実船操船とシミュレータ操船における 操船者の目視領域と緊張度に関する基礎研究

正員 村井 康二* 正員 林 祐司*
非会員 三好 雄一** 非会員 井口 征士***

A Basic study on Navigators' Visual Observation Area and Stress Level for Ship Handling by Actual Ships and Simulators

Koji Murai*, Member, Yuji Hayashi*, Member, Yuichi Miyoshi**, Non-member,
Seiji Inokuchi***, Non-member

A navigator gets navigational information for safe navigation from own ship and her environment through their five senses, and navigates her. We think that the most important thing is the ability to judge in various environments more than the knowledge of how to handle some instruments or equipments. What does the navigator do when he/she navigates? Recently, we use a ship handling simulator (simulator in short) to train the ship handling for safe navigation. We need to recognize the effect of training, the better usage of a simulator and the difference of stress level between actual ships and simulators.

The purpose of this paper is to find characteristics of visual observation area and stress level of the navigator in the case of arriving and leaving port. In our experiments, we measured subject's eye movement and heart rate variability which means the R-R interval. Our experimental ship is Training Ship FUKAE-MARU of Kobe University of Mercantile Marine (KUMM in short). The results show that characteristics of subject's visual observation area and Sympathetic Nervous System (SNS in short) value calculated with R-R interval is how dependency of cue for both navigational environments.

キーワード：操船者，操船シミュレータ，目視領域，緊張度（SNS 値）

Keywords: Navigator, Ship handling simulator, Visual observation area, Stress level, SNS value

1. はじめに

操船者は、自分が操縦する船舶（以下、自船舶と呼ぶ。）に対する風潮流等の外乱や自船舶以外の船舶（以下、他船舶と呼ぶ。）との見合い関係および自船舶の船体コンディションなど、自船舶および自船舶を取りまく操船環境の刻々と変化する状況下において、常に安全な航海を行う努力を続けている。このような現実から、船舶の操縦（以下、操

船と呼ぶ。）では操船者のその瞬間の総合的な判断が重要である。

近年、操船シミュレータ（以下、シミュレータと呼ぶ。）を用いた操船訓練が国際的にも活発に行われている。そして、シミュレータによる訓練効果の評価方法やより有効なシミュレータの使用法、システム改善についての実験および研究も同時に行われている^{(1)~(4)}。これらの諸研究は、シミュレータによる操船者の操船方法や技能の習熟度に注目した訓練効果の評価、検討を行っており、定量的な評価方法の一つとして成果を上げている。しかしながら、操船者の眼球運動や心拍変動等を測定し、それらを身体・生理指標に用いた実船操船とシミュレータによる操船（以下、シミュレータ操船と呼ぶ。）の具体的な比較、検討に関する研究は、実験のセンサ取付けによる被験者への身体的、心理的負担が大きいために困難であり、今までに心理的・生理的評価が行われることが少なかった。

本研究では、実船操船時およびシミュレータ操船時の操船者の行動や生理状態に注目し、操船者が視覚からどのよ

* 神戸商船大学商船学部

〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町 5-1-1

Kobe University of Mercantile Marine,

Fukaeminami 5-1-1, Higashinada-ku, Kobe, Hyogo 658-0022

** 神戸商船大学名誉教授

〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町 5-1-1

Kobe University of Mercantile Marine,

Fukaeminami 5-1-1, Higashinada-ku, Kobe, Hyogo 658-0022

*** 大阪大学大学院基礎工学研究科

〒560-8531 大阪府豊中市待兼山町 1-3 (現, 広島国際大学)

Osaka University,

Machikaneyama-cho 1-3, Toyonaka, Osaka 560-8531

うな航海情報を収集し、操船行動のための意思決定を行なっているかについて、両操船を比較し、その差異を検討することを主目的とする。具体的には、操船者の行動モデル⁽⁵⁾⁽⁶⁾を本研究の基盤とし、操船者が判断を短時間内に次々に行う必要があると考えられる出入港操船を実験対象に選択して、実船およびシミュレータによる出入港操船を行う。そして、出入港操船時の操船者の眼球運動および心拍変動の特徴について比較、検討を行い、得られた知見について報告する。また本論では、両操船に対する実験を総称して「出入港操船実験」と呼ぶことにする。

2. 操船者の行動モデルによる本研究の位置づけに関する考察

操船者の行動モデル⁽⁵⁾⁽⁶⁾（以下、モデルと呼ぶ。）は、人間の「知覚」、「認知」、「認識」、「判断」および「実行」という一般的な意思決定過程に準じた操船者を対象としたモデルである。図1にモデルを示す。

図1では、与件 δ を個人に対する入力とし、その与件 δ が感覚（器官）をとおしてはじめて個人のデータとなり、そのデータを個人が解析・処理することにより、安全な航海を行うために必要な航海情報となることをこのモデルは表現している。そして同時に、個人が総合的、有機的な認識・判断を行い、行動方針を立案し、実行するという時間の不可逆性ダイナミック閉ループの複数同時並列進行モデルを表現している。データソースの入力である与件 δ は、個人の経験や感性といった個人の絶対的な価値観によりフィルタリングされるために、個人データとしてなり得るか否かという点で個人の判断、行動に大きな影響を与える。

次に、本研究で行う出入港操船実験について考察する。与件 δ は、実船およびシミュレータによる操船環境から抽出される。したがって、モデルの実行行動に到るまでのプロセスにおいては、与件 δ の差異および実船操船とシミュレータ操船に対する責任の重さが無意識に与えるメンタル面への影響の差異が、結果として身体・生理指標値に反映され则认为する。つまり本研究では、操船者の一連の行動に対して、操船者の「目視領域」からは与件 δ に対する視覚的なデータ抽出部分（図1中、A）および「緊張度」からは認識・判断のために生じる生理的反応部分（図1中、B）について、それぞれ定量的な評価、検討を行うことになる。

3. 出入港操船実験

実験は、神戸商船大学付属練習船「深江丸」（以下、深江丸と呼ぶ。）およびシミュレータ（神戸商船大学レーダ航法実験研究装置）を用いて、神戸商船大学内の繋留岸壁（繋船池）から東神戸航路第2号灯浮標までの間を実験海域として、繋留岸壁での出入港操船を実船およびシミュレータを用いて当該船舶の船長を被験者として行う。実験海域の概略を図2に示す。また、図中に航行経路の概要を $\leftrightarrow$ 印で示す。

実験順序は、シミュレータ操船の操船環境条件を実船実験

時に対して忠実に再現する必要性から、先ず実船実験を行う。実船操船時の気象海象および他船舶の状況は、深江丸に搭載されている風向・風力計、潮流計およびレーダ、ARPA（Automatic Radar Plotting Aids）により数値データとして収録する。これらの収録データをもとに操船環境条件を設定して、シミュレータ操船を行う。なお、実船操船時には、操船者が特に注意を必要とするような風潮流等による外乱の影響はなく、他船舶との見合い関係の生起は、入港時に一隻のみであった。

次に、出入港操船の概要については、深江丸は入船右舷付け（図2に示す状態）で着岸しており、出港時は機関後進により出港し、自船舶の船首を大きく左に回頭させる必要がある。一方、入港時は出港時に比べて大きな回頭はなく緩やかに自船舶の船首を左に回頭させ、減速することにより図2に示す状態に着岸する。

〈3・1〉 使用船舶および実験装置 出入港操船実験では、被験者にあらかじめ両眼球運動測定装置および心拍数測定装置を装着させ、実験海域を航行している間の視点および心拍変動を測定する。そして、それらの測定データにより目視領域および緊張度を求める。出入港操船実験の使用船舶および実験装置について、以下に示す。

〈3・1・1〉 深江丸 船体長:49.95m, 船体幅:10.00m, 最大喫水:3.20m, 船首および船尾にスラスタ装備, 1軸左回り可変ピッチプロペラ装備。

〈3・1・2〉 シミュレータ 操船を行うための2組の自船舶システム、シミュレータを統括制御するインストラクタシステムおよび事前説明や評価を行うためのブリーフィングシステムで構成される。使用した自船舶システムは水平視野角210°, 垂直視野角30°, 半径7メートルのスクリーンを装備し、RGB 3管式プロジェクタ方式で映像を写像する。図3に自船舶システムおよびシミュレータのシステム構成を示す。

操船環境の模擬は、船長が出入港操船を行なうために必要とする航海目標および視覚的に顕著な建造物を Computer Graphicにより作成する。通常の船首方向を中心とした写像領域を越える視野に対する目視要求については、口頭により地球座標系の方位を度数で指示させ、インストラクタシステムにより指示された度数をスクリーンの正面中央に回転、表示することで対応する。垂直視野角については、水平線的位置を基準面として基準面より上方を迎角、下方を伏角として指示させる。この画面操作については、被験者は十分に理解、操作できるまで事前学習を行う。

〈3・1・3〉 両眼球運動測定装置 強膜反射式眼球運動測定装置で、目の黒目（角膜）と白目（強膜）の部分に赤外線当て、その反射率の差分を利用して眼球の運動（視点データ）を計測する。

〈3・1・4〉 心拍数測定装置 心拍（R-R 間隔）データを計測する装置で、測定精度 1msec, 測定範囲 200~4,090msec である。

図1 操船者の行動モデル

Fig. 1. Model of maritime cybernetics.

図2 実験海域の概略

Fig. 2. Experimental area.

4. 測定データの解析方法

実船操船およびシミュレータ操船による出入港操船時に測定された視点データおよび R-R 間隔データの解析⁽⁷⁾⁻⁽⁹⁾について以下に示す。

〈4・1〉目視領域 視点の移動は、両眼眼球運動測定装置のメガネ部分に取り付けられた小型カメラにより収録される映像とセンサー部から得られる視点の動きを重ね書きしたものをビデオ映像として収録する。同時に、画面中心を原点として校正を行った両眼の視点角度データを 90msec 毎にサンプリングし計算機に収録する。

出入港操船のために必要な航海目標に対する操船者の目視は、点ではなく領域をもつ。本研究では、その領域を目

自船舶システム 1

A: 自船舶システム 1

B: 自船舶システム 2

C: インストラクターシステム

D: ブリーフィングルーム

図3 自船舶システムとシミュレータのシステム構成

Fig. 3. Simulator systems and own ship system.

視領域と定義する。目視領域の決定は、ビデオ映像に収録された視点の軌跡を 90msec 毎にモニターで追跡して、歴代深江丸船長経験者の主観評価により行う。また、眼球運動速度の角速度が 30[deg/sec] 以下⁽¹⁰⁾の視点とする。本研究では、実験海域に対して 19 種類の目視領域 (①~⑱) を定義する。そして、各目視領域に対する目視回数および目視時間の合計をそれぞれ目視回数、目視時間として求める。表 1 に目視領域の一覧 (①~⑱) を示す。また、具体的な実験海域と目視領域の位置関係を図 4 に示す。なお、繫船

表1 目視領域の一覧

Table 1. The division of our visual observation area.

① 緊留岸壁	② 自船舶船首前方の岸壁
③ 緊留岸壁の先端	④ 岸壁(東)
⑤ 岸壁(南)	⑥ 岸壁の端
⑦ 橋の橋脚	⑧ 航路
⑨ 六甲アイランド	⑩ 防波堤(出入口)
⑪ 深江浜南端	⑫ 深江浜岸壁
⑬ 旧フェリー埠頭	⑭ 新明和工業
⑮ 新明和工業スロープ	⑯ 大学繋船池(出入口)
⑰ コンパス	⑱ ログ(速力計)
⑲ 他船舶

図4 実験海域と目視領域の関係

Fig. 4. Relationship between the experimental area and our visual observation area.

池周辺(図4中、網掛け部分)については、同図内の拡大図によりそれぞれの目視領域を示す。

著者らは、操船者が出入港操船を行なう際には、航海情報を獲得しようとした場合の結果は目視回数に反映し、また特定の航海情報の内容・意味を詳細に獲得しようとした場合の結果は目視時間に反映すると思われる。

〈4・2〉緊張度 心拍数測定装置により測定したR-R間隔データを最大エントロピー法(MEM: Maximum Entropy Method)によりスペクトル解析し、SNS値⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

図5 R-R間隔の概略

Fig. 5. R-R interval.

を緊張度として次式により求める。

$$SNS = \frac{LF}{HF} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、LFは0.04~0.15Hz、HFは0.15~0.40Hzのパワースペクトルの積分値である。LFは交感神経および副交感神経の活動を反映し、HFは副交感神経の活動を反映しているといわれている^{(13)~(15)}。

R-R間隔とは、心拍波形として定義されているP、Q、R、SおよびT波の内のR波ピークと引き続きR波ピークの時間間隔をいう。図5にR-R間隔の概略を示す。

5. 結果および考察

前節の解析方法により得られた結果を以下に示す。

〈5・1〉目視領域 両眼運動測定装置により測定された視点データから、出入港操船時の目視領域の目視回数および目視時間を求めた結果をそれぞれ図6、図7に示す。両図とも棒グラフの中塗りは実船操船(「出港(実)」および「入港(実)」)、中抜きはシミュレータ操船(「出港(シ)」および「入港(シ)」)の結果を示す。

図6、図7より、出港時については、繋船池から機関後進により出港し、自船舶の船首を大きく左へ回頭させて神戸港港外に続く東神戸航路(⑧)へ向かうまでの目視領域(①~④)では、①の目視時間を除いてシミュレータ操船の方が目視回数は多く、目視時間は長い。その後の目視領域(⑥⑦)では、実船操船の方が目視回数は多く、目視時間は長い。

次に、入港時については、東神戸大橋(⑧)までの目視領域(⑦⑧)では、シミュレータ操船の方が目視回数は多く、目視時間は長い。入港直前の目視領域(①~⑥、⑭~⑯)では、実船操船の方が①を除いて目視回数は多く、目視時間は長い。また、シミュレータ操船では、自船舶の針路、速力を指示する航海計器であるコンパス⑰およびログ⑱を頻繁に確認している。

これらの結果は、周囲の状況を確認する場合には、多くの目視回数と長い目視時間を必要とするという一般的な見解を支持している。そして、特定対象の情報をより詳細に獲得する場合には、特に長い目視時間を必要とする。この結果は、他船舶(⑲)の動向を把握する場合に顕著であった。

また、実船操船およびシミュレータ操船における操船環境からの視覚的な航海情報の取り込み方に対しては、視線

図6 目視領域の目視回数

Fig. 6. The results of total number recognized each visual observation area.

図7 目視領域の目視時間

Fig. 7. The results of total time recognized each visual observation area.

挙動の差異が生じた。この原因については、シミュレータ操船時に航海計器（コンパス、ログ）を頻繁に確認していた結果からは、シミュレータにより模擬された操船環境から獲得する視覚情報の情報量が、実船操船の操船環境から得られる情報量に比べて少なく、航海計器の確認を行うことにより、その不足分の情報量を補填していたと考えられる。つまり、実際の風景とシミュレータにより模擬された3次元の2次元空間（模擬風景）の情報量に対する差異および視覚以外の感覚器官から得られる情報量の差異により、シミュレータ操船時には自船舶の操船環境を十分に把握するために必要な航海情報を視覚的に得ることが困難であったために、実船操船では無意識的に得られている航海情報を意識的に収集しなければならない必要性が生じたと考える。

〈5・2〉 R-R 間隔 心拍数測定装置により測定された実船操船時およびシミュレータ操船時の R-R 間隔データを図 8、図 9 に示す。両図中の↔印は、実験海域間を示している。また、操船者の各状況 ((A)「出港前」、(B)「出港時」、(C) 実船操船:「操船なし(船上)」, シミュレータ操船:「休憩」、(D)「入港時」、(E)「入港後」、(F)「ミーティング」) に対する R-R 間隔の平均および標準偏差をそれぞれ図 10、図 11 に示す。

図 8、図 9 より、出入港時ともに R-R 間隔の平均は、実船操船（出港時 (B): 739msec, 入港時 (D): 786msec）の方が、シミュレータ操船（出港時: 850msec, 入港時:

図8 R-R 間隔データ（実船操船）

Fig. 8. The results of R-R interval data using Fukae Maru.

図9 R-R 間隔データ（シミュレータ操船）

Fig. 9. The results of R-R interval data using the simulator.

866msec) に比べて短い。この結果から、心拍数で評価すれば実船操船時は、シミュレータ操船時よりも心拍数が多く、シミュレータ操船より緊張状態であると考える。

また、実船操船およびシミュレータ操船ともに出港時 (B) の方が入港時 (D) より R-R 間隔は短い。出入港操船実験では、風潮流等による外乱の影響が無かったために自船舶を大きく回頭させるための判断が必要である出港時の方が入港時と比べて、より多くの操船判断を必要としたと考える。この結果は、実船操船の場合では、図 10 の結果から R-R 間隔の平均は出港時 (B) が最も短く、他の状況と比較しても操船者が緊張状態であることを支持している。一方、シミュレータ操船の場合では、図 11 の結果から R-R 間隔の平均は出港前 (A) とミーティング (F) の場合に短く、出港時 (B) および入港時 (D) はそれらに比べて 100~150msec 程度長い。シミュレータ操船時は、実船操船時と比較して相対的に緊張状態ではないと考える。

〈5・3〉 緊張度 実船操船時およびシミュレータ操船時の緊張度 (SNS 値) をそれぞれ図 12、図 13 に示す。両図中の↓印は、出港時および入港時の間を示す。そして、横線は各操船実験の SNS 値の平均を示す。

図 12、図 13 より、出港時については、前述したように実船操船時およびシミュレータ操船時ともに、機関後進により自船舶の船首を大きく左に回頭させる操船判断が必要であるために緊張度が増加する傾向にある (↗印)。その後、前進速力を増しながら航行をはじめる東神戸大橋 (⑦) 付近で緊張度は減少する (●印)。そして、実船操船では、

図 10 操船者の状況別 R-R 間隔データの平均と標準偏差 (実船操船)

Fig. 10. An average and standard deviation of R-R interval data using Fukae Maru in each subject's condition.

図 11 操船者の状況別 R-R 間隔データの平均と標準偏差 (シミュレータ操船)

Fig. 11. An average and standard deviation of R-R interval data using the simulator in each subject's condition.

速力を定常状態まで増速して、自船舶の針路および自船舶周囲の安全確認を目視により行っている場合には、緊張度が増加する (▲印)。一方、シミュレータ操船では、自船舶周囲の確認に対する同様の傾向はない。また、繫船池を出港する直前に、両操船とも緊張度は増加する (*印)。

次に入港時については、自船舶の前方に他航船を目視により確認した場合には、緊張度は増加する (*印)。その後、他船舶の動向を正しく認識すると緊張度は減少する。そして、繫船池出入口直前では、舵および速力を多数回におよび制御する必要があるために、緊張度は増加する傾向がある (◇印)。

これらの結果から、出入港操船時の緊張度の変動には、実船操船とシミュレータ操船に同傾向がある。また、緊張度 (SNS 値) の平均値を用いて、実船操船とシミュレータ操船の緊張度を (A) から (F) の状況別に示すと表 2 になる。

表 2 より、実船操船の方がシミュレータ操船と比べて、出港時 (B)、入港時 (D) およびミーティング (F) にその値が大きい。R-R 間隔の平均と同様、実船操船の方がシミュレータ操船に比べて緊張状態であると考えられる。

本研究の実験結果から、緊張度の変動は実船操船およびシミュレータ操船で同傾向を示すが、そのレベルには差異

図 12 緊張度 (実船操船)

Fig. 12. The results of SNS value using Fukae Maru.

図 13 緊張度 (シミュレータ操船)

Fig. 13. The results of SNS value using the simulator.

表 2 各状況別に対する SNS 値の平均

Table 2. An average of SNS values for each subject's condition.

	A	B	C
実船操船	7.5	9.0	5.1
シミュレータ操船	7.6	6.2	8.4
	D	E	F
実船操船	7.2	12.2	10.3
シミュレータ操船	7.3	8.7	7.8

があることを定量的に評価できた。また、実船操船およびシミュレータ操船の緊張度に差異が生じた原因については、実船操船では人命が直接関係するという責任の重大さが無意識の内に影響していると考えられる。

6. おわりに

本研究では、神戸商船大学繫船池から東神戸航路第 2 灯浮標までの間を実験海域として、実船操船およびシミュレータ操船による出入港操船実験を船長を被験者として行った。そして、操船者の目視領域を定義して、その目視領域に対する目視時間、目視回数を求めた。さらに、R-R 間隔およびその変動特性による緊張度 (SNS 値) を指標に用いた両操船の比較、検討を行った。得られた結果を以下にまとめる。

- 自船舶周囲の操船環境を一様に確認する場合には、実船操船およびシミュレータ操船ともに他の状況と比較して目視回数は増加し、目視時間は長い。
- 他船舶の動向を詳細に確認する場合には、特に目視時

間は長い。

- シミュレータ操船は実船操船と比較して、航海計器（コンパス、ログ）の情報を多く必要とする。
- 入出港時の R-R 間隔の平均は、実船操船の方がシミュレータ操船に比べて短い。
- 本実験では、操船判断が多いと考えられる出港時の方が入港時と比較して R-R 間隔の平均は短い。
- 入出港時の緊張度（SNS 値）の変化傾向は、実船操船およびシミュレータ操船ともに同傾向を示す。
- 入出港時の緊張度（SNS 値）の平均は、実船操船の方がシミュレータ操船に比べて大きい。
- 緊張度（SNS 値）は、操船判断時や情報認識時に増加して、実行行動時には減少する。

本研究により、操船者の操船判断やその操船判断のために必要な航海情報の認識が、最適な時機に行われているかどうかについてを定量的に評価できる可能性が見出されたと考える。そして、シミュレータによる教育・訓練効果をより適切に評価できることが期待できる。今後は、乗船経験年数別に対する操船判断実験を行う必要がある。そして、操船者の最適な緊張のあり方についての定量的な評価、検討を行いたい。また、その手始めとして、シミュレータにより模擬する操船環境データベースの詳細度（視覚情報量）と操船判断（緊張度）の関係を明確にしておく必要がある。

最後に、本研究にご助力、ご指導をいただきました矢野吉治氏（神戸商船大学）、実験に協力していただいた野村信輔氏（親和海运株式会社）、森 泰彦氏（独立行政法人航海訓練所）、神戸商船大学附属練習船深江丸乗組員の皆様方に深くお礼申し上げます。

（平成 14 年 3 月 25 日受付，平成 15 年 1 月 24 日再受付）

文 献

- (1) 操船シミュレータ研究会編：「第 2 回操船シミュレータ・シンポジウムテキスト」，日本航海学会（1999）
- (2) H. Kobayashi and S. Murata: "The Training and Assessment Utilizing Ship Handling Simulator-II.", *Journal of Japan Institute of Navigation (JIN)*, Vol.101, No.9, pp.243-251 (1999-9) (in Japanese)
小林弘明・村田 信：「海技の教育訓練方法に関する研究-II」，日本航海学会論文集，101，9，pp.243-251 (1999-9)
- (3) H. Kobayashi, Y. Arai, T. Fujii, M. Endo, Y. Matsuura, M. Endo, and Y. Sakaguchi: "Proposal for Educational and Training Curricula Using Ship Handling Simulator", *Journal of JIN*, Vol.96, No.3, pp.127-137 (1997-3) (in Japanese)
小林弘明・新井康夫・藤井照久・遠藤 真・阪口泰弘・松浦由次・遠藤政利：「操船シミュレータによる教育・訓練法の提案」，日本航海学会論文集，96，3，pp.127-137 (1997-3)
- (4) Y. Arai: "The Development of Ship Handling Simulator and its Utilities", *NAVIGATION*, Vol.150, No.12, pp.5-15 (2001-12) (in Japanese)
新井康夫：「操船シミュレータの発達とその活用」，日本航海学会誌，105，12，pp.5-15 (2001-12)
- (5) Y. Miyoshi: "A Few Comments on the Maritime Cybernetics", *Review of Kobe University of Mercantile Marine, Part I, Studies in Humanities and Social Sciences*, No.40, pp.48-58 (1991-7) (in Japanese)
三好雄一：「商船学に関する若干の考察」，神戸商船大学紀要，第一類（文科論集），40，pp.48-58 (1991-7)

- (6) Y. Miyoshi: "A Few Comments on the Maritime Cybernetics (3)", *Review of Kobe University of Mercantile Marine, Part I, Studies in Humanities and Social Sciences*, No.44, pp.55-70 (1995-7) (in Japanese)
三好雄一：「商船学に関する若干の考察 (3)」，神戸商船大学紀要，第一類（文科論集），44，pp.55-70 (1995-7)
- (7) 村井康二・三好雄一・井川晶裕・林 祐司・井口征士：「実船とシミュレータ操船における操船者の眼球運動に関する一考察」，平成 13 年度日本人間工学会関西支部大会講演論文集，pp.181-184 (2001)
- (8) K. Murai, Y. Hayashi, and N. Wakabayashi: "Analysis of Heart Rate variability of Navigator at in/from ports by Wavelet Transform", *Proc. of 2001 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing*, Vol.2, pp.681-685 (2001-8)
- (9) K. Murai, Y. Hayashi, and Y. Yano: "Navigator's Stress Level for Ship Handling by Actual Ships and Ship's Bridge Simulators", *Proc. of the 16th Symposium on Biological and Physiological Engineering*, pp.253-256 (2001-8) (in Japanese)
村井康二・林 祐司・矢野吉治：「実船とシミュレータ操船における操船者の緊張度」，計測自動制御学会第 16 回生体生理工学シンポジウム論文集，pp.253-256 (2001-8)
- (10) 高橋源太：「航海視覚情報収集に関する基礎研究」，平成 8 年神戸商船大修士論文
- (11) K. Kato, S. Shigeta, T. Kobayashi, Y. Murayama, H. Kobayashi, M. Endo, Y. Sakaguchi, and S. Ichihara: "A Study on Seafarers' Work-load -II-", *Journal of JIN*, Vol.96, pp.167-173 (1997-3) (in Japanese)
加藤和彦・重田茂夫・小林敏夫・村山義夫・小林弘明・遠藤 真・阪口泰弘・市原 真：「船員のワークロードに関する研究-II」，日本航海学会論文集，96，pp.167-173 (1997-3)
- (12) H. Kobayashi and S. Senda: "A Study on the Measurement of Human Mental Work-load in Ship Handling Using SNS Value", *Journal of JIN*, Vol.98, pp.247-255 (1998-3) (in Japanese)
小林弘明・仙田晶一：「心拍変動データによる操船者の知的負担の研究」，日本航海学会論文集，Vol.98，pp.247-255 (1998-3)
- (13) S. Akselrod, D. Gordon, F. Andrew Ubel, D.C. Shannon, A. Clifford Barger, and R.J. Cohen: "Power Spectrum Analysis of Heart Rate Fluctuation", *Science*, Vol.213, 10, pp.220-222 (1981-7)
- (14) Sayers: "Analysis of Heart Rate Variability", *Ergonomics*, Vol.16, No.1, pp.17-32 (1973)
- (15) M. Malik: "Heart Rate Variability", *Circulation*, Vol.93, No.5, pp.1043-1065 (1996-3)

村井康二（正員）1969年生。1992年神戸商船大学商船学部航海学科卒業。1993年神戸商船大学乗船実習科航海課程修了。神戸商船大学研究生。1995年神戸商船大学大学院商船学研究科航海学専攻修了。1995年同大学助手。主として船用レーダ信号処理、操船者の生体情報処理、シミュレータに関する研究に従事。日本航海学会，米国航海学会，英国航海学会，IEEE各会員

林 祐司（正員）1978年神戸商船大学商船学部卒業。1989年神戸商船大学大学院商船学研究科航海学専攻修了。1989年同大学助手。1990年助教授。主として航海情報のデータベース化とそのシステム開発に関する研究に従事。日本航海学会，IEEE各会員。博士（工学）

三 好 雄 一 (非会員) 1963 年神戸商船大学商船学部航海学科卒業。77 年スティーブンス工科大学工学研究科海洋工学課程修了。89 年同大学教授, 現在, 神戸商船大学名誉教授。

井 口 征 士 (非会員) 1962 年大阪大学工学部電気工学科卒業。64 年同大学院修士課程修了。65 年同大学基礎工学部助手, 69 年助教授, 1984 年教授, 2003 年広島国際大学教授。パターン計測, 画像処理, 感性情報処理の研究に従事。電子情報通信学会, 計測自動制御学会, システム制御情報学会, IEEE Computer Society 各会員。工学博士