T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高層ビルの大規模防災訓練実測データに基づく階段避難シミュレーションモデルの開発
Title(English)	
著者(和文)	門倉博之
Author(English)	Hiroyuki Kadokura
出典(和文)	学位:博士（工学）, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10207号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:末松 孝司,元結 正次郎,翠川 三郎,大佛 俊泰,室町 泰徳,松岡 昌志 ,大野 隆造
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10207号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	人間環境システム　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	門倉　博之	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	末松　孝司
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	元結　正次郎

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文は、「高層ビルの大規模防災訓練実測データに基づく階段避難シミュレーションモデルの開発」と題し、５章で構成されている。
第１章「序論」では、既往の研究として、階段避難の方法と実測データ、階段避難シミュレーションモデル、避難計算に関する法制度についてレビューし、多層階での滞留や順次避難計画の事例が少ないことや、既存シミュレーションモデルは実測データに基づいた多層階滞留を再現するモデルとなっていないこと、法制度における避難計算手法では階段室内の混雑状況を考慮していないことについて指摘している。以上を踏まえて、実測データに基づく階段室内の滞留メカニズムの解明と階段避難シミュレーションモデルの構築による実用的な混雑軽減手法の確立が本論文の目的であることを述べている。
第２章「避難訓練実測データに基づく階段室内の滞留発生に関する分析」では、東京都内の 25 階建て高層事務所ビルで実施された全館避難訓練において、南北２ヶ所設置された避難階段のうち１ヶ所を 1,000 人規模の避難者が避難する訓練について実測調査している。避難訓練の実測結果として、階段室内の流動性状と階段室内で生じる滞留発生状況の分析とその要因に関する考察を行なっている。流動性状については、各階からの避難時間と完了時間、階段室内の歩行速度、流動係数、密度の関係について示しており、階段室内滞留の要因分析については、2 種類の原因によって滞留が発生し、伝播する過程を明らかにしている。一つ目の原因は、合流を原因とする滞留であり、複数階から 100 人以上の避難者が合流した場合、合流が生じた階の上階での流動量が約 1/2 に減少し、滞留が累乗的に上階に伝播することを要因とするものである。二つ目の原因は、階段室内の高密度状態を原因とする滞留であり、多層にわたり階段室 1 層内の密度が概ね 2.2 人/㎡以上になると発生しており、上層階に向かって伝播するものである。また、各原因による滞留の特徴として、合流を原因とする滞留の場合は停止時間が長くなるが、高密度状態を原因とする滞留では停止状態は短時間で解消することも分析結果として言及している。
第３章「階段避難シミュレーションモデルの構築」では、得られた避難訓練の分析結果をもとに、滞留メカニズムを端的に表現でき、かつ実用性の高いセルオートマトンモデルにて階段室をモデル化することを試み、階段避難シミュレーションへの実装を行っている。空間のモデル化は、避難訓練実測結果の階段室内の最大収容人数から割り出されたセルで階踊り場、階段部、中間踊り場から構成される空間を表現している。また、階段部内では、混雑に応じて減速することを考慮し、階段部内の歩行速度と密度との関係式を適用している。そのモデルによるシミュレーション結果と避難訓練の実測値を比較し、全館避難時の滞留現象の再現性を確認している。その再現精度の評価項目は、避難時間として各階からの平均避難時間と完了時間を、階段室の流動状況として単一階及び複数階にわたる流動係数を、階段室内の混雑状況として階踊り場と中間踊り場と階段部の密度、及び階段室単層内の人数の項目を比較し、本研究での目的に即した再現精度であることを明らかにしている。
第４章「滞留発生を避ける避難方法の検討と提案」では、効率性だけでなく、待たされることや混雑などの状況に対する心理的影響を考慮した安全性の観点から評価項目を提案している。効率性については「避難完了時間」を、安全性については避難訓練参加者約 200 名から収集したアンケート調査結果を考慮した「滞留時間」、「階踊り場密度」と「混雑継続時間」により評価している。避難方法の検討では、全館一斉避難と複数階ブロック単位で避難開始時間をずらしてフェーズ間隔を設定した順次避難とを比較し、順次避難の方が滞留時間を軽減でき、避難完了時間も殆ど差がないことが明らかになり、順次避難の有効性を確認している。さらに、数分程度のフェーズ間隔の差異による影響をケーススタディーし、効率的と考えられる避難間隔による滞留時間の緩和を確認している。また、出火階による違いとして、低層階、中層階、高層階での出火を比較した結果、滞留時間は同等ではあるが、出火階を優先的に避難させた場合には出火階が高層階になるほど避難効率が低下することを明らかにしている。
第５章「結論」では、各章で得られた知見を総括し、本論文の目的である階段室内の滞留メカニズム解明と混雑軽減策を検討する実用的モデル開発がなされていることを示している。また、更なる精度向上と実用化に向けた課題について言及している。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	人間環境システム　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	門倉　博之	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	末松　孝司
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	元結　正次郎

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

This thesis, "Development of an Evacuation Simulation Model in the Staircase Based on Observational Data of Large-scale Evacuation Drill in a High-rise Building" is comprised of five chapters which can be summarized as follows.

"Introduction" describes the position of this study by reviewing 1. observational data of evacuation using stairs, 2. legal systems influencing evacuation calculation, 3. evacuation simulation models, and 4. evacuation methods as previous findings and backgrounds, and clarifies the objectives we aimed to achieve.

In "Analysis regarding occurrence of congestion in the staircase using observational data", the flow generated within the staircase was quantified and analyzed using data of an evacuation drill with 1,000 evacuees using one staircase of a 25-storied building in Tokyo. Two causal factors have been identified: the reduced speed at points multiple flows join and the increase in density within staircase. The mechanism of congestion generation has also been clarified.

In "Developing a simulation model of evacuation in the staircase", a simple Cellular Automata stairs model developed using the previous drill analysis results was used for simulation. By comparing the simulation and the drill, it has been confirmed that the congestion generated in a total evacuation can be reproduced.

In "Thoughts about evacuation methods that minimize congestion", results of a questionnaire survey to drill participants were analyzed to determine evaluation items representing the degree of psychological effects the length of time evacuees remained stuck have. Then the simulation model developed in the previous chapter was used, with those evaluation items to find a way to prevent flow from slowing, to verify the effectiveness of phased evacuation planning and propose practical methods capable of minimizing congestion.

"Conclusion" summarizes results achieved with this study, and presents issues to be addressed in the future for the wide utilization and increased precision of this simulation model of evacuation in the staircase, as well as the practical use of evacuation methods that prevent congestion.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).