

社団法人
日本造船研究協会報告
第75号

昭和49年8月

船体振動と振動感覚に関する実船調査

.....第112研究部会第4小委員会

Report No. 75

The Shipbuilding Research Association of Japan
Tokyo, Japan
August 1974

第112研究部会第4小委員会

委員名簿 (敬称略、五十音順)

主査 金沢 武 (東京大学)	
委員 新井 淳一 (日本海事協会)	植田 靖夫 (船舶技術研究所)
大浦 啓義 (佐世保重工業)	大高 勝夫 (三菱重工業)
尾川 審之 (日本鋼管)	神田 寛 (海上労働科学研究所)
後藤 大三 (石川島播磨重工業)	白木 万博 (三菱重工業)
島田 武夫 (日本郵船)	高橋 純一 (住友重機械工業)
玉木 一三 (三井造船)	中野 有朋 (石川島播磨重工業)
難波 精一郎 (大阪大学)	日高 正孝 (日本海事協会)
広渡 智雪 (日立造船)	三輪 俊輔 (労働衛生研究所)
安江 義忠 (川崎重工業)	

船体振動と振動感覚に関する実船調査

目 次

1 まえがき	1
2 調査方法	2
2.1 調査対象船	2
2.2 振動感覚測定法	2
2.2.1 Semantic Differential (S.D.法)による振動感覚評定	2
2.2.2 騒音、振動に関する意見調査	2
2.3 振動の物理量測定法	2
2.3.1 S.D. 法による感覚評定に対応する個所の測定	2
2.3.2 騒音、振動に関する意見調査に対応する個所の測定	4
2.3.3 使用計器	4
2.3.4 振動物理量の説明	5
3 測定結果と考察	8
3.1 S.D. 法による振動感覚評定	8
3.1.1 対象船の船体振動の実態	8
3.1.2 S.D. 法における測定箇所と測定値	8
3.1.3 振動Semantic Differential の因子分析の結果	8
3.1.4 強さの因子尺度と振動物理量の関係	14
3.1.5 S.D. 法による振動感覚の評定尺度	14
3.1.6 S.D. 法による評定尺度とISOの振動暴露基準	16
3.2 騒音、振動に関する意見調査結果	16
3.2.1 経緯	16
3.2.2 結果	16
3.2.3 考察	16
4 結論	21
追記 3次元振動に対する感覚評価の一試案	22

1. ま　え　が　き

船体振動の許容限は、主として人間の乗心地の面から判定されるのが普通であり、その許容値の大きさについては、これまでにも種々の研究成果が発表されている。しかし定量的には、は握し難い人間の振動感覚と振動物理量との関連づけにおいて不備な点が多く、心理学的手法の導入による解明がさらに残されていると考えられる。

ISO/TC 108 では、交通車両、航空機、船舶あるいは農耕用車両等を含めた振動許容基準を国際的に統一して決めることになり、1966年にISO/TC108/WG7, N36として提案され、1970年小修正の後にISO/DIS - 2631として“Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration”が定められた。

この国際標準は、第一にこの分野で継続的に行われている研究から得られるデータの評価と比較を容易にすることを目的とし、第二に振動の許容限界に関する暫定的な指針を与えることを目的としている。したがってこの標準は決定的なものではなく、今後の研究によって改善または乗物別に詳細に補足されるべきものと考えられる。

以上のような現状に対して、あらためて船体振動と振動感覚に関する研究の必要性が痛感されるわけであるが、幸にも日本造船研究協会では、1969年から1973年にわたって、実船においてISOで提案された測定法にできるだけしたがって人間の感覚と振動物理量の関係を明らかにするため実験を実施してきた。これらの研究結果をとりまとめて最終報告とする。

2. 調査方法

2.1 調査対象船

Table 2.1 調査対象船

船名	船種	G.T	D.W.T	船速(kn)	主機	L × B × D × d (m)	居住区
J A 号	コンテナ船	33,287	22,499	25.1	タービン 50,000×130	215.00×32.20×19.00×9.80	セミアフトブリッジ
S A 号	コンテナ船	30,000	29,800	22.8	SULZER 36,000×110	211.00×30.60×18.90×11.50	"
SW丸	鉱石運搬船	35,633	56,684	14.8	SULZER 15,000×125	223.90×32.80×17.90×11.58	アフトブリッジ
ST丸	練習船	3,462	-	13.0	UET 2,300×214	100.80×14.50×7.00	ミドシップブリッジ
KM丸	撒穀貨物船	37,180	62,325	15.5	SULZER 18,400×122	225.00×32.20×18.20×12.20	アフトブリッジ
HT丸	コンテナ船	21,057	20,400	22.4	SULZER 30,000×108	183.00×27.60×16.60×9.50	セミアフトブリッジ

2.2 振動感覚測定法

2.2.1 Semantic Differential (S.D.法)による振動感覚評定

- (1) 複数の評定者によって船内各個所をS.D.法を用いて主観的に評定し、物理的測定の結果と対応づけることを目的とする。
- (2) 評定用紙はTable 2.2(a)のように当初は15項目にわたる振動感覚の表現語を選んだが、昭和45年度の実船計測の結果から、評定尺度としてはTable 2.2(b)のように7項目で代表しうることがわかったので47年度以降の実船計測ではTable 2.2(b)により評定を行なった。
- (3) 評定者(パネル)はなるべく全乗組員を代表しうるように各層より選択し、パネルはA班(5~6名)、B班(5~6名)の2班に別ける。
- (4) 評定場所は予備調査により、職場居住区の船内を代表する14ヶ所を、振動加速度レベル(VAL)または振動感覚レベル(VSL)の低いところから極めて高い場所まで含めて選び、順路をきめる。
- (5) 要領

往航または往復航路各1回実施し、静かな海上を選び、常用のRPMで実施する。A班は評定場所1→14、B班は評定場所14→1の順路にしたがう。

評定時間は、一評定場所で2~3分以内とし、尺度の各項目を直感的に評定させるようにする。評定者は革靴をはき、室中央で立位の状態で振動を評定する。

2.2.2 騒音・振動に関する意見調査

- (1) 騒音ならびに振動の船内生活におよぼす影響を知ることを目的とし、物理的測定の結果と対応づけて考察することを目的とする。
- (2) 対象は全乗組員とし、意見調査用紙を各人に配布し、留置式で記入させる。

2.3 振動の物理量測定法

2.3.1 S.D.法による感覚評定に対応する個所の測定

- (1) 各室中央床上にピックアップを直接設置し、振動感覚評定時に平行して実施する。
- (2) 測定項目をつきのとおりとする。
 - (イ) VSL(振動感覚レベル)上下、前後、左右

(口) VAL (振動加速度レベル) 上下, 前後, 左右

(ハ) VAL の周波数分析によるVAL (OB), VSL (OB) max, VGL 上下, 前後, 左右

(二) SL (騒音レベル; ホン(A))

(3) 測定方法

Fig. 2.1 に示す測定系のオクターブ・バンド・フィルタのメータのRMS 指示値(中央値)を読みとった。フィルタの動特性はM(時定数1.0秒)とし, VAL のオーバーオールレベルと周波数分析, VSL のオーバーオールレベルを測定した。

注) ISO 提案では時定数0.8~2秒

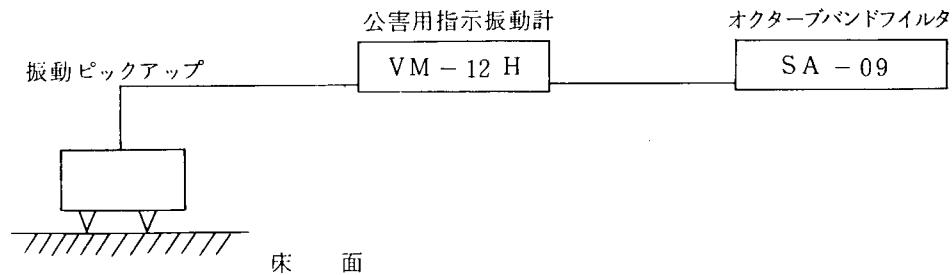


Fig. 2.1 振動測定系

Table 2.2(a) 振動評定用紙

	非 常 に	か な り	や や もい	ど ち う ら な と もい	や や や	か な り	非 常 に	評 で き な 定 い	
鋭 い	1	2	3	4	5	6	7	に ぶ い	○
お そ い	1	2	3	4	5	6	7	は や い	○
か た い	1	2	3	4	5	6	7	柔 か い	○
大 き い	1	2	3	4	5	6	7	小 さ い	○
細 か い	1	2	3	4	5	6	7	あ ら い	○
規 則 的	1	2	3	4	5	6	7	不規則的	○
忙 し い	1	2	3	4	5	6	7	のんびりした	○
き つ い	1	2	3	4	5	6	7	おだやかな	○
重 い	1	2	3	4	5	6	7	軽 い	○
心地 よ い	1	2	3	4	5	6	7	不快な	○
不 安 な	1	2	3	4	5	6	7	安定感のある	○
強 い	1	2	3	4	5	6	7	弱 い	○
激 し い	1	2	3	4	5	6	7	かすかな	○
單 調 な	1	2	3	4	5	6	7	変化の激しい	○
重々 し い	1	2	3	4	5	6	7	軽快な	○

Table 2.2(b) 振動評定用紙

	非 常 に	か な り	や や り	ど い ち え ら と も い	や や り	か な り	非 常 に	
やわらかい	1	2	3	4	5	6	7	かたい
規則的	1	2	3	4	5	6	7	不規則的
おだやかな	1	2	3	4	5	6	7	きつい
心地よい	1	2	3	4	5	6	7	不快な
弱い	1	2	3	4	5	6	7	強い
軽快な	1	2	3	4	5	6	7	重々しい
かすかな	1	2	3	4	5	6	7	激しい

註 Table 2.2(a) に比較して Table 2.2(b) は No. が逆になっていることに注意。

2.3.2 騒音・振動に関する意見調査に対応する個所の測定

- (1) 各室中央床上に振動用ピックアップを直接設置し、意見調査日に測定する。
- (2) 測定項目はつきのとおりとする。
 - (イ) VSL (振動感覚レベル)，上下
 - (ロ) VAL (振動加速度レベル)，上下
 - (ハ) SL (騒音レベル；ホン(A))
- (3) 測定方法

上下方向のみにつき、VSL, VAL のオーバーオールレベルを測定する。

2.3.3 使用計器

- (1) 指示振動計 (リオン VM-12H型)

ISO の提案にそった計器として Fig. 2.2 の振動レベル計を使用した。ピックアップには Z (上下), Y (左右) X (前後) の三方向が内蔵され、指示器のピックアップ切換器により 3 方向の振動がそのまま測定される。また

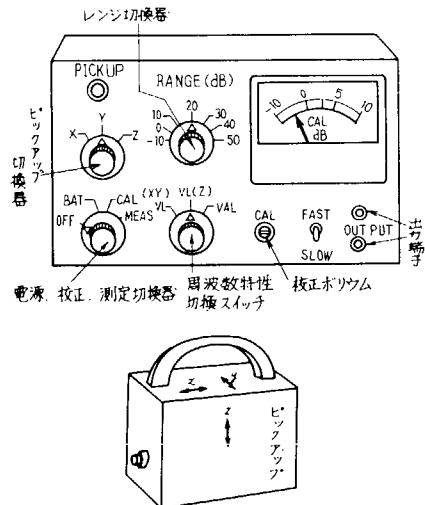


Fig. 2.2 振動レベル計

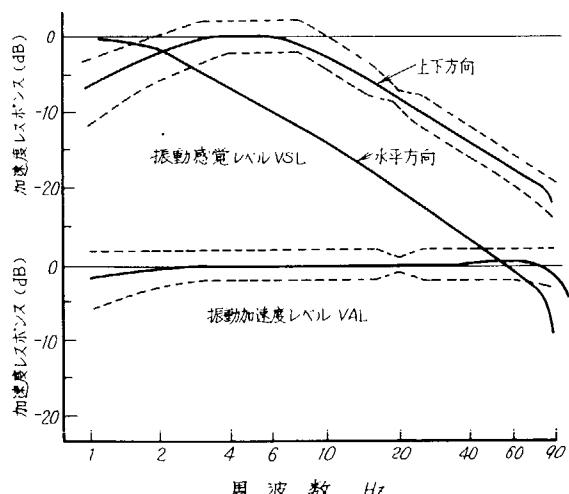


Fig. 2.3 振動計の周波数補正回路

周波数特性切換スイッチによりVALならびに上下方向のVSL(Z)と水平方向のVSL(X, Y)が測定できる。Fig. 2.3はVALとVSLの上下方向、水平方向の周波数補正回路の特性を示す。振動加速度レベルVALは、音でいうホン(C)またはdB Cと同じように平坦な特性、振動レベルVSLは、騒音レベル、ホン(A)またはdB Aに相当するような感覚補正が加えられている。この振動レベルの感覚補正回路は、ISOの等感度曲線の特性がとり入れられている。振動レベル計の主な仕様をTable 2.3に示した。

Table 2.3

項目	内容
測定機能	振動感覚レベル(VSL) 振動加速度レベル(VAL)
振動測定方向	上下、水平(左右、前後)
周波数範囲	1~90 Hz (%)
測定範囲	-5~50 dB ($0\text{dB} = 1\text{cm/sec}^2$)
指示計	検波方式 実効値(RMS) 時定数 FAST 0.2 sec SLOW 1 sec

指示計の時定数はSLOWの1 secを使用する。(ISOでは0.8~2 sec)

(2) オクターブバンドフィルタ(リオンSA-09型)

註 ISO提案では1/3オクターブバンドまたはこれ以上の狭帯域バンド

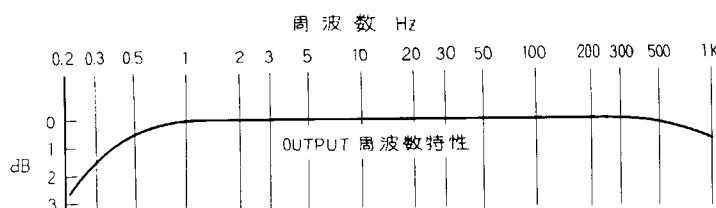


Fig. 2.4 オクターブバンドフィルタの周波数特性

2.3.4 振動物理量の説明

(1) VAL: 振動加速度レベル

VALは音でいう騒音レベル、ホン(C)またはdB Cに相当する振動物理量である。すなわちFig. 2.3に示されたような平坦な周波数特性をもった補正回路をとおしたオーバオールのdB値である。

註 dB表示については

$$20 \log_{10} \frac{a}{a_{ref}} ; a_{ref} = 1 \text{cm/sec}^2$$

a = 測定された加速度, (cm/sec^2)

(2) VAL (OB): オクターブバンド振動加速度レベルVAL (OB)は音でいうオクターブバンド音圧レベルに相当するものであり、VALを周波数分析して求める。VAL (OB)を求ることにより、VALの周波数スペクトラムが得られ、ISOではこれによって評価することになっている。

(3) VSL: 振動感覚レベル

VSLは音でいう騒音レベルのホン(A)またはdB Aに相当するものであり、振動の感覚的な大きさをあらわす

レベルといわれている。すなわちFig. 2.3に示されたような、振動レベル計に内蔵された振動感覚補正回路をとおして指示されるdB値である。

(4) VSL (OB) max : 最大オクターブバンド振動加速度レベル

VSL (OB) はVSLをオクターブバンドフィルタで分析して求め、その最大のものをVSL (OB) max とする。感覚に最も影響しているところの振動の主成分である周波数域を知ることができる。VSL (OB) は近似的にはVAL (OB) がわかっている場合には各バンドのVAL (OB) とVSL (OB) の周波数レスポンスの差より計算することができる。

ISOではVALのスペクトラムにより評価することになっているが、VSL (OB) max はISOの評価法の対象となる物理量を示している。

すなわち、例えば上下方向の振動においてISOの8時間暴露「快感減退境界線」は4～8Hzの平坦部で20dBを示す等感度線であり、「疲労作業能力減退線」は30dBの等感度線である。測定されたVAL (OB) の評価をするとき、どのVAL (OB) が最大の等感度線に位置するかを知ることによって判断されるが、この等感度線を4～8Hzの平坦部で示すdB値によって表わして比較すると便利である。このdB値がVSL (OB) max に相当する。

(5) VGL : 振動の大きさレベル

三輪氏の提案による振動の大きさ（感覚的）をあらわす物理量である。音の分野で音の大きさのレベルLoudness Levelに相当する振動の大きさのレベルをVGLとした。すなわち20Hzを基準振動周波数として、他の周波数の振動をこれに感覚的に等価した場合、20Hzの振動のVAL値である。

実験結果から、オクターブバンドランダム振動の等感度曲線がFig. 2.5のとおり求められている。

さらに、三輪氏は和の法則の成立する尺度に振動の大きさVGを用いた。音の場合の音の大きさSoneに相当する。

VGL値とVG値の相互の関係は、

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ VG 以上の値では } 10g \text{ VG} = 0.030 \text{ VGL} - 1.20 \\ 1 \text{ VG 以下の値では } 10g \text{ VG} = 0.023 \text{ VGL} - 0.92 \end{array} \right\} \quad [1]$$

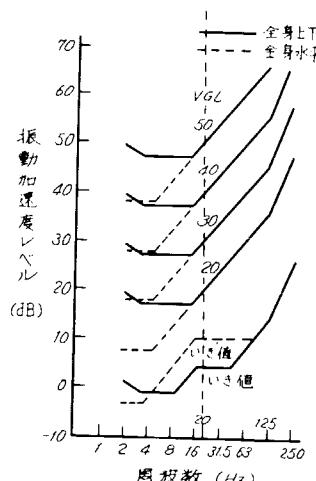


Fig. 2.5 オクターブバンドランダム振動の等感度曲線

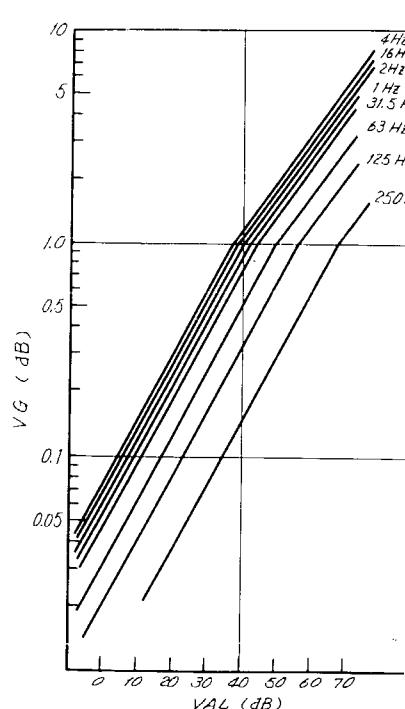


Fig. 2.6 ランダム振動のVALとVGの関係
(上下方向)

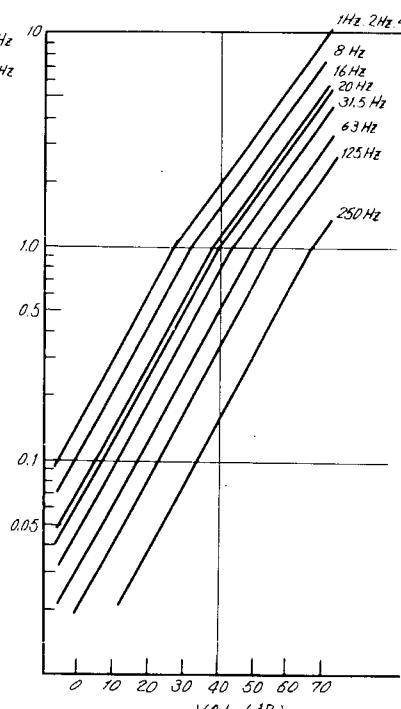


Fig. 2.7 ランダム振動のVALとVGの関係
(水平方向)

そこで、周波数成分が2ヶ以上のときは、実験の結果つきの関係式で評価できる。

$$VG_{Total} = VG_{max} + 0.3 (\Sigma VG_i - VG_{max}) \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

VG_{Total} は求めようとする全VG値、 VG_{max} は求めたスペクトル中で最大のVG値、 VG_i は各バンドのVG値である。この式で VG_{Total} を求め得たならば、再び〔1〕式でVGLに変換すれば、求める全VGL値が定まる。

VGLを求める手順を具体的に述べると、

- ① オクターブバンドスペクトラムを求める。
- ② Fig. 2.5 と〔1〕式の関係からVAL とVG の関係はFig. 2.6, Fig. 2.7 となる。いま、測定したスペクトラムにおいて、中心周波数 f_i (Hz) のバンドのレベルが 40 dB とすると、横軸上の 40 dB の位置より垂直に直線を引き、 f_i (Hz) の曲線との交点を求め、この交点の縦座標を読むと、 f_i (Hz) に対応するバンドの VG_i が求まる。
これを各バンドについておこない、各バンドの VG_i を求める。
- ③ 〔2〕式より VG_{Total} を求める。
- ④ 求めた VG_{Total} の値を、Fig. 2.6, Fig. 2.7 の縦軸上にとり、これより水平線を引き、図中の 20 Hz の曲線との交点を求め、この交点の横座標の値を読む。これがこの振動に対応する VGL である。

3. 測定結果と考察

3.1 S.D. 法による振動感覚評定

3.1.1 対象船の船体振動の実態

実験の対象となった船の船体振動の実態をFig. 3.1に示す。平均値、標準偏差値、最大値、最低値で船別に示されている。8 Hz 以上の周波数域に主勢力のある振動である。またこのことはVALとVSL値の差の大きさでも示されている。また、上下方向の振動に比べて水平方向のVAL(OB)が低く、ISOの許容限界の疲労作業能力減退の8時間暴露ISO 8H(2)、快感減退境界の8時間暴露ISO 8H(1)からみても、上下方向の振動が振動感覚に反応している場合が多いことがわかる。このことは船体振動の一般的な傾向とみられる。なお、選ばれた振動測定ヶ所は、S.D. 法による船体振動評価法の研究のため選ばれた場所であり、船員居住区に限らず選ばれている。(計測場所の詳細は昭和48年度報告 研究資料No167-2参照) 実際には船員居住区は振動レベルが低く、Fig. 3.2 にその船員寝室の振動レベルを示した。上下と水平の振動方向の大きい方の値で示されているが、H.T. 丸の2点を除いて上下方向の振動であった。

3.1.2 S.D. 法における測定ヶ所と測定値

それぞれの船の評定場所における振動物理量VAL, VSL, VSL(OB)max, VGLと形容詞尺度から得られた心理量(ここでは簡略して心理量といっている)をTable 3.1に示す。

この心理量は形容詞尺度についてのカテゴリの評点(1, 2, ..., 4)を合計し、人数で除して平均値を求め数量化したものである。

第一の手続きとしては、振動物理量と心理量の相関関係を求めることがある。

ISOでは「同時に2方向以上の振動があるときは、各成分について別々に対応する許容限界を適用すればよい」とされている。したがって上下と水平振動方向のうち最大の方向の振動を形容詞尺度による評価の対象とした。ただしVGLにおいてはTable 3.1の注*1)示すようにVGL_vと(VGL_h - 10 dB)で比較した。また心理量は15の形容詞尺度によるS.D. 法の因子分析の結果、強さの因子負荷量の大きいとされる“かたい—柔かい”，“きつい—おだやかな”，“強い—弱い”，“激しい—かすかな”的評定値の平均とした。

3.1.3 振動Semantic Differential の因子分析の結果

Table 3.2にその因子分析の結果を示す。因子分析は形容詞尺度間の相関係数を求め、その相関係数を用いて個々のこの尺度の背後に存在する共通の因子を因子分析(主因子法)によって求め、バリマックス回転を行なったものである。

対象船S.W.丸においては、第Ⅰ因子は“大きい—小さい”，“きつい—おだやかな”，“強い—弱い”，“激しい—かすかな”に因子負荷量が大きく「強さの因子」、第Ⅱ因子は“規則的な—不規則な”，“単調な—変化の激しい”に因子負荷量が大きく「時間的変動の因子」、第Ⅲ因子は“心地よい—不快な”にその負荷量が大きく「快さの因子」と解釈できる。他船についても同様に各因子ごとにその負荷量の大きい尺度をみると因子の解釈を行なうことができる。対象船S.T.丸では「重さ」の第Ⅳ因子が抽出された。そこで形容詞尺度と振動物理量の相関関係のよさを求めてみると、VSLを振動物理量とした場合Table 3.3のようになった。すなわち強さの因子負荷量の大きい形容詞尺度とVSLの相関が高いことが明らかである。VSLは振動の感覚的強さをあらわす振動物理量であることがわかる。このことは他のVAL, VSL(OB)max, VGLにおいても同じ傾向が示された。これらの事実から強さの因子負荷量の大きい形容詞尺度を選んで、その尺度の平均値をTable 3.1の心理量としたわけである。

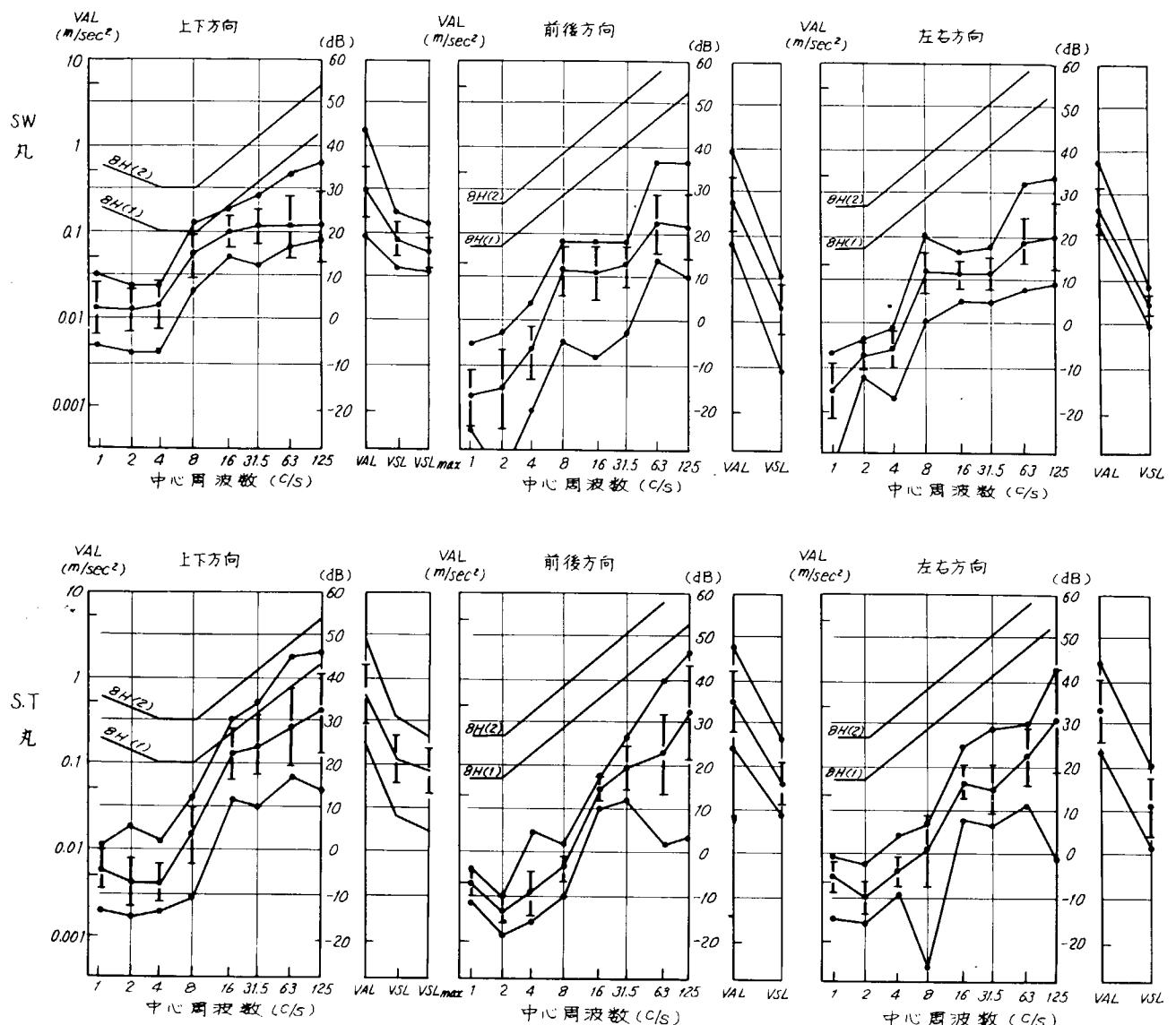


Fig. 3.1 対象船の船体振動

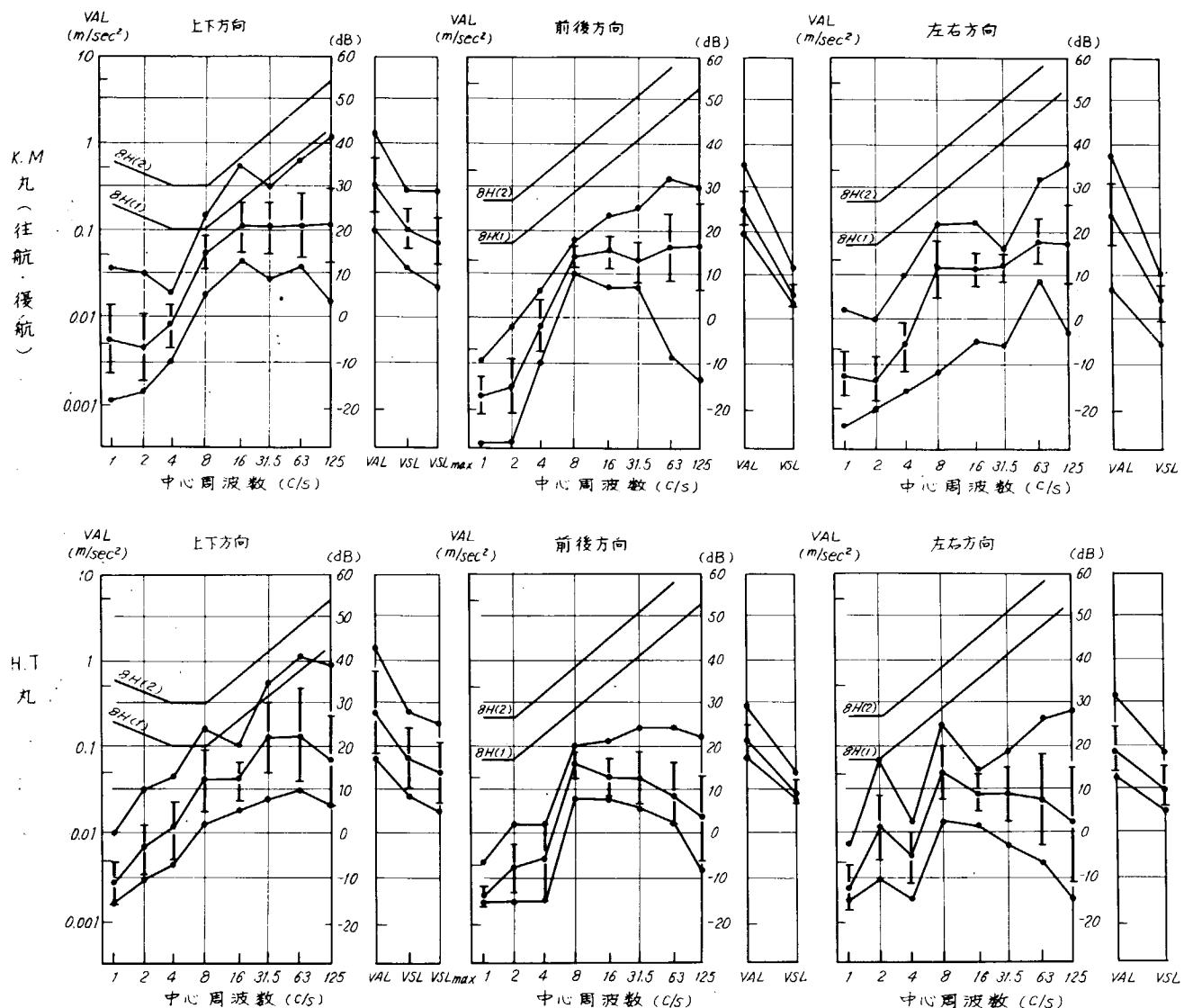


Fig. 3.1 対象船の船体振動（つづき）

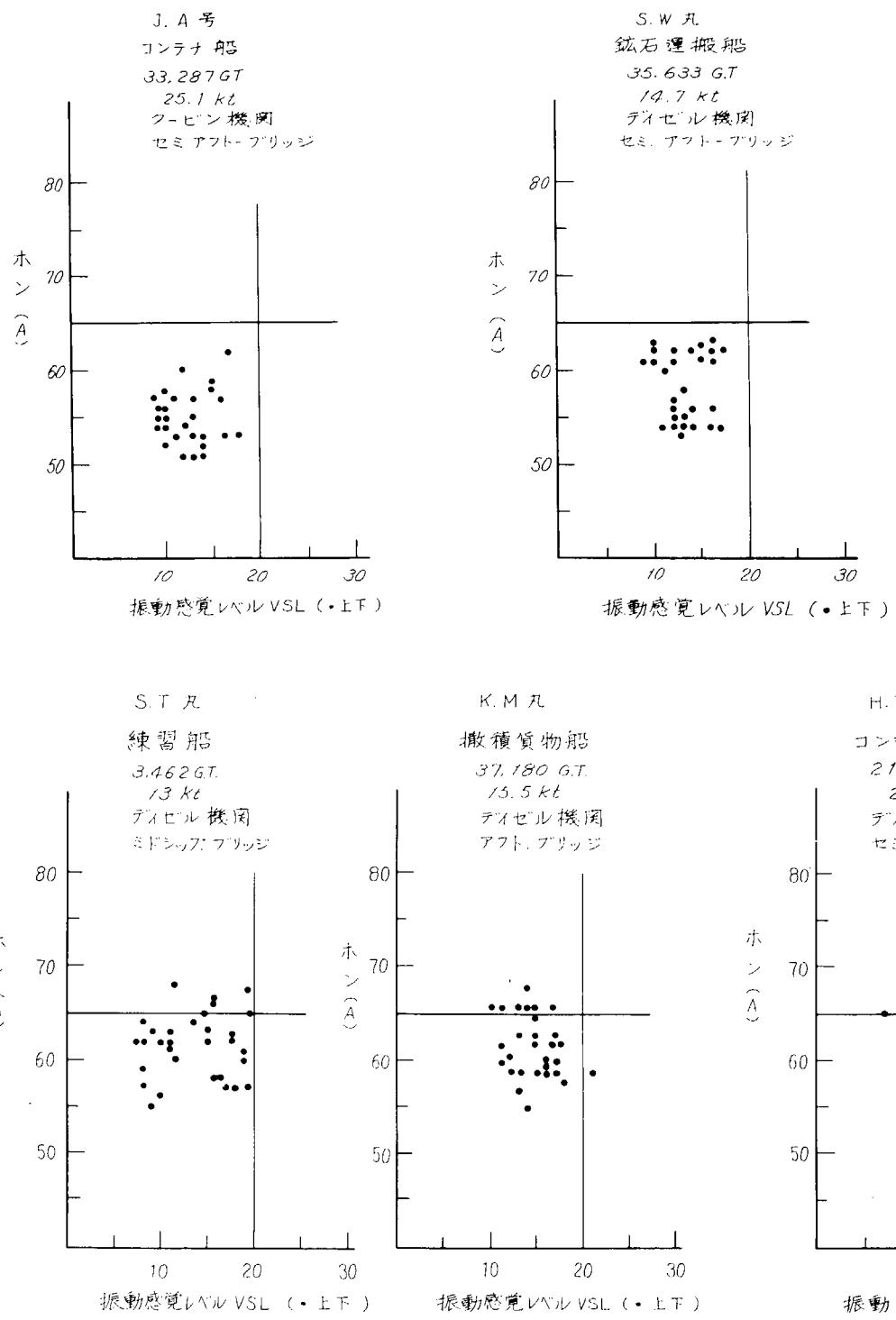


Fig. 3.2 船員寝室の騒音・振動

Table 3.1 S.D. 法における測定個所と測定値

対象船名		姿勢		測定期間		船内測定走ヶ所											
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	
J.A号(往)	立	VAL	(28)*1)	3.0	(25)	2.3	2.3	2.1	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	
		VSL	1.8	2.1	1.7	1.7	1.7	1.4	1.3	1.5	1.6	1.8	1.8	1.8	1.8	2.5	
J.A号(復)	立	VAL	(27)	3.0	(26)	1.7	1.7	2.4	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.3	
		VSL	2.0	2.2	1.9	1.7	1.1	2.0	1.5	1.6	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.3	
S.A号(往)	立	VAL	(28)	3.4	(26)	4.2	4.0	5.0	5.0	4.7	5.3	4.7	4.6	3.6	5.1	4.5	
		VSL	3.8	4.2	4.3	4.6	4.7	3.7	4.7	3.0	3.6	4.2	3.5	3.0	3.0	1.4	
S.A号(復)	立	VAL	(28)	2.4	(27)	2.4	(27)	2.5	(28)	3.6	2.7	3.4	2.9	(29)	3.9	4.4	
		VSL	1.5	1.6	1.2	(24)	(24)	(24)	(24)	1.7	2.4	1.5	1.6	1.9	2.5	2.9	
S.W丸	立	VAL	(28)	4.6	3.9	4.3	4.5	3.3	4.0	2.8	3.9	3.9	3.1	2.0	2.6	1.7	
		VSL	1.2	1.3	1.4	1.9	1.8	1.7	1.8	2.4	1.5	2.1	1.9	1.9	2.5	2.5	
S.T丸	立	VAL	(28)	1.1	1.2	1.6	1.5	1.2	1.5	1.9	1.1	1.8	1.4	1.4	2.2	1.6	
		VSL	2.7	2.4	2.5	3.0	3.0	2.9	3.0	3.6	3.4	3.1	3.6	3.1	3.5	3.2	
K.M丸(往)	立	VAL	(28)	3.3	2.9	3.3	3.5	4.3	(27)	4.7	(28)	4.7	(28)	4.7	3.1	-	
		VSL	2.0	2.1	1.9	1.5	2.4	2.6	2.2	2.8	2.3	3.1	3.4	3.4	3.5	3.9	
K.M丸(復)	立	VAL	(28)	1.8	1.6	1.3	2.9	1.7	1.7	2.4	2.1	2.6	2.0	2.0	2.0	2.1	
		VSL	4.0	3.1	3.2	3.2	3.6	3.9	3.3	3.4	4.0	3.4	4.3	3.3	3.7	-	
H.T丸	立	VAL	(28)	2.7	2.9	2.6	3.8	2.7	2.5	2.9	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	1.5	
		VSL	2.9	1.9	2.2	1.9	2.8	2.0	2.1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.2	
立	心理量	VAL	(28)	1.9	1.1	1.5	1.6	1.6	1.6	1.9	1.0	1.5	1.3	1.3	1.3	1.5	
		VSL	(28)	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.7	1.5	1.9	2.1	2.5	2.5	2.5	1.5	
立	心理量	VAL	(28)	3.2	3.0	3.4	3.0	4.0	2.9	2.9	3.0	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0	
		VSL	(28)	2.3	2.3	3.9	3.3	3.9	2.4	3.2	3.8	5.2	3.2	3.8	5.0	2.7	
立	心理量	VAL	(28)	3.1	1.9	(28)	1.9	2.3	3.1	3.8	9.3	4.2	-	-	-	-	
		VSL	(28)	1.8	1.1	1.5	1.0	1.9	1.6	2.1	2.6	2.8	2.6	-	-	-	
立	心理量	VAL	(28)	1.5	1.5	1.4	1.4	7	5	1.3	1.9	2.1	2.5	2.4	-	-	
		VSL	(28)	2.3	2.2	2.8	2.5	2.1	2.4	3.1	2.9	2.3	3.7	3.9	-	-	
立	心理量	VAL	(28)	3.4	5.1	3.9	4.9	5.7	3.8	3.2	3.8	2.4	1.8	2.2	-	-	
		VSL	(28)	1.0	1.2	1.3	1.1	0.9	0.9	0.8	1.0	0.8	0.7	-	-	-	
臥		心理量	VAL	2.7	2.4	3.9	2.6	3.8	4.8	2.9	2.4	1.4	1.2	1.5	-	-	
立		心理量	VAL	*3)	1.3	1.0	1.2	1.3	1.1	0.9	0.9	0.8	1.0	0.8	0.7	-	-
立		立	VAL	立位と臥位の心理量の差													

Table 3.2 振動 S.D. 法の因子分析結果

	S. W. 丸			S. T. 丸				K. M. 丸			
	I	II	III	I	II	III	IV	往 航		復 航	
								I	II	III	I
○	鋭い — にぶい	.747	.206	.223	.696	.011	.027	-.051	.800	.103	.060
○	おそい — はやい	-.650	.004	.010	-.476	0.043	.103	.022	-.640	-.121	-.046
○	かたい — 柔かい	.831	.102	.140	.815	-.096	-.060	-.016	.760	.220	.053
○	大きい — 小さい	.902	-.007	.091	.620	-.112	-.012	.128	.769	-.083	.334
○	細かい — あらい	-.558	.466	.426	.014	.261	.198	-.155	-.221	.536	-.676
○	規則的 — 不規則的	-.325	.649	.532	.011	.976	-.031	.011	-.264	.826	.051
○	忙しい — のんびりした	.776	.220	.237	.733	-.029	-.143	-.091	.825	.288	-.012
○	きつい — おだやかな	.922	.010	.067	.908	-.044	-.072	-.062	.902	.076	.066
○	重い — 軽い	.798	-.078	-.062	.692	-.015	-.128	.389	.806	-.002	.171
○	心地よい — 不快な	-.718	-.532	.559	-.538	.270	.798	-.012	-.731	.130	.438
○	不安な — 安定感のある	.803	.040	.034	.532	-.324	-.314	.067	.631	-.206	-.559
○	強い — 弱い	.920	.073	.078	.943	-.076	-.055	.015	.894	.046	.079
○	激しい — かすかな	.908	.057	.064	.928	-.063	-.062	.048	.868	.080	.067
○	単調な — 変化の激しい	-.413	.851	-.449	-.185	.702	.155	-.053	-.552	.529	.271
○	重々しい — 軽快な	.820	-.071	-.104	.660	-.016	-.145	.734	.748	.233	-.004
	VAR								.522	.103	.080

○印 オ I 因子

Table 3.3 S.D. 法による尺度とVSL の相関（立位）

NO.	形容詞尺度	対象船	S. W. 丸	S. T. 丸	K. M. 丸(往)	K. M. 丸(復)	H. T. 丸
(1)	鋭い — にぶい		-0.877	-0.630	-0.786	-0.868	—
(2)	おそい — はやい		0.910	0.672	0.713	0.895	—
○	かたい — やわらかい		-0.904	-0.723	-0.669	-0.878	-0.977
(4)	大きい — 小さい		-0.834	-0.707	-0.822	-0.905	—
(5)	細かい — あらい		0.598	0.594	0.471	0.781	—
(6)	規則的 — 不規則的		0.253	0.214	0.429	-0.387	-0.945
(7)	忙い — のんびりした		-0.848	-0.736	-0.826	-0.832	—
○	きつい — おだやかな		-0.810	-0.762	-0.807	-0.909	-0.978
(9)	重い — 軽い		-0.735	-0.698	-0.828	-0.942	—
(10)	心地よい — 不快な		0.807	0.653	0.817	0.883	-0.957
(11)	不安な — 安定感のある		-0.826	-0.666	-0.699	-0.879	—
○	強い — 弱い		-0.841	-0.740	-0.777	-0.932	-0.970
○	激しい — かすかな		-0.887	-0.763	-0.825	-0.934	-0.975
(14)	単調な — 変化の激しい		0.658	0.637	0.601	0.770	—
(15)	重々しい — 軽快な		-0.875	-0.622	-0.831	-0.901	-0.942

注) VSLは上下、水平(左右、前後)振動方向のうち最大の方向の振動をとった。

○印 オ I 因子

3.1.4 強さの因子尺度と振動物理量の関係

Table 3.4 に示されるように強さの因子尺度と振動物理量の相関が高いことから、VSL, VGL, VAL, VSL (OB) max で振動感覚を評定することができる見通しが立つ。なかでも VSL, VGL は高い相関がみられた。

3.1.5 S.D. 法による振動感覚の評定尺度

Table 3.5 は強さの因子尺度段階と物理量の関係（立位）を示す。VAL, VSL は 9 回の、VSL (OB) max, VGL は 5 回の実船実験の結果の平均値 \bar{x} と標準偏差 $S.D(\sigma)$ で示されている。尺度段階 4 から 1 に移動するにしたがって、ばらつきの度合が大きくなっていく傾向がみられるが、特に VAL と VSL (OB) max にその傾向が著しい。

このことは振動の大きさの判断に文脈効果が生ずるのではないかと推察される。その 1 つの要因として船別に選んだ 14ヶ所の振動評定場所における振動物理量の刺激として存在する範囲の相異により生じた文脈効果が考えられる。また日常に最も多く経験する振動の範囲によって枠組が既に形成され、その枠組の効果もまた中性判断に影響しているのではないかと考えられる。

このような文脈効果に関する種々の知見から推察して、実船における振動感覚の評定は単純なものではないことがわかる。しかし、できるだけ数多くの資料をもとにした統計的な検討はきわめて価値あるものである。

結論として、VSL, VGL は振動感覚との相関が高く、また尺度段階 4 から 1 に増加するにしたがってばらつき度が小さくなるので、振動評定尺度には最も適していることがわかった。VGL は三輪氏提案による感覚的な大きさをあらわす振動台実験の結果提案された物理量であるので、当然の結果と考えられる。そして $VSL = (VGL - 11.5) \text{ dB}$ の関係が得られた。したがって測定の簡便さも考え合わせ VSL を基本として評定することにした。

すなわち、振動物理量と尺度段階の関係はつきのとおりである。

Table 3.4 強さの因子の尺度と物理量の相関係数（立位）

対象船 \ 度	A L	VSL	$VSL_{(OB) \max}$	VGL
1. JA号(往)	-0.657	-0.705		
2. JA号(復)	-0.853	-0.797		
3. SA号(往)	-0.806	-0.896		
4. SA号(復)	-0.888	-0.893		
5. SW丸	-0.701	-0.869	-0.808	-0.891
6. ST丸	-0.857	-0.702	-0.473	-0.789
7. KM丸(往)	-0.836	-0.780	-0.649	-0.816
8. KM丸(復)	-0.872	-0.923	-0.854	-0.866
9. HT丸	-0.862	-0.980	-0.985	-0.934

注) 強さの因子の尺度

- (1) かたい — 柔かい (3) きつい — あたやかな
- (5) 強い — 弱い (7) 激しい — かすかな

Table 3.5 強さの因子の尺度段階と物理量の関係（立位）

度 \ 物理量	尺度・段階			
	どちらともいえない 4	やや 3	かなり 2	非常に 1
VAL $N=9$	($\bar{x} \pm \sigma$) 27 ± 2.8	($\bar{x} \pm \sigma$) 35 ± 3.5	($\bar{x} \pm \sigma$) 43 ± 4.9	($\bar{x} \pm \sigma$) 51 ± 6.6
VSL $N=9$				
	17 ± 1.2	23 ± 1.7	29 ± 2.4	35 ± 3.6
$VSL_{(OB) \max}$ $N=5$				
	14 ± 1.0	21 ± 3.0	28 ± 5.0	35 ± 7.0
VGL $N=5$				
	28.5 ± 1.6	34.5 ± 2.1	40.5 ± 2.9	46.5 ± 3.8

注) (1) $VSL - VSL_{(OB) \max}$ の差

$$\begin{aligned} n &= 66 (\text{SW丸}, \text{ST丸}, \text{KM丸(往)}, \text{KM丸(復)}, \text{HT丸}) \\ \bar{x} &= 2.92 \approx 3.0 \\ \sigma &= 1.64 \approx 1.6 \end{aligned}$$

(2) $N = \text{実験航海数}$

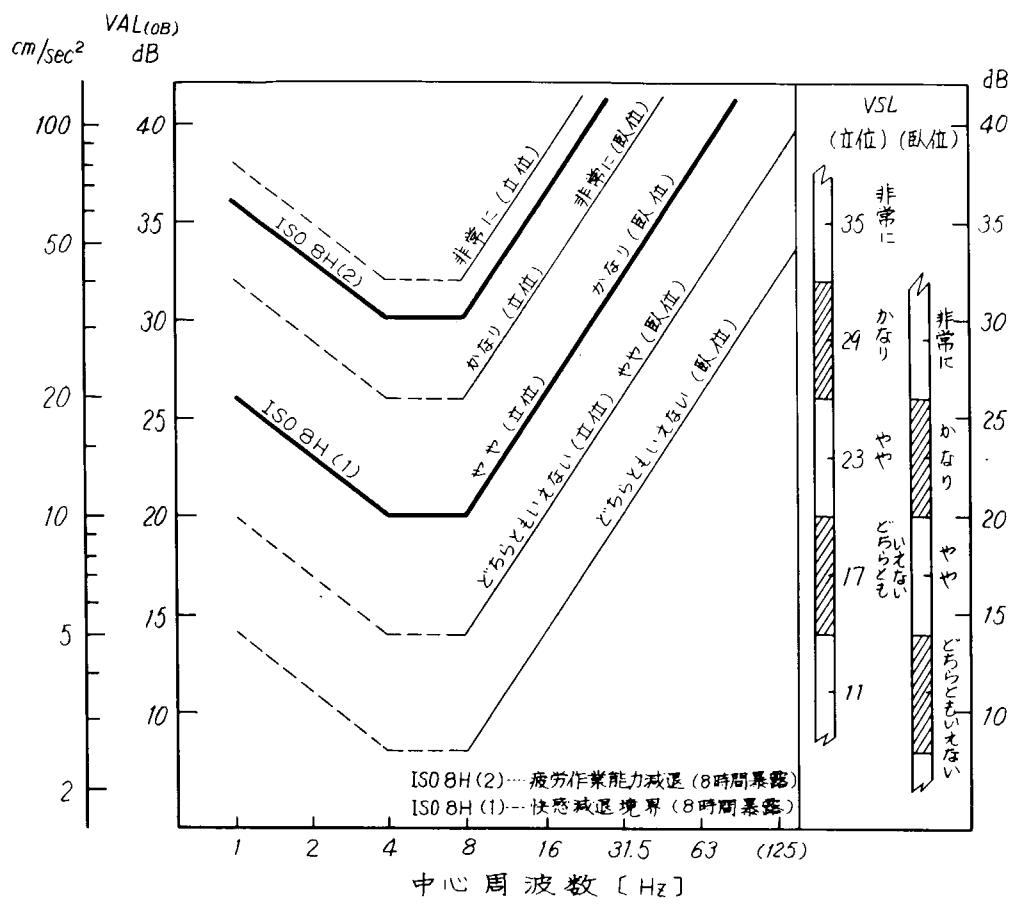


Fig. 3.3 S.D. 法による評定尺度とISOの振動暴露基準（上下）

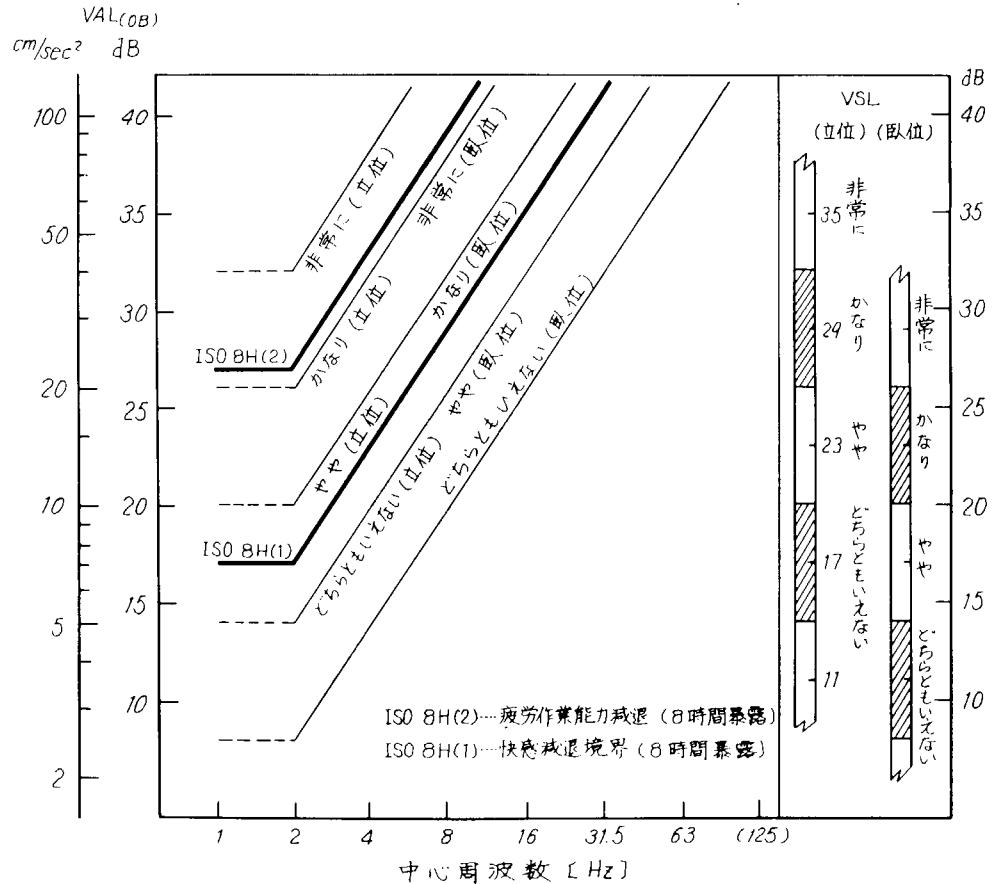


Fig. 3.4 S.D. 法による評定尺度とISOの振動暴露基準（水平）

	“どちらともいえない”	“やや”	“かなり”	“非常に”
VSL (立位)	17 (dB)	23 (dB)	29 (dB)	35 (dB)
VSL (臥位)	11	17	23	29

なお、臥位については、対象船H.T.丸においてのみ立位と合わせて測定を試みたが、Table 3.1 (*3)に示されたように、同じVSL値に対応する心理量の立位と臥位の差はカテゴリ尺度の1段階とみられたので、これを考慮して決めた。

3.1.6 S.D.法による評定尺度とISOの振動暴露基準

つぎに、VSLによる振動感覚の評定尺度とISOの振動暴露基準との比較で検討した。

Fig. 3.3, Fig. 3.4にその結果を示した。

前に述べたようにISOの基準では各許容限界のレベルをこえた個々の周波数スペクトラムによって評価することになっており、人体の振動感覚においては異なった周波数の振動の影響が互に干渉し合うことはないという仮定に立っている。したがってスペクトラムの形状により、VSL, VGL値による判断とISOの許容限界による判断が相異なることは明らかである。また今回提案したISOの評価法の対象となるVSL(OB)maxは、VSL, VGLよりも感覚尺度の点ではおとっていることも結論として述べた。しいて両者を関係づけるならば、VSLとVSL(OB)maxの差が平均3dB, S.D. 1.6dBの関係(Table 3.5注)から、これを考慮した。臥位の尺度は船員の居住区立位の尺度は立位での作業場に適用できる。

Fig. 3.4, Fig. 3.5は、今回の振動が小さい船での結果をまとめたものであり、文脈効果により、振動感覚評価は辛くなっている恐れもあり、4Hz以下が主勢力となるような振動も含まれていないので、あくまで今回の実船調査の結果を示すもので、将来のdataのつみあげで変更される可能性を有している。

3.2 騒音・振動に関する意見調査の結果

3.2.1 経緯

騒音・振動に関する意見調査はすでに6船で実施し、その結果は本委員会に報告したが、全調査を通じて得た傾向については、未だ検討していない。それは、各船の結果を物理量とクロス集計する時、物理量のカテゴリの境界が各船で異なるため、全船の結果を単純に合計することができなかつたためである。

そこで今回、物理量のカテゴリのわけ方を統一し5船(KM丸, SW丸, KG丸, KK丸, JA丸)の結果をまとめて集計し、全体の傾向について検討することにした。

3.2.2 結果

振動のVSL値とのクロス結果をTable 3.6に示す。

3.2.3 考察

Table 3.6からも明らかなように、振動(VSL値, VAL値も同じ)と意見項目の各項目の間に明瞭な関係は見出されない。すなわち、VSL値、VAL値が増加すると振動に対する苦情が増加するという傾向はみられない。

これは意見調査の回答者(乗組員)が、でたらめに回答したというよりも、むしろ、今回の調査対象船の居室の振動が比較的小さかったため、振動に対する苦情が明確な形で表明されなかつたといった方がよいだろう。

このことは、騒音のSL値とのクロス集計結果より推測することができる。というのは、物理量の増加と苦情の増加の間には対応関係のみられる項目が多く、乗組員は決してでたらめに回答しているのではないことは明らかである。VSL, VAL, SLの意見調査のデータは同一でただクロスの軸となる物理量をかえただけである。したがっ

て意見調査の回答（苦情）に明確に対応する物理量はVSL, VALではなく、SLであるといえる。

すなわち、SLの場合には65 dB(A)を越える居室が約40（約30%）存在し、SLに対する苦情が意見調査の結果に系統的に現われたものと思われる。

なお、振動に対する苦情も、SLとの間に相関関係がみられ、騒音の大きい部屋は、振動についても、VAL, VSLとは無関係に苦情の対象となっていることが分る。

Table 3.6 意見調査とVSL 値

	ANSWER	10dB未満	10~15dB未満	15~21dB	TOTAL
1. 自室の騒音は全然気にならないほど静かである。	YES	1 (7.1)	5 (9.1)	1 (1.5)	7 (5.2)
	NEUTRAL	4 (28.6)	16 (29.1)	16 (24.2)	36 (26.7)
	NO	9 (64.3)	33 (60.0)	48 (72.7)	90 (66.9)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	1 (1.5)	2 (1.5)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
2. 騒音は静かだとはいえないが我慢出来ないほどではない。	YES	8 (57.1)	40 (72.7)	44 (66.7)	92 (68.2)
	NEUTRAL	2 (14.3)	11 (20.0)	15 (22.7)	20 (20.7)
	NO	4 (28.6)	9 (17.3)	6 (9.1)	14 (10.4)
	NOANSWER	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.5)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
3. 振動や騒音のせいか気分が悪くなる時がある。	YES	7 (50.0)	11 (20.0)	14 (21.2)	32 (23.7)
	NEUTRAL	2 (14.3)	11 (20.0)	16 (24.2)	29 (21.5)
	NO	5 (35.7)	33 (60.0)	35 (53.0)	73 (54.1)
	NOANSWER	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (1.5)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
4. 騒音・振動とも格別気にならない。	YES	5 (35.7)	15 (27.3)	15 (22.9)	35 (25.9)
	NEUTRAL	2 (14.3)	18 (32.7)	18 (27.3)	38 (28.2)
	NO	7 (50.0)	22 (40.0)	33 (50.0)	62 (45.9)
	NOANSWER	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
5. 騒音や振動の対策に費用をかけるより乗船時間も少しでも短縮してくれる方がいい。	YES	4 (28.6)	9 (16.4)	11 (16.7)	24 (17.8)
	NEUTRAL	4 (28.6)	21 (38.2)	26 (39.4)	51 (37.8)
	NO	6 (42.9)	25 (45.5)	29 (43.9)	60 (44.4)
	NOANSWER	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
6. 騒音がうるさくて眠れないことがある。	YES	7 (50.0)	19 (34.6)	17 (25.8)	43 (31.9)
	NEUTRAL	1 (7.1)	6 (10.9)	15 (22.7)	22 (16.3)
	NO	6 (42.9)	30 (54.6)	34 (51.5)	70 (51.9)
	NOANSWER	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
7. 騒音のため耳が悪くなつたような気がする。	YES	4 (28.6)	9 (16.4)	15 (22.7)	28 (20.7)
	NEUTRAL	3 (21.4)	12 (21.8)	10 (15.2)	25 (18.5)
	NO	7 (50.0)	34 (61.8)	41 (62.1)	82 (60.7)
	NOANSWER	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
8. 騒音に馴れたからもう平気である。	YES	4 (28.6)	18 (32.7)	15 (22.7)	37 (27.4)
	NEUTRAL	5 (35.7)	18 (32.7)	25 (37.9)	48 (35.6)
	NO	5 (35.7)	19 (34.6)	26 (39.4)	50 (37.0)
	NOANSWER	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
9. 騒音の中でも不規則な音(カンカンとかゴンゴンといったような)に悩まされる。	YES	8 (57.1)	28 (50.1)	22 (48.5)	68 (50.4)
	NEUTRAL	3 (21.4)	7 (12.7)	14 (21.2)	24 (17.8)
	NO	3 (21.4)	20 (36.4)	20 (30.3)	43 (31.9)
	NOANSWER	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
10. 余り静かであるよりも、むしろ少々騒音がある方が却っていろいろな音が気にならなくてよい。	YES	2 (14.3)	6 (10.9)	4 (6.1)	12 (8.9)
	NEUTRAL	6 (42.9)	23 (41.8)	18 (27.3)	47 (34.8)
	NO	6 (42.9)	26 (42.3)	24 (36.7)	76 (56.3)
	NOANSWER	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)

Table 3.6 意見調査とVSL 値 (つづき)

	ANSWER	10dB未満	10~15dB未	15~21dB	TOTAL
11. 机が振動するので字が書きにくく。	YES	9 (64.3)	19 (34.6)	37 (56.1)	65 (48.2)
	NEUTRAL	2 (14.3)	17 (30.9)	16 (24.2)	35 (25.9)
	NO	3 (21.4)	18 (32.7)	12 (18.2)	33 (24.4)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (6.8)	1 (1.5)	2 (1.5)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
12 振動が少ないとはいえないが我慢出来ない いっぽうではない。	YES	9 (64.3)	38 (69.1)	44 (66.7)	91 (67.4)
	NEUTRAL	4 (28.6)	9 (16.4)	15 (22.7)	28 (20.7)
	NO	1 (7.1)	6 (10.9)	6 (9.1)	13 (9.6)
	NOANSWER	0 (0.0)	2 (3.6)	1 (1.5)	3 (2.2)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
13. 騒音・振動で寝つきにくいので睡眠薬や酒を飲むことがある。	YES	2 (14.3)	9 (16.4)	19 (28.8)	30 (22.2)
	NEUTRAL	2 (14.3)	6 (10.9)	7 (10.6)	15 (11.1)
	NO	10 (71.4)	38 (69.1)	40 (60.6)	88 (65.2)
	NOANSWER	0 (0.0)	2 (3.6)	0 (0.0)	2 (1.5)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
14. やかましすぎて話をするのがいやになることがある。	YES	4 (28.6)	6 (10.9)	12 (18.2)	22 (16.3)
	NEUTRAL	3 (21.4)	9 (16.4)	11 (16.7)	23 (17.0)
	NO	7 (50.0)	39 (70.9)	43 (65.2)	89 (65.9)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
15. たとえ冷房でなくとも、もっと騒音や振動の少ない船にかわりたい。	YES	1 (7.1)	2 (3.6)	8 (12.1)	11 (8.2)
	NEUTRAL	5 (35.7)	25 (45.5)	27 (40.9)	57 (42.2)
	NO	8 (57.1)	21 (39.1)	31 (47.0)	66 (48.9)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
16. ベッドの振動が激しいので夜中に眼がさめることがある。	YES	1 (7.1)	9 (16.4)	10 (15.2)	20 (14.8)
	NEUTRAL	3 (21.4)	2 (3.6)	10 (15.2)	15 (11.1)
	NO	10 (71.4)	43 (78.2)	46 (69.7)	99 (73.3)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	60 (100.0)	135 (100.0)
17. 船には元素騒音がつさものだから、それに馴れちよう弱めるのが乗組員として当然だ。	YES	7 (50.0)	9 (16.4)	5 (7.6)	21 (15.6)
	NEUTRAL	4 (28.6)	24 (43.6)	25 (37.9)	53 (39.3)
	NO	3 (21.4)	20 (36.4)	36 (54.6)	59 (43.7)
	NOANSWER	0 (0.0)	2 (3.6)	0 (0.0)	2 (1.5)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
18 やかましいけれど仕事で疲れているのでぐっすり眠ってしまう。	YES	7 (50.0)	27 (49.1)	22 (33.3)	56 (41.5)
	NEUTRAL	3 (21.4)	20 (36.4)	32 (48.5)	55 (40.7)
	NO	4 (28.6)	7 (12.7)	12 (18.2)	23 (17.0)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
19. 騒音や振動が激しいせいか胃腸の調子が悪い。	YES	5 (35.7)	10 (18.2)	25 (37.9)	40 (29.6)
	NEUTRAL	5 (35.7)	16 (29.1)	14 (21.2)	35 (25.9)
	NO	4 (28.6)	28 (50.9)	26 (39.4)	58 (43.0)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	1 (1.5)	2 (1.5)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
20. 騒音のある方が機関の調子がわかるのであまり静かだと不安になる。	YES	3 (21.4)	8 (14.6)	7 (3.0)	13 (9.6)
	NEUTRAL	6 (42.9)	16 (24.1)	29 (43.9)	51 (37.8)
	NO	5 (35.7)	30 (54.6)	34 (51.5)	69 (51.1)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	1 (1.5)	2 (1.5)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)

Table 3.6 意見調査とVSL 値 (つづき)

	ANSWER	10 dB未満	10~15 dB未	15~21 dB	TOTAL
21. 二人部屋でもよいからもっと騒音や振動の少い部屋に代りたい。	YES	6 (42.9)	4 (7.3)	3 (4.6)	13 (9.6)
	NEUTRAL	5 (35.7)	22 (40.0)	22 (33.3)	49 (36.3)
	NO	3 (21.4)	28 (50.9)	39 (59.1)	70 (51.9)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	2 (3.0)	3 (2.2)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
22. 振動には馴れたからもう平気である。	YES	5 (35.7)	13 (23.6)	14 (21.2)	32 (23.7)
	NEUTRAL	1 (7.1)	20 (36.4)	20 (36.4)	45 (33.3)
	NO	8 (57.1)	21 (38.2)	28 (42.4)	57 (42.2)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
23. 騒音や振動の対策に費用をかけるより、むしろ少しでも給料を増してくれの方がよい	YES	5 (35.7)	17 (30.9)	15 (22.7)	37 (27.4)
	NEUTRAL	7 (50.0)	23 (41.8)	26 (39.4)	56 (41.5)
	NO	2 (14.3)	13 (23.6)	25 (37.9)	40 (29.6)
	NOANSWER	0 (0.0)	2 (3.6)	0 (0.0)	2 (1.5)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
24. いつもは何ともないが、身体の調子の悪い時は騒音が気になる。	YES	7 (50.0)	31 (56.4)	45 (68.2)	83 (61.5)
	NEUTRAL	2 (14.3)	12 (21.8)	13 (20.0)	27 (20.0)
	NO	5 (35.7)	11 (20.0)	8 (12.1)	24 (17.8)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
25. 騒音の中でも扉や家具がガチャガチャ振動して鳴るのが気にかかる。	YES	12 (85.7)	45 (81.8)	55 (83.3)	112 (83.0)
	NEUTRAL	0 (0.0)	4 (7.3)	3 (4.6)	7 (5.2)
	NO	2 (14.3)	5 (9.1)	7 (10.6)	14 (10.4)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	1 (1.5)	2 (1.5)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
26. 機関の低いブーンとうる音がうるさい。	YES	4 (28.6)	6 (10.9)	13 (19.7)	23 (17.0)
	NEUTRAL	4 (28.6)	15 (27.3)	26 (39.4)	45 (33.3)
	NO	6 (42.9)	33 (60.0)	27 (40.9)	66 (48.9)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
27. もっと振動の少い部屋に代りたいと思うことがある。	YES	6 (42.9)	20 (36.4)	27 (40.9)	53 (39.3)
	NEUTRAL	4 (28.6)	15 (27.3)	20 (30.3)	39 (28.9)
	NO	4 (28.6)	18 (32.7)	19 (28.8)	41 (30.4)
	NOANSWER	0 (0.0)	2 (3.6)	0 (0.0)	2 (1.5)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
28. 切角寝ついてもやかましくて眼がさめることがある。	YES	3 (21.4)	15 (27.3)	18 (27.3)	36 (26.7)
	NEUTRAL	4 (28.6)	5 (9.1)	16 (24.2)	25 (18.5)
	NO	7 (50.0)	34 (61.8)	32 (48.5)	73 (54.1)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
29. 騒音が気になって考え事や読書の邪魔になることがある。	YES	5 (35.7)	16 (29.1)	27 (40.9)	48 (35.6)
	NEUTRAL	1 (7.1)	14 (25.5)	14 (21.2)	29 (21.5)
	NO	8 (57.1)	24 (43.6)	24 (36.4)	56 (41.5)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	1 (1.5)	2 (1.5)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
30. 通風用の噴出口の音がうるさい。	YES	12 (85.7)	16 (29.1)	21 (31.8)	49 (36.3)
	NEUTRAL	1 (7.1)	8 (14.6)	14 (21.2)	23 (17.0)
	NO	1 (7.1)	30 (54.6)	28 (42.4)	59 (43.7)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	3 (4.6)	4 (3.0)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)

Table 3.6 意見調査とVSL 値 (つづき)

	ANSWER	10 dB 未満	10 ~ 15 dB 程	15 ~ 21 dB	TOTAL
37. 騒音のために何だか眠りが浅いような気がする。	YES	4 (28.6)	16 (29.1)	27 (40.9)	47 (39.8)
	NEUTRAL	4 (28.6)	17 (30.9)	15 (22.7)	36 (26.7)
	NO	6 (42.9)	21 (38.2)	24 (36.4)	51 (37.8)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
38. ベッドが振動するので寝つけなくて困る。	YES	3 (21.4)	4 (7.3)	11 (16.7)	18 (13.3)
	NEUTRAL	3 (21.4)	15 (27.3)	16 (24.2)	34 (25.2)
	NO	8 (57.1)	35 (63.6)	37 (56.1)	80 (59.3)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	2 (3.0)	3 (2.2)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
39. 振動が大きいので机の上のものが動くことがある。	YES	9 (64.3)	21 (38.2)	34 (51.5)	64 (47.4)
	NEUTRAL	2 (14.3)	9 (16.4)	12 (18.2)	23 (17.0)
	NO	3 (21.4)	24 (43.6)	20 (30.3)	47 (34.8)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
40. 振動のせいか本を読むと眼がチラチラすることがある。	YES	5 (35.8)	22 (40.0)	30 (45.5)	57 (42.2)
	NEUTRAL	3 (21.4)	10 (18.2)	12 (18.2)	25 (18.5)
	NO	6 (42.9)	22 (40.0)	24 (36.4)	52 (38.5)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
41. 振動には馴れたが騒音には悩まされる。	YES	7 (50.0)	12 (21.8)	7 (10.6)	26 (19.3)
	NEUTRAL	4 (28.6)	30 (54.6)	37 (56.1)	71 (52.6)
	NO	3 (21.4)	12 (21.8)	20 (30.3)	35 (26.9)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	2 (3.0)	3 (2.2)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
42. 騒音には馴れたが振動には悩まされる。	YES	6 (42.9)	8 (14.6)	9 (13.6)	23 (17.0)
	NEUTRAL	3 (21.4)	30 (54.6)	34 (51.5)	67 (49.6)
	NO	5 (35.8)	16 (29.1)	21 (31.8)	42 (31.1)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	2 (3.0)	3 (2.2)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
43. 振動は決して弱いとはいえないが仕事で疲れているのでぐっすり寝てしまう。	YES	7 (50.0)	25 (45.5)	28 (42.4)	60 (44.4)
	NEUTRAL	6 (42.9)	22 (40.0)	24 (31.4)	52 (38.5)
	NO	1 (7.1)	7 (12.7)	13 (19.7)	21 (15.6)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	1 (1.5)	2 (1.5)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
44. 騒音の中でもキンといったかん高い音に悩まされる。	YES	7 (50.0)	14 (25.5)	12 (18.2)	33 (24.4)
	NEUTRAL	2 (14.3)	12 (21.8)	25 (37.9)	39 (28.9)
	NO	5 (35.8)	28 (50.9)	29 (43.9)	62 (45.9)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
45. 騒音がうるさいので話がしにくい	YES	6 (42.9)	9 (11.4)	20 (30.3)	35 (25.9)
	NEUTRAL	2 (14.3)	11 (20.0)	9 (13.6)	22 (16.3)
	NO	6 (42.9)	34 (61.8)	37 (56.1)	77 (57.0)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
46. もっと静かな部屋に代りたいと思うことがある。	YES	7 (50.0)	14 (25.5)	27 (40.9)	48 (35.6)
	NEUTRAL	2 (14.3)	19 (34.6)	15 (22.7)	36 (26.7)
	NO	5 (35.8)	21 (38.2)	24 (31.4)	50 (37.0)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
47. 騒音のため考え方をする時などイライラすることがある。	YES	5 (35.7)	21 (38.2)	23 (34.8)	49 (36.3)
	NEUTRAL	1 (7.1)	9 (16.4)	15 (22.7)	25 (18.5)
	NO	8 (57.1)	24 (43.6)	28 (42.4)	60 (44.4)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
48. 振動や騒音のせいか身体が何となくだるい時がある。	YES	6 (42.9)	21 (38.2)	25 (37.9)	52 (38.5)
	NEUTRAL	5 (35.7)	12 (21.8)	14 (21.2)	31 (23.0)
	NO	3 (21.4)	21 (38.2)	27 (40.9)	51 (37.8)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
49. 騒音は決して静かだとはいえないが別に気にならない。	YES	5 (35.7)	21 (38.2)	25 (37.9)	51 (37.8)
	NEUTRAL	3 (21.4)	14 (25.5)	19 (28.8)	36 (26.7)
	NO	6 (42.9)	19 (34.6)	22 (33.3)	47 (34.8)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
50. 振動のため席やロッカーカがたつき、気になる	YES	8 (57.1)	31 (56.4)	41 (62.1)	80 (59.3)
	NEUTRAL	3 (21.4)	10 (18.2)	11 (16.7)	24 (17.8)
	NO	3 (21.4)	13 (23.6)	14 (21.2)	30 (22.2)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)
51. 振動は居住性からみて問題がなく対策は全く不要である。	YES	0 (0.0)	6 (10.9)	1 (1.5)	7 (5.2)
	NEUTRAL	5 (35.7)	17 (30.9)	14 (21.2)	36 (26.7)
	NO	9 (64.3)	31 (56.4)	51 (77.3)	91 (67.4)
	NOANSWER	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	1 (0.7)
	TOTAL	14 (100.0)	55 (100.0)	66 (100.0)	135 (100.0)

4. 結論

1) VSL, VGL は振動感覚評定に最も適した振動物理量である。

$VSL = VGL - 11.5 \text{ dB}$ の関係が得られたが、測定の簡便さから VSL をベースとした評定が便利である。

2) VSL は従来 VL と呼ばれていたが、この値のもつ意味あいを明らかにするため、VSL (Vibration Sensitivity level) と呼称することを提案したい。本報告では、この提案に従って、VSL を採用している。

3) オクターブ・バンド解析による評価より、ウェイティドオーバール振動計測法による評価法が、感覚評定ではすぐれている。これは、人間の振動感覚においては、複合振動にみられるような異なる周波数の振動の影響が互に干渉し合うということを示している。

4) VSL による振動感覚評定と ISO の基準との比較で検討することができることがわかった。Fig. 3.3, Fig. 3.4 に示すとおりである。

臥位の尺度は立位の尺度より一段階きびしい結果が調査された。

5) 今回調査した船では前後、左右の水平方向の振動は少なく感覚的には全く問題がない場合多かった。したがって上下方向の振動が評価の対象となる場合が多い。また 8 Hz 以上の周波数域に主勢力のある振動で、4 Hz 以下の周波数域の振動は少なかった。

6) 本研究では、周波数分析でオクターブバンドフィルタを使用した。ISO の基準では 1 / 3 オクターブバンドフィルタまたはそれ以下の狭帯域フィルタを用いることになっているが、これらのフィルタの使用のちがいによる評価値の変動について検討を要する。また、実船では 4 Hz 以下の周波数域に主勢力のある振動が得られにくいので、4 Hz 以下の境界評価を試みる必要があるであろう。

7) 今回の調査では振動レベルの低いもの多かったので、評価は辛くでている可能性があり、今後、振動レベルの高い（振動物理量の大きい）範囲を有する船での実船調査を含め、低周波域の振動の場合と共に、数多くの振動感覚調査を行う必要があろう。

追記 3次元振動に対する感覚評価の一試案

ISO の振動ばく露標準にしても、三輪氏の感覚評価法にしても、振動をそれぞれ、上下、前後および左右の各方向成分別に個々に評価するものである。実際に経験される振動は3次元的な場合が多く、個々の方向成分別の検討だけでは不充分な場合もある。

たとえば(a)上下振動および前後、左右の各振動がある評定限界ぎりぎり一杯にある場合と(b)前後および左右振動は零で、上下振動だけがある評定限界ぎりぎり一杯にある場合とでは人体の振動に対する感覚は当然異なるはずである。

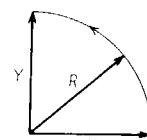
そこで、振動が3次元的である場合の感覚評定の一試案として下記の方法が本委員会において提案された。

(1) 3次元振動の表示法

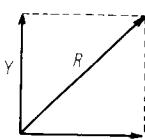
一般に振動計測は、上下、前後、左右の各方向成分に分けて行なわれるのが普通である。しかし、通常の振動計測では、各方向成分間の振動位相については、測定されないのが普通である。厳密な意味での3次元振動ベクトルを求める場合には、Fig. A. 1に示すように位相関係を重視する必要があるが、実用工学的には位相関係を無視して、単純に合成ベクトルが最大となる場合だけに着目すれば、3次元振動ベクトルは、デシベル表示において次式のように表わされる。

$$R = 10 \log_{10} (10^{\frac{X}{10}} + 10^{\frac{Y}{10}} + 10^{\frac{Z}{10}}) \dots \dots \dots \quad (A.1)$$

ここでX, Y, Zは各方向の振動量である。



(a) 位相差 90°の場合



(b) 位相差 0°の場合

Fig. A. 1 位相と合成ベクトル

この場合、各方向の振動成分を、VALで計測するかVSLで計

測するかによって、3次元振動ベクトル量も、合成されたVALまたはVSLの形として表わされることとなる。特にVSLの場合には、各方向別の感度補正をもって計測された値の合成値として3次元振動に対する人体の振動感覚を評定する尺度としても適切なものと思われる。

(2) 3次元振動による感覚評定

さて、上記の方法によって、実船計測結果の評定を行なった。この場合の評定尺度は、各船とも振動の大きさを表わす第1因子としての4項目について、S.D法による尺度と物理量の関係を回帰直線に求め、その平均値をもって各船の感覚評定に対する物理量としてまとめた。この結果を一覧表にしたのがTable A. 1である。Table A. 1の結果は3次元振動に対する振動感覚を評定する場合の物理量と、評定尺度間の関係を表わすものであるが、予想外に各船の間のバラツキも少なく典型的データを与えているように思われる。

本文では、わずか7船の調査結果を要約したものであるが、分散値も非常に少なく、かなり信頼できるデータを与えていているように思われる。

なお、これらの結果からみると、実船における振動感覚量の評定は、VSLでもVALでも、それほど大きな差はないようで、いずれで行なってもある程度の信頼性のある評価ができるものと思われる。

これらの結果をさらに要約して、3次元振動に対する振動感覚評定を、VSLおよびVAL単位で表わすと、Fig.A 2のようになる。

(3) むすび

今回始めて3次元振動としての考え方を取り入れ、実船調査により振動感覚の評定に適用した結果、今回の調査結



Fig. A. 2 3次元振動に対するVSLまたはVAL
による振動感覚評定のレベル

Table A. 1 3次元振動に対する振動感覚の評定

船名	要目	往 復 航 別	非常に小 (1)		どちらとも云えない (4)		非常に大 (7)		備考
			VSL	VAL	VSL	VAL	VSL	VAL	
A	鉱石運搬船 GT 35633 DT 56684 LBDd=224x32x18x12	往	70.5	62.5	78.1	85.3	85.7	108.1	
B	撤摸貨物船 GT 37180 DT 62325 LBDd=225x32x18x12	往	60.8	65.3	80.1	88.5	99.3	111.7	
		復	63.5	70.1	79.4	88.3	95.3	106.4	
C	練習船 GT 3462 LBDd=100x15x7x5	-	67.1	71.4	80.6	93.1	94.1	114.9	
D	コンテナ船 GT 51137 DT 35806 LBDd=245x32x24x12	往	63.5	68.7	76.4	74.3	89.3	120.0	
		復	60.5	60.2	78.9	73.3	97.3	126.5	
E	コンテナ船 GT 30100 DT 29800 LBDd=211x31x19x12	往	63.6	62.5	80.5	90.6	97.4	118.7	
		復	58.8	56.8	77.5	86.9	96.1	117.0	
F	コンテナ船 GT 33287 DT 28806 LBDd=215x32x19x10	往	62.3	73.4	77.9	87.8	93.6	102.1	
		復	63.8	74.0	77.8	86.6	91.8	99.1	
G	鉱石運搬船 GT 65849 DT 117571 LBDd=247x41x23x16	往	56.9	65.2	83.4	91.8	110.0	118.5	
		復	62.5	73.0	81.2	89.6	99.9	106.3	
平均 値			62.8	66.9	79.3	89.7	95.8	112.4	

果では船体居住区の振動は、

- i) VAL で : 98 db } (A.2)
ii) VSL で : 86 db

程度であれば許容できるであろうと考えられる。しかし、振動感覚というものは、非常に多元的で複雑であるため、現在のところまだ完全なる解明はされていないが、今後心理的、医学的両面からの調査と相まって、物理次元との対応関係がより明確化され、人間環境改善への一助ともなりうることを期待したい。