

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：34511

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K11288

研究課題名（和文）システムシミュレーションによる災害時病院患者避難原則の解明

研究課題名（英文）Elucidation of principles for evacuation of hospital patients during disasters by system simulation.

研究代表者

横内 光子（YOKOUCHI, Mitsuko）

神戸女子大学・看護学部・教授

研究者番号：10326316

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：ダイナミックに変化する医療現場では、本研究課題で提案する枠組みおよびそれに基づき具体化するための手順を用いて、実施可能な避難計画について詳細に検討した。その結果、避難計画生成の仕組みに関して種々の知見を得ることができた。データ駆使型シミュレーションによるシミュレーションモデルには、避難計画に関する異なる制度ごとにシナリオのパフォーマンスの違いが確認され、様々な要因の変動に柔軟に対応する避難計画の分析が可能となる。これにより、医療現場とシミュレーションモデルのデータを介した連結で、避難の様子を事前に予測することができ、目に見えるスマートな避難実施が可能となる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

病院の災害対策における患者避難に焦点をあて、コンピュータシミュレーションを活用し、患者の避難上の特徴や建物の構造、避難介助人員・搬送器具の配置など避難時間に影響する要因を特定し、避難時間を予測するモデルを構築することを目的とした。その結果、介助者の属性とキャパシティー、入院患者の避難所要時間、避難までの待機時間（避難準備時間）および搬送速度という4要因とその要素データのモデルを開発した。このモデルに基づき、データ駆使型シミュレーションを行うことで、避難計画に関する異なる制度ごとにシナリオのパフォーマンスの違いが確認され、様々な要因の変動に柔軟に対応する避難計画の分析が可能となる。

研究成果の概要（英文）：In a dynamically changing healthcare setting, the framework proposed in this research project and the procedures to embody it were used to examine in detail the evacuation plans that could be implemented. As a result, various findings were obtained regarding the mechanism for generating evacuation plans. The simulation models from the data-driven simulation identified differences in the performance of scenarios for different systems regarding evacuation planning, allowing for the analysis of evacuation plans that are flexible to the variability of various factors. The framework enables the linkage via data between the medical field and the simulation model to predict in advance how the evacuation will look like and to enable tangible smart evacuation implemen

研究分野：看護管理学

キーワード：患者避難 病院 システム・シミュレーション データ駆動型シミュレーション 避難計画

### 1. 研究開始当初の背景

これまでの病院の災害対策に関する研究は、必要な対策項目を挙げる研究、対策項目の充実度評価から施設の脆弱性を見出すツール開発研究、職員の教育・訓練プログラム開発に関する研究が主流であった。病院における災害時避難研究については、過去の災害時の事例分析や、机上シミュレーション、避難訓練によって、大まかな避難プロセスの目処を知り、避難の問題点を洗い出すという現状にとどまっている。24時間絶え間なく診療が行なわれている病院という特性上、訓練から実際の最適な避難方法を予測し、試行することは極めて困難である。また、各施設の構造や機能、患者の特性やスタッフの配置状況などは多様であり、ある施設の避難方法が他の施設でも有効かを検証することは困難であった。

これに対して、コンピュータ上で、病院のシステムを模したモデルを構築し、その挙動を再現するシステムシミュレーションの手法を用いることは有効である。モンテカルロ法を用いた離散イベントシミュレーションでは、システム内のある条件のみを変えたとき、システム全体の振る舞いやアウトカムがどのように変化するかについて、複数の指標を用いて評価することができる。建築学や工学分野では、主に火災時の建物からの避難、駅や劇場など公共の場における群衆行動としての避難問題など、一部シミュレーションを用いた避難に関する研究が行なわれている。しかし、上記研究は健康な成人の避難を前提としており、避難に介助を要する護送・担送患者の混在といった病院における患者避難の複雑性を反映したモデルによるシミュレーション研究はほとんどない。

現実世界では再現不可能な避難状況を、コンピュータ上で何度でも、特定の条件のみ変えて再現できるシミュレーションの手法を用いることで、多様な条件下にある病院の患者避難について、共通する原則を解明できる可能性があると考えた。その一部として、患者の避難時間に影響する要因をシミュレーションによって特定し、避難時間を予測するモデルを提案できれば、根拠に基づく病院災害対策の推進に資することができる。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、病院の災害対策における患者避難に焦点をあて、コンピュータシミュレーションを活用し、患者の避難上の特徴や建物の構造、避難介助人員・搬送器具の配置など避難時間に影響する要因を特定し、避難時間を予測するモデルを提案することである。これによって、試行錯誤により経験的に立案されてきた病院の患者避難計画を、明確な根拠に基づく避難計画へと飛躍的に改善する方法を提供できる。

### 3. 研究の方法

本研究は、介助者・入院患者・経路・搬送用具のデータを研究対象病院より提供を受け、データ駆動型によるシミュレーションの分析を実施した。本研究課題の避難計画生成の枠組みを図1に示す。図1に示す枠組みを具体化するために、(A) データセットの準備、(B) シミュレーションモデルとデータセットの連結、(C) シミュレーション分析、の3つのステップについて検討した。



図1. 本研究課題の避難計画生成の枠組み

#### 4. 研究成果

- 1) ダイナミックに変化する医療現場では、本研究課題で提案する枠組みおよびその具体化するための手順を用いて、実施可能な避難計画について詳細に検討した。避難計画生成の仕組みに関して種々の知見を得ることができた。
- 2) データ駆使型シミュレーションによるシミュレーションモデルには、避難計画に関する異なる制度ごとにシナリオのパフォーマンスの違いが確認され、様々な要因の変動に柔軟に対応する避難計画の分析が可能となる。
- 3) 医療現場とシミュレーションモデルのデータを介した連結で、避難の様子を事前に予測することができ、目に見えるスマートな避難実施が可能となる。

#### 5. 公表資料

*Proceedings of the 2019 Winter Simulation Conference*

*N. Mustafee, K.-H.G. Bae, S. Lazarova-Molnar, M. Rabe, C. Szabo, P. Haas, and Y.-J. Son, eds.*

### COMPARISON BETWEEN SEQUENTIAL EVACUATION AND SIMULTANEOUS EVACUATION IN A HOSPITAL STAIRCASE

Mitsuko Yokouchi  
Satsuki Okui

Rie Gaku

Graduate School of Nursing  
Kobe Women's University  
4-7-2 Minatojima-nakamachi Chuo-ku  
Kobe, Hyogo 650-0044, JAPAN

Department of Business Administration  
Momoyama Gakuin University  
1-1 Manabino  
Izumi, Osaka 594-1198, JAPAN

Yukinori Murata  
Nobuko Mizuno

School of Health Sciences  
Fujita Health University  
1-98 Tarakugakubo, Kutsukake-cho  
Toyoake, Aichi 470-1192, JAPAN

#### ABSTRACT

Even though operation management of emergency evacuation in the event of a disaster has become a major challenge for risk managers in healthcare facilities, it is still difficult for hospitals to develop effective evacuation plans considering patients' mobility. In this study, a simulation comparison of simultaneous evacuation and sequential evacuation with staircase evacuation methods for the hospital studied was conducted, corresponding to the movement characteristics of patients who need transportation equipment and caregivers. As a result, it was clarified that simultaneous evacuation is more appropriate in this hospital where many patients requiring helpers stay at the upper floors.

#### 1 INTRODUCTION

Operation management of emergency evacuation in the event of a disaster has become a major issue amid the increasing occurrences of natural disasters. Regarding operational analysis of evacuation from buildings in the event of a disaster, many are based on the walking speed of healthy adults. On the other hand, in evacuation in the case of hospitals, there is a mix of patients who need transportation equipment such as wheelchairs and stretchers and those who need assistance such as from nurses. In evacuation of patients with different characteristics in hospitals,

it has not been adequately examined whether evacuation methods that assume healthy adults are applicable or not. Based on this study of patient evacuation from an actual hospital building, it should be emphasized that when the number of patients who needed evacuation support from two helpers using blankets increases by 10%, the evacuation completion time increases by 2.43 times (Yokouchi 2017). In this case study, with staircase evacuation methods in hospital buildings, the aim is to analyze whether it is more appropriate to conduct simultaneous evacuation for all patients on each floor or sequential evacuation from the upper floors.

## **2 CASE STUDY**

The hospital in this case study, Iwasa Hospital and Maternity, is located in Gifu, Japan. The hospital has five floors and 132 beds in three wards for inpatients. The outpatient department provides medical services for about 250 patients per day on the 1st floor. The patients were divided into three transfer types according to the actual mean ratio. We defined three patient categories according to patients' evacuation ability: type 1 for patients transferred on stretchers with 2 assistants, type 2 for patients transferred in wheelchairs with an assistant, and type 3 for patients who can walk without assistance. The three types of patients were assigned with specific moving speed and areas from which to evacuate; the moving speed also varied according to the area's crowd density (Togawa 1958; Ohnishi, Murozaki, and Kujime 1986). The inpatients started in each room, then began evacuating via the two exit to staircase simultaneously. It was decided that two groups of four staff members each for the staircase section would transport Type 1 and Type 2 patients allocated based on the floor transportation experiment data. Two models were constructed with Arena version 14.5 on this study. In the simultaneous evacuation model, evacuation of patients of each ward on the 4th, 3rd and 2nd floors was started simultaneously from the hospital rooms, and evacuation was conducted from the staircase room passing through the first floor entrance to refuge outside the building. In the sequential evacuation model, the starting time of evacuation of patients of the 4th floor hospital ward was taken as the basis and it was estimated that evacuation would start after 2 minutes for patients on the 3rd floor and after 3 minutes for patients on the 2nd floor. For each type of patient on each floor, the time once the patient passed through the entrance was considered the evacuation completion time, and a comparison was conducted of the time spent on evacuation, that is, the time required for evacuation and the time for completion of evacuation that is the evacuation completion time.

## **3 RESULT**

Evacuation time was the longest averaging 59.04 minutes for Type 1 patients in the ward for rehabilitation and internal medicine service at 4th floor in the case of simultaneous evacuation, as shown in Figure 1. For the ward at 4th floor only, the time required for evacuation in the sequential evacuation

model was less, compared with the sequential evacuation model. While for the wards with other floors, the time required for evacuation was less in the case of the simultaneous evacuation model. Regarding evacuation completion time, it was slowest at 74.48 minutes for Type 2 patients in the ward at 4th floor as shown in Figure 2, and there was a tendency for evacuation completion time to be on the whole slower for sequential evacuation.

## **4 SUMMARY**

From the simulation results, it should be emphasized that sequential evacuation from upper floors demonstrated in the case of building fires in general was not effective in the case of this hospital indicating the possibility of delay in evacuation completion time. It can be considered that in the case of this hospital, the given composition of hospital beds, especially the large number of patients who needed assistance in the upper floors had an influence over the evacuation operations of the total hospital stairs.

## **ACKNOWLEDGMENTS**

This research was supported partly by the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) KAKENHI Grant Numbers 19K11288, 17K13801, and 17KK0078.

## REFERENCES

- Ohnishi, K., M. Murozaki, and M. Kujime. 1986. "A study on hospital evacuation planning." In *Summaries of Technical Papers of the Annual Meeting of the Architectural Institute of Japan* 5145: 289-290.
- Togawa, K.. 1958 "Gunsyuryu no kansoku ni motozuku hinan shisetu no kenkyu." *Architectural Research Report* No. 14, Building Research Institute, Tsukuba, Japan.
- Yokouchi M., Y. Hasegawa, R. Sasaki, R. Gaku, Y. Murata, N. Mizuno, A. Inaba, and T. Tanaka. 2017. "Operations analysis of hospital ward evacuation using crowd density model with occupancy area and velocity by patient type". In *Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference*, edited by W. K. V. Chan et al., 2984-2993. Piscataway, New Jers

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Wenhe Yang, Yifei Tan, Sike Hu, Rie Gaku and Soemon Takakuwa	4. 巻 20
2. 論文標題 Modeling and analysis of healthcare facilities using RFID data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 DAAAM International Scientific Book	6. 最初と最後の頁 85-94
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mitsuko Yokouchi, Satsuki Okui, Rie Gaku, Yukinori Murata, Nobuko Mizuno	4. 巻 -
2. 論文標題 COMPARISON BETWEEN SEQUENTIAL EVACUATION AND SIMULTANEOUS EVACUATION IN A HOSPITAL STAIRCASE	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 Winter Simulation Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Mitsuko Yokouchi, Satsuki Okui, Rie Gaku, Yukinori Murata, Nobuko Mizun
2. 発表標題 COMPARISON BETWEEN SEQUENTIAL EVACUATION AND SIMULTANEOUS EVACUATION IN A HOSPITAL STAIRCASE
3. 学会等名 Winter Simulation Conference 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	岳 理恵 (GAKU Rie) (80584911)	桃山学院大学・経営学部・教授  (34426)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	村田 幸則  (MURATA Yukinori)  (00566101)	藤田医科大学・医療科学部・助教    (33916)	
研究分担者	水野 暢子  (MIZUNO Nobuko)  (80338201)	藤田医科大学・保健学研究科・教授    (33916)	
研究分担者	奥井 早月  (OKUI Satsuki)  (00783002)	神戸女子大学・看護学部・助教    (34511)	
研究分担者	長井 友利子  (NAGAI Yriko)  (60785517)	神戸女子大学・看護学部・助教    (34511)	
研究分担者	藤井 誠  (FUJII Makoto)  (10803760)	神戸女子大学・看護学部・助教    (34511)	
研究分担者	大口 祐矢  (OHGUCHI Yuya)  (70881077)	神戸女子大学・看護学部・助教    (34511)	
研究分担者	岸野 真由美  (Kishino Mayumi)  (80963404)	神戸女子大学・看護学部・助教    (34511)	

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------