

海難及び支援機器等評価シナリオ作成手法の研究

三友 信夫*、吉村 健志*、疋田 賢次郎*、西崎 ちひろ*

伊藤 博子**、松井 裕**、川越 陽一**

A Study on Developing Experimental Scenario to Evaluate the Navigation Support System and Marine Accident

by

Nobuo MITOMO, Kenji YOSHIMURA, Kenjiro HIKIDA, Chihiro NISHIZAKI,
Hiroko ITOH, Hiroshi MATSUI, and Yohichi KAWAGOE

Abstract

Why do vessels collide with each other even though the Navigation Officer on Watch (OOW) keeps a lookout? This study aims to discover what causes human error of the OOW. For this purpose we conducted a series of experiments and surveys.

The early part of this paper reports on results of two experiments and the present state of marine accidents in Japan. The first experiment objective is to find out the correlation between the angle of an approaching target and error in overlook (cognitive error), and to put forward a method for estimation of Human Error Probability (HEP) from experiments using a ship bridge simulator. The next experiment objective is to find out the correlation between behavior and error in judgment (decision error). The author found that the OOW tends to overlook a target that is approaching from the port side. The other result shows that the notice time is negatively correlated with the amount of time using binoculars. This study concludes that a method for quantifying the risks of human error from experiments is necessary for implementing highly reliable Human Reliability Analysis.

The latter part of this paper reports analytical approach of marine collision accidents. This analytical approach is based on the method for quantifying the risks of human error from experiments with the bridge simulator. Analytical approaches to some accidents with bridge simulators have already been carried out. However, analytical method has not been established yet. Analytical method is proposed to identify the most important task (bottleneck task) in the accident process. As a result of experiments and analysis of a collision accident, “Judgment (decision error)” was identified as the bottle neck task for preventing collisions. In addition, the process of judgment in the collision accident is made clear by modeling judgment pattern of officers. From the result, two-stage judgment is identified as the primary cause of the collision.

* 運航・物流系、** 海洋リスク評価系

原稿受付 平成24年10月15日

審査日 平成24年12月3日

目 次

1. まえがき	2	11.1 フェーズ I の目的	19
2. 目 的	3	11.2 フェーズ I の実験	19
3. シナリオ作成手法の確立	3	11.2.1 実験の目的	19
4. 見落としを原因とする衝突事故標準評価シナリオ作成のガイドライン作成	3	11.2.2 実験シナリオ	19
5. 操船リスクシミュレータ実験による認知エラーを原因とする衝突事故シナリオの作成方法	5	11.2.3 実験内容	19
5.1 実験方案の作成	5	11.2.4 実験結果	19
5.1.1 ターゲット方位の決定	5	11.3 フェーズ I の解析及び考察	20
5.1.2 ターゲットの動きの決定	6	11.3.1 解析手順	20
5.1.3 航行環境条件の決定	6	11.3.2 解析結果	20
5.1.4 人間工学実験を行う上での留意点	6	11.3.3 解析結果	22
5.2 操船シミュレータ実験	8	11.4 フェーズ I の課題	22
5.2.1 実験シナリオ	8	12. フェーズ II の実験と解析	23
5.2.2 実験参加者	8	12.1 フェーズ II の目的	23
5.2.3 実験課題	8	12.2 フェーズ II の実験	23
5.3 結果と考察	8	12.2.1 実験及びインタビュー調査の目的	23
5.3.1 発見課題成績の解析	8	12.2.2 実験シナリオ	23
5.3.2 行動の解析	10	12.2.3 実験内容	24
5.4 まとめ	11	12.2.4 実験結果	24
6. 操船リスクシミュレータ実験による判断エラーを原因とする衝突事故シナリオの作成方法	12	12.2.5 インタビュー調査結果	25
6.1 実験シナリオの作成プロセス	12	12.3 フェーズ II の解析及び考察	25
6.1.1 ターゲットの接近方位と距離の決定	12	12.3.1 操船結果と判断エラー発生状況	25
6.1.2 ターゲットの動きの決定	12	12.3.2 フェーズ I で作成したシミュラタスクモデルとツリー表示の修正	25
6.1.3 航行環境条件の決定	14	12.3.3 避航判断パターンのモデル化と判断エラー発生過程の検討	25
6.2 操船シミュレータ実験	15	12.3.4 航路情報の事前提供による事故の抑制効果	27
6.2.1 実験参加者	15	12.4 フェーズ II の課題	28
6.2.2 実験課題	15	13 まとめ	28
6.3 結果と考察	16	参考文献	28
6.4 まとめ	16		
7. まとめ	16		
8. 海難事故解析の現状	18		
9. 本研究の解析に用いた衝突海難事故の概要と裁決録による指摘事項	18		
10. 本研究における海難事故解析手法の着目点	18		
11. フェーズ I の実験と解析	19		
		1. まえがき	
		操船シミュレータを活用した研究は、海難の要因分析、航海支援機器の評価等において、大きな役割を果たしている ^{1), 2)} 。研究では、操船シミュレータを用いた実験を行う。この実験においては、実験参加者にタスクを与え、参加者が発揮するパフォーマンスを計測し、評価するのはもちろんであるが、それに付随して生じる参加者の生理的・心理的負担も解析しなければならない。たとえ、よりよいパフォーマンスを発揮できたとしても、多大な負担を強いては、操船者はそのパフォーマンスを維持できないためである。	

このとき、参加者に与えるタスクと、評価すべきパフォーマンスを定義するのが、実験シナリオである。参加者を用いた人間工学実験の結果の妥当性及び信頼性は、実験シナリオに依存しているといえる。

これまで、海難の要因分析や航海中の見張り作業を支援する機器を評価する際に行われてきた実験では、タスクやパフォーマンスの組み合わせは、対症療法的に作られた実験シナリオが用いられてきた。要するにカスタムメイドの実験シナリオが用いられてきた。したがって、継続的に用いることのできる実験シナリオは少なく、実験の目的に従い、その都度シナリオを新規に作り直さなければならなかった。しかし、実験シナリオで評価すべきタスクやパフォーマンスには、共通なものがあるはずで、この基本部分さえ構築できれば、少しの変更だけで実験シナリオを作成することができるだけでなく、実験間での比較も可能となる。さらに、将来的に対象の範囲を機関室や荷役作業等に広げて行くことにより、ヒューマンエラーの事故総合対策へと展開が可能となる。

またシナリオ作成手法が可能となった場合でも、そのシナリオを用いた要因分析手法は確立されておらず、その手法についても検討が必要である。海難事故の解析においても、要因を分析することが課題であり、要因が抽出されることにより、海難事故の再発防止に大きく寄与することになる。

2. 目 的

本研究では、前述したように体系化されたシナリオの作成手法の確立を目的とする。

そのための具体的な例として、衝突海難の主な原因である人的過誤の中から「見落とし」と「憶断」に着目し、操船者の認知・判断エラーがどのような状況で引き起こされているのか、また、どのくらいの確率で発生するのかといった定量的な操船者の認知・判断特性を、操船シミュレータ実験の結果から明らかにするための、体系化されたシナリオ作成手法を確立し(3章~7章)、海難の要因分析を可能とする手法の開発(8章~12章)を目指す。

3. シナリオ作成手法の確立

人がタスクを処理する過程は、状況認識(認知)、判断、行動に分けられる。本研究では、まず、操船者が(衝突の)相手船を見落とすといった認知エラーが原因で発生した衝突事故を対象にして、操船者の認知エラーが相手船の位置によってどのような影響を受けるのか、及び認知エラーの発生率を導出できる実験シナリオを作成する手法の確立を試みた。

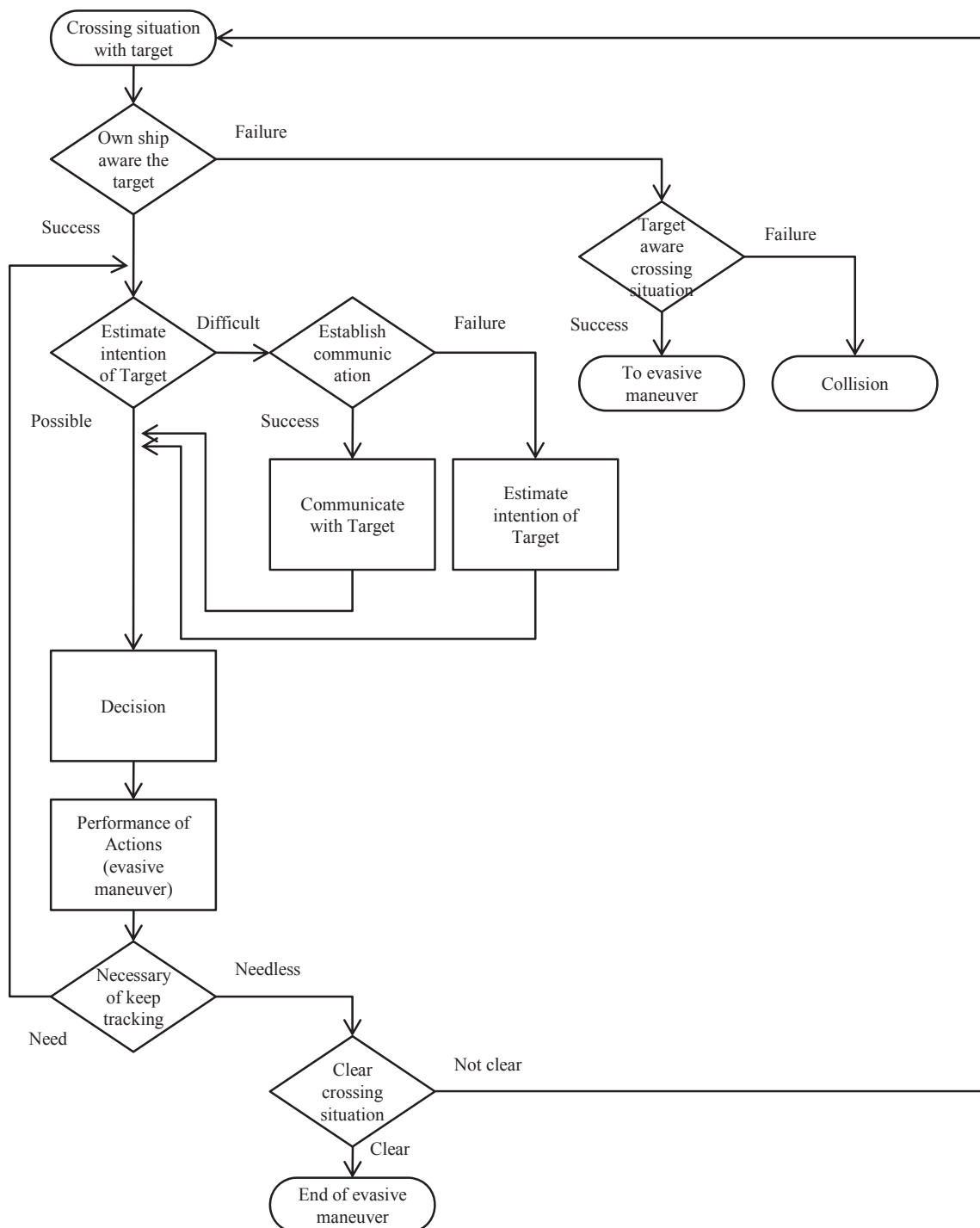
次に、認知エラーが原因となって発生した海難を再現した実験シナリオを作成した。また、操船シミュレータ実験をおこなって、実験参加者の行動分析及び面接調査に基づいた海難要因分析手法を提案した。

さらに、操船者が相手船の動静を「憶断」してしまうといった判断エラーが原因となり発生した衝突事故を対象にして、操船者がなぜ判断を誤るのかその機序を明らかにできる実験シナリオの作成手法の確立を試みた。

4. 見落としを原因とする衝突事故標準評価シナリオ作成のガイドライン作成

見落としを原因とする衝突事故標準評価シナリオのガイドラインを作成するにあたり、まず、当所が、1990年から2007年までに発生した6,860件の海難の裁決録をデータベース化した海難データベース³⁾から衝突事故を抽出し、衝突前の操船者の行動を解析した。

本研究に先行して、見落としを引き起こす要因のひとつである操船者の認知状態に着目して、海難データベースから、貨物船同士が衝突した海難事故163件を抽出して分析を行った。その結果、いずれの操船者も(衝突の)相手船を発見しないまま衝突した事例が79件、一方、双方の操船者が相手船を発見したにも関わらず衝突した事例が37件、さらに、いずれか一方の操船者が相手船を発見したものの衝突した事例が47件発生していた⁴⁾。このように「見落とし」のうち半数近くは、操船者が相手船を発見したにも関わらず適切な認知がなされていなかったことが原因で発生していることが分かった。その結果をもとに、衝突事故に至る過程をフローチャートとして図示したものがFig.1である⁵⁾。

Fig.1 衝突海難のフローチャート¹⁾

また、Endsley による状況認識モデル⁶⁾によると、操船者による見張り作業は、Fig.2 に示すように、作業（タスク）は、認知（状況認識）、判断、行動の3つの過程に大分される。そして、タスクの成否は、適切な認知が前提となることが示されている。これは、衝突事故に至る過程の初期の段階で相手船の認知に

失敗すると、引き続く相手船とのコミュニケーションの成立や、避航の判断、避航操船等が成功しないことを意味している。

海難及び支援機器等を評価できるシナリオを作成し、今後の研究に活用できるデータを蓄積するまでの手順をまとめたガイドラインは下記の通りとなる。

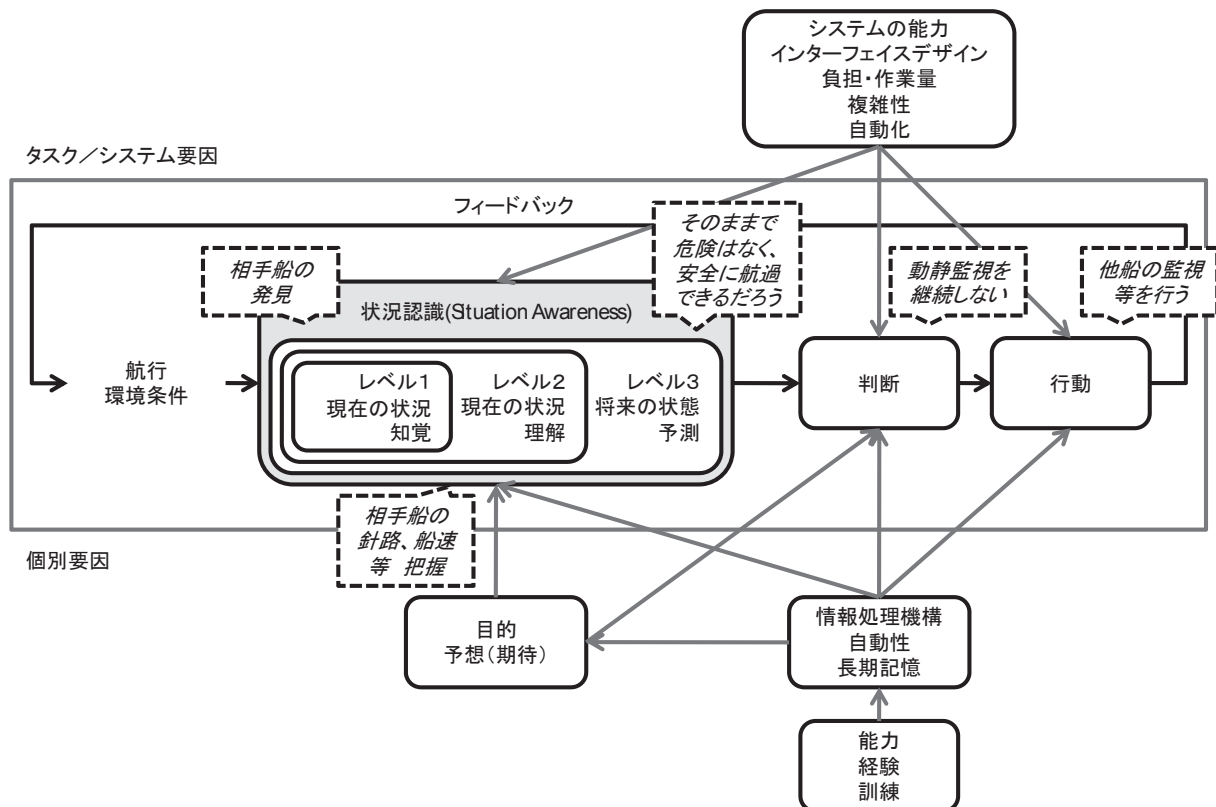


Fig.2 操船作業の状況認識モデル

- ① 過去の海難事例から、海難の要因を抽出するため、海難データベースを整備し、解析プログラムを開発する。
- ② 抽出された海難の要因を、操船者の行動を認知・判断・操作に分類して、操船シミュレータ実験の実験方案及び実験シナリオを作成する。
- ③ 操船シミュレータ実験を継続的に実施して、基本的な生理、心理、行動の各データを蓄積する。

5. 操船リスクシミュレータ実験による認知エラーを原因とする衝突事故シナリオの作成方法

本章では、「認知エラー」を原因とするシミュレータ実験のシナリオ作成方法について検討を行う。また作成したシナリオを用いて、その妥当性について検討を行った。

5.1 実験方案の作成

抽出された海難の要因に基づいて、操船シミュレータ実験の実験方案及び実験シナリオ

を作成した。

実験シナリオでは、操船者の見張りパフォーマンスを評価する尺度を「船舶の衝突危険性を認知するまでに要する時間」と定義した。実験シナリオは、ターゲットとなる船舶が接近してくる方位が、操船者の認知（目視による発見）に及ぼす影響を、実験により明らかにすることを目的としている。具体的には、様々な方向から接近してくるターゲットの中で、見落としの危険度が高いターゲットを客観的に評価できる実験シナリオ作成を目指した。

5.1.1 ターゲット方位の決定

ターゲットとなる船舶は、自船針路を中心として均等に分布させるため、自船針路を中心とした変位が30度から80度まで10度刻みとなるように、左舷側から順に280度（中心から左80度）、300度（中心から左60度）、320度（中心から左40度）、30度、50度、70度から接近してくる6隻とした。なお、さらに多くのターゲットを出現させて実験を行うことは可能だが、単位時間内に提示する刺激の頻度が高くなることを避ける目的で、ターゲットを6隻（方位）に限定した。

5.1.2 ターゲットの動きの決定

ターゲットとなる船舶は、一定の船速で航行させ、予め定義された2つの変針点（ウェイポイント WP：WP1、WP2）で変針させた。

WP は、スタートとなる WP0 と、ゴール WP3 を含めて 4 箇所設定した。このうち、WP1 から WP2 の間を航行中のターゲットは、最接近距離（Distance at Closest Point of Approach: 以降 DCPA）が 0 海里（1 海里は、1,852m）となるよう航行させた。この間は、衝突リスクが最も高い状態となるため、実験参加者はこの衝突リスクをできるだけ早く認知しなければならない。

5.1.3 航行環境条件の決定

実験シナリオの航行環境条件は、できるだけ外乱を減ずるために、天候晴れ、風力 BF0、波高 0m、潮流なしに設定した。ここで、視程を無限大に設定した場合、実験開始と同時にターゲットの存在を確認できてしまうため、視程を制限することとした。ただし、ターゲットとの距離によっては、操船シミュレータのスクリーンに投影される船影が小さい上に、プロジェクタの解像度に限界があることから、目視で確認するのが難しくなることも予想される。

そこで、航行環境条件の視程を設定するにあたっては、操船経験者の協力を得たうえで、スクリーンに投影されるサイズや解像度、目視可能性の観点から検討を加えた。さらに、実験シナリオの WP についても併せて、以下の条件を挙げて慎重に検討した。

- ・ 視程は、出現位置の WP0 において、実験参加者がターゲットを目視で確認できない距離に設定すること。
- ・ また、視程及び WP は、WP1 通過時は目視でターゲットを確認できないこと。かつ、WP2 までにはターゲットが確認できる距離に設定すること。
- ・ ターゲットが WP2 に到達する前に、参加者が目視確認を行い、発見報告が行える十分な時間的余裕があること。
- ・ ターゲットは、WP2 に到達したら衝突のリスクを減らすように（DCPA 値を増大させるように）変針すること。
- ・ WP2 は、避航操船を安全に行うために十分な距離を確保すること。

以上の条件を満たすよう実験シナリオを作成した。実験シナリオの設定条件は、下記

の通りである。

- ・ 自船は、船速 12 ノット（1 ノットは、0.514 m/s）、針路 000 に向かって、避航するまではオートパイロットで航行する。
- ・ ターゲットが出現する位置 WP0 は、自船から半径 4 海里から 6 海里程度の距離とする。
- ・ WP1 は、自船から半径 3 海里の距離とする。
- ・ ターゲットは、WP1 に到達したら、自船から見て一定の方位を維持し、かつ、DCPA 値を 0 海里に維持するように変針する。
- ・ WP2 は、自船から半径 2 海里の距離とする。
- ・ ターゲットは、船速や方位に関わらず WP1 を通過した 240 秒後に WP2 に到達するよう航行する。
- ・ ターゲットは、WP2 に到達したら、自船と衝突する危険性を減らすために変針する。
- ・ 視程は、4 海里の距離とする。
- ・ 実験参加者に周囲の航行環境を把握するために必要な時間的余裕を持たせるために、ターゲットが変針点 WP1 に到達する最短時刻を、実験開始後 300 秒と設定する。
- ・ 各ターゲットは、60 秒以上 120 秒以下の時間間隔で、それぞれに設定された WP1 に到達して変針するようスケジュールされた。

実験シナリオの WP の位置とターゲットの動きは、Fig.3 及び Fig.4 に示したとおりである。

5.1.4 人間工学実験を行う上での留意点

同じ実験シナリオを、複数回に渡って実験で用いた場合、実験参加者が実験シナリオの内容（ターゲットの配置や動き）を記憶して、予測に基づいた見張り作業を行うことから、実験結果にバイアスがかかってしまう。このような悪影響を避けるため、実験では異なる 7 種類のシナリオを準備した。いずれのシナリオも、視程や針路等の基本的な仕様は同じだが、ターゲットが WP1 に到達する順序だけが異なっている。このように、参加者の予測によるバイアスを最小に抑えるために、実験シナリオを複数用意する必要がある。

実験が長時間にわたると、参加者の生理的・心理的負担を考慮しなければならない。実験シナリオの時間は、十分な余裕時間と、必要なタスクを遂行できるだけの時間を確保すれば、最小限に抑えるのが望ましい。本研究では、約 5 分間の余裕時間を含めて、

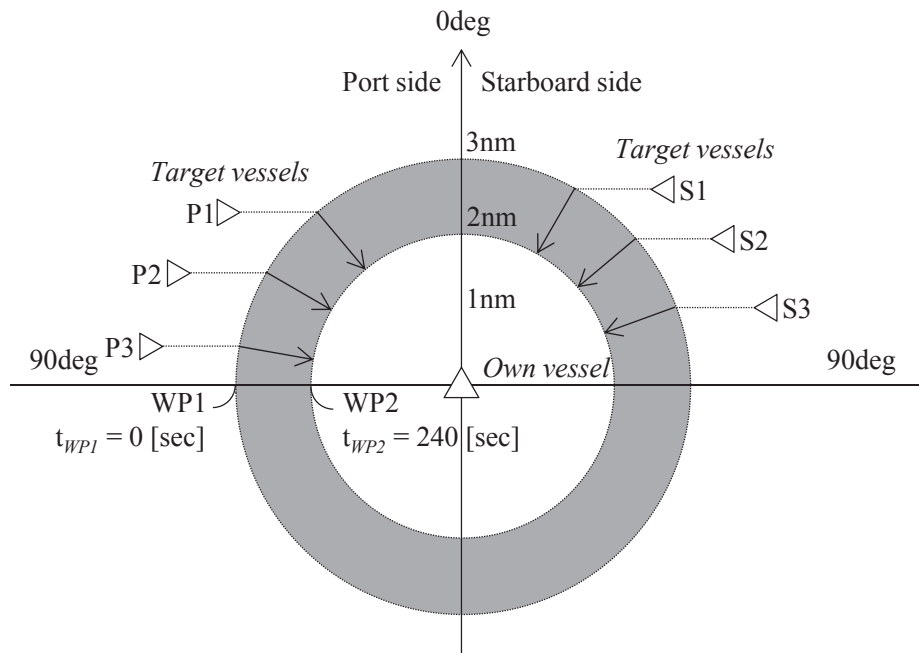


Fig. 3 ターゲットの動き（相対運動）

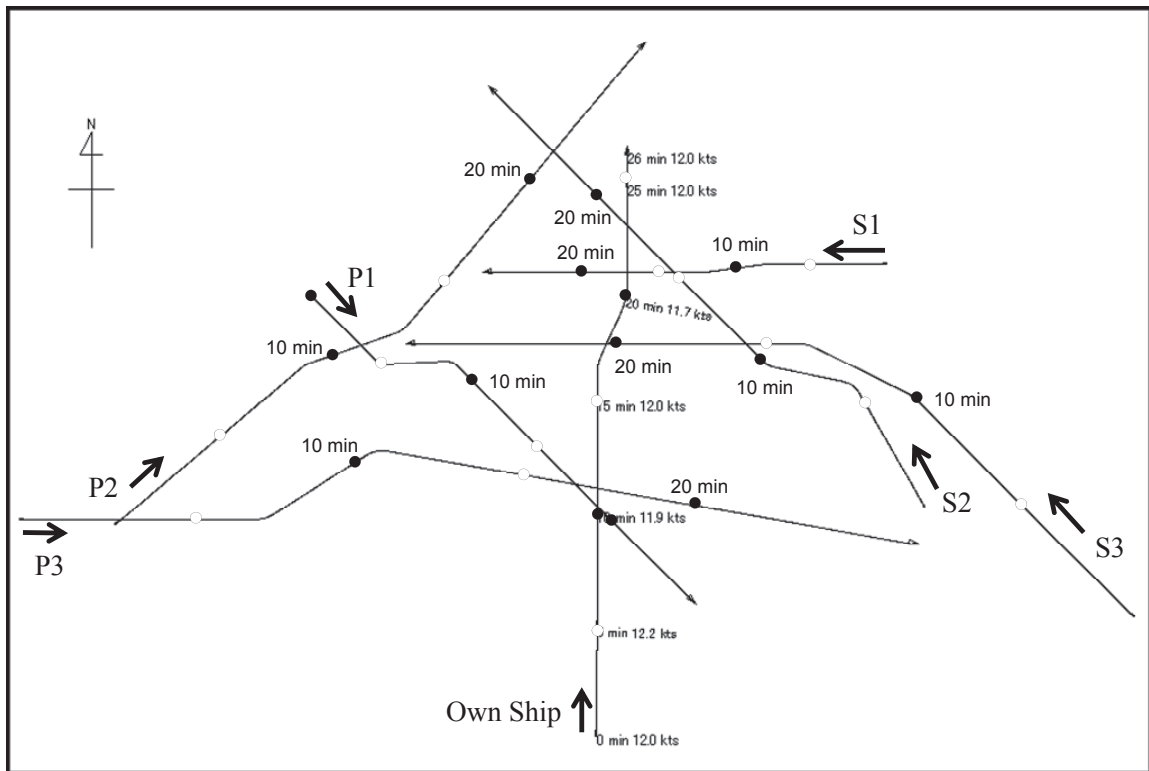


Fig.4 ターゲットの動き（真運動）

30分で実験が終了するよう実験シナリオを構成した。余裕時間とは、実験開始後、自船の針路及び船速を変更せず、かつ周囲のターゲットも初期針路及び船速を変更しない状態で、航行させる時間のことを指す。この時間内に、参加者は、周囲の状況を把握し、今後

の操船計画を立てることができる。

Table 1 実験スケジュール

時間	内容
10:00~10:30	実験の概要説明
10:30~11:30	練習①操船リスクシミュレータと機器操作への習熟
11:30~11:40	休憩
11:40~12:00	実験方法の説明
12:00~13:00	昼食
13:00~13:30	実験と同条件で練習
13:30~14:30	実験①
14:30~14:40	休憩
14:40~15:40	実験②
15:40~16:00	休憩
16:00~17:00	面接調査

5.2 操船シミュレータ実験

実験は、平成 21 年 10 月 5 日から平成 21 年 11 月 19 日にかけて、当所の操船リスクシミュレータを用いて実施された⁷⁾。実験のスケジュールは Table 1 の通りである。実験参加者は、実験前に実験の概要説明と、操船シミュレータの各機器の操作方法に習熟させるための練習を受けた。習熟度の確認は、独自に作成したチェックリストを用いて行った。昼休憩を挟んで、実験と同一条件の練習を行わせ、課題の遂行に支障がないことを確認した後、本実験を行った。実験終了後は、日頃の見張り作業や実験の感想などについて、面接調査を行った。

5.2.1 実験シナリオ

実験参加者を航海当直作業のうちターゲットの発見に専念させるため、自船はオートパイロットに設定した。オートパイロットの設定は、針路 000 度、船速 12 ノットとした。

実験者は、実験参加者に、航行中はできるだけオートパイロットを維持するよう教示した。ただし、実験参加者が衝突の危険を感じて、避航が必要だと判断したら、いつでも自由にオートパイロットを解除してマニュアルで操船できることとした。ターゲットは、予め決められたウェイポイント上を移動するため、自船が変針した場合、実験条件となるターゲットの方位を一定に維持できなくなる。従って、解析の対象は、オートパイロットを維持している時間に限定した。

船橋内の操舵スタンド前には、操舵手役の実験観察者を立たせた。参加者がオートパイロットを解除したら、操舵手役の実験者に操舵号令を出すよう求めた。

実験は、参加者が周囲の安全確認を行って、その旨報告があるまで続けられた。一回の実験は、ばらつきはあるものの、約 30 分で終了した。

5.2.2 実験参加者

13 名の実験参加者はいずれも、海技免状を保持しており、実務経験を有する操船者である。平均年齢は、37.8 歳であった。また、実務経験年数は、最短 2 年から最長 17 年であった。実験参加者は、外航船舶（VLCC、PCC、LPG、Bulk Carrier 等）において、操船者として実務に就いた経験を持っている。

なお、この実験には、16 名の実験参加者がいたが、そのうち 1 名は外国人であったため実験者との間で十分なコミュニケーションがとれなかったこと。1 名は、操船経験 1 年未満であったため、その他の参加者との操船結果に大きな違い（早い時期の転舵）が認められたこと。そして、最初に参加者として参加した 1 名は、実験シナリオの妥当性を評価するために実験を行わなかった。以上の理由により 3 名は、解析対象から除外した。

5.2.3 実験課題

実験者は、実験参加者に以下の 3 つのタスクを実行するよう教示した。①普段通りの航行を心がけて安全な航行を維持すること。②ターゲットが目視で確認できるようになったら、すみやかにコンパスでターゲットの方位を計測して、目視できたことと方位を報告すること。③他船の動静について気付いたことがあれば、その都度報告すること。

本実験では、参加者に発見の報告をおこなうよう求めたにも関わらず、実験終了まで発見の報告がなされなかった場合は、見落としとして定義した。

実験は、合計 56 回（一人の参加者あたり平均 4.31 シナリオ（ $56 \div 13$ ））行った。従って、実験では、1 ターゲットあたり 56 報告、合計 336 報告を要求した。

5.3 結果と考察

5.3.1 発見課題成績の解析

まず、ターゲットが接近してくる方位と報告数の関係について解析する。Table 2 に示すように、発見の報告が得られたのは 249 件、全体の 74.1%であった。なお、誤った報告はなかった。発見の報告が得られなかった残りの 25.9%は、ターゲットを見落とししたか、発見したとしても、報告までに 240 秒以上かかったかのいずれかである。

Table 2 報告率

		Target						Number of Trial
		P3	P2	P1	S1	S2	S3	
Experimental scenario	No.1	3	3	2	3	2	3	4
	No.2	7	9	10	8	9	6	10
	No.3	1	4	6	5	5	5	6
	No.4	6	8	11	11	11	9	12
	No.5	1	1	1	1	2	3	3
	No.6	4	9	7	8	8	12	12
	No.7	8	7	6	7	8	9	9
Total		30	41	43	43	45	47	56
Reported rate		54%	73%	77%	77%	80%	84%	
Probability of the cognitive error		0.46	0.27	0.23	0.23	0.20	0.16	

Table 3 報告時刻

		Target					
		P3	P2	P1	S1	S2	S3
Experimental scenario	No.1	144	250	216	131	169	187
	No.2	177	160	100	111	113	138
	No.3	112	148	188	113	107	99
	No.4	141	149	112	88	122	123
	No.5	109	169	187	162	24	126
	No.6	114	108	146	132	163	86
	No.7	72	122	80	46	78	65
Average		124	158	147	112	111	118

(sec)

ターゲットが接近してくる方位を右舷と左舷に分けて、それぞれの報告数の平均値に差がないか t 検定を行ったところ、右舷と左舷の報告数の平均値に有意差が認められた ($t(247)=2.0583$, $p<.05$)。従って、本実験の結果から、右舷から接近してくるターゲットの報告数が、左舷と比較して高いことが言える。これは、右舷より左舷のターゲットの見落としが多いことを示している。

そして、本実験における認知エラーが発生する確率は、左から順に、 $P3=0.46$ 、 $P2=0.27$ 、 $P1=0.23$ 、 $S1=0.23$ 、 $S2=0.20$ 、 $S3=0.16$ と推定された。

また、方位 (角度) の影響を評価するため、ターゲットが接近してくる側 (左舷と右舷) 別に角度と報告率の相関係数を求めたところ、左舷で -1 、右舷で 0.93 であった。これは、左舷は角度が増えるにつれ報告率が低下し、逆に右舷は角度が増えるにつれ報告率が増すことを表している。すなわち、最も右側から接

近するターゲット S3 を最大にして、ターゲットが左に位置するにつれ、報告率が低下することが分かった。

続いて、発見報告されるまでの時間について解析する。ターゲットが衝突の危険性が高まる変針を行った時刻から目視によってターゲットの確認がなされるまでの時刻までの時間を報告時間として集計をおこなった (Table 3)。そして、右舷と左舷に分けてその報告時間の平均値に差がないか検定を行ったところ、右舷と左舷で報告時間の平均値に有意差が認められた ($t(20)=3.0468$, $p<.01$)。この結果より、左舷から接近するターゲットより右舷のターゲットの方がより早く発見していることが明らかとなった。

報告率と報告時刻の結果をまとめたグラフを、Fig.5 に示す。また、方位別の報告数を図示したのが Fig.6 である。

5.3.2 行動の解析

見張り作業は、目視はもちろん、双眼鏡、コンパス、レーダなど、それぞれ使用目的が異なる情報機器からの情報を統合しながら行われる。これらの情報機器は、設置されている場所が離れており、実験参加者がこれらの機器を使用する際には、船橋内を移動しなければならない。従って、船橋内の様子を撮影した映像から、参加者がどの情報機器を使用しているのか同定することが可能である。

このような船橋内での見張り作業が、ターゲットを認知するまでの時間にどのような影響を与えるのか明らかにするために、本実験で撮影記録された映像から、映像解析支援ソフトウェア「挙動映像観察解析支援プログラム」⁸⁾を活用して参加者の行動を分析した。

実験参加者が、ターゲットを認知する手段は、ターゲットとの距離に応じて異なっており、長距離、中距離、及び短距離にあるターゲットは、それぞれレーダ情報、双眼鏡、目視確認によって認知する。

Fig.7 は、横軸に時間、縦軸にターゲットを配し、参加者の行動と発見報告などを表したものである。赤い点は、目視、レーダ、及び双眼鏡によって、ターゲットの情報を確認する作業。黒い点は、ターゲットの DCPA が 0

海里になった後、参加者がその事実に気づくまでの時間。そして、背景の赤色はレーダ、青色は目視、黄色は双眼鏡、紫色はコンパスをそれぞれ操作している時間を示している。

実験開始直後からターゲット S3 が変針するまでには、レーダによる周囲の航行環境の把握、双眼鏡による確認作業が行われていることが分かる。

実験時間が進むにつれ、レーダ操作、双眼鏡・目視確認が頻繁に行われるようになることが分かる。さらに詳細に解析していくと、ターゲットによっては、レーダのみの認知にとどまり目視確認を行わないものや、コンパスや双眼鏡による確認を行わないものがあることが明らかとなった。

このように、目視による発見まで、どのような機器を用いながら捕捉、確認等を行ってきたか等、ターゲットの重要度と使用される機器の関係について解析することにより、参加者の行動からターゲット認知に関する推定が可能となるものと考ええる。

そこで、目視確認に至るまでに、どのような機器が用いられているかについて、使用された機器の組み合わせを 4 パターンに分類して集計した。

集計の結果、本実験中、レーダと双眼鏡と

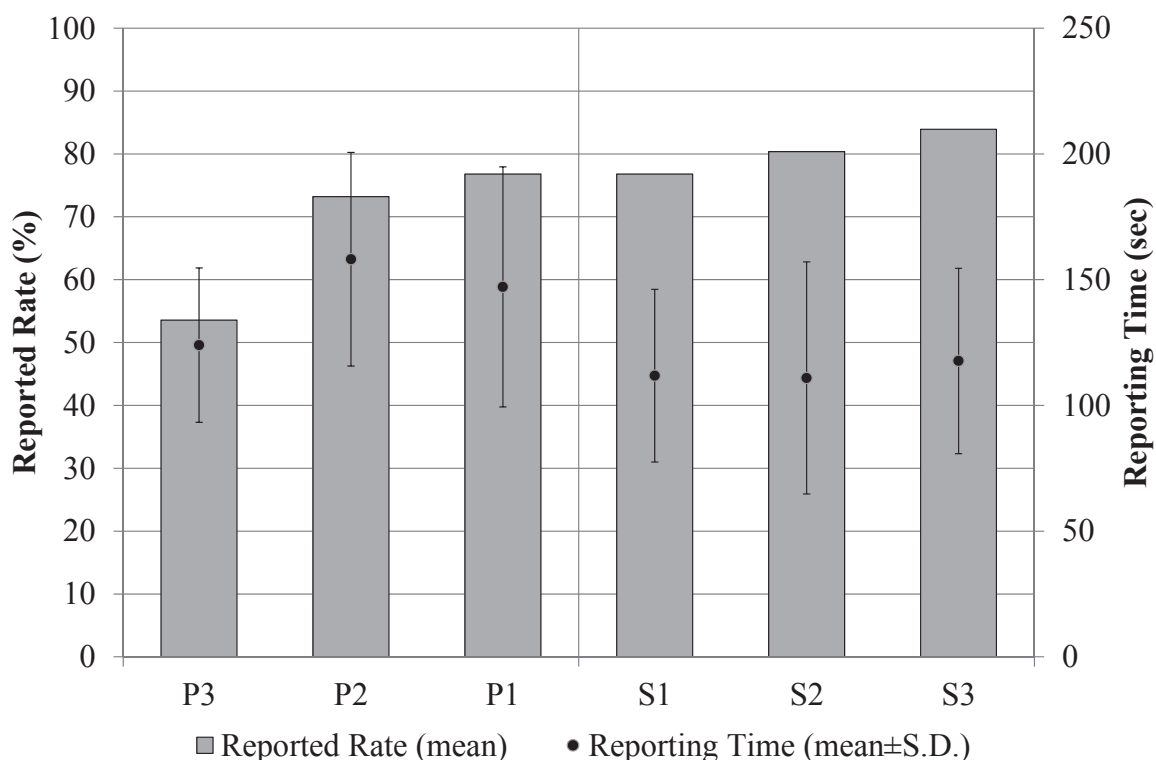


Fig. 5 ターゲット別にみた報告率と報告時刻

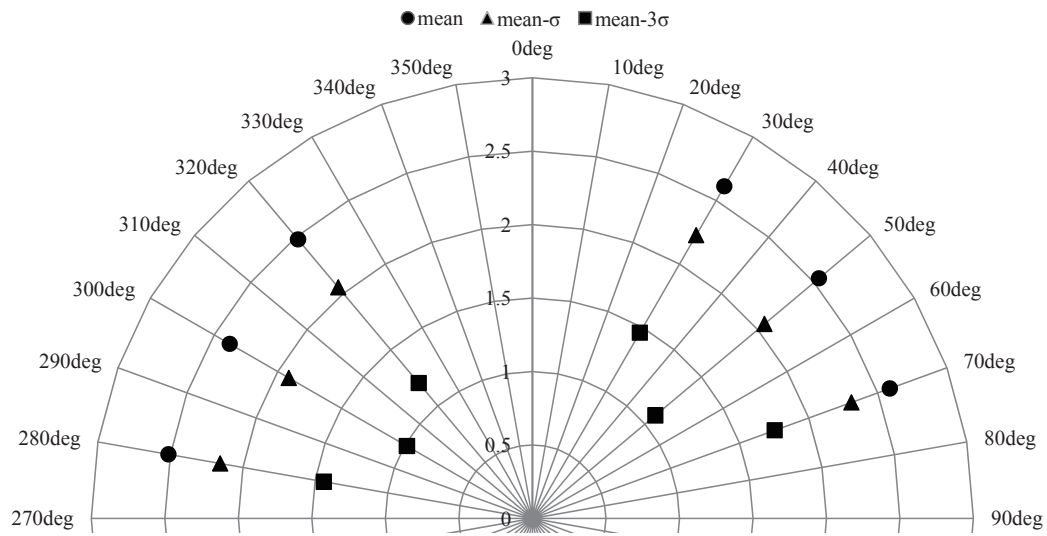


Fig. 6 ターゲットの方位別にみた報告時の距離(nm)

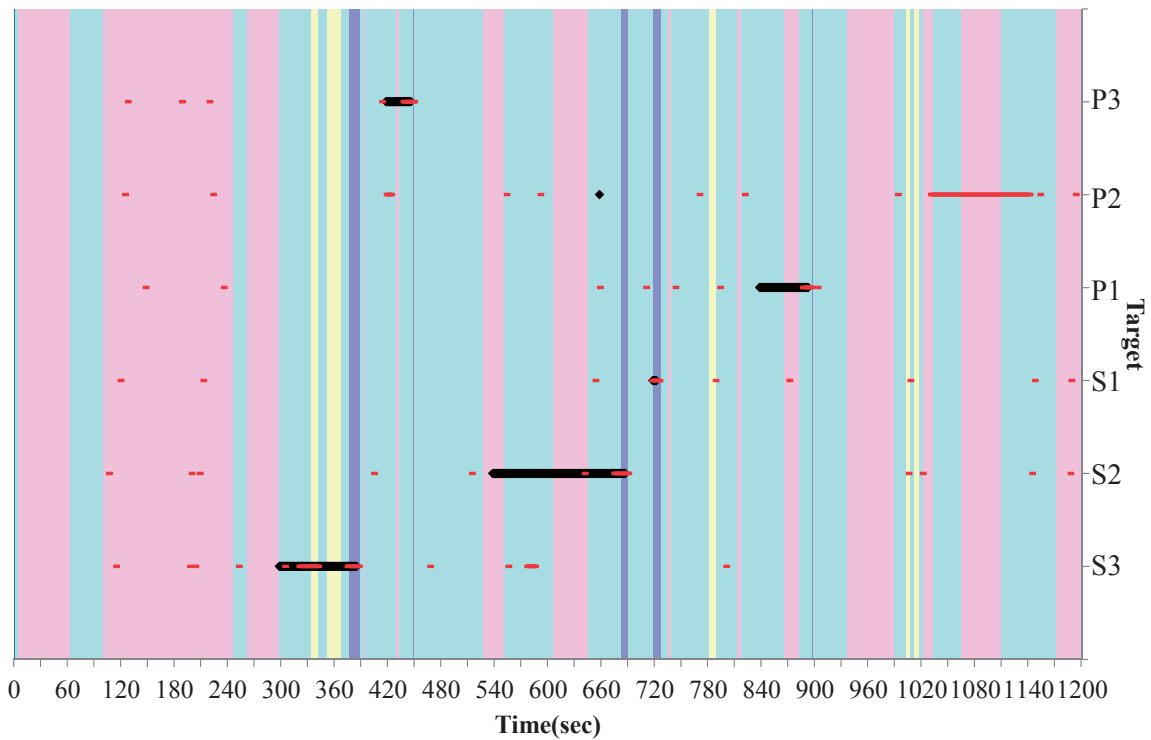


Fig.7 見張り行動と発見時刻

目視による全ての報告が行われたのが、全249試行のうち61回(パターンIV)であった。レーダと目視が80回(パターンIII)、双眼鏡と目視が31回(パターンII)、目視のみが77回(パターンI)であった。

本報告では、目視確認とその報告に絞って解析したが、これらのデータをさらに詳細に解析すれば、認知に限らず判断や操作などのプロセスが解明できると考えられる。

5.4 まとめ

ここでは、過去の海難事例から抽出された海難の要因を、操船者の行動を認知・判断・操作に分類した結果、認知エラーについて評価する操船シミュレータ実験の実験シナリオを作成するまでの手順、実験参加者を用いた人間工学実験を行う際の留意点、実験の実施及び解析の結果を述べた。

ターゲットを適切に発見、認知しているにも関わらず、発生する海難は、判断エラーがその要因としてあげられる。そこで、次章では、判断エラーを評価対象とした実験シナリオの作成から実験を行うまでの手順を述べる。

また、見張り不十分が原因となって発生した海難を例にとり、実験シナリオを作成する。そして、操船シミュレータ実験の結果から、要因を解析する方法を提案する。

6. 操船リスクシミュレータ実験による判断エラーを原因とする衝突事故シナリオの作成方法

近年、国内の貨物量は低下しているにも関わらず、人的要因による海難は後を絶たない。海難審判所がまとめたレポート⁹⁾によると、2010年国内で発生した海難の37%は、見張り不十分によるものである。これまでターゲットの見落としは、認知エラーに分類されてきた。ところが、衝突海難176件中124件(70%)では、操船者が衝突する直前まで(衝突の)相手船を発見していないのに対して、残りの52件(30%)は、相手船を発見してはいるものの、その後の継続した見張りを怠った結果、衝突に至っている。このように、見落としの要因には、相手船の動静予測の失敗や、見張りを継続しなくてもよいといった誤った判断、すなわち判断エラーも含まれている。

さらに同レポートによると、見張り不十分となってしまった理由の内訳は、「相手船と安全に航過できると思った」が33%、「相手船が避航するものと思った」が19%、「その他の仕事で、操船者の注意をそらした」が19%となっている。このうち、「相手船と安全に航過できると思った」と「相手船が避航するものと思った」は、明らかに判断エラーによるものといえよう。

Fig.8は、相手船を発見してから避航操船を行うまでの見張り作業のフローチャートである。ここで重要なのは、作業フローの中の判断フェーズ、すなわち分岐点である。特に、「継続した見張りをしなければならないターゲットの選択」、「継続した見張りの維持」、「避航操船」を判断する分岐点における誤った判

断は、衝突海難に直結することは言うまでもない。このように、ターゲットの見落としは、認知エラーのみならず判断エラーも含めて考える必要がある。

一般的に、航空機や自動車とは異なって、時定数の大きな操船作業では判断にかけられる時間が長い。また、操船作業は、操船者の判断にその多くを依存していることから、判断エラーは、見落としを引き起こす要因の一つであるだけでなく、操船作業のパフォーマンスに影響が大きいエラーと言える。

そこで、本研究では、判断エラーを評価できる実験シナリオの作成を試みた。

6.1 実験シナリオの作成プロセス

6.1.1 ターゲットの接近方位と距離の決定

自船を中心とした半径12海里の範囲に、8隻のターゲットを出現させた。そのうち、2隻は右舷から接近し、残りの6隻は左舷から接近させた。左舷から接近するターゲットの、WP1は、近条件では、自船を中心として半径3.3海里以上4.3海里以下、遠条件では4.3海里以上5.3海里以下の位置とし、それぞれの範囲内でランダムに設定した。また、WP2は、WP1より1海里接近した位置とした。ターゲットが接近してくる方位は、P1:295度以上315度以下、P2:315度以上335度以下、P3:335度以上355度以下として、それぞれの範囲でランダムに1隻ずつ接近させた(近P1、近P2、近P3、遠P1、遠P2、遠P3)。ターゲットの動きは、Fig.9に示す通りである。

6.1.2 ターゲットの動きの決定

先行研究の結果から、操船者は右舷から接近するターゲットの見張りに大きなリソースを割くことが明らかになっている。そこで、新たに作成する実験シナリオでは、「実験参加者は、右舷から接近するターゲットを容易に発見できるが、実験参加者に継続した見張りは不要と判断させる」ことを目標とした。本実験シナリオでは、右舷から接近するターゲットの見張りに割く参加者のリソースを小さくするために、まず右舷のターゲットを2隻に減らすとともに、左舷から接近するターゲット数を6隻に増やした(元は、右舷・左舷ともに3隻)。

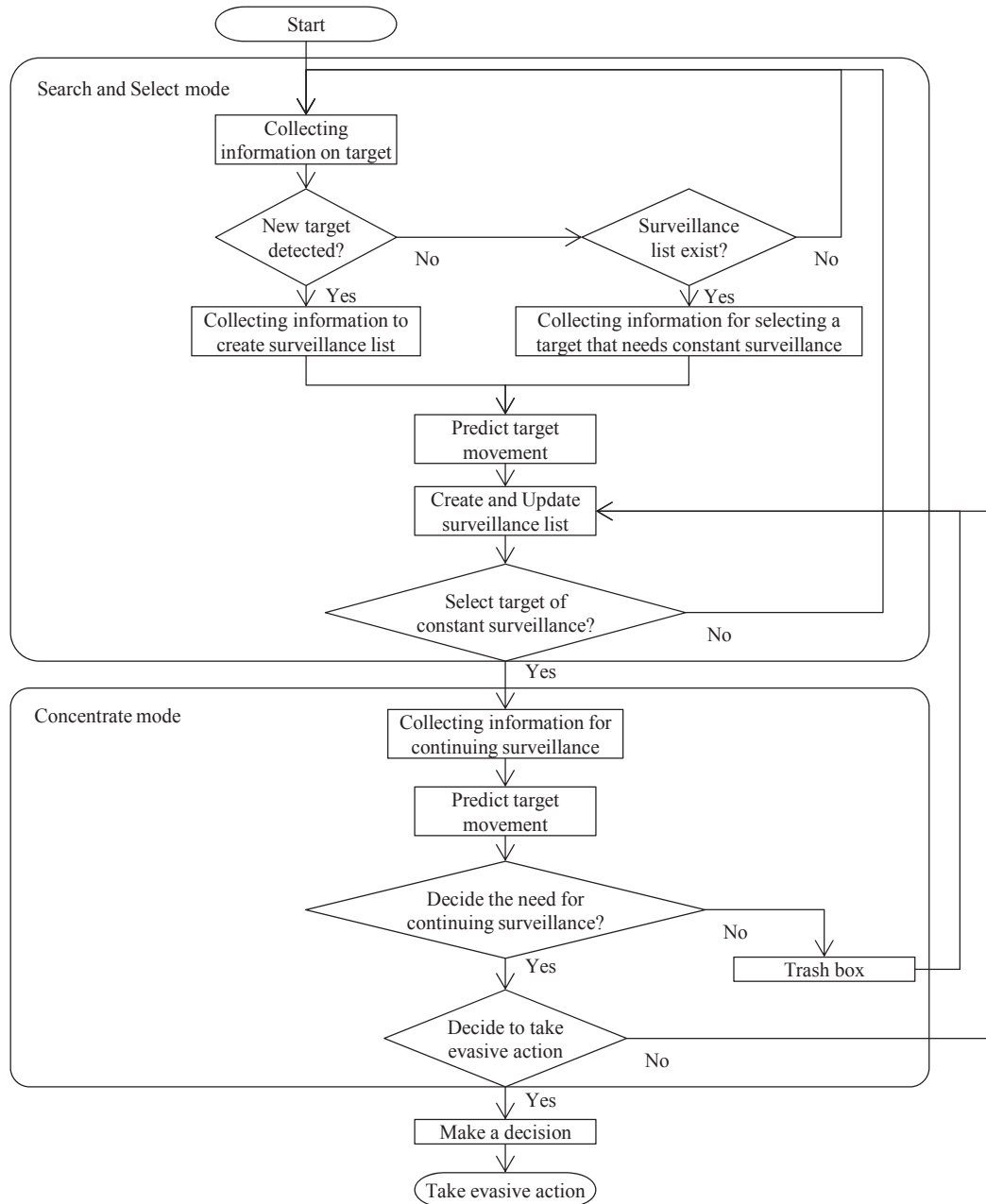


Fig.8 他船の発見から避航を判断するまでのフローチャート

右舷のターゲットによる衝突危険度が高ければ、左舷のターゲットに対する見張りにリソースをかけずに、右舷のターゲットの見張りに注力するようになることが容易に予想できたことから、右舷の見張りを継続しなくてもよいと判断させる材料が必要である。そこで、本シナリオではさらに、右舷のターゲットの動きを慎重に決定した。具体的には、実験開始直後から 300 秒が経過するまでは、右舷のターゲットはいずれも自船とほぼ並行して航行させ、自船からの距離も 4 海里以上を確保することにより、衝突の確率が低いと

判断させる位置と針路と船速を維持させた。その結果、参加者は、当初これらのターゲットを発見するものの、衝突の危険性は低いと見積もることから、その後は右舷のターゲットへの見張りのリソースを小さくしてしまう。このような状況の中で、参加者は、左舷から接近する 6 隻の見張りとは別に、右舷のターゲットの変化に気を払わなければならない。2 隻のターゲットは、同航船 1 隻、反航船 1 隻とした。また、これらのターゲットは、実験開始 300 秒後から徐々に変針を開始し、600 秒後には自船との DCPA 値が 0 海里となるよ

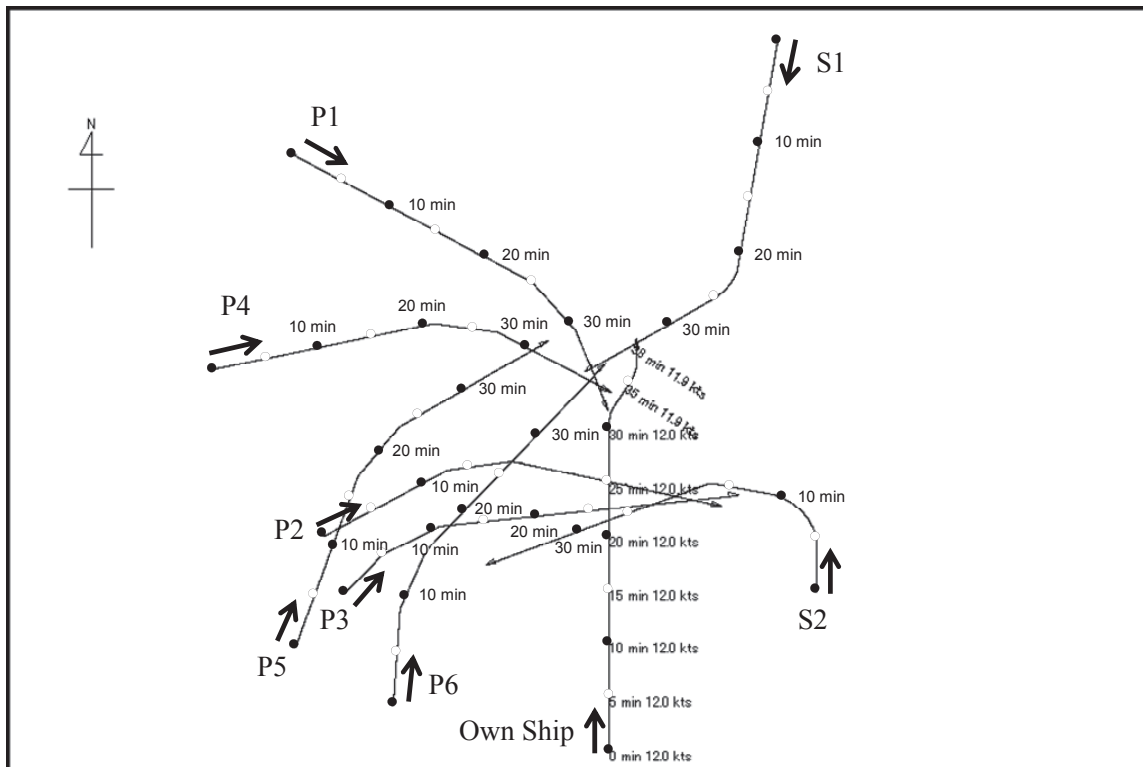


Fig.9 判断エラーを誘発するシナリオ（真運動）

う針路と船速を維持した。DCPA 値が 0 海里となる時間は、同航船が 360 秒、反航船は参加者が避航を開始するまでとした。この時間内に、参加者はターゲットの情報（衝突危険度）を報告しなければならない。そして、右舷のターゲットの衝突危険性に気づくまでの時間は、右舷のターゲットは安全であるという思い込みの強さに影響を受けると考えられる（誤った判断により、見張りがおろそかになる）。各ターゲットの DCPA 値が 0 海里になる時間帯は、Fig.10 に示す通りである。

6.1.3 航行環境条件の決定

実験シナリオの航行環境条件は、できるだけ外乱を減ずるために、天候晴れ、風力 BF0、波高 0m、潮流なしに設定した。本実験シナリオは、発見タスクを与えているわけではないので、視程については特に制限しなかった（視程無限大）。

- ・ いずれのターゲットも、実験開始後 300 秒が経過するまでは、変針を行わないこと。
- ・ 左舷のターゲットが与える負荷を一定にするために、同時刻帯に DCPA 値が 0 海里となる左舷のターゲットは、最大 2 隻までとすること。

- ・ いずれのターゲットも、WP2 に到達したら、衝突のリスクを減らすように（DCPA 値を増大させるように）変針すること。
- ・ ターゲットが WP1 から WP2 に到達するまでに、自船に 1 海里接近すること。
- ・ WP2 は、避航操船を安全に行うために十分な距離を確保すること。

以上の条件を満たすよう実験シナリオを作成した。実験シナリオの設定条件は、下記の通りである。

- ・ 自船船速は 12 ノットとし、針路 000 に向かって、避航を開始するまではオートパイロットで航行する。
- ・ ターゲットが出現する位置 WP0 は、自船から半径 4～6 海里程度の距離とする。
- ・ WP1 は、自船から半径 3 海里の距離とする。
- ・ ターゲットは、WP1 に到達したら、自船から見て一定の方角を維持し、かつ、DCPA 値を 0 海里に維持するように変針する。
- ・ WP1 と WP2 は、それぞれ自船から半径 3.3 海里以上 5.3 海里以下、2.3 海里以上 4.3 海里以下の距離とする。
- ・ ターゲットは、船速や方位に関わらず WP1

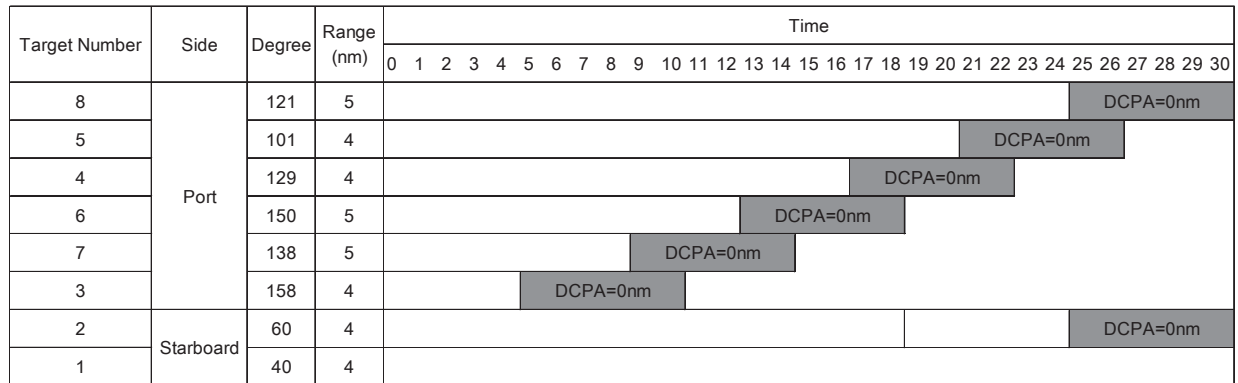


Fig.10 ターゲットの位置とDCPAのタイムスケジュール

を通過した後、自船との DCPA 値が 0 海里を 360 秒間維持するよう航行し、WP2 に到達する。

- ・ターゲットは、WP2 に到達したら、自船と衝突する危険性を減らすために変針する。
- ・視程は、無限大とする。
- ・実験参加者が周囲の航行環境を把握するのに必要な時間的余裕を持たせるために、ターゲットが変針点 WP1 に到達する最短時刻を、実験開始後 300 秒と設定する。
- ・各ターゲットは、240 秒間隔でそれぞれに設定された WP1 に到達して変針するようスケジュールされた。

6.2 操船シミュレータ実験

実験は、平成 22 年 9 月 29 日から平成 23 年 2 月 10 日にかけて、当所の操船リスクシミュレータを用いて実施された^{10), 11)}。実験のスケジュールは Table4 の通りである。前回の実験同様、実験参加者には、実験を開始する前に、実験の概要説明と、操船シミュレータの各機器の操作方法に習熟させるための練習を行った。習熟度の確認は、独自に作成した

チェックリストを用いて行った（添付資料チェックリスト）。昼休憩を挟み、実験と同一条件で練習を行わせ、課題の遂行に支障がないことを確認した後、本実験を行った。実験終了後は、日頃の見張り作業や実験の感想などについて、面接調査を行った。

6.2.1 実験参加者

実験には、10 名の操船実務経験者が参加した。実験参加者の平均年齢は、35 歳であった。実務経験は、最短で 2 年、最長で 14 年であった。

6.2.2 実験課題

実験参加者は、以下のタスクを実行するよう実験者から教示された。①普段通りの航行を心がけて安全な航行を維持すること。②ターゲットが目視で確認できるようになったら、すみやかにコンパスでターゲットの方位を計測して、目視できたことと方位を報告すること。③他船の動静について気付いたことがあれば、その都度報告すること。自船は、5,000GT の商船とした。実験参加者は、衝突の危険性が高いターゲットを発見し、その方位を報告するが、衝突の危険性は DCPA の値を代用した。

実験参加者がいつ右舷のターゲットの異変に気づくか、それを検出するのは難しい。そこで、本研究では、継続的な監視を要求される左舷の状況から右舷を注視するようになったり、コンパスや、双眼鏡で右舷のターゲットを探したりする行為をビデオ解析から抽出して、ターゲットの衝突危険性に気づいた時刻を類推した。

実験参加者のプロファイルを Table5 に添付する。

Table 4 実験スケジュール

時間	内容
10:00~10:20	説明 実験の概要を説明
10:20~10:50	習熟 操船リスクシミュレータにおける機器操作への習熟
10:50~11:00	休憩
11:00~12:00	実験方法の説明と練習
12:00~13:00	昼食
13:00~13:45	実験A(1)
13:45~14:00	休憩
14:00~14:45	実験A(2)
14:45~15:00	休憩
15:00~15:45	実験A(3)
15:45~16:00	休憩
16:00~17:00	実験B

Table 5 実験参加者の属性 (6章)

年齢※	性別	海技免状	海上経験年数	航行している海域・航路	乗船している船種
30	男性	二級	2.0	遠洋区域	BULKER、内航石灰石、練習船
60	男性	三級		国内全域	
30	男性	三級	14.0	北海道～京阪神	
40	男性	二級	5.5	豪州、北米、南米、南ア	BULK
50	男性	一級	5.0	ペルシャ湾航路、豪州、北米東岸、南米	VLCC、LPG、BULK、PCC、練習船
30	男性	二級	2.0	遠洋区域	BULKER
30	男性	二級	2.5	ペルシャ湾航路	VLCC
30	男性	一級	2.5	ペルシャ湾航路、豪州	VLCC、LPG
30	男性	二級	5.0	ペルシャ湾航路、豪州	VLCC、LPG
30	男性	二級	5.0	ペルシャ湾航路、豪州	VLCC、LPG、BULK

※ 年齢は四捨五入

6.3 結果と考察

解析にあたっては、見張り作業を下記の 5 つの作業に分類して、ビデオ解析から時間割合を求めた。1. 右舷の見張り（目視）、2. 左舷の見張り（目視）、3. レーダ/ARPA の操作、4. 双眼鏡の使用、5. コンパスの使用。そして、これらの作業の頻度と持続時間を、実験開始 300 秒後からターゲットの衝突危険性に気づくまで集計した。

見張り作業では、継続的な見張りが、見張り不十分とならない最善の方策である。従って、見張り作業の各タスクの頻度の低下は、発見時間の遅れを誘発すると考えられる。左舷のターゲットに多くのリソースを割く、もしくは、右舷のターゲットの衝突危険性を低く見積もってしまった結果、右舷のターゲットに適切にリソースが割かれなくなると、衝突の危険性に気づくのが遅くなると予想される。

実験中にターゲットと衝突した参加者、及びターゲットの衝突危険性に気づかなかった参加者はいなかった。それぞれのタスクの持続時間の合計は、Table6 に示す。また、各タスクの持続時間が、衝突の危険性に気づくまでの時間の及ぼす影響を明らかにするために、各タスクの持続時間と気づいた時刻の相関行列を、Table7 に示す。

相関行列で絶対値の大きな相関係数に着目すると、まず、気づいた時刻と左舷の見張りに費やす時間との間で正の相関（相関係数 0.56）を示した。これは、左舷のターゲットに対する見張りに多くの時間を費やすことは、右舷のターゲットの見張り不十分を誘発し、気づく時間を遅延させることを意味している。次に、気づいた時刻と双眼鏡の使用時間との間では、負の相関（相関係数 -0.62）を示した。

これは、積極的な双眼鏡の使用は、気づく時間を短縮させることを意味している。

さらに、双眼鏡の使用時間割合と気づく時間の関係を明らかにするために、Fig.11 にこれらの項目を軸とした散布図に示した。参加者がもし衝突の危険度が高いターゲットのみを見張っていた場合、その危険性に気づく時刻は 0 に近づくと考えられることから、近似式は指数近似とした。この近似式が示すように、統計的には有意ではないものの、双眼鏡の使用時間割合が高い参加者ほど、気づく時間が短くなる傾向にあることが確認できる。

6.4 まとめ

本章では、操船者の判断エラーを評価するために、参加者の憶断を誘発する実験シナリオを試作し、操船シミュレータ実験によりその妥当性を検討した。その結果、判断エラーの有無を直接評価することはできないものの、判断エラーに起因する発見の遅れや、判断エラーが操船中の行動に及ぼす影響等から判断エラーを推定できることが分かった。

7. まとめ

本研究では、体系化されたシナリオの作成手法の確立を目的として裁決録データベースから評価シナリオを作成する手法を提案し、作成したシナリオを用いて実際に操船シミュレータ実験を行った結果から、操船者の認知及び判断に影響を及ぼす要因を明らかにする方法を提案した。これらの手法は、ヒューマンファクターの体系的な実験と客観的な評価を実現可能にする手法として期待される。

Table 6 作業時間と発見時刻

ID	Age*	Task					Time to notice (sec)
		Look out for the Starboard side (%)	Look out for the Port side (%)	Operate RADAR/ARPA (%)	Use of Binoculars (%)	Use of a Gyrocompass (%)	
A	30	8.6	15.1	30.3	40.1	5.9	152
B	60	12.6	9.5	57.9	0.0	0.0	285
C	30	27.6	29.1	34.0	4.0	4.0	626
D	40	1.0	20.9	59.5	2.5	16.2	407
E	50	3.6	11.3	58.8	8.5	17.8	495
F	30	7.1	5.7	66.7	11.7	8.2	282
G	30	6.2	9.5	16.5	10.6	57.2	388
H	30	9.3	23.5	49.7	9.1	7.7	582
I	30	11.0	17.8	44.5	21.2	5.5	292
J	30	37.8	23.2	10.4	20.8	4.8	336

*round off age

Table 7 相 関 行 列

	1	2	3	4	5	6	7
1. Age	-						
2. Look out for the Starboard side	-0.03	-					
3. Look out for the Port side	-0.22	0.56	-				
4. Operate RADAR/ARPA	0.37	-0.61	-0.34	-			
5. Use of Binoculars	-0.55	0.11	-0.02	-0.45	-		
6. Use of a Gyrocompass	-0.22	-0.37	-0.34	-0.33	-0.12	-	
7. Time to notice	0.09	0.14	0.56	0.06	-0.62	0.09	-

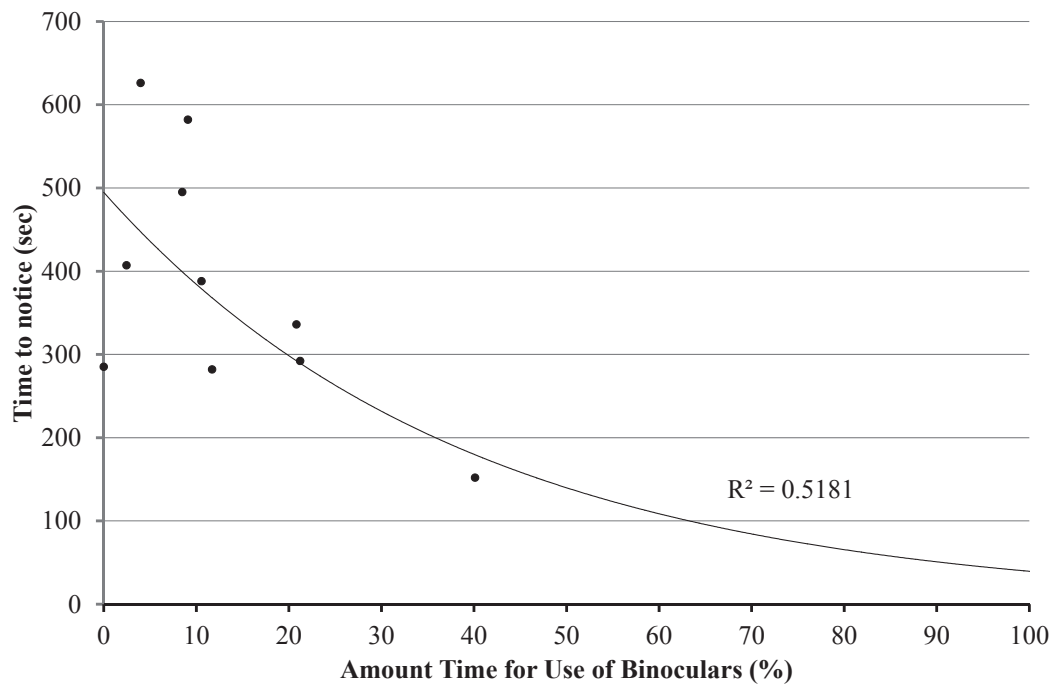


Fig.11 双眼鏡使用時間と発見時刻の散布図

8. 海難事故解析の現状

見張り不十分のような人的要因による海難事故は多数発生しており、人的要因を含む海難事故に関し、様々な研究が進められている¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾。また、人的要因を含む海難事故の解析のためには、操船者の操船行動の把握が可能である操船シミュレータ実験が有効とされており、操船シミュレータを用いた海難事故解析として、西村らによる操船者の作業負荷に着目した研究¹⁷⁾や小林らによる東京湾で起こったタンカーの衝突事故の解析等の研究¹⁸⁾が行われている。しかしながら、人的要因を抽出するための操船シミュレータを用いた解析手法は、現在確立されておらず、対象の海難毎に事故要因の検討を要するものである。

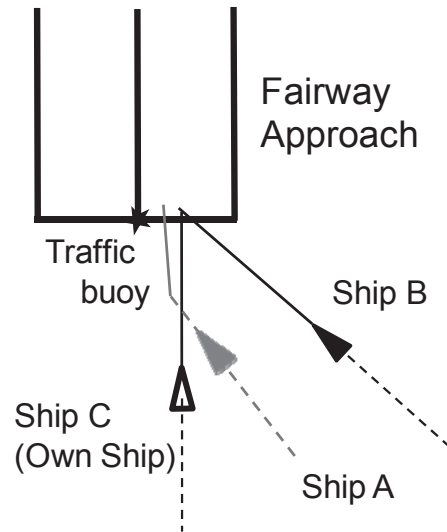


Fig.12 解析対象とした衝突事故の位置関係

9. 本研究の解析に用いた衝突海難事故の概要と裁決録による指摘事項

前述した様に、本研究で提案する衝突海難事故の解析手法は、過去に実際に起こった衝突海難事故の一例¹⁹⁾を解析する過程で、構築した手法である。そこで、まずは解析に用いた衝突海難事故（以下、衝突事故）の概要について述べる。

衝突事故は、3隻の船舶が昼間のほぼ同時刻に、明石海峡航路東口に進入することで発生した。同時刻、衝突に関係した3隻の船舶以外に、航路航行船等は存在しなかった。3隻と航路の位置関係について、Fig.12に示す。

Ship A (5.7 ノット) は阪神港から瀬戸内海を経由し、大韓民国浦項港へ向かう予定であった。また、Ship B (10.5 ノット) は阪神港から明石海峡航路を経由し、家島港へ向かう予定であった。

一方、Ship C (10.8 ノット) は千葉港から友ヶ島水道・明石海峡航路を経由し、東播磨港へ向かう予定であった。

航路の入口付近において、Ship B は Ship A を追い越す状況の中、Ship C と衝突し、その弾みで Ship A と Ship C の衝突が発生した。衝突の結果、Ship A の乗組員の内、3 名が死亡、1 名が行方不明となった。海難審判裁決録（以下、裁決録）では、この衝突海難の原因について、以下の様に述べられている。

(1) Ship B と Ship C の衝突

衝突のおそれがあった際、

- ① Ship B が見張り不十分で衝突を避けるための措置をとらなかった。
- ② Ship C が見張り不十分で、Ship B に対して警告信号を行わず、衝突を避けるための措置をとらなかった。

(2) Ship A と Ship C の衝突

- ① Ship C が Ship A を確実に追い越し、かつ、十分に遠ざかるまでその進路を避けず、Ship A に向けて左回頭したこと。
- ② Ship A が Ship B に対する見張り不十分及び Ship C に対する動静監視不十分で、Ship C に対して注意喚起信号を行わなかったことも一因である。

10. 本研究における海難事故解析手法の着目点

裁決録では、どの船舶に事故の責任があるのかを明確にするため、事故の経緯や船舶毎に「見張り不十分」や「衝突を避けるための措置を取らなかった」等、事故の原因が述べられている。この様に、裁決録は、事故の詳しい状況を知るためには有効な資料である。一方、裁決録から得られるのは、あくまで事故を回避できなかった場合の、操船者の見張り作業状況であり、事故を回避するために必要であった事項を明確に知ることはできない。

操船シミュレータでは、同じ条件を繰り返し再現可能であり、同じ参加者が繰り返し同条件の実験を行うことも可能である。つまり、裁決録では得ることができない、事故を回避できた場合の操船者の行動(事故の回避方法)は、操船シミュレータを用いた実験によって、得ることができる。

そこでまず、事故解析手法の第一段階として、裁決録によって得られた事故を回避できなかった場合の行動(失敗)と操船シミュレータ実験によって得られた事故を回避できた場合の行動(成功)の比較によって、事故の要因を抽出できるのではないかと考え、実験及び解析を実施した(フェーズ I)²⁰⁾²¹⁾。

またフェーズ II として、フェーズ I の実験・解析・考察結果と問題点を踏まえ、事故の要因となった「判断」エラーの発生過程を明確にするため、操船者の避航判断パターンのモデル化による判断エラー発生過程の検討及び事故の対策の一検討を行った²²⁾²³⁾。

11. フェーズ I の実験と解析

11.1 フェーズ I の目的

平成 21 年度は、事故解析手法の第一段階として、裁決録によって得られた事故を回避できなかった場合の行動(失敗)と操船シミュレータ実験によって得られた事故を回避できた場合の行動(成功)の比較によって、事故の要因を抽出することを目的とした。

11.2 フェーズ I の実験

11.2.1 実験の目的

フェーズ I のシミュレータ実験の目的は、解析対象とした事故について、事故を回避できた場合の行動を把握することである。

11.2.2 実験シナリオ

解析の対象とした衝突海難事故は、前述した 3 隻の衝突海難事故であり、実験シナリオは裁決録¹⁹⁾の情報をベースに作成した。前述したとおり、本実験の目的は事故を回避した場合の行動を得ることであり、実際に事故を回避できたかどうか、つまり操船結果や避航の可能性について述べることを目的としていない。従って、実験シナリオには、事故に関係のある 3 隻の船舶のみ存在する。また実験は、裁決録より実際の事故において対象船舶を初認した時間、具体的には衝突の 5 分前からスタートさせる。実験における航路と 3 隻

の船の位置関係については Fig.12 に示した通りである。なお、実験では Fig.12 の Ship C を自船とする。

11.2.3 実験内容

実験は、作成した実験シナリオを使用し、当所の操船リスクシミュレータにおいて、操船実務経験者 10 名に通常の航海当直を行わせることで行った。

実験中、船橋内には実験参加者とは別に操舵手 1 名を配置した。自船は 3,000 トンの操縦性能の良いタンカーとし、一般的な航海計器として双眼鏡、レーダ、コンパス、海図、ECDIS、汽笛を使用させた。実験では、実験参加者が衝突の危険があり、避航が必要と判断した場合は舵及びエンジンテレグラフの操作による避航動作を取らせた。針路変更による避航動作は船橋内にいる操舵手への操舵号令により行わせ、速度変更は実験参加者によるエンジンテレグラフ操作によって行わせた。また、実験シナリオの参考とした事故では VHF 等による通信を行っていないため、本実験においても通信機器は使用しないこととし、視程、初期速度、初期針路は参考とした事故と同様の状態からスタートさせた。

前述したように、本実験の目的は事故が回避できた場合の行動を得ることである。従って、1 回目の実験で事故を回避できた場合は、そこで実験を終了とし、回避できなかった場合は、実験参加者が事故を回避できるまで繰り返し行った。なお、同一の参加者が繰り返し実験を行う場合は、1 回目と同様の実験シナリオという教示は行わなかった。実験中の参加者の行動は、シミュレータ船橋内の赤外線カメラにより観察し、実験中の船橋内映像と音声、レーダ画像について、ビデオカメラ及び HDD/DVD レコーダを用いた記録を行った。この記録を基に解析を行った。

11.2.4 実験結果

本実験において、1 回目の実験で衝突を回避できたのは 10 名中 2 名(20%)であり、残りの 8 名(80%)については 2 回目の実験で衝突を回避できた。なお、1 回目で衝突を回避した実験参加者と、2 回目で衝突を回避した実験参加者の行動には、大きな差は認められなかった。

実験の結果は、衝突を回避できた場合を「成功」、衝突を回避できなかった場合を「失敗」と定義した。「成功」の場合と「失敗」の場合の初認にかかる時間について t 検定を行ったところ、統計的な有意差は認められな

った。従って、事故の回避の成否と初認にかかる時間との相関はなく、判断に使用できる時間は「成功」と「失敗」の場合の、いずれにおいても等しく確保できていると言える。

11.3 フェーズ I の解析及び考察

11.3.1 解析手順

操船シミュレータ実験の結果を用いた解析の手順を以下に示す。

Step 1: 「挙動映像観察解析支援プログラム」を用いて、実験中の参加者の行動や発言とそのタイミングを抽出する

Step 2: 抽出した実験参加者の行動を時系列で並べる

Step 3: 船舶における見張り作業の中から全ての実験参加者に共通の作業を抜き出す。(共通の作業をグループ化)

Step 4: 共通の作業をタスクと捉え、簡易タスクモデルを作成

Step 5: 事故を回避できた場合の行動と事故を回避できなかった行動を比較するため、簡易タスクモデルをツリーのヘッダーとして、実験参加者の行動をツリー表示する

Step 6: ツリー表示の結果を用いて、PSA(確率論的安全性評価)で用いられる重要度評価に類似した手法を用い、事故の要因を明確に示す

11.3.2 解析結果

(1) 実験参加者行動の抽出と整理 (Step 1、Step 2)

実験中の参加者の行動は、「挙動映像観察解析支援プログラム」⁸⁾を用いて集計した。当所で開発したこのプログラムは、実験中の映像や音声を観察しながら、実験参加者の行動やそのタイミング等を簡単に集計することが可能である。

集計内容は、実験シナリオのスタート時刻を基準とした、動作のタイミング、目視や双眼鏡、レーダ等機器の操作状況や注目している船舶等の見張り状況、操船の状況、その他、実験中の参加者の発言等である。この集計結果について、Table 8に示す。Table 8は、実験中の参加者の行動を5秒間隔で時系列に並べたものである。「成功」の場合を表の左側、「成功」の場合を表の右側、本実験シナリオの参考とした裁決録の内容を右端列に示す。

(2) 実験参加者行動のグループ化と簡易タスクモデルの作成 (Step 3、Step 4)

次に、表の中から、船舶における見張り作

業において、全ての実験参加者に共通の作業を抽出した。本研究では、この作業をグループ化と呼ぶ。実験参加者は、対象船を発見(認知)した後、レーダやECDIS、目視、双眼鏡、コンパスを用いた他船の位置・動静に関する情報収集、情報に基づく避航の必要性の判断等、タスクの繰り返しによって見張りを行っていると考えられる。Fig. 13の上段はこのような実験参加者の共通の動作を整理したものである。横軸に時間、上段に衝突を回避できた場合、中断に参考とした裁決録の内容、下段に衝突を回避できなかった場合について示す。グループ化では、まず実験開始時から対象船を初認するまでの作業を「認知(Detection)」、初認してから、危険性を判断し、避航の必要性を判断するまでの作業を「判断(Judgment)」とする。さらに、避航が必要と判断した場合、最初の避航動作を取るまでの作業を「注視(Attention)」というグループに分ける。また、「成功」した実験参加者の避航動作に着目し、最初の避航動作と、それを修正するためにとった2回目の避航動作までのタイミングで取られた作業を「避航動作1(Action1)」とする。失敗の場合、「避航動作1」のタイミングで避航動作が取られていないため、「避航動作1」は行われていないものとする。2回目以降の避航動作についても、成功の場合の避航動作のタイミングを基準とし、順番に「避航動作2(Action 2)」「避航動作3(Action 3)」「避航動作4(Action 4)」というグループに分ける。これら一つ一つをタスクとし、動作を整理することにより簡易タスクモデルを作成した。Fig.13の下段に、この簡易タスクモデルを示す。

(3) 簡易タスクモデルのツリー表示 (Step 5)

Fig.13に示した簡易タスクモデルを、事故を回避できた場合と回避できなかった場合の行動を比較するためにツリー表示した結果が、Fig.14である。各タスクにおいて、失敗した場合は右のシーケンスへ、成功した場合は下のシーケンスへ進むものである。

Fig.14の中のAccidentは、実験シナリオの参考とした裁決録の内容を示すシーケンスである。最終的に事故を回避できた、もしくは実験結果から回避できると推定できたシーケンスを○、実験では事故を回避できなかった、もしくは実験結果から回避できないと推定されたシーケンスを×で示している。右端に数字の付いているシーケンスは、シミュレータ実験で証明されたシーケンスであり、数字は

Table 8 被験者の見張り作業状況と行動

	Success cases										Failure cases								Accident																																								
Subject No. Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	3	4	5	6	7	9	10																																									
0				Acq			Acq		Acq	VL																																																	
5			Acq		Acq	VL	DAI					Acq				VL																																											
10	CB	Acq		CB		Acq				Acq			Acq			VL		VL																																									
15								Acq		VL																																																	
20					CB	VL				VL				Acq				VL																																									
25		VL							CB		Acq					Acq																																											
30				VL						RS				VL			Acq																																										
35	VL			CB			VL				CB	CB																																															
40	CB					SSd	VL											VL																																									
45	CB		VL	CB								CB					CB	Acq																																									
50				VL					RS	VL			VL					VL																																									
55	CB	RS		SSd			VL					CB																																															
60		VL		VL	VL	VL			VL	RS																																																	
65	VL	CB	VL	VL											VL																																												
70	CB				VL					VL																																																	
75	CB	CL													VL			VL																																									
80	VL		RS	VL			VL	VL		RS					VL		VL	VL																																									
85	SSd	VL				SPT											CB																																										
90		CB			CB	VL	VL		VL									CB																																									
95				VL		VL			CB								VL	VL																																									
100	CB			VL	VL					VL	VL																																																
105	VL			VL	VL			VL			VL						VL																																										
110							SSd		RS	VL	VL						DAI																																										
115	VL		VL						VL	VL		VL				VL		VL																																									
120			SSd				VL							DAI		VL		VL																																									
125			SSd	ST		VL			VL	VL		CB		DAI	VL																																												
130				VL				RS			DAI		SSd				VL																																										
135			VL		VL	DAI			VL						VL			VL																																									
140	CB			VL		SPT						DAI				VL	VL																																										
145					VL	VL	SSd	VL	VL				VL			DAI																																											
150					RS			CB									VL	VL																																									
155	VL		VL		VL		VL			IS	VL			VL		VL																																											
160	VL			VL	VL			VL			VL					CB		VL																																									
165	ST			VL		RS		VL						VL		VL																																											
170	VL			TBC	VL				VL						Acq	VL		SPT																																									
175	VL						CB				VL	CB			VL		VL	VL																																									
180						VL							DAI	VL	CB	VL	VL	VL																																									
185			VL		VL	RS		CB						CB	VL	VL	VL	VL																																									
190						VL	VL	VL							VL		VL	VL																																									
195	VL		VL				VL	VL	VL			VL					VL	VL																																									
200	TBC						TBC										VL	VL																																									
205					VL						RS	VL	VL		VL	VL		MS																																									
210					RS	VL		VL				VL			SPT	SPT		VL	SPT																																								
215			TBC		VL	VL		VL				WS	SSd		VL	VL	SPT	VL																																									
220								CB	VL		VL		VL		VL	VL	VL																																										
225					VL	RS		RS							VL	VL	VL																																										
230														SSd	VL	VL	VL	VL																																									
235						VL					VL		CA		VL	MS	VL	VL	SSd																																								
240											RS					CA		MS																																									
245								RS									VL	VL																																									
250																	VL	VL																																									
255																	VL	VL																																									
260									IS			CA					CA	SSd																																									
265					IS	IS		RS										VL																																									
270								IS									CA																																										
275											CA				CA				SSd																																								
280																			RS																																								
																			CA																																								
VL (Visual Lookout) Acq (ARPA acquisition) DAI (Display ARPA Information) CB (Cross Bearing)																				RS (Reduce Speed) IS(Increase Speed) SPT (Steer Port) SSd(Steer Strboard)																				WS(Warning Signal) TBC(Turn Back original Course) CA (Collision Accident) ST(Stop Engine)																			

シーケンスに至った実験結果の数を示す。この結果から、実験において参加者が事故を回避できなかった場合、実際の海難と類似した行動をとっていたことが解る。

(4) 事故要因の抽出 (Step 6)

図を用いて、事故を回避するために重要となるタスクを明確にするため、PSA（確率論的安全評価手法）で用いられている重要度評

価に類似した手法²⁴⁾を適用する。この手法では、事故の回避に最も重要なタスクを抽出するものである。この結果、「判断」というタスクが、事故の発生に大きく影響を与えることが明らかとなった。つまり、解析対象とした事故を回避するためには、対象船を発見した後、避航の必要があるという適切な「判断」が必要であることが明らかとなった。

11.3.3 解析結果

フェーズⅠでは、シミュレータ実験結果をツリー表示し、重要度評価に類似した手法を用いることで、対象とした衝突事故を回避するためには「判断」が最も重要なタスクであることが明確になった。ツリー表示されたFig.14を見ると、たとえ適切に「判断」が行われた場合でも、その後の「注視」や「避航動作」を行わない場合は、衝突に至ることが予想される。事故対策を検討する際には、「判断」のタスクで失敗を防止するための方法を検討した後、「注視」や「避航動作」のタスクにおいても、合わせて対策を検討する必要があると考えられる。

実験中、実験参加者からは「嫌な角度」「ベアリングが変わっているので自船の前に行くに違いない。」等の発言を記録した。この発言

から、航路の入口付近という航行環境条件で、かつ、右舷からの横切り船が同航船に見える角度で接近してきたことで、実際には危険な横切りの関係であるにもかかわらず、右舷の船舶が航路へ平行に入るという「臆断」が発生したと考えられる。これは右舷の船舶に対し、「航路へ沿うよう右転することを待ちつつも」という裁決録の内容とも一致する。

11.4 フェーズⅠの課題

フェーズⅠでは、対象とした衝突事故を回避するためには「判断」が最も重要なタスクであることが明確となった。つまり、衝突事故の原因は、対象船を避航する必要があるという「判断」が適切に行われなかったこと（本研究においては、これを「衝突危険の判断エラー」と定義とする）であると考えられる。

Success cases

Subject No.	Detection	Check1	Check2	Check3	Action 1	Check4	Action2	Check5	Action 3	Check6	Action 4	
1	○	○	○	○	SSd	○	ST	○				
2	○	○	○		RS	○		○	IS			
3	○	○	○		RS		SStd	○				
4	○	○	○		SSd	○	ST	○				
5	○	○	○	○	RS	○	RS	○				
6	○		○	○	RS	○	RS	○	RS	○	IS	
7	○	○	○		SSd	○	RS, SSd	○				
8	○		○	○	RS		RS	○				
9	○	○		○	RS	○	RS	○				
10	○			○	RS	○	RS	○	RS		IS	
Collision Accident							SPt			SPt		ST

Failure cases

Subject No.	Detection	Check1	Check2	Check3	Action 1	Check4	Action 2	Check5	Action 3	Check6	Action 4	Check7
1	○			○		○	RS	○	RS	○		
3	○			○		○						
4	○		○			○	SStd	○	SSd			
5	○			○		○						
6	○						SPt	○	MS			
7	○		○			○	SPt	○				
9	○		○	○		○	SPt	○	MS	○	SSd	○
10	○		○	○		○	SU, SPt	○	MS	○	SSd	○

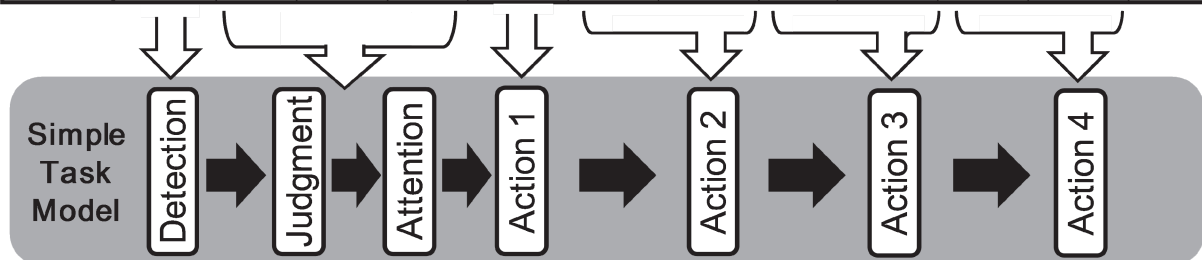
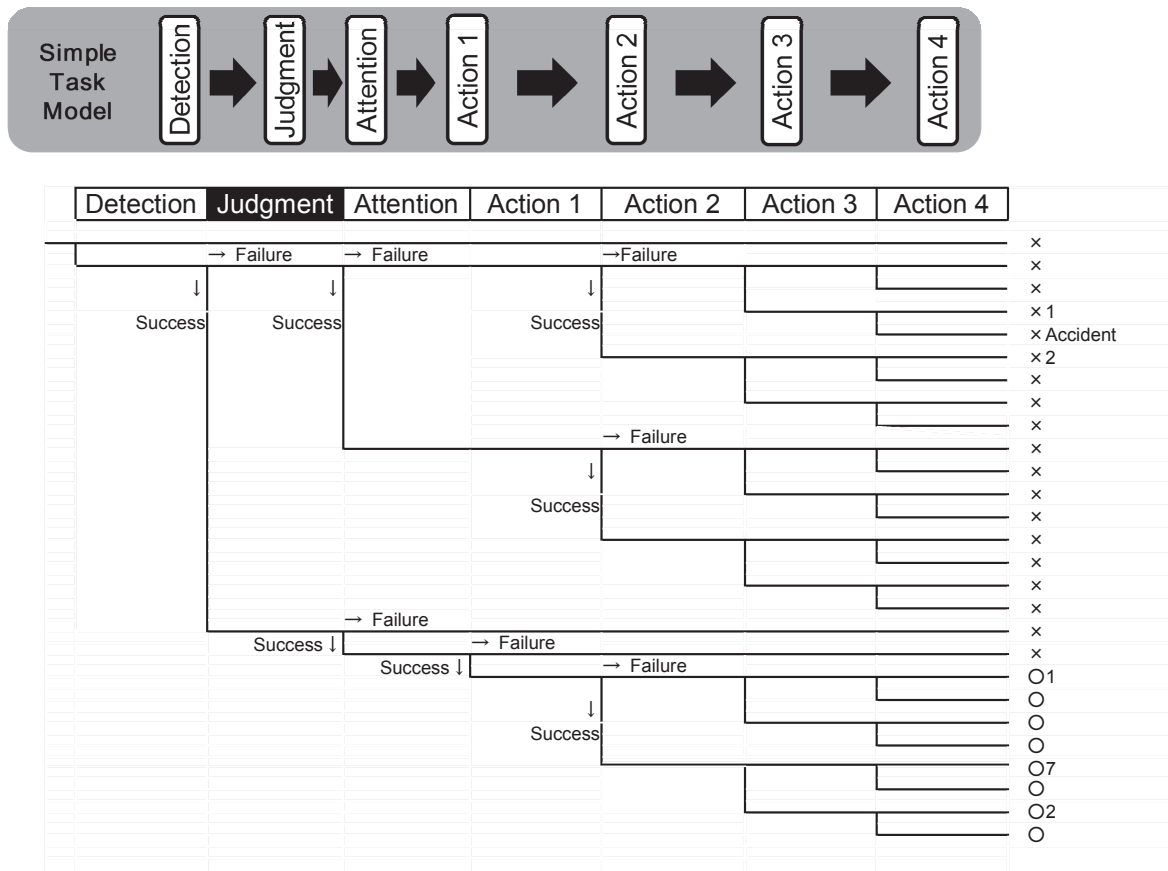


Fig.13 見張り作業のグループ化とシンプルタスクモデルの作成



また、本研究において抽出した判断エラーは、対象船は航路に入るという「臆断」であると考えられる。

今後、事故対策を検討するためには、これらのエラーの発生過程、つまり、どのような状況で発生したのか、なぜ発生したのか等を明らかにする必要がある。そこで、平成 22 年度は、平成 21 年度に抽出した「判断」エラーの発生過程（背後要因）を明らかにすることを第一の目的として取り組むこととした。

12. フェーズ II の実験と解析

12.1 フェーズ II の目的

フェーズⅠの実験・解析・考察結果と問題点を踏まえ、平成 22 年度の目標は下記の 2 点とした。

- (1) 操船者の避航行動パターンのモデル化によって衝突危険の判断エラーの発生過程を明らかにすること。
- (2) 判断エラーの明確化による、具体的な事

故対策の検討例として、航路情報の事前提供による事故の抑制効果を示すこと。

12.2 フェーズ II の実験

12.2.1 実験及びインタビュー調査の目的

フェーズIIのシミュレータ実験及びインタビュー調査の目的は、考察した背後要因において、衝突危険の判断エラー（対象船が航路へ入るという臆断）が発生することを示し、その発生過程における実験参加者の操船意図を把握することである。

12.2.2 実験シナリオ

解析対象の衝突事故は、フェーズⅠと同様、昼間のほぼ同時刻に航路に進入することで起こった3隻の衝突海難事故である。フェーズⅠで抽出した、衝突危険の判断エラー（対象船は航路へ入るという臆断）の背後要因は、実験参加者の発言や行動の観察から以下の3つが考えられる。

- ① 航路入口付近という環境条件
- ② 対象船以外に見張りが必要な船舶の存在
- ③ 対象船の航路への進入角

そこで、実験シナリオはこれらの3条件を含み、かつ、見張り作業に集中させるため、航路への変針作業等、見張り以外の作業が極力発生しないものとした。実験における航路と3隻の船の位置関係は、フェーズIと同様、Fig.12に示す通りである。シナリオスタート時、自船から航路入口までの距離は2海里であり、変針をしない場合は、航路の中央に直角に入航できる位置である。

自船の行動パターン例についてFig.15に示す。Fig.15(a)は対象船が変針を行い、自船は変針することなく入航できる場合、Fig.15(b)は対象船が変針を行わず、入航には自船の変針が必要となる場合を示す。Fig.15から、対象船の航路へ入航する位置及び航行位置により、自船行動が決定されることが考えられる。

フェーズIでは、解析した事故において操船者が対象船を初認した時間を参考に実験シナリオ時間を5分に設定した。さらに解析において、衝突回避の成否と初認（発見）にかかる時間についてt検定を行った結果、相関がないことを確認し、これにより、5分のシナリオにおいても衝突した場合と衝突を回避した場合では判断に使用する時間に差はないことを示した。本実験では、衝突危険を判断する前の操船の必要がない時点で、自船が航路に対しどの様に航行するつもりであったのかという意図を把握し、その後の対象船の動向予測から、自船行動の判断の変化について

明確に把握するため、シナリオの時間を延ばし、10分に設定した。

12.2.3 実験内容

作成した実験シナリオを用い、当所の操船リスクシミュレータにおいて、平成21年度とは異なる操船実務経験者16名を参加者とした実験を行った。実験参加者16名の内、8名については航路情報の事前提供を行い、残りの8名については特段の情報提供を行わなかった。

実験中、シミュレータ船橋内には実験参加者とは別に操舵手1名を配置した。自船は3,000トンのタンカーとし、実験参加者には一般的な航海計器（双眼鏡、レーダ、コンパス、ECDIS、汽笛、海図）を使用し、見張り作業を行わせ、実験参加者が必要と判断した場合は避航動作を取らせた。針路変更による避航動作は、船橋内に配置した操舵手への操舵号令により、速度変更は実験参加者自身によるエンジンレググラフ操作により行わせた。また、解析の参考とした海難事故では、VHF等の通信を行っていないため、本実験においても通信機器は使用しないこととし、視程、初期速度等は、解析対象とした事故と同様の状況からスタートさせた。

12.2.4 実験結果

実験では、参加者16名中4名（25%）が衝突に至り、残りの12名（75%）は衝突を回避した。実験における操船結果等について、Table 9に示す。Table 9の左から1列目には

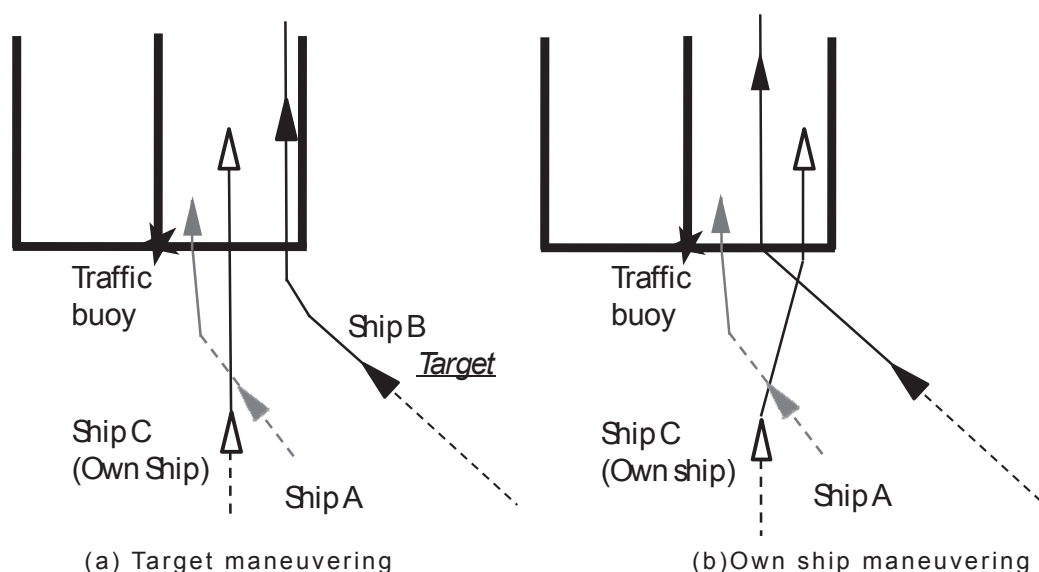


Fig.15 操船パターン例

12.3.4 で述べる航路情報の事前教示の有無を示し、2列目には実験参加者のID、3列目には操船結果(衝突の有無)、4列目には操船方法、5列目には操船のタイミングを示す。

12.2.5 インタビュー調査結果

実験シナリオにおける自船行動パターン例(Fig.15)の説明で少し触れたが、見張り作業においては、周囲の情報収集から、「対象船の動向予測」がなされ、それに基づき「自船行動の判断」、また、最終的な「自船行動の決定」がされていると考えられる。判断エラーの発生状況と、対象船の動向予測及び自船行動の判断について、航路の中が仮想的に右レーン・中央レーン・左レーンの3レーンに分かれていると仮定し、インタビュー調査結果の整理を行った。整理した結果を、Table 9の左から6列目以降に示す。また、仮想的に設定した航路内のレーンについて、Fig.16に示す。

Table 9の左端から6列目には対象船が航路に入るといった思い込み(判断エラー)の発生状況を、7列目に減速に対する抵抗の有無、8列目に対象船の航行レーン(対象船の動向予測)、9列目に自船の航行レーン、10列目に対象船からの自船位置(自船行動の判断と決定)について示す。

12.3 フェーズIIの解析及び考察

12.3.1 操船結果と判断エラー発生状況

Table 9より、事故原因として検討した判断エラーは、16名中14名(88%)に発生した。操船結果と判断エラーの発生状況を比較した

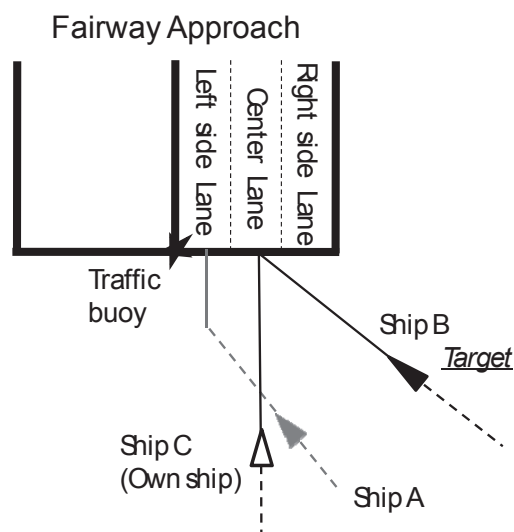


Fig.16 仮想レーン

結果、判断エラーが発生した場合でも、多くの実験参加者が衝突を回避した結果となった。従って、衝突の原因は、対象船が航路に平行に入るといった思い込みの発生に加え、別の要因の発生が考えられる。そこで衝突に至る見張り作業プロセスを明確にする必要性が明らかとなった。

12.3.2 フェーズIで作成したシンプルタスクモデルとツリー表示の修正

見張り作業プロセスを明確にするため、フェーズIIの実験結果を、フェーズIで用いた手法で整理し、シンプルタスクモデルの作成を試みた。しかし、フェーズIのシンプルタスクモデルでは表現できない実験参加者の作業が明らかとなった。そこで、実験結果だけではなく、インタビュー調査結果も踏まえ、シンプルタスクモデルの修正を行った。Fig.17は、修正したシンプルタスクモデルに基づく、フェーズIIの実験・インタビュー調査結果のツリー表示である。しかし、実験結果だけではなく、インタビュー調査結果も含めてツリー表示してしまうと、衝突に至る見張り作業プロセスが明確にならないことが明らかになった。そこで、インタビュー調査結果も含めて、衝突に至る見張り作業プロセスを明確に示す方法として、避航判断パターンのモデル化による検討を行った。具体的なモデル化の方法と検討内容について次に示す。

12.3.3 避航判断パターンのモデル化と判断エラー発生過程の検討

避航判断パターンのモデルは、Endsleyの動的意識決定における状況認識モデル²⁵⁾(以下Endsleyモデルと呼ぶ。)を基本として作成した。Endsleyモデルの状況認識は3ステップで構成されている。まずStep1は周囲の状況から、認識すべき対象の認識である。これは、船舶の見張り作業においては、対象船の発見(Detection)と同等である。解析した衝突事故では、対象船との距離が近く、視界も良好であることから、目視及びレーダによる対象船の発見は、シナリオスタート直後に済んでいると考えられる。次に、EndsleyモデルのStep2は、Step1で認識した対象の状況の理解であり、Step3は理解した状況に基づく将来予測である。見張り作業においても、対象船を発見後、その船に対する情報収集を行い、将来的に衝突の危険が生じるかどうかの予測を行っていると考えられる。解析する事故については、情報収集に基づき、対象船がどのレーン・前後位置を航行するのかという

Table 9 実験及びインタビュー調査の結果

INF.	Subject	Result of Ship Handling	Ship Handling	Time to Collision Avoidance [sec]	Occurrence of Assumption	Resistance to Change Ship Speed	Prediction and Judgment		
							Target	Own ship	
							Navigational Lane	Navigational Lane	Position from Target
Yes	A	CA	RS	456	Yes	Yes	C	C	Af
	B	CA	RS	97	Yes	No	C	R	Af
	C	CA	RS	471	Yes	No	C	C	Af
	D	CL	No Action		Yes	Yes	R	C	Fo or Pa
	E	CA	RS	433	Yes	Yes	C	C	Af
	F	CA	RS	166	Yes	No	C	C	Af
	G	CA	SSd/RS	216	Yes	No	C	R	Af
	H	CA	RS	155	Yes	No	C	C	Af
No	I	CL	SPT	578	Yes	Yes	R	C	Fo or Pa
	J	CA	RS	410	No	No	Nothing	C	Af
	K	CL	SPT	458	Yes	Yes	R	C	Fo or Pa
	L	CA	RS	305	Yes	Yes	C or R	C	Af
	M	CA	RS	415	Yes	Yes	C	C	Af
	N	CA	RS	249	No	No	Nothing	C	Af
	O	CL	RS	503	Yes	Yes	R	C	Fo or Pa
	P	CA	RS	351	Yes	No	C	C	Af

CA (Collision Avoidance) RS (Reduce Speed) R (Right Lane)
 CL (Collision) SSd (Steer Starboard) C (Center Lane)
 SPT (Steer Port) L (Left Lane)

Fo (Forward)
 Af (Aft)
 Pa (Parallel)

Prediction & Judgment of target behavior (Assumption of target behavior)		Judgment of own ship behavior				
Collect INF. and Detection	Possibility of entering or crossing the fairway	Lane of target	Lane of own ship	Position of own ship	Continuing lookout	Results of action
Crossing [J,N]			Right	Forward	Yes	×
Entering [A,B,C,D,E,F,G,H,I,K,L,M,O,P]					No	×
					Aft	○
					Center	×
					Forward	×
					[J,N]	×
					Forward	×
					Aft [J, N]	○ JN
					Left	×
					Aft	○
					Center	×
					Forward	×
					[D,I,K,O]	×
					Yes	×
					No	×
					Aft	○
					Left	×
					Aft	○
					Center	×
					Forward	×
					Aft [L]	○ L
					Left	×
					Aft	○
					Center	×
					Forward	×
					Aft [B,G]	×
					Yes	×
					No	×
					Aft [A,C,E,F,H,M,P]	○ ACEFHMP
					Left	○

Fig.17 シンプルタスクモデルとそのツリー表示に関する修正結果

予測が行われていると考えられる。さらに、見張り作業において自船行動の決定は Endsley モデルの“Decision”に、自船の避航行動は“Performance of action”に相当すると考えられる。

このように、Endsley モデルを基本とし、Table 9 に示した実験及びインタビュー調査の結果を用いて、操船者の避航行動パターンをモデル化した図を Fig.18 に示す。この図では、対象船の発見後、対象船の動向予測及び

それに基づく自船行動の判断、さらに、選択した自船行動と操船結果を示す。Fig.18の中で、衝突に至った場合の見張り作業の判断パターンについて破線で示す。衝突に至ったシーケンスに注目すると、対象船が航路に入るといふ思い込み(判断エラー)の発生に加え、対象船は航路の右レーンを航行するという判断がされており、右レーンに入ると判断した4名全ての実験参加者が衝突に至ったことが明らかになった。

従って、解析した衝突事故の原因は、対象船が航路に入るといふ判断エラーに加え、対象船が右のレーンを航行するという判断エラーの発生であることが明らかとなった。このように、避航判断パターンのモデル化により、操船者の予測や判断を含めた、事故の原因を明確に示すことが可能である。

本研究で作成したモデルは、あくまで①～③の条件下におけるものであるが、他の条件下で発生した衝突事故についても、Endsleyモデルを基本に、「対象船の動向予測」「自船の動向判断」「自船の行動」の3要素を避航判断モデルに組み込むことで、その原因特定に用いることが可能であると考えられる。

12.3.4 航路情報の事前提供による事故の抑制効果

(1) 航路情報の事前提供の方法

事故対策の提案には、導入コストや海域特有の制約等から対策方法の選定やその導入方法についても詳細な検討が必要である。本研究では、フェーズⅠで明らかにした対象船が航路に平行に入るといふ臆断(判断エラー)の抑制を目的として、その対策を検討した。その結果、どの海域においても実施可能で、現実的にすぐに導入が可能であり、導入コストも低いと考えられる、ポスターによる航路情報の事前提供を対策として採用し、事故の抑制効果について考察を行った。

航路情報として事前提供する資料は、航路の入り口付近にて横切りの交通流の存在及び衝突事故事例を含む、A4サイズのポスターである。この資料を航路情報の事前提供を行う実験参加者だけに対し、船橋に入る前の5分間、実験に関係がある資料として提供した。

(2) 航路情報の事前提供による効果

航路情報の事前提供による効果を把握するため、事前情報があつた実験参加者(8名)と事前情報がなかった実験参加者(8名)の操船結果を比較した。その結果、事前情報が

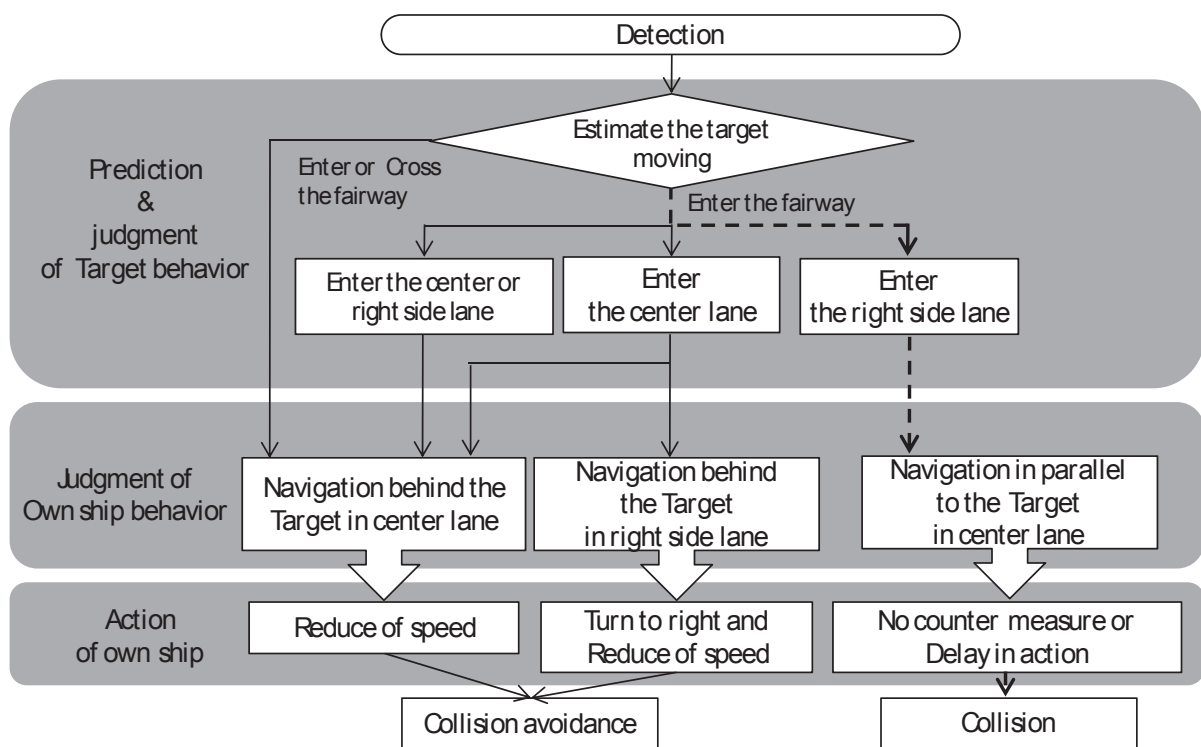


Fig.18 航路における衝突に関する操船者の判断パターンモデル

ない場合は 8 名中 3 名 (37.5%) が、事前情報があつた場合でも 8 名中 1 名 (12.5%) が衝突に至る結果となり、事前情報の有無によって事故の発生回数が異なる結果を得た。航路情報の事前提供が事故発生に対して有意な違いをもたらしているかは、今後詳細な解析が必要となるが、衝突事故の抑制に繋がっている可能性があると考えられる。

12.4 フェーズ II の課題

フェーズ II の実験及び解析から、避航判断パターンのモデル化により、事故の要因を抽出することで、効果的な事故対策の検討の可能性を示すことができた。ただし、事故対策の検討を含めた事故の抑制効果については、今後、十分な検証が必要と考えられる。

13 まとめ

本研究では、操船シミュレータを用いた、簡易タスクモデルのツリー表現による発生したエラーの抽出 (フェーズ I) と、避航判断パターンのモデル化による判断エラー発生過程の検討 (フェーズ II) という 2 段階の海難事故解析手法の提案を行った。この手法を用いて、事故の一例について具体的な解析を行い、事故の原因を推定することが可能であることを示した。また、検討したエラーの発生条件から、同様の条件が発生した場合に、同様の事故が発生する可能性を示した。なお、環境特性や操船者の特性等から、同様の事故が発生する可能性については、参考文献 18) にて、すでに指摘がされている。

今後は、提案した手法を用いて、他の衝突海難事故の解析を進めることで、解析手法の有効性を示す必要がある。また、事故対策の検討方法とその効果の検証については、今後十分な検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) Kenji Yoshimura, Kenjiro Hikida, Nobuo Mitomo, Junji Fukuto: "Effects of Overlaid Navigational Information on Seascapes on Ship Crew Performance", Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, (2009)
- 2) Kenji Yoshimura, Nobuo Mitomo, Tadatsugi Okazaki, Kenjiro Hikida, Koji Murai: "Evaluating the Mariner's Workload Using the Bridge Simulator", Proceedings of the 10th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human Machine Systems, (2007)
- 3) 伊藤博子、吉村健志、瀧本忠教:「環境条件による衝突海難の類型化に関する研究」、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 11 号 (2010)、pp.197-200
- 4) 吉村健志:「海難審判裁決録に基づく衝突海難のヒューマンファクター分析」、海技研報告、(2012)
- 5) 海上技術安全研究所 海上安全イニシアティブプロジェクトチーム:「海難事故防止に関する HAZID 会議—参考資料—」、(2009)
- 6) Mica R. Endsley: "Situation Awareness Analysis and Measurement", Analysis and Measurement, Lawrence Erlbaum Assoc Inc, (2000)
- 7) Kenji Yoshimura, Kenjiro Hikida, Hiroko Itoh, Chihiro Nishizaki, Nobuo Mitomo: "The Method for Estimation of Human Error Probability", Proceedings of the 10th International Probabilistic Safety Assessment & Management Conference, (2010)
- 8) 吉村健志、伊藤博子、丹羽康之、福戸淳司:「長距離トラック運転における不安全運転行動の検出技術に関する研究」、産業保健人間工学研究、第 7 号特別号 (2005)、pp.146-149
- 9) 平成 23 年版レポート海難審判、平成 23 年発行、海難審判所、(2011)
- 10) Kenji Yoshimura, Chihiro Nishizaki, Kenjiro Hikida, Nobuo Mitomo: "A Method for Assessment of Target Overlook in Navigation Watch", Proceedings of the 11th International Probabilistic Safety Assessment & Management Conference, (2012)
- 11) Kenji Yoshimura, Kenjiro Hikida, Hiroko Itoh, Chihiro Nishizaki, Nobuo Mitomo: "A Method for Quantifying the Risks of Human Error from Experiments with the Ship Bridge Simulator", Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology, (2012)

- 12) 山崎祐介:「見張り不十分に因る船舶衝突の実態について」、日本航海学会論文集、第90号(1993)、pp.321-330
- 13) 嶋田博行:「操船者の認知特性に関する基礎研究-II」、日本航海学会論文集、第92号(1995)、pp.313-318
- 14) 竹本孝弘、阪本義治、嶋田博行、古荘雅生:「衝突海難事故における人的エラー分類について」、日本航海学会論文集、第106号(2001)、pp.39-46
- 15) 竹本孝弘、阪本義治、嶋田博行、古荘雅生:「衝突海難事故における人的エラーの発生形態」、日本航海学会論文集、第110号(2003)、pp.109-116
- 16) 竹本孝弘、阪本義治、嶋田博行、古荘雅生:「衝突海難事故における人的エラーの数量化」、日本航海学会論文集、第113号(2005)、pp.85-91
- 17) 西村知久、小林弘明:「避航操船における見張り特性に関する研究-II」、日本航海学会論文集、第120号(2009)、pp.81-88
- 18) 小林弘明、濱田俊秀、片岡高志:「操船シミュレータによる海難の事故分析に関する研究 第広雄洋丸とパシフィック・アレックス衝突事件について」、日本航海学会論文集、第98号(1998)、pp.151-159
- 19) 海難審判所:「海難審判庁裁決録、平成20年1月～平成20年3月分」
- 20) 西崎ちひろ、吉村健志、田村兼吉、三友信夫:「操船シミュレータを用いた操船行動解析に関する解析手法」、日本航海学会論文集、No.123(2010)、pp.95-102
- 21) Chihiro Nishizaki, Hiroko Itoh, Kenji Yoshimura, Kenjiro Hikida and Nobuo Mitomo: "Development of a Method for Marine Accident Analysis with Bridge Simulator", Proceeding of the 2011 6th International Conference on System of Systems Engineering (2011), pp.31-36
- 22) 西崎ちひろ、伊藤博子、吉村健志、三友信夫:「操船者の避航判断パターンのモデル化による判断エラー発生過程の検討」、日本航海学会論文集、No.125(2011)、pp.55-61
- 23) Chihiro Nishizaki, Hiroko Itoh, Kenji Yoshimura, Kenjiro Hikida and Nobuo Mitomo: "Process of Judgment Error on Collision Risk by Modeling Judgment Patterns of Officers", Proceeding of IEEE Fifth International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology (2012), pp.80-85
- 24) 村松健:「軽水炉の確率論的安全評価(PSA)入門」、第3回内的事象レベル1PSA、日本原子力学会誌、第48巻第6号(2006)、pp.409-416
- 25) Endsley, M.R.: "Towards a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems", Human Factors, Vol.37 No.1(1995), pp.32-64