

III 船体の振動と乗心地

A はしがき	104
B 船体振動の特徴	104
C 船体振動感覚と加速度・振幅の関係	105
D むすび	108

A. はしがき

船内に大きな振動が発生すると、乗客乗組員はそのため不快感を覚え、航海計器等が損傷をおこすことはよく知られている。

近年船体構造の接手のほとんどに溶接が用いられるようになったためか、高次の撓み振動あるいは局部振動が起り易くなり、振動の問題がやかましくいわれるようになった。

この場合居住性におよぼす振動の問題は、人体におよぼす感覚、すなわち乗心地の問題である。

従来陸上の乗物に対しての研究は、H. Reihre¹⁾, F. J. Meister²⁾, R. N. Janewey³⁾等かなり多く行われてきたが、これをそのまま船舶に適用することは無理のように思われる。また感覚なるものはかなり個人差のあるもので、不定かつ複雑な感覚を基準とすること自体がはなはだ困難なことである。そのためこれらの研究でも非常に違った結果が得られている。

諸外国においては船体振動に対する不快感の問題が大きくとりあげられつつあるようで、わが国においても最近造船協会でも種々議論されている。しかし未だ特に船舶を対象としての乗心地の研究は緒についたばかりの感がある。乗組員の側からも当然この問題に大に関心もたれるわけである。

本稿では従来の船体振動感覚についての研究等を参考として乗心地の問題を検討した。

B. 船体振動の特徴

船体振動において計測される振動数の範囲は、50～500 c.p.m. である。これは主として船体固有振動数と、Shaft Frequency (Propellerの回転数に等しい振動数) Blade Frequency (Propellerの回転数×Blade数に等しい振動数) との共振する場合である。また局部振動においては500～2000 c.p.m. である。これは主として主機械、発電機等が起振力となる場合が多い。

従来行われた研究でも感覚とこれに対応する物理量との関係は単純ではないが、少なくともある範囲では、感覚に対応する尺度として振動加速度をとることができる。最も主要と考えられる船体高次振動を対象として考えると、加速度で表現することが適当のように思われる。この理由は、この振動数のかなり広い範囲において感覚限度が凡そ一定になること、また船体振動に最もよく似た地震動の感覚と比較し得る点において便利である。

自動車や車輛の振動加速度は最大300 galに達するのに比較して船舶ではかなり小さく、70 gal程度であり、普通30～40 gal以下である。したがって船体振動は動揺を主とする自動車や車輛と比較するよりも、むしろ地震の弱震までの振動と同様にとりあつかうべきである。

勿論船舶においては、乗組員は長期にわたって船舶に居住し、公私生活を同一の場に持つことを考えると、陸上の交通機関の振動と同様に考えることは、不適當である。

C. 船体振動感覚と加速度・振幅の関係
 振動に対する感覚は、個人差もあり種々の条件で異なるものである。しかし感覚調査の場所、姿勢等で分類し、なるべく多数くの実船測定を

行つていけば、比較的整理された感覚をとり出すことができる。すなわち表1に示されたような項目を、所定の場所で記録し感覚は例えば○、△、×の三種に分けその場所で記入する。それを測定後図1の如く整理していく。

表 1 測定項目

場所	航海状態 前進→ 後進←	軸回転数 R.P.M.	振動方向 上下↑ 左右⇄ 前後←	振動数 C.P.M	加速度 gal	感 覚		備 考 立, 屈
						記 述	度 合	
サロ ン	→	90	—	360	5	立つているとわからない	0	立
プーデツキ	←	73	⇄	300	40		×	立

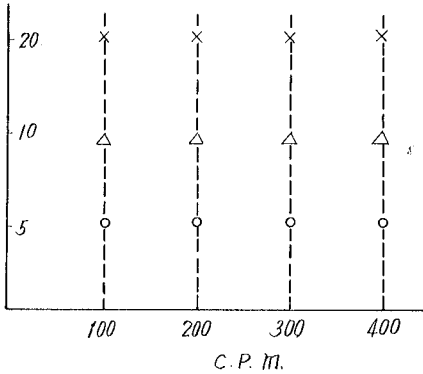


図1 垂直振動

表2 感覚度合 (石川島造船)

感 覚 度 合	
A	全く不快ではない。気をつければ感ずる程度
B	不快でなく僅かになる程度
C	感じ方が比較的大きく気にすればやや不快, BとDの間
D	少し不快だが、苦痛とは感じられぬ程度
E	長時間だと少し苦痛

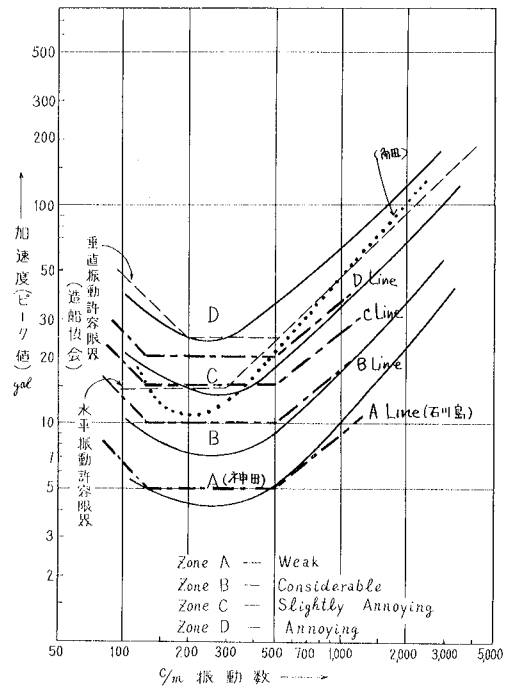


図2 船体振動の感覚

表3 船体振動感覚と加速度の関係

垂直振動		水平振動		
船首尾端	居住区	船首尾端	居住区	振動感覚
0.010g				非常にわずかに感ずる わずかに感ずる よく感ずる すこし不快感 非常に不快感 極端に不快感 やつと我慢できる 我慢できぬ g = 980 gal
0.010~0.025	0.010g	0.010g		
0.025~0.050	0.010~0.025	0.010~0.025	0.010g	
0.050~0.120	0.025~0.050	0.025~0.050	0.010~0.025	
0.120~0.250	0.050~0.125	0.050~0.125	0.025~0.050	
0.250~0.500	0.125~0.250	0.125~0.250	0.050~0.120	
0.500~1.000	0.250~0.500	0.250~0.500	0.120~0.250	
1.000	0.500	0.500	0.250	

4) 造船協会では、上記の実船測定の外に、航海計器その他の耐振性の問題、および振動によつて生ずる船体各部に生ずる振動応力の点からも検討して船体振動許容限界を提案している(図2)。

5) また石川島造船所では表2の如き感覚度合をきめ船体振動加速度の直接計測とそれに対応する感覚調査を行なつた。

不快感の限度は、室内と曝露部では異り、機関室では振動による不快感より騒音による不快感が先立つため、曝露部、居室、作業室および機関室の三分区に分まて振動階を解析し、また上下および水平方向の振動に対する感覚を含めて表わしている。図2には居住区限界線図を示した。

6) Diendonno は表3に示すように、船首尾端および居住区での加速度と振動感覚の関係を発表している。

7) 角田は乗心地、塔載器材の故障、機関の不平行力等すべてを考慮して、経験的に許容限界基準線を求めた(図2)。

表4 震動階(中央気象台1949年)

○：無感	人体に感じないで地震計に記録される程度 加速度は 0.8 gal 以下
I：微震	静止している人や、特に地震に注意深い人だけに感ずる程度の地震 0.8~2.5 gal
II：軽震	大ぜいの人に感ずる程度の ^ぞ 地震、戸障子がわずかに動くのがわかるぐらいの地震 2.5~8.0 gal
III：弱震	家屋がゆれ、戸障子がガタガタと鳴動し、電燈のようにつり下げ物は相当ゆれて、器内の水面が動くのがわかる。8.0~25.0 gal
IV：中震	家屋の動揺激しく、すわりの悪い花びん等は倒れ、器内の水はあふれでる。また歩いている人にも感じられ、多くの人々は戸外にとび出る程度の地震 25.0~80.0 gal
V：強震	壁に割目が入り、墓石、石とうろが倒れたり煙突、石垣などが破損する程度の地震 80.0~250.0 gal

(注) 地震の振動数は大体20~600C.P.Mの範囲、VI；烈震、VII；激震は略した。

表5 振動感覚と加速度

振動数 c.p.m.	加速度 gal.	振 動 感 覚
90	10	気をつければわかる程度
	20	不快とも考えられないが、はつきり感じられ振動のない船とはいえない
	30	やわらかくゆられる感じ、長くなると気になる
	40	弱震程度の地震で感ずるよう に、軽い驚きによつて意識に 印象づけられるが、不快感は 大したことはない。
	20~30	少し気になる。
150	30~50	不快、水平の場合腰かけると苦痛
350 ↓ 450	3	上下動ではかかをつければ感じ易く、つまてば感じ易くなる。 <small>エ =</small>
	5	軽微と思われる振動で、余り気にならない。
	10	全身に振動を感ずる。特に水平振動に感じ易い。しかし室外では感度は鈍くなる苦痛とはいえない。
	20	やや刺戟を受ける、机上で字を書くことが困難となる。
	30	室内で直立しているときの上下動は、長時間続くと困る。水平30.gal.では字を続むことが困難
	40	視覚にも、聴覚(きしる音)も感覚を生ずるため不快感が強調される。

900	10	上下、左右とも気をつければわかる程度
	25	上下動で椅子に腰かけていて少し感ずるが、そんなに不快でない。
	35~50	可成り感ずる、若干不快
	70~80	曝露甲板でも長く立つていると不快
2000	80	やや不快
	200	不快で停止のままで文字が二重に見える。

8)
J. E. Richards は、船体の2節および3節振動 (Frequency range 0~240 c.p.m.) においては、振動を感じ始めるのが0.3~0.6 gal.であると提案している。

以上の研究資料と、表5の如き振動感覚を総合して図2の如き振動数、加速度、振動感覚の関係を求めた。図3はさらに振幅との関係を求めたものである。

各振動感覚の区域は次の通りである。

Zone A; 全く不快でなく気をつければ感ずる程度

Zone B; 不快でなく、僅かに気になる程度

Zone C; 感じ方がやや大きく、少し不快だが、苦痛とは感じられない程度

振動の割合大きい船と考えられるが、なんとか我慢できる。

Zone D; 強く感ずる。長時間で不快となり、またせつと我慢できる。なんとか防振対策を考慮する必要がある。

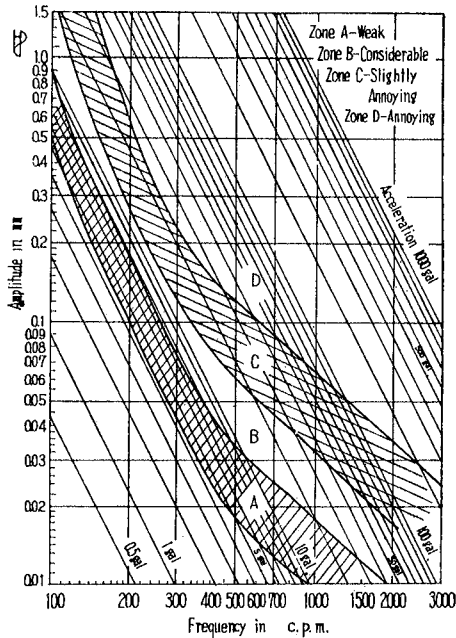


図3 船体振動の感覚閾 (B)

なお次のことを考慮して、測定された振動を判断しなければならない。

- (1) 低い振動数域では、水平振動が上下振動より感じ易い。
- (2) 室内と室外とでは同一加速度であっても感覚が違う。室外では振動感覚は鈍くなる。
- (3) 騒音のあるところでは、振動による不快感より騒音による不快感が先立つためか、振動そのものの感じ方が鈍くなるようである。
- (4) 上下方向と水平方向（前後、左右）の振動は常時存在するものである。それが複合されて感受されるものであろうが、実船測定では大きい方向の振動をとつて関係を求めたものである。単純な振動と複合された振動は感覚におよぼす影響は異なる筈であるが、その関係は明らかでない。

(5) 振動測定に用いる振動計は種々あるが、変位計を用いた場合には振動を単調和振動として加速度を算出している。

D. むすび

振動感覚に限らず、一般に感覚なるものは個人差があり、種々の条件で異なるものがある。しかし多数の統一された測定資料により整理すれば、比較的一般性のある船体振動感覚が求められるものである。

今回は、2、図3の如き振動感覚、振幅、加速度の関係を整理してみた。この関係を最終的に決定するにはなお今後の研究にまたなければならないが、一つの目安になると考えている。

(神田 寛)

参考文献

- 1) H. Reiher and F.J.Meister: The sensitivity of the human body to vibration, Forschung (UDI-Berlin), November 1931.
- 2) F.J.Meister: Sensitivity of human being to vibration, Forschung (UDI-Berlin), May-June 1935.
- 3) R.N.Janeway: Vehicle vibration limits to fit the passenger, Sea Journal, Aug., 1948.
- 4) 船体構造関東地区部会: 船体振動許容限界の提案, 造船協会誌, Vol.362, 昭和34年11月
- 5) 造船設計部: 船体振動に対する感覚とその調査, 石川島技報, Vol.14, No.44, Jan., 1957.
- 6) J.Diendonno: Vibration in Ship, TINA, Vol. 101, No.1, 1959.
- 7) 角田令二: 船体振動の限界基準線について, 部会会報.
- 8) J.E.Richards: Summary of existing information on the human reaction to vibration, The British Shipbuilding Research Association, Report No. 28, Jan., 1949.