

II—4 浅水変形に伴うパワースペクトルの変化

北海道大学工学部

日比 康生

正員 浜中健一郎

1. 序論

著者等のグループは、不規則波の研究において過去数年に渡り、摂動法を用いた3次のオーダーの解を求めることにより、2次スペクトル⁽¹⁾、バイスペクトル⁽²⁾⁽³⁾、非線形分散関係⁽⁴⁾、トリスペクトル⁽⁴⁾を解析的に求め、種々の事柄について検討してきた。

今回はその理論解に対し、初めて実験を行いデータを収集し、これまでの研究成果の妥当性を検討するものである。また著者等の知見によれば、長年に渡る不規則波の研究の中で、不規則波の浅水変形の実験データは意外にも少ないものである。

我々のグループの最終目的は、この実験データと理論解の3次の近似解との比較の検討であるが、当論文では、まずその第一段階である線形解との比較を試みた。

2. 実験装置及びその方法

実験においては、北海道電力技術研究所の不規則波造波水路を用いた。水路は長さ35m、幅80cm、深さ120cmであり、その構造の概略を図1に示している。水位変動に関しては、容量式波高計を用い、8点での測定値をデータレコーダーに記録した。測点での水深は表1に示している。造波方法に関しては、期待スペクトル

をBretschneider-光弔型を用いて造波機に信号を伝達して造波させている。ここで注意すべき点は実際に発生させた波は、必ずしも期待スペクトルとは一致していないことと、造波信号が完全に不規則ではなく、3分の不規則信号を繰り返し用いている。実験は全部で8ケース行い、各ケースでの有義波高、有義周期をそれぞれ変化させていた。なお、ここでは2ケースに関して考察するものとする。

3. 解析方法・手順

まず、記録されたデータレコーダーより、ケース1の場合はデータ数8000個、ケース2の場合は5200個、読み取り間隔は双方とも0.1secとしてAD変換を行った。しかる後、北大大型計算機センターにおいて、データ数を1024個ずつ連続して、FFT法により処理した後、スペクトルの計算を行い、同一周波数ごとに平均をとり、そして周波数軸上において7つの点とよりSmoothingを行った。ここで線形解からの推定値は次式を用いている

$$V \cdot m \phi \left\{ \frac{\sinh^2 \beta + \omega^2 h}{\omega^2 \cosh^2 \beta} \right\} = 0$$

STATION NO. CASE	1	2	3	4	5	6	7	8
1	63.6	56.2	49.3	42.1	35.8	29.6	22.3	15.5
2	66.2	59.5	52.9	46.2	39.6	32.7	26.2	19.7

表1 単位 (cm)

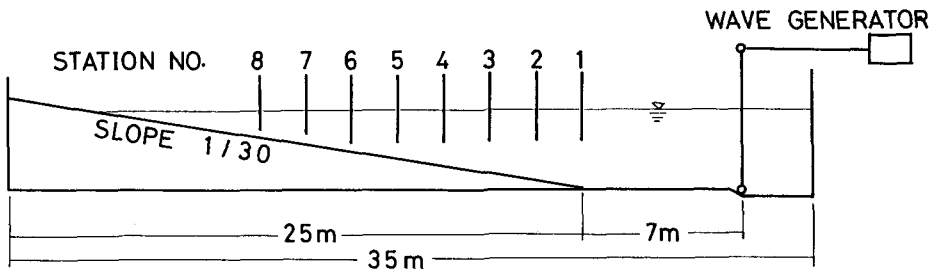


図1

$$\text{ただし } \nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right), \quad m = |m|, \quad \beta = m h$$

ここで m は波数、 h は水深、 ω は周波数、 ϕ は 1 次波の パワースペクトルを示す。

また、計算値には無次元化が行われており、有次元量にへをつけて表わすと、

$$t = \tau \hat{\omega}, \quad \omega = (\hat{\omega} / \hat{\omega}_m) \\ (\eta, h) = (\hat{\eta}, \hat{h}) (\hat{\omega}_m^2 / g)$$

ここでも τ は時間、 ω は周波数、 $\hat{\omega}_m$ は適当な基準周波数、 $\hat{\eta}$ は水面変化、 $\hat{h}$ は水深を表わしている。

4. 結果・考察

前述より、グラフは無次元化された値となっている。有次元量のスペクトル $\hat{p}$ は、

$$\hat{p} = P (\hat{\eta} / \omega_m^5)$$

で与えられる。ここで $g = 980 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$ 、 $\hat{\omega}_m = 3.141592 \text{ (sec}^{-1}\text{)}$ である。

また、グラフ内において、細実線は基準点 (STATION No.1) の実測スペクトル、太実線は各測点 (STATION No.2~8) の実測スペクトル、破線は基準点からの実測スペクトルを用いた推定値である。また、参考までに各 CASE、各 STATION ごとのエネルギー値を表 2 に示す。次に CASE ごとに考察をしてみると。

i) CASE 1 Fig 1 (A)~(D)

特徴としては、ピーク近傍で鋭く尖がり、狭帯域スペクトルとなっていることと、水深が浅くなるにつれて、ピークが低周波側にずれてくることである。このことは、前理論の 3 次の近似解の結果と一致する⁽⁴⁾。

また、ピーク近傍において推定値が実測値より大きい。このことは、高次のオーダーを考慮しても、一般に推定値は大きくなるので、高次の自由波を導入した理論が必要ではないかと思われ、目下解析中である。

ii) CASE 2 Fig 2 (A)~(D)

ここでの大きな特徴は、まず近波板近くでは広帯域スペクトルになっているということである(A)。そして STATION 2 では 3 つのピークを持ったスペクトルになっており(B)、表 2 から明らかなように、2 倍近くの大きなエネルギーを持っている。そして、浅くなるにつれてピークの個数が増えてくる(C)(D)。

この奇妙な現象の要因としては、まず第一には近波板と波動解との相異が上げられる。これは、水粒子の速度の垂直成分の分布が、波動解から求まる分布とは異なってくることを意味する。第二には共鳴干渉が上げられる。ただし今までの共鳴干渉の理論は、均一波動場に対するもので、今回の変形波動場でのこの現象の説明は難しいといえる。

また、高次の自由波との比較の解析も現在進行中であり、これに関しても別の機会に報告したい。

参考文献

- (1) 沢中健一郎・佐藤典之：不規則波の非線形浅水変形について，第 31 回海岸工学講演会論文集，PP 138~142，1984
- (2) HAMANAKA・K：Nonlinear deformation and bispectral change of random gravity waves on sloping bed, The 4th Symposium on Coastal and Ocean Management, pp. 2197~2210，1985
- (3) HAMANAKA・K：Random wave deformation and bispectral change, 1985 Australasian Conference on Coastal and Ocean Engineering Vol. II, pp. 43~50，1985
- (4) 沢中健一郎・加藤雅也：不規則波の非線形浅水変形について(2)，第 32 回海岸工学講演会論文集，PP 199~203，1985

STATION NO. CASE	1	2	3	4	5	6	7	8	T _{1/2} (sec)
1	10.67	10.72	10.52	10.51	10.87	11.22	10.51	8.26	2.0
2	0.550	1.254	1.314	1.505	1.369	1.283	1.242	1.343	1.0

表 2 単位 (cm²)

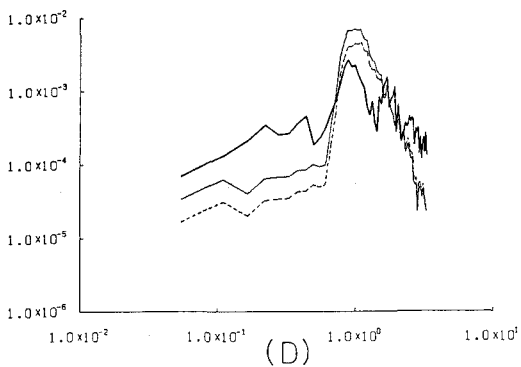
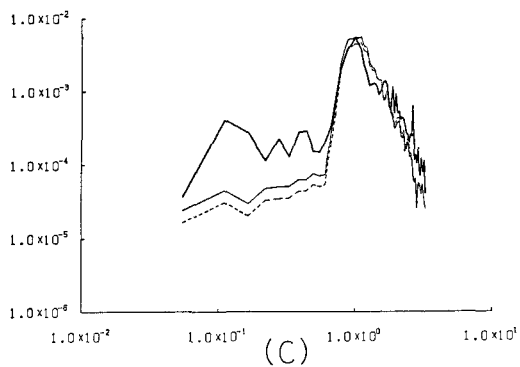
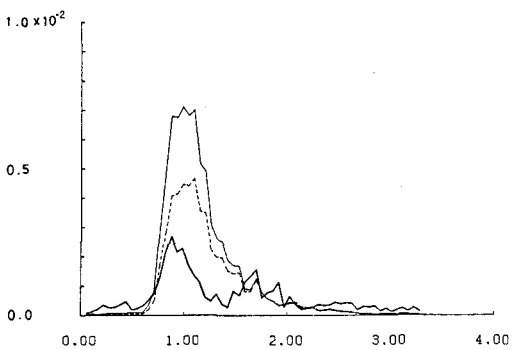
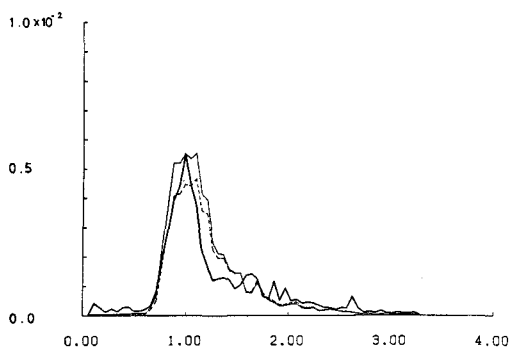
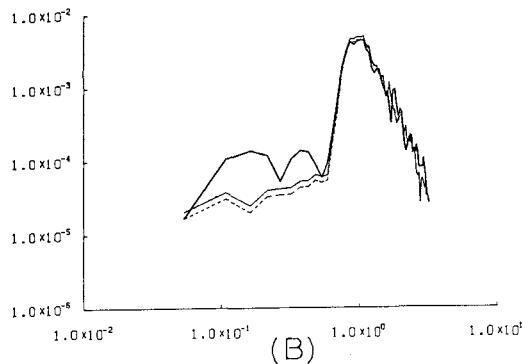
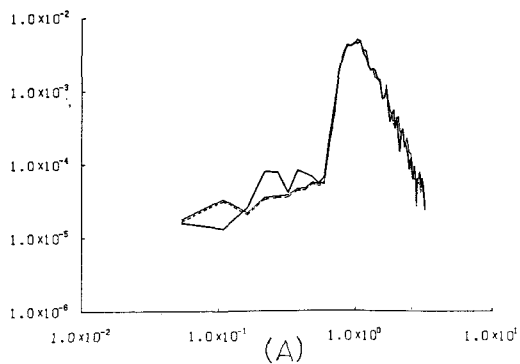
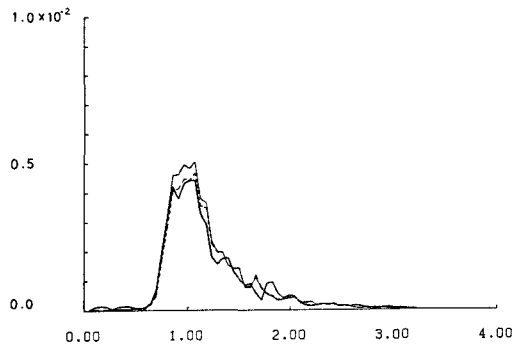
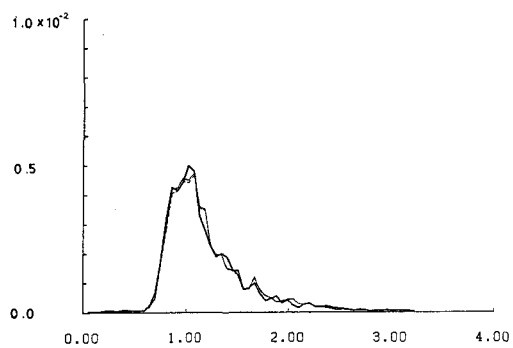


Fig.1

(基準点のSTATION-Noは1. 実測点のSTATION-Noは(A)が2.(B)が4.(C)が6.(D)が8である。)

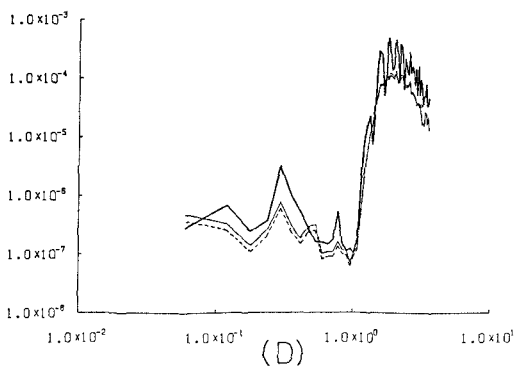
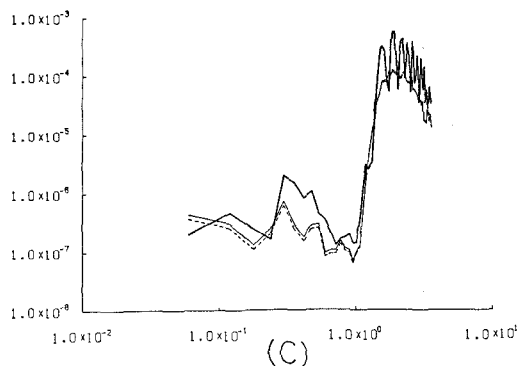
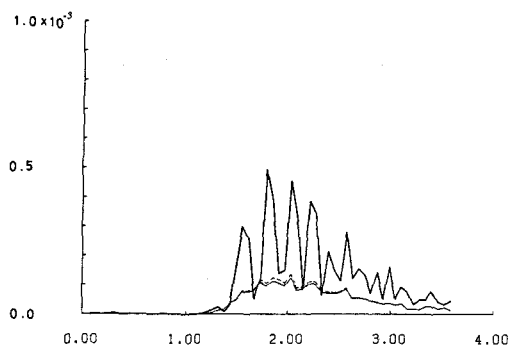
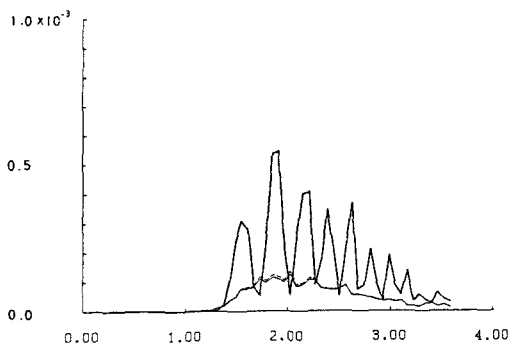
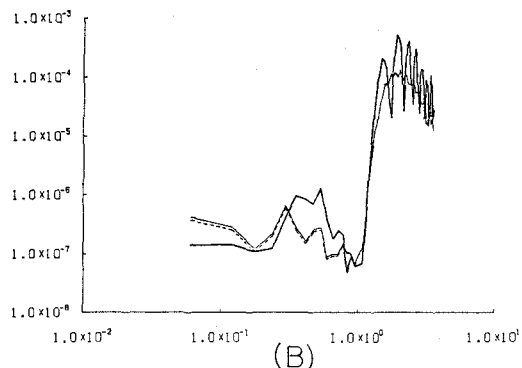
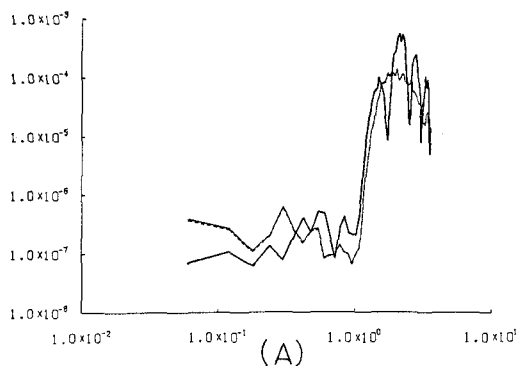
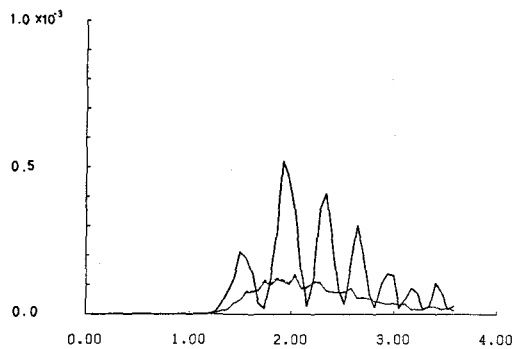
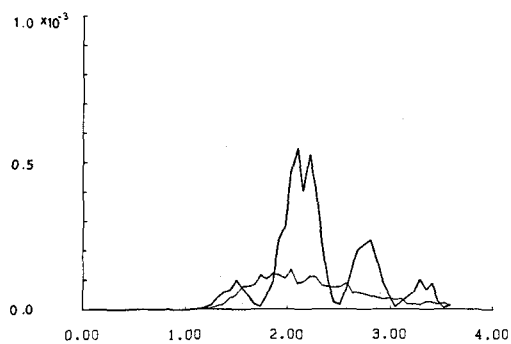


Fig.2

(基準点の STATION-NO.は 1、実測点の STATION-NO.は (A)が 2、(B)が 3、(C)が 4、(D)が 5 である。)