

衝突・座礁回避機能（プランナー）の評価手法

一般財団法人日本船舶技術研究協会
研究開発グループ

國分健太郎

はじめに

人が操船する船舶が輻輳する海域に自動運航船が参入する

自動運航船に要求される操船：海上衝突予防法を順守した操船

- ① 1対1の見合い関係は全て安全に避航
- ② 周囲の人が操船する船舶に危険を与えない操船（船員の常務）

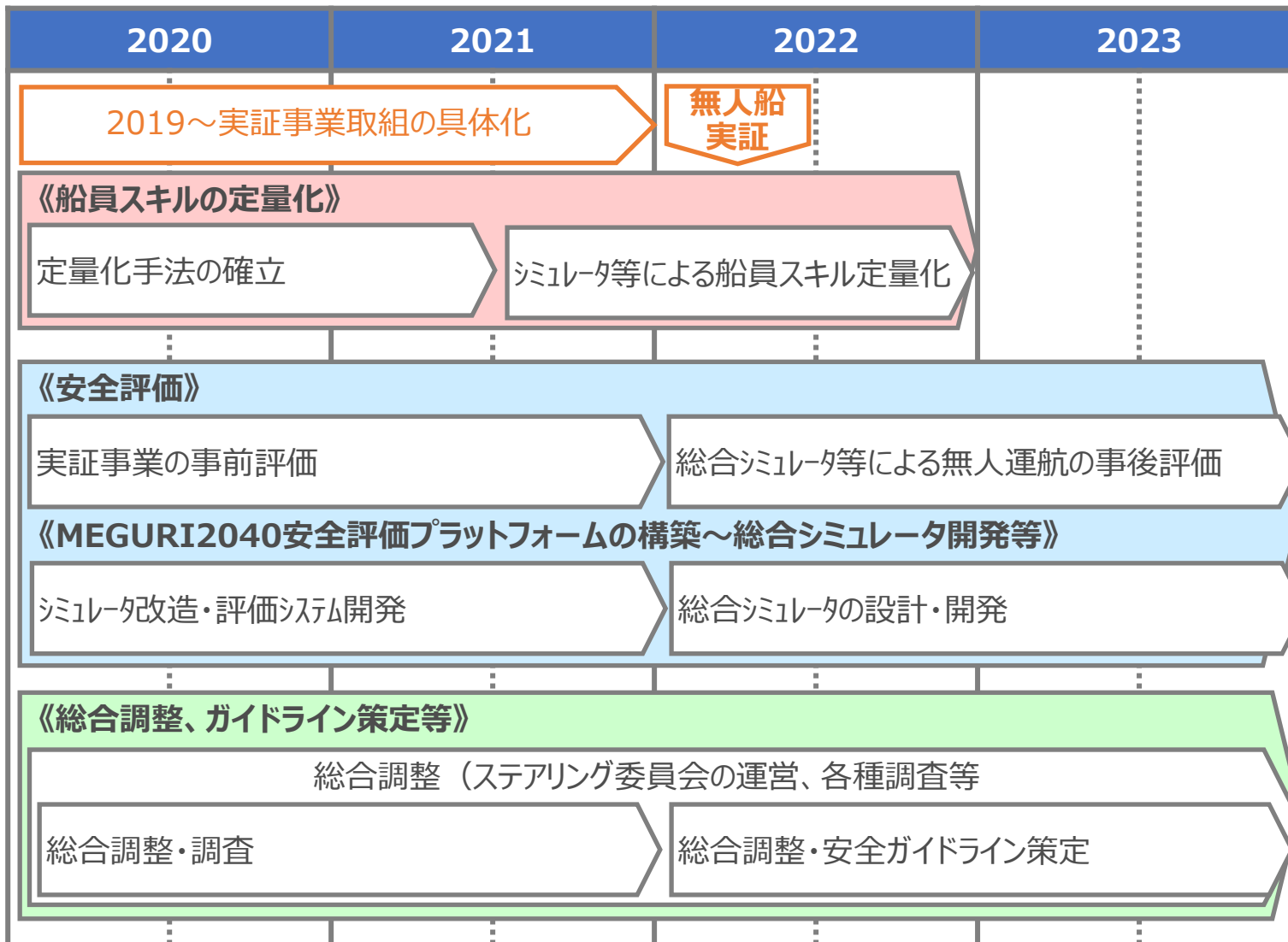
現状では、プランナーの①、②の数値計算結果を専門家（ベテラン航海士）が判定

近い将来は、①は、専門家の判定データを蓄積することにより、機械的に判定
②は専門家が判定

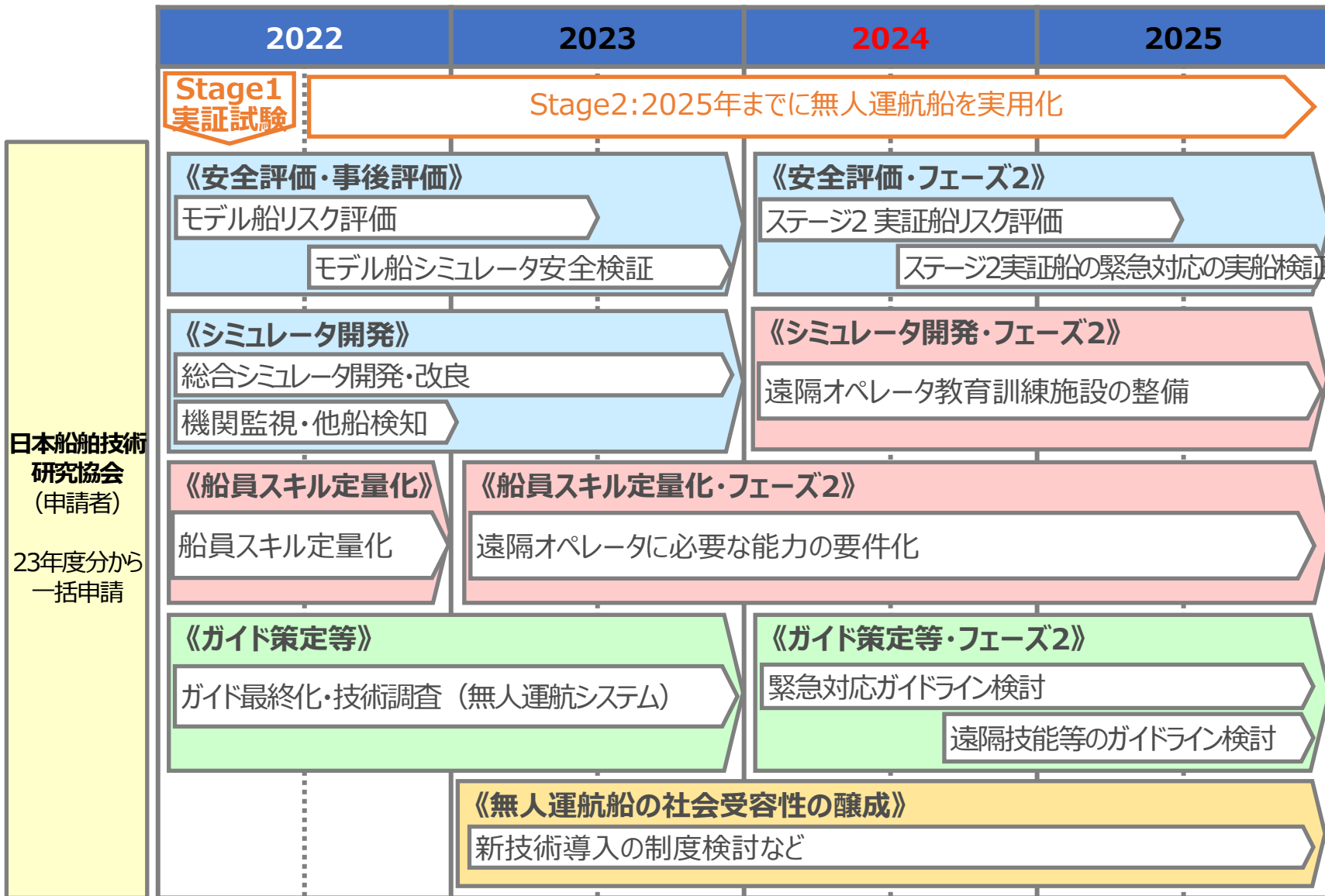
遠い将来は、①、②共に専門家の判定データを蓄積することにより、機械的に判定

MEGURI2040実証船評価では、各プランナーの①、②の数値計算（FTSS）結果をアニメーション化して専門家が判定し、アニメーションでは判定が難しいケースを、操船シミュレータ（SHS）で船橋視界を再現して判断

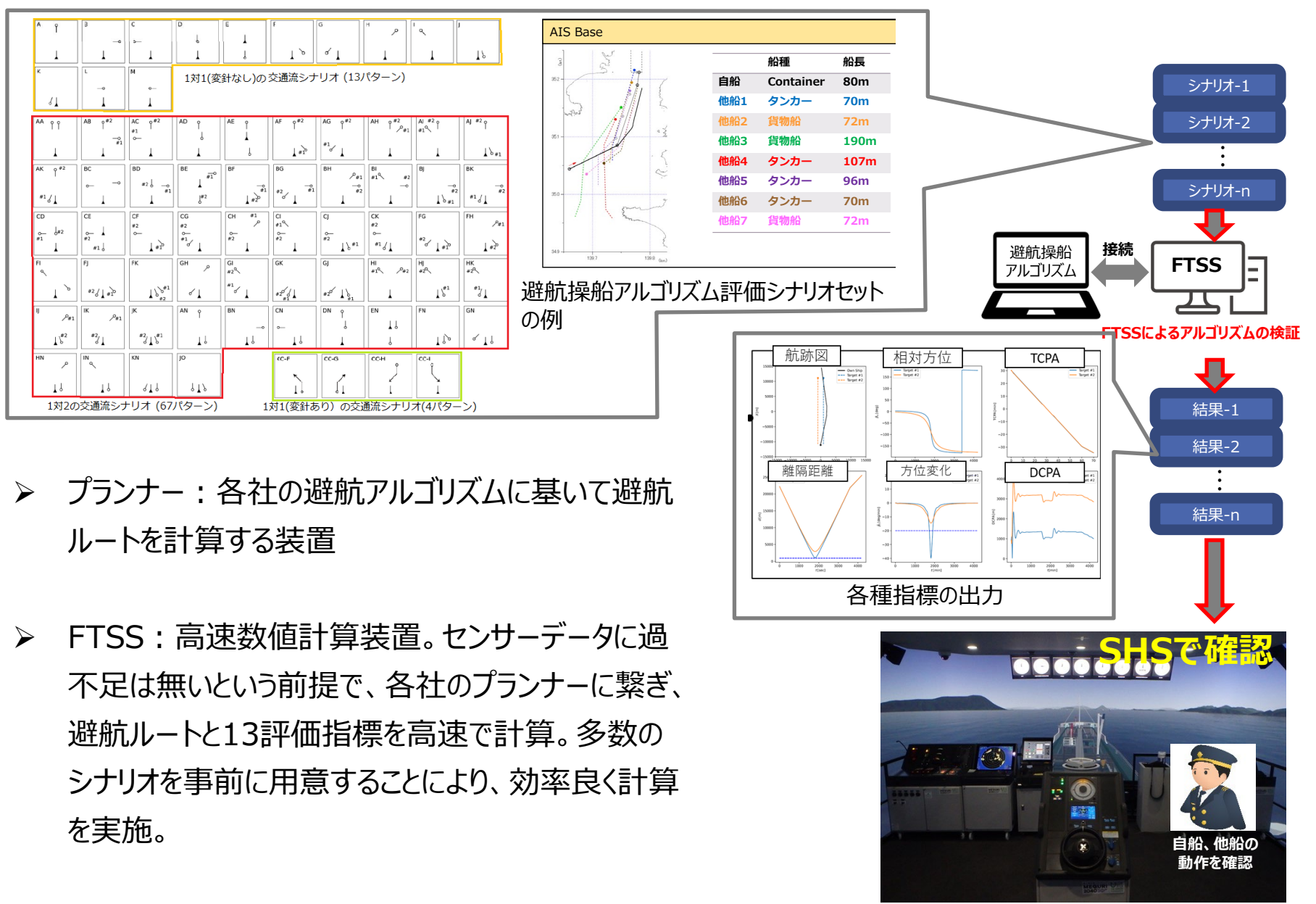
スケジュール（フェーズ1）



スケジュール (フェーズ2)



FTSS (Fast Time Ship Simulator)



- プランナー：各社の避航アルゴリズムに基づいて避航ルートを計算する装置
- FTSS：高速数値計算装置。センサーデータに過不足は無いという前提で、各社のプランナーに繋ぎ、避航ルートと13評価指標を高速で計算。多数のシナリオを事前に用意することにより、効率良く計算を実施。

SHS (Ship Handling Simulator)



SHS：船橋視界を再現する操船シミュレータ。専門家は、FTSSの計算結果を見てプランナーを評価する。良否の判定が不明瞭な結果については、SHSで再現し、自船の挙動、および、他船からみた自船の挙動を見て、良否を判定。



自動運航システム等の検査の方法 附属書I

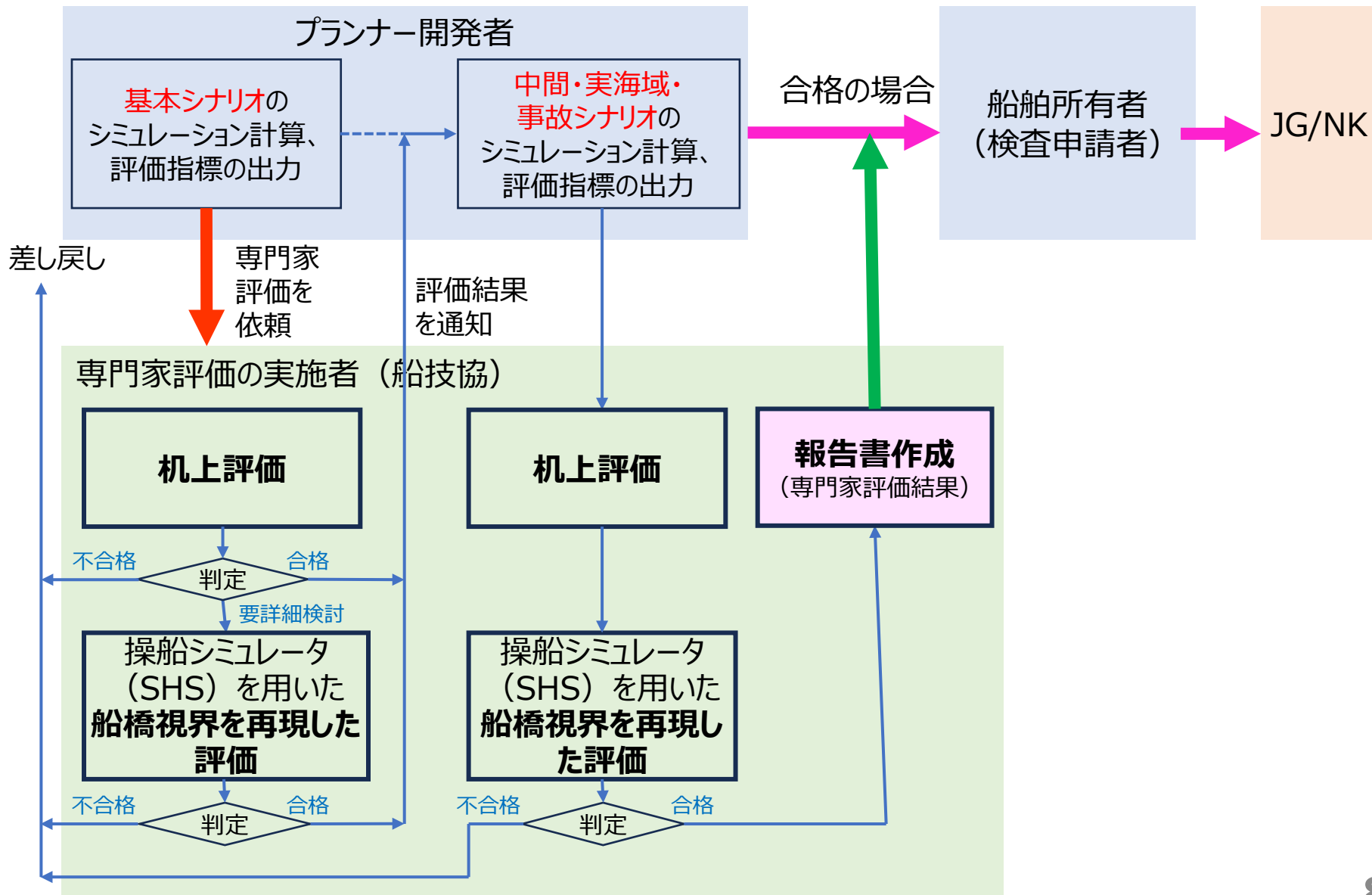
制定 国海査第100号（令和7年6月30日）
自動運航システム等の検査の方法

附属書 I 衝突・座礁回避機能の試験

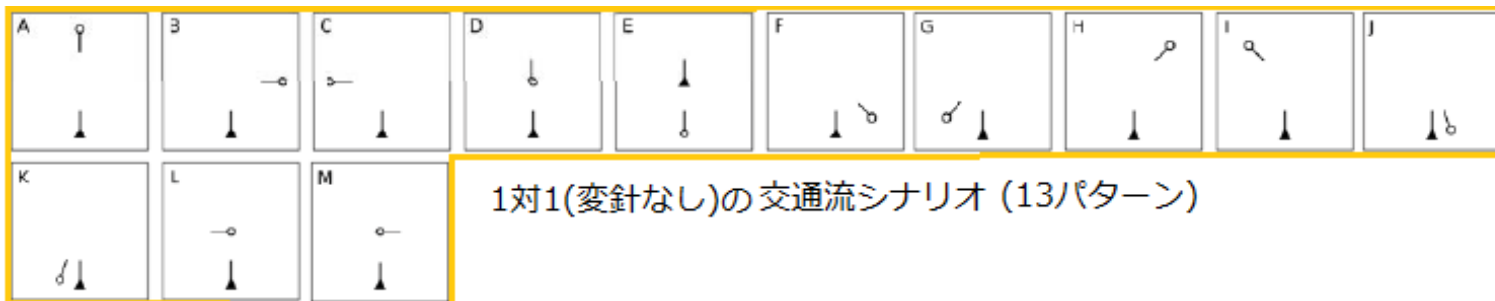
目次

1. 評価シナリオ群の作成
 - 1.1 基本シナリオ群（共通シナリオ）
 - 1.2 中間シナリオ群
 - 1.3 実海域シナリオ
 - 1.4 事故シナリオ
2. 評価指標
 - 2.1 評価指標
3. 専門家による評価
 - 3.1 評価方法
 - 3.1.1 資格要件 1
 - 3.1.2 資格要件 2

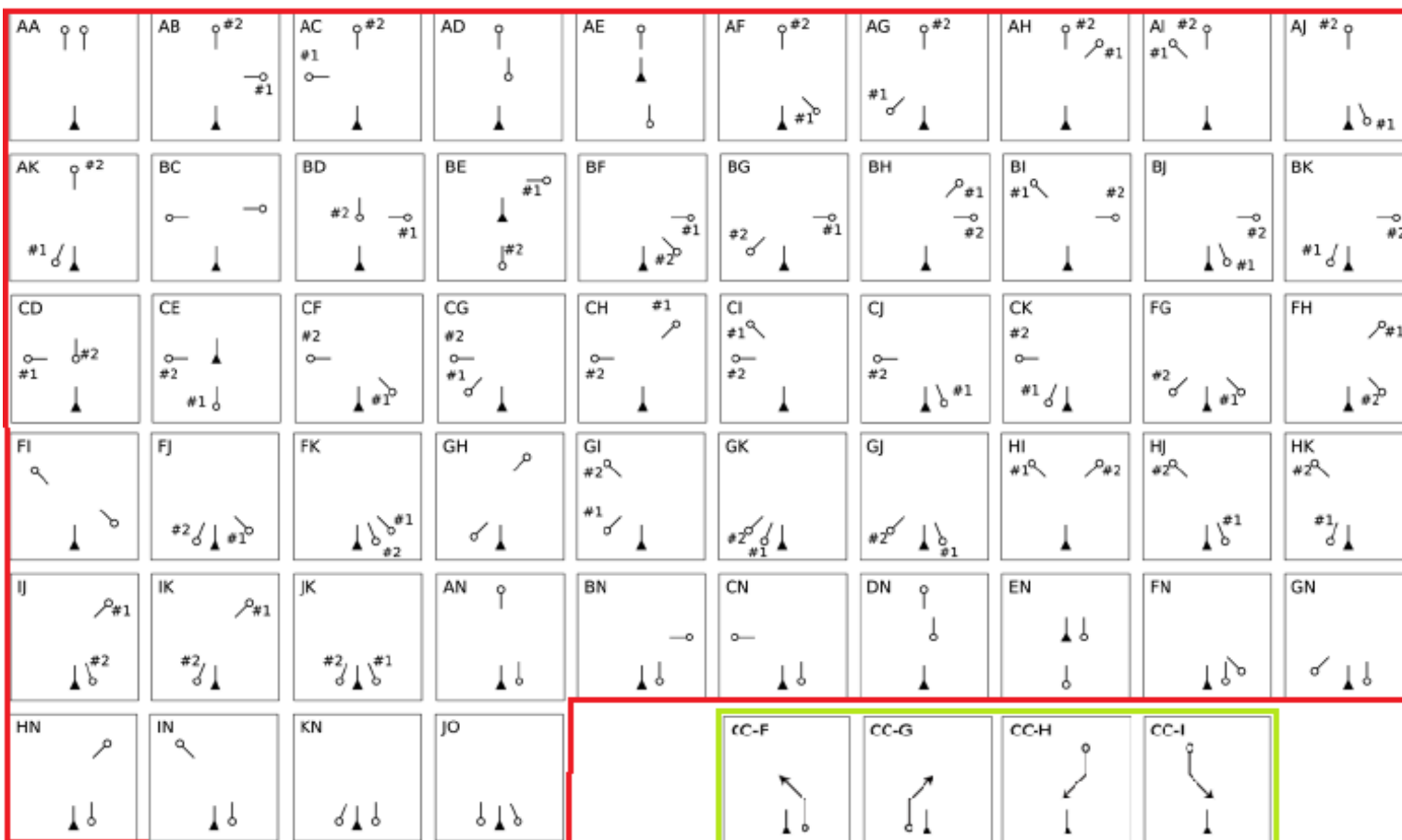
評価フロー



評価シナリオ (基本シナリオ群)



1対1(変針なし)の交通流シナリオ (13パターン)



1対2の交通流シナリオ (67パターン)

1対1(変針あり)の交通流シナリオ(4パターン)

評価シナリオ (中間シナリオ群)

表 I-1 中間シナリオ群(共通シナリオ)

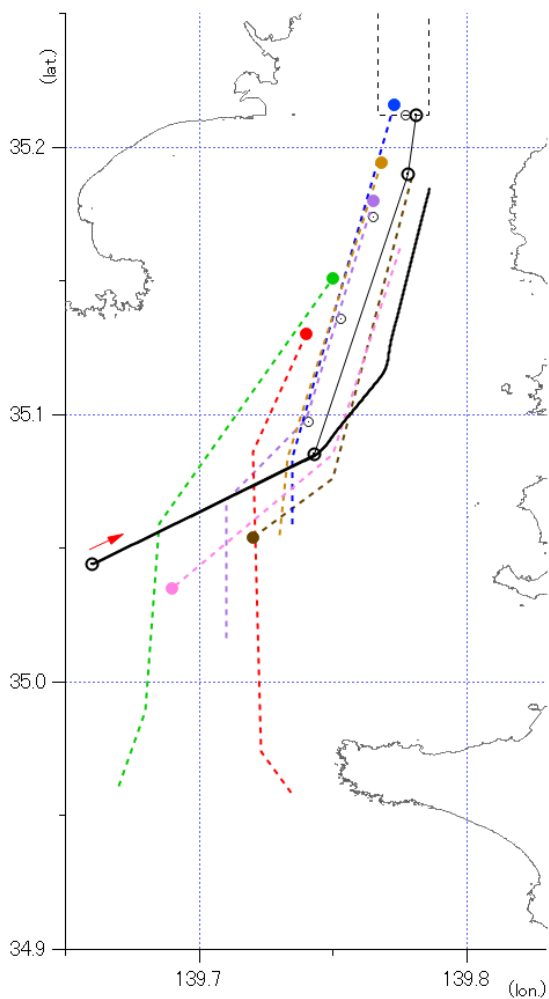
No	実践的要素	概要図
1	相手船が本船に対して避航する	
2	相手船が予期しない動きをする	
3	センサ異常や外力影響等によって航海計画から逸脱が検知される	
4	避航航路作成不可となる	

表 I-2 中間シナリオ群(選択シナリオ)

No	実践的要素	概要図
5	WPT(変針点, 変速点)付近で避航する	
6	浅所の付近を航行する	
7	交通流を横断する	
8	交通流に合流, もしくは交通流に沿って航行する	
9	漁船(群)の付近を航行する	
10	航路内, もしくは航路付近を航行する	
11	航路を横断する	

評価シナリオ（実海域シナリオ、事故シナリオ）

AIS Base



	船種	船長
自船	Container	80m
他船1	タンカー	70m
他船2	貨物船	72m
他船3	貨物船	190m
他船4	タンカー	107m
他船5	タンカー	96m
他船6	タンカー	70m
他船7	貨物船	72m

2. 評価指標

評価シナリオ群のシミュレーションの結果として指標(以下)、航跡図及びアニメーションを出力し、複数の専門家による評価を受けること。

2.1 評価指標

- ① 相手船との最小距離
- ② 相手船との最小船首航過距離
- ③ 相手船との最小正横航過距離
- ④ 相対方位変化率(評価領域図¹⁾のフォーマットで示すこと)
- ⑤ 毎分あたりの最大回頭角速度
- ⑥ 毎分あたりの方位変化率
- ⑦ 相手船船側との交差距離
- ⑧ 衝突判定時系列値(CJ 値の時系列)
- ⑨ 主観的衝突危険度判定時系列値(SJ 値の時系列)
- ⑩ ブロッキング係数時系列値(BC 値の時系列)
- ⑪ 環境ストレス時系列値(ES 値の時系列)
- ⑫ 相対方位変化
- ⑬ 舵角、速力、DCPA 及び TCPA の時系列

- 1) 一般社団法人日本船長協会, 自動避航システムの認証に向けた検証実験報告等,
https://captain.or.jp/?page_id=11561

3. 専門家による評価

3.1 評価方法

専門家による評価について、以下の資格要件1及び2を満足する専門家の複数名による合議で行われ、海上交通法規への適合性、指標による判定及び海技者の視点を踏まえた適切な動作の判断を行う。なお、評価を実施する専門家は自社の海技者等であってはならない。

3.1.1 資格要件1

以下の要件及び搭載予定船舶が運用される海域のうち、海上交通安全法、港則法の航法が適用される航路・水域で、同種の船舶の操船経験を有すること。

- 1. 搭載予定船舶の大きさが総トン数 5,000トン以上の場合：
三級海技士(航海)以上の免許を受けた後、総トン数 5,000トン以上の船舶において操船経験を有すること。
- 2. 搭載予定船舶の大きさが総トン数 200トン以上 5,000トン未満の場合：
四級海技士(航海)以上の免許を受けた後、総トン数 200トン以上の船舶において操船経験を有すること。
- 3. 搭載予定船舶の大きさが総トン数 200トン未満の場合：
五級海技士(航海)以上の免許を受けた後、船舶において操船経験を有すること。

3.1.2 資格要件2

- 1. 水先人
- 2. 海難審判所 審判官、理事官(一級海技士(航海)を有する者又は船舶の航海に関する教授、准教授若しくは海技教育機構相当職経験者に限る)
- 3. 海事補佐人(一級海技士(航海)を有する者又は船舶の航海に関する教授、准教授若しくは海技教育機構相当職経験者に限る)
- 4. 海技教育者
- 5. 元海上保安官で海上交通センター勤務経験者

船の種類・概要	概要・目指すもの	航路	主な開発主体
<p>RORO船「第二ほくれん丸」</p>  <p>(全長173.8m)</p>	<p>釧路から日立の往復約1,600kmの農産物を運ぶRORO船。漁船過密海域と濃い霧が発生する海域を含む航路での商用運航ベースでの実証を目指します。</p>	<p>釧路—日立</p>	<p>川崎汽船 他3社</p>
<p>新造定期内航コンテナ船「げんぶ」</p>  <p>(全長134.9m)</p>	<p>無人運航船に必要なシステムをすべて備えた新造内航コンテナ船。無人運航船として一(イチ)からコンセプト開発し、高度な自律航行機能に加えて機関部の遠隔監視機能や係留時の省力化技術を搭載。無人運航船技術による船員の負担軽減の効果最大化を目指します。</p>	<p>神戸—大阪—名古屋—清水—横浜—東京 ※商用運航中</p>	<p>MTI 他15社</p>

実証船

船の種類・概要	概要・目指すもの	航路	主な開発主体
<p>離島航路船「おりんぴあどりーむせと」</p>  <p>(全長65m)</p>	<p>日本に400ある有人離島の航路の維持が課題となっている中、本船の自動化で船員不足を支え、離島住民にとって安定的な人・モノの輸送の確保を目指します。</p>	<p>新岡山港—土庄港(小豆島) ※商用運航中</p>	<p>日本海洋科学 他4社</p>
<p>内航コンテナ船「みかげ」</p>  <p>(全長96.81m)</p>	<p>第1ステージの実証実験船でもある「みかげ」は、日本で最も普及している749総トンのコンテナ船。本船の自動化を社会実装レベルに高めることで、無人運航船の普及促進を目指します。</p>	<p>神戸—名古屋 ※2025年度中の商用運航を予定</p>	<p>商船三井 他3社</p>

実証船評価スケジュール

実証船	PD	'25年 8月	9月	10月	11月	12月	'26年 1月	2月	3月
おりん ぴあど りーむ せと	A	依頼			合格				
	B		依頼		合格				
	C		依頼		合格				
みかげ	D		依頼						合格
	E		依頼						合格
げんぶ	F	依頼				合格			
	G		依頼			合格			
第二ほ くれん 丸	H			依頼			合格		

➤ 不合格基準

- ・法規違反
- ・許容不可能な危険な操船

➤ 不合格例

- ・相手船が二隻の見合い関係において、相手船二隻が接近する場合に、その間を通り抜けようとする
- ・相手船が二隻の見合い関係において、一隻目を避航する際に、二隻目の避航範囲を狭める
- ・相手船が二隻の見合い関係において、一隻目を避航した後に、元進路に復帰しようとして、二隻目の進行方向に進む
- ・曳網中かもしれない漁船のすぐ後ろを横切る

専門家評価を実施しての主な意見

➤ 専門家からの意見

- ・見合い関係になる前と後で避航動作は異なるので、それぞれ計算してほしい
- ・いくつかの指標は必須でなくてよい

➤ 今津委員長からの意見

- ・各基本シナリオは、見合い関係の前・後、相手船が想定外の挙動をして追い込まれた状況の3パターンが必要
- ・指標に衝突時の義務履行の確認に資する許容角を追加すべき

➤ JG/NKからの意見

- ・専門家からは追い込まれた状況での判断に対する意見を聞きたい
- ・プランナー開発者にも専門家にも中間・実海域シナリオの意図を理解してほしい
- ・プランナー開発者には中間・実海域・事故シナリオ毎の説明資料を作成してほしい

➤ 船技協からの意見

- ・専門家評価時にプランナー開発者の担当者に待機してほしい

➤ PDからの意見

- ・同じ計算結果に対して専門家によって意見が異なるのは避けてほしい
- ・専門家には内航と外航の慣例の違いを理解してほしい

おわりに（2040年予想）

人が操船する船舶と自動運航船が半数ずつ輻輳

自動運航船に要求される操船：海上衝突予防法を順守した操船

- ① 1対1の見合い関係は全て安全に避航
- ② 周囲の人が操船する船舶に危険を与えない操船
- ③ 周囲の他のプランナーを搭載した船舶に危険を与えない操船

①、②、③共に専門家の判定データを蓄積することにより、機械的に判定
→プランナーによる避航の画一化

人が操船する船舶に要求される操船：海上衝突予防法を順守した操船

- ① 1対1の見合い関係は全て安全に避航
- ② 周囲の人が操船する船舶に危険を与えない操船（船員の常務）
- ③ 周囲の自動運航船に危険を与えない操船（船員の常務）
→周囲の自動運航船と同様な操船