

船舶の波浪荷重および船体応答の長期自動計測装置

Long-term Automatic Measuring Apparatus for Wave Loads on Ships and Her Response

第1報 自動 R. M. S. 計測装置

Part I: Automatic R. M. S. Recorder

高橋 幸伯*・小畑 和彦*・能勢 義昭*

Yukinori TAKAHASHI, Kazuhiko OBATA and Yoshiaki NOSE

1. ま え が き

波浪中を航走している船舶に加わる波浪荷重、およびそれに対する船体運動、船体応力などの応答は、船の形状寸法や荷重分布（積荷状況）だけでなく、そのときの気象・海象・波や風との出合い角度・船の速さなどの各種の外界条件に支配される不規則変動現象である。

外界条件と波浪荷重、波浪荷重と船体応答などの相関を調べるには統計的手法によらざるを得ない部分が多く、最近の理論や計算法の進歩に伴って、近似計算法による解析的な検討もさかに行なわれるようになってきた。これらの近似計算の精度を確認するためにも、実船計測は必要であるが、計測要員が便乗して行なう計測は、営業ベースで運航されている商船の場合はいろいろの制約があるし、2・3航海程度の計測では計測に好適な外界条件に遭遇することが必ずしも多くないというらみもある。筆者らは、できるだけ多くの船で長期連続の自動計測のできる簡単な装置の開発研究を行なってきたが、その一つである「自動 R. M. S. 計測装置」はすでにある程度の成果をあげることができたのでここに紹介する。

2. 装置の概要

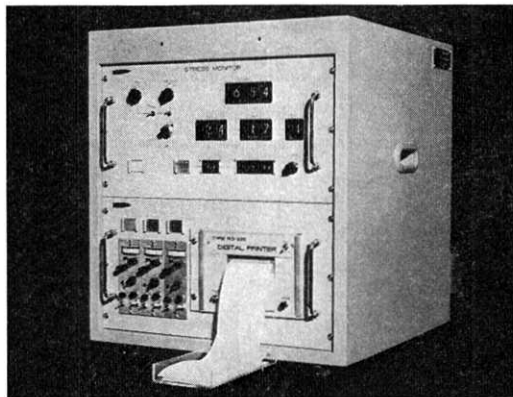


図1 自動 R. M. S. 計測装置概観

本装置は波浪中の船体応答のような不規則変動量のある時間内の root mean square (RMS) 値を演算し、そのときの日時とともに印字記録する自動計測記録装置で、外観写真を図1に示す。

波浪荷重や船体応答などの変動現象では、図2(A)のように、そのときの平均レベルからのピーク値 X_i を考えると、上述の外界条件が一定と考えられる15~30分間程度の短期分布では、頻度分布は Rayleigh 分布に適合し、その統計的性質はただ一つのパラメータ

$$\sqrt{E} = (\text{ピーク値 } X_i \text{ の RMS}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N X_i^2}{N}} \quad (1)$$

によって一義的に定まることがわかっている。ここに、 E はエネルギースペクトル曲線の囲む面積（累積エネルギー密度）に相当する量である。本装置はこの \sqrt{E} を求め

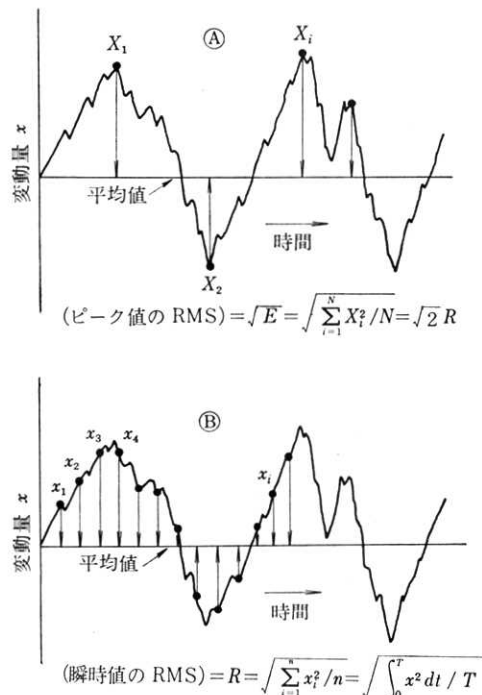


図2 Root Mean Square の演算

* 東京大学生産技術研究所 第2部

る装置であるが、実際には、図 2 (B) に示すように

$$(各瞬時値 x_i の RMS) = R = \sqrt{\sum_{i=1}^N x_i^2 / N} \quad (2)$$

$$= \sqrt{\int_0^T x^2 dt / T} \quad (3)$$

の演算をし (x_i は正規分布をするので、 R は標準偏差に相当する),

$$\sqrt{E} = \sqrt{2} R \quad (4)$$

の関係を用いて \sqrt{E} を算出している。本装置は 3 台製作したが、1 号機では (3) のアナログ演算を、2, 3 号機では (2) のデジタル演算を行なっている。

演算時定数は、1 号機では 20 分として 3 チャンネルを 1 時間で 1 巡し、2, 3 号機では 15 分として 4 チャンネルを走査するようにした。外国航路船では毎日時差修正をするのがふつうであるので、時計装置は本船の時計と

連動して、常に現地時間を示すようになっており、航海日誌記載の気象海象との対応が容易にできるようにしている。(記録紙の一例を図 3 に示す。)

3. 計測結果の一例

本装置による自動計測は、現在表 1 に示す 3 隻の船で

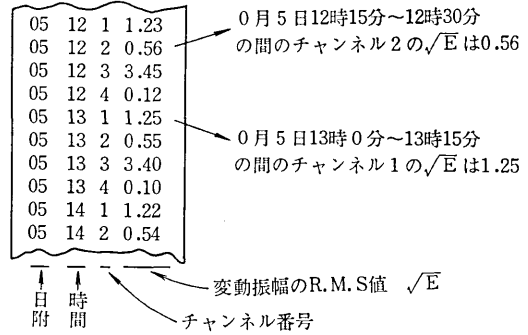


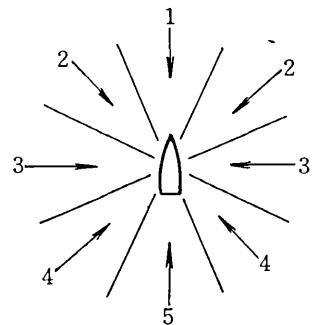
図 3 記 録 例

表 1 自動 R.M.S. 計測装置による計測船

計 測 船	船 種	載 貨 重 量 (t)	計 測 点 数				計 測 開 始
			波浪水圧	船体応力	動 揺	計	
A	鉾石運搬船	93,100	—	3	—	3	1972年1月
B	鉾石兼ばら積船	57,900	—	2	2	4	1972年9月
C	鉾石運搬船	164,600	2	2	—	4	1973年1月

表 2 外界条件分布例 (A船 オーストラリア11航海)

風			波		出 合 角 度	
ビューファート 風力階級	風 速	遭 遇 頻 度	波 高 (m)	遭 遇 頻 度	区 分	遭 遇 頻 度
0	1 以下	115 (9.2%)	0 ~ 1	705 (56.3%)	1. 向 波	119 (16.7%)
1	4 ~ 6	77 (6.1)	1 ~ 2	403 (24.2)	2. 斜め前波	218 (30.6)
2	7 ~ 10	203 (16.2)	2 ~ 3	145 (11.6)	3. 横 波	137 (19.2)
3	11 ~ 16	322 (25.7)	3 ~ 4	53 (4.2)	4. 斜め後波	145 (20.4)
4	17 ~ 21	282 (22.5)	4 ~ 5	32 (2.6)	5. 追 波	93 (13.1)
5	22 ~ 27	198 (13.4)	5 ~ 6	9 (0.7)	6. 合 計	712 (100%)
6	28 ~ 33	61 (4.9)	6 ~ 7	4 (0.3)		
7	34 ~ 40	19 (1.5)	7 ~ 8	1 (0.1)		
8	34 ~ 40	5 (0.4)	8 ~ 9	0 (0)		
9	41 ~ 47	0 (0)	9 ~ 10	0 (0)		
合 計		1,252 (100%)	合 計	1,252 (100%)		



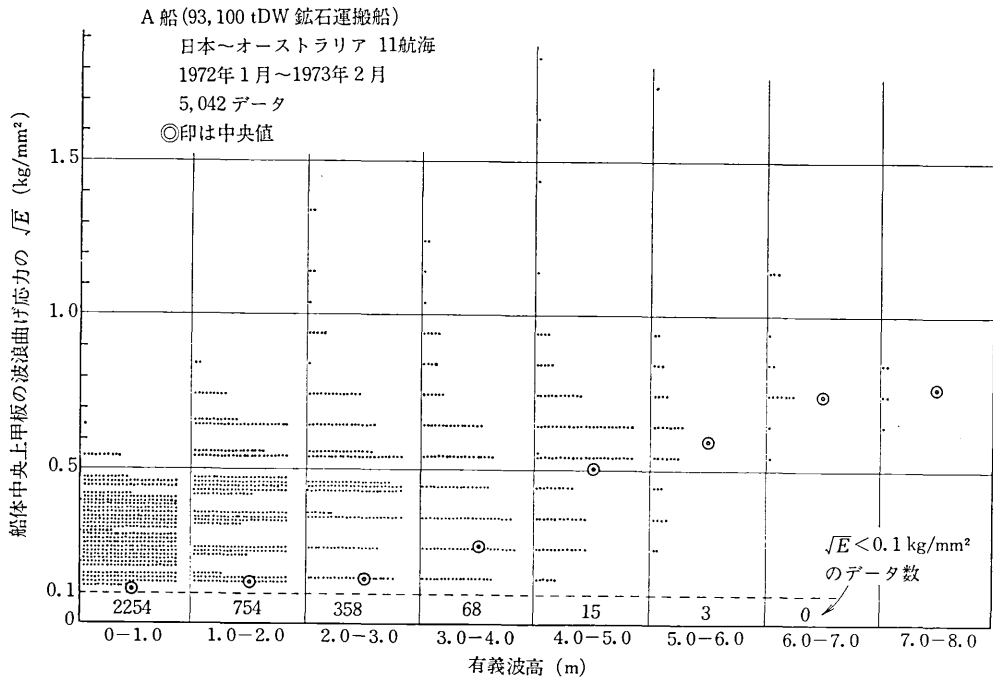


図 4 波高と船体応力との関係

表 3 A 船の船体中央上甲板応力の \sqrt{E} の分布

応力の \sqrt{E} (kg/mm ²)	出現頻度
0 ~ 0.2	3, 646 (72. 31%)
0. 2 ~ 0. 4	757 (15. 01)
0. 4 ~ 0. 6	422 (8. 37)
0. 6 ~ 0. 8	161 (3. 19)
0. 8 ~ 1. 0	37 (0. 74)
1. 0 ~ 1. 2	10 (0. 20)
1. 2 ~ 1. 4	4 (0. 08)
1. 4 ~ 1. 6	2 (0. 04)
1. 6 ~ 1. 8	2 (0. 04)
1. 8 ~ 2. 0	1 (0. 02)
2. 0 ~ 2. 2	0 (0)
合 計	5, 042 (100. 00%)

行なわれており、昭和49年度末まで継続される予定である。現在3台とも順調に動作しており、乗組員の手を煩わす必要はまったくなく、帰国入港のたびに記録データと気象海象の記録表を受領して資料を蓄積している。

外界条件の種々多様なパラメタに関する系統的な解析を行なうには、まだデータ蓄積が十分とはいえないが、A船の計測結果の一例を以下に示す。

表2はA船のオーストラリア往復11航海分の外界条件の分布の一例で、航海日誌から転載した4時間おきの連続記録によったものである。波浪荷重のうちの最も重要なものである波浪曲げモーメントに対応するものとし

て、船体中央部の上甲板の曲げ応力を計測しているが、1時間おきの \sqrt{E} 値 5, 042 個の頻度分布は表3のようになっており、90%近くが 0.4 kg/mm^2 以下という小さい値である。

外界条件のうち、波高(目視観測による有義波高、4時間おきの記録から1時間おきの値を内挿した)のみをパラメタとして、この応力の \sqrt{E} 値との関係を示したのが図4である。図中の2重丸は各グループの \sqrt{E} の中央値を示すものである。

4. あとがき

簡単な構造であるため長期間安定した動作特性が得られ、長期連続の統計資料を収集するのにきわめて有用な装置であると思われる。現在設置しているある船では、船舶運航上のモニター計器としても便利なものとして、活用してもらっている。

本装置による自動計測は、日本造船研究協会の第124研究部会(大型鉱石運搬船の船首部波浪荷重および鉱石圧に関する実船試験)の一環として実施されているものである。(1973年3月19日受理)

参 考 文 献

- 1) 高橋幸伯: R. M. S. コンピュータ, 生研リーフレット, No. 104 (1970)
- 2) 日本造船研究協会 SR-124: 大型鉱石船の船首部波浪荷重および鉱石圧に関する実船試験, 造船研究協会研究資料, No. 140 (1971), 156 (1972), 170 (1973)