

II-2 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

第二部 船内設備研究 (3年計画、第2年度)

目次

A	はじめに	136
B	方法	
1.	調査日時	137
2.	調査対象	137
3.	調査方法	138
C	調査結果	
1.	動作分析の結果	138
2.	情報分析結果	141
3.	質問紙調査結果	142
D	考察	144

A はじめに

近年の国内貨物輸送の輸送形態をみても陸上輸送の主流であるトラック輸送が、道路交通の混雑、大気汚染や騒音などの環境問題、労働力不足や省エネルギーなどの要因が顕在化しており、このためトラック輸送から低公害で効率のよい大量輸送機関である鉄道、海運へと転換するモーダルシフトが推進されている。

一方、現在航行している船舶の速力は、大略15～20ノットで他交通機関に比べ大変遅い。このような中で国外ではすでにヨーロッパを中心として5～6年前から航海速力が35ノットを超える高速船が数多く出現している。近年、国内でも船舶が高速化する中で、さまざまなタイプの高速船が開発、

提案されている。しかし、高速船は安全を確保する上で問題があり、平成3～7年の定期旅客船の平均数は1365隻あり、その中で速力35ノット以上の超高速船は32隻(2.3%超高速船/全旅客船)でしかないが、平成2年から平成6年までの5年間に、地方海難審判庁で裁決した旅客船関係の事件のうち7年3月31日までに裁決が確定した156件のうち超高速船は6件(3.8%超高速船/全旅客船)であった。⁽⁴⁾5年間の海難事件数から一年間の平均を出し、隻数で除して発生率の概算を算出すると、フェリーを除く定期旅客船が1.21%、フェリーが2.9%に比べて、超高速船は3.75%の高い値を示した。⁽¹⁾高速船についての運行体制、航法などについては研究する必要がある。

今後船舶の高速化とともに、自動操舵等の安全で効率的な操船を目的とした機器の開発により、運航体制の変化が考えられる。また、人員の合理化が進むと考えられる。これは、人間の連係により行われている操船作業にさら大きな変化を及ぼすと考えられる。そこで本研究では、大型カーフェリーにおける在来型と高速型との船橋内でどのような操船作業(作業内容・作業位置、言語情報の内容等)が行われているかを分析し、高速型の操船時の特性を探り出す。今回の調査結果では、船体の大きさ、

特性（今回調査対象の高速船には自動操舵システムが無い）などの高速船の特性以外の異なる要因が多く一概には比較できないが、高速化によりどのような変化をもたらしているかを検討し、今後の基礎資料となると考えられる。

B 方法

1. 調査日時

在来型 1998年6月26、28、7月2、4、6日

青森7：30→函館11：10

函館12：10→青森15：50

高速型 1998年6月25、27、7月1、3、5日

青森12：00→函館14：00

函館15：20→青森17：20

2. 調査対象

在来船

総トン数：6,358トン 全長（LLP）：125.00メートル 幅21.00メートル 深さ12.03メートル 航海速力：20ノット

高速型

総トン数：1,498トン 全長（LLP）：90.02メートル 幅14.90メートル 深さ10.30メートル 航海速力：35ノット 在来船と高速船の運行内容

今回の調査結果では、船体の大きさ、特性（今回調査対象の高速船には自動操舵システムが無い）などの高速船の特性以外の異なる要因が多く一概には比較できない。それぞれに運行状況に違いが見られたので、在来船と高速船の運行状況を以下に示す。

a. 在来型

(1) 出入港

総員配置により、船首に一等航海士と甲板員3名、船尾に二等航海士と甲板員2名、船橋に船長と三等航海士と操舵手が配置につく。船橋では離着岸直前には船長がバウスラストのリモートコントローラーを操作する。

それ以外は船長からの指示を受けて、速度を三等航海士が、舵を操舵手が操作する。

荒天時、視界不良時以外は港外に出ると船長は航海士に指示を与え、自室に帰り休憩などを取っていた。

(2) 航海中

航海士1名と操舵手1名が組になり、原則的には航海士が見張りを行い、操舵手が操舵を行うが、航海中は自動操舵装置が付いており操舵する回数が少なかったため、記録をつける等を除いて常時見張りを行っていた。また、食事時間帯は船長が登橋し、交代で食事、用便をさせていた。また、3時間40分の航行時間の間、昼間便（函館12時10分発）は2時間毎に航海士と、操舵手が交代していた。両者が同時に交代しないようにズラして交代していた。ヒーリングは一度設定すると入港までほとんど変えなかった。

b. 高速船

(1) 出入港

総員配置により、船首に一等航海士の甲板員2名、船尾に二等航海士と機関士、甲板員、船橋に機関長が配置につく。船橋では離着岸直前には船長がジョイスティックコントロールによりバウスラストを操作す

る。視界不良時以外は港外に出ると船長は航海士と交代した。船長は通常は日帰り勤務隔日休のために個室はなく、共同の休憩室で、ソファークッション及びカーペットに横になる。食事は厨房がないために入港終了後に弁当により給食、風呂はない。

(2) 航海中

航海士1名、機関士1名、操舵手1名が組になり、原則的には航海士が見張りを行い、操舵手の一人がジョイスティックの操舵を行い、1名がヒーリングを行っていた。航海中は自動操舵装置が付いていなく喫水が浅いために、船体が風に煽られるために、常時ジョイスティックを操舵して進路を補正しなければならず、またヒーリングもしばしば調整していた。操舵の方が負担の大きい作業のため操舵手は30分ごとに作業を交代していた。視界不良以外でも風が強いときなど船長、他の航海士も船橋で見張り業務に当たっていた。2時間の航行時間の間に航海士の交代はなかったが、操舵手は1時間毎に交代していた。また当直中に食事をすることはほとんどみられなかった。

3. 調査方法

過去において操船作業の分析が、昭和38年度から4年間にわたり「船舶の安全性に関する調査事業研究」として実施された⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。それから30年たった現在、レーダー、GPS、衝突予防装置、遠隔監視盤など船舶の安全、運行面での支援システムは急速に発達し、その一方で船舶定員の縮小が行われており、将来的には一人運行体制が考えられている。そこで本年は高速船と在来船が平行して運行されている、航路につい

て操船作業を下記の方法で分析を行い、操船作業の分析方法を検討した。

- ・操船者の動作時間、動作位置の分析⁽¹⁶⁾
- ・操船者の言語情報（内容）、情報の流れの分析^{(17) (18) (19) (20)}
- ・心拍数の測定^{(21) (22)}

ビデオテープによる撮影と記録、調査者によるタイムスタディー（1分毎のワークサンプリング）を行い、作業内容^{1 0)}、作業位置を観察・記録し各船とも5日間の航海を分析した。

情報内容¹¹⁻¹⁴⁾については、ビデオテープにより分析を行った。

情報内容の分析は、出入港時を中心に行った。なお、情報内容の分析は在来型、高速型ともに音声をはっきり録音されていた各船3航海分を行った。

調査では、各船とも船橋内に3台のマイクを設置し（中央、レーダー前、操舵装置前など）設置し、会話を収録しミキシング装置を通して、ビデオカメラの音声部分に入力した。映像と音声のタイムラグがないように留意した。

C 結果

1. 動作分析結果

a. 作業内容

往復路時における在来型と高速型の作業内容の比較を行うために、各船5日間の作業内容比率の平均を図1、2に、その中で航海中の作業内容比率の平均を図3、4に、出入港中の作業内容比率の平均を図5、6示した。

(1) 航海中の作業内容

5日間の航海中の作業内容比率を図1、2に示す。

在来型の船長の船橋外は83.0%、肉眼見張りは13.2%であり、船橋外が非常に高い比率を示している。高速型の船長の肉眼見張りは32.9%で、船橋外は56.3%となっており在来船に比べて高速船は肉眼見張りが高い比率を示した。また、高速船での船橋外の作業が低いのは、船長が航海士と交替した後でも、視界などが悪い場合は船橋内に戻り自ら操船を行っているためである。

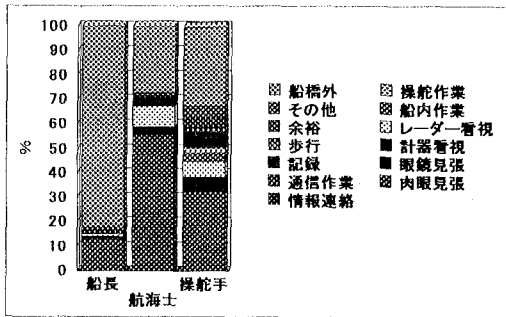


図1 在来船航海時の作業動作

航海士の作業内容比率は在来型は肉眼見張りが55.8%で、次に船橋外が26.9%、レーダー看視が8.5%、眼鏡見張2.1%となった。6月26日復路時のレーダー看視が特に高くなっており、視界が悪く、肉眼では前方を見張ることが難しかったためである。また、船長が船橋内にいる時は、船長の補助作業として肉眼見張やレーダー看視が行われている⁽⁵⁾。高速型は肉眼見張りが43.2%で、次に船橋外19.5%、眼鏡見張15.3%、レーダー看視が12.6%となっている。在来船に比べて高速船は船橋外が少なく、高速で操船するためより遠方の看視が必要となりレーダー看視と、眼鏡見張の比率が増え

ている。操舵手の作業内容比率は在来型は船橋外が31.1%で、次が肉眼見張りが32.4%、操舵作業3.4%、レーダー看視が6.4%となった。高速型（操舵員1）は操舵作業が27.2%、船橋外25.4%、肉眼見張りが23.8%となっている。操舵手の作業内容は、航海中は操舵作業が大半を占めている。これは、船が波や風の影響を受けやすく進路が変わってしまうために、常にジョイスティックの操舵作業を行っていく必要があるためである。

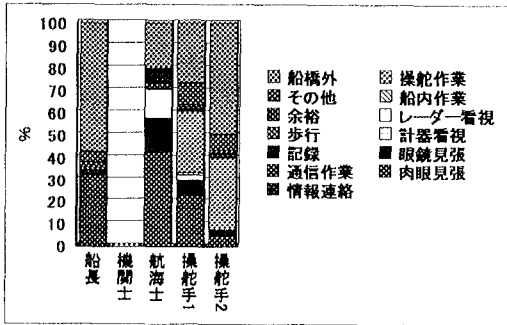


図2 高速船航海時の作業動作

(2) 出入港中の作業内容

5日間の出入港中の作業内容比率を図3、4に示す。在来型の船長の肉眼見張りは97.5%であり、肉眼見張りが非常に高い比率を示している。高速型の船長の肉眼見張りは88.7%で、眼鏡見張5.4%となっており肉眼見張が高い比率を示した。

航海士の作業内容比率は在来型は船内作業が52.5%で、次に計器看視が31.19%となった。高速型は眼鏡見張が10.9%、レーダー看視が9.5%となり、出入港スタンバイのため船橋外が60.6%になっている。そのため船橋にいる機関士が航海士の代わりに船長のオーダーを受けている。機関士の作業内容は計器看視が57.5%、船内作業が36.6

%となっている。操舵手の作業内容比率は在来型は操舵作業が73.8%で、次が肉眼見張りが16.9%となった。高速型（操舵員1）は船橋外が42.0%、操舵作業が41.5%となっている。出入港スタンバイのため船橋外が多く、その間は船長がジョイスティックコントロールで主に操船して、機器の操作は機関士が補佐している。

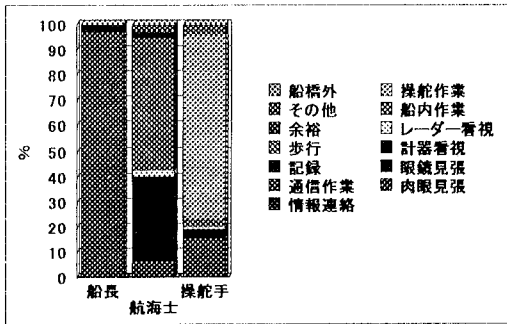


図3 在来船出入港時の作業動作

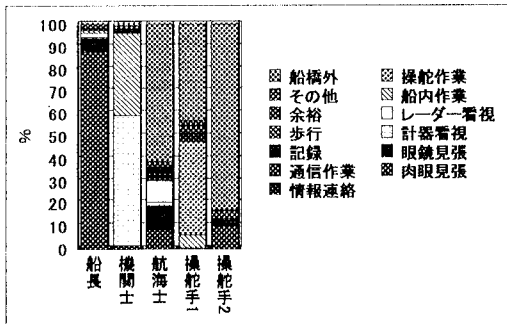


図4 高速船出入港時の作業動作

b. 作業位置

(1) 航海中の作業位置

船長の作業位置比率は、在来型は船橋外を除くと中央が最も高く、他の作業位置はほとんど見られなかった。高速型は船橋外を除くと中央（座）、次いで中央（立）となっている。両型とも中央側での作業が多くなっている。航海士の作業位置比率は、在来型は中央が最も高く、次いで右舷側、

その他となっていた。高速型は中央（座）が最も高く、中央（立）となっており、位置はほとんど見られなかった。眼鏡見張は遠くを見るために立って行われ、レーダー看視は椅子とレーダーの位置がずれているため、ある程度上背がない航海士は、座ってレーダーの操作を行うことが出来ないために立っていた。

操舵手の作業位置比率は、在来型は中央が最も高く、次いでレーダ前、右舷側、操舵前となっており、高速型は中央（座）が最も高く、次いで中央（立）、その他となっていた。

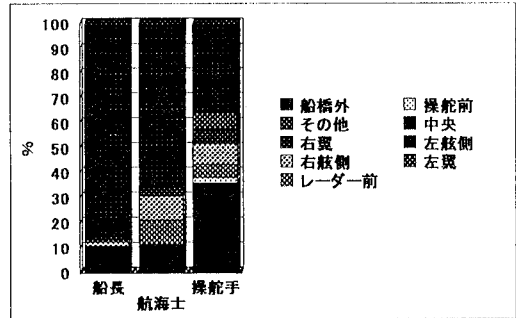


図5 在来船航海時の作業位置

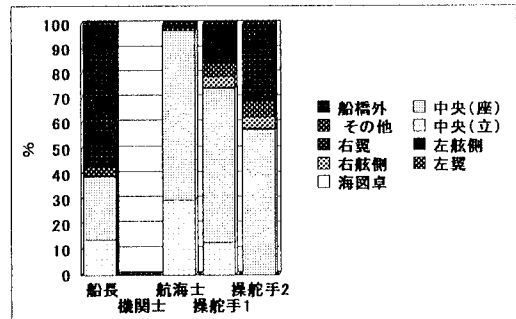


図6 高速船航海時の作業位置

(2) 出入港の作業位置

船長の作業位置比率は、在来型は中央と同率で左翼となっており、他の作業位置は

ほとんど見られなかった。高速型は船橋外を除くと中央（座）、次いで中央（立）、左翼、右翼となっていた。在来船は左舷着であるが、高速船は左舷右舷両舷に着いていた。航海士の作業位置比率は、在来型はレーダー前が最も高く、次いで中央、右舷側となっていた。高速型は船橋外が最も高く、中央（座）、中央（立）、その他の作業位置はほとんど見られなかった。両型とも中央側での作業が多くなっている。

操舵手の作業位置比率は、在来型は操舵前が最も高く、ほとんど操舵前で待機していた。高速型は中央（座）が最も高く、次いで中央（立）となっていた。

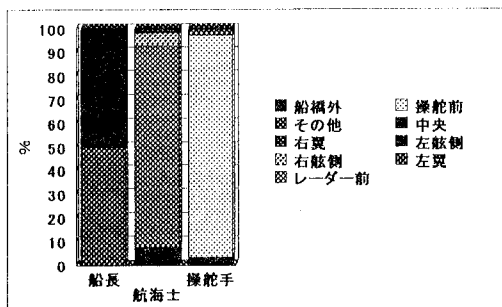


図7 在来船出入港時の作業位置

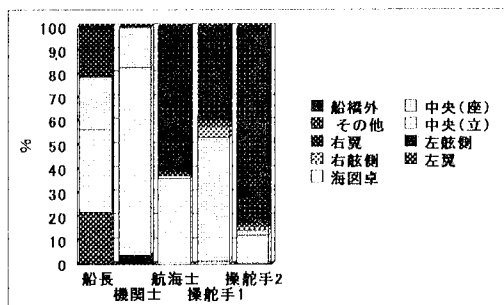


図8 高速船出入港時の作業位置

2. 情報の分析

(1) 出港時

3日間の青森、函館両港の出港時の在来型のアンサーと復唱を除いた情報内容別平均頻度を図9に示した。

均頻度を図9に示した。

在来型は操舵に関すること平均13.0回、速度に関すること平均13.0回、距離に関すること平均1.3回、バウスラストに関すること平均2.2回、他船に関すること平均1.7回、その他平均11.7回となっていた。高速船は、操舵に関すること平均13.5回、速度に関すること平均6.8回、距離に関すること平均0.3回、バウスラストに関すること平均0.8回、他船に関すること平均6.0回、その他平均13.8回となった。

在来型と高速型を比較すると、操舵に関する情報は両型とも高い頻度を示しているが、速度に関すること、距離に関することは在来船が高い比率を示し、他船に関する情報は、在来型に比べると高速型の方が高い頻度を示している。このことから、在来船は出港時に回頭する必要があるため距離や速度に関する情報が必要になること、高速船は速度が速いため他船に関する情報を集めていると考えられる。

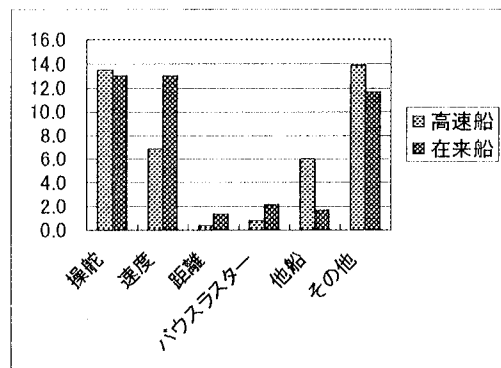


図9 出港時の情報内容別平均頻度

(2) 入港時

3日間の青森、函館両港の入港時のアンサーと復唱を除いた情報内容平均頻度を図

10に示した。在来型は操舵に関すること平均13.8回、速度に関すること平均30.0回、距離に関すること平均22.7回、バウスタに関すること平均1.7回、他船に関すること平均0.8回、その他平均15.0回となっていた。

高速船は、操舵に関すること平均7.2回、速度に関すること平均9.8回、距離に関すること平均13.5回、バウスタに関すること平均0.5回、他船に関すること平均7.3回、その他平均17.3回となった。

在来型と高速型を比較すると、操舵に関する情報は両型とも高い頻度を示しているが、速度に関すること、距離に関することは在来船が高い比率を示し、他船に関する情報は、在来型に比べると高速型の方が高い頻度を示している。

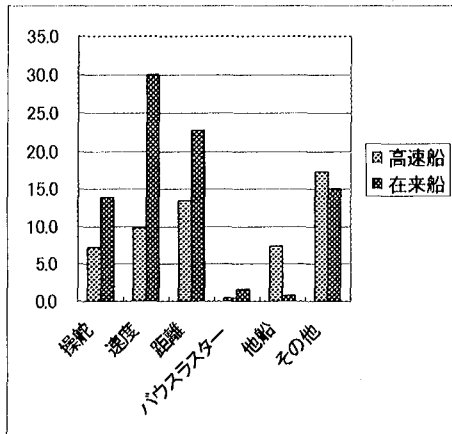


図10 入港時の情報内容別平均頻度

このことから、高速船は船長または操舵手がジョイスティックコントロールシステムなどで自らが操舵しているが、在来船の場合は高速船に比べて機関停止距離が長く、詳細のオーダーが必要なことと、着岸直前まで速度は航海士に、操舵は操舵手にオー

ダーを出していたために情報の頻度が多くなったと考えられる。また、入港の手前から入港する他船に対して状況を聞き、入港する旨を連絡したいたので他船に関する情報と、その他（通信）等の頻度が高くなった。

3. 質問紙調査の結果

在来船11名、高速船11名の船長、機関長、機関士、航海士、操舵手にそれぞれ、1日に4回自覚症状調査、眠気調査、疲労スケール（疲労を尺度で示す）と、蓄積疲労調査を1回、勤務、生活時間を10分ごとに自己記入して調査した。

自覚症状調査・・・日本産業衛生学会産業疲労研究会が作成した疲労感を測定する調査で調査票は、I群（ねむけとだるさ）、II群（注意集中の困難）、III群（身体部位への投射）の各10項目ずつ合計30項目から構成されている。調査は現在の自分の状態について○×式で記入していく。評価は各群及び各項目の平均訴え率を算出する。

眠気の主観的評価法 KKS (Kwanseiga kuin sleepiness scale)・・・眠気を表す22個の記述から構成されている。各の記述に予め0～7の範囲で尺度値が与えられており、被験者が選択した記述（複数選択可）の平均尺度値を測定時点の眠気とする。

疲労スケール・・・疲労について10段階の尺度があり、尺度は0（疲れを全く感じない状態）から10（疲れが激しくこれ以上仕事ができない状態）まであり、被験者に現在の状態について記入する。

a. 自覚症状調査

在来船の自覚症状調査の結果を図11に、高速船の自覚症状調査の結果を図12に示

す。在来船の場合は24時間勤務のために午前2時前後から22時まで調査した。高速船の場合は勤務が午前8時から午後9時までのため、午前7時頃から就寝前の午後11頃まで1日4回調査した。在来船の場合は合計値は午前2時が平均訴え数が5個と高く、午前6時より勤務の人がいるため平均1.5個と下がる、その後午後4時頃に3.8個、午後10時頃に4.4個となる。各群毎に見るとI群（ねむけとだるさ）が、合計値と同じような変動をして一番高く、II群（注意集中の困難）は午後4時になって上昇している。III群（身体部位への投射）は訴え数が1個前後で大きな変化は見られなかった。

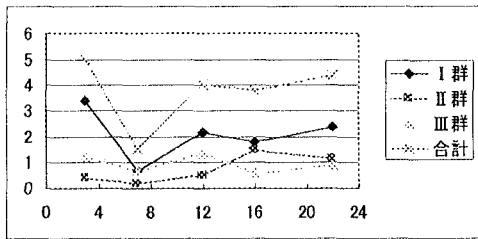


図11 在来船の自覚症状調査結果

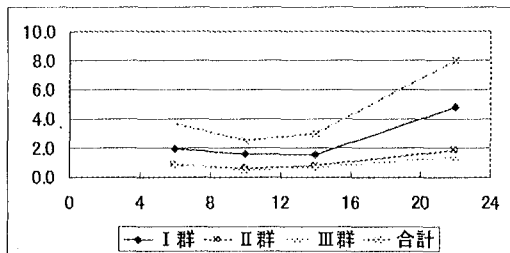


図12 在来船の自覚症状調査結果

高速船の合計値は午前6時が平均訴え数が3.6個とであり、午前10時に平均2.5個と下がる、その後午後4時頃に3.0個、午後10時頃に8.0個と在来船より値が高くなっている。

各群毎に見ると何れも午後10時の時に上

昇しているが、I群（ねむけとだるさ）が、合計値と同じような変動をして一番高く、II群（注意集中の困難）とIII群（身体部位への投射）は訴え数が1個前後で大きな変化は見られなかったが、午後10時に上昇している。

b. 眠気調査

在来船と高速船の眠気調査の結果を図13に示す。

在来船の場合、疲労調査は時間に関係なく3.0~4.1の間を推移しているが、高速船の場合は眠気調査も自覚症状調査と同様に午後10時の時に上昇している。

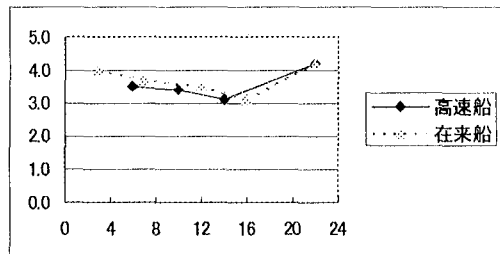


図13 眠気調査結果

c. 疲労スケール

在来船と高速船の疲労スケールの結果を図14にしめす。

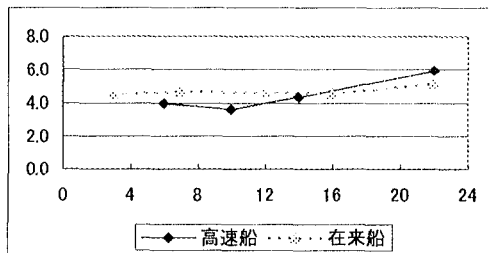


図14 疲労スケール結果

在来船の場合、疲労スケールと同様に疲労調査は時間に関係なく4.5~5.5の間を推移しているが、高速船の場合は疲労スケール

も自覚症状調査と同様に午後10時の時に上昇している。

d. 蓄積疲労調査

在来船と高速船の蓄積疲労調査個人毎の分布を図15にしめす。在来船の平均訴え数は8.9で、高速船の平均訴え数は10.8となり、高速船の方がやや訴え数が多くなっている。しかし、標準偏差が在来船で5.0、高速船で8.9と大きく図21から個人毎のばらつきも大きい。

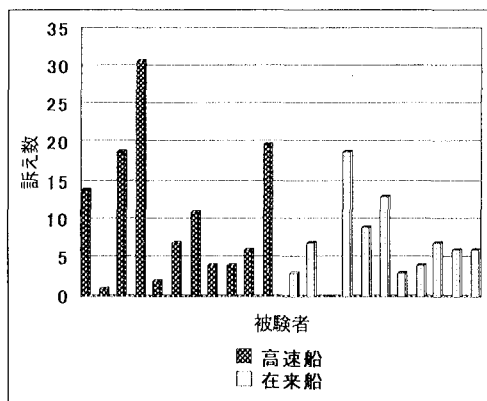


図15 蓄積疲労調査結果

e. 勤務・生活行動調査

勤務、生活時間を10分ごとに自己記入した調査結果を図16に示す。

在来船の平均時間は睡眠8.0時間、自由6.0時間、航海当直3.8時間、出入港・荷役5.4時間、その他の勤務が0.8時間となった。航海当直、出入港・荷役、その他の勤務の労働時間の合計が10.0時間になった。高速船の平均時間は睡眠6.5時間、自由6.0時間、航海当直4.1時間、出入港・荷役4.1時間、その他の勤務が3.3時間となった。航海当直、出入港・荷役、その他の勤務の労働時間の合計が11.5時間になった。両者を比較すると、高速船の方が労働時間が1.5時間

多く、睡眠時間が1.5時間少なかった。

在来船の方は24時間運行体制であることと高速船が日帰り勤務のため一概に比較できないが、高速船の場合はその他の勤務が

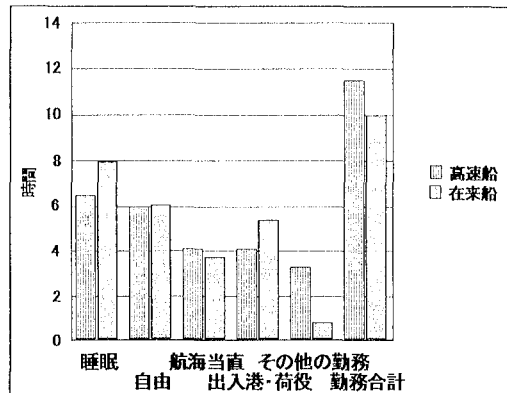


図16 勤務・生活時間調査結果

3.3時間と在来船より多くなっていた。個人毎に時間を調べると、本来の休憩時間にブリッジに上がりワッチの補佐をしたり、記録などの業務をしているために高速船でその他の業務の記入が多かった。

D 考察

今回の調査結果では、船体の大きさ、特性（今回調査対象の高速船には自動操舵システムが無い）などの高速船の特性以外の異なる要因が多く一概には比較できないが、今回の調査対象となった高速船の動作分析の特性を挙げると以下ようになる。

船長について

- ・天気の影響を受けやすく、船橋外にいる時間が減少している。

航海士について

- ・出入港時は見張等の船長の補助作業、船橋外での作業が行われている。

- ・航海中は、交替が行われない。

操舵手について

- ・船が波や風の影響を受けやすいために、常に操舵作業が行われている。
- ・ジョイスティックシステムにより、操舵作業が行われている。

機関士について

- ・船橋内での作業は高速型にしか見られない。
- ・出入港時は速度に関する船内作業（在来型の航海士が行っている作業）を行っている。

以上の動作分析の特性より両型の比較を行ってみる。航海中は、在来型は航海士と操舵手の2人により船橋内で操船作業が行われている。それに対し、高速型は、航海士、機関士、操舵手の3人により船橋内で操船作業が行われている。また、操舵手、機関士とも自分の作業のほか肉眼見張りなどの航海士の補助作業も同時に行われている。また、船長が船橋内で操船を行う時間も多くなっている。

動作分析において、高速型の船長の方が、船橋内での作業比率が高い、高速型の船長は、天気・視界が悪いと航海士と交替することなく、自らが操船作業を行うことが多いためである。この場合、航海士は船長の肉眼見張り等の補助作業を行う。高速型の操舵手は、航海中の大半が操舵作業であり、高速型は波や風の影響を受けやすく進路が変わってしまうために操舵作業を連続して行う必要がある。この操舵作業中は肉眼見張りも同時に行われており、船長、航海士

の補助作業も行われている。

つぎに、高速船の言語情報の特性を挙げると以下ようになる。

- ・情報量は在来船より少ない
- ・他船に関する情報が増加している。
- ・航海士が船長の補助として他船に関する情報を出力している。
- ・機関士が速度に関する情報を入出力している。
- ・他船（避航船）との通信が多く行われている。

以上の情報分析の特性より両型の比較を行ってみる。両型とも、船長が中心になり航海士、操舵手、船橋外にそれぞれ情報（指示）を出し、航海士、操舵手、船橋外は、作業を行いながら補助情報を船長に出力している。船長以外の作業者はアンサー、復唱が高い頻度を示しているが、この情報はフィードバック情報として操船作業のミスを防ぎ、発見するのに役立っている。全体的に情報量は在来船の方が多いが高速型の方が他船に関する情報が多くなっている。これは、高速型は速度が速いためにより前方の船に注意を払う必要があるためである。航海中は、在来型は航海士と操舵手の2人により船橋内で操船作業が行われており、操舵手が補助作業を行っている。それに対し、高速型は、航海士、機関士、操舵手の3人により船橋内で操船作業が行われており、操舵手、機関士が補助作業を行っている。しかし乗組員数が在来船の14名～22名から高速型は8名になっており、その上船橋内での操船作業時間が長くなること

(17)「船内作業のヒューマンエラーに関する研究」海上労働科学研究所報告書, 1998

(18)菊池裕雄 肝付邦憲 久宗周二:「海難事故における要因分析—人的事故調査マニュアルを用いながら—」日本人間工学会誌, 第34巻特別号, pp110-113, 1998

(19)坂村修 久宗周二「情報の流れと操船技能」日本人間工学会誌, 第34巻特別号, pp114-117, 1998

(20)小山健夫:「船舶における人間—機械系」人間工学Vol.18, No.6, pp307-311.1998

(21) Shuuji H, Osamu S and Kazuhiko K :
The study of behavior and information of the steering work, The 5th Pan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics, pp184-187, 1998

(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):第二部 操船設備研究」執筆担当:久宗周二、加藤和彦の要約である。)