

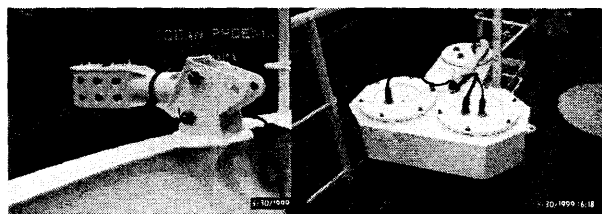
62 練習船による船体応答監視システムの計測結果について

構造強度部 *岡 修二
特別研究官 宮本 武
航海訓練所 斎藤 重信

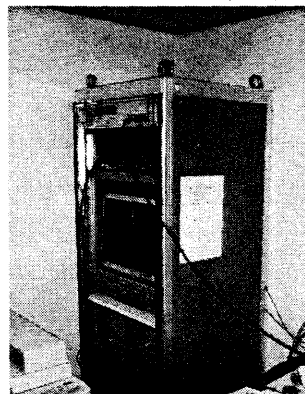
1. まえがき

船舶の安全確保のためには、船体構造設計における強度評価法が重要である。

船舶の設計は従来実績、経験をもとにした設計基準により行われている。一方航走する船舶が遭遇している海面での波浪と構造応答、特に応力との関係は明確に把握されていない。また、設計において重要な要素となる波浪情報は目視観測にたよっている状況である。このような状況から、構造応答と出会い波浪との関係を把握することが求められている。今回練習船「青雲丸」に3台の波高計を設置し計測する機会を得た。著者等が過去の実験を通して提言していたドップラー式の波高計の欠陥が、新型波高計との比較により、より明確な結論を得ることができた。



写真一 従来型と新型波高計 (右)

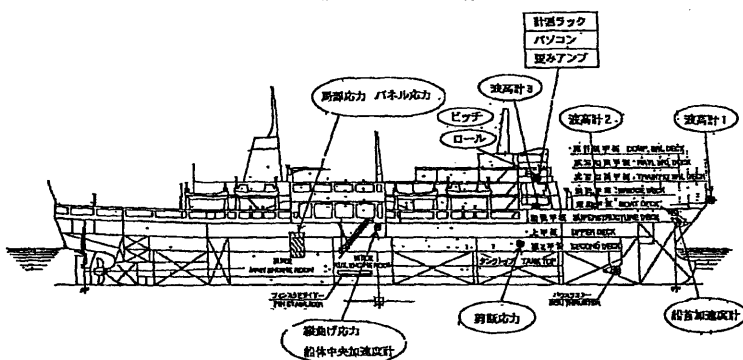


写真二 計測システムラック

2. 船体応力監視装置の概要

図一1は青雲丸に設置されたセンサーの配置図を示す。全体で28チャンネルの計測項目を同時に収録するシステムを構築した。計測項目の内訳は船体運動6点、縦曲げ応力1点、剪断応力1点、パネル応力2点、局所応力6点と波浪情報12点とした。特に波浪情報はその重要性を考慮して12チャンネルを当てた。波高計は船首部左舷側に3台並べた。船首先端部に1台、船首先端から20.4mと9.9m離れた位置にそれぞれを配置した。波高計は2種類の形式の異なる波高計を設置した。船首先端と最後尾の波高計がドップラー方式(旧式)、中間のものは新型タイプで計測精度改善を主眼に開発されたもので電磁イ

「高精度船体強度評価のセンサー配置図」



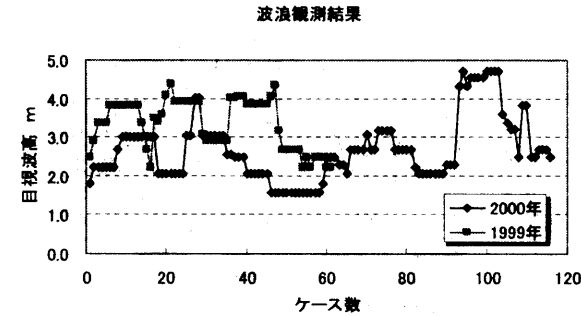
図一1 センサーの配置図

ンパルス式である。写真一1はドップラー(旧)型波高計および新型波高計を示す。新型波高計

は収納された状態であり、計測時は船外に回転して張り出す方式のもの。写真－2は青雲丸の情報処理室に設置した船体応力監視装置の本体システムと計測ラックを示す。本船の強度評価システムの本体には中央にパソコン画面、キーボードを置き、下に動歪みアンプを配置した。本船の各部に設置されたセンサーからの信号を集めパソコン制御による自動計測システムを構築した。本システムは、キーボードをワンタッチの操作で計測状態になるシステムで一定の時間間隔をとって、20分間の計測が繰り返し行える設定とした。サンプリング周波数は20Hzとした。記録はMOに時刻情報とセットで収録した。より多くのデータを収録するためにバイナリー形式で保存した。

3. 波浪観測の結果

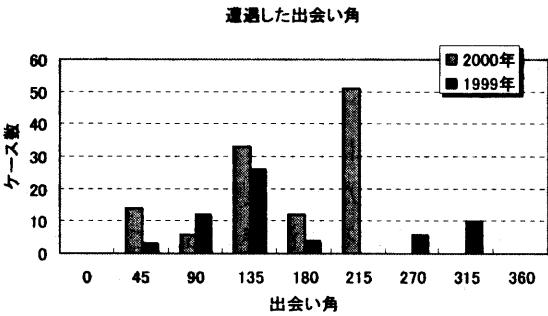
本研究期間中2回の遠洋航海が実施された。計測に伴う乗員の負担を軽減するため計測する条件を設けた。初年度の1999年は波高が3mを越えた時、波浪の目視観測と船体応力監視装置による計測を行った。2年目の2000年には波高が2mを越える時に計測、波浪観測を実施した。乗員による波浪の目視観測内容は風浪の高さ、周期、うねりの高さ、周期および波の出会い角を観測した。観測の時間間隔は1時間毎、毎正時とした。結果は野帳に記録した。波浪観測は99年には延べ84時間の実績を得た。00年には延べ126時間の波浪観測を得た。船体応



図－2 波浪観測の結果

答計測は1時間当たり2ケースのデータが得られており（1ケースは20分間）収録時間は波浪観測の時間より相当多くのデータを得ているが解析に使用したものは、波浪観測の情報との

同時性を重要視して毎正時のデータのみとした。99年には61ケース、00年には116ケースの解析をした。遭遇海象は、最大波高としては99年は4.4m、00年は4.7mであった。図－2は計測時の波高を、各年毎の履歴示す。図－3は遭遇した波の出会い角の分布を示す。角度は反時計回りで示し、正面向かい波は180度としている。それぞれの出会い角に対する頻度をケース数でまとめたものである。両年とも正面向かいは少ないが斜め向かい波の航行状態が多いことがうかがえる。



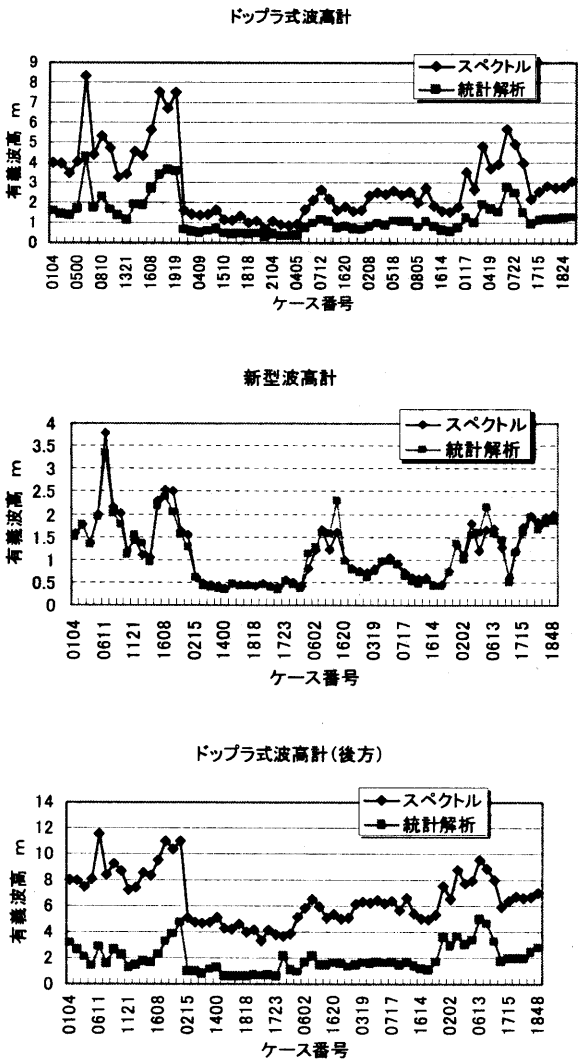
図－3 遭遇した波の出会い角の分布

4. 新旧の波高計の精度比較

船載型の波高計により自然波の波高を計測する方法としては波高センサと海面までの距離を計測する。これを相対波高と言う。相対波高には波高センサが船体運動により上下する成分も入っているのでこの上下量も考慮しなければならない。この上下変位量と相対波高を重ね合わせることで、自然波の波高が得られる。連続して計測をすることにより時系列データが収録できる。

波高計の計測精度の検証方法は本報告では以下に示す2つの方法で比較した。得られた時系列データのゼロクロスする周期間の最大値、最小値の全振幅をとり、統計解析により有義波高を求める方法と、時系列データをスペクトル解析することにより、得られたモーメントより有義値を算出し、有義波高で比較することで検証した。図－4は各々の波高計のスペクトル解析、統計解析による結果を示す。ただし対象データは内航海時の計測データで評価した結果である。上段の図は船首部先端のドップラー（旧）式の

結果を示す。◆印がスペクトル解析による有義波高で■印が統計解析で得られた有義波高である。スペクトル値の方が大きな値を示しており統計値と一致していない。中段の図は電磁インパルス波（新）式の結果を示す。こちらはスペクトル値、統計値ともに良い一致を示している。下段の図は後方のドップラー式の結果でやはり船首の波高計と同様にスペクトル値と統計値は大きく差がでている。以上のことからスペクトル解析での値と統計解析での値の比較では、ドップラー式の精度は電磁インパルス波式よりも悪いことが分かる。



図一４ 解析方法の差による比較

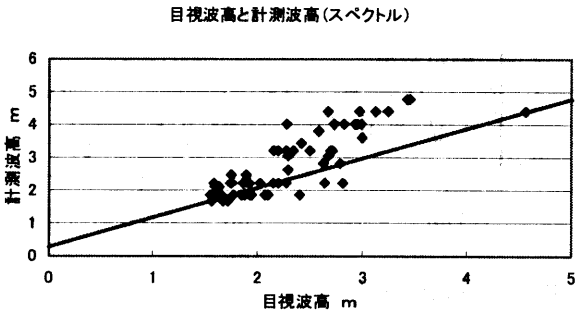
5. 目視観測と計測波高の比較

図一５は目視波高と計測波高を比較した図を示す。◆印は計測波高のスペクトル解析による値

と目視観測結果を比較した結果を示す。直線は桑島らの評価式によるもので目視観測と計測波高の関係は

$$HM=0.82 \times HV+0.265$$

ここでHMは計測波高、HVは目視波高となる時を示す。この結果から波高が高くなるほど目視波高は低めに観測される傾向がある。このことが本計測においても再確認された。また新型波高計の精度は実用上問題ない精度であることが分かった。



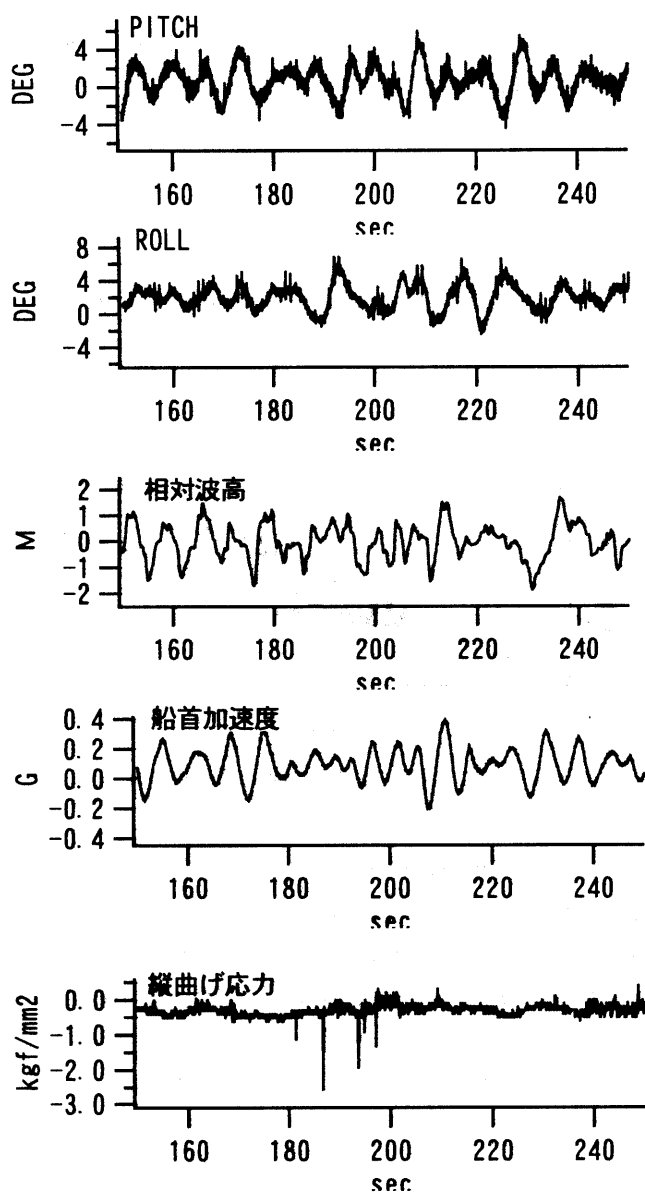
図一５ 目視波高と計測波高の比較

6. 航海中の時系列データ

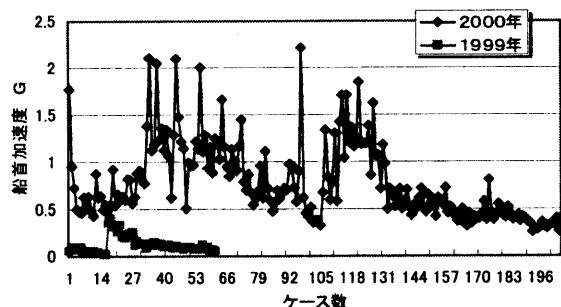
図一６は航海中の時系列データの一例を示す。00年8月12日午前8時の波形で、風浪 2.5 m 周期4秒、うねりの波高 3.5 m 周期9秒が船の右後方よりとうねりの波高 1.5 m 周期4秒が右斜め前方から受けている。うねりは2方向から観測された時のデータを示す。この時が航海中最も大きな縦曲げモーメントを計測した。上から縦揺れ、横揺れ、相対波高、船首加速度船体中央部の縦曲げ応力を示す。横軸は時間軸で単位は秒で示す。縦揺れと船首加速度はかなりの相関がみられる。縦曲げ応力はあまり変動はしないが時々衝撃的に大きな値が記録されている。

7. 航海中の船首加速度

図一７は航海中の船首加速度の標準偏差を示す。目視観測による波高は図一２で示したように、99年の方が00年の前半より高い状態であったが、船首加速度の標準偏差は波高の低い00年の方が大きくなっている。00年の比較では後半は波高が高いにも関わらず加速度の標準偏差は小さくなっている。

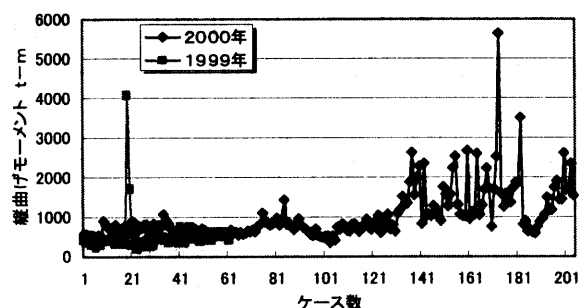


図一六 航海中の時系列データの一例



図一七 航海中の船首加速度の標準偏差

8. 航海中の縦曲げモーメント



図一八 航海中の縦曲げモーメント

航海中のデッキ応力の計測値から標準偏差値を求め、縦曲げモーメントに換算した結果を図一七に示す。99 年は1回を除いて他はほとんど一定していた。00 年は後半に高いモーメントが計測されている。

9. まとめ

1 従来型のドップラー式は波高計測（出力波形）において解析手法による差が顕著に認められた。目視波高との差が大きい。このことから計測の精度はあまり良くない。

2 新型の電磁インパルス波式は相対波高の出力しかないが、自然波高に変換して検証の結果、解析手法による差が小さいこと。目視観測結果と良い一致を示した。このことから、計測精度は改善されている。

3 新型の波高計は積分回路等の演算機能が未搭載である点、アンテナ部が大きすぎる点、等の改善する余地がある。この点が改良されれば、ドップラー式より高精度の波高計として使用される可能性がある。

10. 参考文献

- 1) 安田 明生他；マイクロ波を用いた船用簡易波高計の開発、日本航海学会、昭和56年10月
- 2) 矢吹 英雄；マイクロ波式波高計の使用結果について、航海訓練所報告書、1999年3月
- 3) 岡 修二；マイクロ波式波高計の精度について、構造強度部内部資料、1998年5月