

第 3 篇

船員設備に関する調査研究

I 船内緊急避難時における群集流

II 船員の上腕作業域について

I 船内緊急避難時における群集流

目 次

| | | |
|---|-----------------|-----|
| A | はしがき | 96 |
| B | 実験実施場所と使用測定器具 | 96 |
| C | 実験の基礎となる群集流理論式 | 96 |
| D | 実験より求める数値の測定結果 | 98 |
| E | 脱出時の群集流の数理的観測実験 | 100 |
| F | 脱出経路の選択調査 | 104 |
| G | むすび | 106 |

A はしがき

居住区全般の配置寸法を考えた場合、合理的な居住性を保たせるとともに、緊急時の脱出経路としての機能を十分考慮しなければならない。特に旅客船における人命安全上重要な課題であるにもかかわらず、この問題について系統的に検討された例がないため、主として緊急時の人員の流れを人間工学的見地から取扱い、実験および理論的検討を行なって、安全な階段・通路・甲板等の寸法、配置、構造等の設計資料をうることを目的として本研究を行なった。

B 実験実施場所と使用測定器具

| | |
|----------|------------------------------|
| 実験船 | 北斗丸(練習船) |
| 総トン数 | 1,631.27 |
| 全長(m) | 75.50 |
| 定員 | 職員 25人 乗組員 37人 実習生 80人 |
| 測定器具 | |
| 動作回数記録計 | 1台 |
| 8m/m 撮影機 | 3台 |

C 実験の基礎となる群集流理論式

避難時の群集流は第1次流出口より第n次流出口に至るまで1本の続いた流れとみることができるが、便宜上その流れの中途にP点を設け、P点に向って押しよせてくる方を集結群集、P点を過ぎて遠ざかる方を流出群集とする。P点の集結側が広い通路で、流出側が狭い階段とすると、階段の秒時定員を超える人員は集結側にしわよせして溜る。この群集を滞溜群集とよぶ。

群集流の解析方法は、例えばその船内径路を図1のように模型化し、 $P_1, P_2, P_3, P_4, \dots$ 点を設定する。 R_1, R_2 の部屋から群集が P_1 点に集結する人員数をあらわす集結式を Y_1 、 P_1 点から階段に流出する人員数をあらわす流出式を Y_2 とすると、 P_1 点に滞溜する人員数との関係は図2のとおりとなる。同様にそれぞれ、 P_2, P_3, P_4 においても同じ関係があるわけで、これらの考え方にしたがって居住区から甲板へ脱出する場合の群集流の解析が可能である。

理論式としては建研の戸川氏の式がある。

1. 集結式： Y_1

群集がある出口から流出する毎秒の流出人数は、 B を出口幅(m)、 N を毎秒幅1mに対する流出人員とするとき、 BN によって表わされる。 N を流出係数とよぶ。そして n カ所の種々な幅の出口から流出する毎秒の流出人数は

$$\sum_{i=1}^n B_i N_i$$

で、これらの群集の毎秒P点に集結する人員は次式のとおりである。

$$Y_1 = \sum_{i=1}^n \int_0^T N_i(t) B_i \phi_i(t) dt \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 ϕ_i は毎秒P点集結者と他に去るものとの比率(%)で、また、P点との距離を K_i 、群集の走行速度を V 、出口における開扉時間を

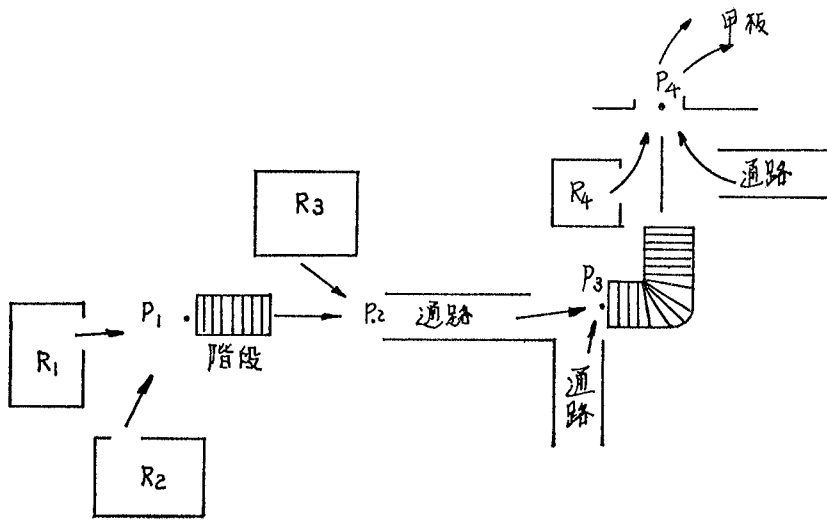
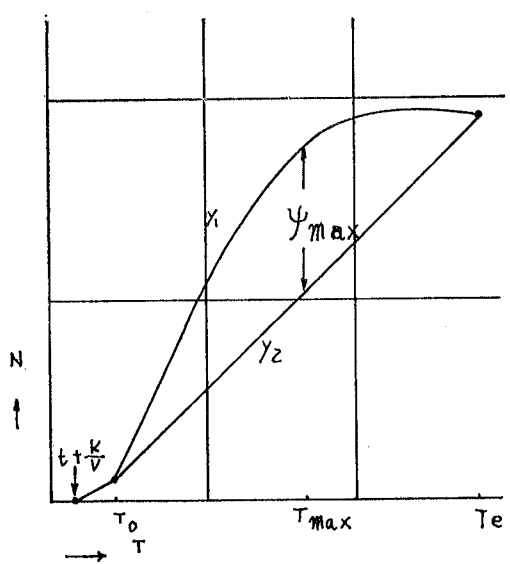


図 1



γ_1 ; 集結式, γ_2 ; 流出式, ψ ; 滞留式
 N ; 人員, T_e ; (P_1 点)通過時間
 T_{max} ; 最大滞留の生ずる時刻
 T_0 第2次流出口にて定常流出現時刻

図 2

t'_i , 出口における流出終了時刻を t_{ei} とすると,
 と,

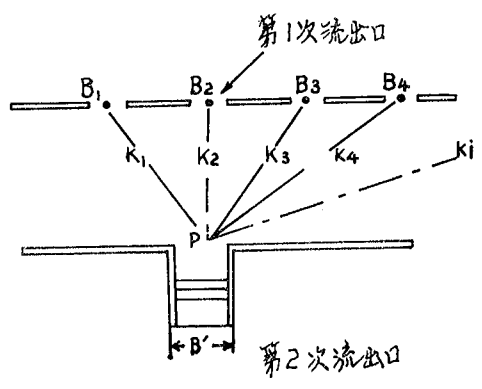


図 3

$$\left. \begin{aligned}
 t'_i + K_i/v > t > t_{ei} + K_i/V & \quad N_i(t) = 0 \\
 t'_i + K_i/v < t < t_{ei} + K_i/V & \quad N_i(t) = \text{const} \cdot t \\
 \dots\dots\dots & \quad (2)
 \end{aligned} \right\}$$

2. 流出式: Y_2

図3において, n カ所の出口(第1次流出口)から流出した群集が, 次の出口(第2次流出口)の中心点Pに向って殺到し, そこより流出する有様はつぎのような経過をたどる。第2次流出口の幅を B' , 毎秒幅 $1m$ に対する流出人員を N' とするとき, 毎秒P点への集結人員が $N'B'$ と等しいとき, あるいは $N'B'$ をこえるとき

は、それ以後の P 点における流出は定常流となる。

この定常流の生ずる時刻を T_0 とすれば、

$$Y_2 = \sum_{i=1}^n \int_0^{T_0} Ni(t)Bi\phi_i(t)dt + (T - T_0)N'B' \dots\dots\dots(3)$$

ただし、(1)式と同様(2)の条件がある。

3. 滞溜式： ψ

$$\psi = \sum_{i=1}^n \int_0^T Ni(t)Bi\phi_i(t)dt - \left\{ \sum_{i=1}^n \int_0^{Tmin} Ni(t)Bi\phi_i(t)dt + (T - Tmin)N'B' \right\} \dots\dots\dots(4)$$

一般に定常流を生ずる時刻 T_0 と、滞溜を生ずる時刻 $Tmin$ は同時である場合が多い。この場合は、

$$\psi = Y_1 - Y_2 \dots\dots\dots(5)$$

で、滞溜の始まる時刻 $Tmin$ と最大滞溜を生ずる時刻 $Tmax$ は、 ψ 式を微分して次のとおり求められる。

$$\frac{d\psi}{dT} = \sum_{i=1}^n Ni(T)Bi\phi_i(T) - N'B' = 0 \dots\dots\dots(6)$$

4. 避難時間： Te

避難群集総員を Na とすると、 Te は

$$Te = \frac{1}{N'B'} \left\{ Na - \sum_{i=1}^n \int_0^{T_0} Ni(t)Bi\phi_i(t)dt \right\} + T_0 \dots\dots\dots(7)$$

となり、避難時間の計算は第1次流出口より第 n 次流出口までの集結、流出、滞溜の連続で、以上の理論式により刻々の状況を各流出口ごとに求めることができる。実用的には避難時間は最終流出口 1カ所の近似計算で済むことが多い。近似計算は最終流出口 ($B'N'$) より群集至近距離を Ks 、群集走行速度を V とするとき、群集先頭到着以後は群集流出を連続と考えて、

$$Te = \frac{Na}{B'N'} + \frac{Ks}{V} \dots\dots\dots(8)$$

となる。

D 実験より求める数値の測定結果

1. 群集密度： ρ

群集流を考える場合、群集密度 ρ と流動速度 V および流出係数 N との関係は、定常流において次のようになる。

$$Te = \frac{\rho L}{NB}, \quad V = \frac{L}{Te} = \frac{N}{\rho}$$

ただし、 $\rho=1$ 以下の密度では個々の自由歩行が可能となるので適用できない。(図4)

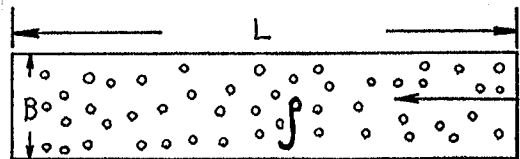


図 4

実習生を被験者として、後部甲板の $2m \times 2m$ のしきり内、または周壁を持つ部屋に押し込めて実測した。その結果は表1のとおりである。

2. 避難時の走行速度 V

単独走行と群集走行に分け、上甲板左舷通路ならびに Boat 後方階段で実習生に走行させて測定した。

表1 群集密度

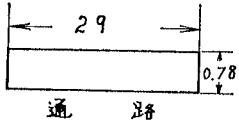
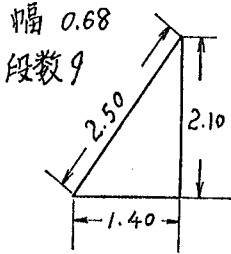
| ρ (人/ m^2) | 状 態 |
|--------------------|--------------------------|
| 1.5 | 全員横臥可能 |
| 2 | 2/3 横臥, 1/3 坐る |
| 2.5 | 1/3 横臥, 2/3 坐る |
| 3.5 | 全員坐れる |
| 5 | 隣合った人の衣服が軽くふれ合う程度 |
| 8 | その中で新聞、雑誌が読める |
| 10 | 四囲から体圧が加わる。無理すれば落とし物が拾える |
| 11 | 超密度群集、身動きがまったくできない |

チョッキ型、枕型救命胴衣着用の場合

| ρ (人/m ²) | 状 態 |
|----------------------------|----------------------------|
| 2 | かなり自由, ある程度作業可能 |
| 3 | 手は自由に動く, 前かがみ可能 |
| 4 | 軽くふれ合う, 物が拾える, 身体をまわすことが可能 |
| 5 | 身体をまわすことは不可能, やや体圧加わる |
| 7.5 | 限界, 身動きはまったくできない |

表 2 走 行 速 度 実 測 例

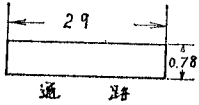
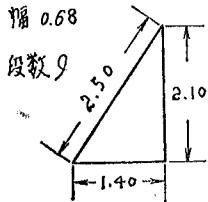
(単独走行)

| | 測 定 場 所 (単位: m) | 被 検 者 数 | 状 態 | 走 行 速 度 (m/s) | |
|------------------|--|------------|--------------------------------|------------------------|--------------|
| | | | | 範 囲 | 平 均 |
| 水 平 走 行 |  | 10 | 停泊中 救命胴衣着用 | 3.8~5.7 3.6~5.6 | 4.9 4.7 |
| | | 10 | 航海中 (動揺あり)*1 救命胴衣着用 " | 3.6~4.5 | 4.0 |
| 階 段 走 行 |  | 10 | 停泊中 (昇) 救命胴衣着用 (降) | 0.96~1.25 1.04~1.14 | 1.09 1.07 |
| | | | 航海中 " (昇) (動揺あり)*1 " (降) | 0.83~1.14 0.89~1.25 | 0.95 1.11 |
| | | 10 | 停泊中 (昇) 救命胴衣着用 (降) | 0.96~1.25 1.04~1.14 | 1.09 1.07 |
| | | | 航海中 " (昇) (動揺あり)*1 " (降) | 0.83~1.14 0.89~1.25 | 0.95 1.11 |

水平走行代表値 4~5m/s

階段走行代表値 1m/s

(群集走行)

| | | | | | |
|------------------|---|------|-----------------------------|------------------------|--------------|
| 水 平 走 行 |  | 20×5 | 停泊中 救命胴衣着用 | 4.02~4.40 | 4.14 |
| | | 20×5 | 航海中 (動揺あり)*1 " | 3.26~3.54 | 3.41 |
| 階 段 走 行 |  | 20×5 | 停泊中 " (昇) 救命胴衣着用 (降) | 0.68~0.75 0.74~0.82 | 0.73 0.78 |
| | | | 航海中 " (昇) (動揺あり)*1 " (降) | 0.63~0.78 0.70~0.88 | 0.70 0.78 |
| | | 20×5 | 停泊中 " (昇) 救命胴衣着用 (降) | 0.68~0.75 0.74~0.82 | 0.73 0.78 |
| | | | 航海中 " (昇) (動揺あり)*1 " (降) | 0.63~0.78 0.70~0.88 | 0.70 0.78 |

水平走行代表値 4~5m/s
階段走行代表値 1m/s

注) *1 航海中の動揺

| Time | Heeling Angle P × S | Period |
|------|------------------------|--------|
| 1315 | 5° × 3° | 14 s |
| 1330 | 4° × 2° | 13 s |
| 1345 | 8° × 4° | 14 s |

結果は表2のとおりである。

3. 群集流出係数：N

避難時の部屋出入口，通路，階段等における群集流出係数は，被験者の種類，昼間，救命胴衣の有無，船の傾斜度，動揺等により変わるが，第1段階として昼間，停泊中の平静時およびわずかな動揺時に，救命胴衣をつけた実習生を対象として個々に測定した。

種々の条件のもとで各所の流出係数を整理して決めれば，避難時間の計算が可能と考えられるからである。

表3にその測定結果を示す。なお次節の脱出時の群集流の数理的観測実験より得られたN値，流出速度の値をつけくわえた。

E 脱出時の群集流の数理的観測実験

Dにおいて，出入口，通路，階段のそれぞれについて個々に走行速度，群集流出係数等を測定した。ここでは実際に火災発生を仮定して，つぎの想定で実験を行なった。

1. 実験想定 (図5参照)

a 実験I

○2nd Deck 実習生居住区3号室より出火→被験者各室8名在室(1, 2号室は除く)

○脱出経路

3……9, 10号室→10号室船尾側階段(q)→病室横階段(m)→Shelter Deck 出口(A)

b 実験II

○2nd Deck 実習生居住区10号室より出火→被験者各室8名在室(1, 2号室は除く)

○脱出経路

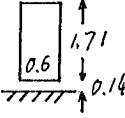
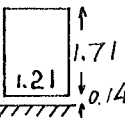
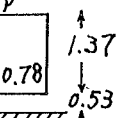
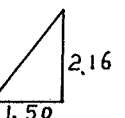
3……9, 10号室→居住区船首側階段(p)→教室船首側階段(l)→読書室前左舷出入口(B)→Shelter Deck

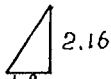
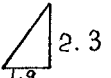
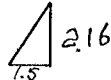
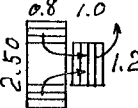
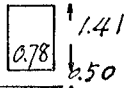
c 実験III

○教室→教室船首側出入口(左, 右)(D)→教室船首側階段(l)→読書室前左舷出入口(B)→Shelter Deck

2. 実験結果

上記想定にもとづき計測した結果は次のとおりである。

| 測定場所 (単位 m) | 被検着数 ×回数 | 状態 | N (1/m/s) | |
|---|-------------|---------------|------------------------|--------------|
| | | | 範囲 | 平均 |
| 2号実習 生居室  | 20×5 | 停泊中救命胴衣着 | 2.90~3.37 | 3.18 |
| | | " 航海中 (動揺あり)" | 3.00~3.12 | 3.00 |
| 教室後 部出入口  | " | 停泊中 " | 3.76~4.15 | 3.94 |
| | | " 航海中 " | 3.46~3.88 | 3.70 |
| 机L前部 シルハイト  | " | 停泊中 " | 1.84~2.12 | 1.96 |
| | | " 航海中 " | 1.45~1.84 | 1.64 |
| 幅1.2 段数9 丸  | " | 停泊中 " | 1.08~1.31 1.02~1.12 | 1.25 1.08 |
| | | " 航海中 " | 0.98~1.09 0.89~1.04 | 1.01 0.96 |

| 測定場所 | 流出速度 % | N (1/m/s) |
|--|--------|-----------|
| g 幅0.8 段9  | 1.27 | 1.59 |
| m 幅0.8 段9  | 1.00 | 1.25 |
| 丸 幅1.2 段9  | 1.455 | 1.21 |
| L 高さ2.16 段3+5  | 1.255 | 1.05 |
| | 1.21 | 1.00 |
| B  | 1.058 | 1.35 |
| | 1.11 | 1.42 |

階段心表値 1~1.5 1/m/s

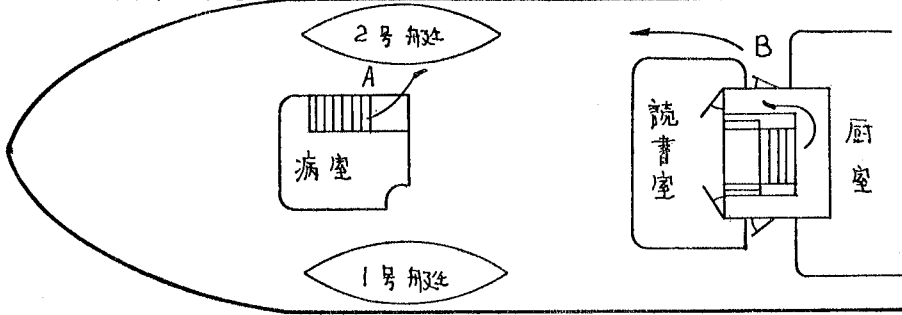
出入口代表値 - シルハイト 0.14 - 3~4 1/m/s

シルハイト 0.5 - 1.5~2 "

表3 群集流出係数実測例

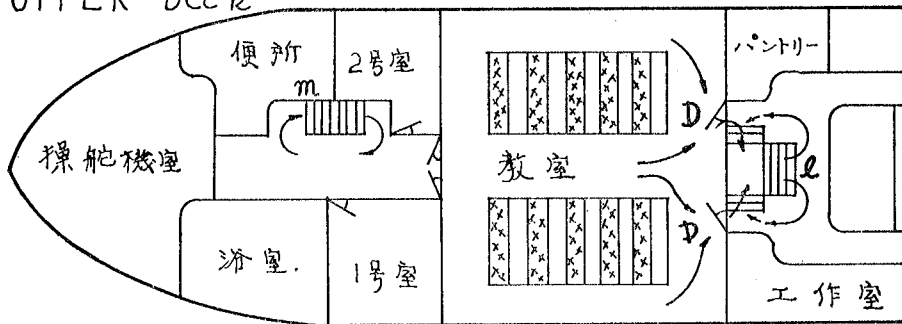
北斗丸 実習生居住区および実験想定

SHELTER Deck



(実験Ⅲ) 教室後部より出火

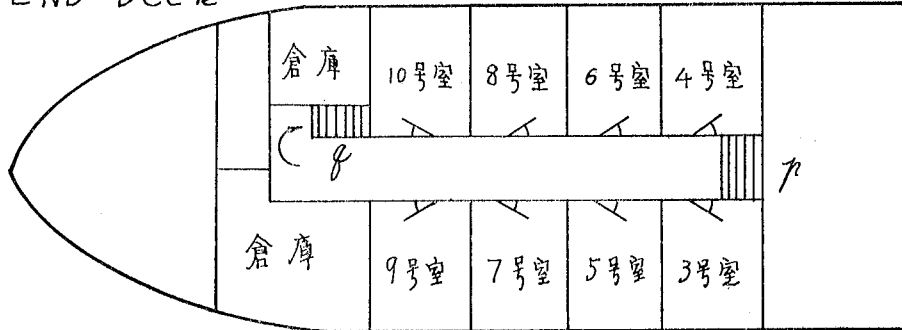
UPPER Deck



(実験Ⅰ) 2ND DKの3号室より出火

3...10号室 — g — m — A

2ND Deck



(実験Ⅱ)

2HD DKの10号室より出火

3...10号室 — h — e — B

図5 北斗丸実習生居住区および実験想定

(i) 実験 I

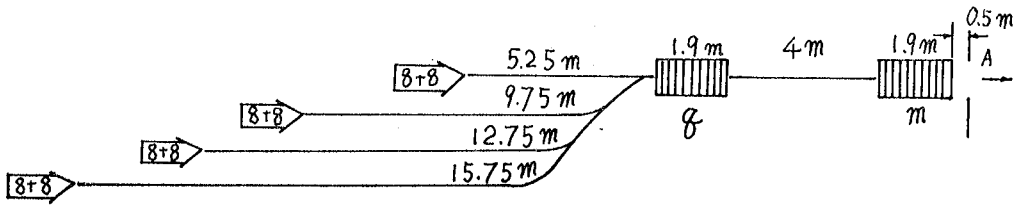


図 6

表 4

| | 通路 (3~10号 室) ~ q | 実習生 10 号室の 船尾側階段 q | 通路 q ~ m | 実習生 2 号室の 船尾側階段 m (A 出口含む) |
|-------------------|---|---------------------------|-------------|----------------------------------|
| 水平走行速度 (m/s) | 4.0 | | 3.0 | |
| 階段走行速度 (m/s) | | 0.76 | | 0.76 |
| 階段流出速度 (人/s) | | $\frac{64}{5.04} = 1.27$ | | $\frac{64}{64} = 1.00$ |
| N (流出係数) (人/m/s) | | $\frac{1.27}{0.8} = 1.59$ | | $\frac{1.00}{0.8} = 1.25$ |
| 群集密度 $N/v = \rho$ | | 2.11 | | |
| 避難時間 (s) | $\left(\frac{5.25}{4} + \frac{1.9}{0.76} + \frac{4.0}{3} + \frac{1.9}{0.76} + \frac{0.5}{0.3}\right) + 64 = 7.18$ | | | |

(ii) 実験 II

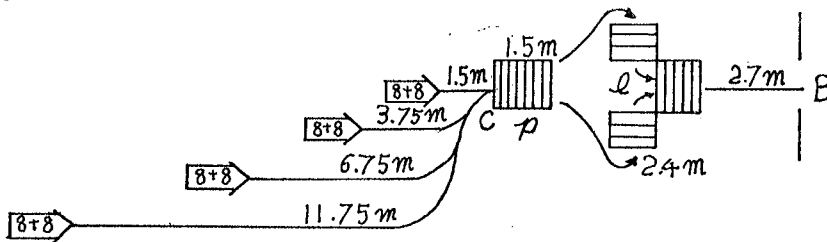


図 7

表 5

| | 通路 (3~10号 室) ~ c | 実習生 3, 4 号 室横階段 p | 通路 p ~ l | 教室船首側の 階段 l | 通路 l ~ B | 読書室前 左舷出口 B |
|-------------------|--|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|-----------------------------|
| 水平走行速度 (m/s) | 4.0 | | 3.0 | | 3.0 | |
| 階段走行速度 (m/s) | | 0.76 | | 0.76 | | |
| 流出速度 (人/s) | | $\frac{64}{44} = 1,455$ | | $\frac{64}{51} = 1,255$ | | $\frac{64}{60.5} = 1.058$ |
| N (流出係数) (人/m/s) | | $\frac{1,455}{1.2} = 1.21$ | | $\frac{1,255}{1.2} = 1.05$ | | $\frac{1,058}{0.78} = 1.35$ |
| 群集密度 $N/V = \rho$ | | 1.6 | | 1.3 | | |
| 避難時間 (s) | $\left(\frac{1.5}{4} + \frac{1.5}{0.76} + \frac{2.7}{3} + \frac{2.4}{0.76} + \frac{2.7}{3}\right) + 6.05 = 68$ | | | | | |

(iii) 実験III

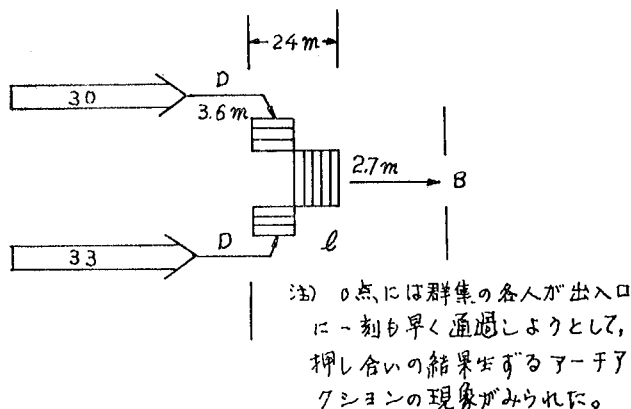


図 8

表 6

| | 通路 ~ D | 教室船首側出口 D | 教室船首側階段 1 | 通路 1~B | 読書室前左舷出口 B |
|-----------------|--|--|--------------|-----------|----------------------------|
| 水平走行速度 (m/s) | 3.0 | | | 3.0 | |
| 流出速度 (人/s) | | 左 $\frac{30}{34.5} = 0.87$ 右 $\frac{33}{37} = 0.89$ | | | $\frac{63}{56} = 1.11$ |
| N(流出係数) (人/m/s) | | 左 $\frac{0.87}{0.75} = 1.16$ 右 $\frac{0.89}{0.75} = 1.16$ | | | $\frac{1.11}{0.78} = 1.42$ |
| 階段走行速度 (m/s) | | | 0.76 | | |
| 避難時間 (s) | $\left(\frac{3.6}{3} + \frac{2.4}{0.76} + \frac{2.7}{3}\right) + 56 = 61.25$ | | | | |

注) 教室船首側出口DのNは、階段1の入口にすぐ直結しているため、前節DのようにD単独に求めたNの値とは比較できない。

F 脱出経路の選択調査

危急避難時に乗組員がどのような経路で行動するかを調査した。乗組員(実習生含む)の総端艇部署操練時の主要通行経路を調査し、また階段昇降人員を出して船内諸設備の検討資料とした。部署発令により各自室に救命胴衣をとり、ある者は救命艇に積込む要具を Boat Deck の要具置場所に取りに行き、おのおの定

められた救命艇の配置につく。主要経路と各階段人数は、図 9、表 7 のとおりである。北斗丸では救命胴衣格納場所は各自室であり、救命艇属具のうち、ポータブルコンパス、用具筐、セール、ポータランプ等は Boat Deck の要具格納庫におさめている。(救命艇属具は常に救命艇に積込んでおくことが望ましい)。このため各階段は昇降が入りみだれ混乱をおこしている。

表 7 総端艇部署操練時、乗組員の各階段昇降人数

被調査船：練習船北斗丸

| 階 段 名 称 | 昇降別 | 実 習 生 | | | | 乗 組 員 | | | 合 計 第13 回の 回数計 | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------|-----|-----|-----|-------|-----|----|-------------------------|----|
| | | 第1回 | 第2回 | 第3回 | 計 | 第1回 | 第3回 | 計 | | |
| Bridge Deck ～Boat Deck | a 無線室 右舷側, 外階段 | U | | | | | | | | |
| | | D | 2 | 3 | 2 | 7 | | 1 | 1 | 5 |
| | b 通士室 左舷側, 外階段 | U | | | | | | | | |
| | | D | 6 | 8 | 2 | 16 | | | | 8 |
| | c 無線室 左舷側, 中央内 階段 | U | | | | | 1 | 2 | 3 | 3 |
| | | D | 1 | | 3 | 4 | 2 | 2 | 4 | 8 |
| Boat Deck～Shelter Deck | d 1 航士室 右舷側, 外階段 | U | | | | 5 | 5 | 10 | 10 | |
| | | D | | 1 | 1 | 2 | | 6 | 6 | 7 |
| | e 次1 機室 右舷側, 外階段 | U | | | | | 2 | | | |
| | | D | | | | | | | 2 | 2 |
| | f 1 航士室 左舷側, 中央内 階段 | U | | | | | 5 | 7 | 12 | 12 |
| | | D | 1 | | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 6 |
| | g 読書室船尾側 右舷 外階段 | U | 25 | 24 | 19 | 68 | 2 | 1 | 3 | 47 |
| | | D | 14 | 10 | 12 | 36 | | 2 | 1 | 28 |
| | h “ 左舷 外階段 | U | 21 | 26 | 38 | 85 | 7 | 6 | 13 | 72 |
| | | D | 11 | 7 | 18 | 36 | | | | 29 |
| | Shelter Deck～Upper Deck | i 船 首 暗 室 横 階 段 | U | | | | | | | |
| | | | D | | | | | | | |
| j ジャイロ室 船 尾 側 階 段 | | U | | | | | 19 | 12 | 31 | 31 |
| | | D | 1 | | 2 | 3 | 1 | 7 | 8 | 11 |
| k エンジンケーシ ン グ 左 舷 側 階 段 | | U | | | | | 15 | 15 | 30 | 30 |
| | | D | | | | | | | | |
| l 教室船首側階段 | | U | 18 | 25 | 29 | 72 | 2 | 1 | 3 | 50 |
| | | D | 9 | 10 | 11 | 30 | | 1 | 1 | 21 |
| m 実習生 2号室 船 尾 側 階 段 | U | 41 | 38 | 38 | 117 | | | | 79 | |
| | D | 7 | 7 | 22 | 36 | | | | 29 | |
| Upper Deck ～2nd Deck | n 1 番船倉ハッチ 船 首 側 階 段 | U | | | | 11 | 9 | 20 | 20 | |
| | | D | | | | 5 | 8 | 13 | 13 | |
| | o 2 番船倉ハッチ 船 尾 側 階 段 | U | 1 | | | 1 | 19 | 16 | 35 | 36 |
| | | D | 1 | | | 1 | 3 | 4 | 7 | 8 |
| | p 実習生3, 4号室 横 階 段 | U | 17 | 26 | 25 | 68 | | | | 42 |
| | | D | 10 | 8 | 13 | 31 | | | | 23 |
| | q 実習生 10号室 船 尾 側 階 段 | U | 31 | 25 | 33 | 89 | | | | 64 |
| | | D | 4 | 10 | 23 | 37 | | | | 27 |

注 1)

| 調査回数 | 調査日時 | 航 泊 | 被 検 査 者 数 | | 実 習 生 乗船後経過日数 |
|-------|----------|-----|-----------|-------------|------------------|
| | | | 乗組員 | 実 習 生 | |
| 第 1 回 | 38. 8.14 | 航海中 | 55 | 61 (商船高校長期) | 4 カ月 |
| 第 2 回 | 39.10. 6 | 同 上 | 0 | 65 (商船大学3年) | 5 日 |
| 第 3 回 | 39.11. 8 | 同 上 | 55 | 75 (商船大学2年) | 3 日 |

注 2) 部署発令より各救命艇に集合するまでの所要時間……約 5～6 分

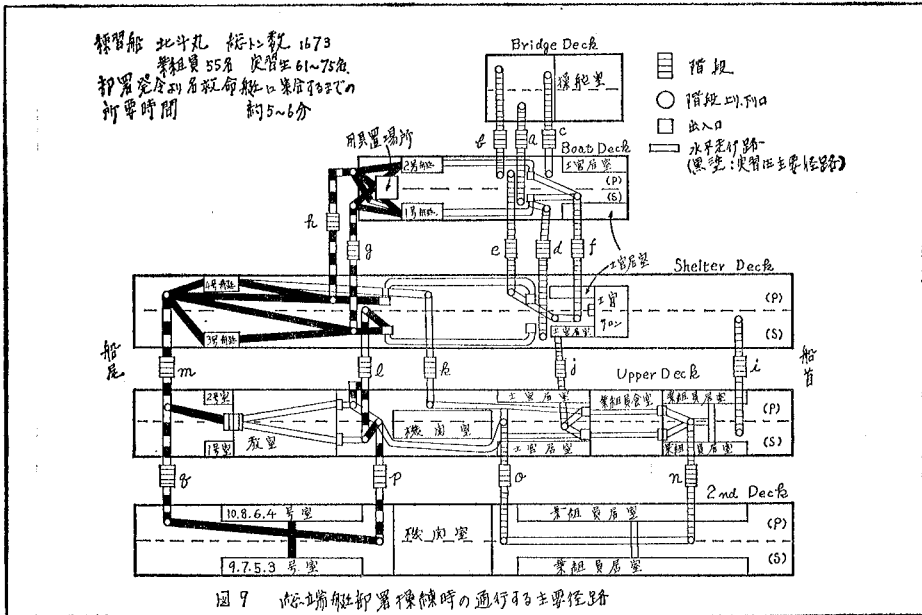


図9 総端艇部署操練時の通行する主要経路

階段，通路，甲板等の寸法，配置，構造等の検討とともに，救命胴衣ならびに救命艇に積込む要具置場所を，群集流をみださないよう考慮して配置することが大切である。

G むすび

1. 避難時の走行速度ならびに群集流出係数の標準値を実測により決めれば，避難時間を計算することができる。

2. 今回は，実習生を対象として昼間，平静時またはわずかな動揺時，救命胴衣着装の状態で2, 3の計測を行なった。今後は被験者の種類別，昼間夜間別，傾斜時動揺時別に種々の条件のもとで，水平走行，群集流出係数等を観測整理する必要がある。

なお，つぎの点に特に問題が残っている。

a 出入口の幅とシルハイト（踏込高）

船では海水の打込みに対する考慮としてシル

ハイトが存在するが，これが非常時に群集流の流出に当り妨害物となり，流出時間に与える影響が大きい。系統的にシルハイトの影響を考察する必要がある。

b 階段

流動速度は傾斜角および群集密度と関係があり，さらに幅については，1縦列か2縦列かの影響によって左右され，3縦列以上では手すりをつけるとかして，階段上の混乱を起さない方法と階段上の混乱を起さない群集密度の検討を必要とする。

c 非常の際に開放甲板に脱出する場合の所要時間の目標を定め，想定による避難時間を計算することによって階段・通路・甲板等の寸法，配置，構造の検討が可能となってくるが，救命胴衣等の格納場所も群集流をみだす原因とならないよう配慮する必要がある。

(神田 寛)