

# 規則波ならびに不規則波による海浜流模型実験

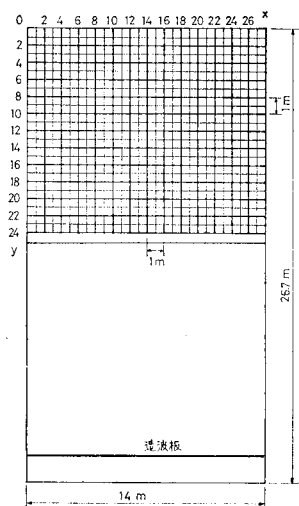
佐 藤 道 郎\*

## 1. ま え が き

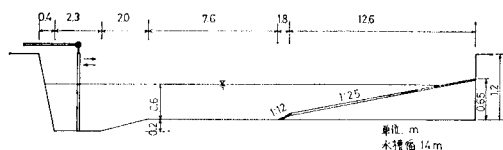
海浜流の研究は理論、現地観測、模型実験により、その実態や発生のメカニズムに関するかなりの知見が集積されつつある。現象が波と流れと海底地形等が絡み合った複雑なもので、その実態をつかむ上で自然に語らしめた現地観測資料は貴重な情報を提供している。しかし、現象に関連する因子の役割を明らかにしていく上では理論とともに模型実験も有効な手段と考えられる。実験は自然を拷問にかけることだと言われるが、模型実験はかなり単純化された条件下で波や地形の諸条件と海浜流の性質の対応関係を明確にしうる可能性をもっている。だが、限られた水域内で、それなりに現地とは異なった特殊条件下の現象であり、現地データと比較していく上で考慮すべき点が多々あろう。その一つに波の不規則性をあげることができる。模型実験は単一周期、波高をもった規則波で行われることが多く、一方、現地観測結果は波の周期・波高が時々刻々と変化する条件のもとの結果である。両者を量的に対比して論じようとするれば、現地観測結果を有義波のような量を用いて対比することになるが、その場合にうまく対応してくれるだろうかという疑問が生じる。そこで、このような点も含め、海浜流場の波高や平均水位の分布構造と流れの状況を詳しく調べることにした。本報告はその第1報で、まず規則波により波高分布や平均水位の分布と流況について、これまでに指摘されているいくつかの点を再確認し、さらに不規則波およびその有義波と同じ周期・波高をもつ規則波による流況の若干の例について概観する。

## 2. 実験装置および方法

実験には長さ 26.7 m、幅 14 m、深さ 1.2 m の屋内平面水槽を用いた。水槽の一端には電気油圧サーボ駆動のフラップ式造波装置が設置されている。造波板駆動信号源として規則波では関数発生器を、不規則波では二台の白色雑音発生器出力を 0.217 Hz～2.73 Hz の間に中心周波数をもつ 12 本のバンドパスフィルター列に加え、それぞれの出力を適当に利得設定を行った後に加算合成し



(a)



(b)

図—1 実験装置

て任意のスペクトルをもった不規則信号をつくり出す装置を用いた。水槽内には角材を組んで水槽底部に埋め込んだカールプラグにネジで固定した枠に厚合板を張って隙間を充填剤でつめたうえに塗装して仕上げた斜面を設置した。その勾配は先端部 1.8 m のところ（合板1枚の長さ）だけ 1/12 で、それ以外は 1/25 の一様斜面である。

波高測定は6本の容量式波高計をあらかじめ波高計間の特性の差異による誤差ができるだけ小さくなるように感度調整を行って用いた。造波板より 5 m のところの水深一様部に入射波測定用に1本設置し、他の5本で斜面上に 50 cm 間隔で描いた格子点上と、砕波帯付近ではその中間点の約 200 点での水位記録をとった。流況は過マンガン酸カリウム溶液を汀線にほぼ一様に投入して

\* 正会員 工博 鹿児島大学助教授 工学部海洋土木開発工学科

拡散状況を水面上約 5 m のところから広角レンズを用いて撮影した。はじめは 36 枚フィルムを用いたが後に 250 枚の長尺フィルムを用い 3 秒に 1 コマで 1 ケース 60 コマ (3 分) 撮影した。また浮子による流況観測も試みたが投入後かなり短い時間で波に乗って打ち上げてしまうものが多く、あまりうまくいかなかった。

### 3. 実験結果および考察

#### (1) 規則波による波高, 平均水位と流れ

海浜流の循環が生ずる原因として、汀線付近の波高分布が沿岸方向に一樣でない wave set-up の差が生じて水面勾配を生じ波高の大きい部分から小さい部分に流れが生じ、逆に砕波帯の沖側や近くでは波高の小さく set-down の小さいところから波高が大きく set-down の大きなところへの流れが生ずるというように説明されている。まず実験の第一段階としてこのあたりの状況を確認するためにに行った実験例について述べる。紙数の都合上、ここでは周期 2 秒、一様水深部の波高 5 cm (波形勾配: 0.0116, 沖波に換算すると 0.0110), 水深一様部の深さ 58 cm の場合のみを示す。流況は図-2 のようであった。これは 28 mm のレンズで 5 m の高さからの写真をもとにしており、水路幅の約半分の領域しか含まれていない。図中の番号は第一波到達後の経過時間を波周期 (2 秒) を単位として示したものである。一様に投入された色素は波の到達後格子番号  $X$  の 10, 14, 20 ならびに図にはでてないが 24 あたりに汀線沿いの流れによって集まり沖に流れ始め、10 と 14, 20 と 24 からの流れはそれぞれ砕波線付近で合流して砕波帯外に流出しており、水口<sup>1)</sup>が模式的に示している重構造的な流れを示している。波の峰線はこれまでの観察同様に流れの部分で遅れ、そのズレは約 25 cm (砕波点付近で波長の約 12% 程度) である。また波高分布は図-3 に、平均水位の分布を図-4 に示した。図中の点線の領域が図-2 の

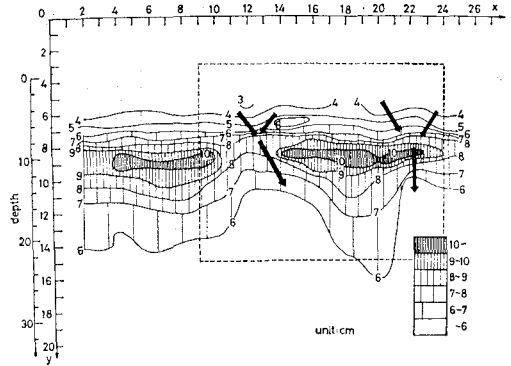


図-3 波高分布

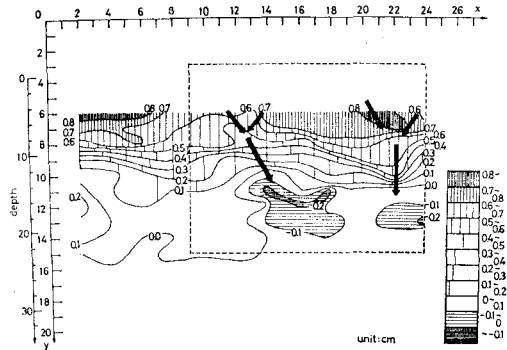


図-4 平均水位の分布

範囲を示している。図-3 から、水口により指摘されたと同様に流れは波高の低いところを通っていることがわかる。峰線がかなり屈曲するような向かい流れを辿りながら波高が周囲より低いという現象はたしかに奇異な感じを抱かせるものと言えよう。一方、図-3、図-4 から流れは (特に右側の流れでははっきりしているが) 波高変化が大きく、平均水位の等水位線の密な平均水面勾配の大きなところを縫って流れており、本節の冒頭の説明とは一致している。なお、ここで示した平均水位は造波後 50~60 周期の 10 波分の波形を紙送り速度 25 mm/sec で記録させ積分し平均したものである。wave set-up や set-down が砕波線を境にしていると考えられるが、図-4 では砕波線より沖側でも平均水位が高くなっており、現象の本質的なことかどうかは不明である。他のデータの解析を進めつつ明確にしたい。

離岸流間隔は、この場合  $L_R \sim L_0$  ( $L_R$ : 離岸流間隔,  $L_0$ : 沖波波長) となっており、また、佐々木<sup>2)</sup>の区分では不安定領域に含まれるが、 $L_R/Y_b$  ( $Y_b$ : 砕波帯幅) は約 2 であった。

#### (2) 不規則波および規則波による実験結果

不規則波といっても様々なスペクトル形を有するものが考えられ、各々についてどうかといった議論も必要か

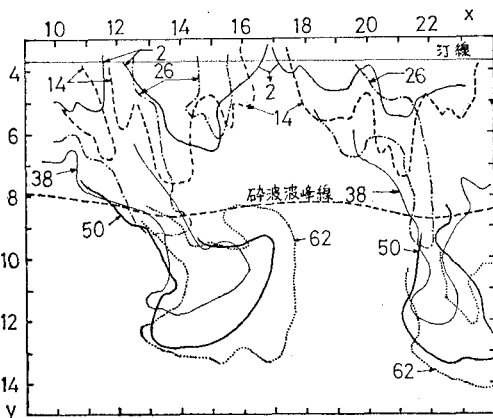
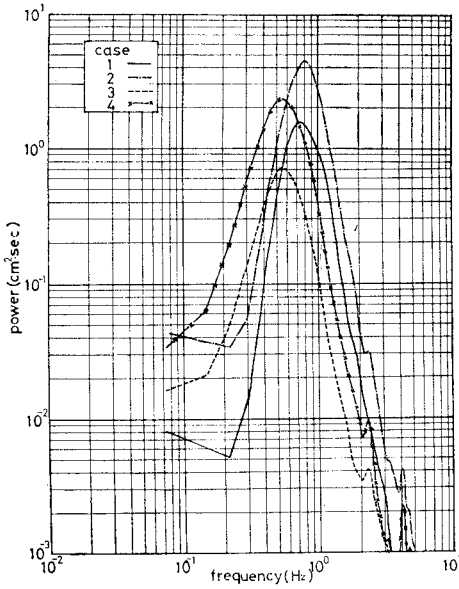


図-2 流況図



図—5 実験波のスペクトル

とも思われるが、ここでは造波の目標スペクトルとして光易スペクトルをとった。スペクトルの分布型が与えられれば造波板の理論から、各バンドパスフィルターの利得の比率が計算され、その結果に基づいて調整すれば、目標スペクトル形状に近い分布をもった不規則波が得られる。波高はフィルターの加算信号を適当に調整すればよい。信号電圧と波高との関係が水深に応じて変わり、その関係を現在のところ詳しく把握してないので、波高

表—1 実験条件

|        | 水深(cm) | 周期(秒) | 波高(cm) | $H_0/L_0$ | 砂波線*       |
|--------|--------|-------|--------|-----------|------------|
| Case 1 | 60     | 1.2   | 4.6    | 0.063     | $y=6\sim7$ |
| Case 2 | "      | "     | 8.8    | 0.120     | 12~13      |
| Case 3 | "      | 1.8   | 3.1    | 0.0094    | 6~7        |
| Case 4 | "      | "     | 5.7    | 0.017     | 8~9        |

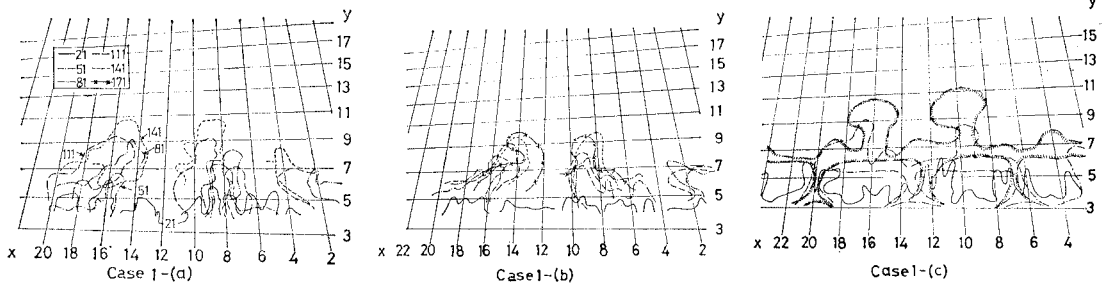
\* 格子番号で示す。汀線は  $Y=3.8$  である。  $y=1$  は 50 cm である。

は波の記録からゼロアップクロス法で読みとって、対応する規則波の波高とした。本実験で行った不規則波のスペクトルは図—5に示すようであった。

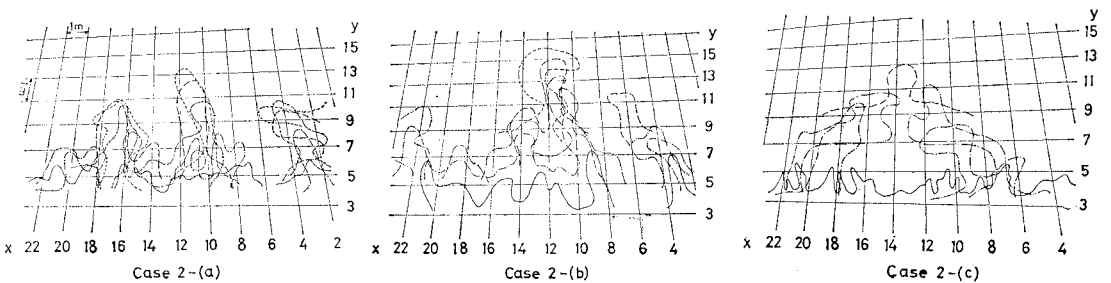
実験条件は表—1に示す。この実験では 21 mm の広角レンズを用いたので水路幅のほぼ 8 割の範囲が含まれている。色素を投入後、第一波が到達してから 3 秒ごとに 3 分間にわたってトレーサーを追跡した (これを (a) とする)。また、同じ条件の波に対して第一波が到達後 2 分過ぎてから色素を投入して、その後 3 分間追跡をした (これを (b) とする)。これは流れが時間経過に伴って変化するかどうか調べようとしたものである。さらに、実験に用いた不規則波の有義波高・周期をもつ規則波について、この場合は、第一波到達後の 3 分間について追跡した。

実験によって得られた流況を図—6, 7, 8, 9 に示した。図中、縦、横の数字は図—1 の格子番号である。第一波が到達の後、8 コマ目 (21 秒) 以後、10 コマ (30 秒) ほどの色素の変化を描いた。

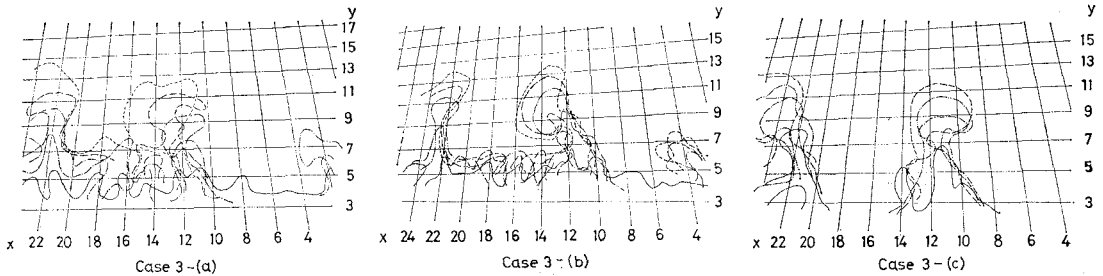
これらから特徴的なことを挙げると、まず、Case 3 の波形勾配の最も小さな場合に、規則波、不規則波ともに



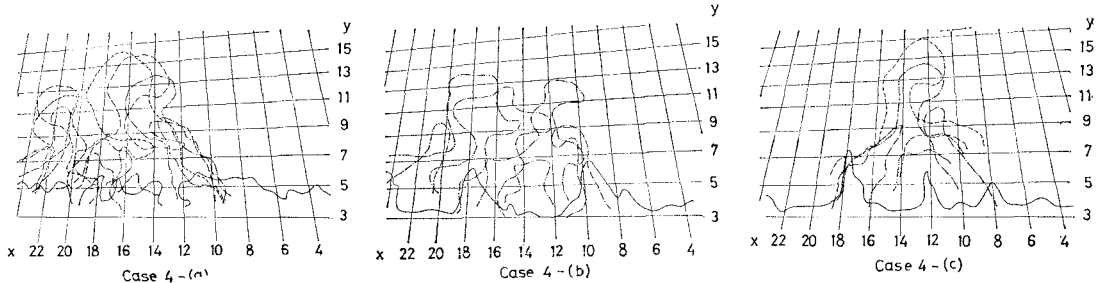
図—6 流況図 Case 1 (数字は経過時間(秒)を表わす)



図—7 流況図 Case 2



図—8 流況図 Case 3



図—9 流況図 Case 4

単構造的なパターンを示しているが、他の場合、規則波については重構造的の流れが発達している。その最も典型的なものは Case 1—(c) に示されている。あたかもトーナメントの組合せの形状である。不規則波の場合、Case 2—(b), Case 4—(b) ではやはり重構造的の流れになっている。ところが、2—(a), 4—(a) の規則波と同じ経過時間に対しては重構造的な流れには十分に発達していないようである（しかし、さらに時間が経過したときに色素はそれぞれの (b) の場合と同様になっている。だが、色素の希釈によって明確にパターンを描くことはできなく

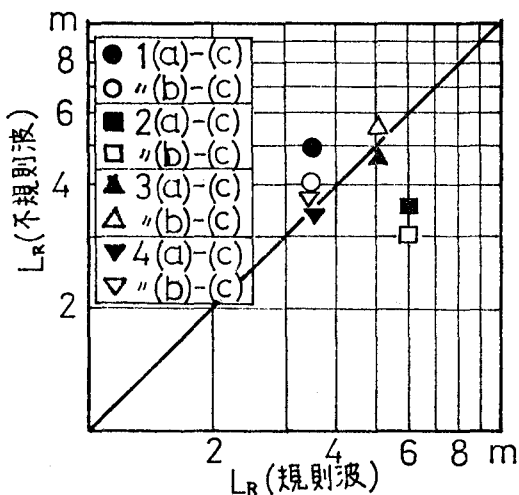
なっている）。Case 1 の場合は不規則波では測定時間中、3本の流れのいずれも合流することなく規則波の場合と流況は全く異なっていた。規則波と不規則波の場合の流況の相違の一つとして、規則波の場合に比較的短時間に安定した流れが形成され発達するようであるが、不規則波の場合には流路がかなりふらついている。離岸流間隔は 図—10 に示すように波形勾配の最も大きな Case 2 を除いて他の三ケースについては規則波と不規則波の違いによる差はあまり顕著なものではなかった。

#### 4. あとがき

固定床の一樣斜面で汀線に直角に波が入射するという現地からみれば非常に単純化された条件のもとで、規則波と不規則波について、海浜流場の構造を調べるべく実験を行った。本文では、そのうち、現在までに整理のついたものの一部に基づいて、海浜流場の構造と波の不規則性の影響の一端を垣間見たにすぎないが、今後さらにデータの取得とともに、ここでは一切略した海浜流関係の理論との関連についても検討していきたい。

本実験は昭和 52 年度文部省科学研究費補助金、総合研究 (A)「砕波現象を中心とする沿岸海洋の動的解明に関する研究」(代表者 堀川清司東京大学教授)の補助によって行われたことを記し謝意を表する。

なお、実験、資料整理等では鹿児島大学工学部海洋土木開発工学科松永洋文助手、中村和夫技官とともに卒業生、現在 4 年生の多くの学生諸君の手を煩わせたことを記して謝意を表する次第である。



図—10 離岸流間隔 (規則波と不規則波の比較)

## 参 考 文 献

- 1) 堀川清司・水口 優: 砕波帯付近の流れに関する  
平面実験, 第22回海岸工学講演会論文集, pp. 141~147, 1975.
- 2) 佐々木民雄: 海浜流系の構造に関する野外的研究, 東京大学学位論文, pp. 90~94.
-