

京都大学工学部	正員	岩垣 雄一
京都大学工学部	正員	瀬井 哲郎
運輸省	正員	○川島 毅
京都大学大学院	学生員	月岡 康一

1. まえがき 斜面上での波の水粒子速度は、波力・漂砂などの工学的問題と密接な関係があり、また、水粒子速度場の砕波点に至るまでの変化、および砕波条件などを解明することによって、砕波現象の力学的取り扱いが可能になると考えられる。本研究は、水素気泡をトレーサーとする方法を用いて、斜面上での進行波の水粒子速度を測定し、一様水深の波理論と比較するとともに、一様水深部から斜面上の砕波点に至るまでの水粒子速度場および波形の変化を検討したものである。

2. 実験装置および方法 水槽の一端に造波機が取り付けられてあり、他端に $1/20$ の斜面を設置した。水位の測定には電気抵抗線式波高計を用い、一様水深部に波速の測定をかねて2台、斜面上には、砕波点を含め4つの水粒子速度の測定点に4台設置した。陰極としての白金線を張った枠を、一様水深部での1台を除いた5台の波高計と水槽幅方向にならべて設置した。陽極としての銅板は水槽側壁に貼り付けた。この両極に 400V の長方形パルスを加えて水素気泡を発生させ、白金線陰極の位置を波の峰および谷が通過した直後に、水槽側壁から写真撮影した。フィルム上の気泡列群のうち、間隔が最大な2本の気泡列の間隔を種々の高きで読み取り、パルスくり返し周期で割って、峰および谷の位相での水平方向水粒子速度 u および u_x とし、鉛直分布を求めた。実験においては、一様水深部での水深を一定とし、周期と波高を変えた。

3. 実験結果および考察 (1) 一様水深の波理論との比較: 図-1は、縦軸に底面からの高さ $z+h$ を水深 h で割った $(z+h)/h$ とし、横軸に無次元水粒子速度 u/v_{gh} および u_x/v_{gh} とし、斜面上での実験値と理論値の変化を示したのである。理論値は、測定した水深、周期、波高を用いて計算した。ここに示さなかったケースを含めて、以下に述べる傾向が見られた。砕波点に近づくにつれて、 u/v_{gh} 、 u_x/v_{gh} の実験値はともに増加するが、 u_x/v_{gh} の増加が著しく、しかも u_x/v_{gh} の鉛直分布が前かがみになる。Stokes波の理論値は実験値と比べて、砕波点に近づくほど、峰では過大、谷では過少な値を与え、 u_x/v_{gh} の鉛直分布は、実験値ほど前かがみにならない。フノイド波の理論値は、実験値と比べて、峰の位相では、水面付近では過大、底面付近では過少な値を与え、砕波点に近づくにつれて鉛直分布は著しく前かがみになる。フノイド波理論は浅水

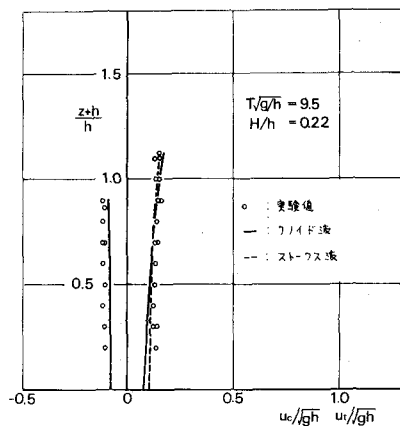


図-1(a)

水平方向水粒子速度の鉛直分布

波近似, Stokes理論は微小振幅波近似とその誘導過程に
 因っており, 碎波点付近で Stokes 波の方が理論値に近いこ
 とは, 予想するように思われる。この原因としては, 波
 が非対称になっていることと, 波高・水深比が大きくな
 っていることが考えられる。Méhauté, Divoky および Liu (1968)
 は, 一樣水深部で波高・水深比の大きい波の水粒子速度
 を測定し, 種々の波理論との違いを指摘している。Méhauté
 らの一樣水深での結果と, この斜面上での結果を比較す
 ると, $T\sqrt{g/h}$ および H/h が同じ場合, その間に大きな違
 いは見られない。しかも, Méhauté らの実験値とクノイド
 波理論との間には, 斜面上の碎波点近くと同様な, 系統
 的違いが見られる。これらことから, 碎波点近くでの
 クノイド波理論と実験値の違いは, 斜面の影響よりも,
 波高・水深比の大きな場合の水粒子速度の表現に関する,
 クノイド波理論の欠陥に基づくと考えられる。

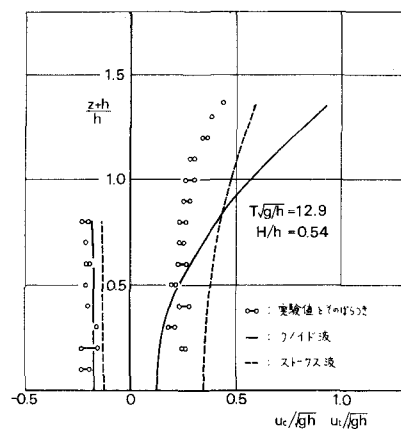


図-1 (b)

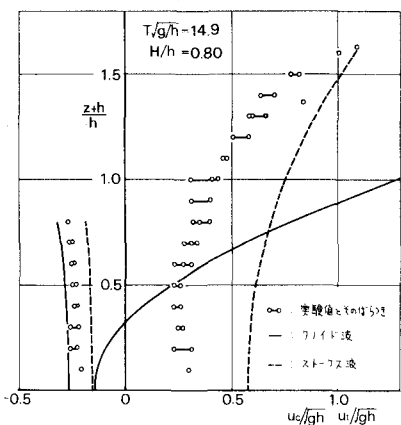


図-1 (c)

(2) 斜面上での波の水粒子速度場と波形の変化: この
 問題に関しては, Adeyemo (1968), Kemp および Adeyemo (1968) の
 研究がある。ここでは, 波が斜面上, 碎波点に近づくにつ
 つて, その水粒子速度場と波形が変化することを表わす
 パラメーターとして, 水粒子速度場に関しては, 峯お
 よび谷の位相での最大水粒子速度の比 U_{cmax}/U_{tmax} と, 峯
 の位相での水面と底面から水深の T 割の高さの点での水
 粒子速度の比 $U_{cs}/U_{co,T}$ を用い, 波形に関しては, 静水面
 から峯および谷までの高さの比 η_c/η_t , さらに時間波形に
 おいて, 峯とその前後の谷までの時間の比 T_p/T_f を用いた。図-2 は, 横軸に水深・沖渡波長
 比 h/L_0 をとって, $U_{cs}/U_{co,T}$ の変化を示したものである。碎波点に近づくにつれて一様に増加
 しているが, 同じ h/L_0 に対しては, 一樣水深部での波形勾配が小さいほど, $U_{cs}/U_{co,T}$ も小さ
 い。これは, ここに示さなかったが, 他の3つのパラメーターに共通する傾向である。碎
 波時のこれらのパラメーターの値につ
 いては, T_p/T_f の値は, 一樣水深部での波形
 勾配の小さい波の方が大きく, U_{cmax}/U_{tmax}
 についても, ほぼ同じ傾向が見られる。
 ただし, ケースが少なく, 値もばらつ
 いており, 碎波時の水粒子速度場および波
 形を検討するには, 広い範囲の斜面の勾
 配と波形勾配の波について, より正確な
 実験が必要と思われる。

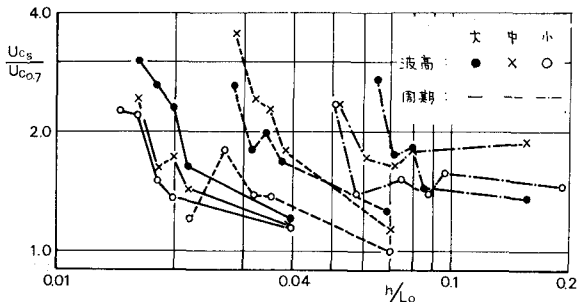


図-2

水平方向水粒子速度の鉛直分布の傾きの変化