

モデル方程式による波群の浅水変形について

岐阜大学 正員 安田孝志 学生員 ○鶴飼亮行 伊藤一教

1. 緒言 ここでは、水理実験による適用の検証がなされているうねりのモデル方程式¹⁾を用い、種々のスペクトル、水深および海底勾配の下での数値シミュレーションによって波群の空間変化を明らかにする。
2. シミュレーション手法 モデル方程式の初期波を次式の合田の5パラメタ型スペクトルによって与える。

$$S(f) = \alpha_1 H_{1/3}^2 T_p (f/f_p)^{-m} \exp \left[-\frac{m}{n} (f/f_p)^{-n} \right] \gamma \exp \left[-(f/f_p - 1)^2 / 2\sigma^2 \right] \quad (1)$$

$$\alpha_1 = 1/16.032 T_p \int_0^\infty (f/f_p)^{-m} \left[-\frac{m}{n} (f/f_p)^{-n} \right] dt, \quad \sigma = \begin{cases} 0.07 : f < f_p \\ 0.09 : f \geq f_p \end{cases} \quad (2)$$

ここでは、 $n=4$ および $\gamma=1$ と固定し、 $H_{1/3}$ 、 $T_p (=1/F_0)$ および m を表-1に示されるように変化させる。図-1は、式(1)を基に合成した不規則波の波形およびスペクトルを m の値が15 (No. 2, 5, 7, 9, 11, および12)の場合について示したものである。また、このときの波形から計算されたスペクトル幅パラメタ μ 、スペクトル尖鋭度パラメタ Q_0 およびGroupiness Factor GFの値を前述の表-1に示す。図-1に示される波形をモデル方程式の初期波として与えてその空間発展を計算し、各地点ごとの時間波形よりGFの値を求め、波群の空間変化を評価する。

3. 波群の空間変化特性 1) スペクトル幅の影響 図-2は、 $k_0 h = 3.11$ および $k_0 a_0 = 0.1$ の下で $m=5, 15, 30$ および55と変化させたときのGFと伝播距離との関係を示したものである。初期波の波群形状がスペクトル幅に依存するのは当然であるが、伝播過程における波群の変化もスペクトル幅に大きく依存し、 $m \geq 15$ では周期的な波群の発達・減衰が見られる。これは、明らかに準単色波の一樣波列に見られる再帰現象と密接に関わっているものと考えられ、 $m=15$ 程度のスペクトル幅を持つ不規則波においても変調不安定の擬似再帰性が見られることは興味深い。

2) $k_0 h$ の影響 図-3は、 $m=15$ および55の場合において $k_0 h$ の値を3.11, 1.72および1.04と変化させたときの伝播距離とGFの関係を示したものである。これから、 $k_0 h = 1.04$ ではスペクトル幅がいかに狭くても波群の発達は見られないが、 $k_0 h = 1.72$ および3.11では同程度の波群の発達が見られ、スペクトル幅に関係なく波群が変調不安定として捉えられることがわかる。また、 $m=55$ の場合、初期波に顕著な振幅変調が見られるものの、それが発達して行くということではなく、GFの値はほとんど一定に留まっている。すなわち、波群が伝播過程で発達して行くには、変調不安定が必須であり、その意味で $k_0 h$ の値が臨界値を超えていることが波群の発達に不可欠の条件と言える。

3) $k_0 a_0$ の影響 $k_0 h = 1.36$ を臨界値として生ずる変調不安定の成長率は波形勾配 $k_0 a_0$ に依存することが知られている。図-4は、この点を明らかにするため、 $m=15$ および55の場合について $k_0 a_0$ の値を0.1および0.2と変化させたときの伝播距離とGFの関係を示したものである。 $m=15$ では、 $k_0 a_0 = 0.2$ の場合のGFの値が若干 $k_0 a_0 = 0.1$ の場合のものを上回るが、その差異は極めて小さい。しかし、 $m=55$ では、絶対値において明らかな差異が認められるようになり、単色波の場合の傾向に一致して来る。しかし、通常の現地波浪では m の値は5程度であるため、 $k_0 a_0$ の波群に及ぼす影響は無視できるものと考えられる。

4) 海底勾配の影響 ここでは、波群の空間変化に及ぼす浅水化の影響を明らかにするため、 $m=15$ および $k_0 h = 3.11$ の初期波に対して海底勾配を0, 1/350および1/100と変化させたときの伝播に伴うGFの変化について検討する。図-5はその結果を示したものである。これから、 $k_0 h$ の値が1.3に達するまでのGFの変化に海底勾配自体は何ら影響しておらず、波群の変化は、変調不安定が発達・減衰するに必要な伝播距離のみに依存していることがわかる。

4. 結語 以上、深海域から浅海域に至る過程で波群の発達に本質的に関わるパラメタは、 $k_0 h$ 、スペクトル幅および伝播距離であり、浅水化自体はそれほど本質的ではないことが明かとなった。また、 $m \geq 15$ であれば、変調不安定に緩やかな再帰性が見られ、波群は伝播とともに単調に増大するのではなく、発達・減衰を繰り返しつつ伝播することがわかった。したがって、この再帰性周期を知ることが波群の空間変化予測に極め

て重要と考えられる。

表-1 数値シミュレーションの条件

Case No.	h ₀ [m]	T ₀ [sec]	m	h [cm]	slope	k _{ph}	k _{dp}	μ	Q ₀	GF
1	5.0	10.0	5	77.0	—	3.11	0.10	0.797	2.00	0.559
2	5.0	10.0	15	77.0	—	3.11	0.10	0.403	4.07	0.622
3	5.0	10.0	30	77.0	—	3.11	0.10	0.359	5.97	0.738
4	5.0	10.0	55	77.0	—	3.11	0.10	0.344	8.19	0.802
5	5.0	10.0	15	40.0	—	1.72	0.11	0.403	4.07	0.662
6	5.0	10.0	55	40.0	—	1.72	0.11	0.344	8.19	0.802
7	5.0	10.0	15	20.0	—	1.04	0.13	0.403	4.07	0.662
8	5.0	10.0	55	20.0	—	1.04	0.13	0.344	8.19	0.802
9	10.0	10.0	15	77.0	—	3.11	0.20	0.403	4.07	0.662
10	10.0	10.0	55	77.0	—	3.11	0.20	0.344	8.19	0.802
11	5.0	10.0	15	77.0	1/350	3.11	0.10	0.403	4.07	0.662
12	5.0	10.0	15	77.0	1/100	3.11	0.10	0.403	4.07	0.662

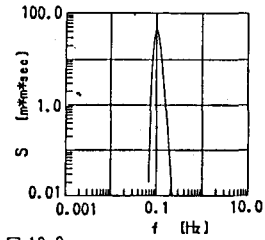


図-1 初期波形およびスペクトル (m=15)

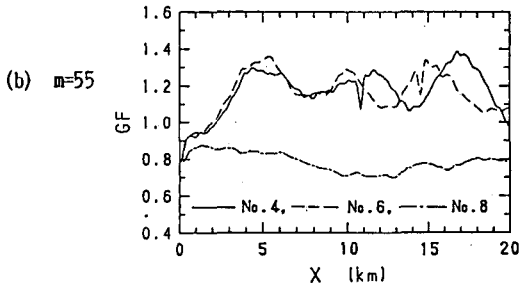
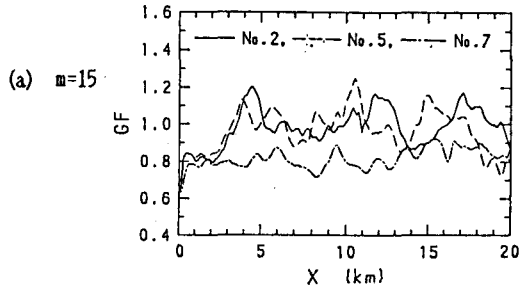


図-3 k_{ph}の影響

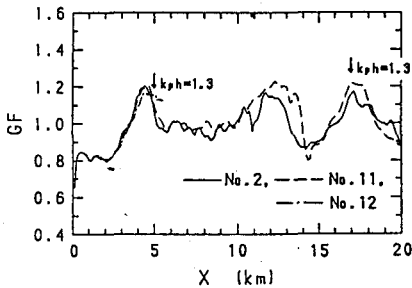


図-5 海底勾配の影響

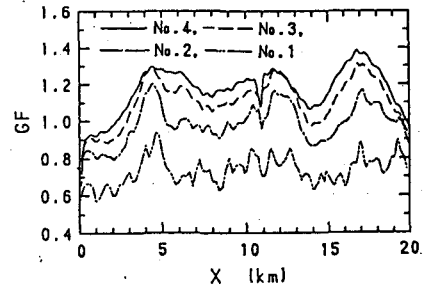


図-2 スペクトル幅の影響

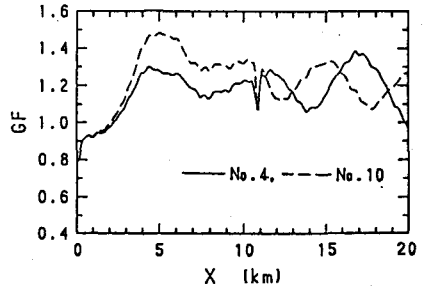
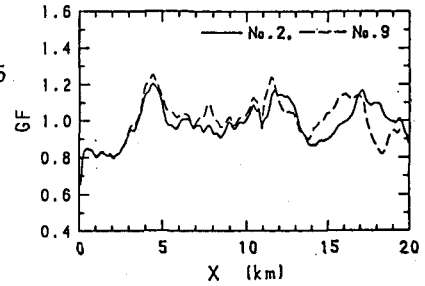


図-4 k_{dp}の影響

参考文献

- 1) 安田・田中・鶴岡・土屋: 第35回海講論文集, 1988, pp. 93-97.