(昭和 61 年 5 月 日本造船学会春季講演会において講演)

実船の就航時の船体応答について

(第 1 報 自動車運搬船の船体応答)

正員 湯 浅 通 史* 鈴 木 康 平*
多 田 羅 豊*

On Hull Response of Ships in Service
(1st Report : Hull Response of a Pure Car Carrier)

by Michifumi Yuasa, *Member* Kohei Suzuki
Yutaka Tatara

Summary

This paper describes summarized results of the analysis on hull response data of a pure car carrier in service which is obtained through on board test of hull strength monitoring system. The system is currently being developed by Nippon Kaiji Kyokai and the purpose of installing this system on board of ships is to provide the navigator with accurate information on hull response in heavy weather so that the ship master can make an appropriate judgement for ship operation and maneuvers.

Response data of deck stress, web frame stress and vertical acceleration at bow etc. is analyzed from view point of studying relation between hull response and deliberate loss of speed in rough seas. The results show that vertical acceleration at bow well correspond to deliberate loss of speed. It is also found that hull response is fairly influenced by wind direction and speed reduction is made mostly in head and bow wind. In full load condition speed reduction is made suddenly, on the other hand in ballast condition speed reduction is made gradually.

It is anticipated that the hull strength monitoring system developed by the society will make fair contribution to safe and economical operation of ships.

1 緒 言

近年、船舶の専用化が進み、さらに自動化により少人数の乗組員による運航が実施されようとしているが、その運航上における安全性と経済性に関する問題については様々な観点から検討が行われている。波浪中を航行する船舶の船体運動および構造強度等については、理論解析により直接計算で求めることができるが、一方、就航中の船舶の船体運動、応力、加速度等の船体応答を実船計測により確認することも重要であると考えられ、自動計測システムによる長期実船計測が行われている^{1)~3)}。荒天時の運航および操船の問題については、耐航性理論あるいは実船の運航実績に基づく種々の調査・研究が行われている^{4)~6)}。また、最近の船舶では各種の自動化された航海用機器が装備され、さらに気象・海象に関する

情報網が整備されつつあるが、就航時の実際の船体応答に対する判断は依然としてその大部分が操船者の知識と経験に委ねられていると考えられる。

これらの問題に関連して、日本海事協会では、就航中の船舶の船体応答を直接監視する船体強度モニタリングシステムの開発を進めている^{7),8)}。その目的は、荒天時における応力、加速度等の船体応答のレベルを客観的な数値(データ)で表示して、操船者の減速、変針等の操船に関わる有力な情報として役立てようとするものである。航行援助装置としてのこのようなシステムの必要性は、現在では広く認識されており、多くの国で種々の研究・開発が行われている^{9),10)}。本稿では、第 1 報として自動車専用運搬船を対象として行われたモニタリングシステムの実船試験から、同船の就航時の船体応答データについて応力、加速度等の船体応答の頻度分布、各応答間の相関、外力(風力)と応答の関係、荒天時の意識的

* (財) 日本海事協会

Fig. 1 Block Diagram of Hull Strength Monitoring System

減速と船体応答の関係等の解析結果をとりまとめて報告する。

2 試験の概要

モニタリングシステム、試験を実施した自動車運搬船の監視項目、試験期間および航路、気象・海象条件等についてその概要を以下に記す。

2.1 モニタリングシステム

このたび開発・試作された船体強度モニタリングシステムは、Fig. 1 に示すように、最大 8 点の各種のセンサー、アンプ、ローパスフィルター (1.0Hz) および汎用のパーソナルコンピュータから構成されている。その監視項目は船体応答を全体的に把握するために、船体構造に生ずる応力、船体運動の加速度、船速およびプロペラ回転数等の多岐にわたっている。各センサーからのデータは約 30 分間 0.28sec 間隔でサンプリング/入力され、それらの短期応答データについて、ピーク値(最大値および最小値)、平均値および変動の短期パラメータ $\sqrt{E}$ 等が求められて表示される。ここで $\sqrt{E}$ は、応答の瞬時値 r_i 、平均値 r_m およびデータ数 n から $\sqrt{E} = \sqrt{2(\sum r_i^2/n - r_m^2)}$ として計算される。なお、同システムでは応力および加速度についてレベル設定とアラームの機能を備えている。

2.2 試験の対象船および監視項目

実船試験は、約 3,200 台積の自動車専用運搬船について行われた。同船の主要寸法は、 $L \times B \times D \times d = 166.00 \text{ m} \times 27.00 \text{ m} \times 26.35 \text{ m} / 11.90 \text{ m} \times 8.20 \text{ m}$ 、載貨重量 12,600t、航海速力 18.2kt、常用出力 10,900ps (150rpm) である。自動車運搬船は乾舷甲板より上部の構造が比較的大きく、また船倉部においては乾舷甲板より上部で横隔壁を省略してウェブフレーム(部分隔壁)とする特殊な構造方式が多く採用されている。このためローリング時には、船体断面のラッキング変形によりウェブフレームの端部に比較的高い応力が生ずる傾向がある。本船も同様の構造であるので監視項目として、応力については船体中央部の最上層甲板の縦応力およびウェブフレーム下端部の応力を選び、加速度については主としてピッチングに対応する船首部の垂直加速度および主としてローリングに対応するブリッジの水平加速度とした。また機関系についての代表的な項目として船速、プロペラ回転数およびガバナノッチの変位を選んだ。同船の計測点の配置は、Fig. 2 に示す通りである。

2.3 試験期間および航路

実船試験は、1982 年 7 月から 1984 年 6 月までの約 2 年間の航海について行われた。同船は試験期間中に、日本〜ペルシャ湾航路に 12 回、日本〜オーストラリア航路に 4 回就航した。載貨条件は、往航ではすべて満載状態、復航ではすべてバラスト状態であった。

2.4 気象・海象条件

同船が試験期間中に遭遇した気象・海象条件のデータとして、ログブックの記録から、風力階級、風向および風浪階級データの集計結果を Fig. 3 に示す。風向については 45° 間隔で Head, Bow, Beam, Quarter および Aft に分類している。約 2 年間に記録された風力階級の最高は 11、風浪階級の最高は 8 であった。なお、就航航路の海域別に集計した結果から、日本近海およびオース

Fig. 2 Arrangement of Sensors

Fig. 3 Wind and Sea Condition

Fig. 4 Cumulative Probability of Stresses

トラリア沿岸で荒天の頻度が比較的高い傾向がみとめられた。

3 データ解析

就航中の自動車運搬船を対象としたモニタリングシステムの実船試験から、約2年間にわたって得られた同船の応力、加速度等の船体応答データについて、その頻度分布、各応答間の相関、外力(風力)と応答の関係等の解析を行った。

3.1 船体応答の頻度分布

船体応答は航行時の4時間ごとに計測・記録されており、往航(満載状態)で1,312、復航(バラスト状態)で1,263のデータが得られている。載貨条件別に、試験期間中の船体応答の全データを集計することにより、その頻度分布を求めた。甲板縦応力およびウェブフレームの応力について、変動の $\sqrt{E}$ の分布をFig. 4に示す。甲板縦応力はそのレベルが比較的低く、試験期間中に記録された $\sqrt{E}$ の最大値は満載時の 0.66 kgf/mm^2 (その

Fig. 5 Cumulative Probability of Vertical Acceleration

Fig. 6 Cumulative Probability of Lateral Acceleration

時の変動のピーク値は $+2.01 \sim -1.16 \text{ kgf/mm}^2$ 、平均値は 0.63 kgf/mm^2)である。一方、ウェブフレームの応力はそのレベルが比較的高く、 $\sqrt{E}$ の最大値はバラスト時の 6.04 kgf/mm^2 (変動のピーク値は $+11.7 \sim -16.1 \text{ kgf/mm}^2$ 、平均値は -1.8 kgf/mm^2)である。載貨条件別に比較すると、甲板縦応力では満載状態の方が若干高く、一方、ウェブフレームの応力ではバラスト状態の方がやや高くなっている。船首部の垂直加速度およびブリッジの水平加速度について、変動の $\sqrt{E}$ の分布をFig. 5およびFig. 6にそれぞれ示す。試験期間中に記録された $\sqrt{E}$ の最大値は、船首部の垂直加速度では 0.226 g 、ブリッジの水平加速度では 0.142 g でありいずれもバラスト時である。載貨条件別に比較すると、垂直加速度ではバラスト状態の方が高く、発現頻度が低くなるにしたがってその差が減少する傾向にあり、一方、水平加速度ではバラスト状態の方が高く、発現頻度が低くなるにしたがってその差が増大する傾向がみとめられる。

船速およびプロペラ回転数について、その平均値の頻度分布をFig. 7に示す。バラスト状態では、やや減速して運航されているケースが比較的多い。荒天時には意識

Fig.7 Frequency of Mean Speed and Mean RPM

Fig.8 Cumulative Probability of Apparent Slip Ratio

的減速が行われたケースも多く、試験期間中に記録された船速（平均値）の最小値は 7.13kt、その時のプロペラ回転数（平均値）は 115.3rpm である。また、船速およびプロペラ回転数の平均値から求めたプロペラの見掛スリップ比（平均値）の分布を Fig. 8 に示す。見掛スリップ比の最大値は満載時の 0.552 である。

3.2 応答間の相関

モニタリングシステムでは、監視項目および計測点が必要最小限のものとして、応力、加速度等の船体応答についての基本的な情報を簡潔な形で表示することが一つの課題である。たとえば、船体構造に生ずる応力と船体運動の加速度との間に明確な相関があれば、理論計算あるいは実船試験の結果を用いて、応力を直接計測することなく、加速度から応力のレベルを推定・評価することが可能であると考えられる。実船試験で得られたデータから応力および加速度の $\sqrt{E}$ について求めた各応答間の相関係数を Table 1 に示す。全般的には各応答間にある

Table 1 Correlation Coefficient between Responses

Load Condition	Full Load	Ballast
Vertical Acceleration ~ Deck Stress	0.436	0.680
Vertical Acceleration ~ Web Frame Stress	0.312	0.428
Lateral Acceleration ~ Deck Stress	0.665	0.377
Lateral Acceleration ~ Web Frame Stress	0.962	0.991
Vertical Acceleration ~ Lateral Acceleration	0.459	0.377
Deck Stress ~ Web Frame Stress	0.555	0.432

程度の相関がみとめられ、特にブリッジの水平加速度とウェブフレームの応力の間にはきわめて高い相関がみとめられる。また、満載状態におけるブリッジの水平加速度と甲板縦応力および甲板縦応力とウェブフレームの応力、バラスト状態における船首部の垂直加速度と甲板縦応力の間にもかなり高い相関があると考えられる。これらの結果から、以下では主として甲板縦応力、ウェブフレームの応力および船首部の垂直加速度について述べることとする。

3.3 外力（風力）と船体応答

甲板縦応力、ウェブフレームの応力および船首部の垂直加速度について、ログブックに記録された風力階級および風向（ここでは、Head & Bow, Beam, Quarter & Aft に分類している）と $\sqrt{E}$ の関係を Fig. 9, Fig. 10 および Fig. 11 にそれぞれ示す。図では風力階級と対応する $\sqrt{E}$ の平均値の関係を示しているが、全般的には風向により応答レベルにかなりの差がみとめられる。甲板縦応力は風力階級 6 からやや急激に増加しており、満載状態では風向による差は大きくないが、一方、バラスト状態では風向によるかなりの差があり、Quarter & Aft が最も高くなっている。ウェブフレームの応力は満載状態ではほぼ風力階級に比例的に増加しているが、バラスト状態では風向によってその傾向が異なっている。また風向による差も比較的大きく Quarter & Aft が最も高くなっている。船首部の垂直加速度は満載状態では Head & Bow が最も高く、次いで Beam, Quarter & Aft の順で明確なかなりの差がみとめられるが、一方、バラスト状態では風力階級 6 から Head & Bow が急激に高くなっている。

風力階級に対する国際気象通報式の参考波高を用いて求めた波高と船速（平均値）の関係を、高橋らによるコンテナ船の長期実船計測の結果²⁾と比較して Fig. 12 に示す。ここでは波向と風向が等しいと仮定しており、ま

Fig.9 Deck Stress vs. Beaufort Scale

Fig.10 Web Frame Stress vs. Beaufort Scale

た航海速度はコンテナ船の方がかなり速いが、全般的には両者はよく似た傾向を示している。なお、風力階級11(参考波高は11.5m)のデータは沿岸近くであるので、波高は参考波高より小さいものと考えられる(図中に←印で示す)。

船速、プロペラ回転数および見掛スリップ比について、風力階級および風向とそれらの平均値の関係をFig. 13, Fig. 14 および Fig. 15 にそれぞれ示す。船速は満載状態では Beam, Quarter & Aft はほぼ一定であるが、Head & Bow は風力階級8から急激に低下しており、バラスト状態では風力階級が高くなるにしたがって Beam, Quarter & Aft はやや上昇の傾向を示し、Head & Bow は風力階級6から低下している。プロペラ回転

数は満載状態では Beam, Quarter & Aft がやや減少の傾向を示しているが、全般的にはほぼ船速に対応していると考えられる。見掛スリップ比は満載状態では Beam, Quarter & Aft は途中までやや減少するがほぼ一定であり、Head & Bow は風力階級8から急激に増加している。一方、バラスト状態では Beam, Quarter & Aft はやや減少の傾向を示し、Head & Bow は風力階級7から急激に増加している。

3.4 船体応答と船速

荒天時には一般に船体応答が大きくなり、また自然減速および意識的減速により船速が低下するケースも多いと考えられる。ここでは、船体応答のレベルと船速の関係について、実船試験のデータからその全体的な傾向を

Fig. 11 Vertical Acceleration vs. Beaufort Scale

Fig. 12 Mean Speed vs. Wave Height

Fig. 13 Mean Speed vs. Beaufort Scale

調べた。甲板縦応力、ウェブフレームの応力および船首部の垂直加速度について、その $\sqrt{E}$ と船速（平均値）の関係を Fig. 16, Fig. 17 および Fig. 18 にそれぞれ示す。甲板縦応力では、そのレベルが高くなるにしたがって徐々に船速が低下しており、減速が始まる点は 0.4 kgf/mm^2 に対応している。ウェブフレームの応力では、そのレベルがかなり高い範囲まで船速はほぼ一定であるが、これは、減速時にウェブフレームの応力が必ずしも高くないために船速の平均値はあまり変化しないことを示している。船首部の垂直加速度では、満載状態では船速は $0.1 \sim 0.12 g$ でやや上昇した後急激に低下しており、一方、バラスト状態では船速は徐々に低下している。

Fig. 14 Mean RPM vs. Beaufort Scale

Fig. 15 Apparent Slip Ratio vs. Beaufort Scale

4 荒天時の船体応答

約2年間にわたり航行時の4時間毎に連続して得られている船体応答データについて、風力階級7以上の状態が12時間以上続く場合を荒天時と考えて、その前後の風力階級が6に達してからピーク時を経て6を下回るまでの船体応答データ（荒天時のデータとする）を取り上げて、主として船体応答と意識的減速の関係について検討を行った。

4.1 荒天時のデータ

上記の仮定から求められた荒天時のデータは27ケース、285（のべ1,140時間）であり、載貨条件別では満載状態が16ケース、バラスト状態が11ケースである。荒天時の風力階級と風向の分布をFig. 19に示す。ここでプロペラ回転数を平穏時から5rpm以上人為的に下げている場合を意識的減速として、減速したケースと減速しないケースに分類して同図に示しているが、満載状態では減速したケースは少なく（3ケース）また減

Fig. 16 Mean Speed vs. Deck Stress

Fig. 18 Mean Speed vs. Vertical Acceleration

Fig. 17 Mean Speed vs. Web Frame Stress

Fig. 19 Wind Condition in Rough Seas

速したケースでは風向は Head および Bow がほとんどである。一方、バラスト状態では減速したケースが多く(7 ケース) になっている。次に、甲板縦応力、ウェブフレームの応力、船首部の垂直加速度および見掛スリップ比について、荒天時のデータを減速したケースと減速しないケースに分類して、その頻度分布を求め、3.1 の全データの頻度分布と共に Fig. 20 に示す。甲板縦応力、船首部の垂直加速度および見掛スリップ比では応答レベルの高い範囲はほぼ荒天時に対応しており、特にバラスト状態ではそのほとんどが減速したケースに対応しているが、一方、ウェブフレームの応力では応力レベルの高い範囲が必ずしも荒天時に対応しておらず、特にバラスト状態でその傾向が著しい。船のローリングは波の出会周期と同調するとかなり大きくなることがあり、あま

り荒天でない場合でもラッキングによりウェブフレームに高い応力が生ずるケースが少なくないものと考えられる。

4.2 船体応答と意識的減速

荒天時には船体応答、機関応答および海面状態等から総合的に判断して、変針、意識的減速等の措置がとられていると考えられる。ここでは実船試験から得られた荒天時のデータから、応力、加速度および見掛スリップ比と船速の関係について検討を行った。甲板縦応力、ウェブフレームの応力および船首部の垂直加速度の $\sqrt{E}$ およびプロペラの見掛スリップ比(平均値)について、荒天

Fig. 20 Frequency of Responses in Rough Seas

時のデータ各ケース毎の各応答の最大値と船速(平均値)の最小値の関係を、意識的に減速したケースと減速しないケースに分類して、Fig. 21, Fig. 22, Fig. 23 および Fig. 24 にそれぞれ示す。甲板縦応力ではほぼ応力レベルに対応して減速されているが、満載状態では応力のやや高いレベルまで船速を保っているケースもみとめられる。ウェブフレームの応力では応力レベルのかなり高い範囲 (5 kgf/mm² 以上) では減速されているが、全般的には応力レベルと船速の間に直接的な関連はないと考えられる。船首部の垂直加速度では加速度レベルに対応して減速したケースと減速しないケースが明確に分かれている。減速が始まる点は加速度の 0.15g に対応しており、満載状態では急激に減速されるが、一方、バラスト状態では減速は比較的ゆるやかである。また、プロペラの見掛スリップ比ではスリップ比が増加するにしたがっ

Fig. 21 Mean Speed (Min.) vs. Deck Stress (Max.) in Rough Seas

Fig. 22 Mean Speed (Min.) vs. Web Frame Stress (Max.) in Rough Seas

て船速は比例的に低下しており、載貨条件による差はほとんどみとめられない。

Fig. 23 Mean Speed (Min.) vs. Vertical Acceleration (Max.) in Rough Seas

Fig. 24 Mean Speed (Min.) vs. Apparent Slip Ratio (Max.) in Rough Seas

4.3 荒天減速時の応答の変化

荒天に遭遇して意識的減速が行われたケースについて、船首部の垂直加速度 ($\sqrt{E}$) およびプロペラの見掛スリップ比 (平均値) と船速 (平均値) の関係の時間的

Fig. 25 An Example of Speed Reduction in Rough Seas (History of Mean Speed vs. Vertical Acceleration)

Fig. 26 An Example of Speed Reduction in Rough Seas (History of Mean Speed vs. Apparent Slip Ratio)

変化を Fig. 25 および Fig. 26 にそれぞれ示す。この例は 1982 年 8 月 1 日に満載状態で日本を出港直後に台風

に遭遇したケースであり、荒天減速の典型的な例であるが、減速は徐々に行われ、状態が良くなれば直ちに復帰している。垂直加速度では意識的減速に対して、この場合には加速度の $0.2g$ がその基準になっていると考えられる。

5 考 察

実船の船体応答データについての解析結果から、自動車運搬船の船体応答、荒天時の意識的減速等について考察を加え、さらに、モニタリングシステムに関して若干の検討を行った。

5.1 自動車運搬船の船体応答について

船体応答の頻度分布からウェブフレームにかなり高い応力が生じることがわかった。自動車運搬船は比較的新しい特殊な構造方式の船舶であり、その建造初期には乾舷甲板上のウェブフレームにラッキングによるものと考えられる損傷が発生したため、以後ウェブフレームはかなり補強されて損傷は大幅に減少しているが、強度的にはやはり高い応力が生じる部材であると考えられる。

風力階級と船体応答の関係について、応答は平均的にはほぼ風力階級に比例して増加しているが、風向によって応答レベルにかなりの差がみとめられるものもある。特に船首部の垂直加速度では Head & Bow の場合が最も高く荒天時には急激に増加しており、これに対応した形で船速の低下及び見掛スリップ比の増加がみとめられる。風力階級と船速の関係についても風向による差が大きく、荒天時に Head & Bow では急激に減速しているのに対し、Beam, Quarter & Aft では船速は一定あるいはやや上昇の傾向を示しており、荒天時の操船に対しては風向の影響が大きいと考えられる。

船体応答と船速の関係について、甲板縦応力および船首部の垂直加速度ではその応答レベルにほぼ対応した形で減速が行われているが、ウェブフレームの応力ではその応答レベルと船速の間にほとんど関連がみとめられない。ウェブフレームの応力はブリッジの水平加速度にほぼ比例することから、ローリングがかなり大きくても船速にはあまり影響がないため、ウェブフレームの応力が高い範囲で必ずしも減速されていないと考えられ、また、ログブックの記録からは変針の措置がとられたケースもあまりみとめられなかった。このため構造強度に関しては、結果的に縦強度に対しては操船上の配慮が払われているが、横強度については必ずしもそうではないと考えることもできよう。

5.2 荒天時の意識的減速について

荒天時における変針、減速およびバラスト調整等の措置は、一般に船首部の波浪打込みの頻度、船体の動揺あるいは波浪衝撃、プロペラの見掛スリップ比の増加量等

から判断して行われていると考えられる。ここでは、自動車運搬船の約2年間の船体応答データから、荒天時の記録について船体応答と意識的減速の関係を調べたが、今回の監視項目のうちでは船首部の垂直加速度が意識的減速とよく対応していることがわかった。これは従来の結果¹⁾と一致している。Fig. 23 から分かるように、同船の場合は垂直加速度 ($\sqrt{E}$) が $0.15g$ に達すると意識的減速が始まり、 $0.2g$ あたりが我慢の限界であると考えられる。バラスト状態では加速度レベルのやや高い段階から徐々に減速されていることから、意識的減速は、主として垂直加速度と関連が大きいと考えられるスラミング、プロペラレーシング等を避けるために行われているものと推察される。なお、同船の場合はブリッジが船首部にあるため、操船者は船首部の垂直加速度に対してかなり敏感であると考えられる。

5.3 モニタリングシステムについて

一般に、荒天時の操船については主として操船者の経験および感覚等によっているのが現状であると考えられるが、その他にモニタリングシステムからの応力、加速度等の船体応答についての正確なデータが利用できれば、さらに安全で経済的な船舶の運航が行えるものと考えられる。このシステムが多くの船舶に装備されれば、操船者の経験・感覚と船体応答のレベルを直接的に対応づけることができ、また本報に述べたような外力条件および操船条件と船体応答の関係についての実際のデータが得られ、それらを操船法ならびに船舶の設計に反映することができるものと期待される。

監視項目については、船種別の構造的特性および損傷統計資料等から選定すべきであると考えられるが、今回の実船試験の結果から、船体応答の標準的な監視項目としては船首部の垂直加速度、船体中央部の上甲板縦応力およびブリッジの水平加速度の3項目が適当であると考えられる。

6 結 語

船体強度モニタリングシステムの実船試験から、自動車運搬船の就航時の船体応答データについて種々の解析を行い、さらに若干の考察を行った結果、概略以下のことがわかった。

(1) 船体応答データの頻度分布から、ウェブフレームにはかなり高い応力が生じており、記録された $\sqrt{E}$ の最大値は 6.04 kgf/mm^2 である。また、最上層甲板の縦応力、船首部の垂直加速度およびブリッジの水平加速度の $\sqrt{E}$ の最大値はそれぞれ 0.66 kgf/mm^2 、 $0.226g$ および $0.142g$ である。

(2) 応力および加速度について各応答間の相関係数を求めたが、ブリッジの水平加速度とウェブフレームの

応力の間にはきわめて高い相関がみとめられた。

(3) 風力階級と船体応答の関係について、船体応答は平均的にはほぼ風力階級に比例しているが、風向によってその応答レベルにかなりの差がみとめられるものもあり、特に船首部の垂直加速度はその差が大きく Head & Bow では荒天時に急激に増加している。

(4) 荒天時の船体応答と意識的減速の関係について、船首部の垂直加速度が減速によく対応していることがわかった。また、満載状態ではかなりの荒天まで船速を保っているが、バラスト状態では比較的早い段階から減速を始めている。

(5) 荒天時には、船体応答、機関応答および海面状態等から総合的に判断して変針、減速等が行われるが、モニタリングシステムからの船体応答についての客観的なデータは操船者にとって有力な情報であると考えられる。

本稿では、第 1 報として主に自動車運搬船の船体応答データの解析結果について報告したが、現在実施中の大型ばら積貨物船を対象としたモニタリングシステムの実船試験および理論解析との比較については続報として報告する予定である。

今回の実船試験にあたり御協力をいただいた神原汽船(株)ならびに常石造船(株)に対し厚く御礼申し上げます。また、本研究の実施にあたり御指導、御協力をいただいた東京大学藤田名誉教授、日本海事協会星野常務理事、技術研究所田代所長、開発部新田部長、技術研究所筒井室長、日笠、熊野の諸氏に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 日本造船研究協会第 125 研究部会：超高速コンテナ船の耐航性に関する研究，日本造船研究協会研究資料，No. 157 (1972)。
- 2) 高橋幸伯，小畑和彦，能勢義昭，杉田洋一：コンテナ船の長期実船計測（第 1 報および第 2 報），日本造船学会論文集，第 150 号（1981）および第 152 号（1982）。
- 3) A. Nitta, M. Yuasa & Y. Oka: Long Term Full-Scale Measurement on the Strength of Ships, PRADS 83 Symposium in Tokyo & Seoul (1983)。
- 4) 米倉邦彦：満載時の大型専用船の運航について，日本造船学会論文集，第 130 号（1971）。
- 5) 鞠谷宏士：荒天運航の状況一ログブックによる荒天航海記録の解析一，船舶の荒天運航に関するシンポジウム，日本航海学会（1973）。
- 6) 北沢孝宗，黒井昌明，高木又男：コンテナ船の波浪中での限界速度，日本造船学会論文集，第 138 号（1975）。
- 7) A. Nitta, A. Kumano, K. Suzuki & Y. Tataru: Hull Strength Monitoring System, Marintec China Conference in Shanghai (1983)。
- 8) 湯浅通史，鈴木康平，多田羅豊：船体強度モニタリングシステムの実船試験，日本海事協会誌，第 190 号（1985）。
- 9) K. Lindemann: S 03-Project Final Report, Det Norske Veritas Report, No. 81-0776 (1981)。
- 10) M. Huther & J. Osouf: SEFACO-Four Years of Experience in Ship Hull Girder Stress Monitoring, Marintec China Conference in Shanghai (1983)。