

人的資源のグローバル統合と知識創造

－外航海運業における船舶オペレーションのデジタル化－

米澤 聡 士

1. はじめに

本稿の目的は、外航海運業における船舶オペレーションのデジタル化に焦点を当て、知識創造の観点から、当該業種および職種に固有の要因を踏まえた上で、デジタル化技術の開発プロセスに関する概念的フレームワークを構築すると同時に、知識創造が成功裏に進展するための要件について検討することである。

近年、様々なサービス企業において、現場オペレーションの自動化に向けた技術が開発され、実用化を目指す動きが加速している。たとえば、アメリカの電子商取引企業アマゾン¹⁾は、人工知能を活用して販売業務を自動化し、2018年に無人のコンビニエンス・ストアを開業した¹⁾。また、シンガポールの配車アプリ企業Grabは、2022年までに完全自動運転車を使用したタクシー事業を商用化するとしている²⁾。他方、現場オペレーションにおける自動化技術の実用化に際しては、様々な問題も生じている。たとえば、2018年3月、アメリカのライドシェア企業の自動運転車が、歩行者との衝突事故を起こしたのを契機に、州政府が同社の自動運転車に関する実験許可を取り消すなど、実用化に向けた課題が指摘されている³⁾。現場オペレーションの自動化には、単なる技術レベルの課題だけでなく、自動化技術を活用する人的資源の能力や、オペレーションをめぐる法体系の整備、行政の対応など広範な分野において検討すべき課題が存在する。

このように、サービス・デリバリーの自動化は、様々な業種で進展しているが、自動化の対象や目的は、業種や職種、職務の特性によって異なっている。したがって、自動化技術として開発される知識や、その創造プロセスは、個々の業種や職種、職務の特性を的確に捉え、サービス・デリバリーに関する課題を解決すると同時に、市場のニーズに適合するものでなければならない。現在、外航海運業において展開されている船舶オペレーションのデジタル化は、船員⁴⁾による船舶の操船を自動化することを最終的な目的として、オペレーションの安全性を高めると同時に、船員の職務負担を軽減するシステムとして開発が進められ、現時点では自社運航船による実証実験を行う段階となっている。

船舶オペレーションのデジタル化を対象とする学術的研究は、そのほとんどが機械工学や海事システム工学などの観点から技術的な議論を展開するものである。これに対し、経営学の観点から、現場オペレーションの自動化技術に関する概念的フレームワークを示した研究は希少で、とりわけ技術の開発プロセスに焦点を当てたものはほとんど見られない。さらに、外航海運業という業種レベル、船員職という職種レベル、船舶オペレーションというタスクレベルにまでブレイクダウンした上で、船舶オペレーションのデジタル化の本質を理論的なフレームワークに基づいて議論した研究はなされていない。

上述の問題意識に基づいて、本稿は、外航海運企業の現場オペレーションにおける自動化技術の開発プロセス、とりわけ船舶オペレーションのデジタル化に焦点を当て、当該業種および職種に固有の要因を踏まえた上で、知識創造としての概念的フレームワークを構築すると同時に、知識創造が成功裏に進展するための要件について検討する。本稿では第1に、船舶オペレーションのデジタル化の概要、背景、重要性について整理する。第2に、日本の大手外航海運企業による船舶オペレーションのデジタル化に向けた取り組みを、先進事例のケース・スタディとして取り上げる。第3に、知識創造に関する先行研究を概観し、一般的な概念的フレームワークと本稿における論点を明確にする。第4に、外航海運業における船舶オペレーションのデジタル化技術の開発プロセスについて、業種および職種、タスクレベルでの知識創造の概念的フレームワークを仮説として提示する。そして最後に、概念的フレームワークと先進事例に基づいて、船舶オペレーションのデジタル化が成功裏に進展するための要件とは何かを検討する。

ケース・スタディでは、日本の大手外航海運企業、日本郵船および設備機器メーカーの取り組みを対象とする。現在、日本における船舶オペレーションのデジタル化技術の開発は、大手外航海運企業を中心に行われているが、とりわけ同社および設備機器メーカーの事例は、2019年9月に、世界で初めて有人自律運航船の実現に向けた航海の実証実験に成功するなど、先進的な取り組みとして位置づけられる。筆者は、2019年8月14日、日本郵船の協力を得て、海務部門担当者を対象に個別面接方式の半構造化インタビューを実施し、質的データを収集した。具体的には、同社における船舶オペレーションのデジタル化技術開発の取り組み、運航データの収集プロセス、実用化に向けた課題などについて質問を行い、回答を得た。本稿では、インタビュー調査に基づくケース・スタディと、既存の概念的フレームワークに基づいて、知識創造の概念的フレームワークを業種ないし職種レベル、さらにタスクレベルで精緻化することを試みる。

2. 船舶オペレーションのデジタル化の概要および重要性

2.1 船舶オペレーションのデジタル化の概要

船舶オペレーションのデジタル化は、船員業務に必要な船舶オペレーションに関する様々な情報を収集し、電子化するプロセスである。デジタル化された情報は、自律操船ないし船舶オペレーションの自動化を可能ならしめるシステムの構築に反映される。デジタル化の主たる目的は、船舶オペレーションの安全性と効率を向上させることであり、このことが、船員の職務負担の軽減や労働環境の改善、運航コストの削減を可能にする。

船舶オペレーションのデジタル化は、自律操船や自動運航船といった船舶オペレーションの自動化に向けた前段階として捉えられる。IMO（国際海事機関）のMSC（海上安全委員会）によれば、船舶オペレーションの自動化は、以下の4つのレベルに分類できるとされている。第1に、業務プロセスの自動化とオペレーションに関する意思決定のサポートをシステムが担う。この段階では、船員が船舶に乗船し、船舶の運航、システム、機能をコントロールする。第2に、遠隔操船が可能な船舶に船員が乗船し、船舶の運航、システム、機能をコントロールする。第3に、船員が乗船しない船舶を陸上から遠隔操船する。第4に、船舶オペレーションを完全に自動化する。すなわち、船舶の運航システム自体がオペレーションに関する意思決定を行い、操船行動をとる⁵⁾。

このうち、第2段階に該当する取り組みとして、たとえば日本郵船は、2019年9月、中国から日本までの大型自動車専用船のオペレーションにおいて、船員の当直体制を維持しながら、最適運航プログラ

ムを用いて航行する実証実験に成功した。最適運航プログラムとは、航海機器から得られたデータをもとに、プログラムが周囲の状況を把握し、衝突リスクを計算した上で最適な避航針路を決定するなど、自船の一連の動作を実行するものである⁶⁾。また、第3段階の事例として、2018年12月、フィンランドの海運企業フィンフェリーと、イギリスの大手機械メーカーロールス・ロイスが、完全自律操船が可能な船舶を開発し、フィンランド国内の多島海域において、船員を乗船させずに陸上拠点から遠隔操船する実験に成功した⁷⁾。

船舶オペレーションのデジタル化は、上述のような自律操船や自動運航船の実現に向けた前提として、第1段階の取り組みに位置づけられる。すなわち、デジタル化された情報をもとに、システムが船舶オペレーションに関する船員の意思決定のサポートを担う。オペレーションに関する船員の意思決定は、①情報収集・統合、②状況分析、③計画立案、④検証・承認、⑤実行・制御の5つに区別できるとされている（杵名ほか、2019）。このうち、情報収集・統合および状況分析の2つの段階において、船員の意思決定をサポートするのが、現時点でのデジタル化の役割であると言える。杵名ほか（2019）は、これら2つの意思決定について、以下のように捉えている。すなわち、情報収集・統合とは、センサー等の情報をもとに、自船と他船の位置、船首方位、速力、地理情報、気象・海象などの状況を把握することである。また、状況分析とは、得られた情報をもとに、現在および将来の状況および付随するリスクを把握することである（杵名ほか、2019, p.89）。

2.2 船舶オペレーションデジタル化の背景と重要性

船員の人的資源管理の観点から、今日の外航海運業において、船舶オペレーションのデジタル化が進展する背景およびその重要性として、以下の3点が挙げられる。

第1に、船員知識の性質に起因するオペレーションの不均質性が挙げられる。船員の職務とその手順については、国際的な法的枠組にしたがって、各船舶を管理する船舶管理企業の安全管理マニュアル（SMS マニュアル）に定められている。外航海運業の船員戦略を人的資源のグローバル統合として捉えたとき、外航海運業に従事する船員の職務は、船員の国籍やバックグラウンドに関わらず、制度的に統合された形式知として共有されていると言える。しかしながら、船舶オペレーションの現場レベルにおいて、とりわけ航海士の主たる職務である船舶の操船に関しては、形式知化が困難な職務上の行動も多く存在し、それらは個々の船員に体化された暗黙知的要素として捉えられる。具体的には、低気圧に対する進路の取り方、航海中のうねりの受け方、変針後の航路取り、着岸時の微妙な操船動作、行き会い船との交差方法などがそれに該当する（米澤、2009, p.77）。これらの職務上の行動は、依然として個々の船員の経験や感覚といった暗黙知に基づいて遂行される。その結果、個々の船員によるオペレーションの不均質性が生じる可能性が懸念される。さらに、オペレーションの安全性との観点からも、船員の職務遂行において、暗黙知に対する依存度を低下せしめることが課題となる⁸⁾。

第2に、船員の雇用特性に起因する人的資源の変動性が挙げられる。外航海運業に従事する船員は、フィリピンやインドを中心とする世界のマンニング・ソースから、全員が期間限定的な契約に基づいて雇用される。契約期間はマンニング・ソースによって異なるが、いずれも数か月間の短期的なものである。このため、船舶オペレーションの現場においては、船員組織を構成するメンバーが常時交代を繰り返し、船員組織における上位者と下位者が常に変動する条件の下で、船員間の協業によってオペレーションが行われる。人的資源のグローバル統合の観点から、このような条件下で安全かつ効率的な船舶オペレーションを遂行するためには、船員組織の構成メンバーに関わらず、船舶オペレーションに関する職

務上の行動パターンを均質化することが不可欠となる。その有力な手段として、船舶オペレーションのデジタル化が位置づけられる。

第3に、船員市場の状況が挙げられる。主に2000年代初頭以降、新興国の経済発展に伴って海上物流需要が増大し、それと同時に世界の船員市場は需要過剰となった。2008年のリーマン・ショックを経て、依然として一部の船種に関しては船員不足が継続しているが、今日の世界海運企業においては、主に船員の「量」より「質」が重視されるようになった。したがって、海運企業にとっては、能力水準の高い船員をマンニングするだけでなく、短期間の契約ベースで雇用されるそれらの船員を、自社で継続的に雇用することが重要な課題となっている。船員を継続的に雇用する人的資源管理は、リテンション・マネジメントとして捉えられるが、船員の離職意思を抑制し、継続的な雇用をもたらす重要なリテンション要因として、海運企業の安全管理体制が挙げられる(米澤, 2012, pp.139-140)。すなわち、船員に固有の職務特性を反映し、オペレーション現場における職務環境の安全性が高い海運企業に対して、船員のコミットメントが増大すると考えられる。このことから、船員の身体的および心理的な職務負担を軽減し、職務環境の安全性を向上させる有力な手段として、船舶オペレーションのデジタル化が位置づけられる。

2.3 人的資源のグローバル統合と船舶オペレーションのデジタル化

筆者は、これまでの研究において、国際人的資源管理の観点から、外航海運企業による船員戦略を人的資源のグローバル統合として捉えた概念的フレームワークを提示した(米澤, 2018)。外航海運企業において、船舶オペレーションの現場に従事する船員は、多様な国籍やバックグラウンドをもつ人的資源で構成される。上述のように、これらの船員は、原則として短期間の契約ベースで雇用されるため、海運企業にとっては、船員の国籍やバックグラウンドに関わらず、常に一定水準以上の海上輸送サービスを提供することが重要な課題となる。この課題を解決するためには、雇用する船員に対して適切な採用、配置、教育・訓練を実施すると同時に、継続的雇用に向けた施策や、船員間の良好なコミュニケーションを促進する必要がある。その有力な手段として、人的資源のグローバル統合が挙げられる。

人的資源のグローバル統合は、さらに制度的統合と規範的統合とに区分できる。すなわち、制度的統合の側面として、先進的な海運企業は、マンニング、クルーイング、企業内教育・訓練を中心とする制度を全社レベルで統合化することによって、能力水準の高い船員を世界レベルで採用し、効率的に配乗できるようにすると同時に、船員の国籍やバックグラウンドに関わらず、能力水準の標準化を図ることが可能となる。また、規範的統合の側面として、上述の制度的統合のもとに、安全管理に関するポリシーや手法を中心とした海運企業に固有の知識を全社レベルで共有し、その結果として海上輸送サービスの均質化を図ると同時に、船員の離職意思を抑制するリテンション要因が形成され、船員の継続的雇用が促進されることが考えられる。

船員の職務設計に関しては、職種および職位ごとに、船員の職責および適切な職務上の行動パターンについて、全社レベルで統一化された安全管理マニュアルに定められている。この安全管理マニュアルや安全管理ポリシーは、企業内教育・訓練において、すべての船員に共有されている。さらに、安全管理マニュアルの遵守状況は、船員の職務評価や、船舶管理企業によって実施される監査によって、管理・監督される。したがって、船員は海運企業の定める安全管理マニュアルに基づいて職務を遂行するため、国籍やバックグラウンドに関わらず、同一船種、同一職位の船員間で、職務内容は標準化されている。この点において、船員の職務設計に関しては制度的統合がなされていると言える⁹⁾。

人的資源のグローバル統合に関する概念的フレームワークに基づけば、職務設計に関しては全社レベ

ルで統合化されているものの、細部にわたる職務上の行動パターンまでは、全社レベルで統合化された安全管理マニュアルの対象となっていない。しかしながら、外航海運企業が船舶オペレーションの安全性や効率を適切に維持・向上させる上で、船舶の操船をはじめとする船員の職務上の行動パターンが非常に重要な役割を果たす。

船舶オペレーションにおける職務上の行動パターンに関しては、安全管理マニュアルに定める形式知のほか、依然として個々の船員の経験や感覚に基づく暗黙知が存在する。そのひとつに、衝突リスク判断が挙げられる。とりわけ輻輳海域においては、船員の的確な衝突リスク判断が、適切な避航行動を可能にするため、船舶を安全に航行させる上で非常に重要性の高い船員知識のひとつとなる。しかしながら、衝突リスクの判断基準はマニュアル化することが困難なため、個々の船員の感覚に委ねられているのが現状である。このことは、海運企業が船舶オペレーションの安全性と効率をさらに高度化するために、制度的統合の精度を向上させ、船員の職務上の行動パターンを全社レベルでいっそう均質化することが必要である点を示唆している。また、人的資源のグローバル統合の枠組においては、船舶オペレーションに関する全社レベルでの職務知識の共有について、主に制度的統合による企業内教育・訓練や安全管理マニュアルを通じてインプットすることに重点が置かれており、共有された知識を職務上の行動パターンとしてアウトプットするプロセスについては、さらに検討が必要であると言える。そこで、船員知識のアウトプットとしての職務上の行動パターンにおける不均質性を是正し、船舶オペレーションの安全性および効率をいっそう高度化するための新たな制度的統合の手段として、船舶オペレーションのデジタル化が位置づけられる。したがって、船舶オペレーションのデジタル化プロセスが成功裏に進展する上で、人的資源のグローバル統合がどのような役割を果たすかを議論する必要がある。

3. 船舶オペレーションのデジタル化 －日本郵船および設備機器メーカーの事例¹⁰⁾－

3.1 船舶オペレーションデジタル化の取り組み

2019年8月現在、日本郵船では、船舶オペレーションのデジタル化に関して、以下の4件の取り組みがなされている。具体的には、「衝突リスク判断と自律操船プロジェクト」、「着岸操船支援システムの構築」¹¹⁾、「遠隔操船機能の実証事業」¹²⁾、「人工知能をコア技術とする内航船の操船支援システムの構築」¹³⁾である。本稿では、このうち最も実用化に向けた開発が進展している「衝突リスク判断と自律操船プロジェクト」に焦点を当て、インタビュー調査に基づいて、その概要とデータ収集を中心とする開発プロセス、実用化に向けた課題について整理する。

「衝突リスク判断と自律操船プロジェクト」の主たる目的は、船舶オペレーションの現場において、船員による他船との衝突リスク判断を容易にするほか、非常時においては陸上からの遠隔操船を可能にする航海設備・機器を開発することである。このプロジェクトは、日本郵船を中心に、船舶設備機器メーカーや研究機関8社¹⁴⁾が共同で実施しているもので、2016年度より、国土交通省の「先進安全船舶技術研究開発支援事業」に採択された¹⁵⁾¹⁶⁾。

とりわけ開発プロセスが進展している取り組みとして、他船との衝突リスク判断をサポートするためのシステム開発が挙げられる。これは、現在船舶で使用されているレーダー画面上に、周囲を航行する他船の危険度を表示するシステムを開発するものである。船員は、このシステムを活用することによって、多様かつ多数の船舶が輻輳する危険度の高い海域においても、より適切かつ確実な避航行動および動作が可能となることが期待されている。その結果、船舶オペレーションの安全性が向上するだけな

く、船員の職務遂行における心理的負担が軽減され、良好な職務環境を維持することが可能となると考えられる。

シンガポール、マラッカ海峡、東京湾などの船舶が輻輳する海域では、自船の周囲に無数の船舶が存在する。他船の航行速度や方位は、個々の船舶によって異なるため、自船にとっての衝突危険度は、刻一刻と変化している。そこで船員は、周囲に存在する他船の動向と自船の状況を的確に判断し、適切な避航操船行動をとることが求められる。現行の設備機器では、自船に対して異常に接近する船舶があると、警告音が発報されるシステムは存在するが、自船の周囲状況に関する人間の情報処理能力には限界がある。このため、人間の判断のみでは危険を見落とすリスクがあり、事故につながる可能性が懸念される。そこで、どの船舶がどのタイミングで自船にとって危険な状況となるかをデータ化し、避航操船行動を確実にとれるようにすることが重要となる。このような危険度の評価と適切な避航操船行動に関して、一般的な海域で本船と他船が1対1となる状況については、海上衝突予防法に避航方法の定めがあるが、輻輳海域においては、同法による避航方法の定めがないため、個々の船員の経験や感覚といった暗黙知に基づいて避航操船行動がとられている。このため、より詳細なレベルで衝突危険度の認知データを収集する必要がある。

システムの内容としては、他船の衝突危険度が4段階に区分され、それぞれ異なる色によって、ブリッジに設置されたレーダー上にビジュアル化されるものである¹⁷⁾。さらに、船舶自体だけでなく、避航針路とすると他船に著しく接近する方向、すなわち採用すべきでない針路変更領域が、楕円形または多角形でレーダー上に表示される。船員は、その情報をもとに危険な状況を回避する避航操船行動をとることになる。つまり、このシステムは、あくまでも船員の状況判断をサポートし、周囲の危険状況に対する認知を容易にするもので、危険情報をもとに避航操船行動をとるのは船員の役割となる。

3.2 データ収集プロセス

上述の「衝突リスクと自律操船プロジェクト」で構築されるシステムの開発において、衝突リスクの判断基準となるデータ収集のプロセスを整理する。

衝突リスク判断に関するシステム開発では、主に衝突の危険度に関する船員の認知を数値化する作業が中心となる。このデータ収集作業は、2017年から開始され、現在も継続中である¹⁸⁾。データ収集の参加者は、日本郵船の船長経験者および船長職有資格者延べ20-30名と設備機器メーカー担当者である。現時点では、参加者はすべて日本人だが、同社船員の大部分を外国人が占めていることから、今後は外国人船長も参加の予定となっている。

データ収集作業では、日本海洋科学および神戸大学の操船シミュレーターを使用し、船舶が輻輳するオペレーション環境を設定の上、船長が自船から見た他船の危険度を評価する。船長1名に対して航海機器メーカーの担当者が3名のチームが編成される。データ収集の手順として、操船シミュレーターによる船長のデモンストレーションが、1サイクルあたり約30分間行われた後、チーム全員によるヒアリングが45-60分実施される。操船シミュレーターによるデモンストレーションでは、船長による衝突危険度の認知がデータ化される。すなわち、輻輳海域において多数の船舶が交錯するオペレーション環境を設定した上で、自船から見て、どの船舶が、どのタイミングで、どの程度危険であると船長が判断したかを評価し、設備機器メーカーが定量的にデータ化する。具体的な作業としては、船長が、シミュレーターに投影される他の船舶に対して、自船にとっての衝突危険度をリアルタイムで指摘し、その様子が録画・録音される。ヒアリングでは、30分間のデモンストレーションの様子を再生し、衝突リスクに関

する見落としや誤判断などがないか、映像を止めながら参加者全員でチェックする。このとき、数値化の基準として、自船から見た他船との相対方位と相対距離の変化率が用いられる。

デモンストレーションにおける課題として、第1に、法的義務によって、衝突リスクの判断にバイアスが生じる点が挙げられる。すなわち、船舶のオペレーションにおいては、海上衝突予防法の定めに基づいて、相手船が右舷側に見えている場合は自船に回避義務が生じるため、自船の右舷側に認める船舶に対する衝突危険度が高くなる傾向が強いとされる。第2に、船員の国籍によって、衝突危険度の認知に差異が生じる可能性が指摘できる。データ収集プロセスには、現在のところ外国人船員は参加していないが、他船の行動を危険と判断する基準やタイミングに関して、日本人は比較的余裕をもって危険を判断し、避航操船行動をとる傾向が強いのにに対し、外国人は危険度が高まってから避航操船行動をとる傾向があるという¹⁹⁾。第3に、日本人船長の間でも、危険度の認知に関して個人差が生じる可能性が高い点が挙げられる。すなわち、船舶が輻輳する海域を航海した経験が豊富な船長ほど、同一の危険状況に対する衝突危険度の認知水準は低くなる傾向があると考えられる。

3.3 自律操船および自動化に向けての課題

船舶オペレーションのデジタル化に関して、上述のような開発プロセスが進展しているが、その一方で自律操船ないし船舶オペレーションの自動化に向けては多くの課題が存在し、それらをどのように解決するかが重要となる。

第1に、船舶オペレーションに関する各部門の役割と対応の明確化が挙げられる。船舶オペレーションをめぐるデジタル化が進展し、実際に運用が開始された場合の船舶管理、運航管理、船員戦略に関して、海運企業としてどのような戦略的対応をとるかについては、現段階では具体的な議論はない。たとえば、陸上で遠隔操船を担当する人材についても、現在のところ未定である。ただし、運航会社、船舶管理会社のいずれの場合でも、遠隔操船の担当者は、船舶の操船資格のある海技者に限定されると考えられる。また、システムの運用が現実的になれば、本船で使用するシステムの原理や操作に関して、船員の企業内教育・訓練の一環として、トレーニング・プログラムに組み込む必要がある。

第2に、船員の労働環境に関する国際ルールとの整合性が挙げられる。船員の労働環境に関する国際ルールが改正されれば、深夜の時間帯はブリッジに船員がいない操船環境もありうるが、現状では船舶オペレーションの安全性を確保するための基準として、国際海事機関（IMO）の定める「海上における人命の安全のための国際条約」（SOLAS 条約）において、国際的に統一された規定が存在するため、現時点では現実的ではないと言える。

第3に、船舶オペレーションの安全性に関する国際ルールの構築が挙げられる。オペレーションの自動化は、一定の範囲において技術的には可能であるが、法体系の整備が不十分である点が指摘できる。たとえば、異常時の対応や責任の所在、保険の適用ルールなど、改正すべき点が多く存在するため、実現には相当な時間を要すると考えられる。ノルウェーやフィンランドでは、国内ルールが適用される内航フェリーで自動操船の実験を行っているが、国際水域では、世界レベルでルールの改正が必要となる。国際海事機関（IMO）の海上安全委員会（MSC）は、2019年6月に自動運航船の実証実験に関する暫定ガイドラインを定めている。これには、実証実験の準備、許認可、実行、分析・報告・情報共有に関する内容が含まれるが、具体的な内容についてはさらに詳細な議論が継続している²⁰⁾。

第4に、船舶の構造と船員業務の性質との観点から、船舶オペレーションにおける完全自動化の困難性が挙げられる。すなわち、外航海運企業が運航する船舶の構造上、そのオペレーションにおいては、

船体自体に対して常にメンテナンスが必要となる。とりわけディーゼルエンジンについては、常に人手によるメンテナンスが不可欠であるため、外航海運企業が運航する船舶が、洋上を長時間無人で航海することは、現時点では困難である。すなわち、外航海運企業の船舶オペレーションに関しては、デジタル化が技術的に進歩したとしても、完全な自動操船に船員が代替されることは考えにくい。したがって、船舶オペレーションの自動化を実現するためには、デジタル化技術の開発と同時に、造船分野におけるイノベーションが不可欠となる。

4. 知識創造および知識変換の概念的フレームワーク —先行研究と論点の整理—

4.1 知識の概念

本稿は、船舶オペレーションのデジタル化技術の開発プロセスを知識創造として捉える。とりわけ、本稿の対象となるのは、輻輳海域での船舶の操船に関して船員がもつ知識である。そこで、船員知識の性質を明らかにする上で、まず知識の概念について整理する。

知識創造理論において、知識とは、「個人の信念を真実に向かって正当化するダイナミックで人間的・社会的なプロセス」として定義される(野中, 2006, p.547)。また、知識は形式知と暗黙知とに区分でき、前者は形式的・論理的言語によって伝達できる客観的な組織知、後者は特定状況における個人的な知識を言う(野中・竹内, 1996, p.88)。

さらに知識は、多くの先行研究において、データや情報との関係性を含む概念として捉えられている。たとえば、Rowley (2007) は、データ、情報、知識、英知に関する定義と関係性について、「DIKW ヒエラルキー」と呼ばれる概念的フレームワークを提示した。それによれば、データとは、物事や出来事、活動、トランザクションに関する初歩的な記録であるとされている。データにはコンテキストや解釈がないため、意味や価値は含まれない。また、データは、組織化や加工されない個別の客観的な事実や観察であり、特定の意味を伝えるものではない(Rowley, 2007, p.170)。これに対し、情報とは、特定の目的やコンテキストに関して、有用性や意味、価値をもつようにデータを組織化もしくは加工したものである(Rowley, 2007, p.172)。さらに、知識とは、情報、理解、能力、経験、スキル、価値の総体として捉えられる。すなわち、知識とは、経験の蓄積によって情報に理解や意味を付加し、組織化もしくは加工されたものであり、認知フレームワークに照らして内部化される。具体的には、理解や能力を伴う情報、コンテキスト情報、専門的知見、スキル、経験、ルール、信念などが含まれる(Rowley, 2007, pp.173-174)。英知とは、新たな状況や問題に対してどのようにコンセプトを応用するかを理解するための知識の蓄積であり、所与の状況において実践的に行動するための能力を言う(Rowley, 2007, p.174)。

Rowley (2007) は、これら4つの要素を階層化し、「DIKW ヒエラルキー」と呼んだ。DIKW ヒエラルキーは、意味、適用可能性、移転可能性、価値、人的インプット、構造化の観点から、その水準の高い順に、英知、知識、情報、データを位置づけた上で、知識創造プロセスにおける英知の重要性を強調している。Rowley の示唆するところによれば、知識創造は、データ、情報、知識の3つの要素が、特定の目的に対する意味や価値を付加されながら、段階的に蓄積されるプロセスとして捉えられる²¹⁾。

また、Kock and McQueen (1998) は、データ、情報、知識の関連性について、以下のように捉えている。すなわち、データとは、情報と知識をコード化して媒介するものと定義できる。その結果、情報と知識が効率的に交換・貯蔵できるとしている(Kock and McQueen, 1998, p.30)。新たな情報の事例が、過去の一連のルールや理解と合わせ、とりうる行動の選択肢に関するインプリケーションの新たなもしくは修

正された洞察や予測をもたらす場合、情報は受け手によって知識に変換される（Kock and McQueen, 1998, pp.30-31）²²⁾。

Choo（1996）は、企業における意思決定プロセスについて、意味形成、知識創造、意思決定の段階によって構成される概念的フレームワークを提示した。そして、それぞれの段階において、情報の解釈、変換、加工が進展するとしている（Choo, 1996, p.339）。すなわち、知識創造は企業における意思決定プロセスのひとつとして捉えられ、意思決定の前の段階に位置づけられる。

それによれば、知識創造のひとつ前の段階として捉えられる意味形成において、情報は企業の外部環境から流入し、徐々に組織の行動を可能にするために焦点が当てられる。すなわち、まず組織の経営環境に関する情報に意味が付加され、その意味が社会的に構造化される。この段階において、組織のメンバーは、どの情報が重要であるか選択し、過去の経験から可能な説明を構成し、共通の解釈を見出すために自己の見解と交換ないし交渉しなければならない。意味形成は、すべての組織の活動、とりわけ知識創造プロセスにとって意味のあるコンテキストをもたらす。知識は個人に体化されるが、個々の知識は共有され、イノベーションをもたらすように変換できるようにする必要がある（Choo, 1996, p.338）。

そして、主要な情報プロセスである知識創造は、知識変換として捉えられる。組織メンバーは、個々のメンバーがもつ知識を、教育訓練を通じて共有し、公式のチャネルだけでなく、対話を通じて直感的に知るべきことを明確にする。十分な理解と知識があれば、組織は行動の準備ができ、目的に応じてとるべきコースを合理的に選択できる。意思決定の段階において、主要な情報活動とは、利用可能な選択肢に関する情報を加工することである。組織のメンバーは、これらの一連の段階を経て、情報の収集と選択肢の設計・評価のための基準を獲得する。その結果、組織の活動が環境を変化させ、新たな経験の流れを生み出す（Choo, 1996, p.338）²³⁾。

組織の価値創造に貢献する知識は「知識資産」として捉えられ、知識資産には、特許やライセンス、データベース、文書などのいわゆる知的資本や、スキル、社会関係資本、ブランド、デザイン、組織構造や業務、文化なども含む。知識資産は、知識創造プロセスに対応し、感覚知識資産、コンセプト知識資産、システム知識資産、ルーティン知識資産の4つに分類できる（野中ほか、2010, pp.79-81）。

感覚知識資産は、組織内外での共体験を通じて生成される暗黙知である。感覚知識資産は、表出化のプロセスを経てコンセプト知識資産に変換される。コンセプト知識資産は、イメージ、シンボル、言語などを通じて文節化された形式知である。形式知が他の形式知と連結化され、システム化・パッケージ化されることにより、ドキュメント、マニュアル、スペック、特許などのシステム知識資産が生成される。ルーティン知識資産は、実践の中に埋め込まれて組織に共有・伝承されている暗黙知であり、日常業務でのノウハウ、組織ルーティン、組織文化などがその典型である。継続的な実践により、ある種の考え方や行動様式が組織のメンバーに共有され、強化される（野中ほか、2010, pp.81-83）。

4.2 感覚知識資産としての認知の概念

本稿の対象となる船舶オペレーションのデジタル化は、個々の船員の衝突リスク判断という感覚知識資産を、レーダー・システムという文字通りのシステム知識資産に変換することである。感覚知識資産の性質は、認知科学の基本概念を用いて説明することが可能となろう。とりわけ、本稿のケースで対象となる衝突リスク判断は、船舶オペレーションにおける他船に対して生起する船員の認知過程として捉えられ、この認知過程の集合が感覚知識資産となる。

認知とは、知識を獲得し、組織だて、それを利用することと定義され（Neisser, 1976, 邦訳, p.1）、認知

過程は、感覚、知覚、注意、パターン認識、記憶、言語、思考、問題解決などの側面から構成される（藤永、2013, p.589）。本稿の対象とする衝突リスク判断を認知過程として捉えた場合、その認知過程を形成する重要な側面は、知覚、注意、記憶であるが、それぞれの基本概念は、認知科学の観点から以下のように示されている。

知覚とは、感覚情報に基づいて対象を捉える過程であり、その過程において認知的処理が行われる。認知的処理は、感覚情報が認知システム内の処理機構を駆動し、認知的処理が行われる「ボトムアップ処理」と、状況を考慮し、知識や経験、概念を使って対象を捉えようとする「トップダウン処理」とに区別される（服部ほか、2015, pp.46-51）。すなわち、知覚は知覚者が行う情報処理過程の一環とみなされ、感覚器に入力された情報の特徴を抽出して、記憶・思考などのより高次の情報処理過程に送る中間過程とみなされる（藤永、2013, p.512）。

注意とは、一部の刺激を取り入れ、それ以外の物事を排除する心的過程や能力を言う（藤永、2013, p.521）。認知的処理の対象には、自分にとって必要な情報や意味のある情報を選択し、その情報の理解に処理を集中する選択的注意が向けられている（服部ほか、2015, p.57）。

Kahneman (1973) は、情報処理のために必要なひとつの資源として注意を位置づけ、この資源の容量によって注意能力が左右されるとするキャパシティ・モデルを提示した²⁴⁾。また、複数の課題に資源を配分することを分割的注意と呼び、資源を分割することで、注意の効率や精度が下がるとしている（Kahneman, 1973, pp.7-11）。さらに、Raymond, et al. (1992) は、複数の対象物が連続して出現するなかで、特定の特徴を有する標的を検出しようとする時、最初の標的の検出は的確になされるのに対して、2番目以降の標的は検出が困難になる傾向が強いことを明らかにし、これを「注意の瞬き」と呼んだ（Raymond, et al., 1992, pp.858-859）。このような視覚探索において、多くの対象の中から特定の特徴だけが異なる目標物を見つけ出す探索を単純探索もしくは特徴探索、複数の特徴要素の組み合わせで定義される目標物を探すことを結合探索と言う（服部ほか、2015, p.60）。結合探索では、目標物の数に比例して探索時間は長くなるとされている（Treisman and Gelade, 1980, pp.103-104）。

記憶は、短期記憶と長期記憶とに区別される。両者の関係性に関するフレームワークとして、Atkinson and Shiffrin (1971) は、記憶における情報フローの概念として、多重貯蔵モデルを提示した。それによれば、環境情報が視覚や聴覚などの感覚を通じて登録され、それらが短期記憶となる。短期記憶は、リハーサル、コーディング、意思決定、検索戦略といった制御プロセスを経て、長期記憶として貯蔵される。さらに、短期記憶と長期記憶の相互作用に基づいて、反応としてのアウトプットが導出される（Atkinson and Shiffrin, 1971, p.82）²⁵⁾。また、Tulving (1983) は、長期記憶をさらにエピソード記憶と意味記憶とに区分した。すなわち前者は、個人的な出来事や経験を記憶したり思い出したりすることで、後者は知識の記憶である（Tulving, 1983, 邦訳, p.11）²⁶⁾。

4.3 知識創造のフレームワーク

知識は、情報やデータを解釈・加工することで創造・変換されるが、知識創造および知識変換プロセスの代表的な概念的フレームワークとして、SECIプロセスが挙げられる。

野中ほか (2010) は、知識創造を暗黙知と形式知の継続的な相互変換のプロセスとして捉え、「共同化」「表出化」「連結化」「内面化」の4つの段階から構成される概念モデルを示した（野中ほか、2010, p.28）²⁷⁾。

共同化とは、日々の社会的相互作用関係の形成によって得られる経験を共有することであり、知識は暗黙知から暗黙知に変換される。暗黙知は多くの場合、特定の文脈に依存しているため、「五感」を働か

せる直接的な共体験が有効であるとされている（野中ほか，2010, p.31）。この段階で重要なのは，個別具体の現象の背後にある本質を洞察できるかという点である。換言すれば，共同化は，コミットメントと行為から新たな知見を見出し，経験を共有する複数の人間の間で暗黙知の共有を可能にする過程である（野中ほか，2010, p.35）。

表出化とは，個人の内部に蓄積された暗黙知を，言語やイメージ，モデルなど何らかの表現手段を媒介して具体的な形に表現することである。表出化は，対話による本質追求によってなされる。すなわち，表出化においては，暗黙知は対話によって本質が言語化され，さらに磨かれて概念化される（野中ほか，2010, pp.35-36）。さらに，形式知の背景にはそのもとになった経験的暗黙知が存在し，形式知を十分に活用するには，その背景についても理解しなければならない。そして，それに対する理解が豊かであるほど，そこから生み出された形式知もまた豊かなものになるとされている（野中ほか，2010, p.38）。

連結化とは，概念と概念を関係づけてモデル化したり，概念を操作化・細分化するなどして，組織レベルの形式知に体系化することである。この段階においては，どのような観点から知識を編集し，体系化するかによって，そこから創造される知識の有効性が左右される（野中ほか，2010, p.39）。

内面化とは，共有化された知識が再度個人に取り込まれ，暗黙知化されて，もともと持っていた知識と結びついて新たな知となり，その個人の中に蓄積されることである。連結化により，組織において創造され，共有化された形式知は，内面化の段階で行動を通じて自覚的に暗黙知に変換されて個人のものになる（野中ほか，2010, p.40）²⁸⁾。

さらに，野中ほか（2010）は，知識創造ないし知識変換の重要な構成概念として「場」を挙げている。場とは，知識を継続的に創造するために，対話と実践という人間の相互作用が起こる心理的・物理的・仮想的空間である（野中ほか，2010, p.59）。さらに，SECIプロセスのそれぞれの段階において形成されるべき場の性質について，野中・紺野（1999）では以下のように説明されている。

すなわち，共同化の場は，「個」と「個」の対面，共感，経験共有が基礎となり，主観が支配する「創発場」と呼ばれる。創発場では，情報交換が暗黙知の共有・移転を促進し，情報交換には劇場性が求められる場合もある。また，特定の場所の記憶を手がかりとして，時間を隔てて個人間の暗黙知が共有されることもある。創発場では，場所が暗黙知を共有する媒介としてデザインされていることが重要な意味をもつ（野中・紺野，1999, pp.170-171）。表出化の場は，各自が対話を通じて暗黙知を言語化・概念化する「対話場」である。対話場にはミッションが必要で，その達成のために参加メンバーが選別され，企業が資源を投入し，権限移譲がなされる。連結化の場は，形式知を相互に移転，共有，編集，構築する「システム場」である（野中・紺野，1999, p.172）。さらに，内面化の場は，「実践場」と呼ばれ，形式知に束ねる形で，何らかの経験的要素や人間的要素を提供し，暗黙知として発展させる場である。実践に向けた直観の獲得が主たる目的とされ，共通のサービス・ニーズをもつ企業で特に重視される（野中・紺野，1999, p.174）。

野中ほか（2010）は，場の促進要因として，以下の5点を挙げている。すなわち第1に，場は独自の意図，目的，方向性，使命などを持った自己組織化された場所でなければならない。第2に，参加するメンバーの間に目的や文脈，感情や価値観を共有しているという感覚が生成されている必要がある。第3に，場には異質な知を持つ参加者が必要である。知識は異なる主観を総合することによって新たに創造され，そこに含まれる文脈や視点の多様性によって，より豊かになっていく。第4に，場には浸透性のある境界が必要である。文脈共有を意味あるものとするには，一定の境界設定が必要である。したがって，リーダーは，場が固有の文脈の上で発展できるように，ときには外界の文脈から切り離す必要

がある。第5に、場には参加者のコミットメントが必要である。コミットメントは人間の知識創造活動の基盤となるものであり、場における相互作用にエネルギーを与える（野中ほか，2010，pp.67-72）²⁹⁾。

4.4 知識創造プロセスにおけるコンテキストのマネジメント

知識資産の創造プロセスにおける組織の役割は、個人が知識を創造・蓄積し、グループが活用しやすいような適正なコンテキストを提供することである（野中・竹内，1996，p.109）。知識創造の効果的なコンテキストを形成するための方策として、寺本（2005）は、コンテキスト・マネジメントのフレームワークを提示した。

それによれば、コンテキストとは、ある情報・知識に特定の意味・価値を与えるための認知上の枠組であり、価値的文脈情報、主体的文脈情報、関係的文脈情報によって構成される（寺本，2005，p.78）。価値的文脈情報は、認知の対象となる刺激の価値判断の基礎、前提として存在する他の刺激を指す。また、主体的文脈情報は、認知の対象としている個々の主体に関わる刺激を言う。さらに、関係的文脈情報は、現在認知の対象としている刺激に関する他の刺激との関係に関する情報を意味する（寺本，2005，p.79）。認知プロセスにおいて、初期段階で抽出された刺激情報が記憶情報と照合され、対象が何であるかの認知が成立する。その際、当該の刺激情報だけでなく、主体的、関係的な文脈情報が利用される。文脈情報は記憶から事物に関する概念や知識を引き出し、それに基づいて初期段階での処理の仕方が変更されたり、不十分な刺激情報が補われたりする（寺本，2005，p.75）。

コンテキストは、効率的、効果的なコミュニケーションを成立させる土台となる「解釈の枠組み」として機能している。したがって、マネジメントが多様な関係者との適切なコミュニケーションを行うためには、コンテキストの共有が必要となる。さらに、異なるコンテキストを融合し、新たなコンテキストを創造するよう働きかけることが重要である（寺本，2005，pp.81-82）。すなわち、コンテキスト転換のマネジメントとは、組織が既存のコンテキストの共有化を超えて、参加者間の相互作用を通じて既存のコンテキストを転換し、新たなコンテキストを創造することによって、より高度で多様な意味・価値（コンテンツ）をできる限り迅速に創出することである（寺本，2005，p.82）²⁹⁾。

4.5 知識統合と境界線のマネジメント

船舶オペレーションのデジタル化は、個々の船員がもつ個人知を統合化し、海運企業としての組織知に変換することである。海運企業は、その組織知を活用することで、船舶オペレーションの安全性と効率というきわめて重要な価値を創造し、競争優位を獲得する。そこで、個人知を組織知に統合するプロセスについての先行研究を整理する。

Grant（1996a）は、組織能力に関する知識ベース理論を発展させ、企業が組織能力を創造するために知識を統合するメカニズムを分析した。それによれば、個々の生産タスクを遂行するための専門的知識を統合することが、組織能力の要諦であるが、組織能力とは、企業がインプットからアウトプットへの効率的な変換を通じて価値を創造する能力に対して、直接的ないし間接的に関係する生産タスクを繰り返し遂行する企業の能力として定義される（Grant，1996a，p.377）。知識統合が企業の競争優位をもたらす要因として、統合の効率、統合の範囲、統合の柔軟性の3点が挙げられる。すなわち、統合の効率とは、どの程度個々の組織成員がもつ専門的知識にアクセスし、活用できるかを言う。統合の範囲とは、組織能力を形成しうる専門的知識の幅である。統合の柔軟性とは、一度形成された組織能力によって、どの程度新たな知識にアクセスし、既存の知識を再構築できるかを示している（Grant，1996a，p.380）。

本稿の対象である船舶オペレーションのデジタル化は、知識統合の第1段階として捉えられる。すなわち、船舶オペレーションの現場に従事する個々の船員が、専門化されたタスクを遂行する能力を高度化するために、ヒエラルキーが上昇した海運企業レベルで標準化されたシステムを構築し、知識の統合を図るものである。知識統合に関して、とりわけ重要な点としては、統合の効率が挙げられる。Grant (1996a) では、統合の効率を決定する要因として、知識の共通性、タスク成果の頻度と変動性、組織構造の3点が指摘されている。すなわち、知識の統合プロセスにおいて、個々の専門的知識をもつメンバー間でのコミュニケーションが不可欠となるが、知識の共通性が高いほど、コミュニケーションのコストを低下させ、効率的な知識統合が可能になると言える (Grant, 1996a, p.380)。また、このようなコミュニケーションを促進する組織構造も、知識統合の効率に影響を及ぼすと言える。さらに、組織のルーティンによって、チームメンバーの専門的知識が統合される効率は、ルーティンの反復と改善の結果として、チームメンバー間で進展するシグナリングと反応に対応するシステムの精度によって左右される (Grant, 1996a, pp.380-381)。

上述の知識統合を達成するために不可欠となるのが、境界線のマネジメントである。西脇 (2018) は、知識移転の概念を境界線のマネジメントとして捉え、知識の境界線がもつ特徴を明らかにした上で、成功裏に知識移転を行うための枠組を提示した。

それによれば、知識の境界線は、知識自体が生み出すものと、知識を扱うアクターが生み出すものとに区分でき、前者は知識の構造的な境界線、後者は知識に対する認知の境界線であるとした。とりわけ、認知の境界線とは、知識の構成要素に関する意味や理解の差異であり、境界線を越えて知識を移転・共有するためには、これらの差異を調整するためのマネジメントが必要となる (西脇, 2018, p.34)。知識の境界線のマネジメント手段として、知識の標準化、知識伝達手段の標準化、基盤知識の標準化の3つが挙げられる。すなわち、知識の標準化とは、知識内容を標準化した上でそれらを形式知化し、組織の境界と知識の境界を越えて当該知識を共有することを指し、伝達手段の標準化とは、共通の言語や統一化されたシステムを用いて知識の共有を図ることである (西脇, 2018, pp.39-40)。また、基盤知識とは、知識の移転・共有に影響を及ぼす組織文化や専門知識などを指し、これらの要素を共有することで、知識に関する意味解釈のずれや考え方の違いを統制することが可能となり、可視性に乏しく国際的には困難であるが、暗黙知の移転に効果的であるとされている (西脇, 2018, p.41)。

4.6 暗黙知の表出化と法則性

本稿の対象である船舶オペレーションのデジタル化技術の開発、とりわけ衝突リスク判断のシステム化は、SECI プロセスの「表出化」に相当する。そこで、知識の表出化が成功裏に進展するための要件について、先行研究では様々な視点から議論されている。

たとえば、山田ほか (2007) は、暗黙知を表出化するプロセスにおいて、知識全体のうち形式知化できずに零れ落ちる暗黙知が存在することに注目し、これらの零れ落ちた暗黙知の表出化がなされなければ、知識変換は成功裏に進展しないことを指摘した³⁰⁾。このような零れ落ちた暗黙知を表出化する有力な要因として「法則性」の存在が挙げられる。法則性は、知識が構築されるメカニズムの習熟後期サイクルにおいて、真理によって暗黙的な信条・信念を形成する最も重要な形式知である (山田ほか, 2007, p.17)。

この法則性を導出する要因として、情報の多様化とバラツキの発生が挙げられる。すなわち、情報の多様化とは、知識が構築されるメカニズムにしたがって作業を繰り返す過程で意図的に視点を変化させ

ることにより、知識を多様な情報へと変換する段階である。これによって異なる多くの情報に表出化された知識は、統合させることで暗黙知の領域を狭め、形式知の領域を広げることが可能になる。具体的には、基準となる軸を崩さずに、作業を繰り返すことで徐々に目標値へと近づけ、手段と結果から明らかとなる知識を情報として表出化する活動がこれに当たる(山田ほか, 2007, pp.17-18)。また、バラツキの発生とは、ある基準を軸として、意図的に知識に若干のバラツキを加えることで暗黙知の領域を形式知で包括させる段階である。この作業によって知識に残されていた暗黙知は、バラツキ変数を考慮した形式知として表出化することが可能になる(山田ほか, 2007, p.18)。

4.7 本稿の論点

本章で整理した通り、多くの先行研究において、知識創造ないし知識変換に関する一般的な概念的フレームワークが示されてきた。また、海運業の船員知識を対象とする事例研究から、一定のインプリケーションを得ることが可能である。本稿の研究対象である外航海運業における船舶オペレーションのデジタル化技術の開発プロセスは、知識創造ないし知識変換として捉えられる。本稿では、上述の先行研究に示された概念的フレームワークやインプリケーションを踏まえ、新たな知識を創造ないし変換するプロセスを、外航海運業という業種レベル、船員職という職種レベル、さらに船舶オペレーションのデジタル化、とりわけ衝突リスク判断のシステム化というタスクレベルにブレークダウンし、概念的フレームワークをより精緻化することを試みる。

そこで、知識創造を中心とする先行研究を踏まえ、本稿での具体的な論点を以下の4点に整理する。第1に、研究対象となる知識の概念を明確化する。本稿は、外航海運企業における船舶のオペレーションを対象とするが、創造ないし変換すべき知識とは何かを具体的に示す。そのなかで、データや情報との関係性についても議論する必要がある。すなわち、本稿の研究対象である船舶オペレーションのデジタル化において、データ、情報、知識とは具体的に何であるかを明確にした上で、知識資産としての性質を認知科学の概念を用いて説明する。

第2に、知識創造ないし知識変換のプロセスを整理する。本稿の対象は、船舶オペレーションのデジタル化技術の開発である。そこで、主にSECIプロセスに依拠しながらも、本稿で取り上げる先進事例に基づいて、当該業種、職種、タスクに固有の要因を付加し、知識創造ないし知識変換の全体的なフレームワークを提示する。さらに、それぞれのプロセスにおける知識創造ないし知識変換の担い手や、場の特徴と役割を明らかにする。

第3に、外航海運企業における船舶オペレーションのデジタル化が成功裏に進展するための要件とは何かを提示する。先行研究では、主に知識統合、場の促進、共同化から表出化へのトランジション、法則性のマネジメントの観点から、SECIプロセスが成功裏に進展する要件が示されている。本稿においては、外航海運業という業種、船員職という職種、衝突リスク判断のシステム化というタスクの性質を踏まえた上で、先行研究に示されたインプリケーションを援用すると同時に、筆者がこれまでの研究において提示した人的資源のグローバル統合の概念を加え、船舶オペレーションのデジタル化技術の開発プロセスが成功裏に進展するための要件を議論する。

5. 外航海運企業における船舶オペレーションのデジタル化 －「知識創造」としてのフレームワーク－

5.1 船舶オペレーションに関する船員知識の概念

外航海運企業および船員が、船舶のオペレーションに関してもつ「知識」とは、船舶を安全かつ効率的に運航するために必要な技術やスキル、ノウハウなどを指し、形式知的要素と暗黙知的要素とに区別できる³¹⁾。形式知的要素とは、海運企業ないし船舶管理企業が定める安全管理マニュアルをはじめ、文書化およびプログラム化された知識である。具体的には、船舶管理企業が定める安全管理マニュアルだけでなく、船舶ごとに業務遂行の手順を示した業務手順書、船員の能力要件を明記した確認ツール、さらに個々の船員が海運企業のもつ知識を習得するための学習ツールなどがこれに相当する。これに対し、暗黙知的要素とは、各種マニュアルに示された職務を遂行するプロセスや、マニュアルではカバーできない不測事態への対応能力などを指す（米澤，2009，pp.76-77）。

本稿で取り上げる船舶オペレーションのデジタル化、とりわけ衝突リスク判断に関するシステム化においては、船員のもつ知識のうち、特定状況下での船舶オペレーションにおいて、安全管理マニュアルという形式知的要素ではカバーできない暗黙知が対象となる。すなわち、定型化が困難な輻輳海域におけるオペレーション環境において、イレギュラーに変化する自船と他船との関係性から、衝突リスクを認知する船員の能力が問われるが、衝突リスクの判断基準は個々の船員の感覚情報であり、船員個人に体化した暗黙知である。

衝突リスク判断は、船員の認知過程という感覚知識資産として捉えられ、その概念を以下のように説明できる。すなわち、衝突リスク判断とは、特定のオペレーション環境における他船の動向に関して、主に知覚、注意、記憶から構成される個々の船員の認知過程である。この場合の知覚とは、感覚情報に基づいて他船の特徴を捉える過程であり、船員がもつ知識や経験に基づいてトップダウンによる認知的処理がなされる。注意過程では、衝突リスクを有する他船の情報を選択し、他船と自船との関係性という情報の理解に処理を集中する選択的注意がなされる。輻輳海域には多くの船舶が航行するだけでなく、周囲の地形や水深、気象や海象などの多くの対象に船員の注意が向けられることから、注意資源が分割される。このような分割的注意においては、対象となる海域全体への注意の効率や精度が低下するだけでなく、衝突リスクを有する船舶に対して注意の瞬きが生じる可能性がある。また、船種や船型の異なる多くの船舶が、異なる方位や速度をもって航行しているため、自船との関係性に関する注意は結合探索の性質を有し、探索時間が長くなる。その結果、反応としての避航操船行動が遅延する可能性も懸念される。

衝突リスク判断における注意過程の進展は、個々の船員がもつ記憶の蓄積に影響を受ける。すなわち、船員は、これまでの乗船経験において、輻輳海域での操船の都度、環境情報に基づいて他船との衝突リスクを判断しており、それが短期記憶となる。さらに、乗船経験を経て、長期記憶として貯蔵される過程で、輻輳海域でのオペレーション環境に関する精緻化リハーサルや、反応としての避航操船行動を繰り返し、短期記憶と長期記憶との相互作用が生じると考えられる。さらに、船員の認知的処理はトップダウンによってなされるが、航海術や船舶オペレーションに関するルール、安全管理マニュアルといった意味記憶と、船舶の操船に関する経験や感覚などに基づくエピソード記憶の双方に影響を受けると言える。

このような認知過程は、当然のことながら、個々の船員に体化する暗黙知としての感覚知識資産であ

る。危険度の高いオペレーション環境において、船員が安全に職務を遂行するためには、衝突リスク判断という暗黙知を形式知化し、標準化されたシステム知識資産を用いて、適切な避航操船行動をより確実に生起せしめる必要がある。換言すれば、船舶オペレーションのデジタル化は、特定状況における個々の船員の認知過程を形式知化し、さらにそれらを統合化することによって、職務上の行動パターンを適切に導出し、それらを全社レベルで標準化するための方途である。すなわち、輻輳海域に固有のオペレーション環境において生じる課題を所与のものとして、上述のような船員の認知過程を適正に進展させ、船舶オペレーションの安全性を高度化するためのひとつの手段として捉えられる。

5.2 知識資産としての船舶オペレーションのデジタル化

船舶オペレーションのデジタル化は、場における対話と実践の中から生み出される知識のひとつであり、船舶オペレーションの安全性と効率を高度化する点において、海運企業にとって競争優位の根幹とも言える価値を創出する。船舶オペレーションのデジタル化を、野中ほか（2010）の示す「知識資産」として捉えるならば、以下のような説明が可能である。

すなわち、感覚知識資産は、個々の船員が船舶オペレーションという日常の職務を通じて獲得する暗黙知であるが、船舶オペレーションのデジタル化の対象となるのは、特定状況における船員の認知過程である。この認知過程は、海運企業の安全管理マニュアルに定められる職務を遂行するためのプロセス、もしくは安全管理マニュアルではカバーしきれない知識である。そして、船舶オペレーションの様々なタスクに関する暗黙知が、データ収集を行う表出化のプロセスを経て形式知化され、コンセプト知識資産に変換される。この段階では、個々の船員の暗黙知を言語化したに過ぎないが、多くの船員の認知データを統合することで、ひとつのシステムが開発され、これがシステム知識資産となる。さらに、個々の船員が、海運企業の定める安全管理マニュアルのもとで、これらのシステムを用いて職務を遂行することによって、ルーティン知識資産としての船舶オペレーションに関する新たなノウハウといった暗黙知が生成する。このことが、船舶オペレーションの安全性や効率という海運企業にとっての価値を高度化させる。

とりわけ、本稿の事例として示した衝突リスク判断に関するシステム化のプロセスについて、Rowley（2007）の示すDIKWヒエラルキーの概念に基づけば、データ、情報、知識、英知の関係性を、以下のように説明できる。すなわち、データとは、輻輳海域における船舶オペレーションにおいて、個々の船員がもつ衝突リスクの認知である。情報とは、船舶の衝突事故を回避するための避航行動を確実に遂行するとの目的とコンテクストに即して、衝突リスク判断に関する認知を言語化したものである。さらに、知識とは、個々の船員の経験からもたらされた認知情報の蓄積によって、ひとつのシステムに加工されたものであり、デジタル化プロセスの成果として開発される。そして、衝突リスク判断のシステムが実用化され、実際の船舶オペレーションにおいて、個々の船員がその安全性と効率を高度化するために活用しながら、さらなる暗黙知を創造することが、英知として捉えられる。

野中・竹内（1996）が示すように、上述のような知識創造プロセスにおける組織の役割は、個人が知識を創造・蓄積し、グループが活用しやすいように適正なコンテクストを提供することである。寺本（2005）の示す概念に基づけば、コンテクストは、価値的文脈情報、主体的文脈情報、関係的文脈情報の3つに区分される。船舶オペレーションのデジタル化において、価値的文脈情報とは、認知対象となる刺激の価値判断の基礎であるが、船舶オペレーションのデジタル化においては、船員がもつ衝突回避の重要性の認知や、衝突危険度の判断基準に相当する。主体的文脈情報とは、認知対象となる個々の主体

に関わる刺激を指し、船員の衝突危険度の認知そのものである。関係的文脈情報とは、認知対象の刺激に対する他の刺激との関係であるから、ここでは、他船員の衝突危険度認知と統合化したものとして捉えられる。

コンテキスト・マネジメントの観点からは、コンテキストの共有と異なるコンテキストの融合によって、新たなコンテキストが創造されると考えられる。すなわち、本稿の対象である船舶オペレーションのデジタル化の本質は、衝突リスク判断に関する個々の船員のもつコンテキストを融合させ、海運企業レベルのコンテキストを創造することであると言える。

5.3 船舶オペレーションのデジタル化プロセス

船舶オペレーションのデジタル化、とりわけ衝突リスク判断に関するシステム化に向けた取り組みを、海運企業による知識創造ないし知識変換として捉えるならば、そのプロセスと各段階における場の役割は、野中ほか（2010）の示す SECI モデルを用いて、表1に示す通り、以下のように整理できる。

共同化とは、輻輳海域でのオペレーションにおいて、船舶の衝突を回避するための適切な避航操船行動を目的とする共通のコンテキストのもと、個々の船員が、衝突リスク判断に関する暗黙知を共有する段階である。しかしながら、知識の共同化においては、外航海運業に固有の組織構造という制約要因が存在する。すなわち、船舶オペレーションの場は個々の船舶であるから、それらは常に世界レベルで分散しており、船員が暗黙知を共有する創発場を、個々の船舶という小規模な単一組織を超えて物理的に設けることは困難である。そこで、船舶オペレーションに関する知識創造には、表出化を促進するための対話場を、海運企業が制度的に設定することが不可欠となる。

表1 船舶オペレーションのデジタル化（衝突リスク判断に関するシステム化）の知識創造プロセス

プロセスと場	知識創造行動	場の性質と特徴
共同化 (創発場) ↓	個々の船舶において、当該船舶に乗る組む船員間での衝突リスク判断と避航操船行動パターンが共有される。	<ul style="list-style-type: none"> ・創発場が個々の船舶単位で形成される。 ・個々の創発場の規模が限定的である。 ・創発場となる船舶が物理的に世界レベルで分散している。
表出化 (対話場) ↓	海運企業の開発プロジェクトにおいて、個々の船員がもつ衝突リスク判断に関する認知を言語化し、データを収集する。	<ul style="list-style-type: none"> ・企業の制度として対話場を集約する。 ・表出化を促進するコンテキストを企業が意図的に設定する。 ・連結化の担い手も対話場に参画する。
連結化 (システム場) ↓	海運企業と設備機器メーカーが個々の船員から収集した衝突リスク判断のデータを統合・システム化する。	<ul style="list-style-type: none"> ・システム場が海運企業と設備機器メーカーのスタッフによって構成される。 ・両者が船舶オペレーションにおける衝突リスクに関するコンテキストを共有する。
内面化 (実践場)	完成したシステムのサポートのもとで、個々の船員が輻輳海域でのオペレーションにおいて衝突リスクを判断し、避航操船行動をとる。	<ul style="list-style-type: none"> ・実践場において、形式知化されたシステムではカバーしきれない危険状況が生じる可能性がある。 ・衝突リスク判断に関する新たな暗黙知が生成する可能性がある。

(出所) 筆者作成。

表出化とは、個々の船員の衝突リスクに関する認知を言語によって表現し、海運企業がそれらのデータを収集する段階である。この段階では、海運企業によって物理的な対話場が設定され、輻輳海域での衝突リスクを有する多様なオペレーション環境を、仮想のコンテキストとして設定し、衝突リスクの判断に関する個々の船員の認知を言語化する。この対話場のミッションは、輻輳海域における多様なオペレーション環境に対して、多様なリスク判断の認知データを収集することである。

連結化とは、個々の船員の衝突リスク判断に関する認知データを統合し、システム化する段階である。このシステム場では、輻輳海域における船舶の衝突を回避するための避航操船行動をサポートするとの明確な観点から知識が編集される。システム場では、個々の船員が所属する海運企業のみならず、システムの開発を行う設備機器メーカーが参画するが、船舶オペレーションの職務特性や輻輳海域における船舶オペレーションのバックグラウンドを共有することが不可欠である。これによって、個々の船員から収集するデータの漏れを発見し、適切に修正することが可能となる。

内面化とは、輻輳海域での衝突を回避するための避航操船行動において、個々の船員が完成したシステムを活用し、船舶オペレーションに応用する段階である。この実践場では、システム上に示される衝突リスクを個々の船員がどのように認知し、具体的にどのような避航行動をとるかに関しては、安全管理マニュアルではカバーできない暗黙知も残存する。したがって、システムの活用を通じて、新たな暗黙知が生成する可能性がある。これらの暗黙知が、個々の船員に体化される段階を内面化として捉えることができる。

6. 外航海運業における船舶オペレーションのデジタル化 －「知識創造」の成功要件－

上述のように、船舶オペレーションに関するデジタル化技術の開発は、知識創造ないし知識変換のプロセスとして捉えられ、外航海運業という業種、船員職という職種、船舶オペレーションのデジタル化というタスクレベルに固有の要素を踏まえた上で、SECIプロセスに基づいた概念的フレームワークを示すことができる。そこで、船舶オペレーションのデジタル化を知識創造ないし知識転換のプロセスとして捉えるならば、このプロセスが成功裏に進展し、船舶オペレーションの安全性と効率の向上、自律操船ないし自動運航船の実用化という成果を導出するための要件は何であろうか。本章では、図1に示す通り、SECIプロセスにおける知識統合、場の促進要件、共同化から表出化へのトランジション、表出化における法則性のマネジメントの4つの観点から議論する。

6.1 SECI プロセスにおける知識統合

前章で示した通り、船舶オペレーションのデジタル化プロセスは、知識創造ないし変換プロセスとして捉えることが可能であるが、SECIプロセス全体の促進要件として、まず知識統合の観点から議論する。

Grant (1996a) の示す概念に基づけば、知識統合の観点からは、統合の効率、範囲、柔軟性の3点によって、知識統合が成功裏に進展するとされているが、船舶オペレーションのデジタル化に関しては、知識統合の効率、範囲、柔軟性を以下のように説明できる。第1に、統合の効率とは、どの程度個々の組織成員がもつ専門的知識にアクセスし活用できるかを意味するが、ここでは、全社レベルすなわち全ての船舶で、デジタル化されたシステムを活用できるようにすることである。第2に、統合の範囲とは、組織能力を形成しうる専門的知識の幅であるから、ここでは、表出化段階におけるデータ収集の対象者ももつ暗黙知の多様性が高いほど、システムに統合化される知識の幅、すなわち衝突危険度を認知する

範囲が広くなると言える。第3に、統合の柔軟性とは、新たな知識にアクセスし、どの程度既存の知識を再構築できるかを意味するが、ここでは、個々の船員によるオペレーションでの実践を経て、衝突リスクの判断に関する認知データを継続的にインプットすることで、システムの精度がいっそう向上すると言える。

とりわけ、船舶オペレーションのデジタル化において重要なのは、知識統合の効率であるが、統合される知識の共通性、ルーティンの反復と改善、コミュニケーションを促進する組織構造の3点が、知識統合の効率を左右すると指摘されている（Grant, 1996a）。第1に、船舶オペレーションのデジタル化において、知識の共通性とは、人的資源のグローバル統合、とりわけ制度的統合によって、海運企業の定める安全管理ポリシーや、それに基づく安全管理マニュアルが共有されていることである。第2に、ルーティンの反復と改善とは、特定の条件下での暗黙知データ収集を多くの船員を対象に実施することで、衝突危険度認知に関するシグナリングと反応に対するシステムの精度が向上することである。収集するデータは個々の船員の感覚情報であるが、船員の感覚は、同一の海運企業に継続的に就業することで、海運企業の定める安全管理ポリシーや、それに基づく安全管理マニュアル、安全管理体制のもとで形成される。すなわち、人的資源のグローバル統合、とりわけ規範的統合によって、このプロセスが促進される。第3に、コミュニケーションを促進する組織構造に関しては、衝突危険度を認知し、避航操船行動という職務上の行動パターンをアウトプットする場を、海運企業が意図的に設定することである。外航海運企業に固有の組織構造として、オペレーション現場としての船舶が、物理的に世界レベルに分散している点が挙げられる。したがって、個々の船員がもつ知識を統合するためには、本来ならば分散している個々の船員を制度的に集合させ、コミュニケーションを促進する対話場を設ける必要がある。

6.2 場の促進要件

船舶オペレーションに関するデジタル化技術の開発、とりわけ衝突リスク判断のシステム化の取り組みは、SECIプロセスで言う「表出化」と「連結化」に相当するが、このうちシステム開発を主たる対象とする「連結化」は、主に機械工学などの分野における技術レベルの議論として捉えられる。したがって、とりわけ経営学の研究対象となるのは、表出化のプロセスであるが、表出化において形成される「対話場」の促進要件として、以下の3点が挙げられる。

第1に、参加する個々の船員の間には、船舶オペレーションの安全性や効率を高めるといった目的や価値観が共有されている。このことは、日常の職務における最も重要な課題として、個々の船員が必然的に知覚しているだけでなく、海運企業が定める安全管理ポリシーや、それに基づく安全管理手法、安全管理マニュアルが、人的資源のグローバル統合の成果として、全社レベルで共有されている点に起因する。

第2に、個々の船員は、輻輳海域の衝突リスクの判断という高度に暗黙的なタスクにおいて、多様かつ異質な知をもっている。輻輳海域での避航行動自体に関しては、人的資源のグローバル統合によって、全社レベルで共有された安全管理マニュアルや安全管理ポリシーのもとに標準化されているが、衝突リスクの判断は個々の船員の認知であるから、安全管理マニュアルをもっても、個々の人間に体化した知覚まで標準化することは困難である。そこで、個々の船員がもつ異なる主観を総合する場として、対話場において多様な視点に基づくデータを収集することが可能となる。

第3に、対話場に参加する船員のコミットメントが形成されている。すなわち、人的資源のグローバル統合、とりわけ規範的統合が進展することによって、海運企業に対する帰属意識が醸成される。その

結果、個々の船員は、制度的に統合された安全管理マニュアルを共有するだけでなく、船舶オペレーションの安全管理に対する海運企業としての理念や、それに基づくポリシーを理解している。このことが、船舶オペレーションのデジタル化プロセス、とりわけ認知データを収集する対話場において、船員間の相互作用を促進すると言える。

6.3 共同化から表出化へのトランジション

船舶オペレーションのデジタル化に関する概念的フレームワークとして、SECIプロセスに依拠した説明が可能であるが、共同化から表出化に移行するプロセスにおいては、外航海運業に固有の制約要因が存在する。すなわち第1に、オペレーション現場となる船舶は、物理的に世界レベルで分散しており、別個の船舶に乗務する船員間で、組織境界を越えて自然発生的に知識が移転ないし変換されることは、きわめて困難である。したがって、個々の船員がもつ知識を、同一の船舶というきわめて限定的なユニット内で共同化することは可能でも、組織境界を越えてそれらを表出化するためには、海運企業による知識統合のマネジメントが不可欠となる。第2に、船員の雇用形態が挙げられる。すなわち、船舶オペレーションに従事する船員の大部分は外国人によって占められているが、外国人船員は、数か月間という短期間の契約に基づいて雇用される。このため、長期継続的な雇用が実現しない限り、表出化の担い手が常に変動するため、円滑な知識統合が阻害されることが懸念される。

これらの制約要因を所与のものとして、SECIプロセスにおける共同化から表出化に至るトランジションを成功裏に促進する手段として、境界線のマネジメントが不可欠となる。西脇(2018)の示す概念に基づけば、境界線のマネジメントは、組織境界を越えた知識創造ないし知識変換と、知識境界を越えたそれとに区別できる。

組織境界を越えた知識創造としては、第1に、人的資源のグローバル統合、とりわけ規範的統合によって、世界レベルで安全管理ポリシーが共有されれば、国境を越えたコンテキスト・ネットワークが形成される。第2に、フォーマルな組織構造として、個々の船舶に分散する知識を統合化する船舶オペレーションのデジタル化や、そのプロセスのための物理的な場を制度的に設定することによって、知識創造が促進される。第3に、インフォーマルな要因として、人的資源のグローバル統合の結果、船員の継続的雇用が達成されれば、組織成員の不変性に伴うネットワークの粘着性が増大すると同時に、知識の同質化が進展する。

他方、知識境界は、さらに知識の構造的境界線と知識に対する認知の境界線とに区別されるが、ここで言う構造的境界線とは、船員のバックグラウンドの多様性や、分散した組織構造に起因する暗黙知の境界を指す。これに対し、知識に対する認知の境界線とは、知識の構成要素に関する意味や理解の差異であるから、ここでは衝突リスクに関する危険度認知の差異を言う。これらの知識境界を越えた知識創造を成功裏に進展させる要件として、知識や伝達手段の標準化と、基盤知識の標準化が挙げられる。すなわち前者は、輻輳海域という特定状況下での船舶オペレーションにおいて、衝突リスクの危険度認知をデジタル化することで、船員知識を標準化することである。後者は、組織文化や専門知識により知識に関する意味解釈や考え方の違いを統制することであるが、ここでは、人的資源のグローバル統合、とりわけ規範的統合によって、個々の船員が安全管理ポリシーやそれに基づく安全管理マニュアルを共有し、安全重視の組織風土を醸成する点が挙げられる。

6.4 表出化における法則性のマネジメント

前項で議論した共同化から表出化へのトランジションが成功裏に進展し、知識創造プロセスをシステム構築の段階である連結化に接続するためには、表出化の段階において、個々の船員がもつ暗黙知を的確に包摂するための手段が必要である。

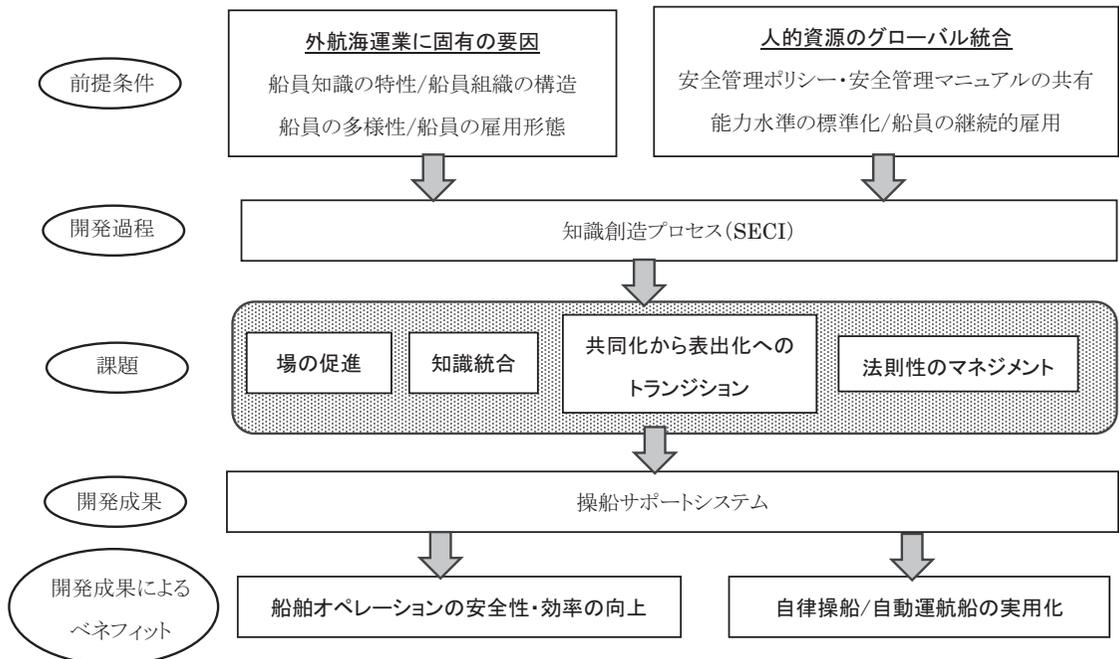
野中ほか（2010）が示すように、表出化段階で形成される形式知が豊かであるためには、経験的暗黙知による背景の理解が不可欠であるから、このミッションを達成するためには、輻輳海域での衝突リスクというコンテキストにおいて、豊富な経験を有する船長クラスの船員が、対話場の参加者として選抜される。さらに、外航海運業に固有の要因として、人的資源の多様性と変動性が挙げられる。すなわち、外航海運企業に従事する船員は、大部分が外国人で占められているだけでなく、その国籍やバックグラウンドが多様である。さらに、外国人船員は全員が数か月間の短期的な契約に基づいて雇用されるため、オペレーション現場の船員組織には、常に多様性と変動性が伴っている。このため、組織知として有効なシステムを構築するためには、表出化の段階で多様な源泉からデータを収集し、多様な船員による職務上の行動特性を包摂することが不可欠である。

また、山田ほか（2007）が示すように、暗黙知の表出化段階においては、零れ落ちる暗黙知の形式知化が不可欠である。そのために、情報の多様化とバラツキの発生による「法則性」が必要とされる。多様な情報を統合することで暗黙知の領域を狭小化し、形式知の領域を広げることが可能となる。また、ある基準を軸として意図的に知識に若干のバラツキを加えることで、暗黙知の領域を形式知で包括することが可能である。

船舶オペレーションのデジタル化においては、システム化のためにデータ収集を行う表出化段階において、情報の多様化とバラツキの発生からある種の法則性を抽出することが不可欠となる。デジタル化の対象は、船員の衝突リスク判断という認知過程であるから、個々の船員の認知過程には、衝突回避という問題解決や、それに向けた情報処理において、価値観や経験に基づく個人差が存在する。そこで、衝突リスク判断を必要とする多様なオペレーション環境を設定し、それに対する危険度認知の情報を、経験の豊富な多数の船長職の船員から収集することによって、そこで表出される暗黙知にバラツキが生じ、これらのバラツキを包摂することによって、システムの精度を向上させることが可能となる。換言すれば、衝突リスク判断に関する暗黙知のバラツキを形式知化することによって、システムという形式知でカバーできる船員の認知の領域を拡大することが可能となる。

それと同時に、人的資源のグローバル統合、とりわけ規範的統合が進展していれば、海運企業に固有の安全管理ポリシーやそれに基づく安全管理マニュアルが全社レベルで共有されているため、表出化の前段階で、暗黙知の性質がすでに均質化されていると言える。換言すれば、規範的統合によって、船員の認知過程における価値観の差異を最小化することが可能である。それならば、暗黙知の表出化がなされる時点で、収集されるデータのバラツキがすでに相当程度是正されていると考えられる。具体的には、輻輳海域での衝突危険度の認知水準は、国籍やバックグラウンドに関わらず、個々の船員によるバラツキの範囲がより狭小化されており、このことが、知識創造のコストを低下させると言える。問題となるのは、知識のアウトプットである職務上の行動パターンにおけるバラツキである。すなわち、衝突危険度の認知に基づく避航操船行動のパターンについて、個々の船員間でどの程度のバラツキが生じるかという点である。換言すれば、内面化の段階においては、システム化された衝突リスク判断に基づいて、人的資源のグローバル統合によって共有された安全管理マニュアルという形式知と融合させることで、暗黙知のバラツキが是正され、適正な避航操船行動が導出されると考えられる。

図1 船舶オペレーションのデジタル化（衝突リスク判断に関するシステム化）
技術開発のフレームワーク



出所) 筆者作成.

7. むすびにかえて

本稿の目的は、外航海運業における船舶オペレーションのデジタル化に焦点を当て、知識創造の観点から、当該業種および職種に固有の要因を踏まえた上で、デジタル化技術の開発プロセスに関する概念的フレームワークを構築すると同時に、知識創造が成功裏に進展するための要件について検討することであった。

そこで本稿は、外航海運業における船舶オペレーションのデジタル化技術の開発プロセスについて、先進事例のケース・スタディと知識創造論を中心とする先行研究に基づいて、業種および職種に固有の概念的フレームワークを提示した。さらに、知識統合、場の促進、共同化から表出化へのトランジション、法則性のマネジメントという4つの観点から、船舶オペレーションのデジタル化技術の開発が成功裏に進展する要件を導出した。

本稿の理論的貢献として、知識創造プロセスの概念を、外航海運業という業種レベル、船員職という職種レベル、とりわけ衝突リスク判断というタスクレベルにブレイクダウンし、既存のフレームワークを精緻化した点が挙げられる。また、船舶オペレーションのデジタル化に関する学術研究は、機械工学や海事システム工学などの観点から技術的な議論が展開されるのが一般的であるが、経営学の観点から概念の再検討を試みた点にも、新奇性があると言える。さらに本稿が、船舶オペレーションのデジタル化という知識創造プロセスと、人的資源のグローバル統合という人的資源管理の取り組みを関連づけた議論を展開したことによって、人的資源管理や組織社会化に関する示唆を含むものとなっている。

他方、船舶オペレーションのデジタル化技術の開発は、現在進行中の取り組みであり、本稿の対象と

した衝突リスク判断に関するシステムも、知識創造プロセスにおける内面化を経て今後実用化される予定である。さらに、船舶オペレーションのデジタル化の最終的な目標である自律操船ないし船舶オペレーションの自動化までには、本稿で指摘した課題や阻害要因を所与のものとしながら、新たな場においてさらに高度な知識創造ないし知識変換が繰り返されることとなる。したがって、今後進展する知識創造プロセスの概念については、新たな議論が必要となろう。また、自律操船や自動運航といった最終的な目的を達成する上で、様々な制約要因をいかに解消するかについては、機械工学や海事STEM工学、海法などの観点からの議論が中心となる。さらに、知識創造プロセスが進展し、自律操船ないし船舶オペレーションの自動化が進展するのにもなって、船員のマンニングやクルーイング、トレーニングといった海運企業の船員戦略においても、新たな対応が必要とされる。このため、船舶オペレーションの安全性と効率を最大化させるための具体的な人的資源管理施策についても、別途議論が必要となる。

注

- 1) 日本経済新聞（2018年1月23日）。
- 2) 日本経済新聞（2018年1月31日）。
- 3) 日本経済新聞（2018年3月28日）。
- 4) 本稿は、船舶オペレーションに関わる船員のうち、特に船舶の操船を主たる役割とする航海士の職務を対象とするため、航海士を「船員」と記述する。
- 5) IMO MSC 101th session（2018年12月）。IMO ウェブサイト www.imo.org（2020年1月28日アクセス）。
- 6) 日本郵船プレスリリース（2019年9月30日）。
- 7) Fin Ferry 社プレスリリース（2018年12月3日）。同社ウェブサイト <https://www.finferries.fi>（2020年1月28日アクセス）。
- 8) この点について、中西・城戸（2017）は、水先艇運航会社に勤務するベテラン船長の暗黙知的要素を形式知化する取り組みについて詳述している。水先艇の運航業務は、水先人を要請船まで送迎するとともに、港内などで船舶を誘導することであるが、水先艇を操船する技術は、長年の経験から体得されたものであり、暗黙知的部分の比重が大きいことが特徴であるため、主に新人船員の育成における効果的な教育・訓練の手段として、船員知識の形式知化が必要とされる（中西・城戸，2017, p.31）。具体的な知識変換の作業としては、ベテラン船長に対するインタビューに基づいて、水先艇操船マニュアルを作成すると同時に、ベテラン成長の操船行動を映像化することによって、文書化が困難な暗黙知的要素を形式知化している。
- 9) 外航海運企業における船員組織の構造、職務設計、安全管理マニュアルに関しては、米澤（2018）pp.46-49で概説している。
- 10) 本章の記述は、主に日本郵船インタビュー調査（2019年8月14日）に基づき、補足的に同社ウェブサイト等を参考にしたものである。
- 11) 着岸時の自船状況に関する情報を、ECDIS（電子海図）のタブレット端末上に統合・表示し、操船状況を確認できるシステムを開発する。
- 12) コンピューターが周囲の情報を収集・統合・分析して行動計画を作成し、遠隔地もしくは本船上の操船者による承認のもと、その行動計画を実行に移すシステムを開発する（日本郵船プレスリリース，2018年8月10日）。
- 13) 深層強化学習を応用し、膨大な航海シミュレーションを通じて徐々に最適な避航行動を学習するシステ

ムを開発する (日本郵船プレスリリース, 2018年7月26日).

- 14) 日本郵船, MTI, 日本海洋科学, 海上・港湾・航空技術研究所, 海上技術安全研究所, 古野電気, 日本無線, 東京計器の8社 (団体).
- 15) 国土交通省報道発表 (2017年4月3日).
- 16) 同様の取り組みとして, 商船三井を中心とするグループは, 2019年より「衝突自動回避アルゴリズム」と「自律運航/遠隔操船システム」の開発を開始した (商船三井プレスリリース, 2019年12月20日).
- 17) レーダー上の船舶に衝突リスクが生じた場合, 危険度の高い順に, 危険 (赤), 警戒 (オレンジ), 注意 (黄色), 監視 (グレー) でそれぞれの船舶が表示される.
- 18) 2019年8月調査時点.
- 19) 日本郵船インタビュー調査 (2019年8月14日) における回答者の乗船経験に基づく指摘による.
- 20) 暫定ガイドラインは, IMO 海上安全委員会 (MSC101) で承認された. IMO WEB サイト <http://www.imo.org> (2020年1月17日アクセス).
- 21) DIKW ヒエラルキーの概念は, Rowley (2007) p.176, Fig.6 に図式化されている.
- 22) Kock and McQueen (1998) は, ブラジルの自動車部品メーカー, ニュージーランドの大学と行政機関を対象とする実証研究に基づいて, タイプの異なる職能やビジネスプロセスごとに, 知識と情報がどのように交換されるかを議論した.
- 23) 知識創造と意思決定プロセスの概念は, Choo (1996) p.339, Figur.4 に図式化されている.
- 24) 注意のキャパシティ・モデルは, Kahneman (1973) p.10, FIGURE 1-2 に図式化されている.
- 25) 多重貯蔵モデル, 長期記憶と短期記憶の相互作用プロセスは, Atkinson and Shiffrin (1971) pp.82-83 に図式化されている.
- 26) エピソード記憶と意味記憶の具体的な相違点については, Tulving (1983) 邦訳, p.44, 表 3-1 に整理されている.
- 27) SECI プロセスは, 野中ほか (2010) p.29, 図 2-2 に図式化されている.
- 28) SECI プロセスにおける知識資産のカテゴリーは, 野中ほか (2010) p.81, 図 3-7 参照.
- 29) コンテキスト転換のマネジメント概念は, 寺本 (2005) p.82, 図表 2-14 に図式化されている.
- 30) 山田ほか (2007) は, 成型加工型企業における知識創造の事例研究から, モノづくりの実践における暗黙知の表出化が成功裏に進展する要件について議論した.
- 31) 米澤 (2009) は, 外航海運企業の船員戦略における企業内教育・訓練を「知識移転」として捉え, 多様な国籍やバックグラウンドで構成され, 短期的な契約ベースで雇用される船員に対して, 海運企業がもつ知識を成功裏に移転するための要件を議論した.

参考文献

- 海保博之 (編著) (2005) 『認知心理学』朝倉書店.
- 香名弘二・安藤英幸・中島拓也・桑原悟・中村紳也 (2019) 「有人自律操船のための行動計画システム (APS) の概念提案」『日本マリンエンジニアリング学会誌』第54巻, 第2号, 88-92 ページ.
- 寺本義也 (2005) 『コンテキスト転換のマネジメントー組織ネットワークによる「止揚的融合」と「共進化」に関する研究』白桃書房.
- 中西稔・城戸康彰 (2017) 「暗黙知の表出化と形式知化ー水先艇運航業務の技術伝承の事例」『産業能率大学紀要』第37巻, 第2号, 31-48 ページ.

- 西脇暢子（編著）（2018）『日系企業の知識と組織のマネジメントー境界線のマネジメントからとらえた知識移転メカニズム』白桃書房。
- 野中郁次郎・竹内弘高（1996）『知識創造企業』東洋経済新報社。
- 野中郁次郎・紺野登（1999）『知識経営のすすめーナレッジマネジメントとその時代』筑摩書房。
- 野中郁次郎（2006）「知識経営の戦略」『情報処理』第47巻，第5号，547-552 ページ。
- 野中郁次郎・遠山亮子・平田透（2010）『流れを経営するー持続的イノベーション企業の動態理論』東洋経済新報社。
- 服部雅史・小島治幸・北神慎司（2015）『基礎から学ぶ認知心理学ー人間の認知の不思議』有斐閣。
- 藤永保（監修）（2013）『最新・心理学辞典』平凡社。
- 山田裕昭・福田康明・早川周（2007）「知識構築メカニズムにおける暗黙知の表出化を目指して」『日本生産管理学会論文誌』第13巻，第2号，9-19 ページ。
- 米澤聡士（2009）「外航海運業の船員戦略における知識移転」『国際ビジネス研究』第1巻，第2号，75-89 ページ。
- （2012）「外国人非正規従業員のリテンション・マネジメントー外航海運業の観点から」『国際ビジネス研究』第4巻，第2号，133-149 ページ。
- （2018）『人的資源のグローバル統合ー外航海運業の船員戦略』文眞堂。
- Atkinson, R. C. and R. M. Shiffrin (1971) “The Control Processes of Short-Term Memory,” *Scientific American*, Vol. 225, No.2, pp.82-90.
- Choo, C.W. (1996) “The Knowing Organization: How Organizations Use Information to Construct Meaning, Create Knowledge and Make Decisions,” *International Journal of Information Management*, Vol.16, No.5, pp.329-340.
- Craik, F. I. M. and R. S. Lockhart (1972) “Levels of Processing: A Framework for Memory Research,” *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, No.11, pp.671-684.
- Ferrari, M. D. and R. J. Sternberg (1998) *Self-Awareness: Its Nature and Development*, New York: Guilford Press.
- Grant, R. M. (1996a) “Prospering in Dynamically-competitive Environments: Organizational Capability as Knowledge Integration,” *Organization Science*, Vol.7, No. 4, pp.375-387.
- (1996b) “Toward a Knowledge-Based Theory of the Firm,” *Strategic Management Journal*, Vol.17, pp. 109-122.
- Kahneman, D. (1973) *Attention and Effort*, New Jersey: Prentice-Hall.
- Kock, N. and R. McQueen (1998) “Knowledge and Information Communication in Organizations: An Analysis of Core, Support and Improvement Process,” *Knowledge and Process Management*, Vol.5, No.1, pp.29-40.
- Neisser, U. (1976) *Cognition and reality : principles and implications of cognitive psychology*, San Francisco : W.H. Freeman, 古崎徹・村瀬旻（訳）（1978）『認知の構図ー人間は現実をどのようにとらえるか』サイエンス社。
- Nonaka, I. and G. Krogh (2009) “Tacit Knowledge and Knowledge Conversion: Controversy and Advancement in Organizational Knowledge Creation Theory,” *Organization Science*, Vol.20, No.3, pp.635-652.
- Raymond, J. E., K. L. Shapiro and K. M. Arnell (1992) “Temporary Suppression of Visual Processing in an RSVP Task: An Attentional Blink?,” *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 18, No. 3, pp.849-860.
- Rowley, J. (2007) “The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy,” *Journal of Information Science*, Vol.33, No.2, pp.163-180.

- Tulving, E. (1983) *Elements of Episodic Memory*, Oxford: Oxford University Press, 太田信夫 (訳) (1985) 『タルヴィングの記憶理論－エピソード記憶の要素』教育出版.
- Treisman, A. (1988) “Features and Objects: The Fourteenth Bartlett Memorial Lecture,” *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol. 40A, No.2, pp.201-237.
- Treisman, A. M. and G. Gelade (1980) “A Feature-Integration Theory of Attention,” *Cognitive Psychology*, No.12, pp. 97-136.