

## II. 船員のワークロードに関する調査研究(第2年度)

### 一 国内海上輸送における海難・労働災害の発生との 関係について 一

目 次	
はじめに	12
第I編 内航船員の現場調査	12
A 調査概要	12
B 船内生活行動と心理生理反応	14
C 船内作業状況	19
D 入出港操船の状況	19
E 船内生活時間	20
F ワークロードの主観的評価	22
G 現場調査結果の検討	25
第II編 操船者ワークロード実験	25
A 実験概要	25
B 航路操船の生理心理反応と ワークロードの主観的評価	26
C 港内操船の生理心理反応と ワークロードの主観的評価	29
D ワークロード実験の検討	30
おわりに	32

#### はじめに

船員労働災害率低下の停滞、船員のエラーによる海難が注目されている。IMOでは、船員の資質、船員の疲労と事故の関連、乗組員のコミュニケーション、安全のガイドラインや船舶設備などの安全対策について論議されてきた。

船員の労働は、海上の自然環境の中で、生活と労働の場が船に限られ、絶えず移動しており、運航スケジュールにしたがって休まず

に稼働しているという特殊性がある。そのため、仕事の他律性、社会環境の孤立性、疲労回復のしにくさ、交代勤務などの負担、動揺する作業環境、航行環境の制御が難しいなど、仕事のしにくさが指摘されている。そして現場からは、国内海上輸送における海難・労働災害の発生と定員・労働時間の関係についての問題が指摘されている。

そこで、船員のワークロードを調査し、災害の背景に関する資料を提供することとした。乗船調査では内航船主4社とその乗組員31名の協力を得た。また、シミュレータ実験では、船長・航海士5名の協力と東京商船大学、富山商船高等専門学校の協力を得た。

#### 第I編 内航船員の船内作業とワーク ロードの現場調査

##### A 調査概要

###### 1 調査目的

国内海上輸送において、ヒューマンエラーによる海難が多いことが多方面で指摘されている。様々な側面から海難防止について検討されているが、ヒューマンについては必ずしも十分ではない。特に、人が果たしている役割と設備や就労環境との関わりについてはほとんどなく、内航船での生活と作業についてすら認識が十分とはいえない。そこでまず、それらを明らかにする現場調査をおこなうこ

ととした。

## 2 調査方法

調査員が内航船に、揚げ-積み-揚げの1往復、4~5日間乗船して、作業観察、一部ビデオ撮影、生活行動自記式調査票調査、蓄積疲労徴候調査票調査、疲労しらべと眠気(KSS調査票)の隔時調査、心拍数記録、操船者の皮膚電位測定をおこなった。

各調査法は昨年度のフェリーでおこなったものと同じである。ただし、皮膚電位測定は測定器にノイズ混入を減らす改良をした。なお、瓶の落下を受け止める緊張で、心拍数は70拍/分から80~85拍/分へ、皮膚電位反応は、ほぼ-40mVから-20mVに一時的に上昇し、1、2分で復帰するという反応を示す。

## 3 調査対象

内航海運の主な船型である499総トン黒油タンカー1隻と699総トン白油タンカーとLPG船各1隻、および1万総トン型最新鋭大型専用船1隻を調査対象とした(表1-1)。

黒油タンカー(No.21)は、甲板部2名、機関部2名、司厨部1名、合計5名乗り組み、6時間2直制である。特殊な貨物であるために、荷役地と出荷と入荷時期が特定されており、不定期運航だが長期スケジュールがたてられており、ほとんどが中距離輸送である。

白油タンカー(No.22)は、甲板部3名、機関部3名、司厨部1名、合計7名乗り組みで、4時間3直制である。各種燃料であるために全国各地の短、中、遠距離輸送であり、不定期運航である。ただし、一時的に運航地域が集中することがあり、調査時期は瀬戸内で積み、西方へ輸送するパターンが多い時期であった。以前は冬季日本海が多かったという。

LPGタンカー(No.23)は、甲板部3名、機関部3名、司厨部1名、合計7名乗り組み、4時間3直制である。小型LPG船のために積み地が制約され、不定期ではあるが比較的特定航路が多い中距離輸送である。磁気コンパスで電子海図装置があり、重用されていたが、船首方位の指示がない。プロパンとブタンの積み替えでは、極低濃度までのガスフリーが

表1-1 調査対象船

対象船No	21	22	23	24
総トン数	499	699	689	10,000
船種	黒油タンカー	白油タンカー	LPG船	石灰石専用船
航路	中・長距離	近・中・長距離	中距離	長距離
乗組員数*	5(2, 2, 1)	7(3, 3, 1)	7(3, 3, 1)	12(7, 3, 2)
当直体制**	6×2 固定	4×3 循環	4×3 固定	4×3 固定
備考	特定航路	危険物	危険物	定期航路

\*: ( )内は、甲板部、機関部、司厨部の人数を示す

\*\* : 当直時間×当直回数

要求され、安全海域に向かう時間とガスフリー時間で半日ほど要することがある。

石灰石専用船（No.24）は、甲板7名、機関3名、司厨2名（1名は見習い）、合計12名乗り組み、4時間3直制である。ほぼ定期運航、航路固定の遠距離輸送である。船橋設備はインテグレートッド・ブリッジシステム（IBS）で、2名着座位当直で、周辺に衝突予防装置レーダ、船位自動プロッターなどが配置されている。また荷役設備は自動化遠隔操縦で航海当直と同じ当直体制でおこなわれる。

## B 生活行動と生理心理反応の調査結果

### 1 黒油タンカー（No.21）

本船は、石炭留分の特殊な用途の貨油であり、出荷に合わせて特定の港間を航海する。調査時期はその1航海である。調査前日から専用岸壁に停泊し、早朝に荷役棧橋にシフトして荷役をおこない、午前10時に出港して昼過ぎに浦賀水道を通過して、翌日昼過ぎに入港し、1時間待機後に荷役した。夕方に漁港にシフトして着岸停泊し、一部は翌日早朝出港ま帰宅した。出港後次第に荒天になり、通常の航海時間より約5時間遅れで、翌日の昼過ぎに、元の港に入港し、荷役をおこなった。結果的に長期配船計画どおりとなったが、船長は、まれに可能な乗組員の帰宅、荷役時刻、僚船の動静との関係で瀬戸内へ計画変更の可能性などがあり、運航への配慮が大変であった。

生活行動を勤務、自由、睡眠に分けて経過を記入した調査票の結果は図1-1-1のとおりである。勤務は午前と午後の5時半、11時半

に交代する6時間当直と全員荷役である。当直時間が長いので、機関部乗組員もできるだけ船橋で共に当直することを要請されている。司厨長は早朝から勤務して午前5時半の朝食と昼食の準備をする。当直者は運航中の勤務時間が長く、休憩時間が短いため、航海中は当直以外のほとんどを休息に当てている。一方、航路が比較的安定し、中距離であり、特定の貨物であるために、荷役待機の岸壁停泊があって、休息と余暇時間を持つことが可能である。

一等航海士の生理心理反応の測定結果は図1-1-2のとおりである。当直中に大きな変動が4回ある。最初の一つは、浦賀水道出口の先で3隻の複雑な見合い関係の時期である中間の2つは特記すべき事態はなかったが何らかの心身負荷があったと見られる。最後の一つは、早めに当直交代して夕食に向かった時期である。第3日は風力7、向かい波の波高5mで、減速して船首方向を慎重に制御しなければならぬ状況であり、当直中は高い心拍数レベルであった。睡眠も長くは続かず2時間ほどで覚醒していたとみられる。

機関長の生理心理反応の測定結果は図1-1-3のとおりである。前半の2時間は高く、それ以外は、おおよそ1時間毎に高くなる。本船では機関部乗組員も船橋当直を補佐しているために低い時期が多い。

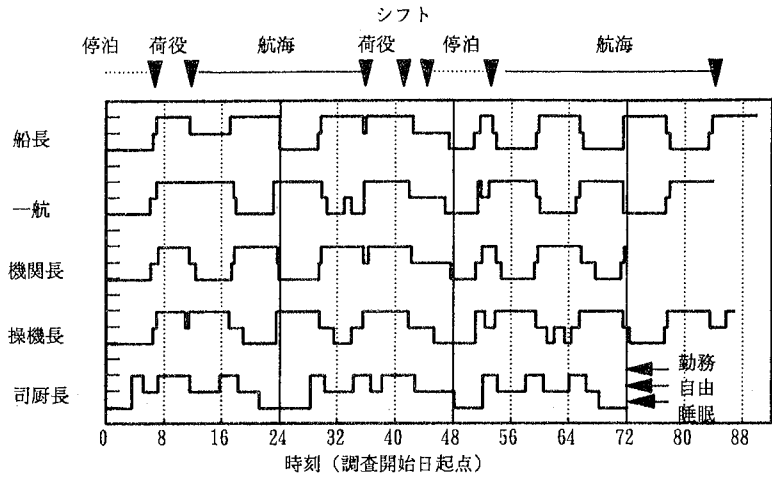


図1-1-1 乗組員の生活行動 (船No.21)

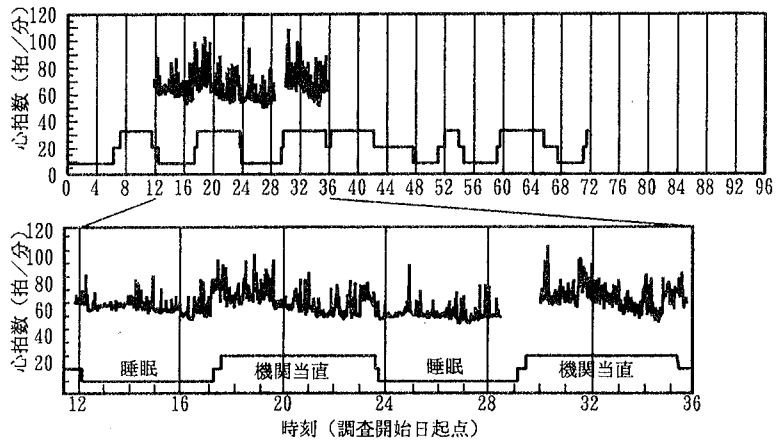


図1-1-2 生活行動と生理指標の推移 (No.21 機関長)

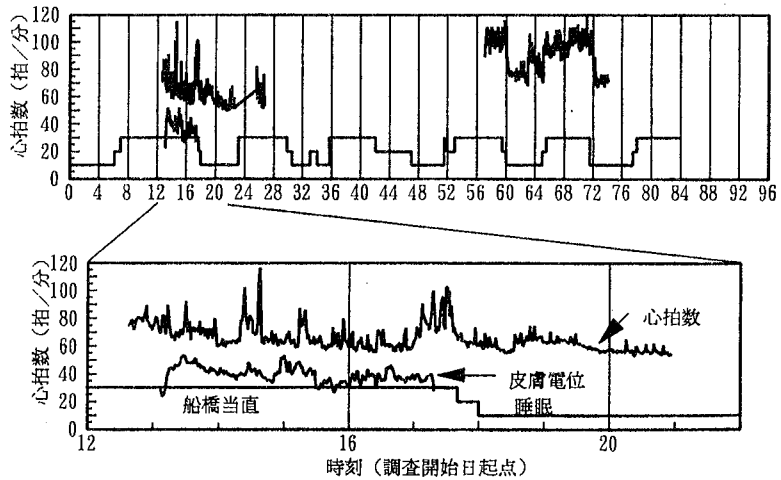


図1-1-3 生活行動と生理指標の推移 (No.21 一航士)

## 2 白油タンカー (No.22)

本船は、阪神地区の精油所から隣接港に夜間投錨し停泊、早朝にシフトして着棧し、昼近くまで揚げ荷役し、出港して狭水道を通り坂出に夕方入港して積み荷役をおこなった(図1-2-1)。夜に出港して、翌日昼頃に関門海峡を通過して夜に佐世保近くに錨泊し、早朝にシフトして朝に着棧して揚げ荷役した。調査員下船後、昼前に出港し、1日航海後、半日停泊した。白油の3種混載であり荷役作業が多く、荷役中は全員が連続して作業にあ

たった。このように、単時間航海を含む荷役日には長い荷役と航海当直勤務であり、そしてさらに出入港作業の細切れな勤務が挿入される。したがって勤務以外はほとんどが睡眠である。特に一等航海士は荷役と当直が連続して長時間勤務になることがある。しかし当直時間帯が安定しているために、深夜と早朝の当直前には、短時間ではあるが睡眠をとっている。また、長い航路および危険物船で日中着棧の制約条件のためにおこる夜間の停泊にまとまった睡眠がとられる。

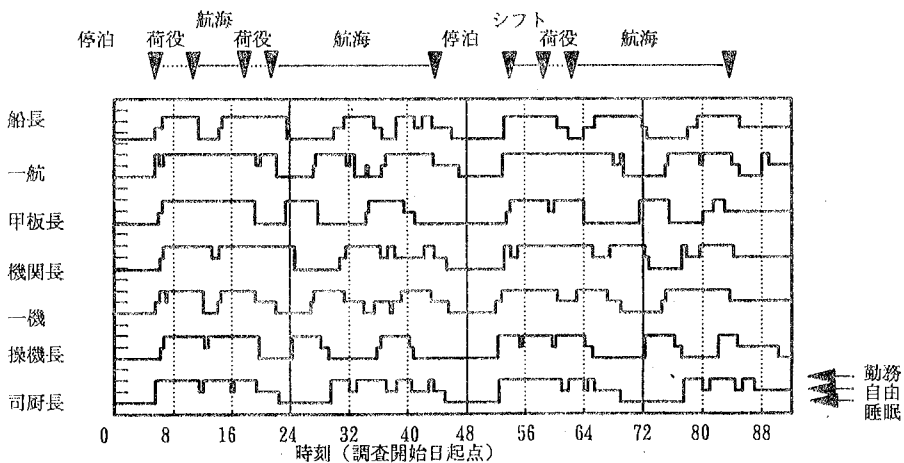


図1-2-1 乗組員の生活行動 (船No.22)

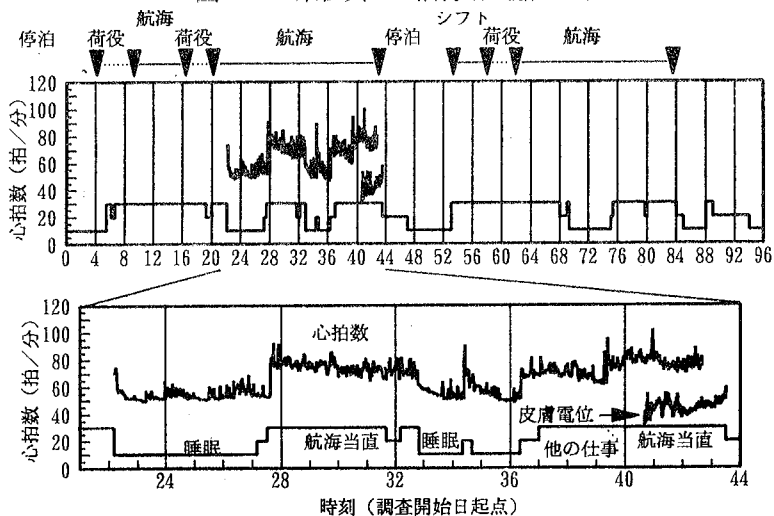


図1-2-2 生活行動と生理指標の推移 (No.22 一航士)

一等航海士の生理心理反応の測定結果は図1-2-2のとおりである。午前3時半（図の27時半）からの当直では日内リズムに抗して高い心拍数である。午後3時（図の39時）からの他の作業では安静レベルで、当直になると高くなる。特に前半は錨泊で船長と交代するまでの狭水道近くにあたる前半の部分では、皮膚電位とともに高いレベルである。

### 3 LPG船 (No.23)

本船は、昼前から夕方まで揚げ荷役をおこない、出港が危ぶまれた荒天の中を陸岸よりの航路をたどり、翌日昼過ぎに入港した。夕方近くまで荷役船の出港を待ち、着棧して夜まで荷役し出港した。翌日夜に元の港に停泊して翌朝着棧して荷役した。本船は、LPG船で荷役時間が5時間以上にわたる場合が多く、荷役当直時間が長い。一方、特定の港が積み地となっており、比較的航路が安定している。危険物船で日中着棧の条件から夜間停泊が生じるために、勤務時間の変動は大きい。停泊が多く休息時間はとりやすく長い睡眠をとっている。ただし、第2日から3日（図1-3-1の72時前後）は、荷役が夜遅くまで続いたために、船長は深夜の当直前に睡眠がとれなかった。

船長の生理心理反応の測定結果は図1-3-2のとおりである。入港時には次第に上昇し100拍/分を越え、皮膚電位も最初と最後に上昇している。出港では低く、通常の当直に入ってから始めに高く次第に低下して、わずかに変動しながら再び上昇している。一等機関士の生理心理反応の測定結果は図1-3-3のとおりである。荷役と機関当直では6～8

回の上昇がみられ、荷役の後半には休憩によって低下している。両当直では断続的な現場作業をおこなっていることがわかる。

### 4 石灰石専用船 (No.24)

本船は、約7時間の石灰石荷役の後、夜間出港して、航行船舶が少ない海域を北上し、翌日夕方に入港した。夜間荷役の後、翌朝出港して、翌日早朝に入港し荷役を開始した。本船は、この航海パターンが安定しており、自動荷役設備があるために、ほとんど固定した4時間当直3交代になっている。また機関部の夜間はMO当直だけで、勤務のほとんどが日中である。外航船の大洋航海同様の勤務で、2回の当直によって休息は分けられているが、比較的安定した生活行動時間である。入出港が通常の睡眠時間帯に割り込む場合は睡眠が細分されるが、安定した当直制であるために、このような事態に対処すべく、事前または事後に休息をとることが可能である。

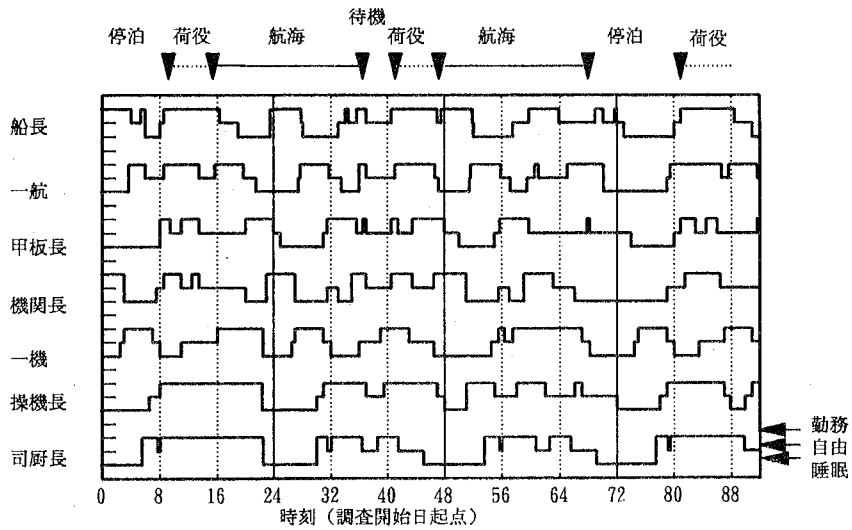


図1-3-1 乗組員の生活行動 (船No.23)

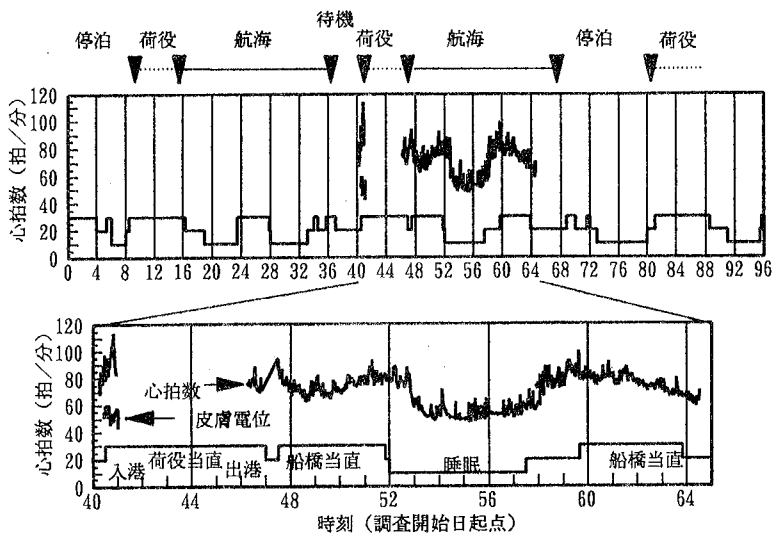


図1-3-2 生活行動と生理指標の推移 (No.23 船長)

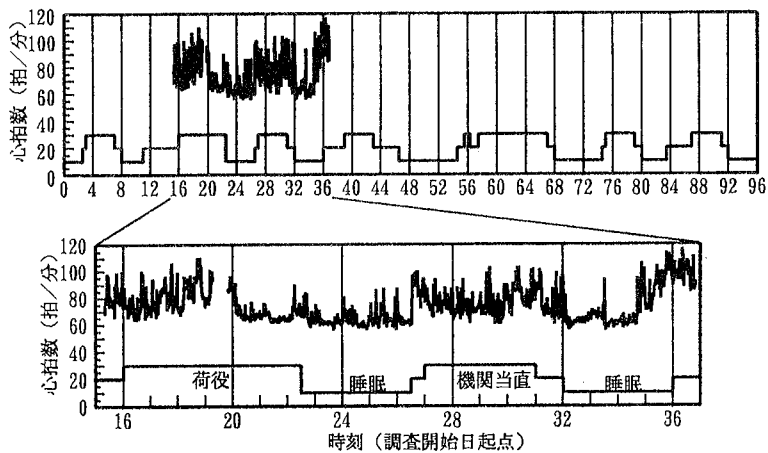


図1-3-3 生活行動と生理指標の推移 (No.23 一機士)

### C タンカーの荷役作業の観察結果

調査対象の黒油タンカー（No.21）は、3時間全員が荷役当直であった。バルブ切り替え前後の約10分間は、終了する左右のタンクのバルブと、切り替える先のタンクに各1名づつ、合計4名が配置される。ただしそれ以外は、1名ずつ10分間前後の休息をとっていた。揚げ荷役の当直体制も同様であるが、荷役が早く、20分間前後毎にバルブ切り替えがあって、バルブの要員4名とポンプ要員1名が必要であり、ほとんど常時、全員が甲板上で作業していた。

白油タンカー（No.22）は、5対のタンクに3種の白油の混載荷役を4時間弱でおこなった。マンホール蓋ののぞき窓から梯子段を見て、積み切り数分前に流量を調整し、バルブを切り替えた。このとき、荷役ホースをブームで吊り、貨油を切り替える毎にマニホールドを付け替えなければならない。したがって、煩雑な作業でコンタミネーションや漏油を避けなければならない。密接な連携を要するため、船長は要所をチェックする役割を担っている。揚げ荷役は、積み荷役同様、間欠的に多人数を必要とする切り替え作業が発生している。

LPG船（No.23）は、朝に錨泊地からシフトして着棧して荷役し、昼過ぎに終了した。積み荷役は、夕方着棧して、5名でチクサンジョイントを接続し、5分間の安全点検後に開始された。2個の圧力タンクに、1時間半後にマニホールドを付け替えて、4時間で終了した。この間、当直員はほとんど4名で、各タンクとも積み切り近くまで、所定の温度と圧力を保つべく気化するガス量の調整と状態の監視であり、圧力と温度のゲージ読みと

り値を30分間ごとに報告するだけであった。この遅い流量は、棧橋側パイプラインの貧弱さによっており、長時間の屋外荷役当直を強いている。これは乗組員にとっても不評であった。

石灰石専用船（No.24）の積み荷役は、夜間入港作業終了に続いて甲板乗組員総員で約10分間で、ローダーとその制御ケーブルを接続した。荷役準備後は2名と一等航海士または一等航海士と他の1名だけで、船内の荷役コントロール室での遠隔操作で、ローダーを前後に移動させておこなった。積み付け状態はモニターテレビで監視され、積み付け速度やバラスト排水は制御パネルのスイッチで操作される。当直中約1回ほどの係留索張り合わせの他は、ほとんど荷役コントロール室内であった。2直を経た翌朝に終了した。揚げ荷役は早朝に入港して、積み荷役と同様の準備作業をした。倉内底の両舷側にあるベルトコンベアーとそれに掻き込む回転爪の位置を積み荷状態をモニターテレビで見ながら移動していた。まれに積み荷の掻き込みが悪くなったときにハンマーでたたくことと、係留索をゆるめる作業があった。当直体制は積み荷役と同様で、2直で終了した。

### D 入出港操船の観察結果

黒油タンカー（No.21）は、反転して出船付けした状態から、船首スプリング一本で前進回転で船尾を振り出し、後進で索を緩めて索を放して岸壁から離れ、前進で出港針路に乗せた。着岸は、風と潮流の影響が強いことから、ほぼ直角に棧橋に接近して機関停止し、棧橋手前の船体長の約4倍に投錨して左旋回



し、次第に棧橋と平行に接近して、スプリングと錨鎖を張り合わせて、他の索の繰り出しと巻き込みをおこなった。

白油タンカー（No.22）は、スプリング1本で揚錨しつつ後進して離棧して、錨が底にあるまま右回頭して反転し、出港針路に乗せた。着棧は、コの字状の岸壁の突き当たりのために、岸壁に直角に進入して、錨鎖を十分に張って行き足を制御して回頭した。この際、錨鎖と索の張り合わせに十分時間をかけた。

LPG船（No.23）は、コの字状岸壁の左側に右舷斜め後方の錨を錨鎖を巻き取りつつ後進して離棧して、錨が底にあるまま右回頭して反転し、出港針路に乗せて錨を収納しつつ前進した。入港は、棧橋に直角に近づいて船体長の約4倍離れて投錨して前進しつつ棧橋と左舷側を平行にして綱取り船に索を繰り出した。綱取り船の作業が遅く、船体制御が難しくなることが間々おこることであった。

以上の船舶は、全く従来どおりの操船設備であり、プロペラの前後進と錨と索の巧みな操作によって入出港をおこなっていた。ここで最も注意をしていることは、錨が十分行き足を制御できることと、出港時に利用しやすい状態かどうかである。狭い水域で船体を制御可能とし、錨鎖が適当に繰り出されるためにはある程度の行き足が必要であり、これを錨によって十分制御しなければならないからである。そして出港時には、錨の位置が針路への侵入が容易な位置で岸壁からの距離が保てる必要があるためである。

石灰石専用船（No.24）は、船首、尾スラストと舵とプロペラによって、1万トン級であ

るがタグ使用を不要にした。ウイングの遠隔操縦機でこれら进行操作し、荷役舷が左であるために揚げ地ではそのまま入船着岸し出港は反転し、積み地ではこの逆であった。スラストの推力が大きく、かなりの風でもタグを要しない。

いずれも、ヒービングライン投げや索の取り扱いなど、円滑な入出港には甲板作業員の技能も重要である。

## E 船内生活時間

### 1 生活行動時間帯の特徴

時刻別の各行動の発生率を勤務時間帯別に集計した結果は図1-4のとおりである。生活行動の勤務パターンは、先的生活行動の図から分類したものであるが、パターンの群別に集計した行為率は、ほぼ各群の勤務時間帯に勤務が70%前後発生している。ただし、他の日中時間帯にも入出港や荷役などの勤務が40%前後に達している。睡眠は、日中勤務群では午後9時から午前7時までであり、他の時間帯はない安定した状態である。早朝勤務は早い時間帯に、夜間勤務は遅い時間帯に6時間ほどの睡眠をとっており、前者では昼から、後者では朝から睡眠をとることが20~30%ある。深夜勤務は大まかには2回の睡眠をとるが、その頻度は多い場合でも70%弱にとどまり、広く分散していることがわかる。自由は、各群とも午後にとる割合が多く、40%を中心に変動が大きい。

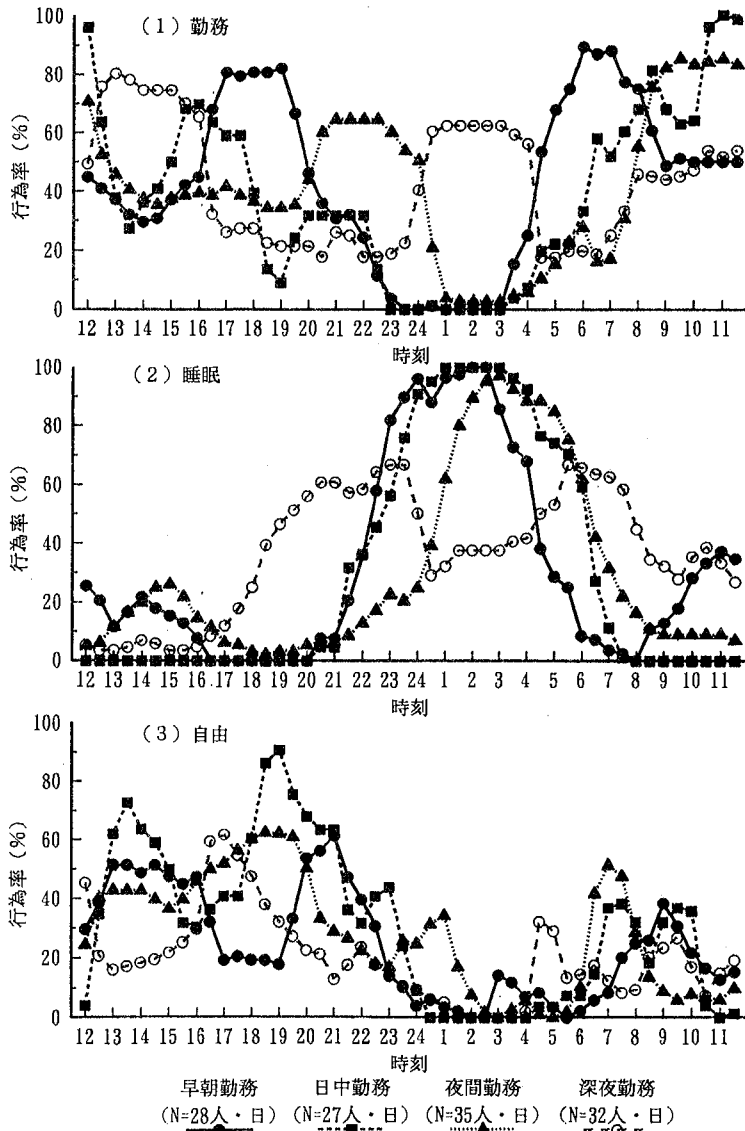


図1-4 時刻帯毎(30分間隔)の勤務別行為率(%)

## 2 生活行動別平均時間

生活行動分類別に毎日の平均時間を求め、乗組員数別、勤務時間帯別に集計した結果を表1-2に示す。乗組員数別の分類はタンカーと専用船の分類でもある。

5、7名乗組員数のタンカーでの勤務は10時間を超えており、12名乗組員の専用船より

1時間多い。それにもかかわらず睡眠はタンカーの方が多い。しかし自由時間は少ない。このことは、タンカーでは長く頻繁に発生する勤務の間を睡眠にあてていることを示す。一方、勤務時間帯が安定している専用船では、睡眠時間が少なく自由時間が多い。効率的な睡眠であることがうかがえる。

各行動時間の標準偏差は、日によって各行動に費やす時間数が変動している度合いを示しており、約6割の日数がこの範囲内になる。タンカーではバラツキが大きく、専用船の2倍である。したがって、忙しいときには勤務が多く休息が少なくなるが、停泊などで暇になって休養を補っていることがうかがえる。

勤務時間帯別にみると、勤務時間は司厨部の占める割合が多い日中勤務が最も少なく、早朝勤務が最も多い。日中勤務、夜間勤務、深夜勤務は航海当直時間帯が荷役と重なることが多いのに対して、早朝勤務は少ないことが影響している。深夜勤務の睡眠時間が多いことは、夕方や日中といった睡眠しにくい時間帯のために、睡眠を多くとることによって休養を満たしている。

## F ワークロードの主観的評価

### 1 蓄積疲労徴候

蓄積疲労徴候の平均応答率を昨年度のフェリー乗組員と陸上産業製造業と比較すると、図1-5-1のとおり、全体的に少ない。一般的疲労感は陸上産業よりわずかに多いが、他は

フェリー同様に若干少ない。内航船を12名乗組みの船と5～7名乗組みの船を総応答率で比較すると、図1-5-2のとおりである。乗組員数の違いは専用船とタンカーといった違いでもあるが、明らかに少数乗組船では高い。

内航船の結果を調査時点までの乗船経過日数との関係でみると、図1-5-3のように乗船期間が長くなると応答率が高い人の発生が多くなる。ただし、12名乗組船では乗船期間が短い人が多かったため、応答率が多くなる傾向には、乗組員数、船種、および乗船経過日数とが共に影響しているとみられる。このことは、フェリー乗組員の乗船日数が最長でも3週間であることと関係している。

## 2 疲労と眠気

疲労しらべ調査票による他産業の精神作業者の夕方の結果と比較すると、図1-6-1のとおり、内航船員はほとんど同じで、フェリーは疲労愁訴数が多い。

各人が断続的に記入した疲労しらべ調査票の訴数と眠気調査票の得点を、日中勤務、夜間勤務、深夜勤務、早朝勤務の4群に分けて、

表1-2 行動別平均時間（時，分／日）

	勤 務		睡 眠		自 由		
	平均	SD	平均	SD	平均	SD	
全 体	9.54	2.26	7.53	2.06	6.11	2.53	
乗組員数別	5、7名	10.16	2.45	8.06	2.24	5.36	3.10
	12名	9.11	1.25	7.26	1.11	7.21	1.39
勤 務 別	早朝勤務	10.20	1.58	7.43	1.10	5.55	2.07
	日中勤務	9.06	2.05	7.25	1.11	7.27	2.20
	夜間勤務	9.53	2.57	7.21	2.09	6.43	3.19
	深夜勤務	10.08	2.20	8.58	2.46	4.53	2.47

SD：標準偏差

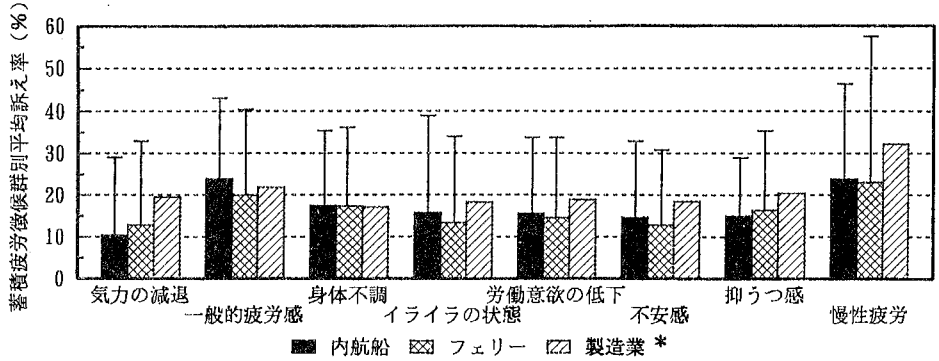


図1-5-1 蓄積疲労訴え率の陸上製造業作業員との比較

\* : 河越 他：蓄積疲労徴候調査 (CFSI) について、労働科学、1987

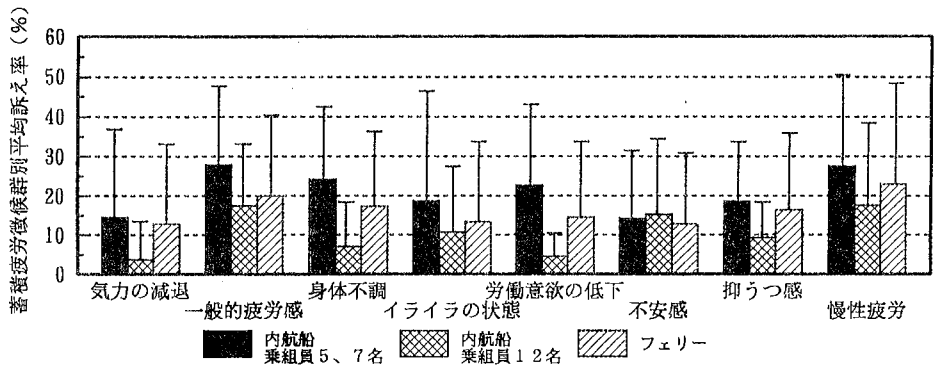


図1-5-2 蓄積疲労訴え率の船種別、乗組員数別比較

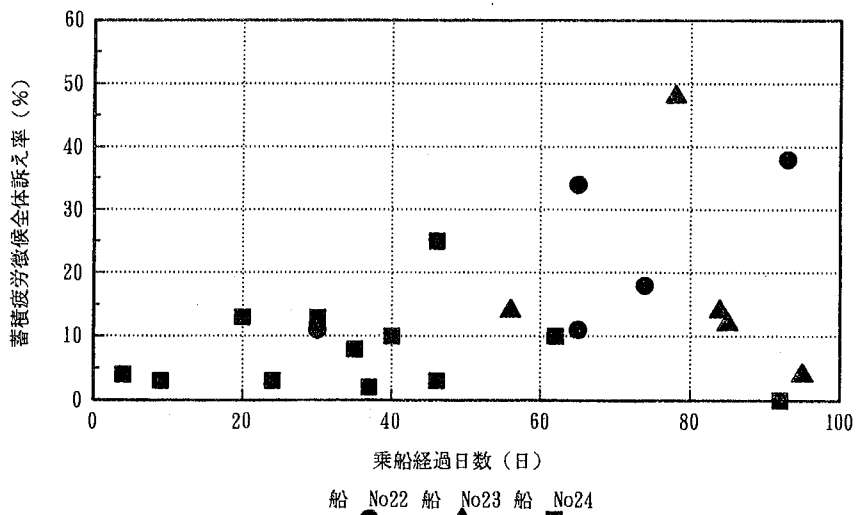


図1-5-3 蓄積疲労と乗船経過日数の関係

時刻帯別に平均を求めると図1-6-2、1-6-3のとおりである。ただし人数が少ない夜間勤務を除いた。早朝勤務群では、全体に疲労が強く、特に早朝の勤務時間帯とその後に疲労と

眠気が強い。深夜勤務群では、深夜勤務前と深夜当直時間帯に疲労と眠気が強い。眠気が強い状態での当直をしている。

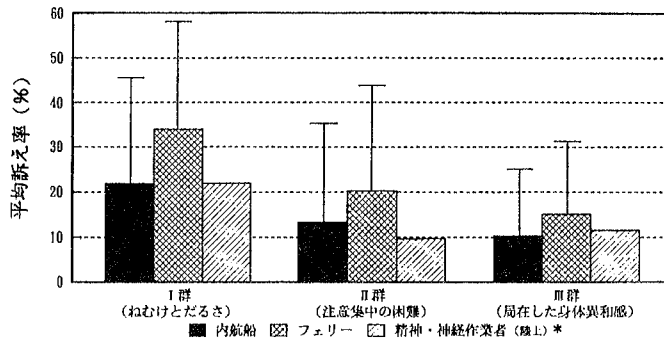


図1-6-1 疲労しらべ倦怠群別平均訴え率の陸上精神・神経作業者との比較  
\*労働科学研究所 編：現代労働衛生ハンドブック、1988

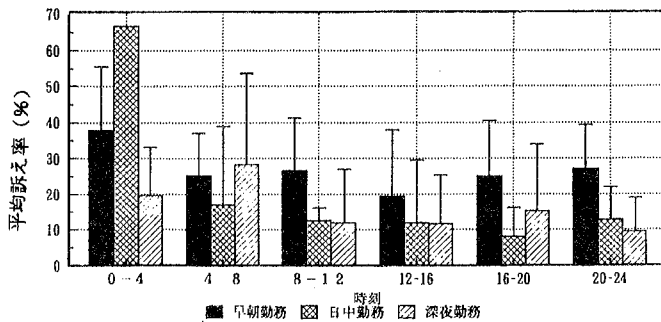


図1-6-2 勤務別疲労しらべ平均訴え率の推移較

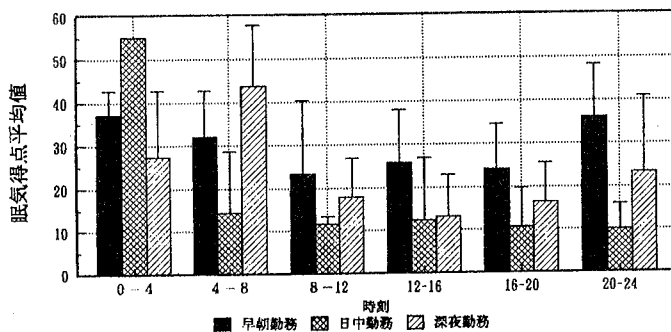


図1-6-3 勤務別眠気得点平均値の推移

## G 内航船の現場調査結果の検討

### 1 生活行動と主観的評価

生活時間は大きくは当直体制に依存する。2直制の場合には、長時間勤務と自由時間を少なくして睡眠時間を多くとっている。次いでタンカーか否かによって異なる。タンカーではほぼ全員が荷役当直しており、荷役日の勤務時間が多くなる。さらには、航路と待機停泊によって異なる。航路が大きく変わらない船では安定な生活時間となっており、危険物や棧橋の受け入れが少ないときには夜間に停泊が挟まり、それまで不足気味の休息時間を補っている。

蓄積疲労徴候はこれらの条件と乗船経過日数によって影響されている。一般に内航船はフェリーより強く、乗船経過日数が長いほど強い。一方、疲労しらの愁訴数はフェリーより少なく日内リズムも強い。早朝勤務群は全般に疲労が強く、深夜勤務群とともに、深夜から早朝の当直時間帯に眠気と疲労が強い。

### 2 個別作業のワークロード

入出港作業は、生理心理反応が大きい場合と小さい場合がある。通常は熟練した操船者がゆとりを持っておこなうことから、反応が見られないが、一端環境条件が悪化すると操船困難さが増して、著しい反応の増大があると予想される。そして、操縦が難しい大型船では、入港では次第に心拍数が上昇し、出港では変動が大きく次第に低下するというように、環境条件の他に船舶の操縦性によって負担反応が異なる。

当直中の心拍数は、全体的には、当直中に次第に低下して安定になる。このような心身

活動が低下して覚醒水準が低下した中であっても、時折上昇して、急に生じる作業に対処している。このような反応があるのは、過小ストレスによる眠気に戦って覚醒度を維持していることを示す。それを支えるものは、使命感や、いったん事故になったときの重大さなどの心理的圧力である。

荷役作業では、開始、バルブ切り替え、終了時には、バルブや監視位置の関係上4名以上が必要であり、短い間隔で発生するので、お茶などのわずかな休憩をとるだけである。身体活動は少ないが、気が休まらない長時間を過ごすことになる。そして、低温環境、強風、雨雪など環境条件では身体的にも負担が増す。

## 第II編 操船者ワークロード実験

### A ワークロード実験概要

#### 1 実験目的

操船作業では、航行目標、自然環境、および交通環境などの作業課題のレベルが影響して自船制御レベルの低下や、操船者の負担反応があらわれる。操船において、いかに負担が少なく信頼性を向上するかといった対策を探るには、負担の程度と作業課題のレベルを知る必要がある。しかし、現場では作業課題レベルを簡単に知ることはできない。そこで、実験的に与えた作業課題レベル、作業遂行レベル（達成度など）、及び作業課題レベルの関係を明らかにし、負担反応によって作業課題レベルを推定し、作業遂行レベルを推定する方法を検討する。

## 2 実験方法

操船作業中の負担反応の生理指標測定と主観的評価をおこなうこととした。生理指標は心拍数と皮膚電位である。皮膚電位は緊張や驚きなど精神的動揺によって変化する皮膚電位反応がある。そのうち振幅が大きいもの10個の波の平均値で評価した。主観的評価は操船の困難感、緊張、注意、および疲労の程度を、直線スケールに評定した位置から端までの距離でおこなった。主観的評価のデータの解析にあたっては、尺度の基準点に個人差があるために、各人の全試行の平均値からの偏差をみることにした。

操船作業課題は基本的な技能である航路操船と総合的な技能を要する港内操船について検討することとした。前者は、操船シミュレータに3変針点を有する航路を設け、操船者ができるだけ航路中央に船体を制御する航路操船課題での達成度と負担反応測定である。後者は、練習船の実際の港内操船と、それを操船シミュレータでおこなう場合の負担反応測定である。

## B 航路操船の生理心理反応と主観的評価

### 1 実験条件

航路操船の困難さは船体および航路の変針角度と潮流によって異なる。これらを指標化したものが操船困難度（E値）である。実験は表2-1に示すとおり、段階的に異なるE値のシミュレータ操船課題をいくつか与え、午前10時から12時間、間欠的に約20分間の試行を繰り返した。

### 2 操船と生理心理反応の対応

困難な航路操船課題の操作結果と生理反応は図2-1のようであった。偏位距離は航路中央から船体までの距離で、左を負、右を正とした航路からのずれを示す。約5分毎に正負が交代し、急激な変換点となっているところは航路の角にあたる。困難なほど偏位距離が大きく、最大で船体長を越える。回頭角速度は右回転が正、左が負である。変位距離と同様に变化するが滑らである。したがって、右にそれたときにはそれを打ち消す方向に回頭

表2-1 航路操船実験条件

日時	1995年8月18, 22日	1995年12月20日
場所	東京商船大学	東京商船大学
被験者	船長、2等航海士	2等航海士
船舶	L=180m, B=11.2m, V=12kt	L=180m, B=11.2m, V=12kt
航路	17イル毎3回変針 (困難度、E=16~75)	17イル毎3回変針 (困難度、E=16~75)
手続き	1ハク→20分休憩20分 4回繰り返し1時間休憩4セット	1ハク→20分休憩20分 3回繰り返し1時間休憩4セット

操船困難度

$$E = g_1 \cdot \sqrt{\Sigma \dot{\phi} / V} + g_2 \cdot \sqrt{\Sigma \dot{\phi}_c} + g_3 \cdot \sqrt{\Sigma D}$$

$\dot{\phi}$ : 回頭角速度、 $\dot{\phi}_c$ : 潮流に対する当て針路との針路誤差

V: 船速、D: 横偏位量  $g_1, g_2, g_3$ : 角変数の重み係数

しており、変針点を境に反対向きの回頭に変えられている。回頭角加速度はその大きさを示すために向きを無視した絶対値表示とした。変針点付近で大きく頻繁になる、そして困難な航路ほど大きい。

このような操船の前後に皮膚電位反応がみられる。そしてこの付近で心拍数の上昇もみられる。したがって、生理心理反応は操船動作に関係があると予想される。

### 3 ワークロードの生理心理反応と

#### 主観的評価

各試行の平均心拍数と皮膚電位反応の平均をもとめ、各被験者毎の総平均との差をもと

めた。そして、操船困難度が低、中、高レベル毎にそれらの平均をもとめて、操船困難度と生理心理反応との関係を示すと図2-2、3、4のとおりであった。各反応とも変化が小さい。心拍数は困難度が低いときより高い方がわずかに高いが、中程度の困難度で最高になっている。したがって、生理心理指標は、明らかな困難度レベルとの差はあらわれるが、この実験の程度を弁別する指標としては、何らかの解釈が必要である。操船困難度は困難度レベルに応じて上昇した。他の緊張の程度、注意の程度も同様であるが、疲労は困難度と無関係にばらついていた。

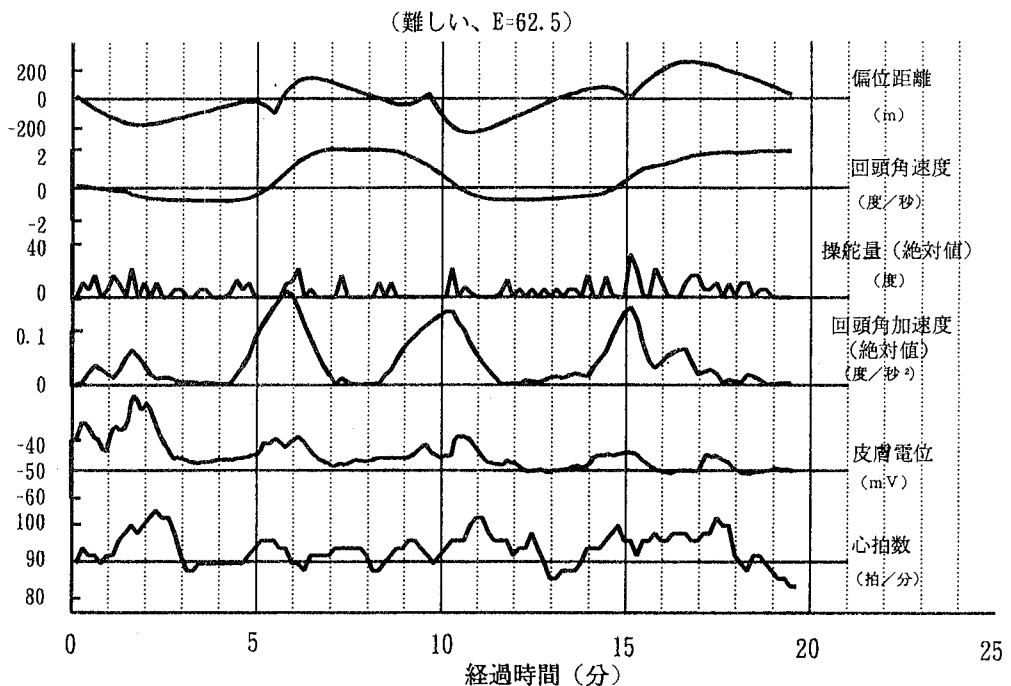


図2-1 航路操船時の船体運動と生理心理反応の推移



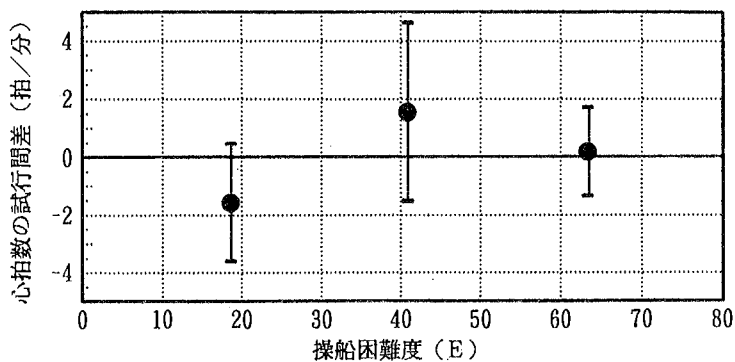


図2-2 航路困難度と平均心拍数からの各試行の偏差

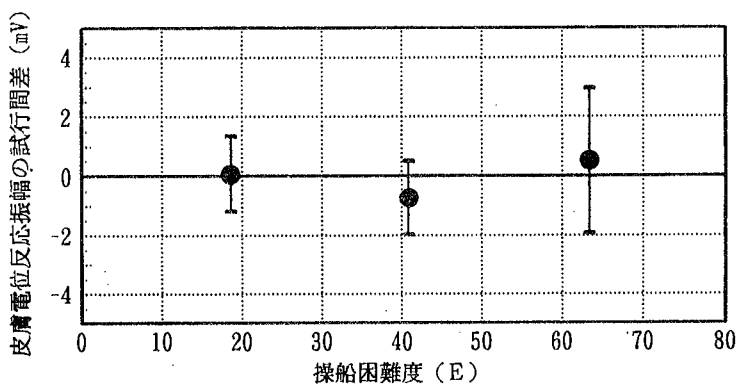


図2-3 航路困難度と皮膚電位反応振幅の全試行平均からの各試行平均の偏差

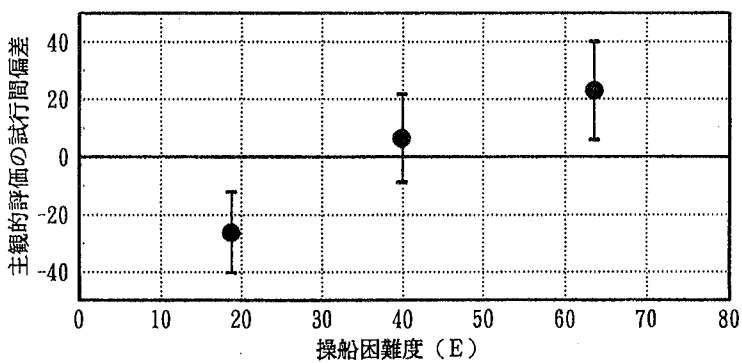


図2-4 航路困難度と主観的操船困難評価尺度の平均からの偏差

## C 港内操船の生理心理反応と

### 主観的評価

#### 1 実験条件

港内操船の負担反応の指標として、航路操船と同様の測定をおこなうこととした。実験対象となった練習船は、シリング舵、船首と船尾のスラスターという従来型の操船設備とジョイスティック・コントローラを備えている。実験は、これらの設備を利用した実船とシミュレータでの本船専用岸壁への着発操船である（図2-5-1）。

被験者の1名は実船とシミュレータ、他の1名はシミュレータ実験をおこなった。作業課題は、富山港の港界から専用岸壁への着岸と離岸操船である。

#### 2 操船と生理心理反応の対応

生理心理指標の評価は航路操船と同様である。出港して港界までの約20分間の試行結果と心拍数と皮膚電位の測定結果は図2-5-2上

のとおりである。出船着けのために大きく回頭し始めるときと、岸壁に進入するとき心拍数の上昇がみられ、その付近で皮膚電位の変化がみられる。

#### 3 操船パターンと生理心理反応および

##### 主観的評価の関係

平均心拍数を各パターン毎に一線に並べた散布図は図2-6のとおり、実船の一部で90拍/分を越えた。このときは、やや風が強く、降雪による視界不良が間欠的におこっていた。その他は安静時より約20拍/分多い80拍/分前後であった。別の被験者は90拍/分前後であった。

また、皮膚電位反応は図2-7のように、1名ではわずかにシミュレータのジョイスティック使用時に低いが、他の被験者ではばらつきが大きかった。試行別にみると、ジョイスティック・コントローラを使用した1回目は、他と同様であったが、2回目以降は変動が小さく

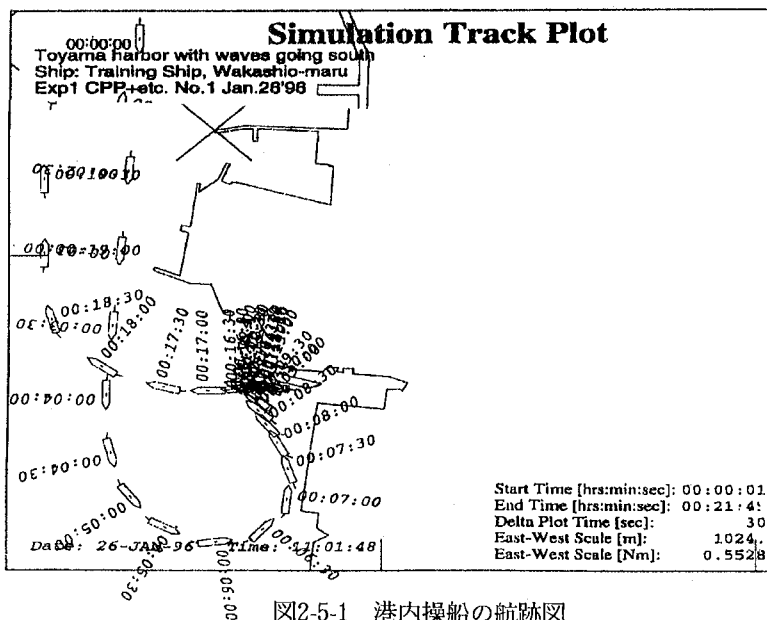


図2-5-1 港内操船の航跡図

なった。

困難さの主観的な評価は時刻による変化は小さかった。困難感の差違を各パターンを一線に並べた散布図に表すと図2-8のとおり、バラツキは大きいがおおよそ実船の方がシミュレータより高いことが分かる。そして、従来型とジョイスティック・コントローラは、実船では、同じ環境でおこなったもの同士では従来型の方が低い、シミュレータでは反対のようである。

## D ワークロード実験についての検討

### 1 生理心理指標によるワークロードの評価

航路操船において、生理心理指標は変針点付近で上昇する一時的変動が観察された。このレベルは試行期間全体のレベルに影響するだろうとして、平均レベルを比較したが、心拍数のわずかな上昇はあるが、困難度（E値）との直線的な関係にはならなかった。

このことは港内操船でも同様で、被験者が

ジョイスティック・コントローラの性能と慣れに不安感を持っていながらその明瞭な関係を明らかにすることはできなかった。ただし、やや強風で視界が間欠的に不良になったときの心拍数レベルは明らかに上昇した。

これらのことから、実験で与えられる困難さに対する反応は、一時的な変動はあるとしても、一定期間を通じた平均値でみると、他の要因による変動に吸収されて、明瞭な変化として評価されない可能性がある。しかし一方で環境条件の悪化に対しては大きな反応がみられることから、不測の事態による負担反応の明らかな指標ではある。

しかし、心拍数は身体活動でも大きく変化するので、他の指標によってその影響を捨象しなければならない。そのため指標と考えた皮膚電位反応は、その振幅に注目しても、困難度との対応は不明瞭であった。計算課題などの持続的精神活動では皮膚電位は変化するが、皮膚電位反応としては現れず、作業課

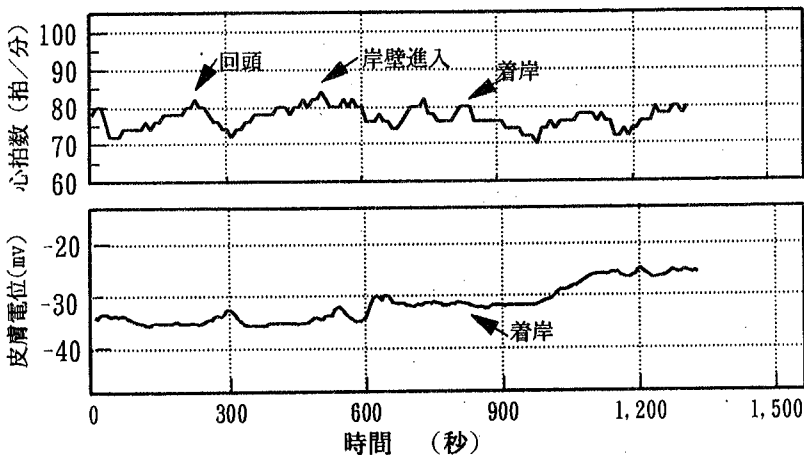


図2-5-2 生理心理反応

題全体を評価する上で問題があるかもしれない。

これらを総合すると、心拍数によって一時的な困難な操船場面、環境変化などの持続的困難さを評価できる可能性があり、皮膚電位は精神活動の低い中で発生した一時的な困難さを評価できる可能性があるといえる。これらの反応と、姿勢センサーと動作時の加速度センサーで身体活動量とを対応させることによって、操船者の大きな負担場面を検知でき

る可能性がある。

## 2 ワークロードの主観的評価

ワークロードの主観的評価は、比較的容易に実施可能であり、感度もよいが、基準レベルは個人の経験や心理的反応特性に依存する。そこで、この実験では、各人の平均レベルと各試行の差違を求め、困難度の設定値との関係をみた。その結果、困難度と主観的評価とは比例関係に近かった。しかしその方法でも、

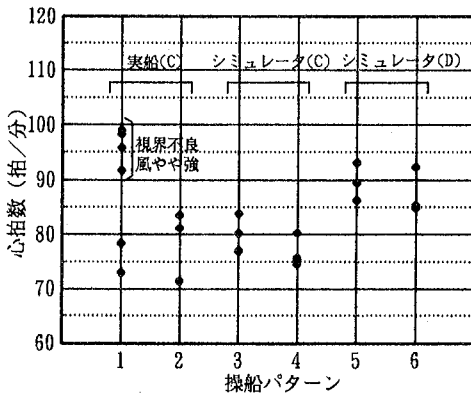


図2-6 操船パターン別平均心拍数

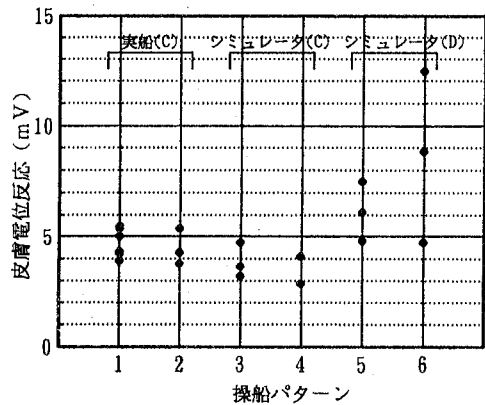
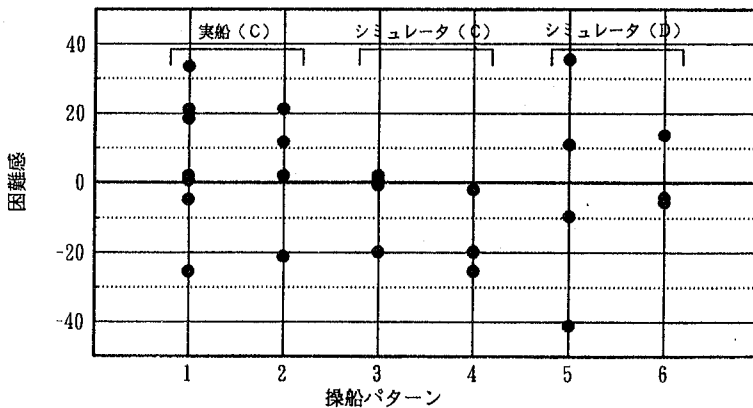


図2-7 操船パターン別皮膚電位反応



操船パターン

1~4 被験者C    1, 2 実船    1, 3, 5 従来型操船  
5, 6 被験者D    3~6 シミュレータ    2, 4, 6 ジョイスティックコントローラ

図2-8 操船パターン別主観的評価

ばらつきが大きく、港内操船では操船パターン別の困難度の差異を評価するのはやや困難であった。このことは逆に、設定された操船困難度と関係はあるが、その他の影響も受けていることになる。一定に設定したシミュレータでも異なることから、実行の成否など結果の反映が大きく影響している可能性がある。すなわち行為の結果に対する主観的認知が影響している可能性がある。その他にも、様々な影響が考えられる。

このような複合的ワークロードをいくつかの要素に分解して評価する米国のNASAが開発したTLXが有名である。しかし、抽象的表現の尺度への応答の難しさ、個人差が考えられるので、個別の場面を評価するには、繰り返し瞬時におこなえる手軽な方法が望ましい。その意味では、今回実施した困難感スケールによる評価法は広く利用されることが期待できる。

## おわりに

船員のワークロードに関する調査研究の2年度目にあたる今年度は、災害と海難の背景を知るために内航船、特にタンカーの現場調査を中心におこなった。そして、最近進められている内航船の近代化において、人と設備と環境の調和を目指した基礎的実験研究をおこなった。その概要は以下のとおりである。

内航船の生活パターンは、特定航路および自動荷役設備の専用船は別にして、当直制と運航に依存しており、繁忙時には長時間勤務と不規則生活時間の負担があり、その代償は夜間着棧禁止による停泊や荷役待ち時間、長距離航海などにおこなわれる。このような不

規則さに最も影響を受けやすいのは深夜勤務者であり、比較的睡眠時間を多くとって対処している。日々の疲労感はさほどでもないが、乗船日数が長くなるにつれて蓄積疲労の訴えが多くなる人が増える。

内航タンカーでは勤務の中で、荷役作業の占める割合が大きい。それは、ほぼ全員が従事するからである。その必要性は、荷役タンクの切り替え時には、バルブと液面監視に少なくとも4、5名必要なためであり、その作業が頻繁にあるからである。また、バルブ数も少なく、荷役速度も遅い場合でも、陸上業者が多人数荷役当直を要求する場合があるためである。最もこの影響を受けやすいのは早朝勤務者である。

入出港操船の負担は、大型船では大きいですが、小型船ではそれほどでもないことがうかがわれた。しかしそれは、巧みな錨と機関の利用、あるいはヒービングラインや係船索の取り扱いなど、熟練した経験があつてこそである。さらには、航海当直の見合い関係の解消では付近の船舶の動静の予測、船位の確認では周辺の地形の把握など多くの経験に基づく技能が駆使されている。

内航船の近代化は、これら勤務時間や技能をいかに支援し、快適な環境にするかが問題である。最近の航海計器、操縦設備はそのための有力なものである。それが現場にとって本当によいものであるかどうかを考慮しなければならぬ。その一つとして取り組んだのが操船者のワークロードに関する実験研究である。

航路操船の実験では、変針前後の操舵時期に生理心理反応がみられたが、試行全体の平

均反応レベルの差はわずかであった。港内操船の実験では、反転回頭と岸壁進入時期に生理心理反応の上昇がみられたが、試行全体の平均レベルでは、通常の作業の中での変化は小さく、環境の著しい悪化があったときに、平均心拍数の上昇が測定された。

一方主観的評価は、感度は良く、通常の作業でも困難さに対応していたが、基準値の個人差が大きく、同じ内容でも作業結果の認知が影響して、単にワークロードと結びつけられないことがあった。

以上の調査から知られたことがらは、まだフェリー5隻、内航船4隻の観察結果である。より包括的に現状を理解するには、さらに同様の調査を重ねることが必要である。そして、作業者のワークロードを評価し、評価結果を設備や環境改善に結びつける方法は、現場での混乱回避やコストパフォーマンスを知る上で重要なことであり、今回の実験研究を深化することが必要である。

〔本稿は、(財)海上労働科学研究所における平成7年度「船員のワークロードに関する調査研究—国内海上輸送における海難・労働災害の発生との関係について—(第2年度)」(担当:村山義夫、加藤和彦の要約である。〕