

I 衝撃，振動，動揺の評価基準に関する調査研究 「最終報告」

I-1 高速艇における乗組員の腰痛多発と対策 — 脊柱の動力的反応指数からみた検討 —

目 次

A. 目 的	1
B. 方 法	1
C. 結果と考察	2

A. 目 的

高速艇（20～30ノット）に初めて転船してくる乗組員に腰痛が多発し、対象となった高速艇乗組員の乗船期間は3年以下に制限、また椅子に防振装置をつけるなどの対策がとられてきたが、今もなお愁訴率43%で乗組員から苦情が多い。これは艇が波浪に向って航走するとき、船体が波頂で跳躍して着水するとき生ずる繰返し衝撃、振動がその主要因とみられてきた。本研究はこれらの乗組員を対象として、高速艇における腰痛多発のメカニズムを解明し、適切な対策を考察することを目的とする。そこで第一報は、繰返し衝撃、振動による背柱の損傷にかかわる動力的反応指数（Dynamic Response Index：DRI）を、船速、対船波向、海上の波高の種々の条件で測定し、そのきびしい航海状況と腰痛多発との関係を究明しようとするものである。

B. 方 法

1. 対象：船長の21m型（24ノット）、船長30m型（30ノット）、船長35m型（24ノット）の3隻。乗組定員10名。

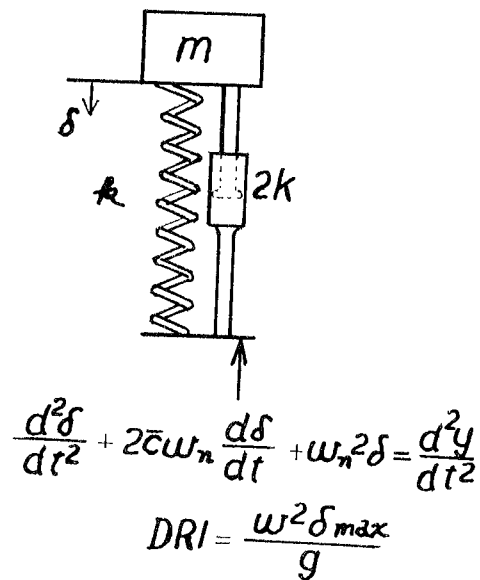


図1 DRIの脊柱モデル

2. DRIの説明：脊柱モデル（図1）において、 $DRI = \omega_n^2 \delta_{max} / g$ で求める。ただし、 ω_n は人体脊柱系の固有振動数（5.29 rad/sec）、 δ_{max} は質点の最大相対変位、 g は重力の加速度。

DRIは航空機から脱出するための射出座席の開発実験で得られた。アメリカ空軍のMIL規格となっている。またAllenは繰返し衝撃によって脊柱が損傷されるとし、DRIによる乗

物の繰返し衝撃の評価法を I S O に提案している。しかしまだ I S O の基準化までに至っていない。座位において臀部に直接加わる繰返し衝撃、振動による D R I は、脊椎にかかる繰返し荷重の大きさを表わす指数である。

3. D R I の求め方：データ・レコーダに収録された上下方向の加速度から、D R I を簡単に求める方法を考えた。そこで D R I に対応する図 2 のウエイテイング、ネットワークを使用した。

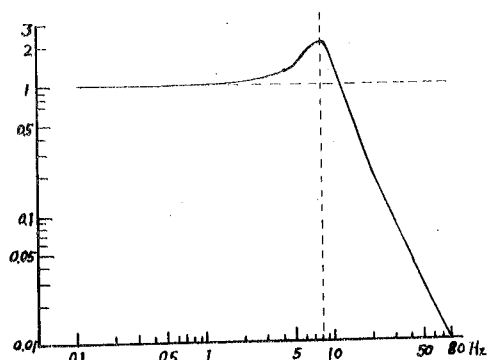


図 2. ウエイテイング、ネットワーク
(D R I 用)

D R I はこの加速度をこのネットワークをとおして電磁オシロ・グラフで記録すると、その波の高さがこれに相当する。

4. D R I の測定所：D R I は座位において臀部に直接加わる上下方向の加速度を入力として求められる。立位における D R I による評価は、下肢による吸振が介在するので複雑となりむづかしい。しかしながら、測定ケ所は、防振椅子の効果の検討その他を考慮して、操舵室の当直員用の防振椅子とその直下の床上とする。シー

ト・クッション上の加速度測定は、三輪らの提案によるアルミニウム製の箱にピックアップを取りつけて行なう。

C. 結果と考察

1. 1 0 0 秒間における D R I の大きさ別発生回数：船長 3 0 m 型 (3 0 ノット) の最も過酷な試験条件で得られた測定例を図 3 に示す。全速、波高 2.5 m、向波の成績であり、最大の D R I は 4 をこえる。床上に比べて椅子上の D R I の値はかなり大きいことが注目される。測定時間 1 0 0 秒で得られた D R I の段階値別発生

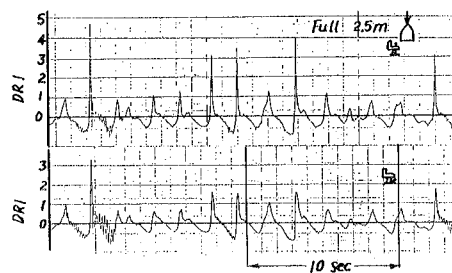


図 3. D R I の時間的変動の例 (3 0 m 型)

回数は、3 0 m 型高速艇の例で示すと表 1 のとおり。本艇の場合、4 ~ 4.9 の段階の大きさとなる D R I の発生回数は椅子上で 3 回。また航行条件によって大きな D R I の発生回数が増加していく状態を示している。

うえの成績は船長 2 1 m 型、船長 3 5 m 型高速艇においても種々の航海条件で得られ、人間

表1. DRIの大きさ別発生回数と許容ばく露時間(30m型艇)

条件	DRI					許容ばく露 時一分
	0.5~	1~	2~	3~	4~4.9	
全速 2.5m	17 20	15 17	5 1	5 1	3	0-1.2 0-3.5
全速 2.5m	30 34	9 8	3			0-3.5 1-5
全速 2.5m	10 1	1				5-2
全速 1.5m	26 23	10 4	1			0-5.5 1-4.9
全速 1.5m	29 10	5				1-2.7 7-7
全速 1m	24 12	2				2-1.3 4-2.7
全速 1m	13 5	1 1				4-9 7-4.7
半速 1m	20 7	2				2-3.2 10-1.0

耐性からみたそれぞれの艇の特徴がみられた。

2. 防振椅子の効果 : DRIが1以上のとき、立位においては、乗組員は身体的不安定を防ぐため物につかまり、艇の落下時にはひざを曲げ、または類似した対応策によって、姿勢保持に真剣にならざるを得ないような危険な状態であった。一方、座位においては、この防振椅子が姿勢の安定に役立ち、乗組員からは非常に好評であった。

反対に悪い効果として、DRIが床上より防振椅子上でより増幅される事実がある。これは、高速艇における振動のピーク値が0.4~3Hzを中心とした動揺も含んだ低振動数域にあるため、防振効果が望めないことがわかった。第2報で報告されるように、乗組員の脊椎変形、なかでも楔状椎がきわめて多くみられることを考えると、椅子の油圧またはスプリングによる吸

振装置は悪い結果をもたらしていることがわかった。
3. ばく露時間の規制 : DRIの大きさ別の発生回数から、1日の許容ばく露時間を求めることは対策上必要である。そこで、DRIによる高度の脊椎変形発生を許容限界とした暫定的許容基準を提案する。(図4)
この基準は金属の疲労破壊の現象か

らヒントを得てつくられたが、現段階では1つの考え方を示唆したに過ぎない。高度の脊椎変形とは、2報で述べる高速艇乗組員のX線撮影の結果にみられる状態とした。また高度の脊椎変形発生曲線Dは、毎日脊椎に繰返し荷重を受

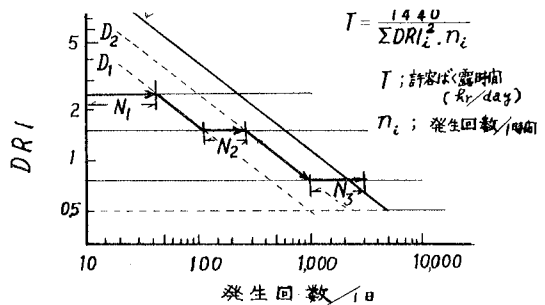


図4. DRIによる暫定的許容基準

けて3年以内の短期間に生ずる被害曲線として
いる。横軸は0.5の値をこえるDR Iの発生回
数、縦軸はDR Iの値である。そして、図のD₁
D₂は等被害曲線であり、両対数目盛軸におけ
るD曲線の傾斜と等しいと仮定した。また過度
的な動的変化をもたらすDR Iの値は、図1の
DR Iの変動曲線からみられるように0.5であ
り、0.5以下のDR Iの値は脊椎変形に関与し
ないと仮定した。

図において、始めは δ_1 なるDR Iで表わさ
れる荷重を N_1 回繰返し加えたときの被害がD₁
であるとすれば、その後につづいて δ_2 の荷重
を N_2 回、さらに矢印にしたがって δ_3 の荷重
を N_3 回加えた最後の位置が、この限界曲線D
をこえるかどうかによって判断することができ
るとした。この考え方からこの暫定基準による
1日の許容ばく露時間は図中の式によって求めら
れる。

表1の右欄には、0.5の値をこえるDR Iの
発生回数から、それぞれの航海条件における1
日の許容ばく露時間を求めた。なお、DR Iの
段階0.5~0.9、1~1.9、2~2.9、……
は0.75、1.5、2.5、……として計算した。
防振装置をつけない椅子上のDR Iは、操舵室
床上の値とほぼ等しいと推察され、防振椅子の
改善が必要であることがよくわかる。また、表
1に示すような暫定的許容ばく露時間は、操船者
者にとって貴重な参考資料となるであろう。

(担当 神田寛、村山義夫、昭和56年度衝
撃、振動、動揺の評価基準に関する研究より一
部要約)