

Ⅱ－１ 船内作業におけるヒューマンエラーと 注意力に関する研究

第一部 船舶におけるヒューマンエラーの研究 (第3年計画 第2年度)

目次

A はじめに	117
B 船内作業のヒューマンエラー研究の課題	
1. 困難な操船作業とヒューマンエラー	117
2. 心身機能の低下とヒューマンエラー	118
3. リスク評価と安全対策	119
4. 安全化の取り組み	119
C 操船現場の心身負担	
1. 調査方法	120
2. 調査結果	120
D 操船作業の技能と心身状態	
1. 実験の目的	123
2. 実験方法	123
3. 予備実験結果	124
4. 本実験結果	125
E 船舶事故の分析方法	
1. 事故分析法の発達の必要性	130
2. 既存資料の一段進めた分析法	131
3. 分析結果	132
4. 既存事故データ分析の限界と 事故調査のあり方	133
F 安全化対策	134

A はじめに

見張り不十分や航法不遵守などの人的原因による海難が多いことから、ISMコードの整備、STCW条約の見直し、疲労や緊張による当直能力の低下の防止、インテグレートッド・ナビゲーション・システム(IN S)開発等による当直支援、乗組員のコミュ

ニケーションを中心としたブリッジ・リソース・マネジメント(BRM)などによるヒューマンエラー防止が期待されている。

「見張り作業」は、海上とその近辺に雑多に存在する目標や障害物を認知して、状況に応じた判断をして行動するといった作業が並行して連続的に行われる。「見張り不十分」は、人が期待される役割に沿わなかったとみなされる場合である。失敗したときは、当直者の基本的役割の成否に重点が置かれ、それに介在する問題はなおざりにされがちである。再発防止策を具体化するには、作業の内容や環境など作業者と関係するあらゆる問題に目を向ける必要がある。

そこで、ヒューマンエラーの発生と当直者自身及び当直者と設備・環境・他の乗組員の関係について、特に、単調な航海における監視作業での注意力低下、船体制御が困難な船や輻輳海域での緊張などによるエラーの危険性について検討した。

B 船内作業のヒューマンエラー研究の課題

1. 困難な操船作業とヒューマンエラー

人は、緊張や興奮したときに、通常処理できる操作ができない確率が高くなる(橋本、1984)。安全を確保するには、過緊張とならない適度の意識レベルで、ある程度

余裕を持って行われる必要がある。そのために、作業者の心身状態を作業課題や環境条件あるいは作業者の能力との関係で把握し、適正な意識水準を維持する工夫が重要である。

操船シミュレータにおける航路操船では、変針点付近での精神緊張、困難な場合の操縦の正確さの低下がみられ、船舶が輻輳している狭水道での操船では、一時的に接近船が2隻以上になるときに精神的緊張が高まっていた。現場調査では、不熟練者が2隻の行き会い船と2隻の追い越し船の状態では避航が困難になったときに極度の緊張がみられた(村山、1997)。現場の当直者の海難のヒヤリ経験を調べた結果、視界不良が約3割、輻輳海域での経験が5割強(重複回答)を占めていた(村山、1997)。

したがって、緊張する場面でのヒューマンエラーの発生状況、環境との関係、発生頻度、ストレスの程度との関係を明らかにして、事故予防につながる検討を行う必要がある。その場合、現場では作業の条件を操作して検討する訳にはいかないし、ミスに至る状況を観察することも不可能であるから、操船シミュレータによって多様な条件での実験研究が必要である。同時に現場で心身状態を測定して、実際の環境状態を観測することも必要である。

また、操船者は大きな船体の各部の情報や並行する作業の情報を一人で把握することは困難で、他とのコミュニケーションによって情報を収集する必要があるが、その場合には発信者と受信者の双方が十分に訓練され、相互の意志疎通が円滑であること

が前提になる。コミュニケーションでは人の環境認知、権威、表現能力、人間関係などが影響し、必ずしもうまくいくとは限らず、人間関係のトラブル、指示や報告のミスや欠落などで、実際に事故につながったケースも指摘されている。このような問題も作業困難さへの対処の課題として、実際の状況を把握して適正なあり方を探る必要がある。

2. 心身機能の低下とヒューマンエラー

一定の技能レベルが認定された当直者でも過誤を起こすことは、当直者が常に一定の能力を発揮し得るとは限らないことを示している。操作の信頼性は操作者の意識レベルに依存しており、興奮した意識水準でも、ぼんやりした低意識水準でも信頼性は低下する(橋本、1984)。

船内就労の特徴は、遠隔地を長期航海するために夜勤を含む交代勤務であることと仕事の場で生活をすることである。当直制によって、一定水準以上の当直能力を維持しようとしているが、当直者の心身機能は1日のリズムにしたがって深夜と早朝には低下しており、時刻別海難発生件数の推移がこれと一致していた(Murayama、1995)。内航船では、荷役が昼に行われることが多く、昼の仮眠が少なくなったり、運航の状況に応じて勤務時間が大きくばらついたりするために、最も影響を受けやすい深夜と早朝の当直者は疲労や眠気の自覚も強い。船内生活を始めて1週間以内および1ヵ月以上継続した乗組員の蓄積疲労徴候が多くなることも明らかであった(村山、1998)。このように、生理的リズムに睡眠や就労の影

響が重なって起こる心身機能の低下とエラーとの関係を明らかにする必要がある。

実際の船橋航海当直では、危険な他船と遭遇することがほとんどない単調な監視作業時間が長い。そして危険な場面になることがあったとしても徐々に危険な状態になる。したがって、精神的な刺激が乏しい中での単調な監視作業が長時間続くのが見張り作業の特徴である。現場の当直者の心拍数は当直開始から遞減し、当直の終期には安静状態のレベルに至ることが多く、睡眠中のレベルまで低下することさえあった(村山、1996-1997)。居眠り海難を分析した結果、長時間勤務、疲労、睡眠不足など身体的負荷がなくとも居眠りが発生しており、長時間の無刺激、夜間、緊張の後の単調さなど低いストレス状態も居眠り海難では問題である(村山、1995)。単調作業の心身機能の低下については、瓶の検査作業、打鍵作業などで作業能が測定されているが、操船では行われていない。操船作業は認知と判断の精神作業であり、これらの作業と性格が異なるので、影響の現れ方が違う可能性がある。実験および現場での作業成績そのものや副次作業などの作業能測定から、覚醒水準の推移と過誤との関係を求める必要がある。

3. リスク評価と安全対策

かつてトラック輸送では過労による事故や過積載が問題となり、安全管理規定にもとづく運行管理が行われるようになった(野沢・小木、1980)。船舶でも少数乗組員での長時間航海や頻繁な航海、時間を節約する無謀な航海、荒天航海、「入れ出し」

といわれる一日で積み荷役と揚げ荷役を行うことが連続した過重労働による事故が予想されるので、適正な運航管理と労務管理が望まれる。一方、海上では多様な経済活動が行われており、大小さまざまな船舶や漁具がある。それぞれの目的が違うために利害が一致せずに航行を阻害することも多いので、航行環境の整備も望まれる。その場合、対策が一方の利益に偏ることは社会的コンセンサスを得られないので、それを調整するには状況を明確にする客観的情報が必要であり、対策の実現性や効果などを見積もっておく必要がある。

それには、事故による被害を予想してリスクを少なくする経済的方法が求められる。そのためにリスク評価が必要である。例えば油がどれほど流出するかは同じ事故によっても異なるように、被害推定はかなり困難である、と同時にリスクを明らかにすることによって経済活動を抑圧することにもなりかねない。したがって、リスク管理の方法を明らかにした上でリスク評価を行う必要がある。すなわち、事故要因を抽出し、その危険度レベルを発生頻度と損害への影響程度によってリスクを評価すると同時に、その対策を考え、実行困難度、効果が現れる期間、費用からリスク管理方法の優先度を求める必要がある。

4. 安全化の取り組み

船舶システムは、大型化と同時に航海計器、機関制御機、荷役設備など諸設備の発達も著しい。しかしそれは、ある設定状態を維持する機能であり、その状態の変更や異常時の対処は、ほとんど人が行っている。

操船者はまず船位を把握しなければならない。それにはGPSも利用されるが、依然としてコンパスとレーダーによる地文航法が主である。このように船内の作業は、古い技術を基礎に新しい技術が補足するといった状況であり、新旧混在の技術であるといえる。一方、船型は大型化と多様化が進んでおり、操縦は著しく難しくなっている。しかしこのような技術環境の変化に対して、航海支援装置の変化はわずかであった。したがって船員は、古い技能に磨きをかけて、微妙な操船をこなさざるをえない。

最近、GPSと電子海図などの航海計器、ジョイスティックコントローラなどの操縦設備が発達し、旧来の技能にこのような新しい設備を活用する技能の修得が要請されてきている。しかし、この技術革新は普及しておらず、その機能も発達途上にあるために、機能が頻繁に変更されたり、情報が部分的に欠落していたり、更新が遅れていたりするケースが多い。また、多機能を限られた機器に組み込むために操作が煩雑になりがちである。したがって、新技術の修得方法、新技術の標準化とインターフェースの簡略化が強く望まれている。

かつて、衛星通信と公衆通信網を利用したコンピュータネットワークによる情報支援を予想した研究が行われたが（小石、1990）、その後のインターネットの普及で現実味を帯びてきている。船舶が航海情報を得ることはもとより、他船の状況を知ったり、相互にコミュニケーションを行える状況はそう遠い将来ではないと考えられる（遠藤、1999）。その場合に、操船者がど

のような情報を必要としているかなどについて知る必要がある。ただしこの場合、未知のシステムであることから、現場での情報活用の分析を通じて創出する必要がある。

C 操船現場の心身負担

1. 調査方法

最近フェリーや専用船の大型化と高速化によって、スケジュールの短縮と安定化が進められている。一方周辺海域には従来型の内航船や漁船が多く存在している。そのような輻輳海域での操船状況の現場調査を、阪神と大分の間を25ノットで航海する大型船を対象に実施した。運航乗組員は甲板部7名、機関部4名である。復航は往航と別の同型船について行った。調査内容は、航行環境観察記録、操船者の心拍数記録である。

2. 調査結果

a. 運航全体での心身機能の変化

調査対象船の往航は夕方に神戸港を出港、夜間に今治港に寄港、翌早朝に大分港に入港した。当直体制は、16～20時が三等航海士、20～24時が一等航海士、0～04時が二等航海士、04～08時が三等航海士であり、復航は、夕方に大分港を出港し、夜間に松山港、深夜に今治港に寄港し、早朝に神戸港に入港した、当直は16～20時が二等航海士、20～24時が一等航海士、0～04時が三等航海士、04～08時が二等航海士である。これらの間に、明石海峡、備讃瀬戸航路、来島海峡、神戸、今治、大分、松山では船長が操船する。

14時間の航海当直を3人の航海士で分担し、他に出入港と荷役が約3時間ある。睡眠は当直の間と入港後沖出しの8時間にとられる。時間帯が安定して7時間以上とられており、自由な時間は4時間前後である。勤務は当直と荷役がほぼ同じで合計8時間であり、夜航海のパターンを繰り返している。

(1) 往航

船長は、夕方の出港から明石海峡を出るまでと備讃瀬戸航路、来島海峡の間、および各港の出入港時に操船を行った。この間の心拍数の推移は図1のとおりである。太線部は作業観察時間帯である。休息・睡眠中は約50拍/分であり、操船時に15拍/分程度上昇する。観察記録がある時間帯で、特に10拍/分ほど上昇したのは、入港時と輻輳海域での追い越しで他船に接近した時期であった。

三等航海士が船橋にあったのは、神戸出港後、備讃瀬戸までの間と出入港時の副直である。休息・睡眠中は50～60拍/分であり、当直中の心拍数は約20拍/分高いが、全体を通じてわずかずつ逡減している。なかで、観察記録がなく状況は不明であるが、2度の上昇が認められる。休息・睡眠中の午前4時頃に上昇しており、単調な睡眠でなかったことが伺える。

(2) 復航

復航は、大分を夕方にし、松山、今治に寄港して翌早朝に神戸に入港する。松山の寄港と航海当直が一等航海士から始まる点で往航と異なる。この間の船長、二等航海士、三等航海士の心拍数推移は図2の

とおりであった。

船長は、休息・睡眠で60拍/分程度である。休息・睡眠中は安定して低い50拍/分であるが、夜間の松山港、来島海峡、今治港では著しく上昇している。特に今治入港時は、来島海峡からの強潮流と強風に押される状況での入港操船のため、二度、「舵効がなくなったら知らせ」と指示していた状況では100拍/分を越える上昇がみとめられた。

一等航海士は、大分出航後松山まで当直にあたり、松山出港後休息をしている。休息中は70～80拍/分であり、当直中は100拍/分を越え、この間に4度ほど一時的上昇が見られたが、全体として逡減傾向にある。この海域は出会う船舶は少ないが、強風のうねりが大きかった。

三等航海士は、松山港を入出港作業から備讃瀬戸通過まで当直を継続した。休息・睡眠時には逡減して入港作業のために起床して急上昇する。睡眠が深まる中での目覚めている様子がかがえる。当直中の極端な上昇はないが、当直経過に伴う逡減がなく、逆に備讃瀬戸に至って漸増して約80拍/分になっている。

b. 操船困難状況の聞き取りと観察

観察期間中に、心拍数の上昇から、往航ではやや負担が増したのは3回、復航では顕著な負担が1回あった。その状況の観察メモと聞き取りを行った。最も負担が大きかったのは、図3に示すように、来島海峡を南行して航路を出て今治に向かうときであった。斜めからの追い風で約8ノットの「つれ潮」で、かなりの対地速力でも舵が

効かなくなる状況であり、減速と共に心拍数は上昇した。タグラインを取ると同時に低下しており、その重要さが明らかである。来島海峡では、多くの船舶が強潮流と「湧

い潮」を避けて微妙な針路を取ることから、航路設定には多角的な視点が必要との指摘が船長から聞かれた。

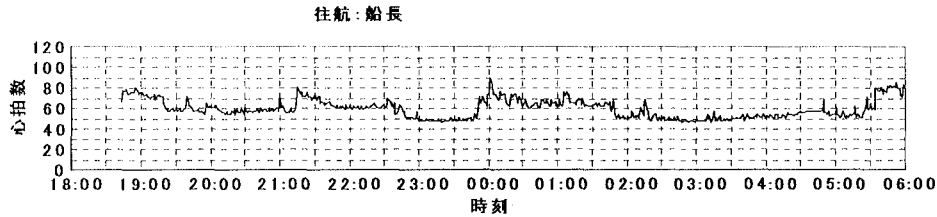


図1 往航時の船長の心拍数推移

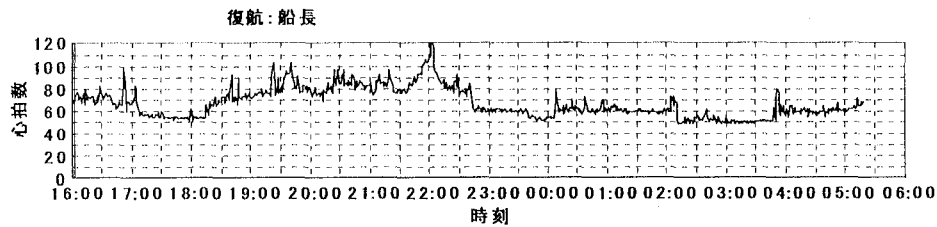
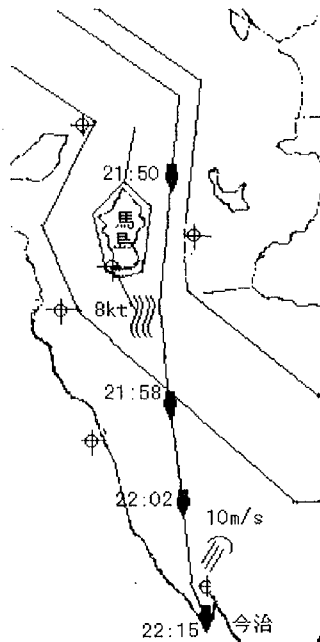


図2 復航時の船長の心拍数推移



- 21:35 ブイ通過、針路84度、南流8、9ノット
- 21:40 針路124度、同航船1隻、0.3マイル、今治へ30分前、強潮流表示
- 21:41 今治状況連絡受ける、ENE7m、最大10m
- 21:42 一航士にアンカーS/B、1シャックルウォークバック指示
- 21:50 針路173度、ピッチ1.15度
- 21:51 左漁船2隻航過、0.5マイル
- 21:53 橋下通過、針路180度、周囲船舶無し
- 21:54 舵効かなくなったら知らすよう指示
- 21:55 針路180度、S/BEng
- 21:58 Slow down、舵効かなくなったら知らすよう再度指示
- 21:59 針路180度、DS Down
- 22:02 左前0.3マイル出港船、離島航路2隻出会い
- 22:06 タグラインとる、スラスト準備
- 22:08 バウスラスト指示、聞き間違い注意
- 22:09 タグ引く
- 22:13 着岸操船、入り船

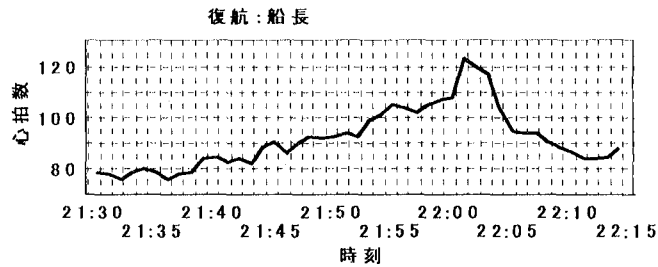


図3 負担が大きかったときの状況

D 操船作業の技能と心身状態

1. 実験の目的

操船に必要な能力は実務と知識から経験的に蓄積されており、操船者が十分かどうかの判断は現場の管理者に負うところが大い。そこで、操船シミュレータを用いた訓練による技能の向上と技能評価が求められている。そのために、操船技術を分解して段階的に訓練する方法(小林、1997)、訓練結果を要素技術毎の成績で評価する方法(小林、1997)、主観的評価を含む操船環境ストレスの軽減程度を評価する方法(井上、1998)が提唱された。

負荷(作業の困難さ等)や負担(作業による影響)の程度を二重課題法の作業成績やそのときの主観評価、生理反応で知る方法が広く行われている。それは、主作業(航海当直では操船)だけではそれに費やす情報処理資源を推定する出力を得られないために、別の作業課題との組み合わせで調べる方法である。この場合、主作業と副次作業とが同種の処理資源を並行して働かせる課題でなければならない。当面、主作業が極端に難しい場合の失敗、あるいはその作業での精神的緊張から安全のための余裕を

推し量ることが有効と考えられる。そこでまず、最も基本的な操船における負担とエラー発生メカニズムを検討するため、船舶操縦作業課題に対する作業成績と心身反応を調べることにした。

2. 実験方法

a. 実験課題、被験者、測定

実験の操船作業は、パソコン(NEC9821val uesterNS)のモニター(SONY:CPD-17MS)の全面に基準線と格子を配置したリーダー画面状の画面上で、進行ベクトル(長さ:角度)を付加した船のマークを操舵によって制御し、基準様の下端から、縦列のブイを縫って通過して上端に達するスラローム訓練、1マイル毎に40度変針する幅0.2マイルの航路内のトラッキング作業とした。船舶は、コンテナ船(全長350m)の操縦性能(操縦性指数:T=0.079、K=231)で15ノット相当で移動する。操舵は画面下に配した舵角指示カーソルの左右をクリックすることによって5度ずつ変更できる。

被験者は、商紙大学学生8名で、3名と5名の群に分けた。3名の群は予備実験、5名の群は本実験とした。作業中は被験者の心拍間隔を記録し、航跡と操舵の記録をデータ

ファイルに入力した。昨年度と同様に（村山、1998）、作業後に作業負担、疲労（疲労しらべ：産業衛生学会）、眠気（KSS：石原）の自覚の記入をした。作業後に航跡を出力して障害域への滞在時間などを求め、瞬時心拍数、各種の自覚評価結果を群別に集計した。

b. 実験手続き

実験システムの取り扱い法と操縦性能に関する説明を行い、舵角10、20、30度で旋回圏、回頭惰力をうち消す当て舵を体験させた。その間に①大舵角での回頭遅れ、②進出距離、③反転最大舵角での回頭遅れ、④舵中央後の回頭惰力を、航跡を見ながら説明し、⑤早めの転舵の必要性、⑥あて舵による回頭惰力の抑制の必要性を説明した

表1 実験についての説明内容

(1) 実験内容
a) 操船技術理解のための旋回試行
b) 習熟実験
・操縦性訓練：直線上0.5マイル間隔のをスラローム
・ジグザグ航路操船訓練：1マイル間隔40度変針
c) 持続作業実験
・広水域(10分)、ジグザグ航路(20分)連続9回
d) 提示情報
航路、方位、距離、針路、回頭速度、舵角、時刻
(2) 条件
a) 被験者：操船予備知識無い大学生、男子3名・女子2名
b) 時刻：12:45～18:30
c) 場所：海上労研
e) 謝礼：1,000円/時、成功で200円報償、失敗で減額
(3) 測定項目
a) 作業成績：航跡、操舵量、
a) 自己評価：成功・失敗原因、改善目標
c) 生理反応：R-R、脈波、呼吸
d) 主観評価：疲労、KSS、疲労スケール、作業負担

作業上の条件は、ブイおよび航路境に触れないことを条件に、作業の動機づけとして、成功した場合には報酬に1時間報酬額の1/2を加え、逆に失敗に対しては1/4だけ減額することとした。ただし、基本の報酬を下回ることはしないこととした。スラロームと航路の訓練では3～4時間に4、5回2人が交互に実施した。最後に一人が4時間、10分間の無制約航海を挟んで8回の航路操船を繰り返した。

3. 予備実験結果

a. 訓練操船の結果

予備実験で、航路操船時の操縦特性として、操舵量と操舵頻度を乗じた値、負担反応評価値として、心拍基準レベルを越える頻度とした。

操舵は変針点を挟んだ時期に大きい。航路を正確にたどる被験者Aでは、操舵パターンにまとまりがあり、操舵量が小さい。一方、不正確な被験者は、その反対である上に、次第に操舵量が増して、回頭惰力の制御に苦労している様子がみられる。

高心拍数レベルは、航路に入るとき、1回目または2回目の変針点、航路を出たときの付近で発生することが多い。

b. 長時間繰り返しの変化

4時間繰り返した場合、操舵の傾向は同様であるが、高心拍数発生時期はばらつきが大きくなり、航路に入る前と通過後にやや多く、各セットの15、25分付近にわずかに多くおよび通過後に多く見られる。緊張前後のリラクセスがむしろ心拍間隔にばらつきをもたらしている可能性がある。4時間を通じた心拍数の推移をみると、時々高

頻度が見られるが、全体的に漸減しており、逆に、疲労や眠気に関する自覚は時間経過と共に漸増している。したがって、疲労に伴う心身機能の低下が指摘できる。

4. 本実験結果

a. スラローム訓練

初心者が船舶操縦を身につける過程を見るために、航跡、操舵量、および心拍の推移を図4に示す。ここで航跡は各人の結果、舵角と心拍数は全員の平均値、評価は各人（細線）と合計（太線）であらわした。航跡は次第に後半のずれが小さくなる。理由は、操舵量が小さく短時間の切り替えが多くなるためである。心拍数は変動しているが、上昇時期は明確でない。第1回は漸増、2回は全体に高く、3回は漸減していた。

各訓練で、失敗だと感じた時点の数と成功と感じた数の推移は、前者は一人あたり2回目には約1回、3回目には0.5回減少し、成功は2回目で0.5回増えて最後はあまり変わらない。両者の差は全体で、-7、1、3回である。ただし負は失敗の方が多いことを示す。

b. 航路操船の訓練

航路操船の訓練時の航跡（各人）、舵角と心拍数（全員の平均値）、評価（各人は細線、合計は太線）は図5のとおりであった。航路からのずれは、各回とも同様であるが、操舵は1回目は舵角が次第に大きく、第2回は左右のタイミングのばらつきが大きく、第3回目はタイミングが一致し舵角が小さい。心拍数は第1回目が極端に高く、それ以降下がって、さらに回を重ねるほど低下している。

各訓練で、成功と感じた回数は一人あたり2回前後で、回を重ねるほど増して、全体では5回から12回に増える。失敗回数は1回前後で推移し、大きな変化はない。両者の差は-3、-3、2、4、6である。ここで負は失敗の方が多いことを示す。操船の手がかりが明確になり、その達成の増加が成功評価の増加をもたらしている。

作業の負担感は、わずかながら減少し、最後にやや上がる。心理的負担評価は個人差が大きく、回を重ねても変化がほとんどない。疲労や眠気は、間に休憩を入れているために、疲労尺度のみにわずかな増加が見られる。ここで「疲労」は「疲労しらべ」の平均訴数と「KSS調査票」の眠気得点と「覚醒度尺度」の平均値であり、主に覚醒水準を表す。「作業」は「作業負担調査」のうち、「難しさ」、「頭を使う」、「注意集中」、「操作の評価」の総数である。「心理」は同じ調査票の「時間的圧迫」、「いらいら感」、「緊張感」の総数である。

4時間連続で、間欠的に8回、航路操船を行ったときの航跡を、各回毎に5名の結果を重ねて表示すると図6のとおりである。各回とも1、2名が航路を大きく外れるケースがあった。多くの被験者がばらついたのは、3回と4回と6回であり、ばらつきが小さかったのは1回、2回、5回および7回以降であった。実験は全て13時と18時の間の4時間に実施したので14時半前後にばらつきが大きく、それ以前と終盤にはばらつきが小さかったことになる。したがって初期の緊張後の精神弛緩、食後2時間前後の心身機能低下が予想される。

全員の平均心拍数は、初期に高く緊張が見られるが、約30分以降は漸減して1時間半後には、77拍/分の安定した水準になる。2時間20分後に一時低下し、3時間からやや上昇する。作業の負担感は一時的に増大し3回目、約1時間半後に最大となり、以後低下する。心理的負担感はほとんど変化しないが、やや作業負担と似通った変化をしている。疲労と眠気はわずかずつ増加し、最

後に下がる。負担感は一時的に増大し3回目、約1時間半後に最大となり、以後低下する。心理的負担感はほとんど変化しないが、やや作業負担と似通った変化をしている。疲労と眠気はわずかずつ増加し、最

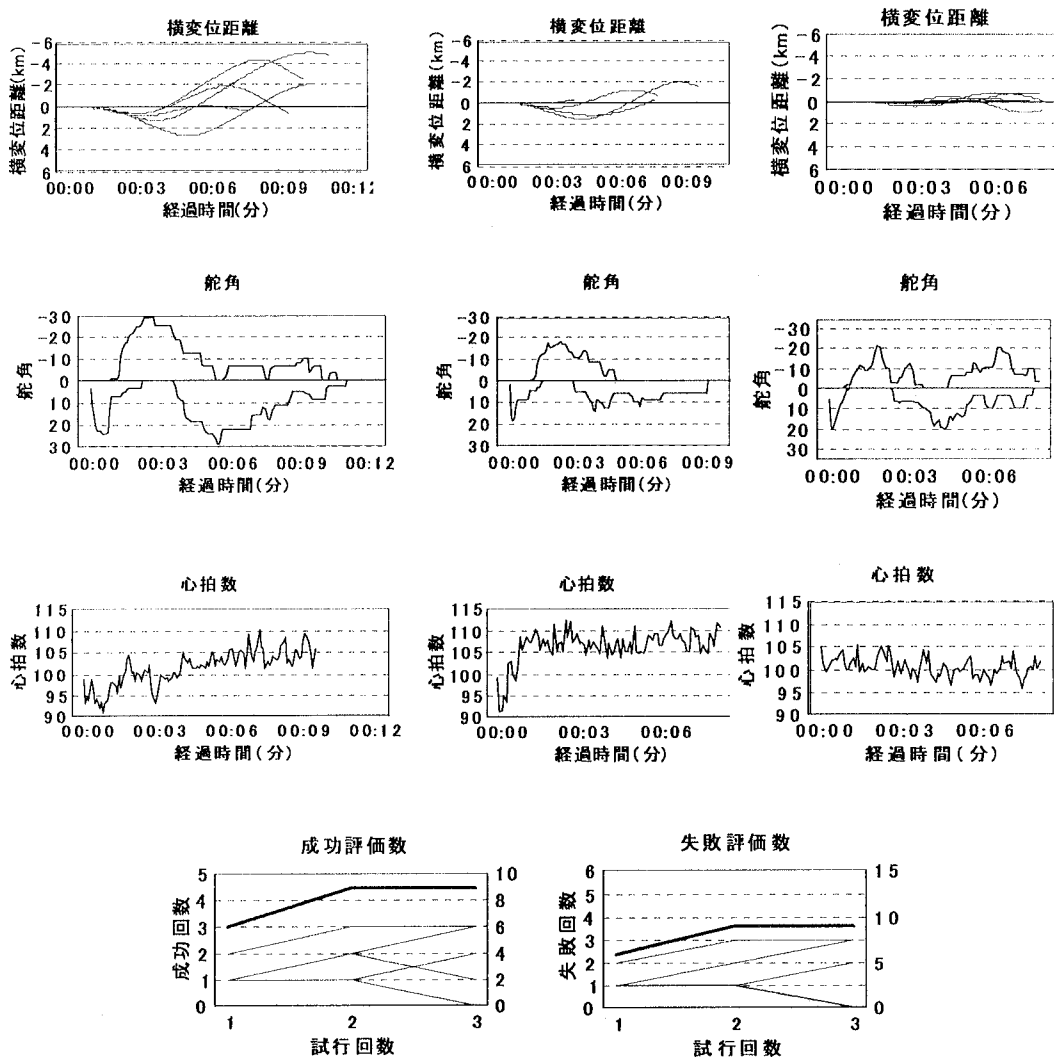
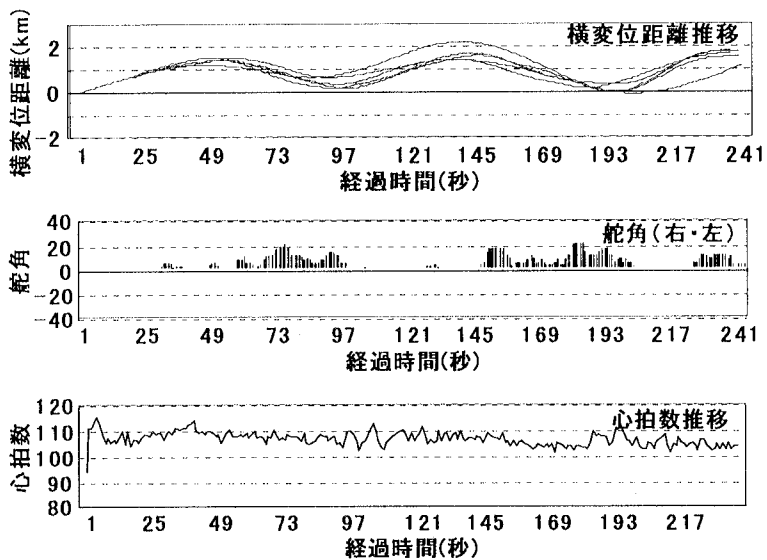
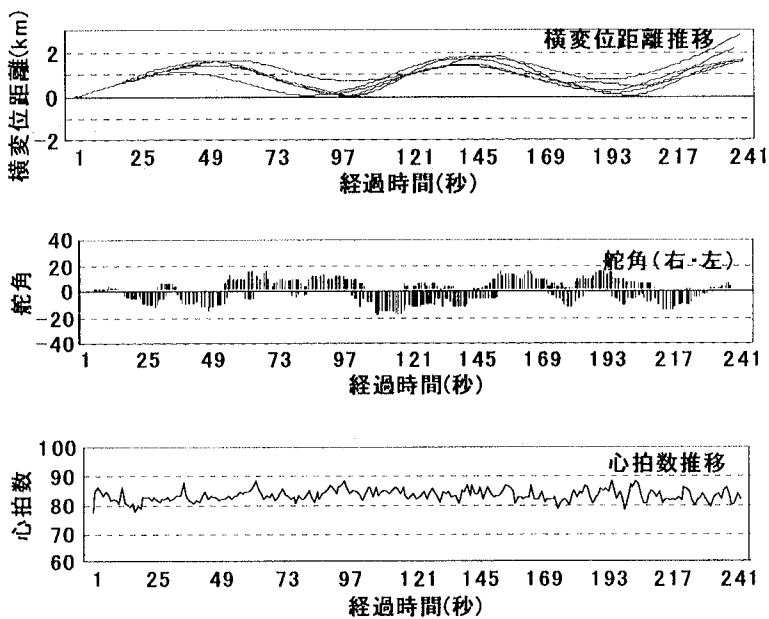


図4 スラローム訓練の上達過程

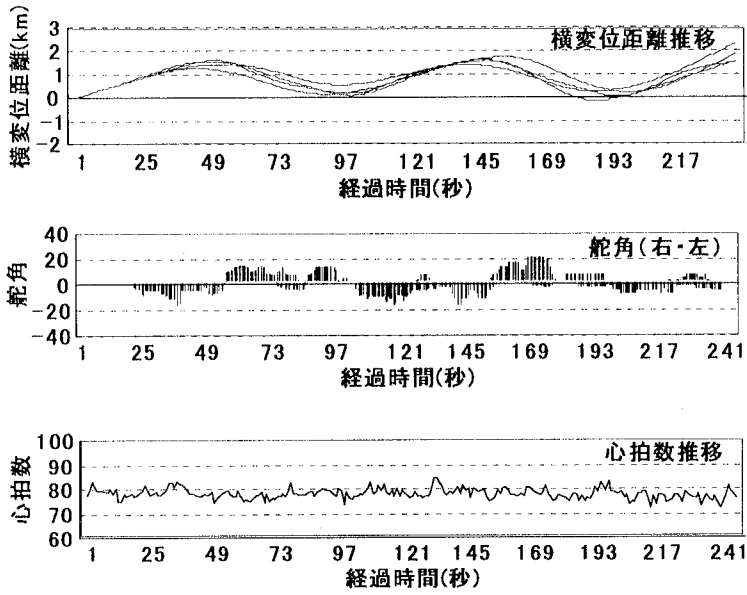
1回目



2回目



3回目



4回目

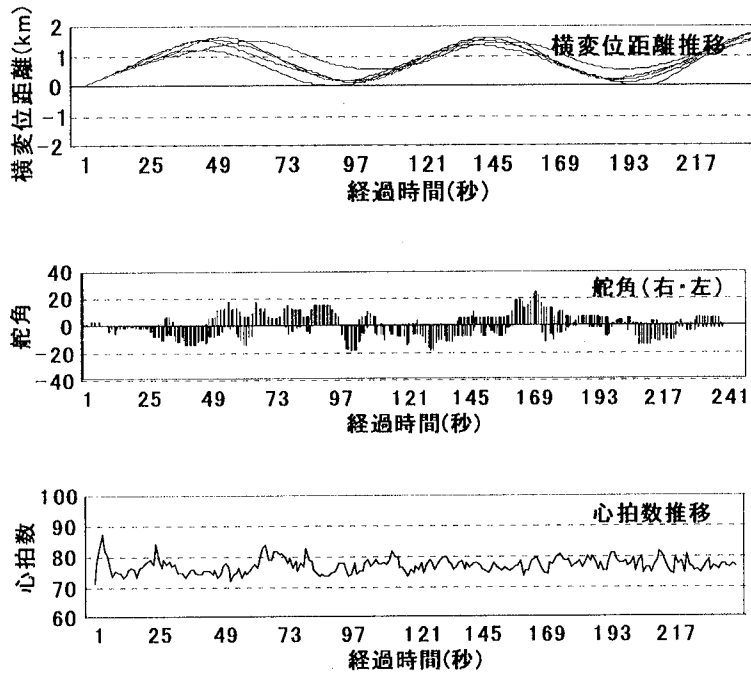


図5 航路訓練の上達過程

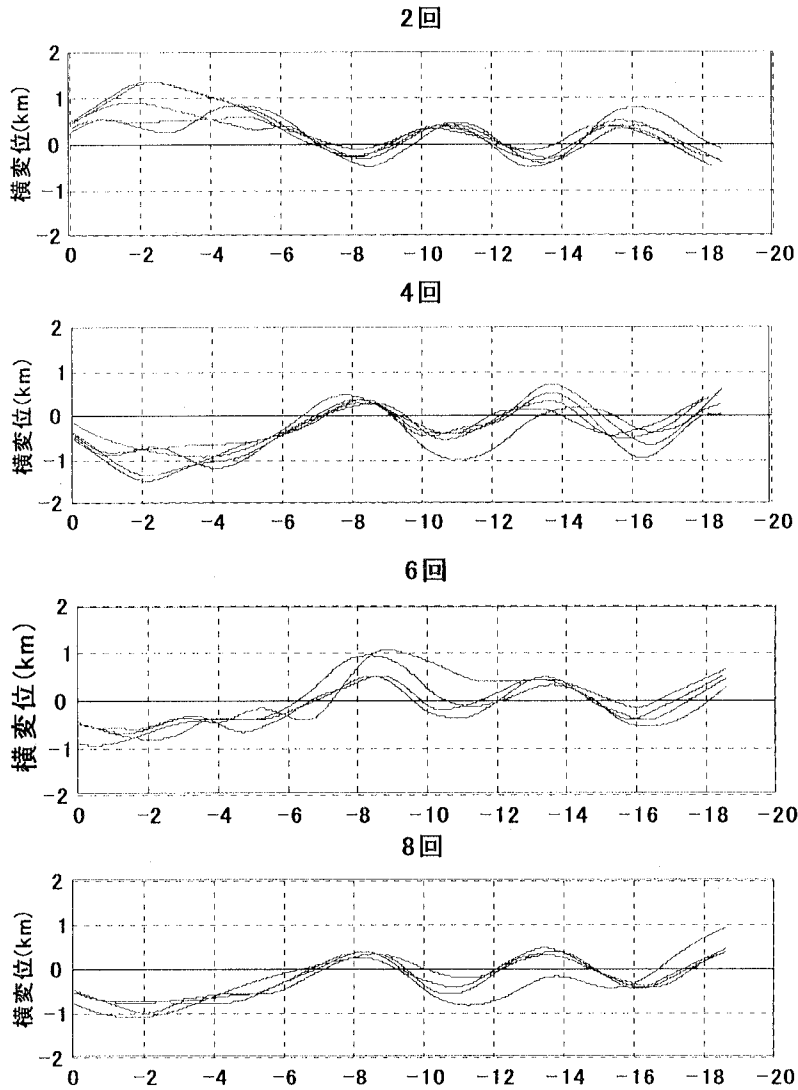


図6 長時間試行時の航跡のばらつき

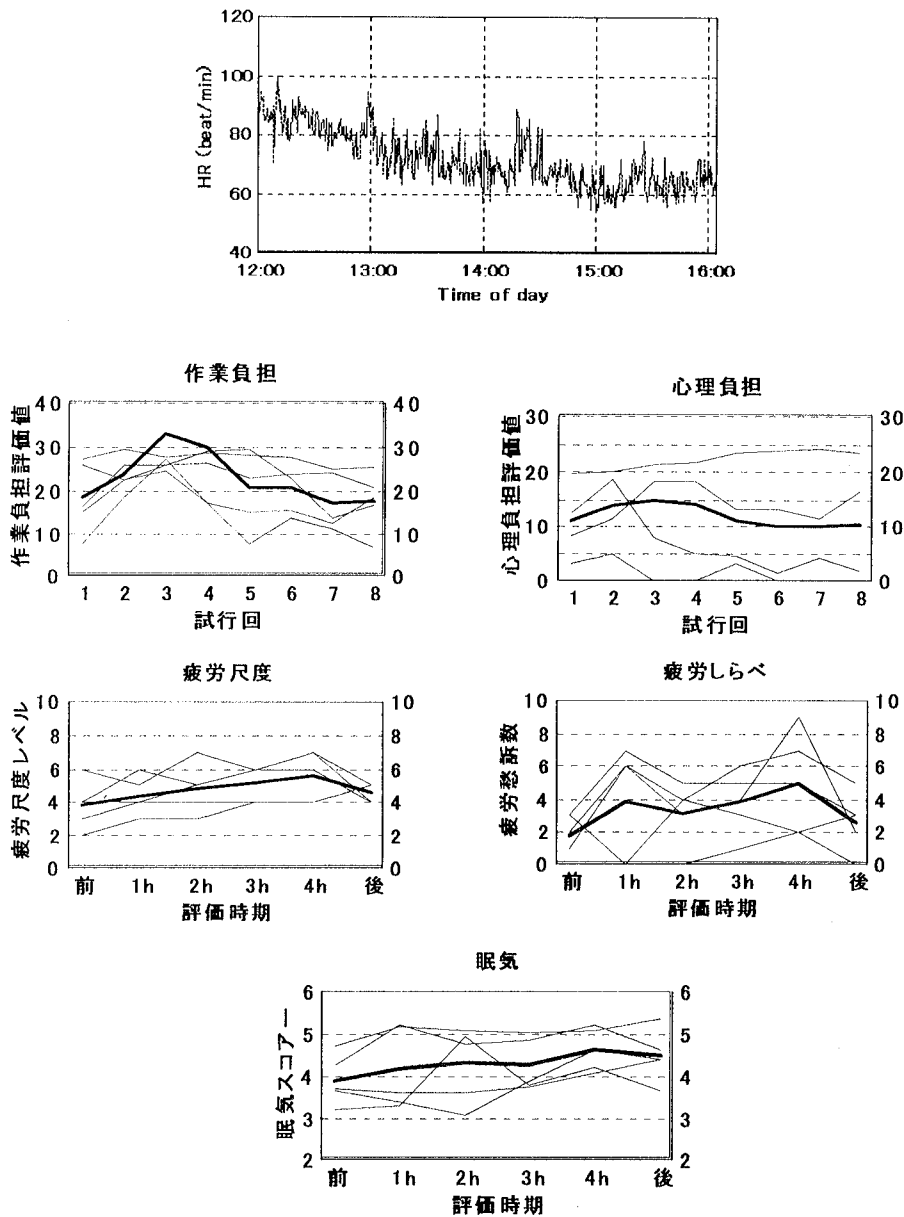


図7 長時間試行時の心拍数（被験者4名の重ね表示）と自覚の推移

E 船舶事故の分析方法

1. 事故分析法の発達の必要性

最近、事故と人的要因の関係を詳細に検討するための事故調査方法のあり方が議論されている（IMO、1998）。そこでは主

に事故調査項目の標準化やその権限について検討されているが、その調査結果を事故防止に活用する方法を明らかにしておく必要がある。

事故調査データから原因解明や事故発生

に関わる要因の寄与を知り、事故防止に役立てようとするときに、イベントツリーやフォルトツリーを構成するのが一般的であり、プラントの運転のようにシステムの制御経路が明確な場合にこのような方法がよく行われている。しかし、船舶事故の場合には、エラー要因の関係および進展する事象が並列的で多義的あり、事故の全体像を表すツリーを構成することはかなり難しい。一般には基本的統計と一次クロス集計によって、事故の起こりやすい状況、例えば単独当直で自動操舵の使用中に事故が多いなど、を示すにとどまっている（海難審判庁、1998）。事故防止の対策をするには管理し得る事故要因と対策効果を知る必要がある。それには、事故への寄与あるいは事故要因相互の関係を分析する必要がある。したがって本研究では、最も基本的な多重分割表分析で行うこととした。

人的要因に注目して船舶事故に至る過程を分類すると、危険な状況の認知、余裕ある段階での危険回避、衝突の恐れがある相手船の動静と自船の操縦性及び航海法規等に関する総合的意志決定の段階に分けられる。各段階で要求される船橋当直者のパフォーマンスは大きく異なり、それに影響する要因も違うと考えられる。そこで、まずこの段階を事故状況によって分類して要因との関連及び要因相互の関連を探る。次いで、状況分類で統制して要因間の関連をもとめ、各状況の間でその違いを比較して、状況に特有な要因関連を探る。最後に、その関連のオッズ比をもとめ、それに強く寄与する因子を抽出し、それを事故防止で重

要な要因の関係とする。

2. 既存資料の一段進めた分析法

a. 分析データ

分析資料は、海難審判庁が事故防止に活用する統計資料のために作製した1997年の1年間の事故調査データベースである。99アイテムから事故の状況、発生に関わる人的、物的、環境的、管理的要因として23アイテム抽出し、データ内容を2カテゴリーに分類した。商船の操船作業に限定するために、100総トン以上の貨物船とタンカーの衝突、単衝突、乗揚げを対象とし、事故状況から、危険認知がなかった状況、認知があつて容易な状況と複雑な状況の3つに分類した。危険認知がなかったとは視認距離が500m未満で何の動作も船の動きの変化もなかった状況、容易な状況とは視認距離が2マイル以上で余裕があつた状況、複雑な状況は両者の間の状況とした。表4はアイテムとカテゴリー分類の一覧である。

b. 分析の方法

全てのケースで危険認知の有無と要因、認知があるケースで状況の困難さと要因のクロス集計を行い、状況分類と要因との関連を求めた。認知がない、容易、困難の状況を第三の変数とみなし、この変数で統制した要因間の二次クロス集計を行い、各状況分類間で比較し、ある一つの分類でのみ関連がある場合または他に較べて強い関連がある場合、すなわち一部のカテゴリーに強い関連がみられる交互作用、をその分類に特有な要因関連とした。その基準はクロス表の関連度の有意水準（ピアソンの両側

検定： $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$) である。さらに、特有な関連があるとされた要因間のオッズ比と、要因間で外生の関係と考えられる要因のカテゴリー別に構成比求めた。その結果から、オッズ比を大きくしているカテゴリーの関係を抽出し、予防対策上で注目すべき課題とみなした。

3. 分析結果

a. 基本統計結果

分析対象である100総トン以上の商船の衝突・乗り揚げ事故を起こした人は270人であった。事故の状況は、直前まで危険認知がない場合は93人、単純な状況の場合は123人、意志決定を要したと推定できる場合が54人であった。

事故を起こしやすくするであろうとみなされるカテゴリーの発生頻度を比較すると、全対象では、半数を超えるのは、少数乗組員船、単独当直、小型船、夜間、狭い海域、高齢船員である。状況別にみると、危険認知無い場合では、他に較べて、単独当直、自動操舵、夜間が多い。容易な状況では、航海士以外の職、高齢船員が比較的多い。困難な状況では、狭い海域、少数乗組員船、第三船がある時、雨天が多い。

b. 事故要因の相関

危険認知、状況困難さ及び各要因のクロス集計の結果、有意な関連性は、危険の認知と要因の間には5対、状況困難と要因の間には4対、要因間には29対認められた。多くは、総トンと乗組員数が関係する船舶の特性、水域と自動操舵が関係する海域に依存する状況、乗組員数と在橋人数の関係、

当直者のキャリアーの相互関係など、要件や状況に制約される関係である。

基本集計では、事故調査された要因の全体の発生頻度が明らかになり、当直者に要求されるパフォーマンスが違う状況に区別すると、それぞれの状況に関わる要因が幾つかあることが分かった。しかし、危険認知無しは単独と自動操舵使用と夜間、容易な状況は高齢と航海士以外、困難な状況は狭い水域と他船の存在と雨天が多いということが分かったとしても、直接それらを管理することは難しい。

単純クロス集計では、危険認知と状況と要因間に9対、要因間には29対の関係がみとめられた。しかしこれらの傾向は、母集団の属性や環境条件の分布、例えば小型船は少数乗組員であるとか、狭い海域での当直は船長が多いなど、と関係しており、状況を説明したに過ぎず、それらをコントロールすることも難しい。

c. 事故要因関連の吟味

危険認知無い場合、容易な状況、困難な状況に分けて行った要因間のクロス集計では、有意な関連はそれぞれ10、9、4対であった。他の状況分類と較べてその有意水準が大きい場合を抽出し、行・列の合計が10ケース以下の場合、要因の関係が自明な、年齢と職務歴、職務歴と船員歴、乗組員数と在橋人数、自動操舵と水域の場合、及び船舶の傾向とみられる総トン数と年齢の関係を除くと、それぞれ5、4、3対であった。その関係を外生的関係と理解できる変数を行に、内生的関係になる変数を列にしたクロス表を、そのオッズ比と合わせて表した

結果が表5である。

多重クロス集計で、ある状況でのみ強い関連性があるとすれば、状況は交互作用する変数とみなされ、その変数で特有な影響を及ぼす要因相互の関係があると解釈できる。そこで、要因間のオッズ比を大きくする従属変数が事故要因をコントロールする目標となる。

いろいろの条件が部分的に影響して、危険認知ミスをもたらしていると考えられることから、在橋人数は多くの要因に効果があることから大分類とし、次いで自動操舵、時間帯とした高次クロス集計してみると、ここで、乗組員数は在橋人員を媒介とした疑似関係であったことから除外している。

表2 多重クロス表による要因関連

在橋人員	自動操舵	時間帯	危険認知		n
			無	有	
単独当直	不使用	夜間	43.2	56.8	37
		昼間	29.2	70.8	24
	使用	夜間	56.3	43.8	64
		昼間	41.9	58.1	31
複数当直	不使用	夜間	42.1	57.9	19
		昼間	19.0	81.0	21
	使用	夜間	20.0	80.0	5
		昼間	50.0	50.0	2

結果は表2のとおり、危険認知ない場合の比率が最も大きいのは、単独当直・自動操舵使用・夜間で56.3%、単独・不使用・夜間、複数・使用・夜間、単独・使用・昼間の三つの組み合わせが42%前後であり、後は20%程度である。したがって最大となる三条件のうち一つをなくすことは危険認知ミスを14%減じる効果がある。

4. 既存事故データ分析の限界と事故調査のあり方

今回の分析資料は公的に行われている事故調査結果のデータベースであった。データの内、人的要因の関わりを明らかにするのに活用できる項目はその約20%であった。その多くが自然と地形、当直者の職務属性、船舶と計器に関するものであり、運用については少なく、これらの項目から推定する必要があった。事故防止対策には、効果、費用、効果が現れるまでの期間を考慮する必要があるが（OSHA、1999）、今回分析対象となった項目は、直接的対策が難しく、できたとしても効果出現期間が長いと予想される。

船舶では、航行管制などサポートがほとんどなく、当直者によって制御されている。しかも周辺には様々な障害物がある。したがって、当直者と周辺の交通環境の状態を知ることができ、事故防止対策につながる要因について調査し分析することが重要である。当直者については、勤務状態と休息、心身状態、乗組員の職務分担、運航スケジュールなどが必要であり、交通環境については、交通流、相手船と周辺船舶の動静などを調査する必要がある。そして、勤務や運航の計画、職務の調整、技能向上、航行改善などに役立てる必要がある。

しかしこれらのことが実際の事故で行われるには、事故関係者のかなりの理解が必要である。比較的取り組みやすい方法は、未然事故についての調査である。この試みをした結果、実際の事故との関係が密接であったことから（山崎、1999）、上記の詳細な事故調査を行う有力な手段といえる。

F 安全化の動向

内航船(ガット船)船舶設備の改善事例

内航海運業界は組織的に「近代化」の実証研究を推進した。一方で、現場の運航者が工夫して設備を改善する動きもある。後者の例として、460総トン、全長56m、乗組員4名のガット船の乗船調査を行った。

a. 建造の背景

(1) 建造について

4年前に長男が乗船することになったので、代替船の建造に立ち会わせ、意見を採り入れた。建造では安全を重視すること、そのために造船所がよいと思うことをとり入れた。乗組員の手が掛からずに、異常に対処する必要もないように、建造費より長い目で見た保守管理の効率と信頼性を重視した。造船所に任せて金銭的なことは言わなかったが、会社設立の経緯や長い間の荷主との関係があつて、高額を要求されることはなかった。計器は開発担当者の意見を採り入れて、長男が必要と感じたものを沢山入れたと感じてとまどつたが、長男に扱いを教わり、使い出すと、それなしでは考えられないものと感じるようになった。整備はドックで徹底的に行うことを心がけ、盆正月、ゴールデンウィークなど連休で荷役がないときに、乗組員の休暇に合わせて8ヶ月間隔など短くするときもある。整備内容は、ドックが勧めることを尊重して行う。これが結果的に運航中の高い修理費のリスクをなくする。

(2) 経営について

経営が悪くなった船から下りていたとき

に、ドックの社長から、協議していた船主のガット船を所有するよう勧められて、ドックの世話で借金して購入。夫人が経理をし、船長が乗り組んで一杯船主・船主船長となった。昭和61年に、羽田で振り出し荷下ろしをまかせて失敗し、転覆させたときには、自分も食堂内に戻って一緒に沈もうかと思った。経営の見通しが全くなかった。大きな借金を抱えて、代替船を得たが、経営の危機であつた。船長はこれを乗り切った夫人の采配を感心し感謝していた。大島の建設会社はそのとき以来の荷主で大変面倒見てもらつた。会社は荷受け側であるが、運送の予定がないときには北海道に向かう仕事を手配してもらつたりした。その場合の運賃は良く、稼働率も上がるのでゆとりが出て、借金の償還の他に建造準備金にもあてることができる。

b. 快適化・安全化設備の実態

(1) 船体設備

船倉を短く、居住区を広く、ボートデッキを船尾まで広げていた。上甲板の左舷側全部に居間、食堂、厨房を一体としたダイニングキッチン型式で広さを感じる。居住区は、デパートの家具部門に頼んだために、照明などにこれまでの内航船と違う細かな工夫が見られる。厨房は大きな冷蔵庫と反対側に一列に並んだ2台のコンロと広いシンクが特徴的である。他に表向きに2部屋、後側にトイレ(ウォッシュレット付き)、洗濯室(乾燥機付き、あまり使わない)、海水をヒーターで沸かす浴槽(入り口に「黒潮温泉」の看板とのれん)がある。ボートデッキには居室4室あり、各室洗面付き、

カーペット敷きで広い。ブリッジはせり出したウイング式で、右後方にトイレがあり、トイレはほとんど全面の視界が保てるようにドアと外向きの面に広い窓がある。ブリッジ前面に計器盤を配置し、その手前の床面を約25cm高くして計器が視界を妨げないようにしており、フローリングで床暖房がある。ブリッジの前面は全て偏光ガラスである。各フロアとも天井高さが230cmで圧迫感がない。AC14アンカーで錨かきがよい。推進機はPCCプロペラ、船尾整流ガード（縦、水平）を施し、流れをよくしている。シリング舵で2ノット以下でも舵効がある。

(2) 操縦設備

船首スラスト推力2ト、オートパイロットはトラッキング、音声警報・報知装置付属、左にエコー表示レーダ、その左にARPA（エコー表示）。その下にレーダー映像船舶テレビ放送装置が設置され、居室、食堂、機関室に放映装置に流される。右に機関室監視テレビがある。中央後部に海図プロッターがある。その右に機関モニターと記録器があり、その上に海事警報受信機（NAVTECH）がある。

レーダー映像モニターは有用である。その理由は、他の人が危険を察知したり、操船者の評価ができる。音声情報で注意が喚起されことや、オートトラッキングで変針の手間を省いたり、航路からの逸脱が分かるので重宝している。これらの操縦設備で操船者の主作業は装置の稼働状態のモニターとなり、人間はダブルチェックを担う状態になっていると意識している。

参考文献

- 海難審判庁：海難審判の現況、海難審判庁、1997
- 小石泰道、村山義夫、他：海上労働に関する通信情報化についての方法の開発、海上労研、昭和63年、平成元年
- 小林弘明他：操紙シミュレーションによる教育訓練の評価手法に関する研究、航海学会論文集、98、1998
- 野沢 浩、小木和孝福；自動車運転労働、労働科学研究所、1980
- 橋本邦衛：安全人間工学、中央労働災害防止協会、1984
- 村山義夫、他：居眠り海難の分析－I－居眠り要因分析－、航海学会論文集、87、1992
- 村山義夫、加藤和彦：船員のワークロードに関する調査研究（第1, 2, 3年度）－海上労研、1995、1996、1997
- 村山義夫、他：未然事故調査試行結果について、航海学会論文集、98、1998
- 村山義夫、他：船内作業におけるヒューマンエラーと注意力に関する研究（第1年度）－海上労研、1998
- Colquhoun, W. P. et al.: Work at Sea: a Study of Sleep, and of Circadian Rhythms in Physiological and Psychological functions, in Watchkeepers on Merchant Vessels, Int. Arch. Occup. Environ. Health, 1988
- IMO: Code for the Investigation of Marine Casualties and Incidents, Resolution A. 849(20), 1997
- Murayama, Y., et al.: The Relationship between the number of Casualties and reduction of Watchkeeper's Physiological and Psychological Functions, Proc. Int. Symposium on Human Factors on Board, (Bremen), 1995
- (本稿は「船内作業におけるヒューマンエラーと注意力に関する研究（第2年度）：第一部 船舶におけるヒューマンエラーの研究」執筆担当：村山義夫の要約である。)