

衝突海難分析における 情報技術の活用



海洋リスク評価系

伊藤 博子*

三宅 里奈

知識・データシステム系

南 真紀子

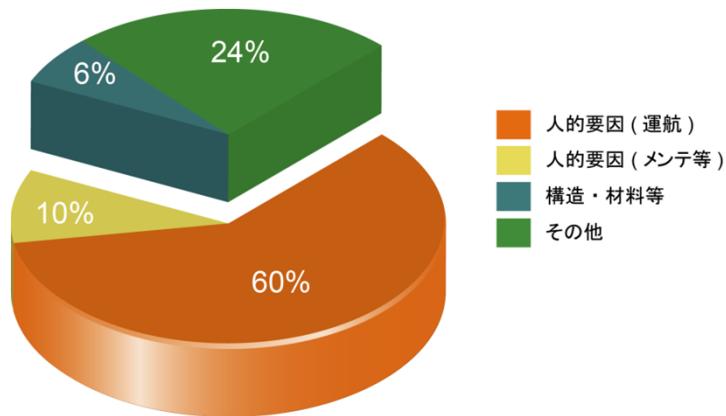
背景と目的

IMO

体系的な海難事故調査の要求：
将来の事故防止に必要な 知見を得る ため

事故

ハードウェアの信頼性向上：
人間に関わる部分が原因 の大部分といわれる



平成28年 船舶事故の原因別隻数
(海上保安庁: 平成28年 海難の現況と対策 よりデータ使用)

将来の事故防止に必要な知見を得る

事故の全体像を理解する

総合的な分析

船舶の衝突海難分析

事故の全体像を理解するために
使用できる情報が増加



どのように活用し、
分析するか

- 情報機器等により得られる情報から
 - AISデータ等の航行状況
 - 音声データ等の行動
- 事故後の調査等により得られる情報から
 - 当時の認知状態 (心的行動)
 - 平常時の作業環境 (作業条件)

事故から知見を得るためには

事故の全体像の理解



事故のきっかけと
なった行為の追及

事故の理解 = 事故を引き起こした構造を説明できること

- どんな行動 (の誤り) が事故に寄与したのか
- 行動選択や実行の誤りが発生したのはなぜか (要因)
- 要因とその要因が形成された理由
- 正しい行動選択や正確な行動を支える環境

事故における人的要因の解析と評価



National Maritime
Research Institute

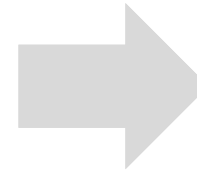
第二世代HRA

人間の認知行動様式に従って考える
(合理的な行動が失敗したと捉える)

人間信頼性解析 (HRA) 分野で長年の研究

エラーを起こさせる情況

個人的要因
環境的要因
社会的要因



人間の情報
処理能力

認知メカニズム

$HEP = P(\text{不安全行為} | \text{エラーを起こさせる情況}) \times P(\text{エラーを起こさせる情況})$

例えば、

- 時間的余裕
- 前の操作の成功失敗との依存関係
- 熟練度
- ストレスレベル

ヒューマンエラーを、
人間 - 機械 系の問題として考える

この分析には現場の情報が十分に揃う必要

(Erik Hollnagel, 2003)

人的要因の関わる事故の分析

人的要因の分析

CREAM分析手法*を導入し、
システマティックに分析

事実の経過、時系列の行動のレビュー

詳細なタイムライン

当事者の置かれた作業環境のレビュー

共通作業環境

不安全行動のレビュー

特定の行為 → エラーモード → 因子型の探求

事故の構造を
理解するため
には、
これらを総合し
て全体像を描く
必要がある

* Erik Hollnagel (2003), "Cognitive Reliability
and Error Analysis Method"

事実の経過・時系列の行動のレビュー

- 詳細なタイムライン
 - 事実関係の確認と文書化が重要

登場人物の確認

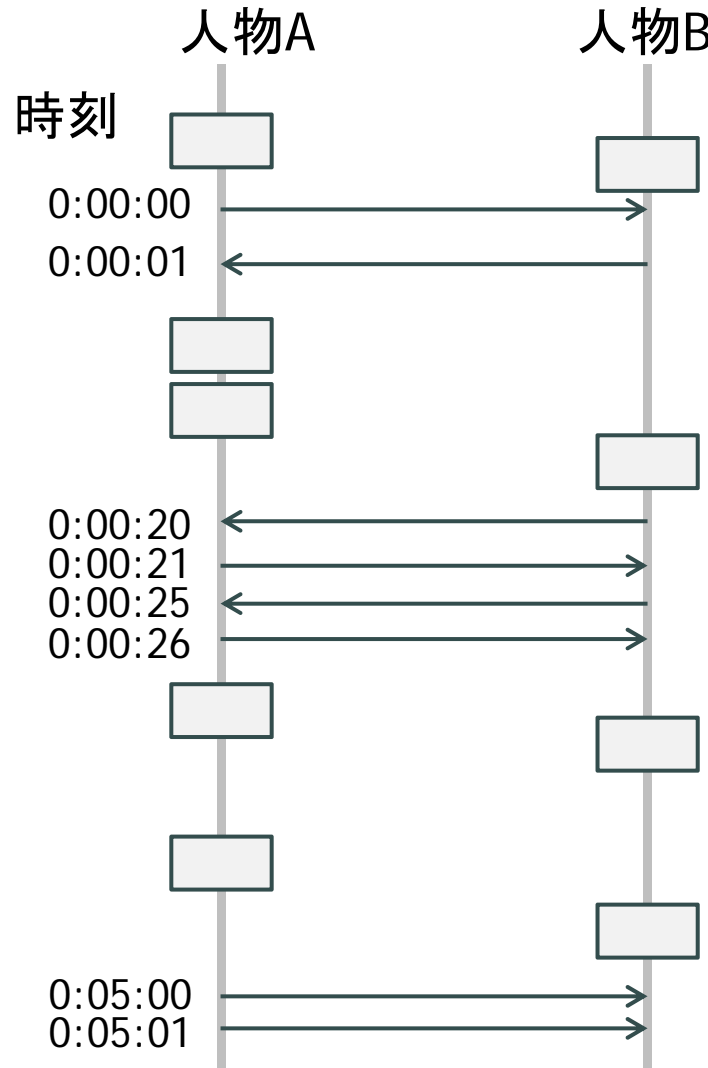
- 役割、作業内容

時間的關係

- 実施した作業
- 物理的な位置関係
- 予測される状態

意思疎通

- 組織内の対話等
- 組織間の対話等



各人に対して、

- 両船の位置や距離の見え方
- 通信内容
- 認知行動

事実の経過・時系列の行動のレビュー

- 詳細なタイムライン
 - 物理的な状態を整理することが重要: 船舶事故の場合、特に2船の物理的な位置関係を表す状態量の時間変化が重要

事故前の2船の関係を表現する指標として、

- 2船間の距離
- 2船各々のコンパス方位の変化率
- 2船の最接近距離 (DCPA)
- 2船の最接近時間 (TCPA)
- 各種指標 (CJ値, BC値, CR値)
- 一方の船から見た相手船によるOZTの発生・解消
 - AIS搭載船であれば、AIS情報から算出可能

当事者の置かれた作業環境のレビュー

● 共通作業環境 (CPC: Common Performance Conditions)

CPC名	概要	レベル			
		大変適切	適切	中立	不適切
組織の適切さ	チームの分担の質、追加支援、意思疎通手段、安全管理システム、新規活動の説明やガイドライン、外部組織の役割	大変適切	適切	中立	不適切
労働環境	周囲の照明、画面の眩しさ、警報装置の雑音、作業を妨害するものといった物理的な労働環境。	有利	適応可能	適応不可能	
MMIと作業支援の適切さ	コントロールパネルの表示情報、作業空間の計算機化、特定の意思決定作業向けに設計された作業支援等、一般的な人間-機械間のインターフェース	役立つ	適切	許容範囲	不適切
手順書・計画書の入手可能性	通常作業や緊急時手順を含む手順書、計画書、広く使われている対応手順、定型の手順	適切	許容可能		不適切
同時並行の目標数	一人の作業者が同時に実行しなければならないタスクの数や要求されていること		許容量未滿	許容量と一致	許容量超過
時間的余裕	タスクを十分うまく実行するために使用できる時間	十分	時に不十分		常時不十分
時間帯 (概日リズム)	タスクが実施される時刻。対象となる作業者がその時間帯に慣れているかどうかを含めて考える。		日中 (適応)		夜間 (未適応)
訓練と経験の適切さ	作業者が新規技術に慣熟したり、技術的更新を行う訓練のレベルや品質。経験についても考慮する。	適切、熟練	適切、限定的経験		不適切
乗員の協調の質	公式、非公式な乗員間の協調の質。信頼感、乗員間の社会的な風土を含める。	大変効果的	効果的		中立 非効果的
コミュニケーション	乗員間の意思疎通のあり方	大変効果的	効果的		中立 非効果的

(Erik Hollnagel, 2003)

不安全行動のレビュー

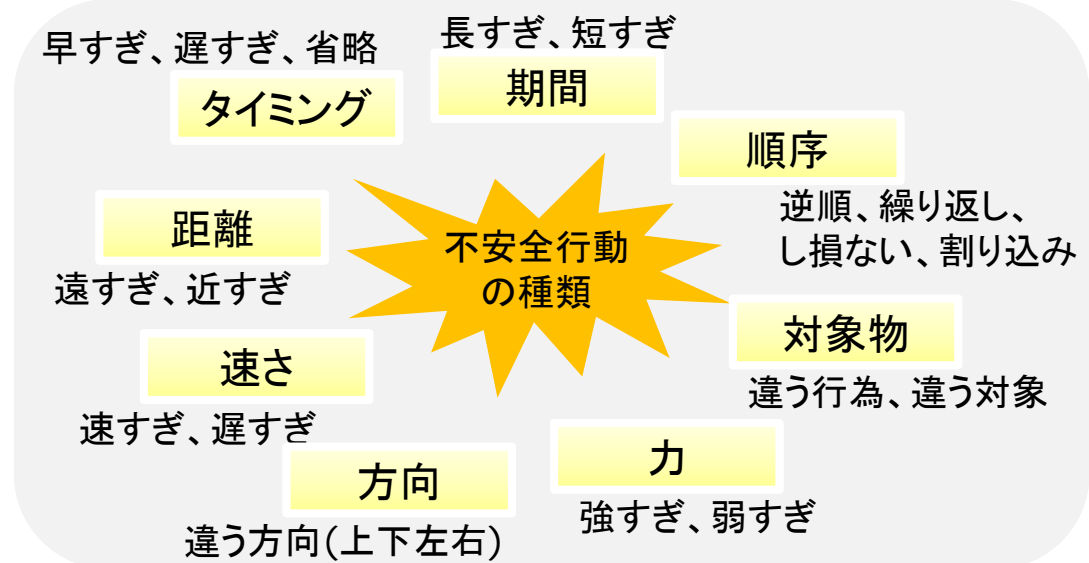
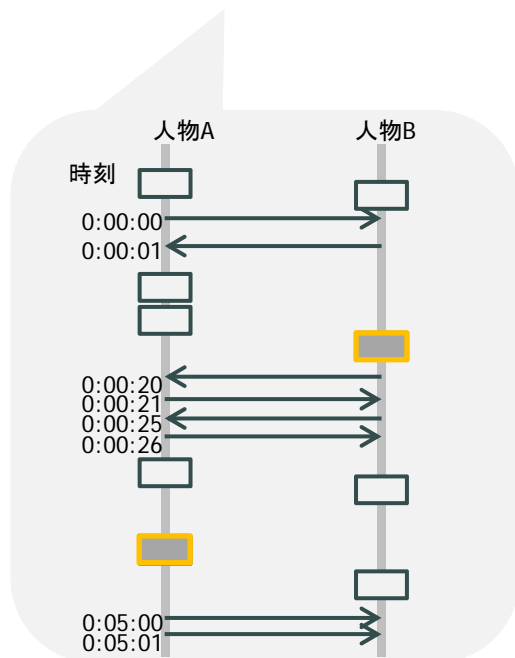
- 不安全行動 (顕在化した逸脱) に着目した解析



実際に観察された
特定の不安全行動
(逸脱した行動)

同定された不安全行
動を抽象化した種類
(次元)

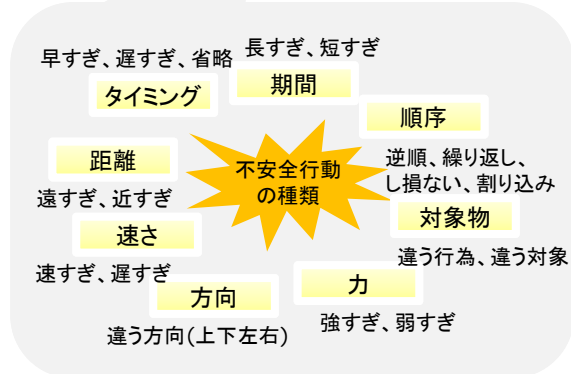
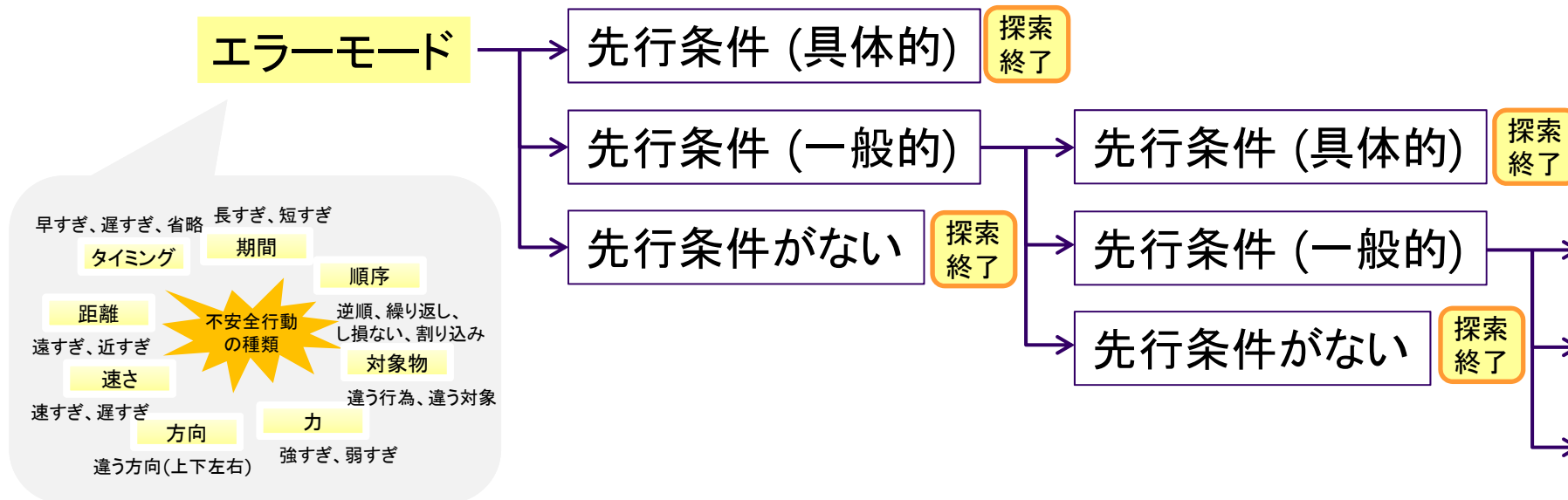
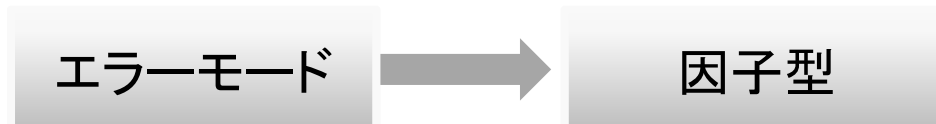
不安全行動の種類を
頼りに要因を探索
(要因の種類)



(Erik Hollnagel, 2003)

不安全行動のレビュー

- 因子型の探索 (原因—結果リンクを探す)



(Erik Hollnagel, 2003)

事故事例

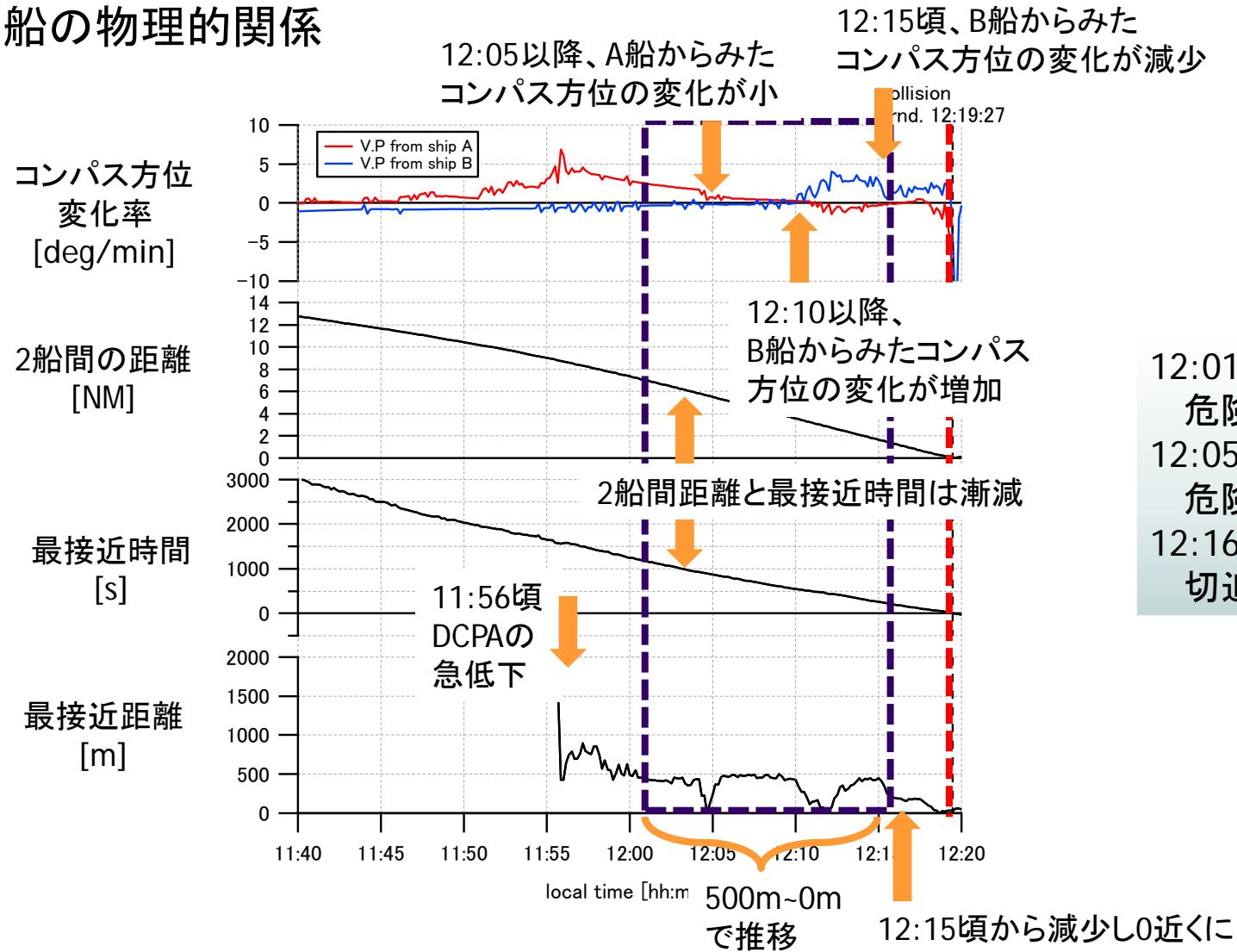
- 東京湾における衝突事故 (2013年1月10日発生)
 - A船: (LNG船、西南西進中)
 - 水先人2人、エスコート船2隻 (C船, D船)
 - B船: (LPG船、北進中)
 - 水先人乗船地点に向かう
- 場所: 京浜港横浜区東方沖
- 時刻: 12:19頃 (正午過ぎ)
- 気海象: 天気 曇り、北の風、風力 3、
潮汐は上げ潮の中央期、視程 5NM以上、
波高0.5~1.25m

本事例分析は、分析手法の説明のためであり、再解析を目的とするものではない。

運輸安全委員会 (2014) 船舶事故調査報告書より

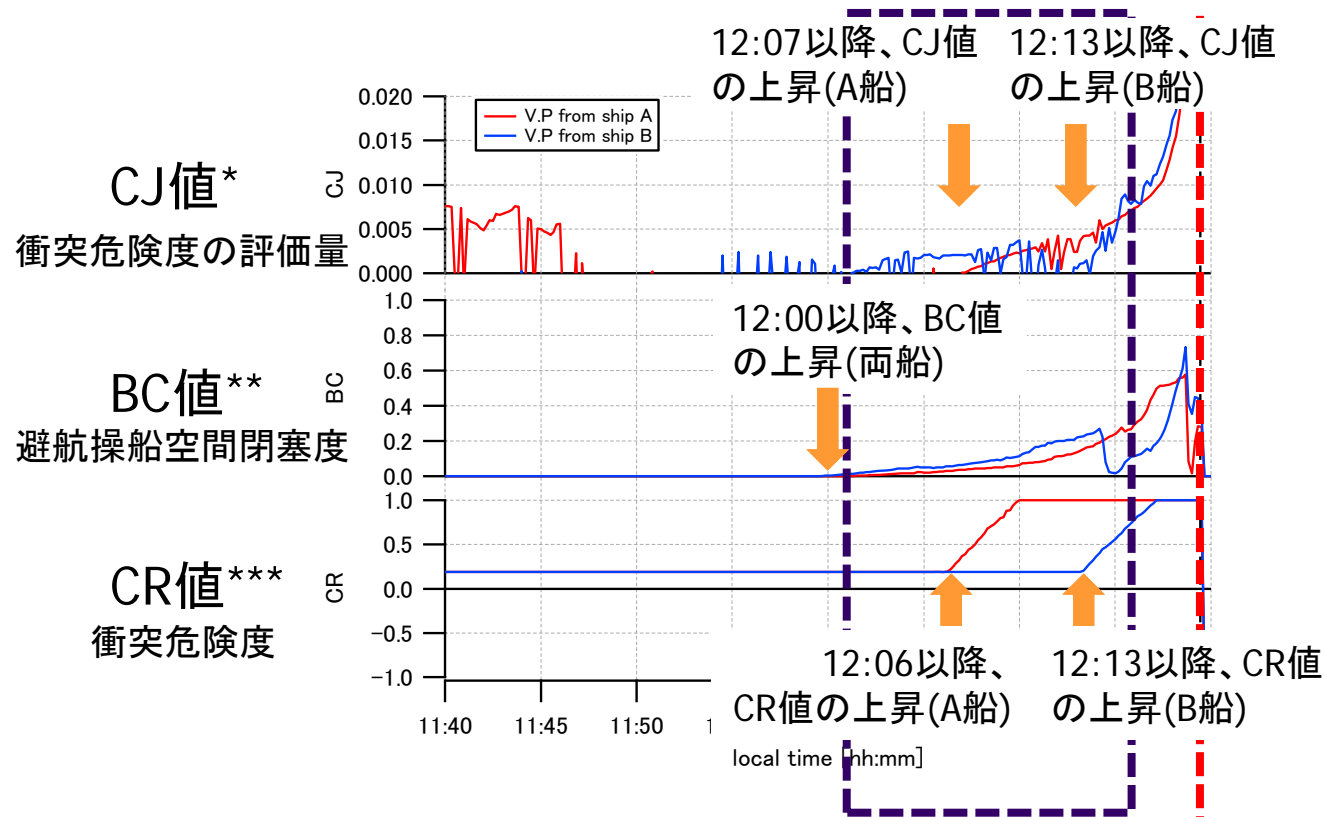
事実の経過・時系列の行動のレビュー

2船の物理的關係



事実の経過・時系列の行動のレビュー

各種指標でみる 2船間関係



12:01以前:
危険認知が難しい

12:06頃から:
危険認知可能と推定

12:16以降:
切迫状態と推定

* 小林弘明(1976), “船舶避航操縦の解析 - 人間・機械系解析の観点より”

** 長澤明, 他(1993), “避航操船環境の困難度-II: シミュレーションによる評価に向けて”

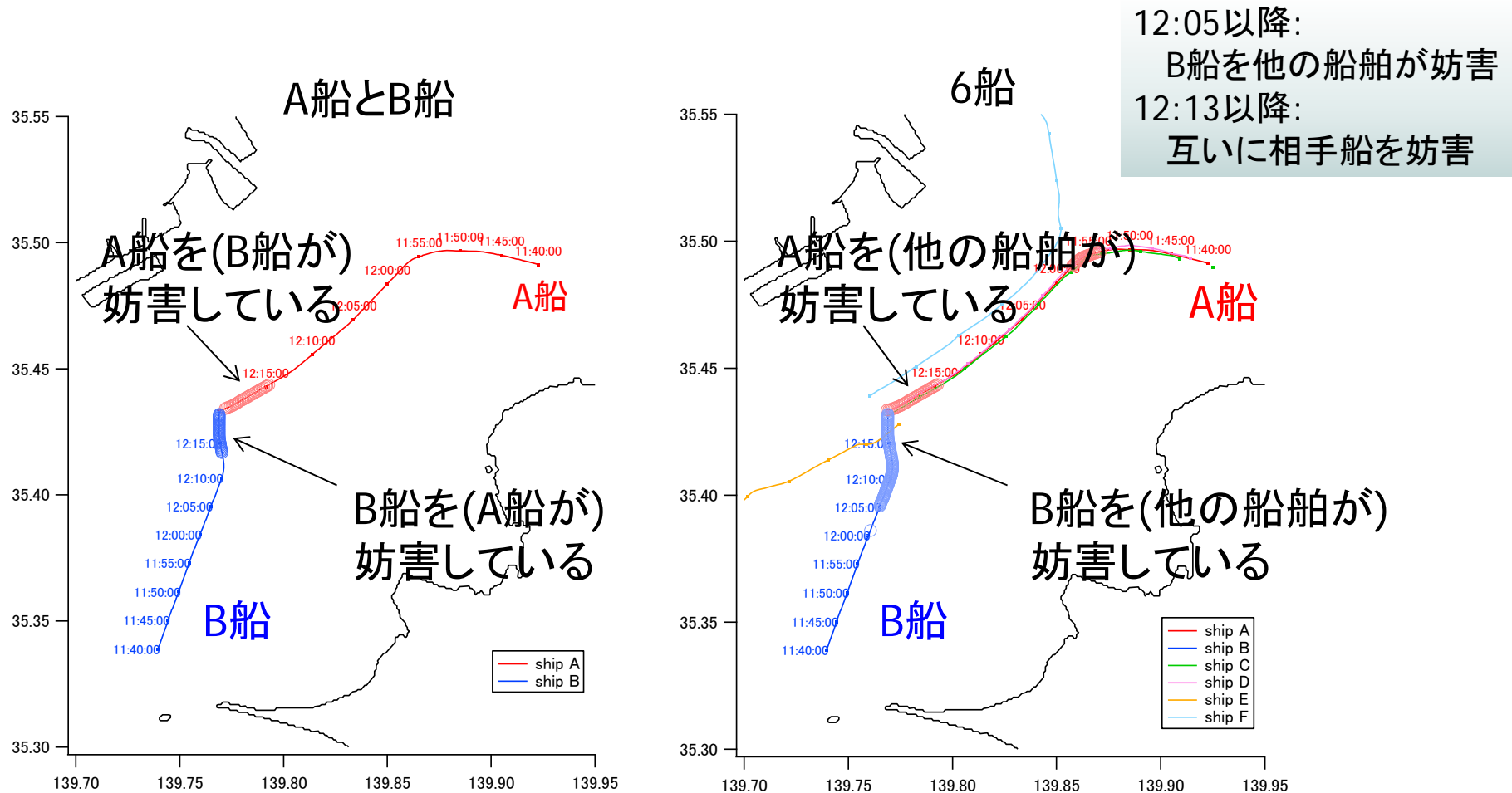
*** 長谷川和彦, 他(1987), “Fuzzy制御による自動避航システムに関する研究”

事実の経過・時系列の行動のレビュー



National Maritime
Research Institute

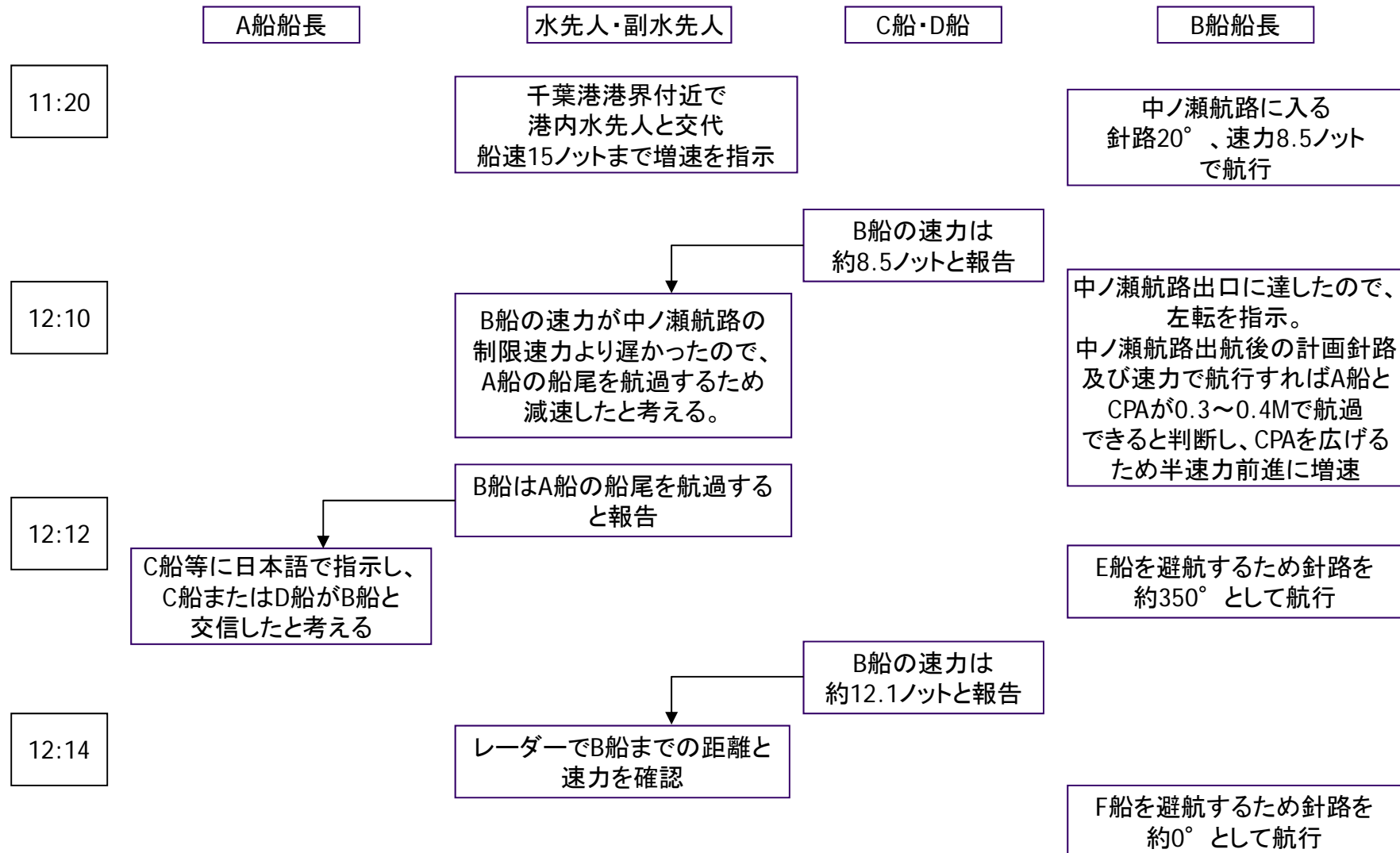
OZT (Obstacle Zone by Target, 相手船による妨害ゾーン)* でみる 船舶間の関係



* 今津隼馬 他(2002), “相手船による妨害ゾーンとその表示について”

事実の経過・時系列の行動のレビュー

タイムラインでみる関係者の主な行動 (1)



当事者の置かれた作業環境のレビュー

共通作業環境 (CPC) の評価例

CPC名	A船				B船			
	大変適切	適切	中立	不適切	大変適切	適切	中立	不適切
組織の適切さ	有利	適応可能	適切	不適切	有利	適切	中立	不適切
労働環境	役立つ	適切	許容範囲	不適切	役立つ	適切	許容範囲	不適切
MMIと作業支援の適切さ	適切	許容可能	不適切	不適切	適切	許容可能	不適切	不適切
手順書・計画書の入手可能性	許容量未満	許容量と一致	許容量超過	許容量超過	許容量未満	許容量と一致	許容量超過	許容量超過
同時並行の目標数	十分	時に不十分	常時不十分	常時不十分	十分	時に不十分	常時不十分	常時不十分
時間的余裕	日中(適応)	日中(適応)	夜間(未適応)	夜間(未適応)	日中(適応)	日中(適応)	夜間(未適応)	夜間(未適応)
時間帯(概日リズム)	適切、熟練	適切、限定的経験	不適切	不適切	適切、熟練	適切、限定的経験	不適切	不適切
訓練と経験の適切さ	大変効果的	効果的	中立	非効果的	大変効果的	効果的	中立	非効果的
乗員の協調の質	大変効果的	効果的	中立	非効果的	大変効果的	効果的	中立	非効果的
コミュニケーション	大変効果的	効果的	中立	非効果的	大変効果的	効果的	中立	非効果的

不安全行動のレビュー

因子型の探索の抽出例

A船 水先人

12:14 B船に増速の意図を確認せず

タイミング::省略

プランニング — 解釈

::計画が不適切 ::誤った推論

A船 水先人

12:17 針路及び速力を保持して航行

速さ::速すぎ

プランニング — 解釈

::計画が不適切 ::誤った推論

コミュニケーション

::コミュニケーションの失敗

B船と航過方法を
確認せず。

右側にも同航船
があるのでB船は
船尾を航過する
と思った。

A船 船長

12:12 水先人にC船 (エスコート船)
等への指示内容を確認せず

タイミング::省略

コミュニケーション — 特定::言語

::コミュニケーション失敗

プランニング — 解釈::誤った推論

::計画が不適切

C船等に日本語で指示し
ており、指示内容を確認
できなかった。

C船またはD船にB船と
交信するよう指示したも
のと思った。

B船 船長

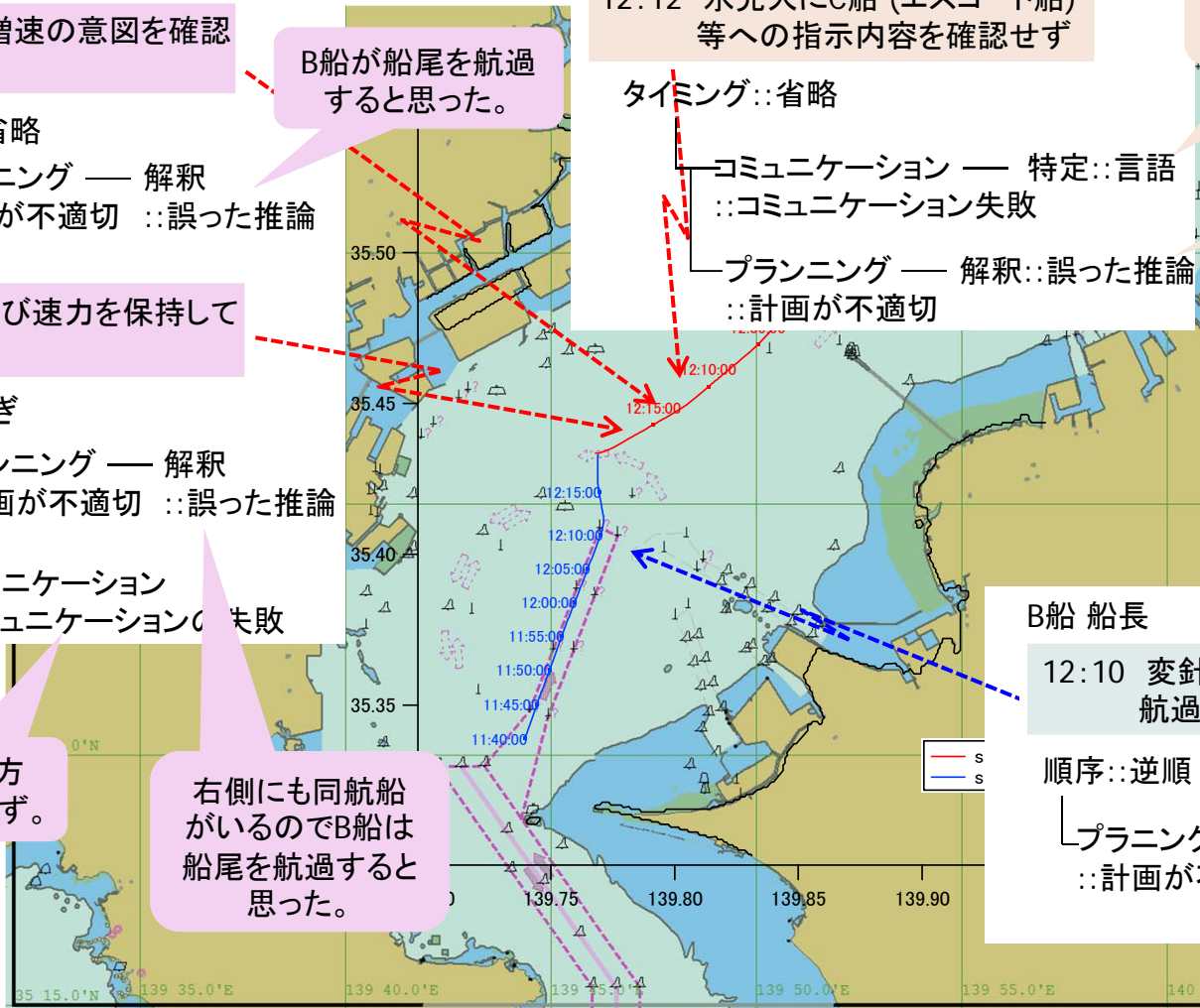
12:10 変針中にCPAを推定し
航過方法を決定

順序::逆順

プランニング — 作業環境 — 周辺環境

::計画が不適切 ::過度な要求 ::不都合な
環境条件

航路の出口付近で
複数の船舶を避航。



適用される情報と分析手法

情報機器等により得られる情報

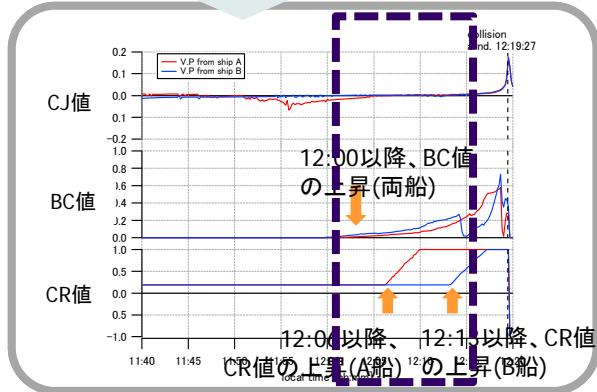
AISデータ等の航行
状況に関する情報

音声データ等の行動
に関する情報

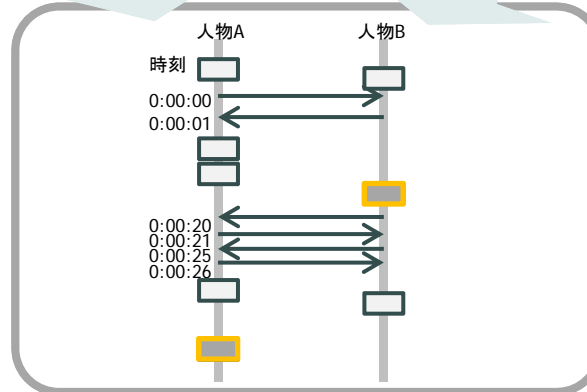
事故後の調査等により得られる情報

当時の認知状態
(心的行動)

平常時の作業環境
(作業条件)



物理的位置関係



タイムライン

CPC名	A船				B船			
	大変適切	適切	中立	不適切	大変適切	適切	中立	不適切
組織の適切さ	大変適切	適切	中立	不適切	大変適切	適切	中立	不適切
労働環境	有利	適応可能	適応不可能	不利	有利	適応可能	適応不可能	不利
M/Mと作業支援の適切さ	役立つ	適切	許容範囲	不適切	役立つ	適切	許容範囲	不適切
手順書・計画書の入手可能性	適切	許容可能	許容範囲	不適切	適切	許容可能	許容範囲	不適切
同時並行の目標数	許容量未達	許容量	許容量超過	許容量未達	許容量	許容量と未達	許容量超過	許容量未達
時間的余裕	十分	時に不十分	常に不十分	十分	時に不十分	常に不十分	常に不十分	常に不十分
時間帯(概日リズム)	適切	適切	不適切	適切	適切	適切	不適切	不適切
訓練と経験の適切さ	適切、熟練	適応的	不適切	適切、熟練	適応的	適応的	不適切	不適切
乗員の協調の質	大変効果的	効果的	中立	非効果的	大変効果的	効果的	中立	非効果的
コミュニケーション	大変効果的	効果的	中立	非効果的	大変効果的	効果的	中立	非効果的

共通作業環境 (CPC)

A船 水先人
12:14 B船に増速の意図を確認せず

B船が船尾を航過すると思った。

タイミング::省略
└─ プランニング ─┬─ 解釈
::計画が不適切 ::誤った推論

不安全行動の エラーモードと先行条件

相補的に情報参照を行うことにより、より体系的に事故を説明できるように

まとめ



- 将来の事故防止に必要な知見を得るための事故の全体構造の理解を支援する方法として、人的要因が寄与する事故を対象とした総合的な分析手法を提案した。
- 船舶事故に関して各種情報機器から得られる情報、事故後の調査から得られる情報から、事故の理解のために必要となる時系列の行動、作業環境、不安全行動のレビュー、およびこれらにもとづく分析を事例を通して説明した。