

Title	STAMP/STPA を用いた船用機器事業のリスクアセスメント
Author(s)	樋口, 穰司; 若林, 秀樹
Citation	年次学術大会講演要旨集, 36: 560-564
Issue Date	2021-10-30
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/17850
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

STAMP/STPA を用いた船用機器事業のリスクアセスメント

○樋口穰司、若林秀樹（東京理科大）

8820231@ed.tus.ac.jp

1. はじめに

船用機器業界は自律運航技術導入に従い車業界における CASE 化と同じように大変革を迎えつつある。自律運航技術の発展は既存事業に新たな機会を創出する一方で、業界変革に伴い、これまで主体的に開発活動を行ってきた日本船用機器企業にとって、欧州に見られる船用専門の System Integrator 主導の開発になることにより主体性を奪われてしまうこと、また、楽天など大手プラットフォームなどの参入により、新たなリスクが発生すると想定される。

本研究では、航空・自動車分野など大規模なシステムのハザード分析に近年利用されつつある STAMP/STPA を用い工学的アプローチにより、既存事業および System Integrator 化される船用機器業界が今後直面するリスクをモデル化し、組織間あるいは取引先との間で発生しうるリスクとその要因について考察するとともに STAMP/STPA による検証可能性を考察する。

2. 先行研究

近年、船舶の自動運航技術実用化に向けて、我が国では国土交通省や日本財団が助成し無人自律船舶の実現に向けて実証試験を推し進めており、助成事業で得られた知見により国土交通省により自動運航技術のための安全設計ガイドライン[1]が発行された。また、各国の技術動向の調査および国際標準化に向けたフィージビリティスタディも進んでいる[2]。しかしながら、諸外国の技術や事業戦略が日本に先駆けて展開された場合における、国内船用機器ビジネスに与える影響とリスクに関しては言及されていない。

企業活動におけるリスクマネジメントの代表的な規格として、ISO31000 と ERM フレームワーク（COSO-ERM）や、リスクアセスメントの代表的な技法をまとめたものに ISO31010（JSI Q31010）があり、代表的な技法として HAZOP、FMEA、FTA が紹介されている。しかしながら、これら技法はコンポーネント故障が事故を引き起こすという仮定に立ったものであり、さらには組織間のコミュニケーション・ミスマッチが事故を引き起こすことが多いビジネス現場のリスクアセスメントには不向きである。

2012 年に N.G.Leveson によって考案された STAMP/STPA (Systems-Theoretic Accident Model and Processes/Systems-Theoretic Process Analysis) [3][4]はコンポーネント間のコミュニケーションに着目した技法であるため、ビジネスを構成する複数のステークホルダーを、システムを構成するコンポーネントと見立てることで、組織間コミュニケーションに起因するリスクアセスメントが可能である。しかしながら、歴史が浅く、分析手順が複雑な STAMP/STPA をビジネスに適用した事例は少なく、福島原発における多数のステークホルダーを取り巻くリスク分析に STAMP/STPA を活用した事例[5]がある程度である。特に、企業分析への適用は殆ど見られない。

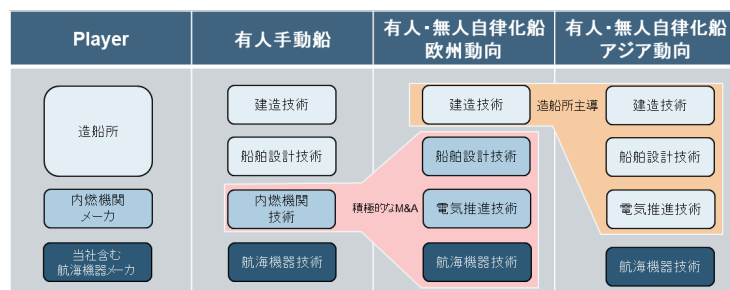
本研究では STAMP/STPA を活用し、既存船用機器業界の業界構造が抱えるリスクと業界構造変革がもたらすリスクを船用機器企業の視点から分析しリスクの可視化を試みる。

3. 想定される業界構造の変革と及ぼす影響

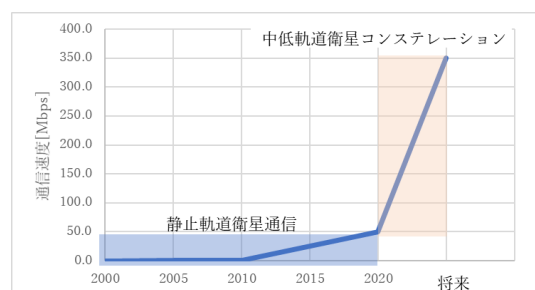
これまで日本、中国、韓国が得意している一般的な商船向け船用機器業界の構造は、造船所が、船体の運動性能を実現するプロペラ、舵、エンジン、および船舶の運航を支援するレーダー、電子海図表示装置、GPS、針路方位計などの航法支援機器や他船用機器を一括して取り纏め、船舶の建造を行ってきた。各機器は機器の用途、開発プロセス、製造プロセスが大きく異なることから、エンジンは内燃機関メーカーが、プロペラはプロペラメーカーが航法支援機器は航法機器メーカーが開発・製造する、所謂、水平分業の構図であった。

この水平分業に対して、垂直統合化あるいは自動車業界で見られたケイレツ化が進むことが想定される。なぜならば、従来までの船用機器は人間が操作するという前提のもと製作され、避航操船などのタ

スクは船用機器で得られる情報と航海士が持つ自己の経験から、操舵及び原則の判断をしてきた。しかしながら、航海技術を自動化するという事は“情報収集→認知→分析→実行”一連のタスクを連動して動作させる必要があり、これには **System Integrator** により統合化されたシステムが設計開発される必要が出てくる。図表 1 に示す通り、北欧で代表的な **Kongsberg**、**Wartsila** は自社にない技術を M&A により積極的に統合しており、日本でも今治造船が船用機器メーカーを買収し、次世代の **System Integrator** としての戦略を進め、韓国においては造船所主導の基、自動運航技術の開発を進めている。



図表 1 船用機器業界の事業構造変革

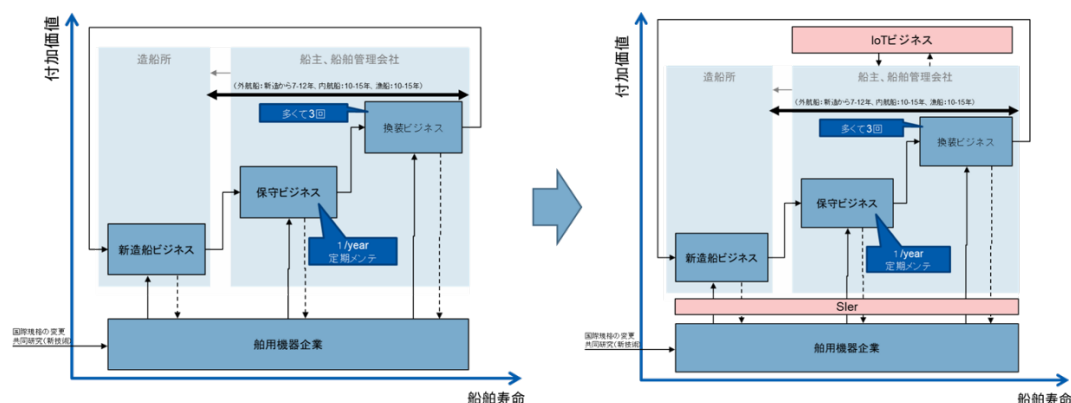


図表 2 船用向け衛星通信速度の発達

出所：樋口 2021

船用機器業界における技術の進化は自動運航技術に留まらず、図表 2 に示す通り、船用向け衛星通信事業者ではなく、**Space-X**、**OneWeb** などの新興の事業者による衛星コンステレーションサービスの導入が進むと船陸間通信速度も飛躍的に向上することが想定される。

以上の通り、自動運航技術による垂直統合化・新ケイレツ化が進み、高速通信サービスによる IoT 化が進むことで、これまで船用機器企業が生業としていた新造船ビジネス、保守ビジネス、換装ビジネスの船舶寿命を横軸としたハードウェア販売のライフサイクルビジネスから、中長期的には新ケイレツ化による機器統合、ウェザーニュースにみられるように船舶データ分析を活用した陸上支援サービスビジネスに図 3 に示す通り船用機器産業が移行する可能性が高い。



図表 3 既存ビジネスモデルと想定されるビジネスモデル 出所：樋口 2021

4. 手法

4.1. 概要

本稿では図表 3 に示した既存ビジネスモデルに対して **STAMP/STPA** によるリスクアセスメントを試みた。船用機器企業内の組織構造として、新造船ビジネス向け、保守ビジネス向け、換装ビジネス向けの営業チャネル、また保守ビジネス向け、換装ビジネス向けのサービスチャネルおよび、品質保証部、および技術部を、ビジネスモデルを構成するコンポーネントとした。

4.2. STAMP/STPA における Accident、Hazard、Safety Constrain の定義

STAMP/STPA のリスクアセスメントを始めるにあたり、対象とするビジネスモデルにおける **Accident**、**Hazard**、**Safety Constrain** を定義する必要がある。システム工学に **STAMP/STPA** を用いる場合の、一般的な **Accident** の定義は“損失の識別”とされており、損失は利害関係者にとって受け入れ

られない何らかの価値が喪失するというイベントの一種とされている。Hazard は想定される環境条件の下で、損失につながるようなシステムの状態と定義されている。

しかしながら、上記ビジネスモデルにおける Accident を定義するにあたり、状況によっては利害関係者ではなく、船用機器提供企業が一方的に価値を喪失するイベントにも目を向けなければならない。例えば、競合他社がいる場合において分析対象となる船用機器提供企業が価格で折り合えず、失注するなどのイベントを考慮する必要がある。

したがって、船用機器提供者、船用機器提供者⇔船用機器享受者（造船所、船主、船舶管理会社）および船用機器享受者（船舶管理会社）⇔海運会社・荷主の関係性を包括し、定義した Accident、Hazard および Safety Constrain を図表 4 に示す。

図表 4 STAMP/STPA で定義する Accident、Hazard、Safety Constrain 出所：2021 樋口

Accident	Hazard	SC No.	Safety Constrain
商機の喪失	失注	SC1	能動的に情報を送受しなければならない
		SC2	顧客が満足する仕様の製品を提供できない
		SC3	顧客が満足する価格で製品を提供できない
	信頼の喪失	SC4	顧客が満足する納期で製品を提供できない
		SC5	製品の品質を管理しなければならない
		SC6	顧客が満足する納期でサービスを提供できない
		SC7	製品の状態を健全に保たなければならない
		SC8	顧客のビジネスへ悪影響を及ぼしてはならない
		SC9	各国の法規制に準拠しなければならない

4.3. 非安全コントロールアクションの抽出

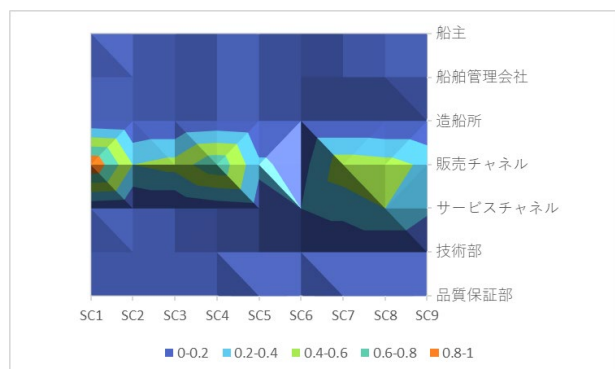
一般的な STAMP/STPA のリスクアセスメントでは非安全コントロールアクション（Unsafe Control Action：以下 UCA）を Not Providing（N）、Providing causes hazards（P）、Incorrect Timing/Order causes hazard（T）、Incorrect Duration causes hazards（D）の 4 つで分類することになるが、ビジネスモデルで検証するにあたり、4 つめの Incorrect duration causes hazards は適用することが困難なため、N、P、T 3 つの UCA を抽出し、4.2 項に示した SC との関連付けを行う。

4.4. ハザード要因の特定

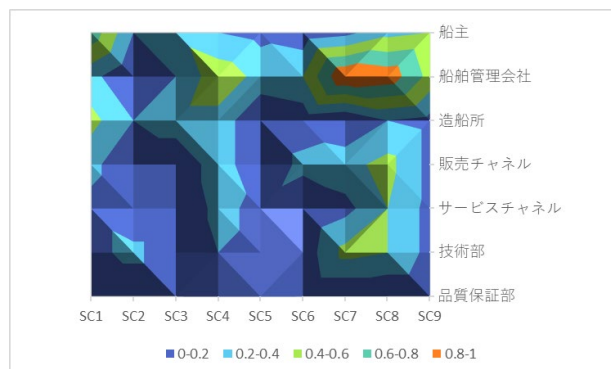
STAMP/STPA の最後のステップとして、抽出した UCA ごとにハザード要因（Hazard Causal Factor：以下 HCF）を特定する。

5. UCA の可視化および HCF の抽出

4.3 項で抽出した UCA を整理し、コントロール側から見た UCA 数を図表 5 に、被コントロール側に対する UCA 数を図表 6 に示す。



図表 5 コントロール側が与える UCA 数



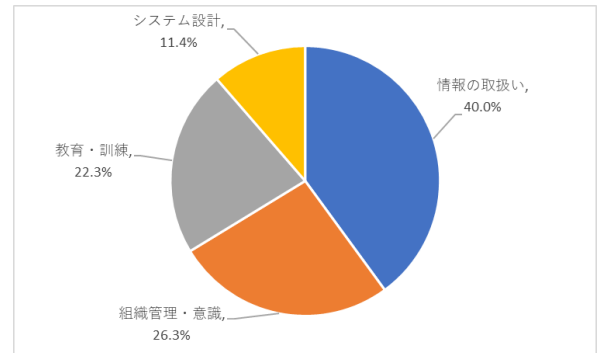
図表 6 被コントロール側に対する UCA 数

出所：2021 樋口

横軸は Safety Constrain、縦軸はビジネスモデルを構成するステークホルダーを示している。等高線の高さは UCA 数をその最大抽出数で除算することで 1 に正規化している。

図表 5 からは 販売チャンネルが SC1、SC4 及び SC8 に違反する可能性が高いこと、サービスチャンネルにおいては SC8 に違反する可能性が高いことを示唆している。図表 6 からは、船主に対しては SC1、船舶管理会社に対して、SC7 および SC8 に次いで SC4 に違反する可能性が高い。

UCA を抽出したことにより、図表 7 に示す通り、情報の取扱い、組織管理・意識、教育・訓練、システム設計に分類できる HCF を洗い出すことができ、情報の取扱いがハザード要因の 40%を占めることが明らかとなった。



6. 考察

図表 5 において、営業チャンネルの SC1 違反の UCA が多いのは、高い参入障壁による受動的な営業活動に原因があると考えられる。なぜならば、商船市場における船用機器業界はグローバルニッチな市場であり、既存参入企業により以下に示す 3 つの理由で既存船用機器企業は高い参入障壁を築いている。①義務設備品には国際規格に準拠することが求められていること。②航海機器の場合、複数あるセンサーや装置を可能な限り、ワンストップで納品することが望まれること。③世界の主要な港でサービスが可能であること。このため、厳しい価格競争はあるが、船用機器企業は商慣習的に造船所からの引合いを待つ、待ちの営業姿勢であることが特徴としてみられるためである。

また、サービスチャンネルで SC8 違反の UCA が多いのは船舶に搭載する義務設備品に故障があった場合、状況によっては港への入出港を禁止されてしまう恐れがあり、顧客のビジネスを止めてしまう等の悪影響を及ぼす場合があるためである。それに関連して、図表 6 において、船舶管理会社に対する SC7 および SC8 の UCA 数が多くなることは当然のことである。顧客へのビジネスに悪影響を与えることは、Hazard として定義している信頼の喪失に結び付き、引いては将来の新造船ビジネスの失注につながり、その先の保守ビジネス、換装ビジネスまでも失うことになる。

今後 System Integrator による業界の新ケイレッツ化および IT ビジネスの展開で憂慮されるリスクは、特に顧客接点を失うことによる情報入手の困難さが増すことにあると考えられる。洗い出した HCF から情報入手とその取扱いはハザードを誘発する最重要な要素であり、現状入手できる情報を如何に取扱うかが、今後日本船用機器企業が成長するためのカギとなる。

7. おわりに

本稿では、近年システムのリスクアセスメントに利用されている STAMP/STPA を初めて船用機器業界のビジネスモデルに適用し、その有効性を確認した。また、STAMP/STPA による分析に際し、ビジネスにも適用できる Safety Constrain を定義した。さらには本リスクアセスメントを通じて、船用機器業界における新ケイレッツ化と高速度化する船陸間通信が既存ビジネスに及ぼす影響を明らかにすることでリスクが高まることが示唆された。

本稿で示したように STAMP/STPA はコンポーネント間のコミュニケーションに着目したリスク分析手法であるため、結果は定性的な表現で出力される。しかしながら、今後ビジネスで活用されるためには洗い出した HCF の定量的な評価が必要となる。また、本項で分析は船用機器業界に留まっている為、さらなる有効性を示すために、他ケースに対しての検証を進め、更には開発活動を中心とした分析も進めたい。残る課題を進める中で、図表 4 に定義した Safety Constrain も改めて検討する必要があるかもしれない。

自動車業界の CASE 化と異なり、船舶業界は System Integrator や造船所による新ケイレッツ化が進んでいる。本項でのリスクアセスメントの結果を検証し、既存船用機器ビジネスの改善と既存ビジネスで得られる情報を活用した新規ビジネスの可能性を検討するとともに、自動車業界とのギャップを分析することにより、引き続き日本船用機器企業の生き残る術を検討していきたい。

また、本稿は、STAMP/STPA を企業分析に適用した初めてのケースであり、再編が増える他の業界への適用も可能であろう。

参考文献

- [1] 自動運航技術のための安全設計ガイドライン
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001375699.pdf>
- [2] 自動運航船に関する現状等
<https://www.mlit.go.jp/common/001215815.pdf>
- [3] Engineering Safer World, N.G.Leveson, 2012
- [4] 「はじめての STAMP/STPA～システム思考に基づく新しい安全性解析手法」, IPA, 2016
- [5] STAMP Applied to Fukushima Daiichi Nuclear Disaster and the Safety of Nuclear Power Plants in Japan , Daisuke Uesako, 2016