

**愛知工業大学教育・研究特別助成**  
**AIT Special Grant for Education and Research**  
**2019（令和元）年度実績報告書**

種 目	研究 分野横断型 研究期間：平成 29 年度～令和元年度
課 題 名	名駅地下街の防災力と利便性の向上および維持管理の効率化 ～3次元の切り口から～
研究代表者	中村 栄治（情報科学部 情報科学科 教授）
助 成 額	15,000,000 円

費目別決算

（単位：円）

区 分	合 計	設備備品費	消耗品費	旅 費	その他
経費内訳	14,371,345	7,890,375	1,332,271	383,529	4,765,170

専門分野：土木情報、防災、維持管理、仮想・拡張現実

キーワード：地下街、防災、利便性、維持管理、3次元

### 1. 研究開始当初の背景

7年後のリニア中央新幹線の開業に向け、名駅周辺は100年に一度と言われる大規模な変革へと船出した。60年前のメイチカとサンロードの開業以来、名駅地下街（図1）は歩行者交通の要となってきた。



図1 名駅地下街（名駅ドットコムより転載）

しかし、9事業者による集合的地下空間である名駅地下街は、防災、利便性、維持管理の3課題を抱えている。狭い通路に多くの人々が行きかう名駅地下街にあっては、都市型ゲリラ豪雨や地震などの災害発生時に、安全に利用者を避難誘導させるといった、防災力の向上が求められている（地下街防災推進事業：国交省、2014～2019年）。迷路のように広がった名駅地下街では地元市民でない限り、迷うことなく目的場所へ移動することは困難である。

オリンピックやリニアにより観光客の増加を見込む名古屋市にとり、名駅地下街の利便性を向上させることが急務である（名古屋駅周辺まちづくり構想：名古屋市、2014年）。その多くが開業から50年以上経過しており、耐震化はもとより、電気ガス水道・空調設備やコンクリート躯体の点検や新規設備への更新といった維持管理の効率化に迫られている（インフラ長寿命化基本計画：国交省、2013年）。

### 2. 研究の目的

名駅地下街の3次元モデルを切り口として、3次元避難シミュレーションによる適切な避難誘導方法の提案（防災力の向上）、3次元バーチャルリアリティ空間を利用した自己位置検出方法の提案（利便性の向上）、壁や床で見えない電気ガス水道および空調設備の3次元的データベース化方法の提案（維持管理の効率化）により、上述した3課題を統一的に解決することが本研究の目的である。これら課題は、名駅地下街の事業者が取り組むべきものである。しかし、事業者には必要となる知識を備えた専門家がおらず、申請書らがチームとなり専門的な知識と技術を互いに補完しながら課題を解決する戦略である。

### 3. 研究の方法

地下街の3次元モデルを中核として、地下街の防災力と利便性の向上および維持管理の効率化を実現することが本研究の目的である。

初年度は3年に渡り実施される研究の礎となる地下街の3次元モデルを作成するための技術の確立に努める。次年度以降は、3次元モデルを利用して、(1) 防災力向上のための避難シミュレーションの実施、(2) 利便性を向上させるためのARコンテンツの作成、(3) 維持管理の効率化のためのICTツールを作成する。

### 4. 主要な設備備品

令和元年度に購入した主要な設備備品は、地下街の地上連絡階段の3次元情報を取得するためのレーザ計測器 (Leica 3D Disto) と写真計測器 (Leica BLK3D)、避難シミュレーション用の追加ライセンス (Vissim Size 2)、避難シミュレーション用のデスクトップPC (2台) である。

### 5. 研究成果

#### 5.1 防災力向上にむけた避難シミュレーション

地下街での避難においては、避難開始地点が店舗もしくは通路となり、避難先は地上へと通じる連絡階段の地上出入口周辺になる。多様な業種の店舗が集積しているのが地下街の特徴であるが、業種により店舗の店構えや什器類の配置が異なるため、店舗から通路への避難を画一的に捉えるべきではない。

飲食店舗はクローズドな店構えが特徴であり、テーブルと座席が高密度で配置されおり、避難口への導線が非直線的になる。全国展開している喫茶店 (エスカ地下街) を例として、シミュレーションを行った (図2)。禁煙席と喫煙席の合計 92 席が客席であり、全席が埋まっていると想定した。5名の従業員は従業員エリア (厨房とレジ) にいるとした。

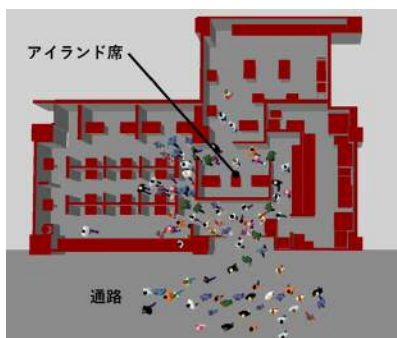


図2 避難開始後 20 秒の様子

全員が出入口のみから通路へと移動するとした。10回のシミュレーションでは、60秒±2秒で全員が店舗外へ移動できる結果となった。

ファッション関係の店舗はオープンな店構えにより、通路への開口部が非常に大きいとともに、ハンガーラックや商品棚が見通しよく配置されているため、避難路が直線的であるのが特徴である。店舗面積が最も広いファストファッションの店舗を例として、シミュレーションを行った。物販店舗の想定人員密度を 0.5 人/㎡として、来街避難者と従業員避難者の合計を 127 人とした。歩行速度はすべて 3.6Km/h とした (14)。避難開始後 30 秒で移動が完了できることを確認した。

地上の出入口周辺においては、駐輪場や各種ポール等が設置されていることが多く、限られた空間への避難となるため、避難者が出入口付近に立止まり後続の人々の避難を阻害する可能性がある。エスカ地下街において、すべての連絡階段が使える条件でシミュレーションを行った。E1 階段における避難開始から 4 分経過した状況を図3に示す。避難者は左右に枝分かれする南北の階段へと踊場で分流し、階段を上って歩道へと向かう。しかし、両階段出入口付近に避難者が滞留することにより、後続の避難者が階段上に残されていることがわかる。滞留の原因として、地上設置物により避難スペースが限定されるとともに、地上に出た避難者が出入口付近に立止まっていることがわかる。

出入口付近での滞留が避難の遅延を生起させる要因となっているため、階段を上りきった避難者が出入口付近で歩を止めないように、その近辺を立止まり禁止エリアとした場合を想定してシミュレーションを行った。避難開始から 4 分経過した時の様子を図3に示す。立止まり禁止エリアは図3において点線で囲んだ領域である。出入口付近には十分なスペースが生まれ、後続する避難者が階段にとどまることなく避難できることがわかる。

外水氾濫を想定した場合、出入口付近の標高が最も高い E8~E10 階段から地上へと避難することが望ましい。来街者と従業員は全



図3 出口付近での滞留



図4 滞留の解消

員、E8～E9 階段のみを使い中央コンコースへと避難するシミュレーションを行った。図5に示すように、避難開始から11分20秒経過した時点で、すべての避難者が地下街から中央コンコースへと到着した。目標ライン（図5中の二重線）の設定により、入口から外にあふれ出ることなく、全員を中央コンコースの内部に収容していることを確認した。



図5 中央コンコースへの避難完了

## 5.2 利便性向上のためのARツール

都市部での駐車スペースの確保といった公共性の観点から、地下街には駐車場が併設されていることが多いが、自車の駐車位置が分からなくなり、自車を求めて駐車場をさまよった経験がある者も多いはずである。地下ではGPSや磁気センサが機能しないため、スマートフォンの地図アプリに頼ることができない。地上であればランドマークになるような建物や、太陽光などを頼りに現在地や目的地への方向が分かることもあるが、地下だとそれも難しい。地下駐車場の利便性を向上させる目的で、地下2階にある駐車場における現在位置ナビゲーションを、スマートフォンを用いるARアプリケーションでの解決を試みた。

駐車場の各所（柱など）に現在位置情報を記録したQRコードを配置しておき、駐車場の利用者は自車を駐車後、近傍のQRコード



図6 ARアプリの画面

をスマートフォンで読み込むようにする。図6に示すように、開発したARアプリが起動して、現在地の様子がカメラからリアルタイムで取得され、その映像に重ね合わせたようにして地上の建物のCG（図6左：JRタワー）が表示される。表示されている地上の建物を手掛かりとして、現在の駐車位置からどの方向に進むべきかを直感的に把握することができるようになる。

地上から地下2階の駐車場に戻る場合にも開発したARアプリは利用できる。自車の駐車位置をARアプリが記憶しているため、図6右に示すように、地上から地下に向けてスマートフォンを向けると、自車の駐車位置がディスクとその中心部から上方に伸びるピンで示される。これにより、戻るべき方向が地上にいながら直感的に把握することができる。このように、開発したARアプリを利用することにより、地下駐車場での迷いを低減できることを確認できた。

## 5.3 維持管理効率化のためのICTツール

地下街の中央監視室では、空調設備（図7）の運転データが集計され日々蓄積されている。しかし、中央監視データは日間、月間、年間フォルダからなる膨大な量のファイルによって構成されており、データから有意義な情報を抽出することが難しく、利活用されていないのが実情である。この点を鑑み、中央監視データの必要なデータのみを転記するプログラムを製作し、データを効率的に分析できるようデータの可視化を行った。

図7は開発したソフトウェアのスクリーンショットである。図7中に示されているグラフはAC（エア・コンディショナ）消費電力量の年積算値を年毎に表している。過年度の消費電力量と比較することで電力の過剰消費を防ぐほか、消費電力量を削減できれば省エネや省コストに繋がる。このソフトウェアを利用することで、例えば、ACの各電流値が記録した回数とその累積度数に基づき、過去の電流値の記録頻度と昨日データを比較

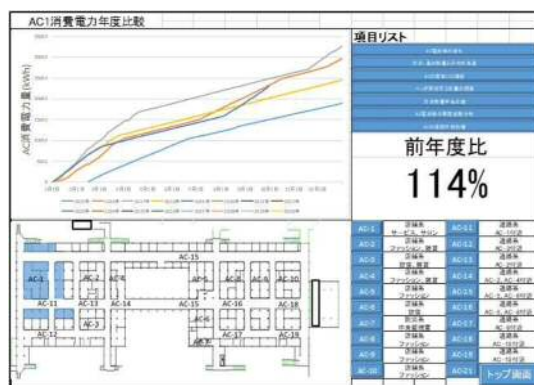


図7 ソフトウェアによるデータの可視化

することで通常時と異なる運転有無を判別できるようになる。

空調設備が収められている機械室には、冷温水を輸送する多数の配管が張り巡らされている(図8)。新人作業員への教育や点検業務の効率化を目的として、これらの配管のAR技術による可視化を試みた。配管の3次元情報が必要になるが、3次元レーザスキャナにより機械室全体を計測して点群データを取得し、点群データに基づいて配管の3次元CADモデルを作成した。配管をAR表示した場合に、各配管の表面に種別が表示されるようゲームエンジンソフトウェアであるUnityを使い配管データを作成した。

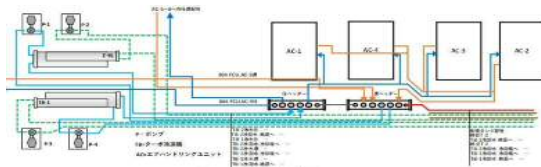


図8 エスカ地下街系統図

図9はエスカ地下街の機械室において、配管のAR表示できるアプリをインストールしたスマートフォンを動作させた場合の画面である。実際の配管に重なるように配管のCADモデルが表示され、配管種別が配管の表面に表示されていることがわかる。表示された配管CADモデルを選択することで、点検結果など維持管理データを入力できるようになるなど、今後、さらなる改良が必要である。



図9 機械室でのAR表示

## 6. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計1件)

中村栄治、小池則満：店舗内の什器配置や出入口階段地上接続部の周辺環境を考慮した地下街における避難シミュレーション、土木学会論文集 F6 (安全問題)、Vol.75、No.1 (印刷中)

### 〔学会発表〕(計7件)

野津真輝、河路友也：地下街を対象とした省エネルギー・温熱・空気質環境に関する研究その1 対象施設概要と中央監視データの活用、日本建築学会大会学術講演梗概集(北

陸)、pp.487-488、2019。

河路友也、野津真輝：地下街を対象とした省エネルギー・温熱・空気質環境に関する研究その2 対象施設概要と中央監視データの活用、日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)、pp.489-490、2019。

野津真輝、河路友也：地下街における空調設備維持管理効率化に関する研究(第1報) 維持管理業務の作業効率化ツールの試作、空調和衛生工学会大会学術講演論文集(札幌)、pp.141-144、2019。

中村栄治、岡林睦実：名古屋駅前ロータリーの三差路化による自動車交通量変化のシミュレーション予測、土木情報学シンポジウム講演集、Vol.44、PP.229-232、2019。

中村栄治、小池則満、松河剛司、成澤守：エスカ地下駐車場における入出庫シミュレーション、地下空間シンポジウム論文・報告集、第25巻、pp.82-88、2020。

松河剛司、中村栄治、成澤守：地下街の店舗や地下駐車場位置が確認できるARアプリケーション、地下空間シンポジウム論文・報告集、第25巻、pp.89-92、2020。

石原優、中村栄治、内種岳詞：WiFiシグナル計測によるエスカ地下街の人の位置分布推定、THE 22ND SYMPOSIUM ON SOCIAL SYSTEMS、2020。

### 〔その他〕

島津貴成：浸水による歩行速度の減少率を考慮した地下空間における避難行動シミュレーション、卒業研究発表会予稿集、pp.21-24、愛知工業大学土木工学科、2020。

野津真輝：地下街の空調設備維持管理効率化と省エネルギー化に関する実践研究～維持管理効率化・省エネルギー化のためのツールおよびソフトの開発・試行～、修士論文梗概、pp.1-24、愛知工業大学大学院工学研究科、2020。

鈴木亨尚、落合佑弥：地下街における空調設備の維持管理効率化に関する各種検討、卒業研究発表会予稿集、pp.TK17-20、愛知工業大学建築学科、2020。

海老政良：エスカ駐車場からの車両一斉退去方法の提案、卒業研究・卒業制作要旨集、pp.157-158、愛知工業大学情報科学科、2020。

三浦祐大：ユニモール地下街からの避難シミュレーション、卒業研究・卒業制作要旨集、pp.159-160、愛知工業大学情報科学科、2020。

ゲートウオークとゲートタワーモールの地下街接続領域における通勤歩行者シミュレーション、卒業研究・卒業制作要旨集、pp.161-162、愛知工業大学情報科学科、2020。

小川将徳：サンロード地下街における地上避難スペースの面積算出、卒業研究・卒業制作要旨集、pp.163-164、愛知工業大学情報科学科、2020。