

# シミュレーションによる BRM シミュレータトレーニングシナリオの分析

学生員 角 田 領\* 正員 大 和 裕 幸\*  
正員 安 藤 英 幸\*\* 正員 小 山 健 夫\*\*\*  
正員 中 村 紳 也\*\*\*

A Study on Analysis of BRM Simulator Training Scenario by Using of Simulation

by Ryo Kakuta, *Student Member* Hiroyuki Yamato, *Member*  
Hideyuki Ando, *Member* Takeo Koyama, *Member*  
Shinya Nakamura, *Member*

## Summary

To make BRM training scenario design more objective and reasonable, it is necessary to understand the characteristics of training scenarios. In this paper, simulation analysis is applied to BRM simulator training scenario. The simulation model is composed of cognitive model of bridge crew and task network model which predicts watchkeeping performance of bridge team. By using of the simulation, training scenarios designed by some experts are analyzed in two ways, visualization of scenario progression as Gantt chart and evaluation of the crew size change effect on watch keeping performance. These analysis and evaluation are applied to three training scenarios and useful knowledge to quantify and control scenario difficulty is obtained.

## 1. 緒 言

ヒューマンエラーによる事故や船員不足が問題となる中で、トレーニングの効率性や質を高めていくことが重要である。近年では、船員のチームワークの向上を目的として BRM (Bridge Resource Management) トレーニング<sup>1)</sup>が導入され、シミュレータを利用したトレーニングが実施されている。

シミュレータトレーニングにおいて、シナリオは訓練の価値を高めるのに重大な影響を持つとされる<sup>2)</sup>。しかしながら、シナリオの妥当性を評価する標準的な手法はなく、インストラクターによる主観的評価に頼っているのが現状である。例えば、シナリオの難易度の評価や、そのコントロールの仕方、改善の仕方など、定量的・合理的なやり方が求められている。

そこで本研究では、船長経験者らによって開発され、あらかじめ難易度評価がなされている複数のシナリオについて分析を行い、難易度の定量化や合理的なシナリオ開発のため

の知見を得る。また、シミュレーションを利用した分析システムについて述べる。

## 2. 研究のアプローチ

一般的にシミュレータトレーニングのシナリオはイベントのシーケンスで構成される<sup>3)</sup>。訓練生はイベントへの対応によってスキルを身につける。そのため、これまで TARGETs<sup>4)</sup> や EBAT (Event Based Assessment and Training)<sup>5)</sup> といったイベントを中心としたシナリオの開発手法が提案されてきた。これらの手法では、訓練生の評価のためのイベントをシナリオに埋め込むため、イベントの回数や1つ1つのイベントの難易度を基準として、シナリオの内容をコントロールできる。しかし、イベント間の依存関係を考慮していないため、このような基準のみでシナリオの難易度を定量化することはできない。特に、時定数の大きい船舶の操船においては、他船を早い段階で見つけ監視を行う必要があるなど、1つのイベントの影響が長時間に渡って続くため、他の手法や基準が必要となる。

著者らは、これまで船舶の出現や接近がチームに与える影響をモデル化し、シミュレーションによってチームの見張り作業のパフォーマンスを評価する手法を開発してきた<sup>6)</sup>。本研究では、このシミュレーションモデルを利用したトレーニングシナリオ分析システムを開発し、トレーニングシナリオ

\* 東京大学新領域創成科学研究科

\*\* MTI

\*\*\* 日本海洋科学

の分析に利用する。

### 3. BRM シミュレータトレーニング

本章では、BRM シミュレータトレーニングの概要について紹介する。

#### 3.1 BRM トレーニング

BRM トレーニングは、操船業務におけるチームワークの向上を目的として行われるトレーニングである。IMO (International Maritime Organization) の発行した STCW95 (Standards for Training and Watchkeeping) 条約に基づき、2002 年より全ての航海士に受講が義務付けられるようになっている。

BRM の目的は、ブリッジに存在するあらゆるリソースを有効に活用することによって、事故を未然に防ぐことである。トレーニングにおいては、このような BRM の概念に関する講義と共に、シミュレータを利用したトレーニングが行われる。シミュレータトレーニングは、交通量が多く、忙しい状況を想定したシナリオを利用して行われる。インストラクターは訓練生に、船長への積極的な進言や、活発なコミュニケーションによる情報共有などのメンバー間での協調を促して、チームワークの重要性を認識させる。

#### 3.2 ブリッジチーム

表1にブリッジチームの構成と役割分担の1例を示す。ブリッジチームでは操船権を持つのは1人であり、他の乗船員は情報収集や実際の操舵などを行い、作業を支援する立場をとる。見張り作業は、見落としを防ぐ観点から、複数の船員に割り当てられるのが通常である。

Table.1 An example of task allocation

Role	Allocated task
Captain	Command, Watch, Chart check
2/O (Second Officer)	Watch, External Communication
3/O (Third Officer)	Chart Plotting, Engine Control, Watch, Internal Communication
Q/M (Quarter Master)	Rudder Control

#### 3.3 BRM シミュレータトレーニング

一般的なBRMシミュレータトレーニングの流れを図1に示す。トレーニングシナリオは、熟練者の過去の経験や想定す

る海域の交通流に基づいて設計される。設計されたシナリオを利用してシミュレータトレーニングを実施し、トレーナーはチェックシートやメモ帳などを利用して、トレーニングの様子を見ながら主観的な評価を行う。評価やチェックの結果は、トレーニング終了後の訓練生へのフィードバック時に利用される。また、トレーニングが繰り返されるにつれて、シナリオに少しずつ変更が加えられていく。

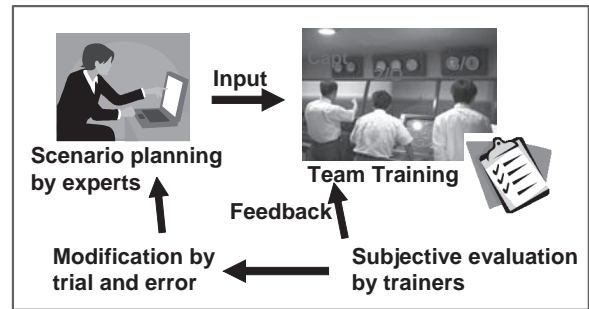


Fig.1 Overview of BRM simulator training

### 4. トレーニングシナリオ分析システム

#### 4.1 システムの概要

本研究で提案するトレーニングシナリオ分析システムの概要を図2に示す。

トレーニングシナリオ分析システムは、シミュレータトレーニングで利用されているシナリオを入力として、チーム作業のシミュレーションを実行し、チームのパフォーマンスを出力する。

シナリオデータとしては、航行環境に存在する船舶や、通信などシナリオ中に発生するイベントに関するデータが含まれる。本船は、シナリオ終了時間までの間、設定された変針点を設定された速度で進んでいく。ブリッジチームは様々なタスクを行いながら、途中で遭遇する船舶を発見し、監視や必要であれば衝突回避のための通信を行う。チームの人員数や役割分担は、あらかじめ設定する。

これらの設定を入力として、著者らのチームパフォーマンス評価シミュレーション<sup>6)</sup>を実行する。本シミュレーションモデルでは、チームメンバーは、それぞれ認知モデルに基づいて実行するタスクを選択する。タスクが選択されると、タスクネットワークシミュレーション<sup>7)</sup>によってタスクが実行される。

シミュレーション結果として、チームパフォーマンスを出力し、これと主観的な難易度を比較する。また、シナリオの進行をガントチャートで可視化し、シナリオの特徴の比較に利用する。

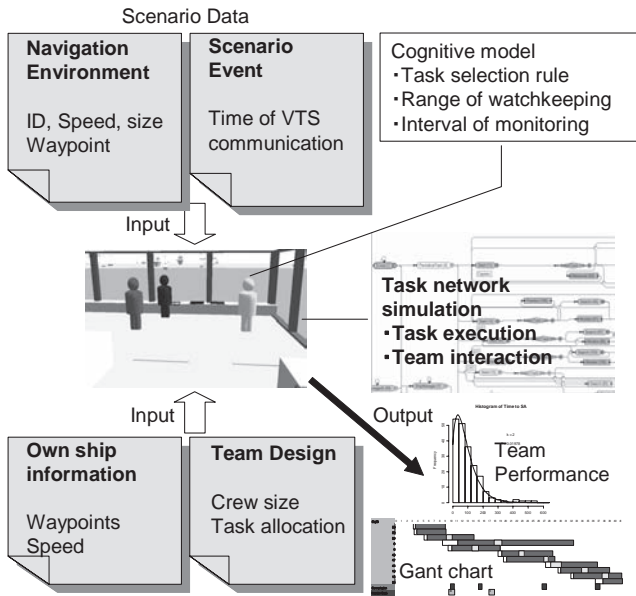


Fig.2 System overview

4.2 シナリオデータ

シナリオに含まれるデータを表 2 に示す。データは他船に関するデータとイベントに関するデータの 2 種類がある。他船に関するデータとしては、船舶の ID、大きさ、船種、初期位置、初期速度、変針点、変針点間の速度といったデータが含まれている。イベントに関するデータとしては、VTS(Vessel Traffic Service)からの通信のタイミング、トレーニング終了時間といったデータが含まれている。

Table.2 Scenario data

Category	Specified data
Ship	ID, Size, Ship type Initial position and speed Waypoints Average speed between waypoints
Event	Timing of VTS communication Finish time

4.3 チームシミュレーション

図 3 に船員チームのシミュレーションモデルの概要を示す。シミュレーションモデルは船員のタスク選択を制御する認知モデルと、タスクネットワークモデル<sup>8)</sup>を組み合わせている。タスクネットワークモデルは、タスクの系列と条件分岐、ループなどによって人間の行動を表すモデル化手法である。タスク系列中の各タスクには平均実行時間、時間分布、条件分岐のルールや確率を設定することができる。このモデルに基づくタスクネットワークシミュレーションは、原子力

プラントのコントロールルームでチームが一連のタスクを終わらせる時間の予測に用いられている<sup>9)</sup>。本研究では、チームの見張り作業のパフォーマンス予測に利用している。

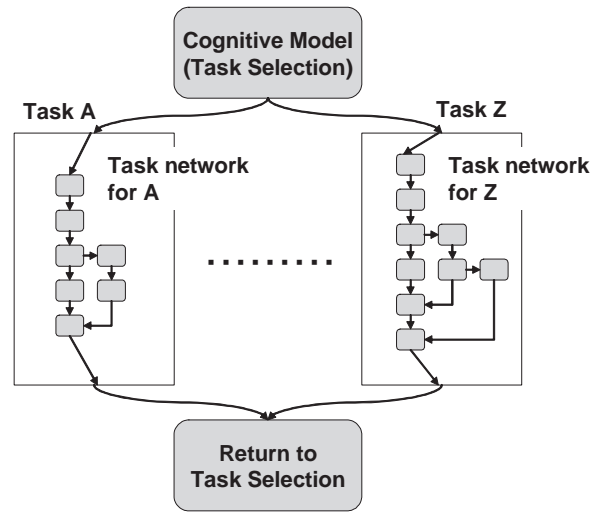


Fig.3 Overview of simulation model

図 4 に船員の認知モデルを示す。中断中のタスクが無い場合、タスク選択が行われる。タスク選択においては、スケジューリングと優先順位ルールによってタスクが決定される。まず、割り当てられているタスクの中で、その時間に行う必要のあるタスクが抽出される。タスクが複数抽出された場合、優先順位に従って 1 つのタスクが選択される。選択されたタスクは実行され、タスクのスケジュールが更新される。

タスク間の優先順位やスケジューリングは、過去のシミュレータトレーニングのデータを利用した分析から求めている<sup>6)</sup>。例えば、既に発見済みの船舶の監視スケジュールは、近くの船舶ほど時間間隔が短くなるように設定されている。また、新しい船舶の探索は、監視よりも優先順位が低く、監視を行う必要の無い時間帯にしか行われぬ。チャートへの位置記入のように定期的に行われるタスクも存在する。

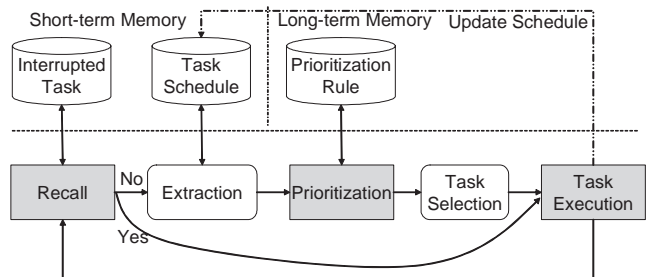


Fig.4 Cognitive model of crew

タスクネットワークモデルの例として、図 5 に船長の探索タスクを示す。見張り作業は探索タスクと監視タスクに分けており、探索タスクでは一定範囲内に存在する新しい船舶の

発見を、監視タスクでは既に発見済みの船舶の監視を行う。見張りの範囲は、過去のシミュレータトレーニングのデータから、TCPA、DCPA、距離という3つのパラメータで定義されている<sup>6)</sup>。

探索タスクを実行し、新しい船舶が見張り範囲内に存在しなければ、次のタスクを選択する。新しい船舶が存在する場合、2/Oに情報要求を行う。2/Oは、現在実行しているタスクを中断し、ARPAからその船舶の情報を読み取って、船長に報告する。報告を終えると、2/Oは中断していたタスクに戻る。船長は、報告を復唱し、衝突回避のための通信が必要かどうかをTCPA(Time to Closest Point of Approach)、DCPA(Distance to Closest Point of Approach)を元に判定し、必要であれば、通信を行うようタスクを割り当てられている船員に命令を出す。もし、必要でなければ、次の監視の時間をその船舶のパラメータを元に計算しタスクのスケジュールを更新した後、次のタスクを選択する。このとき、見張りを割り当てられた全ての船員は、2人の会話を聞いており、同様に監視のスケジュールを更新する。このようにして、同じ船舶への監視が続くことを防ぐ。

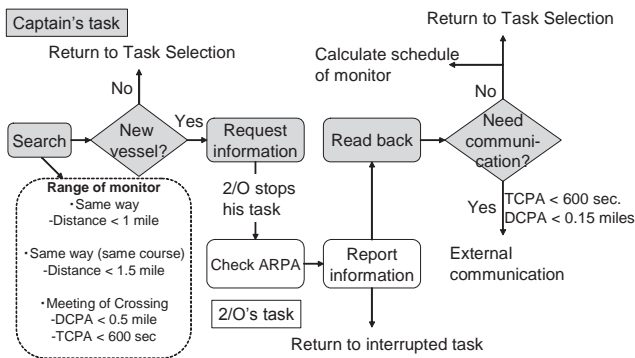


Fig.5 Task network of search

図6は衝突回避のための他船との意図確認通信のタスクネットワークである。船長が2/Oに、他船との通信を命じ、2/Oは現在のタスクを中断して、VHFによる通信を行う。このとき、船長も他の作業を行わず通信に耳を傾ける。通信結果の船長への報告が終了すると、元のタスクに戻る。

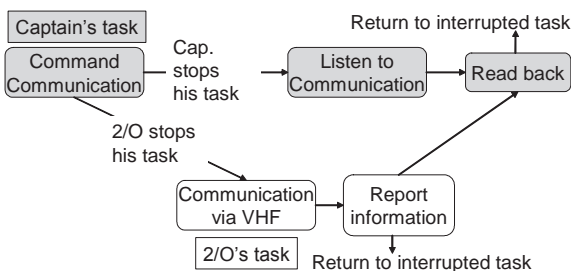


Fig.6 Task network of communication between ships

4.4 チーム設定編集

チーム設定では、船員数と役割分担を変えることができる。船員数は3名から6名の間で変更可能である。また、各船員には、見張り、チャート作業、VTS通信への対応、他船との通信という5つのタスクを割り当てることができる。また、1つのタスクを複数人に割り当てても可能である。

4.5 シナリオの可視化とパフォーマンス評価指標

シナリオの特徴を分析するため、図7のようにシナリオの進行をガントチャートに変換して示す。横軸は時間経過、縦軸は出現する船舶のIDを示している。シミュレーションのログから、各船舶の出現時間(見張り範囲内に入る時間)、出現の発見時間、動向変化時間、変化の発見時間、監視終了時間(見張り範囲内から出る時間)を、抽出し、色分けして船舶毎に表示する。ここでは、船舶がTCPA、DCPA、距離で定義される見張り範囲内に入った時点を船舶の出現とみなしており、実際の操船シミュレータのスクリーン上において、船舶が視認できるかどうかは考慮していない。この他に、VTSとの通信や他船との通信の時間を四角で示す。四角内の数字は通信相手となる船舶のIDを示している。さらに、1分ごとの見張り範囲内に存在する船舶数のグラフを表示する。グラフ上の横線は平均値を示している。このような可視化を行うことによって、他のシナリオと比較することで、シナリオの特徴が分かりやすくなる。

船舶出現から発見までの時間をTime to SA1、動向変化から発見までの時間をTime to SA2とし、これを見張りパフォーマンスの評価指標とする。SAはSituation Awareness(状況認識)を示している。船舶が出現してから最初の探索タスクが終了した点、動向変化が起きてから最初にその船舶への監視タスクが終了した点を状況認識が行われた点とする。

最終的に、シナリオ毎にシミュレーションによって求めたTime to SAのヒストグラムを求め、アーラン分布に当てはめる。アーラン分布の確率密度関数は以下の式で表される。

$$f(x;k,\lambda) = \frac{\lambda^k x^{k-1} e^{-\lambda x}}{(k-1)!} \quad \text{for } x > 1 \quad (1)$$

推定された分布の平均値と95%点を求め、比較を行う。

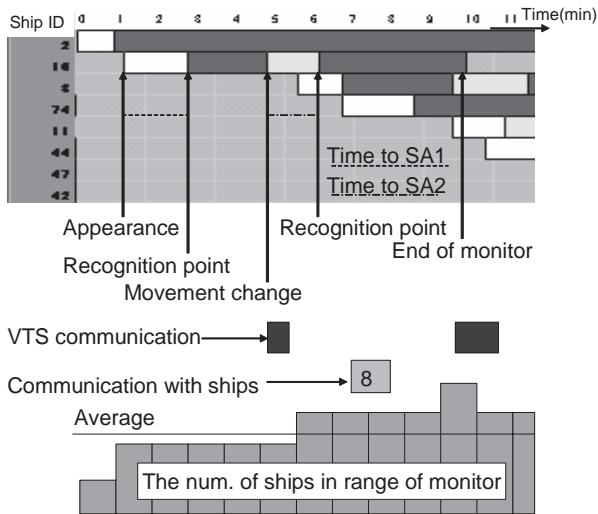


Fig.7 Visualization of scenario progression

## 5. シナリオの分析

### 5.1 対象シナリオと分析手法

表 3 に、分析に利用したトレーニングシナリオの概要を示す。評価に利用したシナリオはシンガポール西航、中ノ瀬西方北航、関門海峡の 3 種類であり、あらかじめ船長経験者数名によって難易度が付けられている。これらのシナリオを利用して、以下のような評価と分析を行った。シミュレーションの回数はそれぞれ 20 回とした。

- ・パフォーマンスの比較

3 つのシナリオを入力データとしてシミュレーションを行い、Time to SA の平均値、95%点と主観的難易度との比較を行う。

- ・シナリオの特徴分析

シミュレーション結果をガントチャートの形に可視化し、それぞれのシナリオにおける Time to SA の遅れの原因を分析する。

- ・見張り要員数の影響評価

船員数を 3 人から 6 人まで変化させて、見張りリソースの増減による Time to SA への影響を分析する。船員数が 4 人の場合は、表 1 で示した役割分担でシミュレーションを行う。また、3 人の場合は、表 1 の役割分担における 3/O の作業を 2/O に割り当てる。5 人以上の場合は、見張り作業のみを割り当てられた船員を増やす。

ここで Time to SA に焦点を当てた分析を行なうのは、Time to SA の遅れが、見張りのリソース不足の状況を示すからである。こうしたリソース不足の状況は、BRM で要求されるような、下位のメンバーから上位のメンバーへの積極的な進言やバックアップといったチームワークの発揮が期待され

る状況である。このような状況が、どの程度、どのような要因で発生しているかを比較・分析することで BRM トレーニングシナリオ設計の合理化に向けた知見を得る。

Table.3 Scenario description

Scenario Name	Singapore West Bound	Nakanose West	Kanmon Strait
Duration(min.)	41	57	105
Num. of Waypoints	4	4	10
Num. of VTS Com.	4	4	10
Subjective Difficulty	Low	Middle	High

## 5.2 分析結果

### 5.2.1 パフォーマンスの比較

3 つのシナリオに対するチームの見張りパフォーマンス (Time to SA1 と SA2) を比較する。

図 8 は、中ノ瀬シナリオの Time to SA1 のヒストグラムとアーラン分布へのフィッティングの結果を示す。形状母数は 2、尺度母数は 0.02642 となった。有意水準 1%での適合度検定の結果、Time to SA はアーラン分布に従うという帰無仮説は、以下の全ての場合において棄却されなかった。

表 4 は、シミュレーションによる Time to SA1 の評価結果を示す。Time to SA1 の平均値、95%点による順序付けは、船長経験者らの難易度評価とほぼ一致した。また、図 9 は 3 つのシナリオの間で Time to SA 1 を比較したグラフである。

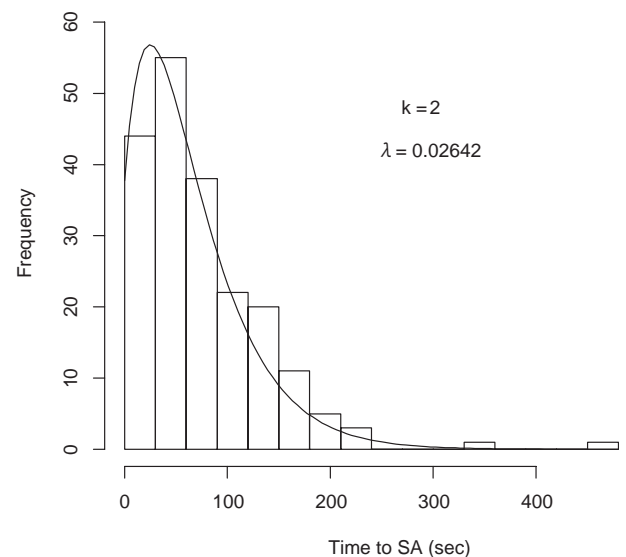


Fig.8 Fitting to Erlang distribution (Nakanose)

Table.4 Subjective difficulty vs. Time to SA1

Scenario	Subjective Difficulty	Avg.(sec)	95 percentile
Singapore	Low	56.7	129.6
Nakanose	Middle	78.0	179.5
Kanmon	High	98.6	287.5

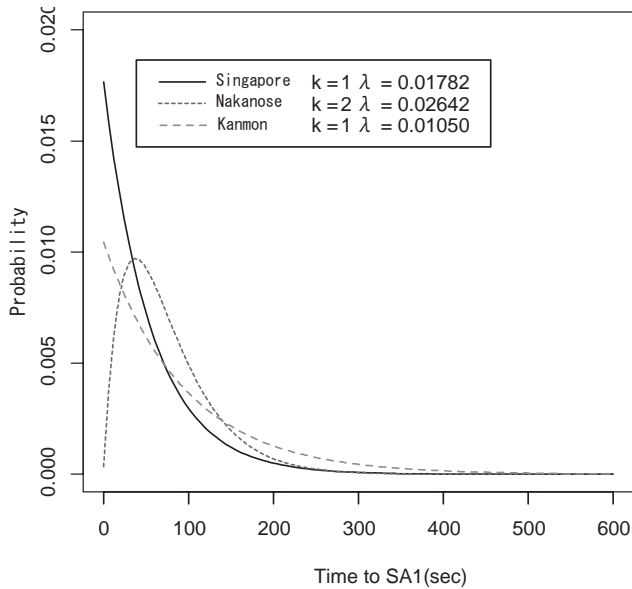


Fig.9 Comparison of fitting result (Time to SA1)

表5は、シミュレーションによる Time to SA2 の評価結果を示す。Time to SA2 の平均値、95%点は、中ノ瀬が関門海峡よりも大きい値を示した。図10は3つのシナリオの間での Time to SA2 を比較したグラフである。

Time to SA1、Time to SA2 の平均値の和をとれば、関門海峡と中ノ瀬の差はほとんどなくなるが、95%点の和は関門海峡の方が40秒以上長くなる。よって、総合的には関門海峡の難易度が高いと言え、これは主観的難易度の評価と一致している。また、船長経験者から Time to SA による評価に対し、感覚に近いとのコメントが得られた。

Table. 5 Subjective difficulty vs. Time to SA2

Scenario	Subjective Difficulty	Avg.(sec)	95 percentile
Singapore	Low	71.7	170.1
Nakanose	Middle	102.4	250.7
Kanmon	High	79.0	185.9

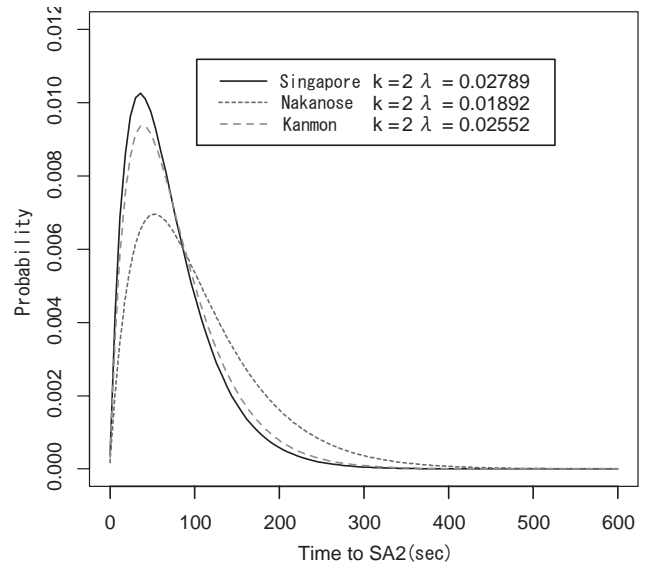


Fig.10 Comparison of fitting result (Time to SA2)

5.2.2 シナリオの特徴分析

図11は、シンガポール西航、中ノ瀬西方北航、関門海峡シナリオのガントチャートによる可視化結果を示している。横軸は経過時間を示しており、長さの違いはトレーニング時間の差を示している。縦軸には出現する船舶のIDがシナリオ毎に並べられており、それぞれの船舶の出現時間、発見時間、動向変化時間、変化発見時間、監視終了時間が可視化されている。また、ガントチャートの下側には、VTS との通信、他船との通信のタイミングと長さ、毎分の見張り範囲内の船舶数の棒グラフが示されている。

特に Time to SA の遅れが大きい部分を実船と点線の四角で囲んでおり、実船は通信による遅れと推測される部分を、点線は船舶の輻輳による遅れと推測される部分を示している。

表6には1分あたりの出現船舶数と見張り範囲に存在する船舶数(要監視船舶数)、動向変化の回数、全体での意図確認通信の回数の比較を示す。これら図表の比較より、それぞれのシナリオの特徴は以下のようにまとめられる。

・シンガポール西航

出現船舶数も要監視船舶数も最も少ない。これは、船舶の出現間隔が全体的に長く平均的であり、1隻の監視時間も短いためである。このため、要監視船舶数は、シナリオ全時間に渡って変化が小さい。通信が集中する時間帯に発見の遅れが見られる以外は、大きな遅れは見られない。

・中ノ瀬西方北航

出現船舶数は2番目に多いが、要監視船舶数は最も多い。これは、同航船のような監視時間の長い船舶が多いためであ

る。また、シナリオの前半は船舶の出現間隔が短く、後半になると出現間隔が長くなる。そのため、要監視船舶数は前半が後半よりも多い。通信による発見の遅れの他、通信の無い前半の時間帯にも、要監視船舶数の多さが原因と考えられる船舶発見の遅れが顕著である。

・ 関門海峡

出現船舶数は最も多いが、要監視船舶数は中ノ瀬よりも少ない。これは監視時間の短い船舶が多いためである。一方で、シンガポールとは異なり、船舶の出現間隔が短い時間帯と長い時間帯が組み合わさっている。そのため、要監視船舶数はトレーニングの全時間に渡って大きな増減を繰り返す。また、特に意図確認通信の回数が増えており、見張りのリソー

スが不足する状態と要監視船舶数の多い状態が重なることによって、発見が遅れていると推測できる。

Table. 6 Comparison of simulation result

Scenario Name	Singapore West Bound	Nakanose West	Kanmon Strait
Num. of Ships/min	0.24	0.29	0.33
Num. of Movement Changes/min	0.18	0.10	0.15
Num. of Ships in Range of Monitor/min	2.4	4.5	3.6
Num. of Communications between Ships	2	2	10

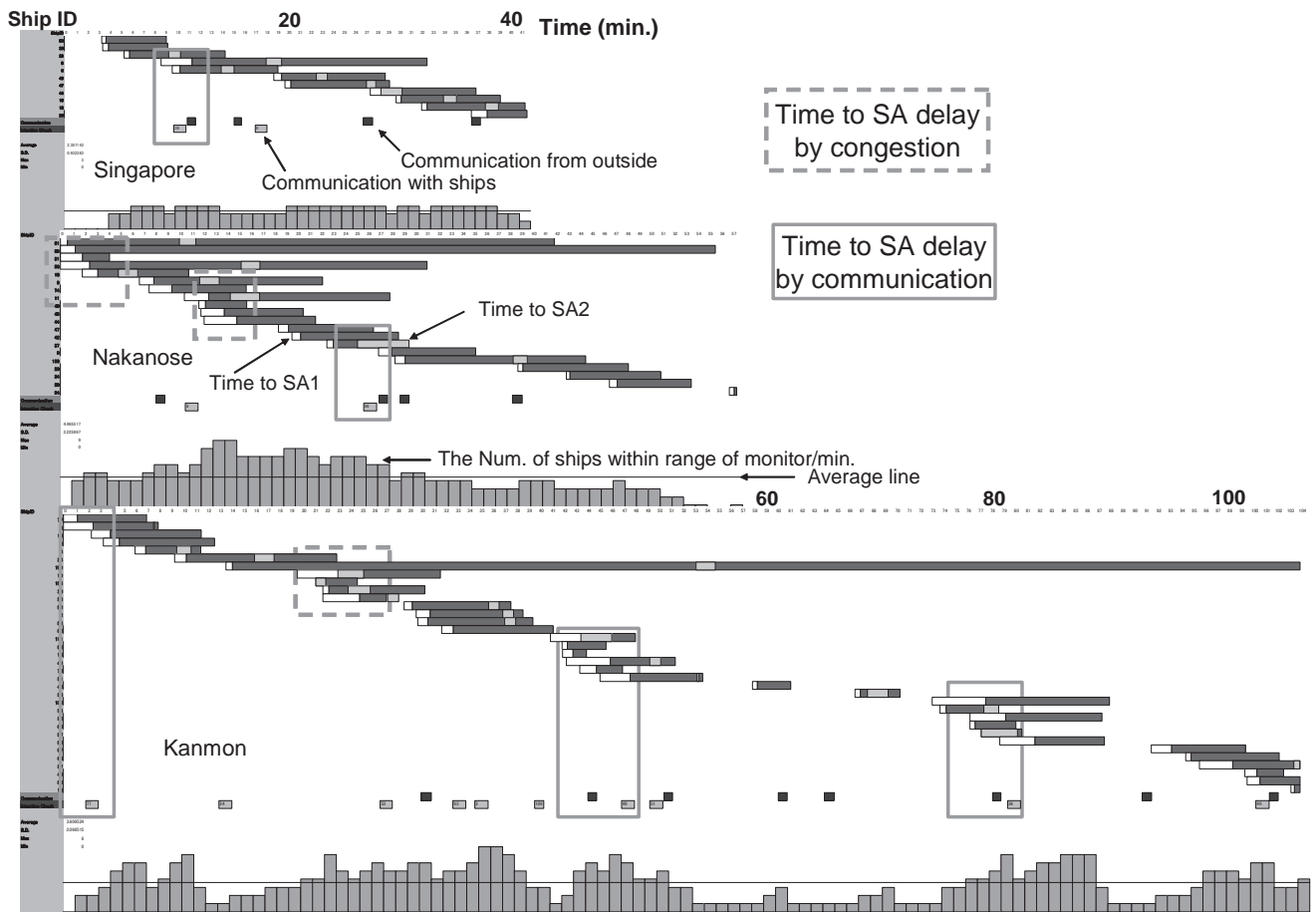


Fig. 12 Comparison of three scenarios

5. 2.3 見張り要員数の影響評価

3つのシナリオで、人員数を変えてパフォーマンスの比較を行う。図 13、14 は、人員数と Time to SA1 の 95%点及び平均値の関係を示すグラフである。人員数が増えるにつれ、95%点の変化は小さくなる。特にシンガポール西航では、4人から5人での値の変化が小さくなった。平均値の場合でも同様の傾向が見られた。これは、シンガポール西航は、他と

比べて見張りのリソース不足が小さいためと考えられる。

図 15、16 は人員数と Time to SA2 の 95%点及び平均値の関係を示すグラフである。Time to SA2 では、SA1 ほどの大きな値の変化が見られなかった。関門海峡では、人員数が増加するにつれて、95%点、平均値ともに小さくなっていく。一方、シンガポール西航と中ノ瀬の 95%点は、3人から4人では小さくなるが、それ以上の人員数では小さくならない。

このように Time to SA2 が小さくならない理由として、以下の2つが考えられる。1つは、船舶が早く発見され、監視の対象となる船舶数が早い段階で増えるために、監視すべき船舶の間での競合が強くなるためである。もう1つは船員数を増やしたことによって、増やす前と異なるタイミングで船舶が発見されるようになり、その発見が動向変化の発見と干渉するためである。

関門海峡シナリオの場合、通信のために見張りリソースが不足する時間帯が多くなり、そのため船員の増加によるパフォーマンス上昇の効果が強くなっていると推測できる。つまり、見張りリソースの要求される（要監視船舶数が多く、かつ、動向変化の起こる）タイミングで、通信が発生していると考えられる。

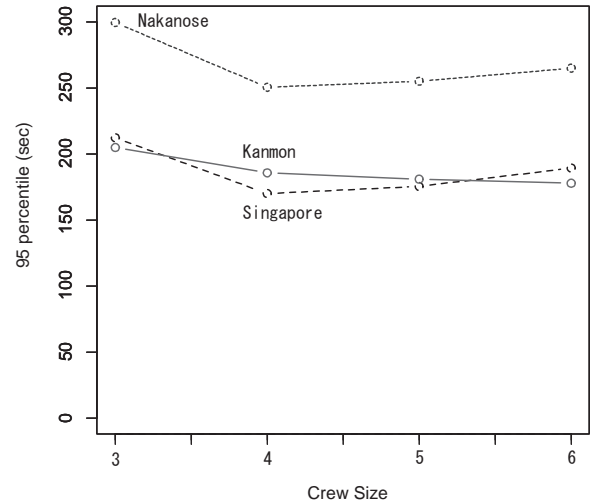


Fig.15 Crew size vs. Time to SA2 (95 percentile)

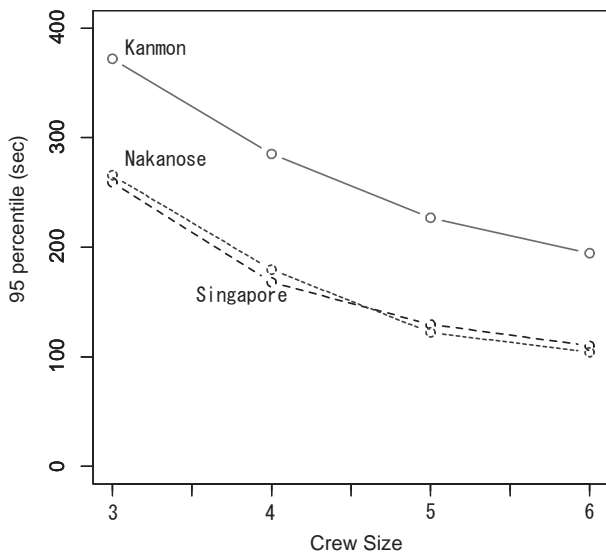


Fig.13 Crew size vs. Time to SA1 (95 percentile)

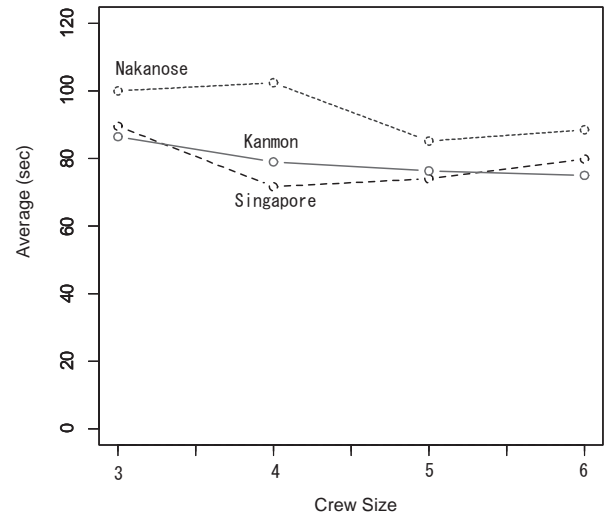


Fig.16 Crew size vs. Time to SA2 (Average)

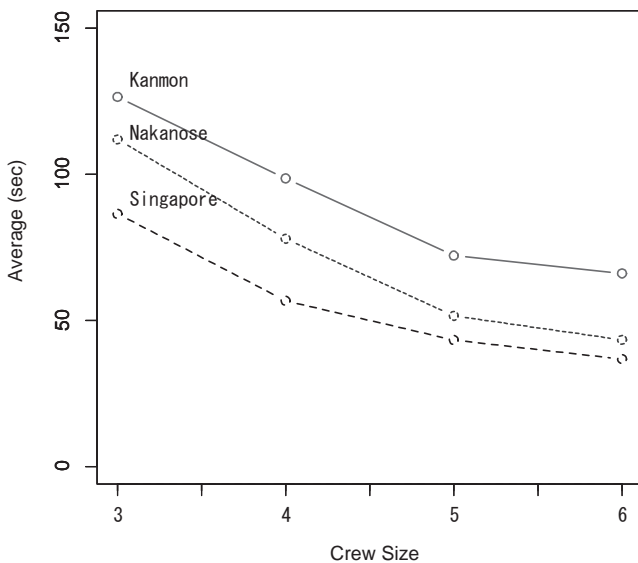


Fig.14 Crew size vs. Time to SA1 (Average)

### 5.2.4 シナリオ分析のまとめ

これらの分析結果を図 17 のようなマトリックスにまとめる。マトリックスの横軸は要視船舶数を示しており、右に行くほど多くなる。また、縦軸は通信の回数を示しており上に行くほど多くなる。つまり、右上に行くほどシナリオの難易度は高くなる。通信は VTS 及び他船との通信の両方を含んでいる。

分析に利用したシナリオの位置を、この2つの軸のデータに基づいてプロットし、これを初期位置とする。実際には、通信の回数だけでなく発生タイミングもパフォーマンスに影響するので、見張り要員数増加のパフォーマンスへの影響を分析し、影響が小さいようであれば、位置を下げるといった調整を行う。シナリオをこのような難易度マトリックスに整理することによって、不足しているシナリオの種類が分かりやすくなり、またシナリオ難易度を調整する際の指針となる。



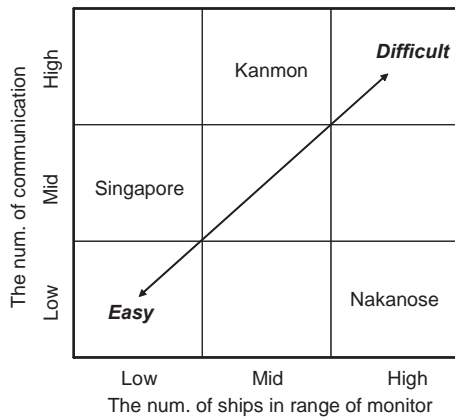


Fig.17 Scenario difficulty matrix

## 6. 考察

本研究では、実際に BRM シミュレータトレーニングで利用されているシナリオを、チームパフォーマンスシミュレーションに基づく分析システムで分析し、シナリオ難易度の定量化やシナリオ開発の合理化に関する知見が得られた。

シミュレーションによってシナリオ毎にチームの見張りパフォーマンスを評価した結果、Time to SA による難易度の順位付けは、船長経験者らの評価と一致していた。これは、Time to SA の評価が、船舶の数だけでなく、チームの能力、出現の間隔、変化や通信のタイミングなどシナリオの様々な影響が考慮されているためだと考えられる。従来も船舶の航行環境の困難性を定量化する研究は行われてきたが、こうしたイベントの影響は考慮されていないためシナリオ難易度の定量化には利用できなかった<sup>10)</sup>。シミュレーションによって Time to SA の評価を行うことで、定量的な基準によるシナリオのレベル分けが可能となる。

シナリオのガントチャートによる可視化、および、見張り要員数の影響をシミュレーションで評価し、Time to SA の上昇に影響を与える要因を分析した。その結果、Time to SA は、監視が必要な船舶数や通信の回数、通信のタイミングによって特徴付けられることが分かった。これらの結果は、難易度マトリックスとして整理され、今後のシナリオ開発の指針として利用することができる。

本研究の問題点として、BRM シミュレータトレーニングのシナリオで扱われる全てのイベントを扱っていないことが挙げられる。例えば、急な視界制限状態など気象・海象に関わるイベントを扱っていない。今後、これらのイベントが船員の行動に与える影響を、タスクの追加や実行時間の調整によってシミュレーションモデルに表現できれば、同様に Time to SA による難易度評価が行えると考えられる。

## 7. 結論

本研究の結論を以下に記す。

- ・タスクネットワークシミュレーションを用いた BRM シミュレータトレーニングシナリオ分析システムと、実際のシナリオ分析事例について述べた。
- ・トレーニングシナリオの難易度評価や特徴の分析に、本研究で提案するシステムが有効であることを、分析事例を通して示した。
- ・シナリオの難易度が Time to SA によって定量評価できることが分かった。また、シナリオ開発の指針となる難易度マトリックスを提案した。これを用いることで、より合理的なシナリオ設計が期待できる。

## 参考文献

- 1) A. J. Swift: Bridge Team Management, The Nautical Institute, 1993.
- 2) Committee on Ship-Bridge Simulation Training, National Research Council: Simulated Voyages - Using Simulation Technology to Train and License Mariners, The National Academy Press, 1996.
- 3) E. Farmer and et. al. : Handbook of Simulator-Based Training, Ashgate, 1999.
- 4) J. E. Fowlkes and et. al. : Improving the Measurement of Team performance: The TARGETs methodology, Military Psychology, Vol.6, No.1, pp.47-61, 1994.
- 5) J. E. Fowlkes and et. al. : Event-based approach to training(EBAT), International Journal of Aviation Psychology, Vol.8, No.3, pp.209-221, 1998.
- 6) 角田領, 安藤英幸, 大和裕幸: シミュレーションによるブリッジチームのパフォーマンス評価手法. 日本船舶海洋工学会論文集, Vol. 5, pp. 47-55, 2007.
- 7) R. Laughery: Using discrete-event simulation to model human performance in complex systems, Proceedings of Winter Simulation Conference, pp.815-820, 1999.
- 8) B. Kirwan and L. K. Ainsworth : A Guide to Task Analysis, Taylor and Francis, 1992.
- 9) A. Yow and et. al. : Predicting nuclear power-plant operator performance using discrete event simulation, Cognition Technology and Work, Vol.7, pp.29-35, 2005.
- 10) 井上欣三, 増田憲司, 世良亘: 海上交通安全評価のための技術的ガイドライン策定に関する研究 - I. - 一環境負荷の概念に基づく操船の困難性評価-, 日本航海学会論文集, 第 98 号, pp.225-234, 1998.