



自動運航船のリスク解析手順書の紹介

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所

2025年3月13日自動運航船検討会
第4回安全基準・検査WG向け資料

本書作成の背景と目的

- 無人運航船プロジェクト “MEGURI2040” (日本財団, 2020-現在)
 - (1) **実証事業**: 無人運航に係る技術の実証事業として、5コンソーシアムが技術開発と無人運航船の実証実験を実施
 - (2) **安全性評価事業**: 日本船舶技術研究協会、海上技術安全研究所等が、安全性評価手法などの検討を実施
- MEGURI2040 第1ステージ (2020-2022) 開始時の状況
 - IMOの**MASS** **トライアル暫定ガイド**[1] は**リスクへの対処**を要求
 - 複数の国や船級協会が自動運航船のガイドラインを公開、その中でも**リスクへの対処**を求めているが、**具体的な進め方**はあまり示されていない
 - 開発者等の大きな**負担**になっている恐れがある

トライアルに関連する**リスク**を適切に**特定**し、**リスク**を合理的に実行可能で許容可能な程度までできる限り低く抑えるための**措置**を講じる必要がある。
([1]抜粋)

[1] IMO: MSC.1/Circ.1604. Interim guidelines for MASS trials. (自動運航船の実証実験のための暫定ガイドライン) (2019)

本書作成の背景と目的

- 前記(2)安全性評価事業では、
 - 安全評価手法を検討するため、各コンソーシアムが実施するリスク解析の支援やレビューを実施
 - 実施にあたり、基本的な作業方法を示す必要から、解説資料「進め方」として起草
 - 得られた知見を反映させ「自動運航船のリスク解析手順書」として取りまとめ
 - その後、国交省のガイドライン[2]において参照
 - 以降各年度の事業にて、増補改訂(主に付属書の拡充)

2.1.10 リスク評価の実施

自動化システムのシステム供給者、システム統合者及びシステム所有者は、リスク評価を協力して実施することにより、設定された運航設計領域における安全性を事前に確認することが重要である。

リスク評価の実施⁸にあたっては、対象となる船舶のハード面やオペレーション等のソフト面を考慮する必要がある。

⁸ 具体的な実施方法についての参考文献例：日本財団助成事業・MEGURI2040に係る安全性評価「自動運航船のリスク解析手順書」（日本船舶技術研究協会・海上技術安全研究所）、URL：https://www.jstra.jp/a4b02/a4b2c01/post_216.html

国交省ガイド[2]における
リスク評価の実施要求と
本書への参照

自動運航船に関する安全ガイドライン

令和4年2月
国土交通省海事局

目的は、自動運航船/無人運航船の開発者の負担軽減、安全性向上と開発促進に貢献すること

「検査方法の一部」として成立したものではなく、用途に合わせて必要な側面を強化していく必要あり

[2] 国交省海事局: 自動運航船に関する安全ガイドライン. (2022)

● 現時点での最新版 (2023年度版) で、本書の構成は以下の通り

1章 概要	
2章 主要原則	
2.1 本手順書の対象とする船舶	
2.2 本手順書の対象とするリスク解析	
2.3 用語の定義	
3章 リスク解析の実施手順の概要	
4章 用意すべき資料	
4.1 初期設計に対する解析で必要となる資料	
4.2 詳細設計に対する解析で必要となる資料	
5章 リスク解析の各段階で行う作業	
5.1 解析の準備	
5.2 検討組織	
5.3 解析条件の合意	
5.4 解析と評価の実施	
5.5 報告書	
付録1 考慮すべきハザードの例	
付録2 代表的なリスク解析手法の概要	
付属書1 自動運航船のリスク解析の実施例	
付属書2 無人運航船の実証実験のリスク解析の実施例	
付属書3 無人運航船のリスク解析の実施例	

本文 約20頁
 付属書 約150頁

本書は何か

- 安全な自動運航船/無人運航船の設計・建造・運航に関する意思決定に、リスク解析を活用することを支援するため、手順を提供するもの。
- 解析の各工程で作成する資料について、自動運航船/無人運航船を想定した記載サンプルを提示するもの。

本書は何でないか

- リスク解析の方法論を述べるものではない。
- リスク解析に使用する個別の手法を詳細に解説するものではない。

- 1章 概要
- 2章 主要原則
 - 2.1 本手順書の対象とする船舶
 - 2.2 本手順書の対象とするリスク解析
 - 2.3 用語の定義
- 3章 リスク解析の実施手順の概要
- 4章 用意すべき資料
 - 4.1 初期設計に対する解析で必要となる資料
 - 4.2 詳細設計に対する解析で必要となる資料
- 5章 リスク解析の各段階で行う作業
 - 5.1 解析の準備
 - 5.2 検討組織
 - 5.3 解析条件の合意
 - 5.4 解析と評価の実施
 - 5.5 報告書
- 付録1 考慮すべきハザードの例
- 付録2 代表的なリスク解析手法の概要
- 付属書1 自動運航船のリスク解析の実施例
- 付属書2 無人運航船の実証実験のリスク解析の実施例
- 付属書3 無人運航船のリスク解析の実施例

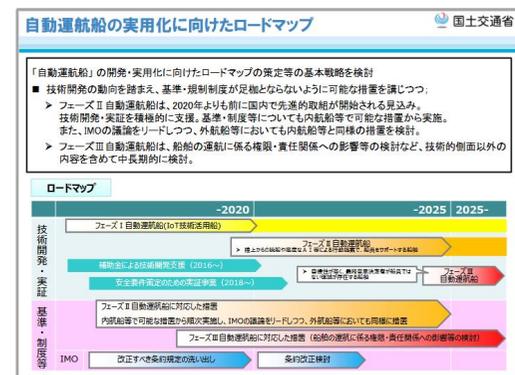
2.1 本手順書の対象とする船舶

国交省のロードマップ[3]

- フェーズⅡの自動運航船(陸上からの操船やAI等による行動提案で、最終意思決定者である船員をサポートする船舶)
- フェーズⅢの自動運航船(自律性が高く、最終意思決定者が船員ではない領域が存在する船舶)

本書では、
「自動運航船」
「無人運航船」と呼ぶ。

[3]国土交通省海事局: 自動運航船の実用化に向けたロードマップ. (2018)
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/t/001375594.pdf>



2章 主要原則

本書で想定する解析対象

- 1章 概要
- 2章 主要原則
 - 2.1 本手順書の対象とする船舶
 - 2.2 本手順書の対象とするリスク解析
 - 2.3 用語の定義
- 3章 リスク解析の実施手順の概要
- 4章 用意すべき資料
 - 4.1 初期設計に対する解析で必要となる資料
 - 4.2 詳細設計に対する解析で必要となる資料
- 5章 リスク解析の各段階で行う作業
 - 5.1 解析の準備
 - 5.2 検討組織
 - 5.3 解析条件の合意
 - 5.4 解析と評価の実施
 - 5.5 報告書
- 付録1 考慮すべきハザードの例
- 付録2 代表的なリスク解析手法の概要
- 付属書1 自動運航船のリスク解析の実施例
- 付属書2 無人運航船の実証実験のリスク解析の実施例
- 付属書3 無人運航船のリスク解析の実施例

2.2 本手順書の対象とするリスク解析

本書における自動運航船/無人運航船の想定

従来通りに設計・建造・
運航される船舶

+

自動化システムを搭載

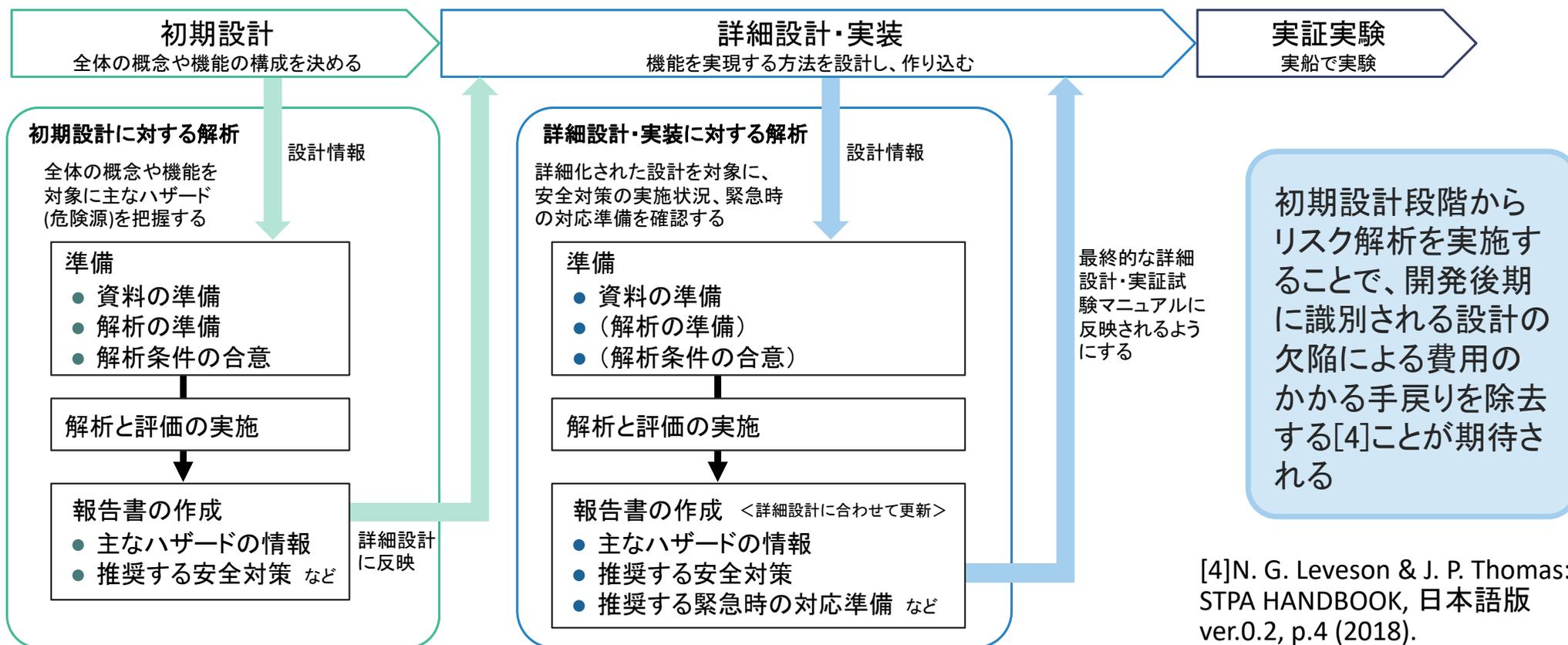
十分な安全性

- 従来船と異なる部分
- 従来船と異なる運用方法

↑
本書で想定する
解析対象

3章 リスク解析の実施手順の概要 作業全体の流れ

- 初期設計と詳細設計のそれぞれにおいて解析を行う流れを想定しつつ、これに限定されるものではないと言及。



- 必要となる資料を挙げ、付属書に記載サンプルを提示。

4.1 初期設計の解析で必要となる資料

- (1) 自動化システムの機能要求
 - ・ 自動化の対象タスク・サブタスク
- (2) 自動化システムの全体像がわかるようなシステムアーキテクチャ
 - ・ 自動化システムと搭載船舶上の他のシステムとの関係性の明確化や使用されるセンサ類や航海機器の明確化を可能な限り実施することが望ましい
- (3) 自動化システムの内部動作の概要
- (4) 自動化システムと人間の役割分担の概要
 - ・ 自動化システムと人間の権限移譲のプロセスやフォールバックのプロセスの概要を含む
- (5) 自動化システムの運航設計領域

実証実験のリスク解析の場合は、上記に加え下記

- (6) 実証実験の内容を示したもの
 - ・ 目的, 航路, スケジュール, 実施手順等

4.2 詳細設計の解析で必要となる資料

- ・ 初期設計段階で提示した資料に生じた変更点
- ・ 初期設計段階で不明確であった部分の明確化を実施した資料

- 付属書では、複数の異なる運用状態を想定し、記載サンプルを提供している。

運用状態ごとの付属書の章

- 付属書1 自動運航船のリスク解析の実施例
- 付属書2 無人運航船の実証実験のリスク解析の実施例
- 付属書3 無人運航船のリスク解析の実施例

各実施例の構成

- i. 資料の準備
 - (0) ConOps
 - (1) 自動化システムの機能要求(自動化の対象タスク・サブタスク)
 - (2) 自動化システムの全体像がわかるようなシステムアーキテクチャ
 - (3) 自動化システムの内部動作の概要
 - (4) 自動化システムと人間の役割分担の概要
 - (5) 自動化システムの運航設計領域
 - (6) 実証実験の内容(実証実験の場合)
- ii. リスク解析
 - HAZID ワークシート(想定フェーズ毎)

前提(想定した運用状態)を記述するため

運用概念 (ConOps: Concept of Operations) としては、以下の内容の記載サンプルを示している。

- 機能の定義
対象船に持たせる機能の意図、必要な入力情報、出力、機能を実現するための主なシステム
- 機能の目的
機能に実現させること(ゴール)
- 自動化の範囲・操船者(船上乘組員／遠隔オペレータ)との関係
- 遠隔制御の範囲・操船者(船上乘組員／遠隔オペレータ)との関係
- 想定使用範囲
- 自動運航の方法
- 当該機能のモニタリング手段
- 自動運航中に運航設計領域から外れた場合の対応手順

資料(0) 想定船の「運用概念 (ConOps)」の一部

- 機能の定義
本機能は、所与の航海計画を目標とし、逐次発生する他船や漂流物、海気象に由来する外乱等を検知し、事前に定義された行動方針に従って操船計画を立案し、これを実現する機関出力と操舵指令を計算し、本船の速力、針路を出力しながら目標の達成を行うものである。
航海計画は、出発地、出発日時、到着地、到着日時、経路等から構成されるものとする。船上の自律操船システムは航海計画を踏まえて本機能搭載船の操船計画を策定し、船舶制御システムを介し、操船計画に則った操舵と機関出力の制御を行う。
＜航海計画＞
出発地: XXX港
出発日時: X月X日 X時X分
到着地: YYY港 ... (以下省略)

機能要求としては、以下の内容の記載サンプルをフェーズ毎に示している。

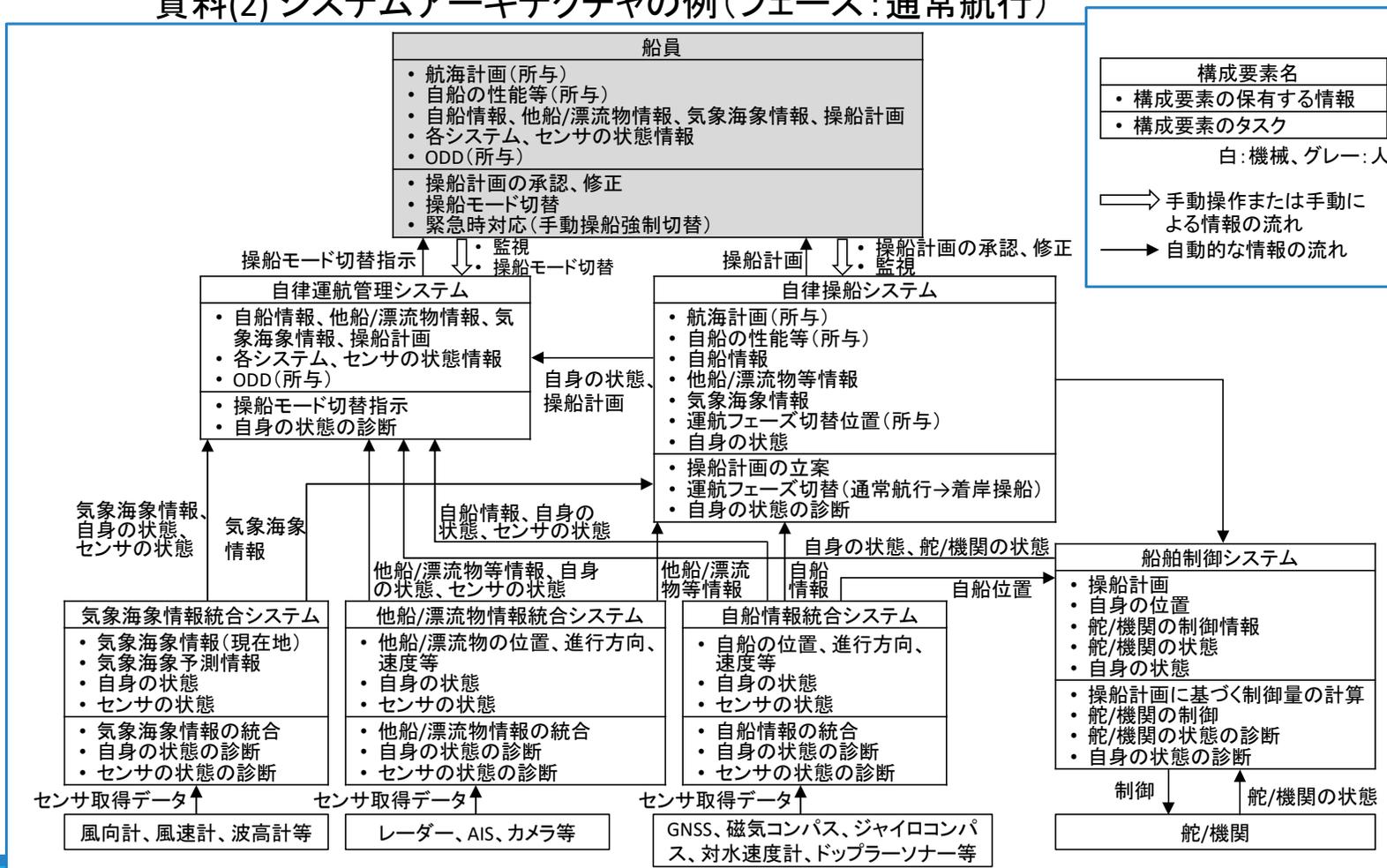
- 要素名
自動化システムの構成要素の名称
- タスク
要素が実施するタスク
- サブタスク
タスクを実施する際に必要となるサブタスク

資料(1) 想定船の「自動化システムの機能要求」の一部

ID	要素名	タスク	サブタスク
1	自律操船システム	<ul style="list-style-type: none"> ・操船計画の立案 ・運航フェーズ切替 (通常航行→着岸操船) ・自身の状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・自船の統合情報の取得 ・他船/漂流物等の統合情報の取得 ・気象海象の統合情報の取得 ・航行安全性&経済性の計算 ・操船計画の提示 ・自身の状態判断に必要な情報の取得
2	自船情報統合システム	<ul style="list-style-type: none"> ・自船情報の統合 ・自身の状態の診断 ・センサの状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・自船情報の取得 ・自身の状態診断に必要な情報の取得 ・センサの状態診断に必要な情報の取得 ・統合情報、自身の状態、センサの状態の送信
3	他船/漂流物等情報統合システム	<ul style="list-style-type: none"> ・他船/漂流物情報の統合 ・自身の状態の診断 ・センサの状態の診断 	<ul style="list-style-type: none"> ・他船/漂流物情報の取得 ・自身の状態の診断に必要な情報の取得 ・センサの状態の診断に必要な情報の取得 ・統合情報、自身の状態、センサの状態の送信 (以下省略)

4章 用意すべき資料 → 付属書1, 2, 3 (記載例) 資料の例

資料(2) システムアーキテクチャの例(フェーズ:通常航行)

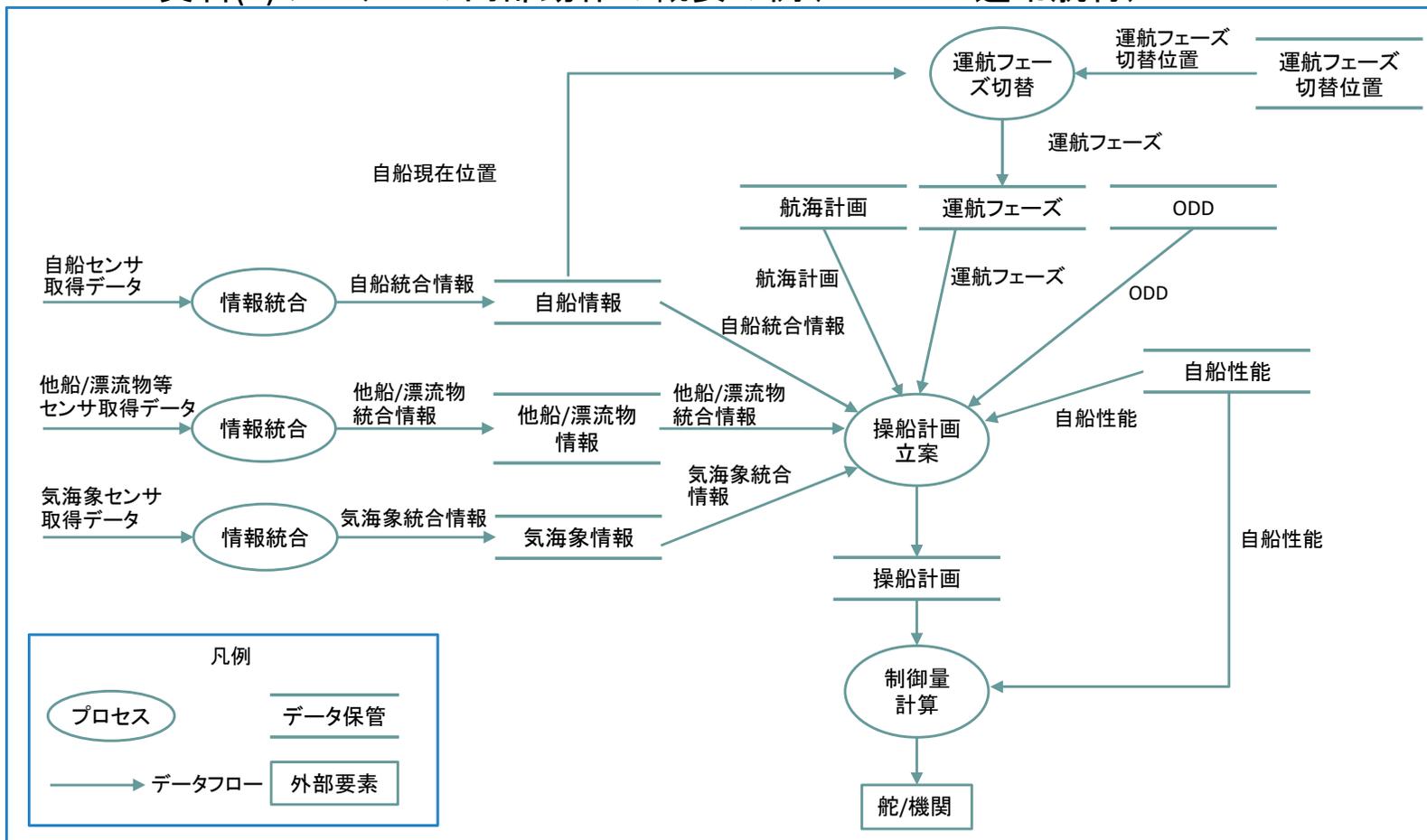


システムアーキテクチャとしては、以下の関係の記載サンプルを示している。

- 自動化システム
- 船舶上の他のシステム (人のタスクが関連する場合は人も)
- 使用されるセンサ類、航海機器

4章 用意すべき資料 → 付属書1, 2, 3 (記載例) 資料の例

資料(3) システムの内部動作の概要の例(フェーズ:通常航行)



システムの内部動作の概要としては、以下の関係の記載サンプルを示している。(ここではデータフローダイアグラムを使用)

- プロセス
- データフロー
- データ保管
- 外部要素

4章 用意すべき資料 → 付属書1, 2, 3 (記載例)

資料の例

資料(4) 自動化システムと人間の役割分担の概要の例(フェーズ:通常航行)

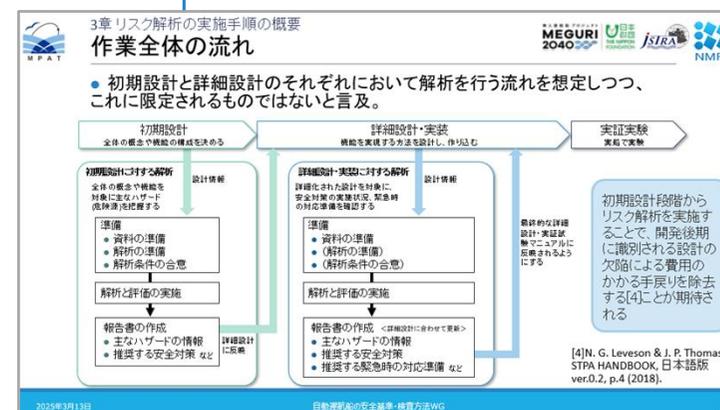
Task	自律操船システム	自船情報統合システム	他船/漂流物等情報統合システム	気象海象情報統合システム	船舶制御システム	自律運航管理システム	船員	シャドー要員
運航フェーズ切替	①切替							②モニタリング
自船の情報取得		①情報取得/統合						②モニタリング
他船/漂流物等の情報取得			①情報取得/統合					②モニタリング
気海象の情報取得				①情報取得/統合				②モニタリング
(避航)操船計画の立案	①立案							②モニタリング
(避航)操船の実行					①実行			②モニタリング
関連センサの状態診断		①状態診断	①状態診断	①状態診断				②モニタリング
自身の状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断	①状態診断		②モニタリング
ODD内外判定&操船モード決定						①判定&決定		②モニタリング
操船モード切替要求&操船モード切替						①モード切替要求	②昇橋 ③現状把握 ④モード切替	⑤モニタリング
手動操船強制切替								①モニタリング ②手動操船切替

タスクごとに生じる役割が自動化システムと人間のどちらにどのように割り当てられるかを表す

①、②などは実行の順番

- 3章の作業全体の流れに関連し、以下の各段階の作業を説明している。

- 5.1 解析の準備
- 5.2 検討組織
- 5.3 解析条件の合意
- 5.4 解析と評価の実施
 - 5.4.1 ハザード同定
 - 5.4.2 リスクの指標化
 - 5.4.3 初期設計に対するリスク解析及び評価
 - 5.4.4 詳細設計に対するリスク解析及び評価
- 5.5 報告書の作成



(本資料p.7)

5章 リスク解析の各段階で行う作業 解析のための準備

- 準備段階では、解析対象範囲の確定や検討組織の選定を行う。

5.1 解析の準備

- 解析対象船における従来船と異なる部分を明らかにする[7]
 - 新しい機能
 - 既存設備の新しい使用方法の目的、役割、構成物、使用方法
- 異なる部分にもとづき、解析対象範囲を確定、4章で説明した資料に盛り込む

5.2 検討組織

- 一般に、異なる専門分野の専門家が出席する会議形式で実施する。
 - 所有者、建造者、設計者、対象システムの安全性・設計・運用等に関する知識や経験を有する専門家
 - 必要に応じて、検査員、船舶運航者、安全工学者、装置や人間工学の専門家、航海士、海事工学者[5][6]

[5] IMO: MSC.1/Circ.1212 Guidelines on alternative design and arrangements for SOLAS chapters II-1 and III (2006)

[6] IMO: MSC/Circ.1002 Guidelines on alternative design and arrangements for fire safety (2001)

[7] IMO: MSC.1/Circ.1455 Guidelines for the approval of alternatives and equivalents as provided for in various IMO instruments (2013)

5章 リスク解析の各段階で行う作業 解析のための準備

- 準備段階では、解析条件の合意を行う。

5.3 解析条件の合意

得られたリスクの対処法、またリスク低減措置適用後のリスクの再推定の要否をあらかじめ決めておく。

- リスクの指標化
- クライテリアの設定

i. リスクの指標化

ハザードから結果に至る事故シナリオの発生頻度とその被害度及びリスクを指標化する。
被害として、人命、環境、財産などのうちいずれを対象とするかを決めておく。

5章 リスク解析の各段階で行う作業 解析のための準備

- 準備段階では、解析条件の合意を行う。

- i. リスクの指標化

リスクを発生頻度と被害度の積とみた場合の常用対数を用いた指標が良く用いられることを紹介。

リスク指標 (RI: Risk Index) の定義 (リスクマトリクス) の例 [8]

		深刻度 (SI)			
		1	2	3	4
FI	頻度	小さな影響	大きな影響	深刻な影響	破滅的影響
7	頻繁	8	9	10	11
		7	8	9	10
5	時々	6	7	8	9
		5	6	7	8
3	稀な	4	5	6	7
		3	4	5	6
1	非常に稀な	2	3	4	5

[8] IMO: MSC-MEPC.2/Circ.12 Revised guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process (2013)

5章 リスク解析の各段階で行う作業 解析のための準備

- 準備段階では、解析条件の合意を行う。

- i. リスクの指標化

リスクマトリクスに使用される**頻度**と**深刻度**の指標例を提示している。

頻度の指標 (FI: Frequency Index) の定義の例[8]

FI	頻度	定義	F (per ship year)
7	頻繁	1隻において月に1度発生	10
5	時々	10隻において年に1度発生	0.1
3	稀な	1,000隻において年に1度発生	10 ⁻³
1	非常に稀な	全世界5,000隻あったとして生涯中に1度発生	10 ⁻⁵

深刻度(安全)の指標 (SI: Severity Index) の定義の例 [8]

SI	深刻度	人間への影響	船体への影響	S (死者数換算)
1	小さな影響	単一負傷者又は複数の軽傷者	局所機器の損傷	0.01
2	大きな影響	複数の負傷者又は重傷者	重大で無い損傷	0.1
3	深刻な影響	単一の死者又は複数の重傷者	重大な損傷	1
4	破滅的影響	複数の死者	全損	10

[8] IMO: MSC-MEPC.2/Circ.12 Revised guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process (2013)

● 準備段階では、解析条件の合意を行う。

ii. クライテリアの設定

前記 i のリスクマトリクス上で設定する。

一般には、次の3段階の対応に分けられる。

- リスク低減が必要
- リスク低減の検討が必要
- リスク低減不要

2番目の検討では、ALARP (As Low As Reasonably Practicable, 合理的に実行可能な限りできるだけリスクを低くさせる) 原則[8]を適用することが多い。

リスク低減措置を取った場合のリスクも指標化するかどうかをあらかじめ決めておく。

指標化する場合は再びリスクマトリクス上のクライテリアと比較するプロセスを行う。

クライテリアの設定例

		深刻度 (SI)			
		1	2	3	4
	頻度	小さな影響	大きな影響	深刻な影響	破滅的影響
7	頻繁	8	9	10	11
6		7	8	リスク低減が必要	10
5	時々	6	7	8	9
4		5	6	リスク低減の検討が必要	8
3	稀な	4	5		7
2		3	4	5	6
1	非常に稀な	2	リスク低減不要	4	5

[8] IMO: MSC-MEPC.2/Circ.12 Revised guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process (2013)

● ここまでが準備、ここが解析と評価の実施

5.4 解析と評価の実施

- 5.4.1 ハザード同定
- 5.4.2 リスクの指標化
- 5.4.3 初期設計に対するリスク解析及び評価
- 5.4.4 詳細設計に対するリスク解析及び評価

5.4.2 リスクの指標化

指標化の参考資料

- 過去の各システム、類似システムの不具合・故障・事故の発生頻度/被害の大きさ
- 人命・環境・財産に関するデータ

無い場合、専門家の経験にもとづく方法。例えば、データがある状況と比較した相対的な頻度や被害度。

5.4.1 ハザード同定

ハザード同定の一般的事項を例示

- 専門家の選定
- フェーズ分け
- 考慮すべきハザードの例 (付録1)
- 考慮すべき対象の種類

リスク解析手法の概要

- SWIFT (Structured What IF Technique)
他の方法を利用することも可能と説明し、付録2で代表的な手法の特徴を整理
- FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)
- HAZOP (HAZard OPerability Study)
- Bow-Tie Diagram
- STAMP/STPA (Systems-Theoretic Accident Model and Processes/System-Theoretic Process Analysis)

● 考慮すべきハザードの例 (付録1) から (一部抜粋)

分類	ハザード	分類	ハザード
外部環境	<ul style="list-style-type: none"> 悪天候 視界不良 輻輳海域 想定外他船の挙動 	航行	<ul style="list-style-type: none"> 他船や海洋構造物との衝突 浮遊物との衝突 海洋生物との衝突 陸上インフラとの衝突 好ましくない船体応答による非損傷時復原性の喪失 着氷による非損傷時復原性の喪失 予期しない操縦及び発進 推進力を失ったことによる座礁 操舵を制御できなくなったことによる座礁 予定された航路からの逸脱による座礁 予定された航路に誤りがあり座礁 航路上で漁労装置／漁網を引っかける 貨物の移動等による安定性が欠けた状態
自動化システム及び関連装置の不良	<ul style="list-style-type: none"> 情報収集装置からの信号喪失 情報収集装置からの情報の信頼性や安定性の低下 自動化システム内の関連装置の故障 自動化システムのソフトウェアのバグ 個船へのパラメータ等の調整が不適切(自動化システムへ本船の運動性能が正しく反映されていない等) 自動化システム又は関連装置の電源喪失 ヒューマンマシンインターフェースが不適切(警報発令の理由がわかりにくい、自動化システムから人間へ移行する際の時間的余裕が足りない等) 自動化システムと他のシステムとのインターフェースが不適切(認知情報範囲の相違、運動モデルの相違、パラメータの不一致、システムの故障、通信不良など) 	運用時の不備	<ul style="list-style-type: none"> 海図、気象情報、関連ソフトウェア等の更新忘れ、誤情報 自動化システムへ設定データ、初期入力データの入力ミス(例えば、航行計画データ、避航判断のための基準値等) 関連する装置や機器類を自動化システムと互換性のないものへ交換 警報が多すぎる、警報の優先順位付けができない
検知	<ul style="list-style-type: none"> 漂流物等の小型物標の検知失敗 衝突対象の検知失敗 航路標識の検知失敗 船灯、音、形の検知失敗 半没水型の曳航装置や浮揚装置(地震計やトロール網等)の検知失敗 海図と計測された水深の不一致の検知失敗 気象予報と実際の気象の不一致の検知失敗 センサの性能低下の検知失敗 自動化システムの性能低下の検知失敗 スラミングや高振動の検知失敗 	通信	<ul style="list-style-type: none"> 通信手段の電子的部品の不具合 無線接続における無線到達範囲の縮小 データ送信時のエラー(ビットエラー) データ完全性の失敗(データ伝送時のエラー等) コマンドの認識欠如 通信機能の設定の誤り 利用可能な帯域幅の想定外の減少 想定外の遅延の増加 長時間不安定なデータ接続 ネットワーク・ストーム 電力喪失

- 解析会議の紹介: SWIFT (Structured What IF Technique) の場合の例
 - 会議進行役によりブレインストーミングでハザードを同定する手法
 - 通常の状態からの逸脱を想定した質問を繰り返す:「もし~だったら」
 - コンセプト検討時や概念設計段階でも適用可能な柔軟性、容易性
 - 会議参加者の経験に依存
 - 事故シナリオは陽には示されない
- 標準的な手順 (SWIFTを想定して提示)
 - ステップ1: 対象システムやプロセスを定義
 - ステップ2: 資料や検討組織を準備
 - ステップ3: HAZID会議を開催
 - ハザード、原因、結果、FI、SI、RI、既存の安全対策等を特定
 - ステップ4: 議論の結果をワークシートに記録 (ワークシート例はp.26)

● 解析と評価の実施のために提供される情報

5.4 解析と評価の実施

5.4.1 ハザード同定

5.4.2 リスクの指標化

5.4.3 初期設計に対するリスク解析及び評価

5.4.4 詳細設計に対するリスク解析及び評価

5.4.3 初期設計に対するリスク解析及び評価

概念設計でハザードを考える場合のポイント

- HMI
- 自動化システムに繋がるセンサ、制御機器
- 船舶の他のシステムに与える影響
- サイバーセキュリティ
- 運用時の不備
 - ソフトウェア更新漏れ
 - 非常事態発生時の対応の妥当性

5.4.4 詳細設計に対するリスク解析及び評価

この段階での確認事項

- 初期の推奨事項が詳細設計に確実に反映されているか
- 初期に考慮されていなかった事故シナリオや関連機能があるか

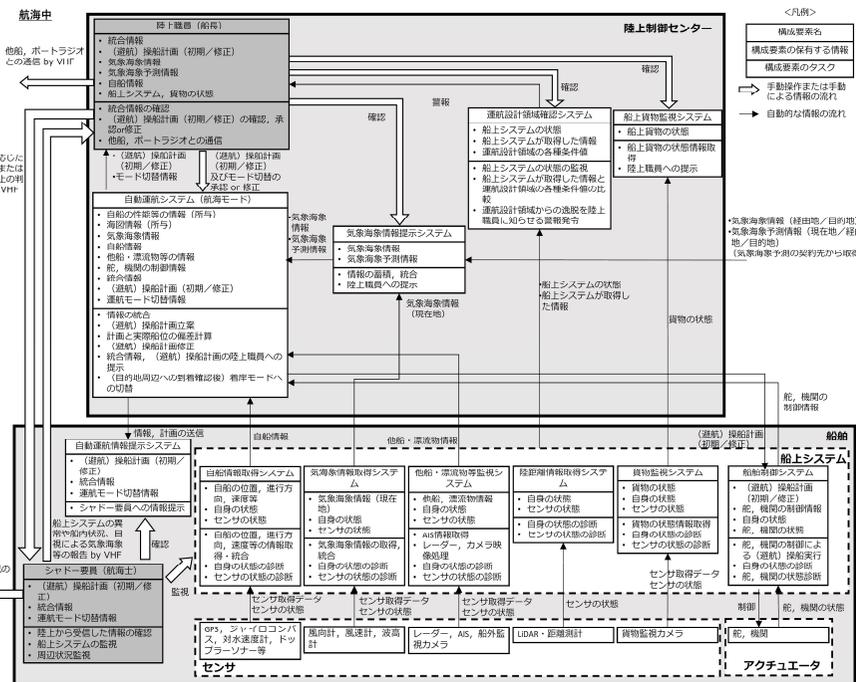


5章 リスク解析の各段階で行う作業

(参考) MEGURIで実施したHAZID会議

ステージ1実証船の複数のコンソーシアムにおいて HAZID会議開催を支援

- 準備(各種条件設定、システムアーキテクチャ図などの作成)
- 会議の開催(一般的に2日~1週間程度)
- ワークシートへの記録



システムアーキテクチャ図の例[9]



HAZID会議

Hazard	Causes	Consequences	Existing Safeguards	Index (before action)	Recommendation	
原因	結果	既存の防護手段	SI	FI	RI	追加の対策
システム内エラー						
ワザールディングの作成失敗	航路計画システム内のエラー	航路計画の作成失敗	航路計画システムの監視	SI	FI	航路計画システムの監視強化
船舶運動の予定失敗	航路計画システムからの情報の誤り	船舶の予定失敗	航路計画システムの監視	SI	FI	航路計画システムの監視強化

HAZID ワークシートの例

[9]塩苺他, システムモデリングによるリスク解析手法の自動運航船の概念設計への適用, 船舶海洋工学会春季講演会論文集(2021)

5章 リスク解析の各段階で行う作業→ 付属書1, 2, 3 解析

● 自動運航船のHAZIDワークシートの例 (フェーズ: 通常航行) (一部抜粋)

Sheet ID: 1		現状のアセスメント ← → 推奨される/考えられるアクション										
Phase: 通常航行												
ID	Hazard	Causes	Consequences	Existing Safeguards	Index (be)			Recommendation	Index (af)			Comments
	ハザード	原因	結果	既存の安全対策	SI	FI	RI	追加対策	SI	FI	RI	コメント
自律操船システム												
1	操船計画の立案の誤り	C1.1 入力情報(自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報等)の未取得や誤り C1.2 航海計画(所与)の未取得や誤り C1.3 自律操船システムの操船計画立案アルゴリズムの誤り C1.4 自律操船システムの不具合・故障 C1.5 マルウェアの侵入やハッキング	E1.1 他船/物標、座礁の危険性がある地点に異常接近 E1.2 衝突、座礁、転覆・沈没	<ul style="list-style-type: none"> 各システム故障時の警報 各種情報や航海計画未入力時の警報 航海計画入力時のダブルチェック 自船や他船/漂流物の位置飛び時の警報 操船計画立案アルゴリズムのシミュレーションによる事前検証 ウィルス検知ソフトによりウィルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 船員による常時監視 船員による手動操船強制切替 	1	5	6	<ul style="list-style-type: none"> 操船計画立案アルゴリズムの改良 システムの信頼性向上策(冗長化等)の検討(費用対効果検討含む) 	1	5	6	<ul style="list-style-type: none"> ※下記は更なる安全性向上にむけた推奨事項 出力の検証と検証結果に応じた対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)
2	操船計画の立案の未実施	C2.1 入力情報(自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報等)の未取得 C2.2 航海計画(所与)の未取得 C2.3 自律操船システムの不具合・故障 C2.4 マルウェアの侵入やハッキング C2.5 問い合わせ(本機能起動のトリガー)の未達	ID1と同じ	<ul style="list-style-type: none"> 各システム故障時の警報・各種情報や航海計画未入力時の警報 一定時間超過時の警告発出 シミュレーションによる事前検証 ウィルス検知ソフトによりウィルスが検知されていないリムーバブルメディアのみの接続、外部ネットワークとの未接続 船員による常時監視 船員による手動操船強制切替 	1	5	6	ID1と同じ	1	5	6	<ul style="list-style-type: none"> ※下記は更なる安全性向上にむけた推奨事項 問い合わせ元は、応答がなければ、新しい入力情報で再問い合わせをする機構にする 再問い合わせでも応答がない場合の対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)
3	操船計画の立案の実施が遅すぎる/早すぎる	C3.1 入力情報(自船情報、他船/漂流物情報、気象海象情報等)の未取得や誤ったタイミングによる取得 C3.2 自律操船システムの操船計画立案アルゴリズムの不具合(操船計画立案演算に時間が掛かり過ぎる) C3.3 自律操船システムの不具合・故障 C3.4 マルウェアの侵入やハッキング C3.5 問い合わせ(本機能起動のトリガー)タイミングの誤り	ID1と同じ	ID2と同じ	1	5	6	ID1と同じ	1	5	6	<ul style="list-style-type: none"> ※下記は更なる安全性向上にむけた推奨事項 問い合わせ元は、応答が遅ければ、新しい入力情報で再問い合わせをする機構にする 応答が間に合わない場合の対処機能の導入(自動化レベルに応じて、人または機械で実装)

5章 リスク解析の各段階で行う作業→ 付属書1, 2, 3 解析

- 各ワークシートで取り上げたハザードの数(ハザードとあわせて、原因、結果、既存の安全対策、SI/FI/RI、追加対策、追加対策によるSI/FI/RI、コメントを記載)
 - 付属書1 自動運航船のHAZIDワークシートの例
 - フェーズ: 通常航行 ハザード数 63
 - フェーズ: 離接岸 ハザード数 75
 - 付属書2 無人運航船の実証実験のHAZIDワークシートの例
 - フェーズ: 通常航行 ハザード数 71
 - フェーズ: 離接岸 ハザード数 137
 - 付属書3 無人運航船のHAZIDワークシートの例
 - フェーズ: 港外航行 ハザード数 62

5章 リスク解析の各段階で行う作業 報告書

- 報告書に記載されるべき内容を盛り込むための目次例を提示している。

1. 初期設計に対するリスク解析及び評価
 - 1.1 初期設計でのシステムの概念的な説明とリスク解析で必要となる資料
 - 1.2 解析の準備に必要な情報
 - 1.3 検討組織
 - 1.4 解析条件
 - 1.5 解析及び評価結果
 - 1.5.1 解析の実施方法
 - 1.5.2 解析及び評価結果(ワークシートの添付, 解析及び評価の結果の説明)
2. 詳細設計に対するリスク解析及び評価
 - 2.1 詳細設計でのシステムの説明とリスク解析で必要となる資料
 - 2.2 解析の準備に必要な情報
 - 2.3 検討組織
 - 2.4 解析条件
 - 2.5 解析及び評価結果
 - 2.5.1 解析の実施方法
 - 2.5.2 解析及び評価結果(ワークシートの添付, 解析及び評価結果の説明)