

Monohakobi Techno Forum 2019

自律操船の実現に向けて

2019年11月25日 東京会場
2019年11月29日 広島会場

株式会社MTI 船舶物流技術グループ
沓名 弘二



自律操船の実現に向けて

目次

1. ヒューマンファクターとは？
2. 自動化における機能安全
3. 自動運航船の貢献
4. 実現に向けた開発の進捗
5. まとめ

1-1. 人間の限界とは？

Awareness Test

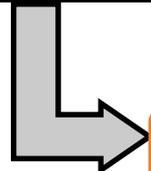
一時停止 (k)

引用 : Transport for London, 'Look out for Cyclists' safety campaign video clip

1-2. ヒューマンファクターとは？

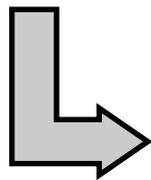
ヒューマンエラー ≠ ヒューマンファクター

事故



直接原因

ヒューマンエラー：不適切な行動
短絡行動、うっかり、規則違反 等



根本原因

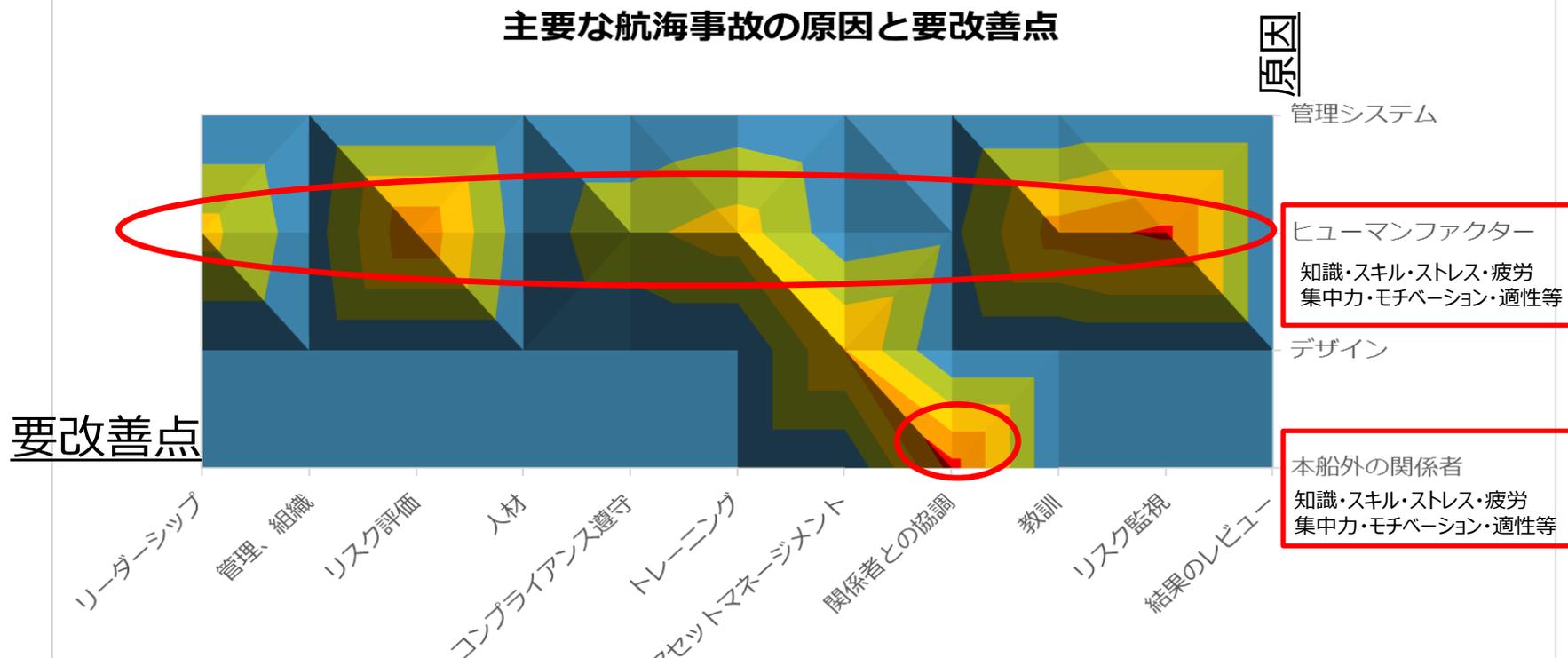
ヒューマンファクター：人間の性質・限界
知識・経験・ストレス・集中力・モチベーション 等

ジョブファクター：環境による原因
設計・組織・手順・リソース・リーダーシップ 等

1-3. ヒューマンファクターの補完

自動運航船 = ヒューマンファクターの補完

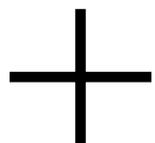
主要な航海事故の原因と要改善点



ヒューマンファクター
知識・スキル・ストレス・疲労
集中力・モチベーション・適性等

本船外の関係者
知識・スキル・ストレス・疲労
集中力・モチベーション・適性等

人間の特性
柔軟性が極めて高く、曖昧なものも情報処理が可能



機械の特性
忖度しない、躊躇しない、疲れない
並列処理が得意、常に客観的、個体差がない

自律操船の実現に向けて

目次

1. ヒューマンファクターとは？
2. 自動化における機能安全
3. 自動運航船の貢献
4. 実現に向けた開発の進捗
5. まとめ

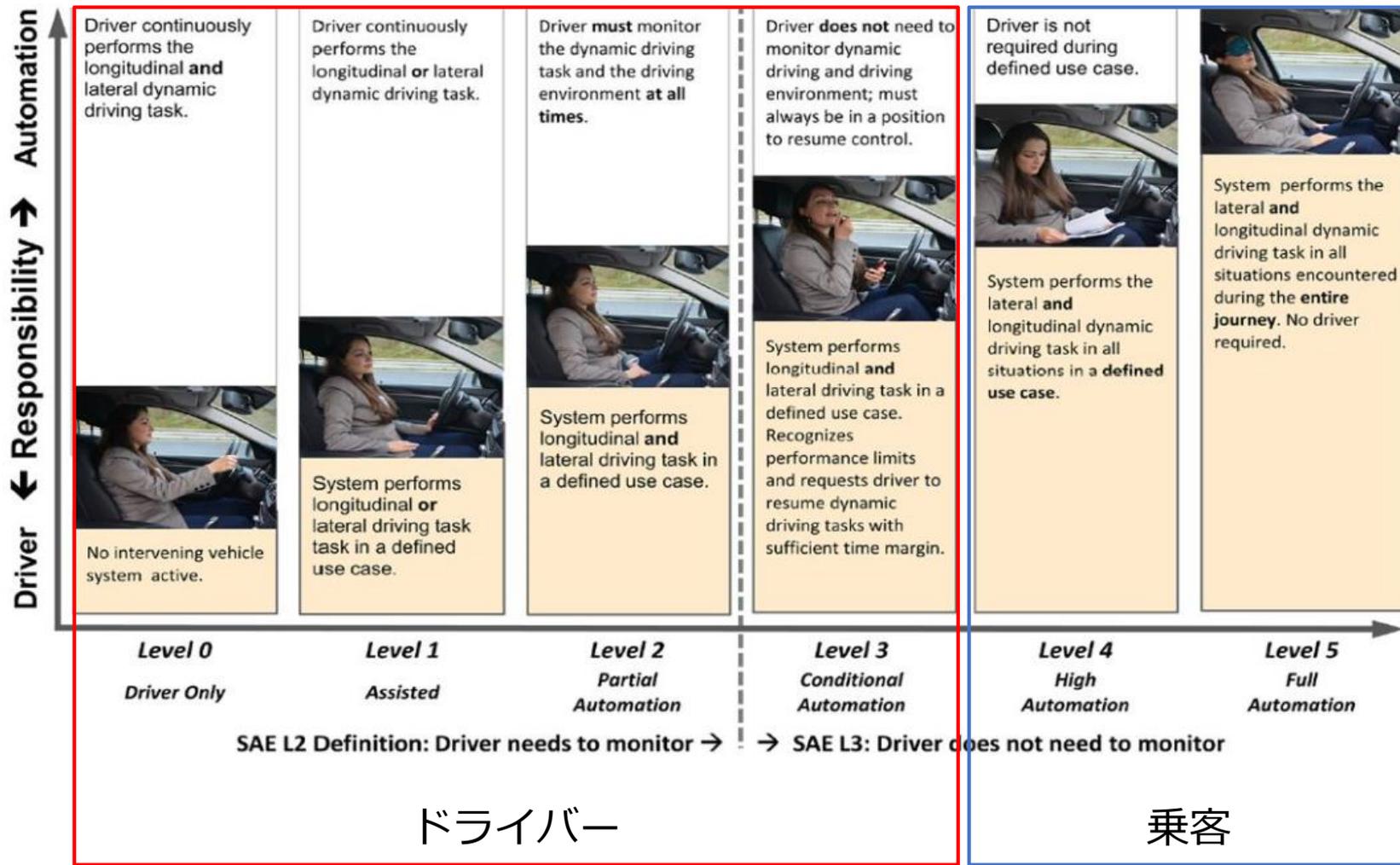
2-1. 自動化における機能安全とは？



引用 : <https://www.youtube.com/watch?v=cPMvQphJQIE>

2-2. 自動車の自動化レベル

SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION



引用 : SAE J3016 Levels of driving automation

2-3. 船舶の自動化レベル

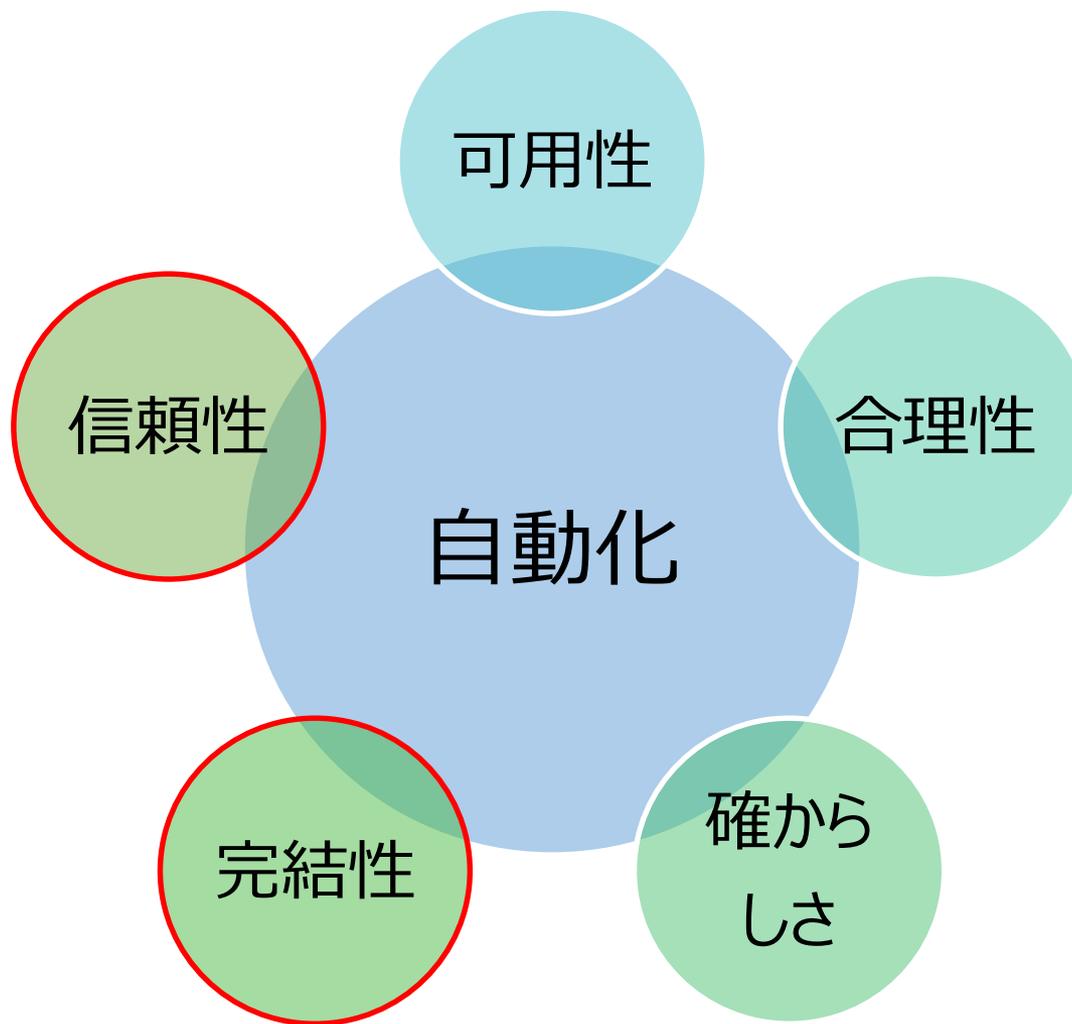
ロイド船級自動運航レベル

<p>AL0</p> <ul style="list-style-type: none"> • No cyber access 	<p>AL1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manual cyber access 	<p>AL2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cyber access for autonomous/remote monitoring 	<p>AL3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cyber access for autonomous/remote monitoring and control • onboard permission required • onboard override possible
<p>意思決定：人間</p>			

<p>AL4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cyber access for autonomous/remote monitoring and control • onboard permission not required • onboard override possible 	<p>AL5</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cyber access for autonomous/remote monitoring and control • onboard permission not required • onboard override not possible
<p>意志決定：システム</p>	

引用：.Edward Fort , Global Head of Engineering, Lloyds Register, "Autonomous ships – LR approach" January 2018

2-4. 自動化のエッセンス



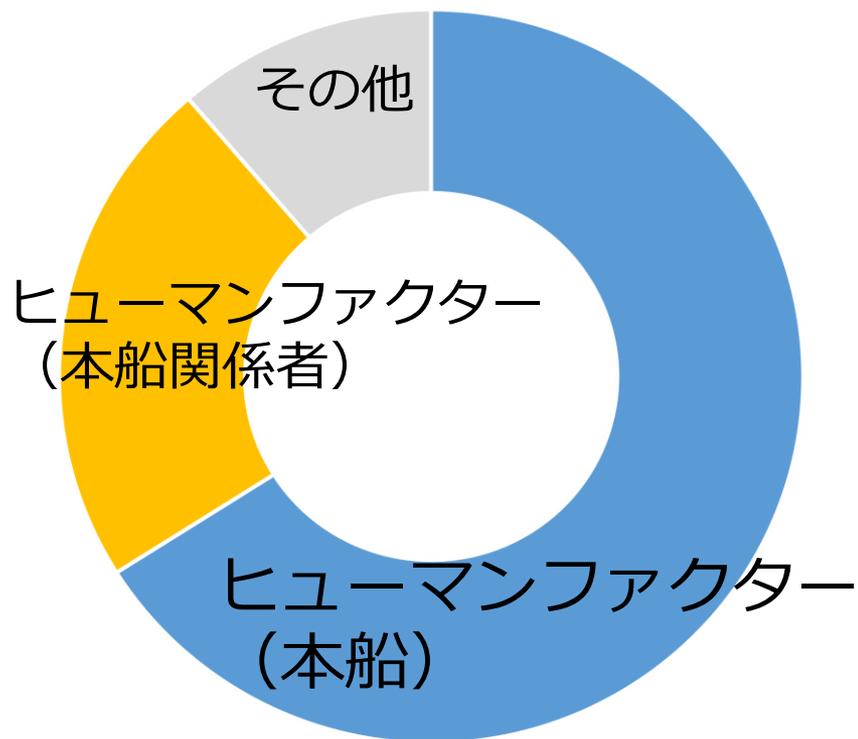
自律操船の実現に向けて

目次

1. ヒューマンファクターとは？
2. 自動化における機能安全
- 3. 自動運航船の貢献**
4. 実現に向けた開発の進捗
5. まとめ

3-1. 自動運航技術による貢献（短期）

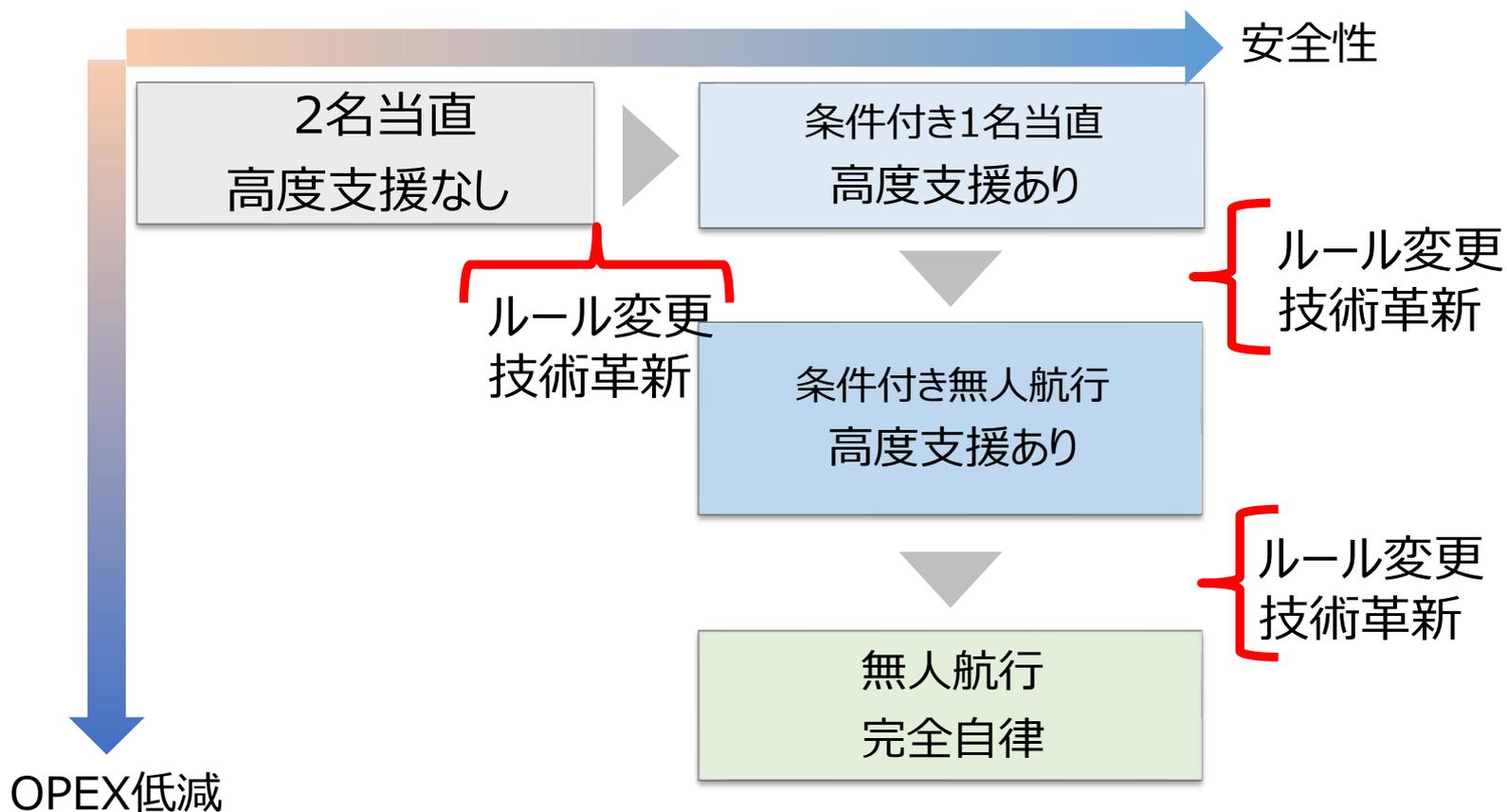
航海事故の原因分布



自動化及び高度支援



3-2. 自動運航技術による貢献（中長期）



- 当面の間、損失削減と差別化が目標
- 長期的にOPEX削減も目標

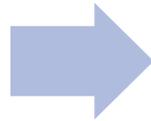
自律操船の実現に向けて

目次

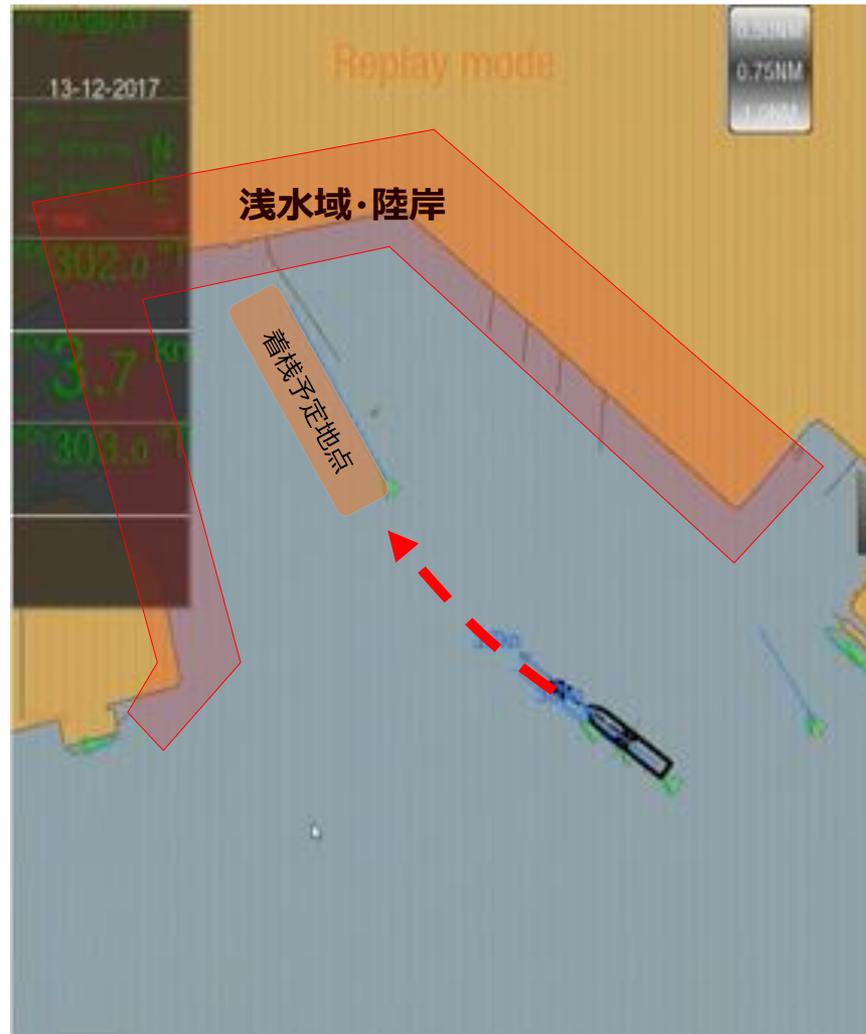
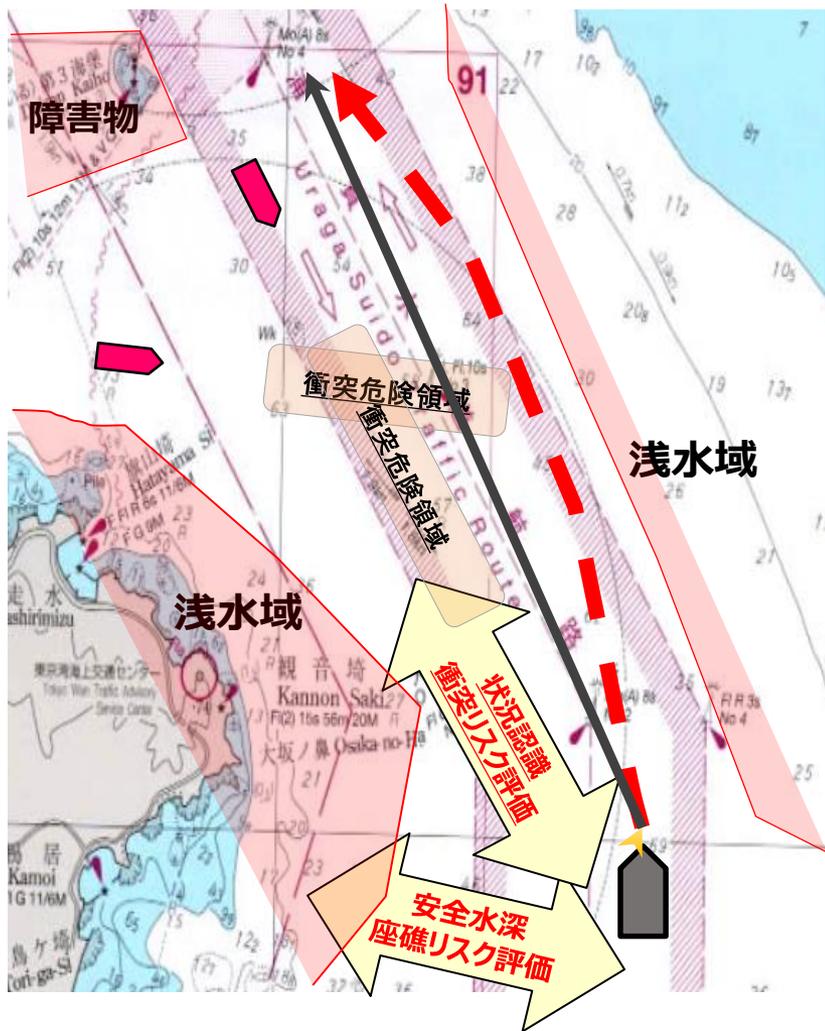
1. ヒューマンファクターとは？
2. 自動化における機能安全
3. 自動運航船の貢献
4. 実現に向けた開発の進捗
5. まとめ

4-1. 航海のフェーズ

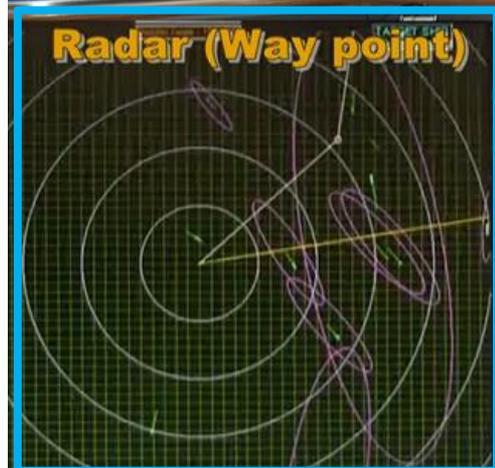
航進



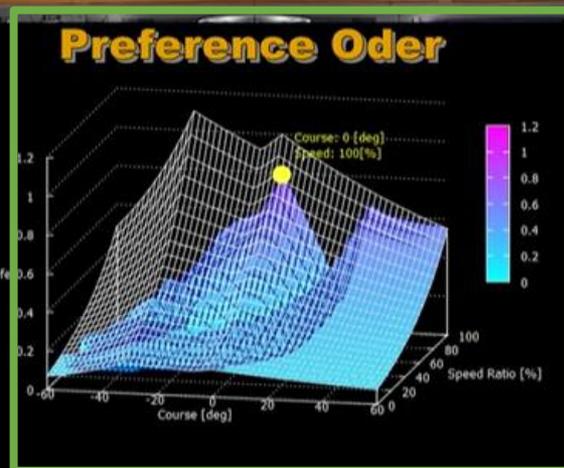
停止・発進



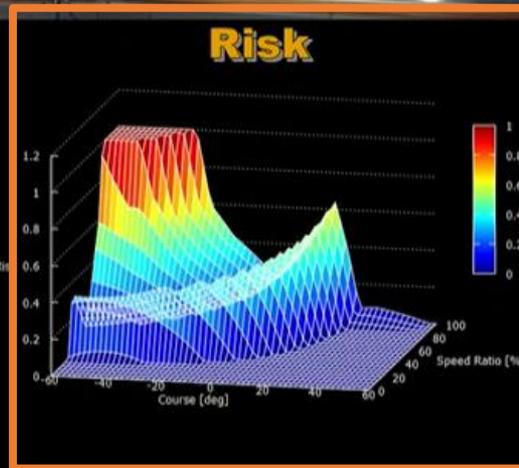
4-2. 衝突防止支援機能 日本海洋科学 好ましさモデル



他船の動向を示す
インターフェース



進路の安全性を示す
インターフェース



リスクの発生状況を示す
インターフェース

引用：株式会社 日本海洋科学、自動避航機能 “好ましさモデル”

4-3. 離着棧支援システム（特許出願中）

情報収集

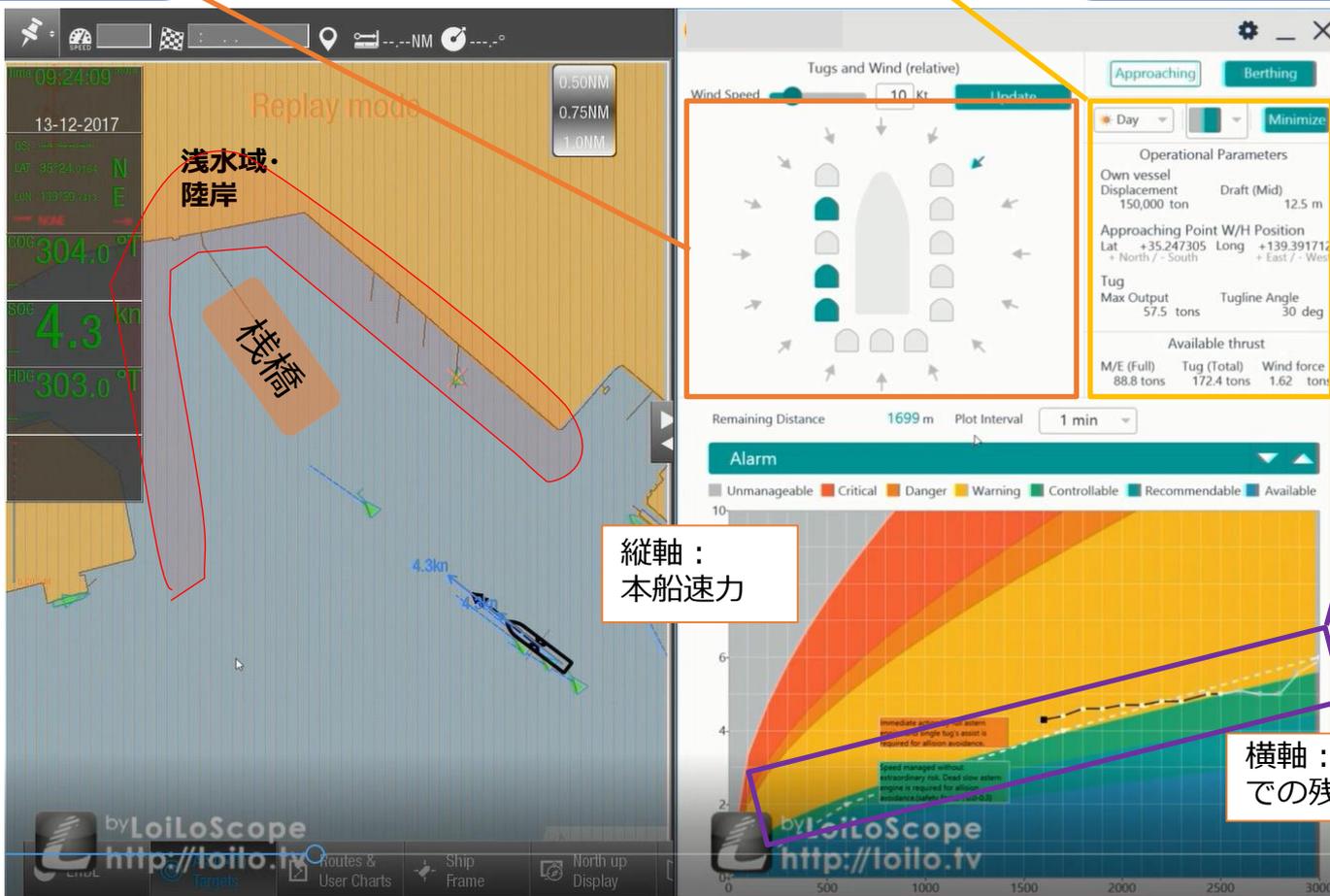
- ・ 外部環境
- ・ 自船の状態

分析

- ・ 外乱による圧流
- ・ 本船の慣性力
- ・ 目的までの距離/制動力

計画

- ・ 安全且つ経済性のある速力を算出



縦軸：
本船速力

横軸：着棧予定地点までの残距離

4-4. タグボートを使用した自動化システムの実証事業 国

“既存”通信設備



“既存”センサー

2019年度

自律システム

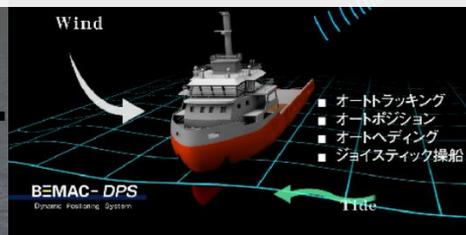
① フェーズⅡ 自動運航船のシステム設計

(機器のシステム統合、システムによる具体的な提案、意思決定者は船員である自動運航の段階)

② 適切なリスクアセスメントを実施

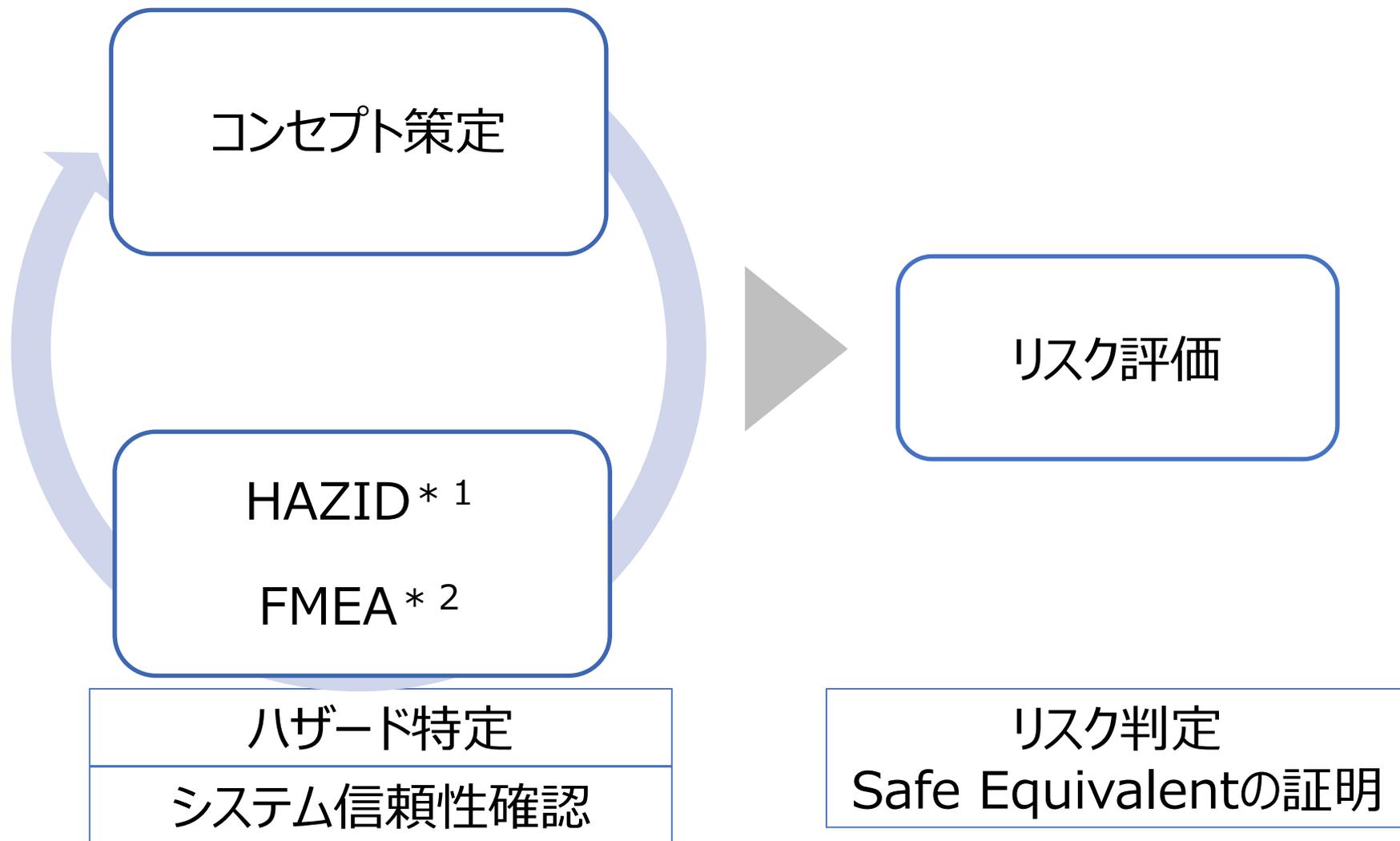
③ NKによるコンセプト承認取得を目指す

仕様の制御装置



国土交通省が実施する「操船支援機能と遠隔からの操船等を活用した船舶の実証事業」の実施者として採択引用（参考・抜粋）：
<https://www.ihl.co.jp/ips/products/marine/zpeller.html>
<https://www.bemac-jp.com/research.html>

4-5. 自動化システム的设计



* 1: HAZID : Hazard Identification

* 2: FMEA : Failure Mode Effect Analysis

4-6. HAZID (Hazard Identification)

ハザード特定

ノード	機能	デザイン意図、コンセプト	ハザード	原因	ローカル影響	最終影響	既存船						支援システム搭載船										
							適用		リスク低減		リスク		適用		リスク低減				最終リスク				
							訓練	手順	デザイン	既存船における対策	F	S	R	訓練	手順	デザイン	対策				F	S	R
System-Manual Task	Verification	B2.2	Proper consideration on human factor is required for avoiding man-machine miscommunication.	Failure in verification of alert by human	A. No response by human on plan verification within specified time due to inadequate warning system B. Improper man-machine I/F to understand background/or intention of action plan C. Improper man-machine	Slow reaction time. Increasing risk of collision.	Collision	Y	Y	Y	Y	Alert standard.	1	4	5	Y	Y	Y	Y	A.Set proper I/F. A.Conduct familiarization type of alarms. B.Discuss the procedure of APS when human does not notice an alert escalation. C.Design Human Machine Interface enable to notice for AP-Status changing with clearly reason.	1	4	5
System-Manual Task	Verification	B2.3	Proper consideration on human factor is required for avoiding man-machine miscommunication.	Failure in verification of working condition of system by human	A. Improper man-machine I/F to confirm working status of equipment	Incorrect operation due to miscommunication of Human machine interface.	Collision Grounding	N								Y		Y	A. Designed to determine detect APU failed(Freeze).	1	4	5	
System-Manual Task	Action and control	B3.1	Proper consideration on human factor is required for avoiding man-machine miscommunication.	Failure in manual operation to execute action plan.	A. Insufficient output content which could human engage manual maneuvering to follow plans	Possibility of improper ship's maneuvering.	Collision Grounding	N								Y		Y	•Indicate the usage of proper simplifications ship's maneuvering. • enable monitoring or FB of control result. IF design. •Execution Action planning detect the difference of o plan. •Alert properly about speed and track.	1	4	5	
System-Manual Task	Action and control	B3.2	Proper consideration on human factor is required for avoiding man-machine miscommunication.	Failure in reviewing execution of action plan	Inadequate warning systems	Execution of improper action planning.	Collision Grounding	Y			Y	Display the mode recognizabl e indicator of TCS and Autopilot.	2	4	6	Y		Y	Y		2	4	6

4-7. FMEA (Failure Mode Effect Analysis)

故障影響解析

Failure category	Failure task1	Failure status1	Failure task2	Failure status2	Effect of failure1		Effect of failure2		Truth Tabl	Alternative Provisionを反映したシステムの結果		Failure detection
					Local effect	End effect	Local effect	End effect		Alternative Provision	System end effect	
Single line failure	APU-DTC	disconnect APU1-DTC1	NA	NA	System lost redundancy of communication	System may not be affected reliability of information	NA	NA	1.APU:o 2.APU:o 1.Line:x 2.Line:o 1.DTC:o 2.DTC:o	Switch to the other system.	AP Normal1	APU DTC
Single line failure	APU-DTC	Mulfunction APU1	NA	NA	System lost redundancy of communication	System may not be affected reliability of information	NA	NA	1.APU:x 2.APU:o 1.Line:o 2.Line:o 1.DTC:o 2.DTC:o	Switch to the other system.	AP Normal1	DTC
Single line failure	DTC-Contorller	disconnect DTC1-Controller	NA	NA	System lost redundancy of communication	System may not be affected reliability of information	NA	NA	1.DTC:o 2.DTC:o 1.Line:x 2.Line:o Cont:o	Switch to the other system.	AP Normal1	DTC Controller
Single line failure	DTC-Contorller	Mulfunction DTC1	NA	NA	System lost redundancy of communication	System may not be affected reliability of information	NA	NA	1.DTC:x 2.DTC:o 1.Line:o 2.Line:o Cont:o	Switch to the other system.	AP Normal1	APU Controller
Single line failure	DTC-Contorller	Mulfunction Controller	NA	NA	System unable to allocate order to actuator	System lost auto control system	NA	NA	1.DTC:o 2.DTC:o 1.Line:o 2.Line:o Cont:x	NA	AP Fail	DTC

4-8. HAZID・FMEAに基づいたリスクアセスメント結果

既存船のリスク分布

		頻度	Extremely remote	Very remote	Remote	Seldom	Reasonably probable	Probable	Frequent
深刻度			1	2	3	4	5	6	7
既存船	Minor	1							
	Moderately serious	2							
	Serious	3							
	Major	4	F1-common A1.1, B2.3	F2-common A3.1, A4.3, A3.3, B2.2, B3.2 D1.1, D2.1, F1.2, F1.4, F1.5	F3-mitigation A4.1, A4.2, B1.2, E1.1, E2.1, E2.2, E3.1, E3.2 F3-common A3.2, C1.5, E4.2, F1.3	F4-mitigation C1.2, C1.3, C1.4, C2.1, C3.1, C3.2, D1.2, D1.3, D3.1, D4.1			
	Exceptional	5							

4-9. HAZID・FMEAに基づいたリスクアセスメント結果

高度支援システム搭載船のリスク分布

		頻度	Extremely remote	Very remote	Remote	Seldom	Reasonably probable	Probable	Frequent
深刻度			1	2	3	4	5	6	7
高度 支援システム 搭載	Minor	1		F2-new risk A2.1	F3-new risk F1.6	マンマシンコミュニケーションにより新たに発生するリスク			
	Moderately serious	2	安全						
	Serious	3	ヒューマンファクターの補完によるリスク低減						
	Major	4	F1-mitigation C3.2	F2-mitigation A4.1, A4.2, B1.2, E1.1, E2.1, E2.2, E3.1, E3.2	F3-mitigation C1.2, C1.3, C1.4, C2.1, D1.2, D1.3, D3.1, D4.1				
	Exceptional	5	F1-new risk A1.2, A2.2, B1.1 B2.3, B3.1	F2-new risk E4.1, F1.1	マンマシンコミュニケーションにより新たに発生するリスク				
									危険

4-10. リスクの比較 既存船 vs 高度支援システム搭載船

総合的にリスク軽減が可能

- 最大リスク部分のヒューマンファクターが軽減
- マンマシンコミュニケーションによる新リスクが発生

			Extremely remote	Very remote	Remote	Seldom	Reasonably probable	Probable	Frequent
Criticality / Freq scale			1	2	3	4	5	6	7
既存船	Minor	1							
	Moderately serious	2							
	Serious	3							
	Major	4	F1-common A1.1, B2.3	F2-common A3.1, A4.3, A3.3, B2.2, B3.2 D1.1, D2.1, F1.2, F1.4, F1.5	F3-common A3.2, C1.5, E4.2, F1.3	F3-mitigation A4.1, A4.2, B1.2, E1.1, E2.1, E2.2, E3.1, E3.2	F4-mitigation C1.2, C1.3, C1.4, C2.1, C3.1, C3.2, D1.2, D1.3, D3.1, D4.1		
	Exceptional	5							
高度支援システム搭載	Minor	1		F2-new risk A2.1	F3-new risk F1.6				
	Moderately serious	2							マンマシンコミュニケーションにより新たに発生するリスク
	Serious	3							
	Major	4	F1-mitigation C3.2	F2-mitigation A4.1, A4.2, B1.2, E1.1, E2.1, E2.2, E3.1, E3.2	F3-mitigation C1.2, C1.3, C1.4, C2.1, D1.2, D1.3, D3.1, D4.1				ヒューマンファクターの補完によるリスク低減
	Exceptional	5	F1-common A1.1, B2.2	F2-common A3.1, A4.3, A3.3, B2.1, B3.2 D1.1, D2.1, F1.2, F1.4, F1.5	F3-common A3.2, C1.5, E4.2, F1.3	F1-new risk A1.2, A2.2, B1.1 B2.3, B3.1	F2-new risk E4.1, F1.1		マンマシンコミュニケーションにより新たに発生するリスク

4-11. One Seaへの参画

DIMECC One Sea

One Sea Partners

ABB
Cargotec
Ericsson
Finnpilot Pilotage
Inmarsat
MTI (NYK Group)
Kongsberg
Tieto
Wärtsilä

ABB

inmarsat

CARGOTEC
HIRD · KALMAR · MACREGOR

Monohakobi
Technology Institute

ERICSSON

KONGSBERG

FINNPILOT

tieto

THE ROYAL INSTITUTE OF
DANISH ARCHITECTS

WÄRTSILÄ

Meriteollisuus
Finnish Marine Industries

Suomen Varustamat
Rederierna i Finland
Finnish Shipowners' Association

SHIPBROKERS
FINLAND

Suomen Satamaliitto
Finnish Port Association

BUSINESS
FINLAND

- 自律船実用化へのロードマップ作成
- 安全基準及び国際標準化戦略

自律操船の実現に向けて

目次

1. ヒューマンファクターとは？
2. 自動化における機能安全
3. 自動運航船の貢献
4. 実現に向けた開発の進捗
5. まとめ

5. まとめ

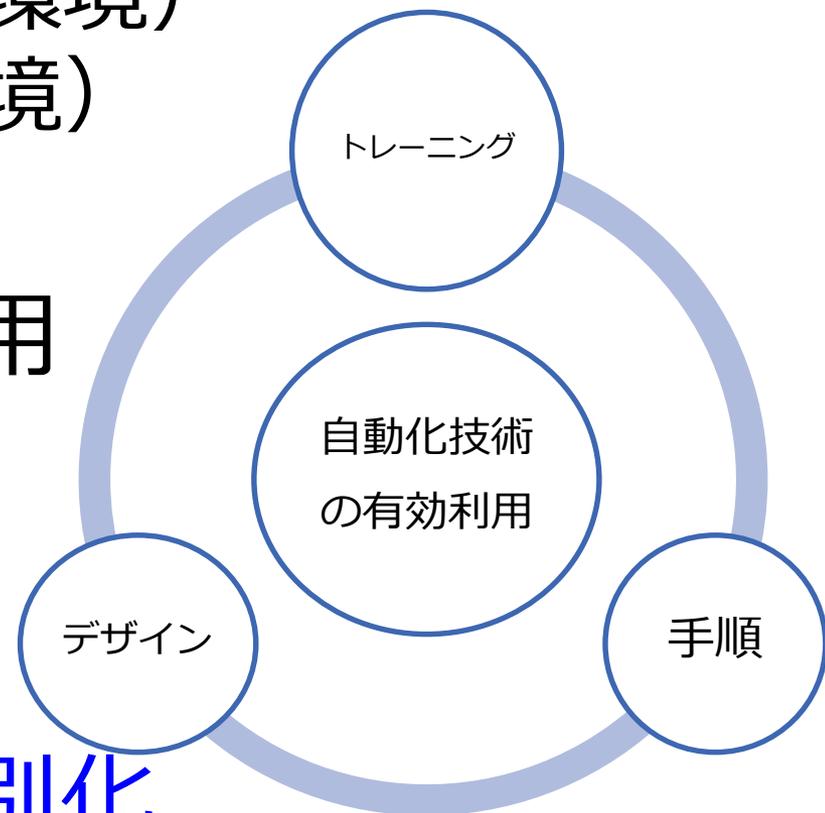
適切なリテラシー

- ①デザイン（自動化技術）
- ②トレーニング（教育環境）
- ③手順（文化・運用環境）

自動化技術の有効利用

損失削減

顧客信頼の獲得・差別化





ご清聴ありがとうございました



株式会社 日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.