

I-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 (第3年度、最終報告)

目次	
A 目的	
1 はじめに	12
2 目的	12
B 方法	
1 調査対象	13
2 調査方法	14
C 調査結果	
1 情報分析結果	15
2 動作分析結果	15
3 心拍数の測定結果	20
D 考察	
1 出入港時	23
2 航海時	25
E まとめ	26

A 研究目的

1 はじめに

近年の国内貨物輸送の輸送形態をみると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既にヨーロ

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、様々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1,365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の1.21%、フェリーの2.9%に比べると、超高速船は3.75%の高い値を示している。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。

2 目的

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、人員の合理化も進むと考えられる。これは、人間の連係により行われている操船作業に、さらに大きな変化を及ぼすと考えられる。本研究では、在来船と高速船との船橋内で行われる操船作業(作業内容・作業位置、言語情報の内容等)と操船者の

心拍数などの生理情報を分析し、在来船と高速船との違いを検討して、今後の研究の基礎資料とするものである。

B 方法

1. 調査対象

a 調査対象航路

今回の調査では“青森～函館”を対象航路とした。それは下記のような理由によった。

- ①短期間に集中的に多くの資料が収集できる。
- ②短期間に調査を集中するため、海象、気象等の条件を比較的斉一に保つことができる。
- ③同じ港での出入港資料が幾つかとれるので、地理的条件が同じ場合の船種別の比較が容易である。
- ④操船者は毎日同じ港に出入するため、港に対する慣れがあり、状況に対する適応度を余り考慮する必要がない。

b 調査日時

在来船 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

高速船 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

c 調査対象船の概要

高速船の特徴を簡単に述べると、在来船に比べて速度が速く、喫水が浅く、停船距離、停船時間も短く、回頭時間、回頭距離ともに短くなっている。

d 在来船と高速船の運行体制

(1) 出入港

・高速船

在来船より船が小さいため、総員配置時は、船首に一等航海士と甲板員2名、船尾に二等航海士と機関士、甲板員が配置つき、船橋には船長と機関長が残る。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。乗組員は、通常は日帰り勤務のため個室はなく、共同の休憩室で、ソファベットの横並び及びカーペットに横になる。風呂はなく、食事は厨房がないために、停泊時に弁当による給食を行っていた。

・在来船

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

・高速船

航海士1名、機関士1名、操舵手2名が組になり、原則的には航海士が見張りを行っていた。研究対象船の特徴として、喫水が浅く船体が風に煽られ、自動操舵装置が付いていないため、常時ジョイスティックを操作して進路を補正しなければならず、また

トリム調整もしばしば行っていた。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。操舵手の一人がジョイスティックの操舵を行い、1名がトリム調整を行っていた。視界不良時以外でも、風が強いときなどは船長や、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。

・ 在来船

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、用便を済ませていた。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。トリム調整は出港時に一度設定すると入港まで、ほとんど変えなかった。

B 調査方法

1 操船作業の分析

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。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、その一方で乗船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し、検討を行った。

- ・ 操船者の動作（航海中の操舵作業）の分析・操船者の言語情報（内容）、情報の流れの分析

- ・ 心拍数の測定

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（1分毎のワークサンプリング）を行い、作業内容、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船、高速船ともに音声は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、操舵機前など）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。

2 調査対象者

在来船：船長、航海士（一等航海士、二等航海士、三等航海士）、操舵手

高速船：船長、航海士（一等航海士、二等航海士）、操舵手、機関長（出入港時のみ）

* 高速船には三等航海士はいない。

3 調査項目

① 情報内容

出入港時に言語情報を以下のように分析した。

操舵に関する情報、速度に関する情報、距離に関する情報、他船に関する情報、その他に関する情報、復唱、完了報告

② 高速船の操舵作業分析

本研究の対象となった高速船は、自動操舵システムがなく、喫水が浅く船体が箱形のために、風波による影響を受けやすく、航行中は進路保持のために操舵手が操舵機

(ジョイスティック方式)を操作していた。操舵手は30分ごとに作業を交代していた。在来船の操舵手は、転針時(10~30分に一度程度)、以外は見張り作業か記録などの船内作業を行っていた。高速船航行中の操舵手の操舵作業を、ジョイスティックを右(または左)に操作した時を操舵動作として、一分毎の操作回数を分析した。

③ 心拍数の測定

在来船および高速船操船者の心拍数について分析した。

心拍数測定方法について

心拍数の測定は、携帯型自動血圧心拍計(TM2425:A&D社製)を用い、入出港時の船長、当直中の航海士及び操舵手とも勤務に入る5~10分前に装着し操船終了時まで行った。船長の入出港は、操船や操船の指示等が短時間に頻繁に行われるため、心拍の1拍1拍(RR間隔)の時間間隔から1分間値へ換算し検討を行った。航海士及び操舵手に関しては、当直時間が長く操舵や操船指示も頻繁に行われないの

で、1分間の心拍の数を心拍数とし検討を行った。

C. 結果

1 情報分析結果

出港時(離岸開始から船長が操船指揮を終えるまで)と、入港時(船長が操船指揮をとり始めてから着岸するまで)の情報の流れから、アンサー、完了報告を除いたものを図式化した。

高速船は乗組員が少ないため、航海士、操舵手ともに出港時はおもて、ともでスタンバイにつき、作業が終了次第ブリッジに登橋した。その間は機関士が機関の監視とともに、速度などの情報を船長に提供している。図には、船長、一等航海士、操舵手、機関長、その他(二等航海士、甲板員)、船橋外(おもて、とも)にわけて、それぞれの情報の流れを、方向(矢印の向き)、量(線の太さ)で示した。在来船は船長、三等航海士、操舵手ともに離岸から船長の交代まで船橋にいる。図には、船長、三等航海士、操舵手、その他(一等航海士、二等航海士、機関長、甲板員)、船橋外(おもて、とも)にわけて、それぞれの情報の流れを、方向(矢印の向き)、量(線の太さ)で示した。

a 出港時

(1) 青森出港時

青森出港時高速船における各作業者の出力した情報内容の流れの3日間の平均を図1に、在来船における各作業者の出力した情報内容の流れの3日間の平均を図2に示し

た。高速船では調査日毎に差が見られ、7

加わった時間は、6月27日は天候は雨、動

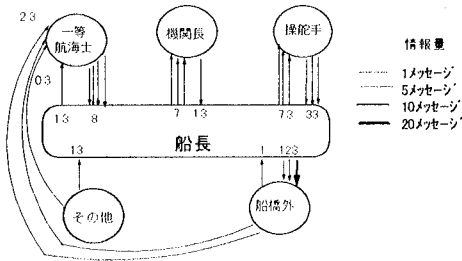


図1 高速船の情報の流れ平均 ① 青森出港

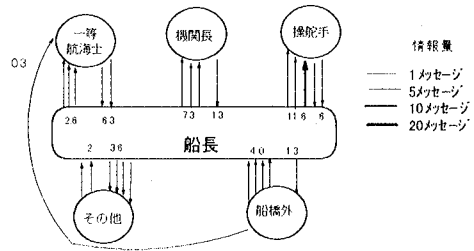


図3 高速船の情報の流れ平均 ② 函館出港

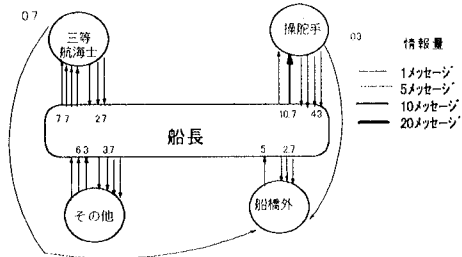


図2 在来船の情報の流れ平均 ① 青森出港

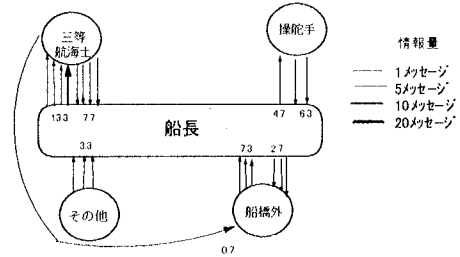


図4 在来船の情報の流れ合計 ② 函館出港

月1、5日では船長は航海士に対して情報を出しておらず、7月5日は動静を確認した他船などがないために、航海士からの情報が他よりも少なくなっている。6月26日に、船長と航海士との情報の流れが多くなっているのは、港外の漁船の動静について相談していたためである。

(2) 函館出港時

函館出港時高速船における各作業者の出力した情報内容の流れの3日間の平均を図3に、在来船における各作業者の出力した情報内容の流れの3日間の平均を図4に示した。各調査日の気象と他船の動静、出港から船長が操船指揮を終えるまでの時間（出港操船時間）と、航海士と操舵手が作業に

静を確認した他船なく停泊船の動静を確認しただけで、出港操船時間は16分で、操舵手は出港1分後に、航海士は4分後に作業に加わった。同様に7月1日は天候は晴、動静を確認した他船は曳舟1隻、モーターボート2隻で、出港操船時間は16分で、操舵手は出港3分後に、航海士は6分後に作業に加わった。7月5日は天候は晴、動静を確認した他船は出港時に港内遊覧船が横切っただけで、出港操船時間が12分で、操舵手は出港3分後に、航海士は7分後に作業に加わっている。高速船では調査日毎に差が見られ、7月5日は動静を確認した他船がなかったため船長と航海士、機関士との情報のやりとりが少ない。また、7月1日は無線で連絡の

つかない曳舟とモーターボートの動静を、船長と機関士の双方が確認し、相談しているため、情報の流れが多かった。7月6日は天候は晴、動静を確認した他船はなく、出港操船時間は14分であった。7月2日に、操舵手から船長への情報の流れが多くなっているのは、回頭時に操舵手が船の方向を「50度、45度・・・」と5度ごとに細かく報告していたためである。

b 入港時

(1) 函館入港時

函館入港時高速船における各作業者の出力した情報内容の流れの3日間の平均を図5に、在来船における各作業者の出力した情報内容の流れの3日間の平均を図6に示した。

各調査日の気象と他船の動静、船長が操船指揮をとり始めてから着岸まで（入港操船時間）と、航海士と操舵手が船橋から移動した時間は、6月27日は天候は雨、動静を確認した他船はモーターボートがあり本

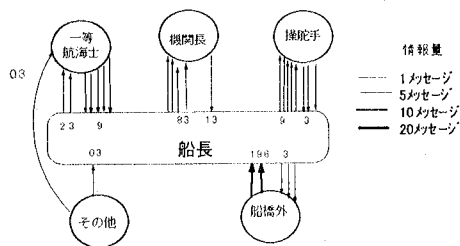


図5 高速船の情報の流れ平均 ③ 函館入港

船より先に入港した。入港操船時間は21分で、操舵手は船長と交替した時から11分後に、航海士は6分後に船橋から移動し、同様に7月1日は天候は晴、動静を確認した他船はオイルタンカーがあり無線にて動静を

確認して防波堤で行きあった。入港操船時間は22分で、操舵手は船長と交替した時から13分後に、航海士は8分後に船橋から移

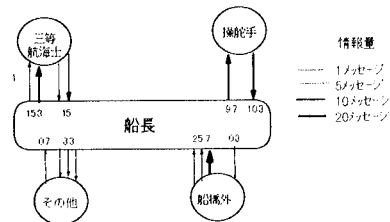


図6 在来船の情報の流れ合計 ③ 函館入港

動し、7月5日は天候は晴、動静を確認した他船は自衛艦があり無線にて動静を確認、入港操船時間は23分で、操舵手は船長と交替した時から13分後に、航海士は8分後に船橋から移動している。高速船では調査日毎に差が見られ、6月27日は船長と機関士は、無線で連絡のつかないモーターボートの動静を双方で確認し、相談している情報の流れがあった。また、7月5日は、動静を確認した他船のオイルタンカーに動静を確認をしているため、船長と航海士の情報の流れが多かった。各調査日の気象と他船の動静、船長が操船指揮をとり始めてから着岸するまでの時間（入港操船時間）と、航海士と操舵手が作業に加わった時間は、6月26日は天候は雨、動静を確認した他船は港内の貨物船に無線で動静を確認し、港外で漁船と行きあっているが、入港操船時間は19分であった。同様に7月2日は天候は晴、動静を確認した他船は貨物船の動静を無線で確認しており、入港操船時間は16分であった。7月6日は天候は晴、動静を確認した他船はモーターボートが一隻で、入港

操船時間は16分であった。7月6日は、船長と三等航海士とその他（一等航海士等）の情報の流れが多くなっているのは、モーターボートの動静について意見交換を行っていたためと、10時56分に火災報知器のアラームが鳴り、船長が一等航海士に確認の指示を出す等の対応を行ったためである。

(2) 青森入港時

青森入港時の高速船における各作業者の出力した情報内容の流れの3日間の平均を図7に、在来船における各作業者の出力した情報内容の流れの3日間の平均を図8に示した。

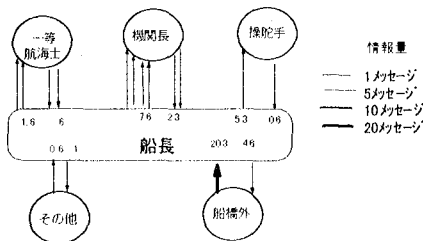


図7 高速船の情報の流れ平均 ④ 青森入港

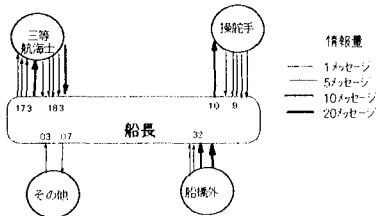


図8 在来船の情報の流れ平均 ④ 青森入港

高速船の各調査日の気象と他船の動静、船長が指揮をとり始めてから着岸までの時間（入港操船時間）と、航海士と操舵手が船橋から移動した時間は、6月27日は天候は雨、動静を確認した他船は港外でフェリー（僚船）とすれ違うだけで、入港操船時間

は24分で、操舵手は船長と交替した時から14分後に、航海士は8分後に船橋から移動し、同様に7月1日は天候は晴、動静を確認した他船は曳舟が一隻、本船より先に先に出港しているフェリー（僚船）が遅れていたが、港外で行きあうだけで、入港操船時間は28分で、操舵手は船長と交替した時から13分後に、航海士は11分後に船橋から移動し、7月5日は天候は晴、動静を確認した他船はフェリー（僚船）と港外で行きあう。入港操船時間は19分で、操舵手は船長と交替した時から7分後に、航海士は3分後に船橋から移動している。機関士は船長とともに着岸まで船橋にいる。調査日毎に差が見られ、6月27日と7月5日は船長と航海士との情報の流れが少なくなっており、7月1日と7月5日は船長と機関士との情報の流れが少なく、7月5日は船長と操舵手との情報の流れが少なかった。7月1日は曳舟の動静を確認するとともに、車両の積み込みの遅れで、本船と青森港外ですれ違う予定だったフェリーと無線で連絡し、先に着岸する旨を連絡するなどがあり、航海士と船長の情報の流れが多かった。在来船は、青森入港時に回頭するため、函館入港時よりも情報量は多くなっている。各調査日の気象と他船の動静、船長が操船指揮をとり始めてから着岸するまでの時間（入港操船時間）と、航海士と操舵手が作業に加わった時間は、6月26日は天候は雨、動静を確認した他船はなく、入港操船時間は17分であった。同様に7月2日は天候は晴、動静を確認した他船はなく、入港操船時間は17分であった。7月6日は天候は晴、動静を確認した他船は

なく、入港操船時間は17分であった。7月2日に、操舵手から船長への情報の流れが多くなっているのは、回頭時に操舵手が船の方向を「50度、45度・・・」と5度ごとに細かく報告していたためである。

2 高速船の操舵について

本研究の対象となった高速船は、自動操舵システムがなく、喫水が浅く船体が箱形のために、風波による影響を受けやすく、航行中は進路保持のために操舵手が操舵機（ジョイスティック方式）を操作していた。操舵手は30分ごとに作業を交代していた。在来船の操舵手は、転針時（10～30分に一度程度）以外は、見張り作業か記録などの船内作業を行っていた。

高速船航行中の操舵手の操舵作業を、ジョイスティックを右（または左）に操作した時を操作回数として、一分毎の右への操作回数、左への操作回数、合計の操作回数を分析した。

図9は、操舵手Aによる7月1日の13時00分～13時25分の25分間の津軽海峡航行中における作業分析の結果で、一分当たりの操作回数は 10.7 ± 3.5 回であった。図10は、操舵手Aによる7月1日の15時48分～16時16分の27分間の津軽海峡航行中における作業分析の結果で、一分当たりの操作回数は 12.9 ± 2.7 回であった。図11は、操舵手Bによる7月3日の12時55分～13時16分の21分間の津軽海峡航行中における作業分析の結果で、一分当たりの操作回数は 25.6 ± 6.1 回、そのときの一分当たりの平均心拍数は 104.4 ± 4.4 回であった。針路のオーダーが出た

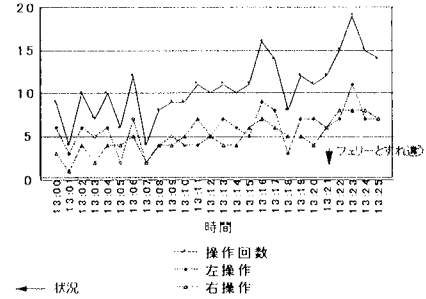


図 9 高速船の操舵手の操舵作業の分析 ① (7月1日)

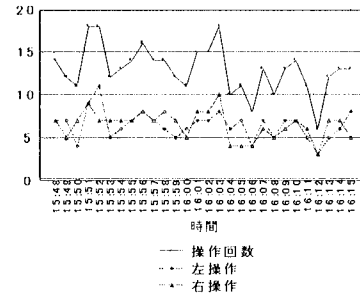


図 10 高速船の操舵手の操舵作業の分析 ② (7月1日)

出たときに操舵回数が増加した。図12は、操舵手Cによる7月5日の12時25分～12時53分の28分間の陸奥湾航行中における作業分析の結果で、一分当たりの操作回数は 7.4 ± 2.4 回であった。針路のオーダーが出たときに操舵回数は増加した。

操舵回数は、調査毎に異なっており、海象、航行条件（津軽海峡、陸奥湾など）、個人による差が大きかった。特に、海象では風などが強い場合は風の方向に当て舵をしながら針路を保持していた。操作回数が操舵手により個人差が大きく、左の操作回数と右の操作回数の比率が異なっているのは、操舵手の技能の違いなどにより、操舵作業時に操舵量を必要以上に多くとった場合、逆方向に操舵機を操作し修正する必要があるため、操舵回数が多くなったものと考えられる。今回の調査では、海象、個人

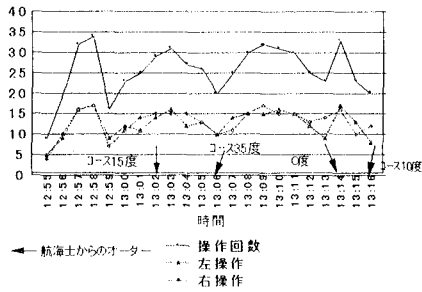


図 11 高速船の操舵手の操舵作業の分析 ③ (7月3日)

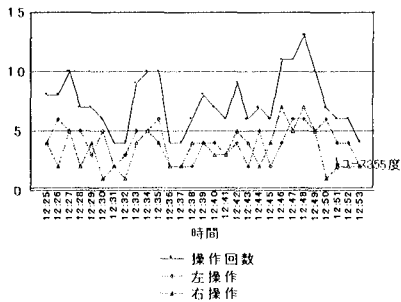


図 12 高速船の操舵手の操舵作業の分析 ④ (7月5日)

の年齢、経験などを調査していなかったために、調査毎に操舵回数が異なるが、全体平均でも6秒に1回、多い人になると2秒に1回操作を行っていた。

3 心拍数の測定の結果

a 出入港作業の詳細について

在来船及び高速船の船長とも、天候の悪い日（在来船：6月26日、高速船：6月27日）で函館入港時と青森入港時の入港作業において大きな心拍の変化を示していた。そこで、次ではそれぞれの函館入港と青森入港について詳しくみていくこととする。

(1) 在来船函館入港時

10時55分に防波堤の間を通過し港内に入ってきている。この時両舷ハーフダウンとし、その後両舷スローとしている。心拍数の変化としては、まだその前のレベルと同様で90拍前後の値となっている。その後左

に舵を切りフェリー埠頭の方へ向かっている。舵を左に切ったあたりから心拍数は徐々に上昇しはじめ、両舷ストップとする10時59分で心拍数は100拍近い値となっている。右舷アスタンをかける11時01分あたりより急激に心拍数が上昇していき、船の船首部分がフェリー埠頭と並ぶ頃に心拍数が最も高い130拍ほどになっている。その後船を岸壁に寄せていく段階では心拍数が低下し、接岸終了まで100拍前後で推移している。船首部分が埠頭と並ぶ時に最も緊張し130拍近い値になったものと考えられる。

(2) 在来船青森入港時

15時39分に防波堤の間を通過し港内に入ってきている。この時両舷スローとしている。心拍数の変化としては、まだその前のレベルと同様で90拍前後の値となっている。その後フェリー埠頭の方へ向かって舵を右に切っている。15時42分に右舷ストップをしたあたりから心拍数が徐々に上昇し100拍前後となっている。回頭しながら岸壁に寄せていく10時46分頃から心拍はまたわずかに上昇している。その後岸壁に寄せていき右舷ストップをかけた10時50分頃に心拍数は最も高い値の120拍ほどになっている。その後接岸の最終段階に入ったときでは心拍数は徐々に低下していき100拍から90拍となっている。

(3) 高速船函館入港時

13時46分に防波堤の間を通過し港内に入ってきている。この時、「ポート、コース50度」と操舵の指示を出し、船橋中央から船橋右舷側へ移動している。13時49分に港

の状況は「8時方向から8mの風」であると報告を受けている。心拍数の変化としては、防波堤通過前までは、60拍から70拍であったのが、防波堤を通過した当たりで移動により一旦大きく上昇し、その後70拍から80拍前後へと上昇している。回頭を行っている13時51分まで心拍の上昇したレベルが続き、回頭を終了し岸壁に寄せていく段階では心拍数は徐々に低下していき、13時52分で60拍まで低下している。

(4) 高速船青森入港時

船長は、17時00分に引き継ぎを終え操船作業をはじめている。港への進入航路上に反航してくる小型船があり、それをかわすためコース指示を「180度」、「190度」、「200度」と続けている。この時、60拍以下で推移していた心拍数が、小型船をかわす直前の17時06分で80拍を超える値に上昇している。その後17時09分頃に心拍数が大きく上昇しているが、これは船橋中央から船橋左舷側へ移動したためである。そして17時12分に防波堤の間を通過している。この時、操船を交代したとき60拍以下であった心拍数は60拍から70拍へと上昇している。その後、17時14分から岸壁に向かい右へ針路を取り、回頭するまえ、「風が10時方向から10m」と報告を受け、「スラスタが効かない」と言った時点で一時的に80拍へと大きく上昇している。そして回頭中は心拍数が60拍から70拍で推移し、回頭を終え岸壁に寄せていく最終段階では60拍以下へと低下している。

b 航海当直時における航海士及び操舵手の心拍数の変化について

在来船の航海当直に関しては、7月2日及び7月6日の青森から函館への航海時、高速船に関しては7月1日及び7月5日の青森から函館への航海時について検討を行った。

図13はそれぞれ一等航海士（一等航海士B）と操舵手（操舵手B）について、7月6日の青森から函館へ向かう航海当直時の心拍数変化と作業内容について示したものである。一等航海士は、7時50分頃より当直に入り作業を行っている。10時15分に当直が終わるまで船橋中央での見張りが主な作業であり、途中、記録等の作業を行っている。8時40分頃わずかに心拍数が上昇しているが、これは操舵手が船橋の外に出ており漁業用のブイを避けるため航海士自らが操舵したところであった。その他9時頃や9時17分頃等、心拍数がやや上昇しているところがあるが、これらは船橋外に出る等の移動によるものである。当直開始から終了まで心拍数に大きな変動はみられず、70拍前後で推移しており、当直中の平均心拍数は、 71.6 ± 4.1 拍となっている。操舵手は、8時より当直に入り10時30分に交代している。航海士と同様に船橋中央での見張り作業が多いが、海図卓での記録、右舷側での通信作業、レーダー監視、コンソールでの計機監視と動き回ることが多い。10時10分から15分まで心拍数が大きく上昇しているが、これはコーヒークップや灰皿等の片づけで船橋内を歩き回っていることによる。この操舵手の航海当直中の平均心拍数は 91.9 ± 3.6 拍であった。

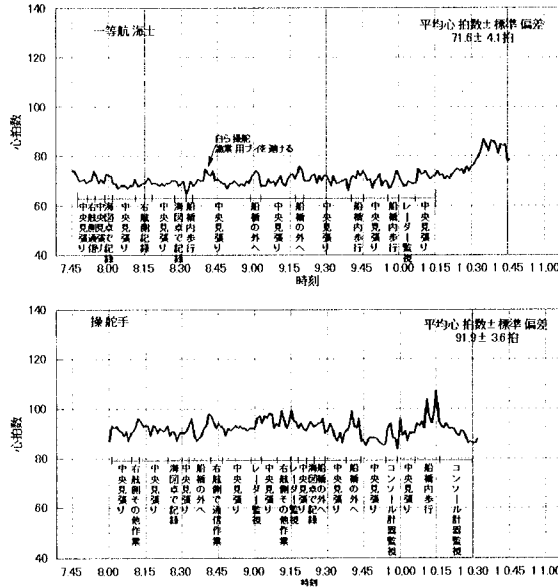


図13 在来船における航海当直中の心拍数

b 高速船航海士と操舵手の航海当直時

図14は、それぞれ一等航海士（一等航海士C）と操舵手（操舵手D）について、7月5日の青森から函館へ向かう航海当直時の心拍数変化と作業内容について示したものである。

12時00分に船は出港し、一等航海士は船首で作業を行った後、船橋に昇ってき船長との引き継ぎを行い12時14分に船橋中央の座席に着き航海当直に入った。その後13時40分まで当直を行っている。この間の主な作業は7月1日と同様座位による見張りであり、レーダー監視や記録作業等を行っている。当直中座位から立位へと立ち上がる他中腰による見張りやレーダー監視があった。7月1日と同様に当直中、その場からの移動は全く行われていない。心拍数は当直開始時の座位による見張りで90拍前

後と高く、操舵指示を出し船を追い越す前に僅かに上昇している。その後、心拍数は80拍台へと徐々に低下しており、12時33分、12時40分に障害物を避けているが特に心拍数の上昇はみられない。12時45分に中腰での見張りで心拍数は一時的に上昇し、その後も中腰でのレーダー監視で上昇している。13時15分より心拍数は上昇しているが、これは7月1日と同様に入港する函館港の入り口付近にいる船舶の確認のため立位での見張りやレーダー監視を行い、進行予定の航路上にいる他船と連絡を取っているためである。この当直中の一等航海士の平均心拍数は、91.4 ± 5.3拍であった。

操舵手は、12時25分から座位による操舵作業を開始し、12時55分に終了している。

操舵作業開始から終了まで、心拍数は95拍前後で推移している。このときも7月

1日と同様に常時ジョイスティックによる操舵を行っているが、それ以外に障害物を避けるための操舵を2回と航海士からの指示による操舵を2回行っている。この間特

に大きな心拍数の変化はみられなかった。この操舵作業中の平均心拍数は 97.0 ± 2.3 拍であった。

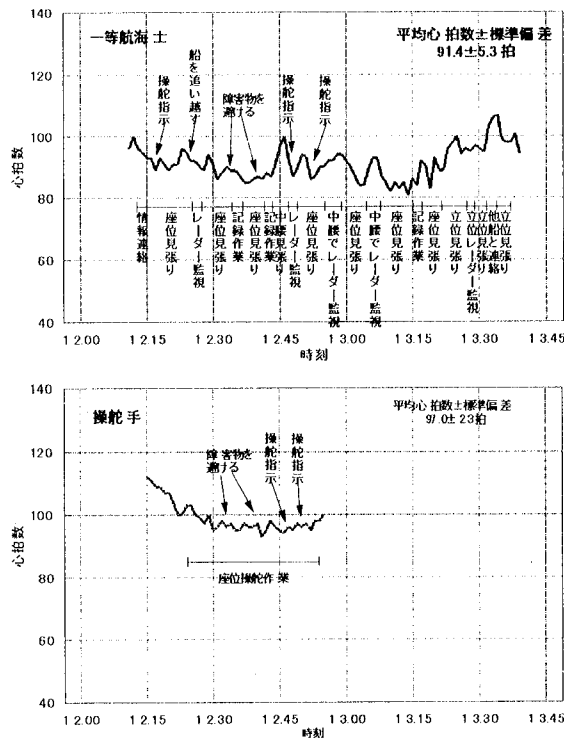


図14 高速船における航海当直中の心拍数

D. 考察

1 出入港

a. 情報分析

全体的に在来船の方が情報量が多かった。距離に関する情報は、在来船で函館入港時、青森入港時に高い頻度を示した。入港時は着岸といった高度な操船作業が要求されるため、距離（岸壁までの距離）に関する情報が詳しく必要なためである。他船に関

する情報は、在来船が低い頻度を示したのに対し高速船は高い頻度を示した。高速船は速度が速いため、より前方の船に注意を払う必要があるためだと考えられる。高速船では、海象、見合い船などの港湾の状況による影響もあり、同じ船の同時刻に出港する船でも情報の流れが日によって異なっていた。高速船では、見合い船がある場合、他船との通信が何回か行われ、船が通過するときの方向等を確認していたが、相

手船と連絡ができない小型漁船や、モーターボートのようなプレジャーボートの場合、船長、航海士の双方で注意深く監視をしていたため、情報量が特に多くなっていた。しかし、出港の直前、直後では航海士、操舵手がスタンバイに入るために、船橋には船長と機関士しか居らず情報量が減少している。

在来船においては、今回の調査時では他船との通信を行って動静を確認することは少なかった。これは、高速船は速度が速いため、他船に関して在来船よりも注意し動静などを確かめる必要があるからである。在来船の場合では、回頭時に操舵手が船の方向を「50度、45度・・・」と5、船の方向を5度刻みで報告することにより、情報量を増加させて、航海を支援していた。

b 心拍数

入出港時における在来船船長と高速船船長の心拍数を比較してみると、在来船の船長では悪天候でうねりや風のある時は、出港時及び入港時で他の天候のよい日に比べ心拍数は操船中全体的に高くなり、入港時では更なる心拍数の上昇の起こる場面があるのに対し、高速船の船長では、出港時においては天候の影響を受けることは余りなく、悪天候の入港時で心拍数の上昇する場面があるものの操船中を通じて全体的に高くなることはなかった。

入出港時において高速船の船長は、出港時では防波堤通過後、入港時では防波堤通過前まで若干座位による見張りがあるが、入出港操船中ほとんどが立位であり、心拍数の低いことが座位だけにあるとは考えに

くい。その他の理由として考えられることは、船の大きさや操縦性能にあるのかもしれない。船の大きさをみてみると、高速船は総トン数1,498トンで全長90.02m、幅14.9mであるのに対し、在来船は総トン数6,358トンで全長125m、幅21mで、在来船と比較して高速船は小型である。

操縦性能では、在来船は左右旋回能力での180度回頭時間が、発令からおよそ1分30秒であり停止性能も1026m2分55秒であるのに対し、高速船は左右旋回能力での180度回頭時間が、発令からおよそ1分であり停止性能も470m38秒と、高速船の方が短時間に回頭、停船ができる。

函館港と青森港における防波堤通過から接岸終了までの時間をみてみると、函館港において在来船は回頭がなく約13分であるのに対し、高速船は回頭を行って約9分であり、青森港では共に回頭を行い在来船が12分であるのに対し、高速船は9分と短時間であることから操縦性能の良さがうかがえる。高速船の船長は、このように港内の離着岸では船が在来船と比較して小型であり操縦性能がよいことから操船による負担が少なく、悪天候による心拍数の全体的な上昇というものがなかったのかもしれない。在来船船長と高速船船長の悪天候時入港作業において心拍数の変化で違いのみられたもう一点は、岸壁へのアプローチ段階であった。在来船船長、高速船船長とも函館港入港、青森港入港で防波堤通過あたりから心拍数は徐々に増加している。しかし、その後在来船船長に関しては、函館港入港で岸壁へのアプローチの船首部分が岸壁と

並ぶ時点で心拍数は約130拍と最も高くなり、青森港入港では回頭の後、船尾部分が岸壁によっていく時点で約120拍と最も高くなっている。高速船の船長では、函館入港と青森入港時とも回頭の最初の段階まで心拍数は高く、それぞれ約80拍、70拍となるが、回頭の途中から心拍数は低下し岸壁へのアプローチ段階では60拍前後の値となっている。在来船が岸壁へアプローチしていく段階では、船にまだ速力もあり岸壁への衝突の可能性が高いことにより、この段階で船長の心拍数が最も高くなるものと考えられる。その後岸壁へ寄せる段階では、船の速力もほとんどなく、船首及び船尾からのロープワークによるサポートもあることによって心拍数は低下していくものと思われる。

高速船では、回頭途中で船と岸壁との位置関係で適切な位置に入れたと判断する時点までが緊張する場面となるのかもしれない。その後は小回りがきくという操縦性能の良さから岸壁へのアプローチ段階では心拍数は低下していくと思われる。

2 航海中

a 操舵動作の分析

調査毎に操舵回数が異なるが、全体平均でも6秒に1回、多い人になると2秒に1回操舵していることになり、転針時（10～30分に一度程度）のみ操舵を行う、在来船の操舵手に比べて操舵回数は多かった。

操舵回数は、調査毎に異なっており、海象、航行条件（津軽海峡、陸奥湾など）、個人による差が大きかった。特に、海象では風などが強い場合は風の方向に当て舵を

しながら針路を保持していた。操作回数が操舵手により個人差が大きく、左の操作回数と右の操作回数の比率が異なっているのは、操舵手の技能の違いなどにより、操舵作業時に舵角を必要以上に多くとった場合、逆方向に操舵機を操作し修正する必要があるため、操舵回数が多くなったことが考えられる。高速船は、ウォータージェットで推進していくために、海面の浮遊物などを避けるために、6/25日に函館から青森の航海で、津軽海峡上の浮遊物を避航するために船体が大きく揺れたこともあった。障害物を避け航行の安全を図るとともに、急な操舵をした場合は乗客に対して不快感を与える可能性もあるために、航行中の操舵作業は急な動作をすることなく的確に行うことは必要である。今回の調査では、海象、個人の年齢、経験などを調査していなかったために、今後はより詳細に調べ、オートパイロット等の必要な支援機器の改善、操舵訓練の実施が必要であると考えられる。

b 心拍数

在来船の航海士と操舵手は、当直中、立位での見張りが主であり、レーダー、海図卓、操舵機器等は見張りを行う船橋中央より後方にあるためレーダーをみたり記録を行うために移動も頻繁に行われる。これに対し高速船では、航海士は座位による見張りが主となり、レーダーも座席のすぐ右前方にあるため座位のままみることができるとして座席からの移動はほとんど行われない。操舵手についても船橋中央で常に操舵器であるジョイスティックを操作しなければならないので、操舵中は常に座位であり移動

も行われない。そこで、それぞれの当直中の平均心拍数をみてみると、在来船では航海士が 80.9 ± 4.1 拍（7月2日）及び 71.6 ± 4.1 拍（7月6日）であるのに対し、高速船の航海士では 89.5 ± 3.1 拍（7月1日）及び 91.4 ± 5.3 拍（7月5日）と高速船の航海士で高い値となっている。このそれぞれ4日間は天候もよく視界良好で、高速船の2日間は在来船の2日間に対して天候が悪いということはない。在来船の航海士の当直作業は、立位であり移動も頻繁に行われるのに対し、高速船の航海士では座位であり移動も行われないことを考えると、平均心拍数が 89.5 ± 3.1 拍と 91.4 ± 5.3 拍は在来船の航海士と比較しても高いと言える。この理由として考えられるのは、高速船は航行スピードが速いため常に前方に注意を払い、早め早めの対応をしなければならず、他船を避けたり障害物を避けることが容易でないためと考えられる。この2日間の航行中においても、常に前方に注意し他船を避けることもさることながら、海上に浮かぶ障害物も2度、3度と避けていた。操舵手の当直中の平均心拍数をみてみると、在来船では 93.4 ± 3.4 拍（7月2日）及び 91.9 ± 3.6 拍（7月6日）である。高速船の操舵手は、 79.1 ± 2.5 拍（7月1日）及び 97.0 ± 2.3 拍（7月5日）となっている。在来船の操舵手は、操舵や見張りも行うが船橋内で記録やその他様々な作業を行うため移動が頻繁となり、心拍数も高い値となっていると思われる。高速船では、航海士と同様に操舵手は座位であり移動することはないので、7月5日の操舵手の 97.0 ± 2.3 拍は高く、

航海士と同様に船の航行速度が高速であるため常に前方に注意を払ってはいなくてはならないので高くなったものと考えられるが、7月1日の操舵手では 79.1 ± 2.5 拍と高い値でなかった。天候はどちらの日もよく視界は良好であったので、天候による差であるとは考えにくい。操舵手の経験等の個人差によっても考えられるが、今回の調査では経験年数等調査していないので今後の課題として残された。

E. まとめ

本研究では、コックピット型船型の超高速船、ジョイスティックコントロールを装備した船舶等の操舵時の作業動作、作業位置、言語情報、心拍数を中心に分析した。

航海中では、船橋内のワッチの人数が多い高速船の方が海難原因に多くみられる「見張り不十分」、「居眠り」、「船位不確認」については、安全面で優れていると考えられる。しかし、その一方で高速船の運航人数は少なく、高速での運行のため他船に対して早期の回避が必要になり注意深く、緊張して運行しなければならず、船橋内での作業が増加しているため、作業者の負担も増加し、疲労などにより逆にヒューマンエラーが発生する可能性もある。航海時では、高速船での航海士及び操舵手が心拍数が上がり、負担が大ききようであった。航海士へのサポート係としての操舵手やそれ以外の甲板員等の存在が重要になってくるものとおもわれる。

出入港においては、言語情報分析の結果

各船共通で、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。見合い船や横切り船などの他船の動静を確認する際、船長と航海士、操舵手が相談している。相手船と無線が通じる場合は、航海士が相手船を呼び出し動静を確認し、また、小型漁船、プレジャーボートなど連絡がつかない船舶の場合には、相互に他船の動静を確認していた。船長以外の航海士、操舵手などが他船の動向、周囲の状況を呈示するなどバックアップを行っており、重要な役割を果たしていた。しかし、高速船の場合は入出港時に、航海士、操舵手が総員配置のために船橋を離れており、在来船と異なる体制で操船が行われていた。心拍数を測定した結果、各船共通で、出港時よりも入港時で心拍数が高くなり、さらに入港時の岸壁へのアプローチ段階である船首または船尾が岸壁へと近づくときに最も心拍数が高くなるということである。岸壁への衝突を考えれば、このアプローチ段階が最も高く、その後の岸壁へ船を寄せていく段階ではロープワークによりサポートされるので衝突の危険も減るものと考えられる。在

来船と高速船で入出港時における船長の心拍数を比較した場合、悪天候時に違いがみられた。在来船の船長では、心拍数は常に高い値で岸壁へのアプローチでさらなる上昇を示したのに対し、高速船の船長では回頭中で高くなるものの全体として上昇することはなかった。これは、高速船が在来船と比較して小型であり操縦性能がよく小回りが効くことによると考えられた。

以上のことから考えると、船舶毎に、乗組員の動作、言語情報、生体負担に相違が見られた。船舶に新しい技術を取り入れていく際には、乗組員の動作、生体負担、言語情報などがどのような影響を受けるか評価し、必要に応じて操船作業におけるフェールセーフのための、操船者に対する人的、機械的バックアップシステムを構築することが重要である。

参考文献

省略

(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3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。)