

現地波浪のデータ処理に伴う統計量の変化

橋 村 隆 介*

1. ま え が き

海岸・海洋構造物を設計・施工する場合に、現地波浪の特性を知ることは最も重要なことのひとつと考えられる。そのため、今日まで数多くの波浪観測が行なわれ、データの蓄積がなされてきた。しかし、これらの得られたデータについては、観測機器の異なりとともにデータの処理法においても観測を実施する各事業体で異なった手法が用いられていることが考えられる。たとえば、運輸省港湾技術研究所では“波浪に関する拠点観測実施要綱”にもとづき、全国各地で観測されたデータを同研究所に集め、中央集中処理方式によって一括処理を行なっている。一方、各都道府県あるいはその他の事業体では必ずしもこの方式がとられないことが考えられる。そのため、得られたデータの処理結果について評価・判定の基準が問題となることが考えられる。特に、今回のデータにおいては、大きい潮汐変化を伴っているデータであるのでその点にも留意する必要があるように考えられる。

また、今回のデジタルデータは 10cm 未満の波高の波がカットされて演算処理されているため、平均波、有義波、1/10 最大波の演算においてもその影響が現われるものと考えられる。このことは、工学上あまり問題

にならないかも知れないが統計理論上の取扱いにおいて疑問が残される。

本報告では、以上の点を踏えてデータの処理法を変えた場合に、得られた結果がいかに変化するかについて調べ、その特性を知り、過去のデータについての信頼性、利用のための参考となることを目的としている。

2. 現地観測データ

本報告に用いたデータは、長崎県臨海局漁港部において実施している新長崎漁港建設地沖合約 3124 m (北緯 32°47'36", 東経 129°45'12"; 水深-35 m) に設置の超音波式波高計 (海上電機製: USW-134 型) によるアナログ記録と H. T. (波高・周期) 検出装置 (同製: WD-312 型) および有義波演算装置 (同製: WD-411 型) による処理結果のデジタル量によるものである。

それぞれのデータの観測日時は、昭和 57 年の 5 月～8 月における任意に抽出した 5 月 7 日 4 時, 5 月 22 日 2 時, 6 月 13 日 12 時, 8 月 11 日 20 時の場合である。以下, 5. 7. 4, 5. 22. 2, 6. 13. 12, 8. 11. 20 と略呼する。

各データともに、それぞれの正時前後 10 分の 20 分間観測によって得られたものであり、その時のアナログ記録および潮位変動を示したものが 図-1 および 図-2 で

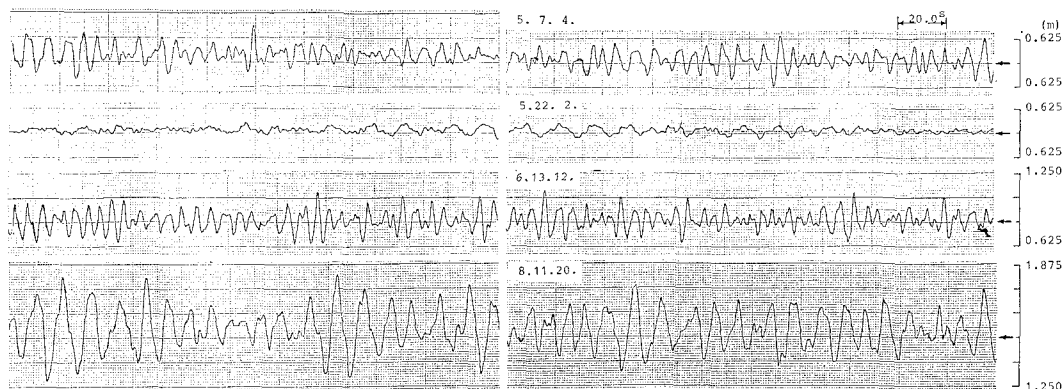


図-1 現地波浪のアナログ記録

* 正会員 熊本工業大学助手 工学部土木工学科

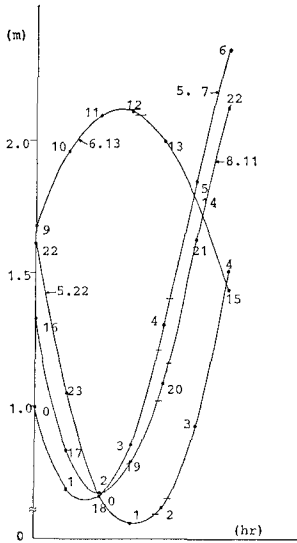


図-2 観測時の潮位変動

ある。

図-1 は、測定開始時よりの波形と終了時前の波形を示したものである。それによると、5. 7. 4 と 6. 13. 12 は相似的な波形を示し、5. 22. 2 と 8. 11. 20 は波高の小さい波と大きい波の波形を示している。また、図-2 は測定時前後数時間の潮位変動と測定時間 20 分における変動を示したもので、図中の数値はそれらの時間であり、数値の前後に接線があるのは各 20 分測定中の変動帯域幅である。最も変動幅が大きかったのは 5. 7. 4 の漲潮時の場合で、逆の場合が低潮時 6. 13. 12 であった。その変動幅は約 2~19 cm と推測される。さらに、潮位変動の存在は、5. 7. 4 の場合は図-1 のアナログ記録からも推測される。

3. データの処理法

(1) デジタルデータ

図-3 は、デジタルデータの算出に伴うブロックダイアグラムを示したものである。図中の波高・周期 (H. T.) 検出装置によって波高計より出力された波形信号を電圧変化によってアナログ信号として受けとり、潮位変動を除くため H. P. フィルター (周波数 0.01 Hz) をかけ、平均水位を決定する。決定された平均水位とアナログ信号の交互点を検出し、zero-up-cross 法にて矩形波にて出力し、その後、A/D 変換を行い、1 波 1 波のデジタル信号として出力する。出力されたデジタル信号を有義波演算装置によって波高 10 cm, 周期 1.0 sec 未満のものについてはカットし、それ以上の波について 1 波 1 波のデジタル量として外部にプリントするとともに、波高の大きい順に並べ換え、平均波、有義波、1/10

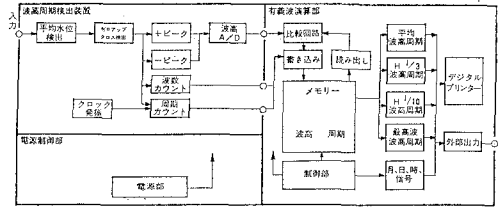


図-3 有義波演算装置のブロックダイアグラム
(提供: 海上電機株式会社)

最大波、最高波としてさらにプリンターにて出力される。

尚、平均水位の設定においては、外部出力される以前の 5 分間において水位変動をサンプリングし、フィルターをとおした値の平均値をもって平均水位としている。出力が開始されてからは、1 分ずつずらしながら各 5 分間毎の平均を用いて平均水位としている。

(2) アナログ記録

アナログ記録の処理法においては、目視によってアナログ記録紙 (図-1) の各波形の変動を 0.5 sec のサンプリング間隔で読み取った。次に、読み取った値を水位変動として、次の 3 通りの方法によって平均水位を決定し、zero-up-cross 法にて電算処理を行ない各種の統計量を算出した。その結果が表-1 である。

ANA. 1 は、読み取った値の総和を求め、その総数にて平均し、その値をもって平均水位を決定した。

ANA. 2 は、水位変動の読み取り値を 5 分間隔に平均し、それをもって平均水位と決定した。

ANA. 3 は、最初の方は最初の 5 分間の平均によって平均水位を決め、その後は 1 分ずつずらしながら次々に各 5 分間の値を読み取り平均水位を決定した。

4. データの解析結果

(1) 波高・周期の確率度数分布

図-4 は、前記のデジタル処理 (DIG.) とアナログ処理法の ANA. 1 による波高・周期の確率度数分布図である。図中の曲線は、波高・周期に関するレーリー分布の理論曲線を描いたものである。(a) の場合は、5. 22. 2 の DIG. に関する分布図で、波高比 $H/\bar{H} < 0.4$ の波高を無視しているため、波高比 0.4 以上の波高の度数分布を示した。一方、(b) は、ANA. 1 に関する分布図であるため全体的に分布している。分布形については両図とも同じ波浪によるものであるが、波浪状況が静穏なために大きい波高値が存在しないための影響があらわれ、異なった分布形を示した。レーリー曲線と両図の度数分布状態を比較すると、両図とも曲線からずれた形を示した。

(c), (d) の場合は、周期の確率度数分布図であるが、前項と同様に異なりの程度は少いがかなりの違い

表-1 各種のデータ処理法による統計量

m, d, h.		$\sqrt{\beta_1}$	β_2	N	H_{max}	$H_{1/3}$	$\bar{H}$	$H(S.D.)$	T_{max}	$T_{1/3}$	$\bar{T}$	$T(S.D.)$	$R(H,T)$
					cm	cm	cm		sec	sec	sec		
CASE(1)	DIG			200	12800	8800	5863	25.37	5.70	6.80	5.79	1.82	0.495
	ANA.1	0.56	4.66	208	12700	8744	5528	27.94	6.50	6.85	5.56	2.10	0.557
	ANA.2	0.48	4.23	208	12700	8746	5559	27.57	6.00	6.81	5.56	2.02	0.583
	ANA.3	0.47	4.23	208	12700	8748	55.61	27.56	6.00	6.85	5.56	1.98	0.592
CASE(2)	DIG			114	5000	2900	2100	13.22	12.50	12.60	9.41	4.61	0.763
	ANA.1	0.09	3.07	169	5300	2666	1506	9.77	11.50	11.48	6.63	4.71	0.823
	ANA.2	0.09	3.06	168	5200	26.91	15.01	10.09	11.50	11.41	6.67	4.19	0.803
	ANA.3	0.09	3.06	161	5200	27.40	15.53	9.96	11.50	11.46	6.95	4.17	0.797
CASE(3)	DIG			236	15300	9700	6432	29.14	5.10	5.40	4.97	1.26	0.476
	ANA.1	0.06	2.80	242	15500	95.71	62.00	30.22	6.00	5.46	4.88	1.51	0.488
	ANA.2	0.06	2.81	243	15500	95.46	61.86	30.18	6.00	5.45	4.86	1.49	0.487
	ANA.3	0.06	2.81	243	15500	95.38	61.81	30.16	6.00	5.43	4.86	1.49	0.488
CASE(4)	DIG			140	28800	18900	122.15	58.99	9.80	10.00	8.41	2.86	0.629
	ANA.1	0.06	2.75	140	29200	192.80	124.11	60.86	10.00	10.10	8.25	2.94	0.679
	ANA.2	0.05	2.75	141	29300	191.85	123.15	61.52	10.00	10.13	8.22	3.02	0.680
	ANA.3	0.06	2.75	142	29300	191.85	122.27	61.57	10.00	10.13	8.16	2.99	0.686

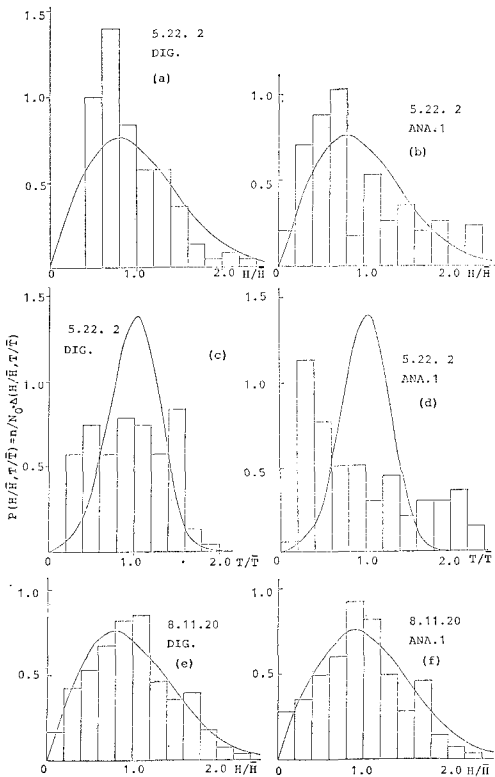


図-4 波高・周期の確率度分布

を示した。また、両図ともレーリーの曲線とずれた分布形を示した。

(e), (f) の場合は、8, 11. 20 についての波高に関する確率度分布図である。両図ともかなり相似した形を示し、レーリー曲線ともよく一致した。5. 22. 2 の場合と異なり、波向の大きいデータを取り扱っているので、10 cm 以下のデータを無視した影響がでなかったものと判断される。

(2) 波高と周期の結合分布

図-5 は、DIG. および ANA. 1~4 の処理法による結合分布を示したものである。図中の $H/L=0.01\sim0.04$ の各曲線は波形勾配に関するものである。5. 22. 2 の図は、DIG. に比べ、ANA. 1~3 による結合分布の方が分散度が大きく現われた。これを ANA. 1~3 の間で比較してみると、それぞれの間で若干の相違した分布形を示した。これは、各データ処理法の相違による影響がでたものと判断できる。その理由として、波形勾配の小さい静穏時の波浪で大きい潮汐変化を伴うデータは、零線(平均水位)設定において波高よりも潮汐の変化の影響を大きく受けるためである。

他方、8. 11. 20 の場合、DIG. と ANA. 1, 3 の分布図では、DIG. と ANA. では若干の相違が現われているが、5. 22. 2 の場合に比べわずかの相違しか見られない。ANA. 1 と 2 の場合も同様である。このことは、波高の大きいうねり性のある波浪については、5. 22. 2 の場合と逆に、潮位変動が大きくても処理上の相違性の影響をあまり受けない。このことは図-1 を見ても想像がつく。

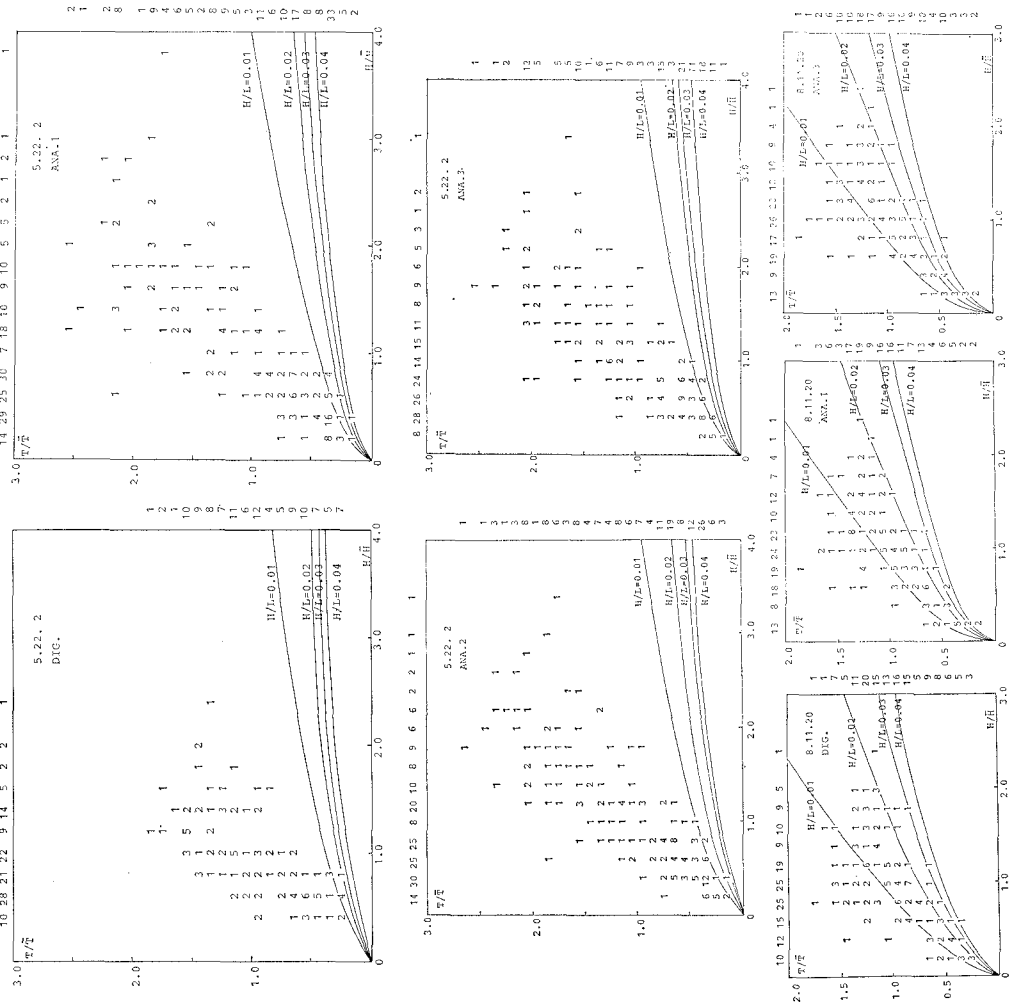
(3) 波長および波形勾配

図-6 は、波形勾配 H/L_s および H/L_f の度数分布図である。図中の L_s は微小振幅波理論による波長、 L_f は有限振幅波の理論式(1)によって求めた波長である。

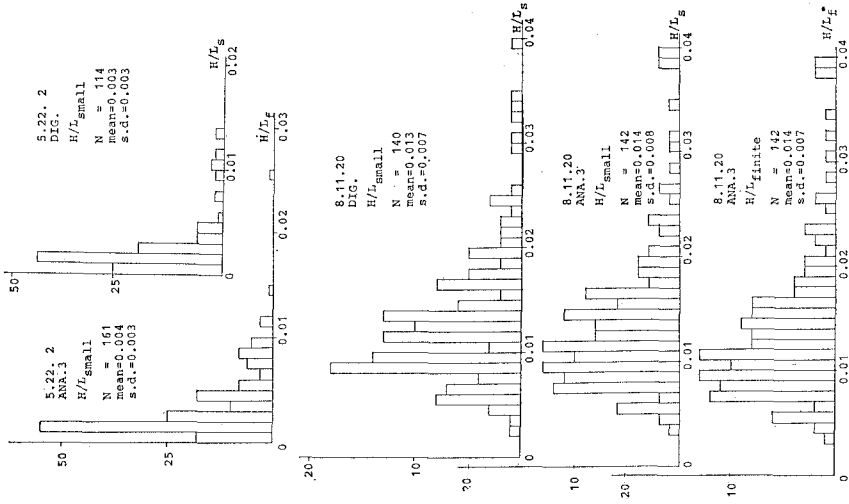
$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L} \left[1 + \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 \times \frac{\cosh 8\pi h/L + 8}{8(\sinh 2\pi h/L)^4} \right] \dots\dots\dots (1)$$

解析にあたって、水深 $h=-35$ m で一定と仮定して解いた。

図-6 から判るように、DIG. と ANA. 3 とでは多少の異なった分布形を示したが、微小振幅波理論と有限振幅波理論による解析法の相違による分布形の差はさほど



図—5 波高と周期の結合分布



図—6 波高分布の度数分布

感じられなかった。今回の4つのCASEで、両理論による差が現われたのは8.11.20の場合であったが、その差はわずかであった。したがって、両理論はデータ処理法の差の影響を受けないことが判る。このことは、処理法の差の影響は波高の小さい潮汐の大きい場合に現われ、両理論の差は波高の大きい場合に現われるためである。

(4) 周波数スペクトル

アナログ処理法と同様に、アナログ記録紙よりサンプリング間隔 0.5 sec で読み取った値を用いて、各CASEの場合のパワースペクトルを求めた。図-7は、そのう

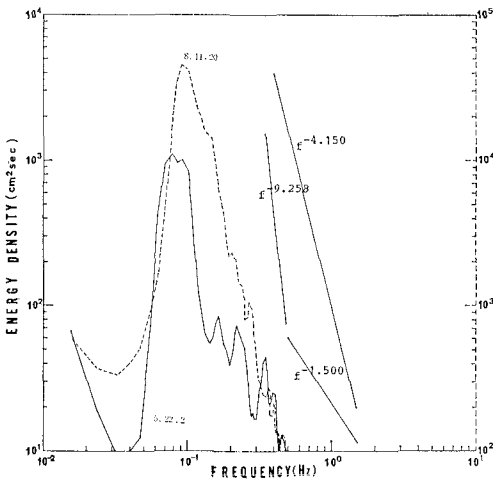


図-7 パワースペクトル

ちの5.22.2と8.11.20のものである。図中の実線のスペクトル曲線は左座標のエネルギー密度の値で、点線が右座標のエネルギー密度の値である。参考までに

取り上げた。

5. あとがき

本研究において、4つの異なった性格のデータについて、4種類のデータ処理法に基づく統計諸量の変化について述べたが、それらの主な結果は次のとおりである。

- 1) 波高の小さい波浪の場合は、データ処理上の影響を受けやすい。
- 2) 波高の大きい波浪の場合は、潮汐変動が大きくてもデータ処理上の影響を受けにくい。
- 3) 波浪特性を表わす種々のパラメータの中で、データ処理上の影響を受けやすいものと、そうでないものが存在する。
- 4) 全般的に、アナログ処理上の相違による影響を受けなかった。

最後に、研究を進めるにあたって温かいご指導ご助言を賜った京都大学工学部岩垣雄一教授および酒井哲郎助教授、資料についてお世話になった長崎県臨海局漁港部および海上電機の方々、さらに、計算・図面作成に協力に惜まなかった本学卒業生の藤本秀孝君(現アジア航測)、村井利道君(現日立造船エンジニアリング)および弘中貞之君(現熊本大学院生)に心より感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 合田良実: 港湾構造物の耐波設計, 鹿島出版会, 228 p., 1977.
- 2) 高橋智晴・鈴木禮美・中井徹也: 波高計による観測データの処理方法, 港湾技研資料, No. 39, pp. 7~33, 1967.
- 3) 高橋智晴・鈴木禮美・佐々木 弘・副島 毅・菅原一晃・中井 徹: 波浪データの集中処理方式, 港湾技術研究所報告, 第10巻1号, pp. 43~76, 1971. 3.
- 4) 高橋智晴・広瀬完一・菅原一晃・橋本典明: 波浪に関する拠点観測10か年統計(昭和45年~昭和54年), No. 401, 771 p., 1981.