錨泊船間航行と操船困難性

井上欣三*・臼井英夫**

On the Navigating between Anchored Ships and its Maneuvering Difficulty

Kinzo INOUE and Hideo USUI

Abstract

When the anchorages are arranged at a harbour, it is necessary to consider the maneuvering difficulty of the navigating ship between the anchored ships. However, nobody has researched how design the arrangement of the anchorages from the view point of the maneuvering difficulty up to now.

In the present paper, the relationship between the condition of the arrangement of anchorages and the maneuvering difficulty has systematically analyzed by applying the Environmental Stress Model for the problems of the navigating ship between the anchored ships. Based on this analysis, the way to fix quantitatively the design elements of the arrangement of anchorages under condition that the maneuvering difficulty comes to an allowable level for mariners was considered. And, the distance needed between the anchored ships has been proposed on the basis of the diagram in accordance with the length of navigating ship and the mean length of anchored ships.

1. はじめに

船舶が入港する際、バース待ちや沖荷役のために指定された錨地に投錨、錨泊することをしばしば経験する。このとき船混みの激しい港では、予定錨地に接近する際にすでに錨泊している船舶の間を縫って航行することを余儀なくさせられることがある。船舶が複数の錨泊船の間を縫って航行するとき、錨泊船と錨泊船の間の水域空間が狭くなるほど操船は困難となり、操船者には緊張がもたらされる。このようなとき、先に停泊している錨泊船の配置の状況がどのようなであれば、操船者にもたらされる困難性がどれほどになるかについては、これまでのところその関連性を定量的に明らかにした研究例はみあたらない。

著者はこれまでに、船舶が航行する水域空間が護岸や防波堤、浮標や錨泊船、操業漁船や漁網などの障害物で制約されるとき、操船者にどれほどの負荷が課されるかを定量的に評価する手法として環境ストレスモデル⁽¹⁾を提案している。この評価モデルは、操船水域の空間的制約が操船者に課す負荷をストレス値を指標として定量評価するものであり、ストレス値がどれほどにまで大きくなると操船者にとって許容できなくなるかといった、指標値と許容可否基準の対応がついたモデルであるという特徴を有している。

そこで、本研究では、錨泊船間航行の問題に環境ストレスモデルを適用し、錨泊船の配置の状況とこれら錨泊船の間を航行する際に操船者に課される困難性の関係を系統的に分析するとともに、この分析を通じて、錨泊船の間を縫って航行する際、操船者に課される困難性を許容範囲におさえることができることを条件として、錨地配置の設計要素の定量化を試みた。

* 正会員 神戸商船大学 (〒658-0022 神戸市東灘区深江南町5-1-1)

** 正会員 広島商船高等専門学校 (〒725-0200 広島県豊田郡東野町4272-1)

2. 錨泊地の設計要素

図 1 は、一定の広さの水域に複数の船舶が錨泊する場合の錨地の配置の一例を示している。このとき、(1)それぞれの錨地の大きさ、(2)錨地と錨地の中心間距離、(3)2つの錨地を結ぶ線とその間を通過する船の針路交角、(4)錨地と航路の離隔距離、(5)錨地と防波堤等との離隔距離、はそれぞれ錨泊地の設計要素を構成する。

(1)、(4)、(5)の要素は基本的には振れ回りや走錨等の面から検討すべきものと考えられ、これらの設計要素の検討は次の機会に譲り、この研究では(2)、(3)の要素に着目し、操船面から望ましい配置条件について考察する。検討にあたっては、まず相隣り合う 2つの錨地の望ましい関係を明確にしたうえで、これを基本として複数の錨地の配置について考察を加える。

図 1 錨泊地の設計要素

3. 計算条件

3.1 船体条件

一連の計算を行うにあたっては、航行船、錨泊船ともに代表的なものとして、全長130m、200m、280mの3船型を想定した。以下では130mを「S」、200mを「M」、280mを「L」とする。

また、環境ストレスモデルによりストレス値を算出する際に総トン数が必要となるが、これには「港湾の施設の技術上の基準・同解説」⁽²⁾に示されている貨物船、コンテナ船、タンカーの全長と重量トン数との関係及び重量トン数から総トン数に換算する関係式より、全長から総トン数を推定する回帰式を以下のようを得た。

$$\log(\text{総トン数}) = 3.11 \times \log(\text{全長}) - 2.85 \quad (3.1)$$

(相関係数: 0.996)

以下、この回帰式をもとに全長から総トン数を推定し、ストレス値の計算に用いた。また、いずれの場合においても、航行船の速力は6ノット一定とし、海域はオープンシーとした。

3.2 錨泊船の配置

3.2.1 2隻の場合

錨泊船が2隻の場合には図2に示す座標系を用いる。一般に障害物の至近を通航するとき、操船者はその障害物に対して一定の離隔距離を確保しようとする。操船者が錨泊船の付近を航行する際にこれ以上近づきたくないという離隔距離については、「離隔距離=0.89×航行船の全長」⁽³⁾なる関係式が得られている。そこで、ストレス値の計算にあたっては、物理的な衝突ではないものの、錨泊船の中心から錨泊船の周囲に下記の式で示される距離を半径 r (m) とするバリアがあるものとして計算を行った。

$$\text{半径(m)} = 0.89 \times \text{航行船の全長(m)} + 0.5 \times \text{錨泊船の全長(m)} \quad (3.2)$$

針路交角(θ)については航行船の針路と錨地を結ぶ線が直交する場合を0度とし、左回りを正とする。また、錨泊船間距離(l)については、2隻の錨泊船の中心点間の距離をとる。

3.2.2 3隻の場合

錨泊船が3隻の場合に用いる座標系を図3に示す。航行船の針路にship1とship2を結ぶ線が直交し、ship3が航行船の針路上に存在する2等辺三角形を基本の配置として考える。このとき、ship1とship2を結ぶ線とship1とship3を結ぶ線がなす角を底角 α とする。なお、2等辺三角形の高さ d は後方錨泊船までの距離に対応する。

図 2 錨泊船 2 隻の場合の座標系

4. 操船困難性の検討と錨泊地設計要素の定量化

4.1 2 隻の錨泊船間航行

4.1.1 大きさが同じ場合

$\theta = 0$ の条件の下で、ship 0 が ship 1 と ship 2 を結ぶ線の中央を通過するとき、2 隻の錨泊船の存在が ship 0 に課す操船上の困難さを環境ストレスモデルを適用して求めた結果を図 4 に例示する。この計算に際しては、ship 0, ship 1, ship 2 とも M (長さ 200m) とし、ship 1 と ship 2 の錨泊船間距離を 600m, 800m, 1,000m, 1,200m とした。図 4 より、錨泊船間距離が長くなるに伴いストレス値のピークが低くなること、また、ストレス値がピークとなるのは 2 隻の錨泊船間を結ぶ線上に航行船が並ぶ直前であり、錨泊船間距離が変化してもその位置はほぼ一定であることが分かる。

環境ストレスモデルから出力される操船環境ストレス値は操船水域を制約する環境条件が操船者に課す操船上の困難感を定量的に表現するものである。そして、その値が 500 以下であれば全ての運航実務者がその状況を許容し、750 では全体の 1/4 の運航実務者が許容できない状況に対応し、そして、900 では全体の 3/4 の運航実務者が許容できない状況であり、これを超えた場合にはもはや全ての運航実務者が許容できないといった基準と対応づけられている。

錨泊地設計の観点からは、錨泊船間航行が操船者に課す困難性は、全ての運航実務者にとって許容できるものであることが望まれる。そのため、ここでは運航実務者にとって課される負荷が "negligible" である環境ストレス値 500 の値を基準として必要とされる設計要素のあり方を考える。

操船環境ストレス値が 500 となるような錨泊船間距離は図 4 から、2 隻の錨泊船間を通過する際の操船環境ストレス値の変化においてそのピークがちょうど 500 となるような錨泊船間距離を求めればよい。

図 5 は、2 隻の錨泊船が同じ大きさの場合に、ストレス値が 500 となる錨泊船間距離を縦軸に、錨泊船の大きさを横軸に、そして、航行船の大きさをパラメータとしてプロットしたものである。

例えば 2 隻の錨泊船を S (長さ 130m) 一定とした場合において、航行船が S の場合は所要の錨泊船間距離が 600m、航行船が M (長さ 200m) の場合は 800m、航行船が L (長さ 280m) の場合は 1,000m となる。このように 2 隻の錨泊船の間を通過しようとする航行船の船型が大きくなるほど 2 隻の錨泊船間距離は広く必要とされる。また、例えば航行船を S (長さ 130m) 一定とした場合において、2 隻の錨泊船が S (長さ 130m) の場合は所要の錨泊船間距離は 600m、2 隻の錨泊船が M (長さ 200m) の場合は 700m、2 隻の錨泊船が L (長さ 280m) の場合は 800m となるように、錨泊船が大型船であるほど必要な錨泊船間距離は長くなる。このように、必要な錨泊船間距離は航行船の大きさと錨泊船の大きさの両者に依存する。そこで、同じ大きさの 2 隻の錨泊船間航行に対し、航行船の全長及び錨泊船の全長を説明変数とし、所要の錨泊船間距離を被説明変数として重回帰分析を適用す

図 3 錨泊船 3 隻の場合の座標系

図 4 錨泊船 2 隻の場合のストレス値の変化

図 5 大きさの同じ 2 隻の錨泊船の場合の必要錨泊船間距離

ると、次式を得る。

$$\text{錨泊船間距離} = 2.91 \times \text{航行船の全長} + 1.64 \times \text{錨泊船の船長} + 5.0 \quad (4.1)$$

(重相関係数: 0.9999)

この回帰式を用いることにより、同じ大きさの2隻の錨泊船の間を任意の大きさの航行船が通過するときに必要とされる錨泊船間距離が得られる。

4.1.2 大きさが異なる場合

隣り合う2隻の錨泊船が同じ大きさであれば、一般に操船者は2隻の錨泊船の中央を航行すると考えられるが、2隻の錨泊船の大きさが異なる場合は操船者の意識として小さい錨泊船側に近寄って航行すると考えられる。このような時にはそれぞれの錨泊船から与えられる困難性が等しくなるようにコースを選択することが予想される。そこでここでは、大きさが異なる2隻の錨泊船間航行に際してはそれぞれの錨泊船が単独で存在したと考えた場合のそれぞれの船が課す操船環境ストレス値が等しくなるようなライン上を通航するものとして、2隻の錨泊船の中央から小さい錨泊船側に近寄る方向にコースラインを偏位させることとした。なお、コースラインが今回設定したライン上でなくても、今回設定したラインから左右50m程度の範囲にあれば、操船者に課される困難性はほとんど変わらない。

2隻の錨泊船が異なる大きさの場合について、錨泊船間を航行中に課される最大のストレス値が500となるような錨泊船間距離を、2隻の錨泊船と航行船がL, M, Sのあらゆる組み合わせについて求め、その結果をまとめたものを図6に示す。この結果にはすでに4.1.1項で分析した2隻の錨泊船が同じ大きさの場合も含んでいる。図中の○、□、△印は航行船の大きさS, M, Lの分類をあらわし、図の横軸は2隻の錨泊船の全長の平均をとっている。ここに、航行船の全長及び錨泊船の平均長さを説明変数とし、錨泊船間距離を被説明変数として重回帰分析を適用すると、次式を得る。

$$\begin{aligned} \text{錨泊船間距離} &= 2.92 \times \text{航行船の全長} + 1.64 \\ &\quad \times \text{錨泊船の平均長さ} + 0.89 \quad (4.2) \\ &\text{(重相関係数: 0.9999)} \end{aligned}$$

この回帰式により、2隻の錨泊船および航行船の任意の大きさの組み合わせに対して必要とされる錨泊船間距離を求めることが可能となる。

図7は(4.2)式の回帰式をもとに航行船の全長を横軸に、錨泊船の平均長さを縦軸としてダイヤグラムの形で整理したものである。例えば航行船がMの場合において錨泊船の組み合わせがLとSであれば錨泊船間距離は900m必要となることがこの図から読み取れる。今後、錨地の配置設計を行う場合、想定される航行船と錨泊船の組み合わせごとに必要となる2つの錨地間の距離を算定するのにこの式とダイヤグラムが役に立つ。

4.1.3 針路交角

図8は、航行船及び2隻の錨泊船の大きさをすべてM、錨泊船間距離を1,000m、 θ を0, 10, 20, 30, 40, 50度として、2隻の錨泊船が航行船のルートに対し斜めに配置されるとき、操船者に課される負荷の変化傾向を求めたものである。これによると針路交角が0度では2隻の錨泊船は一体のものとして認識され、2隻の錨泊船の間を通過する際にストレス値のピークが

図6 大きさが異なる2隻の錨泊船の場合の必要錨泊船間距離

図7 2隻の錨泊船間の必要距離

図8 錨泊船2隻の場合の針路交角の影響

1 回現れる形の負荷が課される。針路交角が30度程度までは同様の傾向を示し、1 回のストレス値のピークの高さはほぼ一定である。しかし、針路交角が30度を超えると、2 隻の錨泊船は1 隻ずつ分離して操船者に負荷を課すようになりピークが2 つに分かれるとともにピークの高さが増加するようになる。

図9は、針路交角が大きくなる時、2 隻の錨泊船間を通過する際のストレス値のピークが500となるような錨泊船間距離を針路交角との関係からとりまとめたものである。針路交角が30度程度までは必要となる錨泊船間距離は2 隻の錨泊船が航行船の針路に対し直角に配置される場合に必要とされる距離と同じであるが、針路交角が30度を超えると必要とされる錨泊船間距離が急激に増加することがわかる。つまり、2 つの錨地の配置とその間を通過する船の針路との関係が0度±30度までの範囲であれば、操船者に課す困難性の観点からは両者が直交する場合と設計上同等とみなすことができる。

4.2 3 隻の錨泊船間航行

4.2.1 大きさが同じ場合

図3に示した座標系において、ship 1 と ship 2 の錨泊船間距離 $l_{12} = 1,200\text{m}$ の条件の下で、後方錨泊船までの距離 d を変化させたときに、3 隻の錨泊船の存在が航行船 ship 0 に課す操船上の困難さを環境ストレスモデルを適用して求めた結果を図10に示す。なお、この時 ship 0 は ship 1 と ship 2 を結ぶ線の中央を通過することとした。また、ship 0, ship 1, ship 2, ship 3 とともに同型の M (長さ200m) として計算した。

ストレス値は ship 1 と ship 2 にほぼ並ぶ地点で一度ピークを迎え、その後は減少するものの、後方の ship 3 に近づくにつれて再度増加傾向を示すようになる。ただし、ship 3 を置く位置、つまり距離 d を遠くするに伴い、ストレス値のピークは減少傾向を示す。ここに $d = 1,200\text{m}$ 、 $1,400\text{m}$ 、 $1,600\text{m}$ の曲線に着目すると、このように d をある一定の距離以上に離してもストレス値のピークの減少傾向は頭打ちの状態になる様子がみてとれる。これは、ship 3 を置く位置が遠くなれば操船者に与える困難性は全体として減少するものの、ship 3 を置く位置がある距離以上遠くであれば、それ以上離してもストレス値のピークの値の減少に関してはほとんど効果が変わらないことを意味する。

そこで、この困難性がほとんど変わらなくなる位置に ship 3 を置くことを3 隻目の錨泊船配置の条件と考える。その上で手前2 隻の錨泊船を含む合計3 隻の錨泊船配置との関係から、航行中に ship 0 に課されるストレス値のピーク値が500となるような手前2 隻の錨泊船間距離 l_{12} と3 隻目の錨泊船の位置 d を求める。このようにして、錨泊船が3 隻の場合の配置条件を決める。この考え方のもとで錨泊船が3 隻共同じ大きさの場合について手前2 隻の錨泊船間距離 l_{12} を求めたところ、4.1項で述べたように同じ大きさの2 隻の錨泊船の間を通過する時に必要とされる錨泊船間距離に比べて、概ね1.3倍程度の間口の広さが必要となることがわかった。

次に、後方錨泊船 ship 3 までの距離 d と手前2 隻の錨泊船間距離 l_{12} の関係から底角 α を求めたところ、概ね60度となり、錨泊船が3 隻でかつそれらが同じ大きさの場合、そこを通過する航行船の操船者に困難を課さない3 隻の配置条件はほぼ正三角形と考えてよさそうである。

4.2.2 大きさが異なる場合

航行船及び3 隻の錨泊船の大きさが L、M、S のあらゆる組み合わせについて前項に述べたと同じ考え方のもとで、手前2 隻の錨泊船間の所要の間口の広さ l_{12} および底角 α を求めた。図11は、錨泊船が2 隻の場合に必要とされる錨泊船間距離を基準に3 隻の場合にはどれくらい広く必要となるかを比率をとって示している。これらの計算には3 隻の錨泊船がそれぞれ同じ大きさの場合も含んでいる。航行船が大きいほどその比率が大きくなるものの、概ね1.3程度であることがわかる。このことから、3 隻の錨泊船を配置する

図9 錨泊船2 隻の場合の針路交角による必要錨泊船間距離の変化

図10 錨泊船3 隻の場合のストレス値の変化

場合に必要とされる
錨泊船間距離 l_{12} は、
2隻の錨泊船の場合
に必要とされる錨泊
船間距離を1.3倍す
ることによって求め
ることが可能である
といえる。

また、底角 α につ
いては図12に示すよ
うに、航行船が大型
船ほど底角は小さく
なり、後方に配置さ

れるship3が大型になると底角は大きくなり、手前2隻の錨泊船の平均船長が長くなるほど底角が小さくなるといった傾向が見られる。そこで、航行船ship0の全長、ship3の全長、及びship1とship2の平均長さをそれぞれ説明変数とし、底角 α を被説明変数として重回帰分析を適用すると次式を得る。

$$\text{底角} = -0.050 \times \text{ship 0 の全長} + 0.015 \times \text{ship 3 の全長} \\ - 0.034 \times \text{ship 1 と ship 2 の平均長さ} + 78.679$$

(重相関係数: 0.950)

(4.3)

この回帰式により、任意の大きさの錨泊船の組み合わせについて、それぞれの錨地を配置する際の底角が求まることとなり、先に示した錨泊船間距離 l_{12} とともに、これらの情報を用いることにより錨地の配置形状を決定することが可能となる。

4.2.3 錨泊船間航行と困難性の試算

3隻の錨泊船の間を航行する際には、図13に示すように手前2隻の錨泊船を航過した後どこか適当な位置で次の針路に変針することが必要となる。この場合の変針点をどこに設定すべきかについては、手前2隻の錨泊船を航過した後、後方の錨泊船に対する困難性が操船者にとって許容できる範囲にある間のどこか、すなわちストレス値が500を超えない間のどこかの地点に変針点を設定することが妥当であろう。ここでは、各錨泊船を結ぶ線と直交するようにコースラインを設定した場合を考える。この時の変針点は幾何学的に見れば「外心点」ということになる。

この外心点を変針点とするようなコースライン上を航行して錨泊船間を通過する間のストレス値の変化を図14に示す。航行船をL、錨泊船をS、L、Lとした条件は操船上の困難性がさまざまな組み合わせの中でもっとも高いケースであり、航行船をS、錨泊船をS、S、Lとした条件は操船上の困難性がもっとも低いケースである。また、航行船をM、錨泊船をS、L、Mとした条件はその中間にある条件のひとつである。いずれのケースにおいても、ship1及びship2を結ぶ線に並ぶ付近でストレス値はピークとなるが、その後、後方のship3に接近するためにストレス値は再度ピークに向かうものの、その上昇途中で変針を行うこととなる。変針する手前まではship3に対する困難性が対象であったものが、変針後はship2及びship3が困難性の対象となるため、変針直後に

図11 錨泊船2隻の時の必要距離を基準とした錨泊船3隻の場合の開口の広さ

図12 錨泊船3隻の三角形の底角

図13 錨泊船3隻の中を通過する際のコースラインの設定

図14 外心点で変針した場合のストレス値の変化

ストレス値は一旦大きくなるものの、その大きさは操船者にとって許容できる500以下におさまっている。このことより、手前2隻の錨泊船を結ぶ線に直交して航行し、外心点を変針点としたコースライン上を航行する時は、これらの錨泊船間を航行する際に操船者に余分の負荷をかけないこととなり、今回提案した錨地のディメンジョンと配置に関する設計の考え方の妥当性を示すものである。

さらに、変針をせずに3隻の錨泊船間を直線的に航行する場合も考えられる。図13に示した点 a 、 b は各錨泊船を結ぶ線の2等分点であるが、この a 、 b 2点を直接結ぶ線をコースラインとした場合のストレス値の変化を図15に示す。航行船の組み合わせは、図14の計算と同様に、操船上の困難性がさまざまな組み合わせの中でもっとも高いケースともっとも低いケース、およびその中間のケースをとっている。いずれのケースにおいても、ストレス値の大きさは操船者にとって許容できる500以下におさまっている。

また、 a 、 b 点を結ぶコースラインを中心にして、 a 点を通るという条件の下で針路が左右に偏する場合のストレス値の変化も求めたところ、錨泊船の大きさのどのような組み合わせの場合もその偏りが ± 15 度程度の範囲までならストレス値は500以下におさまる。このことから、手前2隻の錨泊船ship 1とship 2の中点 a 、およびship 3とship 2の中点 b を結ぶ線をコースラインとして航行する時、今回提案した錨地設計の考え方は ± 15 度以内のコースのずれに対してまで航行時の誤差を許容できるといえる。

4.3 航行船の速力

ここまで航行船の速力はいずれの場合においても6ノットとしてきた。しかしながら、実際にはそれ以上の速力の場合も想定される。このため、速力を6、8、10ノットとして速力によるストレス値への影響について検討したところ、錨泊船が2隻の場合も、錨泊船が3隻の場合も、6ノットに比べ8、10ノットとなるほど錨泊船までの距離が遠い位置からストレス値がやや高くなるもののピークとなる付近での値にはほとんど差はないとみてよいことがわかった。

5. 錨地の配置設計の例

錨地の配置設計をする際の要素として、ここでは錨泊船間距離 l_2 と底角 α に着目し、操船困難性の面からその定量化について検討を行った。その結果、同じ大きさの錨泊船の組み合わせで航行船がLの場合には、図16に示すようにその形状は正三角形で、錨泊船が小型になると相似のまま各辺の長さが短くなる。しかしながら、航行船がLの場合でも錨泊船の大きさがそれぞれ異なる場合には、図17に示すように正三角形ではなく、(4.3)式の回帰式で与えられるような底角 α を有する2等辺三角形になる。これらの図は三角形の面積が最も大きくなる場合と最も小さくなる条件を描いたものであり、錨泊船と航行船の大きさがL (280m)、M (200m)、S (130m)のバリエーションのもとでは必要となる三角形の各辺の長さは概ね1,300~1,500mとなる。現状の港において錨地間の間隔が700~

図15 2等分点を結ぶ線上を航行する場合のストレス値の変化

図16 錨泊船の配置例(航行船をLとして、錨泊船が同じ大きさの場合)

図17 錨泊船の配置例(航行船をLとして、錨泊船が異なる大きさの場合)

1,000m程度であることと比べると、錨泊船間を航行する際に航行船の操船者に課される困難性の観点から見ると、現状の錨泊船間距離は操船者にやや大きな困難性を課すようである。

6. まとめ

錨泊船の間を縫って航行する際に操船者に与える困難性を環境ストレスモデルを適用して系統的に分析を行った。その結果以下のような知見を得た。

- (1) 2隻分の錨地の配置設計に際しては、航行船の全長及び錨泊船の平均長さによって、錨泊船間距離を求めることができる回帰式(4.1)式を得た。そして、利用時の便利さを考慮して、これをダイヤグラムの形で提供した。
- (2) 3隻分の錨地の配置設計については、錨泊船間距離は、(1)に示した2隻の錨地の場合に必要とされる距離の1.3倍となる。そして、3隻を配置する時の形状は正三角形を基本とする二等辺三角形となり、その底角は、(4.3)式の回帰式より求めることができる。
- (3) 2つの錨地の配置とそれに対する針路交角が ± 30 度の範囲であれば操船者に課す困難性の観点からは直交して航行する場合と設計上同等とみなせる。

参 考 文 献

- (1) 井上・増田・原・宮坂：操船者の危険感に基づく操船環境と交通環境の同時評価法，日本航海学会論文集，第97号，平成9年9月。
- (2) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説 改訂版，平成元年2月。
- (3) 井上・宇佐美・柴田：制約水域における航過距離と離隔距離に関する操船者意識のモデル化，日本航海学会論文集，第90号，平成6年3月。

質 疑 応 答

及川 清：本研究は錨泊船の錨位選定の問題に視点を置いたものでしょうか。それとも錨泊船間の水域航行船の安全に視点を置いたものでしょうか。その何れに視点を置いて考えたらいいのでしょうか。

臼井英夫：基本的には後者に視点を置いています。ただし本研究では、航行船が錨泊船間を航行する際の困難性を、航行船の立場から定量的に評価、検討を行い、その成果を基にして、これまで基準の定めなかった港外における指定錨地などの配置設計の考え方を策定することを目的としています。

増井 眞(日本船長協会)：本船の大きさと船間距離を取り上げているが錨泊船の船首を通過するか船尾を通過するかによって通過距離が同じでもストレス値が変わるのではないか。

臼井英夫：今回の計算では錨泊船の姿勢は考慮していません。その代わりに、航行船の操船者が侵入したくない限界距離として錨泊船の周囲に円形のバリアを設定して計算しました。

野村士平(弓削商船高等専門学校)：角度をもった時の2船間のストレス値は、単純に有効航過巾(すなわち交角を θ とした時の2船距離 $\times \sin \theta$)として幾何学的な関係から求めることは出来ないか。

臼井英夫：環境ストレスモデルにおける操船環境ストレス値は、錨泊船と航行船との距離及び航行船の速力から求められる錨泊船に衝突するまでの余裕時間により算出される危険度をあらわすSJI値を、航行船の針路に対して ± 90 度の範囲で1度毎に求め、これを積算することによって計算されます。そのため、航行船が同じ位置から錨泊船を見た場合において、針路交角 θ が変われば錨泊船までの距離が異なりますので、結果として計算されるストレス値も異なってきます。従いまして、単純に有効航過巾のみによる幾何学的な関係からは求めることはできず、航行船と錨泊船との位置関係からそれぞれ求める必要があります。