汐路丸における船舶の乗り心地に関する実験

庄司 邦昭*

Experiment on Ride—Quality of Ship by Shioji Maru

Kuniaki SHOJI

Abstract

When they go on board the ship or live on the floating offshore structures, livability is the important point of issue. One of the most important subject of livability is the motion sickness. On the motion sickness many experiments have been executed on actual ships by another authors.

In this report author studied seasickness by using training ship, Shioji Maru. The characteristics of the grade of seasickness, meal absorption and livability were examined by making inquiries. Wave, ship motion and acceleration were also measured.

From the experiment, seasickness was related to acceleration of ship similar to another experiment by actual ship. The other characteristics were also related to acceleration of ship. From the measurement of ship motion, comfortable area of Shioji Maru was estimated. These considerations by using actual ship are useful for considering the livability of the floating offshore structures.

1. まえがき

船舶や浮遊式海洋構造物の乗り心地（居住性）を考える際の問題の一つに「船酔」と呼ばれる動揺病についての対策がある。船舶において動揺病は重要な問題で、乗組員の作業性や慣れについて、また旅客船の動揺軽減などに関して今までにも実船における観測に基づく多くの研究が発表されている。最近では航空機や宇宙船に対する動揺病に関する研究もみられるようになってきた。日本造船学会海洋工学委員会設計部会では 1990 年 1 月から「浮遊式海洋構造物の乗り心地」に関するワーキンググループをつくり、文献調査を中心に設計指針を得るための検討を行っている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

本研究では浮遊式海洋構造物の居住性を検討するための実船実験の有用性や問題点を検討するために、今までになされた実験方法に基づいて東京商船大学附属練習船「汐路丸」において行なった計測結果についてまとめたものである。

2. 汐路丸における計測の概要

実験は 1990 年 6 月から 7 月までと、1992 年 9 月に行なった。航海の状況は次のようである。

- 1990 年 6 月 19 日～22 日 東京商船大学運送工学科 4 学年実習 (20 名)
- 1990 年 7 月 2 日 東京商船大学機関学科 2 学年実習 (33 名)
- 1990 年 7 月 7 日 東京商船大学航海学科 2 学年実習 (37 名)
- 1990 年 7 月 17 日～20 日 夏期実験航海 (24 名)
- 1990 年 7 月 24 日～25 日 東京大学船舶海洋工学科 4 学年実習 (31 名)
- 1992 年 9 月 3 日～4 日 横浜国立大学船舶海洋工学科 3 学年実習 (28 名)

* 正会員 東京商船大学海洋工学研究室 (〒135 東京都江東区越中島 2-1-6)

「汐路丸」は、図1に示すような垂線間長46m、425総トンの東京商船大学付属練習船である。今回の実験において計測した船体運動関係の項目は図1に示すジャイロ等により横揺れ角、縦揺れ角、上下加速度、左右加速度を、また1992年の実験ではジャイロの位置での計測に加えて、研究室、前部昇降口天井、煙突後端の3カ所に加速度センサーを設置した。その他、波、風、航行状況、などを記録した。船体運動に関する計測は研究室端末計算機に1秒毎に表示されるディスプレイからの読み取りと、データレコーダにより収集したデジタル信号を処理して行なった。

船体運動に対する動揺病の評価方法としては、乗船者からのアンケート調査によった。アンケートは、船酔度、食事摂取量、乗り心地度について実施した。

船酔度については、船酔の程度を次の4段階に分けて観測時刻における各自の状態について回答してもらった。

グレード0：全く酔った感じがしない。

グレード1：やや不快感はあるが、普段と変わらない生活ができる。軽度の船酔。

グレード2：かなり不快で、時々嘔吐感があり、仕事や船内生活がづらい。中等度の船酔。

グレード3：非常に不快で、嘔吐があり、何もする気になれない。重度の船酔。

食事摂取量については、次の4段階に分けて観測時刻(食事時刻)における各自の結果を回答してもらった。

グレード0：3/4以上食べた。

グレード1：1/2食べた。

グレード2：1/4食べた。

グレード3：全く食べられなかった。

乗り心地度については、このような状態で生活する場合の居住性に対して、次の4段階に分けて観測時刻における各自の気持ちを回答してもらった。

グレード0：乗り心地快適。

グレード1：多少船体動揺などが気になるが、生活に支障はない。

グレード2：かなり船体動揺を感じるが、何とか生活できる。

グレード3：船体動揺がひどく、船酔気味で、こういう場合では生活したくない。

今回の実験の特徴としては、比較的短期間の航海における計測、乗り心地に対する評価、船体縦方向3ヶ所での加速度の計測、等があげられる。

3. 計測結果

各航海における船酔度、食事摂取量、乗り心地度について各グレードの発生率を船体加速度とともに

示してみると、船酔度、食事摂取量、乗り心地度はいずれも船体上下加速度の変化とよく一致していることがわかる。このことは今までに行なわれた多くの実船実験においても示されていることである。図2は1992年の実験において「乗船者の船酔知覚時間」を回答してもらった結果を船酔知覚者数として15分毎に積算し、上下加速度とあわせて示したものである。この図によれば船酔を知覚する者の数は、上下加速度の増減により短時間のうちに反応して、増減していることがわかる。

図3、5、7は船酔度、食事摂取量、乗り心地度について各グレードの発生率を上下加速度に対して示したものである。図4、6、8は船酔度、食事摂取量、乗り心地度について平均グレードを上下加速度に対して示したものである。アンケート結果はいずれもかなりばらついているが、上下加速度の増加とともに各グレードの発生率及び平均グレードは高くなっていることがわかる。各アンケートに対して最小自乗

図1 汐路丸一般配置図

法により求めた 1 次式の平均線は次のようになった。

船酔度グレード 1~3 の発生率 $P_{FG1-3}=180A_{CC}+32$

船酔度グレード 3 の発生率 $P_{FG3}=50A_{CC}$

船酔度平均グレード $G_{FM}=3.6A_{CC}+0.38$

食事摂取量グレード 1~3 の発生率 $P_{SG1-3}=190A_{CC}+4$

食事摂取量グレード 2~3 の発生率 $P_{SG2-3}=160A_{CC}-2$

食事摂取量グレード 3 の発生率 $P_{SG3}=130A_{CC}-6$

食事摂取量平均グレード $G_{SM}=5.0A_{CC}-0.06$

乗り心地度グレード 1~3 の発生率 $P_{NG1-3}=130A_{CC}+51$

乗り心地度グレード 3 の発生率 $P_{NG3}=100A_{CC}+3$

乗り心地度平均グレード $G_{NM}=4.2A_{CC}+0.65$

ここに、 A_{CC} = 船体中央部で計測した有義上下加速度 (g) である。

船酔度の結果からみると上下加速度が 0.03g 以下ではグレード 3 という重度の船酔になる者はいないと考えられる。乗り心地度の結果は船酔度の結果よりも発生率が大きくなっているが、乗り心地度の結果でみても上下加速度が 0.03g 以下ではグレード 3 を示す者は非常に少ない。乗り心地度がグレード 1 になるのは平均的にみて上下加速度が約 0.08g である。食事摂取量の結果からは、平均的に上下加速度が 0.2g 程度まで全体の 2 分の 1 の量の食事をとっている。

船酔知覚者数 (人)

船体中央部有義上下加速度 (g)

図2 加速度と船酔知覚者数
(1992年9月3日実験)

図3 船酔発生率と上下加速度

図4 船酔平均グレードと上下加速度

図5 食事摂取量低下発生率と上下加速度

図6 食事摂取量平均グレードと上下加速度

図7 乗り心地度低下発生率と上下加速度

図8 乗り心地平均グレードと上下加速度

図9はアンケートの項目のうちの食事摂取量と船酔度の関係を示したものである。船酔度の平均グレード1前後でばらつきが大きく、船酔度のグレードと食事摂取量のグレードが同一数値で対応していない。しかし、食事摂取量は船酔度の増加に対応して大きな値になっているので、食事摂取量から船酔度を評価することは可能であると考えられる。図10はアンケートの項目のうちの船酔度と乗り心地度の関係を示したものである。この図から乗り心地度は船酔度の増加に対応して直線的に増加し、現在の状態を示す船酔度に対して将来の状態の予想を示すと考えられる乗り心地度は大きめのグレードをとることがわかる。即ち、現在の状態に対して将来の状態は悲観的な見方をしているようである。

図9 食事摂取量と船酔度の比較

図10 船酔度と乗り心地度の比較

図11は1992年の実験において計測した3カ所での上下加速度の値を示したものである。図中の実線は様々な海象条件のなかで計測しているためにばらついているが、どの計測値においても上下加速度は計測箇所が0.33L、0.62L、0.83Lの順で増加している。

図12は船体動揺のうちのピッチング角に対して3カ所の計測箇所における上下加速度の値を示している。この図によると0.83Lでの上下加速度は0.33Lでの値の約2倍になっていることがわかる。この上下

図11 船体縦方向3カ所における加速度
(1992年実験)

図12 ピッチング角と3カ所の加速度

加速度の増加率は宝田による計算値とよく一致している⁽⁴⁾。図 13 は波高とピッチング角との関係を示している。この値はややばらついているが、最小自乗法により 2 次式の平均線を求めると図の破線のようなになる。この結果を用いることにより、図 12 と図 13 から「汐路丸」が遭遇する波に対して船体の各位置での上下加速度を推定できる。

4. 考 察

東京商船大学附属練習船「汐路丸」において乗り心地に関する実験を行った。今回の実験結果とこのような実験に対する問題点について考察してみる。

(1) 上下加速度について

今回の実験で、船体前後位置に対する加速度の変化について計測したもの以外の上下加速度は 0.6L 付近で計測した値である。しかし 1992 年の実験で示したように上下加速度は船体前後位置により変化する。従って、船酔度と上下加速度との関係を正確に求めるためには被験者を船体上のある位置に固定し、その位置における加速度と船酔度を計測することが望ましい。一方、今回の計測では被験者が船内のどこにいて、どんな作業をしているかについては不明である。アンケート結果のばらつきの一因として個人差もあげられるが、船内で被験者が受ける上下加速度の違いも一因と考えられる。しかし今回のような計測値は船内で実際に生活している状態におけるアンケート結果としてみることができる。

また上下加速度の結果をピッチングなど他の動揺の要素と関連づけておくことも場合によっては必要である。図 14 はピッチングの値をパラメータに船体の前後位置と上下加速度の関係を示したものであるが、このような図から波やピッチングに対して船体の上下加速度を示すことができ、これによって上下加速度がある限度以下の快適区域を示すことができる。例えば図 14 において有義ピッチング角が 1.5° 以下であれば、船内のほぼ全域において有義上下加速度 $0.15g$ 以下とすることができる。

(2) 食事摂取量について

食事摂取量は船酔度を示す一つの資料とみることができる。今回の実験結果は図 9 に示すように、船酔度のグレードの増加に対し食事摂取量のグレードも増加するが、同一の数値では対応せず、かなりばらついていた。しかし、食事摂取量は一つの客観的な指標として有効なことがわかった。

(3) 浮遊式海洋構造物の居住性について

浮遊式海洋構造物の居住性に対する上下加速度の限界値を知覚限界の $0.01g (=0.1m/s^2=10gal)$ とすると、この加速度で船酔を感じるものは今回の実験結果の図 3 によると 35% 程度いるが、嘔吐するといった重度の船酔になるものはいない。またこの加速度において船酔度、食事摂取量、乗り心地度の平均グレードは今回の実験結果の図 4、図 6、図 8 によるとそれぞれ 0.4、0.0、0.7 となり、いずれもグレード 1 以下となるので、この値からみても重い船酔になるものではなく、居住性についても何とか生活ができると考えられ、食事は普通に与えられる。

図 13 波高とピッチング角

図 14 快適区域

(4) 船舶における乗り心地度の実験について

船舶は浮遊式海洋構造物の居住性を検討するための動揺発生装置の一つと考えることができる。浮遊式海洋構造物での計測例としては「アクアポリス」等で行なわれているが数が少ないので、それにかわるものとしては有効な方法であろう。また強制動揺装置に比べると、人間が生活する環境になっているために数日またはそれ以上の長時間にわたる体験が可能である。その反面、入力条件を系統的に与えることができない。また航海中の加速度は浮遊式海洋構造物の設置される海域での加速度に比べ厳しすぎるであろう。さらに実際の浮遊式海洋構造物における生活パターンは様々である。陸上の仕事場から帰ってきて浮遊式海洋構造物において夕方から朝までの住宅として生活する場合、オフィスおよび住宅として浮遊式海洋構造物において生活する場合、オフィスとして朝から夕方まで生活する場合などである。このような様々な生活形態に合わせた設計条件に対する居住性についても実験し検討する必要があると考えられる。

(5) 今までに行なわれた実船実験の結果との比較

表1は今までに実船実験が行なわれてきた供試船である^{(5)~(12)}。この表によると、実験が行なわれてきた供試船として日本ではほとんどが練習船である。これはアンケートをとるなど被験者を容易に得ることができるからだと思う。その反面、回答者は将来船乗りになるなどある程度職業意識を持っているので一般的な人々に対するアンケートと異なる結果が出る可能性がある。今後は異なった船種、例えば一般の人々が乗客として乗船する旅客船やフェリーなどにおいてこのような調査がなされるべきであろう。

次に船の大きさに関してみるとほとんどの船が5000GTまでの大きさで実験が行なわれている。今後、海洋構造物の居住性を検討する場合にはできるだけ大型の船において実験がなされることが望まれる。

表1 実船実験供試船

船 名	大 き さ		実 験 期 間	文 献	
	(総トン数)	(全長)		著 者	発 行 年
(タービン船)	15000T		1956 年	鶴田ら	1957 年
海王丸	2284GT	97.06m	1961 年 5 月～8 月 10 月～12 月	GOTO ら 神田ら	1977 年 1962 年
銀河丸	3172GT		1962 年 10～12 月	長谷川	1963 年
日本丸	2284GT		1962 年 10～12 月	長谷川	1963 年
銀河丸	5028GT	115m	1975 年 2 月	田辺ら	1977 年
深江丸	362GT	41.5m	1982 年 7 月	今枝ら	1984 年
耕洋丸	1990GT	81.4m	1984 年 10 月	今枝ら	1986 年
天鷹丸	877GT	57.1m	1987 年 4 月～6 月	今枝ら	1988 年
汐路丸	425GT	49.93m	1990 年 6 月～7 月	庄司	1991 年
Earl Godwin	4000T			A. Lawther ら	1986 年

今までに実船実験において計測された項目を波浪データ、船体動揺データ、乗り心地評価データの3項目にまとめてみると、これらの中で船体動揺データとして上下加速度、乗り心地評価データとして船酔度は必ず計測されている。これは船酔に対し船体上下加速度が主な要因と考えられるため、これまでの実船実験からそれは裏付けられているといえよう。図15は今までに行なわれた実船実験において比較的航海初期に発生した船酔と上下加速度の値を示したものである。この図によると、上下加速度と船酔発生率に対して今回の「汐路丸」における結果はこれまでの結果とほぼ同様の値となっている。しかし今までに行なわれた実験で波浪など気象・海象条件が記

図15 実船実験による船酔発生率

述されているものは少ない。実船実験結果から浮遊式海洋構造物の居住性を検討するためには波浪データも含めた3項目の計測が同時になされた結果が望ましいが、それが得られない場合には波浪と船体動揺の関係を別に検討しておく必要がある。

最後に本研究に対し卒業研究の一部として実験に協力を得た、東京商船大学航海学科第40回生、高野秀文学生、田井洋介学生及び第41回生、海野航司学生、橋本俊裕学生に謝意を表します⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。

参 考 文 献

- (1) 有馬俊朗・磯崎芳男・岡田 首・影本 浩・金原 勲・渋谷成人・庄司邦昭・高井隆三・山岸直人：浮遊式海洋構造物の居住性について(その1)―動揺を中心とした乗り心地に関する考察一、日本造船学会第10回海洋工学シンポジウム、pp.85～92(1991年)
- (2) 庄司邦昭：浮遊式海洋構造物の居住性について(その2)―船酔に関する実船計測結果からみた乗り心地についての考察一、日本造船学会第10回海洋工学シンポジウム、pp.93～99(1991年)
- (3) 有馬俊朗・磯崎芳男・岡田 首・影本 浩・金原 勲・庄司邦昭・高井隆三・山岸直人：浮遊式海洋構造物の居住性について(その3)―設計における居住性に関する一提案一、日本造船学会第11回海洋工学シンポジウム、pp.159～166(1992年)
- (4) 宝田直之助：快適な乗り心地の船型、日本造船学会「新しい造船学」シンポジウム、pp.149～166(1990年9月)
- (5) 鶴田彰介・後藤大三：船体振動と乗り心地の問題、船舶第30巻第4号、pp.360～367(1957年)
- (6) 神田 寛・山上明倫：船酔に関する研究(第1報)、労働科学第38巻第8号、pp.466～469(1962年)
- (7) 長谷川高敏：動揺病、第16回日本医学会総会講演資料(1963年)
- (8) 田辺行夫・鶴田三郎・神田 寛・後藤大三：船の動揺加速度と動揺病発生率、日本航海学会論文集第57号、pp.77～84(1977年)
- (9) 今枝彬郎・中原寿喜太・板嶋具子・木村隆一・鈴木三郎・黒田 隆：船酔いの発生およびその誘因について、神戸商船大学紀要第二類 商船・理工学篇 第32号、pp.207～218(1984年)
- (10) 今枝彬郎・中原寿喜太・本村紘治郎・浜口正人・高島末夫：船酔いの実船実測-I、日本航海学会論文集第74号、pp.51～60(1986年)
- (11) A. Lawther and M. J. Griffin: The motion of a ship at sea and the consequent motion sickness amongst passengers, *ERGONOMICS*, vol. 29 No. 4, pp. 535～552(1986)
- (12) 今枝彬郎・中原寿喜太・土井昭孚・立川 光・本村紘治郎・浜口正人・高島末夫：船酔いの実船実測-II、日本航海学会論文集第79号、pp.221～229(1988年)
- (13) 高野秀文・田井洋介：船体動揺と乗り心地に関する研究、東京商船大学航海学科卒業論文(N40)(1992年3月)
- (14) 海野航司・橋本俊裕：船舶の乗り心地に関する研究、東京商船大学航海学科卒業論文(N41)(1993年3月)