

自動運航システム等の検査の方法(案)

1. 一般

① 検査の目的

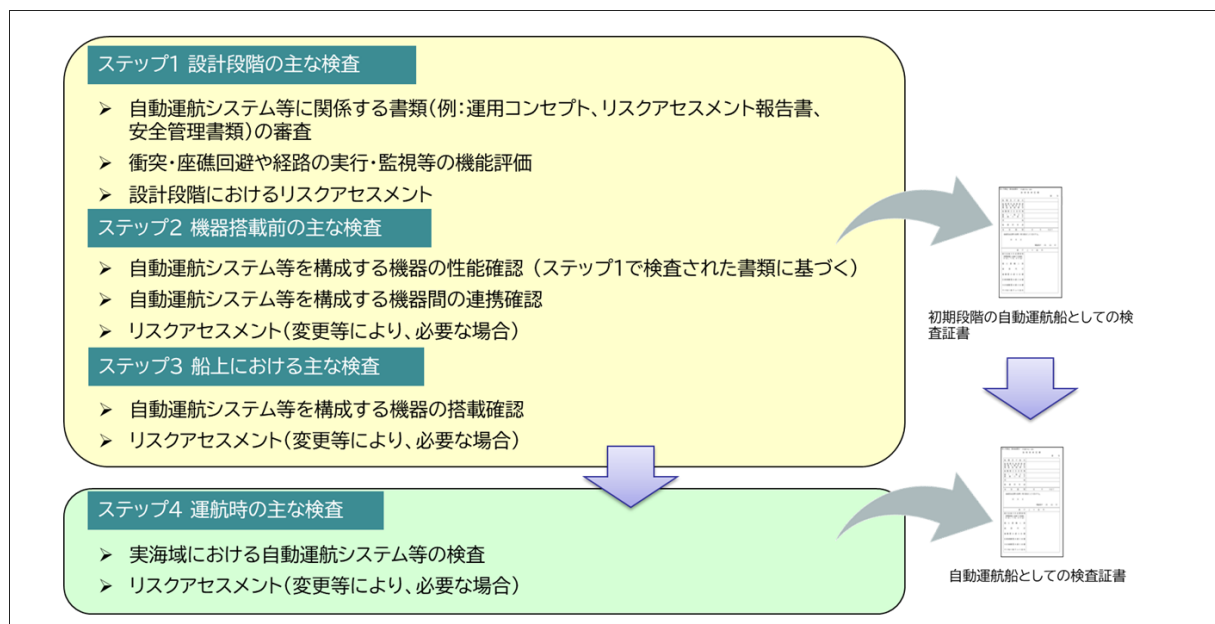
船舶に搭載される自動運航システム及び遠隔支援業務用設備等(以下、「自動運航システム等」)が船舶自動化設備特殊規則(以下、「自動化規則」)第 11 条の 2 に定める要件を満足することを確認する。

② 検査の手法

自動運航システム等の検査は、既存の検査手順(設計段階の検査(ステップ1)、機器搭載前の検査(ステップ2)及び船上における検査(ステップ3))と運航時の検査(ステップ4)により実施する。

なお、運航時の検査は初期段階の自動運航船[※]として船舶検査証書を有して行われること。

※ 初期段階の自動運航船とは、自動運航システムの全てのタスクに人の介入を有するもの



イメージ図

2. 設計段階の検査:ステップ1

ステップ1の検査では、自動運航システム等の基準への適合性を確認するものとし、その方法は、提出書類による確認、システムに使用するソフトウェアの機能を確認する機能確認試験、設計段階におけるリスクアセスメントによる。

① 提出書類

船舶所有者から次の書類について提出を受け、基準に適合していることを確認する。

なお、適当と認める場合は電子データで提出を受けることができる。

a. 自動運航システム等を搭載する船舶の運用コンセプト

運用コンセプトは、自動運航システム等の利用・運用の概念、概要をまとめた文書であり、自動運航システム等を搭載する船舶の概要、自動運航システム等と船員の役割分担、船舶自動化設備特殊規則第11条の2第1項第1号二に定める船員への引継ぎ体制について記載すること。

ただし、詳細は機能要求仕様書及び設計書に記載することとしても構わない。

b. 自動運航システム等の機能要求仕様書及び設計書

少なくとも、以下の内容が含まれていること。

- i 自動運航システム等の機能要求
- ii 自動運航システム等の全体像が分かるようなシステムアーキテクチャ
- iii 自動運航システム等のアルゴリズムの概要
- iv 自動運航システム等に入力されるデータの種類(接続を想定しているセンサー等)
- v 自動運航システム等からの信号が出力される対象(制御機器等)
- vi 自動運航システム等が担うタスク(タスクを構成するサブタスクを含む)
- vii 自動運航システム等が担うサブタスク一覧
- viii 自動運航システム等と船員の役割分担を明確にしたもの
- ix 自動運航システム等が実行するサブタスクから船員が実行するサブタスクへの移行、あるいはその逆を行う場合は、移行に関するプロセスの説明(移行に要する時間、移行の確実性、移行された船員がサブタスクの実行に適切に対応できる手段や手順を含む)
- x 自動運航システム等の運航設計領域
- xi フォールバックのプロセス
- xii サイバーセキュリティ対策

c. 自動運航システム等の手引書

以下の書類が含まれていること。

- i 自動運航システム等を搭載する船舶概要を含めた、自動運航システム等の概要
- ii 船舶安全法施行規則第51条第1項第16号に定める資料

d. 設計開発体制に関する資料

以下の事項が記載されていること。

- i システム供給者が、自動運航システム等のライフサイクルにわたって、バージョンアップやソフトウェアの欠陥発見時の対応を実施すること。
- ii ISO9001 等、適切な品質システムを有していること。
- iii 自動運航システム等を構成するソフトウェアやハードウェアの信頼性、妥当性を確保、検証する能力を有していること。ソフトウェアの信頼性及び妥当性については、シミュレーション試験によって検証すること。
- iv 各種試験方案を立案する能力を有していること。

e. 設計開発プロセスに関する資料

自動運航システム等の開発においては、システムエンジニアリングに基づいた開発プロセスあるいはそれと同等以上の信頼性を有する開発プロセスが採用されていること。

f. 自動運航システム等の機能確認試験の報告書

g. リスクアセスメントの報告書

h. その他必要と認める資料

② 機能確認試験

自動運航システム等の各機能について、以下のシミュレーション等による試験により基準に適合していることを確認する。

a. 状況認識

自動運航システム等の状況認識機能について、機能要求仕様に応じ、適切に継続監視及び情報統合ができることをシミュレーション試験又は実機を用いた試験により確認すること。その際、以下 i から iii の事項を確認しなければならない。

- i 運航設計領域判定機能の確認
- ii フォールバック機能の確認
- iii オーバーライド機能の確認

b. 衝突・座礁回避

自動運航システム等は、状況認識に基づき、衝突又は座礁を回避する手段をとることができるものであることを附属書Ⅰ 衝突・座礁回避機能の試験により確認すること。

c. 経路の実行・監視

自動運航システム等について、船舶が適切に経路を実行するための制御ができるものであることを附属書Ⅱ 経路の実行・監視機能の試験により確認すること。

d. 船員への引継ぎ

自動運航システム等は、必要に応じて船員が引き継ぐことができる仕様であることを確認するため、以下 i から iii の事項を確認しなければならない。

なお、引継ぎ機能の確認にあたって、ステップ2以降の検査(搭載予定の機器により確認する検査)で確認することとしても良い。

- i 運航設計領域の逸脱の有無にかかわらず、船員が任意に自動運航システム等をオーバーライドできること、この操作は制御システムから独立し、簡単な操作で迅速に行うことができ、誤作動を防止するものであること。
- ii 運航設計領域から逸脱した場合又は逸脱が予見される場合の船員への引継ぎにあたっては、船員が引き継ぎを完了するまでに要する時間、衝突回避等の対応が可能な範囲が明確に設定されていること。
- iii 運用領域から逸脱した場合、フォールバックされ、リスクの最小化が図られていること。

e. 警報管理

自動運航システム等の警報管理機能については、船橋を含め、船舶の監視・制御場所において警報が、船舶自動化設備特殊規則第 11 条の 2 第 1 項第 1 号ホに基づき適切に備えられていることを確認すること。

f. 情報記録

自動運航システム等の情報記録機能については、船舶自動化設備特殊規則第 11 条の 2 第 1 項第 1 号ヘに定める必要な情報が記録される装置であることを確認すること。特に、記録の保管場所(船内、陸上等)や記録方法についても確認すること。

g. その他

自動運航システム等は、船舶自動化設備特殊規則第 11 条の 2 第 1 項第 1 号トについて、その他管海官庁が必要と認める事項を満足するよう設計されていることを確認すること。

③ リスクアセスメント

自動運航システム等は、船舶自動化設備特殊規則第 11 条の 2 第 2 項に従いリスクアセスメントを実施しなければならない。リスクアセスメントの実施にあたっては、附属書Ⅲ 自動運航船/無人運航船のリスク解析手順書を参考に実施すること。

3 機器搭載前の検査:ステップ2

機器搭載前の検査は、自動運航システム等を構成する機器が船舶に搭載される前に、あらかじめ運用コンセプト、機能要求仕様書及び設計書等で求める性能に適合していることを確認する。

なお、既に航行している船舶に搭載されている機器の場合は、ステップ2の検査をステップ3の検査にて確認することも可能である。

① 自動運航システム等を構成する機器の性能確認

以下の事項を確認すること。

- a. 機能性
- b. 故障及び不具合の影響(診断機能、検知、アラートに対する応答を含む)
- c. 性能
- d. ソフトウェア及びハードウェアのコンポーネント間の統合
- e. ヒューマンマシンインターフェース

② 自動運航システム等を構成する機器間の連携確認

機器間の連携確認にあたっては、以下の事項を確認すること。

また、可能な範囲で船員への引継ぎ機能についても確認すること。

- a. 機能性(機器を連携して行われるものに限る。)
- b. 故障及び不具合の影響(診断機能、検知、アラートに対する応答を含む)(機器を連携して行われるものに限る。)
- c. 性能(機器を連携して行われるものに限る。)
- d. ソフトウェア及びハードウェアのコンポーネント間の統合(機器を連携して行われるものに限る。)

③ リスクアセスメント

ステップ1のリスクアセスメント結果について、自動運航システム等の詳細設計等に確実に反映されているか、考慮されていなかった事故シナリオが無いかな等を附属書Ⅲ 自動運航船/無人運航船のリスク解析手順書を参考に実施すること。

4 船上における検査:ステップ3

① 自動運航システム等を構成する機器が適切に設置されていることを確認する。

② 以下の効力試験により適切に動作することを確認する。

- a. 搭載した機器が設計書等のとおりに動作すること及び自動運航システム等が故障した場合に船員に引き継げることを確認する。
- b. 自動運航システム等と船内で動作する他のシステムとの干渉により、船舶の安全性に影響をおよぼさないことを確認する。

③ リスクアセスメント

ステップ2までのリスクアセスメント結果について、自動運航システム等の詳細設計等に確実に反映されているか、考慮されていなかった事故シナリオが無いかな等を附属書Ⅲ 自動運航船/無人運航船のリスク解析手順書を参考に実施すること。

5 運航時の検査:ステップ4

- ① 運航時の検査は、自動化規則第 11 条の 2 に定める要件への適合を実際に船舶が航行している環境下において確認する。

② この検査の実施にあたっては、自動運航システム等が担う予定のタスク全てを船員が担っていること、船舶安全法施行規則第 51 条第 2 項の承認を受けた同条第 1 項第 16 号の資料が船長に供与されていることを確認すること。

③ リスクアセスメント

ステップ3までのリスクアセスメント結果について、自動運航システム等の詳細設計等に確実に反映されているか、考慮されていなかった事故シナリオが無いかな等を附属書Ⅲ 自動運航船/無人運航船のリスク解析手順書を参考に実施すること。

附属書Ⅰ 衝突・座礁回避機能の試験

衝突・座礁回避機能を確認するための手段については、安全基準の要件を満たしていることを確認するため、数値シミュレーター等を用いてシミュレーションを行うことを原則とする。

Ⅰ. 評価シナリオ群の作成

シミュレーションを行うための評価シナリオ群は、次の1から4に示すシナリオから構成されること。

評価シナリオ群には、基本シナリオ、中間シナリオ(共通シナリオ)及び実海域シナリオを必ず含み、中間シナリオ(選択シナリオ)については、航行予定の海域で想定される要素を考慮してシナリオを選択すること。

評価シナリオ群の作成にあたっては、自動運航システム等を搭載する船舶の実際の運航をよく知る船長等の意見を考慮して各パラメータ(相手船の大きさ、最接近時間、相対船速等)を設定すること。

1. 基本シナリオ群(共通シナリオ)

基本シナリオ群は、図Ⅰ－1に示す対応する見合い関係から想定される交通流を網羅的に検証するシナリオ群で、図Ⅰ－2に示す84パターン。

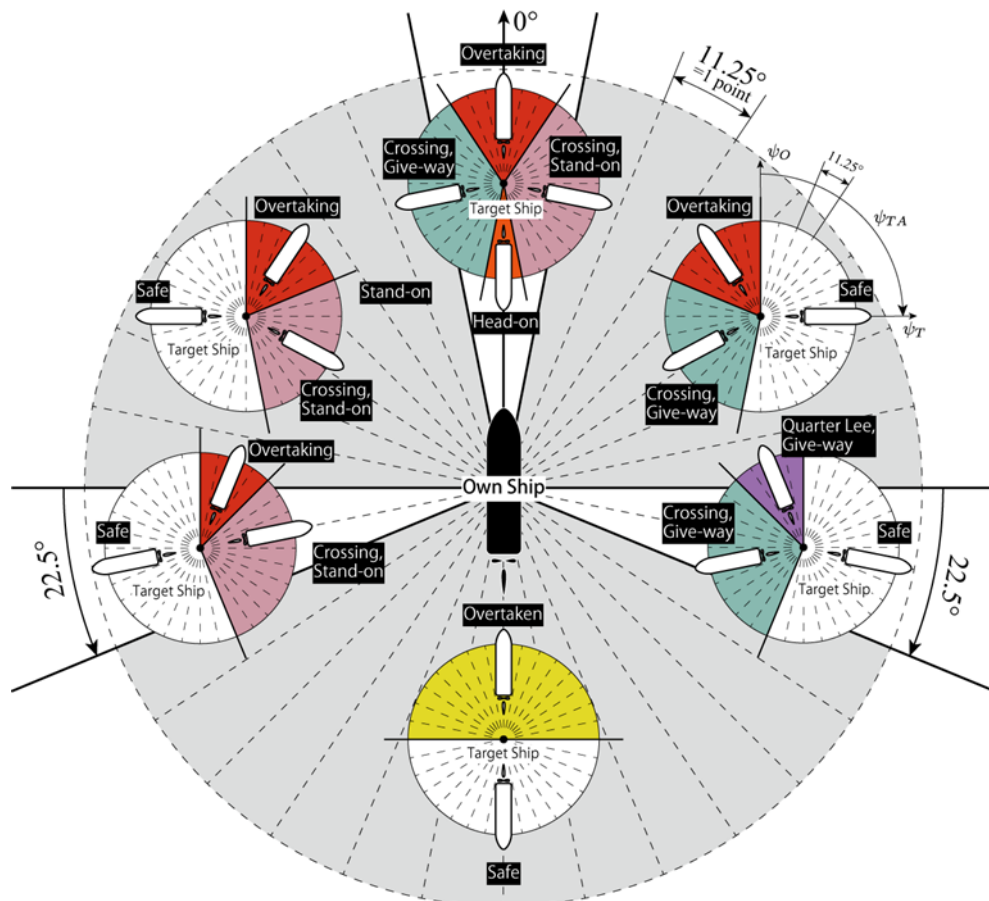


図 I -1 見合い関係

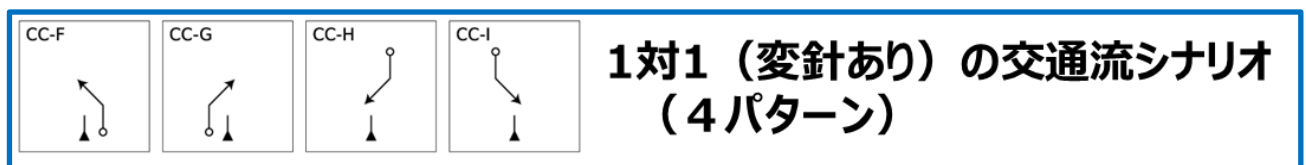
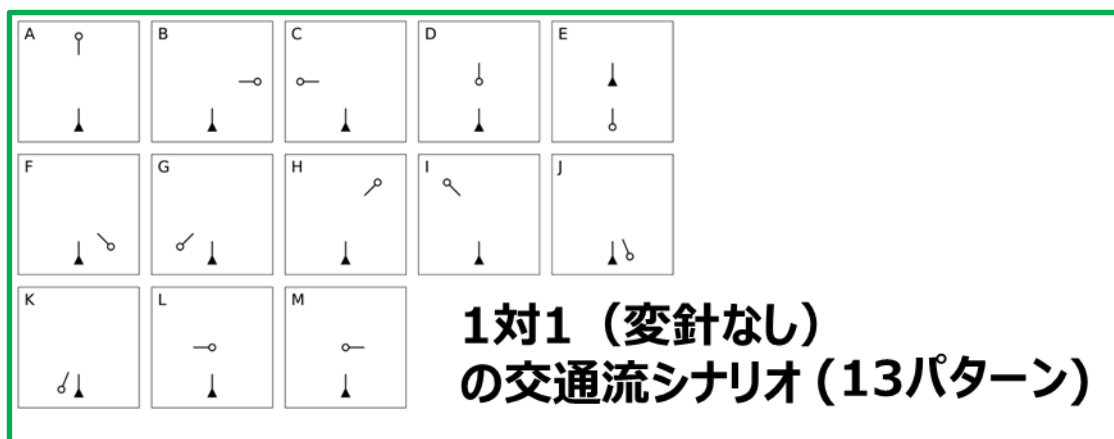


図 I - 2

2. 中間シナリオ群

中間シナリオ群は、実海域で発生しうる実践的な要素を細かく抽出したシナリオ群であり、表Ⅰ－1 中間シナリオ群(共通シナリオ)4種類と表Ⅰ－2 中間シナリオ群(選択シナリオ)7種類に分類される。

表Ⅰ－1 中間シナリオ群(共通シナリオ)

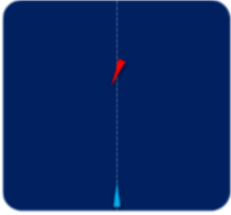
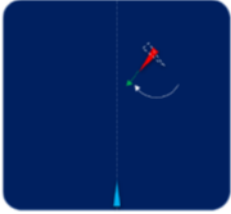
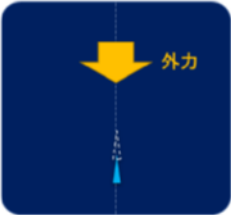
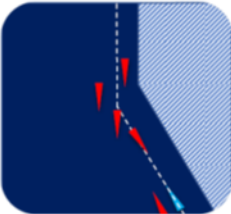
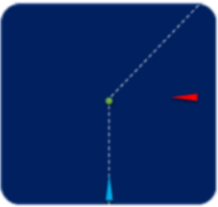
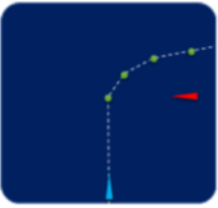
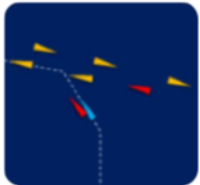
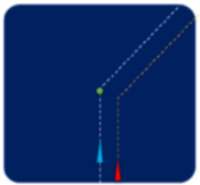
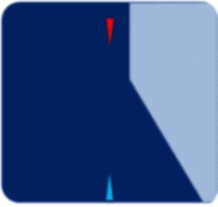
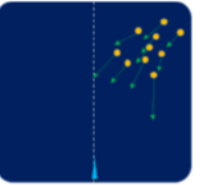
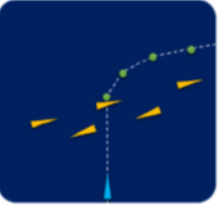
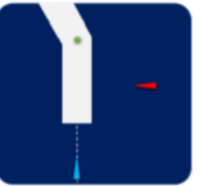
No	実践的要素	概要図
1	相手船が本船に対して避航	
2	相手船が意図しない動き	
3	センサ異常、外力影響等により航海計画から逸脱を検知	
4	避航航路作成不可	

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

3. 実海域シナリオ

衝突・座礁回避機能が、連続的な避航を実施できることを確認するため、実際に自動運航システム等を使用する海域を模したシナリオにおいてシミュレーションを実施すること。

実海域シナリオは、航行予定海域の AIS 等のデータをもとに作成されること。その際、基本シナリオ群及び中間シナリオ群で明治したシナリオのうち、いくつかのシナリオが連続的に発生するようになっていること。

実海域シナリオのシミュレーション実施にあたっては、船舶の状態による運動性能の変化を考慮して、あらかじめ確認された経路の実行・監視機能と接続して行うこと。

4. 事故シナリオ

過去の事故事例を踏まえたシナリオにおいてシミュレーションを実施すること。

実施にあたっては、中間シナリオに組み込んで実施することができる。

II. 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以下の指標等を出力し、複数の専門家による評価を受けること。

1. 以下の評価指標

- ① 相手船との最小距離
- ② 相手船との最小船首交差距離
- ③ 相手船との最小船側交差距離
- ④ 毎分最大旋回角変化量
- ⑤ 毎分方位変化量
- ⑥ 相手船舶側との交差距離
- ⑦ 最大衝突判定値
- ⑧ 最小主観的衝突危険度判定値
- ⑨ 最小ブロッキング係数値
- ⑩ 最大環境ストレス値
- ⑪ 評価領域図¹⁾
- ⑫ 相対方位変化
- ⑬ 相対方位変化率
- ⑭ 舵角、速力、補足物標の DCPA 及び TCPA の時系列値

2. 航跡図及びアニメーション

III. 専門家による評価

1. 評価方法

専門家による評価は、2. 専門家の基準に規定する資格要件1及び資格要件2からなる専門家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評価する。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。

2. 専門家の基準

①資格要件1

- a. 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、直近の 10 年間の間に総トン数 5,000 トン以上の船舶において 4 年以上の船長としての乗船履歴を有すること。
- b. 搭載予定船舶の大きさが総トン数 500 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、直近の 10 年間の間に総トン数 500 トン以上の船舶において 4 年以上の船長としての乗船履歴を有すること。
- c. 搭載予定船舶の大きさが総トン数 20 トン以上 500 トン未満の場合：
五級海技士(航海)以上の免許を受けた後、直近の 10 年間の間に総トン数 20 トン以上の船舶において 4 年以上の船長としての乗船履歴を有すること。
- d. 搭載予定船舶の大きさが総トン数 20 トン未満の場合：
六級海技士(航海)以上の免許又は一級小型船舶操縦士の免許を受けた後、直近の 10 年間の間に総トン数 20 トン以上の船舶において 4 年以上の船長としての乗船履歴を有すること。

②資格要件2

- a. 水先人
- b. 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)
- c. 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)
- d. 海技教育者
- e. 元海上保安官で海上交通センター勤務経験者

参考文献

- 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

附則書Ⅱ 経路の実行・監視機能の試験

経路の実行・監視機能について、船舶が適切に経路を実行できるための制御ができることを確認するため、シミュレーション試験により確認する。

Ⅰ.用語

本附属書で使用する用語の意味は下表のとおり

用語	説明
操船モード	離棧操船、離棧後に増速を伴う港内操船、港内操船、沿岸航海操船、大洋航海操船、着棧前に減速を伴う港内操船及び着棧操船
離棧操船	岸壁から離岸し、前進加速できる範囲までの操船
離棧後に増速を伴う港内操船	サイドスラスターの使用が想定される速度域で、離棧操船に引き続いて加速しながら出航する操船
港内操船	港内(防波堤の内側)でサイドスラスターの使用を前提としない速度域での操船
沿岸航海操船	沿岸航路や混雑する地域を含む航路での操船
大洋航海操船	外洋での操船
着棧前に減速を伴う港内操船	サイドスラスターの使用が想定される速度域で、接岸前に減速しながら入港する操船
着棧操船	着棧前に減速を伴う港内操船で十分に減速した後、岸壁へ接岸するまでの操船

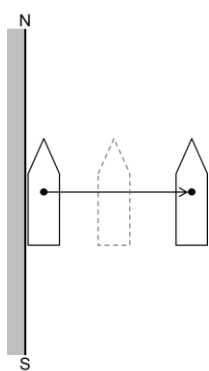
Ⅱ.シミュレーション試験

1. 一般

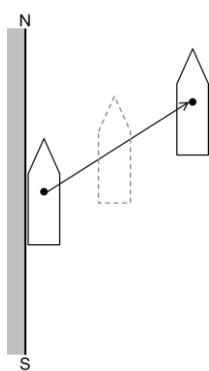
- ① 試験シナリオは試験対象機器が実際に使用するデータ様式又はそれと同等なデータ様式で作成され、試験対象機器へ転送又は保存し、実行されること。
- ② 港内操船、沿岸航海操船及び大洋航海操船を対象とする自動運航システムについて、当該操船については、船舶の操舵の設備の基準を定める告示第12条第1項第1号の航跡制御方式(TCS)を採用する自動操舵装置の基準を満足すること。
- ③ 離棧操船、離棧後に増速を伴う港内操船、着棧前に減速を伴う港内操船及び着棧操船を対象とする自動運航システムについては、2.以降に従いシミュレーション試験を実施すること。

2. 環境設定

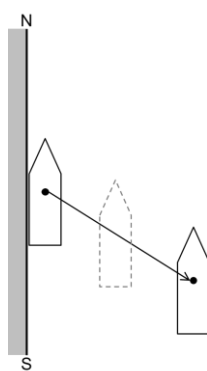
- ① シミュレーターで使用する自動運航システムが搭載される船舶(以下、「対象船舶」)の操縦運動モデルは、次の a. から e. を満足するものを用いること。
 - a. 操船制御を行う装置の制御手段として使用されるアクチュエータの組合せとその操作による操縦運動を適切に計算可能であること。
 - b. アクチュエータへの操作指令に対する実作動量の応答が適切であること。
 - c. 潮流及び風の外乱影響を考慮した操縦運動を適切に計算可能であること。
 - d. 位置、方位及び速度に波の周波数程度のノイズを考慮可能であること。
 - e. 操船制御を行う装置が必要とする演算周期以内で操縦運動を出力可能であること。
- ② 試験シナリオは、対象船舶の装備及び自動運航システムの運航設計領域に応じた操船パターン並びに外乱条件が網羅的に確認できるよう、次の a. から e. の要件を満足すること。
 - a. 試験シナリオで考慮する操船モードは、対象船舶の装備及び自動運航システムの運航設計領域に応じて選択すること。ただし、連続性を考慮するために、増減速及び変針が含まれる港内操船を試験シナリオに含めること。
 - b. 操船パターンは操船モード毎に図Ⅱ-1 から図Ⅱ-4 に示すものを用いること。
 - c. 対象船舶の装備及び自動運航システムの運航設計領域に応じて、実現可能な操船パターンを選択し、その組合せで試験シナリオを作成すること。
 - d. 外乱条件としては、「風(変動風)」及び「潮流」を考慮し、その強さと方向を考慮すること。
 - e. 前 c. 及び d. の試験シナリオと外乱条件の組み合わせ全てに対してシミュレーションによる試験を実施すること。



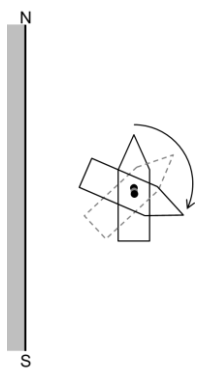
(a) Crabbing



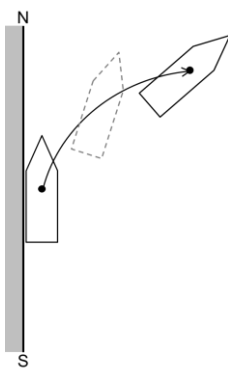
(b) Forward crabbing



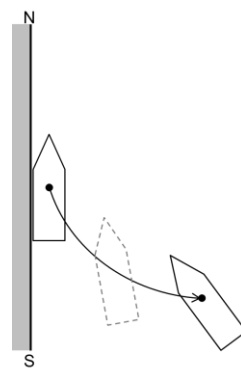
(c) Aftward crabbing



(d) Pivot turn

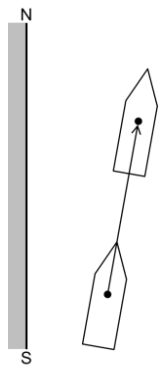


(e) Forward turn

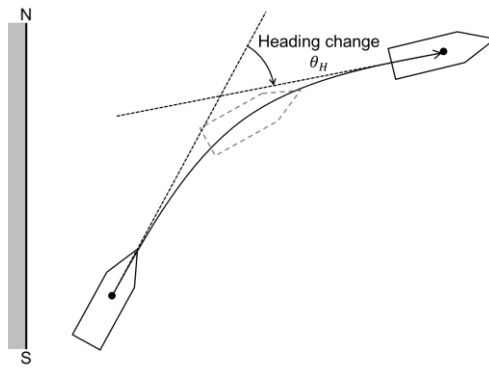


(f) Aftward turn

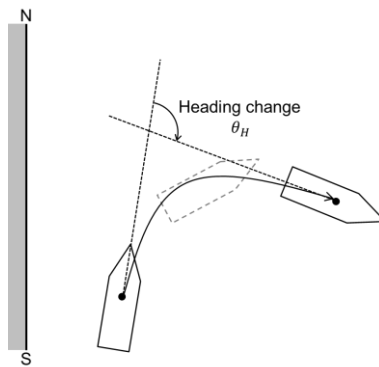
図Ⅱ-1 離棧操船の操船パターン



(a) Straight acceleration

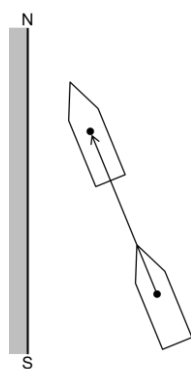


(b) Turning acceleration ($\theta_H < 90 \text{ deg.}$)

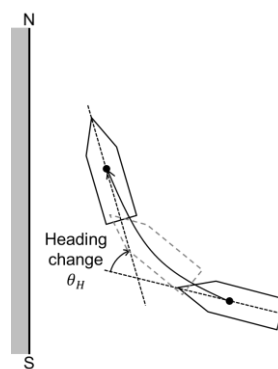


(c) U-turning acceleration ($\theta_H \geq 90 \text{ deg.}$)

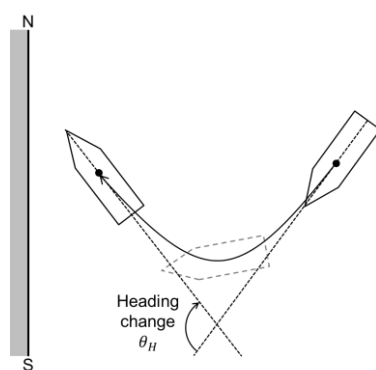
図Ⅱ-2 離棧後に増速を伴う港内操船の操船パターン



(a) Straight deceleration

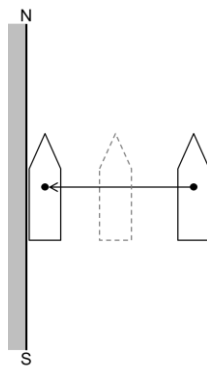


(b) Turning deceleration ($\theta_H < 90$ deg.)

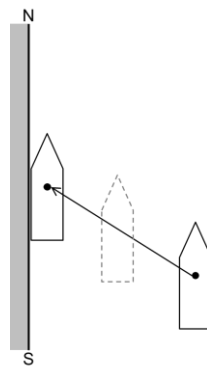


(c) U-turning deceleration ($\theta_H \geq 90$ deg.)

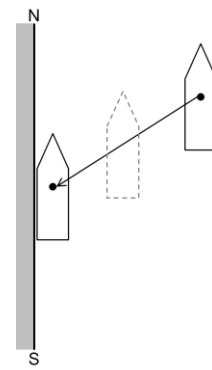
図Ⅱ-3 着桟前に減速を伴う港内操船の操船パターン



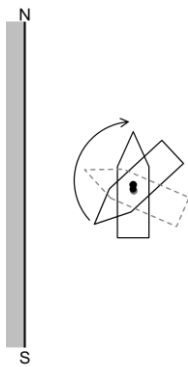
(a) Crabbing



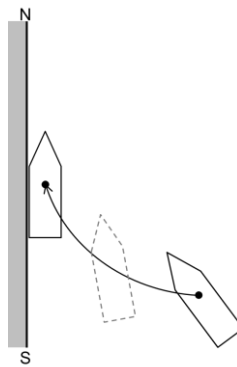
(b) Forward crabbing



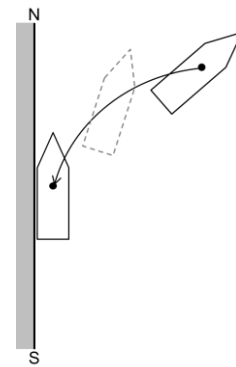
(c) Aftward crabbing



(d) Pivot turn



(e) Forward turn



(f) Aftward turn

図Ⅱ-4 着岸操船の操船パターン

3. 評価

次の①から⑤に従い、試験結果に対する評価を実施しなければならない。

- ① 表Ⅱ-1 に示す性能指標を用いること。
- ② 航路偏差については、表Ⅱ-2 に示す閾値を満足すること。
- ③ 離岸操船、着岸操船における船首尾の岸橋方向への速度は、減速として 10cm/s 以下であること。
- ④ 表Ⅱ-1 に示す性能指標のうち、前②から④に規定されない性能指標については、あらかじめ設定した閾値を用いること。

表Ⅱ-1 港内操船を対象とする操船制御装置の性能指標

性能指標	算出場所	離棧操船	離棧後に増速を 伴う港内操船	港内操船	着棧前に減速を 伴う港内操船	着棧操船
航路偏差	WP/Leg	○	○	○	○	○
合速度偏差	WP	○	○	○	○	○
左右方向 速度偏差	WP	○				○
船首尾における 棧橋方向速度	棧橋近傍	○				○
船首方位偏差	WP	○				○
着棧位置偏差	最終 WP					○

(注)WP:経由点、Leg:区間線

表Ⅱ-2 港内操船を対象とする操船制御装置の航路偏差の閾値

性能指標	離棧操船	離棧後に増速を 伴う港内操船	港内操船	着棧前に減速を 伴う港内操船	着棧操船
航路偏差	0.5 <i>Loa</i>	直進時 1.0 <i>B</i> 変針時 0.5 <i>Loa</i>	0.25 <i>Loa</i>	直進時 1.0 <i>B</i> 変針時 0.5 <i>Loa</i>	0.5 <i>Loa</i>
合速度偏差	±1.0 kt※	下限:-25% 上限:+50%	±1.0 kt	下限:-50% 上限:+25%	+0.5 kt※
左右方向 速度偏差	±1.0 kt				±0.5 kt
船首方位偏差	10.0 deg.				10.0 deg.

※ 棧橋等の障害物方向となる移動方向と反対側には移動しないこと

附属書Ⅲ 自動運航船/無人運航船のリスク解析手順書

リスクアセスメントの実施にあたっては、別添の日本財団助成事業・MEGURI2040に係る安全性評価「自動運航船/無人運航船のリスク解析手順書」(参考資料3)を参考に実施すること。