

PS-4 仮想の自動運航船を対象とした安全性評価

海洋リスク評価系 * 石村 恵以子, 伊藤 博子, 塩苺 恵,
柚井 智洋, 三宅 里奈, 工藤 潤一, 河島 園子

1. はじめに

近年, 自動運航の技術開発が進んでいるが, 自動運航船の実現に向けて, その安全確保が重要である。海上技術安全研究所(以下, 海技研)では, 自動運航船の安全確保に資するため, 自動運航船を対象とした安全性評価手法の研究を進めている。本報では海技研が設定した仮想の自動運航船に対してHAZID(Hazard Identification; ハザード同定)による安全性評価を実施したので, その試行結果を報告する。

2. 仮想の自動運航船

自動運航船のHAZIDを実施するためには, 評価対象の自動運航船が必要である。国際的に合意された自動運航船の定義はまだ無いのが現状であるが, 国土交通省や日本海事協会によるガイドライン¹⁻²⁾等において, その定義が示されている。海技研ではこれらのガイドラインの定義を参考に, かつ, 現状の技術レベルも考慮し, 実現が可能と考えられる仮想の自動運航船を設定することにした。設定した自動運航船の詳細については, 文献³⁾を参照されたい。ここではその概要を示す。

自動運航船を設定するために, まず検討した項目を表-1に示す。

表-1 仮想の自動運航船設定のために検討した項目

項目	検討内容
コンセプト	自動で行うタスクの定義, 人間の関与, 限定領域
システムの機能	タスクに対応するシステムの定義
人間のタスク	航海士やシャドーが受持つタスク
システムのエラーモード	システムで発生が想定されるエラーの定義
船と航路	船種と航路, 乗客の有無, 航海時間・時間帯等

表-1に示した項目について, 検討の結果, 陸上制御センターを設置し, 自動運航システムが提案した運航計画等を陸上職員(船長)が承認し, 船上システムが船上の機器を指令通りに操作し, 操船することにした。設定した自動運航船の運航の基本構想(CONOPS: Concept of operations)を表-2, 自動運航船のシステム構成図を図-1, 自動化の範囲と範囲外を表-3に示す。

表-2及び表-3より, 自動化システムの運航設計領域(ODD: Operational Design Domain)も設定する³⁾。船舶の運航は運航計画の立案と実際の航海に区別が出来る, それぞれ注意点が異なる。また, 航海は大きく離着岸とそれ以外の航海に分け

て考えることにする。表-2に示した基本構想に基づく自動運航船を構成する主要なシステムのモデル化をUMLクラス図を応用した表記法を用いて表わすことにし, 航海中の一部システムを図-2に示す³⁾。同様に, 計画時, 離着岸時もモデル図を作成する。なお, 自動運航船では, 認知, 判断, 対応といった人間の意思決定プロセスの一部もしくは全部をタスクとしてシステムや機器に割り振るため, システムや機器には代表的なタスクを割り振っている。また, 今回設定した自動運航船は人間にもタスクを割り振っているため, 図-2にはタスクを割り振られた人間も含まれている。

表-2 仮想の自動運航船のCONOPS(運用の基本構想)

航路概要, 操船	乗客とシャドー要員が乗船する瀬戸内海の航海時間が10分程度のフェリー。日中の定期航路。船上の機器は基本的に陸上センターの指示通りに自動的に操作。
安全性	人損, 物損は生じさせない。乗客・乗員・船舶・貨物の安全を確保する

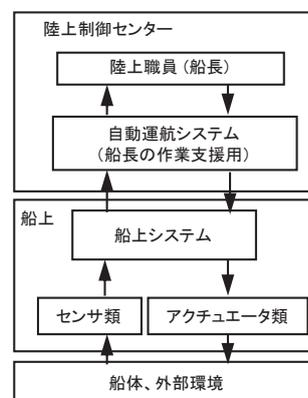


図-1 仮想の自動運航船のシステム構成図(簡略版)

表-3 仮想の自動運航船の自動化の範囲, 範囲外

自動化の範囲(考慮する)
<ul style="list-style-type: none"> ● 気象象や注意喚起情報を基にした, 所与の航海計画の修正(船長に提案して承認を得る) ● 離着岸操船(同上) ● 航海中の障害物・他船の避航操船(同上) ● 比較的交通量が少ない海域の特定航路の運航 ● 日中の時間帯の運航 ● 機関の制御
自動化の範囲外(考慮しない)
<ul style="list-style-type: none"> ● 任意航路の運航 ● 夜間の時間帯での運航 ● 荒天時の運航 ● 機関の維持管理 ● 荷役 ● 係船作業法令, 資格などによる設計への制限

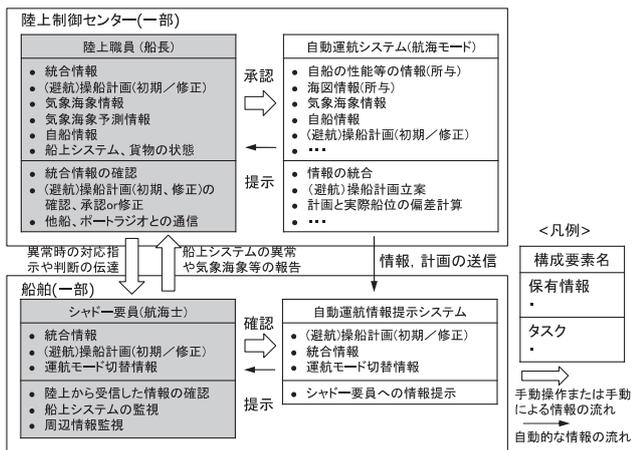


図-2 仮想的自動運航船のUMLクラス図の応用によるモデル化(航海中、一部システム)

3. 仮想的自動運航船の安全性評価

2章で示した仮想的自動運航船を対象にHAZID会議を実施した。評価の対象は図-1に示すシステムとし、フェーズは計画、離岸、航海、着岸とした。図-1はシステム全体の概略を示しており、実際の評価においては、各フェーズにおけるタスクや情報、制御の流れを明らかにする必要がある。図-2のようなモデル図を利用して、各フェーズ、各システム毎にハザードを、機器故障、タスクの未達(不実行)、ODDからの逸脱という観点で抽出することとしたが、その他の観点で考えられるハザードがあれば、それも抽出することとした。HAZID会議の参加者は海技研の自動運航船プロジェクトチームの約20名で、数名ずつが班を作り、班毎にフェーズ、サブシステムを担当し、ハザードの抽出を行い、ハザード毎に原因、影響、対策などをワークシートに記入し、下書きとした³⁾。HAZID会議はオンライン形式で1回約2時間、合計4回行い、下書きのワークシートに対し、参加者による議論を行い、各フェーズ、各システム毎のハザードの同定結果の修正等を実施した。検討の結果、重複を含み、およそ200弱のハザードが抽出された。

運航中のフェーズで抽出されたハザードの一例を以下に示す。

(1) 本船、シャドー要員(緊急時対応)

<ハザード>

自動操船解除の遅れ(シャドーが切り替えに遅れる)

<原因>

- ・不適切なヒューマンインターフェース
- ・シャドーの現場不在

<結果>

- ・運航設計領域外での自動運航

<対策>

- ・事前の動作テスト・操練
- ・時間的余裕を持った警報

(2) 陸上制御センター、自動運航システム

<ハザード>

本船から通信が途絶

<原因>

- ・悪天候
- ・通信機器の故障
- ・妨害電波
- ・クラッキング
- ・停電・ブラックアウト

<結果>

- ・現在の状態が把握不可
- ・衝突・座礁

<対策>

- ・陸上制御センターから、本船からの受信に失敗したことを伝える信号を、本船に送信(データ再送、権限移譲)
- ・多種の方式による通信を用いた多重化

4. まとめ

本研究では、現状の技術レベルも勘案し、実現可能と考えられる仮想的自動運航船を設定した。設定した自動運航船を対象としたHAZID会議を実施し、ハザードを機器故障、タスクの未達(不実行)、ODDからの逸脱という観点で抽出し、同定を実施した。仮想ではあるが、現状の技術レベルも勘案したものであるため、今後開発が進むと考えられる自動運航船の安全性評価にも適用が可能と考えられる。今回のHAZID会議はフェーズ、システム毎に整理を行なったが、システムによっては多数のタスクを受け持っているため、そのシステムに機器的な故障が起きた場合はかなりの影響が生ずることになる。他方、ソフトウェア的なエラーにより特定のタスクに対して影響が発することも考えられる。自動運航船のような判断の大部分をシステムが担う場合、タスクによるハザードの整理も重要な視点と考えられる。

謝辞

本研究のHAZID会議は、海技研の自動運航船プロジェクトチームの参加により実施した。記して参加各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省海事局, 自動運航船の安全設計ガイドライン(2020)
- 2) 日本海事協会, 自動運航, 自律運航に関するガイドライン(Ver. 1.0)(2020)
- 3) 塩荊他, 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, 日本船舶海洋工学会講演会論文集第32号(2021), pp. 355-366