

第 6 回 海技教育機構研究発表会 予 稿 集

芦屋会場

2019 年 9 月 30 日

独立行政法人
海 技 教 育 機 構

[第1セッション]

- ・燃料電池の大型船舶への導入に関する基礎検討 1
角 和芳
- ・連続モニタリング計測に基づく船舶推進動力シミュレーションモデルの構築 3
長谷川 雅俊、内田 誠

[第2セッション]

- ・内航タンカーにおけるヒヤリ・ハット報告のウェブシステム化とデータマイニングの活用 .. 5
浅木 健司、山本 一誠、藤井 迪生、久保野 雅敬、岸 和宏
- ・海上のサイバーセキュリティ教育に関する基礎調査及び研究 7
奥富 雄司、宮島 英明
- ・3D高精度対地速度計測による船体抵抗の推定に関する研究 9
市川 義文、奥田 成幸、新井 康夫、新保 雅俊、山田 孝三郎

[第3セッション]

- ・MAIB 事故事例による海事英語教育について 11
田中 賢司、杉田 和巳
- ・生理指標を用いたシミュレータ教育訓練における
トレーナーとトレーニーの緊張評価に関する研究 13
戸羽 政博、村井 康二

[第4セッション]

- ・海事英語に対するスラッシュリーディング技法の適用について 15
田中 賢司
- ・通訳訓練を用いた海事英会話習得について 16
杉田 和巳、田中 賢司、川崎 真人
- ・国際条約等により規定される新たな教育訓練にかかる研究 18
市川 義文

燃料電池の大型船舶への導入に関する基礎検討

○角 和芳*

1. はじめに

国際海事機関において、船舶のディーゼル機関から排出される温室効果ガスであるCO₂やNO_xなどの大気汚染物質の排出量規制が段階的に強化されている状況下において、船社、機器メーカー等がそれらの排出量規制に対して種々の対策技術を検討している中、筆者はこれまで国内を航行し、比較的小型の本校練習船（総トン数157t、ディーゼル発電機容量：120kW）を対象とし、作動中に温室効果ガスや大気汚染物質を排出しない燃料電池の導入について検討を行ってきた。

そこで、本研究では、将来的に普及すると考えられる大形の外航船への燃料電池の導入について検討を行った。本研究では、まず、大型の外航船の航路、速力スケジュール、ディーゼル発電機容量、負荷電力等を資料やデータからモデル化した。次に、モデル化した船舶を対象として燃料電池を導入した電源システムの構成を行い、対象船舶が一定期間の航海を行った場合のディーゼル発電機と燃料電池の燃料消費量を比較し、燃料電池の導入による燃料消費量の削減効果について検証を行った。

2. 燃料電池を導入した電源システムの検討

2.1 シミュレーションのモデル船舶

(1) 概要

本研究のシミュレーションのモデルとした大型外航船は神戸港と香港港を往復航海する数千トンの大きさの船舶（以下、本船とする。）であり、負荷電力データを引用した文献（1）に掲載されている電力調査表からコンテナや一般貨物を輸送する貨物船を想定した。

航海スケジュールは神戸港と香港港を往復航海とする。航海距離と時間はVessel tracker 社が提供している距離計算ツール²⁾によって神戸港（北緯34.7°、東経135.2°）から香港港（北緯22.3°、東経114.1°）ま15ノット（27.8km/h）の速力で航海すると、95時間かかる計算になる。ここで、出港後は増速し15ノットになるまで1時間、また、入港時は1時間前から減速し各港へ着岸するとした。したがって、航海時間は94時間になる。次に、着岸後はすぐに荷役を行い、荷役時間は20時間、その後、4時間は停泊し出港するとした。表1に想定した本船の運行状況と時間を示す。

表1 想定した本船の運行状況と時間

運行状況	時間 [h]
神戸港出港後増速（出港）	1
航海（15ノット）	94
減速し香港港着（入港）	1
荷役（香港港）	20
停泊（香港港）	4
香港港増速（出港）	1
航海（15ノット）	94
減速し神戸港着（入港）	1
荷役（神戸港）	20
停泊（神戸港）	4
計	240

(2) 電源システムと負荷電力

想定した本船の負荷電力は、上述の電力調査表のデータを使用した。表2に電力調査表に記載されている運航状況別の負荷電力を示す。

表2 運航状況別の負荷電力

運行状況	負荷電力 [kW]
出港時（神戸港、香港港）	353
航海中（神戸港から香港港）	308
入港時（神戸港、香港港）	353
荷役中（神戸港、香港港）	314
停泊中（神戸港、香港港）	111

次に、電力調査表から本船は容量360kWのディーゼル発電機が2機搭載され、船内に電力が供給されるとする。ここで、航海中、荷役中、及び停泊中はディーゼル発電機1台によって電力が供給され、負荷率が90%以上になる出港及び入港時はディーゼル発電機2台によって電力が供給されるとする。

2.2 燃料電池と燃料の選択

燃料電池の選択について、燃料電池には、作動温度の違いから高温作動形と低温作動形がある。船上における運転や保守等を考慮に入れ低温形を選択し、低温形の中でも容量が大きく分散型電源、自家発電用として実用化段階であるりん酸形燃料電池（PAFC: Phosphoric Acid Fuel Cell）を採用した。

また、燃料電池の燃料の選択について、現在、りん酸形燃料電池の燃料は天然ガス（メタン）やメタノール（主に

* 教授 海技大学校 機関科

天然ガスから製造される)等の炭化水素が使用され、それらの燃料は燃料電池に供給される前に改質され、燃料中の水素のみが供給される。船上における貯蔵や取り扱いを考慮すると天然ガス等の気体燃料より液体燃料の方が有利であると考え、燃料電池の燃料として日本では2009年に規格化された低硫黄灯油(硫黄分0.001質量分立%[10ppm], 平均組成: $C_{12}H_{26}$)を使用することとした。

2.3 燃料電池を導入した電源システム

図2に運転シミュレーション用に考案した燃料電池を導入した電源システムを示す。燃料タンクに蓄積されている灯油は供給ポンプによって脱硫器に送られ硫黄分が除去され、気化器に送られ気化された後、改質装置に送られる。ここで、脱硫器及び気化器は電気ヒータによって加熱され、また、船内の負荷が変動した時は供給ポンプの回転数が調整され、燃料の供給量が制御されるとする。改質装置に送られた燃料は、水蒸気と混合された後、改質器において、バーナ(燃焼器)によって加熱され、水素(H_2)と一酸化炭素(CO)に分離される。その後、 CO 変成器及び CO 除去器において CO の濃度が下げられスタック(燃料電池本体)の燃料極(アノード)に供給される。ここで、水蒸気は本船のボイラから供給することとした。

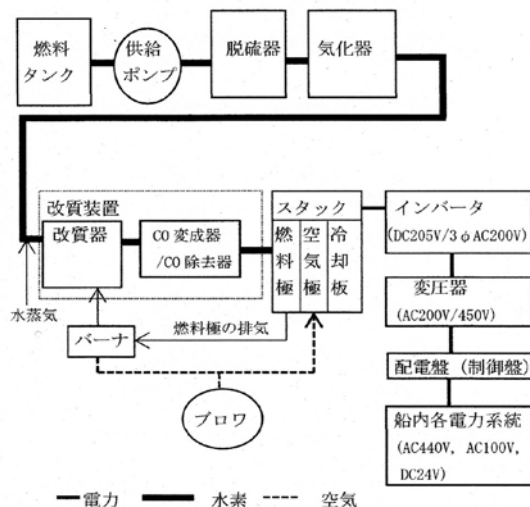


図1 燃料電池を導入した電源システム

次に、スタックにおいて燃料と空気極(カソード)に送られた空気中の酸素の反応によって電力が発生する。発生した電力はインバータによって交流に変換され、変圧器によって昇圧され、船内各電力系統に供給される。ここで、インバータ効率は0.96、変圧器の効率を0.98とした。また、スタックの空気極及び改質装置のバーナにはボイラから空気を送ることとし、バーナには燃料極の残留水素を含む排気を送ることとした。

3. 運転シミュレーション

3.1 運転シミュレーションの概要

表1の運航スケジュール及び表2の負荷電力を使用し、神戸港を出港し航海を行い香港港に到着、荷役、停泊し香港港を出港、航海を行い、神戸港に到着、その後、荷役、停泊し、再び神戸港を出港するまでの240時間についてディーゼル発電機を使用する場合と燃料電池を使用する場合の燃料消費量の比較を行った。ディーゼル発電機を使用する場合の負荷電力は表2に示す通りである。また、燃料電池を使用する場合の負荷電力は、図1に示す燃料供給ポンプ、ブロワ等の負荷電力を10kWと仮定し、表2に示す負荷電力に10kW加算することとした。

3.2 運転シミュレーション結果

本船がディーゼル発電機を使用する場合の燃料消費量を容量が360kWの発電機用のディーゼル機関の出力と燃料消費率の関係を示す性能曲線によって、本船の運航状況別に求めた。表3に本船の運航状況別のディーゼル発電機と燃料電池の燃料消費量を示す。表3から燃料電池を用いることによって燃料消費量を削減することができ、削減率は航海中と停泊中は17%、出入港時は19%、荷役時は16%になった。

表3 運航状況別の燃料消費量

運航状況	ディーゼル発電機 [kg/h]	燃料電池 [kg/h]
航海中	65.6	54.7
出入港時	78.2	63.6
荷役時	66.9	55.9
停泊中	66.2	55.3

5. おわりに

本研究では、モデル化した船舶を対象として燃料電池の検討を行ったが、実際に航行する船舶の運航スケジュールや負荷電力などを入手、本研究に示す、ディーゼル発電機及び燃料電池の燃料消費量等の計算手法を用いることによって、実際に航行する船舶に燃料電池を用いた場合の燃料消費量の削減効果を検証することは可能であると考えられる。

参考文献等

- 1) 日本船舶電装協会、「船舶電気装備技術講座〔電気機装設計編〕(中級)」, 日本財団, (2005)
- 2) <https://www.vesseltracker.com/jp/static/Company.html>

連続モニタリング計測に基づく

船舶推進動力シミュレーションモデルの構築

○長谷川 雅俊* 内田 誠**

1. はじめに

船舶運航の省エネルギー、環境保全の向上を考える上で、実海域において想定される気象海象環境下における船舶の推進動力システムの特性を推定することは極めて重要である。そのため、船舶の主機関特性から船体推進抵抗特性まで全体を含む船舶推進動力システムの特性を分析し、評価する必要がある。

本研究の目的は、船舶推進動力システムの特性の分析を行うことができるシミュレーションモデル^{1,2)}の構築である。特に主機関からプロペラ、船体を包括した動特性に注目したシミュレーションモデルの構築を目指す。このモデルには、特定の被験船の船舶要目、主機関特性、プロペラ特性、船体抵抗特性などを組み入れる。そして、シミュレーション結果と特定の被験船のVDRデータにより、シミュレーションモデルの妥当性の検証を行う。

本報では上記で述べたシミュレーションモデルの基盤となるモデルの骨格を検討し、実船実測結果との比較に基づき、提案モデルの妥当性を確認する。

2. 船舶推進動力シミュレーションモデル

増速・減速時も含むあらゆる運転条件における動力と負荷の動特性を把握するために主機関とプロペラ、プロペラと船体の動力負荷バランスに注目した船舶推進動力シミュレーションモデルを構築する。モデルのブロック図を図1に示し、流れを以下に示す。

- (1) 主機ハンドル操作で設定回転数 n_{set} を変更し、 n_{set} と主機関の回転数 n との偏差ならびにガバナ出力信号のフィードバックから負荷に応じたガバナのPID定数を求める。ガバナ出力信号に基づき主機燃料噴射ポンプラックが制御されポンプマークが定まり、シリンダへの燃料供給量が求まる。
- (2) 単位時間当たりの燃料供給量と熱効率、機械効率から伝達出力が求まり、加えて回転数から伝達トルク Q_D が定まる。
- (3) Q_D とプロペラトルク Q_P のバランス、軸系回転慣性モーメント I から回転角加速度が変化し、単位時間当たりの主機関の回転数 n の増減量が求まることで

新たな主機関の回転数 n が定まる。

- (4) 主機関の回転数 n が定まることでプロペラスラスト T が変化する。
- (5) T と船体抵抗 R のバランス、船体の慣性質量 M により加速度が変化し、単位時間当たりの船速の増減量が定まり、新たな船速 V_s が定まる。なお、 T はスラスト減少係数 t を考慮している。
- (6) V_s に応じて R が変化し、 T と R のバランスが変わる。
- (7) V_s は伴流係数 w を考慮して前進速度 V_a となり、プロペラに船尾後流が流入することで T 及び Q_P が変化し、 Q_D と Q_P 、 T と R のバランスが変化し、主機関の回転数 n 及び V_s が変化する。

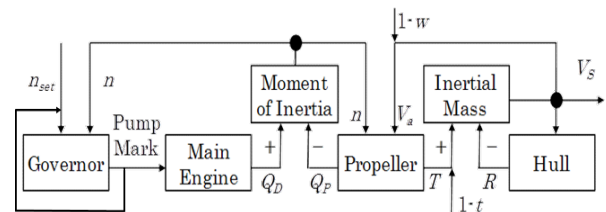


図1 船舶推進動力システムのモデル

3. 被験船及び計測データ

3.1 被験船の概要

被験船は2010年6月に瀬戸内海で海上公試を実施したのち、不定期航路に就航した船舶である。被験船の主要目を表1に示す。

表1 被験船の主要目

船体		主機	
垂線間長	160.40m	型式	B&W 6S42MC
幅	27.20m	連続最大出力	5,850kW 129rpm
深さ	13.60m	常用出力	4,970kW 122rpm
喫水	9.82m	プロペラ	
満載排水量	34,753ton	翼数	4
積載重量トン	28,189ton	直径	5.25m
総トン数	17,009ton	ピッチ比	0.74
型排水容積	33,772m ³	展開面積比	0.51
浸水表面積	6,235m ²	ボス比	0.16

* 講師 海技大学校 機関科

** 神戸大学

3.2 連続モニタリング計測データの概要

航海および機関に関するデータについて VDR から約 1 秒毎に記録蓄積をしている。本報では、海上試運転出動中に計測された急増減速時の計測データを使用する。

4. シミュレーション結果と VDR データの比較

速力試験に実施された急増減速時の VDR データとシミュレーションモデルのシミュレーション結果の比較分析を行った。

シミュレーションは図 1 に示す船舶推進動力シミュレーションモデルにより、主機ハンドル操作を模擬し、設定回転数 n_{set} をシミュレーション入力値として行った。VDR データすなわち実測結果とシミュレーション結果は、主機関とプロペラ、プロペラと船体の動力負荷バランスの過渡変化に注目し比較分析を行った。

4.1.1 急増減速時のシミュレーション

急増速 (Exp.1) と急減速 (Exp.2) に注目し、急増減速時の動力と負荷の動特性の観点からシミュレーション結果の検証を試みる。図 2~4 に、時間と回転数、軸出力、船速の結果を示す。シミュレーションによる計算結果を急増速 (Cal. 1)、急減速 (Cal. 2) として示す。

4.1.2 急増速時のシミュレーション結果

図 3 の軸出力の変化に注目すると、実測結果及びシミュレーション結果の経過時間 7 分付近で設定回転数に達する点において、軸出力が定常値に対してオーバーシュートしている。これは軸系回転慣性特性の時定数が、船体系慣性特性の時定数よりも比較的小さいことから追従性が良く、船体系慣性特性の時定数は、慣性質量が大きいため追従性が比較的小さいという各特性に起因する現象である。この負荷変動によって発生する動特性の傾向を捉え、再現することができた。

4.1.3 急減速時のシミュレーション結果

図 2 及び図 3 の対比に注目すると、実測結果及びシミュレーション結果の回転数の急減少に応じて図 3 の通り軸出力も急激に減少し、約 1 分で軸出力が一旦ゼロになった後、グラフ上では読み取り困難であるがわずかに増大し、定常特性 80kW に漸近する。図 2 のように回転数は、軸出力が一旦ゼロとなるタイミングを境に減少傾向が変化し、屈曲点を持つように変化する。その後、設定回転数 (35rpm) に漸近する。しかし、減速開始から屈曲点までの変化の様子が、シミュレーションでは直線的なのに対し実測はふくらみをもって変化している。

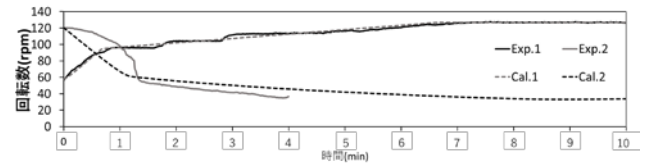


図 2 回転数の時系列波形

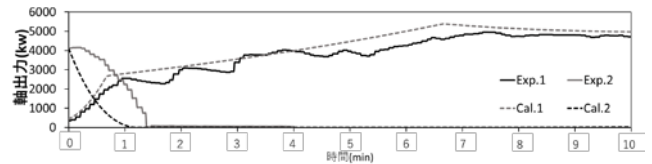


図 3 軸出力の時系列波形

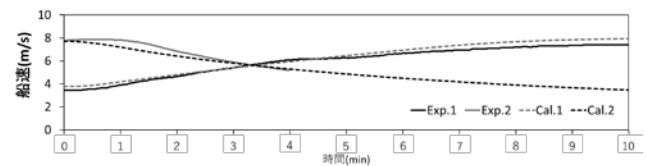


図 4 船速の時系列波形

5. まとめ

シミュレーション結果より、構築したシミュレーションモデルによって軸系回転慣性特性と船体系慣性特性の時定数の違いや、増減速における負荷変動によって発生する動特性の傾向を捉え、再現することができた。しかし一方で、4.1.3 で述べた急減速 (Cal.2) の減速開始から屈曲点までの変化の様子が、シミュレーションでは直線的なのに対し実測はふくらみをもって変化している。これは、シミュレーションモデルに主機関モデルの燃焼モデルおよび過給機作動現象モデルが考慮されていないことが一要因であると考えられる。今後は、上述のモデル構成要素について合理的に検討する必要がある。

参考文献

- 1) 長安明奈, 長井駿介, 三輪誠, 内田誠, 実測値における推進動力システムのシミュレーションモデルについて, JIME 学術講演会文集, 2013.9.
- 2) 長井駿介, 内田誠, 連続モニタリングシステム計測に基づく就航中船舶推進動力特性の分析, JASNAOE 春季講演文集, 2014.5.

内航タンカーにおけるヒヤリ・ハット報告の ウェブシステム化とデータマイニングの活用

○浅木 健司* 山本 一誠*

藤井 迪生** 久保野 雅敬** 岸 和宏***

1. はじめに

ヒヤリ・ハット情報の安全対策への活用は、様々な分野で幅広く実施されており、船舶運航においても、かなり定着した感がある。しかし収集した情報の解析については、「なぜなぜ分析」のように特定の事例に対して深く検討し、その根本的な原因を絞り込む手法が一般的であり、多くの事例を総合的に分析し、客観的に捉えた上で、関係する知識・技能や安全意識の向上のための船員教育プログラムにまで活用した例はない。

近年、教育分野において求められ、既に航空分野にEBTとして導入されているエビデンスに基づく教育を船員教育にも適用する場合、ヒヤリ・ハット情報を総合的かつ客観的に分析した結果は、重要なエビデンスとなる。

そこで本研究においては、内航タンカー会社（以下、「A社」という。）と協力し、ヒヤリ・ハット情報の活用範囲を従来のリスク管理から更に広げ、船員教育プログラムの構築にも活用するため種々の検討を行った。その過程において既存の報告方法を見直し、インターネットを利用したウェブ収集システムの導入を図ったことで、ヒヤリ・ハット情報を収集する際の問題点を明らかにすることができた。更にデータマイニング技術を活用して解析することにより、エビデンスの一つを得る手法についても若干の知見が得られたので、それらについて報告する。

2. ヒヤリ・ハット報告のウェブシステム化

海運におけるヒヤリ・ハット活動については官民一体となった取り組みが見られ、活動の成功の鍵は「報告の質と数の確保」及び「分析」にあることが窺える。A社の場合も同様であり、これらの課題に対する解決方法としてヒヤリ・ハット報告のためのウェブシステムを開発し、直接デジタルデータとして収集する方策を試みた。

これは、乗組員がスマートフォンやPCからヒヤリ・ハット情報収集システムにログインし、所定の画面に従い情報を入力する方法である。登録されたデータはオーナー及びオペレータからもアクセスでき、さらにデータをダウン

* 海技大学校 教授 航海科
** 海技大学校 准教授 航海科
*** 旭タンカー株式会社

ロードすることで、エクセル等の表計算ソフトを使って月ごとの集計や従来どおりの報告内容のチェックも実施できる。さらに、収集データから他のデータベース情報を付加した一次加工データを作成し、それらをデータマイニングにかけ、分類及び解析する。現時点ではデータ解析の閾値や後述する抽出キーワードの設定は人手により行っているが、今後、これら設定値が定義できれば、解析が自動化され、集計や処理を効率的に行えるだけでなく、分析結果に多様性をもたせることも可能である。

3. 収集事例の分類整理

本研究で対象としたヒヤリ・ハットデータは、A社及びそのグループ会社が管理する内航タンカーから報告された9,772件である。ヒヤリ・ハット内容は、すべて非定型の自由文で記述されており、しかも大量であるため、手作業による分類は困難であることが、これまで客観的な分析を阻む一つの要因となっていた。そこで本研究ではテキストマイニングツールを用いて分類整理することとした。

分類整理は複数の段階に分けて行った。報告内容のうち「どうヒヤッとしたのか」を対象に、発生原因を表1に示す4Mを大項目として、各項目を端的に示すと考えられるキーワードを文章の中から抽出し、当該キーワードが用いられている同種類のヒヤリ・ハット事例に整理した。その結果Man:10項目、Machine:3項目、Media:7項目、Management:1項目の21種類の「要因カテゴリ」に分類できた。

4. 危険に対する認識度の評価と教育項目の抽出

ヒヤリ・ハットが報告される前提として、事例の発生と同時に、その危険性を認識できていることが上げられる。すなわち実事例の報告件数が少ない原因が発生件数によ

表1 4M（ヒューマンエラーの原因）

Man	本人（船員）、事故の相手などの人的な原因
Machine	船舶、設備などのハード面の原因
Media	照明、騒音や、人間関係など周囲の環境に関する原因
Management	制度や管理の体制など、管理上の原因

る場合は安全性においてさほど問題はないが、発生しているにもかかわらずその危険性が認識されていない場合は、危険予知訓練等を通じて安全に対する感性を高める対策が必要である。

A社のヒヤリ・ハット報告は、実事例に加え想定事例も報告可としている点が特徴の一つであるが、報告者がヒヤリ・ハットを想定できることは、言い換えれば、当該事例に対しての危険が認識できているといえる。よって実事例と想定事例を比較検討することで危険に対する認識の度合いが評価でき、危険予知訓練や知識・技能の向上に向けた教育項目を抽出できると考えられる。

4.1 実事例と想定事例の傾向

図2は、実事例と想定事例について、「要因カテゴリ」に分類した結果である。想定事例は報告者の知見に基づく仮想のヒヤリ・ハットであるが、このように実事例とほぼ同種の危険を想定できていることは、ヒヤリ・ハット活動を継続することで、危険を認識する感覚や危険予知技能が向上したと推察される。

4.2 教育項目の抽出

危険に対する認識度の向上に伴う上述の傾向は、十分に成熟した段階においては、実事例と想定事例の報告割合が一致するようになると考えられる。見方を換えれば、一致せず差が大きいカテゴリを抽出することで、安全教育を施す場合の視点が明確になるといえる。

図3は要因カテゴリ別に見た実事例と想定事例の報告割合の散布図である。図中実線で示した直線は、両者の報告割合が一致している場合であり、危険に対する認識感覚が完全に成熟した状態を表している。よって成熟の程度は同直線との偏差で評価できる。すなわち直線より下方にある点は、危険性の認識が不十分なカテゴリであり、偏差が

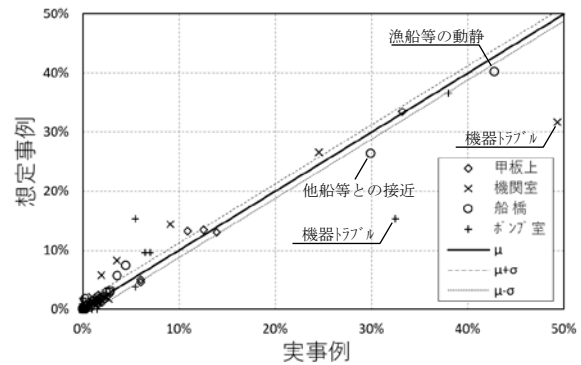
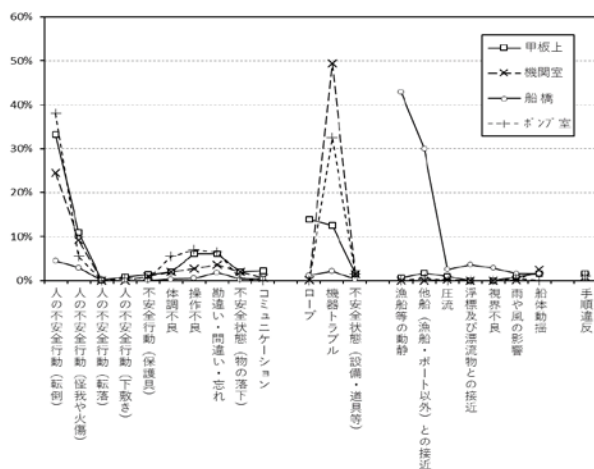


図3 安全教育対象項目の抽出

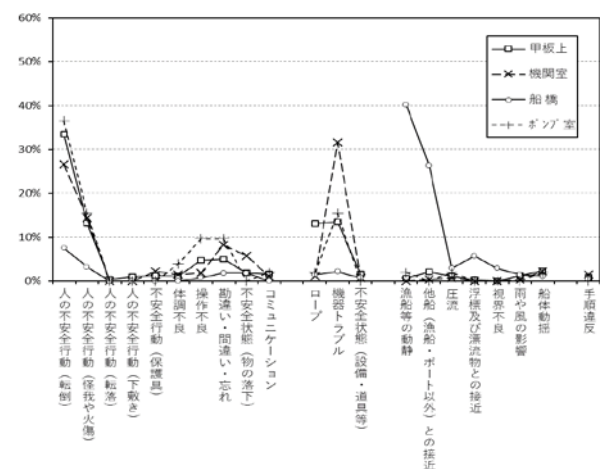
大きいほどその傾向は顕著であるといえる。偏差には一定の誤差が含まれており、教育対象とするカテゴリの抽出においてはそれを排除する必要がある。偏差は危険に対する認識感覚の習熟に伴い0に近づくため、平均値が0、標準偏差 σ の正規分布すると考えられるから、 σ 以上のカテゴリが教育対象として抽出できる。図3の点線 $\mu - \sigma$ より下方の点が、教育対象とすべき要因カテゴリである。なお、偏差は小さく危険に対する認識はできているものの実事例の発生割合が大きい項目に対しては、危険補償行動等の他の要因についても検討する必要がある。

5. おわりに

本研究においては、ヒヤリ・ハット情報を、従来のリスク管理に加え、船員教育におけるエビデンスとして活用する方法を検討した。報告のウェブシステム化とデータマイニング手法の活用を図ることで、得られた情報を総合的かつ客観的に捉えることができ、さらに実事例と想定事例の報告割合を要因カテゴリ別に整理して得られる偏差は、安全教育を行う場合の教育項目抽出の指標として利用可能であることなどが明らかとなった。



(a) 実事例



(b) 想定事例

図2 要因カテゴリ別の報告件数の割合

海上のサイバーセキュリティ教育に関する基礎調査及び研究

○奥富 雄司* 宮島 英明**

1. はじめに

あらゆる業界・業種で用いられる書類や情報が電子媒体となってインターネット上でやりとりされている現在、サイバー攻撃やサイバー犯罪の被害が社会問題になっている。海運界も例外ではなく、被害を防ぐ適切な対策を講じるためにIMOや船級協会、BIMCO（バルチック国際海運協議会）等から、サイバーリスクへの対応に関するガイドラインが発行されている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。船舶の船種、設備や運用方法によって各船の具体的な対応は異なるが、船舶安全確保のためにサイバーリスクの認知とリスク低減に関する知識と行動が海技者に求められる。

本研究では海上におけるサイバーセキュリティに関する学生及び海技者の意識がどのようなものか把握する目的で、アンケートによる意識調査を実施した。その結果、下記3点を含むサイバーセキュリティの基礎的な認識や知識のニーズがどのような傾向にあるか、加えて学生及び海技者の要望に応えられる教育はどのようなものかについて若干の知見を得たので報告する。

- ① 実務に携わる海技者及び海技者を志す者が抱いている懸念
- ② 重要と考えるサイバーセキュリティの知識
- ③ 学生及び海技者がサイバーセキュリティについて学ぶ動機やニーズを有しているかどうか

2. 調査方法（アンケート調査）

2.1. 海技者と学生に対するアンケート調査

調査方法は意識調査アンケートとした。海技免状受有者かつ海上実務経験を有する海技者と、海技大学校で海技教育を受ける学生を調査対象とした。それぞれ別のアンケート用紙を使用し、意識調査を実施した。

学生向けのアンケートは70人の学生に対しアンケートを依頼し、69件の有効回答を得た。航海科43名、機関科26名であった。

海技者向けのアンケートは65名の海技者に対して依頼し65件の有効回答を得た。

* 講師 海技大学校 航海科

** 准教授 上級教育・研究国際部 国際課

2.2 学生向け意識調査結果

「サイバーセキュリティについて学ぶことは働く上で役立つと思うか」及び「サイバーセキュリティに関する興味・関心はあるか」の設問に関する回答結果を図1に示す。

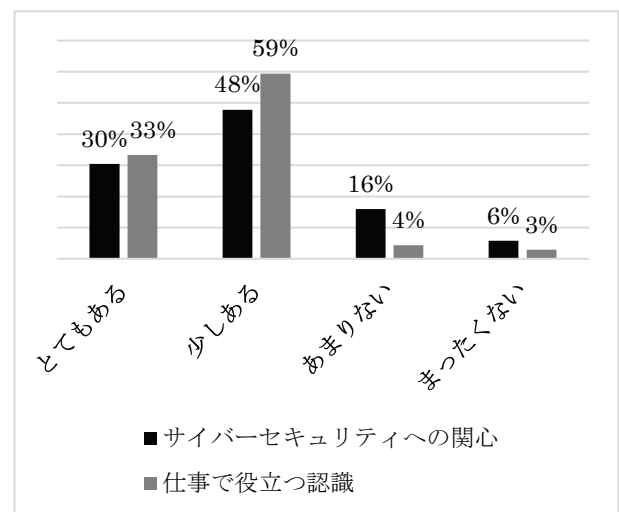


図1 サイバーセキュリティへの関心と
仕事で役立つことへの認識

2.3 海技者向け意識調査結果

2.3.1 「海上でのサイバーセキュリティ対策の必要性をどの程度感じるか」及び「船員や船員を志望する者にサイバーセキュリティに関する教育や訓練を行うことは必要だと思うか」に対する回答結果を図2に示す。選択肢を選んだ理由の代表例を下記に挙げる。

【とても思う・思う】理由

- インターネット環境が海上業務にも必要不可欠な位置づけとなっているから
- 書類管理のパソコンがウィルスに感染、アブログ・積付表・船員名簿が開けなくなったことを経験したから

【まったく思わない・思わない】理由

- IoT機器の搭載がなく必要性ない
- 重要な機器をインターネットに接続しない

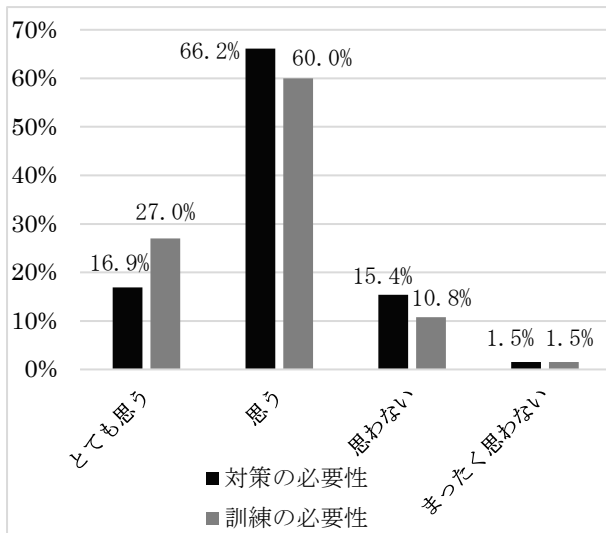


図2 サイバーセキュリティ対策と教育・訓練の必要性の意識

2.3.2 サイバーセキュリティに対する具体的な知識について、重みづけを調査した結果を図3に示す。回答のまとめ方は各項目に対して重要と感じる度合いを5段階に分けて、それぞれを1点～5点とカウントし、各選択度合いを選んだ回答者の人数を掛け算した結果の平均値でグラフ化した。使用したアンケート用紙の設問の中では、危険な行動への気づきを促すような教育や訓練を海技者は比較的重要視している傾向が得られた。

3. おわりに

サイバーリスクは、波浪や風といった自然が生み出す脅威ではなく、人間が生み出す人工的な脅威であり、時代と技術の変化により適切な対策も変化する。それゆえ単一のツールや管理方法等で解決策を得ることは難しいと考える。このようなサイバーリスクに対して、

個人のスキルとモラルだけに依拠した対策には限界があり、マネジメントや管理・運用面でのサイバーセキュリティの向上をはかる思想が国際的なガイドラインの中に見いだせる。

本研究ではサイバーセキュリティ対策への知識や教育・訓練のニーズを把握することを目的として、サイバーセキュリティに関する海技者及び海技教育を受ける学生が持つ懸念や問題意識をアンケート形式で調査を行った。その結果、海技者が持つ重要性の認識が高い項目について優先的に教示すべきと考えた場合、

1. 何が危険な行動かを予想・察知できるような危険予知訓練とサイバーセキュリティ上の意識啓蒙
2. 仕組みのわかりにくさへの不安を解消できるような基礎知識・情報の提供

この2点を優先して提供すべきという方向性を得ることができた。

その他にも、ITに頼らない海技の技術・知識に重きを置く海技者が多い傾向も得られ、既存の海技知識・技術の重要性を再認識すべきことも海上のサイバーセキュリティ教育を実施する場合には盛り込むべき事項であると考えられる。

参考文献

- 1) The Guidelines on Cyber Security onboard Ships-Version 3
- 2) MSC.1/Circ.1526(1 June 2016) INTERIM GUIDELINES ON MARITIME CYBER RISK MANAGEMENT
- 3) DNVGL-RP-0496 Edition September 2016 Cyber security resilience management for ships and mobile offshore units in operation
- 4) JAPAN P&I CLUB P&I ロスプリベンションガイド 第42号 2018年5月(編集：日本船主責任相互保険組合ロスプリベンション推進部)

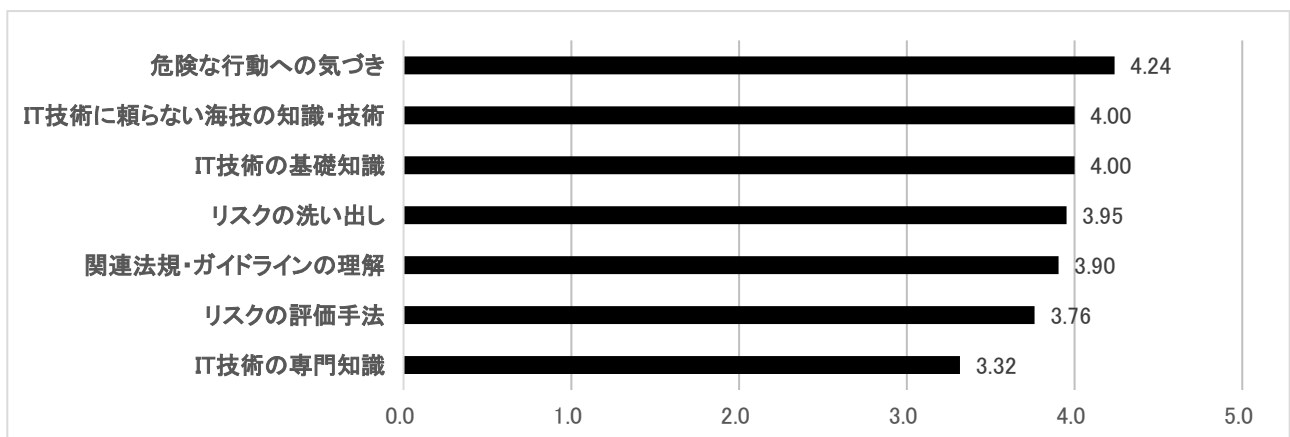


図3 サイバーセキュリティの知識の重要性に関する海技者意識

3D高精度対地速度計測による船体抵抗の推定に関する研究

○市川 義文* 奥田 成幸* 新井 康夫* 新保 雅俊** 山田 孝三郎***

1. はじめに

先行研究である「船舶接岸速度計の性能要件に関する研究」及び「操船における速度情報の総合的安全効率的かつ積極的活用に関する研究」において、著者らは、GNSSでの位相検出により、高精度での対地速度を求められることを示した。さらに、航海中の波向測定の精度と波高または船の大きさの間の関係を推定し、波の方向と周期を得るための手順を示した。2D速度測定の場合には直接波高を測定できないが、周期と波向きを求めることができる。3D測位をも加えると、波高を直接測ることも可能となる。

船の航海保存エネルギーは広範囲に進出するけれども、もし対水速度が正確に測定できるならば、推力を効率的に制御できるであろう。しかし、規則正しさを考慮する時には、対地速度を得ることが必要である。現在、対水速度（縦の方向及び横の方向への速度）を測定する機器は、船の大きさ、センサーの装備位置や能力により伴流の境界層を越えることが非常に困難であるので、船の平均速度を検出し、修正することを義務づけられている。

先行研究により提案されたので、波や潮流など測定できない外力のない状態でMMG（操縦運動モデル）により船の挙動を得た。また、測定速度との相違を考えてみた。例えば船の抵抗、潮流、大洋の海流などの外力として有限の相違の低周波部分を検出すること、また、波による外力として高周波部分を検出することが可能である。さらに、低周波は、船体抵抗の長時間変化によって流れを考慮することが可能である。対水速度を測定するログが装備されている時には、対水速度の低周波部分を比較することにより船体抵抗の精度を推定し、対水速度を修正することが可能である。

本研究では、上記システムと評価方法について検証し、加えて、船上での測定を行い、評価方法の精度を評価する。

2. 抵抗計測システム

先行研究の再確認をすると、既に知られているとおり船速には以下の2種類がある。

- 1) (Uw,Vw,Ww) 対水速度
- 2) (UG,VG,WG) 対地速度

* 海技大学校
** 東海大学
*** 元日立造船

対水速度は、プロペラ推力、舵、風、船体抵抗及び波の抵抗に影響され、対地速度は、潮流及び／又は大洋の海流並びに対水速度に影響される。もし対水速度が正確に測定できれば、船体抵抗を捉えることは容易であろう。

ここで、EMログは船底下の伴流の影響を受ける。ドップラログ及びCo-relationログ（相関式船速計）は音響の妨害による影響を受ける。また、これらのデータは安定していない。したがって、1ヶ月や1年などの長期間の平均を取るべきである。さらに、これらのデータは現在の推定のために使用されるのではなく、過去の長期の平均記録だけのために使用される。

$$m \times \frac{dU_w}{dt} = F_{TH} - F_{Rud} - F_{Hull} - F_{Wind} - F_{Wave}$$

$$I \times \frac{d\psi}{dt} = N_{Rud} - N_{Hull} - N_{Wind} - N_{Wave}$$

$$\begin{aligned} U_G &\rightarrow \text{measured} \\ U_W &\rightarrow \text{simulated} \end{aligned}$$

$$U_{CUR} = U_G - U_W \rightarrow \text{Current}$$

Evaluation of Resistance

$$C_{Res}(t) = \frac{1}{T} \times \oint_{\text{heading}} U_{CUR} dt$$

図1 新システムの評価

新しい抵抗計測システムの評価を図1に示す。ここで、質量×加速度＝力、慣性係数×角加速度＝慣性モーメントである。対地速度はVIGPSで計測し、対水速度は計算により求める。それゆえ、流れは対地速度－対水速度で示される。抵抗評価値は、流れの船首方向線積分 line integral 流速 Xcos（流向－船首方向）である。この値は、船体抵抗が増えてくると一定の傾きで減少する。計算値の船体抵抗分は一定であり、潮流の変化分の積算は長期間で変化し、対地速度は船体抵抗の増加により減少する

3. 船上における外力感知のための高度なアルゴリズム

3.1. 対水速度と対地速度の比較

風による外力検出の例を図2に示す。

右側のグラフにおいて、青線は対地速度の前後方向及び左右方向の挙動を示す。対水速度の場合には、前後方向の

挙動がほとんどないことが分かっている。風に関しては、青線が横方向成分を、赤線が縦方向成分を示している。

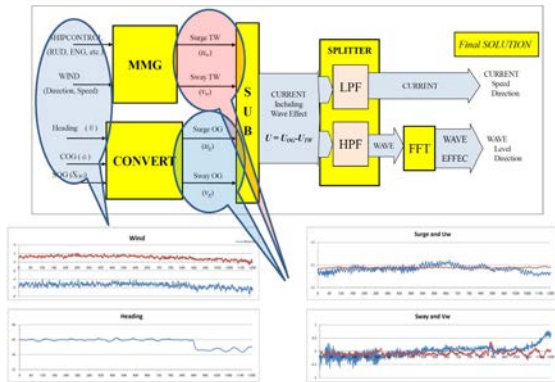


図2 風による外力の検出

3.2. 波や海流などの検出

波と海流による外力の検出例を図3に示す。

前述の速度の比較から、流れと波の結果を示した。波を考慮すれば、青線が横方向の成分を、赤線が縦方向の成分を示している。

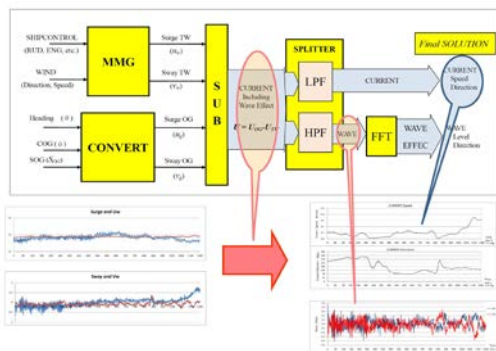


図3 潮流・海流による外力の検出

3.3. 高周波解析

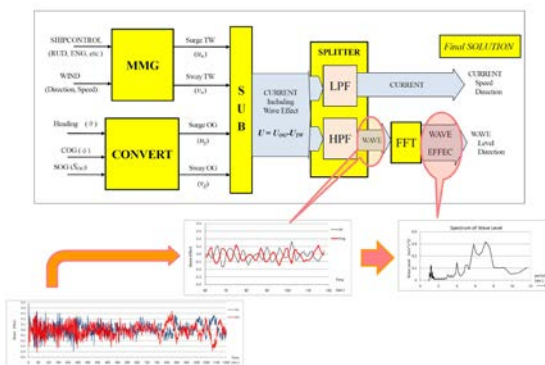


図4 波による外力の検出

ハイパスフィルタと高速フーリエ変換適用後の結果を図4に示す。

中央のグラフは、1分間に1秒間隔で収集した波効果あるいは速度の時系列を示す。複数の波が見られ、おおよそは、平均周期が10秒より短いことを示している。また、5つの波が存在すること及びそれぞれの周期を明確に示している。最も長いものは5~7秒であり、最も短いものは1.5秒である。

4. 実船試験結果

平成29年8月8日~10日に、海技丸にてデータ収録を行った。今回の実験では、風向風速・舵角・プロペラ回転数・翼角は、ログより1時間平均として収録した。

5. まとめ

今回の研究においては、次に述べるような結果を得ることができた。

- ・この方法の評価は、船舶運航海域の潮流や海流の変化に依存する。
- ・船体抵抗は、船齢だけでなく、海面、トリム、傾斜、喫水及びその他の要因にも関係している。

上記から、前者のためには、主要な海域における海流の分布から確認されている傾向の周期を検証する。後者では、実船での実験が実施され、初期段階でシミュレータにおける船体抵抗の変化が結果として出られるけれども、傾向として、12ノットで航行中の時、5%の抵抗増加として、0.22ノット減少させた。この結果から、VI-GPSの任意誤差は、1秒あたり平均で1cm/s rmsである。

比例を考慮すれば、もし観察時間が60秒であるならば、速度の任意誤差は0.02/8=0.0025ノットであり、抵抗変化検出は、0.06%であると推定できる。

参考文献

- 1) 新井 康夫 他：船舶接岸速度計の性能要件に関する研究、第12回 IAIN 世界会議報告集、2006年10月
- 2) 新井 康夫 他：操船における速度情報の総合的安全効率的かつ積極的活用に関する研究、第13回 IAIN 世界会議報告集、2009年10月
- 3) ARAI et al, Onboard Wave Sensing with Velocity Information GPS, TRANSNV 2011, 2011 Jun 17
- 4) 鈴木 和夫 他：船体抵抗と推進、成山堂、平成24年3月

MAIB 事故事例による海事英語教育について

—機関科の事例を基にして—

○田中 賢司* 杉田 和巳**

1. はじめに

我が国における言語事情の多様化は、総務省の予想によれば、今後の社会（医療、交通機関、観光、公共サービス、災害情報、教育等）に大幅な変化をもたらすことが予測される。



図1 総務省によるこれからの日本の言語事情

この状況は、我が国の海技従事者にとって海域によっては先行的な状況であるのみならず、国土交通における多言語化が進むことにより、ハブ言語としての英語利用が進み、これまで以上にグローバルな英語教育の視点が必要となるだろう。そこで近年我が国の外国語教育の指針となっている「ヨーロッパ言語共通参照枠」を踏まえた上で、IMO Model Course 3.17 Maritime English との接点を見いだす必要がある。まずは英語の四技能のうち、もっとも重要視される読解力を習得する効果的な教材を Marine Accident Investigation Branch in UK（英国海難事故調査局）に求めた。これは、英国領海内で発生した海難事故を調査し報告する部局で、タイタニック号が出港した英国のサザンプトンにオフィスを置いている。英文で紹介される当局の海難事故報告は、類似の事故の再発を防ぐという理念から、1990年以來30年近くにわたり公開されている。

本学では、数ある MAIB 報告の中から、海技大学校における様々な海事英語教材として利用しやすいものと

して Safety Digest を選び、海事英語教育を実施してきた。その授業実践を通して、海事英語教材（学習材料）として用いる場合の利便性を紹介し、新人から社会人船員にいたる英語教育上の使用状況と注意点を述べる。

2. 事例の選択と対象課程

本論では、機関英語で書かれた事例を用いた海事英語教育の有効性を述べる。海技大学校において必要とされている新人及び船員の英語の能力は、海技試験筆記試験科目の細目に上げられているが、その具体的運用レベルについては、IMO Model Course 3.17 Maritime English 2009 edition にある通り CEFR レベルの B1 以上である。我が校では授業実施に当たり、入学してくる学生の英語の基礎力を踏まえ、様々な取り組みを行っているが、今回紹介する事故事例も、機関英語の授業を実施するに当たり、CEFR と IMO Model Course 3.17 の接点を踏まえて選出したものである。

使用した学生は以下の通りである。

Gr.	コース名	学生数	CEFR Lv.
E1	(1) 海上技術コース 機関 1年及び2年	14名	A0-A2
E2	機関専修 1年及び2年	5名	A0-A2
E3	機関専攻 1年	15名	A1-B2
E4	(2) 外航基幹職員養成コース 機関	2名	A0-A2
E5	(3) 海技士コース 三級海技士 機関	7名	A0-A2
E6	(4) 運航実務コース(A) 免許講習（上級機関英語）	16名	A0-B1
E7	(B) 新人研修	8名	A1-A2
E8	(5) Maritime Instructors Training（国際研修生）		
	機関科研修生(海外海技教育機関の教官 准教授や講師)	6名	A2-B2

表1 事例を使用したクラス

3. 使用した事故事例の英語教材

使用した事例は、MAIB の SAFETY DIGEST Lessons from Marine Accidents No 1/2016 の Part 1 Merchant Vessels Case 8 (pp. 19-21) である。この事例は現在も使用中の教材であるため、ここでは原文の掲載だけ

* 教授 海技大学校 航海科

** 教授 海技大学校 航海科

にとどめ、日本語の訳文は掲載しない。また原文には写真があるが、ここでは関連している事例の英文のみを示すこととする。

Maintenance Induced Fire

Narrative

A fully loaded ro-ro passenger ferry was en route to its next port when the engineers in the control room acknowledged a low oil pressure alarm on one of the generators (Figure 1). On the CCTV they observed that oil from this generator was spraying on to the adjacent generator. While they were investigating the source of the leak oil that had been sprayed on the exhaust casing of the adjacent engine caught fire. Fortunately the crew were able to quickly identify and isolate the source of the leak and extinguish the fire before it was able to spread. No one was hurt in the incident.

Subsequent investigation revealed that:

- ・ The oil had come from a loose plug on the generator's engine-mounted lubricating oil pump (Figure 2a). This had vibrated loose as a result of it being insufficiently tightened by shore staff during a recent dry dock.
- ・ A section of the adjacent generator's exhaust piping had been left unlagged following its overhaul during the recent dry dock (Figure 2b). This was hidden from view by the exhaust casing.
- ・ Fine oil spray ignited when it came into contact with the hot exhaust casing.

The Lessons

1. Unlagged sections of exhaust piping will radiate heat to the protective casing, causing it to attain temperatures sufficient to ignite an oil or fuel spray.
2. These temperatures are not visible to the eye unless the surface is glowing. However, a thermal image will immediately identify unlagged sections (Figure 3).
3. All vessels are required to comply with SOLAS regulations regarding the maximum allowable temperature of an exposed surface (Chapter II/2):
 - ・ All surfaces with temperatures above 220°C which may be impinged as a result of a fuel system failure shall be properly insulated.
4. All fittings including nuts, bolts, screws and plugs can come loose if the vibration levels on the engines exceed acceptable limits. Overall vibration velocity can be measured with very simple instruments. If

excessive, frequency analysis of the vibration waveform can often identify the root cause of excessive vibration levels.

事例の内容については発表時に概略する予定であるが、構成はNarrativeとThe Lessonsに分かれており、自己の顛末とそこから得られる教訓が述べられる。海外研修生以外は日本語に訳す授業を実施するが、学力の違いにより学生に訳させる演習形式と教員が解説する講義形式とを用い、場合によってはその両方を行き来する柔軟な授業形態を取ることもある。海外研修生にはこの事例を用いて授業をするとした場合、どのように準備するかを課題として与え、研修期間の最後に日本人の学生に対して研究授業を実施している。

5. おわりに

同一教材を用いた横断的な授業の実施という試みを実施して2年目を迎えているが、同様の授業を進めている中で、表1にあるように、様々な学力レベルの学生について、語学面での客観的な評価が可能となった。今後は航海科の事例も進める所存である。

参 考 文 献

- 1) Marine Accident Investigation Branch. *SAFETY DIGEST No 1/2016*, Part 1, Merchant Vessels, Case 8 (pp. 19-21). <https://www.gov.uk/government/publications/maib-safety-digest-volume-1-2016> (参照日: 2017年3月2日)
- 2) Common European Framework of Reference for Languages: Learning, teaching, assessment (CEFR) <https://www.coe.int/en/web/portfolio/the-common-european-framework-of-reference-for-languages-learning-teaching-assessment-cefr> (参照日: 2017年3月2日)
- 3) International Maritime Organization. *IMO Model Course 3.17 Maritime English*. 2009 edition. London, 2009.
- 4) International Maritime Organization. *IMO Model Course 3.17 Maritime English*. 2015 edition. London, 2015.
- 5) 総務省 「グローバルコミュニケーション計画 ～多言語音声翻訳システムの社会実装～」 平成26年4月 http://www.soumu.go.jp/main_content/000285578.pdf

生理指標を用いたシミュレータ教育訓練における トレーナーとトレーニーの緊張評価に関する研究

○戸羽 政博* 村井 康二**

1. はじめに

操船シミュレータによる教育訓練は、現場の実際の状況を模擬することを可能とし、同一条件（シナリオ）で複数の訓練生に対して実施することが可能である。さらに、他船や外力等様々な状況を自由に作り出すことができるため、教育訓練を受ける側の能力によって、教育訓練の難易度を変化させることも可能である。このため、シミュレータを用いた教育訓練は、効率の良い訓練効果をあげることが期待できる。一方で、シミュレータを用いて教育訓練を行うトレーナーであるインストラクターおよびオペレーターの教育訓練成果の向上を検討することは、教育訓練機関にとって重要課題である。

本研究では、緊張評価方法として実績のある心拍数および心拍 R-R 間隔変動の周波数特性 LF/HF（以下、心拍変動）を評価指標として採用し、外航船の船長経験者を被験者（操船者）とし、緊張を有すると考えられる操船状況（出入港、幅員海域、狭水道）に対する心拍変動を計測することで、操船者の緊張に関する応答について確認、検討する。そして、オペレーターについても同時評価することで、BRM 訓練から生じられる緊張について、検討、評価することを目的とする。

2. シミュレータ実験

本研究では、水先人養成教育の実績を有する能力を持った神戸大学深江キャンパス 水先教育研究棟の操船シミュレータを使用する。

実験シナリオには、緊張を有すると考えられる操船状況となるシナリオを用いる。操船状況には、出入港、揚投錨、幅員海域、狭水道等が挙げられるが、本研究では、水先教育で実績のあるシナリオと同等の以下 2 種類のシナリオを用いる。

- ・狭水道・幅員シナリオ：友ヶ島水道（北航）
- ・入港シナリオ：名古屋港 J19 桟橋

友ヶ島水道のシナリオでは、同航船が数隻あり、また横切り関係の船舶や南下する船舶、漁船群等の多数の船舶が配置された状況であり、友ヶ島水道最狭部より南の地点からスタートし、友ヶ島水道を抜けて安全な状態となるまでのシナリオとなっている。シナリオの時間は、30～40 分の内容となっている。

名古屋港のシナリオでは、本船以外に船舶はなく、着桟橋まで 2 マイルの位置からスタートする。タグボートが 1 隻あり、着桟橋位置では左舷錨を利用して右舷付けするシナリオとなっている。

3. 評価方法

本研究の緊張評価指標には、他の生理指標と比較して、実験協力者に対し、非侵襲であり、非接触でデータ採集が可能である心拍数（HR）を生理指標として使用する。HR を解析することで、心拍変動（HRV）、R-R 間隔（RRI）および LF/HF 値を算出することができる。

3.1. 心拍変動と R-R 間隔

心拍変動とは、心拍間隔の周期的な変動のことであり、心拍間隔を測定するために、心電図を用いる。図 1 のように心電図には P、Q、R、S、T と名前がつけられており、それらの名前を使って、心電図の波形は、P 波、QRS 波、T 波の波から構成される。これらの波の構成が繰り返されることで、人間の心拍間隔を解析することができ、緊張を評価することが可能となる。本研究では、心拍間隔を解析するために、心電図の構成波の中で最も鋭いピークの波形

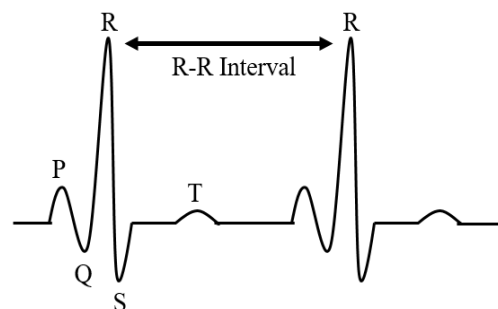


図 1 心電図

* 講師 海技大学校 航海科

** 教授 東京海洋大学

をとる R 波を利用する。

R-R 間隔とは、R 波と R 波との間隔のことであり、R-R 間隔を測定することで、緊張を評価することが可能となる。R-R 間隔が 1 秒間で一定となると、心拍数は 60bpm となるが、一般的に心拍数は一定ではないため、心拍変動を分析することで緊張評価が可能である。R-R 間隔が短いときは心拍数が多いときであり、R-R 間隔が長いときは心拍数が少ないときである。

3.2. LF/HF 値

RRI データによって算出された LF/HF 値は、自律神経のバランスを推定することができる。自律神経のバランスは、心拍変動に影響し、心拍変動は、呼吸変動と血圧変動の影響を大きく受ける。一般に、呼吸変動と血圧変動の周期の違いにより、前者を高周波 (HF)、後者を低周波 (LF) とし、LF/HF 値が大きな値を示すとき、被験者の心的負荷が高いと見なすことができる。

LF/HF 値には個人差があるため、心的負荷の相対的な程度を評価することは可能であるが、定量化することは困難である。したがって、本研究では、LF/HF 値によって心的負荷の程度を比較検討することとする。

3.3. 心拍数センサー

本研究で使用した RRI 測定機器は、すでに商品化されている「POLAR RS 800 CX」を使用する。図 2 は、心拍数センサーの画像である。心拍数センサーは、メモリ機能付きの時計型受信機と送信機付きチェストベルトで構成されており、チェストベルトに取り付けられたセンサーが RRI を測定し、トランスミッターが RRI データをレーシーバーに送信する。時計型受信機を使用して、心拍数をリアルタイムで監視することができる。

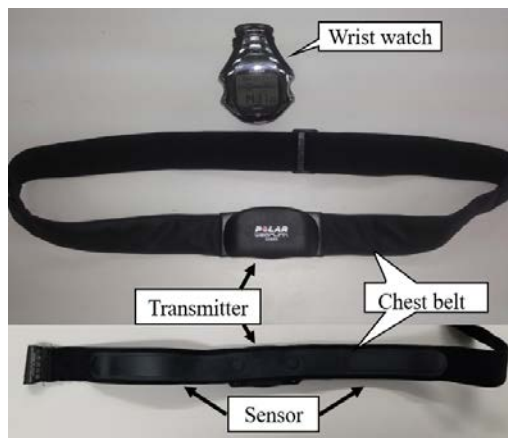


図 2 心拍数センサー

3.4. シミュレータソフトウェア

シミュレータ実験実施後にソフトウェアを用いて、本船や他船の航跡図を分析することが可能である。また、本船のデータには、航跡図の他に以下の 5 項目の情報を時系列で確認することができるように設定する。

- (1) OG (over the ground ; 対地速力)
- (2) Turn Rate (回頭角速度) (正の値が右側)
- (3) Rudder (舵角) (正の値が右側)
- (4) ENG. TEL. (engine telegraph)
- (5) Heading (船首方位)

4. おわりに

本研究で得られた結果および考察については、ANC 2019 にて発表を予定している。詳細等については、投稿論文にて発表する。

本研究から得られた知見により、オペレーターの BRM 訓練の位置づけについて検討、考察し、シミュレータ教育訓練による海技の伝承およびオペレーターのノウハウを形成、伝承することの一助となるよう研究を進めていきたい。

参 考 文 献

- 1) K. Murai, Y. Hayashi, N. Nagata, and S. Inokuchi, "The mental workload of a ship's navigator using heart rate variability", *Interactive Technology and Smart Education*, vol. 1, No. 2, pp. 127-133, 2004.
- 2) E. Kawakita, M. Itoh, and K. Oguri, "Estimation of driver's mental workload using visual information and heart rate variability", In *13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 765-769, 2010.
- 3) G. Parati, J. P. Saul, M. Di Rienzo, and G. Mancia, "Spectral analysis of blood pressure and heart rate variability in evaluating cardiovascular regulation: a critical appraisal", *Hypertension*, vol. 25, no. 6, pp. 1276-1286, 1995.

海事英語に対するスラッシュリーディング技法の適用について

—英文構造の見える化を实践する—

○田中 賢司*

1. はじめに

英語の運用能力を示す指標に四技能がある。聞くことと話すことには音声に伴うが、読むことと書くことでは視覚に伴う。ただし読むことと書くことは文字化された情報が手元にあるため、音声化することも可能である。さらに文字化された言語は時間や空間が相当移動しても再現できる。読むことに英語学習上の力点が置かれやすいのは、この事情による。本論では海事英語を学ぶ学生に対し、感覚的に多様な情報を有する英文解釈をする上で、論者が実践しているスラッシュリーディング技法について述べる。

2. スラッシュリーディングの概要

スラッシュリーディングとは、別名「区切り読み」と呼ばれる。スラッシュ記号（/）を用いて英文を区切り、理解のために英語の文を整理することである。本論では書き言葉としての海事英語を区切る意義を明らかにする。この技法は決して新しいものではなく、また英語学習に限った技法でもない。たとえば通訳者が手元のメモを取るときに区切りを入れて情報を整理した記録がある。筆者が1990年に習得した英語の通訳メモの取り方を図式化すると、下記の通りとなる。

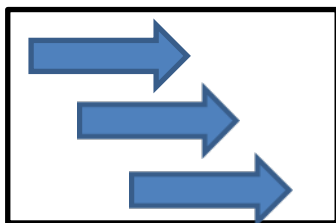


図1 英日通訳のメモのパターン例

この技法は必ずしもスラッシュリーディングのみに適用されるものではない。思考の流れを図式化したもので、言語の構造により、序破急となったり、序論本論結論となったりするだろう。しかし一つの流れを持つ思考に対し、区切りを入れて論者の考えを整理することに応用できる。これが英文で、しかも相当長い英文で実現できるとすれば、この区切り方を習得した者はどのような英語に遭

遇しても概ね内容を崩さず、取りこぼさずに整理して処理できることになる。

3. スラッシュリーディングに用いた英文

本論で用いる英文は現在のところ、次の(1)(2)(3)である。

(1) In case of emergency, call the captain.

(2) Call the captain in case of emergency.

(3) In the event of accident, danger, damage, or disaster before or after commencement of the voyage resulting from any cause whatsoever, whether due to negligence or not, for which or for the consequence of which the Owners are not responsible by statute, contract or otherwise, the cargo, shippers, consignees, or owners of the cargo shall contribute with the Owners in general average to the payment of any sacrifices, losses or expenses of a general average nature that may be made or incurred, and shall pay salvage and any special charges incurred in respect of the cargo.

以上の英文において、(1)と(2)は語句が入れ替わっているだけであるので、スラッシュを用いて区切る必要はほとんど無いと言ってよいだろう。

問題は(3)である。この英語を英語を母語としない読者である船員はどのように読めばよいのか。本研究発表ではこの英文をスラッシュリーディングの技法を用いて図式化し、実践的に解説する方法を解説し、合わせて本文を読む受講をした学生の反応について紹介する。

5. おわりに

上記の英文の解説については、授業実践例を始めとして、個々の読者が理解するに至る過程を発表そのものにおいて可視化する。

参考文献

- 1) 瀧澤 正己 語学強化法としての通訳訓練法とその応用例 北陸大学紀要 第26号(2002) pp. 63-72.

* 教授 海技大学校 航海科

通訳訓練を用いた海事英会話習得について

—学習スパイラルプロセスにおける通訳訓練技法—

○杉田 和巳* 田中 賢司* 川崎 真人**

1. はじめに

学習スパイラルプロセスにおける通訳訓練技法を用いた海事英会話習得の有効性について、まず海事英会話の学習スパイラルプロセスを簡単に紹介するとともに、通訳養成スクールの指導上の特徴を述べる。続いて、通訳を養成する際の教育法及び学習法を略述する。最後に、通訳訓練技法の海事英語教育への応用例として、海技大学校における船外通信英会話訓練を実例に挙げて、どのような効果が見られたかを述べる。

2. 海事英会話の学習スパイラルプロセス

海技大学校では、特に海事英会話の学習において、図1に示すサイクルのもと、2016年から18年の3ヶ年にわたり教育手法の検討を重ねてきた。その際、海事英会話学習の基本方法として、通訳訓練技法を応用したものが本論の中核を成している。

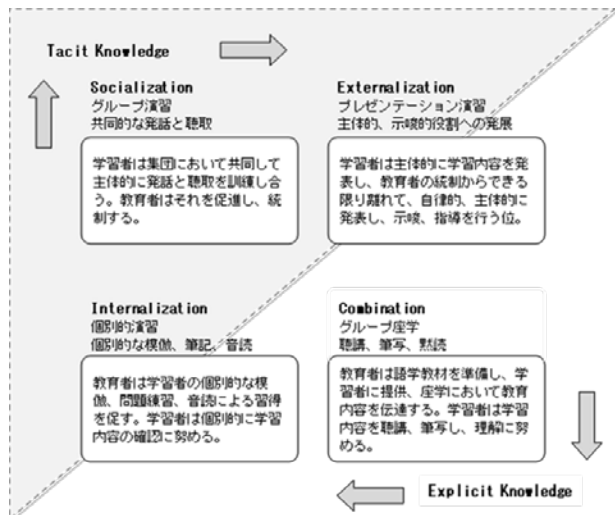


図1 海事英会話の学習スパイラルプロセス

通訳養成校とは、一定の基本的な英語教育を修了した者が、社会で語学の才能を生かして情報の橋渡しをし、社会に貢献することを目指す通訳を養成している学校で、ダニエル・ジルの『通訳翻訳訓練』にあるような、緻密で専門

的な習得技能が具現化されていると考えられる。

通訳になるには語彙の豊富さや的確さもさることながら、早く正確に話者の言葉以上に意図をくみ取って相手に伝えることが必要となる。また、音声による意思疎通（話す、聞く）は、文字による意思疎通（読む、書く）よりもいっそうスピーディかつ簡潔でなければ、通訳は成り立たない。このために、通訳養成校での訓練は極めて厳格なもので、受講生は半年間を1サイクルとしてプロの通訳としての能力を習得するために、ほとんど毎日習得言語にどっぷりと漬かった生活を送る。

3. 海事英会話に役立つ通訳訓練技法

海事英会話においては、プロの通訳ほどの技法は必要ないが、その練度の高い訓練技法は活用できる。以下の訓練法が有益であると思われる。

3.1. クイック・レスポンス

海事英語教育におけるクイック・レスポンス訓練を実施することは、それほど困難なことではなく、また教育資器材に対し高額の予算を必要とするわけでもない。必要なのは互いに英語を母国語としない者同士が、海上において多くは無線機器を用い、アイコンタクトも無ければ肉声でもないノイズ混じりの英語を用いて理解しあえるだけの適正な発話と聞き取りをできるだけ即時に実施できるように導くことである。

3.2. ディクテーション

英語の基本授業では、ディクテーションは様々な局面で用いられる。例えば会話文において、その対話の理解の鍵となるような重要な文章を学習者に書きとらせて理解を試したり、記憶の強化を図ったりすることができる。また、書くことができるということは、文字認識において、英語を的確に理解できているかどうかを試すことにもなる。

3.3. シャドウイング

海事英語の授業においては、航海用語であれ機関用語であれ、専門用語の音声確認が不可欠である。教員が発音を

* 教授 海技大学校 航海科

** 准教授 海技大学校 航海科

し、語句の説明を加えるなどして次へ進み、一定の語数を経た上でまとめて発音訓練したり、先にまとめて発音訓練をしておいて逆に語句を説明したりする場合、積極的な学習者の中には、教員が発音した段階ですぐに自分もまねようと小声で発音練習を始める者もいる。原始的であるかもしれないが、この意欲こそが学ぼうとする者のシャドウイングの姿である。シャドウイングとは原音を聞いたらすぐにその音を自分の耳と口を使って再現するトレーニングで、通訳訓練の代名詞であるかのように唱えられる。

3.4. リプロダクション

発音上の「模倣」としてのシャドウイングに対し、聞いた音声を一時的に記憶して、聞いた直後にその「内容」を正確に口頭で再生することがリプロダクションである。原文と完全に一致することよりも、より分かりやすい表現で他者に伝えることが目的である。リプロダクションの基本は、コミュニケーションによる繰り返しのより理解を深めることにある。

4. 通訳訓練技法の海事英語教育への応用

ここでは特に図1に示す「英語学習のスパイラルプロセス」モデルを最も意識して実施された海上技術コース（航海及び航海専修）1年生に対する「海事英語Ⅱ」（第一級海上特殊無線技士資格取得対応）を実例に、その教育・訓練の様子を紹介する。

4.1. 訓練概要

指導内容：Call and Response（呼出及び応答）の訓練

指導目標：基本的なCall and Responseができるようになる
時間：50分（1時限）

指導者の母語：日本語（国際研修生の場合は英語）

学習者の母語：日本語（国際研修生の場合は英語）

指導教材：第一級海上特殊無線技士 英語（無線従事者養成課程用標準教科書）

指導場所：一般教室（10人用）及びテスト会場（3人用）

学習者：海上技術コース（航海、航海専修）1年 7-8名

その他：トランシーバを用いた訓練

4.2. 訓練方法

- (1) 当該時間中に実施予定の英文を教員が朗読する（注意事項は発音に関する点のみ）
- (2) 一組の対話者による日本語の対話朗読（学生全員によく聴いて理解するよう指示）
- (3) 同じその一組から英語で音読も実施させる（教員による音読時の短期記憶を利用させる）

- (4) 他のペアにも同様に朗読させ、次第に練度を上げるよう強制する（前よりうまく読む）
- (5) 同じ応答箇所を三組が繰り返し音読したら、次の状況へと進む。
- (6) 5時限程度授業を繰り返した後、まとめのテストを口述試験として実施する（4.3.参照）
- (7) トランシーバを用いて、二つの離れた教室（肉声が届かない距離を確保する）間にて、同様の対話の訓練を実施する。ノイズが入る状況を体感させる。

4.3. 評価方法

一定の時数の訓練を経て、口述試験を実施する。

- (1) 別室を用意して、二人ずつ入室する。
- (2) 試験を実施する教員により、受験者が訓練した該当箇所から選んで準備した三つのシナリオの内、ひとつを選んで問題として与える。シナリオには日本語の対訳は付されていない。受験者は英語でのみ判断し、音読しなければならない。
- (3) シナリオはダイアログ形式となっており、受験者に役割を与え、対話させる。
- (4) 試験時、試験者は受験者に発音を指導しない。
- (5) 試験後、試験者は受験者一人一人に音読した内容についての質問を「英語」で問う。
- (6) 音読及び内容質問についての回答を三段階で評価する。

5. 結びにかえて

ここで述べた一連の教育手法は他の課程の海事英語教育においても実践されているが、その他の英語科教授法も取り入れて、多様な学習ニーズに対応すべく、教育訓練の最適化が望ましい。

参 考 文 献

- 1) 国土交通省海事局 監修、川崎 真人・田中 賢司・杉田 和巳 訳：英和对訳 IMO 標準海事通信用語集—平成23年6月版、成山堂書店、2011年6月
- 2) ダニエル・ジル 著、田辺 希久子・中村 昌弘・松縄 順子 訳：通訳翻訳訓練—基本的概念とモデル—、みすず書房、2012年3月
- 3) 一般財団法人 情報通信振興会：第一級海上特殊無線技士 英語（無線従事者養成課程用標準教科書）、第2版、2016年9月
- 4) 海技大学校 航海科教室：海の技術者づくり-IV—船舶の運航技能の伝承に関する研究—、2018年3月

国際条約等により規定される新たな教育訓練にかかる研究

○市川 義文*

1. はじめに

独立行政法人海技教育機構（以下「当機構」という。）では、海事社会の技術革新や環境変化に伴い、国際条約及び国内法令により規定され、新たに必要となる技能習得のための講習について、国の法制化作業の進捗状況を踏まえ、講習課程の設置及び確実な実施に必要な調査・研究を行うことを目的とし、中期計画に定める「社会ニーズを反映した組織的（プロジェクト）研究」に取り組んできた。

本研究では、各講習の実施手法について、設備、環境、人的要因等も含め、工学的、複合科学的に調査研究を行う。また、これらの結果をシラバス、教本、指導マニュアル等のドキュメントに反映させるとともに、海外での各講習に関する調査を実施し、日本の訓練と比較検討を行い、効果的かつ効率的な教育訓練手法を開発する。

2. STCW条約第6章第1規則（基本訓練）講習



図1 コンテナ内の放水消火

STCW条約2010年マニラ改正では、船舶という特殊環境で勤務するその職務の性質上、自身のみならず乗員・乗客の人命、さらには船体の安全確保を求められる全ての船員に対し、「船体放棄等の非常時における海上での最小限の生存能力」（個々の生存技術）や「火災の危険を最小限にし、かつ、火災を含む非常事態の即応体制を維持する能力」（防火と消火：図1参照）等について、5年毎に知識・理解及び能力の基準を維持していることを証明することとされた。これを受け、海事局通達では、船舶所有者に対

して、これら一連の能力証明を船員ごとに実施することが義務付けられた。

当機構では、基本訓練のうち個々の船員の能力維持の証明を実技により行わなければならないものについて講習を実施しており、平成30年11月からは、海技大学校（芦屋市）での経験を基に構築された、新潟造船株式会社三崎工場（三浦市）敷地内の消火訓練施設を借用して、関東における防火と消火の講習も開講した。また、新たな訓練拠点として仙台での開講を地元の業者とともに検討した。

3. STCW条約第5章第3規則（国際ガス燃料船：IGFコード）講習

3.1. IGFコードの適用を受ける船舶向け基本訓練

STCW条約では第5章が改正され、5-3節としてIGFコード適用船舶に乗船する者に対する訓練要件が追加された。

これを受けて、平成29年9月29日に船員法施行規則の一部改正が公布され、IGFコード適用船舶に乗船する船長、機関長及び機関士又は運航士（当直限定5号職務）以外の海員で危険物又は有害物の取扱いに責任を有する者には「甲種危険物等取扱責任者（低引火点燃料）又は乙種危険物等取扱責任者（低引火点燃料）」の資格の認定を受けていることが義務づけられた。

当機構では、IGFコードが適用される船舶に乗り組む船員を対象として、乙種危険物等取扱責任者（低引火点燃料）の資格認定に必要な「IGFコードの適用を受ける船舶向け基本訓練」を開講している。

3.2. IGFコードの適用を受ける船舶向け上級訓練

前節に関連し、IGFコード適用船舶に乗船する船長、機関長及び機関士又は運航士（5号職務）には「甲種危険物等取扱責任者（低引火点燃料）」の証印の保持が義務づけられた。また、船員労働安全衛生規則が一部改正され、同船舶に乗船する機関部安全担当者は、「登録低引火点燃料船安全担当者講習」課程修了が義務づけられた。

当機構では、平成30年9月に「IGFコードの適用を受ける船舶向け上級訓練」を開講して、IGFコードの適用を受ける船舶の構造、設備、燃料貯蔵等のシステム、推進及び燃料補給方法に関する知識、並びに安全作業に関する知識、関連法令に関する講義・演習を実施している。

* 教授 海技大学校 航海科

3.3. 低引火点燃料補給訓練

IGF コードの適用を受ける船舶に乗り組む「甲種危険物等取扱責任者（低引火点燃料）」（以下、「甲種責任者（低引火点燃料）」という。）の資格取得には、船員法施行規則第十号表に定められた要件に適合することが義務づけられている。

一方、低引火点燃料船を新たに建造し運航する場合等において、当該船舶に乗り組む船員の低引火点燃料船における乗船履歴や燃料補給作業の従事不足により、資格認定が困難となることが考えられるため、通達において国内各港間を航行する船舶に乗り組む船員に限り、陸上における訓練をもって要件適合と見なすこととされた。

当機構ではこの通達を受け、平成30年9月に「低引火点燃料補給訓練」を開講し、低引火点燃料移送に係る業務、必要な資機材、要領、非常時の対応等について、陸上訓練施設を使用して座学と訓練を実施している。なお、今年2月末には、国内のIGFコード適用第1号となるタグボートが就航したことから、燃料補給の実態を踏まえて同訓練をより実船に近づける検討を開始した。

4. STCW 条約第5章第4規則（極海コード）講習

4.1. 極水域を運航する船舶向け基本訓練

極域コード（Polar Code）が新設されるとともに、SOLAS 条約、MARPOL 条約及び STCW 条約がそれぞれ改正され、いずれも既に発効している。これにより、船体構造、復原性、航海設備、凍結防止装置及び油污防止などハード面のみに限らず、船員技能訓練などのソフト面も含めて、極水域を航行する船舶には極水域特有の事情を勘案した上乗せ要件が適用されることとなった。したがって、氷況及び乗組員の職位に応じて、基本訓練又は上級訓練を受講しておく必要がある。

当機構では、船長及び航海士を対象として、「極水域を運航する船舶向け基本訓練」を開講し、極水域での船舶の安全運航や安全作業に関する知識及び最新情報並びに法令を中心とした講義・演習を実施している。

4.2. 極水域を運航する船舶向け上級訓練

上級訓練について、改正 STCW 条約では氷海水先人等乗船時には受講しておく必要がないことから、開講については、業界のニーズを踏まえて検討してきた。

5. その他船員に関する国際条約若しくは国内法令により求められる教育訓練

5.1. 海技者のフロン類取り扱い技術者講習

平成27年4月の改正フロン排出抑制法施行に伴い、業務用冷凍冷蔵空調機器への冷媒の充填や整備、定期点検、漏洩予防保全、機器廃棄時の冷媒回収の実施については、同法で言う「十分な知見を有する者」でなければ実施できないこととなった。

一方、海技士（機関）の資格と実務（乗船）履歴がある船員であっても、「十分な知見を有する者」の要件のうち法令や最新のフロン類に関する情報等に関する一部の要件を満たさず、「十分な知見を有する者」とは認められていない。

このため、従来どおりに船内での冷媒の充填や機器の点検、整備等行うためには、環境省・経済産業省により認証された研修コースを5年ごとに受講して、「十分な知見を有する者」としての技術者証を受有しておく必要がある。

当機構では、海技免状取得者を対象として、両省の認証を受けた「海技者のフロン類取り扱い技術者講習」を開講している。現在は教本の改訂作業中である。

5.2. その他

条約改正及び今後の業界のニーズを踏まえて、次の講習実施の検討を実施した。

- (1) STCW 条約第5章第1規則（特定船舶特別訓練）講習
- (2) STCW 条約第5章第2規則（旅客船安全訓練）講習
- (3) DP オペレータ講習

6. おわりに

当機構では、様々な関係者により組織横断的に検討を重ね、主として国際条約等に係る講習のため、適切な教育システムを構築、実施してきた。しかしながら、これらの講習に係る条約の改正や技術革新等により諸要件は間断なく変化するため、国際海事社会の趨勢のなかで当機構が先端的であり続けるためには、常に質・内容の向上に努めることが求められる。

今後は他の授業等同様に、プロジェクト研究としてではなく、講習ごとに個別に取り組んでいくこととした。

参 考 文 献

- 1) 国土交通省海事局 監修：英和对訳 2010年 STCW 条約（マニラ改正） 1978年の船員の訓練及び資格証明並びに当直の基準に関する国際条約の改正 [正訳]、成山堂書店、2015年6月28日
- 2) 環境省・経済産業省ホームページ：フロン排出抑制法ポータルサイト、
<https://www.env.go.jp/earth/furon/link/hoki.html>