

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)
 [共同研究者] 小池則満 (工学部土木工学科)
 山本義幸 (工学部土木工学科)
 曾我部博之 (工学部建築学科)
 河路友也 (工学部建築学科)
 松河剛司 (情報科学部情報科学科)

研究成果の概要

防災力の向上を目的として、地下街から地上への一斉避難を想定したシミュレーションを行い、問題点を検証した。地下街から地上への接続部において「立ち止まり禁止区域」を設けることで、地下街からの避難者が滞りなく地上へと避難できることをシミュレーションにより明らかにした。利便性の向上に対しては、位置情報を記録した QR コードを地下街や地下駐車場の壁面等に掲示しておき、AR アプリで QR コードを読み込み、地上の景色を AR アプリ上で表示できる仕組みを開発した。地下空間にしながら地上の景色を手掛かりとして自己位置を推定できる仕組みである。維持管理の効率化については、空調に使用されるエネルギー消費量（電力量や冷温水量）を統一かつ自動的に収集し分析できるツールを開発した。これはエビデンスベースの省エネルギー対策に貢献できるツールである。さらに、AR 技術により多種多様な配管の種別を現場で容易に確認できるツールを開発した。

研究分野：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。

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、維持管理において改善すべき問

題もある。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）。



図1 名駅地下街（名駅ドットコムより転載）

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）、壁や床で見えない空調設備の配管やダクトなどの3次元の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課題に統一的に取り組むことが本研究の目的である。

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. 研究成果

(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)にいたとした。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/m²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4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

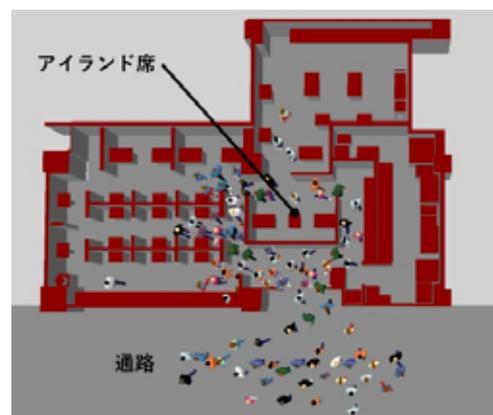


図2 避難開始後20秒の様子

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できることを確認した。

(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



図3 出口付近での滞留

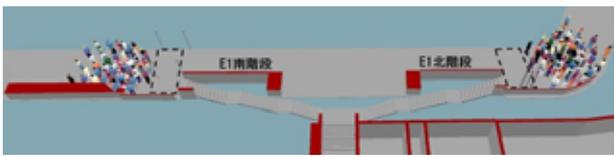


図4 滞留の解消



図5 中央コンコースへの避難完了

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。

(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

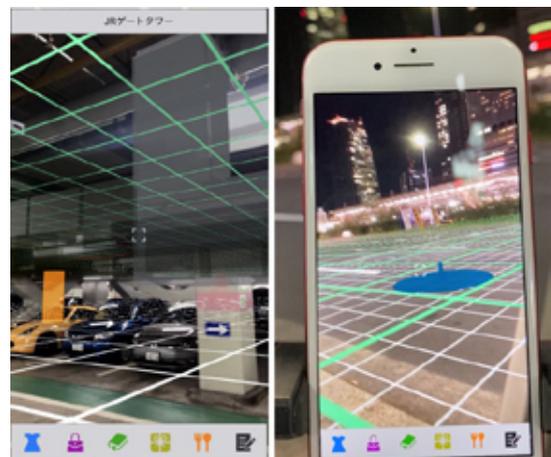


図6 ARアプリの画面

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

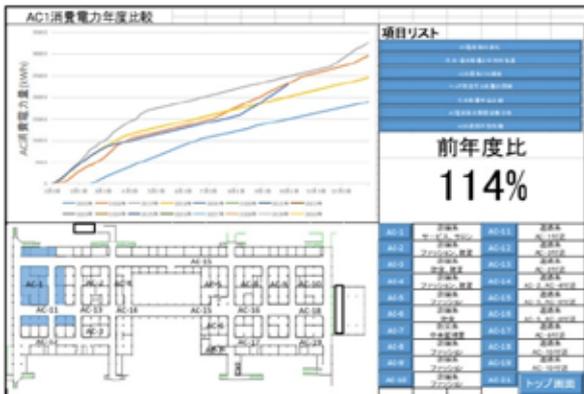


図7 ソフトウェアによるデータの可視化

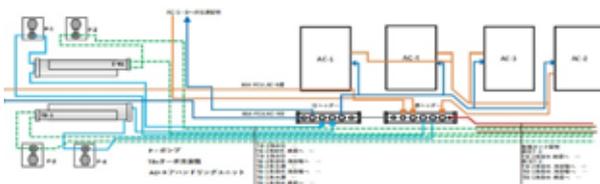


図8 エスカ地下街系統図



図9 機械室でのAR表示

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。

4. 本研究に関する発表

- (1) 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.2, pp. I_185-I_192, 2019.
- (2) 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.
- (3) 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.
- (4) 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, 空気調和衛生工学会大会学術講演論文集(札幌), pp.141-144, 2019.
- (5) 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.
- (6) 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.
- (7) 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.