

最近の現地観測とその成果について

服 部 昌太郎

1. まえがき

わが国で海岸工学が土木工学の一分野として確立されてから、約30年が経過した。この間、海岸関係の研究活動は年々活発になり、その成果は海岸工学講演会などに発表されている。海岸工学の研究が大きな成果をえられた背後には、現地での調査・観測等よりえられる貴重な経験や情報があつた。海岸工学の研究領域は益々拡大し、その内容はより多様化している。そして、研究活動は相変らず活況を呈しているが、研究進展の速度はわが国でもこの数年来若干低迷気味のように感ぜられるのは、筆者の偏見の故だけとは思われない。

この事は、現在の海岸工学の研究課題となっている多くの事柄は、そう簡単には征服出来るものではない事を示唆している。この難課題を解明するためには、今日までの研究成果に加えてより新たな知見を必要とする。これは、実際の海岸で起きている現象をより適確に把握、その発生機構を解明する中から、すなわち自然に学ぶことからえられると思う。

1970年以来、急速に進歩した観測用の各種測定機器と開発・改良された観測手法とによって、現地観測よりえられる情報量は飛躍的に増大し、その質はより定量的評価を行えるに足るまでに向上している。

そこで本講ではnearshore帯での海岸現象を中心に、最近行われた現地観測の観測法と成果について記述することとする。現地観測をテーマとした本研修会の講義は、「漂砂測定法」(福島, 1965), 「漂砂観測」(橋本, 1977), 「海浜流系の現地観測」(佐々木, 1978)がすでになされている。また、第26・27回海岸工学講演会のシンポジウムでも、現地観測がテーマとして取り上げられた(佐藤, 1980; 岩垣, 1981)。

2. 波浪(水面変動)の観測

nearshore帯での諸現象の主要因は波であることから、波浪観測を精度良く行い、しかもそこからえられる情報を適確に把握することが重要である。

外浜帯での波浪観測には、自記式とケーブル伝送式の水圧式と超音波式波高計(高橋・佐々木・岩田・斉藤, 1978)などが使用されている。新形式の波高計として、表面ブイ式波高計(橋本・山口, 1980)が実用化されようとしている。この波高計は設置水深の制約が比較的少なく、データ伝送はテレメータシステムを利用して行う。(ブイの応答性をより良好にする必要がある。)

nearshore帯内の波浪観測は、容量式、抵抗式、ステップ式等の波高計(土屋・井上・芝野, 1978), ポールアレーを利用した16mmシネカメラ(Weishar・Byrne, 1978 堀田・水口, 1979), 地上・空中ステレオカメラ(服部・佐藤, 1979; 針貝, 1981)等によって行われている。

容量式波高計は実験室と同様に、現地でもその安定性と直線性が良好であることから、各種形式のものが使用されている。写真-1は鹿児島大学(佐藤・中村・田村, 1980)で開発された容量式波高計で、波高計上端部の円筒ケース内には発振回路が封入されている。このため、現地観測で問題となる

信号伝送ケーブル長の電氣的制約はなくなった。消費電力も少なく長時間連続観測も可能である。

シネカメラによる水面変動測定は、複数のカメラを同期させることによって、多測点での同時測定が可能となり、入射波の浅水変形や砕波等の観測が比較的精細に行える。しかし、水面撮影のため観測用栈橋など、砕波帯を横切るような施設を必要とする場合がある。

図-1*) (磯部・堀川, 1981) は、砕波帯内外での波浪を容量式波高計とシネカメラとにより同時測定した結果である。砕波帯

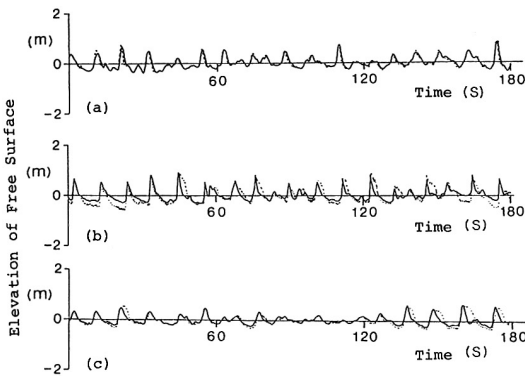


図-1 水面変動の測定結果の比較

(— 容量式波高計, --- シネカメラ)

沖側(図a)では両者の一致は良好であるが、砕波帯内(図b)では水位下降時の波高計の追従性が悪いことが認められる。砕

波点付近(図c)のように波高が高い地点では、シネカメラの据付け位置が悪いと、水面下降時の水位読みとりの誤差が大きくなる。容量式波高計記録よりシネカメラの記録へ変換するための補正係数は、砕

波帯外ではほぼ1であるが砕波帯内では0.8~0.85となる。(容量式波高計の追従性が主原因である。)

ステレオカメラによる測定結果より、図-2に見られるような岸・沖方向の水面形状の時間変化がえられる(針貝, 1980)。この測定法の撮影フィルムよりの図化作業には、専門技術者の力をかりる必要があるが、砕波帯内の波高分布や砕波後の波の屈折、海浜流系の発生状況など、各種の情報が総合的にえられる利点がある。

波向観測には、波高計アレーや陸上よりのレーダーが使用される。Esteva(1977)は、波高計を用いる波高計アレー形状を検討している。Mattie・Harris(1970)は、波峯線をとらえることはセンチ波レーダーで可能であることを示した。レーダー観測の問題点は、レーダー映像の解像力の向上とその記録(画像)処理技術にある。レーダー使用によるリモートセンシング技術を使用して、波高、周期をも測定する研究も行われている(Weissman・Johnson, 1977; Plant, 1977)。

波高測定結果の処理に当って、1ヶ1ヶの波をゼロアップクロス法(アップ法と略記)とゼロダウンクロス法(ダウン法)とによって分解すると、データ処理結果に差が生ずる(図-3)(堀田・水口, 1979)。砕波帯付近の個々の波の特性を考えると、波峯前面の立ち上がりが重要であることから、ダウン法による波の分解法の方が適切といえる。ダウン法によると、砕波点付近では波峯後面と波谷間にゼロを切る二次波の存在のためアップ法より波高が小さく、また周期が短くなる傾向(外浜帯の

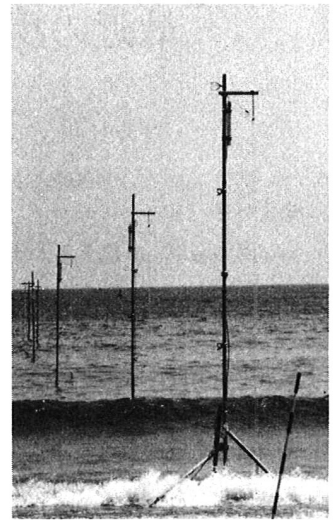


写真-1 鹿児島大で開発した容量式波高計

*) 両者の絶体水位が直接比較出来ないため、縦軸原点はそれぞれの記録から求めた平均水位としてある。

波数より波数が増大する)がある。

沿岸域の水位変動記録には、波浪とは独立といえる長周期の水位変動成分が常に存在する(図-4, 水口, 1981)。したがって、波浪による水位変動(波高・周期)を決めるゼロ点の決定には、数値フィルターなどによってこの長周期成分を除去する必要がある。なお、サーフビートといわれるこの長周期の水位変動の発生因として、エッジ波や重複波が考えられている(Hantley, 1976b; 水口, 1981)。

波形勾配が特に大きい場合を除いて、砕波点付近は長波領域に含まれるので、波の分散性は小さい。この考にもとずき、ダウン法によって分割した一波ごとの波の浅水変形(波高)を追跡した結果が、図-5(磯部, 1981)である。縦軸と横軸は沖波波長 L_0 で波高

H と水深 h を無次元化したもの、図中の数字は波に付した番号である。また、一点鎖線は砕波条件で、点線はエネルギー保存則(有限振幅波理論)より計算される波高変化を示す。個々の波の波高変化にはかなりのばらつきがあるが、平均的には理論曲線に近い変化を示している。また、個々の波が最大波高を生じた後の波高変化と $H = rh$ ($r = 0.82$) とを比較すると、図中の直線が波高の上限(砕波)を与えていると見なせる。

不規則波の浅水変形を検討する一つの方法として、観測記録より主要な波を取り出して、それを周期一定の規則波としての取り扱いを行うことが、水口・松田(1980)によって提案されている。

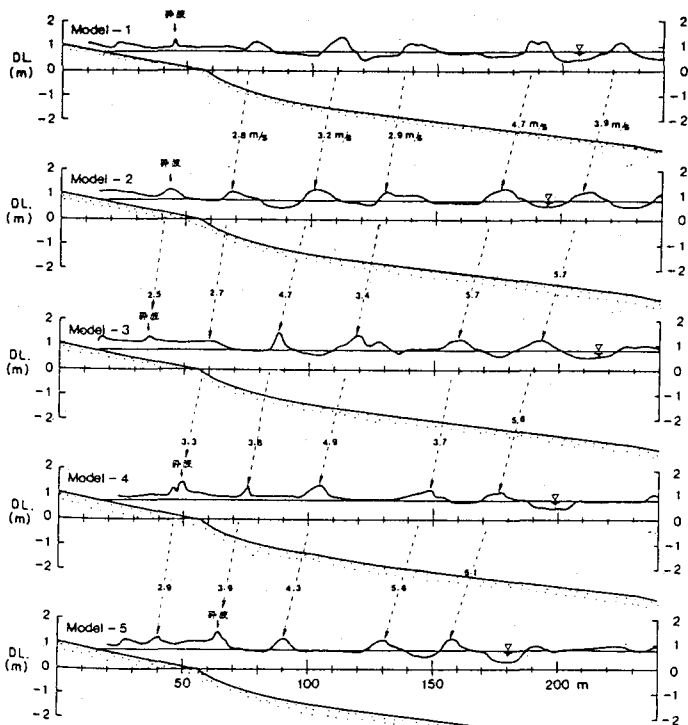


図-2 ステレオカメラの観測記録より図化した岸沖方向の水面形状の時間変化(大洗海岸)

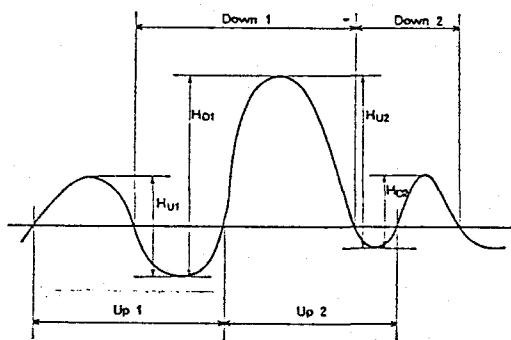


図-3 アップ法とダウン法による波の定義の差

3. 流速場の観測

nearshore 帯 — 特に砕波帯内 — の流速場の観測方法は、佐々木(1978)がすでに詳しく紹介している。1970年以降急速に改良された二成分電磁流速計の出現によって、現地における流速場の

精度の高い測定が可能となった。しかし、流速計による測定結果は測点での流速場の情報を与えるにすぎない。nearshore 帯内の全体的な流速場の挙動を把握することもまた重要で、フロートや染料等を使用する測定も欠くことの出来ないものである。

電磁流速計を使用した最近の現地観測のテーマとしては、砕波帯内の流速場 (Huntley・Bowen, 1975; 堀川・堀田・水口・磯部, 1979; 磯部・水口・堀川, 1980), 流れ (潮流, 海浜流) (近藤・谷野, 1978) と摩擦係数 (Huntley, 1976a; 橋本・宇田, 1978; 柿沼・伊福・井内, 1980), 長周期波 (Huntley, 1976b; Chappell・Wright, 1978; Huntley・Bowen, 1978; 水口, 1981), および砕波による乱流構造 (Thornton・Galvin・Bub・Richardson, 1976) などがある。

図-6と写真-2は二成分電磁流速計 (盛岡計器製作所) で、センサー部にプリアンプが収納されている。この流速計の最大応答速度は0.1秒であるため、流速の乱れ成分の測定には若干の問題がある。写真-3は米国で広く使用されているMarsh-McBirney型電磁流速計である。

図-7は、電磁流速計 (図-6) と容量式波高計 (写真-1) の同時測定データを示したもので、岸沖方向流速と水位変動との間に良好な相関が認められる。流速測定記録にも波高記録と同様に、長周期の流速変動が顕著に認

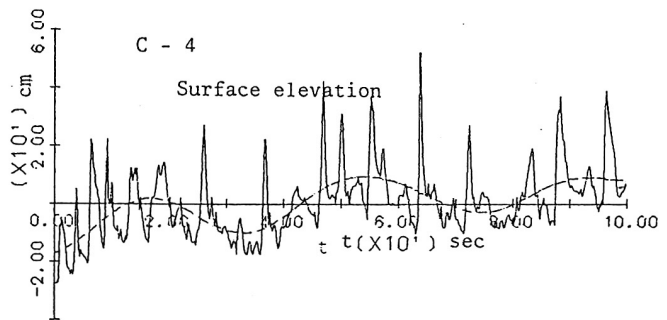


図-4 波高観測に見られる長周期水位変動とその除去

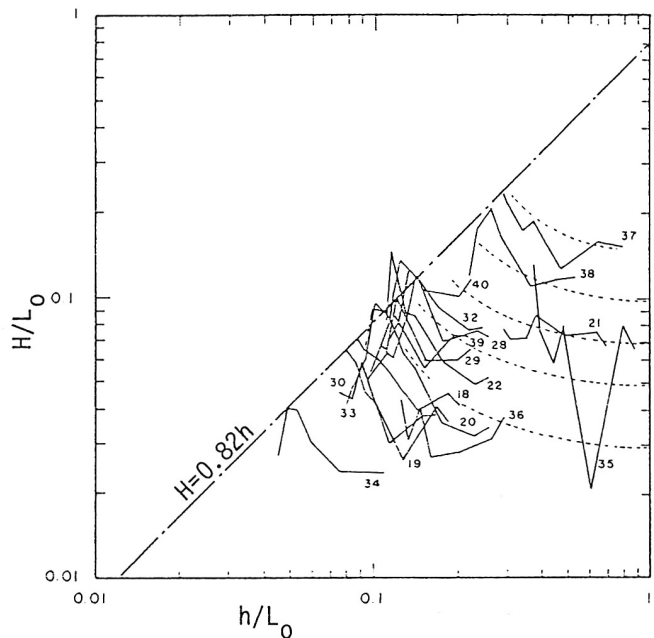


図-5 波高の浅水変化

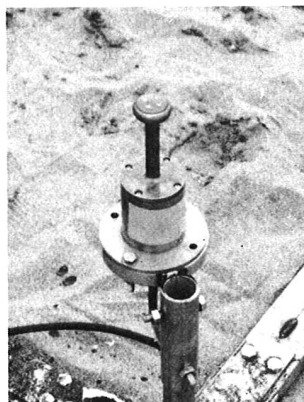


写真-2 二成分電磁流速計 (盛岡計器製作所)

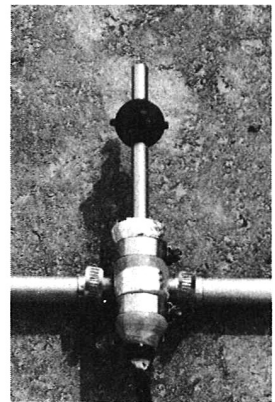


写真-3 Marsh-McBirney型電磁流速計 (米国)

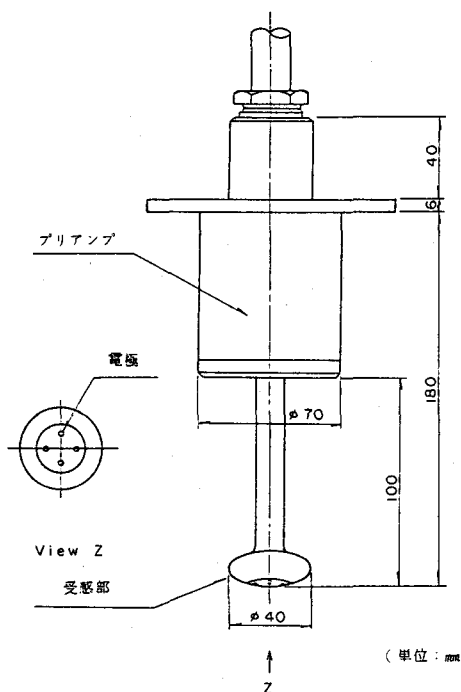


図-6 二成分電磁流速計
(盛岡計器製作所)

められる。したがって、観測目的に応じて、図-8のように波動成分と長周期成分(図中の破線)を分離する必要がある(水口, 1981)。

磯部・水口・堀川(1980)は大洗海岸の二次元性の強い海浜で碎波帯内外の流速場の観測を行った。碎波前後の流速変動全振幅と波高の発生頻度分布は、図-9に見られるように異なる。碎波前ではRayleigh分布に近く、碎波後では碎波により波高の小さな波が増えると共に、波高の大きい波は急激に減少する。岸沖流速の時間平均値の鉛直分布(図-10)より、碎波帯内外を通して底面付近に沖向きの流れが存在する。この傾向は二次元波動水槽内にも認められ、この流れの存在と岸沖漂砂との関係などは今後検討する必要があると思われる。

水面変動記録より波による流速が推定されるならば、碎波帯内外の諸現象を説明する上で大きな手がかりをうることとなる。水面波形と波速との対応の線形性(相似性)は、碎波帯外では非常によく碎波帯内ではやや落ちる。波形と流速との相似性が良いことを踏えて、磯部らは長波理論、線形フィルター

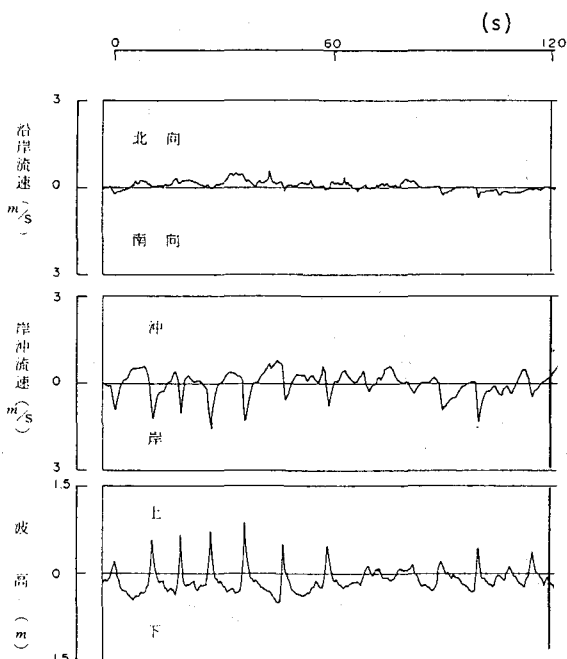


図-7 電磁流速計の生データの例

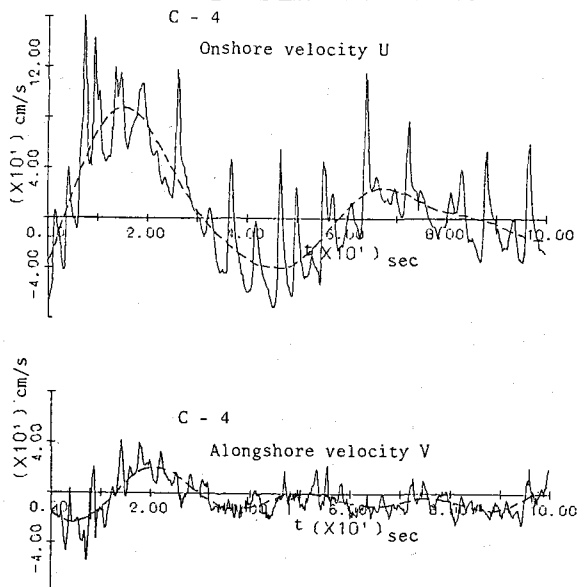


図-8 流速の波動成分と長周期変動成分の分離
(水口, 1981) [図-4の波高観測と同一地点]

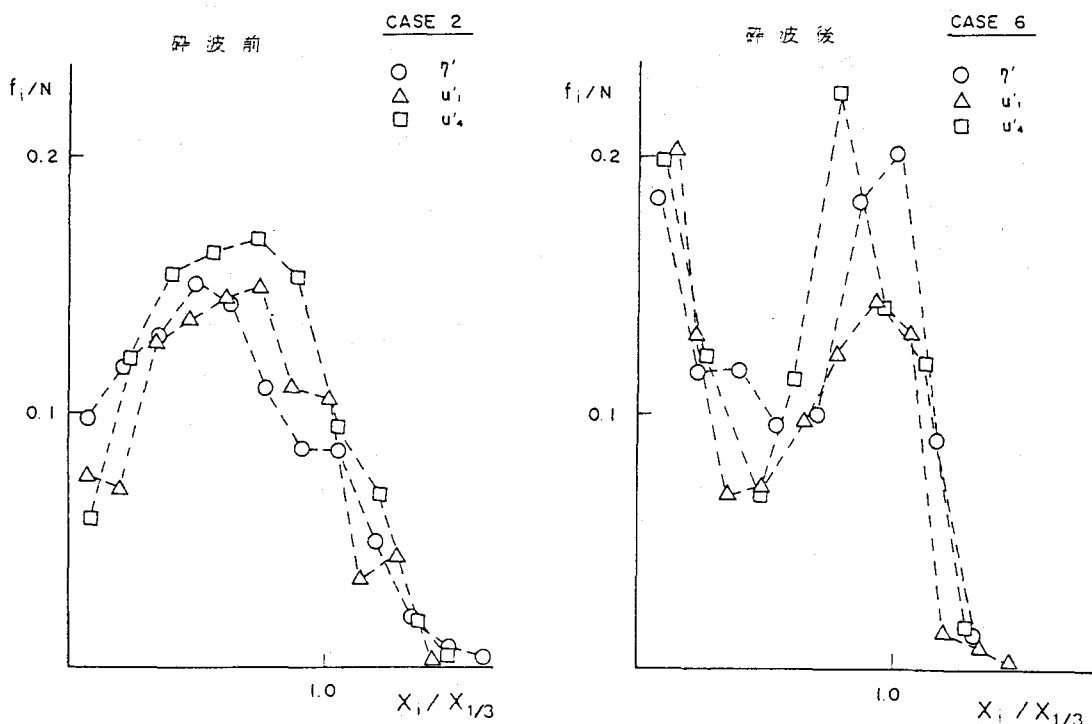


図-9 水位および流速変動における全振幅の頻度分布
(zero-down-cross 法) 図中、 N は波の総数
 f_i は頻度数、 $X_{1/3}$ は有義量を表す。

法 (Reid, 1958) および流れ関数法 (Dean, 1965) を用いた水平流速の計算値と実測値との比較を行った (図-11 (a)~(c))。そして、碎波前後では流れ関数法による計算値が、ほぼ妥当な値を与えることを示した (水平流速振幅に着目する)。

碎波によって持ちこまれる乱れ構造も、現地観測での興味ある問題となりつつある (流速計の改良が必要)。水位・流速変動のパワースペクトル、流速変動成分の相関などを基礎に、堀川・堀田・水口・磯部 (1979) は以下のような鉛直層モデルを提案した。すなわち、上層部では碎波による乱れが支配的で、中層部では上層部での乱れのためある程度波による流速場にしよう乱が生じる。下層部では上部の乱れが

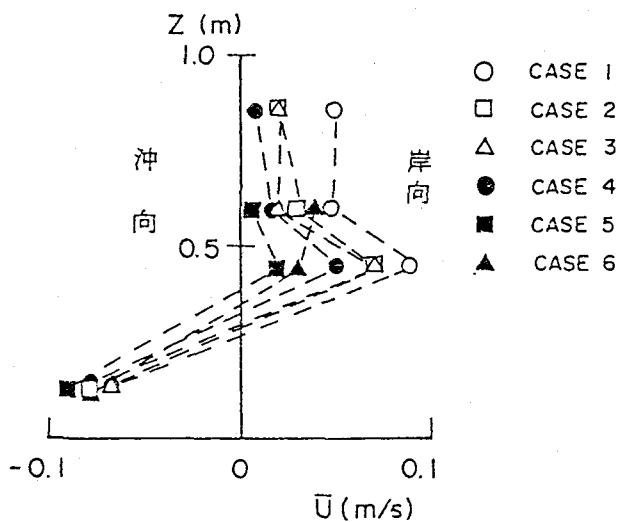


図-10 岸沖流速の時間平均値
(図中の Z は各地点で底面より上向きにとった鉛直座標である。)

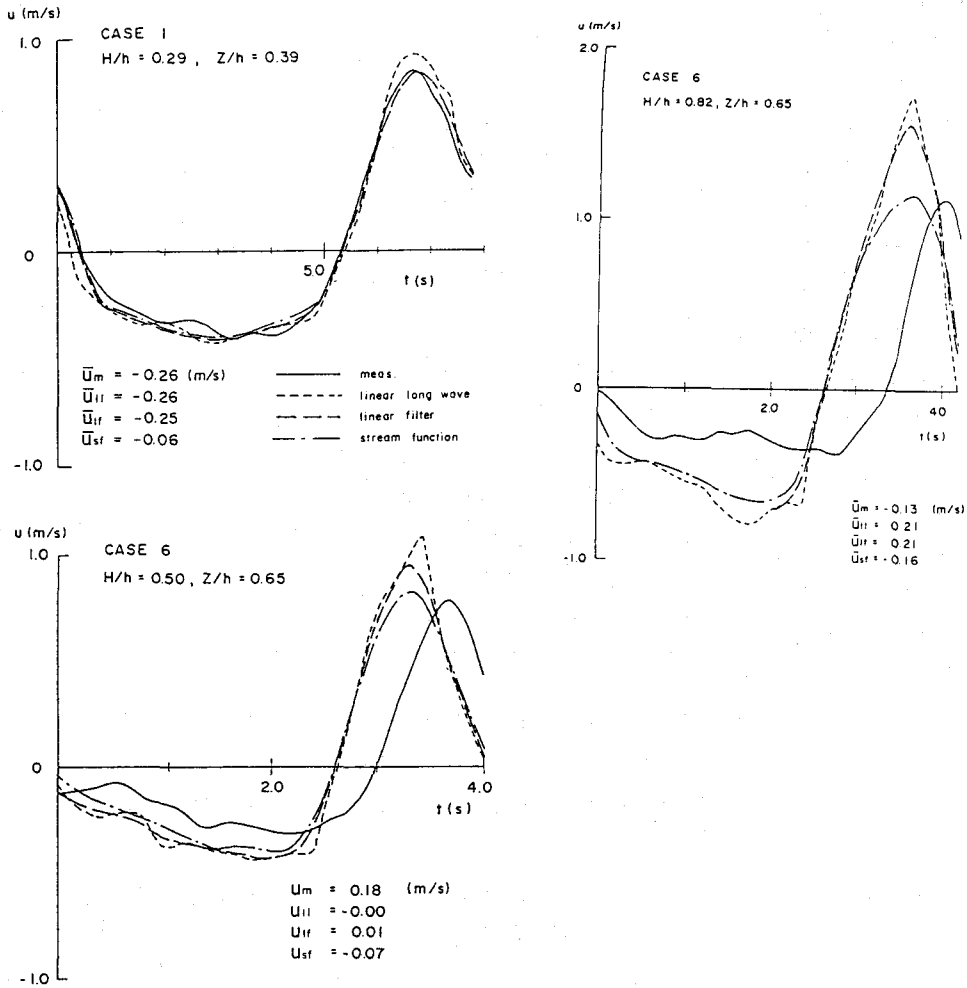


図-1 1 水面一流速変動の計算値と実測値

及ばず水面変動に伴う流速変化が支配的である。このような流れの構造は、碎波形式や碎波位置よりの距離によって異なる。Thornton (1978) は、碎波形式と碎波による乱れ強度 (σ_u / σ_U) との関係、実測値を整理して図-1 2 のように与えている。ここに、 $\tan \beta$: 海浜勾配、 $4\sigma_\eta$: 有義波高に相当する量、 ω : 角周波数、 g : 重力の加速度である。

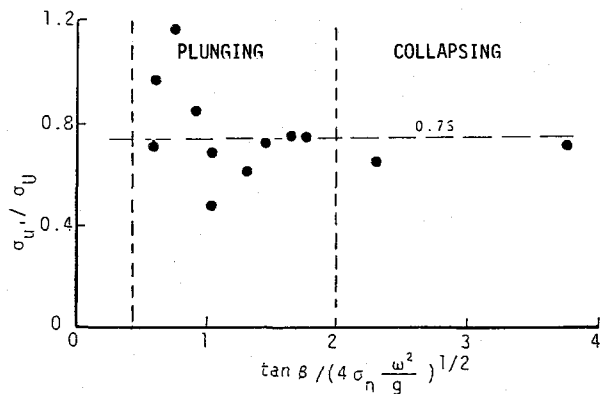


図-1 2 碎波形式と乱れ強度

4. 漂砂量の観測

表ー1 漂砂量測定法の分類

Downing (1977) は現地海岸での漂砂量測定法を、表ー1のように分類している。現在、海浜変形予測モデルの必要性が強調されているが、モデルの根幹ともいえる漂砂量評価式一特に岸沖方向漂砂ーはまだ十分に定ったとはいえない。漂砂量測定の手法は種々改良されているが、まだ測定方法も確立されていない(海洋科学技術センター1981)。

漂砂量をフラックスとして直接測定する考えからすれば、漂砂測定に捕砂器を使用することが最も望ましい。しかし、測定

対象となる nearshore 帯の流体運動は不規則性に加えて非線形性が強く、また、漂砂移動形式は near-shore 帯内の場所と微地形によっても変化する。捕砂器による測定は従来より試みられているが、樫木・出口(1977)は写真ー4に見られる埋込み式捕砂器で、漂砂量と共にその卓越移動方向を同時に検出することを試みた。

掃流砂捕砂器の問題点は、(1) 捕砂器の一部に浮遊砂が含まれること、(2) 捕砂器自身のじょう乱と捕砂器周辺の局所洗掘の効果、(3) 捕砂器の形状効果、(4) 捕砂効果に及ぼす底質粒径の影響などであり、これらの事柄は河川のような一方向流れの場の捕砂器ですら、未だ解決されていないものである。なお捕砂器に関する組織的な研究としては、Gardner(1980)のものがある。

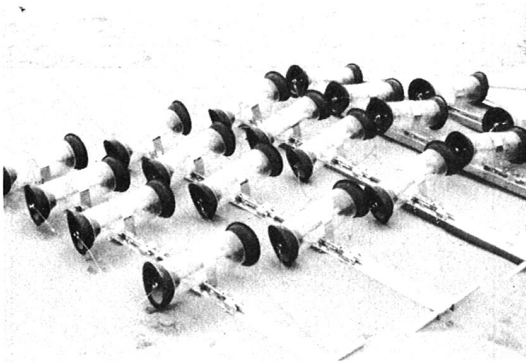
浮遊砂測定には、わが国特有の竹筭式捕砂器(福島, 1965)が今日でも使用されている。最近 Kana(1980)は瞬間的サンプラーを開発して現地観測を行っている。写真ー5は、Kana のサンプラーとほぼ同形式のものである。このサンプラーを海浜面上に立て瞬間捕砂を行うことで、浮遊砂の鉛直分布測定が行える。田中・加藤・難岡(1979)は swash 帯の漂砂を対象に、図ー13の落下式瞬間サンプラーを開発した。そして、波の位相との対応のもとで、浮遊砂量の変化を調べている。

光電式浮遊砂量計はわが国でも若干使用されているが、まだこの装置による観測結果は報告されていない。Brenninkmeyer(1975)は光電式浮遊砂量計の観測システムを開発し、Nauset Light Beach (U. S. A.) で荒天下の観測を行った。そして、荒天下の浮遊砂量は、静穏時下の5倍以上にな

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">① 掃流砂 (bed load) の測定方法<ul style="list-style-type: none">a. 捕砂器 (トラップ) による方法b. トレーサーを用いる方法c. ripple 等の微地形の移動より求める方法② 浮遊砂 (suspended load) の測定方法<ul style="list-style-type: none">a. 直接的方法 (サンプラーまたはトラップ)<ul style="list-style-type: none">i) 瞬間的サンプラーまたはトラップii) 点積分型サンプラーまたはトラップ (ポンプ, 捕砂竹)b. 間接的方法<ul style="list-style-type: none">光電管, フォトセル, X線, γ線③ 全漂砂量 (total load) の測定方法<ul style="list-style-type: none">海海岸構造物周辺の土量変化を測定する。④ 最近の新しい手法<ul style="list-style-type: none">超音波, マイクロフォン, レーザー等 |
|--|



写真ー4 樫木・出口の開発した捕砂器

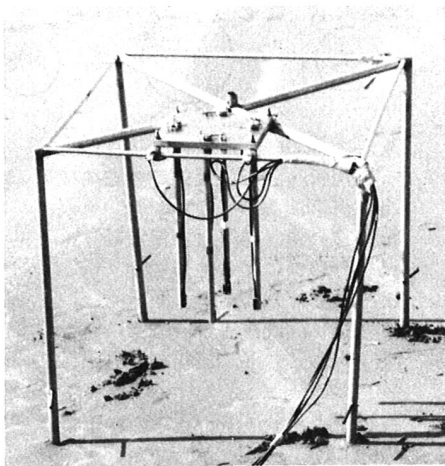


写真一五 Kanaタイプの瞬間式サンプラー
(NERC)

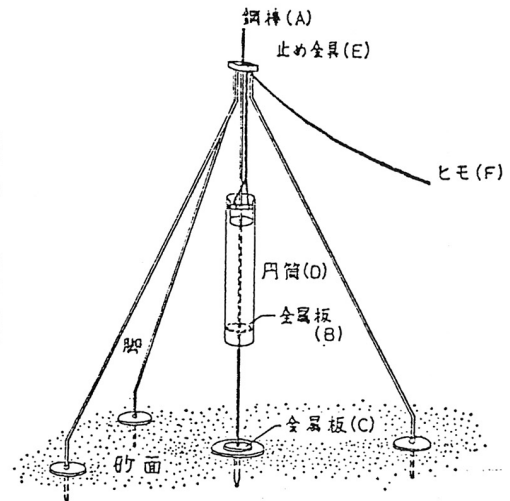
ることを報告している (Leonard・Brenninkmeyer, 1978)。

海底泥土の浮遊濃度測定にはポンプ式サンプラーが使用されているが (熊谷・西村, 1980), Wells・Coleman・Wiseman (1978) は図一14に示す2ケの圧力計を使用した測定システムを開発した。

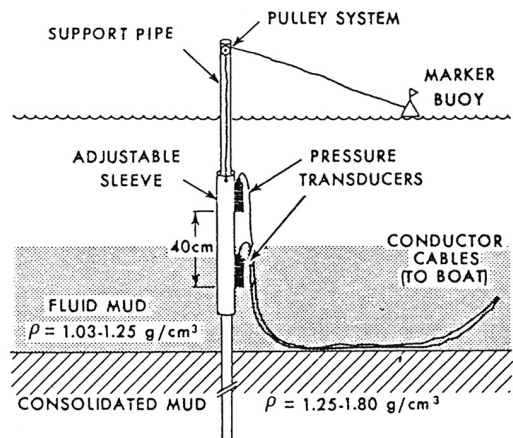
新しい形式の漂砂量計としては、ピエゾメーターを利用した impact tube (NSTS) や超音波式のもの (写真一6, 海洋科学技術センター, 1981) (Wenzel, 1974) が開発されている。また、海底ソリに浮遊砂サンプラーを取りつ



写真一六 超音波式漂砂量計



図一13 落下式瞬間サンプラー



図一14 圧力計を利用した浮遊泥土測定装置
(Well Isetal)

けて実測を行った例もある (Coakley・Savile・Pedrosa・Larocque, 1978)。

現時点で比較的信頼性の高い漂砂観測は蛍光砂をトレーサーとする方法で、この方法は多くの現地観測で採用されている (橋本, 1977; Kraus・Farinato・堀川, 1980)。蛍光砂を投入し、その分布重心の移動速度より漂砂移動速度を推定することは出来る。しかし、漂砂量を推定するためには漂砂の移動層厚 (Gaughan, 1978) を何らかの方法で決める必要がある。Kraus (1981) は移動層厚として、図一

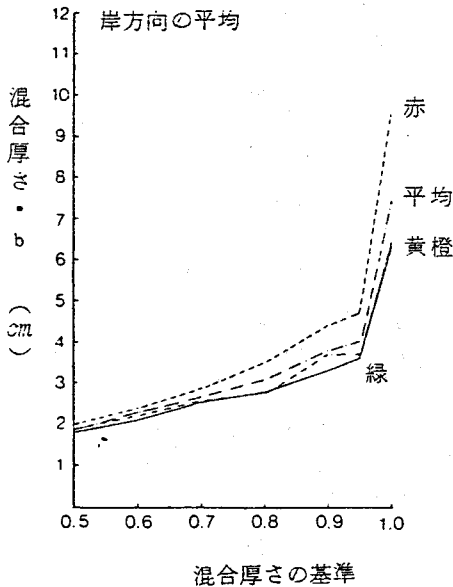


図-15 螢光砂の移動層厚の決定法

15に示される方法を提案している。すなわち、図の横軸はサンプリングコア内の全螢光砂数に対する海底面からある深さまでに含まれる螢光砂数の割合で、勾配急変点の深さをもって漂砂移動層厚とする。この方法によって推定される沿岸漂砂量とKomar・Inman(1970)の式と比較したものが、図-16である。トレーサーを用いて磯海浜の底質移動速度を、服部・鈴木(1976)、首藤・田口・遠藤(1977)、Wright・Cross・Webber(1978)が調べている。

漂砂量を推定する方法の一つとして、構造物・地形を利用して海浜地形変化より推定するものがある(服部・小松, 1980a; Wang・Howard・Chang・Smutz, 1979)。服部・小松(1980b)はポールアレーを利用した海浜地形測定より、底質移動の連続式を用いて岸沖方向の漂砂量分布を推定し、漂砂移動に潮位変動の効果が大きいことを指摘した。また、地形変化より漂砂量を推定する場合、沖浜帯での地形測定をmmオーダーまで行う必要がある。

5. 海浜地形の測定

nearshore帯の海浜地形の形成と変形過程は、図-17(堀川, 1977)に示されるように波・海

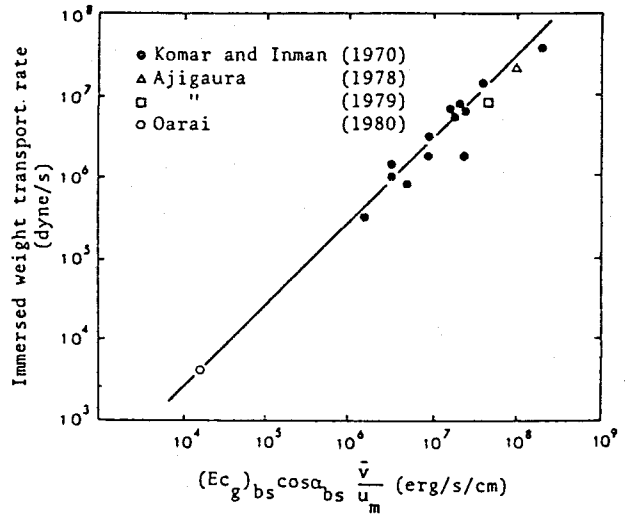
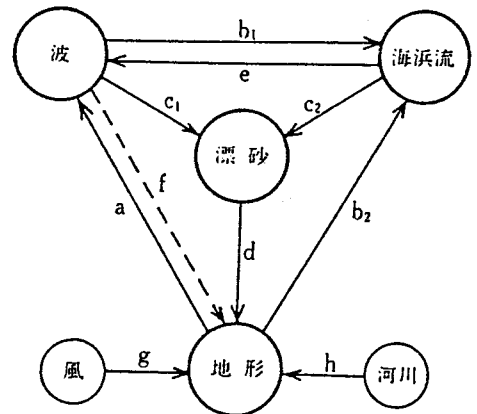


図-16 沿岸漂砂量の実測値と

Komar・Inmanの式との比較



- a : 屈折・回折・反射等の波の変形
- b : 海浜流
- c : 漂砂量(浮遊砂, 掃流砂)
- d : 砂移動による地形変化
- e : 波と流れの干渉
- f : 機械的洗掘等(砕波点, swash zone)
- g : 飛砂
- h : 河川の流送土砂

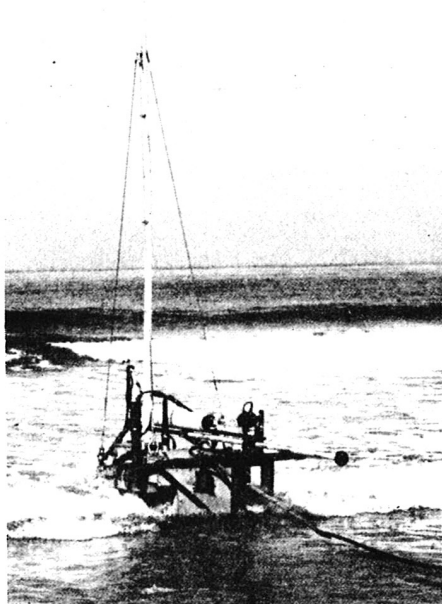
図-17 nearshore帯の諸現象の相互関係模式図

浜流・漂砂等の作用の結果でもあり、また逆に海浜地形はこれらの諸現象に大きな影響を及ぼす。したがって、nearshore 帯の諸現象を正確に理解するための基礎データとして、海浜地形を精細に測定するだけでなく、測定範囲は出来るだけ広く、そして測定結果には同時性をもたせることが要求される。

以上の地形測定に対する要請に応えるため、種々



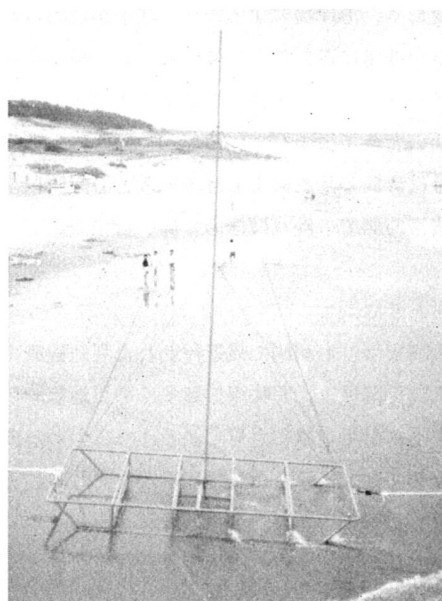
写真一七 CERCの海底測量車CRAB



写真一八 Scripps 海流研究所の測定車



写真一九 わが国で試作された走行車



写真一〇 地形測定用ソリ

の測量用海底走行車やソリが製作されている。写真-7はCERCのCRAB (Hobson・Schwartz・Musialowski, 1980), 写真-8はScripps 海洋研究所の測定車 (Seymour・Higgins・Bothman, 1978), また, 写真-9は最近わが国で試作されたもの (海洋科学技術センター, 1981) である。地形測定にソリ (写真-10) を使用するとともに, 橋本・宇多・竹測 (1980) や堀田・水口・磯部 (1980) は, ソリに波高計や浮遊砂量などを登載して各種の測定にも使用した。

リモートセンシング技術を利用して, 高速で広域の海浜地形を測定する方法—レーザー光線の海面と海底よりの反射を利用—が, 米国で実用化されようとしている。しかし, 測定精度は余り良くない (Heath, 1980)。長期間にわたる海浜縦断地形測定を行い, 主成分回析法—empirical eigenfunction—を適用して, 海浜特性を今までと異った見方より明らかにすることも行われている (Winant・Inman・Nordstrom, 1975; Aubrey, 1979; 橋本・宇多, 1979)。

6. 砕波帯付近の拡散—トレーサー追跡—

砕波によって生ずる乱れは, 砕波帯内外での底質・物質の移動・拡散現象や沿岸流の流速分布に, 重要なかわりを持つ。

砕波帯付近の拡散現象の現地観測には, 熱・染料・河川よりの濁水などをトレーサーとして使用し, これらトレーサーの拡散状況を気球やヘリコプターに登載したカメラによって連続撮影して解析を行う方法が用いられている (橋本・宇多・田中, 1979; Kraus・三村・堀川, 1980; 三村・堀川・渡辺, 1980)。

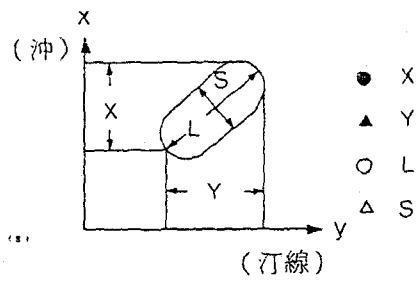
Krausらは, トレーサー用染料を砕波帯内外に投入し, 染料雲の移動・変形の様相をヘリコプターより連続撮影すると共に, すでに写真-5に示したサンプラーを用いて染料の鉛直濃度分布を測定した。図-18は染料雲形の形状と移動を表わす図示の4ケの代表スケールを選び, 染料雲の拡がりの時間的な変化を示したものである。図(a)は染料投入点が砕波帯内の場合で, 砕波の通過時に起る染料雲の急激な変形や, 沿岸流による伸長の様子が認められる。図(b)は投入点が砕波帯外の場合で, 染料雲の伸長速度が非常に遅いことが解かる。この様な染料雲の変形に加えて, 容量式波高計と電磁流速計による測定データとより, 三村 (1981) は以下の事柄を指摘している。(1) 砕波による乱れは大きく, 砕波波面の背後に集中している。(2) 砕波による乱れは海底面までは到達していない。(3) 砕波帯内の染料拡散は砕波の乱れによる乱流拡散と沿岸流による移流拡散の2現象が支配的な役割りを果している。(4) 砕波帯沖側での乱れは極めて弱い。

7. おわりに

本講では, わが国で最近行われた現地観測の技術とその成果を中心にまとめてみたが, 筆者の力不足と紙数の関係上, 興味深い数多くの現地観測の成果を述べるまでに至らなかった事大変残念に思う。

本講の引用文献にも見られるように, わが国では研究者・技術者の協力の下に, 様々な課題に関してきわめて創意に満ちた現地観測が行われている。まさに, わが国は海岸工学分野の現地観測では, 世界における最進国であると云える。

現地観測より有意な成果をうる背後には, 現地観測に従事する人々が払った計かり知れない肉体的・精神的苦勞がある。この事を考えると, 現地観測の成果によって図面上にプロットされる1ケ1ケの点の重みを, 吾々は一層大きく感じる必要があることを最後に強調したい。



広がりの長さの模式図

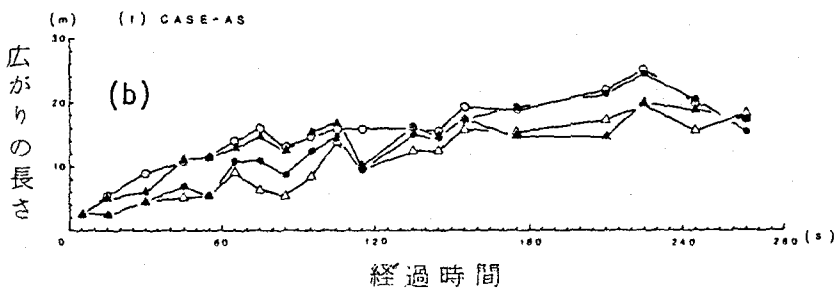
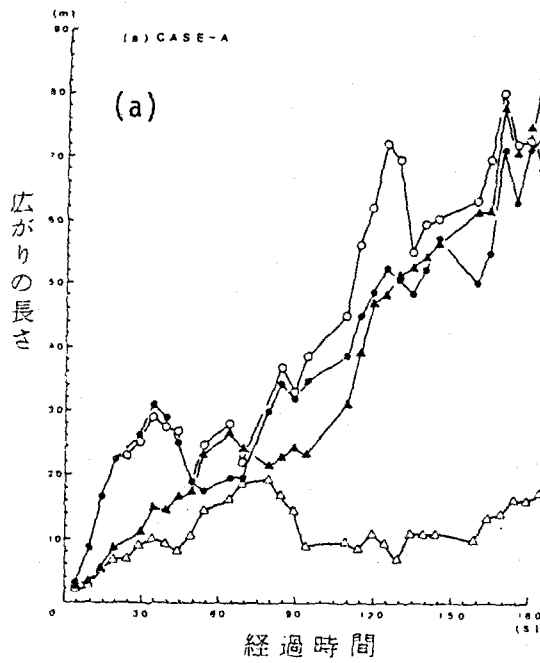


図-18 染料雲の拡がりの時間変化

引用文献

- 橋本宏(1977)漂砂観測, 1977年度水工学に関する夏期研修会講義集, Bコース, 77-B-6
- 橋本宏・宇多高明(1978)阿字ヶ浦における海浜過程(第3報), 第25回海講論, pp.269-263.
- 橋本宏・宇多高明(1979)経験的海浜地形モデルの小川原湖海岸への適用, 第26回海講論, pp.215-219.
- 橋本宏・山口修(1980)表面ブイ式波浪計の実用化に関する研究, 第27回海講論, pp.109-113.
- 橋本宏・宇多高明・竹渕勉(1980)砕波帯における橋脚の洗掘, 第27回海講論, pp.265-279.
- 服部昌太郎・鈴木隆介(1976)海浜礫の変異系列に関する現地実験, 第23回海講論, pp.268-273.
- 服部昌太郎・小松登(1980a)試験突堤周辺での底質移動現地観測, 第17回自然災害科学シンポジウム講演集, pp.307-310.
- 服部昌太郎・小松登(1980b)現地海浜の岸沖漂砂量に関する研究, 第27回海講論, pp.187-191.
- 服部昌太郎・佐藤敏夫(1979)地上ステレオ・カメラによる砕波帯内の波の観測, 第26回海講論, pp.148-151.
- 針貝聡一(1980)第4回合同総合現地観測報告書, NERC Tech. Rept. No 11, 海岸環境工学研究センター, pp.101-1150.
- 針貝聡一(1981)第5回合同総合現地観測報告書, NERC Tech. Rept. No 14, 海岸環境工学研究センター.
- 福島久雄(1965)漂砂測定法, 1965年水工学に関する夏期研修会講義集, Bコース, pp.1-10.
- 堀川清司(1977)海浜変形予測手法の開発について, 海岸, No 17, pp.1-5.
- 堀川清司・堀田新太郎・水口優・磯部雅彦(1979)砕波後の波にともなう流速場に関する現地観測, 第26回海講論, pp.46-50.
- 堀田新太郎・水口優(1979)砕波帯内の波の現地観測, 第26回海講論, pp.152-156.
- 堀田新太郎・水口優・磯部雅彦(1980)砕波帯内の波の平面分布特性について, 第27回海講論, pp.129-133.
- 磯部雅彦・堀川清司(1981)砕波帯付近における流速場の浅水変化に関する研究, 第28回海講論, (印刷中)
- 磯部雅彦・水口優・堀川清司(1980)砕波帯付近の波にともなう流速場に関する現地観測, 第27回海講論, pp.148-152.
- 岩垣雄一(1981)長大栈橋を用いた海岸の現地観測の現状と将来, 土木学会誌, Vol. 66, No 4 Annual'81, pp.54-61.
- 海洋科学技術センター(1981)海岸水理に関する研究(観測装置の開発)報告書, 198 pp.
- 柿沼忠男・伊福誠・芋内国光(1980)中予海岸における波浪変形の観測(3)―海底摩擦係数および流速一, 第27回海講論, pp.119-123.
- 熊谷幹郎・西村肇(1980)海況の変化にともなう浮遊粒子濃度の変化, 第27回海講論, pp.235-239.
- Kraus, N.C.(1981)第5回合同総合現地観測報告書, NERC Tech. Rept. No 14, 海岸環境工学研究センター.
- Kraus, N.C.・R.S.Farinato・堀川清司(1980)沿岸漂砂量に関する現地観測―岸沖方向分布お

- よび時間変動について一、第27回海講論, pp. 245-249.
- 近藤叔郎・谷野賢二(1978)イタンキ海岸の海浜変形過程, 第25回海講論, pp. 260-263.
- 水口優(1981)砕波帯内の流体運動に関する現地観測, 第28回海講論, (印刷中)
- 水口優・松田仲次(1980)現地不規則波浪の浅水変形について, 第27回海講論, pp. 134-138.
- 三村信男(1981)第5回合同総合現地観測報告書, NERC Tech. Rept. No 14, 海岸環境工学研究センター.
- 三村信男・堀川清司・渡辺晃(1980)大熊海岸における温排水の拡散に関する現地観測, 第27回海講論, pp. 507-511.
- 佐々木民雄(1978)海浜流系の現地観測, 1978年度水工学に関する夏期研修会講義集, Bコース, pp. B-8-1-15,
- 佐藤道郎(1980)海岸における現地観測と解析, 土木学会誌, Vol. 65, No 4 Annal '80, pp. 52-60.
- 佐藤道郎・中村和夫・田村孝義(1980)砕波帯付近の波浪特性に関する現地観測, 第27回海講論, pp. 124-128.
- 樫木亨・出口一郎(1977)砕波帯内における掃流漂砂の挙動について, 第24回海講論, pp. 152-156.
- 首藤伸夫・田口二郎・遠藤泰司(1977)富士海岸における砂礫の移動について, 第24回海講論, pp. 221-225.
- 高橋智晴・佐々木弘・岩田邦彦・斉藤清(1978)超音波式波高計測定回路の改良と効果, 第25回海講論, pp. 55-59.
- 田中則男・加藤一正・難岡和夫(1979)砕波帯内における浮遊濃度分布-2・3の興味ある観測例について一, 第26回海講論, pp. 182-186.
- 土屋義人・井上雅夫・芝野昭夫(1978)わが国における波浪の地域特性, 第25回海講論, pp. 65-69.
- Aubrey, D.G. (1979) Seasonal patterns of onshore /offshore sediment movement, Jour. of Geophy. Res., Vol. 84, pp. 6347-6354.
- Brenninkmeyer, B.M. (1975) Mode and period of sand transport in the surf zone, Proc. 14th ICCE, pp. 812-827.
- Chappell, J. & L.D. Wright (1978) Surf zone resonance and coupled morphology, Proc. 16th ICCE, pp. 1359-1377.
- Coakley, J.P., H.A. Savile, M. Pedrosa, & M. Larocque (1978) Sled system for profiling suspended littoral drift, Proc. 16th ICCE, pp. 1764-1775.
- Dean, R.G. (1965) Stream function representation of nonlinear ocean waves, Jour. Geophy. Res., Vol. 70, pp. 4561-4572.
- Downing, J.P. (1977) Sediment transport measurement in the nearshore environment; A review of the state of the art, NSTS Workshop on Instrumentation for Near-shore Processes, Univ. of Calif., Sea grant College Program, pp. 58-83.
- Esteve, D.C. (1977) Evaluation of the computation of wave direction with three-gage

- arrays, CERC, Tech. Paper No. 77-7 & 7-33.
- Heath, G.R. (1980) Engineering Report, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, pp. 669-670.
- Gardner, W.D. (1980) Sediment trap dynamics and calibration: a laboratory evaluation & field assessment of sediment trap, Jour. of Marine Res., Vol. 38, pp. 17-52.
- Gaughan, M.K. (1978) Depth of disturbance of sand in surf zone, Proc. 16th ICCE, pp. 1513-1530.
- Hodson, R.D., R.K. Schwartz, & F.R. Musialowski (1980) Recent geologic history of a barrier island, Coastal Zone '80, ASCE, pp. 850-862.
- Huntley, D.A. (1976a) Lateral and bottom forces on longshore currents, Proc. 15th ICCE, pp. 645-659.
- (1976b) Long-period waves on a natural beach, Jour. of Geophys. Res., Vol. 81, pp. 6441-6449.
- Huntley, D.A. & A.J. Bowen (1975) Field measurement of nearshore velocities, Proc. 14th ICCE, pp. 538-557.
- Huntley, D.A. & A.J. Bowen (1978) Beach cusps and edge waves, Proc. 16th ICCE, pp. 1378-1393.
- Kana, T.W. (1978) Surf zone measurements of suspended sediment, Proc. 16th ICCE, pp. 1725-1743.
- Komar, P.D. & D.L. Inman (1970) Longshore transport on beaches, Jour. Geophys. Res., Vol. 75, pp. 5914-5927.
- Leonard, J.E. & B.M. Brenninkmeyer (1978) Storm induced periodicities of suspended sand movement, Proc. 16th ICCE, pp. 1744-1763.
- Mattie, M.G. & D.L. Harris (1978) The use of imaging radar in studying ocean waves, Proc. 16th ICCE, pp. 174-189.
- Plant, J.W. (1977) Studies of backscattered sea return with a CW, dual-frequency, X-band radar, IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. AP-25, No. 1, pp. 28-36.
- Reid, R.O. (1958) Correlation of water variations with wave forces on a vertical pile for nonperiodic waves, Proc. 6th ICCE, pp. 749-786.
- Seymour, R.J., A.L. Higgins, & D.P. Bothman (1978) Tracked vehicle for continuous nearshore profiles, Proc. 16th ICCE, pp. 1542-1554.
- Thornton, E.B. (1978) Review of status of energetics and momentum fluxes in the surf zone: Field data, Proc. of a Workshop on Coastal Sediment Transport, Univ. of Delaware DEL-SG-15-78, pp. 63-78.
- Thornton, E.B., J.J. Galvin, F.B. Bub, & D.P. Richardson (1976) Kinematics of breaking waves, Proc. 15th ICCE, pp. 461-476.

- Wang, Y.H., W.W. Howard, T.H. Chang, & M. Smutz (1979) A field study on the interaction of groin and sediment transport, Proc. of Speciality Conf. on Coastal Structures' 79, ASCE, pp. 868-903.
- Weisher, L.L. & R.J. Bryne (1978) Field study of breaking wave characteristics, Proc. 16th ICCE, pp. 487-506.
- Weissman, E.D. & J.W. Johnson (1977) Dual frequency correlation radar measurements of the height statistics of ocean waves, IEEE Trans. Antenna and Propagation, Vol. AP-25, No. 1, pp. 74-83.
- Wells, J.T., J.M. Coleman, & W.J. Wiseman, Jr. (1978) Suspension and transportation of field mud by solitary-like waves, Proc. 16th ICCE, pp. 1932-1952.
- Wenzel, D. (1974) Measuring sand discharge near the sea-bottom, Proc. 14th ICCE, pp. 741-755.
- Winant, C.D., D.L. Inman, & C.E. Nordstrom (1975) Description of seasonal beach changes using empirical eigenfunction, Jour. Geophy. Res., Vol. 80, pp. 1979-1986.
- Wright, P., J.S. Cross, & N.B. Webber (1978) Shingle tracing by a new technique, Proc. 16th ICCE, pp. 1705-1714.