船上の避難行動のシミュレーション－I.

勝原光治郎* ・ 亀山 道弘** ・ 宮田 修*
高杉 喜雄*** ・ 阪根 靖彦***

Simulation of Human Escape on Board－I.

Mitujirou KATUHARA, Michihiro KAMEYAMA, Osamu MIYATA,
Yosio TAKASUGI and Yasuhiko SAKANE

Abstract

Simulation program of human escape on board is made to search for escape safety of passenger ship. Escape area is described by networking of node-path-space system. It is assumed that human walk on path rationally and that individuals choose the shortest route to assemble station. The parts of the route on deck except where he is, is defined as virtual distance. This is psychological parameter. Six demonstrations on board are carried out to verify simulation program. Number of testees is 126, 88 or 76. Walking speed, maximum flux of human flow and escape time are measured by video pictures. Branching points of human flow are observed. After demonstration testees answer a questionnaire on their mental state at decision of route.

For practical use simulation is compared with demonstration and good agreements are obtained.

1. はじめに

国際航海に従事する旅客船においては乗客乗船後24時間以内の操練が義務付けられているが、この場合基準となるのは脱出経路図と非常配置表である。しかし、実際の緊急時にこの通りに避難が実行されるとは限らない。例えば火災の場合火元が中央階段であれば、船首・船尾に分かれて乗客が誘導されたり、また誘導なしで乗客が行動することもありうる。こうした実際的なリスクマネジメントは設計段階では必ずしも十分には検討されていないようである。また、すべての旅客船に十分なリスクマネジメントが検討されているとはかぎらないようである。

脱出経路図は各船室からの脱出経路を示し、その脱出計画人数に対する避難経路の幅を1人1cm⁽¹⁾の思想で確保したものである。1人1cmとはその避難要素での滞留時間が約1分ということを意味しており、脱出経路図は避難要素の避難性能の確保を目指したものと見える。(なお、非常配置表は出航時に全船員の非常時配置部署と役割を定めたものである。)つまり、現行規則では総避難時間は問題にしていない。これは船舶が小さいときには総避難時間は問題にしないで済んだからだと思われる。

ところが、近年旅客船は大型化する傾向にある。例えば次世代10万総トン級クルーズ船は旅客定員2千人を超える。このような多人数がいる場合、陸上の百貨店等の建築物に対してさえトータルな避難安全を確保するよう義務付けられている。IMOでも近年、老人や障害者を考慮した総避難時間をも問題にする傾向にある。

1994年9月のエストニア号の事故を契機として、IMOはRO-RO旅客船(カーフェリーなど)の安全基準

* 正会員 運輸省船舶技術研究所 (〒181 三鷹市新川6-38-1)

** 非会員 運輸省船舶技術研究所 (〒181 三鷹市新川6-38-1)

***非会員 運輸省航海訓練所 (〒231 横浜市中区北仲通5-57 横浜第二合同庁舎20階)

の見直しを行い、1995年11月SOLAS条約を改正した。その中に、1999年7月1日以降に建造されるRO-RO旅客船は設計時の早い段階で避難解析を行うべきことなどが含まれている。

ただ、避難安全はひとりRO-RO旅客船のみに必要なことではない。すべての旅客船に必要な安全要件と考えられる。

そこですべての旅客船に対して総避難時間、避難要素の条件、避難経路および船内一般配置図等の検討ができる避難安全解析方法を考えることにした。そして、近年の計算機の発達に基づいて、人間の避難行動を計算機上でシミュレートする技術を開発し、このツールを用いて避難解析をしようと考えた。

船上の避難行動のシミュレーション技術が完成すれば、被験者として多人数を動員し、したがって時間・労力・経費を費やすデモンストレーションを毎回行う必要がなく、条件を自在に変えて結果を調べることができるので便利である。

事故時に人々がパニックになるのは限定された状況に限られ、その事例は多くないという研究報告⁽²⁾⁽³⁾もある。すなわち、パニック発生の条件は多くの研究者によって次の4つが指摘⁽⁴⁾されている。(1)脅威の認知、(2)脅威切迫の認知、(3)脅威そのものは制御不可能という認知、(4)脅威は直ちに行動することによって回避できるという認知の4つである。換言すれば、このような認知がなければ、パニックにならない。例えば、脱出口が閉じていると認識されれば人々は無気力になるだけである。また、脱出口が閉じようとしていなければパニックにならない。

さらに、人々がパニックに陥った時は十分危険状態であり、安全評価上改めて避難シミュレーションを行う必要はない。そこで、人々が理性的に行動することを前提にシミュレーションプログラムを作ることにした。

事故によっては、決められた避難経路を乗客が行動する場合と避難経路を自ら選択して行動する場合がある。今回報告するのは後者の場合で、居室以外からの避難や誘導のない時の避難で、経路選択に人間の心理量が絡むと考えモデルを作った。

シミュレーション計算は実験や現実と合致するかを検証することが必須である。避難の実船実験は過去には「くれない丸」脱出実験⁽⁵⁾⁽⁶⁾や階段又は出口の通過に関する実験⁽⁷⁾⁽⁸⁾等が実施され、出入口等の避難設備の要件が検討されたが、本避難シミュレーションの検証に必要なデータはないので、新たに実船実験を計6回行った。

そして、シミュレーション計算によって実験結果を再現しモデルの有効性を検証することができたので、報告する。

2. シミュレーション計算

2.1 シミュレーションモデル

図1に示すように船内の避難経路に関わる空間をnode-path-space系で描き、経路をネットワーク化する。nodeに最大流出速度（出入口等脱出経路での人の単位時間あたり限界通過人数）を与え、pathにその長さを与え、spaceに容量を属性として与える。避難者は個体として扱われ⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾、nodeを越えるときおよび滞留群衆の先頭および最後尾の場合に経路選択をすることとした。集合場所までの最短時間経路を選択することとした。この場合、避難者は自分の属する甲板内の情報は入手できるが、他甲板の状況は想像し推定する。自甲板から先の集合場所までの距離を滞留時間も含めて推定したものを想像距離と定義し、この想像距離を同一甲板の人々に共通な集団心理量とした。避難者は想像距離÷歩行速度+自甲板歩行時間+自甲板滞留時間が最小の経路を選択する。

想像距離は心理量でありこれを変数として実船実験結果を再現するよう計算を繰り返した。

2.2 想像距離

本モデルの想像距離という概念を図2に示す。集団心理量なので2つの甲板から3つの階段を通るので6個だが、 $z=0$ 甲板の第一教室から上の甲板に行く経路は1つしかないので変数

図1 node-path-space系

にならないので省くと、5 個となる。

建築物からの避難計算⁽¹¹⁾⁽¹²⁾では、部屋からの総員退出時間に待ち行列問題が使われているが、これは百貨店などの火災部屋から人々が最短時間で避難したいという動機をモデル化したと思われる。しかし、船舶の場合部屋からの避難よりも船から脱出するために避難場所までに早く着きたいという願望があるだろうと考えた。その場合、自分の甲板以外の所では想像力が働いているだろうと考えて本モデルができた。

図2 想像距離の概念

避難行動は個人々が個人的な動機で動くと考えるのは不自然である。人間は群集の一員となった瞬間から原始的な集合精神を共有し、これに従って知覚し、認識し、行動する。集団では個人の知覚、認識、行動が伝染し、模倣されやすい場合もあれば、抑制され、消滅するものもある。したがって、集団の心理を特徴付けるパラメータによって避難行動を記述しなければならない。

本研究の領域は人間の理性的判断の働く範囲であるが、逆にこの範囲の外であるパニックの文献⁽⁴⁾を追うと、フロイトは集団の本質である成員間のリビドー的結合が消失する結果生じる⁽¹³⁾とし、クアランテリは非社会的特徴を持つことがパニックを整然とした避難行動と区別する基準になる⁽¹⁴⁾とし、ラング夫妻は集団規範が解体し自己本位的状況への集合的な退行をすることとパニックを規定し⁽¹⁵⁾、スメルサーは彼のパニックモデルに社会統制の喪失を決定要因として組み込んでいる⁽¹⁶⁾。パニックの合理性を強調するミンツ⁽¹⁷⁾やブラウン⁽¹⁸⁾も集団の利益を犠牲にして自分の利益だけを図ろうとしてパニックになるとしている。つまり、パニック以前の状態では集団的結合があるというのは多くの研究者の前提であったり、結論であったりしている。(パニックが個人心理なのか、集団心理なのかは意見が分かれている。)

避難の集団行動における目標は、例えば心理的勘違いがあったとしても、避難場所への早期の到着であることは間違いない。状況を知覚できない場所は個人が想像すると同じような想像過程が集団にも行われているだろう。例えばリーダーシップや集団の流れの勢いが個人々の想像に影響を与え且つ影響を受け、集団として想像をしたと等価な結果を生み出すのではないか。この考えは後述する実船実験結果（避難経路に分岐点があるということ）に示唆され補強されている。

なお、想像距離は距離概念だけでなく、混雑度の概念も含まれていることに注意せねばならない。到達困難度を示す。混むと想像されると想像距離は長くなる。

また、集団が違えば想像の仕方が異なり、避難経路が変わってくるということもありうる。例えば団体旅行の乗客集団とたまたま乗り合わせた乗客集団では避難経路も避難時間も異なってくるのではないかと考えられる。他の例を挙げれば、平面図は同じでも色彩など雰囲気で選択されにくい経路もあるだろう。そうした心理的要因が避難行動に与える影響を想像距離で説明できるのではないかと考えた。

一方、避難者が自分の属

図3 計算機画面

する甲板内の情報は入手できるという仮定は、自分のいる甲板の状況は個々人はすべて知りえなくとも、知っている他者の動きや反応によって集団に伝達され、集団としての知覚が成立すると考えて立てている。

2.3 歩行速度と流出速度

今回の計算では歩行速度や最大流出速度については固定値を与えた。実船実験で得た階段・通路の歩行速度を参考にして、通路の歩行速度を与え、階段の歩行速度はその1/2とした。また、実船実験で得た階段・通路・出入口の流出速度（人／秒）の値を入力データとした。

しかし、歩行速度は一般的には人について大人、老人、子供、障害者などのタイプ毎に、歩行速度、行動開始遅れ時間を指定して計算する。なお、最大流出速度については流出係数をプログラム内に設定し、通路幅を入力して計算するよう将来改編する予定である。

2.4 出力表示

計算機画面上には図3のように船内一般配置図上を避難者個々人（○印）が動き、滞留箇所に滞留人数、集合場所に避難完了者人数を示す円が描かれる。また、同図左上2つのウィンドウには同一スケールで実験結果のルート別避難時間と計算結果が表示され、甲板別ルート別人数や想像距離などの変数を書き込まれるので、実験と計算の結果を比較し、変数（想像距離）を変えて計算を繰り返し、実験結果を再現する試みが能率よくできる。

また、滞留箇所を示す円によって、どこがどの程度避難の妨げになっているかが分かる。

3. 実船実験

3.1 実船実験の方法

3.1.1 船舶および被験者

避難行動の実船実験を1994年12月（H6と略記）および1995年7月（H7と略記）運輸省航海訓練所の練

図4 青雲丸一般配置図

習船「青雲丸」(5,044総トン)で東京港接岸中に行った⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾⁽²¹⁾。実験に使用した青雲丸の一般配置図を図4に、また主要目を表1に示す。実験では長船首楼甲板、上甲板及び第2甲板の3層を使用し、被験者全員の避難場所を長船首楼甲板の船尾暴露甲板とした。

被験者は年齢19~20才の海員学校の学生で、1994年は126名(男子122名、女子4名)、1995年は76名(男子73名、女子3名)であった。

3.1.2 実験方法

被験者には実験開始前に通常の作業着や靴に加えヘルメットを(1995年はゼッケンも)着用させ、避難時には走ったり押したりしないように予め指示した。初期位置に被験者を配置した後、一斉に避難させ避難場所に集合させた。被験者の初期配置は就寝時、休憩時及び講義時間などを想定し、図5に示すように居室配置、分散配置、集中配置などとした。各実験終了後にアンケートに質問と併せ確認のため避難経路等が記入された。なお、H6では長船首楼甲板の左右舷の通路を避難経路にしているが、H7では人数が少ないので右舷通路を使用できないものとした。

垂直方向の避難経路は船尾上階段、中央上階段又は船首上階段の3つである。上甲板から長船首楼甲板に昇るこれらの階段によって避難経路を各々第1ルート、第2ルート、第3ルートと呼ぶことにする。多人数の収容される場所は居室、食堂、第一教室および第二教室であるが、第二教室は通路としてしか使わなかった。1995年は被験者数が少なかったため長船首楼甲板の右舷側通路を歩行禁止とした。また通路のドアは全て開け放して置いた。写真1に実験風景を示す。

3.1.3 解析方法

被験者の避難行動は各所に設置されたビデオカメラ約25台で記録され、実験後にタイマーが挿入された。計測された各被験者の避難経路や各所の通過時間から歩行速度や流出速度が解析された。歩行速度は2点間の通過時間差から求める。流出速度は最大値がその場所の人数流出能力の限界値であり意味をもつ。シミュレーション計算で用いる最大値とは、連続して来る人々の最小通過時間の逆数であるため、連続する人列の平均通過時間間隔の逆数の最大値が最大流出速度となる。つまり、一定の傾きの最小のもので、図6の場合には実験3の通過番号5番から30番までの傾きの逆数である。

避難時間は経路別に15秒時間間隔の避難人数推移として求めた。

3.2 実験結果と考察

3.2.1 避難時間と避難経路

表1 青雲丸の主要目

船名	練習船 青雲丸
総トン数	5,044 (ton)
LOA×Bmld×D×d	114.6×16.0×8.0×5.8(m)
乗船者数	256名
Official	34名
Crew	42名
Students	180名

写真1 実験風景 (中央階段)

場所	実験No	H6-1	H6-2	H6-3	H7-1	H7-2	H7-3
A (居室)		47	26	18	24	15	0
B (居室)		39	26	18	26	15	0
C (居室)		40	26	18	26	16	0
D (食堂)		0	24	17	0	15	0
E (教室)		0	24	17	0	15	76
合計		126	126	88	76	76	76
特徴		居室	分散	分散	居室	分散	集中

図5 被験者の初期配置

図6 流出速度の求め方
(中央左舷通路 出口船尾側/H7実験)

実験の避難経路別の避難者数を図7に示す。総避難時間は人数が少ないほど短く、集中配置より分散配置の方（居室配置はその中間）が短い。

(a) H6-1

(d) H7-1

(b) H6-2

(e) H7-2

(c) H6-3

(f) H7-3

注) z=0は第二甲板、z=1は上甲板、r1はルート1（船尾上階段経由）、r2はルート2（中央上階段経由）、r3はルート3（船首上階段経由）の人数で、図上は各々実線、鎖線、一点鎖線。太い実線は合計。

図7 実験結果（経路別避難時間）

図8 初期位置と避難経路

最後まで人が通過しているルートは、居室配置(H6-1、H7-1)では第1ルート(船尾階段)、集中配置(H7-3)では第2ルート(中央階段)だが、分散配置(H6-2、H6-3、H7-2)では3ルートとも最後まで人がいる。とくに集中配置(H7-3)は経路が有効に使われないので避難時間が長くなり好ましくないと言える。

図8に避難経路が初期位置によってどう違ったかを示す。図中の番号はルート番号である。経路が右と左に分かれる分岐点が存在する。人々は確率的に右に行ったり左に行ったりしていない。集団があたかも1つの感覚を共有するかのように左右に分かれている。これが前に想像距離に集団心理という規定を与えた実験的根拠である。

3.2.2 歩行速度・流出速度

計測された歩行速度は通路では約1.5m/sec、階段では約0.3~0.6m/secであった。計る場所で異なるので全行程一定の値ではないと思われる。人の密度⁽²²⁾を考慮すると長谷川等の結果⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾に近い。計算ではこれらを参考にして、便宜上歩行速度一定値を与えた。

計測された流出速度のばらつきは大きく、同一場所でも実験によって異なる。これは人の密度や出口から先の人の混み具合が異なるなど状況が一様でないためである(図9)。計算では各場所の計測値の平均値を用いた。一般にどのような値を使うかは今後の検討課題とする。

3.2.3 経路選択時の心理に関するアンケート

避難の際の経路選択の心理について1995年の実験において全被験者にアンケートをとった。

まず、「1. あなたが初期位置から避難する時、(A)避難経路をすべて考えた。(B) とりあえずの避難方向を考えた。」という設問に対して、図10のように、(B)避難方向を考えた被験者は全体の70%以上であった。一方、(A)避難経路全てを考えた被験者は実験2を除き15%前後であったが、分散配置した実験2では被験者の30%程度が(A)避難経路全てを考えた。(A)避難経路を考えた被験者は初期位置が出入口や階段に近い等避難開始直後の避難行動の見通しが付きやすい被験者に多く見られた。

次に、(A)の人に「2. 最初に考えた避難経路を(1)途

図9 流出係数 (出口)

図10 経路全体を考えたか

図11 経路の変更

図12 避難方向の選択理由

中で変更した。その理由は(イ)混雑をさけた。(ロ)その他。(2)変更しなかった。」かと聞いた。すると図11のように、実験3では避難経路を考えた被験者の約1/2が(イ)混雑を理由として避難経路を変更した。集中配置では混雑が予想外であったと思われる。実験2では最初に経路全体を考えるが歩き始めてからは途中の変更は少ない。

また、(B)の人に避難方向を決めた理由を聞いた(以下複数回答可)。「(1)避難場所の方向に向かった。(2)近くの階段に向かった。(3)周囲の人が行く方向に向かった。(4)友人がいる方向に向かった。(5)日頃使っている階段や出口に向かった。(6)空いている方向に向かった。(7)その他。」という選択肢に対して、回答は図12のように、避難方向の選択は概ね(2)近くの階段、(1)避難場所、(5)日頃使用する階段の方向に多く見られる。第1教室に集中配置した実験3では(3)周囲の人が行く方向とする回答が実験1および2に比して多く、(2)近くの階段とする回答が他の実験と比較すると少なかった。集中配置では混雑で人に左右される傾向が強いと思われる。

質問1で、(A)避難経路全てを考えた人が少なかったのは、果たして最短経路選択のシミュレーションモデルを否定することであろうか。否、これは多数の群衆の心理を示すが、(A)の選択者は意識的で群衆の先導的役割を果たし、集団としては一定の目的を持った行動をし、最短経路選択モデルは成り立つと考えることができる。

4. 計算と実験の照合

シミュレーション計算でも実験結果の図7と同じく、15秒の時間間隔(x軸)の間に集合場所に到着する人数(y軸)を経路毎に求める。計算では想像距離の大・小でそのルート的人数を減・増する操作を行ない各甲板別経路別の避難人数を実験値に合わせると、避難時間-人数の曲線も計算結果が実験結果に自動的に良く一致する。図13に実験結果を最も良く再現した計算結果を示す。図7の同記号(a)と(a)、(b)と(b)、・・・の実験結果の図と比較すると、ルート毎の各曲線および合計人数の曲線がかなり良く一致している。多人数の行動の良一致とは、曲線のおおよその形が合うということで十分と考えた。想像距離が変わるとルート選択人数が変わり、グラフの形自体が変わってくるので、不一致が明らかである。

H6とH7の実験1(居室配置)図7(a)(d)に計算は良く一致している。共に船尾ルートに人が集まり過ぎて避難時間が長引いている状態や船首ルートを選択する人数と時間の分布も良く合っている。その他のケースもすべてほぼ一致しているが、よく見ると若干の不一致も見られる。

実験H6-2と計算H6-2を比較すると、計算では第2甲板のルート3をとる人が多くその分上甲板のルート3の選択が減っている点が両グラフの異なる所である。これは第1教室($z=0$)の人は否応なく船首下階段を利用して上甲板に上るがここで上甲板の集団心理量である想像距離をもち、これによってルート2かルート3かの選択をするため、始めから上甲板($z=1$)にいる人のルート選択に拘束されたために起きた現象である。つまり、上甲板の想像距離は始めからここにいる集団と始め第2甲板にいた集団でその心理の持ち方は本来は異なると思われるが、同一の値で済せていることが原因であろう。もう1セットの変数を作り心理的に異なる2集団を構成すればもっと合わせられるであろう。しかし、距離感という漠然とした心理量のパラメーターをたくさん採用することはモデルを複雑にするのであえて3甲板3ルートの本船で5つで1セットの想像距離というパラメーターでシミュレートを続ける。

実験H6-3と計算H6-3(c)を比較すると、H6-2と同じ傾向である。

実験H7-2と計算H7-2(e)を比較すると、H6-2の場合と逆に計算の方が第2甲板のルート3選択者が少なくその分上甲板のルート3選択者が多くなっている。

次に、実験H7-3と計算H7-3(f)では、計算の方がルート3の選択時期が遅すぎる点が異なる。計算では上甲板の中央階段での滞留が始まってからルート3を選ぶ人が現われている。しかし、実験ではこれだけの人が中央階段に向かえば混むだろうと予見する人が早目にルート3を目指す、計算では予見が出来ないからであろう。

本シミュレーションモデルは、想像距離を1セット(心理的に単一集団)としていること、予見能力を含まないことの限界はあるが、想像距離という集団心理量を採用することによって概ね実験結果を再現できたと言える。

表2に以上の計算で得られた想像距離をまとめた。選択対象となるルートの想像距離に同じ量を加減しても結果は同じであるので、最小値を0としその差を示した。まず、第2甲板はH6の実験2(H6-2)

(a) H6-1

(d) H7-1

(b) H6-2

(e) H7-2

(c) H6-3

(f) H7-3

注) 図の上端に「ij=」と書かれたiはルート番号で、jはz値で以下はその想像距離。
 注) z=0は第二甲板、z=1は上甲板、r1はルート1(船尾上階段経由)、r2はルート2(中央上階段経由)、r3はルート3(船首上階段経由)の人数で、図上は各々実線、鎖線、一点鎖線。太い実線は合計。

図13 計算結果(経路別避難時間)

を除いて、想像距離はほぼ同じでいずれも中央階段ルートは実距離よりも遠いという感覚であった。H6実験2（H6-2）は、先行して行なわれた実験1でルート1に人が集まり過ぎて滞留著しかったという学習効果があったのではないと思われる。

上甲板については、ルート1とルート2では居室配置の場合（H6-1、H7-1）は実距離よりも中央階段は遠く感じ、小人数分散配置（H6-3）あるいは第1教室集中配置（H7-3）の場合は近目に（空いている）感じている。ルート2と3では居室配置（H6-1、H7-1）ではルート3を近目に感じ（混まない）、分散配置の場合は人数が少ない程（H6-2よりもH6-3の方が）実距離に近く（長く）感じる。第1教室集中配置も分散配置と似ている。

H7の実験が1経路遮断であったということは、ルート1との比較でルート2の想像距離が、またルート2との比較でルート3の想像距離が相対的に大きくすると考えられるが、この表からは必ずしも読み取れない。ただ、1経路遮断の場合にもこの位の変数値であったということは分かる。想像距離の差はルートの階段間の実際の水平距離以下である。これはルート選択の分岐点が両階段の間にあるということである。換言すれば、両階段のルートに避難者が分かれたと言うことである。

このように、求められた想像距離という距離感は合理的に理解できる。しかし、距離感という心理量を予め把握する法則性が解明されていないので、この変数をどう扱うかは今後検討を要する。心理量を扱う場合の宿命であろう⁽²³⁾。変数の変動範囲を定め、何通りか計算して結果に幅を持たせるのも1つの方法である。

次に、計算機画面（図3）の観察からどこで滞留が発生しているか、その中で避難時間に影響するのはどの避難要素かが分かる。ルート毎にみると、ルート1では船尾上階段、ルート2では船外通路への出口、ルート3では船首上階段である。これらの場所の流出速度の値は結果に影響を与える。これらを変えて計算し避難しやすい船を設計することができる。

5. おわりに

避難シミュレーションプログラムの検証を、練習船青雲丸における実船実験に対して試みた。その結果次のことが分かった。

- (1) 実船実験において採られた避難経路は、異なる階段方向への分岐点があり、避難者は個人的行動でなく集団行動をしていたといえる。
- (2) H6およびH7の実船実験結果をシミュレーション計算で概ね再現した。
- (3) したがって、状況を知覚できない甲板における集合場所までの心理的距離を想像距離と想定しこれを集団心理量として扱い、個々人が最短経路を選択するというこのシミュレーションの行動モデルは妥当といえる。
- (4) 分散配置のとき想像距離は1セットでは不十分で、心理的に単一集団と仮定したことに若干無理があった。
- (5) 計算では予見行動はシミュレートできなかった。
- (6) 算出された想像距離の大小は合理的に理解できるが、心理現象の法則が不明なので想像距離を先に与える事は出来ない。
- (7) 選択対象となる異なる階段のルートを比較すると、両ルートの想像距離の差分は甲板上の階段間距離より小さい。
- (8) 避難時間にクリティカルに影響する場所はシミュレーションの画面から分かる。

今後も実船実験を重ね、シミュレーションプログラムの検証を進めると共に、既定経路のシミュレーションプログラムの検証も行う。また、測定結果にばらつきのある流出速度について如何なる値を採用すべきかの検討も行う予定である。

表2 想像距離 (m)

実験番号	初期配置	上甲板			第2甲板	
		ルート1	ルート2	ルート3	ルート1	ルート2
H6-1	126人居室配置	0	20.0	30.0	0	20.4
H6-2	126人分散配置	0	12.5	32.3	4.0	0
H6-3	88人分散配置	0	12.5	38.9	0	16.8
H7-1	76人居室配置	0	15.0	20.0	0	22.0
H7-2	76人分散配置	0	19.0	40.0	0	20.6
H7-3	76人集中配置	0	6.6	37.0		
実距離		0	12.5	45.7	0	10.4

本研究は運輸省船舶技術研究所と航海訓練所の共同研究として実施したものである。実験の実施に協力を頂いた青雲丸乗組員及び関係者の方々に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 船舶設備規程（昭和9年2月1日逓信省令第六号）第百条③.
- (2) E.L. Quarantell and R.R. Dynes : Images of Disaster Behavior-Myths and Consequences, Preliminary Paper 5, Disaster Research Center, 1972..
- (3) D.E. Wenger, J.D. Dykes, T.D. Sebok and J.L. Neff : It's a Matter of Myths-An Empirical Examination of Individual Insight into Disaster Response, Mass Emergencies, Vol.1, pp33-46, 1975.
- (4) 三上俊治：パニックの回顧，東洋大学社会学部紀要，20号，1983.
- (5) (社)日本海難防止協会：航海設備等の基準および改善に関する研究報告書 昭和41年.
- (6) 桑山則男：避難群衆に関する計算，避難群衆流速に関する研究，運輸省船舶局，1955（戸川喜久二：群衆流解析に関する理論式の実用性の検討，日本火災学会論文集第6巻第1号，pp9-14，昭和31年11月より）.
- (7) 長谷川進等：船の階段について，関西造船学会紙，No.86（1957）.
- (8) 岩佐英介・田口賢士・池田 勝：非常時の混雑を考慮せる出入口の幅について（第1報～第3報）関西造船学会，No.81（1956），No.85（1957），No.87（1957）.
- (9) 山田常圭：建物の火災安全シミュレーション技術の概観，シミュレーション第6巻第2号，pp2-10，昭和62年7月.
- (10) Daniel M. Alvord : Status Report of Escape and Rescue Model NBS-GCR-83-432 June 1983.
- (11) 松下聡：待ち行動を含む群衆歩行シミュレーションモデルの研究，日本建築学会計画系論文報告集第432号，pp79-87，1992年2月.
- (12) 建設省：建築物の防火設計法の開発報告書第3巻避難安全設計法 昭和63年12月.
- (13) S. Floyd : Massenpsychologie und Ich-Analyse, 1921 邦訳「集団心理学と自我の分析」井村恒郎，小此木啓吾他訳『フロイト著作集6自我論・不安本能論』.
- (14) E. L. Quarantelli : The Nature and Conditions of Panic, American Journal of Sociology, Vol. 60, 1954.
- (15) K. Lang and G. Lang : Collective Dynamics, Thomas Crowell Co., New York, 1961.
- (16) N.J. Smelser : Theory of Collective Behavior, Routledge & Kegan Paul, 1962 邦訳「集合行動の理論」会田彰・木原孝訳 誠信書房.
- (17) A. Mintz : Non-Adaptive Group Behavior, Journal of Abnormal and Social Psychology, Vol.46 pp.150-159, 1951.
- (18) Roger Brown : Social Psychology, Free Press, New York, 1965.
- (19) 勝原光治郎・亀山道弘・宮田 修：船舶における避難行動シミュレーションの研究その1，運輸省船舶技術研究所第65回研究発表会講演集，pp33-36，平成7年5月.
- (20) 勝原光治郎・亀山道弘・宮田修・高杉喜雄・阪根靖彦：船舶における避難行動シミュレーションの研究第2報，運輸省船舶技術研究所第67回研究発表会講演集，pp59-62，平成8年5月.
- (21) 亀山道弘・勝原光治郎・宮田修・高杉喜雄・阪根靖彦：船舶における避難行動シミュレーションの研究第3報，運輸省船舶技術研究所第67回研究発表会講演集，pp63-66，平成8年5月.
- (22) 日本建築学会編：建築設計資料集成3，単位空間I，pp54-55，1980.
- (23) 位寄和久：避難行動モデルに関する研究，日本建築学会論文報告集第325号，pp125-132，昭和58年3月.