閉塞された水路の航行危険度の評価尺度に関する研究

日當 博喜*・小瀬 邦治**

Study on Scale of Evaluation for Maneuvering Difficulty in Blocked Waterways

Hiroyoshi HINATA and Kuniji KOSE

Abstract

In the present papers reported are the results of simulator studies which have been carried out for evaluating the navigation difficulty in the waterways blocked by many fishery nets.

The maneuvers to be utilized in such waterways were modeled as a kind of parallel shift maneuvers executed by switched rudder movement with constant angle. In the scenarios to be developed for the simulations the fishery nets were modeled as a kind of slit-like obstacles and the several degrees of blockage effect on maneuvering difficulty were set by selecting rudder angle in ideal parallel shift maneuvers.

In the simulations the pilots were requested to pass through the waterways by their procedures and simulations were carried out by the members of the Inland-Sea Pilots Association.

It is pointed out that the difficulty evaluated by the pilots have strong relation to the rudder angles used for parallel shift maneuvers which determined the slit arrangements. It can be concluded that the maneuvering difficulty in blocked waterways is measured by the ratio of the rudder angle which is applied for modeling the real waterways, to maximum performance.

1. はじめに

進展する経済・社会活動の下、海域の効率的な利用と航行の安全確保は重要な課題である。これまで船舶が輻輳する海域の危険度(見方を変えれば安全性)の評価に関する研究は様々な角度からなされているが^{例え(1)(2)}、まだ未解明の部分が多い。本研究は、将来的には航行安全行政にも役立てられる安全性評価手法の提案を目標としながら、様々な船が混在する瀬戸内海のような航路環境にも適用可能な、より実際の航行危険度の評価手法を模索してみたものである。

ここでは操船シミュレータの適用例として、漁網により閉塞された水路の航行危険度の評価尺度に関し検討した結果を報告する。航路(閉塞水路)は、一定舵角を交互に切り返す平行移動操船に基づきモデル化し、通航し得る漁網間の間隙は単純なスリットに置き換えて考えた。また、理想的な平行移動操船が行われたと仮定した場合の切り返し舵角に応じて何種類かの難易度を有す航路を設けた。水先人の指揮のもと、操舵により一定区間を通航するものである。得られた結果をもとに航行危険度に関する評価尺度の抽出を試みる。次に、典型的な実際の閉塞海域を評価してみることで評価尺度の一般航路への適用可能性を検討する。

シミュレーション実験は平成 5 年 8 月 4 日から 8 月 12 日までの間、広島大学工学部 船舶海洋工学教室の操船シミュレーターを用い、内海水先人会の水先人 7 名の協力を得て行われた。シミュレーションシナリオの設定、結果の解析に当たっては、これまでの報告^{(3)~(5)}を参考にした。

* 正会員 海上保安大学校(〒737 呉市若葉町 5-1)

** 正会員 広島大学工学部(〒724 東広島市鏡山 1 丁目)

なお、説明の都合上「危険度」という用語の代わりに「困難度」、あるいは「難易度」と表現することがあるが、意味するところは同じである。

2. 通航操船シミュレーションによる評価尺度の抽出

2.1 通航操船シミュレーションの概要

(1) シミュレーションシナリオ I の目的

障害物によって可航幅が制約された閉塞水路を、単純なスリットによる制約に置き換え、水先人の指揮による通航操船シミュレーションを実施し、得られた結果をもとに危険度の評価手法を検討する。具体的には、操船の困難度を主観・客観の両面から分析し、困難度に関連してくる項目(要素)を把握することにより海域の危険度を評価するための評価尺度の抽出を試みる。要は、評価手法を見つけるための操船シミュレーションを実施する。この想定をシナリオ I とした。

(2) 供試モデルおよび航路環境の諸条件

- ① 供試モデル：平均的な性能を有す VLCC で、操縦運動モデルには MMG 型を用いた。要目および基本性能を表 1 に掲げる。
- ② 自力操船とし、初速は 12 ノットとする。
- ③ 直線航路で片側航路幅 (700m)、進行方向は定められている。
- ④ 自船は原則として進行方向が指定された航路内を通航するものとするが、障害物を避けるためには反対側(反航船用)の航路に入ることもやむを得ない。
- ⑤ 避航のために航路外航行する場合でも水深の問題は無いものとする。
- ⑥ 障害物の概位など航路の概況については予め情報収集しているものとする。
- ⑦ 潮流は順潮 2.5 ノットの一様流とする。

(3) 航路モデルの設計

航行環境の危険度に関係してくる客観的指標を抽出するという観点から、操舵により障害物を避航しつつ通航する航路環境を想定した。操舵により通航できる航路ということは、要するに幅寄せ(平行移動)操船を必要とする航路環境ということになる。それで、供試船の平行移動操船性能に基づき、幅寄せ操船を繰り返しながら通航できる航路を想定した。このような操船を必要とする場面としては、例えば幾重にも展開された漁網や点在するプレジャーボート群によって制約された航路環境が考えられる。今、閉塞された航路に唯一通航可能なわずかな間隙(スリット)があると仮定し、操船者は操舵によりこのスリットを通過しつつ定められた航路区間を航行するものとする。スリットの基本配置(航路モデルの概念図)は図 1 の通りで、具体的には以下の要領で航路モデルを設定した。平行移動操船の概念図(図 2)を用いて説明する。

ある同一の舵角を用いて平行移動操船を行い、舵の切り返しのタイミングを種々変えることにより「縦距 x と平行移動量(パラレルシフト量) y との相関図」を作成し、この相関図をもとに縦距を適宜変えたときの平行移動位置にスリットを配置した。連続して蛇行する場合、最初の振幅と二つ目以降の振幅ではその大きさが若干異なる点も考慮した。こうすることにより、船の性能に応じて合理的に操船負

表 1 供試モデルの要目と旋回性能

1. 要目	$L \times B \times d = 300\text{m} \times 48.49\text{m} \times 15.97\text{m}$ $W = 190,870\text{ton}$, $Cb = 0.838$ L : 垂線間長
2. 初期旋回性能	舵角 10° を用いて 10° 回頭させるまでの $\text{Track reach} = 506\text{m}$ $= 1.68L$
3. 旋回性能 ($\delta = 36^\circ$)	$\text{max Ad.} = 2.97L$ $\text{max Tr.} = 3.50L$

図 1 スリット配置の概念図

図 2 平行移動操船

担度(難易度)を変えた航路環境が用意できる。この方法で難易度の異なる5種類の航路を設定した。各航路はある舵角を最適に用いた平行移動操船(パラレルシフト操船)により通過できるように設計されていることになる。

なお、障害物中に設けられたスリットの幅は $1.0L$ (L :船の長さ)とし、各航路の5段階の難易度は、平行移動操船に必要な5種類の舵角(5度、10度、15度、20度、25度)に対応している。また、5種類の航路毎に難易度は同等な3種類程度の類似航路を設けておき、シミュレーションの際は、これらの中から任意のパターンを選択して試行した。

2.2 実験結果および評価尺度の抽出

(1) 実験結果

全部で36ケース試行し、最終的に29ケースを解析対象とした。シミュレータおよびシミュレーションシナリオになれる意味で、はじめ比較的容易なパターンを実施した後、難易度の高いケースを実施した。操船困難度を以下の観点で整理した。

① 主観的評価(操船者の感じた難易度)

操船終了後操船者から取ったアンケートをもとに主観的難易度を解析した。

② 客観的評価

航跡、操舵量などから操船困難度を評価する。

③ 主観的評価と客観的評価との相関

1) 主観的評価の解析

二通りの質問により主観的評価のデータを得た。即ち、「容易」から「非常に危険」までの9段階の評語を簡単なスケール上に等距離に並べたもので評価して貰ったものと、同じコースを10回通航したら何回安全に航行できるかという観点で評価して貰ったものの二通りである。両者は基本的に同じ結果になるべきものだが、主観には曖昧さがあることを考慮して異なる尋ね方をし、両者の結果に矛盾が無いことを確認して、より確実を期した。

図3は主観的難易度と航路の難易度(座標軸上、難易度のレベルが1、2、…と上がるほど困難度は増すものとする。)との関係を示したものである。航路の難易度に比例して主観的難易度が増す様子がよく現われている。航路の難易度がレベル3を越える辺りから操船者は「困難」と感じはじめている。なお、図中の近似線は、特に拘るものではないが、最小自乗法によったものである(以下の図においても同様。)

2) 客観的評価の解析

以下に、客観的項目と航路の困難度との相関について解析した結果を示す。

図4はシミュレーション中の平均使用舵角(舵角の絶対値をとる。)を示した図である。航路の難易度と平均使用舵角とは、非常に良い相関を示している。また、詳細は省くが、平均使用舵角の大きさについても航路の難易度との関係において合理的な関係が得られている。

図5はスリットを中心からの偏位(最初のを除いた4スリットにおけるオーバーハング量の平均

図3 パイロットによる主観的難易度

図4 平均使用舵角

)を示す。航路の難易度が増すにつれ、スリットの中心からの偏位も増加する傾向がみられる。

図6は舵角零度使用時間の割合を示すが、航路の難易度の増加に伴い減少している。これは操船余裕の減少と解することができる。図は割愛するが全操舵頻度についても同様な傾向が見られる。舵角零度使用時間については、当初、いわゆる「Steady (定針)」(旋回角速度が零近傍)の時間の長短にも着目してみたが、どのケースをみても旋回角速度がほぼ零になっている時間はほとんど無いことから、これに変えて舵角零度の時間で整理してみたものである。予想通り難易度に反比例する結果が得られた。

図5 スリットの中心からの平均偏位

図6 舵角零度使用時間の割合

図7は最大舵角($\delta=35$ 度)使用頻度を表わす。ある困難度以下ではほとんど最大舵角は使用されていないが、あるレベルに達すると文字どおり急増している。さらに困難度が増すと逆にやや減少する様子が現われる(図中の直線は航路の難易度が高い範囲について近似したもの)。これらの傾向は操船者の余裕の減少並びに操作の自由度の減少がどういう形で結果に現われるかを良く示していると言える。

この他、図は省くが、障害物(網)への接触・乗り切り件数、最大舵角($\delta=35$ 度)使用時間、最大船首偏角および大舵角($\delta \geq 25$ 度)使用頻度と航路の難易度との相関も調べている。

障害物(網)への接触・乗り切り件数では、航路の難易度がレベル2以内では安全に通過しているが、レベル3に達したところでこの件数は急増している。最大舵角($\delta=35$ 度)使用時間は航路の難易度の増加に伴い、自乗に比例して増加し、困難な航路ほど変針或いは当て舵のために長い時間最大舵角を取らなければならない様子が伺える。航路の難易度が、あるレベルを越えるとこの時間は著しく増加する。最大船首偏角は他の結果と同様、難易レベル3から急増し、場合によっては横向き(偏角90度)になる

図7 最大舵角($\delta=35$ 度)使用頻度

ケースも発生している。大舵角($\delta \geq 25$ 度)使用頻度については、最大舵角($\delta = 35$ 度)の場合とほとんど同様な結果が得られた。これは、大舵角では一般に、一杯の舵角(35 度)を使用することからして当然な結果であろう。

3) 主観的難易度と客観的難易度の相関の解析

図8は主観的難易度と平均使用舵角との相関を表わしたものである。平均使用舵角の増加に伴い主観的難易度が増加する様子が非常によく現われている。この結果は航路の困難度を舵角に換算できる可能性を示唆していると言える。

この他、接触・乗り切り件数、最大舵角使用時間、舵角零度使用時間、全操舵頻度、大舵角($\delta \geq 25$ 度)使用頻度およびスリットの中心からの偏位についても調べている。図については紙面の都合上割愛し、要点のみ記す。

接触・乗り切り件数、最大舵角使用時間、大舵角使用頻度およびスリットの中心からの偏位については、主観的難易度が「困難」を越える辺りから、何れも急増する傾向が現われる。操船者の余裕が減じ、制御能力が限界を越えたり、操船の自由度が失われると、極端に大きな操作を行う様子が如実に現われている。舵角零度使用時間は、主観的難易度が「容易」程度では全体の5割程度の時間を占めるのに対し、「危険」以上では1割程度に激減する。全操舵頻度も「困難」を越える辺りから減少する傾向が認められる。以上、前節までに得られた内容から予測し得る範囲の結果が得られたと考える。

図8 主観的難易度と平均使用舵角の相関並びに操船能力による困難度の表現(シナリオ I)

(2) 評価尺度の抽出

主観的評価と客観的評価の相関は良くとれており、中でも舵角、とりわけ平均使用舵角との相関が良い。そこで航行危険度の評価尺度として平均使用舵角を用いることを考える。

図4において平均使用舵角を δ_m 、航路の難易度をDとおくと、

δ_m は D の関数

であり、逆に、

D は δ_m の関数

とすることができる。

一方、図3で主観的難易度(操船困難度)をE[E=0(容易)~8(非常に危険)]とおくと、

E は D の関数

と言える。従って、

E は δ_m の関数

でもある。

これは操船困難度が平均使用舵角により表わされることを示したもので、これによりこの船(性能を固定して考える。)の、平均使用舵角と操船困難度との関係がわかる。

航路モデルを設計する際の諸条件(船の性能、自然条件、スリットの幅・向き等)には幅があること、これら諸条件はシミュレーション上単純化されていること、並びにシミュレーション結果には多少のバラツキがあること等を考慮すると、現段階で評価尺度を厳密に定めることは難しいが、この例は一応の試みとして想定航路における評価尺度を抽出してみたものである。ところで、平均使用舵角は航路の難易度と良い相関があり、航路モデルは平行移動操船性能に基づき設計されていることを勘案すると、舵角を媒介として操船困難度と平行移動操船性能とが関係付けられることがわかる。

しかし、性能が一定の場合は良いが、船の性能は状態により変わること、並びに船が異なれば性能も変わることを見ると、性能に依存しない困難度の表現方法が必要になる。そこで、通航に当たって要求

される操船能力を、自己の能力に対する相対評価でもって困難度を表わすことを考える。この場合、自分の能力の表現方法が大切になる。前述の結果によれば、結局自分の能力は平行移動操船性能に帰結できた。平行移動操船性能は舵角と密接な相関があることから、ここでは平均使用舵角を用いることとし、舵角 35 度を操船能力 100% として図 8 [主観的難易度と平均使用舵角の相関] の横軸に制御出力 (舵角量) の相対評価、即ち [操船能力 (%)] による表現を合わせて示す。こうすると、例えば能力の 60% 以上を使う状況では操船者は「危険」と感じていることから、航路環境の困難度の総合評価も「危険」ということが少し一般的に言えるようになる。

本研究では、たまたま舵角が評価指標になり得る場面を想定した。重要なことは、舵角が良い指標になるということではなく、舵を一つの制御手段と見立てることにより (舵角を制御出力と考えれば、最大舵角 35 度で 100% 出力、15 度で $15/35 \times 100 = 43\%$ 出力となる。)、 「自己的能力に対する制御出力の相対比率で困難度が表現できる」ということであり、さらに、一般的にもそう言える可能性があるということである。

3. 典型海域の危険度評価と評価尺度の検証

3.1 典型海域における危険度評価

(1) シミュレーションシナリオⅡの目的

前章 (シナリオⅠ) では評価指標に関連する要因を検討し、単純化した航路を設定してシミュレーションを実施し、評価尺度を抽出した。シナリオⅡでは現実により得る典型的な航路環境 (制約パターン) を設定し、通航操船シミュレーションを実施する。これにより操船困難度が高い実海域の危険度を調べるとともに、シナリオⅠで抽出された評価尺度が一般航路へ適用可能かどうか、評価尺度の妥当性を調べる。同時に実環境と本シミュレーション環境との相関を検討する上での基礎データを得る。

(2) 航路モデルの設計

航路が制約された例として備讃瀬戸東航路 (男木島) 付近のコマセ網海域を選定し、航路の実態に関する資料にもとづき航路内に漁網が展開された典型的なパターンを想定した (図 9)。

この海域は航路内に展開されたコマセ網がしばしば報告され、航路自体も大きく屈曲していることから操船困難度は高いと言われており、危険度の評価尺度を検討するには適当な航路である。航路が屈曲するところで避航のため航路外に大きくはみ出した自船が、変針運動による横流れと潮流による圧流に抗しつつ、浅瀬と障害物をかわして無事予定の航路に復帰できるかがポイントになる。

図 9 シナリオⅡの航路モデル並びに主な通過軌跡

諸条件

初 速：12 ノット

水 深：場所的に分布した実際の水深（メッシュ：200m 間隔）。

潮 流：順潮（西流）。潮流データに基づき場所的に分布した潮流とした（平均約 2.5 ノット）。

風、波：無し

(3) 実験結果

シナリオⅡのデータ数は 7 ケースで、内訳は表 2 のとおりである。図 9 に主な通過軌跡を合わせ示す。主観的評価の他、シナリオⅠにおいて主観的評価との間に良い相関があった平均使用舵角、舵角零度使用時間といった客観的項目を用いてシナリオⅡを評価してみる。表 2 に解析結果も合わせて掲げる。なお、実験の順番として、シナリオⅡはシナリオⅠに引き続き実施したため、不馴れという問題は無い。

1) 主観的評価

当然ではあるが主観的評価は、操船の出来、不出来の影響を強く受ける傾向が明確に現われている。無事通過した場合もあれば、島に乗り揚げってしまった場合もある。操船者は、無事通過した場合は容易であると評価し、失敗した場合は難しいと評価する傾向がある。通航可能なスリットの組合せが複数あるため、厳密には航路の難易度は通過ルートにより異なるが、任意のルートを選定して操船した各水先人の主観を集約してみるとという意味で主観的難易度の平均をとると、主観の性格上多少のバラツキは見られるが、「容易」から「非常に危険」までの 9 段階評価においてほぼ中間にあたる「困難」に相当する。また、10 回航行するとすれば何回位安全に通航できるか、という設問については、平均して 6.7 回安全に通航できる、という評価を得た。

2) 客観的評価

表 2 より、島に乗り揚げたケースを除けば、客観的数値は比較的まとまっている。今、平均使用舵角および舵角零度使用時間の平均値を図 4 および図 6 に照らして、航路の難易度を推定してみると、操船者が「困難」を感じ始める難易度に相当することがわかる。事実 7 ケース中 1 ケースでは、漁網を乗り切り、島に乗り揚げていることを勘案すると妥当な評価であると考ええる。

3) 結果の考察

シナリオⅡについて「困難」の評価が本当に正しいか否かはともかく、複数の評価項目で見た客観的評価並びに主観的評価の両者が共に一致することから、舵角を評価指標とした当該評価方法自体は妥当であると言える。

また、ここで想定した、舵を左右に切り返しながら通航するような水路では、結局、危険度の評価尺度は平行移動操船性能に帰結できると言える。同一の航行環境でも船の性能や大きさが異なれば操船者の感じる危険度は異なったものとなるが、これさえも各船の平行移動操船性能という物差しを用いれば簡潔に表現することが可能となる。

3.2 一般航路への評価尺度の適用

シナリオⅠの結果より、ここで想定した航路環境についての困難度は、使用舵角を媒介として平行移動操船性能に帰結できる可能性が指摘され、シナリオⅡの典型的例の評価によってシナリオⅠの結果が妥当であることを裏付けられた。

そこで、一般航路の一例であるシナリオⅡにおいて、平行移動操船により通過する場合に必要な舵角を定義してみる。図 10 は実際に通過したルート（大きく三つに分けられる。）に基づき平行移動操船に必要な舵角を割り出した説明図である。図中の船型位置は必要舵角を定義する際の始点と終点を表わす。困難度は一連のパス（通過道筋）の中で変針箇所毎に定義可能だが、もっとも操船が困難となる場面によって困難度は規定されることを考慮し、場所を限定した上で必要舵角を割り出した。こうした求められた必要舵角とシミュレーション結果とを比較したものが表 3 である。平行移動操船性能をもとに作図的に求めた

表 2 シナリオⅡの実験結果

No	通過コース (ルート)	主観的 難易度Ⅰ	主観的 難易度Ⅱ	平均使用 舵角 度	舵角零度 使用時間 %
1	北側(②)	少し困難	7	10.9	29.3
2	南側	普通	10	8.0	26.1
3	北側(②)	普通	10	10.5	20.8
4	北側(②)	困難	5	9.0	35.7
5	北側(③)	非常に危険	0	20.0	13.6
6	北側(②)	困難	8	12.3	25.9
7	南側	危険	7	—	—
平均		困難	6.7	11.8	25.2

No. 5 は乗り揚げのケース。

必要舵角と平均使用舵角とは相関がありそうに見える。そこで、これを船の操船能力と主観的評価との関係で表わしたものが図 11 である。データ点数は少ないものの、シナリオ I の場合(図 8)と同様な傾向を示しており、これを近似とみれば、よく特徴を表わしていると言える。以上より操船能力の何%を活用したかで困難度を表現する方法は妥当であることが確認できる。

図 10 シナリオ II における必要舵角の推定

4. まとめ

将来的には瀬戸内海の航行安全行政にも役立てられる安全性評価手法の提案を目標としながら、様々な大きさの船が、様々な態様でもって混在する瀬戸内海の航路環境にふさわしい評価手法を模索した。ここでは操船シミュレータの応用例として、閉塞された水路の通航シミュレーションを実施し、危険度・安全性評価に関する評価尺度の抽出を試みるとともに、典型的な閉塞海域を評価してみることで評価尺度の一般航路への適用可能性を検討した。

その結果、単純化した航路モデルによる検討から、舵角を媒介として主観的評価と客観的評価の間に相関のあることが導かれ、操舵量という概念に基づいたシナリオ設計思想どおり、操船者の感じる困難度・危険度は平行移動操船性能により予測できることがわかった。

次に、典型的な閉塞海域についての検討として、通過ルート上で必要な平行移動操船性能を作図的に求め困難度を評価

表 3 シナリオ II における必要舵角(δ)の推定

通過 ルート	縦距 X (m)	横距 Y (m)	必要舵角 δ (度)	制御出力 $\delta/35$ (%)	主観的 難易度 I	主観的 難易度 II	平均使用 舵角(度)
①	2,830	550	4	11.4	普通 危険	10 7	8.0
					平均	8.5	8.0
②	3,720	1,750	5	14.3	少し困難 普通 困難	7 10 5	10.9 10.5 9.0
					平均	7.5	10.7
③	1,800	1,750	28	80.0	非常に 危険	0	20.0

図 11 操船能力による困難度の表現(シナリオ II)

したところ、主観・客観の評価値はよく合致するとともに、上記の単純化した航路モデルでの検討結果から見ても、合理的で納得できる結果が得られた。よって、上で述べた関係は一般航路にも当てはまるものがケーススタディとして確認でき、この種の通航問題における総合的な操船困難度(負担度)は平行移動操船性能というシンプルな評価尺度により評価できることがわかった。これに合わせて、実際の航路状況から簡便に必要な性能が推定できること、さらに自己の能力の何%を使用して通過できたかという整理で困難度を定量的に表わすことが可能であることが確認できた。

このように困難度をシンプル、定量的かつ的確に表現し得る評価尺度を提示した意味は大きく、今後さらにケーススタディによる検討を積み重ねていきたい。

最後に、本研究は瀬戸内海海上安全協会による「瀬戸内海における航行安全対策に関する調査研究」の一部として行われたものである。シミュレーション実験に快く参加頂いた内海水先人会の水先人各位に深く謝意を表する次第である。また、実験遂行に当たり支援・協力を頂いた広島大学工学部の操縦・制御研究室の平尾先生、久保崎君をはじめとする大学院生及び学生諸君、並びに実験補助として参加し解析の一部を担当した海上保安大学の学生、吉田、中野君に感謝申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 日本海難防止協会：航行環境の定量的評価手法に関する調査研究完了報告書，1992.3.
- (2) 長澤 明・原 潔・井上欣三・小瀬邦治：避航操船環境の困難度Ⅱ．—シミュレーションによる評価に向けて—，日本航海学会論文集，第 88 号，1993.3
- (3) 小瀬邦治・中谷辰五郎・信川孝司・中村祐三：パイロット操船から見た針路不安定の許容限界に関するシミュレータスタディー，日本航海学会論文集，第 83 号，1990.9
- (4) 小瀬邦治・山本慎一郎・野村士平・岩崎寛希・信川孝司・中村祐三：パイロット操船から見た針路不安定の許容限界に関するシミュレータスタディーⅡ，—外乱下の操船—，日本航海学会論文集，第 85 号，1991.9
- (5) 小瀬邦治・南部幸則・W. Misiag・久保崎 浩・高見雄三：パイロット操船から見た針路不安定の許容限界に関するシミュレータスタディーⅢ．—変針を主体とした操船—，日本航海学会論文集，第 87 号，1992.9

質 疑 応 答

本田啓之輔(元神戸商船大学)：評価尺度に舵角のみとなっておられますが、前提の閉塞された水路の長さ、幅の要素との関連については、どのようにお考えになりましたか。

日當博喜：ここでは、閉塞の内容が幅寄せ(平行移動)を必要とする水路を設定しています。平行移動操船の性能は、縦距と横偏位量の大きさを表現できますので、平行移動操船の概念自体が、水路の長さ、幅の関係を包含したものと考えます。このように、閉塞の状況を必要な平行移動操船性能のレベルと連結して考えますと、閉塞の程度は平行移動操船における舵角と結び付けられることになります。

今井昭夫(神戸商船大学)：主観的評価と客観的評価の相関をとられ、相関が高いとの御意見ですが、主観値(困難、普通、容易)の差を定量化されてないのに定量化された客観値と相関をとってどのような意味があるか教えて下さい。

日當博喜：「困難、普通、…等」の言葉の意味については厳密に吟味した訳ではありませんが、これまでにに行ったパイロットによる種々の操船シミュレーションの経験をもとに、これらの言葉を採用しました。ところで、国語的にみて言葉の意味の違いがどれくらいであるかはともかく、アンケートでは図のように、スケール上に各々の言葉を等距離に並べ、任意の箇所を選択できるようにしています。要すれば任意の中間値を選べることも告げていますので、事実上定量化したのと同じ意味になると考えます。また、これに合わせて「10 回通航するとしたら、何回位安全に通れるか?」という質問も行い、両者の結果は一致することを確認しています。

非常に危険 危険 困難 普通 容易