

長崎大学工学部 正会員 富樫宏由
中村武弘

1. はじめに

津波を対象とした陸上遡上実験式としては、比較的浅い斜面(勾配 $S=1/30, 1/60$)上のフノイト波状分散波列の第一波目(静水面上の1m)の波形によるKaplanの実験式がよく知られているが、Kaplanはこの外挿式とGreenの式に近似するShoaling変形式を併用して、1946年アリゾナ沖津波によるハワイのヒロ市での陸上遡上高を推算した。同様の推算例は他にも見られる。²⁾ 本研究は、前報³⁾に引続いて、このKaplan津波推算法の産構を解明し、その基本的誤りを指摘したものである。

2. 岩崎・富樫・佐藤の実験($S=1/30$)による再検討

実験波形の模式図と記号のとり方は図-1に示す通りで、波形は静水面上の1mの正弦波形 $\eta = H \sin(2\pi/L)t$, $0 \leq t \leq T/2$ を周期波の一部とみなしている。この場合の実験結果の一例が図-2である。岩崎・富樫・佐藤は当初実験値の分散がかなり大きいので慎重を期して敢えて直線を引かなかったものであるが、こゝでは他の理論式および実験式と比較対照する意味から実験値を見直して求めたものである。点線と鎖線は実験値の平均特性式 $R/L = 10.7(H/L)^{1.19}$ から $U = (4\pi/ST)\sqrt{R/g} = (4\pi/S)(R/L) = 4.03 \cdot 10^3 (H/L)^{1.19}$ を求めて、これを首藤とKeller⁴⁾、首藤の散小振中長波の完全重覆波型遡上理論式に代入して描いた理論曲線である。 $H/L < 10^{-3}$ では、Kaplan式とは異なり、首藤の実験値と整理し直して著者等が新たに求めた実験式(Non-breakingの波のみ集めたもの)も含めて概して定性的には類似した傾向を示している。しかし、定量的には明らかに異なる。全実験式をまとめた図-3の破線と点線で示す実験波の平均的反射率特性の相違を見てわかるように、波形勾配による解析では定量的には一般的な関係を把握し難いようである。こゝで、反射率(右側の縦軸 r)は首藤の碎波条件式から算出したものである。

3. 著者等の実験($S=1/60$)による再検討

図-4に実験波形と記号を示すが、図-1の場合とは異なって波形は静水面上の孤立波状の一種の正弦波形 $\eta = H \sin^2(\pi/L)t$, $0 \leq t \leq T$ なる非周期波である。この場合の全実験式を1枚にまとめたのが図-5であり、点線は図-3におけると同

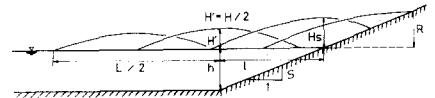


図-1

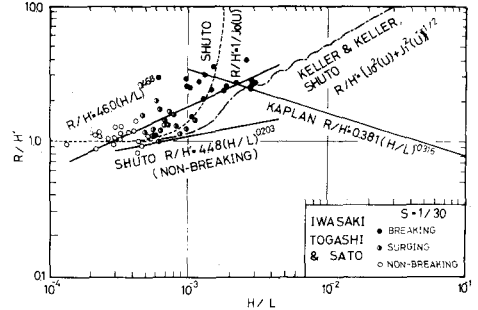


図-2

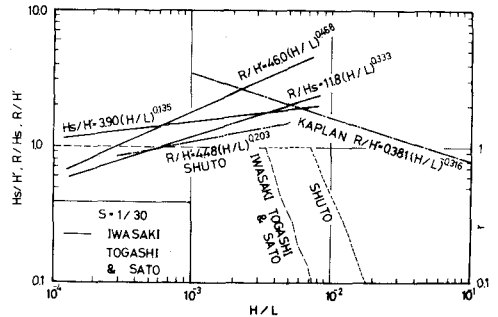


図-3

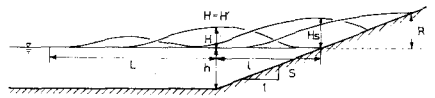


図-4

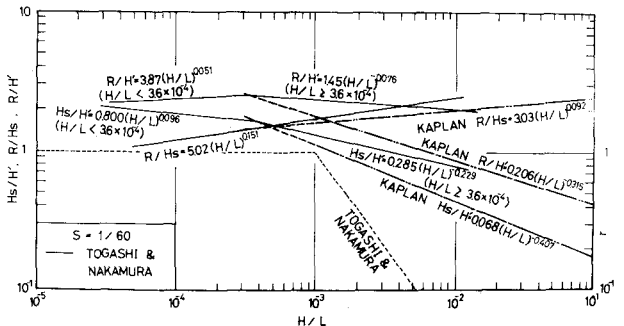


図-5

称に実験波の平均特性式 $h/L = 0.022 (H/L)^{0.194}$ と首藤の碎波条件式に代入して求めた及射率である。また、鎖線
で示す Kaplan 式の実験範囲は図-2 の場合と同様に $10^3 \leq H/L \leq 10^1$ であるが、破線 ($3 \cdot 10^4 \leq H/L \leq 10^3$) で示す
延長線と着岸等の実験式との交点付近はほぼ R/H のピークに相応し、及射率を勘案すると $H/L < 10^3$ は非碎波
完全重複波領域であり、外挿式とは全く異な、正確さを要することになる。

4. Green の式と Kaplan の実験式の関係

Green の式で $T = \text{const.}$ と仮定すれば次式のよう
に变形してよいであろう。

$$H/H_0 = (h_0/h)^{1/4} = (gh_0 T^2 / gh T^2)^{1/4} = (L_0/L)^{1/2} \quad \dots (1)$$

ここで、添字 0 は初期値を表わす。上式の両辺
に $(H/H_0)^{1/2}$ をかけて共に $2/3$ 乗した後、逆転すると

$$H_0/H = (H_0/L_0)^{1/3} (H/L)^{-1/3} \quad \dots (2)$$

とるが、更に両辺に R_0/H_0 をかけて次式を得る。

$$R_0/H = (R_0/H_0)(H_0/L_0)^{1/3} (H/L)^{-1/3} \quad \dots (3)$$

一方、Kaplan の実験式を外挿直線まで含めて
図-6 の実験の範囲 ($10^3 \leq H/L \leq 10^1$) で成立つ
と仮定すれば、その両端と中央での H_0/L_0 に対す
る R_0/H_0 を初期値として、式 (3) は各斜度毎に 3 本で計 6 本の破線の式に書き換えられ、Kaplan の実直線と殆
ど一致して、 $R_0 = \text{const.}$ が成立つことがわかる。これは Kaplan 式の H/L の冪数が $-0.316, -0.315$ となっていて、

幸運にも着岸 Green 式 (3) の H/L の冪数 $-1/3 = -0.333$ と近似している結果であって、 $H/L < 10^3$ なる範囲では依
りに Green 式が成立つとしても、それを以て外挿実験式として陸上遡上現象を説明する式であるかの如く見ら
れる錯綜した論理が隠れており、やはりこれによつて外挿式に対する妥当性を云々することは基本的に誤ってい
ると云えよう。

5. 遡上理論式の従来の実験による再検討

図-7 は微小振中長波の完全重複波型遡上理論
式 (2 つの実曲線) と H/h をパラメーターとした
Kaplan の実験式 (実験範囲内が 1 点鎖線と 2 点
鎖線、範囲外が破線と点線) の関係に対する L/L
の影響を見らるものであるが、波形分配の影響とは
異なり、実験条件の相違があるにも拘らず全体的
にはほぼ理論曲線に近似した傾向を示している。
即ち、 $L/L < 10^1$ では非碎波完全重複波型の遡上
に移行して R/H は次第に減少して 1 に漸近し、 10^1
 $\leq L/L \leq 1$ では定常波としての変形効果あるいは

部分重複波としての変形効果が最大となる故、 R/H も最大となる領域であり、 $L/L \geq 1$ は通常進行波に対する
Green の式が成立つ範囲と云われている。従つて、このことからまた Kaplan 流津波推算法の誤謬は明らかで
あろう。おわりに、本研究は昭和 50 年度文部省科研費自然災害特別研究 (I) 「三陸大津波襲撃時の被害予測 (津波浸
破壊時を含む)」[研究代表者: 岩崎敬文東北大学教授] による研究の一部であることを記してここに謝意を表する。

参考文献

- 1) Kaplan, K.: Generalized Laboratory Study of Tsunami Run-up; Tech. Memo. No. 60, B.E.B., Corps of Engineers, Jan. 1955.
- 2) 佐々木 三郎: 三陸沿岸の津波対策について、第 6 回海軍工学講演会講演集, 昭 34. 11, pp. 18~28.
- 3) 岩崎敬文, 中村武敏: 津波の陸上遡上に際する実験式再検討; 第 11 回災害科学関係シンポジウム講演論文集, 1974, pp. 299~300.

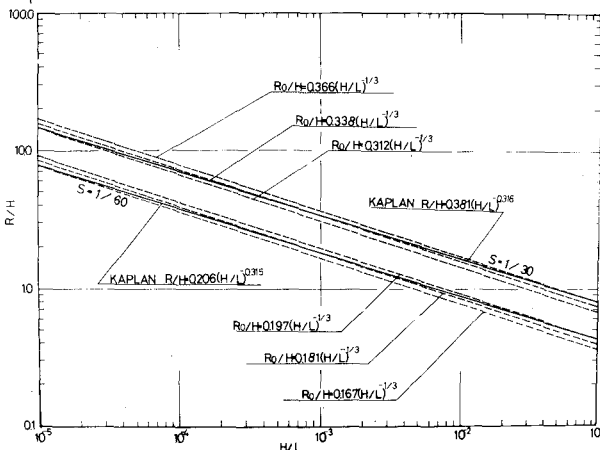


図-6

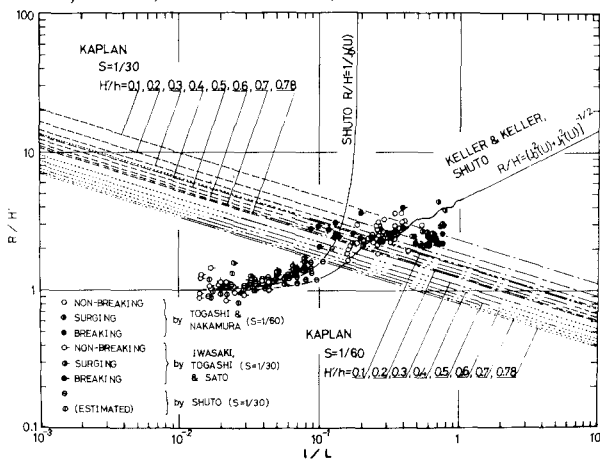


図-7

- 4) 岩崎敬文, 岩崎敬文, 佐藤孝司: 津波の対称における水理特性と陸上遡上; 第 17 回海軍工学講演会講演文集, 昭 45. 11, pp. 427~433.
- 5) 岩崎伸夫: 長波のうしろ高; 第 13 回海軍工学講演会講演集, 昭 41. 12, pp. 216~222.
- 6) Keller, J.B. and H.D. Keller: Water Wave Run-up on a Beach; Research Report No. NONR-3828(00), Office of Naval Research, Dept. of the Navy, 1964.
- 7) Shuto, N.: Standing Waves in front of a Sloping Dike; Coastal Engineering in Japan, Vol. 15, 1972, pp. 13~23.