

GM コンピューターによる GM 測定の信頼性について

山 中 有 一・松 野 保 久・中 山 博

On the Reliability of GM Obtained by GM-Computer

Yuichi Yamanaka^{*1}, Yasuhisa Matsuno^{*1}, and Hiroshi Nanayama^{*2}

Keywords : GM Computer, F. F. T, oscillation frequency, spectrum, wind scale

Abstract

Theoretically, GM-Computer calculates the value of a ship's GM which is determined by the free oscillation frequency obtained through F. F. T method, using the data got by an using inclining detecting element, and accordingly navigator, under way, easily obtains the real time GM.

However, when we made use of the GM-Computer, we came across a few practical difficulties, because a lot of abnormal values of GM with large dispersion were recognized when measurings were carried out on board the training ship, Kagoshima Maru, Faculty of Fisheries, Kagoshima University.

Therefore, we discussed about the relationship between the accuracy of GM values and the effect of external forces. In the result, we found that (1) the reliable GM values were obtained when wind scale showed 4 grade, (2) there were no relationship between the GM value and wave scale or swell scale.

And some improvement plans were examined in order to get the stable and reliable value of GM.

GM コンピューターは船舶のコンディションにより変化する GM を実時間でかつ容易に知ることができる利点を有し、海上保安庁昭洋丸等において良好な結果を得られたとの報告がある¹⁾。しかし本学練習船かごしま丸、敬天丸での実船試験では値が一定でない異常に大きな表示が多く、実用上問題があった。そこで測定時の外力の影響とセンサー設置位置より、現在使用しているシステムから得られるデータを利用できる条件を検討した。またシステム構成からみた問題点、改良点についても若干の検討を行った。

^{*1} 鹿児島大学水産学部漁船航海学研究室 (Laboratory of Fishing Vessel Navigation, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

^{*2} 鹿児島大学水産学部漁船運用学研究室 (Laboratory of Fishing Vessel Seamanship, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

測定方法

測定には GM コンピューター AGC-800 (宇津木計器) を 2 台用い、かごしま丸の Fig. 1 に示す 2 ケ所に設置した。A 点は第 2 実験室床上の船首尾線上、B 点はチャートルーム机上の船首尾線上で両点の高低差は 3 m である。G は重心位置を示している。本器は一方方向可動振子と差動トランスからなる動揺検出器の電圧出力を A/D コンバーター (8 ビット量子化) で取り込み、256 ポイント F.F.T によってスペクトルのマグニチュードピーク値を求め、その周波数を船体の固有動揺周波数 (f_0 とする) とみなし次式により GM を計算する。

$$GM = 4\pi^2 \cdot \frac{1}{g} \cdot K^2 \cdot f_0^2$$

ただし K は平均喫水より求めた環動半径, g は重力加速度である。

測定間隔はサンプリングインターバル 1 秒で取り込むため約 4 分 30 秒となる。計算結果 (GM_c とする) は外力の影響に変化がないとみなせる約 3 時間、42 個ごとにグループ化し G1~G22 とした。GM_c 評価の基準として一日ごとの船のコンディションとかごしま丸復原性図表からの推定値 (G_0M とする) を用いた²⁾。G₀M の計算に用いる航海中の平均喫水は一日ごとに各タンクの使用量から求め、同時に自由水影響表から求めた自由水による重心の見かけ上の上昇も考慮した。外力としては風力階級、波浪階級、うねりの階級の記録を用いたが方位については信頼度の高いデータは得られなかった。

結果および考察

G1~G22 の A 点および B 点の $GM_c - G_0M$ の平均値と標準偏差を Fig. 2 に示す。G5~G9, G12, G13 では A 点, B 点とも ± 0.1 m 以内でバラツキも少ない結果を得た。G14 は A 点のみ良好であった。これらのグループではスペクトルのピーク値をとる周波数が f_0 にほぼ一致していることを示し、この範囲においてはセンサー設置場所の違いによる影響は小さい。他のグループでは外力による動揺周波数 (f_n とする) にピーク値が移ったと推定され、設置場所による差は増加するが全体の傾向は似通っている。

測定時の風力、波浪、うねりの階級を Fig. 3 に示す。Fig. 2 と対照すると風力階級 4 の時に良好な結果が得られる特徴がある。風力 5 以上では GM_c が異常に大きな値を示しかつバラツキも大きかった。風力 3 以下では GM_c の平均値は G_0M に近いがバラツキがやや大

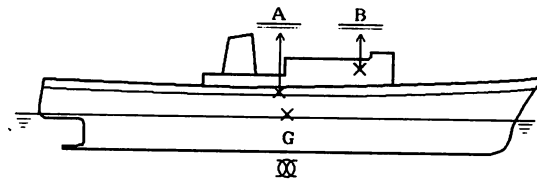


Fig. 1 Position of inclining detectors in profile.

きかった。これは船体動揺そのものが小さくなりスペクトルが平坦化して f_0 の寄与率が減少し, S/N 比が低下するためと考えられる。波浪とうねりについては測定精度との明確な関連は認められない。

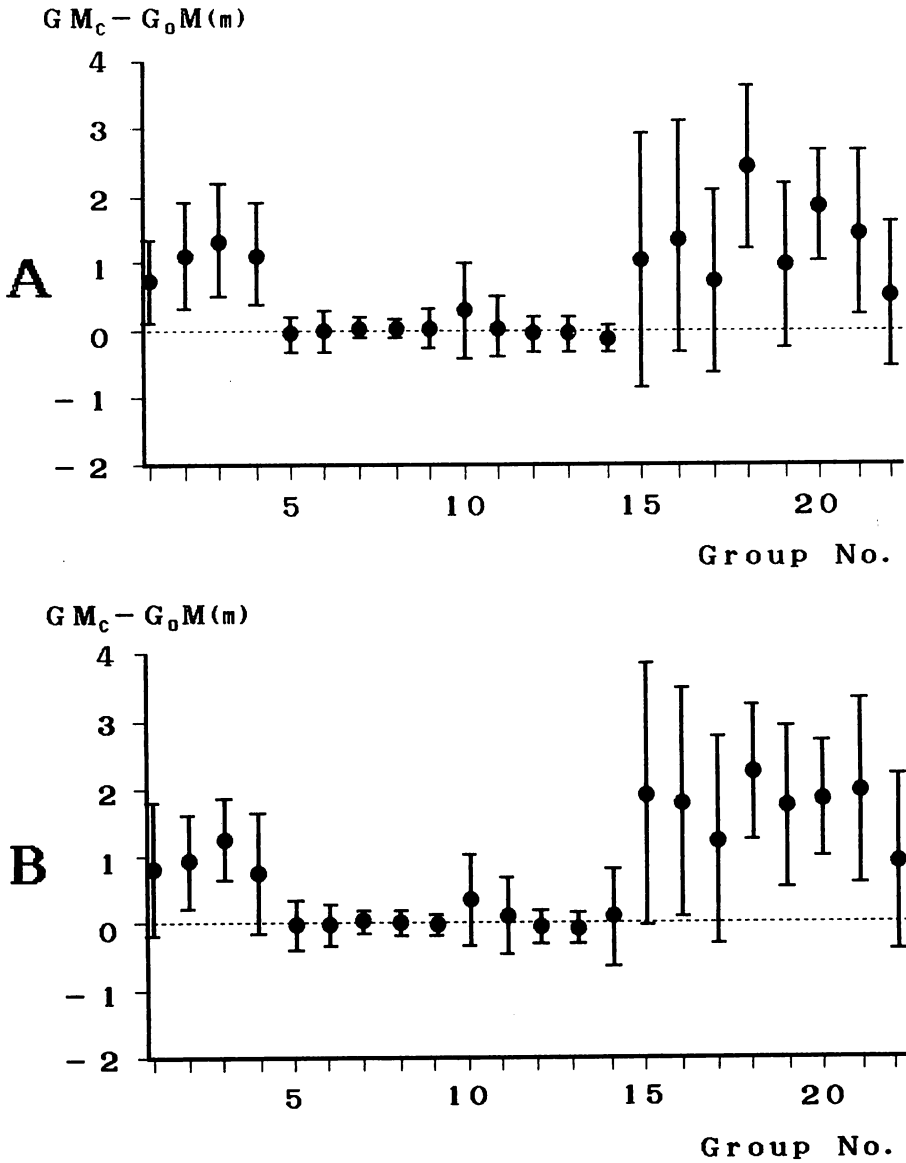


Fig. 2 Variation of $GM_c - G_0M$. closed circle : mean value, bar : \pm SD

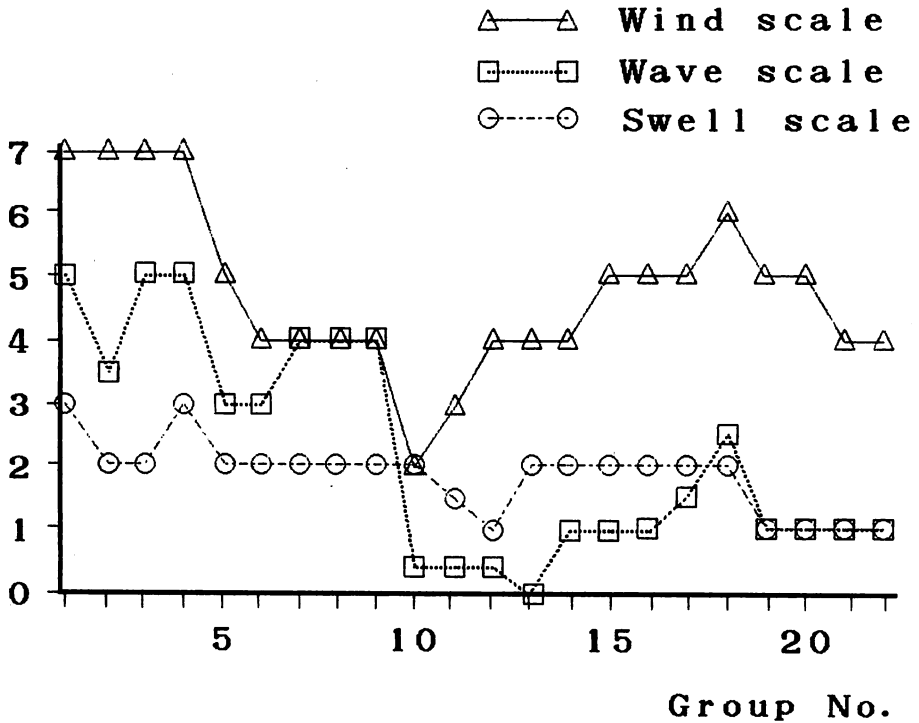


Fig. 3 Variation of wind scale, wave scale and swell scale.

G21, G22 では風力は4であるが誤差, バラツキともに大きな値になっている。そこで G22 と風力4 で良好な結果を得られた G8, 平均値がもっとも G_0M と隔たった G18 の3グループの A 点における全データを Fig. 4 に示した。 G_0M は G8 が1.00 m, G18 が1.04 m, G22 が1.06 m である。この図から G8 では f_0 が, G18 では f_n が卓越しており, G22 では f_0 と f_n の周波数成分が拮抗していることが推定される。

Fig. 5 は G22 の A 点での測定値を区間0.4 m で頻度分布図に示したものである。 f_0 による GM_c と f_n による GM_c の分化が明瞭な二峰分布になる。最多頻度を示すのは0.8 m から1.2 m の区間であり, 区間内17個のデータの平均値は0.94 m となって G_0M に近い値になる。 f_0 による GM_c は狭い区間に集中して周波数安定度が高いことを示し, f_n による GM_c は反対に安定度が低いことを示している。

以上の結果から測定精度向上のために改良点として次の2点があげられる。

- ① f_n がスペクトルピーク値をとる場合でも f_0 のピークは存在するので, 適当なフィルターをかけることにより f_n を除去し広い範囲で GM を求めることができる。ただし f_0 と f_n が近い場合には2者の分離は困難でありまたフィルター設定は海況, 装備船ごとに個別に行う必要がある。
- ② f_0 と f_n は周波数安定度に明らかな差があるため, F.F.T 処理後の周波数データ全体を標本集団としてアンサンブル平均をとることにより安定度の低い f_n は相殺され f_0 を抽

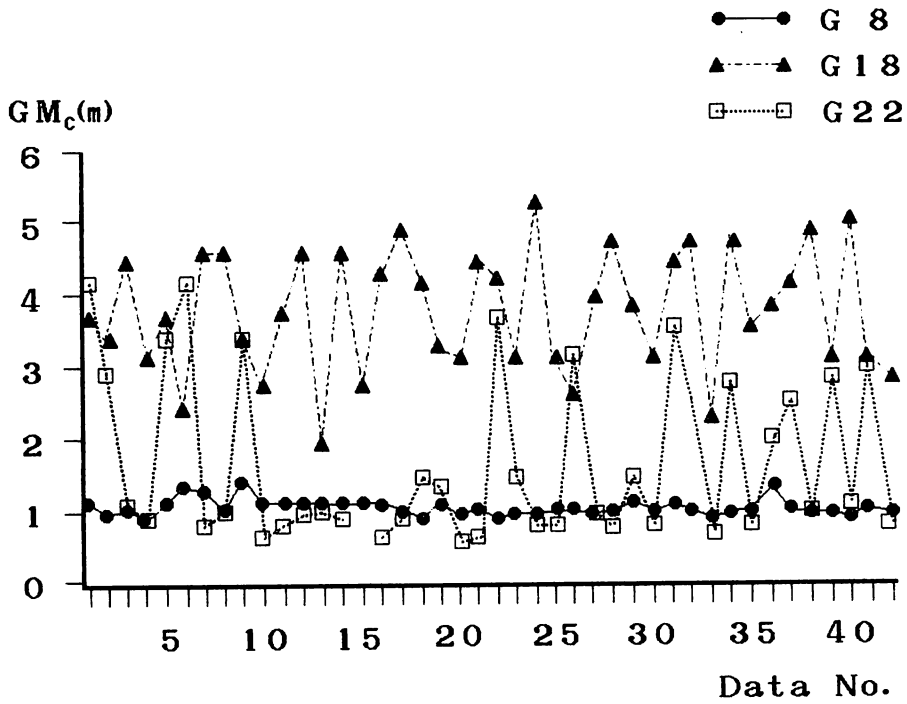


Fig. 4 Variation of GM_c in three typical groups. (G8, G18, G22)

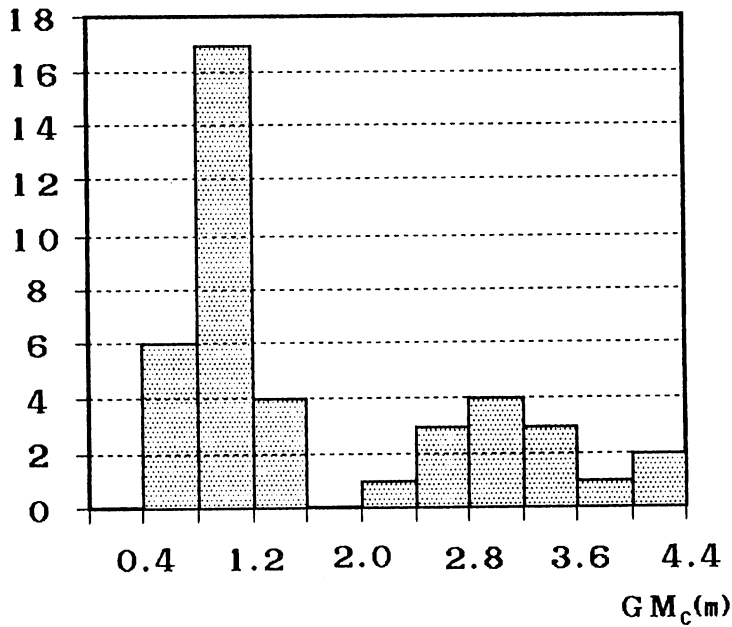


Fig. 5 Distribution of GM_c (G22-A)

出することができる。平均化の方法として移動平均を用いれば測定時間の増加もある程度避けられる。しかしこの方法は大量のメモリーを必要とする難点がある。

また今回の測定とは別に機器構成上次の問題点があった。

- ① センサーに重錘式傾斜検出器を使用しているため roll 方向以外の運動成分を機械的に抑えるようになっているが, yawing, swaying の影響は除去できない。
- ② センサーからの入力に対しナイキスト周波数以上の成分を除去していないためエリアシングエラーを生じている可能性がある³⁾。

要 約

練習船かごしま丸による GM コンピューターの実船試験を行い次の知見を得た。

- (1) 船内で異なる 2 点で同時測定を行ったが両者の差は小さく設置場所による影響は少ない。
- (2) GM_c が正しい GM を表すためには f_0 が常にスペクトルのピーク値となることが前提であるが, 今回の測定からはこの条件が成立するのは風力 4 前後の比較的狭い範囲であった。
- (3) 測定値に大きなバラツキがある場合でも f_0 は変動が小さいため一定時間の頻度分布をとり最多頻度区間内のデータの平均値を求めれば f_n による誤表示を除去できる。
終わりに本実験を行うに当たりご協力戴いた練習船かごしま丸東川船長および乗組員各位に深く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 株式会社宇津木計器編: “GM コンピューター AGC-800 技術資料”, p. 16 (株式会社宇津木計器, 神奈川)
- 2) 内海造船株式会社編: かごしま丸復原性資料説明書, (内海造船株式会社, 広島)
- 3) 日野幹雄 (1977): “スペクトル解析”, pp. 175-177 (朝倉書店, 東京)