

学生寮の火災対処をシミュレーションする

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2023-04-05 キーワード (Ja): キーワード (En): Multi-agent simulation, Fire drill, First-aid firefighting, DormitoryDormitory. 作成者: 佐藤, 祐貴, 岩永, 佐織, SATO, Yuki メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15053/0000000093

海上保安大学校

研 究 報 告

理 工 学 系

平成30年度

第 62 卷 第 1・2 号 合併号 通巻第 84 号

目 次

論 文

学生寮の火災対処をシミュレーションする

.....佐藤 祐 貴..... (1)
岩 永 佐 織

付 録

研究業績一覧 (13)

【論文】

学生寮の火災対処をシミュレーションする

佐藤 祐貴¹ 岩永 佐織¹

Simulation for Coping with a Fire at the Academy's Dormitory

Yuki Sato¹, and Saori Iwanaga¹

Abstract

In our academy, cadets carry out some fire drills every year. It is necessary not only to bring the fire under control at an early stage but also to get away from the fire. How long does it take to evacuate outdoors and to perform an initial firefighting for cadets? In our study, we investigate the time to evacuate outdoors and to perform an initial firefighting by multi-agent simulation in our dormitory when a fire occurs. And we concluded that the former time is about two minutes and the latter time is about three minutes.

Keywords: Multi-agent simulation, Fire drill, First-aid firefighting, Dormitory.

1 はじめに

海上保安大学校では、学生寮（三ツ石寮）での火災を想定し学生たちが避難方法や消防・消火設備の使用法、救護方法などを習得するための防火訓練を行っている。その際に、防火隊による初期消火訓練も行っている。学生寮における火災対処の手順を図1に示す。将来は現場で指揮官となる学生たちは船内生活を念頭に置いた寮内生活をしている。そのため、防火訓練では最上級生を指揮者として訓練が行われる。しかし、ほとんどの学生は火災を体験したことがなく、火災発生時に適切な対応が行えるか、適切な指示を出せるかなど不安を抱えている。人命を優先するのであれば、火災発生と同時に避難を開始することにより命は助かる。ところが、海上にある船で火災が発生した場合には、避難することは船体放棄することに繋がり出火後直ちに避難を開始することは現実的でない。どうしても初期消火を行い最終手段として避難を考えることになる。そこで、どの程度消火に時間を割くべきかある程度の判断基準が必要である。

火災は、出火位置や周囲の環境・要因によって左右されるため、消防科学研究所の平沢ら¹⁾は、大火災実験により実際の火災時の煙の流動に関する知見を得ている。学生寮に同様の実験をして検討することはできないため、本研究では、学生寮における火災発生時のマルチエージェント・シミュレーション (Multi-Agent Simulation、以下、「MAS」という。) を作成し、シミュレーション結果を分析し検討する。

2 研究方法

2.1 MAS

MASは、複数のエージェントに各々のルールのもと、お互いに相互作用を受けながら同時進行的に行動させるシミュレーションである。エージェントとは、自分の周囲の状況を認識し、それに基づいて一定のルールの下で自律的に行動する主体のことをいう。山影²⁾によると、(人工)社会の構成員と通じるものがあることを感じさせられ、(中略) エージェントの持つ特徴として、自律性 (外部からの指示どおりに行動するのではない)、反応性 (他のエージェントを含む周囲の環境のあり方に応じて行動を変える)、先見性 (目的追及などを率先して外部に働きかける)、そして社会性 (他のエージェントと交信・相互作用ができる) などがあげられる。

2.2 artisoc

本研究では、ソフトウェア artisoc を用いて MAS を作成した。artisoc は社会現象のモデルを作り、シミュレーションを実行することを念頭に置いて開発された第2世代のシミュレータ³⁾である。artisoc では、「エージェント」と呼ばれる行動主体、個々のエージェントの属性 (性格や役割) を表す「変数」、エージェントが行動 (相互作用) する「空間」、シミュレーションやモデル全体に関わる「変数」や「ルール」を基本的な要素にしている。

Received November 15, 2018

¹ 海上保安大学校 s-iwanaga@jcga.ac.jp

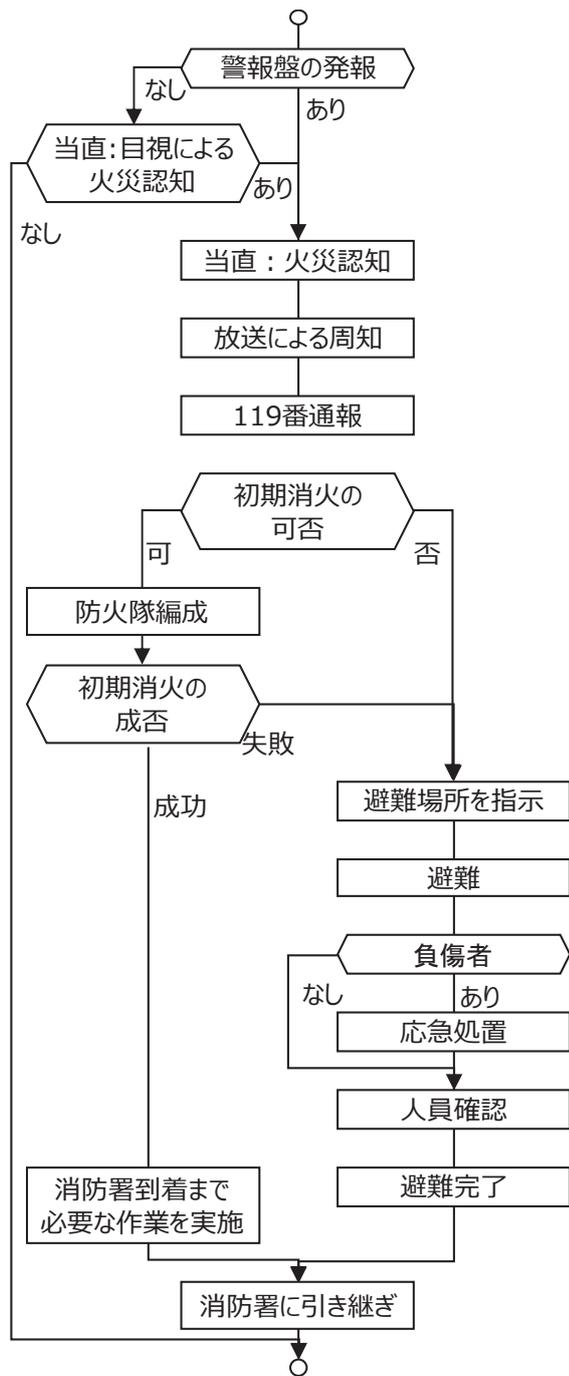


図1 学生寮における火災対処

artisoc のプログラムは、図2のようなツリー構造になっており、一番上に書かれているプログラム全体を表す Universe (一番上の丸印) の下に、エージェントが動作する空間 (四角印) を作成する。本研究では、空間名を Map とした。空間 Map の中にエージェント fire, smoke, people など (丸印) を作成し、エージェント数を設定する。各エージェントに変数 (六角印、中に書いてある文字は変数の種類を表す) を設定して、ルールエディタにルール

を与えることによって、多種の複数のエージェントを同一空間上で動作させることができる。Universe の直下にも同様に変数を設定できる。

変数には、文字型 (S)、整数型 (I)、長整数型 (L)、実数型 (D)、空間型 (SP)、エージェント種別型 (AT)、エージェント型 (A)、エージェント集合型 (AS) の種類がある。空間型とは、定義される空間を指す。また、グローバル変数 (プログラム全体で作用する変数) とローカル変数 (ある特定のエージェントでのみ使用する変数) の2種類があり、前者は Universe の下に作成し、後者はエージェントの中に作成する。

artisoc でモデルを作成したり、編集や実行したりするためにはソフトウェアライセンスを必要とし model というファイル形式で保存する。ところが、binary というファイル形式に変換すると、ソフトウェア artisoc player でモデルを実行できる。そのため、作成した binary ファイルのモデルを学生に配布することにより今後の防火訓練に役立てることができる。

2.3 本研究の目的と対象

本研究では、本科学学生 206 名を対象として学生寮での火災発生を想定したモデルを作成し、シミュレーションを用いて火災対処の時間を求める。すなわち、学生寮で火災が発生した場合に逃げ切れるのか、消火に当てられる時間はどれくらいあるのか目安を検討することを目的とする。

2.4 シミュレーションの評価方法

シミュレーションにおける避難時間の評価基準として、「予測活動限界時間を活用した自衛消防訓練実施基準³⁾」(東京消防庁)において用いられる予測活動限界時間の考え方をういた。火災発生時において、自動火災報知設備鳴動(行動開始)を避難開始時点として、出火階から自力による避難を無事に完了するために許容できる最大の時間が避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c であり、次式で求められる。

$$T_c = 8\sqrt{A}$$

ここで、 A は出火階の居室及び廊下の面積 (m^2) である。出火階の防火戸により防火区画が構成されるものとして計算されている。学生寮 3、4 階では、避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c は 290.7 秒、学生寮 2 階では居住面積がやや広いため 341.3 秒である。本研究においては、学生寮全体として全員が無事に避難できることを前提とするため、安全側をとり避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c を 290.7 秒と考えることにする。

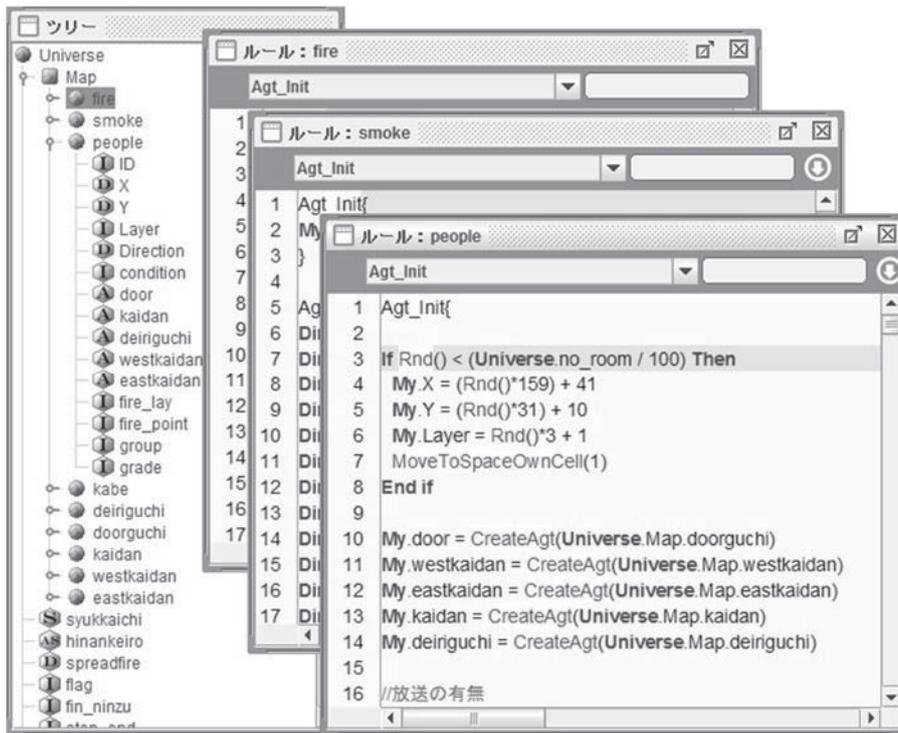
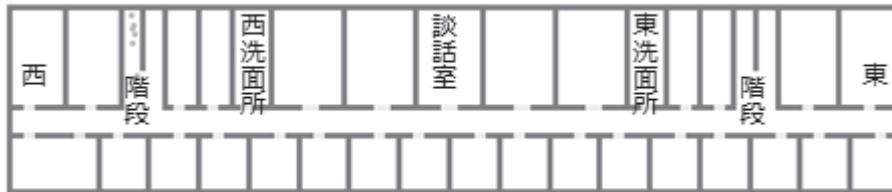
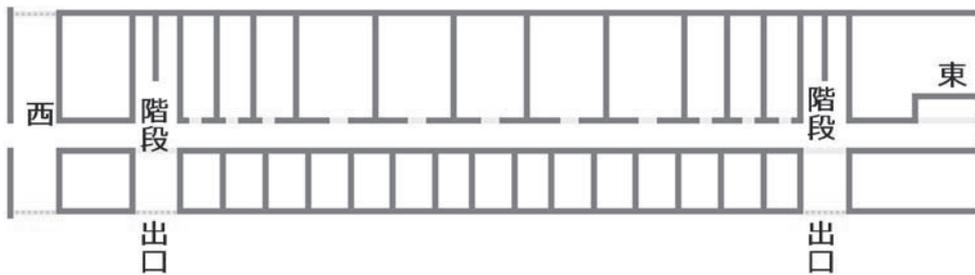


図2 プログラミング画面 (ツリー構造とルールエディタ)



(a) 3階



(b) 1階

図3 学生寮の平面図

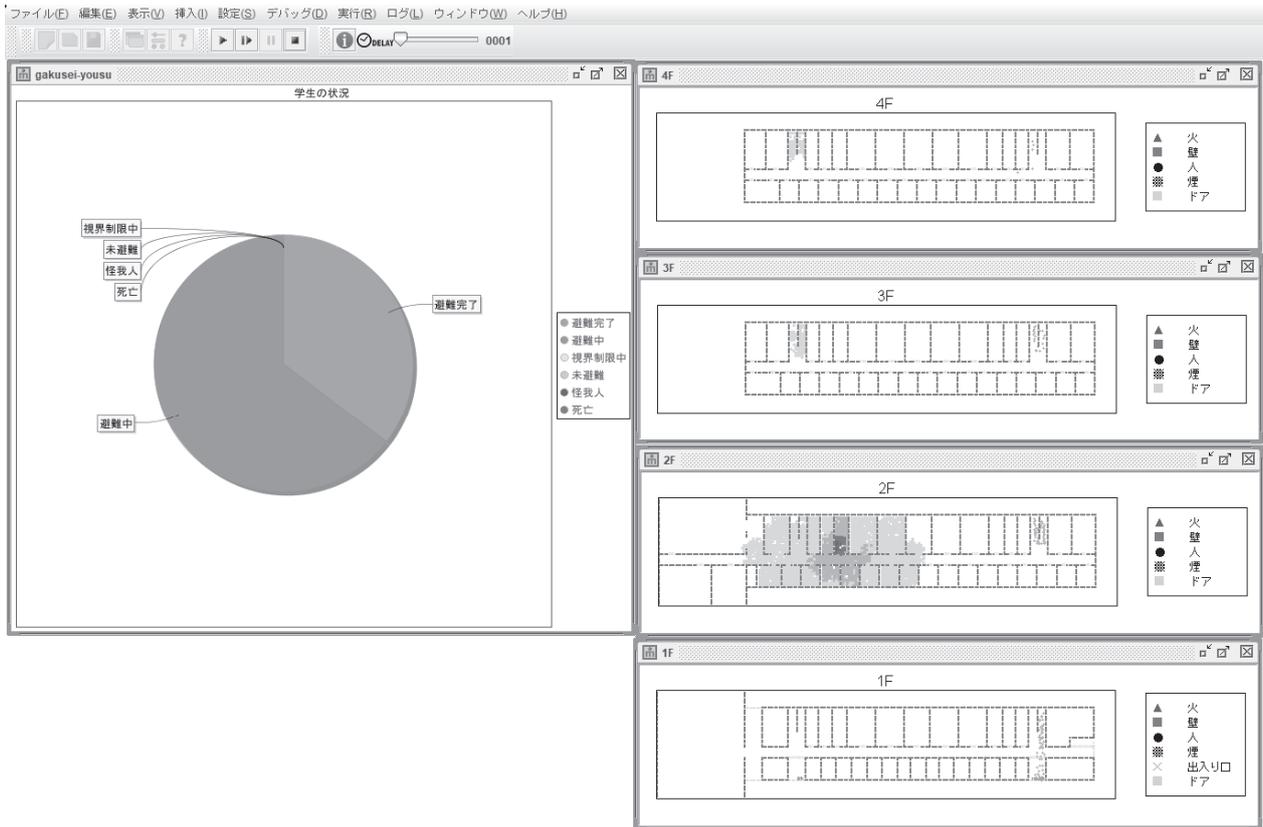


図4 シミュレーションの実行画面 (スナップショット)



図5 シミュレーションの設定画面

3 シミュレーションの設計

3.1 モデル

artisoc 上で諫山⁴⁾のモデルを参考にしてシミュレーションを作成した。シミュレーションの実行時間の単位である1ステップを0.5秒、単位長さを0.5mとした。以降では、この1×1四方の単位空間を1「セル」という。

学生寮は4階建てでエレベーターやエスカレーターは無く、図3に示すように東西に延びる廊下を挟んで自習室、寝室等が存在し、4階まで続く階段が東側と西側それぞれに1箇所ずつ存在している。空間Mapを1～4階までの4つのLayer(層)で構成した。本科学生(206名)を学生エージェントとし、学生の居住区画である2～4階の東洗面所、西洗面所または談話室のいずれか1箇所を出火位置とした。これらの出火位置は、火の気があるため出火の可能性が高い場所である。artisocにおいて、壁エージェント(kabe)を配置した空間Map上に火(fire)、煙(smoke)、学生(people)の3種のエージェ

ントを配置した。学生寮にはいくつかの出入口があるが、避難時には学生を南側の寮前広場に整列させ人員確認をする必要もあるため、1階の寮前広場に繋がる出口のどちらかに全員がたどり着くと避難完了とする。シミュレーションの実行画面を図4に示す。図4の左側には学生の状況を表す円グラフが示されており、約40%の学生の避難が完了し、約60%の学生が避難中であることが例示されている。図4の右側には、学生寮の各階での学生の避難の状態を示しており、学生が階段を使って避難していることが例示されている。

3.2 設定画面

図5に示すように指定した範囲内で各モデルの変数を簡単に設定できるような設定画面を作成した。

「出火位置」では、出火位置として2～4階の東洗面所、西洗面所または談話室のいずれか1箇所を選択できる。防火戸は、学生寮の各階の東西階段に設置されてい

る。「出火位置の把握状況」は、全学生のうち火災発生及びその出火位置を把握できる者の割合を百分率にて設定するものであり、学生寮には全体に周知できる放送機器の設備があることから、初期値を 100 とした。延焼及び煙などに関するボタンについては、3.3 節にて説明する。

3.3 エージェント

火 (fire)、煙 (smoke)、学生 (people)、壁 (kabe)、出入口 (deiriguchi)、扉口 (doorguchi)、階段 (kaidan)、東階段 (eastkaidan)、西階段 (westkaidan) をエージェントとした。これらのうち、壁、出入口、扉口、階段、東階段、西階段には位置のみを設定した。学生や煙、火には初期の位置及びそのルールを設定した。

3.3.1 火エージェント (fire)

壁を避けるようにして、火はある速度で延焼する。その速度を延焼確率として、1 ステップで 1 セル進む確率、すなわち 0.5 秒以内に 0.5m 進む確率を 1 とする。例えば、たばこなどが原因で起こる無炎燃焼は、炎が燃え広がらず煙のみ広がるため、延焼確率は 0 となる。本研究では避難に支障をきたさないように、まずは延焼確率を 0.02 と設定した。ここでは、火を煙の発生源として用い、学生が火で怪我をしたりすることはないものとした。

3.3.2 煙エージェント

火エージェントが煙エージェントを発生させ、すぐに煙エージェントは天井を水平方向に広がっていくものとした。煙エージェントは階段にたどり着くと、上の階へ上昇する。本研究では、煙エージェントを灰色、赤色、黒色の 3 色に色分けして作成し、それぞれ異なる役割を持たせることにした。灰色は、焦げた臭い等、人に火災発生を認知させたり人の視界を制限したりする役割を与え、赤色は輻射熱に代表される煙で人に火傷や怪我をさせる役割を与え、黒色は二酸化炭素を多く含む煙で人が吸い込むことによって動けなくなるなどの役割を与えた。ある地点で煙を観測すると、煙は灰色から一定時間が経過すると赤色に変わり、さらに一定時間が経過すると黒色と変わるように設計した。

煙の水平方向の伝播に関して、煙の先端部の位置の進行が次第に遅くなる⁹⁾ことから、時間の経過とともに煙の進行速度が低下することとする。一般に、廊下を流れる煙の伝播速度は 0.5~1.0m/秒程度と言われることから、本研究においては、「煙 (灰色) の伝播速度」を 0.6m/秒、「煙 (灰色) の速度低下地点」を 15m、「速度低下後の煙 (灰色) の伝播速度」を 0.3m/秒とした。出火位置から 15m 遠ざかると煙 (灰色) の伝播速度は 0.3m/秒と

変わる。他の色の煙も煙 (灰色) の伝播を基本にしている。

煙 (赤色) の伝播に関しては、出火位置から直接広がるものと、煙 (灰色) の時間経過により広がるものの 2 つの要因によるものとした。出火位置から直接広がるものは設定画面上の「煙 (赤色) の伝播速度」で調整し、煙 (灰色) の時間経過により広がるものは、「煙 (赤色) の変化時点」で調整する。平沢⁹⁾が行った火災実験結果 (人に怪我をさせるような熱気の到達速度は最大 0.5 m/秒であった) を参考にして、本研究では「煙 (赤色) の伝播速度」を 0.2 m/秒、「煙 (赤色) の変化時点」を 30 秒に設定した。

煙 (黒色) の伝播に関しては、煙 (赤色) の時間経過のみにより広がるように作成し、煙 (赤色) と同様に設定画面上の「煙 (黒色) の伝播速度」と「煙 (黒色) の変化時点」で調整できるように作成した。煙 (黒色) の伝播に関して参考となる資料はなかったため、「煙 (黒色) の伝播速度」を 1、「煙 (黒色) の変化時点」を 50 秒に設定して行った。

一方で、煙の垂直方向の伝播速度は 3~5m/秒程度と言われることから、階段においては、真上の階へ階段の空間を 1 ステップで上るものとした。

防火戸は煙 (赤色) 及び煙 (黒色) の伝播を抑える役割を持つが、煙 (灰色) は通す設計にした。「防火戸」ボタンを押下した状態で防火戸が作動する。

3.3.3 学生エージェント (people)

学生の避難行動ルールは図 6 のフローチャートを基本とした。学生は、火災発生及び出火位置を知ったと同時に避難行動を開始し、出火階より上の階にいれば出火位置から遠い方の階段を、出火階と同じ階にいれば出火位置を通らない方の階段を、出火階より下の階にいれば自分の位置から近い階段を選択して 1 階まで避難する。

通常の避難行動中における歩行速度を 1.2m/秒とし、前方の混み具合によって 0.8~0.5m/秒に歩行速度を変えるようにした。また、視界制限状態では、神⁷⁾の実験結果を参考にして、通常の歩行速度の 0.6 倍にした。

シミュレーション上では、学生の状態を色によって識別できるようにした。避難を開始する前をピンク色、避難中をオレンジ色、避難完了を緑色にし、煙 (灰色) に囲まれて視界が制限されている状態を黄色、煙 (赤色) に囲まれて怪我した状態を赤、火や壁、煙 (黒色) で囲まれて動けなくなる (死亡する) 状態を黒にした。

4 シミュレーションの設定

まず、206 人の学生全員が避難する場合について、出火階や出火位置を変えて学生の避難する時間に関するシミュレーションを行う。次に、初期消火活動を

行った防火隊の学生が避難する時間についてシミュレーションする。ここでは、防火隊の学生が自らの避難する退路を確保していない場合と確保している場合に分けてシミュレーションを行う。最後に、退路を確保している場合に防火隊の学生が避難に要する時間について、出火階や出火位置を変えてシミュレーションを行う。

4.1 避難のみを行う場合

学生寮の2~4階のランダムな位置に学生エージェントが配置された初期状態からシミュレーションを開始し、全員が同時に避難行動を開始してから避難完了するまでの時間を避難完了時間とする。それぞれの出火位置ごとに各100回ずつシミュレーションを試行した。それを避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c (290.7秒)と比較する。これを「避難のみを行う場合」とする。本来は、避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c は出火階の火災が防火戸により防護されることを前提としている。海上保安大学の防火訓練では、避難時に南側の寮前広場に集合することになっていることから、全員が学生寮の出口にたどりついた時間と避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c を比較することにする。

4.2 初期消火活動を伴う場合

初期消火を行う防火隊学生の避難について検討する。初期消火活動は、道具や場所の制約があり多くの学生が行うことはできないため、出火位置にある一定人数の防火隊が初期消火を行うことにする。防火隊学生の避難に要する時間を求め、それを避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c (290.7秒)と比較する。これを「初期消火活動を伴う場合」とする。実際には、消火活動を行うわけではなく、初期状態で防火隊の学生を出火位置の近くに配置し、そこから避難させることとした。防火隊の学生数として、10人から100人まで10人ずつ変化させ、防火隊の学生を出火位置付近に配置した。

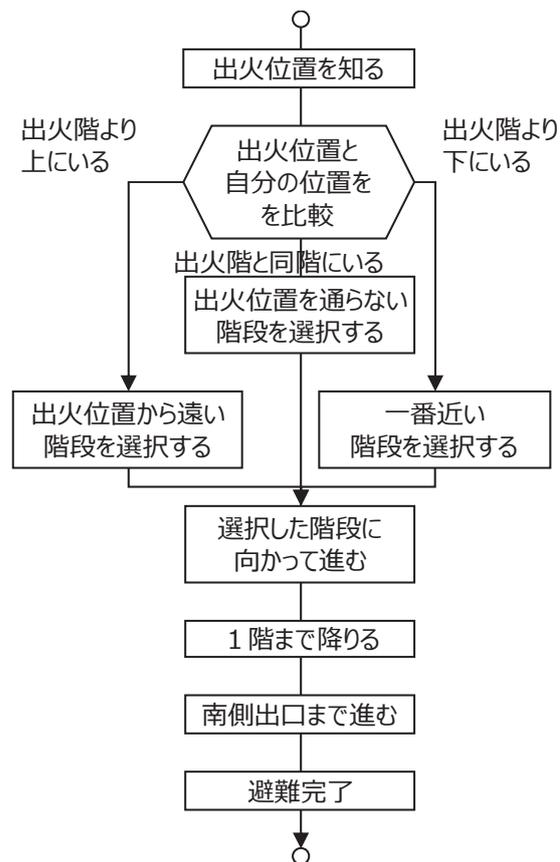


図6 学生の避難行動フローチャート

4.2.1 退路を確保していない場合

初期消火活動において、退路を確保することの重要性を確認する。初期消火の最中に火に退路を断たれてはその学生たちが避難できなくなるため、初期消火時には必ず逃げ道を背面に確保しながら消火することを学生たちは防火訓練で学んでいる。これは、呉市消防局も消火時の注意点としてあげている事項である。出火位置の階段側に初期消火活動を行う学生を全員配置した場合（階段が出火位置に遮られないよう退路を確保した時）と出火位置付近にランダムに配置した場合（退路を確保しなかった時）について、消火にあたった学生全員が避難完了に要する時間を比較する。出火位置を横切らないと階段に到達できない学生が一人でも存在する場合を「退路を確保していない場合」と定義する。出火位置としては、前のシミュレーションで避難完了に最も時間を要した出火位置1箇所に限定する。

4.2.2 退路を確保している場合

退路を確保した状態で、出火位置を変えて防火隊の学生全員が避難完了するまでの時間を防火隊学生の避難完了時間とし、出火位置、防火隊学生の人数ごとにそれぞれ100回ずつシミュレーションを試行した。これを「退路を確保している場合」とする。東洗面所または西洗面所が出火位置の場合には、それぞれ東側または西側

の階段に退路を確保することにする。建物の中央部にある談話室が出火位置の場合には東側の階段に退路を確保することにする。

5 シミュレーション結果

5.1 避難のみを行う場合

避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c (290.7 秒) までに避難が完了しなかった回数を調べた結果が表 1 である。出火位置ごとにシミュレーションを行った結果、特に、東洗面所が出火した場合に避難が完了しないことが多い。これは、たまたま出火位置のごく近くに初期状態で配置された学生が煙に巻き込まれてしまったためと考えられる。また、居住スペースが建物の東側に広いため初期状態で東側に配置される学生数が多いことに起因していると考えられる。

次に、避難が完了した場合に焦点をあて、避難完了時間の平均値と標準偏差を表 2 及び図 7 に示す。図 7 では、各円の中心点が避難完了時間の平均値を示し、各円の半径が標準偏差を示している。避難完了時間の平均値は、いずれも避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c (290.7 秒) よりも小さい。また、出火位置や出火階によって避難完了時間が異なる。東洗面所または西洗面所が出火位置の場合には、下の階で火災が発生した場合の方が上の階で火災が発生した場合に比べて、約 13 秒だけ長く避難に時間がかかる。各学生が出火階より下の階にいる場合には近い方の階段から避難できるが、出火階より上の階にいる場合には出火した側の階段は避難に使用できず出火位置により避難行動が制限されるためだと考えられる。一方、談話室が出火位置の場合には、全体的に避難完了時間は短いが標準偏差が大きい。各学生が一番近い階段を選択するため学生の初期の位置によってばらつくと考えられる。以上のことから、火災発生時には、出火階よりも上の階にいる学生に注意する必要があり、優先的に早く避難を始める等の対策を考える必要がある。

表 1 避難のみを行う場合の避難未完了の回数 (各 100 試行)

避難未完了回数 回	出火位置		
	西洗面所	談話室	東洗面所
出火階			
4 階	3	1	12
3 階	3	2	7
2 階	2	5	11

表 2 避難のみを行う場合の避難完了時間 (避難が完了した場合)

避難完了時間 秒	出火位置					
	西洗面所		談話室		東洗面所	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
4 階	105.2	7.8	104.5	11.6	110.5	8.3
3 階	115.2	5.8	101.0	10.2	122.9	6.2
2 階	117.2	5.2	98.4	9.4	124.7	7.1

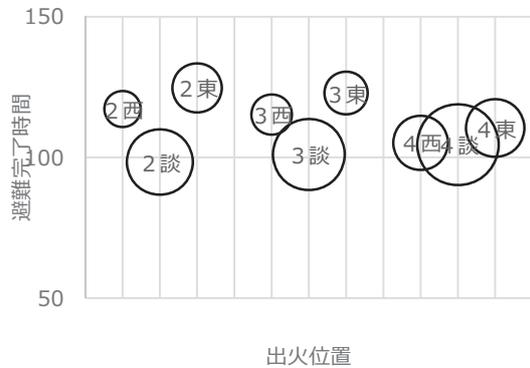


図 7 避難完了時間 (避難のみを行う場合、各 100 試行)

5.2 初期消火活動を伴う場合

5.2.1 退路を確保していない場合

5.1 節のシミュレーションで避難完了時間が最も長かった 2 階東洗面所を出火位置と設定する。出火位置の西側に学生を配置した場合 (退路確保時) と出火位置付近にランダムに配置した場合 (退路不確保時) について、防火隊の学生の避難についてシミュレーションを行った。避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c (290.7 秒) までに避難が完了しなかった回数を調べた結果が表 3 である。ここでも、たまたま出火位置のごく近くに初期状態で配置された学生が煙に巻き込まれてしまっている。また、防火隊の学生が多いほど全員が避難できないことが多くなる。さらに、退路確保時に避難未完了の回数が多くなっている。退路不確保時には防火隊の学生を出火位置付近にランダムに集中させてシミュレーションを行っているが、退路確保時には出火位置付近のうち東側に集中させてシミュレーションを行っている。このため、東側に学生が集中し、東側に火が広がった場合に被害を受けやすくなっていると考えられる。

避難が完了した場合の避難完了時間の平均値と標準偏差を表4及び図8に示す。全体として、防火隊の学生数が多いと防火隊学生の避難完了に長く時間がかかる。また、退路を確保せずに初期消火を行った場合には、退

路を確保している場合に比べて約10秒長く避難に時間がかかる。以上から、大学寮の防火訓練で学んでいる退路を確保して初期消火活動を行うことの重要性を確認することができた。

表3 防火隊学生の避難未完了の回数（出火位置：2階東洗面所、各100試行）

避難未完了回数 回	防火隊の学生数（人）									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
退路不確保時	0	4	2	9	8	5	10	13	21	18
退路確保時	2	3	8	6	16	14	28	28	22	39

表4 防火隊学生の避難完了時間（出火位置：2階東洗面所）

避難完了時間 秒		防火隊の学生数（人）									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
退路不 確保時	平均値	66.3	72.3	75.0	80.5	81.8	83.5	87.2	86.6	89.1	91.6
	標準偏差	8.6	8.1	8.2	9.3	8.9	8.1	9.5	7.4	8.1	7.7
退路確 保時	平均値	50.2	59.2	65.9	70.2	74.2	74.8	78.5	79.8	80.3	84.0
	標準偏差	14.9	13.2	14.0	15.2	17.1	13.1	15.8	15.4	14.5	15.2

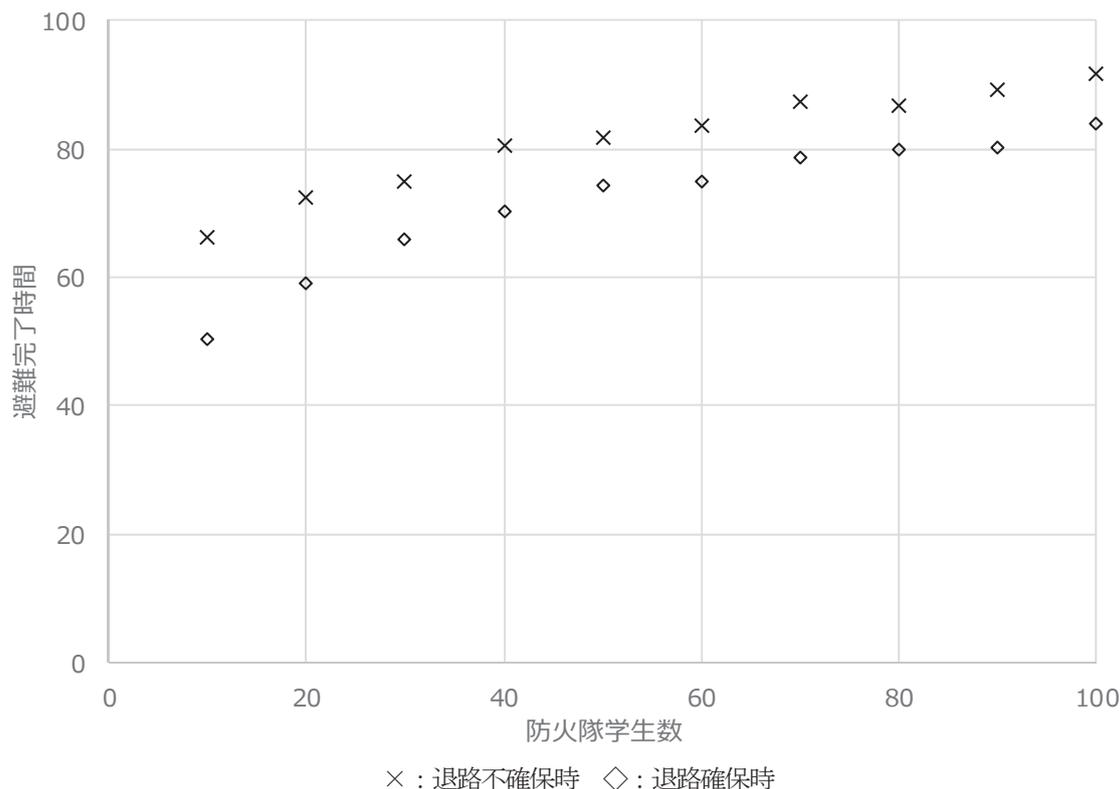


図8 防火隊学生の避難完了時間（出火位置：2階東洗面所、各100試行）

5.2.2 退路を確保している場合

退路を確保した防火隊の学生の避難行動についてシミュレーションを行い、避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c （290.7秒）までに避難が完了しなかった回数を調べた結果が表5である。ここでも、初期状態でたまたま出火位置のごく近くに配置された学生が煙に巻き込ま

れてしまい、東洗面所が出火位置である場合または防火隊の学生が多いほど全員が避難できないことが多い。

防火隊の学生が避難を完了した場合の避難完了時間の平均値と標準偏差を表6及び図9に示す。全体的に、防火隊の学生数が多くなるほど避難完了時間が長くなる。そして、上の階で火災が発生した場合の方が下の階

で火災が発生した場合に比べて、避難に長く時間がかかる。特に、上の階では出火位置が東洗面所であった場合に防火隊学生の避難完了時間が長くなる。これは、上の階であるほど防火隊の避難するための移動距離が長くなり、防火隊の人数が多いほど渋滞するからと考えられる。さらに、いずれの階においても、東洗面所が出火位

置の場合には、西洗面所に比べて避難に時間が長くなっている。これは、東側階段より東側の廊下の方が西側階段より西側の廊下よりもわずかに長くなっており、東洗面所を初期消火する場合には退路を確保した防火隊の移動距離が長く、煙に視界を遮られる可能性が高くなるためと考えられる。

表5 防火隊学生の避難未完了の回数（各100試行）

避難未完了回数 回		防火隊の学生数（人）									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
4 階	西洗面所	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	談話室	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	東洗面所	5	5	12	11	12	14	14	25	24	23
3 階	西洗面所	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	談話室	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	東洗面所	4	2	8	8	14	21	26	26	23	23
2 階	西洗面所	0	0	2	2	2	3	2	1	5	0
	談話室	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	東洗面所	2	3	8	6	16	14	28	28	22	39

表6 防火隊学生の避難完了時間（退路を確保している場合）

出火位置	避難時間 完了時間 秒	防火隊の学生数（人）										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
4階	西洗面所	平均値	64.8	71.3	76.4	81.6	85.2	88.2	91.1	93.9	95.2	97.1
		標準偏差	7.2	6.9	5.6	4.2	4.2	1.9	2.9	3.1	2.3	4.4
	談話室	平均値	66.8	70.5	76.0	81.7	86.2	90.1	92.7	95.6	98.1	99.6
		標準偏差	5.3	3.4	2.4	3.0	1.8	2.3	1.6	1.8	2.8	2.1
	東洗面所	平均値	77.3	85.9	92.1	97.6	100.4	101.1	105.3	106.9	108.6	111.8
		標準偏差	15.8	15.2	15.7	15.5	14.1	12.4	11.7	12.9	11.7	11.9
3階	西洗面所	平均値	51.2	56.1	61.6	64.9	69.1	70.8	73.6	74.5	76.4	77.0
		標準偏差	5.0	4.5	5.3	3.8	6.0	4.5	4.2	2.8	4.5	4.7
	談話室	平均値	57.0	61.0	66.5	70.9	75.0	78.3	81.2	83.3	85.7	87.1
		標準偏差	3.1	2.4	2.3	1.5	1.6	1.7	1.8	1.7	1.8	1.8
	東洗面所	平均値	65.0	73.1	77.1	82.9	84.1	88.0	93.0	91.3	95.1	98.2
		標準偏差	16.3	15.2	16.5	14.3	14.3	15.3	13.7	15.2	13.4	14.0
2階	西洗面所	平均値	43.4	49.1	54.0	57.7	58.5	60.3	61.1	64.3	65.8	68.2
		標準偏差	9.0	9.6	11.8	12.2	11.0	9.9	9.5	11.0	11.6	11.9
	談話室	平均値	43.6	47.7	51.1	54.6	57.8	60.0	62.7	64.8	66.8	68.5
		標準偏差	2.3	2.1	1.8	1.7	1.5	1.7	1.9	1.9	1.8	1.9
	東洗面所	平均値	50.2	59.2	65.9	70.2	74.2	74.8	78.5	79.8	80.3	84.0
		標準偏差	14.9	13.2	14.0	15.2	17.1	13.1	15.8	15.4	14.5	15.2

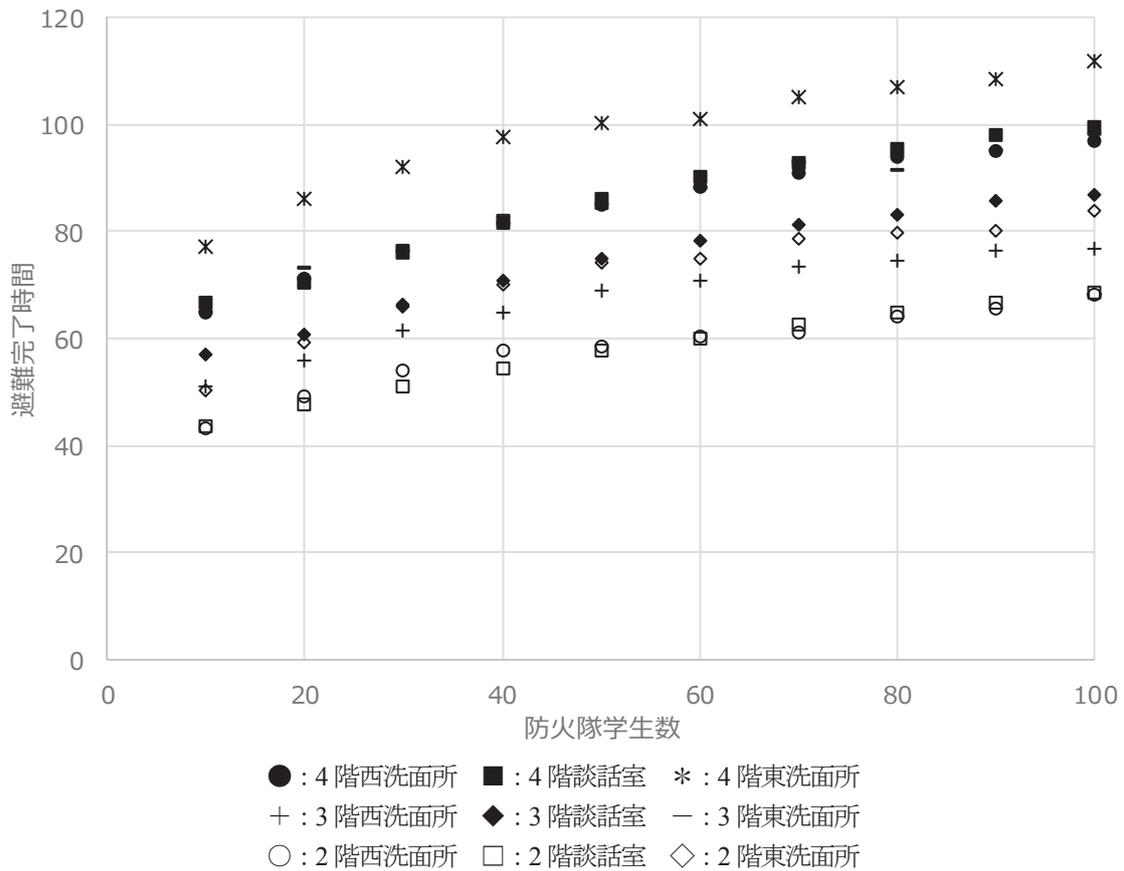


図9 防火隊学生の避難完了時間（退路を確保している場合）

6 考察

学生寮（三ツ石寮）で火災が発生した場合には、出火と同時に適切な出火位置の周知ができれば、どの位置で出火しても、避難誘導完了予測限界時間 T_c (290.7 秒) 以内に全員が避難できることを確認できた。本来の避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c は防火戸で防護された出火階ごとの避難完了時間であるが、ここでは、防火訓練を想定して 4 階建ての学生寮の外に全学生が避難完了する時間としている。シミュレーションの結果から、本来の出火階ごとの避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c よりもかなり短い時間（約 2 分）で全員が避難を完了することが分かった。毎朝学生たちが起床後に寮前で行っている起床整列に要する時間が数分であることを考慮すると、シミュレーションで得られた全員の避難完了に要した時間は道理的な時間であると思われる。そして、出火位置ごとに全学生が避難するまでにかかる時間が異なり、東及び西洗面所や下の階で火災が発生した場合には、特に注意を要する必要があることが分かった。

また、初期消火活動を行う場合、退路を確保せずに消火活動を行った場合、退路を確保している場合に比べて避難に約 10 秒多く時間がかかってしまい、消火活動において退路を確保して消火活動を行うことの重要性を確認することができた。また、4 階での出火時には 2 階での出火時に比べて、避難に 20 秒以上長く時間がかか

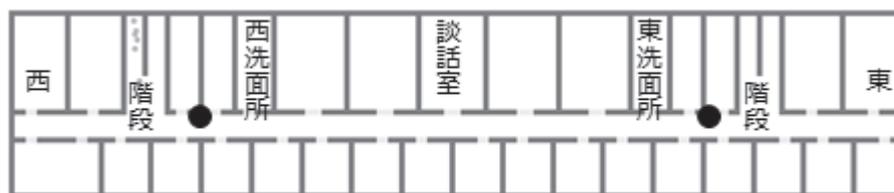
る。さらに、防火隊の学生が 40 人の場合と比べると、防火隊の学生が 100 人の場合には避難に 10 秒以上多く時間がかかる。出火階が低かったり、防火隊の人員が少なかったりすれば、防火隊の学生が避難する時間を短くすることも分かった。

学生寮においては、全学生を各階に東と西の 2 班ずつ計 6 つの班に分けており、1 つの班あたりの学生数は 30 ~ 40 人である。火災時には、出火位置に近い班の班員が初期消火にあたるのが現実的であり、防火訓練でも班毎に訓練を行っている。初期消火活動を 1 つの班が行った場合には、図 9 から消火にあたった学生の全員が避難完了するまでの時間は長くて約 100 秒である。そして、これを避難誘導完了の予測活動限界時間 T_c (290.7 秒) から引いた時間 (190.7 秒、約 3 分) は、消火に時間を割くことができると考えられる。

ところで、初期消火が可能な目安は、天井に火がまわるまでといわれている。日本防火協会では、その時間は約 2 分 30 秒 (150 秒) ⁹⁾ としている。これは、消火に割くことができる時間 190.7 秒に近い時間であり、十分な初期消火活動が行えると考えられる。

以上から、学生寮での火災発生時には、火災発生直後に約 40 名の防火隊が対応することができれば、約 3 分の適切な初期消火を行うことができることが分かった。

改めて、現在の学生寮において退路を確保して消火活動を行うことができるか検討してみる。学生寮の屋内消火栓の設置位置は図 10 に示すように東側及び西側の階段付近である。屋内消火栓は出火位置となる東及び西洗面所、談話室よりも階段寄りである。そのため、退路を確保しながら初期消火できる位置に設置されていることが分かった。



● : 屋内消火栓 (3階)
図 10 屋内消火栓の設置位置

7 おわりに

本研究において、学生寮で火災が発生した場合に、出火と同時に全学生が出火位置を把握し、速やかに避難するシミュレーションを作成した。また、初期消火にあたる防火隊の学生が避難するシミュレーションを作成した。そして、避難にかかる時間についてシミュレーションを行い分析し検討した。

学生寮では、出火と同時に適切な出火位置の周知ができれば、どの位置で出火しても全員が避難できることを確認できた。その際に、出火位置ごとに全学生の避難にかかる時間が異なり、特に、洗面所や下の階で火災が発生した場合には、避難完了に長く時間がかかることが分かった。また、初期消火活動において、退路を確保して消火活動を行うことの重要性を確認できた。そして、火災発生直後に約 40 名の防火隊が対応することができれば、3 分間を学生寮でも初期消火に当て初期消火の後に防火隊が避難できることを確認した。

実際には、放送機器が故障したり、放送をかける者がいなかったり、就寝していたりして火災発生やその出火位置が把握できない者がいることが予想される。出火位置の把握状況については、出火位置の把握状況や声の大きさ、部屋にいない人の割合の変化による火災対処の分析も併せて行うべきだと考える。また、今回は怪我をした場合になどにルールを定めていない。訓練では、怪我人が発生した場合には、2 名程の学生が怪我した人を搬送して避難する。そのルールを定めて、消火、救護や避難に割く時間や人員のバランスを検討することも必要である。さらに、学生寮では多くの学生が一緒に生活していることから、火災対処においては人員管理も重要になってくる。どの学生がどこにいて、どういう状況にあるかを把握し、有事の際には全員が揃って避難できるような人員管理の方法も、本研究で作成したモデルを用いて検討していきたいと考える。

最後に、将来指揮官として、火災発生時に備えて消火設備の設置場所に気を配るとともに、あらゆる事態を想

定して、事前の打ち合わせを大切にしていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 平沢正己, 稲村武敏, 杉田直樹, 地下施設火災における煙対策に関する研究 (その 4), 消防科学研究所報, 33 号 (1996), 35-42.
- 2) 山影進, 「人工社会構築指南 artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門 改訂新版」, 書籍工房早山, 東京, 2013.
- 3) 東京消防庁, 予測活動限界時間を活用した自衛消防訓練実施基準, http://www.tfd.metro.tokyo.jp/hp-sidouka/data/kijun_jiei02.pdf (参照 2018-11-15) .
- 4) 諫山圭司, 久保大輝, 佐藤優希, 柴田智香子, 東小菌郁真, 谷中峻輔, 谷中峻輔, 香川涼亮, 成田洋平, 土方孝将, 建物火災時の避難行動に心理的要因が与える影響—正常性バイアス、集団同調性、愛他的行動に着目して—, 第 15 回 MAS コンペ, 2015.
- 5) 松下敬幸, 「火災時における避難安全評価のための煙の伝播予測に関する研究」, 京都大学博士論文, 京都, 1994.
- 6) 日本火災学会, 「はじめて学ぶ建物と火災」, 共立出版, 東京, 2007.
- 7) 神忠久, 煙の中での物の見え方 (その 2), 照明学会雑誌, 59 巻 2 号 (1975), 76-82.
- 8) 日本防火協会, 火災警報器 PR ハンドブック, http://www.n-bouka.or.jp/pr_handbook/04/1_7.html (参照 2018-11-15) .

【付録】

研究業績一覧

(平成29年4月1日～平成30年3月31日)
各教官の本人申出分につき掲載、なお※印は学外者を表す

基礎教育講座

論文

- ・ Turgut Ozturk[※], Osamu Morikawa, İlhami Ünal[※], and Ihsan Uluer[※], Comparison of Free Space Measurement Using a Vector Network Analyzer and Low-Cost-Type THz-TDS Measurement Methods Between 75 and 325 GHz, *Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves*, vol.38, pp.1241-1251 (2017)
- ・ Masato Fujita and Masaru Kageyama[※], On finiteness of prime cones over simple ADE-singularities of dimension one, *Communications in Algebra*, published online, doi:10.1080/00927872.2018.1430808 (2018)
- ・ Masato Fujita, Closure and connected component of a planar global semianalytic set definable in o-minimal structure, *Archiv der Mathematik* vol.109(6) pp.529-538 (2017)
- ・ 藤田雅人, 交通密度を考慮した福岡-羽田便の関東南セクターにおける飛行時間予測について, *日本航海学会論文集* vol.136 pp.1-7 (2017)
- ・ 藤田雅人, 航空機対比較による東京国際空港到着順予測, *日本航空宇宙学会論文集* vol.65(3) pp.123-129 (2017)

その他

- ・ 森川 治, 安恒 拓哉, 山本 晃司[※], 栗原 一嘉[※], 栗島 史欣[※], 谷 正彦[※], 光伝導アンテナ-自由空間結合器における Si レンズとテーパ付き伝送線路の比較, 第65回応用物理学会春季学術講演会 19a-P3-9 (2018)
- ・ 森川 治, 山本 晃司[※], 栗原 一嘉[※], 栗島 史欣[※], 谷 正彦[※], テーパ付き伝送線路による sub-THz 電磁波の導波モードと集光補助, 第78回応用物理学会秋季学術講演会 6a-PA3-9 (2017)
- ・ Noriko Kawamura, Naoto Ishikawa[※], and Tetsu Kogiso[※], Monitoring of the 2011 Tohoku tsunami deposits by geochemical and rock magnetic analyses in Sendai bay sediments, (2017)
- ・ 川村紀子, 磁気測定による浮遊物, 堆積物, 土壌や岩石の非破壊分析, 日本法科学技術学会 微細天然物研究会 招待講演 (2017)
- ・ 川村紀子, 法科学のツールとしての磁化率: レビュー, 地球電磁気・地球惑星圏学会 地磁気・古地磁気・岩石磁気学分科会 夏の学校, ポートヒルズ福岡 (2017)
- ・ 嚮田邦夫[※], 根田昌典[※], 鈴木直弥[※], 近藤文義, 三位一体型航海 (KH-14-1) の成果と海面乱流フラックス評価の高精度化に向けた観測研究, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「海洋物理船舶観測フェスタ 2017」 (2017)
- ・ 近藤文義, Frank Griessbaum[※], 塚本修^{*}, 植松光夫[※] 森川 治, 山本晃司[※], 栗原一嘉[※], 栗島史欣[※], 谷 正彦[※], 微気象学的手法による微小粒子の海面沈着速度の直接評価, 日本エアロゾル学会「海洋大気エアロゾル研究会」ミニ研究集会「大気-海洋境界層における大気物質の役割-数値計算の視点から」, P19 (2018)
- ・ Kunio Kutsuwada[※], Masanori Konda[※], Naoya Suzuki[※], Fumiyoshi Kondo, Validation Study of Gridded Product of Momentum Flux over Global Ocean, GCOM-W session in JAXA joint PI WS FY2017, No. 20 (2018)
- ・ 近藤文義, 地球環境モニタリングのための民間船舶活用の現状と課題-地球温暖化を理解するための海洋二酸化炭素観測, *日本マリンエンジニアリング学会誌*, Vol. 53, No. 1, pp. 44-47 (2018)

海事工学講座

論文

- 山本 淳, AIS 電波の回折伝搬, 海上保安大学校研究報告 (理工学系) 第 61 巻、第 1・2 号 合併号, 通巻代 83 号, PP.9-17 (2018)
- 月坂明広*, 庄司るり*, 山田多津人, 水井真治*, 船舶交通環境の新たな危険度評価に関する基礎的研究-II, 日本航海学会論文集第 136 巻、pp.65-71 (2017)
- 岡野博文, 安井究, 伊藤弘志, 海洋台帳による歴史的災害台風の経路図作成について, 海洋情報部研究報告、第 56 号、pp109~pp125 (2018)
- 安井究, 岡野博文, 伊藤弘志, 海洋台帳による自船の航跡の表示について, 海洋情報部研究報告、第 56 号、pp103~pp108 (2018)
- T. Kanki, M. Nagata*, Computation of Two-fluid Flowing Equilibrium of Spherical Torus Plasma Using Multi-grid Method, Abstracts for the 18th International Symposium on Applied Electromagnetic and Mechanics (ISEM) 2017 (Chamonix - Mont Blanc, France, 3-6 September 2017) P-TRA:1 (2017)
- M. Nagata*, H. Hirono*, Y. Kikuchi*, N. Fukumoto*, T. Kanki, Experimental and Numerical Studies of Two-fluid Flowing Equilibrium of Spherical Torus Plasmas, Abstracts for the 18th International Symposium on Applied Electromagnetic and Mechanics (ISEM) 2017 (Chamonix - Mont Blanc, France, 3-6 September 2017) P-TRA:2 (2017)
- T. Kanki, M. Nagata*, Improved Computation of Two-fluid Flowing Equilibrium of Spherical Torus, Bulletin of the American Physical Society (Program of the 59th Annual Meeting of the Division of Plasma Physics, Milwaukee, USA, 23-27 October 2017) 62 (2017), UP11.00096. (2017)
- M. Nagata*, A. Fujita*, Y. Ibaragi*, T. Matsui*, Y. Kikuchi*, N. Fukumoto*, T. Kanki, Investigations of Plasmoid Reconnection in the Presence of Strong Guide Fields in CHI Plasma Start-up on HIST, Bulletin of the American Physical Society (Program of the 59th Annual Meeting of the Division of Plasma Physics, Milwaukee, USA, 23-27 October 2017) 62 (2017), UP11.00097. (2017)
- T. Kanki, M. Nagata*, Development of High Accuracy and High Speed Code for Two-fluid Flowing Equilibrium, Abstracts for US-Japan Workshop on Compact Tori 2017 "Improved Confinement and Novel Applications of Compact Tori" (Yokohama, Japan, 7-9 November 2017). (2017)
- M. Nagata*, A. Fujita*, Y. Ibaragi*, T. Matsui*, Y. Kikuchi*, N. Fukumoto*, T. Kanki, Studies of Two-fluid Relaxation and Plasmoid Reconnection in CHI-driven on HIST, Abstracts for US-Japan Workshop on Compact Tori 2017 "Improved Confinement and Novel Applications of Compact Tori" (Yokohama, Japan, 7-9 November 2017). (2017)
- T. Kanki, M. Nagata*, Improvement of Accuracy and Speed of Flowing Two-fluid Equilibrium Code, Proceedings of Plasma Conference 2017 (Himeji, Japan, 20-24 November 2017) 22P-106. (2017)
- 永田正義*, 神吉隆司, 解説「磁化プラズマガンが創り出す多彩なプラズモイドの世界」, プラズマ・核融合学会誌, Vol. 93, No. 12, (2017) 563-572. (2017)
- 吉川孝男*, 三宅竜二*, 吉田巧*, 前田正広, バウフレアスラミングを想定した水面衝撃下での構造応答, 日本船舶海洋工学学会論文集第 26 号、pp.267 - pp.276 (2017)
- Kimihiro TOH*, Tatsuki NEMOTO*, Masahiro MAEDA, Takao YOSHIKAWA*, Experiment and Numerical Study on the Ultimate Strength of Box Girder Structures, Proceedings of the Twenty-seventh(2017) International Ocean and Polar Engineering Conference、pp.920 - pp.927 (2017)

その他

- 山田多津人, 庄司るり*, 水井真治*, 月坂明広*, 衝突予測線とバンパーモデルによる衝突危険度評価について, 日本航海学会 海上交通工学研究会 (口頭発表) (2018)
- Shigenori Kinjo, Shuichi Ohno*, A Computationally efficient algorithm for downlink multiuser MIMO systems maximizing a sum-rate, The 18th IEEE International Workshop on Signal

- Processing Advances in Wireless Communications, R14.7, Sapporo (2017)
- ・ Shigenori Kinjo, Shuichi Ohno*, A single user MIMO system using Tomlinson-Harashima precoding with adaptive bit allocation, 2017 Fourth Asia Conference on Defense Technology, S1-2, Tokyo (2017)
 - ・ 神吉隆司, 永田正義*, 高精度・高速化した 2 流体平衡コードの開発, 平成 29 年度 核融合科学研究所共同研究 研究会 「高ベータトラスプラズマの自律的構造形成・維持とその応用」, 核融合科学研究所 (2017)
 - ・ 神吉隆司, 高ベータトラスプラズマの自律的構造形成と維持, 平成 28 年度一般共同研究成果報告書 (核融合科学研究所, 土岐, 岐阜, 2017) 461-471. (2017)
 - ・ 神吉隆司, 永田正義*, Multi-Grid Method による軸対称 2 流体平衡方程式の数値解法, 平成 29 年度 核融合科学研究所共同研究 研究会 「MHD シミュレーションのための先進的数値計算手法」, 核融合科学研究所 (2017)
 - ・ 神吉隆司, 永田正義*, Convergence properties of improved two-fluid equilibrium code, 第 23 回 NEXT (数値トカマク実験) 研究会, 京都リサーチパーク (2018)
 - ・ 倉本和興, ナローマルチビームソナーによる水中可視化, =前方監視ソナー (Forward Looking Sonar) の撮像原理と用途の可能性=, 超音波テクノ, 第 29 巻第 2 号, pp.7-12 (2017)
 - ・ 神尾武司, 田中隆博, 三堀邦彦, 藤坂尚登, 強化学習ベース多船航路探索法に参照航路の更新が与える影響, 信学技報, vol. 117, no. 226, NLP2017-63, pp. 75-80 (2017)
 - ・ 中村慎太郎*, 藤公博*, 前田正広, 吉川孝男*, ばら積み貨物船における鉱石の液状化現象に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演論文集第 25 号, pp.421 - pp.425 (2017)
 - ・ 根本龍宜*, 藤公博*, 前田正広, 吉川孝男*, 実寸法を考慮した Box Girder モデルを用いた 4 点曲げ最終強度試験と計算結果の比較, 日本船舶海洋工学会講演論文集第 25 号, pp.385 - pp.390 (2017)
 - ・ 森下瑞生*, 藤公博*, 前田正広, 吉川孝男*, 海底地盤における間隙水の流動および地盤の水圧破壊シミュレーション, 日本船舶海洋工学会講演論文集第 25 号, pp.655 - pp.659 (2017)

海上安全学講座

論文

- ・ 西村知久, 船橋の前後位置が衝突のおそれの判断に及ぼす影響—輸送艦おおすみ・プレジャーボートとびうお衝突事例—, 日本航海学会論文集第 136 巻, pp.17-24 (2017)
- ・ NISHIMURA T, NAKAYAMA Y and SHINOHARA M, A Study on a Critical Timing of the Final Warning from VTS for Collision Avoidance – The Deadline for Warning from VTS -, 17th Asian Conference on Maritime System and Safety Research, pp.23-30, Singapore (2017)
- ・ 中山喜之, 田中公作, 小久保達也, 荒天下を航行する浅喫水貨物船の操縦性能に関する研究, 海上保安大学校研究報告 (理工学系), 第 61 巻, 第 1・2 号合併号, pp.1-8. (2018)
- ・ Kazuhide WATANABE, Daisuke JIGE*, Norihiro INOUE*, Condensation Heat Transfer and Pressure Drop of R245fa inside a Horizontal Smooth tube -Effect of Saturation on Condensation Characteristics-, THE JAPAN INSTITUTE OF MARINE ENGINEERING Award Papers, 2016 AP5 (Translated from Journal of the JIME Vol.51, No.6), Published on the website (2017)
- ・ Akihiko FUJIYA*, Kazuhide WATANABE, Daisuke JIGE*, Norihiro INOUE*, Evaporation / Condensation Heat Transfer Characteristics and Flow Patterns of R245fa inside Horizontal Tubes, Proceedings of the International Symposium on Marine Engineering (ISME), Paper ID:CS3-207 pp.108-113 (2017)

その他

- ・ 佐藤祐貴, 岩永佐織, 学生寮の火災対処をシミュレーションする, 第 18 回 MAS (Multi Agent Simulation) コンペティション要旨集, 発表番号 12 (全 1 ページ) (2018)
- ・ 川口慶悟, 岩永佐織, A 型インフルエンザ流行をシミュレーションする, 第 18 回 MAS (Multi Agent Simulation) コンペティション要旨集, 発表番号 9 (全 1 ページ) (2018)
- ・ 岩永佐織, 集合行為におけるエージェントの相互作用と誤りの影響について, 第 45 回知能システム

- シンポジウム講演論文集, B2-4 (全6ページ) (2018)
- ・ 岩永佐織, 久保正男*, 集合行為における相互補完エージェントの役割について, 電気学会 システム／産業計測制御 合同研究会 電気学会研究会資料, pp.45-50 (2017)
 - ・ Masao Kubo*, Saori Iwanaga and Hiroshi Sato*, Agent Simulation of Functional Differentiation, Proceedings of IES17 (21th Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems), pp.73-76 (2017)
 - ・ 藤本昌志*, 近藤朱里*, 湊真輝*, 小西宗*, 松本宏之, 西村知久, マスト灯間隔の違いによる他船の進行方向の判断に関する分析, 日本航海学会誌 NAVIGATION201 号, pp.3-14 (2017)
 - ・ 吉田肇, 2016年におけるマリンエンジニアリング技術の進歩, 日本マリンエンジニアリング学会誌第52巻第4号 49-54p (2017)
 - ・ 吉田肇, 2016年における各研究委員会の活動, 日本マリンエンジニアリング学会, 誌第52巻第4号 65-66p (2017)
 - ・ 吉田 肇ほか日本マリンエンジニアリング学会機関第三研究委員会*, みなおそう環境にやさしい船造り-Part3 特集号, 日本マリンエンジニアリング学会誌第53巻第1号 2-55p (2018)
 - ・ 齋藤 靖洋, 土肥 正*, ノンパラメトリック最尤推定量を用いたソフトウェアバグの逐次予測, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 117, no. 161, pp. 37—42 (2017)
 - ・ 齋藤 靖洋, 土肥 正*, 最適周期予防保全間隔のノンパラメトリック推定とその比較, 2017年 日本オペレーションズ・リサーチ学会 中国・四国地区 Summer Seminar in Operations Research (2017)
 - ・ 劉 宇飛*, 渡邊 和英, 地下 大輔*, 井上 順広*, 冷媒 R245fa の水平管内单相熱伝達特性, 第87回(平成29年)マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集, pp.129-130 (2017)
 - ・ 藤谷 朗彦*, 渡邊 和英, 地下 大輔*, 井上 順広*, 冷媒 R245fa の水平平滑管内蒸発・凝縮熱伝達特性および流動様相, 第87回(平成29年)マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集, pp.131-132 (2017)
 - ・ 渡邊 和英, 冷媒 R245fa の水平平滑管内蒸発・凝縮流に関する実験, 冷凍, 2017年6月号第92巻第1076号, pp.23-24 (2017)
 - ・ 劉 宇飛*, 渡邊 和英, 地下 大輔*, 井上 順広*, 冷媒 R245fa+潤滑油の水平管内单相熱伝達に関する研究, 第57回日本銅学会講演大会公園論文集, pp129-130 (2017)

執筆者紹介（五十音順）

岩 永 佐 織（海上安全学講座 教授）

佐 藤 祐 貴（国際業務課程研修生）

本研究報告の無断転載、複写、複製を禁じます。

海上保安大学校

研 究 報 告

第62巻 第1・2号 合併号
平成30年度

平成31年3月28日 印刷

平成31年3月29日 発行

編集兼発行者

海上保安大学校

〒737-8512 広島県呉市若葉町5-1

電話 (0823) 21-4961

編集委員 山 田 多津人
岩 永 佐 織
大 森 雅 子
川 村 紀 子
松 本 宏 之
三 木 千 穂

印刷所 株式会社 デルタプリント
〒732-0802 広島県広島市南区大州2丁目12-15
電話 (082) 281-7338

**REPORT
OF
JAPAN COAST GUARD ACADEMY
2018
Vol.61 No.1・2 (Consecutive No.84)
Part2
(The Science and Engineering Section)**

Contents

theses :

Simulation for Coping with a Fire at the Academy's Dormitory
..... Yuki Sato and Saori Iwanaga (1)

appendix :

List of Academic Achievements (13)

**JAPAN COAST GUARD ACADEMY
5-1, Wakaba, Kure, Hiroshima. 〒737-8512
JAPAN**

© JAPAN COAST GUARD ACADEMY 2018