

Ⅲ-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 (3年計画、第1年度)

目次

A	はじめに	33
B	ヒューマンエラーに関連する諸問題	
1.	当直者	34
2.	船内集団	34
3.	船舶設備	35
4.	作業環境	35
5.	マネジメント	36
C	予備調査による課題の抽出	
1.	高速船の研究課題	36
2.	内航船の研究課題	39
3.	予備実験による心身状態と作業能	44

A はじめに

一般にヒューマンエラーは、人が普段行っていることに異常があったときの事故で指摘されるようである。ヒューマンエラーは「課せられた機能を人間が果たさないために生じるもので、その人間を含むシステムの機能を劣化させたり、その可能性があるもの」と定義されている(林、1981)。それは、なすべきことを怠ったか誤って行ったという事でミス(過誤)といわれることが多い。しかしなぜこうなったかを考えると多くの事情がある。それを省みることなく、単にミスを難じるだけでは再発防止にはならない。

海難審判庁による事故原因の分析では「見張り不十分」とされる件数が3割を越え、「航法違反」の1割強などを加えた人的原因は8割ほどになっている(海難審判庁、1997)。「航法違反」や「見張り不十分」のなかには認知や判断ミスなどがあり、多くの事故が困難な状況への対応が不十分であったり、通常の任務を怠ったためにおこっている。当直者は教育歴、経験、知識から運航上必要な技能を身につけているはずであるが、その技能では対処しきれないほど作業課題や環境が困難であったか、あるいはその技能を發揮できる心身状態でなかったために発生したと考えられる。

したがって当直者の過誤を検討する場合には大きく分けて三つの問題がある。一つには当直者の能力が適正か、二つには所定の能力で処理できる状況か、三つには能力が十分に發揮できる心身状態かどうかである。第一の問題は主に教育訓練の問題であり、教育機関、訓練機関または各船会社がSTCW条約やISMコードの元に適正化が進められている。他の二つの側面は、人の過誤との関係を見出しにくく、海難審判でも取り上げられることが少ない。

人の心身特性から、過誤は不可避的であると考え、いかにその可能性を減じるかがヒューマンエラー対策の基本である。作業

者自身の問題はもとより、要求された仕事内容、設備その他の環境条件など背景要因も問題とされなければならない。これまで、作業と作業環境及びその影響としての心身負担さらに作業成績を含めたワークロードについて検討したなかで、それがヒューマンエラーと関連があることを指摘した(村山・他、1995-1997)。このように安全管理の対象を広くとらえることが一般化している。その一つがSHELLモデルといわれる安全管理の原則で、当直者自身(liveware:L)、設備(hardware:H)、環境(environment:E)、運営(software:S)、集団(liveware:L)及びそれらの関係の安全化による総合的な安全管理が重要であることが指摘されている。船舶でも同様な視点での安全管理が望まれる。

B ヒューマンエラーに関連する諸問題

1. 当直者

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、興奮した高水準でも、ぼんやりした低意識水準でも信頼性は低下する(橋本、1984)。

人は知覚刺激、責任、義務、情動刺激などで緊張したり興奮したりするが、それによって通常の行動から逸脱してしまうことがある。いわゆるパニックといった現象であり、その場合には通常処理できる操作を失敗する確率が高くなる(橋本、1984)。幅

狭海域で航海士が操船困難になったときの心拍数が20拍/分以上上昇していたことがある(村山・他、1997)。操船では作業の可否はもとより、余裕を持って、より安全な状態であるべきである。したがって作業は過緊張を伴わない適度の意識レベルで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。

意識が低下するのは、睡眠不足や激しい疲労によって、日中でも抑制系が活発になり、ぼんやりしたり、極端な場合には居眠りに陥るようなときがある。海難、特に居眠り海難の時刻別発生件数が深夜から早朝にかけて多く、当直者の心身機能がその推移に対応している(村山・他、1995)。また、意識水準の低下は、刺激が少ない監視作業など単鏡な作業で起こりやすく、作業成績もそれに伴って低下することが多くの研究で明らかにされている(例えば岸田、1977)。操船者でも当直中に心拍数が逡減することから意識レベルの低下が懸念される(村山・他、1996-1997)。これらのことから、当直中の意識水準の低下は海難防止にとって重要な問題といえる。

2. 船内集団

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、他からの報告などコミュニケーションによって情報収集をする必要がある。その場合、適当な時機に必要な情報が交換されるには、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。しかし、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て必ずしもうまくいくとは限らない。特に外国人との間、水先人など第三者との間ではこの問題が起こりやすく、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。このような問題はブリッジ・リソース・マネージメントの課題として注目されている。

人間をある行動に駆り立てる内的な状態としての動機は安全確保にとって重要である。行動が必要に迫られたり興味をそそる場合には動機が強くなる。動機は、生存に関わる生理的欲求、安定性を求める安全の欲求、社会的な承認の欲求、自尊の欲求、自己実現の欲求と重層的であり、下位の欲求が充足するほど上位の欲求が強くなると理解されている。それらの強さは国、地域、個人によって異なり、種々の様相を呈する(高崎、1988)。事故は直接的には安全の欲求に係わるが、社会的責任や仕事の達成にも関係する。システムが巨大化するほど、あるいは自動化するほど行動と結果が間接的な関係になり、危険感を伴いにくくなって、安全に関して直接的な欲求による動機づけは難しくなり、より高次の欲求による動機づけが重要になる。これまで、安全活動では小集団活動による社会的欲求の動機づけが行われてきたが、その内容をメンタルヘルスからの取り組みに拡張する必要性(佐藤、1988)や、個人の学習意欲を高めることによる動機づけ(「構え」づくり、高崎、1988)の重要性さが指摘されている。

3. 船舶設備

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く、自動制御も進んでいる。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うように、新旧混在の技術である。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、航海支援設備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、彼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、その機能も発展途上にあるために、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、新技能の修得方法、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。

4. 作業環境

航海環境は地形、海況、気象・海象、航

行船などによる変化が著しい。複数の接近船があるときには、避航義務と針路速力保持義務が同時に発生することがあり、操船の判断に苦しむことが指摘されている(イェンセン、1973)。この場合、相手の船舶も同様であり、一つの船舶の行動が全体の見合い関係に影響する複雑な問題となる。操船者は距離、針路、相対速力、操縦性、予想針路、余裕水域などを総合的に判断して意志決定しなければならない。夜間、視界不良、貧弱なレーダーでは、これらの情報を得ることが困難であったが、衝突予防装置によって他船情報の把握や避航シミュレーションが可能となり、人工衛星による航法システム(GPSやDGPS)が追加され、一層情報が確かで見やすいものとなっている。

しかし、これらの情報には偽像や不感知対象物があること、処理された情報はすべて過去の履歴をもとにしており、将来の予測をしたとしても、他船の意志と関わりがないことから、これらの情報への盲従は危険であることを理解しなければならない。今後、船舶の属性、航海計画、操船情報など、船舶間の情報交換によって、このような欠点をカバーする方法の開発が期待される。将来は、この情報をいかに与えるか、あるいはそれをどのように利用するかというハードとソフトが問題になる。

5. マネジメント

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。交代勤務は大半が4時間3直3交代である。長年の経験で培われたこのシステムでは、0-4時

または4-8時に当直する人は、その後または前にとる睡眠が6時間程度になるために分割した仮眠が必要である。そして、1日の生理的リズムからのずれに対する適応への負荷が指摘されている(カフーン、1988)。船舶は動揺、騒音、空間的制約など休息のための居住環境としては厳しい条件である上に、人との交流、情報、余暇活動などの制約から心身リフレッシュにとっても不利な面が多い(大橋、1981)。船員が要求される役割が妥当であっても、時刻、仕事の内容と進め方、休息の取り方によって心身機能が低下し、同一の人でも作業能力が不十分になることがある。

かつて、船員の多くは、船舶所有国の船員で、その船員の意見が技術開発に反映され、また技術開発に即して船員教育が行われてきた。しかし最近では、実質上の船舶所有者と船員は別の国にあり、船員の多くは先進国以外の出身者となった。その技能は主に現場教育で培われるために、旧技能への執着や、逆に新技術への過剰な依存をもたらしがちであり、技術と船員技能の乖離が懸念される。船員がさらに低廉な労働力へと移ることによって、船員の定着性は弱くなり、技能の把握と向上が難しくなる可能性がある。

C 予備調査による課題の抽出

1. 高速船の研究課題について

a. 運航状況と就労状況

調査対象は瀬戸内海のジェットfoilであり、130総トン、航海速力43.5ノット、

定員約300人、運航乗務員4名、客室乗務員2名、航海時間2.5時間、日中1日2往復(8時から21時)、5寄港地である。運航乗務員は船長、一等航海士、機関長、一等機関士である。主として船長と機関長が操縦席に着き、他はその脇で補佐し、一時操縦を交代する。

往復航海を終了した14時に早出勤務群は勤務明けになり、遅出群と交代する。遅出群は21時に勤務明けとなる。基地には寄宿舎があってそこで休息する場合と帰宅する場合があるが、地元乗組員が多く後者の割合が多い。この繰り返しを数日行い、休日を挟んで早出と遅出が交代する場合と、別のフェリーに4日間連続乗船する場合がある。

b. 当直状況

狭水道通過までは航路に沿った針路をとり、通過後に左転して航路を横切る。この海域は行き交う船舶と停泊船が多いが、比較的整頓された航行をしており、他船の船尾を向けて針路をとれば、その付近の船にもある程度の距離を保つことができる。この海域を過ぎる約1時間後に航行船舶はほとんどなくなり、操船者が交代する。約30分後に再び船長と機関長が主直に就き、入出港を2回繰り返す。約2時間20分後の13時に到着して客室整備などをして14時に勤務明けとなる。

狭水道通過後の船長の心拍数は、全体として80拍/分以上であり、90拍/分をこえるのは操縦を交代して副直を始めたとき、再び主直に就き操縦を始めたとき及び入港時である。やや上昇がみられたのは、岬を迂

回した12時頃であった。他の寄港地の入出港では5拍/分ほどの上昇がみられる(図1-1)。

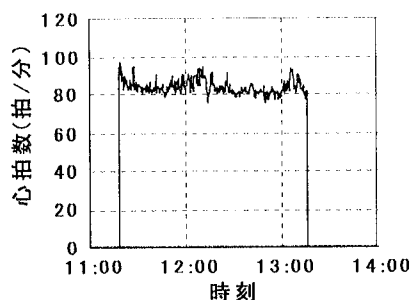


図1-1 ジェットフォイル船長Aの心拍数推移

16時から復航とは逆に約20分間隔で2回繰り返した後、約1時間後に主直を交代する。交代までの海域は航行船舶は少ないが、陸岸との距離が近いところと小型漁船との出会いがあった。狭水道を通過するまでの約40分間は航行船舶と停泊船が多いが、先に記したとおり、航行船が整頓されていて、速度な余裕が確保できる。狭水道を通過して再び船長と機関長が操縦して寄港地への入出港を経て、18時半に最終港に入港する。

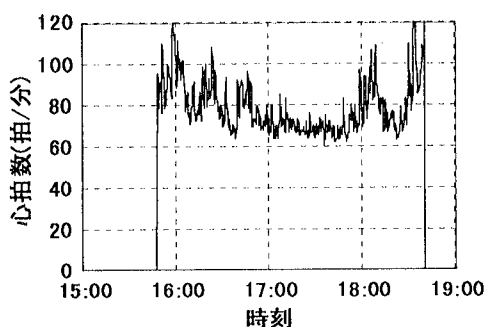


図1-2 ジェットフォイル船長Bの心拍数推移

この間の船長の心拍数は80拍/分以上は入出港時期であり、他は若干下回っている。副直の期間は比較的安定して低かった。

入出港時は100拍/分を超えて、時には120拍/分に達することもある。16時10分頃に視認しにくい小型漁船の近くを航過した16時10分頃に上昇していた(図1-2)。

座地でハンドル操作したときの80拍/分前後から、入出港時に20拍/分ほど上昇しており、心理的負荷が現れている。このような負荷に対して、入出港を繰り返す前に船長と機関長を主直から解放し、1時間以上操縦を続けさせないという現場の工夫がなされていた。さらに、2時間半の航海を2回繰り返し、総航海時間5時間、延べ7時間の勤務で2交代にしている。いわば、密度は濃いメリハリの利いた、生理的リズムの活動期の範囲内での短いサイクルの勤務にしている。

操船者は、位置と針路は経験とGPS表示から容易に判所でき、ほとんどが見張りとハンドル操作である。高速(43.5ノット)であるために場面の展開が早いことと間近な危険を避けるゆとりがないことから、操縦者は絶えず前方の近距離を中心に見張りつつ操縦ハンドルを操作する。旋回時には自動制御される船体姿勢と旋回圏のバランスを保つために微妙なハンドル操作を要する。心拍数の上昇にもみられたように、至近の見えにくい漁船などが気になるようである。また一等航海士が港からの出入港船の行動などについて多く報告しており、狭い水域の将来予測が重要のようである。これはレーダの詳細な監視や双眼鏡による確認が必要であり、操縦しながら行えないので、見張りの補佐は大事である。速力が他船の約3、4倍であることから、自船が避けること

が多く、他船の船尾の方位を針路として航過している。

c. 研究課題の提案

高速船に関する研究は、テクノスーパーライナー(TSL)の開発において、主として操船上の問題について行われた。その結果、①TSLは一般船に脅威を与えない、②低速航行の方が操船負担を感じる、③「非整流」海域では操船の判断に「整流」より時間がかかることが指摘されている(沼野、1996)。また実験参加者の意見として、①TSLの性能の周知、②早めの航法措置、③速力差大のとき高速船が早期避航、④大幅な転向、⑤船尾向首が避航認知容易、⑥高速船でレーダプロットング・交信する時間がない、⑦原則2名当直などを指摘している(室原、1996)。

高速船ジェットfoil操舵者の視線を解析し、①港内では左右に広く注視、②広い水域(翼走)では上下幅広だが全体に狭く注視し前方の浮遊物に注意、③狭い水域はこれら両者の平均範囲の注視といった結果を得ている(古荘、1991)。

本論査では、上記のほとんどが観察されたと同時に、①入出港操船における心拍数上昇が測定され、②短時間操縦にするための副直への交代、③主直と副直の見張りにおける役割分担、④視認しにくい小型漁船への注意、⑤長時間勤務を避ける交代制勤務といった現場の工夫などが観察された。

先行研究と今回の調査からヒューマンエラーの防止の課題について、まず高速船の航海当直は従来のままでよいかどうかにつ

いて考える。事故はいくつかの事象が重なるか連鎖して起こるのが一般的である。逆に言えばいくつかの異常事態に対処しているために事故を避け得たといえる。操船でもこのことは同じで、通常の場合ではかなりゆとりをもって作業をし、異常事態にも対処していることが多い。例えば、航路で行き先信号旗を間違えて掲げながら変針する他船を避けてその船に注意してやる、などは現場でしょっちゅう起こる。

一般に「30分効果」と称される作業能低下が指摘されているが、副直への交代はこれに対する現場の工夫と考えられる。場面の展開の速さと自船制御の微妙さは従来と比べものにならないためにこれを要すると理解すれば、従来の当直と異なる負荷があることが予想される。したがって、操船作業での余裕とか予備能力が確保できるかどうかが問題である。

次に高速化による操船作業の質的变化について考える。本船ではARPAの相対速度情報を敢えて削除している。速度差が大きく、他船の避航動作を期待するより、自船が避航することを優先する方が安全であることと、情報が簡素になるという判断のためである。航法に従って左舷対左舷の避航にこだわるとかえって水域の余裕がない方向かわざるを得ないことも起こる。また、浮遊物に注意して航海士が比較的近くを注視しており、TSLの実験で問題とした他船との見会い関係ばかりが問題ではない。したがって、高速船では従来への船の当直と質的に異なる面があると考えられる。以上のこ

とから、場面の展開が早く常時操船する場合の心身状態とパフォーマンス、さらに浮遊物など障害物の視認、避航について検討が必要である。

2. 内航船の研究課題

a. 運航状況と就労状況

調査対象船は内航タンカーで、乗組員は甲板部3名、機関部2名、事務部1名である。調査は、昼の仙台出港から鹿島寄港を経て千葉港に入港する間であった。半日荷役と半日航海のパターンの繰り返しで、他に待機と間欠的な船橋での打ち合わせなどが2時間前後あった。船内生活では可能な行動の種類が少ないので、所在なく仕事に関連したことに時間を費やし、結果として勤務時間が多くなるといった傾向がある。会社との連絡時間が期と夕方が多いためにその時間帯を船長の当直としていた。

調査期間は視界不良となりがちで、可能な限り早めに荷役地に到着する航海計画を立て、深夜には錨泊したために、比較的睡眠と自由時間が確保され生活も規則的であった。

b. 航海当直

調査第1日の船長の当直は、昼の出港から夕方までと、深夜の錨泊であった。この間の心拍数は、出港操船の30分間は90拍/分程で、次第に低下して1時間後には70拍/分になり、その間、約一時間に一度10拍/分程の一時的上昇があるが、全体として逡減して65拍/分になった。24時からの投錨作業で一時的上昇はあるが生理的リズムに従って低下している（図2-1）。

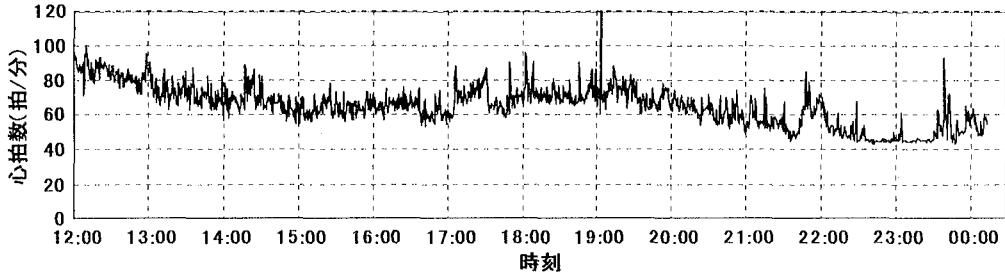


図2-1 内航船船長の心拍数推移(仙台～鹿島)

翌朝は入港し、昼に出港、夕方航海当直、深夜の狭水道操船と錨泊操船を行った。昼からの心拍数は、出港では、港内の細い長い水路で入港する大型船を航過させ、次いで港外からの入港船のエスコート船との連絡を二等航海士を介して2度行うなど、他船との関係を配慮しながらの1時間半の作業であり、その間の心拍数は80拍/分前後であった。1時間半の休息を挟んで15時半からの2時間の当直では前半に10分間ほどの上昇があり、中期の銚子沖の輻輳海域で

全体的に上昇した。17時半からの歓談しながらの食事と自由時間で上昇し、睡眠で低下した。20時半からの当直は、野島崎から浦賀水道を経て千葉港外までの当直で、初期の1時間は80拍/分まで上昇している。この間には行き会い船と同航船が多く、漁船も散在している海域での当直であった。その後次第に低下し、浦賀水道通過後の23時と多くの停泊船の間を航過する0時付近、投錨近くでわずかな上昇がみられた(図2-2)。

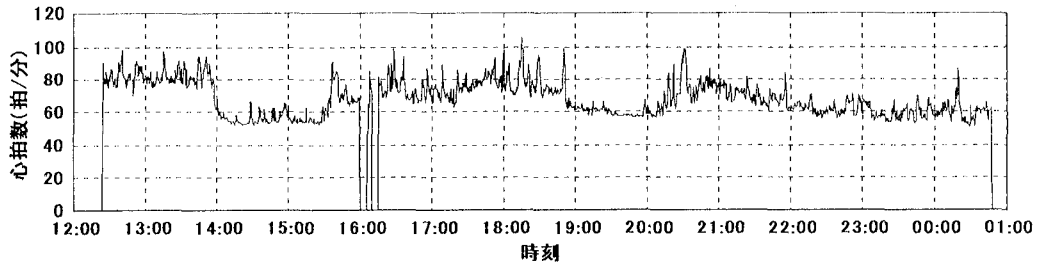
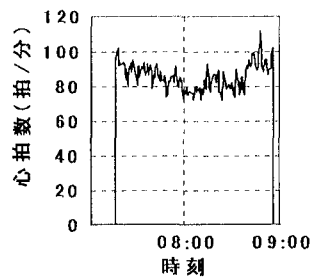


図2-2 内航船船長の心拍数推移(鹿島～千葉)

翌々朝は雨天で視界的1マイルの状態での1時間半の入港操船作業であった。そのときの心拍数は前期の40分間は錨地から航路までの操船で、時折、視認しにくい作業船と小型漁船が横切り、80拍/分を超えている。



千葉入港

図2-3 内航船船長の心拍数推移

中期の30分間は航路ブイに沿って港内へ入る時期であり、心拍数は低下した。後期の20分間は狭い水路に沿って突き出た栈橋への接近で、心拍数は90拍/分前後に上昇した。

最後の5分間程は、二つの栈橋の間で「その場回頭」して着栈する操船をおこなったが、そのときは100拍/分を超えた(図2-3)。

一等航海士は、昼までの荷役と出港作業を済ませ、休息をとって荷役書類整理し、当直前に仮眠をするパターンが安定していた。調査第二日の心拍数は、休息と事務作業では70拍/分前後であり、睡眠で55拍/分であった。16時40分からの航海当直は視界不良で、後半は船首部が見えないほどの狭

視界であった。当直中の心拍数は、入直時に階段を昇ったときに一時的な上昇と、約30分後と1時間後の17時、17時半付近にわずかな上昇、18時以降に70拍/分に達する上昇があった。この後半の上昇期は、太東岬沖から八幡岬沖の漁場でしかも同航船と反航船が集中した海域の航海であり、中に無謀な操船をする船があったりして、数回避航操船を要した。この海域を過ぎると他船との距離が保てるようになり、心拍数も低下している。この当直全体を通じて、当直中の心拍数遞減傾向はなく、むしろ後半で上昇しており、輻輳海域の影響が認められる(図3)。

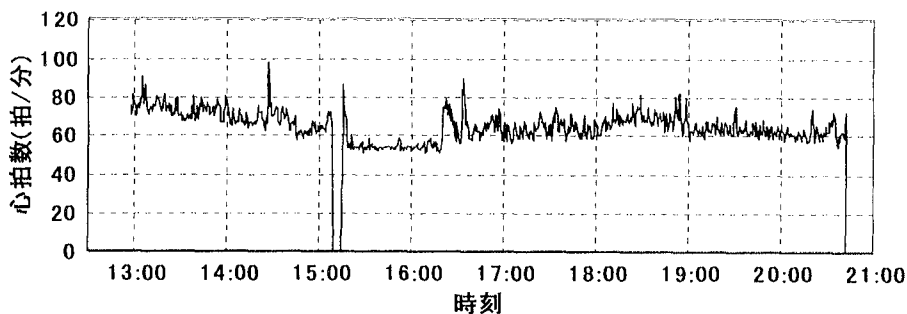


図3 一等航海士の心拍数推移(鹿島～千葉)

機関長は調査第1日の午前中に荷役作業に従事し、出港作業の後、午後に長い自由時間と仮眠をとり、夜間に当直に就いた。その間の心拍数は、休息の1時間半ほどは安定し70拍/分であり、その後70-80拍/分を30分間から1時間周期で変動していた。当直前半は機関点検で上昇しているが、後

半の22時頃からは低下し、午後の休息時のレベルになった。したがって、午後の仮眠は心拍数が低下しない浅い睡眠であり、反対に深夜の当直は心身機能が生理的リズムにしたがって低下していることが分かる(図4)。

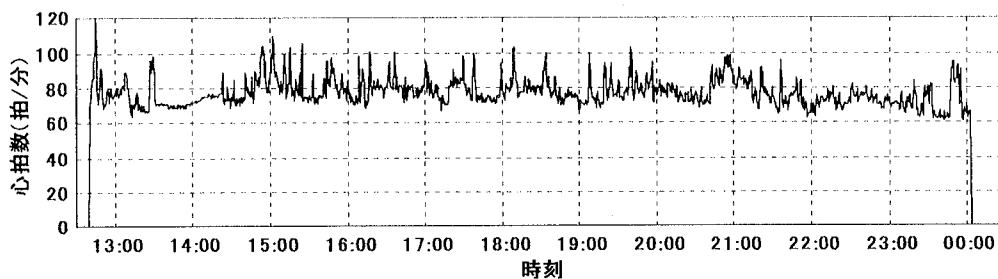


図4 機関長の心拍数推移(仙台～鹿島)

一等航海士の調査第1日の心拍数は、出航後やや高く、後半に機関モニター出力用プリンター復旧作業で上昇し、17時からの自由時間で低下した。19時半の就寝から低下し続けて、深夜の入直で上昇した。この睡眠中に1時間半毎に2回上昇し、ばらつきも大きいことから、眠りが浅いかレム睡眠を2回繰り返す睡眠周期があったと推定さ

れる。おおよそ3周期目の睡眠中で起床していることとなり、全体としてまだ低下傾向にあるときの起床であったことが推測される。生活時間調査では、当直後の錨拍後に2時-6時半まで睡眠をとっており、睡眠が分割されるために、総睡眠時間が9時間ほどで多くなっている(図5)。

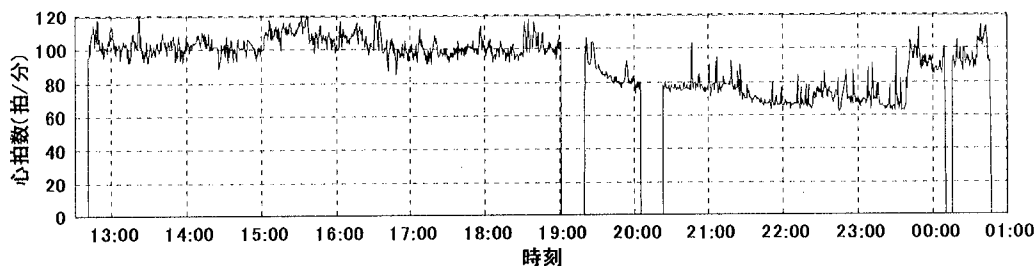


図5 一等機関士の心拍数推移(仙台～鹿島)

c. ニアミスの事例

視界がほとんどない夜間22時頃、岬の変針点付近で、他船同士のニアミスが観察された。この海域は小型漁船が多く、内航船が集中して変針するところで、多くの行き会い船と同航船が変針の機会をうかがっている。北行船と南行船が行き会い、南行船がやや左に舵をとって右舷対右舷になり、北行船が逆に左舷対左舷になるように舵を

とったためにニアミスとなった。

この事例から、SHELLモデルによって安全上の問題を指摘すると以下ようになる。ただし、状況から判断される推定を含む。ソフトウェア(S)の問題では航海士の航法適用判断において問題はないか、あるいは無謀な操船を要求していないか、ハード(H)の問題ではレーダ機能が十分か、ARPA機能があるか、環境(E)の問題では、視界

不良で通航不可能なほど過酷な輻輳状態ではなかったか、当直者(L)の問題では狭視界の当直が可能な航海士であったか、集団(L)の問題では強引な操船を許容する、あるいは航海士の能力をチェックし支援する関係ができていたかなどが疑われる。このようにSHELLモデルからの分析は、様々の視点から豊富な安全管理の課題を浮き彫りにすることができる。

d. 研究課題の提案

既にワークロードの研究などで、当直者の心身機能は当直時間帯に合わせた休息をしているにも係わらず通常の生理的リズムに従って変動し、海難の時刻別発生頻度もこのリズムに同調していることを指摘した。そして、疲労や眠気の自覚が強いのは深夜または早朝の当直者であり、その当直時間帯に海難も多い。それらの当直者は、日中の入出港や荷役によって、仮眠をとれないことがその原因の一つと考えられる。したがって、生理的リズムによる心身機能の低下と海難との関係、さらには生理的リズムに睡眠不足や疲労が加わって強化される心身機能低下との関係について検討する必要がある。

その一つは海難と心身機能との関係を調べることであるが、事故責任等から調査は難しいと予想されるので、未然事故調査など間接的方法を考える必要がある。ワークロード研究においてその予備的調査を実施し、実行が可能であることが分かったが、調査項目などについて、結果の活用を考慮して吟味する必要があることも分かった。そこで、現場の観察とヒヤリングを通じて、

未然事故調査法の実施と結果の活用を繰り返して、未然事故調査法を改善して確立することが望まれる。

もう一つは、心身機能を測定して、低下の様子と環境や就労状態との関係を知ることによって、それらの作業能への影響を推定する方法がある。これまで幾つかの心身機能測定を試みたが、最も安定して測定できるのは心拍数と心拍間隔であり、当直中の通減や一時的上昇などが観測できた。この測定値と生活行動や操船環境との関係を明らかにして、作業能低下の可能性を予測することが海難防止にとって有効であると考えられる。

他の問題は、輻輳海域、視界不良、狭い港など操船環境が当直者にとって対応困難な状況になることである。このようなときに、操船者は過緊張に陥り混乱が生じて海難に至る懸念がある。これまでの調査では入出港操船と輻輳海域で心拍数が20拍/分ほど上昇する緊張状態が観察され、一度だけ船長に支援を要請したケースがあった。このようなことが頻発する環境は海難のリスクが大きい。このような環境における対処の方法、あるいはこのような厳しい操船環境条件を緩和する方法を求める必要がある。

そのための調査法として、先の未然事故調査に環境条件の項目を加えることが考えられる。これまで操船環境評価法は、交通現象の統合的評価値(小林、1995)、避航操船負担度(中村、1995)、環境ストレス値(井上、1996)などが提唱されているが、いずれも操縦性、航行域及び交通の物理的関

係を基礎に一部主観的評価を加えたものであり、実証的に海難との対応を示すものではない。未然事故調査にこれらの発想による調査項目を設ければ、間接的ではあるが海難との関係を探ることができる。

さらに、心拍数上昇など精神的な反応を測定することによって、意識化されない精神状態や航法などの規範によって定形化されがちな「主観的」意識でない精神状態を探り、就労と環境条件と精神状態との関係について、より客観的に知ることである。

3. 予備実験による心身状態と作業能

a. 実験方法

実験の操船作業は、パソコンのモニターの全面に基準線及び2組の2つの円を配置したレーダー像で、進行ベクトルを付加した船のマークを操舵によって制御し、基準線の下端から、円を障害物とみなした間際を通過して上端に達するトラッキング課題と

した。船舶は、コンテナ船(全長350m)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(図6)。

被験者は、商船大学男子学生5名で、3名と2名の群に分けた。3名の群(以下、非説明群)には、実験システムの取り扱い法と実験船舶の船種と全長を説明し、その後、実験担当者による作業説明の後、各人が自由に1回ずつ試行した。他の2名の群(以下、説明群)は、作業の説明と試行に代えて、巨大船の操縦性能と操船のこつを説明した。その内容は、①最大蛇角での回頭遅れ、②進出距離、③反転最大蛇角での回頭遅れ、④舵中央後の回頭惰力であり、これを航跡を見ながら説明するとともに、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

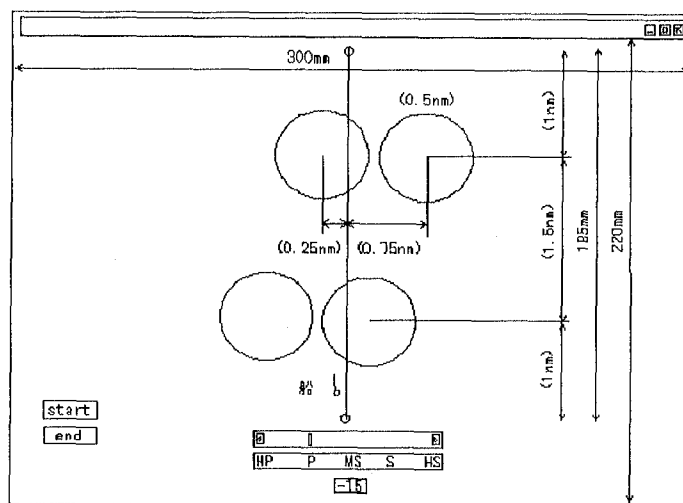


図6 操船トラッキング作業課題モニター画面

作業上の条件は、①下端の小円から上端の大円の障害領域にできるだけ入らないこと、②の小円にできるだけ遠く到達すること、②とした。作業の動機づけとして、報酬とは

別に、二つの間隙通過と目標地点到達の3つの課題に対して、成功した場合には報償を、逆に失敗に対してはその半分を減額することとした。ただし、基本の報酬を減じることとはしない。約1~2時間の準備と説明の後に、4時間にわたって、非説明群は2回、説明群は4回実施した。1回の作業は14~18分で、被験者が順に1回ずつ行った。

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。作業後に作業負担の主観評価、疲労しらべ、眠気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。

c. 実験結果

実験後の航跡をみると、非説明群では全て間隙を通過できず(以下、失敗)、障害域に大きく入り込んでそこに存在した時間(以下、侵入時間)も長い。目標地点に到達できるはずの14分間以内に達した距離(以下、進出距離)は行程の8割前後であった。

3名とも2回目の方が進出距離が劣っていた。転舵時期付近で心拍数上昇が見られるケースもあるが、あまり頭著な上昇ではない。説明群では、失敗の回数は少なく、侵入時間は短い。進出距離はほとんどが目標付近に達している。操舵は、短時間の転舵を早めに繰り返して微調整をしている。

この結果を、群別に初期の2回の平均を求め比較すると、心拍数はほとんど変わらないが、瞬時心拍変動(心拍数の標準偏差)は説明群の方が大きい。説明群は緊張とリラックスが混在していると予想される。作業成績の指標となる進出距離、失敗回数、侵入時間とも説明群の方が良い(図7)。

説明群について繰り返し数による変化を

みると、進出距離と心拍数は変化しないが、失敗回数は2回目で急減し、心拍変動と侵入時間は3回目以降減少している(図8)。

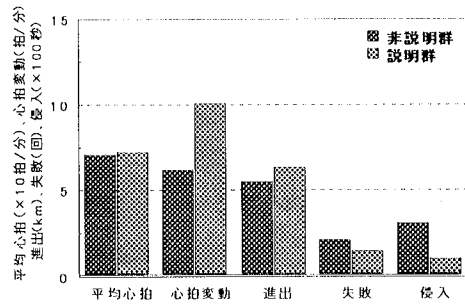


図7 非説明群(n=6)と説明群(n=4)の比較

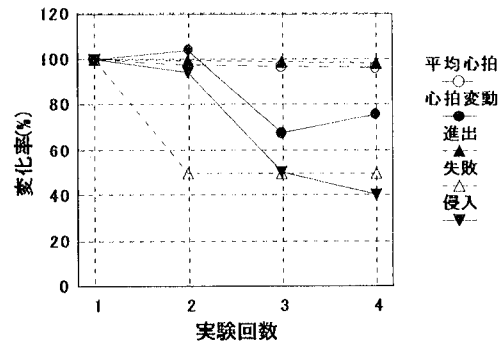


図8 説明群の実験回数による各評価値の変化

自覚では疲労がやや増し、心理的負担などは2回目以降に低下する(図9)。

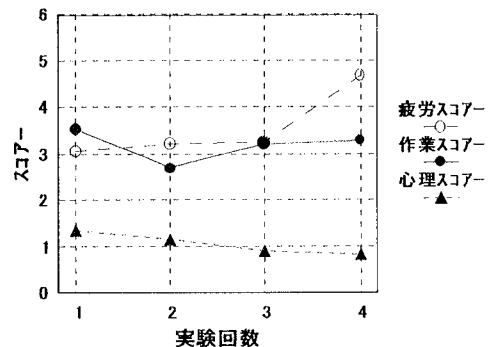


図9 説明群の実験回数による主観評価値の変化

d. ヒューマンエラーの実験的研究の課題

船舶は、操縦に対して緩慢な反応を示すために、直接観察される運動ではなく、抵抗や惰力、推力や舵効などの組み合わせた予測が必要である。その予測には予備知識が重要であり、経験が加わってさらに洗練される。したがってエラーの危険性はそれらの程度に依存する。今回の実験で、操船上の具体的知識の有無が作業成績に大きく影響することから、それが確らしいことが示唆された。逆に考えるとこのような単純な実験方法でも、船体運動と操縦に関する基本的技能が測られ、エラー発生の可能性を予測できるといえる。

また、精神的緊張がある方が作業成績がよいが、それは慣熟するにつれて緩和してくる様子から、安全上必要な作業の正確さと余裕能力を精神機能の指標でとらえ得る可能性が分かった。現実には、海域、他船との関係、攪乱要因の把握を加味して自船制御の予測をしなければならないので、状況把握のレベルがエラー発生に大きく影響する。したがって、ヒューマンエラーの実験的研究は、操船者自身の能力と状況認知の関係、状況の認知と判断の関係について行う必要がある。

非常に困難な操船環境では過緊張による作業能の低下が予想される。また当直者がある程度ゆとりを持つことが安全率を高めると考えられる。したがって、実験研究では、困難な環境下における操船者の緊張状態を評価し、現場測定との関係から、対応可能な能力及び環境について検討する必要がある。また、操船者の能力は十分でもい

つもそれを発揮できる状態とは限らない。特に深夜から早朝で海難が多いのは生理的リズムの影響があり、これに睡眠不足や疲労が重なるとその影響は一層深刻になる。実験研究では、被験者の生活をコントロールして、心身状態と作業能の関係を調べる必要がある。

(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1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。)