

東京都立大学工学部 正会員 坂田新太郎
中央大学理工学部 正会員 水口 優

はじめに

波の非線型性を示すパラメーターとして、(1)式に示されるような水位の頻度分布についての3次および4次のモーメントである歪度および尖鋭度が用いられることがある。この問題について既に名田¹⁾、木村・岩垣²⁾、柳沼・石田・門司³⁾等によって論じられている。歪度を支配するパラメーターとして、名田は $H^2/(H_0L)$ 、木村・岩垣は $Tm\sqrt{g}/\omega$ を用いている。しかし、いずれも歪度の変化を十分に説明していないように思われる。近年、著者等は16mmメネーションカメラシステムを用いて砕波帯近傍の波の現地観測を実施している。また本邦現地観測のデータの解析中、名田・永井⁴⁾が与えている他のパラメーター $H_{1/2}/h$ を用いて歪度をプロットしたところ図-1に示すように、沖合より砕波点までの範囲において、歪度と $H_{1/2}/h$ がよい相関を示した。阿字ヶ浦と夏海のデータを統一的に説明すべく解析を試みた。

解析

$$\text{歪度: } \beta_1 = \frac{\overline{\eta^3}}{\overline{\eta}_{rms}^3}, \quad \text{尖鋭度: } \beta_2 = \frac{\overline{\eta^4}}{\overline{\eta}_{rms}^4} \quad \dots\dots (1)$$

まず、水位は(2)式によって示されるような波の連りによって与えられると考える。

$$\eta = \sum_{i=1}^n a_i \{ \cos(\omega_i t + \varepsilon_i) + \alpha_1 \cos 2(\omega_i t + \varepsilon_i) + \alpha_2 \cos 3(\omega_i t + \varepsilon_i) \dots\dots \} \quad \dots\dots (2)$$

ここに η は水位、 a_i は振幅、 ε_i は位相のそれぞれランダムである。以下計算の便のため(2)式の代りに(3)式を用いることにする。

$$\eta = a(\cos \omega t + \alpha_1 \cos 2\omega t + \alpha_2 \cos 3\omega t \dots\dots) \quad \dots\dots (3)$$

$$\text{平均: } \mu = \frac{1}{T} \int_0^T \eta(t) dt \quad \dots\dots (4)$$

$$\begin{aligned} \text{標準偏差: } \overline{\eta_{rms}^2} &= \frac{1}{T} \int_0^T \eta^2(t) dt = \frac{a^2}{T} \int_0^T \{ \cos^2 \omega t + 2\cos \omega t (\alpha_1 \cos 2\omega t + \alpha_2 \cos 3\omega t \dots\dots) + \alpha_1^2 \cos^2 2\omega t + \\ & 2\alpha_1 \cos 2\omega t (\alpha_2 \cos 3\omega t + \alpha_3 \cos 4\omega t + \dots\dots) + \alpha_2^2 \cos^2 3\omega t + 2\alpha_2 \cos 3\omega t (\alpha_3 \cos 4\omega t + \dots\dots) + \dots\dots \} dt \\ &= \frac{a^2}{2} (1 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 \dots\dots) \quad \dots\dots (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \overline{\eta^3} &= \frac{1}{T} \int_0^T \eta^3(t) dt = \frac{a^3}{T} \int_0^T \{ \cos^3 \omega t + 3\cos^2 \omega t (\alpha_1 \cos 2\omega t + \alpha_2 \cos 3\omega t \dots\dots) + 3\cos \omega t (\alpha_1^2 \cos^2 2\omega t + \alpha_2^2 \cos^2 3\omega t \dots\dots) \\ & + 2\alpha_1 \cos 2\omega t (\alpha_2 \cos 3\omega t + \alpha_3 \cos 4\omega t \dots\dots) + 2\alpha_2 \cos 3\omega t (\alpha_3 \cos 4\omega t + \alpha_4 \cos 5\omega t \dots\dots) \} dt \end{aligned}$$

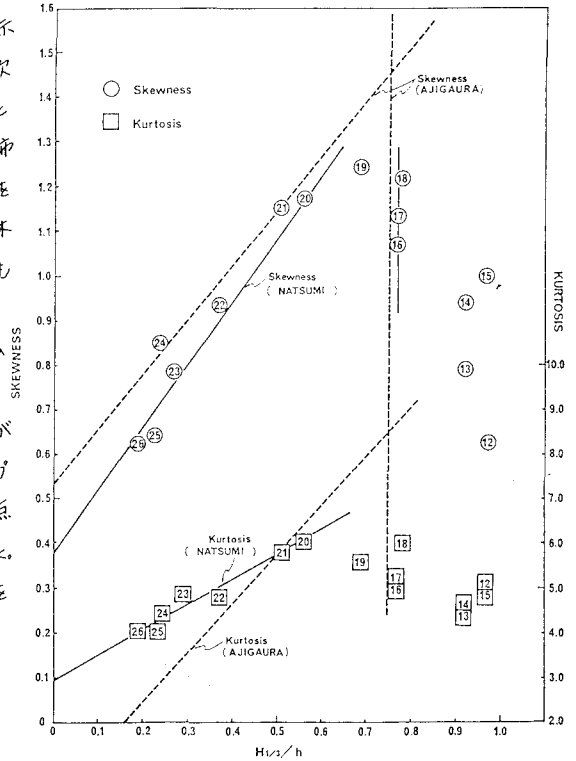


図-1 歪度と波高水深比の関係

$$= \frac{3\alpha^2}{2} \left(\frac{\alpha_1}{2} + \frac{\alpha_1^2 \alpha_3}{2} \dots \dots \dots + \alpha_1 \alpha_2 + \alpha_2 \alpha_3 \dots \dots \dots \right) \dots \dots \dots (6)$$

α_2 以下を無視すると、

$$\sqrt{\beta_1} = \frac{\bar{\gamma}^2}{\bar{\gamma}_{rms}^2} = \frac{\frac{3}{4} \alpha^2 \alpha_1}{\left\{ \frac{\alpha^2}{2} (1 + \alpha_1^2) \right\}^{\frac{1}{2}}} = \frac{3}{4} \cdot \frac{2\sqrt{2} \alpha_1}{(1 + \alpha_1^2)^{\frac{1}{2}}} \approx \frac{3}{\sqrt{2}} \alpha_1 (1 - \frac{3}{2} \alpha_1^2) \approx \frac{3}{\sqrt{2}} \alpha_1$$

ストークス波を用いると、

$$\alpha_1 = \frac{ak}{4} \cdot \frac{\cosh kh (\cosh 2kh + 2)}{(a \sinh kh)^3} \quad kh \rightarrow 0 \text{ 近似的に } \alpha_1 \approx \frac{ak}{4} \cdot \frac{1}{(kh)^3} \therefore \sqrt{\beta_1} = \frac{3}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{ak}{kh^3} \propto \frac{a}{h} \left(\frac{L}{h} \right)^2 \dots (7)$$

(7) 式はアーセル数を意味する。

シニガシニの代表を $H/3$, L とし、 $T/10$ より微小振幅波を計算されり波長を用いて、

$$\text{Skewness} = \sqrt{\beta_1} \propto \frac{H/3}{h} \cdot \left(\frac{L}{h} \right)^2 \dots \dots \dots (8)$$

現地観測

プロットに用いた現地観測は昭和53年7月5日、および12月13日に茨城県那珂湊市阿字ヶ浦海岸の建設増工本研究所の漂船観測用栈橋を利用して実施したものである。前者については既に第26回海峯講演会⁶⁾および *Costal Engineering in Japan Vol. 23* に2報告している。後者の観測の一部12月14日に実施したものについては水口・松田⁷⁾ に2報告されている。プロットされている他の1つのデータは同じく茨城県大洗港の南約2kmあたりの夏海海岸で昭和55年8月24日に観測したものである。観測の詳細は近く発表する。観測に用いた年表は阿字ヶ浦と全く同じであり、栈橋の代りに河線近くに組立てられた足場を用いている。

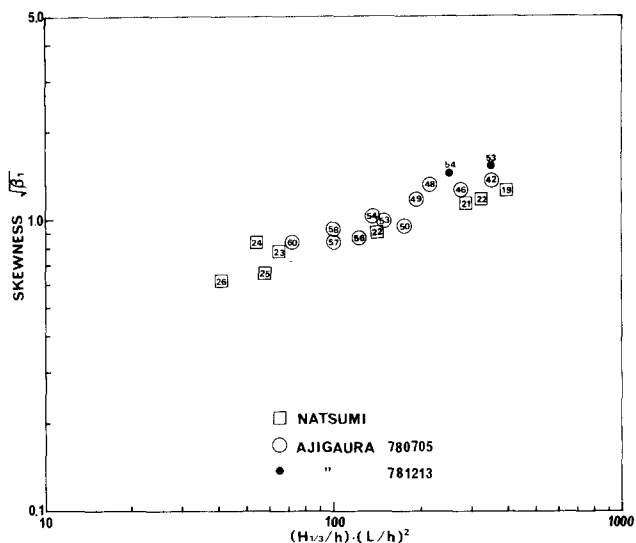


図-2 歪度とアーセル数との関係

結果

図-2 に結果を示す。阿字ヶ浦は海底勾配 $1/60 \sim 1/70$ 程度の緩い勾配の海岸である。観測時の夏海海岸は夏期バームが発達し、Swash zone は $1/15$ 程度の急勾配であり、水深1m以深では約 $1/40$ 程度の緩勾配であった。海岸の性林に相違があっても、図-2 からアーセル数を統一的に歪度を説明できようである。

参考文献

- 1). 谷田良果 (1975) : 浅海における波浪の砕波変形, 港湾技術研究所報告、第14巻、3号 pp.59-106
- 2). 木村・岩垣 (1976) : 水深変化にともなう不規則波の水位・頻度分布について、31回学議、Ⅱ-20
- 3). 柳沼・石田・門司 (1968) : 大洗海岸における波浪推算の1例、第15回海峯講演集 pp.69-72
- 4). 谷田・永井 (1974) : 波浪の統計的性質に関する調査・解析, 港湾技術研究所報告、第13巻、1号 pp.4-38
- 5). 坂田・水口 (1979) : 砕波帯内の波の現地観測、第26回海峯講演集、pp.152-156
- 6). Hotta, S., M. Hizuguchi (1980) : A field study of waves in the surf zone, *Costal Eng. in Japan, Vol. 23* pp.59-80
- 7). 水口・松田 (1980) : 現地不規則波の浅海変形について、第27回海峯講演集、pp.134-138