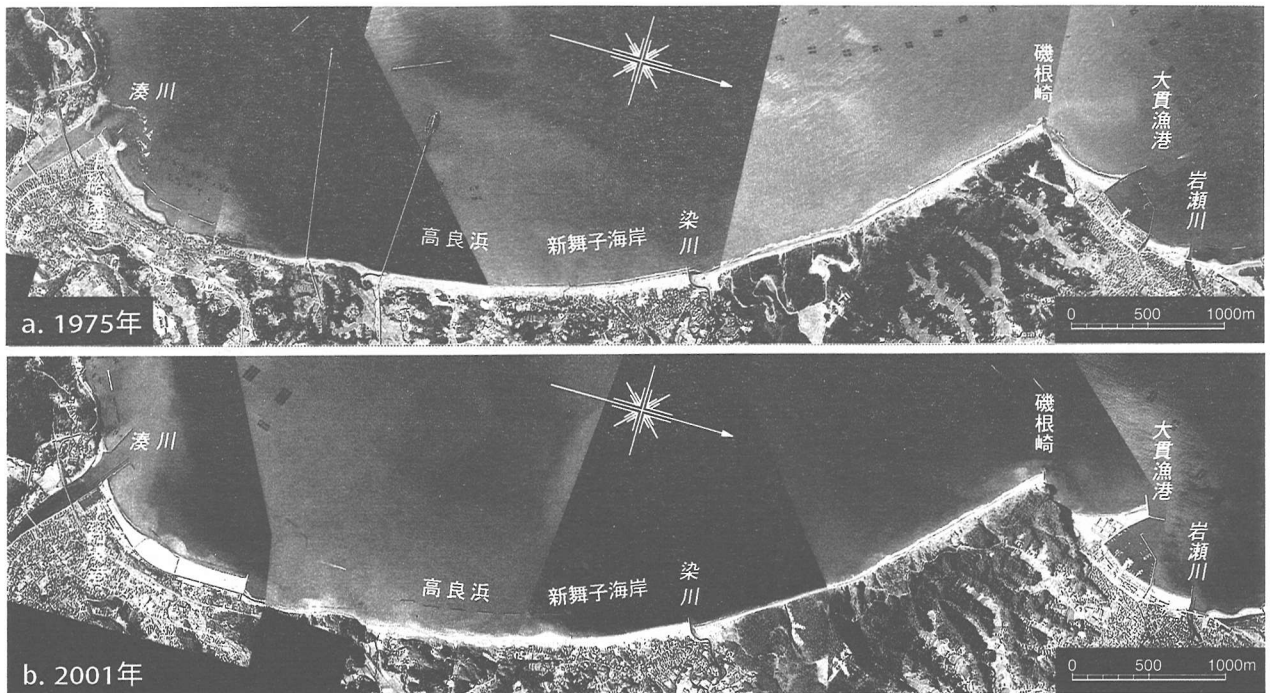


図-3 湊川～磯根崎の空中写真 (a:1975年撮影, b:2001年撮影)

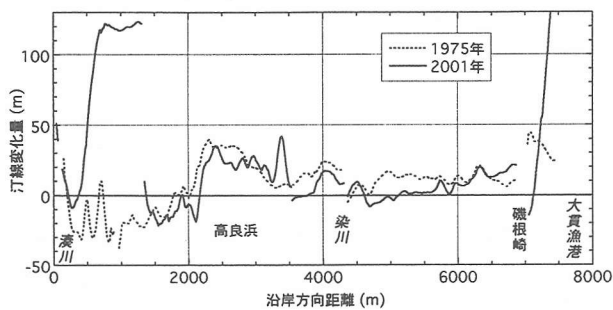


図-4 汀線変化量 (1947年, 1948年基準)

ける大貫漁港上手での海浜面積の増加量は約25,000m<sup>2</sup>であり、観測期間の26年で増加割合を求めると、ほぼ1000m<sup>2</sup>/yrとなる。

図-4には1947, 1948年を基準とした1975, 2001年までの汀線変化量を示す。これによれば1947年から1975年において湊川河口の北側に隣接する約1.5km区間では侵食傾向にあった。一方、高良浜以北では堆積傾向にあったが、染川河口では導流堤があるために南側では堆積、北側では侵食傾向となり、導流堤による沿岸漂砂の阻止効果が現れている。また大貫漁港の南側隣接部での汀線前進量は最大約50mであった。2001年では湊川下手の1.2km区間に海浜が形成されたのと対照的に、高良浜～磯根崎では全体に約5mの後退傾向となった。また大貫漁港の南側での最大汀線前進量は200mに達した。1975～2001年での高良浜～磯根崎の海浜面積の減少量は約25,000m<sup>2</sup>であり、この値は大貫漁港上手での海浜面積の増加量とほぼ等しい。そこで漂砂の移動高を宇多・神田<sup>2)</sup>にならって4mと仮定すると、沿岸漂砂は約4000m<sup>3</sup>/yrと推定できる。

#### 4. 現地踏査

##### (1) 染川河口以南の海岸状況

2002年6月15日、湊川河口から染川河口右岸に至る約4.5kmの海岸線の現地踏査を行った。図-3(b)に示したように、湊川河口の北側に隣接して広げられた延長約1.2kmの砂浜を通過後、約1km区間では海食崖が発達しているが、その北には6基の離岸堤群が設置されている。これらの離岸堤群のうちとくに北端の離岸堤は堤長が200mに対し、離岸距離が約150mと短いために、離岸堤背後には規模の大きな舌状砂州が発達している。この舌状砂州から染川河口付近までの範囲を拡大したのが図-5である。

図-5にAで示す位置には突堤が設置されている。写真-1はこの突堤を南側から撮影したものである。突堤の手前側には砂が堆積してきれいなバームが形成されている。北向きの沿岸漂砂移動が突堤によって阻止されているが、突堤基部では背後地との間に一部浜崖の形成が見られる。このことは突堤の基部を沿岸漂砂の一部が流出していることを示唆する。そこでその機構を調べるために、突堤を挟む左右の地盤高の差を測定したのが写真-2である。南側の海浜地盤高は北側よりも1.2m高く、また突堤の南側海浜の砂州高は一段低くなっている突堤の天端高と一致している。さらに海浜表面には突堤の斜め左側から突堤へ向けて堆積物のきれいな縞模様が見える。このことから、この突堤では突堤先端部を沿岸漂砂が通過しているのではなく、突堤基部の一段低い部分を越流して沿岸漂砂の一部が北側へと流れ出ていたことが分かる。このように突堤の基部を沿岸漂砂の一部が通





図-5 離岸堤背後の舌状砂州から染川河口付近までの拡大空中写真（2001年撮影）



写真-1 突堤を南側から撮影



写真-3 突堤を岸向きに撮影



写真-2 突堤を挟む左右の地盤高の差



写真-4 写真-1に示す突堤の北側にある突堤Bを南側から撮影

過するのであれば突堤を挟んで左右の汀線位置には段差が付かないはずである。事実、図-5によれば、突堤の南北の汀線は連続的に伸びていることから沿岸漂砂の一部が通過していることが確認できる。なお、写真-2において突堤の左沖に見えているのが、一群の離岸堤群の最北端にあって堤長の最も長い離岸堤である。

写真-2と同じ突堤を岸向きに撮影したのが写真-3である。写真の右側では突堤の天端高と海浜高が一致しているが、突堤の北（左）側では侵食されて浜崖が形成されている。このことから、この突堤は河川における越流堤と同様な効果を発揮しており、突堤の上手側で、ある一定量の砂の堆積を図りつつ過剰な沿岸漂砂は下手側に流し出す構造となっているとも言える。

写真-1に示した突堤の北360mには図-5のBに示す位置に別の突堤が設置されている。写真-1と同様にこの突堤を南側から撮影したのが写真-4である。この突堤でも

南側にかなり広い前浜を有している。しかし突堤の基部を見ると突堤の天端高と比較して砂浜高が低くなっており、突堤より下手側で侵食されている。これは突堤背後を流れが通過したことによると推定される。そこで突堤周辺で詳細調査を行った。写真-5は突堤基部から先端方向を望んで撮影したものである。この場合も突堤中央では、突堤北側の海浜地盤高が南側と比較して約1.2m低く、明らかに沿岸漂砂が北向きに卓越していることを示しているが、この突堤でも突堤の長さが短いため突堤の裏側の海浜地盤高が低くなっており、南側から打ち上げられた多くの貝殻を含む砂礫が突堤の裏側を通過して流れた痕跡が読み取れる。突堤背後の開口部から堆積域の中心を撮影したのが写真-6である。中央に置いたポールとの比較から幅約2m区間に集中的に貝殻が打ち上げられており、前方から波によって打ち上げられた砂礫が写真下部の方向へと流れ出たことが分かる。その



写真-5 突堤基部から先端方向を望む



写真-7 染川河口導流堤の南側での堆積状況



写真-6 突堤背後の開口部から堆積域の中心を撮影



写真-8 左岸導流堤上から河口の上流方向を望む

際、上手側海浜には浜崖が形成されている。このように突堤基部を砂が流出する際、上手側海浜に浜崖が形成される点については宇多ら<sup>3)</sup>の等深線変化モデルによる再現計算と同じ結果が得られた。

調査区域のほぼ中央にはこの区域で最も規模の大きい河川である染川が流入している。写真-7は染川の河口導流堤の南側に堆積した海浜状況を撮影したものである。染川河口導流堤の南側では導流堤によって沿岸漂砂移動が阻止されたため、その南側に広大な堆積域を有する。これは図-5にも示した通りである。写真-8は左岸導流堤上から河口の上流方向を撮影したものである。河口導流堤の天端高と海浜地盤高が一致するとともに右側から打ち上げられた砂礫がコンクリート製の導流堤上へと乗上げると同時に、一部は導流堤を超えて河道内へと土砂が落ち込んでいる。

## (2) 染川河口以北の海岸状況

染川河口以北では浜崖侵食が著しい。染川河口には図-5に示したように河口導流堤が延びているが、南側からの土砂供給量が減少した結果、写真-9のように河口右岸側では浜崖侵食が著しい。浜崖の高さは約2mに及ぶ。また観測者の立つ付近では未固結の軟岩が露出しており、その上部に載る約2mの砂層が削り取られたことが分かる。この付近では1923年の関東大地震の際約1m隆起している<sup>1)</sup>。したがってその当時形成されていた上総層群



写真-9 染川河口右岸側での浜崖侵食状況

の離水ベンチの上部に載る砂層が流出したと考えられる。浜崖の高さは河口導流堤から北向きに距離が増大するにしたがい低くなり、次第に現地盤にすり付く。このように河口導流堤の北側隣接域で最も高い浜崖が形成され、浜崖の高さが北向きに減少する点は、この付近における沿岸漂砂の卓越方向が間違いなく北向きであることを表している。

## 5. 沿岸漂砂卓越海岸における汀線変化と海浜横断形変化の関係

本研究の対象地域では北向きの沿岸漂砂が卓越していることは既に明らかである。ここで、沿岸漂砂が卓越

する海岸における汀線変化と海浜横断形との関係に着目する。いま沿岸漂砂が卓越する海岸に突堤が伸ばされた場合を考える。突堤の構造によって周辺の海浜変形は図-6のように分類される。不透過突堤であって天端高も波の打ち上げ高より十分高く、かつ突堤の陸側端を沿岸漂砂が抜けることがない構造を有する突堤の場合（図-6(a)）、一般に沿岸漂砂の上手側では汀線が前進し下手側では後退する。この場合、突堤設置以前の初期汀線上で突堤を横切る位置に測線A-A'を設定した時、A-A'断面では図-6(a)の状況が観察される。突堤を挟んで左側の海浜地盤高が右側よりも高くなる。この時海浜地盤の標高差を $h_0$ 、堆積域での平均的な前浜勾配を $\tan\beta$ とすれば、初期汀線からの汀線の前進量はおおむね $h_0/\tan\beta$ となる。すなわち沿岸漂砂の卓越する海岸にあっては不透過構造物を挟んで漂砂の上手側の海浜地盤高が高くなり、海浜の標高差と前浜勾配から空中写真に現れる汀線変化量が定まる。

次に不透過突堤であるが写真-2に示したように突堤の天端高が十分高くなく、前浜上への打ち上げ波の越流が起こる場合を考える（図-6(b)）。この場合、漂砂の一部が越流するために突堤上手側での汀線前進量および下手側での汀線後退量は共に小さくなる。A-A'断面では、図-6(b)のように突堤上手側の海浜地盤高は突堤天端と一致し、過剰な土砂は天端を越えて流れ落ちる。突堤右側の区域では突堤を越えた漂砂供給があるために海浜地盤高の差 $h_1$ は $h_0$ よりも小さくなる。地盤高の差( $h_0-h_1$ )は、(a)と比較した上手側での地盤高の減少分 $\Delta_1$ と下手側での地盤高の増加分 $\Delta_2$ の和である。堆積域での前浜勾配が一定であれば初期汀線からの前進量は $h_1/\tan\beta$ となって図-6(a)の場合よりも減少する。

突堤の長さが十分でなく、背後地との間から下手側へと沿岸漂砂が抜け出る条件下では図-6(c)の条件となる。平面的には図-6(b)の場合と同様であって、突堤を挟んで上手側では汀線が前進し、下手側では後退するが汀線変化量は図-6(a)の場合より小さい。しかし断面では違いが出る。突堤を挟んで突堤上手側では地盤高が $\Delta_3$ 低下し、下手側では $\Delta_4$ だけ増加する。したがって突堤両側での海浜地盤高の差は(a)の場合よりも小さくなる。ケース(b)、(c)は海浜地盤高の変化から見れば同様な効果をもたらすが、天端高に依存する越流の程度と突堤陸側端での下手側への沿岸漂砂の流出の程度によってそれぞれ値は異なる。

図-6(d)は突堤からの越流と突堤背後からの漂砂の抜け出しが同時に起こる場合である。この場合は突堤を挟んだ左右の地盤高の差 $h_3$ は漂砂の抜け出しが大きくな

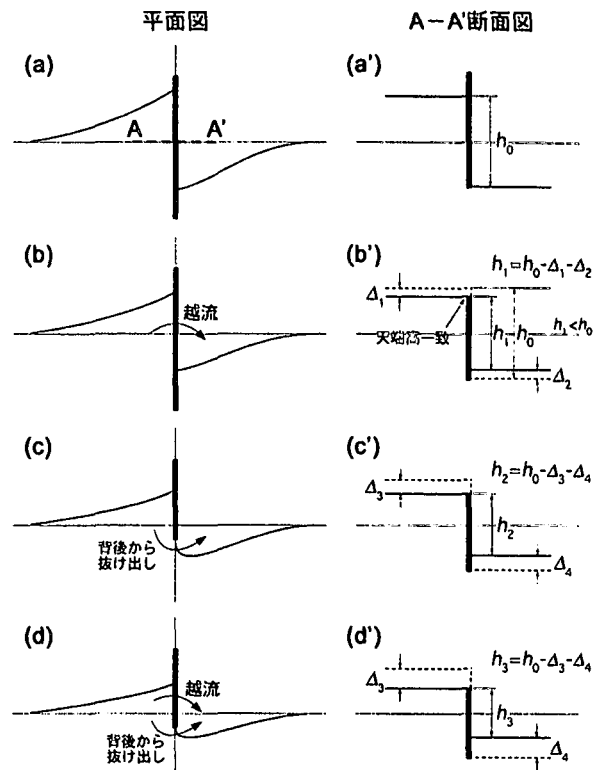


図-6 突堤の構造に依存した突堤周辺での海浜変形の模式図

るためケース(c)の場合より小さくなる。その結果、突堤両側での汀線位置の差もまた小さくなる。

## 6. あとがき

沿岸漂砂の卓越した海岸に突堤が設置された場合の汀線変化と突堤を挟む左右の地盤高の差は以上のように整理される。このような条件下にある海岸において現地踏査を行うにあたっては図-6に示す状況をよく整理して観察すれば簡単な方法によってもかなり定量的なデータの取得が可能であるし、少なくとも構造物周辺での漂砂の機構についての理解を誤る恐れがなくなると考えられる。

## 参考文献

- 1) 貝塚爽平：東京湾の地形・地質と水，築地書館，p.211，1993。
- 2) 宇多高明・神田康嗣：千葉県富津岬の海岸侵食，海岸工学論文集，第42巻，pp.651-655，1995。
- 3) 宇多高明・加藤憲一・見附敬三・山形 宙・赤松直博：突堤の陸側端を沿岸漂砂が通過する場合の海浜変形予測モデル-現地実測に基づく等深線変化モデルの拡張-，海洋開発論文集，第16巻，pp.589-594，2000。