

Ⅲ. 船員のワークロードに関する調査研究(第1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

A. はじめに	67
B. 船員のワークロード研究について	68
1. 船員の災害と海難の概況	68
a. 船員の災害	68
b. 海 難	68
c. 安全をとりまく環境	68
2. ワークロードとは	69
3. ワークロードとヒューマンエラー	69
4. 船員のワークロード関連研究	70
C. ワークロード調査の試行	71
1. 調査目的	71
2. 調査方法	71
a. 調査対象	71
b. 調査項目	71
3. 調査結果	73
a. 船舶と乗組員の作業状況	73
b. 生活行動	74
c. 主観的評価	76
d. 生理反応	77
e. 調査法の評価	81
D. ワークロード調査研究の提案	82
1. ワークロードの要素と相互関係	82
2. ワークロード測定法	83
3. ワークロード評価法	84
4. ワークロード評価の生かし方	84
E. おわりに	85
参 考 文 献	86

A. はじめに

労働災害に対する取り組みは全般的には進展しているが、複雑な請負関係の事業での安全管理、外国人労働者やパートタイマー労働者の補償、過労による事故や突然死など、新たな状況への対処も要求されている。船員でも、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議論されてきた。

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、交代制勤務などの負担、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、このような仕事の状況を考慮した海難・労働災害防止対策を検討するために、航空機パイロットの「ワークロード」研究(航医実報告、1984)や疲労の研究などを参考に調査研究することとした。

B. 船員のワークロード研究について

1 船員の災害と海難の概況

a. 船員災害

船員の災害率（千人率、21.8）は、災害率が高い林業（同、31.4）に次いで多く、鉱業（同、21.5）に匹敵している。様態は、転倒（477件／年）、はさまれ（364件／年）、激突（320件／年）である（運輸省、1994）。これらは、物と身体の動きや狭い動作空間に起因しており、船舶の動揺と空間的制約が反映している。このような船舶の不可避的環境は、作業法や良好な心身機能をよくして防せがなければならぬことが多い。

b. 海 難

海難審判庁が認知した海難は11,360隻／年であり、裁決隻数は1,205隻である。このうち操船作業に関わる衝突と乗り上げ隻数は5,852隻であり、裁決隻数は837隻である（海難審判庁、1994）。このうち貨物船と油送船はそれぞれ3,168隻、371隻で、大部分は内航船であり、内航船約1万隻のうち約3割が衝突・乗り上げ海難に遭遇し、約4％が審判を受けていることになる。ちなみに営業用トラックの事故は約12.55％（運輸省、1977）である。

裁決の結果、海難の原因は、見張り不十分（延べ原因数の26.1％）、航法不遵守（同、11.1％）、居眠り（同、10.1％）など、9割以上が人為による事故とされた。平成4年度までの5年間の裁決事件3,985件のうち内航貨物船が関連した事件915件（1,005隻）の時刻別の海難隻数をみると、図1のとおり（海難審判庁、1994）きわだって深夜に多い。

内航船における当直作業の頻度は、図2の

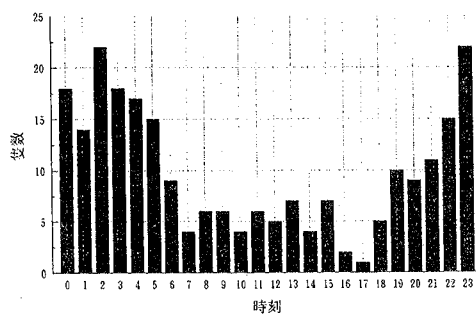


図1 時刻別海難隻数分布（海難審判庁、1994）

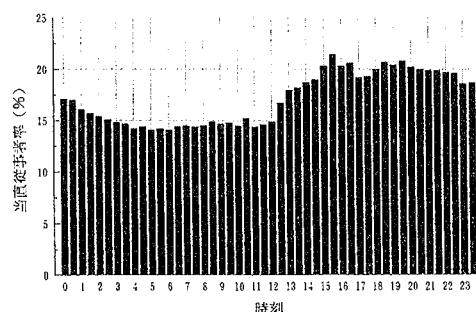


図2 内航船船員時刻別当直者率（海上労研、1984）

ように（海上労研、1984）、特に深夜に多いというわけではないので、深夜に事故を多くする別の要因が考えられる。もっとも強い影響を及ぼす要因は、深夜における当直者の心身機能低下である。例えば居眠りについて分析した結果（航海学会論文集、1993）、約1／3は明らかな睡眠不足であるが、睡眠不足でなくとも深夜に居眠り海難がおこっている。

これらのことは、人が原因の海難が多いこと、そして生理的現象と関連が強いことを示しており、これを防止するには単に注意を促す「精神主義的安全対策」の限界をこえて、人がエラーをおこす原因への対策が必要であることを示している。

c. 安全をとりまく環境

船舶は、1970年代に船体と機関、1980年代に制御機器と通信機器の進歩が普及し、ハー

ドの性能と信頼性が高まり、運航と安全管理が密になり、現在の海上輸送体制が確立された。反面、輻輳した交通環境、タイトな運航スケジュール、危険物輸送の増大などがもたらされた。同時に人員の省力化も進められた。他方、自然環境保全の要求の高まりや大規模事故の発生などから、安全についての関心が増してきた。したがって、高まるリスクポテンシャルとリスク管理の要求に対して、新技術や乗組員をはじめ関係者の努力で対処している状況といえる。

しかし、船員の省力化にともなって、新規船員の雇用ひかえと外国人労働者の配乗がおこなわれてきた。そのために、船員の高齢化と若年船員の育成困難な状況がおこっている。高齢船員は知識・経験、判断力、統率力などで力を発揮するが、筋力、知覚、疲労回復力などが低下するために、身体を使う作業や、不規則勤務と深夜勤務などは不向きである。また、経験不足の若年船員は、安定した能力を発揮することや、まれにおこる事態への対処は不得手である。

このようなことから、従来の経験にたよる安全管理から、船舶設備、航行環境、船員の資質、乗組員構成、運航管理の変化にともなう災害可能性を予想した災害防止対策を充実しておくことが重要となる。

2 ワークロードとは

労働は、ある環境で、課題に対して、それを成就しようとして心身機能を駆使し、成果を生み出す。この過程は、環境の負荷と仕事課題の負荷に適応しながら仕事を達成することであり、以下の模式図であらわされる。

国際標準化機構（ISO）では、ワークロー

ドを作業負荷と作業負担の二側面から定義づけている。すなわち、作業負荷とは、作業システムにおいて人間の生理的・心理的状态を乱すように作用する外的条件や要求の総量であり、作業負担とは、作業負荷が個人の特性や能力と関連して与える影響としている。

図3の要素をこれに当てはめると、作業負荷は仕事課題と環境負荷、作業負担はパフォーマンスと負担反応であり、ワークロードはこれら変数が複雑に関係し合う以下の関数であらわされる。

$$WL = F(T, L, R, P) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $F(\quad)$: T、L、R、P要素変数の関数

3 ワークロードとヒューマンエラー

自動車事故や先に示した海難にみられるように、時刻別発生率が深夜に著しく多くなることなどから、人のエラーと心身状態は密接な関係があることは明らかである。また人の能力と課題の質や量とも密接な関係がある。例えば、深夜に長い緊張した操船の後に眠気が増したときに、高い能力レベルが期待されると、過大なワークロードとなってエラーをおこしやすい。逆に、低く過ぎる期待は、作業遂行の動機が弱くなるために、手抜きや気をそらしたりするためにエラーをおこしやすい。このような人の弱点を整理すると表

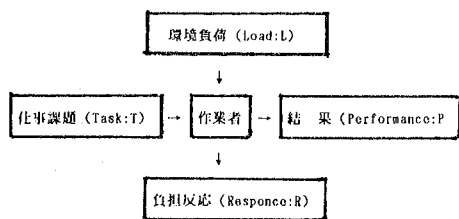


図3 人の労働過程

1 のようである。

4. 船員のワークロード関連研究

ワークロード調査研究の参考になる既存の報告には以下のようなものがある。

①「海上労働の特殊性にもとづく労働の評価法に関する予備的研究」(海上労研、1981)

は、労働の疲労研究法を概観し、これまでに海上労研でおこなわれた海上労働の負担研究を紹介している。海上労働の負担要因を、仕事の性質にかかわること、物理化学的環境にかかわること、1日24時間連続的に拘束されていることにかかわること、食事が楽しめないことにかかわること、入手できる情報のひろがりか狭いことにかかわること、その他の要因に分け、これらが複雑にからみあって疲労しやすく回復しにくい状態であることを指摘している。

②「海難原因の科学的解明に関する研究会報告書」(海難審判庁、1981)は、鉄道、航空機、船舶の安全専門家等が研究成果を持ち寄りながら、海難についての問題点を討議した報告書であり、海難の要因全般を見渡す上で参考になる。

③「内航船員の労働と生活に関する労働科学的調査」(海上労研、1984～1986)は、内航船の運航、船員の生活時間、居住設備、騒音環境、有害物環境などの調査結果を報告しており、内航船船員の船内生活時間と労働環境が理解できる。

④「Work at sea :a study of sleep, and of circadian rhythms in physiological and psychological functions, in watchkeepers on merchant vessels IV.

Rhythms in performance and alertness」(Occupational Environmental Health、1988)は、主に生体リズムにともなう心身機能の変動を問題としている。ここで心理機能測定法として文字抹消テスト、レーダーでの避航判断を模した「ベクトルテスト」が行われた。結果は、錯誤は少なく、時間的変化がややみられた。

⑤「技術革新に伴う海上生活の変化に対する船員の適応に関する研究」(海上労研、1990)は、船員の負担が現れる興味ある場面として、時差が伴う航海を対象に、代表的な心身機能の生理心理学的測定法によって昼夜リズムを

表1 人間の弱点(林、1984)

① 錯誤・錯覚があること←人間エラーのもと
② 疲労すること(短時間で)←体力の限界
③ 機能の恒常性に欠けること←ばらつきがある。正確さの限界
④ 速度・スピードに限界がある。←0.2秒程度の反応時間がある。
⑤ 環境に対して許容限界をもっていること。
⑥ 感情に左右されやすい。
⑦ 割合、固定化した生理的リズムをもっていること。
⑧ 居眠り・不注意などの欠点をもつ。
⑨ 情報処理能力の限界→情報伝達容量の限界

明らかにした。

以上のように、背景、調査方法についての報告はあるが、船員の心身状態や労働災害・海難とワークロードの関係を直接結びつける報告はまだ少ない。

C. ワークロード調査の試行

1 調査目的

労働災害・海難は人のエラーによっておこることが多いことから、エラーをおこす人の状態と環境の関連性を、心身機能の変動と作業困難性から検討することとし、初年度にあたる今回は、これらの検討に有効な観察方法、測定方法、質問紙調査法を確立することを目指す。

2 調査方法

a. 調査対象

研究メンバーが同じ場面を経験して研究法を検討し合うために、複数で同乗する必要があることから、沿岸フェリーを調査対象船とした。

第1回は3月4～5日に日本海でA船を対象に5名が乗船して調査した。本船は就航1年目の新鋭船で、バウスラスター2機、ジョイスティックコントローラを装備している。乗

組員（運航要員）は25名で、約20日乗船し10日休暇を繰り返しながら、同一船に配乗される。

第2回は3月6～7日に北日本太平洋沿岸でB船を対象に2名が乗船して調査した。本船は1万1千総トン、バウスラスターと2軸の主機の操作装置が両ウイングに、カラーレーダが船橋中央前面にある。乗組員（運航要員）は19名で、約20日乗船し10日休暇であり、多くの船に配乗される。

第3回は3月15～16日に太平洋東海沿岸でC船とD船を対象に5名が乗船して調査した。C船は、2軸、バウスラスター1機備えている。乗組員（運航要員）は17名で、約7日乗船し4日休暇、多くの船に配乗される。D船は高速船で、2軸の主機、バウスラスター1機を備えている。乗組員（運航要員）は14名で、配乗はC船と同様である。

b. 調査項目

(1) 乗組員の作業状況

①船舶諸元、②設備、③乗組員構成、④運航パターン、⑤就労体制、⑥作業概要、⑦負荷要因について、船長に対するヒヤリング調査をおこなった。「作業」と「環境」別に以下のように分類し、航海、入出港時に

表3 作業観察項目

		①作業		
		監視	操船	管理
② 環 境	航海環境	—	—	—
	設備	—	—	—
	人	—	—	—

①作業

- ・監視 : 船位測定、計器監視、見張り、他
- ・操船 : 保針、変針、避航、接岸、他
- ・管理 : 代理店、航行管制、情報、貨物、他

②環境

- ・航海環境 : 天候、航路幅、標識、障害物
輻輳、見合い、他船行動、他
- ・設備 : 操縦性能、航海計器、機関設備、他
- ・人 : 技能、人数、配置、他

調査員が、観察記録した。

(2) 生活行動調査

第3回調査において、①勤務、②自由時間、③睡眠の時間を、各人が2日間にわたって記入した。

(3) 乗組員の心身状態について

①蓄積疲労徴候調査（第1日夕食時に記入）、②疲労調査（約4時間毎に記入）、③眠気調査（約4時間毎に記入）、および④ワークロード評価調査（当直中と終了時に記入）を、自記式調査表によっておこなった。

(4) 生理指標

当直者に生体電気記録装置を装着し、①

体温（脇下皮膚温）、②心拍数、③筋電位、④脳波、⑤皮膚電位または抵抗値、⑥眼球運動を測定した。

(5) 作業能の心理学的測定法

操船者による模擬レーダー像での衝突判断（ベクトルテスト）、および2桁数の減算課題を5秒間隔で3分間試みた。仕事の負荷と能力（余裕能力）は、時間と誤答率によって下図のように評価される。

(6) 調査時機

調査は原則として表4のスケジュールにしたがっておこなった。

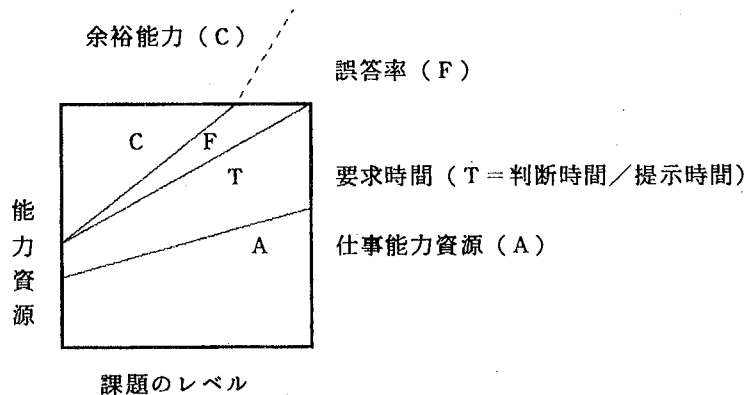


図4 作業能の評価

表4 調査スケジュール

	第1日		第2日	
	N	M	N	
①乗組員の作業状況・船舶と乗組員状況	○			
・作業分析	◎◎◎	◎◎◎◎◎◎		
②生活行動調査	○ ○		○ ○	
③主観的評価		○		
・蓄積疲労				
・疲労調査	○○○	○○○○○○○		
・眠気調査	○○○	○○○○○○○		
・仕事評価	○	○	○	
④生理・心理測定	●●●	●●●●●●		

(注) N：正午、M：0時

◎：観察者が、観察して所定の書式で記入

○：対象者が、4時間毎に調査表に記入

●：各時刻帯の当直者を被験者に測定

3. 調査結果

a. 船舶と乗組員の作業状況

(1) 第1回

早朝に入港して休息し、出港前2時間荷役し、1時間弱出港作業をおこなった。その後、4時間交代の当直である。ただし時間帯は1往復航海ごとに、航海士は時計順に、甲板部員は逆順に当直時間帯が交代する。機関士は4時間当直で、機関部員は日中に作業する。約3時から4時まで入港作業し、約1時間荷役作業をした。気象海象は、風力2~3、出港後しばらくの間雪の外、おおむね良好であった。出港作業は船長がウイングでほとんど操作していた。航海当直は、北海道沿岸まで行き合い船がほとんどなく、熟練した部員の支援のもとに単調な見張り作業であった。水域に余裕があり、速力も80%（約20ノット）で運航のために、早めに避航していた。

(2) 第2回

出港前2時間荷役し、1時間弱出港作業をおこなった。甲板部の当直は4時間交代で、時間帯は外航船と同様である。機関士は4時間当直で、機関部員は日中に作業する。気象海象は、晴、風力2で全般に良好であった。出港作業は船長がウイングでほとんど操作した。船長の操船海域では、カラーレーダを頻繁にみていた。航跡表示が見合い判断に便利とのことであった。しかし感度が悪く、一般の海域では使用できない。航海当直は熟練した部員の支援のもとに単調な見張りであった。水域に余裕があり、速力も70%前後（約18ノット）で運航のために、早めに避航していた。犬吠埼まで行き合い船が少なく、そこから漁船の横切りと内航船の同航、反航船が増えた

が、浦賀水道と東京湾ではこの水域には行き合い船が少なかった。暖かく単調な見張りが続いた。約14時に浦賀水道航路に入り16時に入港するまでスタンバイ状態であり、引き続き約1時間荷役作業をした。

(3) 第3回

C船では、出港前1時間荷役し、1時間弱出港作業と羽田沖投錨をおこなった。出港作業は船長の指示に従って、2軸と操舵の複雑な操作の号令に対して慣れた航海士と部員が操作を予知しながら対応していた。0時半、抜錨スタンバイから浦賀水道通過までの船長の操船に続いて、航海士が入港までの約4時間当直した。当直時間帯は輪番で非固定である。機関士は4時間当直で停泊時に部員が作業している。気象海象は、晴、風力2で全般に良好であった。航海士の当直中は行き合い船は少なく、数マイル離れて南行船が数隻あった。航海当直は熟練した部員の支援のもとに単調な見張りが続いた。避航が難しくならないうちに早めに避航していた。勤務以外の行動は、休憩時間が細切れで、休めるときに休んでおく状況である。航海士は入出港以外は当直時間に応じて休んでいる。

D船では出港後と入港前に船長が操船し、他は一等航海士が操船した。この間、曇、風力3、御子元島航過の横切り船が数隻あった。本船は速力が速く相手船はほとんど避航しないので早めにかわっていた。短距離航海を繰り返し夜間は停泊する。整備作業は停泊時間帯におこなう。

(4) 船舶と乗組員の作業状況のまとめ

3つの調査における船橋当直作業の困難さを、経験的に、高いレベルを入出港や海気

象不良、中が輻輳海域や狭水道、低が天候良好な一般海域に大きく区分し、さらに航行船の状況から、高、中、低に分けると、それぞれの調査は、第1回は低の低、2回は低の中、3回は低の高のように感じられた。

入出港操船では、ジョイスティックコントローラの習熟にかなり努力し、自在に使用できるようになっていた。ただし、タグと併用すると、タグを引っ張ることや船体の推力がつかみにくなるなどの難点が指摘された。このコントローラは、推力と舵の一元的な制御による船体のコントロールを追求しており、実際の外乱や作業時間の節約には弱点があるという発展途上の装置であり、今後は操作者の立場での改良が必要になる。

第2回調査の船ではカラーレーダが港内や狭水道航行で頻繁に使用された。航跡がカラー表示で分かりやすく見合い判断が容易なためである。ウイングにあるスラスタと2軸の操作装置は、全速に近い推力で使い分ける。

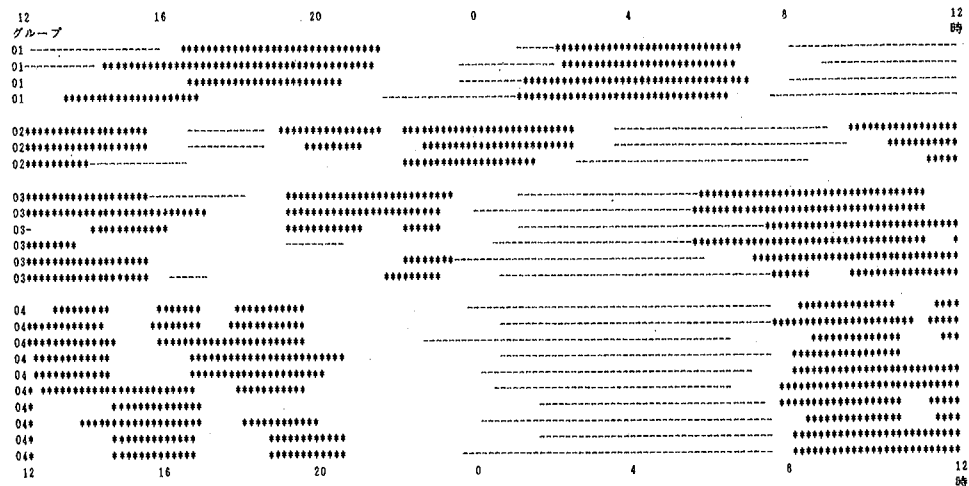
早い反応をもとめるためのようである。他の船長も反応が緩慢で使いにくいことを指摘している。離着岸操船は、アナログ的制御よりデジタル的制御がやり易いようである。

第3回調査を含め、一般に、入出港時の情報は多く、約10秒に1回以上ある。岸壁との距離など状態把握のための情報が多い。船尾の視界がなく船尾からの情報が必要なためである。情報処理の負荷も無視できない。報告される情報のうち不要な情報は無視されが、受信者の情報の選択能力によって負荷が違う。発信者の必要性判断能力も負荷に関係がある。

航海では、全般に余裕をもった速力で運航されているために、航法上の見合い関係が生じる前にゆとりをもって避航しており、強い精神的な緊張場面はほとんどみられない。

b. 生活行動

生活行動調査は、C、D船の運航要員に対しておこなった。C船は短距離の寄港地を終夜連続して航海する船であり、D船は短距離



グループ 01：早朝勤務、02：深夜勤務、03：夕方勤務、04：日中勤務
 行動 * * * * *：勤務、----：睡眠

図5-1 生活行動パターン

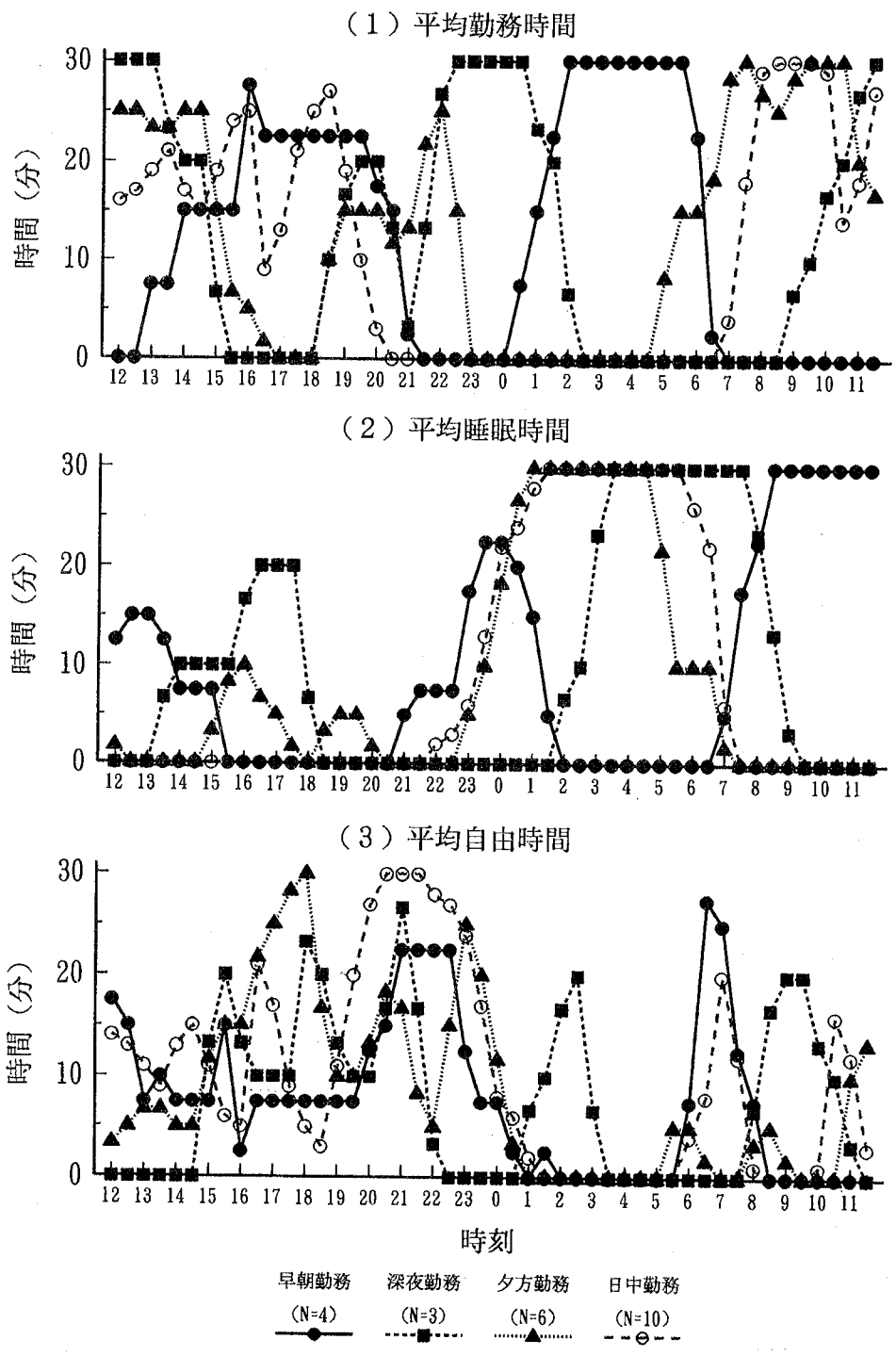


図 5-2 各行動の時刻帯別 (30分間隔) 平均時間

の2港間を日中だけ繰り返し航海する船である。C船では早朝、深夜、深夜までの夜間勤務がある3群に分けられ、D船は全員日中勤務である。それぞれの群の人は互いに似通った生活行動をしている。早朝、深夜勤務群は、その勤務前に仮眠をとっている(図5)。

C船の平均睡眠時間は深夜勤務群、早朝勤務、日中勤務、夕方勤務群の順で多い。この序列は平均勤務時間と逆になっているが、自由時間が多いこと、D船では勤務時間が少なく睡眠時間も少ないことから、勤務時間が睡眠を制限するというより、睡眠時間帯の違いによる睡眠の効果が影響していると考えられる(表5)。

生活行動別の継続時間長さ別の一人あたり平均回数分布は図6のとおりである。C船では、3～6時間の勤務を1回ずつ合計8時間弱の勤務であり、早朝勤務群、深夜勤務群の睡眠は5～6時間と2時間前後の仮眠に分かれており、夕方勤務群は7時間前後の睡眠が1回である。D船では、2時間前後の勤務を繰り返す人と数時間の勤務と短時間勤務が混じった人がいる。睡眠はほとんどが7時間前後を1回とっている。

c. 主観的評価

蓄積疲労徴候の応答数は、陸上に較べて少ないが、一般的疲労感、身体不調は同じ程度である(図7)。応答数は年齢が高いほど少ないことが分かっており、職場の雰囲気や調査の目的にも左右されることが考えられるので、単に応答数の多少をみるのではなく、徴候群から分かる疲労の様態に注目する必要がある。この観点からすると、精神的徴候より、身体的徴候が注目される。

疲労しらべの結果、いずれの疲労群も比較資料より訴えが多い。上記の蓄積疲労とのかねあいと解釈すると、精神的影響より身体的影響の強さが指摘される(図8)。

表5 生活行動別平均時間

グループ		(単位:時・分)		
		睡眠	自由	勤務
早朝勤務	平均	7.43	6.13	10.05
	S D	1.02	1.20	0.54
深夜勤務	平均	8.00	6.07	9.53
	S D	0.24	2.33	2.57
夕方勤務	平均	6.45	6.37	10.38
	S D	0.43	2.17	2.33
日中勤務	平均	7.02	8.09	8.49
	S D	0.46	1.22	1.07

S D : 標準偏差

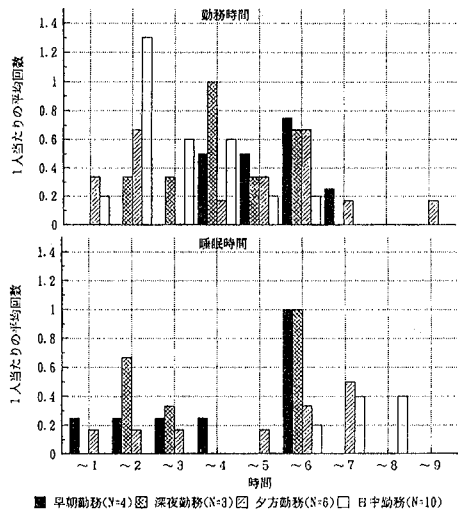


図6 各生活行動の継続時間階級別平均回数

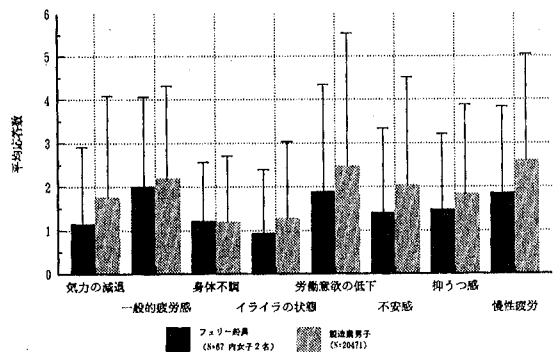


図7 蓄積疲労徴候群別平均応答数

時間帯別の推移をみると、全体として生理的リズムにしたがった変動がみられるが、変動中は比較的小さい。これは、一部に生理的なリズムとずれた行動があって、一般的な休憩時間帯が勤務であったりするために、一般的な生理的リズムに従わないことがあり、全体としてリズムの振幅を小さくしていたとみられる。この傾向は、疲労スケールの推移、眠気評点の推移にもみられる（図9、10、11）。

仕事評価は、船橋当直終了後に、当直作業の困難さを評価したものである。T5（目や耳を鋭敏にする必要）、T8（疲労）、T11（注意を集中する必要）が、やや感じられ、T4（頭を使う必要）、T6（身体に負担）、T7（緊張）が、かすかに感じられた程度である（図12）。したがって、感覚、注意、疲労の反応はあるが、せわしさ、いらだちなどの緊迫した心理的な影響は少ないようである。負荷の内容別に反応の程度が異なること、反応のばらつきが大きいことから、この調査によって、仕事の内容、個人差や状況による変化を評価できる。

d. 生理反応

生理指標の解析プロセスは以下のとおりである。皮膚抵抗値は5秒毎の測定値、心拍数は心電のパルス間隔から求めた5秒間毎の平均値、眼球運動は微少なものを除いた運動回数5秒間平均値、筋電は5秒間の積分値である。

(1) 生理値の変動

航海士（C船）の深夜当直中の生理反応は図14のとおりである。10秒間前後の細かな動揺と1分間前後の変動をしている。細かな動揺は、体の動きによっておこる基線の動揺に

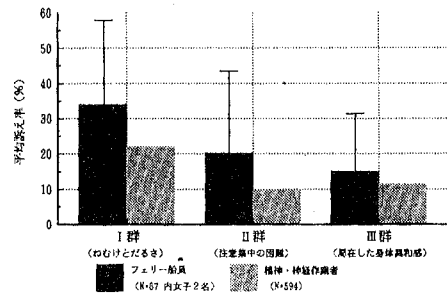


図8 疲労しらべ愁訴群別平均訴数

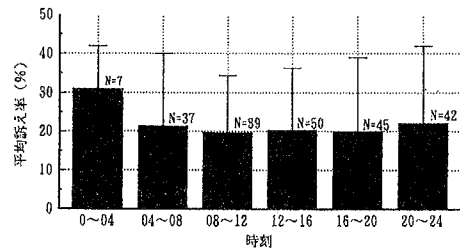


図9 時刻帯別疲労訴数の推移

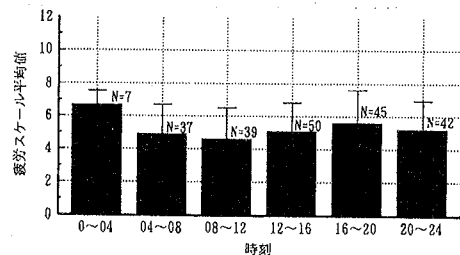


図10 時刻帯別疲労スケールの推移

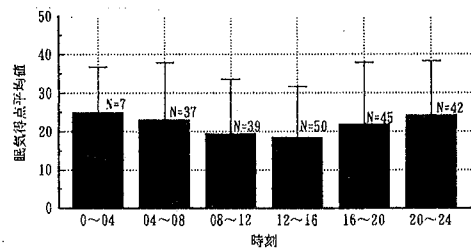


図11 時刻帯別眠気評点の推移

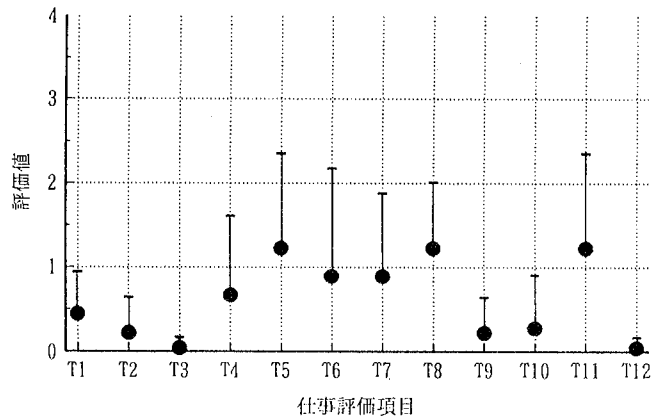


図12 船橋当直仕事評価平均値

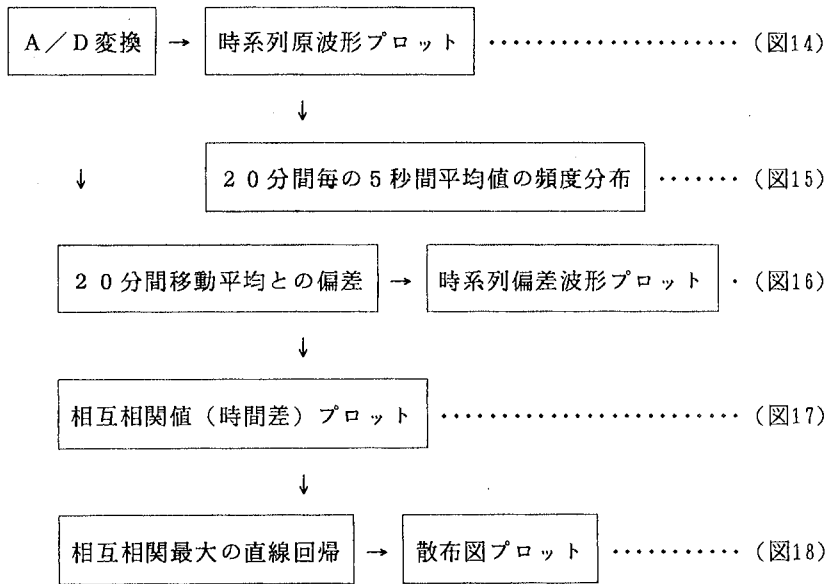
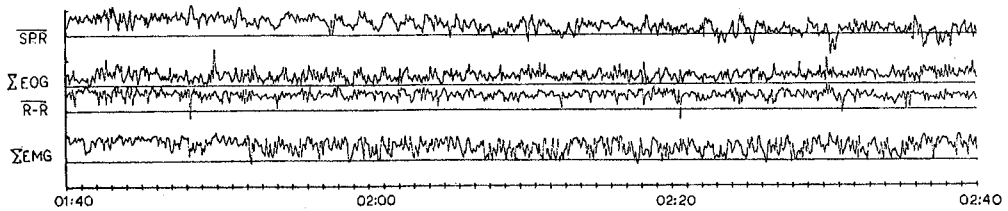


図13 生体電気現象分析フロー



SPR : 皮膚抵抗値、 Σ EOG : 眼球運動頻度
 R-R : 心拍間隔、 Σ EMG : 筋電積分値

図14 生体電気現象(原データ)の推移

よっておこるノイズが影響している。1分前後の変動は心身状態の変化とみられる。この結果から、5秒間平均値を求め、20分毎にレベル階級別の度数分布を求めると図15のとおりである。当直を引き継いでしばらくの間は、行き合い船も多く、機能が亢進してい

るが、しだいに機能が低下している。心拍数レベルは高い状態から徐々に低下し(図15-1)、皮膚抵抗値は低い状態から高くなり(図15-2)、筋電位は3時から急に低下している(図15-3)。ただし、眼球運動はあまり変化していない(図15-4)。

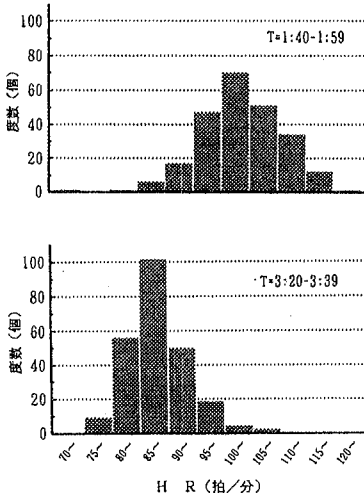


図15-1 心拍数レベル別頻度分布の推移
(5秒間平均R-R間隔からの平均心拍数：回/分)

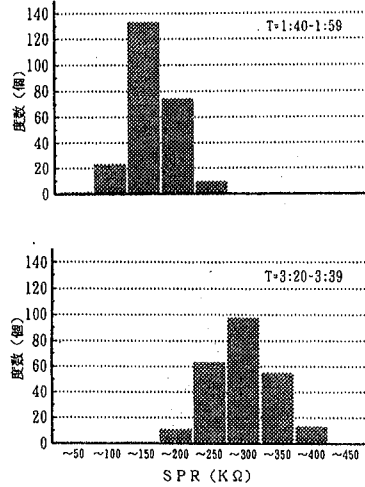


図15-2 皮膚抵抗値別頻度分布の推移
(5秒間平均 キロオーム)

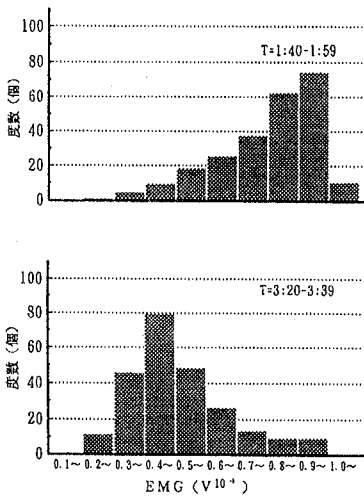


図15-3 筋電積分値別頻度分布の推移
(5秒間平均 mV・sec)

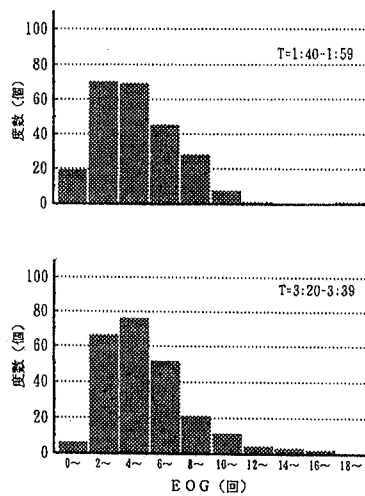


図15-4 眼球運動回数別頻度分布の推移
(5秒間あたり回数)

(2) 生理指標間の関係

各測定値から、20分間の平均値からの偏差をもとめ、各測定結果とも同程度の変動を示すように重みづけをおこなった。結果は図16のように一定値からの変化量だけが示される。ここで、添え字mは、平均からの偏位量に重み付けした値であることを示す。ある時間差dtの2つの測定値の偏差 $Y_1(t)$ 、 $Y_2(t+dt)$ を乗じた値の総和(相関モーメント)Mから、この値と時間差の関係は図

17のとおりである。また、この結果から得られた、最も関連性が強い時間差を与えた二つの値間の相関関係は図18のとおりである。

筋電と皮膚抵抗はほとんど時間差がなく弱い相関がある。心拍は皮膚抵抗より55秒遅れで相関が大きくなるが相関のレベルは低い。筋電は皮膚抵抗より10秒ほど先行した時間差のときに相関が大きくなるが相関のレベルは低い。眼球運動と筋電および心拍はあまり時間差がないときにモーメントは増すが、相関

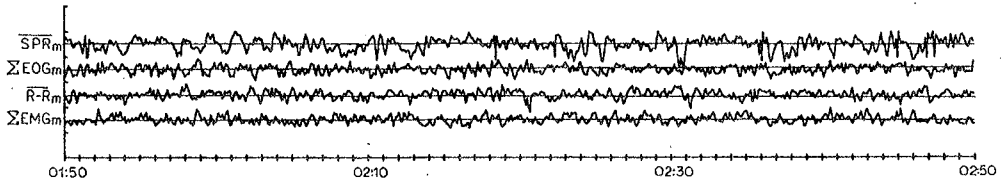


図16 生体電気現象(平均偏差)の推移

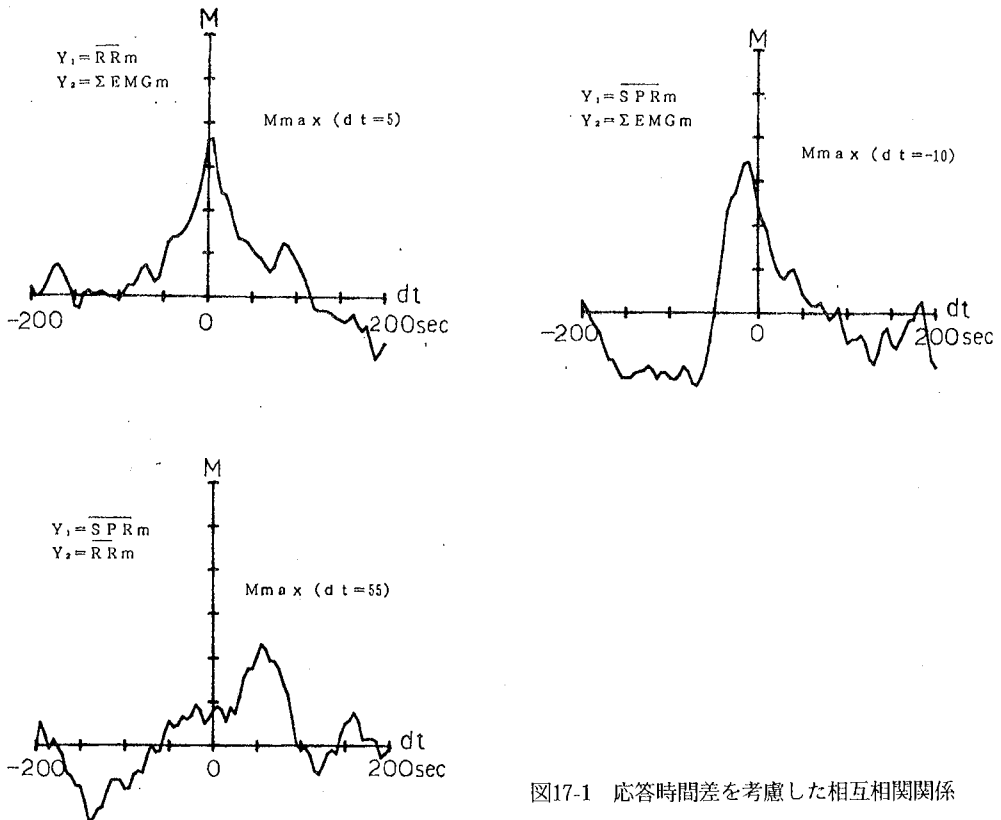


図17-1 応答時間差を考慮した相互相関関係

はほとんどない。眼球運動は皮膚抵抗より20秒早いときにモーメントは高くなっているが相関はない。

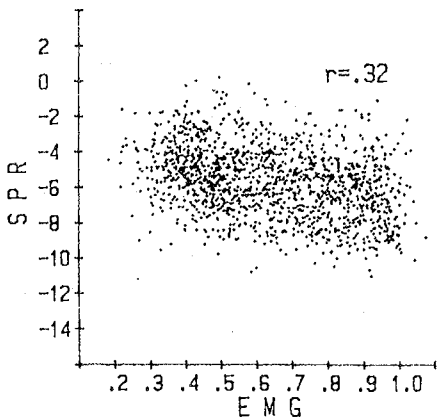
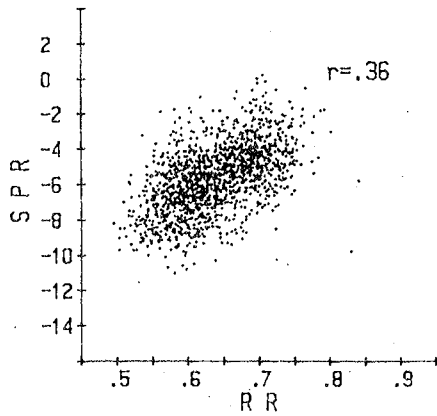
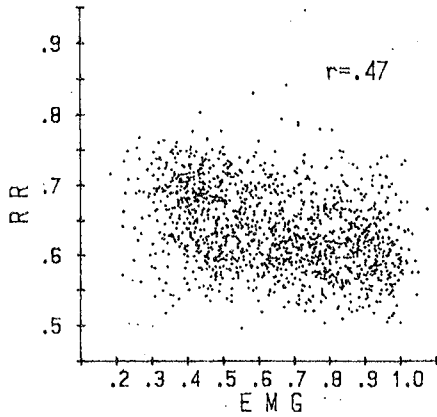


図18-1 生体電気現象間相関図

e. 調査法の評価

(1) 作業分析法

作業分析は、観察し得る動作がデータとなるが、特に操船などでは動作が少ないので、精神的負担の主観的評価や精神生理指標とあわせてみる必要がある。そのためには、動作の記録はある程度簡略化して、負荷となる環境や対象を記録することが重要である。記録は、動作と対象と環境の合計3項目について、1分毎と特別な変化があるときにおこなうのが、一人で1名の対象者を記録する目安になる。

(2) 生活行動調査法

生活行動調査は、自記によるので対象者の負担は大きい。運航スケジュールに大きく左右される船内生活を理解する上ではもっとも重要な調査といえる。このような生活の特徴をよく理解するには、ある程度長期の記録を得て、単に時間数だけでなく、時系列的に分析して、とくに連続時間や時間数の変動に注目する必要がある。

(3) 主観的評価法

蓄積疲労徴候調査表は疲労の様態の特徴を明らかにし、疲労しらべは疲労の程度、生理的リズム、さらには勤務時間帯の影響によるリズムの変調も明らかにする。疲労スケールと眠気も同様である。仕事評価は、せわしさ、いらいらなどは少なく、感覚、疲労、注意などが多いというように、仕事の負荷の内容を明らかにするとともに、反応のばらつきによって、個人差や状況の差も明らかにできる。

これら主観的評価法は感度はよいが、対象に負担をかけることと個人差が大きいという欠点がある。したがって、単純な形容の尺度

法にして記入の負担を減らし、他の客観的測定指標と照らして個人差を消去する方法がよい。

(4) 生理指標

眼球運動は、頻繁であり、粗密の変化がみられることから、視覚機能活動の指標になる。皮膚抵抗は、刺激への反応とみられる約1分間の波動が断続的にある。また、長期的な抵抗変化は覚醒度の指標となる。筋電は、頻繁で、立位保持の筋電が含まれたと思われるので、増幅を小さくして歩行の筋電と弁別する必要がある。心電は体動のノイズを除けば評価は簡単であるが、身体的反応と精神的反応が混在する。心拍数と心拍間隔の変動、および他の指標との関係を分析することによって、豊富な情報が得られる可能性がある。体温は、覚醒していても日内リズムがみられるので、身体的活動水準のベースとしての指標になる。脳波は、前額では眼球運動ノイズが大きく分析不可能であった。電極部位を頭部にする必要がある。

生理指標は、ノイズが入らないようにすること、入った場合には適当に除去することが必要である。そして、いくつかの指標を組み合わせることによって、身体的負担と精神的負担を弁別できる可能性がある。そして、作業の内容や環境を同時に記録して、生理指標の変化と関連づけることによって負担の要因が明らかにできる。この方法は、調査対象者に対して装置を装着する負担を与えるだけで仕事に影響をおよぼさない利点がある。

(5) 作業能測定方法

実際の操船は、法的見合い関係が生じる以前に航法の原則とは別に避航しているため、

模擬レーダー画面の避航課題は非現実的との指摘があり、あえておこなうと必ずしも航法にしたがわないため評価が難しくなる。5分間の減算課題に対しては、完全に主作業を中断して答えるが、かなり間違いが多く、成績には努力の程度が大きく左右する。この上に避航操船課題を課すことは無理である。したがって、心理学的作業能測定を現場でおこなうには、理解しやすく、容易な方法とする必要がある。

D. ワークロード調査研究の提案

1 ワークロードの要素と相互関係

人のエラーはパフォーマンスと密接な関係にあり、それに左右する環境負荷や、適応などの心身反応と関連がある。基本的な関係は以下ようになる。太線の関連は研究が多く、細線は研究が少ない分野である。

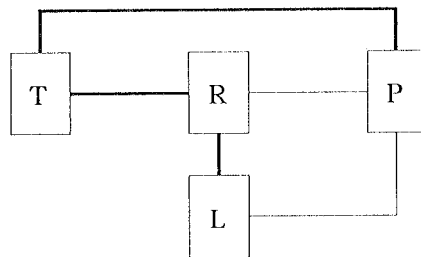


図19 ワークロードの要素の関係と研究の動向

ここで、T：タスク、L：環境負荷、
R：反応、P：パフォーマンス

本研究の主題は、パフォーマンスの不調による災害の発生要因を探ることであるから、各ワークロードの要素とパフォーマンスへの影響を明らかにする必要がある。

橋本は、意識が清明で期待どおりの水準の能力容量の場合がフェーズⅢ (normal-clear)、

通常がⅡ (normal-relax)、意識の低下によって能力容量が低下した場合がフェーズⅠ (subnormal)、意識が働かない状態がフェーズⅢ (無意識)であり、これにしたがって作業の信頼性が低下することを明らかにした。また、ラスムッセンは、タスクの処理レベルを熟練ベース、ルールベース、知識ベースといった3段の階層をなしていることを示した。操船などの作業は精神作業であるから、タスクの処理レベルをこの階層で序列化でき、従事する意識のフェーズによって信頼性は決定される。

信頼性は期待される作業水準を達成しているかどうかであり、「達成率」の程度といえることができる。また、余裕能力が少なくなるほど、達成できない作業が多くなると考えられる。これらのことから、信頼性の別の指標として、「達成率」や「余裕能力」をとることができる。これを模式的に示すと図20のようになる。

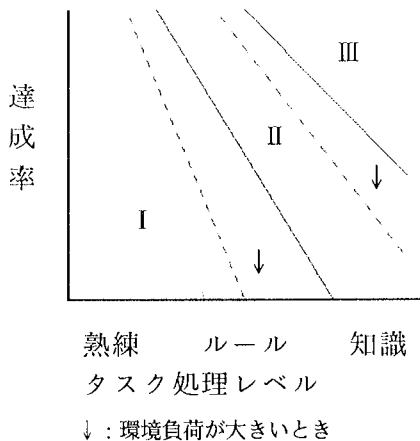


図20 タスクとパフォーマンスと意識レベル

2. ワークロード測定法

ワークロードは負荷と負担の総体であるから、要因は負荷と負担の要素である作業内容、環境、心身状態、心身反応、作業能、仕事の結果などが相互に関係している。ワークロードの測定は、大きく分けて、作業評価、環境評価、主観的評価、生理的評価によっておこなわれている。環境評価はワークロードの背景と作用素を、主観的評価は心身影響の前兆を明らかにするが、客観性や作業などパフォーマンスとの定量的関係との対応に弱点をもつ。これを補うために、作業評価や定量的負担評価が必要である。

定量的評価値として生理指標は、心拍数と呼吸数が身体活動と精神活動のよい指標とされており、皮膚電位が精神的緊張と覚醒度、脳波β振幅とカテコールアミンが精神的作業負荷反応、ちらつき融合いき値（フリッカー値）と疲労自覚が心身の負担程度とよく対応するとされている。しかし、看護現場では、身体的活動、精神的活動、不規則就労時間などのために、これらの指標による評価は難しかったとされている。船員の勤務も同様な煩雑さがあり、実際に遠隔地で仕事をしている最中にデータを収集する困難さ、実務の負担に加えて調査の負担を重ねることの影響など、さまざまな困難がともなう。このようなことから、調査対象者が調査のために時間をとられないこと、調査による負荷がないこと、簡易な機材であることが望ましい。今回試行した表4の測定項目は、心理学的作業の能測定以外は、現場で可能であり、これ以上の測定は困難のようである。したがって、これらの測定から災害や海難に関連するワークロード

を如何に理解するかが大切である。

3. ワークロード評価法

ワークロードは、多様な測定データと現場の状況についてのデータが必要である。しかしこの多様さゆえにワークロード評価を複雑にしてしまう。そこで、ワークロード研究の目的によって、評価する対象を絞ることが必要である。本研究では、船員の労働災害と海難を問題としているので、これらに比較的関わりが強い測定項目、すなわちタスクとパフォーマンスの関係を探らなければならない。前記の(1)式を展開した次式の関係を明らかにする必要がある。

$$\begin{aligned} \text{ワークロード} &= G (\text{タスク、パフォーマンス}) \\ &+ e (\text{環境負荷、負担反応、要素交互作用}) \\ &\dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

通常の仕事はゆとりをもって、十分なレベルでおこなわれるので、実験などで限界に近い課題を与えることができる方法でパフォーマンスと要素の関係を調べ、その結果と現場で変化する負荷や反応と対応することによって余裕や仮定の課題の達成率を推定するしかない。

したがってまず、現場の「タスク」を分析してモデル的な「タスク」を時間的継続を無視した断面で明らかにし、断面的な「タスク」の場面を時系列的に連続させて時間的影響を明らかにする。次いでこのタスクと負荷と反応などの要素との関係を明らかにする。そして、測定を多くしたときに、タスクの影響が大きくなり、他の要素の影響が減らせる測定から、ワークロード（ひいてはパフォーマンス）に対するタスクの影響、逆の場合には、

ワークロード（パフォーマンス）に対する他の要素の影響を明らかにする。

このようにして、ワークロードの要素とパフォーマンスを関連づけた意味の解釈を洗練すれば、よい評価法が構成し得る。

4. ワークロード評価の生かし方

ワークロードを評価し、その主要な要因を明らかにした結果を、労働災害と海難防止に役立てることが、本研究の目標である。この対応には、原理的に3つの接近法がある。一つには与えられる負荷を調整すること、二つには影響を緩和すること、三つにはパフォーマンスの要求を調整することである。

負荷の調整は、設備の寸法と配置、空間の広さ、障害物、表示、情報量、情報の質、情報取得のタイミング、判断の難しさ、動作量、温熱条件などについておこなわれる必要がある。影響の緩和は、作業時間、休息时间、その他の生活行動、作業支援機器、余暇環境、人員、協力体制などから導かれる。仕事の要求の調整は、情報取得回数と量、操作回数と量、正確度、判断の難しさ、仕事の結果の影響程度、支援体制のみなおしによっておこなわれる。

これまでの調査から船内作業で重要なことを予想すると、作業空間や動揺などの作業場特性、航行環境など不安定要素が大きい仕事、運航スケジュールに制約される生活行動の他律性、閑暇の激しい作業、単調な作業、深夜勤務と分割される睡眠などであろう。

これらとパフォーマンスとの関係を明らかにして、仕事の信頼性を低め、負担を過度にする要因について対応策を探ることが必要である。

E. おわりに

船員のワークロード研究は、1981年に負担に関する予備的研究で研究の重要性が指摘されて、関連研究はおこなわれたものの、混乗船化などの船員事情の大きな変化があり、正面からとらえられることがなかった。この間に、重大な海難が船員のエラーによっておこり、国際的にも船内作業の信頼性に関心もたれてきた。これに対して、安全のガイドラインや教育の重要性が認識され、その具体化が進んでおり、新しい資格制度も検討されている。一方で、船員の疲労、ブリッジシステムなど基本的問題も議論されている。確かに海難は、深夜に昼間の数倍になるなど、人の心身状態に依存している。これは未解決の重要な問題であり、特に責任を問われる現場の船員は強い関心をもっている。

このようなことから、労働災害や海難の原因に結びつくことがらを根本的にとらえる研究として、船員のワークロードの調査研究に着手した。今年度は、研究法の確立を目指した。沿岸のフェリーで操船を中心に各種の調査法を試みて、その有効性を確かめることとした。

その結果は以下のようなものである。作業分析は、観察し得る動作がデータとなるが、特に操船などでは動作が少ないので、精神的負担の主観的評価や精神生理指標とあわせてみる必要がある。そのためには、動作の記録はある程度簡略化して、刺激となる対象を記録することが重要である。これは、入出港作業や整備作業などでも同様で、周囲の状況の記録が大切である。

生活行動調査は、自記によるので対象者の

負担は大きいのが、運航スケジュールに大きく左右される船内生活を理解する上ではもっとも重要な調査といえる。このような生活の特徴をよく理解するには、ある程度長期の記録を得て、単に時間数だけでなく、時系列的に分析して、とくに連続時間や時間数の変動に注目する必要がある。

主観的評価法は感度がよく、予知の効果はあるが、対象に負担をかけること個人差が大きいという欠点がある。しかし、単純な形容の尺度評価によって簡素化すること、客観的測定との関連をみることによって、心身状態の変動とパフォーマンスへの影響を評価できる。

生理指標は、ノイズが入らないようにすること、入った場合には適当に除去することが必要である。そして、いくつかの指標の組み合わせによって、身体的負担と精神的負担のあらわれを弁別できる可能性がある。そして、作業の内容や環境を同時に記録して、生理指標の変化と関連づけることによって負担の要因が明らかにできる。この方法は、調査対象者は装置を装着する負担だけで仕事に影響をおよぼさない利点がある。

心理学的作業能の測定は、例えば計算やビジランステストなどの副次課題は、テストの理解や仕事との配分など、難点が多い。

これらの調査によって作業内容、環境、心身状態、心身反応、作業能、仕事の結果を仕事負荷と環境負荷、および心身反応とパフォーマンスといったワークロードの要素とした相互の関係を把握して、労働災害・海難に関係が強いワークロードの要素とそれに影響する個々の因子を明らかにすることができる。

参考文献

- ・長沢 : パイロット・ワークロードの測定評価法(展望)、医実報告、1984
- ・運輸省 : 船員災害疾病発生状況報告(船員法111条)集計表、1994
- ・海難審判庁 : 海難審判の現況、1994
- ・野沢 他 : 自動車運転労働、労働科学研究所、1980
- ・海難審判庁 : 内航貨物船海難の実態、1994
- ・篠原 他 : 内航船員の労働と生活に関する労働科学的調査、1984
- ・村山 他 : 居眠り海難の分析 I、航海学会論文集、1992
- ・林 : 人間信頼性工学、海文堂、1984
- ・斉藤 他 : 単調労働とその対策、労働科学研究所、1977
- ・西川 他 : 新しい産業心理、福村出版、1990
- ・大橋 他 : 海上労働の特殊性にもとづく労働の評価法に関する予備的研究、海上労働科学研究所、1981
- ・海難審判庁 : 海難原因の科学的説明に関する研究会報告書、1981
- ・Colquhoun : Work at sea - a study of sleep, and of circadian rhythms in physiological and psychological functions, in watchkeepers on merchant vessels IV. Rhythms in performance and alertness、Occupational Environmental Health、1988
- ・村山 他 : 技術革新に伴う海上生活の変化に対する船員の適応に関する研究、海上労働科学研究所、1990
- ・河越 他 : 蓄積的疲労徴候調査(CFSI)について、労働科学、1987
- ・労研 : 現代労働衛生ハンドブック、1988
- ・岡上 他 : 主観的ワークロード評価用紙の作成、医実報告、1990
- ・藤井 他 : 労働負担の主観的評価法に関する研究(2)、労働科学、1993
- ・橋本 : 安全人間工学、中災防、1984

本稿は、海上労働科学研究所報告書：平成6年度「船員のワークロードに関する調査研究」(第1年度)(執筆担当村山義夫の要約である。)