

II-16

砕波帯内の波の解析 — 奈多海岸の例 —

九州大学工学部 正員 井島武士
九州大学工学部 正員 松尾隆彦
九州大学工学部 学生員 古賀一民
九州大学工学部 学生員 宇山藤博

1. はしご

ステレオ波高計を使って砕波帯の波の方向スペクトル及び振中の確率分布の解析を行ったのでここに報告する。なおステレオ波高計の測定原理、装置、観測法はオノ15回海岸工学講演集に述べている。

2. 観測精度

観測における誤差は、まず撮影された海面像の鮮明さに左右されることが多く、つぎに実体視測定における測定誤差と測定装置（主として読取り器）の機械誤差である。ここでは前の海岸工学会に述べたものとは別に Coherence による測定誤差の精度を求めて見た。これによれば $1/\tau$ が 0.1 ~ 0.5 の間では非常に良好であった。（図-1より）

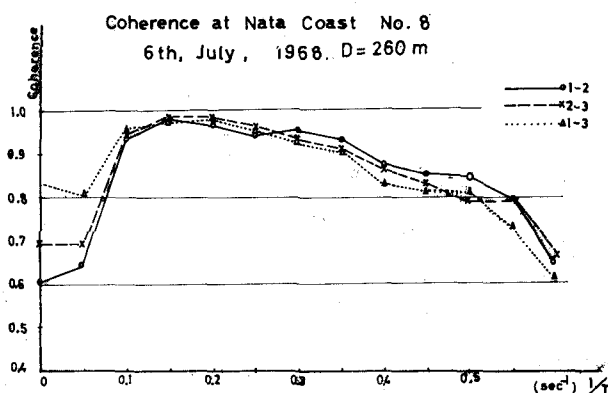


図-1.

3. 観測例

(1) 海面変動の分布

浅海における波の変形は、水深の変化による影響が大きい。この影響を調べるために、水面変動量の分布を求めて見た。その分布は正規分布からはずれた非線型性を示す。これを示したのが図-2, 3, 4, 5, である。この図から分かるように波は正規分布から外れて、負の側にピークをもった非対称形を示している。この非対称性を示す式として、Gram-Charlierの式を用いて観測値と比べてみた。これは次式で表わされている。

$$P\left(\frac{\eta}{\sqrt{\sigma^2}}\right) = \varphi\left(\frac{\eta}{\sqrt{\sigma^2}}\right) - \frac{r_1}{6} \varphi'''\left(\frac{\eta}{\sqrt{\sigma^2}}\right) + \frac{r_2}{24} \varphi''''\left(\frac{\eta}{\sqrt{\sigma^2}}\right) + \frac{r_3}{72} \varphi^{(6)}\left(\frac{\eta}{\sqrt{\sigma^2}}\right)$$

$$\text{ここに } r_1 = \frac{\overline{\eta^3}}{(\sigma^2)^{3/2}} \quad r_2 = \left(\frac{\overline{\eta^4}}{\sigma^4}\right) - 3 \quad \text{である。}$$

これらの図を比べてみると、Skewnessは大体において一致しているが、Kurtosisが弱弱ずれていることがわかる。

(2) 浅海の Power spectrum

浅海における Power spectrum の一例を図-6に示す。

(3) 2次元スペクトル

波の進行方向にほとんど直角に測線を設け図-7に示したように4象の波形を同時に測定できる。

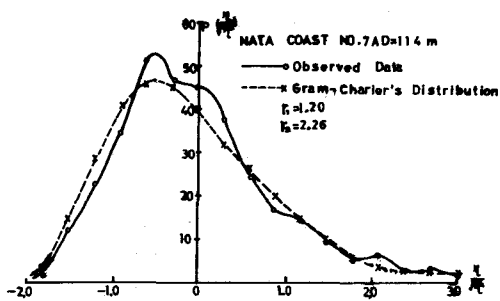


図 - 2

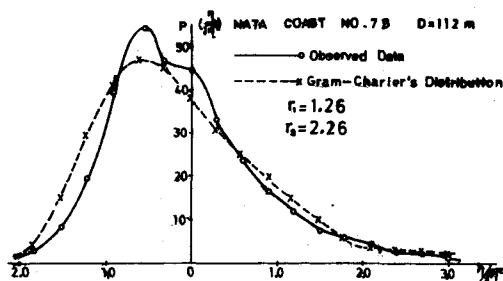


図 - 3

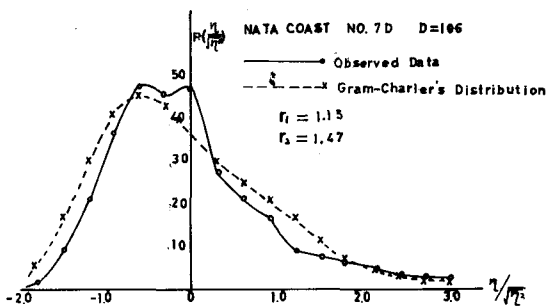


図 - 4

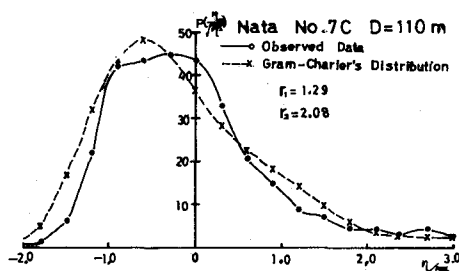


図 - 5

これから測深間隔 5, 10, 15, 20, 30 m の間での水面変動の cross correlation を求め 2 次元スペクトルを算出することが出来る。

$$\text{Co-spectra } C(r, \theta, \sigma) = \int_0^{2\pi} F(\sigma, \alpha) \cos\left(\frac{\sigma^2}{g} r \cos(\alpha - \theta)\right) d\alpha$$

$$\text{Quad-spectra } Q(r, \theta, \sigma) = \int_0^{2\pi} F(\sigma, \alpha) \sin\left(\frac{\sigma^2}{g} r \cos(\alpha - \theta)\right) d\alpha$$

上式を Bessel 関数による展開法を用いて表わすと

$$\frac{C+Q}{\pi} = J_0(\sigma) A_0(\sigma) + 2 \left[\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n J_{2n+1}(\sigma) A_{2n+1}(\sigma) + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n J_{2n}(\sigma) A_{2n}(\sigma) \right] - A$$

$$A = \frac{\sigma^2}{g \lambda \sin \theta \cos \theta} l \quad (l = 5, 10, 15, 20, 25, 30)$$

(4) より $A_0, A_1, \dots, A_6$ の値が求まられるので Directional Spectrum

$$F(\sigma, \alpha) = \frac{1}{2} A_0 + \frac{6}{7} A_1 \cos \alpha + \frac{15}{28} A_2 \cos 2\alpha + \frac{5}{21} A_3 \cos 3\alpha + \frac{1}{14} A_4 \cos 4\alpha + \frac{1}{97} A_5 \cos 5\alpha + \frac{1}{924} A_6 \cos 6\alpha$$

が求まる。Cross Correlation の一例は図-10 に示した ($l = 10 \sim 30$ m)

Directional Spectrum が図-9 である。この図より $N \sim 43^\circ \sim W$ からの同波数 0.14 sec⁻¹ の強いエネルギーをもった波があり、又周期の大い波 (約 7 秒) は浅海においては回折をうけて海岸にはほぼ直角に進行してくることがわかる。一方周期の比較的小さい波 (約 3 ~ 4 秒) は回折をうけにくく、周期の大い波にくらべて波の進行方向が W の方向へかたよっている。Directional Spectrum の分布の形は一方向に集中することなくかなり広い範囲に広がっている。又 Spectrum の分布の密度は、ヒーフにおいて特に高くなりその周辺において疎に

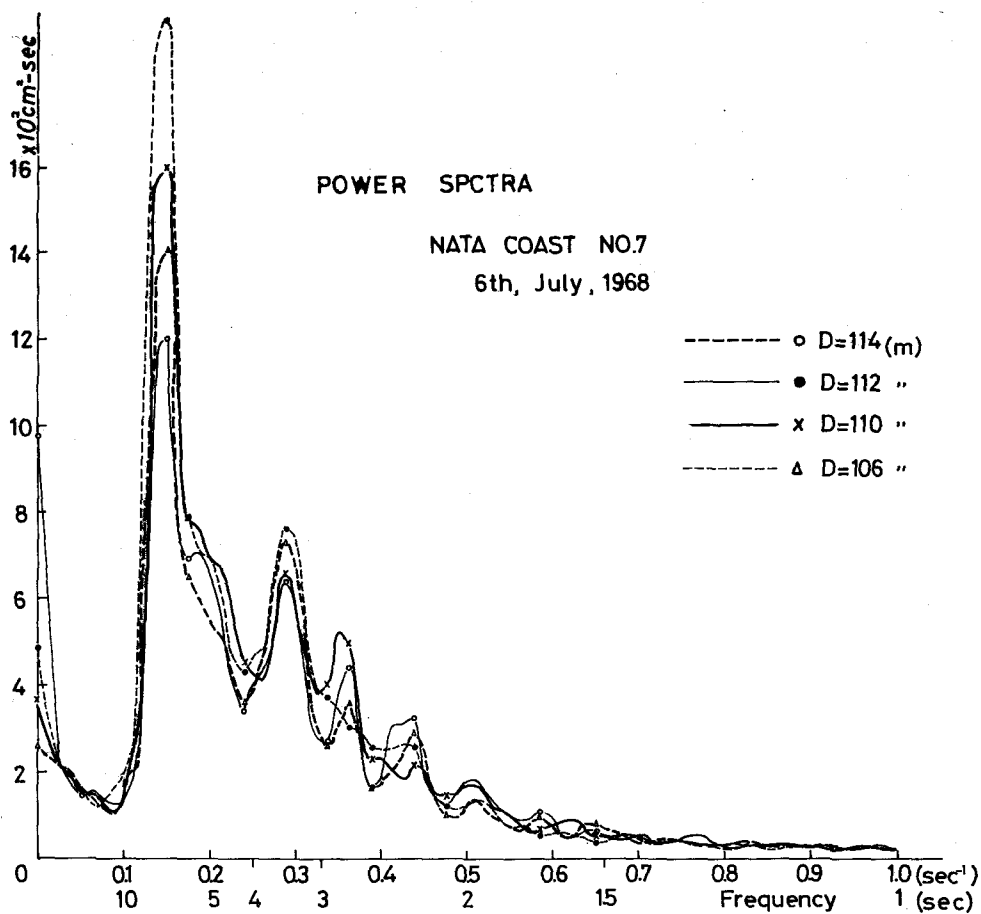


Fig - 6

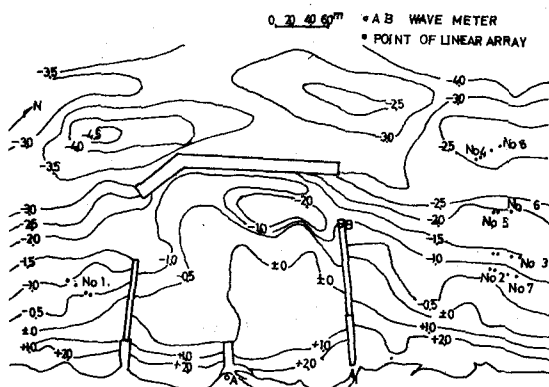


Fig - 7

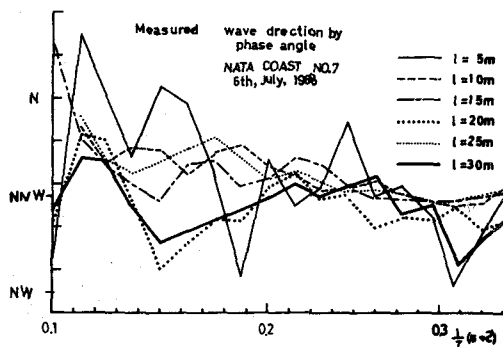


Fig - 8

っている。同じデータを用いて波向の求め方がある。即ち2点でそれぞれ測定された波の Cross spectrum (C, Q) より両者の位相差は $\theta = \tan^{-1} \frac{Q}{C}$ で与えられる。波峰線が2点を結ぶ線となる両点の位相 θ と θ の図像にある。

$\sin \alpha = \frac{gQ}{(2\pi f)^2 l}$ 。この α を図示したものが図-8である。この図より波の進行方向は $l = 20m$ で $N \sim 30^\circ \sim 40^\circ$ である。よって前述した Directional Spectrum の両度ビッチが 15° であることを考えれば波の進行方向はほぼ一致する。

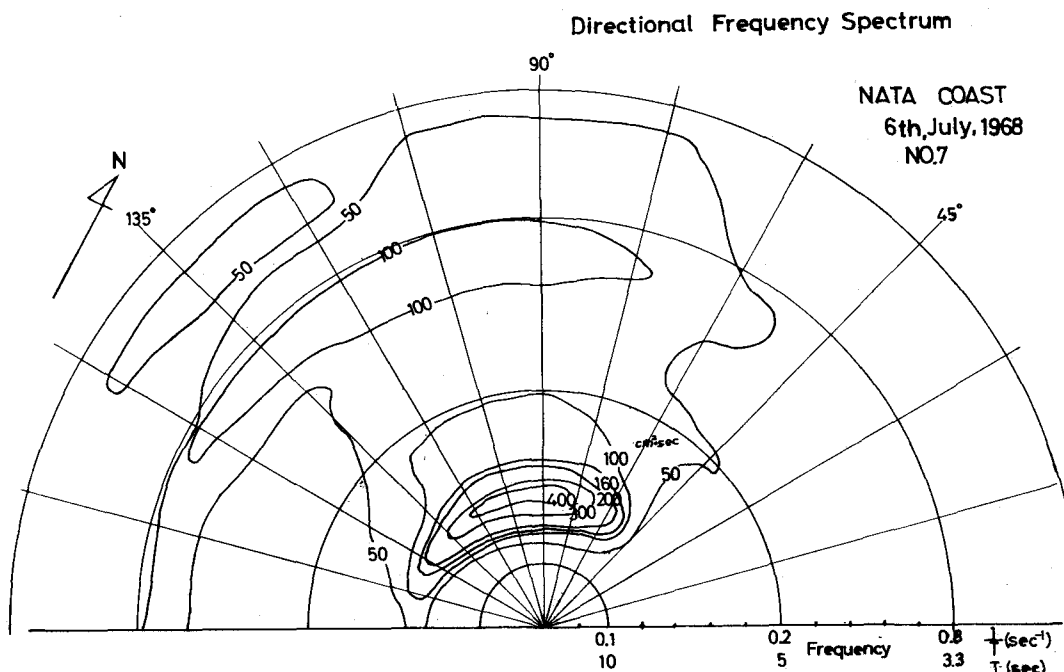


図-9

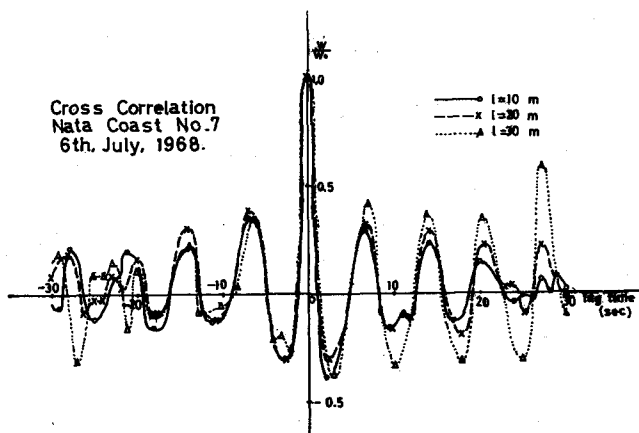


図-10