操船シミュレータによる回頭着岸操船訓練評価の基礎的研究

井上 一規*・岡崎 忠胤**・村井 康二***・林 祐司***

Basic Study of Evaluation when a Ship Swings in front of Quay Using Ship Maneuvering Simulator

Kazuki INOUE, Tadatsugi OKAZAKI, Koji MURAI and Yuji HAYASHI

Abstract

Ship Maneuvering simulator (SMS) were many benefits for pilot trainees who studied maneuvering, such as a reasonable scenario, reduced time for technical acquisition of the trainee, and it was the core of the training for harbor maneuvering by a pilot.

In this time, authors examined an evaluation of the steerage to swing a large pure car carrier (PCC) in front of the berth. It was said that this steerage was difficult in the good experienced captains. A skillful pilot obtained multi-information and recognized as a pattern. And he steered a large PCC immediately.

Authors paid attention taking advantage of the index that was evaluated of the results of this training, using the concept of Mahalanobis-Taguchi System (MTS). We defined the normal-range of the ship to turn and evaluated abnormal steerage in the benchmark of the distance and showed it after practice promptly and we confirmed the effectiveness of this index by the data of the practice result from 2008 through 2012.

We confirmed that the proposed evaluation method is effective and helpful to improve the SMS training.

Keywords : *Education and training, Pilot education and training, Ship maneuvering simulator, Evaluation of training*

キーワード : 教育・訓練、水先人養成教育、操船シミュレータ、訓練評価

1. はじめに

平成 19 年の水先制度の改正は、水先制度をより安全で、効率的かつ的確なサービスを安定的に利用者に提供できる総合的な仕組みとして構築され、水先サービスの高度化・基盤強化を図るものとして、現在に至っている。新しい水先法での水先人養成には、実践的な技能を体得するために操船シミュレータ訓練の活用が図られた。

シミュレータ訓練は、技術取得に要する時間が短縮できること、合理的なシナリオの設定が出来ること、実物の訓練では危険あるいは不可能なことで訓練できること、訓練の反復が出来ることなどメリットが多い。しかしながら、その演習や訓練の評

価についてはインストラクタによるチェックリストでの主観的評価が主体である。先行研究⁽¹⁾では、操船シミュレータ訓練の中で、港内操船における入船着岸、櫛形栈橋入船着岸のアプローチを定量的に評価する指標の提示をした。

本論文では、商船の船長経験者でも難しい大型自動車専用船 (PCC) の回頭着岸操船の演習で修業生の普通の操船状態とそれを外れる異常な状態とを具体的指標で検討を行なった。

着岸目標岸壁前での回頭は離岸距離、船速、回頭角速度、風速、風向、など多項目の計測を行い、バウスラスター、タグボート、舵、主機と多項目の制御を行っている。水先人はこれらをパターン

* 正会員 東京海洋大学 先端科学技術研究センター (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6)

** 正会員 東京海洋大学大学院 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6)

*** 正会員 神戸大学大学院海事科学研究科 (〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町 5-1-1)

認識して、操船の意思決定をしており、インストラクタは長年の嚮導の経験の積み重ねから得たパターン認識で修業生の演習評価を主観的に行っている。このパターン認識の中での普通の回頭という範囲の具体的な指標を検討し、修業生に演習後直ぐに指標として示すことで、技術を伝えることができることを検討し、さらにシミュレータ訓練の指導方法について考察した。

2. シナリオ

大型自動車専用船 (PCC) (長さ L:199.93m、幅 B:32.26m、喫水 D:8.5m) が千葉港中央埠頭 F 岸壁に岸壁前で回頭してから出船着岸する操船計画を実施するシナリオである。千葉港中央埠頭 F 岸壁は延長 240m 水深 12m あり、埠頭の西端より 540m に着岸目標 (Bridge Mark) を設置している。

演習者は、タグボート 3,500 馬力を 2 隻、バウスラスター 1 基、主機および舵を使用して、埠頭手前約 1,200m の 9 番灯浮標より開始し、岸壁法線に平行な水路を航行する。具体的には、タグボートを PCC の左舷船首、船尾に配置し、Bridge mark から岸壁法線に直角、沖側に船の長さに相当する 200m 地点 (以下「基準点」とする) に船首を導き、船速を止める。ここで左回頭を行い 5cm/sec の横移動速度で岸壁に並走して着岸することとなる。

Fig. 1 Track record of PCC at Chiba port

演習者は、BRM(Bridge Resource Management) の手順に従って本操船計画を船長に説明し、船長の承認を得る。船橋作業メンバー全員 (以下「ブリッジチーム」とする) が、本操船計画をもとに、船速、離岸距離、風速などを演習者に報告し、演習者はこれらの流動的かつ多数の情報を確認しながら、主機、舵、スラスターなどの推力の制御を行って操船する。

Fig. 1 に模範操船の航跡図を示す。

3. 評価手法

3.1 標準空間と閾値

以上のとおり、本シナリオは、多項目の情報をもとに流動的な判断を必要とする訓練である。そのため、修業生に対する指導は、目立つ瑕疵の是正やあいまいな指示になりやすい。しかし、それだけでは水先人に求められる技術のレベルの習得には時間がかかる。

経験豊富な水先人は、船速、回頭速度、針路との偏差、風速など多項目の計測情報を認識し、主機、舵、タグボートなどの推力制御を同時に行いながら操船している。この膨大な情報を即時的に判断してコントロールすることが出来るのは、すべての情報をパターン化して認識することを経験的に習得しているからである。全体を見て、普通と違う点はないかを即座に判断しているのである。

この「普通と違う」という感覚を、シミュレータ訓練によって習得するためには、対症療法的な指導だけでは対応できない。そこで、訓練の結果を Mahalanobis-Taguchi System (MTS) 法⁽²⁾ の概念を用いて指標化したデータを活用することを検討した。

3.2 MTS 法

Mahalanobis-Taguchi System (MTS) 法⁽²⁾ とは、品質工学の手法の一つである。人の行動を状態とし

Fig. 2 Track record of PCC at Chiba port

て規定し、その行動データをもとに正常状態の範囲として標準空間 (Normal range) を設定する。標準空間内の指標は正常状態であり、標準空間から離れた指標は異常状態である。異常の度合いの強弱は、標準空間からの距離となってあらわされる。(Fig. 2)

そして、この正常の境界が閾値 (しきい値:

Threshold) である。閾値は、技術的判断から決める場合と過去のデータからの経験的・統計的に求める場合とがある。

3.3 本シナリオでの指標基準

今回のシナリオは、基準点に向けて自船の船速をコントロールして基準点で左回頭し、接岸する操船であり、基準点における回頭の技術取得が目的である。そこで、指標は、船首が 90 度回頭した船首位置 (岸壁に 90 度向首した位置) と基準点との間のユークリッド距離とした。

そして、閾値は後述する実験をもとに 112.5m (0.56L) とした。(L: 船の全長を無次元化したもの。LOA。本稿では 200m)

Fig. 4 Result of examination (0.0 knot)

Table 1 Ship Information

Ship type	PCC (Pure Car Carrier)
International Gross ton	58,000 ton
Dead Weight	22,000 ton
Displacement	30,030 ton
LOA	199.93 m
Breadth	32.26 m
Draft Fore	8.50 m
Draft Aft	8.50 m
Bow Thruster one	17.8 ton
Depth	12.0 m
H/d	1.4

Fig. 3 Turning PCC by a tug boat

Fig. 5 Result of examination (2.0 knot)

Table 2 Result of examination (Initial speed)

Init.Speed kts	X(m)	Y(m)	Bow(Xm)
0	255.30	278.30	43.80
1	128.20	344.20	75.00
2	-9.70	377.70	112.50
3	-138.30	386.90	190.60

3.4 閾値の設定

閾値の設定のために、同船型船 (Table 1) を用いてタグボート 1 隻による左回頭による 180 度回頭実験をシミュレータで行った (Fig. 3)。水深はシナリオと同じ 12m であり、水深と喫水の比は ($H/d=1.4$) である。初速を 0 ノット、1 ノット、2 ノット、3 ノットと変えて、船体の移動状況と船首の移動状況を測定した。

Fig. 4、Fig. 5 に結果の航跡図を示す。

主機、舵は使用せず、タグボートは自船の 7 時の位置に配置し、3 時の方向 (船体に 90 度) に Full で押している。

結果は、Table 2 に示した通りである。本表は、終着点 (180 度回頭終了時) での船の中心の距離 X、Y 及び船首移動偏移である Bow (船幅方向への最大偏移量) を、初速に分けて記載している。

本件シナリオでは、基準点で回頭する時点では 0 ノットを想定している。しかし、常に 0 ノットで回頭するとは限らない。他方、本船が 3 ノットを超えるとタグボートは態勢が整えられない。シナリオでは回頭の推力としてタグボート 2 隻、バウスラスターを使用するが、この実験では回頭時にタグボートやバウスラスターの故障などの状況を考慮してタグボート 1 隻の使用とした。そこで、初速 2 ノットでの船首移動偏移 112.5m (0.56L) を標準空間の閾値として設定した。

Fig. 6 Plot of bow position (swing 90 degrees)

Table 3 Result of Euclid Distance (2008, 2009)

ID	Long X (L)	Lat Y (L)	Euclid Distance(L)
1	-0.30	0.05	0.30
2	0.05	-0.01	0.05
3	0.06	0.05	0.08
4	0.03	0.02	0.03
5	-0.51	-0.11	0.52
6	-0.70	-0.13	0.71
7	-1.20	-0.18	1.21
8	-0.80	-0.36	0.88
9	-0.79	-0.19	0.81
10	-0.60	-0.02	0.60
11	-0.43	0.01	0.43
12	-0.54	0.15	0.56
13	-0.36	-0.04	0.36
14	-0.39	-0.23	0.45
15	-0.36	-0.25	0.44
16	-0.13	-0.13	0.18
17	0.14	-0.19	0.24

3.5 閾値の妥当性検討

次に、本閾値が妥当か否かについて、2008 年度・2009 年度の同シナリオのシミュレータ訓練の結果を用いて検討した。

本データは、インストラクタの模範操船 4 回 (同一人が行っているものも含む)、修業生 (2008 年、2009 年) 13 名のシミュレータ訓練をもとにしたものである。

Fig. 6 は、基準点を 0 として、インストラクタと修業生の 90 度回頭の船首位置をプロットしたものである。岸壁法線方向を X 軸に、法線と直角方向を Y 軸とした。X 軸は基準点から港口方向をマイナス L とし、Y 軸は基準点から岸壁に近づく方向をプラス L とした。

岸壁法線方向に位置が離散しているの、見やすいように X 軸と Y 軸の縮尺を変えている。

Fig. 7 Plot of bow position (swing 90 degrees) 2008-2012

Table 4 Euclid Distance (2008-2012)

ID	wind	X (L)	Y (L)	Euclid Distance(L)
1		-0.30	0.05	0.30
2		0.05	-0.01	0.05
3		0.06	0.05	0.08
4	North 13m/sec	0.03	0.02	0.03
5		-0.52	0.25	0.58
6		-0.52	0.54	0.75
7		-0.93	0.71	1.17
8		-0.35	0.76	0.83
9		-0.39	0.39	0.55
10	South 6m/sec	-0.51	-0.11	0.52
11	South 6m/sec	-0.70	-0.13	0.71
12	South 6m/sec	-1.20	-0.18	1.21
13	South 8m/sec	-0.80	-0.36	0.88
14		-0.79	-0.19	0.81
15		-0.60	-0.02	0.60
16	North 8m/sec	-0.43	0.01	0.43
17	North 8m/sec	-0.54	0.15	0.56
18	North 8m/sec	-0.36	-0.04	0.36
19	South 8m/sec	-0.39	-0.23	0.45
20		-0.36	-0.25	0.44
21		-0.13	-0.13	0.18
22	North 8m/sec	0.14	-0.19	0.24
23		-0.12	0.63	0.64
24		-0.40	0.45	0.61
25		-0.03	0.34	0.34
26		-0.52	0.60	0.79
27		-1.26	0.43	1.33
28		-0.17	0.22	0.28
29		-0.37	0.54	0.66
30		-0.98	0.31	1.03
31		-1.24	-0.24	1.26
32	South 8m/sec	-0.03	0.45	0.46
33	North 8m/sec	-0.06	0.25	0.26
34	North 8m/sec	0.40	0.37	0.55
35	North 8m/sec	-0.12	0.11	0.16
36	North 8m/sec	-0.80	0.34	0.87
37	North 8m/sec	-0.80	-0.08	0.81
38		-0.63	0.28	0.69
39		-1.11	0.33	1.16
40	North 8m/sec	-0.88	0.12	0.89
41	South 8m/sec	-1.20	0.19	1.22
42	South 8m/sec	-0.49	0.61	0.78
43	North 8m/sec	-0.56	0.24	0.60
44		-0.90	0.33	0.96
45	North 8m/sec	-1.02	0.01	1.02
46		-0.53	0.68	0.86
47	North 8m/sec	-0.88	0.12	0.89
48		-1.64	0.44	1.70
49		-0.86	0.31	0.91
50		-0.73	0.79	1.08
51		-0.14	0.61	0.62
Average				
Standard Deviation		-0.54	0.21	0.69
		0.42	0.30	0.36

Table 3 は、回頭時の船首位置と基準点からのユークリッド距離を一覧化したものである。ID 1 から 4 はインストラクタの模範操船であり、5 から 7 は 2008 年度の修業生、8 から 17 は 2009 年度の修業生である。網掛けは、Euclid Distance の欄の数値が上記閾値 112.5m (0.56 L) の範囲以内のデータであることを示すものである。

Fig. 6 のみをみると、修業生はタグボートやバウ

Check List (sample)	
☐	1 Take account of local physical environmental features, current, wind tide
☐	1.1 Recall tidal regime for entry
☐	1.2 Identify locations where current effects can be anticipated
☐	1.3 Consider draft/ depth configuration
☐	1.4 Establish wind effects and areas of impact
☐	2 Create a berthing plan
☐	2.1 Complete the pilot card
☐	2.2 Accept the pilot's berthing plan
☐	2.3 Confirmed responsibilities for Bridge team
☐	3 Basic Maneuvering
☐	3.1 Establish slow speed control
☐	3.2 Calculate distance from berth to establish speed control
☐	3.3 set rudder angle
☐	3.4 Return rudder amidships after stop engine
☐	3.5 Minimize periods of "no control"
☐	4 Turn the ship
☐	4.1 Determine transverse thrust effect for propeller
☐	4.2 Determine transverse thrust effect for ship shape and condition
☐	4.3 Conduct a controlled turn
☐	4.4 Set speed of the ship for the swing
☐	4.5 Determine when to start the swing
☐	5 Bridge communication
☐	5.1 Ensure Pilot and bridge team are able to communicate effectively

Fig. 8 Sample of Check List (outline)

Table 5 Instructor's lateral distance and ship speed

Instructor's Average			(Instructor 4)
Longitudinal(L)	Lateral distance(L)	Ship speed(m/sec)	
0.5 L	1.01	1.10	
1 L	1.03	1.50	
2 L	1.08	2.10	
3 L	1.12	2.60	
Instructor's Standard deviation			
Longitudinal(L)	Lateral distance(L)	Ship speed(m/sec)	
0.5 L	0.07	0.30	
1 L	0.07	0.20	
2 L	0.09	0.30	
3 L	0.09	0.30	

スラスターの制御が困難なため、模範操船と比べて 90 度回頭の位置は不規則に分散している。しかし、ユークリッド距離は、閾値を外れる修業生は 13 名のうち 5 名だけである。

したがって、本閾値は、模範操船は 100%、訓練に不慣れな修業生でも 60%を超える範囲をカバーしており、回頭の指標として使えることが確認できた。

4. 本手法による評価結果

本手法で 51 名（インストラクタを含む 2008 年度から 2012 年度の一級水先修業生）のシミュレータ訓練の結果をプロットしたのが Fig. 7 である。Table 4 に平均値、標準偏差、ユークリッド距離での閾値の判定を示す。51 データ中、標準空間にはいるデータは 19 件で 37.3%であった。

Table 4 に表すように、51 例のユークリッド距離

の平均値は 0.69L、標準偏差は 0.36L である。閾値は標準空間を設定するのに技術的判断から実験によって得た 0.56L を使用した。当該 5 年間の一級水先修業生演習から 51 例の平均値と実験より求めた閾値との差は 0.13L であり、これは標準偏差の 0.36L の範囲内になっているので、「普通と違う」という感覚を生起させる基準となる標準空間を定義する閾値として妥当といえる。換言すれば、異常の度合いの強弱は標準空間からの距離となって表されるので、閾値と実験によって得た平均値との差は、船長経験のある演習者でも技術の個人差が多いことが推測され、大型 PCC の回頭操船の難しさを現していると言える。統計的に得られたユークリッド距離の平均と標準偏差は、各演習者の成績評価の参考指標として、多項目の推力の制御の説明にと利用が可能である。

5. シミュレータ訓練の指導方法の考察

5.1 総論

シミュレータ訓練は水先人養成に重要かつ不可欠な訓練である。しかも、本訓練には修業生が経験の豊富な水先人のもつ「普通とは違う」感覚を培う大切な機会でもある。

本訓練に求められる要請に応えるためには、その教育効果を最大限高めるように、多角的、即時的、客観的な視点の導入が必要である。

以下、シミュレータ訓練の指導における、様々なデータの分析の着眼点について詳述する。

5.2 チェックリスト

Fig. 8 は、インストラクタによるチェックリストのサンプルである。ブリッジチームにもこのチェックリストを事前に配布している。

演習後のデブリーフィングにて、項目ごとに意見

Table 6 Lateral Distance and ship speed (2010-2012)

ID	wind	3L LateralD(L)	2L LateralD(L)	1L LateralD(L)	3L Speed (m/sec)	2L Speed (m/sec)	1L Speed (m/sec)	Working time	
								Start min	3L min
1		0.98	0.92	0.83	2.01	1.59	0.98	28	18
2		1.12	1.06	0.98	1.85	1.59	1.03	28	19
3		1.26	1.26	1.26	2.01	1.44	1.29	32	22
4		1.15	1.01	0.66	1.85	1.54	0.93	26	18
5		0.92	0.78		1.80	0.98		40	31
6		1.38	1.38	1.15	2.32	1.90	1.59	30	22
7		1.15	1.06	0.83	2.52	2.37	1.49	27	19
8		1.35	1.21	0.75	2.16	1.39	0.51	26	18
9		1.06	0.92		2.26	1.54		36	28
10	S 8m/sec	1.38	1.29	1.38	1.95	1.59	1.29	28	19
11	N 8m/sec	1.44	1.44	1.35	2.11	1.75	1.44	27	18
12	N 8m/sec	1.38	1.32	1.03	1.65	1.23	0.51	27	18
13	N 8m/sec	1.29	1.21	1.21	1.70	1.03	0.87	33	25
14	N 8m/sec	1.09	1.03	1.06	2.06	1.44	1.08	32	24
15	N 8m/sec	1.00	1.00	1.15	1.65	1.03	0.41	37	27
16		1.12	1.09		1.90	1.65		35	26
17		1.30	1.25	1.18	2.37	1.34	0.26	31	23
18	N 8m/sec	1.34	1.30	1.04	1.90	0.62	0.82	33	25
19	S 8m/sec	1.48	1.48	1.46	1.95	1.34	0.72	43	34
20	S 8m/sec	1.32	1.24	1.09	2.21	1.95	1.49	36	27
21	N 8m/sec	1.23	1.09	0.95	2.37	1.90	0.98	28	19
22	N 8m/sec	1.27	1.11	0.93	2.42	1.70	0.26	30	21
23	N 8m/sec	1.20	1.11	1.02	2.57	1.90	-0.36	35	26
24		1.16	1.11	0.93	1.95	1.23	0.05	39	30
25	N 8m/sec	1.11	1.11	0.93	1.95	1.39	0.05	43	34
26		1.04	0.76		0.51	0.93		44	28
27		1.04	0.97	0.74	1.54	1.54	0.31	35	22
28		0.79	0.67	0.49	1.54	1.54	0.57	35	22
29		1.16	1.09	1.00	2.88	1.75	1.23	43	31
	AVE	1.19	1.11	1.02	2.00	1.49	0.79	33.3	23.9
	STAND	0.16	0.19	0.22	0.42	0.36	0.51	5.5	4.9

や気づいた点を述べて、インストラクタがそれらをまとめて評価している。

ここで行われるインストラクタの経験に裏付けられた主観的な評価である。項目チェックのみであれば即時に交付できる。一級水先修業生の訓練表による成績評価は、シミュレータから出力される航跡図、機関使用、舵使用等の出力図、デブリーフィングの討論などを参考にしてインストラクタの検討が加えられたもので、後日交付となる。

5.3 離岸距離のデータ

Table 6 は、本件のシナリオにおいて、基準点からの距離の各地点 (3L, 2L, 1L) における、離岸距離と船速を計測した表である。

インストラクタが模範操船した 4 回分のデータの平均値をとり (Table 5)、一級水先修業生の操船と比較した先行研究⁽¹⁾の手法による評価指標である。

模範操船の平均値 $\pm$ 標準偏差の範囲内を標準範囲として取りまとめたものであり、標準範囲に含まれる数値を網掛けによって示している。

なお、本データはシナリオ開始地点が同じなので、2010 年度から 2012 年度までは演習時間を参考に計測している。平均は 33.3 分、基準点手前 3L から終了までの平均時間は 23.9 分であった。ただし、終了地点が同一ではないので、あくまで参考値である。

統計的にみると、table 6 から一級水先修業生は模範操船に比べて離岸距離を多くとり、船速が低速になる傾向が読み取れる。

統計的処理を行う指標は、演習直後に得ることができないのがデメリットであるが、事後の総合評価や、演習者の相対的な成績評価には有効である。

これらの統計処理したデータは船長経験のない三級水先修業生用のシナリオを作成する際に活かすことが可能である。

5.4 基準点と回頭位置の距離

本稿で述べた、基準点と回頭時の船首位置とのユークリッド距離のデータである。

演習後すぐに出力される航跡図 (Fig. 1) から即時的に算出でき、標準空間を用いることで模範操船との整合度の比較が容易に出来る。そのうえ、過去の修業生と比較して、自分の技量を把握することが可能である。

例えば、閾値から大幅に乖離していた場合、タグボート、自船の舵、主機使用の出力図、インストラクタの主観的評価と合わせて、具体的に技術不足の点を指導することが可能となる。

今回の 5 年間の演習結果から 51 例の平均値を得ることができたが、許容される基準点からの距離の閾値については、演習の効果、効果的なシナリオの作成への応用、再訓練の必要性の判断などを考慮し更に検討を重ねる必要がある。

5.5 航跡図

航跡図は演習後に直ちに出力されるので、デブリーフィングの資料として有効であり、インストラクタの評価の理解を深める。

例えば、Fig. 9 は、北風が 8m/sec の時の航跡図で、船体を風にたてながら低速での航行の難しさを示している。Fig. 10 は、船速が遅い例であり、船体制御が難しく、早く回頭動作に入っていることがみとれる。回頭時の回頭速度も遅く、タグボート、ス

Fig. 9 Track record of PCC (North window 8m/sec)

Fig. 10 Track record of PCC (slow speed)

ラスト等への推力の演習の必要も感じられる。これらの解説についてはインストラクタの経験と主観が入るのは避けられず、具体的なベンチマークなどがあるほうが演習当事者に理解がされやすい。

5.6 総合的な考察

このように操船シミュレータを使った演習には多様な評価の手法が使われているが、演習終了後に最速に具体的な指標で表される手法は少ない。今回検討の手法では、演習直後、航跡図と共に最速で具体的な数値が得られる。

回頭と操船は、多項目の計測結果をもとに、多数の推力の制御を行うため、複雑になり即時的に数値による評価を出すことは難しい。本手法では、標準空間との距離により異常の強弱を評価するため、さまざまな計測データや多数の推力の制御の良し悪しにより発生する異常状態をまず一つの指標で評価することができる。したがって個別に事由を説明でき、演習者にとって当人の操船技術レベルや弱点が理解しやすいという利点がある。

また、インストラクタは経験に基づく個別的な表現で指導していたが、これに具体的指標が裏付けされるため、インストラクタが自身の指導表現にも一定の基準を設けやすい。演習者は数値により過去の結果との比較も容易になり、複数のインストラクタのコメントが数値を介することで比較でき、異常な制御、失敗等への理解が深まる。

本手法のメリットは以下の三点である。

- ・評価結果の即時性
- ・数値による具体的な基準
- ・比較の容易性

今後の課題として、より効果的な評価を得るためには、本手法の異常状態が標準空間との差による評価に、模範操船との比較による評価、時間による評価を付加し、より多角的な総合評価の手法の検討が必要である。この総合評価は演習者の成績評価の資料として、あるいは三級水先修業生用の「普通とは違う」という感覚を取得するシナリオ作成に役立てられると考える。

謝辞

演習の評価およびシナリオの分析等に貴重なご助言を頂いた東京海洋大学大学院客員教授大羽純昭先生、同吉川渉先生に深甚の感謝の意を表したい。

参考文献

- (1) 井上一規・日向野史崇・岡崎忠胤・矢吹英雄,

操船シミュレータによる着岸訓練の評価手法について, 日本航海学会論文集, 第124号, pp63-69, 平成23年3月

- (2) 立林和夫, 入門タグチメソッド、日科技連, pp167-192, 平成16年4月

質疑応答

林美鶴 (神戸大学):

設定された基準の正しさはどの様に担保されましたか。インストラクタの感覚と一致しているのでしょうか。

井上一規:

ご質問の標準空間の境の閾値の妥当性については、担保されていると考えます。

本論文では、回頭操船の岸壁に90度向首した位置を操船目標の基準点からの距離として回頭の閾値を求めました。水先人として長い嚮導経験をされたインストラクタの「勘」、「経験値」をヒアリングで求めますと、およそ0.5Lとのことでした。インストラクタの模範操船5回はこの閾値の範囲に収まっています。今回の操船シミュレータの回頭実験で求めた閾値の指標0.56Lに2008年、2009年の修業生の演習の結果も19回のうち13回がこの範囲に収まっています。従って、普通の回頭の閾値の基準の正しさを保証という意味で担保しています。

澤井 正明 (海上自衛隊第一術科学校航海科):

回頭着岸訓練における回頭エリア(安全圏)112.5mとあったが、圏内における船体の挙動変化(風落、行き足等)は操船者自ら把握しているのか、それとも他の者からのリコメンドによるものか、いずれでしょうか。

時間的に聞けませんでした。挙動変化の把握リソースはシミュレータと実船で同じでしょうか。たとえば目視(地形的方位変化)、レーダ等による岸壁との距離又はGPS機器による観測等でチェックしていると思いますが、シミュレータにそのような機能があるか教えてください。

井上一規:

ご質問の回頭エリアについては、挙動変化は計器により本人も把握しており、また、リコメンドからも情報は伝わってきます。また、次に、ご質問の把握リソースについては、ほぼ実船と同じです。

回頭時の船体の状況については商船ではBRM(Bridge Rescues Management)によって船橋作業が

システム化されています。船長、見張り員、当直航海士、操舵手から自船の状況についてレーダ、ECDIS、ドップラーログ、風向計、風速計、回頭角速度計などの計測情報が修業生に報告されます。この報告と報告された情報の確認はBRM訓練の一つの項目となります。さらに、港内操船ですので、船首配置の責任者、船尾配置の責任者からの報告、タグボートからの報告が船橋に伝達されます。また、操船の修業生自身もECDIS、レーダ、その他計器より自船の挙動を把握しています。

この操船シミュレータは、修業生の演習、訓練用に機能をそろえています。模擬船橋内の各機器は実機です。レーダ、ジャイロコンパス、ECDISのデータは景観および自船とシンクロナイズされています。また、景観も360度の視界があり、物標、顕著な目標などの実方位、距離、映像も実景とほとんど変わりありません。

なお、ご質問の回頭エリア（安全圏）について、補足します。

「港湾の施設の技術上の基準・同解説」（国土交通省港湾局監修：港湾協会 2007）技術基準（2007）

第4編第3章水域施設

3 泊地

3.2 性能規定

(1) 泊地の広さ（共用性）

②船首の回転の用に供される泊地

(b) 安全な回頭に支障を及ぼさない広さ

1) 泊地の性能照査における泊地の広さの設定にあたっては、安全な回頭に支障を及ぼさない広さとして以下の値をもちいることができる。

なお、十分な推力を有するスラスターを利用した回頭の場合については、曳船を利用した回頭の場合に準じる。

- ・自力による回頭の場合には、対象船舶の船長の3倍を直径とする円
- ・曳船を利用した回頭の場合には、対象船舶の船長の2倍を直径とする円

「NILM-AISによるコンテナバースへの着岸・離岸のための泊地規模に関する分析」高橋宏直・柳原啓二（国総県資料 No. 496

www.nilm.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn0496pdf/ks049604.pdf）にあります。シナリオで基準点はこの基準を参考にしています。