

## II-273 時空スペクトル成分の合成 による浅水波の表示

名古屋工業大学 学生員 川合正恭  
同 正員 石田 昭  
西松建設 浅井 功

### 『1』 まえがき

浅水領域に進入した波浪の変形を正しく見積ることは漂砂の問題を始めとして、海岸工学のうえでたいへん重要なテーマとなっている。例えば波動場の岸沖漂砂は底面流速がサイン波から僅かに歪むだけでも大きく変化することが分かっている<sup>1)</sup>。波浪の変形の問題は主として定形波理論に基づいたものが多く、波形の歪までを取り扱ったものは少ないのが現状である。そこで本研究では斜面上の浅水波の表示方法として、時空間平面上での波形を解析して得られる波数周波数スペクトル（時空スペクトルと呼ぶことにする）を用いることによって、浅水波の歪みを考慮に入れた波形の表示を考えた。

### 『2』 一様水深域での時空スペクトル

石田ら<sup>2)</sup>は、正弦波が一様水深の浅水域に進んだときの非定形波形を、KdV方程式に基づく数値解析、および時空スペクトル解析を用いて調べている。それによると非定形波は基本波  $A_{01}$ 、基本波と同じ波速で進行する2倍の周波数をもつ拘束波  $A_{02}$ 、波速が定形波の分散式に従っている2倍の自由波  $A_{12}$  (Fontanet波と呼ばれている) および  $A_{01}$  と  $A_{12}$  の非線形干渉によって発生する、いわゆる差の波  $A_{11}$  と和の波  $A_{13}$  等いくつかの時空スペクトル成分により構成されている。そして時空スペクトル  $A_{nm}$  をアーセル数の関数として次のように与えている。

$$\log a_{nm} = \alpha (\log U_r)^2 + \beta (\log U_r) + \gamma \quad (1)$$

$a_{nm}$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\theta_{nm}$
$a_{01}$	-0.137	0.263	- 0.118	0
$a_{02}$	-0.536	2.27	- 2.82	0
$a_{03}$	-0.876	4.14	- 5.55	0
$a_{04}$	-1.18	5.90	- 8.26	0
$a_{11}$	-0.865	4.11	- 5.38	0
$a_{12}$	-0.646	2.61	- 3.08	$\pi$
$a_{13}$	-0.903	4.16	- 5.41	$\pi$
$a_{14}$	-1.20	5.88	- 7.93	$\pi$
$a_{15}$	-1.30	6.73	- 9.60	$\pi$
$a_{21}$	-1.81	9.88	-14.1	0
$a_{23}$	-1.45	7.40	-10.1	$\pi$
$a_{32}$	-2.08	10.4	-13.7	$\pi$
$a_{33}$	-2.11	10.0	-12.5	0
$a_{44}$	-0.159	2.53	- 6.05	0

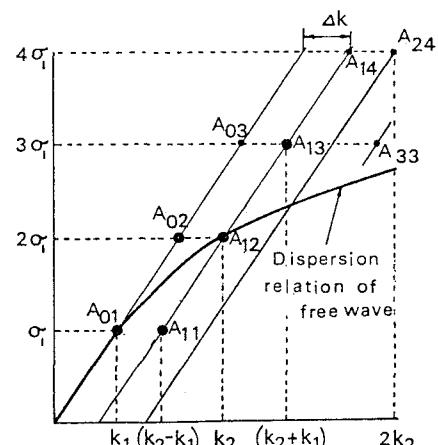
表 - 1

ここで、 $a_{nm}$  は初期波形の振幅  $H_0 / 2$  によって規準化された時空スペクトル成分の振幅で、 $a_{nm} = A_{nm} / (H_0 / 2)$  である。 $U_r$  はアーセル数で  $U_r = H_0 L^2 / h^3$ 、 $\alpha$   $\beta$   $\gamma$  および初期位相  $\theta_{nm}$  は表 - 1 に示すような値である。一様水深領域での水位波形は次式によって表わすことができる。

$$\eta(x, t) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_{nm} \cos(S_{nm}) \quad \dots \quad (2)$$

$$S_{nm} = (m k_1 + n \Delta k) x - m \sigma_1 t + \theta_{nm} \quad \dots \quad (3)$$

$k_1$ 、 $\sigma_1$  は基本波の波数と周波数、 $\Delta k$  は Fontanet 波の波数と 2 倍周波数の拘束波との波数の差である。時空スペクトル成分  $A_{nm}$  の波数と周波数の関係は図 - 1 に示すような関係がある。

図 - 1 時空スペクトルの  $f - k$  関係

### 『3』 任意水深における波形の表示

水深が変化する場合には、その水深におけるアーセル数から時空スペクトル成分の振幅 $A_{nm}$ を求め、位相についてはつぎのような積分計算によって求めることがある。波数 $k_1$  および波数差 $\Delta k$ は、その水深における値とする。これらの値を（2）式に入れて波形を求める。

$$S_{nm} = \int (m k_1 + n \Delta k) dx - m \sigma_1 t + \theta_{nm} \quad \dots \dots \quad (4)$$

ここで、積分は、深水条件を満たす位置を下限として、考えている場所までにわたる積分を意味している。

『4』 計算波形と実験波形との比較  
上に述べた方法の妥当性を調べるために、計算による浅水波形を実験値と比較した。実験には幅15cm、こう配が1/100の一様斜面を水槽内に作り、周期1.4sec、波高3cmの波を発生させた。図-2の左側に示したのは水深23cmから7cmの間で1m進む毎の波形を容量式波高計で測定したものである。右側に示した波形は同じ条件で計算によって求めたものである。

浅水域に進むにつれて実験波形の波高がかなり小さくなっているが、碎波は生じていないので、これは、底面および側壁におけるエネルギー損失或は底面からの水の出入りによる影響があるようである。計算にはエネルギーの損失等は考慮されておらず、波高がかなり大きくなることが分かる。波高の変化は線形理論による浅水係数から見積る値と比較しても、それほど矛盾するものではない。波形の歪み方については、水深が19cm付近の前傾波形、17cm付近の後傾波形および13~7cm付近の尖った波形などをよく表わしている。

かなりよく実験波形と一致しており、任意水深における非定形波を表示する方法として妥当なものであると思われる。ただし高波数および高周波数をもつスペクトル成分は、減衰が激しいと思われる所以計算に含ませないでも良いのかもしれない。図-2に示した計算には表-1に示した成分のなかで、 $A_{44}$ を除く13成分を合成してあるが、振幅の大きな5成分程度でも十分と思われる。

1) C. H. Hulsbergen: Proc. 14th Conf. on Coastal Eng. (1974). 392-411.

2) 石田昭, 喜岡涉, 梶田耕司: 日本流体力学会, 第2巻第4号 (1983). 371-380.

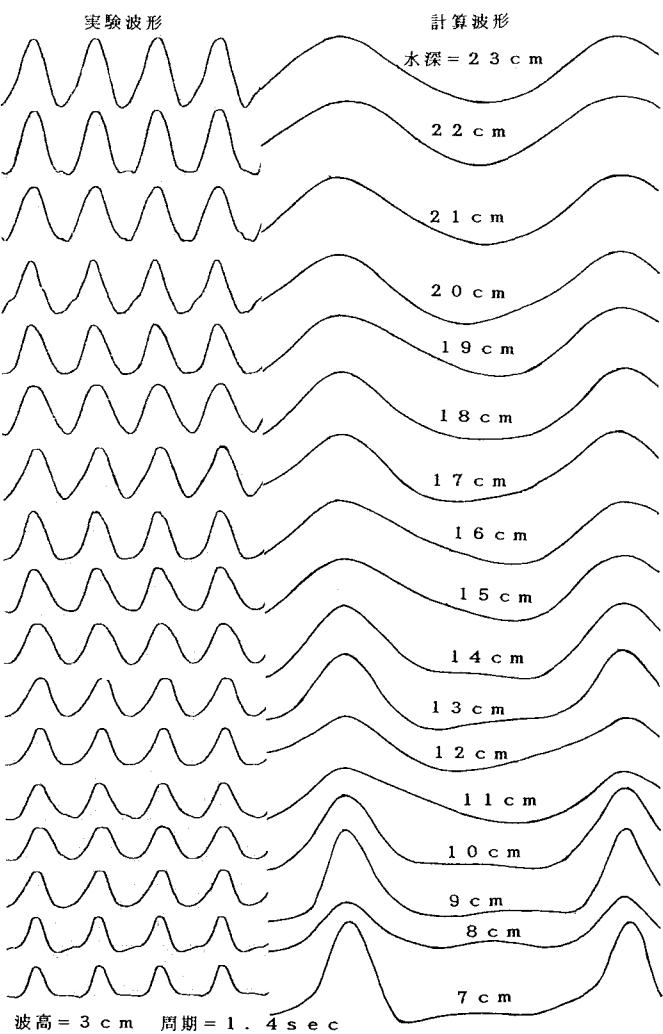


図-2 計算波形と実験波形の比較