

# 地震に関わる複合災害を考慮した大規模地下街における避難行動分析 -名古屋駅周辺地下街における避難シミュレーションを事例として-

名古屋大学大学院 青山純也

## 1. 研究の背景と目的

現在、私たちの生活の中で地下空間を使う機会が増えてきている。地下空間の利用が増える一方、地下空間での事故などの問題が起こっている。兵庫県南部地震で初めて地震による地下空間の被害があり、地震による地下空間の被害は世界的にも珍しいものだった。1930年4月1日に開業した上野駅の地下街が日本で最古の地下街であるが、以降日本では、地下街のある都市で大規模な地震の発生は少ない。そのため、地震による地下街の被害の研究もほとんどされていない現状がある。しかし、今後30年以内に70%の確率で起こるとされている南海トラフ地震では地下街が多く存在する都市部で大きな被害が予想されている。本論文では、2027年にリニア中央新幹線開通に向け開発の行われている名古屋駅周辺を事例に、大規模地下空間からの避難について考える。

## 2. 複合災害の定義と研究の位置づけ

本研究における複合災害とは、地震を起因に火災、津波、滞留者による過密空間の発生など複数の災害が同時に発生することで、単一の災害に比べて被害がより拡大し、避難困難度が高くなる災害事象であると定義する。一空間において同じ時刻に複数の災害に襲われることで、人の選択する避難行動が変化し、混乱が増すことが予想される。

## 3. 名古屋駅避難実証実験

2014年11月29日に表示灯株式会社と地下鉄名古屋駅東山・桜通線のホームを出発地点とし、緊急避難場所の笹島小・中学校を目的地とした実証実験を実施した。20人の被験者は目線カメラを装着し、地震が発生したことを想定し、避難を行う。ただし、被験者は事前に目的地は知らされておらず、名古屋駅の使用頻度が少ない人を被験者とした。被験者一人ひとりに記録係を同行させ、避難経路を記録した。被験者はサイン表示と設置してある地図のみを使用し、目的地に避難する。制限時間は30分である。

## 4. 複合災害避難行動シミュレーションモデルの概要

本研究では名古屋駅周辺の地下街と名古屋ルーセントタワーまでの地下通路と名古屋駅周辺の地上部を対象とする。名古屋駅周辺には多くのビルが建ち並ぶが、地震発生時の安全性は不確かであり、名古屋駅周辺には津波避難ビルの指定がされていないため、本研究では地下街と隣接するビルを対象空間とする。対象施設の中には地下街に案内板が18箇所、出口表示のある誘導サインは38箇所あり、「非常口」のサインについては今回使用しないものとする。地上部は火災時の避難目的地に設定する笹島小中学校の掲載されていないサイン表示を除いた16箇所とする。16箇所全て案内板である。実証実験より、被験者は必ずしもサイン表示を見ていないことが得られたため、本研究では60%の確率でサインを見て出口までの道のりを知ることができるようにする。人数も実証実験の録画映像から映像に映っている人の人数とその場の面積より算出し、地下街は4320人、地上は4370人とする。

本検討ではサイン表示、追従、避難誘導の効果について示す。本シミュレーションの条件を表4に示す。人エージェントにはカテゴリを待たせて、追従効果を算出した。避難誘導エージェントは、周囲3mの人を人エージェントに正しい避難目的地を教えながらランダムに移動し、600stepが経過すると自らも避難目的地に避難を行う。

## 5. 複合災害避難行動シミュレーションモデルの分析

構築したシミュレーションの中で各災害意識、災害時にビル使用可能数12箇所、サイン表示割合100%、追従確率が来街者モードの人エージェントが30%、災害危険意識モードの人エージェントが10%で避難誘導エージェントが10人で影響力は追従と同じケースの基本ケースを設けた。

基本ケースの度数分布を図1に示す。度数分布から分かるように災害が火災の場合、最短で避難が完了する試行が一番多く、ある。特に単一災害意識時の火災の場合、一箇所の避難目的地に避難者が集まるために追従による災害認知の確率が高いため多くの避難者が避難を滞りなく行われている。しかし、来街者モードの避難者が追従により、避難モードが変更されない場合、避難完了時間が2倍から3倍程度伸びてしまう。

津波時の複合災害シミュレーションの避難時間あたりの避難完了割合を図2示す。津波時の複合災害対策の効果が見える。追従は避難開始時に効果が現れやすいが、津波の際、多くの目的地を認知している避難者は隣接ビルへの避難が完了してしまうため、追従が起こりづらいと考えられる。本条件ではサイン表示の効果が最も避難時間に与える影響が高いことが算出された。これから、開発に伴うサイン表示の新設が望まれる。

避難者意識	災害	避難目的地	ビル使用可能数 6 or 12	サイン表示数 100% or 125%	追従確率		避難誘導数	
					来: 30% / 危: 10%	来: 50% / 危: 20%	誘導者数: 10人 or 20人	変更確率: 100% or 追従と同じ
単一: 火災	火災	笹島小中学校	12箇所	100% or 125%	来: 30% / 危: 10%	or	来: 50% / 危: 20%	10人 / 追従と同じ確率 10人 / 100% / 100%
単一: 津波	津波	接続ビル	12箇所 or 6箇所	100% or 125%	来: 30% / 危: 10%	or	来: 50% / 危: 20%	10人 / 追従と同じ確率 10人 / 100% / 100%
複合災害	火災	笹島小中学校	12箇所	100% or 125%	来: 30% / 危: 10%	or	来: 50% / 危: 20%	10人 / 追従と同じ確率 10人 / 100% / 100%
	津波	接続ビル	12箇所 or 6箇所	100% or 125%	来: 30% / 危: 10%	or	来: 50% / 危: 20%	10人 / 追従と同じ確率 10人 / 100% / 100%

表1 試行する複合災害避難シミュレーションモデルの条件

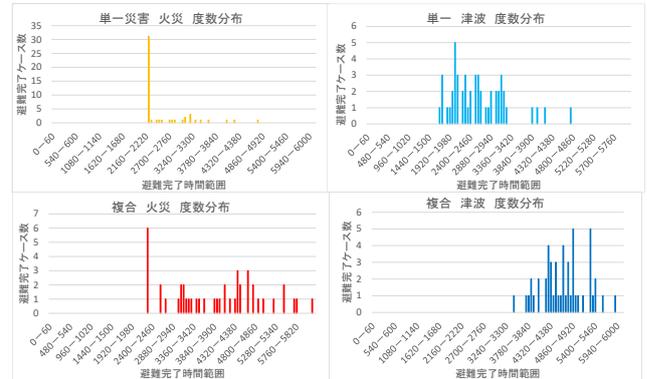


図1 基本ケースにおける各ケースの度数分布表

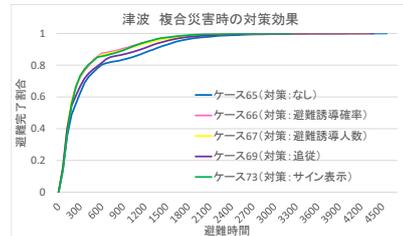


図2 津波ケースの複合災害の対策効果