視程の変化による操船者への影響

平野 研一*・岡本 康裕*

奥田 成幸*・新井 康夫*

The Effect for the Navigators on the Maneuver according to the Variation of Visibility

Kenichi HIRANO, Yasuhiro OKAMOTO, Shigeyuki OKUDA and Yasuo ARAI

Abstract

The visual information which the navigator accepts varies by the visibility. If the comparison of the statistical value to assess the situation, increase or decrease of its information value by the variation of statistical value is shown quantitatively. But it is quite difficult to analysis all of them using the whole factors.

So in this paper, the authors marked to the difference of the timing for collision avoidance maneuvers, the bridge simulator experiments were carried out using the Fuzzy inference.

As the results, it became clear that Fuzzy dangerous (J-value) at the timing of the collision avoidance maneuvers is almost stable. And it is found that it will be later to execute collision avoidance maneuver when the visibility will be worse.

1. はじめに

避航操船において、衝突危険度の判断は相手船までの距離、方位変化率、相対速力、船の大きさなどの操船者が得られる視覚情報によって大きく左右される。このように操船者が得られる視覚情報は極めて多岐にわたり、また操船者の経験、相手船との見合い関係、さらにその海域の輻輳状況によっても変化する。したがって、これらの関係をすべて網羅した上で分析することは極めて困難である。しかし、相手船の情報から得られる操船者の感覚的な危険度をファジィ情報として扱う⁽¹⁾⁽²⁾ことにより比較的容易に状態の変化について分析できると考えられる。

本研究では、まずアンケート調査により衝突危険度についての意識調査を行った後、視覚情報量とその視程による変化をファジィ情報として定義づけを行い、さらにその指標としての避航時機の相違と相手船に関する情報量の増減について考察した。

そしてこの影響を定量化する一つ的手段として、視界再現機能を有した船橋シミュレータ⁽³⁾実験により情報量が視程の変化に対してどのように変化するかを求め、それらの結果について検討を加え、視程が変化した場合の避航時機の遅れや操船者に与える負担度がどのように変化するかの確認を試みたものである。

2. 視覚情報量と視程による衝突危険度の変化

2.1 視覚による衝突危険度の判断

航行船舶や障害物に対する衝突危険度について操船者が得る情報は、視覚をはじめとした五感によるものとレーダやARPA等の計器類に表示される数値やパターンなどである。ここで得られた情報は操船者の蓄積された経験や知識によって増幅され、避航操船の判断材料になると考えられる。このメカニズムは非常に複雑であり、また操船者の置かれている環境によって変化するものと考えられる。視覚による情報

*正会員 海技大学校 (〒659 芦屋市西藏町12-24)

を考えた場合、生理的視覚と心理的視覚に分類される。前者は人間工学的分野において自然環境による影響がかなり正確に把握されている⁽⁴⁾ものの、後者は自然環境のみならず交通環境・社会環境・操船技術や船体状態などにより影響される。したがって、操船者は常に不確定な状態に置かれているので、正確かつ効率よくその状態を推定しようとする。このため、操船者が得る情報は生理的な視覚に加え、心理的視覚による影響が大きく作用し、これらのメカニズムは一様ではない。自然環境が視覚に与える影響を概念図として表すと、図1のようになる。

図1 視覚情報による避航判断メカニズム

視覚による情報は、図に示すように自船の行動と相手船の行動によって決まる物理的な自然環境を通り、生理的条件と環境条件の影響を受けた心理的視覚によって衝突危険度に変換されて判断機構に入力される。

視覚による避航判断のメカニズムをモデル化するには視覚情報の要素が多い。したがって、モデルを単純化するために、見張り中における避航判断に必要な情報すなわち衝突危険度を「最接近距離となるまでの所要時間（TCPA）と最接近距離（DCPA）についてどのように感じるか」として表すこととした。

2.1.1 アンケート調査に基づく避航判断での視界情報

操船者が避航判断をする際に衝突危険度をどのように感じるかを調べるために、被験者に関する情報とTCPAおよびDCPAについて、航海士経験のある海技大学校学生に対してアンケート調査を行った。アンケート内容は、以下のとおりである。

- ① 対象者について：年齢，最近の職務，経験年数
- ② 最後に乗船していた船舶について：下船した時期，船舶の種類，全長，幅，眼高，航海速力
- ③ ある一定の船舶で昼間帯の当直中，十分広い水域において視程が良好であるという条件を仮定し，相手船を1隻とした場合に以下の5通りの見合い関係におけるTCPAとDCPAに関しての感じ方を聞いた。
 - 1) 接近してくる船舶との見合い関係（相手船は1隻と限定）

I 反航船	II 右からの横切り船	III 左からの横切り船
IV 前方の被追い越し船	V 後方からの追い越し船	
 - 2) TCPAについて

(a) 時間にまったく余裕がない	(b) 時間に余裕がない	(c) どちらともいえない
(d) 時間にやや余裕がある	(e) 時間に十分余裕がある	
 - 3) DCPAについて

(f) 危険であると判断する	(g) やや危険であると判断する	(h) どちらともいえない
----------------	------------------	---------------
 - 4) その他
 - a) 他船が危険であることを確認するために必要な情報とその優先度
 - b) ARPAを搭載している場合，十分広い水域で船舶の輻輳度がそれほどでない場合のTCPAとDCPAの設定値

2.1.2 アンケート結果による衝突危険度について

前項の意識調査結果について平均値と標準偏差を表1に示す。この表は次式に示すように無次元化をして求めたものである。

表1 TCPA, DCPA の平均値および標準偏差

		I 反 航	II 右横切り	III 左横切り	IV 被追い越し	V 追い越し
TCPA'	(a)	17.5(13.7)	14.5(11.1)	14.3(10.7)	2.9(8.8)	3.1(8.8)
	(b ₁)	20.5(17.4)	15.2(11.4)	15.5(10.9)	2.8(7.8)	2.9(7.5)
	(b ₂)	35.2(24.8)	26.9(20.6)	27.0(19.2)	5.6(15.4)	5.9(15.8)
	(c ₁)	36.0(25.0)	25.9(18.0)	24.7(15.8)	6.4(18.3)	6.9(20.4)
	(c ₂)	54.5(33.8)	38.7(26.3)	37.2(23.0)	10.1(29.6)	10.7(31.7)
	(d ₁)	53.9(31.8)	39.5(26.5)	37.9(23.2)	8.9(23.5)	9.7(27.0)
	(d ₂)	79.6(50.4)	53.5(33.6)	54.7(35.2)	12.8(33.9)	13.5(35.3)
	(e)	85.3(51.1)	58.4(38.7)	59.5(38.3)	14.7(38.2)	14.4(36.5)
DCPA'	(f)	15.5(16.0)	17.8(14.3)	17.3(13.4)	9.0(6.3)	9.1(6.0)
	(g ₁)	17.2(17.2)	19.6(15.9)	19.3(15.3)	9.8(6.8)	11.0(6.0)
	(g ₂)	30.8(26.7)	34.9(23.9)	33.1(22.2)	18.1(10.3)	19.4(12.3)
	(h)	32.4(27.8)	37.8(25.4)	37.0(26.0)	21.2(13.7)	21.2(13.1)

※ 表1 および表2においてTCPA' およびDCPA' の () の値は次の状態を示す。

(a) 時間にまったく余裕がない	(f) 危険である
(b ₁) 時間に余裕がない(下限)	(g ₁) やや危険である(下限)
(b ₂) 時間に余裕がない(上限)	(g ₂) やや危険である(上限)
(c ₁) どちらとも言えない(下限)	(h) どちらとも言えない
(c ₂) どちらとも言えない(上限)	
(d ₁) 時間にやや余裕がある(下限)	
(d ₂) 時間にやや余裕がある(上限)	
(e) 時間に余裕がある	

$$TCPA' = TCPA \times V_r / L \quad (1)$$

$$DCPA' = DCPA / L \quad (2)$$

ただし、 V_r は自船と他船の相対速力、 L は自船の全長とする。

また TCPA と DCPA の分布を見るために次式に示すように無次元化とともに対数変換を行った。図2 および図3は、「反航」で TCPA については「時間に余裕がない」、DCPA については「やや危険である」(上限) 場合を示したものの度数分布である。

$$TCPA'' = \ln(TCPA \times V_r / L) \quad (3)$$

$$DCPA'' = \ln(DCPA / L) \quad (4)$$

各母集団の分布を「対数正規分布に従わない」と仮定し、各標本分布の適合度について χ^2 検定を行った。この結果は表2に示すように、DCPA についての二、三の場合を除いた各分布の検定結果は5%の棄却域より小さな値を示している。このことから帰無仮説「対数正規分布に従わない」は棄却され、アンケート調査による衝突危険度の感覚は、広い海域において一対一の見合い関係の場合には対数正規分布に従うということができる。

図2 TCPA の度数分布
(時間にまったく余裕がない場合)

図3 DCPA の度数分布
(やや危険である (上限))

表2 検定結果

	I 反航		II 右横切り		III 左横切り		IV 被追い越し		V 追い越し	
	χ^2	df	χ^2	df	χ^2	df	χ^2	df	χ^2	df
TCPA (a)	2.54	4	8.96	4	4.04	3	2.92	3	3.01	3
	1.76	3	8.00	4	4.17	3	6.72	4	4.66	4
	6.25	4	4.00	4	2.47	3	14.18	3	2.74	3
	8.02	4	5.95	3	8.28	4	2.63	4	2.27	3
	3.74	4	5.61	3	5.90	4	3.35	4	4.02	4
	6.36	4	5.15	3	5.18	4	4.51	4	6.30	4
	4.75	4	3.07	3	5.41	4	2.65	4	6.24	3
	2.71	4	1.85	3	2.12	4	6.06	4	3.85	3
DCPA (f)	1.16	3	12.51	4	2.75	4	12.87	3	2.26	3
	3.00	3	10.16	3	6.89	3	13.85	3	2.77	4
	6.18	3	12.19	4	6.86	4	7.86	3	6.25	4
	2.75	4	4.69	4	10.04	3	2.93	3	3.67	3

ただし、 χ^2 は χ^2 統計量を、dfは自由度を示す。

2.2 ファジィ危険度

前項の結果から、操船者の相手船に対する危険度の判断は個々のバラツキがあるものの対数正規分布に従うことが確認されたので感覚量と見なすことができる。

一方、感覚量はファジィ情報で比較的容易に表すことができる⁽¹⁾⁽²⁾。したがって、アンケート結果による統計量からメンバーシップ関数を作成し、これを用い操船者の感覚的な危険度すなわち主観的衝突危険度をファジィ情報として求めてみる。

メンバーシップ関数は、操船者が判断する「時間的な余裕度」としてのTCPAおよび「衝突に対する危険度」としてのDCPAとからなるものとした。そしてこれら両者に対する衝突危険度は、メンバーシップ関数値を用いて表3に示すルールテーブルで求めた。

表3 危険度のルールテーブル

TCPA \ DCPA	時間に余裕が				
	全くない	ない	どちらでもない	ややある	十分ある
非常に危険である	4	2	0	-2	-4
やや危険である	0	-2	-2	-4	-4
わからない	-2	-4	-4	-4	-4

また、メンバーシップ関数は、意識調査による TCPA と DCPA について感じ方の累積度数分布を基に I 反航, II 右からの横切り, III 左からの横切りについて求めた。図4にこれらのうちのII 右からの横切りの場合を示す。

図4 メンバーシップ関数 (右横切りの場合)

このメンバーシップ関数を用い、ファジィ危険度 J は、次式によって求められる。

$$J = \sum_i \sum_j (f_i f_j D_{ij}) \quad (5)$$

ただし、 f_i および f_j はそれぞれ TCPA と DCPA のメンバーシップ関数値、 D_{ij} はルールテーブルの TCPA と DCPA の組み合わせによる危険度を示す。また i は TCPA のメンバーシップ関数 a, b, c, d, e , j は DCPA のメンバーシップ関数 f, g, h を示している。

たとえば右からの横切りの場合、ファジィ危険度 (以下 J 値という) がどのように変化するかを求めると図5に示すようになる。

2.3 避航操船に影響を与える視覚情報量

視程が変化すると、視覚情報量が変化する。このとき視覚による相手船との見合い関係の状況判断、言い換えると危険度の統計的性質が変わらずに平均値と標準偏差が変化するならば、時間の経過とともにファジィ情報の時間変化は、視程の良い状態に比較してほぼ平行移動するものと考えられる。

視程が悪くなると、視覚情報量が減少する。このことから統計量が変化し、ファジィ情報の時間変化は遅れるようになる。この情報量の減少を定量的に求めるには状況判断の統計量の比較を行えば求められる。しかしながら、視程を変化させた状態での統計量を求めるには、得られたデータの分布や性質を確認する必要があるため非常に時間がかかる。そこで比較的容易に操船者の視程による影響を求めるため避航時機の違いに着目した。

図5 ファジィ危険度の時間変化 (右横切りの場合)

相手船との状況判断がある一定以上の危険度となった場合に避航動作が行われるとすると、視程が悪くなればJ値の時間変化が遅れるので、それに対応して避航時機が遅くなる。J値の変化が視程の変化とともに平行移動するものとすれば、視覚情報量の変化が避航時機の遅れに直接影響を与えるものと考えられる。視程の良い状態での避航時機を基準として、視程が悪くなった場合における避航時機の遅れは情報量の減少とすることができる。

表4 実験の供試船およびシナリオ

供試船	自船および相手船	船長250m, 速力16または12ノット
シナリオ番号	行き会い状態	視程 (レーダ使用の有無)
シナリオ	反航	良好 (レーダ使用)
		6マイル (レーダ使用)
	右からの横切り	3マイル (レーダ使用)
		1マイル (レーダ使用)

3. 船橋シミュレータによる実験

3.1 シミュレータによる実験方法

3.1.1 設定条件

前項で推論した避航時機の遅れを確認するために本校の船橋シミュレータにより実験を行った。実験に使用した供試船およびシナリオは表4に示すとおりである。

3.1.2 実験内容

本実験においては、航海士経験のある海技大学校学生を被験者とし、これを2～3名のグループに分け、各グループごとに先に示した17通りのシナリオのいずれかによりシミュレータ実験を行った。各シナリオごとの被験者ののべ人数は表5に示すとおりである。

このとき、被験者は操船をせずに見張りのみに専念し、1分ごとに相手船に対する感じたままの「時間的な余裕」と「方位変化に対する危険度」を前もって渡した調査表に記入する方法とした。

なお、「自船がなんらかの避航手段を講じたいときもしくは相手船に避航動作をとってもらいたいとき」および「自船が避航したいとき」にその調査表に○印をつけるとともに、自船の避航方法を記入することにした。

シナリオは30分程度とし、設定するDCPAはアンケート結果から危険とするものすなわち約20Lpp以下とし、前もって被験者には知られないように配慮した。図6は各シナリオのパターンを示す。

図6 実験シナリオ

3.2 シミュレータによる実験結果

図7～図9は実験結果を示したものである。横軸にアンケート調査から得られたJ値(計算値)、縦軸に

シミュレータ実験により得られたJ値（観測値）とし、「反航」「左横切り」「右横切り」ごとにプロットし、視程良、6マイル、3マイルのそれぞれの視程の状態に対して回帰直線を求めた（図中 A, B, C）。さらに横軸に平行な破線は、避航時機におけるJ値（観測値）の平均を視程ごとに示したものである（図中 A', B', C'）。

図 7 衝突危険度の時間変化（反航）

図 8 衝突危険度の時間変化（左横切り）

これらの結果から操船者が感じるJ値の時間変化について一定の傾向があるかどうかを調べた。視程の良い状態の回帰直線は3通りの見合い関係とも最も左に位置し、傾きが似ておりほぼ同じ傾向があるといえる。しかしながら、先のアンケート調査に対しては危険度の変化が急になっており、この原因については意識調査よりシミュレータ実験のほうが相手船に対する情報の確認がしやすいことを示している。その一例として距離感が近いことがあげられる。

図9 衝突危険度の時間変化 (右横切り)

一方、視程が悪くなった場合、左横切り(図8)と右横切り(図9)の視程6マイルにおいて相関は低い、ほぼ視程が良い場合から平行に移動していると見ることができる。視程が6マイルと3マイルの反航(図7)および視程3マイルの右横切り(図9)ではほとんど相関がなかった。これはシミュレータ実験にて TCPA および DCPA に関する危険度を調査した際に、1分ごとのサンプリングが粗かったことおよび「避航動作をとるとき」(避航時機)を過ぎたときに調査を打ち切ったことが原因であると考えられる。また、J 値(観測値)の平均は左横切りの場合を除き、0 ~ -1 付近ではほぼ一定となっていることがわかる。左横切りについては被験者によって避航動作開始のタイミングに大きな差があることからこのようなバラツキが出るものと推定できる。

4. 考 察

4.1 視程による避航時機の遅れ

J 値の時間変化と避航動作との関係を図10に示す。J 値は時間の経過とともに CPA に近づくに従って増加する。相手船との見合い関係において危険度がある値以上になった段階で、避航動作をとるか、もしくは相手船に避航動作をとるように促すと考えられる。

視程が悪くなれば、操船者への視覚情報量は減少し、初認時機が遅れることによって統計量も変化し、

図10 ファジィ危険度の時間変化

図11 視程による避航時機の遅れ

J 値がある値になるまでの時間すなわち避航時機が遅れると考えられる。

ある視程において、避航時機の遅れ H を視程が良い状態を基準として(6)式にて示す。ただし、避航時機は避航しようとするときの TCPA (図10の T に相当する) で表すものとする。

$$\begin{aligned} H &= 1 - (T_{\infty} - T_x) / T_{\infty} \\ &= T_x / T_{\infty} \end{aligned} \quad (6)$$

ここで、 H は避航時機の遅れ、 T_{∞} は視程の良い状態での避航時機 (TCPA)、また T_x は視程 x マイルでの避航時機 (TCPA) である。

一般に感覚量には指数関数があてはまるとされており⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾、(6)式は指数関数を用いて次のように表される。

$$H = 1 - e^{-k(x-x_0)} \quad (x > x_0) \quad (7)$$

図11はこれを示したものである。図において視程が x_0 のときは、避航時機の TCPA がゼロ、すなわち CPA において避航する場合を示している。したがって、視程が x_0 以下の場合に操船者にとっては感覚的な視界制限状態であると見なすことができる。

視程により視覚情報量がどのように変化するかを見るために、(7)式を用いて視程の良い状態を基準とした避航時機の遅れをシミュレータ実験により得られた「何らかの避航手段を講じたい時機」および「避航時機」から求める。

これらの結果から(7)式における定数を求めると表6に示される。また、この定数を用いて視程の変化による避航時機の遅れを(7)式にあてはめると図12および図13となる。

表6 視程による避航時機の遅れ

		k	1/k(1/Lpp)	$X_0(1/Lpp)$
避航手段を 講じたい時機	反航	0.01987	50.32	8.27
	右横切り	0.03215	31.10	13.52
	左横切り	0.02919	33.76	8.74
避航時機	反航	0.02128	46.99	6.86
	右横切り	0.01917	52.16	9.31
	左横切り	0.05288	18.91	9.40

これらの図から、視覚情報量が影響を受ける度合いは見合い関係および「避航手段を講じたい時機」と「避航時機」を問わず避航操船に余裕がなくなる視程は8Lppとなった。これはシミュレータ実験を行った場合の供試船の船長および相手船との相対速力から約1.1マイルであり、このときの視程はTCPAに換算すると約2分50秒であった。また図14に避航操船に余裕がなくなる視程と日本海難防止協会による航行環境アンケート「船の大きさ別集計結果」⁽⁸⁾と比較した結果を示す。それによると船型ごとの相手船に対する「処置をとる限界」はいずれの大きさに対しても約10Lppとなっており本実験結果とほぼ同じ値であることがわかった。

図12 視程による避航時機の遅れ(講じたい時機)

図13 視程による避航時機の遅れ(避航時機)

図14 船長別のアンケート調査 (日本海難防止協会)

4.2 レーダ使用の有無による避航時機の相違

次にレーダを併用する場合に視程を変化させて避航時機の遅れを求めた。この結果を図15に示す。

図15 レーダを併用した場合の避航時機の遅れ

図中、○印および□印がシミュレータ実験により得られた結果であり、それぞれ右横切りと反航の場合である。また2本の原点を通る直線A, B(一点鎖線)はそれぞれ右横切りおよび反航の視程の状態によって相手船が初認できる最大の距離を示している。したがって、避航時機の遅れがこの直線A, Bの左側領域にある場合は、レーダのみで避航判断したとすることができる。なお前節で求めた視覚のみによる避航時機の遅れを右横切りと反航について平均した結果を図中実線で記入した。

図に示すように視程が3マイル(22.2Lpp)以下になると相手船の情報をレーダに対してかなり頼っている傾向が明らかである。さらに視程が1マイル(7.4Lpp)以下では両者とも直線A, Bの左側領域に入っていることからレーダのみで避航判断を行っていることがわかる。

また、視程が6マイル(44.4Lpp)のときの反航ではレーダにて相手船の動向を判断しているのに対し、右横切りでは視覚情報に頼る傾向があり、このため避航時機が遅れている。

一般に視覚のみによる避航時機の遅れのモデルはレーダを用いる場合には適合しないと考えられる。視程が悪い場合は、レーダに対する依存度が高いためほぼ直線的に変化し、ある視程以上になると前項で述べた(7)式の曲線に漸近すると考えられる。これを図中、太い破線で示した。曲線部分は視覚による場合の曲線に漸近させ、また反航の場合については、視程3,6マイルでの結果に適合させるように次式によって求めた。

$$H = [1 - e^{-k(x-x_0)}] + b \cdot [a \cdot x - e^{-k(x-x_0)}] \quad (8)$$

ただし、 $a \cdot x$ は1を超えないものとし、係数 b は、見合い関係によってレーダが影響する度合いにより定まる。

以上のようにレーダを併用した場合の避航時機は求められた。なお、図中の太い破線で示すように視程が悪くなると、レーダに頼りきりになり避航時機は早くなるが、操船者にとって負担が軽くなっているとは考えられない。したがって、視程が悪い部分の細い破線を含む(8)式で表される曲線は感覚的に操船者が受ける負担度と考えられる。

5. 結 言

今回の報告では、アンケート調査に基づく避航判断での視覚情報の調査により、

- (1) 衝突危険度の感覚は広い海域において一対一の見合い関係の場合には、対数正規分布に従うことが判明した。

また、シミュレータ実験における種々の行会い関係、視程の状態および避航時機、避航動作を講じたい時機に関する調査から

- (2) 視程の変化による避航時機の遅れ H の算出式をモデル化した。

また、一定の視程の範囲内においては、

- (3) 視程が変化しても避航時機における主観的衝突危険度(J値)は、ある程度一定といえる。

- (4) 視程の変化による衝突危険度の時間変化は、ほぼ平行移動する。

さらに(3)、(4)をまとめると、

- (5) 視程が悪くなると避航時機が遅れる。

の結果が得られた。

本研究により、比較的簡単に操船者の視覚情報量が視程の変化によりどのように影響されているかを求めることができた。しかしながら、今回の実験により求めた結果は、① 相手船が1隻のみである、② 広い水域という限られた条件から得られたものである。相手船が2隻またはそれ以上の輻輳海域における問題については未解決であり、今後これらの状況設定を変えることにより、どのように避航時機の遅れが変化するかを検証が必要である。さらに情報量の変化と操船者の負担度との統計的な関係についても明らかにする必要があり、今後の検討課題としたい。

本研究は、日本海難防止協会による海難防止の調査研究事業の一環として行われた「航行環境の定量的評価手法に関する調査研究」の一部である。

最後に、意識調査およびシミュレータ実験に際し、ご協力いただいた海技大学校本科、一級および二級海技士科の学生諸君に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 岩崎寛希・原 潔：あいまい推論を用いた避航操船モデル 日本航海学会論文集 第75号, p. 69 ~p. 77 1986. 9
- (2) M. K. James : Modelling the Decision in Computer Simulation of the Ship Navigation, Journal of Navigation Vol. 39 No. 1, January 1986
- (3) 新井康夫：海技大学校における船橋シミュレータについて 航海 第95号 p. 81~p. 86 1988. 3
- (4) 人間工学ハンドブック編集委員会：人間工学ハンドブック 金原出版 p. 53~p. 56 1966. 2
- (5) 長畑 司：避航の判断と操船者の特性III 日本航海学会論文集 第63号 p. 19~p. 27 1980. 8
- (6) 長畑 司：海上における遠近感と目視距離 日本航海学会論文集 第66号 p. 47~p. 55 1982. 2
- (7) 高橋浩一郎：応用気象論 岩波書店 p. 84 1961. 8
- (8) (社)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 中間報告書(その4) p. 195 1991. 3

質 疑 応 答

桑島 進(東京商船大学)：視程が悪くなると操船者はむしろ注意力を増すよう努めるなどして避航時機を早めることも考えられます。このような人間工学的な面についての検討はなされていますか。

平野研一：本報告においては、人間工学的な面における詳細な検討は行っておりません。ご指摘のように、レーダを併用した実験において視程が悪くなると避航時機が早くなっています。しかし、視程が3~4マイル以上の場合には、避航時機が明らかに遅れています。このときの遅れの曲線を視程が変化した場合の操船者の負担度としたいと考えております。